OPERE

di

Galileo Galilei

A CURA DI

FRANZ BRUNETTI

Volume Primo

UNIONE TIPOGRAFICO-EDITRICE TORINESE

INTRODUZIONE

Stampato in Italia - 1964

Tipografia Torinese S. p. A. Strada del Barrocchio, 63 - Torino

Quando Galileo Galilei nacque a Pisa il 15 febbraio 1564 [1] il processo di rinnovamento dei termini e delle regole della ricerca scientifica era già da tempo iniziato ed era stato portato avanti, e si erano già espresse numerose manifestazioni d'insofferenza verso la tradizione peripatetica. Nel sec. II ad esempio, Erone di Alessandria nel trattato *Le Meccaniche* si era richiamato ad uno scritto archimedeo sulla leva, dimostrando di possedere già la nozione di « momento » usata per l'equilibrio della leva angolare; il libro VIII delle *Collezioni matematiche* di Pappo (sec. IV), dedicato ai problemi di meccanica, del movimento e dell'equilibrio di un corpo su un piano inclinato, suscitò per tutto il tempo seguente, fino al giovane Galilei, interesse di studio e di discussioni. Nel Medioevo ricerche, esperimenti e teorie scientifiche espressero l'insoddisfazione per la filosofia naturale di Aristotele; sempre nella meccanica, il settore di studi che interesserà poi Galilei, Giordano Nemorario (sec. XIII) propose una dimostrazione dell'equilibrio della leva che, per la sua originalità, avremo modo di ricordare a proposito delle *Meccaniche* galileiane; nel sec. XIV Giovanni Buridano, Alberto di Sassonia e Nicola di Oresme, rielaborando l'antica teoria dell'*impetus*, daranno luogo ad un movimento ancor più deciso nella critica alla dottrina aristotelica del movimento; in Nicola di Oresme, poi, la teoria si ricollegherà ad una interessante discussione astronomica che sembra anticipare alcune pagine del *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*. Nello stesso periodo la scuola di Oxford per la sua maniera

[1] Per le notizie sulla vita e sulle opere di Galilei cfr. la nota biografica a p. 43.

di rappresentare geometricamente i fenomeni fisici aprirà la strada alla matematizzazione della fisica. I nomi, infine, di Cardano, Domenico Soto, Tartaglia, Benedetti, Stevino, Biagio Pelacani e Guido Ubaldo del Monte sono fin troppo vicini a Galilei per non essere considerati come gli autori da lui conosciuti o letti.

Non sono mancati, a tal proposito, rilievi ed eccezioni per la definizione di « fondatore della scienza moderna » solitamente attribuita allo scienziato pisano: tuttavia, ciò che distingue Galilei dai suoi precursori è quella forza inconfondibile del suo pensiero e della sua opera scientifica che, sintetizzando i tentativi precedenti, riesce a dare forma organica e positiva a quelle istanze e a quelle ricerche di un nuovo indirizzo, imponendosi così come una decisa alternativa alla tradizione aristotelica ed ai convincimenti che ad essa si collegavano. Di qui il valore storico della attività di Galilei e la sua complessa natura non solo scientifica ma anche culturale per le prospettive aperte al pensiero umano e per le relative conseguenze. Come osservò l'Olschki, trovandosi al centro, quale promotore e primo attore, di una feroce lotta tra due mondi, l'un contro l'altro armato, il mondo dell'autorità e il mondo dell'esperienza, Galilei trovò appoggio e sostegno proprio nel mondo della tecnica, degli ingegneri e degli architetti, che per le condizioni economiche e sociali dei secc. XV e XVI avevano assunto un'importanza ben più rilevante di quella avuta nell'epoca precedente.

* * *

Sul ruolo svolto dal mondo artigianale, dalla pratica dei mestieri e dalle attività dei costruttori, degli ingegneri e degli architetti nella formazione del nuovo indirizzo scientifico si è molto discusso nei nostri tempi, ed in modo particolarmente intenso in relazione alla personalità di Galileo Galilei. Nel nostro secolo fu l'Olschki ad affermare per primo che la tradizione popolare aveva fornito alla ricerca scientifica numerosi seguaci che da Galilei, « quasi come per miracolo », sarebbero stati uniti in una consapevole massa pensante; in questa impresa, continua l'Olschki, si sarebbe venuta determinando una rivoluzione nel costume culturale: il sapere matematico, la scienza naturale e la filosofia sarebbero divenuti accessibili a tutti, i dilettanti, i curiosi e gli autodidatti si sarebbero mostrati desiderosi di istruirsi in una forma immediatamente comprensibile: la cultura dei « laici » sarebbe per tal via venuta a sostituirsi a quella dei « clerici », degli specialisti. Il merito di Galilei sarebbe stato appunto quello di aver collegato il mondo della scienza e dell'alta cultura al concreto senso empirico dei suoi contemporanei, ai quali si sentiva legato per il nuovo atteggiamento mentale.

Alle tesi dell'Olschki si oppose con forza il Koyré, nel primo volume di *Études galiléennes*: dopo aver criticato la tesi di un rovesciamento dell'atteggiamento spirituale come ragione di fondo dell'opposizione tra i due indirizzi scientifici, quello aristotelico e quello della fisica galileiana o cartesiana, per cui al primo andrebbe assegnato il carattere contemplativo ed al secondo quello operativo, egli osservò che « l'esperienza, nel senso di esperienza bruta, di osservazione propria del senso comune, non ha svolto alcun ruolo, se non quello di ostacolo, nella nascita della scienza » e notò che « la scienza cartesiana e galileiana ha senza dubbio portato giovamento all'ingegnere e fu utilizzata dalla tecnica, con il successo ben noto; ma non è stata creata né dai tecnici, né per la tecnica ».

Pur non potendo accogliere totalmente la visione dell'Olschki, ispirata ad un certo romantico populismo, di una funzione quasi catartica svolta nella storia del Rinascimento dalla tradizione popolare dei mestieri e delle arti, e ritenendo, perciò, più meditate le cautele del Koyré, che sembrano dare il giusto posto alla riflessione scientifica e al ragionamento, mi pare che la questione investa un quadro più ampio di quello limitato alla sola storia della scienza, giacché è nella storia della società che va ricercata la spiegazione generale di quella rivoluzione scientifica, non solo perché essa trova così una soluzione più concreta, ma anche perché è nella storia della società civile che la cultura agisce, e fu in essa appunto che la scuola galileiana lasciò segni indelebili della sua azione.

Un'indagine storica più ampia consente infatti di accertare che l'apprezzamento delle attività artigianali e della pratica dei mestieri si modificò proprio in relazione alle mutate esigenze della società signorile, sicché il pensiero scientifico fu, per dir così, costretto, dopo secoli di voluta disconoscenza e di boriosa sufficienza, a prestare alla tecnica quell'attenzione che prima sdegnosamente le rifiutava. Questa importante modificazione trova la sua spiegazione nell'esigenza delle nuove classi dominanti, dei nuovi signori o delle nuove corti di circondarsi di una cultura e di una scienza che fosse immediatamente produttiva,

legata alle condizioni nelle quali il nuovo potere sociale era venuto affermandosi, pronta a fornire a questo potere strumenti di difesa e di espansione ben più validi e concreti che non le pedanti citazioni di testi aristotelici. Sotto questo angolo visuale il contributo fornito dagli artigiani e dai tecnici del Rinascimento – fra i quali possiamo ritrovare alcuni « geni », come Brunelleschi, il Ghiberti e soprattutto Leonardo da Vinci –, diviene ben più determinante di quanto possa essere l'« esperienza bruta » cui il Koyré si riferiva: infatti di quel mondo, dal quale provenivano, portavano con sé la fiducia nell'esperimento, nel tentare la natura e, con questo spirito attivo, con questa concezione operativa del loro mestiere, contribuirono a quella modificazione degli animi e del sapere che rappresenta la base necessaria di una vera rivoluzione, quale fu quella verificatasi allora nella scienza.

Non distolti e non annebbiati da concezioni pregiudiziali, non vincolati al rispetto doveroso verso una tradizione scientifico-filosofica, quei tecnici ed artigiani guardavano alla natura con occhio interessato a trasformarla, a cavarne quanto di più utile e di più prezioso vi fosse, mirando a dominarne le forze e a svelarne i segreti, avvicinandosi, quindi, ad essa, anziché disprezzarla e rifiutarla.

Il rinnovamento scientifico del Rinascimento non consisté soltanto nel prevalere di un certo attivismo, dopo secoli di contemplazione, secondo alcuni schemi di comodo, ma nella formazione di una nuova concezione dell'uomo e dello scienziato, in cui il pensiero ha la sua parte quanto l'azione: lungi dall'esser costituita da una materiale invenzione di nuove tecniche di lavoro e di nuovi strumenti, la « rivoluzione scientifica » dei secc. XV, XVI e XVII fu la formazione di un nuovo ideale della vita che comportò un ricambio di uomini e di metodi. A partire, infatti dal Quattrocento, si assiste ad un avanzamento e ad un'estensione della stima degli artigiani, dei tecnici e degli artisti, ai quali, per contro, nella società feudale si dava persino del « tu » come ai servi e agli uomini di condizione inferiore: le attività artigianali più apprezzate e più utili vengono assorbite in una cultura superiore e passano dal rango, socialmente e intellettualmente inferiore, della vita di bottega a quello della vita di corte, al diretto servizio dei signori, da questi adulati e pagati, costituendo in tal modo i primi nuclei di quella borghesia che, più tardi, dal consolidamento delle monarchie assolute e degli stati nazionali, avrebbe tratto nuovo potere ed ulteriori occasioni di ascesa.

A questo mondo della tecnica, Galileo Galilei rivolse la sua attenzione, anche per i legami che vi aveva la sua famiglia, appartenente a quella media borghesia che, affermatasi nell'ultimo secolo della vita comunale di Firenze, aveva curato quel senso attivo degli affari e della vita mercantile: mercante, oltre che teorico della musica fu infatti il padre, Vincenzo Galilei, il quale (come osserva il Banfi nella sua *Vita di Galileo*) nei suoi scritti teorici, *Il Fronimo* e il *Dialogo sulla musica antica e moderna*, si attiene ad « un indirizzo strettamente tecnico, alieno da ogni connessione, sia pure formale, con i motivi della tradizione speculativa ».

Ciò che tuttavia distingue Galileo Galilei sia dai tecnici come dai precedenti studiosi di meccanica, è la consapevolezza, via via chiarita ed affermata, che le singole scoperte scientifiche – di meccanica prima, di astronomia poi – dovessero essere inserite in una nuova prospettiva culturale da opporre come necessaria ed indilazionabile alternativa al passato. Di qui l'importanza che la sua figura acquista nel campo della cultura e della storia, oltre che della scienza; di qui il carattere composito e, talora, apparentemente contrastante della sua attività culturale; di qui, ancora, l'aspetto di « scienziato-politico », più che di scienziato puro, l'insistenza nel difendere, con i risultati delle sue indagini e gli assunti delle sue opere, una certa indicazione di rinnovamento culturale, che lo coinvolge poi nelle ben note, drammatiche vicende giudiziarie. È di qui, infine, che deriva, in modo specifico, l'interesse per tutta l'opera galileiana, per quella scientifica, come per quella più pratica, spesa per l'affermazione delle implicazioni culturali, che, dagli scritti di carattere scientifico si svolge poi nel voluminoso e vario carteggio che Galilei, come gli scienziati e i filosofi più avanzati del suo tempo, intreccia non solo con intellettuali, ma con uomini politici, uomini di chiesa, militari, tecnici ecc., sottolineando l'interesse ampiamente sociale che investe l'opera della scienza.

* * *

Pur essendo la sua fama e la sua imperitura popolarità legata alle scoperte celesti e alle vicende astronomiche cui quelle dettero luogo, è ormai da tempo convinzione profonda degli studiosi che il contributo decisivo dato da Galilei al progresso della scienza è rappresentato soprattutto dalle ricerche di fisica da lui com-

piute. I campi nei quali si sviluppò il suo spirito di ricerca sono specialmente la statica e la dinamica: in quest'ultima raggiunse risultati senza dubbio importanti, anche se non possiamo ignorare il valore delle ricerche di idrostatica, di termologia ecc. Il lettore che voglia avere un'informazione particolare sullo svolgimento di queste indagini e sulle opere relative potrà leggere le note introduttive a ciascuno degli scritti che seguono; da esse apprenderà non solo le circostanze in cui quelli furono composti, ma i collegamenti e le relazioni con il resto del pensiero galileiano e il posto che i singoli contributi occupano nella storia della fisica.

Dalle notizie sui primi insegnamenti di matematica da lui ricevuti da quell'Ostilio de' Ricci, che, già allievo di Niccolò Tartaglia, era a Firenze quale maestro della scuola dei paggi granducali, emergono soprattutto due osservazioni: innanzi tutto Galilei fu portato a considerare la matematica come una scienza atta a risolvere problemi concreti di fisica e non come mezzo per la rivelazione di un ordine assoluto della realtà; ciò, come è stato più volte asserito, spiegherà le ragioni di un particolare interesse per le applicazioni tecniche e la preoccupazione di fare delle proprie scoperte ed invenzioni qualcosa di utile per gli uomini; in secondo luogo, fin dalla giovinezza Galilei rivolse la sua particolare attenzione allo studio dei grandi matematici dell'antichità, da Euclide ad Archimede, a Pappo. Si possono così spiegare alcuni atteggiamenti tipici della scienza galileiana: da un lato l'interesse per la matematica salvò il giovane scienziato dalla soggezione alla filosofia naturale di Aristotele che Francesco Buonamico, pur con interessanti modificazioni e con alcune significative riserve, gli aveva insegnato durante gli anni degli studi universitari a Pisa; dall'altro, la tendenza a considerare la matematica come scienza strumentale, in funzione dell'indagine naturale, gli consentì di evitare la considerazione del sapere matematico alla stessa stregua del sapere metafisico, come un ordine assoluto di regole, sovrastante il dato dell'esperienza perché costituito da entità intelligibili e pure, soluzione che, fornita, nell'età antica, dal pensiero platonico, finì con l'assegnare alla ricerca matematica i caratteri dell'astrattezza e del formalismo, in confronto con la maggiore solidità del pensiero metafisico.

In questa particolare formazione scientifico-culturale del giovane Galilei può ritrovarsi la spiegazione di un singolare aspetto delle opere galileiane: Galilei infatti cita ampiamente pensieri di Aristotele, delle cui opere dimostra di avere una conoscenza

sicura e completa, tanto da potersene servire abilmente nelle polemiche contro i peripatetici suoi contemporanei e da rigettare loro l'accusa di aver tradito, con la loro pedantesca soggezione, il pensiero più genuino del filosofo greco; addirittura, osserva il Banfi (*Galileo Galilei*, 1961, p. 280), è da Aristotele che gli giungono le informazioni sulla filosofia platonica e democritea, che pure rappresentano, con quella aristotelica, fondamentali riferimenti teorici del suo pensiero. Eppure, tutta la sua attività di scienziato conduce ad una radicale critica della filosofia naturale e della cosmologia come anche del metodo di ricerca e quindi degli stessi principi del sapere di Aristotele, sicché il contributo da lui dato sta appunto nel definitivo sconvolgimento del sistema culturale determinato dalla tradizione peripatetica.

Questa fortunata condizione, in cui Galilei poté operare, si presenta fin dai primi tentativi giovanili di ricerca: nel *De motu* (1590), e nei *Theoremata circa centrum gravitatis solidorum*, composti in questo periodo (anche se pubblicati solo in appendice ai *Discorsi intorno a due nuove scienze*), quel particolare senso matematico dell'indagine fisica si mostrerà in termini evidenti, con importanti conseguenze per i successivi sviluppi.

Nel tentativo di svolgere in modo coerente e completo una nuova regola del movimento dei corpi, secondo la teoria dell'*impetus* conosciuta attraverso la lettura delle opere del Benedetti, il *De motu* scopre con una critica instancabile i limiti e gli errori della dinamica aristotelica, trattandola separatamente dai suoi presupposti metafisici, anche se non completamente emancipata da questi, ciò che indica l'inizio di una nuova mentalità scientifica. In questo scritto rimasto incompiuto si ritrovano concetti e orientamenti che verranno poi sviluppati nelle altre opere che alla dinamica e alla statica sono dedicate: *Le Meccaniche*, il *Dialogo sopra i due massimi sistemi* e i *Discorsi intorno a due nuove scienze*. Alla teoria aristotelica, secondo la quale l'aria era la causa del protrarsi del movimento d'un corpo e la causa stessa del movimento andava assegnata ad un motore distinto dal corpo, Galilei oppone che l'aria non può affatto mantenere in movimento un corpo: infatti come può una freccia lanciata contro il vento esser portata dalla spinta dell'aria? L'erroneità dell'argomentazione aristotelica emerge dal fatto che gli spostamenti via via provocati dall'aria non troverebbero una precisa ragione per cessare e quindi il corpo dovrebbe continuare indefinitamente il suo cammino. Perciò Aristotele, conclude

Galilei, avrebbe dovuto ammettere che il motore deve esser congiunto al mobile: « si conclude dunque che i proietti non sono affatto mossi dal mezzo ambiente, ma da una *virtus motiva* impressa dal proiciente » (ed. naz. I, p. 314).

Si tratterebbe, in definitiva, di una sorta di leggerezza non naturale che spiega, nel caso per esempio di una pietra lanciata in aria, il movimento ascensivo del corpo, che poi, vinto dalla gravità naturale, andrebbe via via diminuendo, così come, egli dice, il calore che va diminuendo in un ferro che è stato allontanato dal fuoco.

La teoria dell'*impetus*, ripresa da Galilei dopo che i fisici parigini del sec. XIV l'avevano elaborata e dopo che i ricercatori del Rinascimento italiano, da Leonardo a Scaligero a Benedetti, vi avevano fatto ricorso, verrà poi abbandonata per una nuova soluzione di cui il lettore potrà seguire gli sviluppi, dalla lettera al Sarpi del 1604 ai luoghi del *Dialogo sopra i due massimi sistemi* fino alla giornata terza dei *Discorsi intorno a due nuove scienze*. Ma nel *De motu* incontriamo, intanto, la negazione della assolutezza della distinzione, voluta da Aristotele, tra corpi leggeri e corpi pesanti, negazione che colpisce irrimediabilmente la dinamica aristotelica e, insieme, la dipendenza di questa scienza da presupposti metafisici. La leggerezza o la pesantezza non sono più considerate cause della salita o della discesa dei corpi nell'aria, ma solo aspetti naturali dei corpi che, rispettivamente, vanno in alto o in basso. Cade infatti la teoria aristotelica dei « loci naturales »: per il giovane Galilei c'è solo un luogo naturale, il centro dell'universo, dato che tutto tende naturalmente verso di esso. Mentre diventa così insignificante ed incerta la distinzione tra movimenti naturali e violenti, si viene delineando la possibilità di ammettere il movimento inerziale non solo per i corpi celesti, ma anche per quelli terrestri, come è il caso della sfera di marmo che ruota attorno al proprio asse ed il cui centro coincida con quello dell'universo.

Per quanto coraggiosa sia questa affermazione, essa tuttavia mostra la persistente soggezione del pensiero galileiano alla cultura tradizionale: la definizione di un « luogo naturale », unico per tutti i corpi e coincidente col centro dell'universo non indica una decisa liberazione dalla concezione finalistica che della realtà aveva Aristotele, in confronto con la quale essa pare, più che un'analogia terminologica, una dipendenza mentale: come ha osservato il Koyré (loc. cit., p. 68), Galilei non è riuscito a liberarsi degli schemi tradizionali della rappresentazione del mondo, anche se nel *De motu* si deve apprezzare un notevole sforzo per la geometrizzazione dei fenomeni fisici.

La piena autonomia della fisica galileiana dalla tradizione coincide con l'aperta accettazione dei princìpi archimedei: la fisica di Archimede infatti, legata al conseguimento di obbiettivi pratici, alla soluzione di problemi posti alla scienza dai casi della vita (si veda quanto è detto nella nota introduttiva della *Bilancetta*, p. 51), fu essenzialmente una fisica d'ingegnere, come è stato osservato, e per questo costruita col solo apporto del calcolo matematico e dell'esperienza; essa è anzi un tentativo di risolvere la realtà fisica in un sistema geometrico di proporzioni e di calcoli. Si può così comprendere come, dopo secoli di voluta ignoranza, il pensiero archimedeo incontrasse nei secc. XVI e XVII nuova fortuna e rinnovato interesse presso gli scienziati e i ricercatori più aperti. Fra questi fu Galilei che nella *Bilancetta* e nelle *Mecaniche* — gli scritti che segnano l'effettivo inizio della sua fisica — mostra senza reticenze il suo debito al grande scienziato greco.

È nelle *Mecaniche* – ha osservato il Koyré – che la sua diventa una fisica dei gravi: lo studio dei fenomeni naturali, delle trasformazioni, dei loro movimenti è ricondotto entro i termini delle condizioni dei corpi che si muovono. La stessa distinzione tra quiete e movimento, come già quella tra moti violenti e moti naturali, perde di significato: stabilito che vi è una natural propensione dei corpi a raggiungere il centro della terra, come il luogo cui questi tendono naturalmente, cade definitivamente la pretesa di trovare una causa di tale movimento e cade con essa anche la ragione della teoria dell'*impetus*. La gravità, la pesantezza è l'unica proprietà dei corpi e insieme la sola ragione del loro movimento. È perciò naturale che la quiete altro non sia che un movimento infinitamente ritardato e che da essa al movimento si passi per gradi infiniti sì, ma continui: i due concetti perdono il loro contenuto sostanzialistico e restano puri termini relativi alla condizione dei corpi.

Tutto ciò è possibile perché Galilei costruisce lo schema del suo trattato *Le Mecaniche* sulla base del principio dell'equilibrio dei corpi enunciato da Archimede, in conseguenza del quale il concetto di gravità viene ridotto al fulcro di una bilancia cui sono appesi a distanze eguali dal centro pesi eguali, o pesi diseguali posti a distanze inversamente proporzionali dal centro, sicché

la tendenza a scendere è in definitiva in relazione ad un sistema di contrappesi: può così « un picciolo contrapeso alzare un altro peso grandissimo, non per eccesso di gravità, ma sì bene per la lontananza dal punto donde viene sostenuta la stadera ». Ma qui il principio della leva di Archimede assume una portata ben più vasta e generale, trasferendosi dalla statica alla dinamica: pur avendo chiara la distinzione tra le due scienze, Galilei pone l'una in funzione dell'altra.

Lo studio delle macchine semplici, che è l'oggetto dichiarato delle *Mecaniche*, ha infatti la sua origine nell'opportunità di stabilire in termini non già empirici ma universali e scientifici la regola per lo spostamento di grossi pesi, e cioè il rapporto tra il loro peso e la forza necessaria allo spostamento: molti anni più tardi, nella seconda giornata dei *Discorsi*, Galilei applicando le leggi della statica e in particolare il principio della leva, fonderà la « nuova scienza » sulla resistenza dei metalli, in stretta relazione con le esigenze della società mercantile ed artigiana del tempo, ed in particolare della Repubblica veneta alla fine del sec. XVI, dove alla scienza erano continuamente posti quesiti rivolti alla soluzione di questioni tecniche.

L'estensione della nozione di gravità dalla statica alla dinamica apre a Galilei importanti vie di ricerca, che gli consentono non solo di superare posizioni precedentemente assunte – come la teoria dell'*impetus* – ma anche di conseguire risultati decisivi nella storia della scienza: si tratta cioè della legge sulla caduta dei gravi e sul principio d'inerzia.

Nelle *Mecaniche* la legge sulla caduta dei gravi trova il suo presupposto nelle indagini condotte sui piani inclinati: l'equilibrio o il movimento di un corpo su un piano inclinato si basa sul principio della leva angolare, cui già era ricorso Pappo, il quale però presupponeva ancora con Aristotele un motore per il movimento; Galilei invece richiamandosi all'esperimento della catenaria di Simone Stevino (cfr. p. 175 n. 29) ed approfondendolo, stabilì che l'equilibrio dei corpi dipende dalle altezze di caduta, ciò che gli consentì di affermare che due corpi che cadono lungo piani inclinati di uguale altezza dalla base scendono con uguale velocità e può quindi concludere che l'equilibrio dipende dagli avvicinamenti ed allontanamenti dal « comun centro verso cui conspirano tutte le cose gravi »: conclusione giustamente apprezzata dagli studiosi moderni che rilevarono in essa l'acutezza propria del grande scienziato. La caduta dei gravi diviene perciò

un movimento naturale, che non ha bisogno di cause, ma che deve soltanto essere studiato per trovarne la legge.

Si è già osservato che il giovane Galilei aveva aderito alla teoria dell'*impetus* ritenendola l'unica spiegazione non aristotelica del movimento dei corpi. Galilei però si decise ben presto ad abbandonarla, quando s'avvide dell'impossibilità di ridurre il movimento dei corpi, ritenuto effetto dell'*impetus*, sotto le regole della matematica, per l'impossibilità di calcolare la variazione progressiva dell'*impetus*, inteso come « qualità » intrinseca dei corpi; vi era in definitiva una contraddizione al fondo del *De motu* tra l'adesione a questa teoria e lo sforzo di una geometrizzazione della fisica. Galilei s'avvide di ciò forse quando cercò di tradurre in termini numerici, quantitativi, la velocità dei corpi in caduta.

Questa ricerca era già stata tentata, prima di Galilei da Alberto di Sassonia e successivamente da Leonardo da Vinci, i quali avevano riscontrato la relazione esistente tra la velocità e il tempo, anche se non ne avevano formulato la legge esatta. Noi sappiamo che Galilei, pur conoscendo la relazione esistente tra spazi percorsi e tempi impiegati (« gli spazi passati dal moto naturale essere in proporzione doppia dei tempi »), scrivendo nel 1604 al Sarpi constatò che la velocità aumenta in proporzione agli spazi percorsi, ma confessò di non aver trovato ancora un « principio totalmente indubitabile da potere porlo per assioma ».

Nel *De motu accelerato* – la cui composizione, di data non pienamente certa, deve essere collocata dopo il 1604 e, secondo alcuni studiosi anche molto dopo (nel 1609, secondo il Wohlwill; nel 1622 o 1623 secondo il Caverni) – Galilei conduce una severa autocritica nei confronti della sua posizione del 1604:

> « Quando, dunque, osservo che una pietra, che discende dall'alto a partire dalla quiete, acquista via via nuovi incrementi di velocità, perché non dovrei credere che tali aumenti avvengano secondo la più semplice e ovvia proporzione? Ora se consideriamo attentamente la cosa, non troveremo nessun aumento o incremento più semplice di quello che aumenta sempre nel medesimo modo. Il che facilmente intenderemo considerando la stretta connessione tra tempo e moto » (vol. II, p. 728).

Tuttavia, come è noto, Galilei non pubblicò subito il *De motu accelerato*, che soltanto nel 1638, nella terza giornata dei *Discorsi intorno a due nuove scienze*, fu reso di pubblica conoscenza. Per

questo, la prima occasione di far conoscere la formula esatta della legge, si ritrova nella giornata seconda del *Dialogo sopra i due massimi sistemi* (vol. II, p. 285), dove Galilei, riprendendo un ragionamento esposto in un frammento aggiunto poi ai *Discorsi* (VIII, p. 373), si richiama alla continuità dell'accelerazione (« essendo nel moto accelerato l'agumento continuo ») e dà una rappresentazione grafica delle velocità istantanee raggiunte via via dal corpo in caduta libera, facendo riferimento alla discesa dei gravi lungo un piano inclinato, sicché si possono rappresentare « i gradi delle velocità accelerate e crescenti egualmente in tempi eguali », come appunto è detto nel brano citato del *De motu accelerato*.

Riprendendo nei *Discorsi intorno a due nuove scienze* tutta la questione relativa al moto uniformemente accelerato, Galilei – nel commentare i passi del *De motu accelerato* – accentuerà la propria autocritica, dichiarando apertamente l'erroneità del suo precedente convincimento, che cioè l'aumento della velocità fosse proporzionale allo spazio:

> « Quando le velocità hanno la medesima proporzione che gli spazii passati o da passarsi, tali spazii vengon passati in tempi eguali; se dunque le velocità con le quali il cadente passò lo spazio di quattro braccia, furon doppie delle velocità con le quali passò le due prime braccia (sì come lo spazio è doppio dello spazio), adunque i tempi di tali passaggi sono eguali: ma passare il medesimo mobile le quattro braccia e le due nell'istesso tempo non può aver luogo fuor che nel moto instantaneo: ma noi veggiamo che il grave cadente fa suo moto in tempo, ed in minore passa le due braccia che le quattro; adunque è falso che la velocità sua cresca come lo spazio » (vol. II, p. 735).

Anche in quest'ultima opera si fa riferimento alla discesa dei gravi lungo piani inclinati: partendo infatti dal postulato dell'eguaglianza delle velocità istantanee lungo piani egualmente elevati, se ne conclude che il movimento naturale di caduta dipende dal centro di gravità e che perciò « sopra l'orizontale, che qui s'intende per una superficie egualmente lontana dal medesimo centro, e perciò affatto priva d'inclinazione, nullo sarà l'impeto o momento di detto mobile ».

Un'esperienza illustrata dall'autore nei *Discorsi* a conferma dei postulati sul moto uniformemente accelerato – un grave sospeso ad un filo e fatto oscillare lungo l'arco discensivo raggiunge una tale velocità capace di farlo risalire per l'istesso

mobile – porta Galilei ad enunciare un'altra interessante legge che trae motivo dalle indagini, del tutto sperimentali in vero (ma ciò ci pare molto significativo per quanto abbiamo qui osservato), sulle oscillazioni pendolari già esposte in una lettera del 1602 a Guidobaldo del Monte (cfr. pp. 857 segg.), dalle quali indagini s'era appunto concluso che non il peso del corpo, né l'ampiezza dell'oscillazione era determinante per la legge dell'isocronismo, ma la distanza verticale dal centro della terra.

Le indagini sul movimento dei corpi portano Galilei a rinviare costantemente al principio d'inerzia. È singolare infatti che nelle tre opere da noi qui ricordate (*Le Meccaniche*, il *Dialogo sopra i due massimi sistemi* e i *Discorsi intorno a due nuove scienze*), accanto alla discussione sull'equilibrio e il movimento dei corpi, si ponga il riferimento o l'esplicita esposizione del principio d'inerzia. Per quanto si sia voluto negare valore di principio alle cose dette da Galilei intorno a questa prevista condizione del movimento (tanto che alcuni preferiscono parlare di principio della conservazione del movimento), ci pare che esse abbiano notevole importanza, nei limiti, ovviamente, in cui trovano posto nelle opere galileiane. Le ricerche galileiane sul principio d'inerzia ci paiono significative prima di tutto perché, come si può rilevare nelle *Meccaniche*, esse permettono di mostrare che in una superficie perfettamente piana, che « non fusse né declive né acclive », una palla perfettamente rotonda verrebbe a trovarsi nelle condizioni di continua quiete o di perpetuo movimento sempre che fossero rimossi gli impedimenti « accidentarii », quali l'attrito e la resistenza dell'aria. Oltre alla sconfessione della teoria dell'*impetus* (per la quale sarebbe assurdo il moto inerziale) questa enunciazione ha rilievo, perché vuole indicare una proprietà naturale dei corpi: è proprio del concetto stesso del movimento naturale, assimilato alla caduta lungo piani inclinati, che, giunto il corpo su una superficie perfettamente orizzontale, si venga a perdere ogni ragione di accelerazione, e pertanto, se in movimento, permanga in tale stato perpetuamente, senza interventi estrinseci.

In secondo luogo, il principio d'inerzia viene collegato da Galilei con le questioni astronomiche e con il principio di relatività. Il primo collegamento è illustrato nella giornata seconda del *Dialogo*, dove, per mezzo di uno di quegli « esperimenti mentali », cui Galilei fece spesso ricorso, si osserva che se « una palla perfettamente rotonda », è posta « su una superficie piana, puli-

tissima come uno specchio e di materia dura come l'acciaio » e che non fosse « né declive né acclive », il suo movimento sarebbe stato perpetuo: proprio come « quella del nostro globo, se però ella fusse ben pulita, e non, quale ella è, scabrosa e montuosa; ma vi è quella dell'acqua, mentre è placida e tranquilla ». Perciò una nave che si trovasse in un mare in bonaccia sarebbe appunto « un di quei mobili che scorrono per una di quelle superficie che non sono né declivi né acclivi ». Anzi, tutti i corpi sulla terra sarebbero, per il movimento attorno al sole da Galilei supposto – nonostante le leggi kepleriane – circolare, sottoposti non solo al movimento loro impresso, ma anche a quello inerziale, compiuto come « per una circonferenza d'un cerchio intorno al centro ». È il caso di una pietra lanciata dall'albero maestro di una nave che scorra nelle condizioni suaccennate, e che cada sempre ai piedi dell'albero: è il principio della composizione di due movimenti, uno inerziale e uniforme e l'altro uniformemente accelerato, che Galilei riprenderà nella quarta giornata dei *Discorsi*, ma che trova la sua prima importante applicazione nel principio di relatività (detta appunto galileiana) che, esposto in una celebre pagina del *Dialogo* (vol. II, p. 236), afferma che è impossibile, in base ad esperienze puramente meccaniche svolte all'interno di uno stesso sistema, accertare se esso sia in quiete o in moto rettilineo uniforme. Questo principio con gli altri precedentemente accennati – quello sulla composizione dei movimenti e l'altro di inerzia – hanno una grande parte nel chiarimento della vertenza cosmologica, e spiega non solo la dipendenza, nell'attività galileiana, dell'astronomia alla meccanica, ma la ragione stessa dell'interesse galileiano per l'astronomia.

* * *

L'interesse per le questioni astronomiche e la passione posta da Galilei nelle dispute cosmologiche non sono né una diversione scientifica né un fatto occasionale, dovuto al casuale ritrovamento di uno strumento atto a scrutare la volta celeste. Galilei, certamente, non fu un astronomo di professione; le sue opere precedenti al 1610 non sono affatto dedicate a questioni del genere, salvo quella raccolta delle lezioni di astronomia da lui tenute a Padova per obbligo d'insegnamento, *Cosmografia* o *Trattato della Sfera*, che si richiama alla teoria tolemaica: « Se si tratta di tecnica osservativa, – annota F. Zagar, in *Fortuna di Galileo*, p. 40 – di osservazioni astrometriche di precisione, di lunga e continuata attività osservativa in cielo, se si tratta di una sistematica e della costruzione di nuovi assetti dai fatti e dalle conoscenze acquisite, infine se si tratta di una tradizione di scuola, questo può essere vero: Galilei non può vantare né una lunga attività, né una scuola ».

La passione per l'astronomia è dunque da considerarsi come uno sviluppo ed un'estensione delle sue ricerche di fisica: in una situazione culturale in cui il sapere nelle sue varie forme doveva trovare armonica disposizione ed inquadramento unitario, attraverso la combinazione delle ricerche specifiche e particolari e dei grandi problemi generali e dove, di conseguenza, ogni ricerca scientifica si combinava in una superiore prospettiva cosmologica, anche Galilei era spinto a stabilire dei nessi tra i risultati delle sue indagini fisiche e le questioni cosmologiche. A ciò era portato anche dal fatto di trovarsi dinanzi il fronte unito della fisica aristotelica e della cosmologia tolemaica. Fra queste si erano stabilite fin da tempo strette connessioni ormai inscindibili: la fisica aristotelica faceva della distinzione dei movimenti naturali nei corpi celesti e sulla terra una condizione essenziale e preliminare; la negazione del vuoto, altro presupposto aristotelico, consolidava la formazione del sistema tolemaico con le sue sfere, e negava ogni possibilità di movimento alla terra, mentre d'altro canto indiscutibile era la teoria del movimento naturale dei corpi terrestri come movimento rettilineo in alto o in basso. Le stesse obbiezioni al movimento della terra, che Galilei criticherà nelle giornate del *Dialogo*, sono applicazioni volgarizzate delle nozioni fisiche di Aristotele. A tutto questo s'aggiunga il carattere d'immutabilità ormai assunto dal sapere congiunto aristotelico-tolemaico. Si poneva quindi come esigenza vitale per uno scienziato coerente e coraggioso, quale Galilei, stabilire con rigore scientifico le connessioni tra la propria fisica e la disposizione degli astri; questa necessità scaturiva anche dal fatto che i risultati della meccanica nuova non avrebbero trovato un séguito e non sarebbero stati accolti nell'ambito della cultura del tempo se avessero conservato il carattere particolare di indagini scientifiche: non bisogna dimenticare che l'autonomia della scienza, la sua elevazione a cultura indipendente, è soltanto una conseguenza e non un antecedente dell'attività svolta dallo stesso Galilei. È così spiegabile la cautela osservata dal nostro scienziato nel pronunziarsi sulla disposizione planetaria e la prudenza delle parole

contenute nella lettera a Keplero del 1597 (p. 855): per iniziare una difficile battaglia culturale che doveva avere come risultato il capovolgimento delle concezioni scientifiche dominanti era necessario avere in mano prove non soltanto razionali e teoriche, comprensibili forse soltanto per i dotti, ma prove effettuali, concrete e facilmente intuibili per tutti, come richiedevano da un lato il nuovo metodo di ricerca e come dall'altro esigevano le condizioni culturali di una società in cui per le condizioni secolari di ignoranza e di superstizione delle grandi masse, la scienza era necessariamente non popolare.

Mettere in movimento il sapere, da secoli fermo sulle posizioni aristotelico-tolemaiche, liberarlo dai vincoli secolari che lo tenevano fermo non era atto ordinario e comune, perché urtava contro una radicata convinzione divenuta, per il tempo trascorso, assoluta: « È divenuto luogo comune considerare Urbano VIII e la sua corte come oppressori della scienza, mentre sarebbe forse più giusto vedere in essi degli ordinari amministratori colti di sorpresa dagli avvenimenti. Erano venuti a scontrarsi con una forza nuova di cui non potevano concepire l'importanza » (G. De Santillana, *Fortuna di Galileo*, p. 5).

Sull'adesione galileiana al copernicanesimo e sul contributo da lui dato alla convalida della dottrina copernicana sono stati sollevati dubbi e riserve: mentre si è voluto negare che le scoperte celesti di Galilei siano state valide conferme della dottrina copernicana, ci si domanda perché soltanto Galilei, a distanza di circa settant'anni dalla pubblicazione del *De revolutionibus orbium coelestium*, fosse in grado di confermare le dottrine di Niccolò Copernico.

Ciò che sconcerta è la natura della prova fornita a sostegno della tesi eliocentrica: Galilei, che all'astronomia aveva dedicato solo alcune lezioni richieste dal piano di studi dell'Università di Padova, pur avendo accennato al possesso di prove raccolte certamente prima del 1597, aspettò fino al 1610 per proclamare la validità del copernicanesimo, e cioè finché non poté iniziare indagini sulla volta celeste con uno strumento di fattura artigianale, verso il quale generale era la diffidenza, anche per le incerte e dubbie prove fornite.

« Ma in realtà Galileo fu anche astronomo abile e competente nel senso più completo », osserva F. Zagar, ed a Padova, come incontrò l'ambiente più adatto ad imprimere alle sue ricerche di meccanica un carattere più pratico e concreto, più aderente alla ricerca sperimentale che non alla deduzione razionale, così trovò un particolare ambiente di studi che, pur nell'àmbito di un aristotelismo rigoroso e forse anzi proprio per questo, intendeva che il compito della astronomia fosse non la spiegazione dei fenomeni celesti, ma l'indagine fisica sui corpi celesti, seguendo in ciò l'arabo Al-Bitruji. Galilei in certo modo raccoglie e sviluppa in modo personale il risultato di quell'attività di studi e di ricerche (che, sotto il segno dell'aristotelismo di Padova, crearono un'interessante tradizione di studi naturalistici, psicologici e logici) concepì la ricerca astronomica da fisico, come estensione cioè delle indagini di meccanica. Per questo il primo sospetto dell'invalidità del sistema tolemaico gli venne dai suoi studi sulla meccanica ed in particolare sul movimento dei corpi: con la teoria del moto circolare dei corpi celesti non solo cadevano le supposte qualità di immutabilità e perfezione del mondo superiore, ma anche le riserve al movimento circolare della terra, come fatto naturale, intorno al sole.

Si dirà che queste conclusioni erano puramente mentali, valide quindi come semplici supposizioni e pertanto pari alle tesi tolemaiche: di ciò dovette infatti preoccuparsi lo stesso Galilei, quando, pur comunicando al Keplero di essere in possesso di prove a favore del copernicanesimo, si astenne dal pubblicarle. La stessa teoria copernicana quando fu diffusa, non incontrò seri ostacoli nel mondo cattolico, proprio perché, in mancanza di mezzi di verifica sperimentale, restava allo stadio di teoria, con quel che di astratto e di ipotetico ciò può comportare, tanto più che la prefazione al *De revolutionibus orbium coelestium*, scritta da Andrea Osiander che non la firmò, avallava questa interpretazione. Perciò, osserva F. Zagar, « più che delle vere contrarietà le nuove ipotesi trovarono dapprima un certo scetticismo e una certa indifferenza », e pur essendosi manifestata qualche apprensione per le conseguenze dell'ardita proposta, « i vari autori dell'epoca continuarono tranquillamente i loro insegnamenti sui testi aristotelici ».

Ora, Galilei, pur seguendo nell'insegnamento pubblico dell'astronomia le dottrine tolemaiche, aveva già maturato le sue ragioni critiche contro quelle teorie (non si dimentichi che il *De motu accelerato*, in cui la scoperta della legge del movimento di caduta libera dei corpi segna la condanna definitiva della teoria aristotelica sul movimento naturale terrestre e celeste, era stato composto molto tempo prima del suo inserimento nella

giornata terza dei *Discorsi*, pare intorno al 1609) e ciò spiega la decisione, con cui, costruito il cannocchiale sulla base delle notizie giuntegli dall'Olanda, lo rivolse alla volta celeste.

Non fu né un gesto avventato né casuale; non fu avventato perché l'atteggiamento di fiducia verso la produzione tecnico-artigianale era aperto e positivo, come diremo meglio più avanti, dato che Galilei ne condivideva il carattere « aggressivo » con cui penetrare la natura; non fu casuale perché Galilei, pur non avendo condotto sistematiche ricerche astronomiche, aveva saputo mostrare le sue doti di osservatore dei fenomeni celesti, quando, essendo stata avvistata nel cielo di Padova il 10 ottobre 1604 una nuova stella – vista per prima da Simone Mayr e Baldassarre Capra (cfr. p. 193) – aveva osservato l'astro e dopo aver raccolto il materiale sufficiente, aveva tenuto sull'argomento tre lezioni che suscitarono nel folto pubblico di studenti un entusiasmo davvero indescrivibile.

Non è qui il caso di ripercorrere le vicende delle sue scoperte celesti e delle varie polemiche suscitate, perché queste notizie saranno indicate, come tutte le notizie di carattere storico, nelle note introduttive alle singole opere qui raccolte. Ci pare tuttavia interessante formulare alcune considerazioni sul fatto che proprio l'astronomia e non la meccanica fu il terreno sul quale si effettuò lo scontro tra Galileo e la tradizione culturale, l'opinione pubblica legata alle vecchie concezioni e, infine, l'atteggiamento ufficiale della Chiesa.

Opposizioni, riserve e preoccupazioni nacquero infatti perché quelle scoperte fornivano la prova reale e incontrovertibile del fallimento di un'antica tradizione culturale di fronte alla quale sorgeva una nuova concezione della cultura, della scienza e, quindi, della realtà. La scienza nuova assumeva il carattere di una « filosofia », e per questo il problema cosmologico restava al centro delle dispute. Potrà parere singolare la sorte di Galilei: la sua meccanica, le sue invenzioni tecnico-scientifiche, i suoi procedimenti e il suo metodo avrebbero aperto una prospettiva nuova per la scienza, affidata esclusivamente alle decisioni delle « sensate esperienze » e fondata sul calcolo matematico: un sapere aperto, rinnovabile e perpetuamente verificabile e quindi legato al mondo dell'esperienza. Eppure, la battaglia per il rinnovamento della scienza fu condotta sul terreno dell'avversario, sui « massimi sistemi » cosmologici e sui temi generali della speculazione filosofico-naturalistica. Mi pare che Giorgio De Santillana, nel suo *Processo a Galileo*, abbia saputo dare un'incisiva ed efficace indicazione della condizione dell'opinione pubblica del tempo nei confronti delle questioni scientifiche, quando ha rilevato il generale carattere « astrologico » delle opinioni correnti e della mentalità dei più illustri esponenti di quella società. Nelle lettere scelte dall'epistolario, che abbiamo qui raccolto, vi è quella del 21 maggio 1611 con cui Galilei risponde ad alcune obbiezioni degli astrologi perugini, ed abbiamo anche citato (p. 268) un brano della lettera che un intellettuale napoletano, amico del Della Porta, G. B. Manso, scrisse a Paolo Beni a Padova: da queste due lettere emerge lo sgomento e l'irritazione non solo degli astrologi, costretti ad assistere alla rovina delle loro credenze pseudoscientifiche, ma anche dei medici e dei curatori che fondavano le loro ingenue terapie sulle disposizioni e sui congiungimenti degli astri. Ciò che più d'ogni altra cosa colpiva era l'energica enunciazione del carattere meccanico della natura, terrestre e celeste; era appunto il tono « inesorabile » della nuova scienza, che sulla base del rigore matematico stroncava senza pietà errori e pregiudizi. Tra il vero e il falso non vi sono vie di mezzo, e colui che è in errore invano ricorre a diversivi o tenta « con limitazioni, con distinzioni, con istorcimenti di parole o con altre girandole di sostenersi più in piede, ma è forza in brevi parole e al primo assalto restare o Cesare o niente ».

La stessa decisione con cui la nuova scienza colpiva mortalmente questo passato di false opinioni e di preconcetti, rendeva inefficaci e superati gli stessi tentativi di compromesso, come quello suggerito dal card. Bellarmino, di intendere la dottrina copernicana come una pura ipotesi matematica. Di qui la necessità di trasferire la discussione dal campo delle questioni puramente scientifiche a quello della disputa culturale, che investendo i fondamenti ideologici della società del tempo la sottoponeva ad una rigorosa critica. Di qui infine le ragioni dell'urto tra Galilei e il Sant'Uffizio, che assunse le funzioni di difensore d'ufficio della tradizione attaccata e minacciata.

In questa situazione ci pare che Galilei si sia comportato come avrebbe potuto fare uno scienziato consapevole delle responsabilità delle proprie scoperte e delle relative conseguenze: è vero infatti che dal 1610 egli svolse, fino al 1632, un'intensa attività definita di propaganda culturale e scientifica; ma questa, pur mirando ad obbiettivi pratici per il rinnovamento della mentalità scientifica e del metodo di ricerca, rappresenta tuttavia un pro-

seguimento e un approfondimento di problemi e temi di meccanica e di astronomia. Galilei vuole ora costruire un « sistema » scientifico da contrapporre all'antico, e per questo la disputa sui galleggianti del 1611, come la polemica sulle macchie solari, o l'illustrazione di una personale teoria sulla maree, come effetto del moto terrestre (che sebbene oggi non considerata come dipendente da questa causa è stata definita dallo Zagar « una delle più ingegnose e tutt'altro che sbagliate ») sono indagini di meccanica terrestre e celeste, poste in relazione alla discussione cosmologica.

* * *

La modernità di Galilei non consiste soltanto nelle cose scoperte nel cielo o nelle nuove leggi sulla cinematica; ancora oggi, quando le sue scoperte scientifiche sono state approfondite e, in certi casi, superate e quando molti aspetti delle implicazioni astronomiche delle sue scoperte sono state rettificate e riesaminate, il « metodo galileiano » costituisce un richiamo e un simbolo per tutti coloro che aspirano ad una nozione del sapere che trovi nelle costanti possibilità di verifica da parte dell'intelletto umano la sua garanzia di sicurezza e concretezza. Il metodo galileiano è richiesto e praticato, al di là della pura ricerca scientifica, in settori diversi dell'attività umana: dalla ricerca storica e filosofica, all'attività educativa e nelle vicende politiche da tutti coloro che postulano l'affermazione della libertà dell'ingegno umano, l'eliminazione di tutte le forme di dogmatismo e delle preclusioni autoritarie. Il fatto che il metodo galileiano sia diventato il segno di una concezione libera, attiva, aperta e critica della vita umana, oltre ad essere un rinnovato e costante omaggio alla figura del suo autore (anch'egli passionalmente anelante all'indipendenza dello scienziato e della sua ricerca), è la prova che l'opera di uno scienziato, ed in particolare di un grande scienziato, interessa settori ben più ampi di quelli ristretti alla sola ricerca naturalistica e l'opera scientifica diviene momento essenziale della vita dell'umanità perché le sue conseguenze operano, fuori dai laboratori e dalle specole, nella società e nella storia.

Il metodo di ricerca di Galilei s'ispira a quel razionalismo che permea la sua concezione della realtà e della natura e che costituisce una manifestazione chiara e sicura della profonda educazione umanistica ricevuta ed assimilata da Galileo Galilei. Proprio delle correnti scientifiche d'avanguardia in quel primo Seicento italiano in cui il clima della Controriforma non aveva ancora del tutto spento i frutti della tradizione rinascimentale, il razionalismo galileiano è soprattutto fiducia nelle capacità umane, le quali operano nella natura o per realizzare condizioni migliori di vita, o per produrre oggetti da commercio o per sete di conquista, oppure anche per scoprire nella natura le sue leggi segrete. Galilei non distinse gli uomini secondo lo schema della platonica *Repubblica* fra produttori e mercanti da un lato e filosofi dall'altro. Discendente, come s'è detto, da una famiglia dell'operosa borghesia mercantile fiorentina che nel risultato del proprio lavoro aveva trovato la fonte della ricchezza e la forza della dignità morale, Galilei rifiuta la concezione platonico-aristotelica della speculazione intellettuale come disimpegnata contemplazione della verità; vicino sotto quest'aspetto a quei tecnici e a quegli artigiani che in lui e nella sua opera trovarono l'espressione dei propri ideali di vita e di sapere, respinse la concezione di una scienza disinteressata, intesa come ricerca che nasce soltanto dopo che si sono apprestate le cose necessarie alla vita: un sapere non rivelato, ma frutto dell'opera degli uomini, conquista dell'intelletto, integrabile e rivedibile, sempre conquista autonoma dell'uomo. Si può dire che questo convincimento si manifesti in Galilei come un atto di fede umanistica: « che quel medesimo Dio che ci ha dotati di sensi, di discorso e d'intelletto, abbia voluto, posponendo l'uso di questi, darci con altro mezzo le notizie che per quelli possiamo conseguire, non penso che sia necessario il crederlo » (p. 529).

Galilei concepisce la natura secondo le vedute proprie del meccanicismo seccentesco come « inesorabile e immutabile e nulla curante che le sue recondite ragioni e modi d'operare sieno o non sieno esposti alla capacità de gli uomini »: il suo rigoroso procedimento richiede pertanto un metodo d'indagine altrettanto preciso, che si basi appunto sulle sensate esperienze e sulle necessarie dimostrazioni: « pare che quello de gli effetti naturali che o la sensata esperienza ci pone innanzi a gli occhi o le necessarie dimostrazioni ci concludono, non debba in conto alcuno essere revocato in dubbio ». La sensata esperienza è quella sensibile, che per Galilei è il punto di partenza di ogni indagine. Come il suo contemporaneo Bacone, anch'egli ritiene che l'uomo « tanto fa e intende, quanto dell'ordine naturale ha osservato con l'espe-

rienza e con l'intelletto: di più non sa, né può ». Tuttavia fra il suo metodo e quello baconiano vi è un'evidente differenza: per Galilei sono necessarie solo le dimostrazioni matematiche, che invece scarso rilievo hanno nel pensiero baconiano; inoltre l'esperienza galileiana non va confusa con l'ingenuo empirismo peripatetico fondato sul senso comune e perciò incapace di instaurare una valutazione critica spregiudicata del fenomeno in esame: « dimostrazione matematica e osservazione fattuale – scrive L. Geymonat, in *Fortuna di Galileo* (ed. cit., p. 88) – costituiscono i due strumenti fondamentali della ricerca scientifica; egli constata che, in tutti i problemi particolari via via da lui esaminati, i due strumenti si armonizzano molto bene uno con l'altro e concorrono efficacemente a farci determinare la verità scientifica ».

Galilei definisce il suo metodo « compositivo » e « scompositivo »: le brevi e saltuarie illustrazioni da lui fatte sembrano rinviare a descrizioni metodologiche non nuove. Fin dal sec. XIII Roberto Grossatesta aveva descritto un procedimento di risoluzione e composizione, cioè di analisi e sintesi; fase di risoluzione è una elencazione degli elementi del fenomeno in esame ed un confronto fra di essi e con quelli di altre manifestazioni del fenomeno medesimo, fino al reperimento di una « formula comune » che indichi la relazione empirica osservata, che potrebbe essere la relazione causale del fenomeno. Nella composizione attraverso un riordinamento del materiale eseguito in modo che i particolari scaturiscano dagli elementi generali, si dimostra che il nesso universale-particolare coincide con quello causa-effetto. Ciò che più avvicina Galilei a Grossatesta è la ricerca, nella molteplicità delle cause apparenti o delle concause, di quella vera: uscire dal probabile per giungere al certo è opera ben difficile per Grossatesta, e le scienze della natura offrono perciò ridotte possibilità di conseguire la certezza; per lui solo la matematica è una scienza dimostrativa sicura e, precedendo di due secoli Galilei, egli dice che senza linee, angoli e figure geometriche è impossibile comprendere la filosofia della natura. Con questa subordinazione della fisica alla matematica, egli ritiene che possono essere fissate le relazioni tra le variazioni concomitanti dei fatti osservati, e cioè le leggi che esprimono in rapporti numerici il comportamento dei fenomeni e delle varie parti tra di loro, mentre diviene inessenziale la ricerca della causa fisica o metafisica.

La tradizione degli studi logici della scuola medica che a Padova fin dall'inizio del sec. XIV s'era instaurata nel clima dell'aristotelismo averroistico, riprese questo metodo di composizione e scomposizione e Giacomo Zabarella (1533-1589) nel suo *De methodis libri quatuor* indicò questa circolarità del procedimento dal noto all'ignoto, dalla causa all'effetto e viceversa. Nel *De regressu*, poi, indicava tre fasi del suo metodo: la prima costituita dalla conoscenza confusa della causa e dell'effetto; la seconda la conoscenza precisa della causa, e la terza la conoscenza precisa dell'effetto.

Tuttavia in Galilei questo metodo perde il carattere meccanico e schematico proprio di quelli già descritti e, nelle sue mani, diviene un'arma poderosa per la conquista della verità. Come si spiega questa diversità? Innanzi tutto va osservato che Galilei non ha scritto alcun trattato sul suo metodo, anche se tutte le sue opere possono essere utilmente studiate sotto questo angolo visuale: il suo metodo è esposto nel vivo stesso della ricerca, avendo sempre mirato a conoscere la natura e non a dettare ammaestramenti sul modo con cui altri avrebbero potuto conoscerla. Galilei è uno scienziato ed un ricercatore e non un filosofo: per questo il suo metodo va ricavato dall'esposizione che ne viene facendo nelle sue varie opere, specialmente in quelle dettate da una spinta polemica, come, per esempio, il *Discorso sopra le cose che stanno in su l'acqua o che in quella si muovono* o il *Saggiatore*. Nel primo scritto, polemica e metodologia finiscono col convergere, perché lo scopo di Galilei è quello di dimostrare le sue tesi sulle cause del galleggiamento dei corpi, districando il fenomeno dalla confusione dei discorsi inutili e delle volute distorsioni: cavilli e sofismi sono soltanto intralcio alla scoperta della verità, ma i paralogismi, le ingannevoli apparenze e i falsi opposti dall'avversario non lo sgomentano, perché chi ha in pugno la verità non deve temere: « sì come *ex parte rei* non si dà mezo tra il vero e 'l falso, così nelle dimostrazioni necessarie o indubitabilmente si conclude o inescusabilmente si paralogiza ».

Il successo di Galilei nelle polemiche con gli avversari – anche in quelle nelle quali egli sostiene tesi inesatte, come nel *Saggiatore*, la più bella opera di polemica scientifica che sia stata mai scritta – consiste in una singolare vigorosa argomentazione, fondata su prove sperimentali, su dati verificabili mediante l'esperimento e il calcolo matematico. Il suo costume scientifico, acuito e irrobustito dalla squisita educazione rinascimentale è determinato da una concezione attiva ed operativa; egli parla spesso,

alludendo alle sue indagini fisiche, di « aggressione » alla natura: contro il procedimento della logica peripatetica, la quale mortificava l'intelletto umano alla ricezione dei dati esterni e all'operazione analitica dell'astrazione, Galilei ritiene che lo scienziato debba intervenire sulla natura e costringerla a mostrargli i suoi segreti. In questo Galilei sembra ricordare l'animo dei tecnici, degli artigiani, dei maghi e degli alchimisti, che pure cercavano di strappare alla natura quei segreti che i dotti medievali non sapevano ottenere con il loro sillogizzare; ma al loro sapere frammentario, personale e quindi arbitrario Galilei sostituisce un sapere reso sicuro e universalmente valido dalla matematica.

Nell'indagine galileiana esperienza e dimostrazione si svolgono in un procedimento unitario e complementare. Egli poté superare le difficoltà derivanti dalla diversa rappresentazione della realtà che si poteva ottenere con l'uno o l'altro mezzo (conoscenza qualitativa e irrelativa ed irripetibile, nella esperienza; quantitativa, relazionale e generale nella matematica) attraverso un'intelligente e adeguata utilizzazione. Le difficoltà della natura qualitativa del fenomeno vennero superate mediante la quantizzazione o misurazione di esso, cioè mediante la sua riduzione agli elementi quantitativi costitutivi; i frequenti schemi geometrici, le esemplificazioni matematiche, che s'incontrano spesso nelle sue dimostrazioni, sono appunto i modi con i quali egli poté raggiungere la geometrizzazione dei fenomeni fisici: seguendo l'esempio di Archimede e ricollegandosi, come lo scienziato siracusano, alla tradizione democritea, egli ricercò nei fenomeni naturali gli elementi geometrici: grandezza, figura, numero, movimento, che il Boyle avrebbe più tardi chiamato « qualità primarie », perché, come appunto si esprime Galilei, sono necessariamente legate al concetto di corpo; trascurando, poi, le cosiddette qualità secondarie, o sensibili, egli abbandona, con il procedimento qualitativo, la via dell'astrazione proposta dalla logica aristotelica. Cadeva così – con grande utilità per la stessa indagine filosofica – la distinzione tra essenza ed esistenza, tra forma e materia su cui la gnoseologia peripatetica si era arrestata.

L'uso della matematica diviene così generale nella formazione dell'opera galileiana; ma essa non sostituisce il contatto diretto tra lo scienziato e la natura: il carattere operativo della fisica galileiana è dato non solo dal ricorso al calcolo matematico ma anche dalla determinazione dello scienziato di « aggredire » direttamente la natura: salvo infatti alcuni casi particolari e, per

la loro rarità, eccezionali, che noi abbiamo riportato nella documentazione qui offerta dell'opera galileiana (cfr. la lettera al Carcavy, p. 941), Galilei non ha mai ritenuto l'esperienza un'operazione secondaria e non necessaria alla ricerca. Abbiamo invece numerosi documenti sul suo valore come indispensabile ausilio dell'uomo e anche dello scienziato: si può anzi osservare che, dopo una fase giovanile della sua opera, in cui il carattere deduttivo delle sue ricerche è normale, il metodo dell'*interrogazione* della natura col mezzo congiunto dell'esperimento e della dimostrazione matematica diviene necessario e costante.

Fu specialmente l'ambiente mercantile e pratico della Repubblica veneta, con i suoi cantieri, con il fervore di opere edilizie e meccaniche, che stimolò Galilei ad un maggiore ricorso all'esperienza. Noi sappiamo che egli a Padova teneva presso di sé un'officina con un meccanico, Antonio Mazzoleni, che preparava gli strumenti necessari per le sue ricerche. La frequenza poi di personaggi dediti alla vita di mare o ai traffici marittimi o anche alle opere navali, come quel Giacomo Contarini, provveditore dell'Arsenale di Venezia, consentì a lui di fare importanti considerazioni sul valore dell'esperienza e sull'utilità della tecnica ai fini della stessa scoperta della verità, come dicono appunto le prime parole dei *Discorsi intorno a due nuove scienze*.

È questa valutazione dell'opera dei tecnici e la stretta connessione da lui posta tra lavoro scientifico e lavoro tecnico a rendere poco adeguata la definizione di « platonismo » assegnata da alcuni al suo metodo e alla sua concezione della matematica. Nelle note alle opere qui riportate abbiamo sottolineato il valore del lavoro tecnico nell'opera galileiana, ed abbiamo posto in evidenza la parte che ebbero nella sua attività le invenzioni di strumenti e di procedimenti tecnici: dal compasso geometrico-militare all'« edificio da alzar acqua et adacquar terreni » brevettato nel 1604, allo studio tecnico delle fortificazioni e alla stessa ricostruzione del cannocchiale, Galilei ha sempre mostrato di apprezzare queste attività e di attribuir loro una grande importanza. Il termometro, il procedimento per la misurazione del peso dell'aria, i vari tentativi per applicare la osservazione delle stelle medicee all'uso della navigazione, la fabbrica di calamite e il progetto per la costruzione dell'orologio a pendolo: tutta la sua opera di scienziato è punteggiata di queste frequenti applicazioni tecniche.

Come i maestri fiorentini del Quattrocento, cui egli per stile ed educazione umana sembra richiamarsi, ma con una solidità di cultura fondata sulla rigorosa osservazione della natura, Galileo Galilei si oppose alla tradizione rigida ed esclusiva e proclamò in modo audace il diritto dello scienziato ad essere libero, non solo dai vincoli di un conformismo ideologico e metafisico, ma anche dalle preoccupazioni per le incognite del progresso mentale. La sua battaglia per il rinnovamento delle concezioni scientifiche aveva come obbiettivo la emancipazione dell'intelletto umano da preclusioni e impedimenti preconcetti; lo stesso esito negativo fu un doloroso insegnamento per gli scienziati moderni, ai quali l'esempio di Galilei e del suo pensiero indica quanto difficile e faticoso sia il cammino che la scienza deve aprire per il progresso e il benessere dell'umanità.

FRANZ BRUNETTI

NOTA BIBLIOGRAFICA

Opere.

Le copiosa produzione galileiana ha trovato un suo definitivo assetto e ordinamento nell'edizione nazionale che di essa curò Antonio Favaro, benemerito studioso dello scienziato pisano, il quale ha dedicato alla raccolta e all'illustrazione degli scritti di Galilei e delle notizie relative tutta la sua esistenza di studioso. L'edizione nazionale fu pubblicata a Firenze per i tipi dell'editore Barbèra nel 1890-1909 e fu ristampata a cura di A. Garbasso e G. Abetti nel 1929-1939. Nei venti volumi sono disposti non solo gli scritti di Galileo Galilei secondo l'ordine cronologico, ma anche i frammenti relativi alle singole opere e gli scritti degli amici ed avversari dello scienziato, che abbiano relazione con quelli galileiani. Dal primo all'ottavo volume sono disposti gli scritti di carattere scientifico, da quelli giovanili alle ultime cose composte poco prima della morte; il volume IX invece raccoglie gli scritti letterari. I volumi che vanno dal n. 10 al n. 18 comprendono il carteggio tra Galileo e i suoi numerosi corrispondenti, le lettere di costoro e quelle che, scambiate tra terze persone, riguardano comunque la vita o le opere dello scienziato. Il volume XIX raccoglie invece i documenti galileiani più importanti. Utilissimo infine il volume XX, che comprende l'indice dei volumi, l'indice dei nomi e delle cose notabili, l'indice biografico.

A questa raccolta si suol fare riferimento, indicando in genere in numero romano il volume relativo e la pagina. Anche noi, nel curare questa edizione, abbiamo tenuto conto dell'edizione nazionale, i cui luoghi abbiamo indicato in parentesi, quando ci siamo riferiti a scritti non compresi nei due presenti volumi.

Dopo la pubblicazione dell'edizione nazionale, sono apparse in Italia le seguenti edizioni di opere singole o di raccolte parziali di Galilei:

La prosa di Galileo per saggi criticamente disposti, a cura di I. Del Lungo e A. Favaro, Firenze, Sansoni, 1911; nuova presentazione a cura di C. Luporini, Firenze, Sansoni, 1958;

G. G., *Opere*, a cura di S. Timpanaro, voll. 2, Milano, Rizzoli, 1936-38;

G. G., *Sidereus nuncius*, traduzione e testo a fronte di M. Timpanaro Cardini, Firenze, Sansoni, 1948;

G. G., *Opere*, a cura di F. Flora, Milano, Ricciardi, 1953;

G. G., *Discorsi e dimostrazioni intorno a due nuove scienze*, a cura di A. Carugo e L. Geymonat, Torino, Boringhieri, 1958;

G. G., *Lettere copernicane*, introduzione e note di B. Widmar, Napoli, Glaux, s. a., ma 1959;

G. G., *Sensate esperienze e certe dimostrazioni*, antologia a cura di F. Brunetti e L. Geymonat, Bari, Laterza, 1961;

G. G., *Dialogo sui massimi sistemi*, a cura di F. Brunetti, con 16 disegni di Mirko, Bari, Laterza, 1963.

La critica.

La bibliografia galileiana è stata sempre abbondante e varia, avendo l'opera di Galileo e la sua vita sollecitato le menti di studiosi di paesi diversi e di vari interessi. Utilissimi perciò sono risultati alcuni repertori che hanno raccolto i vari scritti nelle diverse età. Ricordiamo, tra questi, tre raccolte, alle quali rinviamo per la più antica letteratura galileiana:

RICCARDI, *Bibliografia galileiana*, Modena, 1873;

A. CARLI-A. FAVARO, *Bibliografia galileiana*, Roma, Ministero P. I., 1896;

G. BOFFITO, *Bibliografia galileiana 1896-1940*, Roma, Libreria dello Stato, 1943.

Pur facendo riferimento a queste raccolte bibliografiche, indichiamo qui di seguito i saggi e gli scritti che siano particolarmente interessanti per una più profonda conoscenza del pensiero scientifico galileiano, e che possono essere più facilmente reperibili in Italia. Non si può d'altro canto ignorare che molto numerosi sono i saggi pubblicati su periodici e riviste ed alcuni di

notevole interesse; ma, essendo impossibile, per lo scopo e i limiti della presente indicazione bibliografica, darne qui una segnalazione integrale, né essendo conveniente operare una scelta, abbiamo ritenuto opportuno limitarci all'indicazione degli scritti raccolti in volume, che qui elenchiamo seguendo l'ordine cronologico della pubblicazione:

R. CAVERNI, *Problemi naturali di G. Galilei e di altri autori della sua scuola*, Firenze, Sansoni, 1874;

A. FAVARO, *G. Galilei e lo studio di Padova*, voll. 2, Firenze, Le Monnier, 1883;

ID., *G. Galilei e suor Maria Celeste*, Firenze, Barbèra, 1891;

R. CAVERNI, *Storia del metodo sperimentale in Italia*, Firenze, 1895;

S. GUENTHER, *Képler, Galilei*, Berlino, 1896;

A. VALDARNINI, *Il metodo e la dottrina della conoscenza in Galileo*, Roma, Balbi, 1897;

A. PAOLI, *La scuola di Galilei nella storia della filosofia*, Pisa, 1897-99;

V. GRIMALDI, *La mente di G. Galilei desunta principalmente dal libro « De motu gravium »*, Napoli, 1901;

G. ROSSI, *La continuità filosofica dal Galileo al Kant*, Catania, 1901;

DE PORTU, *Galileis Begriff der Wissenschaft*, Marburg, 1904;

P. DÜHEM, *Les origines de la statique*, Parigi, 1905-06;

V. SPAMPANATO, *Quattro filosofi napoletani nel carteggio di Galileo*, Portici;

P. DÜHEM, *Essai sur la notion de théorie physique de Platon à Galilée*, Parigi, Hermann, 1908;

E. WOHLWILL, *Galilee u. sein Kampf f. die kopernikanische Lehre*, Leipzig, 1909-26;

A. FAVARO, *Galileo Galilei*, Modena, Formiggini, 1910;

F. FIORENTINO, *Studi e ritratti della Rinascenza*, Bari, Laterza, 1911;

A. MUELLER, *Galileo Galilei. Studio storico-scientifico*, Roma, Bretschneider, 1911;

V. FAZIO ALLMAYER, *Galileo Galilei*, Palermo, Sandron, 1912;

E. MACH, *Die mechanik in ihrer Entwiklung*, Lipsia, 1912;

P. DÜHEM, *Les précurseurs parisiens de Galilée*, Parigi, Hermann, 1913 (*Études sur Léonard de Vinci*, III serie);

ID., *Le système du monde*, Parigi, Hermann, 1913-17;

R. MARCOLONGO, *Lo sviluppo della meccanica fino ai discepoli di Galileo*, Roma, Memorie dell'Accademia dei Lincei, 1919;

E. CASSIRER, *Das Erkenntnisproblem in der Philosophie und Wissenschaft der neueren Zeit*, Berlino, 1922 (trad. it.: «Storia della filosofia moderna», vol. II, Torino, Einaudi, 1952);

L. OLSCHKI, *Galilei und seine Zeit*, Halle, 1927 (*Geschichte der Neuspralichen wissenschaftlichen Literatur*, vol. III);

C. SINGER, *From Magic to Science*, New York, 1928;

U. FORTI, *Introduzione storica alla lettura del «Dialogo sui massimi sistemi» di G. Galilei*, Bologna, Zanichelli, 1931;

G. LORIA, *Galileo Galilei nella vita e nelle opere*, Milano, Hoepli, 1937;

A. KOYRÉ, *Études galiléennes*, voll. 3, Parigi, Hermann, 1939;

Galileo Galilei, numero speciale di «Sapere», 15 dicembre 1941;

Nel terzo centenario della morte di G. Galilei, a cura dell'Università cattolica di Milano, 1942;

S. VANNI ROVIGHI, *Galileo*, Brescia, La Scuola, 1943;

J. THORNDIKE, *History of Magic and experimental Science*, New York, Columbia Univ. Press., 1943;

G. ABETTI, *Amici e nemici di Galileo*, Milano, Bompiani, 1944;

F. ENRIQUES, «Introduzione a G. G.», in *Dialogo dei massimi sistemi*, II e III giornata, Roma, Sandron, 1945;

A. BANFI, *Galileo Galilei*, Milano, Ambrosiana, 1948 (e ora: Milano, «Il Saggiatore», 1961);

G. ABETTI, *Storia dell'astronomia*, Firenze, Vallecchi, 1949;

A. MAIER, *Die Vorläufer Galileis im 14 Jahrhundert*, Roma, ed. Storia e Letteratura, 1949;

R. DUGAS, *Histoire de la mécanique*, Neuchâtel, ed. du Griffon, 1950;

A. WOLF, *A History of Science, Technology and Philosophy in the 16th and 17th Centuries*, Londra, 1950;

A. C. CROMBIE, *Augustine to Galileo, A History of Science. A. D. 400-1650*, Londra, the Falcon Press, 1952 (trad. francese, Parigi, Presse universitaires, 1959);

ID., *R. Grossateste and the Origins of experimental Science. 1100-1700*, Oxford, 1953;

R. DUGAS, *La Mécanique au XVII siècle*, Neuchâtel, ed. du Griffon, 1954;

V. VIVIANI, *Vita di Galileo*, in appendice: *Il processo di Galileo*, narrato da F. FLORA, Milano, Rizzoli, 1954;

G. DE SANTILLANA, *The Crime of Galileo*, Chicago, University of Chicago Press, 1955 (trad. it.: *Il processo a Galileo*, Milano, Mondadori, 1960);

J. BERNAL, *Storia della scienza*, voll. 2, Roma, Editori riuniti, 1956;

G. DELLA VOLPE, *Logica come scienza positiva*, Messina-Firenze, G. D'Anna, 1956;

CH. SINGER e ALTRI, *A history of Technology*, Oxford, Clarendon, Press, 1956-57;

U. FORTI, *Storia della tecnica dal Medioevo al Rinascimento*, Firenze, Sansoni, 1957;

L. GEYMONAT, *Galileo Galilei*, Torino, Einaudi, 1957, 1962²;

H. BUTTERFIELD, *The Origins of modern Science. 1300-1800*, Londra, 1957 (trad. it., Bologna, Il Mulino, 1962);

DAUMAS, TATON e ALTRI, *Histoire de la science*, Parigi, Gallimard, 1957;

V. RONCHI, *Il cannocchiale di Galileo e la scienza del Seicento*, Torino, Einaudi, 1959;

E. GARIN, *La cultura filosofica del Rinascimento italiano*, Firenze, Sansoni, 1961;

A. KOYRÉ, *La révolution astronomique*, Parigi, Hermann, 1962;

J. H. RANDALL, *The School of Padua and the Emergence of the Moderne Science*, Padova, Antenore, 1961;

A. BANFI, *Vita di Galileo*, Milano, Feltrinelli, 1962;

P. ROSSI, *I filosofi e le macchine, 1400-1700*, Milano, Feltrinelli, 1962;

R. MONDOLFO, *Figure e idee della filosofia del Rinascimento*, Firenze, La Nuova Italia, 1963;

G. MORPURGO TAGLIABUE, *I processi di Galileo e l'epistemologia*, Milano, ed. Comunità, 1963;

G. DE SANTILLANA, F. ZAGAR, L. GEYMONAT, R. TEANI, L. BULFERETTI, L. MORANDI, *Fortuna di Galileo*, Bari, Laterza, 1964.

La presente edizione.

I criteri che ci hanno guidato nell'illustrazione dell'opera scientifica di Galilei sono stati i medesimi che hanno presieduto alla scelta delle opere di carattere scientifico: nell'àmbito di una disposizione storica delle opere di contenuto scientifico, abbiamo tenuto conto di quegli scritti che rappresentano un interesse significativo o un momento notevole dell'attività del nostro scienziato. Perciò accanto alle opere più note, abbiamo scelto quei trattati o quei discorsi che segnano lo sviluppo del suo pensiero; così, dopo *La Bilancetta* che è uno dei primi scritti scientifici, seguono il *Trattato di fortificazione* e *Le operazioni del compasso geometrico-militare* e la *Scrittura attenente all'idraulica*, che hanno carattere eminentemente tecnico e che documentano, insieme a molte lettere, l'interesse per questa attività dell'uomo. Vi sono poi gli scritti dedicati a problemi di meccanica, come *Le Mecaniche* o il *Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua*, che tratta di problemi di idrostatica: a questi lavori si aggiunge, poi, un significativo esempio di polemica scientifica, l'*Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari*. Non potevano, naturalmente mancare, accanto a questi lavori meno popolari – che abbiamo anzi voluto pubblicare anche per questo, perché non restassero più oltre sconosciuti ad un largo pubblico – le opere più significative del grande scienziato: Dal *Sidereus nuncius* alle *Lettere copernicane*, al *Saggiatore*, dal *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* ai *Discorsi intorno a due nuove scienze*.

Uno dei segni più chiari della modernità di Galileo Galilei ci è fornito dal copioso epistolario che accompagna, con spunti interessanti di novità e con utili forme d'illuminazione, tutto l'arco della complessa e varia attività scientifica e scientifico-culturale di Galilei. Per questo, alle opere più notevoli segue una breve ma organica scelta delle lettere di Galilei, con l'intento di meglio documentare i seguenti aspetti: la formazione di un atteggiamento copernicano e le principali scoperte celesti, le polemiche astronomiche e i riflessi di quelle scoperte sulle vicende del progresso scientifico e culturale dell'umanità; i problemi della meccanica e della tecnica; le questioni del metodo di ricerca scientifica e le relazioni tra la scienza moderna e le concezioni filosofiche e cosmologiche del passato. Certamente, la pubblicazione integrale dell'epistolario galileiano avrebbe soddisfatto le aspirazioni di un più vario numero di lettori; ma in questa sede – per le stesse finalità della collezione in cui appare la presente raccolta – ci siamo preoccupati di presentare quei documenti che meglio possono illuminare il lettore sulla via seguita da Galilei per la fondazione della scienza moderna.

Abbiamo ritenuto poi opportuno far precedere i singoli scritti da note introduttive, nelle quali sono raccolte le notizie sull'opera,

sulle ragioni che l'hanno provocata e sui problemi che vi si dibattono, oltre che sulle polemiche e discussioni suscitate abbiamo: ritenuto così di dare al lettore un quadro storico che, per quanto succinto, consentisse un orientamento utile per una proficua lettura del testo. In queste note, come in quelle a piè di pagina – nelle quali oltre al chiarimento testuale, abbiamo riportato osservazioni critiche, riferimenti bio-bibliografici e ragguagli teorici e storici – abbiamo inteso fornire al lettore quella conveniente documentazione storica che consenta non solo la comprensione critica dei testi raccolti, ma anche la formazione di una personale opinione su quanto abbiamo detto, a chiarimento delle opere galileiane, nella introduzione generale e in quelle particolari, parendoci questo il modo migliore per restare fedeli al metodo galileiano.

NOTA BIOGRAFICA

1564 Galileo Galilei nacque a Pisa il 15 febbraio 1564 da Vincenzo Galilei, mercante e teorico della musica, e da Giulia Ammannati da Pescia. A dieci anni, si trasferì con la famiglia a Firenze; proseguì allora gli studi iniziati a Pisa nel convento di S. Maria in Vallombrosa, dove fu inviato come novizio; da un padre vallombrosiano ricevette le prime nozioni di logica, insieme ad un'istruzione scolastica. Ritornato sui quindici anni a Firenze, fu avviato agli studi artistici della musica, del disegno e a quelli umanistico-letterari. Il 5 settembre 1581 fu iscritto nello Studio di Pisa tra gli «scolari artisti» per frequentare le lezioni di medicina, come un suo antenato ed omonimo che, medico insigne, fu anche gonfaloniere di giustizia.

1584 Nell'estate del 1584, fu avviato agli studi di matematica da Ostilio de' Ricci da Fermo, che, allievo di Niccolò Tartaglia era matematico nella scuola granducale dei paggi; questi, amico del padre di Galilei, spiegò al giovane i primi erudimenti della matematica e lo introdusse allo studio di Euclide. L'interesse per la matematica distolse definitivamente il giovane dalla medicina, tanto che nel 1585 abbandonò, senza aver conseguito alcun titolo accademico, lo Studio pisano.

In quello stesso anno, tuttavia, inizia lo studio dei più grandi matematici dell'antichità, e l'anno successivo pub-
1586 blica *La Bilancetta* in cui riprende il metodo seguito da Archimede per la costruzione della bilancetta idrostatica.

1587 Del 1587 sono i *Theoremata circa centrum gravitatis solidorum*, che gli consentiranno di entrare in relazione con i più autorevoli studiosi dell'epoca, il marchese Guidobaldo del Monte e il padre gesuita Cristoforo Clavio. Nel 1588

1588 tiene all'Accademia fiorentina due lezioni *Circa la figura, sito e grandezza dell'Inferno di Dante*, in cui sostiene la tesi del Manetti, accolta poi dal Landino e criticata dal Vellutello.

1589 Nel 1589, dopo aver inutilmente tentato di essere chiamato presso lo Studio di Bologna, riuscirà ad ottenere, con l'appoggio di Guidobaldo del Monte, l'incarico triennale di lettore di matematica a Pisa. L'anno successivo compone il *De motu* e compie ricerche sul centro di gravità dei corpi; temperamento decisamente antiaccademico, prende in giro le abitudini dei suoi colleghi nel capitolo bernesco *Contro il portar la toga*. A questo periodo risalgono le *Considerazioni sul Tasso*.

Intanto nell'estate 1591 era morto il padre, lasciando sulle spalle del giovane Galilei la numerosa famiglia composta della madre, un fratello e tre sorelle: Michelangelo, Elena, Livia e Virginia. Questa era già sposata con Benedetto Landucci, ma Galilei si accollò l'obbligo di pagarle la dote. Anche per le difficoltà finanziarie in cui era venuto a trovarsi, accettò nel settembre 1592 la cattedra di ma-
1952 tematica presso lo Studio di Padova, dove si fermerà fino al 1610.

Mentre tiene le sue lezioni all'università, compone la *Breve instruzione all'architettura militare* e il *Trattato di fortificazione*, oltre alle *Mecaniche*. È del 1594 il privilegio per
1594 l'« edifizio da alzar acqua et adacquar terreni ». Intanto, per far fronte alle difficoltà economiche, che erano sempre
1597 assillanti, dà lezioni private a giovani patrizi. Nel '97, scrive il *Trattato della Sfera* o *Cosmografia*, in cui parla da tolemaico. Di questo tempo è la costruzione del compasso geometrico-militare.

Aveva intanto stretto relazione con una giovane veneziana, Marina Gamba, dalla quale avrà tre figli: Virginia, Livia e Vincenzo. Frequenta nel frattempo gli ambienti culturali di Venezia e stringe amicizia con illustri personaggi, come il Sarpi, il Sagredo, il Cornare e il Contarini. Nel 1604,
1604 essendo apparsa nel cielo di Padova una stella, avvistata per prima da Baldassarre Capra e Simon Myr, Galilei vi tiene tre lezioni, molto applaudite. L'anno successivo viene chiamato a far parte dell'Accademia della Crusca; nell'estate, su richiesta della granduchessa Cristina di Lorena, tiene lezioni di matematica al giovane principe Cosimo.

1606 Dopo aver pubblicato nel 1606 *Le operazioni del compasso geometrico e militare*, deve affrontare l'anno successivo la causa da lui intentata contro il Capra, che aveva tentato di presentarsi come il primo inventore dello strumento: di qui la sua *Difesa contro alle calunnie et imposture di Baldessar Capra*.

1609 Avendo ricevuto nel 1609 notizie dall'Olanda circa uno strumento ottico col quale vedere le cose a distanza, ne costruisce uno per suo conto, che offre al Doge di Venezia il 24 agosto. In compenso, viene confermato professore a vita mentre il suo stipendio viene elevato a mille fiorini l'anno. Rivolto il cannocchiale verso il cielo, nel gen-
1610 naio 1610 fa quelle mirabili scoperte che, annunciate pubblicamente nel marzo successivo col *Sidereus nuncius*, gli fruttano la chiamata a Firenze da parte del Granduca Cosimo II (il suo allievo privato) come « primario matematico e filosofo », senza obbligo d'insegnamento.

Continua intanto le sue investigazioni celesti e scopre le fasi di Venere, la natura tricorporea di Saturno e le macchie solari. Ma ben presto hanno inizio gli attacchi degli
1611 avversari: dopo la polemica sui galleggianti del 1611 che dà luogo al *Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua*, pubblicato nel 1612, deve affrontare la polemica con Cristoforo Scheiner sulle macchie solari. Intanto il 2 novembre del 1612 il padre domenicano Niccolò Lorini, predicando nella chiesa di S. Marco in Firenze, dichiara
1613 eretica la teoria copernicana. Nel 1613 scrive al Castelli la famosa lettera sulle relazioni tra scienza e religione, che mette in movimento una inchiesta riservata del Sant'Uffizio. Nel dicembre 1614 un altro domenicano, fra' Tommaso Caccini, predicando in S. Maria Novella in Firenze, rinnova gli attacchi alla scuola galileiana. Poco
1615 tempo dopo, nel febbraio 1615 fra' Lorini denuncia Galilei al Sant'Uffizio: si apre così la fase istruttoria dell'inchiesta, per la quale Galilei ritiene opportuno recarsi a Roma per esporre ad autorevoli prelati e a cardinali il suo pensiero. Molti sono gli incontri e dovunque festose le accoglienze: ciò lo illude sull'esito della vertenza; sicuro di sé scrive
1616 nel gennaio del 1616, sotto forma di lettera indirizzata al cardinale Alessandro Orsini il *Discorso del flusso e reflusso del mare* in cui espone la dottrina che verrà ripresa poi nella quarta giornata del *Dialogo*.

Ma intanto il 24 febbraio la teoria copernicana viene dichiarata stolta, assurda e formalmente eretica. Due

giorni dopo il cardinale Bellarmino ammonisce Galilei a non tenere, insegnare e difendere né in pubblico né in privato la dottrina condannata; poco dopo la Congregazione dell'Indice proibisce le opere copernicane e le scritture relative.

Tornato a Firenze, riprende in riservato silenzio la sua attività di scienziato interessandosi di questioni di fisica. Ma la comparsa nel 1619 di tre comete apre la lunga polemica che porterà Galilei a polemizzare contro il padre gesuita Orazio Grassi (autore della *Libra astronomica ac*
1623 *philosophica*): il *Saggiatore* sarà pubblicato nel 1623 e dedicato al pontefice da poco eletto, Urbano VIII, che più
1624 volte s'era mostrato amico di Galilei. Del 1624 è la *Risposta* a F. Ingoli.

Deciso ormai a riprendere la polemica cosmologica per far trionfare la teoria copernicana, Galilei inizia intanto la stesura del *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, che, terminato nel 1630, affronta le lunghe vicende del-
1632 l'*imprimatur*. Terminato alfine di stampare nel febbraio 1632, improvvisamente il padre Niccolò Riccardi che, come revisore, aveva già concesso l'autorizzazione alla stampa, ordina all'Inquisitore di Firenze di impedirne la diffusione. Nel settembre successivo viene intimato a Galilei di mettersi a disposizione del Sant'Uffizio, dinanzi al quale, dopo aver tentato invano di esserne esentato, si presenterà
1633 ufficialmente nell'aprile del 1633. Per le sue condizioni e per riguardo alla famiglia Medici gli viene dapprima concesso di restare presso l'ambasciatore di Toscana a Roma; poi, iniziati gli interrogatori, viene trattenuto nella sede del Sant'Uffizio, ma non nelle carceri. Interrogato, « confessa » i suoi errori, finché il 22 giugno viene emessa la sentenza che lo condanna al carcere formale, restando ad arbitrio dello stesso tribunale di stabilirne il termine e le condizioni; nello stesso giorno pronuncia l'abiura.

Ai primi di luglio gli viene assegnata come sede della sua detenzione la casa dell'Arcivescovo di Siena, che era allora Ascanio Piccolomini, il quale lo accoglie molto benevolmente e lo tratta con ogni riguardo, tanto che una denuncia anonima al Sant'Uffizio provoca un nuovo trasferimento: questa volta nella sua villa di Arcetri, dove però non può ricevere nessuno senza autorizzazione, né scrivere nulla senza permesso.

Ha inizio così l'ultimo periodo della sua vita, che però gli allievi e gli amici d'ogni parte del mondo cercano di

rendergli meno pesante. È così che fioriscono le varie iniziative per la stampa e la traduzione dei suoi scritti,
1638 finché nel 1638 viene pubblicata a Leida presso gli Elzeviri l'ultima sua grande opera: *I Discorsi intorno a due nuove scienze*. Ma le amarezze, gli acciacchi e il dolore per la perdita della figlia Virginia che era suora nel convento di S. Matteo in Arcetri hanno duramente colpito il vecchio scienziato; gli ultimi anni della sua esistenza vedono attorno a lui Vincenzio Viviani ed Evangelista Torricelli, che lo aiutano nel suo lavoro. Ammalatosi ai primi del
1642 novembre 1641, Galileo Galilei muore l'8 gennaio 1642.

LA BILANCETTA

(1586)

Come riferisce Vincenzio Viviani, nella sua Vita di Galileo, *dopo aver seguìto i corsi di medicina presso lo Studio pisano, Galilei si volse allo studio della matematica, cui era stato iniziato da Ostilio de' Ricci, maestro della scuola dei paggi granducali e amico di suo padre. Si dedicò con passione allo studio dei grandi matematici dell'antichità: Euclide, Apollonio, Tolomeo, Pappo e soprattutto Archimede* (287-212 *a. C.), verso il quale lo spingeva sia l'indirizzo scientifico seguìto dal Ricci, allievo di Nicolò Tartaglia, sia la particolare inclinazione della scienza archimedea intesa sempre alla soluzione di problemi pratici, dai quali prendeva motivo per giungere a soluzioni di carattere generale. Dalla lettura dei due trattati* De aequiponderantibus *e* De his quae vehuntur in aqua, *Galileo fu indotto a ricercare il metodo preciso seguìto da Archimede per determinare se veramente era stato compiuto, come si sospettava, un furto ai danni di Gerone tiranno di Siracusa, da parte dell'orefice incaricato di costruire una corona d'oro. Racconta infatti Vitruvio, nel suo* De architectura, *che Gerone aveva sospettato che l'orefice avesse sostituito, nella confezione, una parte di oro con argento, e per questo incaricò Archimede, che come si sa era imparentato con la casa regnante, di dimostrarne la colpevolezza. Si narra che, trovandosi un giorno nel bagno, Archimede ebbe l'intuizione del procedimento da seguire, avendo notato che, man mano che si immergeva nella vasca, l'acqua saliva di altrettanto; entusiasmato, uscì dal bagno gridando «eureka», senza nemmeno preoccuparsi di vestirsi. Il*

procedimento da lui seguito si ispirò al principio secondo cui, quando un corpo galleggia in un liquido, il suo peso è uguale a quello del liquido spostato; quando vi è immerso il suo peso diminuisce di una quantità uguale. Archimede poté ritrovare questo principio attraverso un esperimento fondato sul confronto tra le diminuzioni di peso rispettivamente subite, per l'immersione nell'acqua, dalla corona in esame e da due masse (una d'oro e l'altra d'argento) aventi un peso eguale a quello della corona.

Secondo quanto ci riferisce Antonio Favaro nell'« avvertimento » della edizione nazionale delle Opere *di Galileo Galilei (I, p. 211), la scrittura che qui segue non fu stampata durante la vita dell'autore, ma diffusa manoscritta tra gli allievi ed amici nell'anno della sua composizione, il 1586. L'*editio princeps *è di circa due anni posteriore alla morte dell'autore, a cura di G. B. Hodierna* (Archimede redivivo con la stadera del momento del dottor don Gio. Battista Hodierna ... dove non solamente s'insegna il modo di scoprir le frodi nella falsificazione dell'oro e dell'argento, ma si notifica l'uso delli pesi e misure civili presso diverse Nationi del mondo *ecc., Palermo, 1644*). *Nel 1656 seguì una edizione bolognese. L'edizione nazionale, dalla quale è ripreso il nostro testo, ha tenuto conto oltre che dell'autografo, anche delle altre copie sincrone e delle edizioni a stampa citate.*

LA BILANCETTA

Sì come è assai noto a chi di leggere gli antichi scrittori cura si prende, avere Archimede trovato il furto dell'orefice nella corona d'oro di Ierone, così parmi esser stato sin ora ignoto il modo che sì grand'uomo usar dovesse in tale ritrovamento: atteso che il credere che procedesse, come da alcuni è scritto, co 'l mettere tal corona dentro a l'aqqua, avendovi prima posto altrettanto di oro purissimo e di argento separati, e che dalle differenze del far più o meno ricrescere o traboccare l'aqqua venisse in cognizione della mistione dell'oro con l'argento, di che tal corona era composta, par cosa, per così dirla, molto grossa e lontana dall'esquisitezza; e vie più parrà a quelli che le sottilissime invenzioni di sì divino uomo tra le memorie di lui aranno lette ed intese, dalle quali pur troppo chiaramente si comprende, quando tutti gli altri ingegni a quello di Archimede siano inferiori, e quanta poca speranza possa restare a qualsisia di mai poter ritrovare cose a quelle di esso simiglianti. Ben crederò io che, spargendosi la fama dell'aver Archimede ritrovato tal furto co 'l mezo dell'aqqua, fosse poi da qualche scrittore di quei tempi lasciata memoria di tal fatto; e che il medesimo, per aggiugner qualche cosa a quel poco che per fama avea inteso, dicesse Archimede essersi servito dell'aqqua nel modo che poi è stato dall'universal creduto. Ma il conoscer io che tal modo era in tutto fallace e privo di quella esattezza che si richiede nelle cose matematiche, mi ha più volte fatto pensare in qual maniera, co 'l mezo

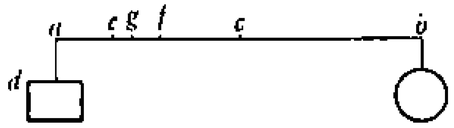
dell'aqqua, si potesse esquisitamente ritrovare la mistione di due metalli; e finalmente, dopo aver con diligenza riveduto quello che Archimede dimostra nei suoi libri *Delle cose che stanno nell'aqqua* ed in quelli *Delle cose che pesano ugualmente* [1], mi è venuto in mente un modo che esquisitissimamente risolve il nostro quesito: il qual modo crederò io esser l'istesso che usasse Archimede, atteso che, oltre all'esser esattissimo, depende ancora da dimostrazioni ritrovate dal medesimo Archimede.

Il modo è co 'l mezo di una bilancia, la cui fabbrica; ed uso qui apresso sarà posto, dopo che si averà dichiarato quanto a tale intelligenza è necessario. Devesi dunque prima sapere, che i corpi solidi che nell'aqqua vanno al fondo, pesano meno dell'aqqua che nell'aria tanto, quant'è nell'aria la gravità di tant'aqqua in mole quant'è esso solido: il che da Archimede è stato dimostrato; ma perché la sua dimostrazione è assai mediata [2], per non avere a procedere troppo in lungo, lasciandola da parte, con altri mezi lo dichiarerò. Consideriamo, dunque, che mettendo, per esempio, nell'aqqua una palla di oro, se tal palla fosse di aqqua, non peserebbe nulla, perché l'aqqua nell'aqqua non si muove in giù o in su. Resta dunque che tal [palla] di oro pesi nel[l'aqqua] quel tanto, in che la gravità dell'oro supera la gravità dell'aqqua; ed il simile si deve intendere de gli altri metalli: e perché i metalli son diversi tra di loro in gravità, secondo diverse proporzioni scemerà la lor gravità nell'aqqua. Come, per essempio, poniamo che l'oro pesi venti volte più dell'aqqua; è manifesto dalle cose dette, che l'oro peserà meno nell'aqqua che nell'aria la vigesima parte di tutta la sua gravità: supponiamo ora che l'argento, per esser men grave dell'oro, pesi 12 volte più che l'aqqua; questo, pesato nell'aqqua, scemerà in graveza per la duodecima parte: adunque meno scema nell'aqqua la gravità dell'oro che quella del-

[1] *De aequiponderantibus*, di cui il protettore ed amico di Galilei, il marchese Guidobaldo del Monte, aveva pubblicato nel 1588 un'edizione letta dal Nostro (cfr. le lettere del marchese del Monte a Galilei del 16 gennaio, 21 marzo e 28 maggio 1588, nel vol. X delle *Opere* cit., pp. 24-31, 33).

[2] Molto lunga.

l'argento, atteso che quella scema per un ventesimo e questa per un duodecimo. Se dunque in una bilancia esquisita noi appenderemo un metallo, e dall'altro braccio un contrapeso che pesi ugualmente co 'l detto metallo in aria; se poi tufferemo il metallo nell'aqqua, lasciando il contrapeso in aria; acciò detto contrapeso equivaglia al metallo, bisognerà ritirarlo verso il perpendicolo [3]. Come, per essempio, sia la bilancia *ab*, il cui perpendicolo *c*; ed una massa di qualche metallo sia appesa in *b*, contrapesata dal peso *d*. Mettendo il peso *b* nell'aqqua, il peso *d* in *a* peserebbe più: però, acciò che pesasse ugualmente, bisognerebbe ritirarlo verso il perpendicolo *c*, come, v. g., in *e*; e quante volte la distanza *ca* supererà la *ae*, tante volte il metallo peserà più che l'aqqua. Poniamo



dunque che il peso in *b* sia oro, e che pesato nell'aqqua torni il contrapeso *d* in *e*; e poi, facendo il medesimo dell'argento finissimo, che il suo contrapeso, quando si peserà poi nell'aqqua, torni in *f*: il qual punto sarà più vicino al punto *c*, sì come l'esperienza ne mostra, per esser l'argento men grave dell'oro; e la differenza che è dalla distanza *af* alla distanza *ac* sarà la medesima che la differenza tra la gravità dell'oro e quella de l'argento. Ma se noi aremo un misto di oro e di argento, è chiaro che, per participare di argento, peserà meno che l'oro puro, e, per participar di oro, peserà più che il puro argento: e però, pesato in aria, e volendo che il medesimo contrapeso lo contrapesi quando tal misto sarà tuffato nell'aqqua, sarà di mestiero ritirar detto contrapeso più verso il perpendicolo *c* che non è il punto *e*, il quale è il termine dell'oro, e medesimamente più lontano dal *c* che non è l'*f*, il quale è il termine dell'argento puro; però cascherà tra i termini *e*, *f*, e dalla proporzione nella quale verrà divisa la distanza *ef* si averà esquisitamente la proporzione dei due metalli, che tal misto compongono. Come, per esempio, intendiamo che il

[3] Si veda il trattato *Le Mecaniche*, p. 149, a proposito dell'equilibrio.

misto di oro ed argento sia in *b*, contrapesato in aria da *d*; il qual contrapeso, quando il misto sia posto nell'aqqua, ritorni in *g*: dico ora che l'oro e l'argento, che compongono tal misto, sono tra di loro nella medesima proporzione che le distanze *fg*, *ge*. Ma ci è da avvertire che la distanza *gf*, terminata nel segno dell'argento, ci denoterà la quantità dell'oro, e la distanza *ge*, terminata nel segno dell'oro, ci dimostrerà la quantità dell'argento: di maniera che se *fg* tornerà doppia di *ge*, il tal misto sarà due d'oro ed uno di argento. E col medesimo ordine procedendo nell'esamine di altri misti, si troverà esquisitamente la quantità dei semplici metalli.

Per fabricar dunque la bilancia [4], piglisi un regolo lungo almeno due braccia, e quanto più sarà lungo più sarà esatto l'istrumento; e dividasi nel mezo, dove si ponga il perpendicolo; poi si aggiustino le braccia che stiano nell'equilibrio, con l'assottigliare quello che pesasse più; e sopra l'uno delle braccia si notino i termini [dove ritor]nano i contrapesi de i metalli semplici quando saranno pesati nell'aqqua, avvertendo di pesare i metalli più puri che si trovino. Fatto che sarà questo, resta a ritrovar modo col quale si possa con facilità aver la proporzione, [secondo la quale] le distanze tra i termini de i metalli puri verra[nno] divise da i segni de i misti. Il che, al mio giudizio, si conseguirà in questo modo:

Sopra i termini de i metalli semplici avvolgasi un sol filo di corda di acciaio sottilissima; ed intorno agli intervalli, che tra i termini rimangono, avvolgasi un filo di ottone pur sottilissimo; e verranno tali distanze divise in molte particelle uguali. Come, per essempio, sopra i termini *e*, *f* avvolgo 2 fili solo di acciaio (e questo per distinguerli dall'ottone); e poi vo riempiendo tutto lo spazio tra *e*, *f* con l'avvolgervi un filo sottilissimo di ottone, il quale mi dividerà lo spazio *ef* in molte particelle uguali; poi, quando io vorrò sapere

[4] Per la continua attenzione di Galilei verso i problemi concreti della tecnica si vedano: A. FAVARO, *G. Galilei e lo studio di Padova*, Firenze, Le Monnier, 1883, I; A. BANFI, *Galileo Galilei*, Milano, «Il Saggiatore», 1961²; P. ROSSI, *I filosofi e le macchine*, Milano, Feltrinelli, 1961; L. GEYMONAT, *Galileo Galilei*, Torino, Einaudi, 1957.

la proporzione che è tra *fg* e *ge*, conterò i fili *fg* ed i fili *ge*, e, trovando i fili *fg* esser 40 ed i *ge* esser, per essempio, 21, dirò nel misto esser 40 di oro e 21 di argento.

Ma qui è da avvertire che nasce una difficultà nel contare: però che, per essere quei fili sottilissimi, come si richiede all'esquisitezza, non è possibile con la vista numerarli, però che tra sì piccoli spazii si abbaglia l'occhio. Adunque, per numerargli con facilità, piglisi uno stiletto acutissimo, col quale si vada adagio adagio discorrendo sopra detti fili; ché così, parte mediante l'udito, parte mediante il ritrovar la mano ad ogni filo l'impedimento, verranno con facilità detti fili numerati: dal numero de i quali, come ho detto di sopra, si averà l'esquisita quantità de i semplici, de' quali è il misto composto. Avvertendo però, che i semplici risponderanno contrariamente alle distanze: come, per esempio, in un misto d'oro e d'argento, i fili che saranno verso il termine dell'argento ci daranno la quantità dell'oro, e quelli che saranno verso 'l termine dell'oro ci dimostreranno la quantità dell'argento; ed il medesimo intendasi degli altri misti.

TRATTATO DI FORTIFICAZIONE

(1592-3)

Durante il soggiorno padovano, Galilei scrisse due trattati intorno alle fortificazioni militari: il primo, che nella edizione nazionale delle sue opere è stato distinto col titolo: Breve instruzione all'architettura militare, *è il riassunto delle lezioni pubbliche da lui tenute nello Studio padovano probabilmente nel primo anno del suo insegnamento, quando, ottenuta dal Senato accademico la facoltà di «legere ad libitum», come è detto nel rotolo dell'anno 1592-93 dell'Università degli Artisti di Padova, scelse un argomento che interessava particolarmente i giovani patrizi veneti che frequentavano lo Studio. Il secondo trattato contiene invece le lezioni da lui impartite privatamente, come era costume del tempo, anche per far fronte alle esigenze economiche, poiché, come osservò a G. F. Sagredo il Procuratore dello Studio, «il viver della cattedra solamente era quasi impossibile e delle lettioni private bisognava farsi pagare» (lett. del 1° settembre 1599, vol. X, p. 77). Non pochi erano d'altronde i gentiluomini che, venuti a Padova per completare la propria cultura, preferivano seguire l'insegnamento privato di qualche lettore famoso, che illustrasse argomenti di più immediato interesse e più attinenti alle esigenze del commercio, dei traffici, della navigazione della guerra, cui essi si sarebbero poi dedicati.*

La Repubblica veneta in quegli anni avvertiva con sempre maggiore preoccupazione le conseguenze di avvenimenti storici che provocavano notevole turbamento alla sicurezza dei traffici commerciali con l'Oriente e minacciavano la prosperità delle

famiglie dell'oligarchia e l'intera economia veneta: oltre all'attacco dei Turchi alle posizioni di potere da tempo consolidate nel Vicino Oriente, Venezia avvertiva la pressione dell'espansione asburgico-spagnola. Come reazione alla precarietà dei traffici marittimi, nel gruppo dominante si veniva qua e là manifestando la tendenza a convertire il capitale commerciale in ricchezza immobiliare ed i problemi dell'espansione territoriale e dell'offesa e difesa militare attiravano l'attenzione del mondo politico veneziano. Si può comprendere quindi quale interesse suscitasse la trattazione di questioni attinenti alla costruzione, alla munizione, alla difesa e all'attacco delle fortezze e delle basi militari, svolta dall'alto di una cattedra universitaria; si può anche comprendere con quanto compiacimento la lettura di tali argomenti fosse accolta dalle autorità accademiche, le quali dimostravano stretta adesione alla linea politica della Repubblica.

Che Galilei avesse intuito questo interesse pratico del governo veneto nella determinazione della propria politica culturale è confermato da vari argomenti: innanzi tutto, non va ignorato il fatto che egli frequentò, fin dal suo arrivo, il mondo più vivo della cultura veneziana e, con l'amicizia di fra Paolo Sarpi e di alcuni illustri rappresentanti del patriziato veneziano, come il Cornaro ed il Sagredo, poté non solo conoscere a fondo le tendenze attuali dello Stato veneziano, ma avere contatti diretti con il mondo dell'industria e della tecnica, strettamente legato alle sorti dei commerci marittimi: si veda al riguardo la lettera al Contarini del 22 marzo 1593 (pp. 845-48), dalla quale si rileva la sua attività di consulente scientifico dell'Arsenale, oppure si pensi alle sue invenzioni pratiche, tanto bene accette ai dirigenti governativi: è proprio del 15 settembre 1594 la concessione fattagli dal Doge di un privilegio per l'uso di un « edificio da alzar acqua ed adacquar terreni » (Opere, *ed. naz., XIX, p. 126); un breve scritto autografo non firmato, intitolato « Raccolta di quelle cognizioni che a perfetto cavaliero e soldato si richieggono, le quali hanno dependenza delle scienze matematiche, contenente alcuni cenni sulla utilità della matematica per l'arte militare » è compreso nelle carte dell'Accademia Delia di Padova fondata nel 1597 da Pietro Duodo perché i nobili padovani potessero seguire gli studi interessanti l'arte militare; è altresì noto che Galilei era stato designato dal Consiglio dell'Accademia quale lettore di matematica dell'Istituto.*

Dalla lettura delle pagine che seguono si può notare l'attenzione rivolta da Galilei alle questioni pratiche che interessavano la società mercantile di Venezia: la Breve instruzione *si apre infatti con la considerazione della necessità di collegare i criteri di fortificazione alla nuova strategia militare determinata dall'uso delle artiglierie: la sua trattazione non è quindi distaccata dalla realtà, né di natura accademica; nel* Trattato di Fortificazione, *pur tendendo a subordinare la tecnica dell'edilizia militare al principio scientifico dell'equilibrio delle forze, cui sembra al principio ridursi tutta la vicenda bellica, di fatto tiene sempre d'occhio la tattica degli assalti, degli attacchi e contrattacchi, degli assedi, dei colpi di mano, dell'astuzia dei difensori e della violenza degli assalitori, ed anzi in questa costante attenzione egli dimostra ancora una volta il suo profondo spirito realistico, con una scrupolosa conoscenza della tecnica militare, al cui approfondimento teorico egli contribuì oltre che con lo studio dell'architettura, anche con ricerche di balistica (si veda la lettera ad Antonio de' Medici dell'11 febbraio 1609, vol. X delle* Opere, *ed. naz., p. 228) e con l'invenzione del compasso geometrico militare. Che egli poi pensasse particolarmente ai problemi militari di Venezia può esser provato, infine, dall'illustrazione dei criteri di fortificazione dei luoghi di mare, per la protezione delle coste e per il ricovero delle navi.*

Dei due trattati pubblichiamo il secondo, che è più completo e in gran parte comprende anche il primo[1]. *Il* Trattato di fortificazione *fu pubblicato per la prima volta nel 1818 dal cav. Giambattista Venturi nelle* Memorie e lettere inedite finora o disperse di Galileo Galilei (*Modena, Vincenzi e comp., 1818*); *il Venturi, ritenendo i due scritti come stesure di un medesimo*

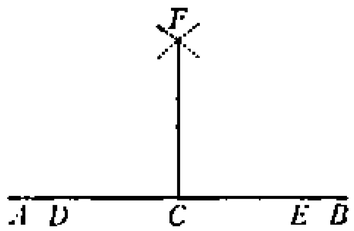
[1] (Riporteremo però nelle Note ampie citazioni dalla *Breve instruzione all'architettura militare*).

trattato, inserì nel secondo parte del primo, che divise in brani disposti via via secondo l'opportunità del contesto: il Favaro, accingendosi alla pubblicazione delle Opere *galileiane, distinse i due scritti e ristabilì il testo di ciascuno risalendo a due codici esistenti presso la Biblioteca ambrosiana (N. 281 sup. e D 296 inf.), che a lui parvero più sicuri dei vari esemplari manoscritti (è noto che Galilei fece circolare molte copie manoscritte del* Trattato di fortificazione *di pugno d'un amanuense da lui incaricato), reperibili presso altre biblioteche.*

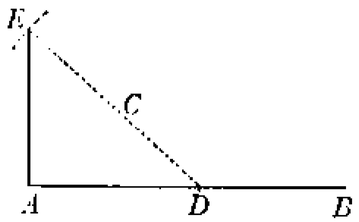
TRATTATO DI FORTIFICAZIONE

Regola per tirare la linea perpendicolare.[1]

In tre diverse maniere ci può venire di bisogno di tirare una linea perpendicolare, ad angoli retti, a squadra, o vogliamo dire a piombo, sopra un'altra linea. Il primo caso sarà, come nella prima figura, quando si averà da tirar sopra la linea $A\,B$ la perpendicolare da un punto dato in essa, come dal punto C: il che si farà in questo modo. Aprasi il compasso a caso; e posta una delle sue aste al punto C, notisi con l'altra li due punti D, E; ed aperto un poco più il compasso, fermando una delle due aste ora nel punto D ed ora nell'E, faccisi con l'altra l'intersecazione al punto F, dal quale sia tirata la linea al punto C: e sarà perpendicolare.

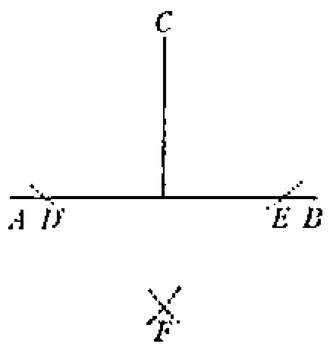


Il secondo caso sarà, come nella figura appresso, quando la perpendicolare doverà essere tirata dall'estremità A. Per il che fare, aprasi il compasso come

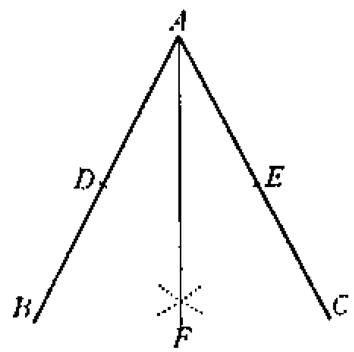


[1] Questi preliminari geometrici, nei quali si espongono i criteri per la costruzione di alcune figure geometriche sono comuni all'altro trattato, la *Breve instruzione all'architettura militare*, ed hanno il valore di semplici indicazioni, senza pretesa di rigorosità. Pur avendo Galilei imitato i più comuni trattati di architettura militare, si può tuttavia osservare come egli voglia far dipendere da principi geometrici questi problemi di carattere strettamente tecnico.

ne piace; e posta una dell'aste nel punto A, fermisi l'altra in un punto qual si sia sopra la linea, come in C, e con l'altr'asta sia notata nella linea $A\ B$ il punto D; e volgendo il compasso, notisi (come si vede) l'arco al punto E, e per li due punti D, C sia fatta passare una linea retta occultamente, la quale seghi il detto arco nel punto E: dal quale segamento cadendo la linea $E\ A$, sarà a squadra sopra la $A\ B$.



Nel terzo caso, si deve sopra l'$A\ B$ far cadere la perpendicolare dal punto C posto fuora di essa. Il che faremo fermando un'asta del compasso nel punto C, ed allargando tanto che con l'altra si possino notare nella linea $A\ B$ li due punti D, E; sopra i quali fermando una delle aste, con l'altra si farà l'intersecazione F; e posta la riga sopra i punti C, F, tireremo la linea $C\ G$; quale sarà perpendicolare.



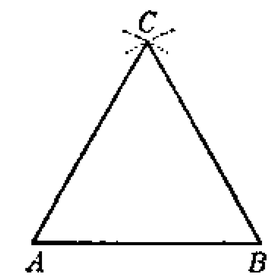
Modo di dividere l'angolo in parti eguali.

Sia l'angolo $B\ A\ C$; e posta un'asta del compasso in A, notisi con l'altra li due punti D, E, sopra i quali si farà l'intersecazione nel punto F; e tirando la linea retta dall'A a F, sarà da essa segato l'angolo in eguali parti.

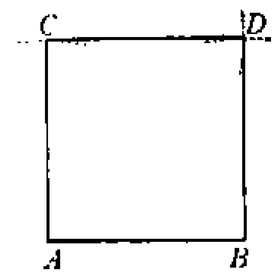
Della descrizione di diverse figure di lati ed angoli eguali; e prima, del triangolo.

Sia proposto dover descrivere un triangolo di linee eguali sopra la linea $A\ B$. Aprasi il compasso; e presa la distanza di essa linea $A\ B$, fermando l'asta nei punti A, B, facciasi

con l'altra l'intersecazione al punto C, dal quale tiransi l'altre due linee ai punti A, B: e sarà fatto il triangolo.

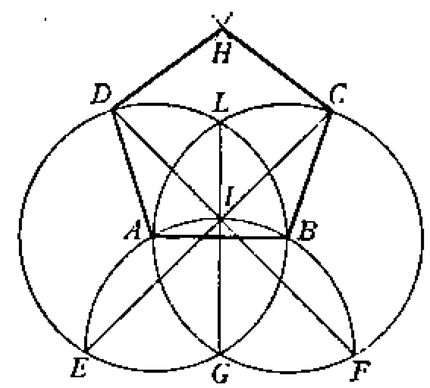


Il quadrato si formerà sopra la linea $A\ B$ tirando la perpendicolare dal punto A, per la regola dichiarata di sopra; la quale perpendicolare sia $A\ C$, e taglisi eguale all'$A\ B$; ed allargando il compasso secondo la larghezza $A\ B$, fermata una delle sue aste ora nel punto C ed ora nel B, si farà l'intersecazione al punto D: dal quale prodotte le linee $D\ C$, $D\ B$, sarà fatto il quadrato.



Quadrato

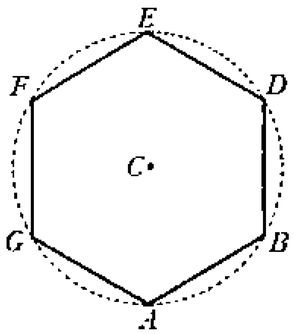
E volendo sopra la linea $A\ B$ costituire la figura di cinque lati, detta pentagono, prima allargheremo il compasso secondo la distanza $A\ B$, ed intorno i punti A, B con tale apertura descriveremo due cerchi, come nella figura si vede, quali si segheranno ne' punti G, L; e fermata l'asta del compasso nel punto G, descriveremo il terzo cerchio $E\ A\ B\ F$. Fatto questo, tireremo dal G all'L una linea retta, la quale segherà l'ultimo cerchio nel punto I; di poi per li punti E, I faremo passare la linea retta $E\ I\ C$ e per li punti F, I la linea $F\ I\ D$, e produrremo le due linee rette $B\ C$, $A\ D$; e con l'istessa apertura, con la quale si descrivono i cerchi, sopra i punti C, D faremo l'intersecazione al punto H: e sarà fatto il pentagono $A\ B\ C\ D\ H$.



Pentagono

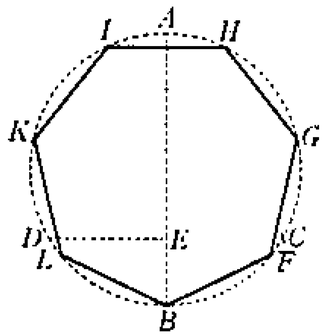
La descrizione della figura di sei lati si farà facilmente nell'infrascritto modo. Sia la linea $A\ B$ per uno dei lati della figura, ed aprasi il compasso secondo la sua larghezza, e con tale apertura sia fatta l'intersecazione al punto C; dove fermata un'asta del

compasso, si descriverà il cerchio occulto, nella circonferenza del quale con la medesima apertura si noteranno gli altri quattro punti D, E, F, G, li quali con li altri due A, B divideranno il cerchio in sei parti eguali; di maniera che, tirate le altre cinque linee $B\,D$, $D\,E$, $E\,F$, $F\,G$, $G\,A$, sarà descritto l'esagono di lati eguali: che è il proposto.



Esagono

La figura di sette lati, detta eptagono, sarà descritta in tal modo. Prima descriveremo il cerchio occulto, e tireremo il suo diametro pur occulto $A\,B$; e fermando un'asta del compasso nel punto B, servando l'istessa apertura con che si descrive il cerchio, si noteranno nella circonferenza li due punti D, C; e posta la riga sopra essi, tireremo occultamente la linea $D\,E$; la quale replicata sette volte nella circonferenza del cerchio, cominciandosi dal punto B, la dividerà in sette parti eguali; tra le quali tirandosi le linee rette $B\,F$, $F\,G$, $G\,H$, $H\,I$, $I\,K$, $K\,L$, $L\,B$, sarà chiusa la figura di sette lati eguali: che è nostro intento.

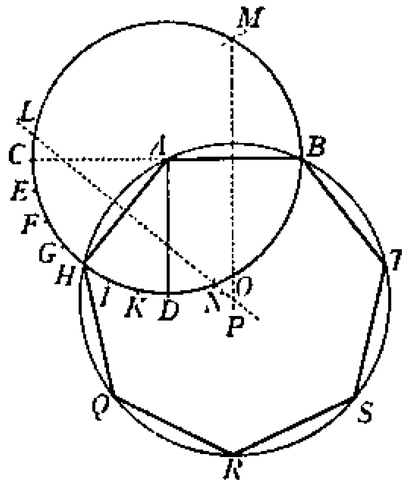


Eptagono

REGOLA UNIVERSALE, LA QUALE SERVIRÀ PER DESCRIVERE UNA FIGURA DI QUANTI ANGOLI EGUALI E LATI CI PIACERÀ.

Sia nel presente essempio la linea $A\,B$, sopra la quale sia di mestiero descrivere una figura di molti lati. Prolunghisi la linea $A\,B$ per dritto occultamente sino al punto C; e sopra il centro A, secondo l'intervallo di essa $A\,B$, descrivasi il cerchio $D\,B\,C$; e sopra il punto A sia tirata la perpendicolare $A\,D$: e l'arco $D\,C$ sia diviso in tante parti eguali, quanti lati vogliamo che abbia la figura da descriversi; e nel presente essempio supponiamo che deva avere sette lati;

però divideremo il detto arco in sette particelle eguali, ne' punti E, F, G, H, I, K. Di poi, per regola universale, ne lasseremo sempre quattro dalla parte inferiore, come nell'essempio si veggono lasciate le quattro particelle $C\,E$, $E\,F$, $F\,G$, $G\,H$; e dal punto H al punto A tireremo la linea retta. Oltre a ciò, posta un'asta in H ed allargato il compasso sino al punto A, faremo le due intersecazioni alli punti L, N; ed il medesimo faremo fermata l'asta del compasso nel punto B, segnando le due intersecazioni M, O. Di poi per li due punti L, N faremo passar la linea occulta LN, e per li punti M, O l'altra linea occulta, la quale si giungerà con $L\,N$ in P: dove posta l'asta immobile del compasso ed allargato l'altra sino al punto A, descriveremo il cerchio, il quale passerà necessariamente per i punti B, H; e replicata in questo la linea $A\,B$ sette volte, sarà descritta la figura che cercavamo (come si vede) $A\,H\,Q\,R\,S\,T\,B$.



LA CAGIONE PERCHÉ SONO ORDINATE LE FORTIFICAZIONI.

Dovendo noi discorrere intorno al modo di fortificare, doviamo prima recarci inanzi alla mente il fine, per il quale sono state ordinate le fortificazioni: il quale altro non è che il fare che pochi possino difendersi da molti [2]; atteso che si deve sempre supporre che il nemico, venendo per impadronirsi di una fortezza, sia per condurre assai più numeroso essercito, che non è la moltitudine de' difensori.

[2] L'arte militare ed in particolare l'attacco e la difesa sono riportati da Galilei al principio dell'equilibrio delle forze: come sia possibile, cioè, contrapporre all'assalto di molti la resistenza di pochi, e quali siano le condizioni favorevoli.

Adunque bisogna che quelli della fortezza s'ingegnino di poter contrastare al nimico co 'l vantaggio del sito.

Bisogna, oltre a ciò, sapere a quali sorte l'offese si deve resistere; se vogliamo potere talmente ordinare la fortezza, che possa a dette offese contrastare. E venendo al particolare nostro, poiché s'è ritrovato l'artiglieria, strumento da guerra di tutti violentissimo, non possono quelle difese, che anticamente bastavano, essere ne i nostri tempi atte a resistere: però bisogna che troviamo altri corpi di difesa, che a gli antichi non furono di mestiero [3].

I mezzi, con i quali s'offendono ed espugnano le fortezze, pare che siano principalmente cinque: cioè,

la batteria, quando con l'artiglierie s'apre di lontano una muraglia, e per l'apertura si fa adito per entrare nella fortezza;

la zappa, che si fa accostandosi alla muraglia, e con pali di ferro, con picconi, ed altri istrumenti, si rovina;

la terza è la scalata, quando con le scale si monta sopra la muraglia;

la quarta è la mina, la quale, per la forza del fuoco rinchiuso in una cava sotterranea (come a suo luogo dichiareremo), rovina in uno instante una muraglia;

la quinta finalmente è l'assedio, quando, togliendo a i difensori ogni sorte di sussidio, si constringono per la fame a rendersi.

Lasciamo stare il tradimento [4], come maniera d'espugnare ignominiosa, ed alla quale male si può trovare rimedio, sendo

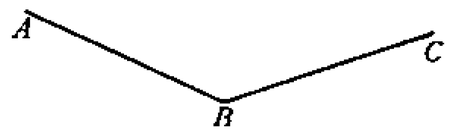
[3] « Usavano anticamente, per difesa delle loro città, cingerle di muraglia atta a resistere a quelle offese, che da diversi stromenti del nimico le venivano; e per proibire le scalate, e che il nemico non s'accostasse sotto la muraglia, uscivano in fuori della cortina con torrioni e rivellini,... li quali facendo fianco, davano comodità a i difensori di poter, con sassi, balestre ed altre armi da lanciare, tenere il nemico lontano dalla muraglia. Ma sendosi poi accresciute l'offese con l'essersi trovate l'artiglierie, le quali con forza grandissima e da lontano offendono, è stato di mestiero trovare altre maniere di difese; sendo le già dette, per la forma, per la piccolezza e per la debolezza, inabili a resistere all'impeto dell'artiglierie » (*Breve instruzione* cit., in *Opere*, II, p. 23).

[4] L'intenzione geometrizzante con cui viene svolto il trattato porta l'autore ad escludere, tra i mezzi di espugnazione delle fortezze, il tradimento, che costituisce un caso abnorme ed irrazionale, non subordinabile a regole generali: riprova, questa, del diffuso e costante razionalismo galileiano.

impossibile guardarsi da i traditori. Lasciamo, per simile rispetto, le improvise rubberie, dalle quali non ne può assicurare la forma della fortezza, ma solamente la vigilante cura delle guardie.

Qual sia l'offizio dell'architetto.

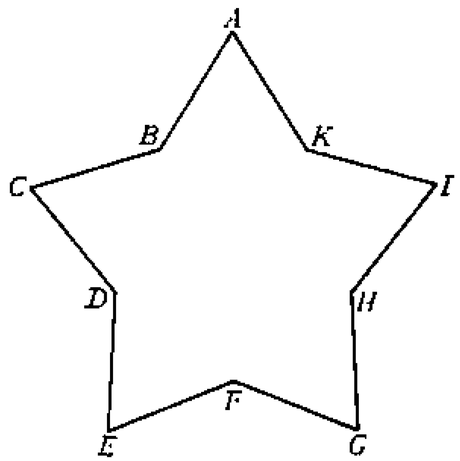
Dalle quattro prime offese è offizio dell'architetto il fare che la fortezza venga assicurata: però nell'ordinare le nostre fortificazioni avremo sempre inanzi a gli occhi, come scopo principale, l'assicurarsi dalle batterie, dalle scalate, dalla zappa e dalle mine. E sì come la maggior parte delle offese vengono dalle artiglierie, così dalle medesime verranno le principali difese [5].



Però per generalissimo precetto e per regola invariabile terremo il fare che tutte le parti della nostra fortezza scambievolmente si vegghino e difendino, né sia in loro luogo ancor che minimo, dove l'inimico potesse stare senza esser offeso: perché, quando potesse pure un solo soldato stare senza offesa sotto a qualche parte della muraglia, comincierebbe ad aprirla; e fatta una buca, dove potessero lavorar due, a poco a poco l'allargherebbono per 4, 6, 10 o 20, e finalmente la tirerebbono a rovina. Bisogna adunque che una parte della muraglia vegga l'altra e la difenda; il che non può fare una linea retta, ma fa di mestiero che siano due, le quali si riflettino e faccino l'angolo l'una sopra l'altra: come nella presente figura si vede, dove la linea *A B*, facendo angolo con la *B C*, la vede e difende in tutte le sue parti, e dalla medesima viene difesa. E questa scambievole difen-

[5] Galilei costruisce, come è riferito più sopra (n. 2, p. 69), tutto il suo sistema di difesa sul criterio della continua vigilanza delle linee esterne della fortezza.

sione si dimanda *fiancheggiare* o *far fianco*[6]: e così diremo la linea *A B* *far fianco* alla *B C*, e per l'opposito la *B C* *fiancheggiare* la *A B*. E con simil modo di linee riflesse si potranno circondare le città e fortezze; come si vede nella seconda figura *A B C D E F G H I K*, nella quale non resta parte alcuna indifesa. Ma perché, mediante il ripiegarsi che fanno le linee in dentro, con grande lunghezza di muraglia, e per conseguenza con molta spesa, si circonda poca piazza, si deve sfuggire tal modo di fortificare e circondare tutta una fortezza con simili fianchi; e trovar modo di accommodare sopra angoli esteriori o linee diritte altri modi di fianchi, come co 'l progresso dichiareremo.

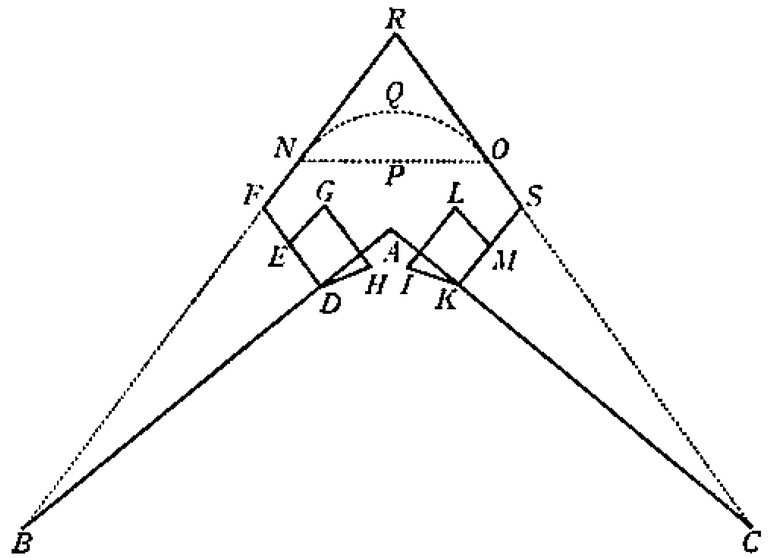


Quando sarà circondata una piazza di cortine, che non si riflettino in dentro, ma faccino li angoli per l'infuori, e che, per conseguenza, non possino l'una l'altra difendersi, non si potendo ancora difendere una cortina diritta da per sé stessa, sarà di bisogno ritrovare ed ordinare una maniera di fianchi, che le scuopra e difenda. E questo che siamo per dir ora deve esser attentamente avvertito, perché è il principale fondamento e ragione di tutta la fortificazione.

Supponiamo dunque una terra esser circondata di cortine che si ripieghino e faccino angolo all'infuori, due delle quali siano nell'infrascritto essempio secondo le linee *B A C*. E perché la cortina *A B* non può da per sé stessa difendersi, né è difesa da altre, bisogna uscire infuori con una muraglia secondo la linea *D E*, dalla quale verranno vedute e difese tutte le parti della cortina *D B*; e così di sopra la muraglia

[6] « Devesi dunque prima sapere, che qualunque linea che sopra un'altra è in qualunque comodo inclinata, talmente che da tutte le sue parti la vegga e scuopra, si dimanda *farsi fianco* » (*Breve instruzione* cit., II, p. 24).

D E tenendosi artiglieria, si potrà difendere la cortina *D B*. E perché per esser l'artiglieria strumento, il quale, per la sua grandezza e per lo stornare che fa quando si scarica, non può adoperarsi in ogni breve spazio, però fa di mestiero che la muraglia *D E*, quale dimanderemo *fianco* della cortina *D B*, sia tanto lontana dall'angolo *A*, che vi resti spazio capace per l'uso delle artiglierie. Sia dunque tale spazio quello che si vede racchiuso dentro le linee *E G H D*, il qual



domanderemo *piazza da basso*[7]. Ecco dunque ritrovata di già la necessità di fare le piazze da basso.

Ma perché bisogna pensare di potere tenere nelle piazze l'artiglierie di maniera che non possino dal nimico esser

[7] È una delle *forme di fianco*: « La piazza da basso deve esser tanto larga che ci sia spazio per due cannoniere e per il merlone tra esse cannoniere: e per questo non vorrà esser manco di ventiotto o trenta braccia, a volere che comodamente ci si possino maneggiare due pezzi d'artiglieria, e vi sia luogo per il bombardiero » (*Breve instruzione* cit., II, p. 33). « La lunghezza delle piazze da basso deve essere tale che vi sia spazio per la rinculata dell'artiglieria; e questo spazio non vorrà esser meno di trenta braccia. Si farà ancora una strada che vadi dall'una all'altra piazza da basso; e questo non solamente acciò che i bombardieri possino soccorrere l'uno e l'altro fianco, ma per condurvi ancora, bisognando de' pezzi d'artiglieria; e questa strada non vorrà esser manco larga di sette braccia, ed alta sei braccia » (ivi, pp. 37-38).

offese, ed il lasciarle nella piazza così scoperte sarebbe molto pericoloso, è stato conosciuto necessario l'armare e ricoprire con una fortissima e saldissima muraglia le dette piazze, la quale s'inalzi ancora tanto, che togli di vista al nimico l'artiglierie: e però, spingendosi avanti secondo la drittura *D E* nel punto *F*, si è fatto di grossa muraglia il sodo *E F N G*, che doppo è stato dimandato *spalla*. E così abbiamo la cagione, perché il fianco si distingue in piazza ed in spalla. E quello che si è fatto sopra la cortina *A B*, intendasi ancora, per la medesima ragione, fatto sopra la cortina *A C*; cioè la piazza *K I L M*, e la spalla *M S O L*.

Resta finalmente che, per fare il corpo di difesa perfetto, serriamo la figura, congiungendo l'una spalla all'altra: il che si potrebbe fare tirando per linea diritta, dall'una all'altra, la muratura *N P O*, o vero in arco secondo la linea *N Q O*. Ma né l'uno né l'altro di questi due modi manca d'imperfezione; attesoché le dette due linee restariano senza difesa, non sendo da i fianchi opposti *B, C*, né da altro luogo, vedute. Però si chiuderà il corpo di difesa con le due linee rette *F R*, *S R*, ordinandole in maniera, che almeno da i punti *B, C*, dove saranno due altri fianchi, venghino scoperte e difese. E tali due linee si dimanderanno *faccie* o *fronti* del corpo di difesa.

Concludiamo dunque: ogni corpo di difesa, il quale deve fiancheggiare una cortina, per il discorso fatto, deve esser composto di quattro linee, cioè di due fianchi e due faccie.

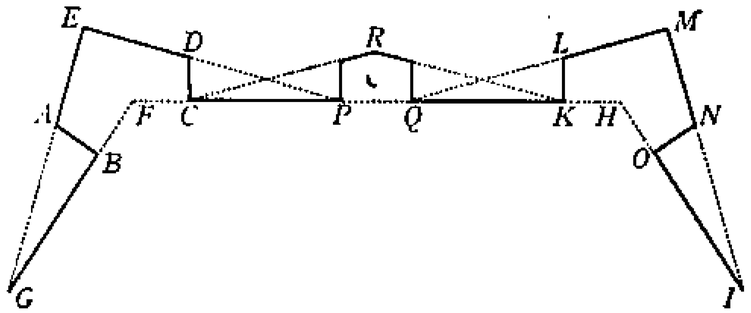
Delli diversi corpi di difesa.

Abbiamo per le cose dette potuto comprendere, come quelli corpi di difesa, che hanno a difender le cortine, devono esser composti di dui fianchi e due faccie. Séguita adesso che veggiamo le diverse maniere di essi, ed i diversi luoghi ove vanno collocati.

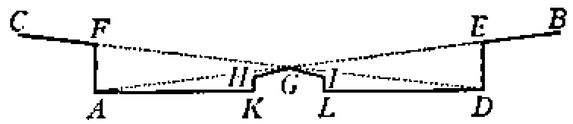
E prima è da sapere, che se si accommoderanno corpi di difesa sopra li angoli del recinto (e per recinto doviamo intendere tutto il circuito delle cortine, che abbracciano e

circondano la terra e luogo da fortificarsi), verranno ciascheduna cortina ad aver doppia difesa, sendo poste in mezo di due fianchi: e però il corpo di difesa posto sopra l'angolo sarà il più reale e principale di tutti gli altri, e si adimanda *bellovardo*, quasi che *belliguardo* [8], cioè guardia e difesa della guerra; e sarà, come nella prima seguente figura, il baluardo *B A E D C*, e il baluardo *K L M N O*.

E perché può talvolta avvenire che la distanza tra l'uno e l'altro baluardo sia tanto grande, che le difese che venghino da i fianchi di essi non possino difendere scambievolmente l'uno e l'altro baluardo, allora in simile caso sopra la cortina tra essi sarà lecito collocare un altro baluardo: come nella medesima figura si vede il baluardo *P Q R*, li cui fianchi difendono le due fronti *D E*, *L M*.

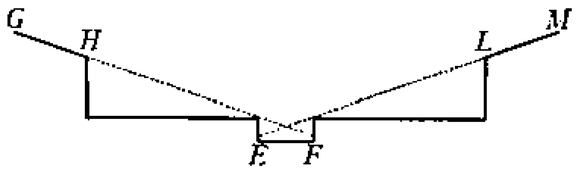


Ma se la lontananza tra l'uno e l'altro baluardo fusse così grande, che le difese de i fianchi per difendere le fronti de i baluardi fussero ben deboli, ma non però del tutto inutili, e volessimo, comunque le si fussero, mantenerle ed accrescervene altre; in tal caso non faremo il baluardo *P Q R*, perché, come si vede, impedisce la vista degli altri baluardi a i fianchi opposti; ma faremo,



[8] « È il fine, per il quale si formano i baluardi e gli altri corpi di difesa, difendere il recinto, difendersi l'uno e l'altro scambievolmente, resistere alle offese del nimico, ed offendere esso nimico: però il baluardo... deve esser gagliardo alle offese e capace per le difese » (ivi, pp. 28-29).

come nel secondo essempio si vede, il corpo di difesa *K H G I L* tanto accosto alla cortina, che non impedisca a i fianchi *A F*, *D E* la vista delle fronti *E B*, *F C*: e questo corpo di difesa si addimanda *piattaforma*, per esser una figura piatta e schiacciata. Ma però, se bene non occupa le fronti de' baluardi, impedisce pure le artiglierie poste in *A*, *D*, che non possino liberamente scorrere tutta la cortina *A D*. Per lo che si è ritrovato un terzo corpo di difesa, come nell'altra figura si vede: dove si è aperta la cortina, e, ritirandosi in dentro, si sono accommodate le due piazze *E*, *F*, dalle quali venghino difese le fronti de i baluardi, senza impedire il libero passaggio dall'uno all'altro de i fianchi de i baluardi opposti. E questo terzo corpo di difesa è stato nominato *piattaforma rovescia*.



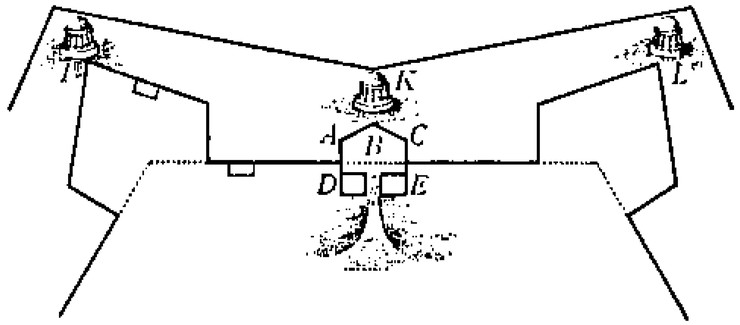
Li corpi di difesa dichiarati di sopra, pare che per lo più servino per difesa della muraglia e della fossa; ma volendo

offendere e travagliare il nimico alla campagna e da lontano, fa di bisogno che abbiamo altri corpi di difesa, li quali, sendo più rilevati delli altri, possino meglio scoprire e dominare la campagna. Per questo sono stati ordinati li *cavallieri* [9], li quali altro non sono che alcuni luoghi dentro della cortina, i quali s'inalzano sopra essa e li altri corpi di difesa; e perché vengono compresi dentro dal recinto, non importa

[9] Il cavalliero è differente « da gli altri corpi di difesa, perché l'ufficio suo principalmente è difender la campagna; per questo si usa fare più alto del restante del ricinto della fortezza » (ivi, p. 26).

qual figura ei si abbino. Parimente ancora, per il medesimo rispetto, si possono collocare in qual si voglia luogo: cioè, o sopra i baluardi, come si veggono i cavallieri *A*, *D*; o vero a canto il baluardo, come si vede il cavalliero *B*; o pure tra l'uno baluardo e l'altro, come il cavalliero *C*. E questi si fanno ordinariamente di terra pura, né hanno altro offizio che di nettare la campagna.

Altri architetti, con migliore providenza, hanno ordinati alcuni cavallieri, li quali abbino l'uno e l'altro uso, cioè di

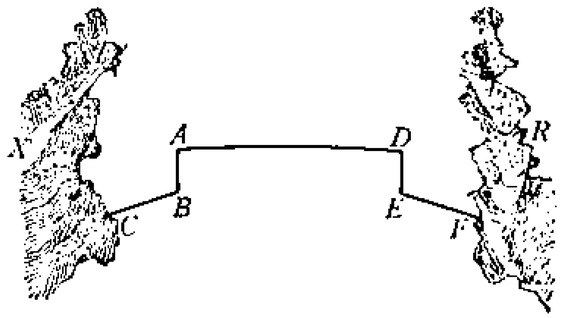


difendere la fossa e spazzare la campagna: e però li hanno posti tra l'uno e l'altro baluardo, con una parte di essi fuori della muraglia, e l'altra dentro, come nella seconda figura si vede il cavalliero *D A B C E*, facendoli nella parte di fuori due piazze basse per difesa della fossa; ed alzandoli sopra la cortina, la piazza da alto scuopre la campagna. Se li fanno ancora dalla parte di dentro due altre piazze, come si veggono le *D*, *E*; quali servono per difesa della ritirata, come più distintamente a suo luogo diremo. E sono stati dimandati tali corpi di difesa *cavallieri a cavallo* [10].

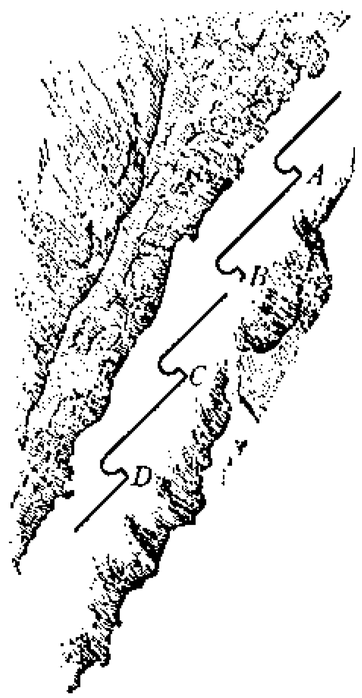
Sono alcune altre maniere di difese dette *case matte*, l'offizio delle quali non è se non offendere l'inimico, quando fusse entrato nella fossa: e sono alcune picciole stanze, le quali s'accommodano dentro alla cortina giù al piano della fossa, facendoli delle feritoie, per le quali si possa con archi-

[10] « *Il cavalliero a cavallo* si fabrica in su la cortina fra i baluardi, parte fuora e parte dentro: e la parte esterna è simile alla piatta forma nella figura e nell'uffizio, il quale è difender la cortina e le faccie de' baluardi, e spazzare la campagna » (ivi, p. 26).

bugi offendere il nemico. Accommodansi ancora nella fossa, come la casa matta *K*; nelli angoli della contrascarpa, come le *I*, *L*; ed in somma si possono collocare in qual si voglia luogo, come ancora sotto a i fianchi ed alle fronti de i baluardi. E quelle che si fanno nella fossa per lo più si costumano tonde, facendoli intorno molte feritoie, per le quali con archibugi si molesta l'inimico.

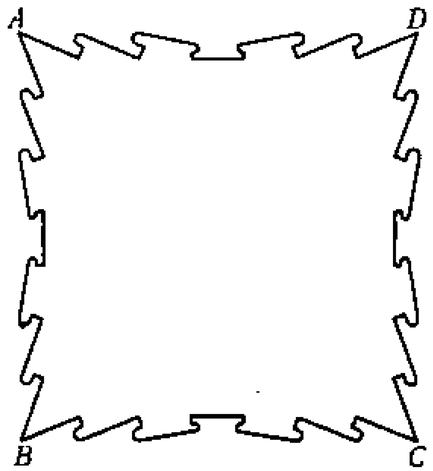


Oltre a i corpi di difesa già dimostrati, ne sono stati usati altri ancora; perché delli detti, alcuni in alcuni siti non sono necessarii, ed altri in altri siti non si possono accommodare: come, per essempio, in una fortezza di monte, ogni volta che non abbia vicino qualche luogo più elevato, sarebbe superfluo il far cavallieri; ed in una fortezza posta in mare non occorre far baluardi; sì come ancora se un sito, per esser circondato da rupi e precipizii, sarà per natura inaccessibile, sarebbe superfluo il farvi corpi di difesa. E ritornando al nostro intento, poi che non tutti i luoghi ricercano e sono capaci delle medesime fortificazioni, bisogna ritrovarne le proprie di ciascheduno sito particolare.



E perché accade alcuna volta, doversi fortificare un luogo che da due o più parti viene assicurato da qualche precipizio, come nella prima seguente figura si veggono li dui precipizii *X*, *R*, i quali per natura rendono forte tal sito; in questo caso basterà chiuder i luoghi pericolosi con la cortina *A D*, accommodandovi per sua difesa li fianchi *A B*, *D E*, con le fronti *B C*, *E F* facendo dui mezzi baluardi, quali vengono a terminare sopra i precipizii. E questa maniera di fortificazione si dimanda *forbicia* o *tanaglia*.

Ma se ci occorresse dover fortificare una china d'un colle, la quale, per la disugualità del sito, non fusse capace di baluardi o altri corpi di difesa reali e grandi, allora si accommodano alcune picciole cortine, difendendo ciascheduna con fianco; come nella seconda figura si veggono i fianchi e cortine *A*, *B*, *C*, *D*: e questo modo si dice *fortificare a denti*. E tal maniera di fortificazione si costuma ancora per circondare li alloggiamenti; perché, oltre all'esser tale, che in breve tempo si può condurre a fine, non avendo corpi di difesa grandi, può ancora esser difesa da artiglieria minuta, anzi da archibugi ancora. L'essempio del circondare li alloggiamenti con denti si ha nella terza figura *A B C D*.



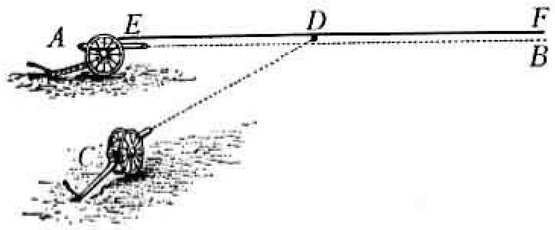
Connumerasi ancora tra i corpi di difesa il *rivellino*, il quale è un picciol forte separato e spiccato da tutto il corpo della fortificazione; per il che è stato così detto, quasi che sia revulso e separato dalli altri. E simili forti si costumano porre incontro alle porte delle fortezze per loro maggiore guardia e difesa: ed a questi rivellini si può andare per strade sotterranee, che rieschino nella fortezza, acciò che il nemico non possa impedire il transito.

Delle diversità de' tiri.

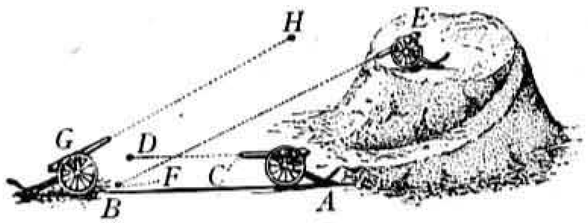
Prima che descendiamo alle regole particolari di ordinare i corpi di difesa, è necessario che dichiariamo alcuni termini attenenti a i tiri delle artiglierie; però che con questi, come

nel progresso sarà manifesto, abbiamo a disegnare tutta la nostra fortezza.

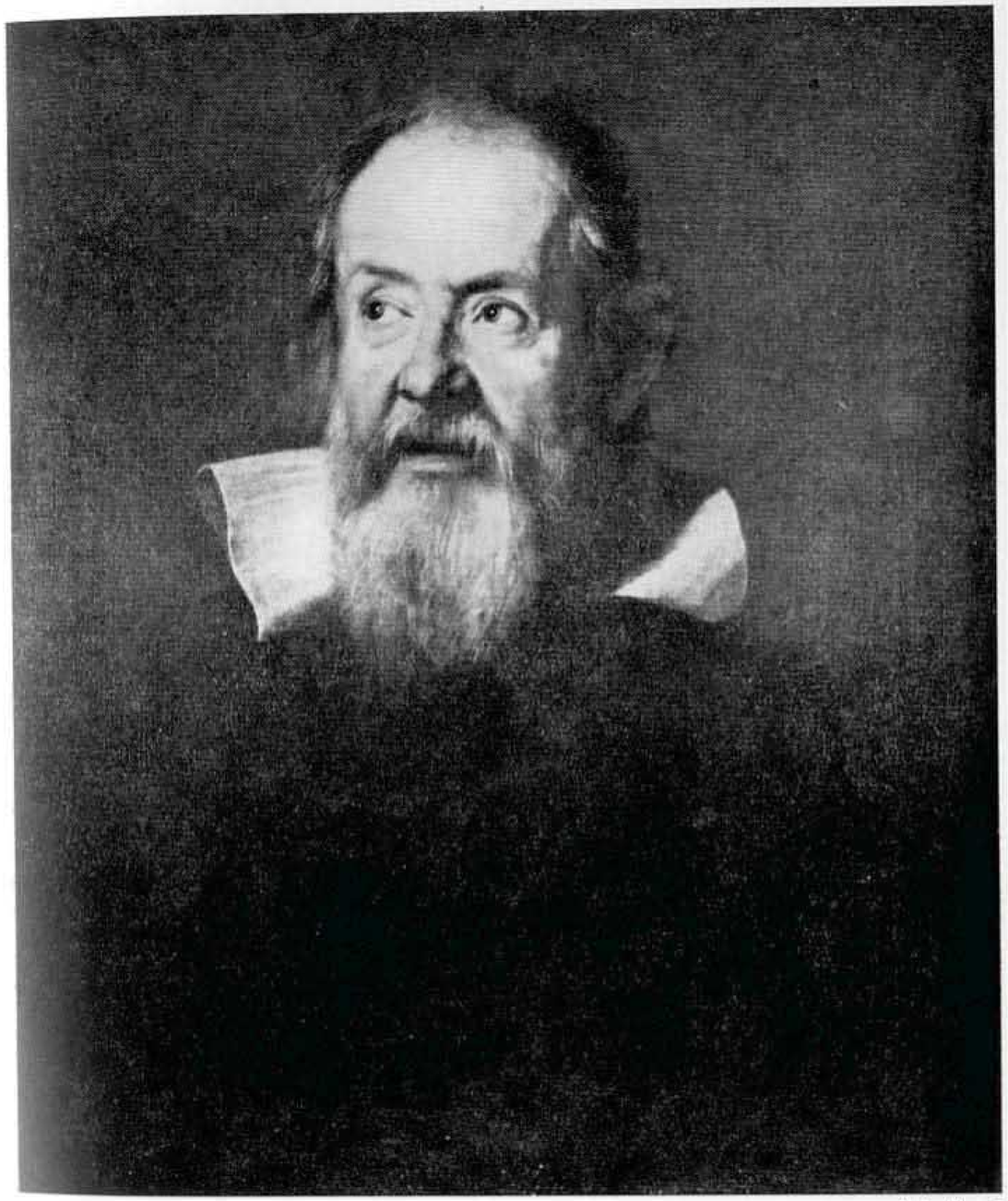
E prima, quando un tiro d'artiglieria va parallelo o equidistante a una cortina, senza toccarla in luogo nessuno, si addimanda *tiro di striscio*; come nella seguente figura si vede il tiro *A B*, il quale striscia la cortina *E F*. Ma quando il tiro va a percuotere e ferir la muraglia, in un sol punto, come si vede sopra la medesima cortina il tiro *C D*, questo vien dimandato *tiro di ficco*, o *ficcare*.



Il medesimo ancora si deve considerare rispetto al piano della campagna, dimandando *tiro di striscio* quello che la va radendo, e *di ficco* quello che, venendo da alto, la percuote in un sol punto. E così nel secondo essempio, rappresentandoci la linea *A B* il piano dell'orizonte, il tiro *C D* lo verrà a *strisciare*, ed il tiro *E F*, venendo da luogo sublime *E*, *ficcherà* nel punto *F*.



Ma più propriamente, in quanto appartiene al piano della campagna, potremo considerare tre diverse maniere di tiri, cioè: il tiro che viene da alto a basso, quale si chiamerà *inclinato*; il tiro da basso ad alto, che domanderemo *elevato*; ed il tiro paralello al piano, detto *tiro a livello*, o vero *di punto bianco*. E così nell'istessa figura il tiro *E F* sarà l'*inclinato*, *G H elevato*, e *C D a livello* o *di punto bianco*. E chiamasi *a livello*, quasi che *ad libellam*; cioè in bilancio, e che non inchini più nell'una che nell'altra parte. E dicesi di punto bianco, essendo che, usando i bombardieri la squadra con l'angolo retto diviso in dodici punti, chiamando l'elevazione al primo punto, al secondo, terzo e quarto, tiro di punto uno, di punto dua, di punto tre e di punto quattro



Fot. Alinari

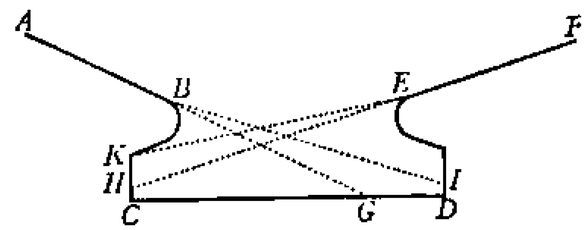
Galileo Galilei

Ritratto di Giusto Sustermans (Firenze, Uffizi)

etc., quel tiro, che non ha elevazione alcuna, vien detto tiro *di punto bianco*, cioè di punto nessuno, di punto zero [11]. E questo basti al presente circa i tiri.

Quello s'intenda per pigliare le difese.

Essendo che, come nel progresso sarà noto, tutte le parti della fortezza devono avere le loro difese, fa di bisogno che dichiariamo quello che appresso gli architetti significhi *pigliare le difese*. Diciamo dunque che il *pigliare le difese* di alcuna cortina o faccia di qualche corpo di difesa non vuol dir altro, che drizzarla verso quella parte dalla quale vengono le sue prime difese: come nel sottoposto essempio, la fronte del baluardo *A B* piglia le difese dal punto *G*, perché prolungata per dritto la linea *A B* batte nel punto *G*, di maniera che il punto posto in *G* viene a strisciare la faccia *A B*. E se bene altri luoghi ancora veggono e difendono la medesima faccia, come il punto *I*, il quale vi ficca, niente di meno si dice pigliare le difese dal punto *G*, per essere il primo luogo che la difende partendosi dal punto *C*, venendo verso il *D*. E per la medesima ragione la fronte *E F* piglia le difese dal punto *H*, dal quale è strisciata, e non dal punto *K*, dal quale è ficcata.

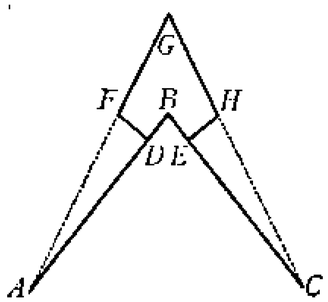


Delle tre cause della prima imperfezione de' baluardi.

Per una delle imperfezioni di maggiore importanza che possono accadere al baluardo, connumerano gli architetti

[11] Con alzo a zero: cfr. la giornata seconda del *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* (vol. II, p. 165).

l'essere l'angolo della fronte troppo acuto [12]; perché, oltre all'esser debole e facilissimo ad esser tagliato, con gran lunghezza di fronti si circonda piccola piazza; il che è cagione che non vi possono stare molti difensori, né commodamente maneggiarvisi artiglierie, ed in tempo di bisogno non vi si può fare ritirata. Però, come difetto notabile, doveremo esser cauti in ovviare a tale acutezza; il che potrà da noi più facilmente esser fatto, quando sapremo quali siano le cause che fanno riuscire l'angolo acuto. Le quali sono tre:

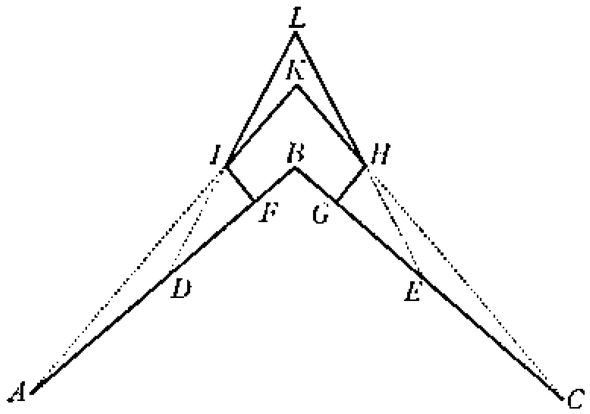


la prima è quando l'angolo del ricinto, sopra il quale va posto il baluardo, non sarà ottuso;

la seconda è il pigliare le difese delle faccie troppo da vicino;

la terza è l'ordinare i fianchi molto lunghi.

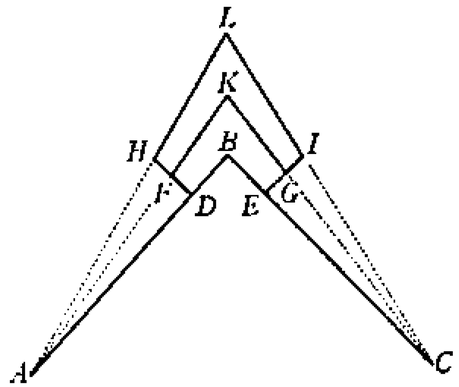
L'essempio della prima causa si vede nella prima sotto posta figura: nella quale, sendo sopra l'angolo del ricinto *A B C* constituito l'angolo del baluardo *F G H*, quale di necessità è sempre minore dell'angolo del ricinto (come facilmente si può trarre dalla 21 proposizione del Primo d'Euclide), sendo dentro alle linee *A G C* dalli punti *A*, *C* constituite le due linee *A B*, *B C*, ogni volta che l'angolo *B* sarà o retto o acuto, l'angolo *G* sarà più acuto.



[12] « Ed acciò sia gagliardo, si deve primamente cercare ch'i fianchi siano grandi, e l'angolo delle faccie meno acuto che sia possibile » (ivi, p. 29).

Nella seconda figura si vede manifestamente che le due fronti *L I*, *L H*, pigliando le difese da i punti *D*, *E*, constituiscono l'angolo *L* più acuto dell'angolo *K* contenuto dalle faccie *K I*, *K H*, le quali prendono le loro difese da i punti *A*, *C*, più lontani. E però è manifesta la verità della seconda causa che produce l'angolo del baluardo acuto, la quale dicemmo essere la vicinanza delle difese.

Conoscesi finalmente per la terza figura, come, pigliandosi le difese da i medesimi punti *A*, *C*, le cortine *L H*, *L I*, fondate sopra i più lunghi fianchi *D H*, *E I*, constituiscono l'angolo *L* più acuto dell'angolo *K*, compreso dalle fronti *K F*, *K G*, terminate sopra i fianchi più corti *D F*, *E G*; il che dipende dalla medesima proposizione d'Euclide. Però, nell'ordinare le fortezze, dobbiamo avere l'occhio all'acutezza degli angoli del ricinto, al non prendere le difese troppo da vicino, ed al non fare i fianchi troppo grandi; perché da tutti tre questi capi si verrebbe a causare imperfezione nell'angolo del baluardo.



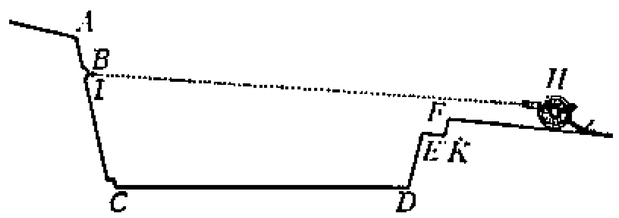
Della fossa, scarpa, contrascarpa e strada coperta.

L'uso ed introduzione della fossa è stato utilissimo per i molti commodi che da essa si cavano, ed in particolare per le fortezze di piano. Perciò che, quando non si cavasse la fossa intorno alla fortezza, ma si alzasse la muraglia tutta sopra il piano della campagna, verrebbe di maniera scoperta ed esposta alla batteria, che, sendo battuta dalla radice, facilmente sarebbe tratta alla rovina; dove che l'avere intorno la fossa fa che dall'altezza del suo argine viene ricoperta tal parte della muraglia, che non può essere battuta se non molto alto: come dal sottoposto disegno si può comprendere;

nel quale per le lettere, *A*, *B*, *C* ci si rappresenta la muraglia; *C D* è il fondo della fossa; *D E F* l'argine di essa fossa, il quale ricuopre tal parte della muraglia, che il tiro *H*, posto in campagna, non può battere se non dal punto *I* in su.

È di grandissima commodità il far la fossa, ancora perché, dovendosi terrapienare la muraglia, la terra che si cava dalla fossa può servire per fare il terrapieno [13].

Aggiungesi alle cose dette, che dovendo tal volta quelli della fortezza sortire fuori, per disturbare il nemico o per altra occorrenza, quando, sopragiungendogli la calca de' nimici, gli fosse necessità di ritirarsi, se la fortezza fusse sfasciata di fossa ed argine, non avendo tempo i difensori d'entrare nella fortezza repentinamente per una piccola porta, verrebbono tagliati a pezzi; dove che avendo la ritirata dell'argine e strada coperta, possono, in tal luogo fatti forti, volger la fronte al nimico e ribatterlo.

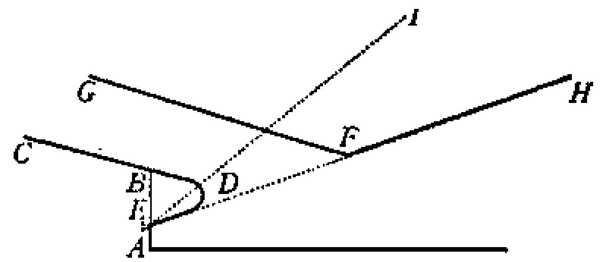


Nella medesima figura l'argine detto *D E F* si adimanda *contrascarpa*: e quel picciol piano segnato *E K* ci figura la *strada coperta*, coperta dico dall'altezza *K F*, quale chiameremo *parapetto della strada coperta*. La parte della muraglia segnata *C B*, la qual si vede pendere in dentro, si dimanda la *scarpa*; e si fa in tale maniera pendente, acciò che dal peso del terrapieno, dal quale viene calcata, non sia arrovesciata nella fossa. Giova ancora tal pendenza, perché, venendo battuta, minore effetto vi faranno le botte dall'artiglieria, ferendo non ad angoli retti, ma obliqui.

[13] Si noti l'attenzione rivolta da Galileo, anche in questo caso, ai procedimenti costruttivi e a quello che oggi si chiama il controllo dei tempi di produzione.

Dell'orecchione.

Parlando di sopra del baluardo e sue parti, mostrammo come, per sicurtà delle piazze da basso, si facevano le spalle, le quali ricoprivano e difendevano dette piazze dall'artiglierie nimiche. Ma l'esperienza ha poi dimostrato che tale difesa non basta, perché non assicura e difende da tutte le parti: come nella figura appresso chiaramente si vede, che dal punto *I* della campagna si può tirare nella cannoniera *E*, ed offendere quelli che fussero nella piazza; ed a questo non reca difesa alcuna la spalla *E B*. Per il che, volendo pure li architetti ovviare a tal pericolo, andorno considerando che, non avendo altro fine le piazze da basso se non difendere la fossa, si poteva trovar modo che le cannoniere non fossino così esposte all'essere imboccate ed accecate; e questo fu col tirare innanzi la spalla, secondo che ne mostra la figura *B D E*, facendo un sodo di una grossa muraglia, la quale ricoprisse la cannoniera *E*, in modo che non fusse veduta dalla campagna; e questa tale ricoperta fu dimandata *orecchione*, e da altri *musone*. Ma bisogna avvertire, per disegnarlo, di accommodarlo in modo che non impedisca le cannoniere, che non possino far l'ufficio loro nel difendere tutta la fossa. E con quali regole vadi disegnato, dichiareremo a suo luogo.

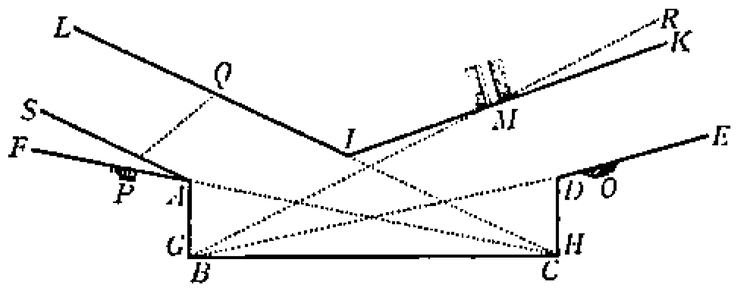


Considerazioni nel determinare le difese.

In due maniere, come già si è detto, si può usare la difesa dell'artiglieria, cioè strisciando o ficcando; e tra gli architetti è qualche differenza nel determinare quale delle due maniere sia più accommodata alla difesa della fossa e

sue parti; atteso che alcuni vogliono che i tiri striscino la contrascarpa e fronte del baluardo, come si vede il tiro della cannoniera *H*, il quale striscia la contrascarpa *I L* e la faccia *A F*: dicendo che in questo modo un solo tiro offenderà tutti quelli, che fussero scesi nella strada coperta, o si fussero posti sotto il baluardo, o vero vi avessero appressate le scale; il che non può fare il tiro che ficca, quale ferisce in un solo luogo.

A ciò rispondono quelli che vogliono il tiro di ficco, dicendo tal considerazione essere vana, essendo che i nimici



mai verranno in ordinanza su la contrascarpa o sotto il baluardo, se prima non sarà aperto, e fattovi scala per la salita; e volendo condursi nella fossa, non verrà se non ricoperto da trincere, ed aprirà la contrascarpa, e per l'apertura cercherà di traversare la fossa; nel qual caso le artiglierie di striscio non gli potranno arrecare impedimento alcuno, ma sì bene quelle che ficcano: come si vede per il tiro *G M*, il quale, quando il nemico avesse aperta la contrascarpa nel punto *M*, potrà tirare nell'apertura e travagliarlo. E quando ancora si fosse condotto sotto la faccia del baluardo *D E*, e l'avesse incominciato ad aprire nel punto *O*, il tiro *G O* non ve lo lascierebbe dimorare, ficcando nell'apertura: il che non può fare il tiro *H F*, che striscia la fronte *A F*; anzi in ogni picciola apertura, come si vede nel punto *P*, potrà ricoprirsi un uomo, e cavando allargare luogo per molti.

Rispondono quelli che vogliono i tiri di striscio, che il ficcare nella contrascarpa deve essere officio delle piazze da alto de' baluardi, e non delle piazze basse; perché, sendo i

tiri delle piazze da basso poco elevati sopra il piano della fossa, non possono così bene scoprire il nimico come quelli della piazza alta; e così, quando il nimico avesse tagliata la contrascarpa nel punto *M*, molto meglio si potrà travagliare dalla piazza alta del baluardo vicino, come dal punto *O*, che dalla cannoniera *G*, bassa e lontana.

A questo s'aggiunge, che dovendo la cannoniera *G* ficcare nella contrascarpa *I K*, non si potrà ricoprire in modo con l'orecchione, che non possa essere imboccata dalla campagna: come si vede per il tiro *G M*, che, prolungandolo oltre il punto *M*, passa fuora della contrascarpa, come si vede in *R*, di dove potrà essere imboccata la cannoniera *G*; e così verrà impedito l'uso dell'orecchione, il quale era di fare che le cannoniere non fussero vedute di fuori della fossa.

Oltre a ciò, il volere tiri che ficchino nella fronte del baluardo, farà venire l'angolo del baluardo acuto: perché, se vorremo che il tiro *H A* ficchi nella fronte del baluardo opposto, bisognerà mutare la fronte *A F*, la quale dal detto tiro è strisciata, e ritirarla più in fuori, secondo che si vede per la linea *A S*; il che facendosi, non vi è dubbio alcuno che l'angolo del baluardo s'inacutisce.

Tuttavia soggiunge l'altra parte, che lo sperare che la piazza alta possa molestare il nemico, che abbia aperta la contrascarpa, è cosa vana: perché, quando sarà ridotto a questo termine, avrà ancora ordinato modo di fare sì che i difensori in conto alcuno non possino affacciarsi sopra la muraglia; per lo che le loro difese saranno del tutto tolte, di maniera che solamente il fianco del baluardo opposto potrà recar travaglio all'inimico. E quanto al dire che il tiro di ficco sia causa che le cannoniere possino essere imboccate, rispondesi che, volendo li avversarii che la piazza alta possi molestare il nemico che sia su la fossa, potrà nell'istesso modo, e più facilmente ancora, impedirlo che non possa piantare le artiglierie per accecare le cannoniere.

Considerate tutte le ragioni dall'una e dall'altra parte, le quali sono efficaci e gagliarde, risolviamo che, potendosi, non meno la contrascarpa che la fronte del baluardo sieno difese e di ficco e di striscio. Però, dovendo in ciascheduno fianco

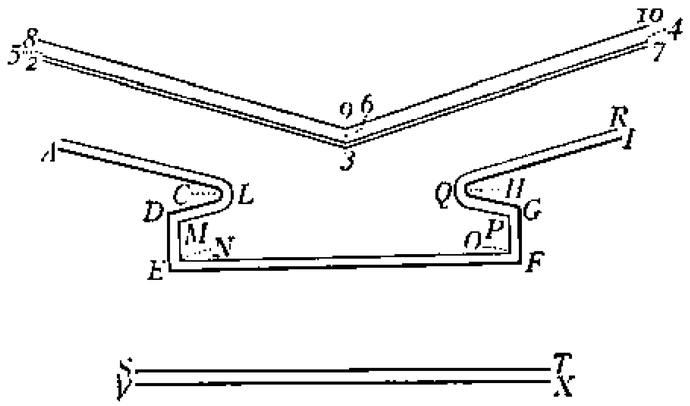
essere almeno due cannoniere, ordineremo che una strisci il baluardo e ficchi la contrascarpa, e l'altra strisci la contrascarpa e ficchi il baluardo; il che compartiremo in maniera, che non causi inconveniente alcuno, come a suo luogo sarà manifesto.

Della pianta e del profilo.

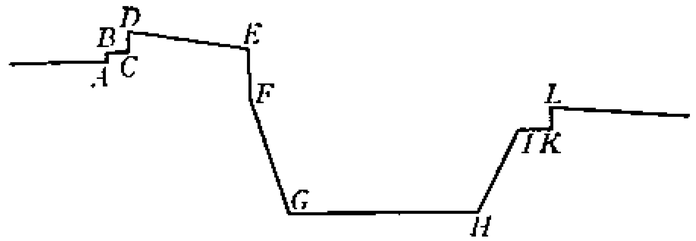
Volendo dar perfetta cognizione della pianta e del profilo, e della loro differenza, bisogna farsi un poco di lontano, e dichiarare come in ciascheduno corpo sono tre dimensioni, senza le quali non si può assegnare e determinare l'intiera sua quantità: e sono, tali dimensioni o misure, lunghezza, larghezza ed altezza o profondità; e sono, come si è detto, necessarie tutte insieme per determinare l'intera grandezza di ciascheduno corpo. Perché, sendo noi dimandati quanto sia grande qualche corpo, se diremo essere tanto lungo, diremo imperfettamente, potendo con la medesima lunghezza essere congiunta maggiore o minore larghezza, maggiore o minore altezza; né si saria risposto sufficientemente, dicendo esser tanto lungo e tanto largo, senza dire ancora essere tanto alto: ma quando alla dimanda si risponderà, il corpo essere tanto lungo, tanto largo e tanto alto, allora si sarà a pieno satisfatto al quesito, non avendo corpo alcuno altre misure in sè che le tre sopra nominate. E perché nei nostri discorsi, volendo dimostrare tutte le proporzioni delle parti della fortezza, aviamo bisogno di dichiararne tutte le misure; però sarà necessario dire non solamente quanto ciaschedun membro deva esser lungo, ma quanto largo ancora e quanto alto. Ma perché noi aviamo di bisogno di rappresentare i disegni della fortezza in una superficie, non essendo la superficie capace se non di due misure, non potremo nell'istesso disegno rappresentare le lunghezze, le larghezze e le altezze; ma potremo bene rappresentarne due, cioè le lunghezze con le larghezze, o vero le larghezze con le altezze.

Ed acciò che quanto si è detto, con l'essempio si faccia più manifesto, proponghiamoci di volere rappresentare le

lunghezze e larghezze di una cortina, con due mezzi baluardi, con la fossa e contrascarpa. E recandoci innanzi la prima delle sottoposte figure, averemo per la linea *E F* la lunghezza della cortina; le linee *E D*, *F G* saranno le lunghezze de i fianchi; dalle linee *G H I*, *D C A* ci viene dimostrata la lar-



ghezza dell'orecchione e lunghezza delle fronti; per le linee 2 3 4 viene mostrata la lunghezza della contrascarpa; e volendo vedere la sua larghezza, cioè quanto la pendenza della sua scarpa la fa slargare dalla parte di sopra, guarderemo lo spazio compreso dentro alle due linee 2 3 4, 5 6 7; e lo spazio tra le due linee 5 6 7, 8 9 10 sarà la larghezza della strada coperta. La linea *K L M N O P Q R*, che rigira intorno tutta la fortificazione, comprende quello spazio e larghezza, che la parte inferiore acquista mediante la scarpa;



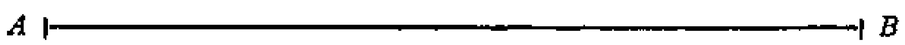
l'intervallo tra le linee *E F*, *S T* sarà la larghezza del parapetto; e tra le linee *S T*, *V X* sarà la larghezza della banchetta. Ecco come nel presente disegno aviamo le lunghezze e larghezze, e non le altezze; le quali se vorremo avere, insieme però con le larghezze, le prenderemo dal secondo disegno; nel quale *A B* sarà la altezza della banchetta, *B C*

la sua larghezza, *C D* altezza del parapetto, *D E* la sua larghezza e pendenza, *E F G* altezza e pendenza della cortina e sua scarpa, *G H* larghezza della fossa, *H I* altezza e pendenza della contrascarpa, *I K* larghezza della strada coperta, *K L* altezza del suo parapetto. E così in questo secondo disegno aviamo le medesime cose che nel primo, ma rappresentate sotto altre dimensioni.

E concludendo diciamo, quel disegno che ci rappresenta le lunghezze con le larghezze dimandarsi *pianta*; e l'altro, che ha le larghezze con le altezze, esser detto *profilo*.

Della scala.

Poi che le misure non sono appresso tutte le nazioni le istesse, ma alcuni usano il braccio e le altre misure più lunghe, ed alcuni più corte; se vogliamo sfuggire l'ambiguità e confusione, fa di mestiero che stabiliamo e fermiamo con quali misure siamo per proporzionare e misurare ciascheduna parte della nostra fortezza. Diciamo dunque che useremo per nostra misura il commune braccio toscano; il quale acciò sia noto a ciascheduno, noteremo l'infrascritta linea *A B*, che è uguale alla quarta parte del detto braccio.



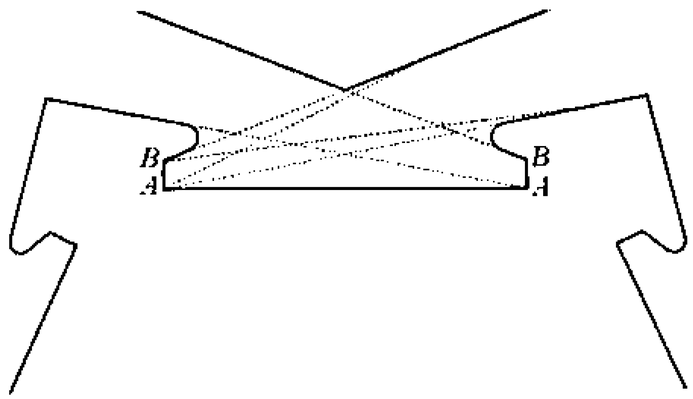
E perché si possa con le debite misure proporzionare ciaschedun membro della fortezza in qual si voglia picciola superficie, bisogna che dichiariamo il modo di fare ed usare la scala. Quando dunque avremo determinato, che figura vogliamo dare alla fortezza, e sopra a qual spazio s'abbia da disegnare, prima tireremo una linea retta di lunghezza tale, che giudichiamo, a un di presso, che tanto deva essere la lunghezza di uno de i lati della figura, o vogliamo dire una cortina tra l'uno e l'altro de i baluardi; di poi, come averemo quando si dirà delle misure, la divideremo in tante parti eguali, quante braccia deve essere la lunghezza di detta

cortina: e così averemo la scala delle braccia, dalla quale caveremo tutte le altre misure.

Ma per fuggire il tedio di avere a fare una sì lunga divisione, potremo fare con più brevità in questa maniera. Ponghiamo, *exempli gratia*, che la cortina abbia ad essere lunga quattrocento braccia: pigliando la quarta parte della linea che ci deve rappresentare detta cortina, averemo la misura di cento braccia, la quale divideremo in dieci parti, e ciascheduna di esse ci rappresenterà braccia dieci; doppo divideremo una di queste decine in dieci particelle, ciascheduna delle quali dimostrerà un braccio: e così da tale divisione potremo facilmente prendere il numero di quante braccia ne piacerà, come di sei, quindici, venti, venticinque, etc., sì come ciascheduno senza difficoltà può da sé stesso comprendere.

Prime considerazioni intorno all'accommodare diversi corpi di difesa alle fortificazioni.

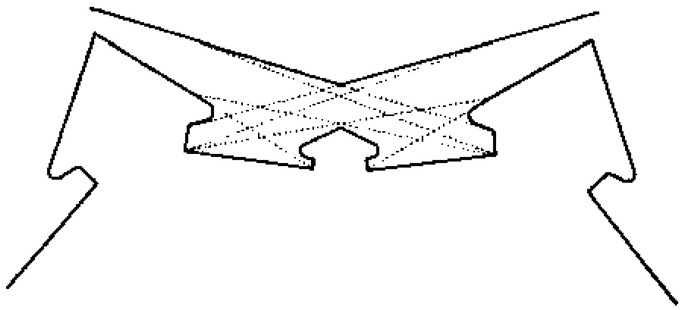
La fortezza si potrà difendere con i soli baluardi, quando la lunghezza delle cortine non sarà troppo grande, come



dimostra la seguente figura: ed in ciascheduno fianco si accommoderanno almeno due cannoniere, una a canto alla cortina segnata *A*, la quale, come si vede, striscia la faccia

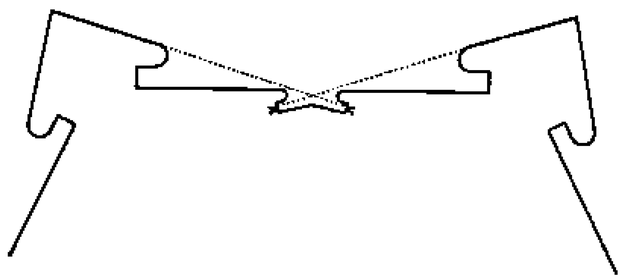
del baluardo opposto e ficca nella contrascarpa [14]; ed una accanto allo orecchione, segnata *B*, che striscia la contrascarpa e ficca nella faccia del baluardo. E tale fortificazione è bonissima e sicura.

Nella seguente figura sono accommodate, tra i baluardi, le piatte forme sopra le cortine reflesse, senza che impedi-



schino le cannoniere de' baluardi; di maniera che la cannoniera a canto all'orecchione striscierà la contrascarpa e ficcherà nella faccia del baluardo, e la cannoniera a canto alla cortina ficcherà nell'uno e nell'altro luogo. Le cannoniere della piatta forma striscieranno le faccie de' baluardi. Ma tale fortificazione non è da eleggersi in circondare tutta una fortezza: ma si può bene tollerare in un solo luogo, quando si avesse la distanza tra l'uno e l'altro baluardo molto grande.

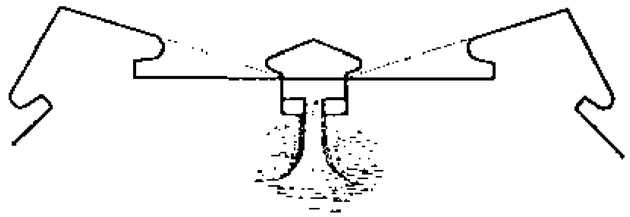
La piatta forma a rovescio s'accommoda, come nella seguente figura, di modo che strisci la fronte de i baluardi.



Ma non potendo ella recare altra difesa, non è da eleggersi, anzi si deve sfuggire, e solo porsi in uso sforzati dalla necessità, quando non vi sia altro modo di cavar le difese.

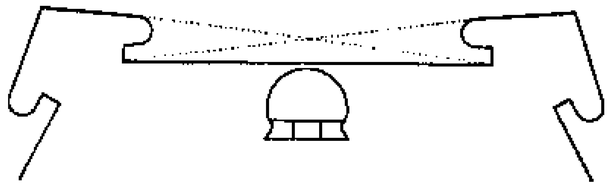
[14] Rinforzo a semicerchio di mezza « spalla »: serve per proteggere le cannoniere delle piazze da basso.

Li cavallieri a cavallo, come dimostra la seguente figura, con le piazze da basso strisciano le faccie dei baluardi; e sono di maniera situati, che le cannoniere de i baluardi, le quali sono a canto all'orecchione, ficcano nella faccia del baluardo opposto e strisciano la contrascarpa, nella quale



ficca la cannoniera a canto alla cortina. Nel fabricare questi cavallieri, siamo di parere che la cortina, che gli traversa, non si rompa, anzi s'inalzi all'altezza del cavalliero; acciò che se mai venisse zappata e rovinata la parte dinanzi, resti la parte di dentro, sostenuta dalla cortina, a guisa di semplice cavalliero. Tale fortificazione è molto meglio di quella della piattaforma; perché, oltre a quello si è detto, scuopre la campagna, fa traversa di dentro al battere per cortina, serve per difesa della ritirata, e da alto scuopre e batte i baluardi che fussero stati tolti.

Nella seguente maniera di fortificazione, i baluardi prestano tutte le difese da per loro, ed i cavallieri aggiunti

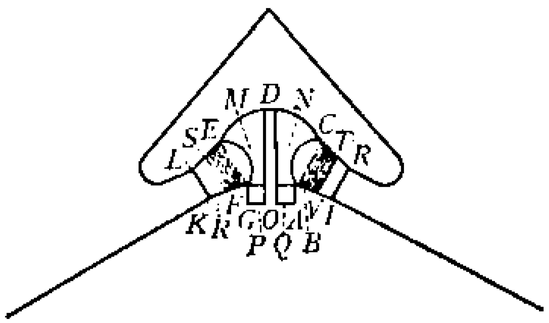


tra l'uno e l'altro baluardo battono solamente la campagna, possono difendere la ritirata, ed, essendo preso uno baluardo, potranno travagliare e scacciarne il nemico; e questi si potranno fare di qual si voglia forma.

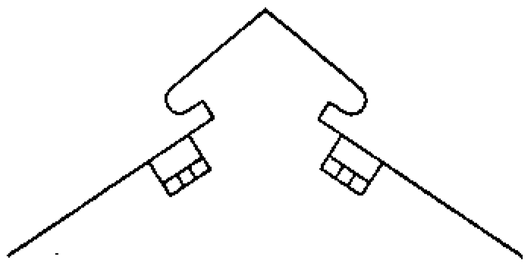
Per accommodare un cavalliero sopra uno baluardo, non troviamo dimostratone da altri modo alcuno, che a pieno ne satisfaccia: il che è stato cagione di farci pensare sopra, e finalmente crederò averne trovato un modo, il quale augu-

menti molte difese, senza punto impedire o disturbare le solite difese del baluardo. E perché l'intendere a parole la sua fabrica è alquanto intrigato, la dichiareremo, il meglio che si potrà, sopra la figura.

Il cavalliero, dunque, accommodato sopra la gola del baluardo, è quello che nella seguente figura ci viene rappresentato per le lettere *A B C D E F G*; e le piazze di sotto del baluardo hanno il muro *B C* ed *E F*, che è commune a loro ed ancora al cavalliero, e sono dette piazze *B C H I*, ed *E F K L*.



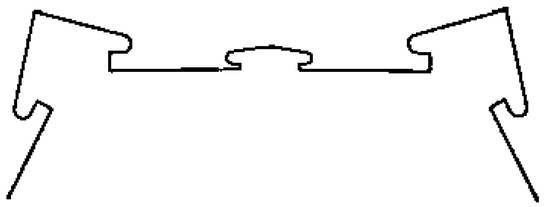
Di queste se ne coprirà con la volta la metà o vero li dui terzi acciò che, venendo battuto per fianco il cavalliero, le sue rovine non proibischino il potere stare nelle piazze da basso. Queste parti ricoperte sono segnate *B C T V* ed *E F R S*; e quando saremo col cavalliero all'altezza di dette volte, si girerà, secondo la larghezza delle piazze di sotto, un mezzo cerchio di qua ed uno di là da' lati del cavalliero, quali entreranno in corpo al cavalliero, come si vede *M, N*; e questi si alzeranno su a guisa di due nicchie,



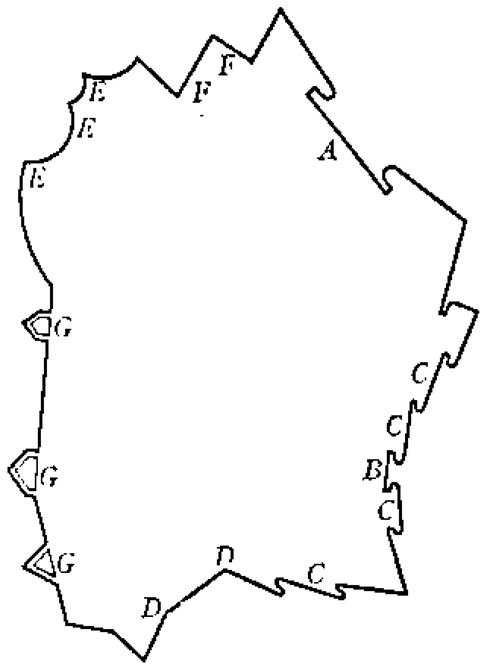
ed all'altezza di sei braccia incirca si chiuderanno: di maniera che, volendo noi tirar per fianco dalla piazza di sopra del baluardo, tra la larghezza delle volte e lo spazio acquistato dai dui mezzi cerchi vi sarà campo a bastanza per lo stornare delle artiglierie, quale spazio vien compreso per le lettere *T V N* ed *R S M*. Girerassi ancora in cerchio la parte dinanzi del cavalliero, come si vede *E D C*; e per poter salire sopra la piazza alta del baluardo, si farà sotto il cavalliero una strada in volta, segnata *O D*; e le salite del cavalliero

si faranno a canto le piazze di sotto, l'una dov'è *V B A*, e l'altra dove è *R F G*; e si potranno accommodare ancora le due stanze *P, Q*, quali potranno servire per la ritirata.

I cavallieri a canto i baluardi, come si vede nella figura seguente, sono, in alcune cose, da posporsi al cavalliero piantato sopra il baluardo nel modo poco fa dichiarato; perché, restando dentro della cortina, non portano difesa se non alla campagna oltre la fossa. È ben vero che servono eccellentemente per traversa al battere per cortina, e fanno bonissimo fianco alla cortina per di dentro: ed insomma è fortificazione da apprezzarsi.



La seguente fortificazione, con la piattaforma sopra la cortina diritta, non ci piace; perché non si potrà accommodare talmente, che non impedisca le difese scambievoli de' fianchi de' baluardi; né si potendo nella piatta forma, per la sua picciolezza, accommodare altro che un tiro che strisci la faccia del baluardo, sarà difesa così scarsa, che sarebbe meglio accommodarvi un altro baluardo.

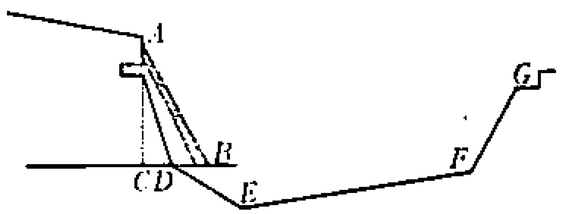


E per dare qualche lume dell'adattare tutti gli altri corpi di difesa, abbiamo posto ancora la seguente figura, composta di diversi fianchi; come forbici, segnate *A, B*, e *C* denti, *D* linee reflesse, *E* linee curve, *F* stelle, e *G* case matte. Dei quali fianchi non ve ne sono di reali altro che le forbici, le quali sono in effetto due mezzi baluardi. Ed avvertiscasi

che si dimandano *corpi di difesa reali* quelli, che non si possono difendere se non con pezzi reali: e pezzi *reali* si chiamano quelli solamente, li quali tirano da otto libre di palla in su; e li altri, che portano meno di otto libre di palla, si adimandano pezzi *piccioli* o *non reali*.

De' rimedi contro alle scalate.

Essendo nostra intenzione remediare, se sarà possibile, a tutte le offese del nimico, e fare una fortificazione così bene ordinata che di esse non abbia a temere, sarà necessario non solamente sapere con quali offese il nimico sia per venire ad assalirci, ma ancora con quali mezzi egli sia per mettere ad effetto tali sue offese.

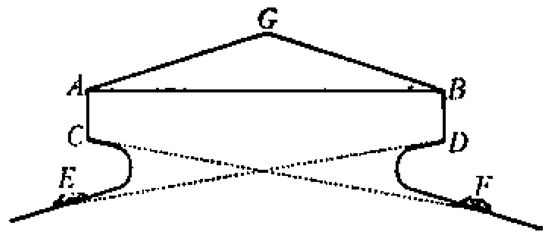


Ed in quanto appartiene alle scale, chiara cosa è che non si possono usare molto lunghe, perché o si fiaccano per il peso de i soldati, o, se si vogliono fare gagliarde, saranno tanto grosse e grevi, che del tutto saranno disastrose per essere maneggiate. Adunque il fare una altezza di muraglia da venti braccia in su sarà ottimo rimedio per assicurarsi dalle scalate: e tale rimedio verrà augumentato mediante la scarpa che si darà alla muraglia dal cordone in giù, e dallo sportare non poco il cordone in fuori. Perché, volendo il nimico accommodare la scala di maniera che si accosti con la sua estremità al parapetto, sarà forzato a discostarla molto dal perpendicolo, e metterla assai inclinata; il che sarà causa, che la scala più facilmente si fiaccherà: e per arrivare all'altezza della muraglia doverà essere molto lunga; come nella seguente figura si vede, nella quale ancor che l'altezza della muraglia non sia più di venti braccia, la lunghezza della scala *A B* sarà più di ventitré.

Ecci un altro ottimo rimedio a tale offesa: il quale è il fare il letto della fossa non a livello, secondo la linea *D B*, ma a schiso e pendente, secondo la linea *D E*; perché sullo sdrucciolo di tale linea non si potendo fermare la scala, sarà forza che l'arrivi dal punto *A* all'*E*, e che, per conseguenza, sia tanto lunga che non si possa maneggiare. E la medesima pendenza *D E* farà che, quando il nemico volesse pur venir con ordigni e machine da gettar scale alla muraglia, non si potrà accostare, e sarà vana ogni sua fatica. E finalmente lo aver cannoniere che striscino la cortina e fronti delli baluardi, potrà proibire l'accostare le scale e fermarle appreso la muraglia, con qualunche mezzo il nimico ciò far volesse.

Della zappa.

All'offesa della zappa, quando il nimico avrà incominciato a porla in opra, non pare che ci resti quasi altro rimedio che i tiri che ficcano: come dimostra la seguente figura, nella quale, avendo il nimico incominciato a penetrare dentro alla muraglia ne i punti *E, F*, le cannoniere a canto alli orecchioni *C, D*, ficcando nelle aperture e facendo schizzare le pietre, molesteranno e scaccieranno i zappatori; ed il simile faranno ancora nella cortina, quando il nimico venisse per zapparla: ma ciò rare volte potrà intervenire, per esser la cortina sottoposta e messa in mezzo alla doppia difesa e vicina delli due fianchi, il che non avviene alle fronti de' baluardi. E per tale rispetto loderemo assai che la cortina tra l'uno e l'altro baluardo si refletta e faccia angolo in dentro, come le due linee *A G, G B*, le quali ficcano l'una nell'altra scambievolmente. Ma per esser l'offesa della zappa importantissima e scarsa di rimedii, bisogna stare molto cauto e vigilante per vietare ch' il nimico non si conduca sotto la muraglia: il che acciò possiamo fare, sarà di mestiero dichiarare e mostrare, in qual maniera il nimico si conduca nella fossa.



Della trinciera [15].

Essendo che l'offesa della zappa non si può usare se non da vicino, come di sopra si è detto, però bisogna che dichiariamo il modo, col quale si può venire sotto la muraglia; il quale è per via di trinciere sino in su la fossa: e come poi si attraversi la fossa, dichiareremo più a basso.

E prima supponghiamo che la fortezza abbia la tagliata e spianata a torno a torno per lo spazio di uno miglio; di maniera che il campo nimico non possa piantare i suoi alloggiamenti in luogo sicuro, se non in maggior lontananza di un miglio. Essendo dentro a tale spazio ogni luogo scoperto e mal sicuro, né si potendo praticar la campagna senza pericolo, bisognerà incominciar la trinciera lontana dalla fortezza un miglio: e volendo far trinciera cavata per tutto il detto spazio, sarebbe opera molto laboriosa e lunga; per il che si potrà incominciare un argine di fascine e legnami ammassati insieme, il qual lavoro non richiede molta lunghezza di tempo; e da questa fascinata ricoperti si potrà venire un pezzo innanzi, cioè sino a che si potrà giudicare che possa resistere alle artiglierie della fortezza. Ma sendosi molto avvicinati, né bastando più la difesa delle fascine, come faceva in maggior lontananza, si comincierà la trinciera cavata: per la quale condurre ad effetto, si terrà tal ordine.

Prima, di notte, si metteranno in opera cavatori, i quali possino segnare, cavando un poco, la drittura, secondo la quale doverà caminar la trinciera: la qual dirittura si farà risguardare verso qualche parte, che non possa per dritto essere imboccata dalla fortezza. E, fatto tal segno, si caveranno, pur di notte, molte buche sopra detta dirittura, profondandole circa due braccia, e lontane l'una dall'altra dieci o ver dodici braccia; in ciascheduna delle quali si lascieranno due uomini, i quali ancora di giorno potranno seguitare il

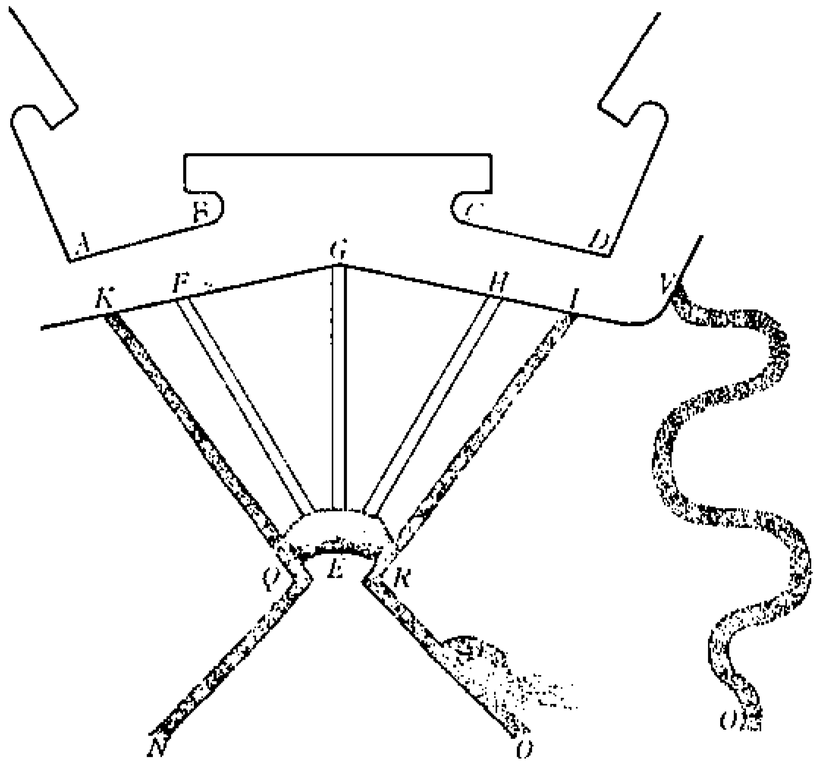
[15] « Sono le trincee alcune strade o fossi, cavati nel terreno e ricoperti dall'argine che col terreno cavato se li fa, per li quali viene accostando alla fortezza » (ivi, p. 43).

lavoro, e, buttando il terreno cavato sempre verso la fortezza, lavorare al sicuro: avvertendo che il primo terreno cavato sia buttato quattro o cinque braccia lontano dall'estremità dello argine, talmente che vi resti spazio per l'altro terreno da cavarsi di mano in mano. Ma perché, vedendo quelli della fortezza apparecchiarsi il nimico ad assalirli per via di trincere, e sapendo quanto le sieno pericolose, è credibile che con ogni sforzo s'ingegneranno di disturbarlo e che molti sortiranno della fortezza per venire ad ammazzare quelli della trincera, i quali, avendo molto lontano il soccorso dell'essercito, prima sarebbono tagliati a pezzi che aiutati da i suoi; però, per provedere a tal pericolo, sarà bene fare alcune bastionate, come nella sottoposta figura si vede per le lettere *Q, E, R*, le quali abbino i loro aperti con i suoi ripari dinanzi, acciò che dalla terra non possino essere dalle artiglierie imboccate. E queste potranno servire per ritirate a quelli della trincera; ed ancora vi potranno stare alcune compagnie di soldati, per soccorrere quelli che fussero occupati in cavare la trincera.

Fannosi trincere ancora di linee storte, come si vede dal punto *O* al punto *V*; quali si fanno nel medesimo modo che le dritte, avvertendo di gettare sempre verso la fortezza. E nelle svolte, quanto più saranno strette, più saranno ricoperte e sicure, perché manco potranno essere scoperte dalla fortezza: ma bisognando alcuna volta farle capaci, acciò si possa girarvi l'artiglieria, si alzerà più il terreno verso quella parte che ricuopre le svolte, che altrove; e vi si metteranno de' gabbioni, de i quali chi sarà alla campagna ne avrà sempre a bastanza. E facendosi le trincere con qualche riflessione, angoli, o fianchi, sarà molto utile per poterle guardare e difendere; come più minutamente si dirà, quando tratteremo del fortificare gli alloggiamenti.

Ed acciò che meglio si comprenda quanto si è detto, risguardisi nella figura sottoposta. Nella quale il punto *O* è tanto lontano dalla fortezza, che non può esser offeso: e di lì cominciando la trincera di fascine, si arriva al punto *R*, il quale comincia ad esser pericoloso, né esser a bastanza assicurato dalla fascinata; però quivi si comincierà la trin-

cera cavata, la quale procederà non come la *E F*, la *E G*, o *E H*, le quali vengono imboccate da i baluardi o dalla cortina, ma si drizzerà come la *Q K*, o vero *R I*, le quali non risguardano drittamente verso parte alcuna della fortezza onde possino essere imboccate. I presidii e ritirate per

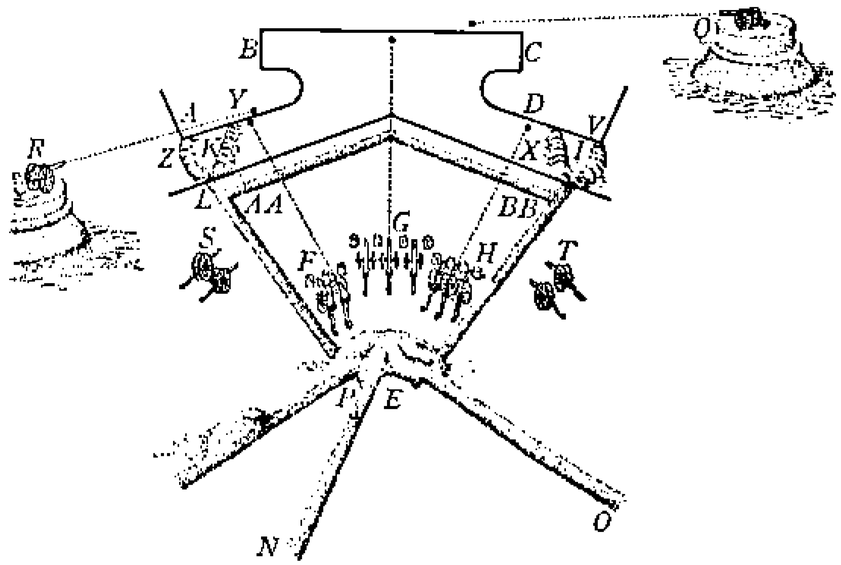


i cavatori della trincera sono *Q, E, R*, ne i quali starà, come si è detto, il soccorso. La trincera storta *O V* sarà sempre più lunga che la dritta: pure tal volta non si potrà fare altrimente.

Come si attraversi la fossa.

Con l'aiuto e ricoperta della trincera si potrà arrivare sino su la fossa; ma per traversarla bisognerà ricorrere ad altri mezzi, atteso che le offese, che verranno dalla piazza alta de' baluardi e di sopra la cortina, saranno di grandis-

simo impedimento. Però bisognerà tòrle via; il che si farà in due modi. L'uno, con il rovinare e tòr via il parapetto, di modo tale che nessuno vi possi star dietro ricoperto, ma venga veduto ed offeso dall'artiglieria di fuori, che da qualche luogo rilevato offenda quelli che stanno alle difese. L'altro sarà con offenderli senza rovinare i parapetti: il che sarà col battere per cortina con qualche cavalliero; come nella



sottoposta figura si vede il cavalliero *R*, il quale batte per di dentro la fronte del baluardo *A*, e il cavalliero *Q*, il quale batte la cortina *B C*.

Il modo del levare l'offese rovinando i parapetti non si può fare da lontano; e però bisogna, per accostarsi sicuro, fare le trincere, come già si è mostrato: e quando si sarà vicino alla muraglia 250 o 300 braccia, si accommoderanno i gabbioni, o bastioni, di maniera, che dietro ad essi possa star sicura l'artiglieria e tirare a i parapetti. Come si vede nella presente figura: dove noi supponghiamo che sieno fatte le trincere cavate *E L* ed *E I*, e le trincere *O E*, *N E* sopra terra; e volendo levare le difese da *A, B, C, D*, tutte in un medesimo tempo, si metteranno i gabbioni fra le due trincere cavate: avvertendo sempre di accommodarli in faccia a dove si vuol battere, acciò il colpo sia ad angoli retti e

faccia maggior effetto. Però si è posto nella figura che i gabbioni *F* risguardino la faccia del baluardo *A*, i gabbioni *G* la cortina, e li *H* la faccia dell'altro baluardo. Da queste tre faccie ed ordini d'artiglierie si tirerà a i parapetti: e non è dubbio, come sanno i periti della guerra, che facilmente si levan via, o al meno si vieta lo starvi a offendere chi viene nel fosso.

Levate che siano ne' modi dichiarati le offese che vengono dalla cortina e dalle piazze alte, tutta la speranza di que' di dentro si riduce ne i fianchi *B* e *C*; i quali si cercheranno anco di rovinare, o d'imboccare le cannoniere, per quanto sarà possibile, acciò non faccino effetto: e questo si fa col piantare le ali delle artiglierie *S*, *T*, l'una delle quali imbocchi il fianco *C*, e l'altra il *B*. Ma non per questo saranno del tutto levate le offese, perché al meno le cannoniere a canto li orecchioni resteranno ancora salve, e potranno fare offesa. Però bisogna, di notte, avere preparate molte balle di lana e gabbioni e simili ripari; ed arrivato che si sarà alla testa della trincera *I* o vero *K*, o all'una e l'altra nel medesimo tempo, si comincierà a mettere una balla o un gabbione da man destra, e uno da sinistra; e se ne ordinerà due fila: uno che vada a trovare la punta del baluardo, per tòrre che il fianco dell'altro baluardo opposto non impedisca l'entrata della trincera nel fosso; e l'altro filo vada attraversando il fosso alla volta delli orecchioni. E nell'istesso tempo che si spingeranno innanzi le balle, bisogna circondarle e ricoprirle, il più che sia possibile, di terra; la quale (se la qualità della fossa lo permetterà) si caverà di essa medesima, perché nell'istesso tempo si sbasserà il fondo e s'innalzerà la traversa, e sarà ricoverta più sicura. Quando non si possa cavare la fossa, si ordineranno due fila d'uomini nella trincera, le quali con corbelli conduchino il terreno in questa maniera, che una fila si vadino porgendo l'un l'altro i corbelli pieni, e quelli dell'altra fila riporgeranno in dietro i corbelli vòti; e così, senza moversi di luogo, con prestezza si condurrà grande quantità di terreno: avvertendo che le fila si voltino l'un all'altro le spalle, acciò non si diano impedimento. E quando quelli che hanno porto i corbelli pieni

saranno stracchi, metti in loro luogo gli altri, che li riconducevano vòti; e così, rifrescandosi alternamente, verranno a fare molto lavoro. Avvertendo che mentre queste cose si fanno, le artiglierie non rifinino di tirare a i parapetti, ed i cavallieri di battere per cortina; per il che fare bisogna avere aggiustati i tiri di giorno: perché è credibile che quelli della fortezza faranno ogni sforzo per disturbare il nimico.

Le traverse, che hanno a servire per ricoperta nel passare la fossa, non vorranno essere men grosse di venti braccia, volendo che possino resistere all'impeto de i fianchi; e quanto all'altezza, quanto più saranno basse, più saranno gagliarde. E per maggior sicurezza si farà una trincera a canto alla contrascarpa, sì come si vede la trincera *A A B B*, gettando il terreno verso i gabbioni *F*, *G*, *H*, doppo la quale possino stare archibugieri, i quali con archibusi a posta leveranno le offese per tutto, come prima facevano le artiglierie *F*, *G*, *H*, con manco spesa e travaglio: ed aperta la contrascarpa in più luoghi, da detta trincera si potrà al sicuro offendere tutti quelli che sortissero dalla fortezza. E finalmente, doppo tutte queste preparazioni, si verrà sotto la muraglia a zapparla. E se bene queste cose, come è in vero, nel mettersi ad essecuzione sono pericolose molto e difficili, tutta via non resta che non si possino fare e si faccino. Per il che è necessario pensarvi molto bene, ed ordinare la fortezza di maniera, come appresso dimostreremo, che toglia ancora la speranza e sicurtà al nimico di porsi a tale impresa.

E questo basti circa il condursi sotto la muraglia.

De' rimedii per proibire l'accostarsi alla fortezza e zapparla.

Come s'è dichiarato di sopra, per traversare e poter scorrere la spianata, userà il nimico le trincere; per traversare la fossa, le traverse di balle e gabbioni: e finalmente si condurrà all'atto del zappare. E per disturbarlo nel fare le trincere, non ci sarà più opportuno rimedio che il sortire: e se saranno nella fortezza, come in effetto fa di mestiero

che vi siano, de i cavallieri e luoghi eminenti che signoreggino la campagna, questi non lascieranno che il nemico possa piantare le sue artiglierie per rovinare i parapetti e tòr via le offese, e parimente potranno impedirli il far cavallieri alla campagna per battere per cortina: alla qual offesa, quando pure sia posta in uso, si osterà col fare delle traverse, quali non lascieranno battere per cortina; e se saranno di già stati fatti cavallieri a canto de i baluardi, essi medesimi presteranno tale uso. Ma per disturbare il nimico nel traversare la fossa, ci sarà di mestiero, sì come in tutte le altre occasioni di guerra, di grandissima prestezza nell'uscir fuori a combatter la fossa, avanti che siano fatte le traverse. E se dentro alla muraglia, sotto la contrascarpa ed in diversi altri luoghi della fossa, saranno delle case matte, apporteranno commodo grandissimo, e forse sono il più opportuno rimedio che in simile accidente usare si possa; ed al parer mio, in tal caso è più da sperare in esse che in qualunque altro avviso. Ma dato che finalmente, superato il nimico tutte le difficultà, si sia condotto all'atto del zappare, potrà apportargli nova difficultà l'esser la muraglia fabricata, secondo ch'è piaciuto ad alcuni, con archi grandi e larghi più che sia possibile, i quali venghino ascosi da una sottile camiscia di muraglia; perché, venendo a tagliare il nimico la parte inferiore del muro, resterà tuttavia in piede la superiore sostenuta da detti archi, quali non rovineranno se prima non verranno loro tagliate le coscie ed imposte; e queste, con difficultà saranno affrontate dal nimico, sendo nascoste e tra di loro molto lontane. E se la fortificazione sarà di terra potrà assai resistere alla zappa, sendo tra essa terra mesco, lato molto legname lungo e sottile, con le sue incatenature, secondo l'ordine che insegneremo quando parleremo del fortificare di terra; perché, venendo zappato da basso, il legname e le incatenature sostengono assai il terreno di sopra.

E tutte queste cose serviranno solamente, come si dice in proverbio, per allungare la infermità, atteso che non vi ha dubbio alcuno che, perseverando di stringere, il nimico s'impadronirà del luogo. Ma la lunghezza del tempo, o per

novi soccorsi a quelli della fortezza, o per la morte di qualche principe, o per dissensioni e discordie nate tra' nemici, o per il sopragiungere tempi contrarii, o per peste e malattia, ha molte volte finita la guerra con salvezza delli assediati.

Delle mine e contramine.

La mina [16], tanto quanto è offesa violenta, è ancora all'incontro fallace; ma quando si conduce a fine, non vi è dubbio alcuno che l'è violentissima. Questa si fa dal nemico, conducendosi per una cava sotterranea sotto quel luogo che egli intende di rovinare: dove arrivato, cava una piccola stanza, che si addimanda il forno della mina; ed in questo mettendo quantità di polvere, e serrando l'entrata con travamenti fortissimi, quando si viene a darli fuoco, con grandissima rovina si leva in capo tutto quello che gli è di sopra, quando non trovi da svaporare da altro luogo dalle bande; perché la natura sua è di far forza verso tutte le parti, e di rompere finalmente dove trova minore resistenza. Come si possa arrivare con la strada sotterranea al luogo destinato per minarsi, come si sfugghino l'intoppi che possono occorrere per via, come si prepari il forno e si chiugga, e come se li dia fuoco, non dichiareremo al presente, non essendo la intenzion nostra d'insegnare a ordinare le mine, ma sì bene come ad esse si possa rimediare [17].

Se la fortezza, essendo antica, non averà le contramine di già ordinate, bisognerà che i defensori stiano molto vigilanti per accorgersi quando il nimico verrà per minare: il che potran conoscere dallo strepito che farà il nimico nel zappare la strada sotterranea, perché, tenendo un'orecchia

[16] « È offesa violentissima, ma però molto fallace, e che molte volte si può usare per esser la fortezza, o per arte o per natura, assicurata da esse mine... Ma quando essa mina si conduce ad effetto, non è alcun dubio che opera con grandissima violenza e con gran rovina » (ivi, p. 45).

[17] Il procedimento è esposto nella *Breve instruzione all'architettura militare* cit. (II, p. 46).

appoggiata in terra, si sentirà lo intronamento che sarà fatto all'intorno. Potrassi ancora il medesimo scotimento comprendere da qualche cosa che facilmente si muova, come sarebbe col posare in terra un vaso pieno di acqua, la quale si vedrà tremare allo scuotere della terra percossa da i cavatori. Alcuni usano drizzare in terra un tamburo, sopra il quale postovi sassetti leggieri, o fave, o simili cose che facilmente si movino, le quali, all'intronamento delle percosse di chi cava, si moveranno e renderanno strepito. Questi e simili sono i mezzi da venire in cognizione, quando il nimico voglia minare.

E per rimediare alla mina, tutti i cavamenti fatti a torno al luogo sospetto saranno opportunissimo rimedio: i quali cavamenti, potendosi, si faranno sempre dalla parte di fuori, cavando intorno al luogo, che intenderemo volere assicurare, una fossa sotterranea, facendo oltre a ciò in essa ad ogni 25 o 30 braccia un pozzo; e se nel fondo de i pozzi si farà una fossa che vada dall'uno all'altro, sarà cosa bonissima. E quando non si possino fare simili cavamenti per di fuori, si faranno dalla parte di dentro, ordinando delle cave le quali vadino pendendo ed inclinando verso la mina; e la loro bocca si farà lontana dalle muraglie o altri luoghi atti a rovinare, acciò che, svaporando per essa il fuoco, non offenda cosa alcuna. L'utilità di questi cavamenti è che, quando sarà acceso il fuoco nel forno, trovando da poter rompere da i lati, più facilmente si farà strada per i detti pozzi e cavamenti, che col levarsi in capo tutto il peso sopra posto.

Ma nelle fortezze che si averanno da fare di nuovo, acciò si stia senza sospetto, s'ordineranno le contramine intorno a tutta la fortezza dalla parte di fuori, facendo strade sotterranee con pozzi e cavamenti, come già si è detto. Avvertendo che non tutti i luoghi sono sottoposti alle mine: anzi quelli che hanno a torno acque, o dove l'acqua, cavando, facilmente si truova, come sono tutti i luoghi di piano, non corrono pericolo di mine; alle quali per lo più sono sottoposte le fortezze di monte.

Della batteria e suoi rimedii.

La batteria è veramente la più sicura e gagliarda offesa che usar si possa: e di questa siamo per dire succintamente i mezi che si tengono per porla ad effetto, ed i rimedii che contro di essa usare si possono.

E prima, volendo che la batteria sia gagliarda, fa di mestiero piantare le artiglierie vicine, perché, quanto più saranno da presso, tanto maggior passata potranno fare. Né sia chi tenga quella opinione ridicola, che l'artiglieria faccia maggiore effetto in una certa distanza che più da vicino; perché è del tutto falso. Adunque, avanti ad ogni altra cosa, bisogna che il nimico pensi di approssimare la sua artiglieria alla fortezza; il che non potrà fare se non col mezo di trincere. Ma come i difensori possino sturbare il nimico nel fare tali trincere, di sopra si è detto a bastanza. E quando le artiglierie siano approssimate, bisogna scoprirle in campagna aperta, volendo porle in uso per la batteria. Però ciò non sarà lecito fare, se prima non si torranno le offese che vengono di sopra i parapetti: e così il nimico o cercherà di rovinargli, o di battere per cortina di sopra con cavallieri alla campagna. Al rovinare de i parapetti sarà ottimo rimedio il fargli grossi 18 o 20 braccia, perché, quando bene venghino battuti nella parte dinanzi, ne resterà tuttavia per di dentro tal parte in piede, che servirà per ricoperta. Al battere per cortina si rimedierà con traverse; anzi i cavallieri a canto i baluardi in questo caso serviranno eccellentemente.

Tolti via i già detti impedimenti, non per questo si porrà ancora il nimico alla batteria, se prima non vedrà d'essere sicuro di poter poi venire all'assalto; né avrà tal sicurezza, se prima non toglie via le offese de i fianchi. Però tenterà d'imboccare ed accecare le cannoniere, o vero, disarmando le piazze della ricoperta delli orecchioni, renderle del tutto inutili. A queste cose si osterà col fare li orecchioni grossi almeno quaranta braccia o ancor cinquanta; perché una muraglia così grossa e massiccia, quando anco venghi tutta rovinata, non si abbasserà mai tanto, che le medesime rovine

non ricuoprino le piazze da basso. Ed all'essere imboccate, o, per dir meglio, al fare che, quando bene venghino imboccate, non per questo siano rese inutili, ne dimostreremo il modo più a basso, quando insegneremo la fabrica di un perfetto baluardo, e che al parer nostro possa resistere a qual si voglia offesa.

Le cose sin qui dette serviranno per impedire e difficultar al nemico il venire all'atto del battere: e questo gli sarà reso ancora malagevole se la fossa sarà assai profonda, perché l'altezza della contrascarpa gli occuperà tanta parte della muraglia, che o non potrà battere se non dal cordone in su (e così le rovine non saranno a bastanza per fargli scala alla salita); o, volendo battere a basso, sarà forzato ad una delle due cose, cioè o ad inalzarsi con cavallieri, battendo da alto a basso con suo poco profitto, sendo che la batteria che viene da alto a basso è di pochissima forza; o vero bisognerà che tagli ed apra la contrascarpa; il che non potrà fare senza lunghezza di tempo e senza pericolo, e massime se ne i fianchi saranno cannoniere che ficchino nella contrascarpa.

Ma venendo finalmente alla batteria, se la muraglia e terrapieno saranno fatti con buona disposizione, avrà molto che fare; ed in particolare se vi saranno i contraforti fatti nella maniera che più di sotto si dirà, i quali, quando bene sia rovinata la muraglia di fuori, saranno bastanti a mantenere in piede il terrapieno. Il quale se sarà capace doppo le cortine, e se i baluardi avranno le piazze alte spaziose in modo, che commodamente vi si possino fare le ritirate, si darà travaglio non picciolo al nemico nel venire all'assalto, purché vi siano difensori, nell'ardire e forze de' quali consiste il nervo della fortezza: e sendo fatta la ritirata, si potrà benissimo difendere per fianco, di sopra i lati che mettono in mezo la rovina, accommodandovi, bisognando, delle artiglierie; e per fronte sarà difesa da archibusieri. Ed in simile caso non si può esprimere di quanta utilità siano i cavallieri a canto i baluardi, i quali, come più volte s'è detto, possono fare eccellentemente fianco alla ritirata; la quale è di tanto giovamento, che, purché i difensori non si perdino d'animo, può render vane tutte le fatiche e pericoli superati dal nimico.

Delle misure particolari di tutti i membri della fortezza.

Per procedere con la maggior chiarezza, facilità e brevità che sia possibile, dimostreremo congiuntamente e nell'istesso tempo il modo del disegnare ed accommodare a i loro luoghi tutte le parti della fortificazione con le loro misure e proporzioni.

E cominciandosi dalle più universali e communi, diremo della grossezza della muraglia, la quale circonda intorno intorno tutta la fortezza. E se bene potrebbe ad alcuno parere, che quanto più fusse grossa, tanto fusse migliore, tuttavia siamo di parer contrario, cioè che si faccia più sottile che sia possibile; anzi se la fortezza non si avesse a mantenere lungo tempo, basterebbe formarla di terra. Ma perché nel processo del tempo i giacci, le nevi, e le pioggie vanno rodendo e consumando il terreno, fa di bisogno vestirlo di muraglia, la quale si farà solamente tanto grossa, aiutandola ancora con la scarpa e contraforti, che basti a sostenere il peso del terrapieno; perché la muraglia sottile, oltre al portar minore spesa, è ancora meno esposta all'essere rovinata che la più grossa. E la ragione è questa: che tirandosi con le artiglierie in una muraglia che non sia passata dalle palle, viene talmente intronata e scossa, che doppo non molti tiri ne cascano grandissimi pezzi; ma la muraglia sottile, dando luogo alle palle, non si scuote, né riceve altra offesa che dove è forata. Per il che, nel risolverci intorno alla grossezza della muraglia, doviamo aver riguardo alla qualità del terrapieno: il quale, se sarà arenoso e non molto fisso, avrà bisogno di più gagliardo sostegno; ma se sarà più tenace e saldo, più sottile muraglia basterà a reggerlo [18]. E per determinare in particolare, per sostenere un terrapieno

[18] « Quanto poi alla grossezza, alcuni sono stati di parere che solamente devono esser tanto grossi, che si possin difender con la picca, quando il nimico fosse venuto alla scalata: ma questa ragione non ha in sé necessità... » (ivi, p. 36).

mediocre, una muraglia che da basso sia grossa tre braccia, e che, a poco a poco assottigliandosi, si riduca a due all'altezza del cordone, e tale si mantenga dal cordone in su, sarà bastante; regolandosi poi col più e col meno, secondo la qualità del terreno.

L'altezza della muraglia sopra il piano della fossa deve esser tale, che ne possa assicurar dalle scalate: e per questo dal cordone in giù si farà sedici braccia in circa, e dal cordone in su quattro o ver cinque, onde tutta l'altezza non sia meno di venti braccia; delle quali, dieci vorrei che ne occupasse la profondità della fossa, talché la muraglia si alzasse solamente sopra il piano della campagna braccia dieci o undici.

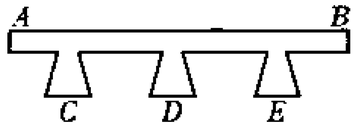
La scarpa si farà più e meno pendente secondo la qualità del terrapieno, essendoché quanto maggiore sarà la pendenza, tanto più fortemente sosterrà il peso del terrapieno. Però quello che si costuma di dare ordinariamente, ch'è per ogni cinque braccia d'altezza uno di scarpa, ci piace assai, quando il terreno sia buono e fisso.

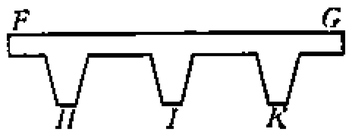
In questo luogo è da notarsi, come molti costumano di far la muraglia del baluardo più alta che la cortina: il che pare da approvarsi ogni volta che non si faccino cavallieri, perché allora dalla piazza alta del baluardo si scuopre meglio la campagna. Ma facendosi cavallieri sopra o a canto il baluardo, non occorrerà alzare la muraglia di esso più che la cortina.

Séguita che diciamo de' contraforti [19] i quali si appiccano alla muraglia dalla parte di dentro, e sono di grandissimo aiuto ed utile. E questi, alcuni hanno costumato di fargli più stretti in quella parte dove appiccano con la muraglia; come si vede nella seguente figura, dove i contraforti *C*, *D*, *E*, dove appiccano con la cortina *A B*, sono sottili, e

[19] « Sono alcuni pezzi di muraglia, che si appiccano dalla parte di dentro alla cortina, i quali con il loro contrapeso aiutano la cortina che non si arrovesci di fuore; ed oltre a ciò servono che, quando la cortina fussi battuta e rovinata, rimanendo essi sul terrapieno, lo terrebbono unito » (ivi, p. 36).

dall'altra testa vanno allargandosi a coda di rondine: ma simil forma non ci piace, perché, venendo battuta la muraglia, e restando i contraforti in piedi, il terreno tra essi cascherà nella fossa, non avendo chi lo sostenga, come avrà quando li contraforti siano fatti al contrario; come si vede nell'altra figura, dove i contraforti *H*, *I*, *K*, nella parte che appicca alla cortina *F G*, sono più larghi, e vanno ristringendo verso l'altra testa. E questi, quando sia rovinata la cortina, restando in piedi, sosterranno il terrapieno, sendo l'apertura fra l'uno e l'altro più stretta verso la parte di fuori; talché il terreno, che per l'indietro va allargandosi, non potrà smottare e uscire per la bocca più stretta.





Farannosi li contraforti alti sino al cordone e, dove appiccano con la muraglia, larghi sette o otto braccia; la qual larghezza si ristringerà sino a due braccia verso l'altra testa; facendo la lunghezza loro otto braccia, e la distanza fra l'uno e l'altro braccia dodici in circa.

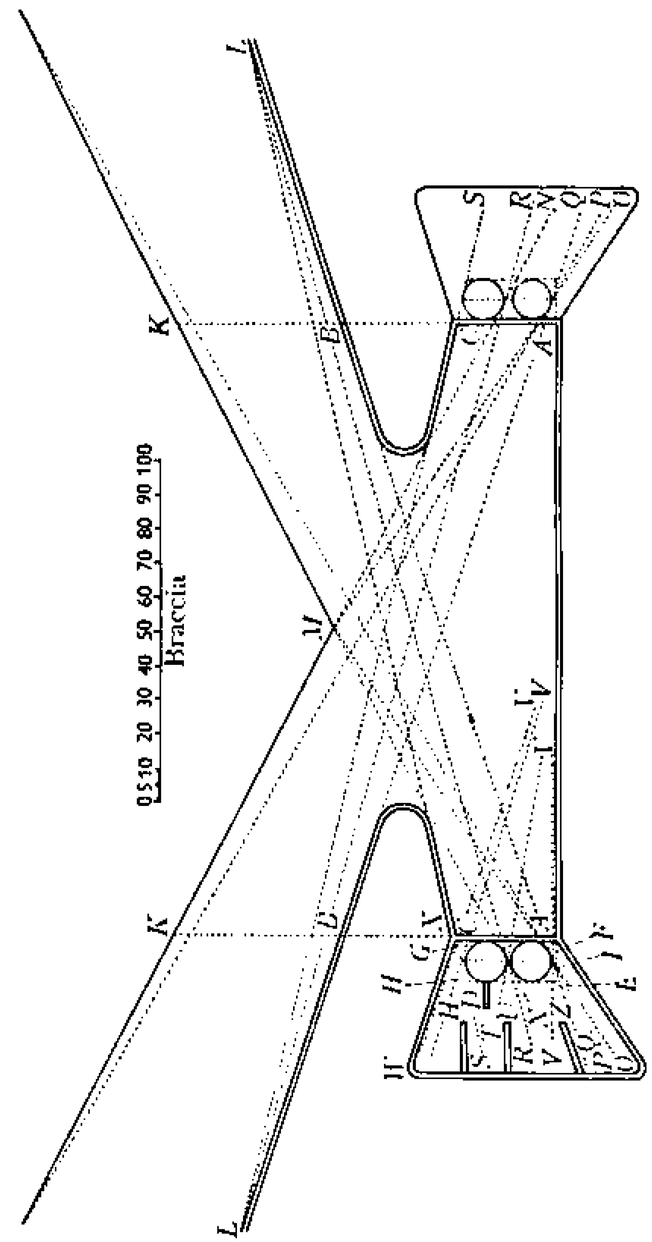
Per ordinare poi i fianchi con le loro piazze e con tutte le misure debite a ciascheduna parte, procederemo nella seguente maniera: avvertendo che noi nel medesimo tempo insegneremo le misure di tutti i membri particolari, ed il modo di ordinare un baluardo che possa resistere ad ogni sorte di offesa. E perché le difese de' baluardi vengono scambievolmente dall'uno all'altro, né può un baluardo difendere sé medesimo, però nel disegnarli non si disegneranno soli, ma due insieme, cavando le loro forme da i tiri, da i quali devono essere difesi.

Però prima si tirerà una linea retta, la quale sarà per la cortina tra l'uno e l'altro fianco, la cui lunghezza si determinerà o maggiore o minore, secondo la grandezza del recinto: avvertendo ben sempre, che quanto più i fianchi saranno vicini, tanto più le difese loro verranno ad esser gagliarde. E nel presente essempio sarà la cortina la linea *A A*, sopra la quale si metteranno ad angoli retti i fianchi, come si vede

per le linee segnate *A B*; delle quali se ne prenderanno braccia 30 per le larghezze delle piazze di sotto, segnandole *A C*. Ed avvertiscasi, che andando li due fianchi ordinati nell'istessa maniera, si contrasegneranno con le medesime lettere; e quello che si dirà dell'uno, s'intenderà detto dell'altro. Dalla linea *A C* ci tireremo in dentro braccia sette; e tirata un'altra linea ad essa paralella, verrà formata la grossezza del muro dinanzi alla piazza. Di poi, ritirandoci in dentro sei braccia, tireremo un'altra linea segnata *E D*, la quale comprenderà la sortita: ed averemo tra queste linee una larghezza di braccia 13, delle quali, quando noi saremo all'altezza di 7 in 8 braccia dal piano del fosso, la scarpa ne avrà consumato braccia 1 ½, tal che resteranno braccia 11 ½, sendo scemato dalla parte di fuori lo spazio sino alla linea *F G*. Pigliando dunque il mezo tra *D E* ed *F G*, vi tireremo la linea *H I*, sopra la quale, cominciando dalla cortina *A*, misureremo due braccia per la prima cannoniera: doppo, pigliando con il compasso la misura di braccia 5 e quarti 3, segneremo un cerchio, che avrà di diametro braccia 11 ½; doppo il quale si lascieranno due altre braccia per la larghezza della seconda cannoniera: doppo la quale disegneremo un altro cerchio con il medesimo diametro, e doppo esso due altre braccia per la terza cannoniera: e così delle 30 braccia ne averemo consumate 29, cioè 23 per li due cerchi, che ci rappresentano due merloni, e 6 per le tre cannoniere; e quel braccio che avanza, servirà per risalto o spalletta.

Ordinate così le cannoniere, per disegnar le piazze con i loro tramezi, si farà in tal maniera. Pongasi nel mezo di ciascheduna cannoniera, sopra la linea *H I*, un'asta; di poi sopra il dritto del fianco, cioè sopra la linea *A C B*, fuori del punto *B* misurinsi quante braccia vorremo per la larghezza del fosso, quale al presente ponghiamo braccia 50; dove si porrà un altro contrasegno, che sarà nel punto *K*. E perché una cannoniera deve ficcare e l'altra strisciare, la prima striscierà la fronte del baluardo, ed offizio della seconda sarà strisciare la contrascarpa. E però, ritirandosi indietro nella piazza, e guardando per il segno messo nella seconda

cannoniera, si farà passare una linea per detto segno e per il punto *K*; e ciò facendo nell'altro fianco ancora, si troverà l'intersecazione *M*; ed allungando le linee *M K* sino al rin-



contro dell'angolo del baluardo, sarà disegnata la contrascarpa strisciata dalle seconde cannoniere; doppo le quali nelle piazze si lascierà il segno *N*, nel luogo di dove si tra-

guardò. Per terminare poi i tiri di ficco, traguardando per il mezo della cannoniera *I* al punto *M*, si farà un segno nella piazza secondo tal drittura, qual sarà *O*; e traguardando, per il medesimo punto di mezo la cannoniera, l'angolo del fosso contraposto all'angolo *L* del baluardo, si segnerà nella piazza il punto *P*, per dove fu traguardato: e poiché li due punti *O*, *P* ficcano nell'estremità della contrascarpa, qual si voglia altro tiro, che ficchi in qual parte si sia della medesima contrascarpa, non uscirà fuori de' termini *O*, *P*. E traguardando per la medesima cannoniera e per lo punto *B*, si noterà il punto *Q* nella piazza, dal quale viene veramente strisciata la faccia del baluardo: il ficcare nella quale sarà offizio della seconda cannoniera; onde, traguardando per il mezo di essa ed il punto *L*, si noterà dove viene il tiro nella piazza, che sarà il punto *R*.

Ma perché queste due cannoniere non possono essere tanto coperte, che non siano sottoposte all'essere imboccate, e massime la prima, però, per provedere il più che sia possibile, che il fianco non resti senza tiri, ci abbiamo aggiunta la terza cannoniera, quale parimente difenderà di ficco del baluardo; e però, traguardando per il suo punto di mezo il punto *L*, si noterà nella piazza dove viene il tiro, che sarà nel punto *S*. E questo ci darà regola all'orecchione, perché, come si vede, secondo il suo dritto bisogna formarlo e terminare la sua grossezza; e la lunghezza si farà o più o meno, secondo che i tiri lo comporteranno; perché alcuna volta sarà terminata dal tiro *N M*, quale sarebbe impedito se l'orecchione fusse troppo lungo, ed in qualche altro sito sarà terminata dal tiro *O M*. Però basta che sempre mai li due tiri *Q B L* e *S L* fanno la grossezza dell'orecchione; e la lunghezza si farà che non occupi i tiri *O M*, *N M*. E perché potrebbe essere che la terza cannoniera talvolta, per esser imboccate la prima e la seconda, restasse sola, e che, venendo il nimico all'assalto, non potesse farli quel danno che sarebbe necessario; però abbiamo aggiunto una piazza nell'orecchione, l'officio della quale è di difendere la cortina, sì come fanno le altre ancora, nel modo che si vede per i tiri segnati *V*.

Resta ora che assegnamo la ragione del mettere i traversi alle piazze, che devono andare a sghembo e secondare i tiri delle artiglierie, acciò che esse nello stornare siano libere, e non corrino rischio di percuotere ne' muri e rompersi. E però, primieramente, il tiro *O M* è causa che si faccia pendere in dentro il muro della piazza: e perché il tiro *S L* della terza cannoniera e il tiro *T V* della seconda lasciano tra di loro spazio libero dietro al secondo merlone, si può cavar la scesa che va alla sortita.

Il muro *X W* della piazza dell'orecchione si deve tirar paralello alla faccia del baluardo *L B*, lontano da essa braccia 40 o 35 almeno, acciò per tale grossezza si mantenga la spalla, e la piazza resti larga 10 o vero 15 braccia.

Ed essendo impossibile il trovare modo che la prima e seconda cannoniera non siano sottoposte all'essere imboccate, perché, dovendo vedere, è forza che siano vedute, per dare maggior difficultà che si può al nimico, abbiamo pensato di fare almeno sì, che tale imboccamento resti vano; atteso che per altro non s'imboccano le cannoniere, che per fare che le non difendano la cortina ed impedischino il venire all'assalto. Noi per il contrario cercheremo che, se bene siano imboccate, non gli sia tolto il difendere la cortina e vietare l'assalto: il che sarà in questo modo.

La prima cannoniera è esposta all'essere imboccata dal punto *M* sino a quanto tiene la contrascarpa, ed i tiri che di tal luogo la possono imboccare comprendono nella piazza lo spazio chiuso tra i tiri *O*, *P*, oltre i quali verso il punto *Q* tutto è sicuro: e però si è fatto il tramezo *Z*, doppo il quale si sta sicuro; e per l'istessa cannoniera si striscia la cortina, come mostra il tiro *Y V*. E perché potrebb'essere, come s'è detto, ch'il nimico venisse su 'l fosso, e di qui imboccasse la seconda cannoniera, venendo il tiro nel punto *N*, è stato necessario tirar la traversa *U*. Avvertendo che fra i tramezi *Z*, *U* resti tanto spazio, che, stornando, il pezzo vi capisca; e talvolta, bisognando, tra l'uno e l'altro si farà la traversa di terra o sabbione, la qual ritenga l'artiglieria, che non venga a scoprirsi nel punto *N*.

La lunghezza della piazza non si farà meno di 40 braccia, facendola pendere un poco verso la fossa, acciò che anco dall'estremità di dentro possa fare effetto; e perciò si faranno le cannoniere senza soglia o scaletto.

Della diversità de' siti e loro proprietà.

L'aver veduto diversi corpi di difesa ed il loro uso, è bene d'utilità per le particolari cognizioni; ma le distinzioni de' siti e delle nature loro è necessariissimo, anzi quello che più d'ogni altra cosa deve stimarsi in materia del fortificare [20]. E però, andando discorrendo intorno alle diversità loro, c'ingegneremo darne sufficiente contezza, dimostrandole ancora di più gli essempii in disegno.

E prima, per regola generale, tutti i luoghi di piano saranno sicuri dalle mine, e le loro muraglie verranno bene ricoperte dall'argine e spalto della contrascarpa: averanno abondanza d'acque, il che è di grandissima considerazione: le artiglierie di tali fortezze, tirando quasi di punto bianco ed a livello della campagna, faranno maggiore effetto che se tirassero da alto a basso. Ma, all'incontro, sono tali siti soggetti ai cavallieri, che facesse il nimico in campagna, ed alle machine, le quali facilmente possono condursi: oltre a ciò, avrà il nimico meno difficultà a venire all'assalto, non avendo a salire; avrà, oltre a ciò, commodità di tenere cavalleria, che scorrendo rompa le strade, impedisca il soccorso, e più gagliardamente stringa la terra; avrà altresì commodità di far trincere e con esse venire in su 'l fosso, fare de' forti e cavallieri, potendo commodamente lavorar di terra.

I siti de' monti, quando avessero altri luoghi più eminenti da i quali fussero scoperti e signoreggiati, non solo non

[20] Qui, come in ogni riflessione scientifica galileiana, lo studio delle circostanze particolari e delle condizioni oggettive acquista notevole rilevanza ai fini del conseguimento degli obbiettivi: segno, questo, di un atteggiamento mentale interessato all'utilizzazione pratica e all'applicazione concreta delle teorie.

devono fortificarsi, per essere inutili, anzi si devono sfasciare e smantellare. Ma quando non siano da altri dominati, saranno assai più forti di quelli di piano, avvertendo sopra tutto che siano capaci e spaziosi. Questi con manco spesa di terrapieno, avendolo fatto dalla natura, si fortificheranno; saranno sicuri da' cavallieri e dalle machine, che non potranno condursi alle muraglie; sarà da questi tenuto lontano il nimico, e combattendo, si starà a vantaggio, facendoli ancora rovinare materia addosso per le valli che avrà intorno, le quali, sendo molte, impediranno anco l'assedio, e potranno facilmente venire soccorsi. Ma, all'incontro, sono sottoposti alle mine, e l'artiglieria nemica vi ha gran forza, battendo di sotto in su; patiscono d'acqua, né possono valersi di cavalleria che tenessero dentro.

Dentro a i laghi ed al mare si sarà sicuro da' rubbamenti, dalle mine, e con difficultà si potranno far batterie. In questi luoghi manco guardie bastano, e manco difensori ancora. Ma quelle fortezze che saranno poste in acqua dolce, saranno pericolose ne' tempi de' ghiacci; oltre che, per lo più, in simil luoghi vi è cattiva aria. Sopra i fiumi o in mezzo ad essi s'è sicuro dalle mine, né si patisce d'acque; ma bisogna avvertire che il fiume non possa esser deviato fuori del suo letto, onde per esso si possa entrare nella fortezza: s'è, in oltre, molte volte sottoposto alle inondazioni e naturali ed artificiali, quando, col turare il nimico l'uscita del fiume, allaga e sommerge la fortezza.

Imperò, tenendo fermi questi avvertimenti, sendo noi sforzati ad accommodarci ad uno di questi siti, doviamo cercare, s'egli è possibile, rimediare a quelle lesioni che gli possono essere fatte. Come, per essempio, ne' siti de' monti si provederà alle mine con l'ordinare le contramine; e per non avere a patire d'acque, si faranno conserve grandissime. E simili avvertimenti si avranno intorno alli altri particolari

Ma, in generale, ci saranno ancora molte considerazioni, le quali sono utili a tutti i siti. Come, per essempio, sarà di necessità considerare il luogo da fortificarsi intorno intorno per lo spazio di mille passi, e vedere quali cose vi siano che possino nuocere alla fortezza e giovare al nimico, e levarle

via; osservando per regola ferma ed infallibile, che tutti i siti che hanno a torno altri luoghi eminenti, onde possono essere scoperti e signoreggiati, si devono lasciar stare, perché non sono capaci da esser fortificati. Lo spazio di mille passi vuol esser tutto netto e scoperto di maniera, che non possa né anche un uccello accostarsi alla fortezza senza esser scoperto: però le case, gli arbori e simili impedimenti si torranno tutti via, spianando tutto all'intorno. Ma da' luoghi rilevati o bassi per natura non sarà così facile l'assicurarsi: e da' luoghi rilevati si può essere battuto, scortinato ed offeso dentro; e da i luoghi bassi si possono far mine e cavamenti. Quanto a i luoghi rilevati, si rimedierà con far dentro de' cavallieri, e rilevarsi tanto che si venga a superare l'altezza di fuori: che se ciò far non si potrà, per esser dominato da luogo troppo eminente, la fortificazione riman vana ed inutile; se già, non essendo tali luoghi troppo lontani, non s'andassero ad abbracciare con le cortine, incorporandoli nella fortezza, o vero, potendo, allontanandosene almeno mille passi. Quanto a i luoghi bassi, dato che si possino fare cavallieri o baluardi che gli scoprino, sarà ottimo rimedio; o vero andargli a trovare con qualche cortina, dove facilmente si possino scoprire: e dato che né l'uno né l'altro far si possa, sarà bene a quella parte dentro alla muraglia fare de' pozzi, rispetto alle mine, ed anche per sentire i cavamenti ch' il nimico facesse, per potervi a tempo rimediare.

Della fossa.

Intorno al determinare, se sia bene che la fossa sia con acqua o pure senza, sono discordi fra di loro gli autori, essendo che non mancano ragioni per l'una e per l'altra parte. Ma se procederemo con distinzioni, non sarà difficile il conoscere come ragionevolmente in alcuni luoghi sia meglio aver la fossa con acqua, ed in altri senza.

Il fosso con acqua vuol esser largo assai; ed asciutto, vuol esser profondo. L'acqua deve esser almeno sino allo stomaco, acciò non possa esser passata senza grande danno.

Riceveranno grand'utilità dall'acqua que' luoghi, che avranno il paese vicino occupato da' nimici, per rendersi sicuri dall'improvvise scalate; ma fa di bisogno star cauto ne' tempi di ghiacci. Giova l'acqua alle fortezze picciole, ove non possono stare assai genti, e per conseguenza non si sortisce, ma solo si sta a guardia delle mura; per il che bastano manco sentinelle, non potendo il nimico passare l'acque, e, senza esser sentito, venire alla muraglia con le scale.

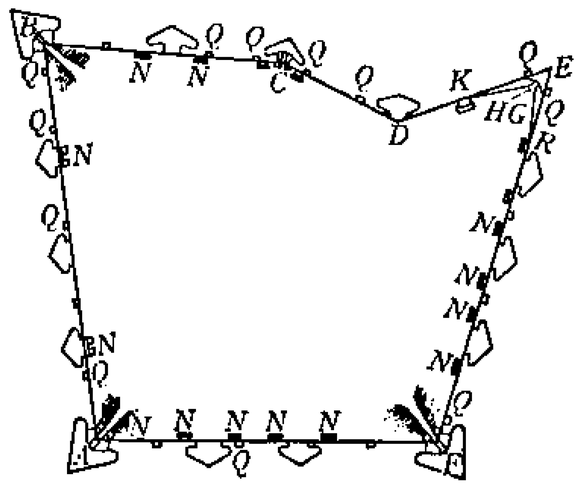
Le fortezze grandi, ove sono genti assai da poter sortire, è bene che abbino la fossa asciutta, perché sicuramente si possa difenderla e combatterla. Oltre a ciò, essendo asciutta, facilmente si va a levare le rovine: e dato che il nimico facesse fascinate per riempirla, si potranno abbruciare, il che non si può nella bagnata. È utilissima ancora la fossa asciutta, quando i soldati, sendo usciti a scaramucciare ed impedir al nimico il far trincere e piantar gabbioni e simili essercizii, avendo la carica a dosso, fossero forzati a ritirarsi e salvarsi nella fossa; il che far non potrebbono sendovi l'acqua: come ancora non vi si possono accommodare strade coperte, case matte e sortite, che pur sono di grandissimo commodo. Ed in somma la fossa con acqua è per que' luoghi, che, non avendo gran quantità di difensori, stanno aspettando di straccare il nimico che gli assedia: e l'asciutta serve dove sono assai difensori, e vogliono far forza di levarsi il nimico dalle spalle più presto che si possibile.

Diversi essempi d'accommodare i corpi di difesa secondo le diversità de' siti.

Considerando quanto abbiano grande forza gli essempi sensati in persuadere e dichiarare i pensieri dell'animo, abbiamo determinato, per dar maggior lume dell'intenzione nostra, recare innanzi a gli occhi diversi disegni de' luoghi fortificati.

E prima, la seguente pianta *A B C D E F* sarà d'una terra in campagna aperta, la quale, avendo il recinto antico,

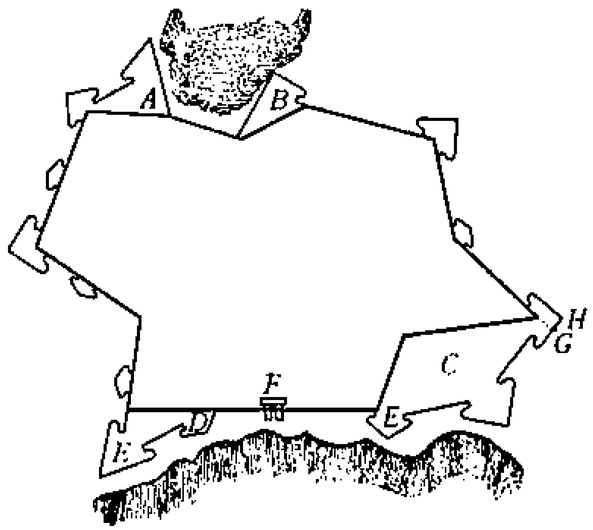
vogliamo fortificar secondo l'uso moderno [21]. E però è bisognato sopra le cortine vecchie mettere baluardi; ed in qualche luogo si sono messi cavallieri, dove gli spazii dall'uno all'altro baluardo venivano troppo lunghi, attesoché, rispetto alle cortine vecchie, è bisognato fare i corpi di difesa minori e più vicini che in un altro; come quelli della cortina *A B*. Con tutto ciò dal fianco dell'uno al fianco dell'altro sarà circa 400 braccia. E perché nella pianta *E* non era possibile sopra le cortine *F E* e *D E* formar baluardo che acutissimo non venisse, è stato di necessità ritirarsi con i fianchi in dentro, come si vede il fianco *G* ed il fianco *H*, e tirare la cortina *G R*, e la cortina *H K*, quali nei punti *R*, *K* si congiungono con le cortine vecchie; e perché nel punto *R* e nel punto *K* fanno reflessione in fuori, vi facciamo sopra dui cavallieri grandi, acciò, se mai quel baluardo venisse tagliato e preso da' nimici, questi non ve li lascino stare: ed in questa maniera, con bellissima invenzione, e con poca mutazione delle due cortine vecchie *R E*, *K E* nelle due nuove *R G*, *K H*, viene accommodato il tutto. Nel resto tutte le cannoniere fanno quello s'è detto nella fabrica del baluardo, strisciando e ficcando nelle faccie e nella contrascarpa. Il terrapieno viene a torno con braccia 40 di lunghezza, e con altrettanta i cavallieri segnati *N*. E perché simili fabriche antiche hanno intorno intorno molte torri, quelle che saranno troppo vicine a i fianchi bisogna levarle, come nella figura quelle che sono segnate *Q*. Nel fare i terrapieni s'avvertirà



[21] Cfr. nota 3 a p. 70.

di mettervi de' legnami, acciò che non lascino così subito aggravare le mura, ma vadino assodandosi a poco a poco.

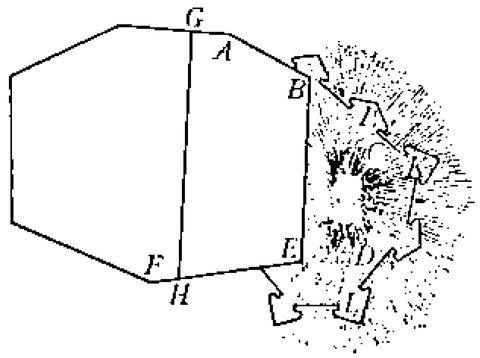
Nella pianta passata, per essere ella in piano libero ed ispedito, non fu difficile l'accomodar i corpi di difesa, non vi essendo cosa altra di singolare, che d'accommodare il baluardo in quella punta acuta. Ma nella seguente, se bene anco ella è in sito piano, ha non di meno a torno dui luoghi bassi, quali è di necessità scoprire, come si vede uno di essi con le due punte *A*, *B*, e l'altro con baluardi *C*, *D*, *E* (ed avvertiscasi per intelligenza della passata e delle seguenti figure, che quello che si vede segnato di nero dimostra la muraglia antica, e le delineazioni rosse [22] sono i corpi di difesa fatti di nuovo ed accommodati sul vecchio): e per fare migliore effetto s'è venuto in fuori, nella seguente figura, con il cavaliero *F*, al quale non accaderà dare più una ch' un'altra forma, sendo compreso in mezo a due baluardi. La punta *G* della cortina vecchia, essendo troppo acuta, fa sì che si lasci la reflessione, e, tirato dall'angolo *G* all'angolo *E* la fortificazione nuova, si va a scoprire i luoghi bassi più commodamente col baluardo *C*, e si forma l'altro baluardo *H* sopra miglior angolo.



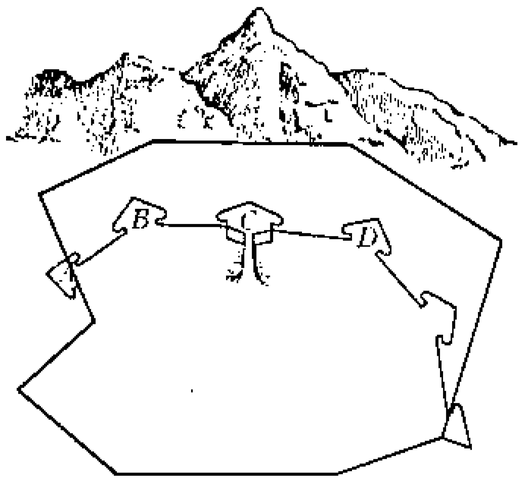
Già di sopra si disse, che dentro allo spazio di mille passi intorno alla terra si deve, fra le altre cose, avere considerazione a i luoghi rilevati. Imperò la seguente pianta ne

[22] « Per comodità di esecuzione tipografica, alle delineazioni rosse offerteci dai disegni dei manoscritti, abbiamo sostituito linee più sottili » (nota dell'edizione nazionale delle *Opere* di Galilei).

mostra una terra, quale abbia vicino un luogo rilevato, non già tale che superi la muraglia di altezza, ma che, facendovi i nemici qualche cavalliero, facilmente dominerebbono dentro, e principalmente potrebbono scortinare la cortina *A B* dal punto *C*, e la *E F* dal punto *D*. E perché, per la molta vicinanza, chi se ne volesse discostare, sarebbe di bisogno ritirarsi almeno sino alla linea *G H*, riducendo la piazza in troppo breve forma, però sarà miglior partito andare a pigliare quel luogo rilevato con la fortificazione *B I K L E*.

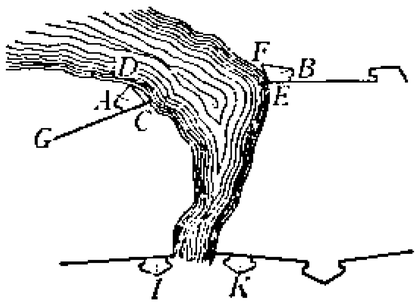


Ma quando i monti e luoghi rilevati superassino di molto la muraglia, né si potesse andare a pigliare, perché fossero molti, l'uno appresso l'altro, che si seguitassero come nella sottoposta figura si scorge; in simil caso, o bisogna del tutto tralasciare tale fortificazione, o vero, potendo, ritirarsi ed allontanarsi tanto, che si sfugga l'offesa del monte: come si vede nella figura per la ritirata *A B C D*, con il cavalliero a cavallo nell'angolo della reflessione, tra i due baluardi di mezo.

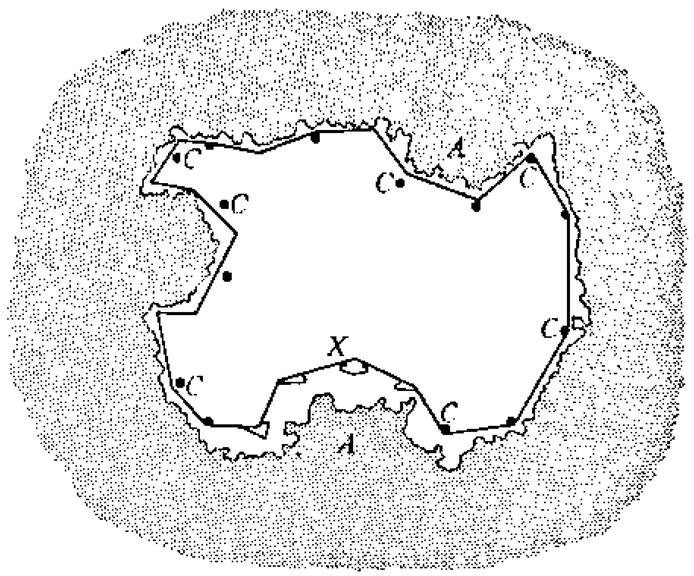


Quelli siti, i quali sono traversati da un fiume che gli divide per il mezzo, si fortificheranno nell'entrata e nell'uscita del fiume, come ci mostra la sottoposta figura. Cioè, che se il fiume sarà tanto largo, che dall'una all'altra ripa non si possa far batteria, basterà fortificarlo con due mezzi baluardi, i quali assicurino le parti verso terra, come si vede nelle

piante *A*, *B*; avvertendo che le due fronti *C D*, *E F* siano in maniera situate, che non possino essere scoperte di terra dalle medesime parti dove sono poste. Ma quando la strettezza del fiume non togliesse il poter far batteria dall'una all'altra sponda, sarà necessario fortificare la sua bocca con baluardi intieri, come dalle due piante *I*, *K* si può comprendere.



La seguente pianta ci rappresenta e dimostra il modo del fortificare i siti posti dentro a stagni, laghi, o ancora dentro a qualche seno di mare. Dove è d'avvertirsi, che rimanendo fuori del recinto qualche spazio di terra ferma, dove potesse sbarcare moltitudine di soldati, si fortificherà con baluardi ed altri corpi di difesa, li quali sporghino in



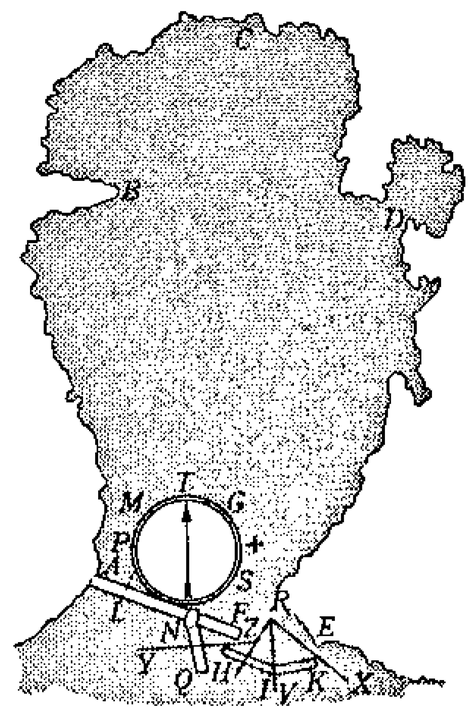
fuori, come si vede nella pianta *X*: ma nel restante del recinto, che arrivasse sopra le acque, basterà che siano fatti cavallieri sopra li angoli, i quali signoreggino le acque circonvicine, come ne mostrano le piante segnate *C*. Farassi oltre a ciò, secondo la distanza di 400 o 500 braccia, una

palificata che circondi tutta la fortezza, ficcando i pali solamente tanto che venghino ricoperti dalle acque, onde alle navi ed altre barche sia tolto il potersi approssimare alla terra. Lascierannosi bene alcune bocche, le quali conduchino a i seni segnati *A*, che saranno come porti delle barche amiche; ma però ed essi e l'entrate si circonderanno con palificate simili, lasciandovi a canto terra alcuni passi aperti, per li quali possano, per loro commodità, traghettarsi le barche dall'uno all'altro seno: ed essendo detti seni incurvati indentro, verranno assicurati in parte da i venti, e benissimo fiancheggiati dalle cortine. I canali poi e bocche che conducono a i porti, per sicurtà delle barche che vi alloggiano e di tutta la terra, si sbarreranno ed attraverseranno la notte con catene di ferro, le quali proibiranno il transito alle barche nimiche.

Nel numero de' siti da fortificarsi sono posti i porti di mare, ne' quali ricoverandosi gran quantità di legni, fa di mestiero assicurargli: il che si farà col fortificar la bocca ed entrata del porto. Ma prima è da considerarsi al sito e natura di detto porto, e se vi è altezza d'acqua sufficiente per il transito delle navi: avvertendo che quelli, che sono fatti naturalmente, saranno sempre migliori che i fatti artificiosamente; perché non mai s'alzeranno le muraglie di maniera, che qualche parte del porto non resti esposta a qualche traversia, ma il porto naturale dall'altezza de' monti e scogli circonvicini viene molto meglio ricoperto. Ma, o sia fatto per arte o per natura, bisogna universalmente considerare, che tutte quelle bocche, per le quali entrano per linea dritta venti, essendo esposte ad essi, faranno traversia, e saranno pericolose: oltre che molte volte simili traversie riempiono di rena la bocca e tutto il porto ancora; e ciò fanno alcuni venti più ed altri meno, e più in un luogo ch'in un altro. E per questo bisogna procedere con molta considerazione, e tanto più essendo che simili muraglie sono di grandissima spesa, né si possono, fatte che siano, più rimutare.

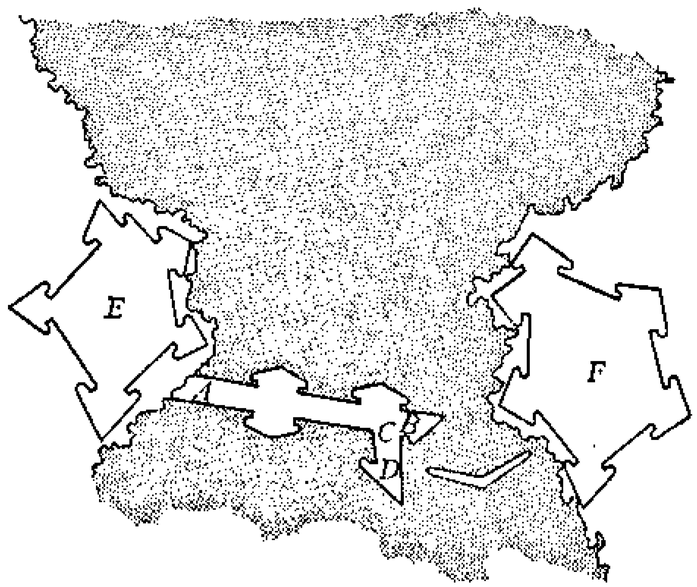
Dato dunque che s'abbia qualche ricetto naturalmente fatto, grande e profondo a bastanza, s'avvertirà se l'entrata è troppo larga, perché, sendo, tale, sarà forza restringerla.

Per il che fare, si porrà nel mezo di essa la bussola, e si considererà quali sieno i venti che drittamente l'imboccano. Come, per essempio, aviamo la seguente figura, dove si vede il ricetto *A B C D E*, la cui bocca *A E* è larga braccia 1500, per il che dentro non ci possono stare legni sicuri da venti e traversie; ed essendo luogo opportuno e capace, è necessario accommodarlo. E per serrare ed assicurare la bocca, si troverà prima, come s'è detto, col mezo della bussola posta tra 'l punto *A* ed *E*, a quali venti è esposta: dove si vede che il vento ostro per linea dritta l'imbocca, e per ciò più di tutti gli altri molesta questo porto; e però movendo dal punto *A* verso *E* un muro, lasciando tra l'estremità *F* e la terra *E* spazio ragionevole per l'entrata delle navi, chiaro è che il vento ostro e libeccio non potranno più nuocere come prima, trovando l'intoppo del muro. Niente di meno per tutte le dritture che sono paralelle a' due venti sopradetti potrà venire molestata l'entrata; onde sarà necessario restringerla ancora più con l'altra traversa *H I K*, lasciando li spazii *F H*, *K E* per il transito delle navi. E perché la bocca *F H* sarebbe imboccata dal vento di ponente *Z Y*, s'è fatta l'altra traversa *O Q*: e tutto questo per sicurtà contra alla forza de' venti e dell'onde.



Ma per assicurarsi dall'invasione de' nemici, fa di mestiero che fortifichiamo con corpi di difesa l'entrata del porto: il che potremo fare con fortificare il molo segnato, nella seguente figura, *A B C D*; o vero, senza tale fortificazione, col fare li due forti in terra ferma segnati *E*, *F*, quali, come si vede, mettono in mezzo l'entrata del porto. Volendo fortificare il

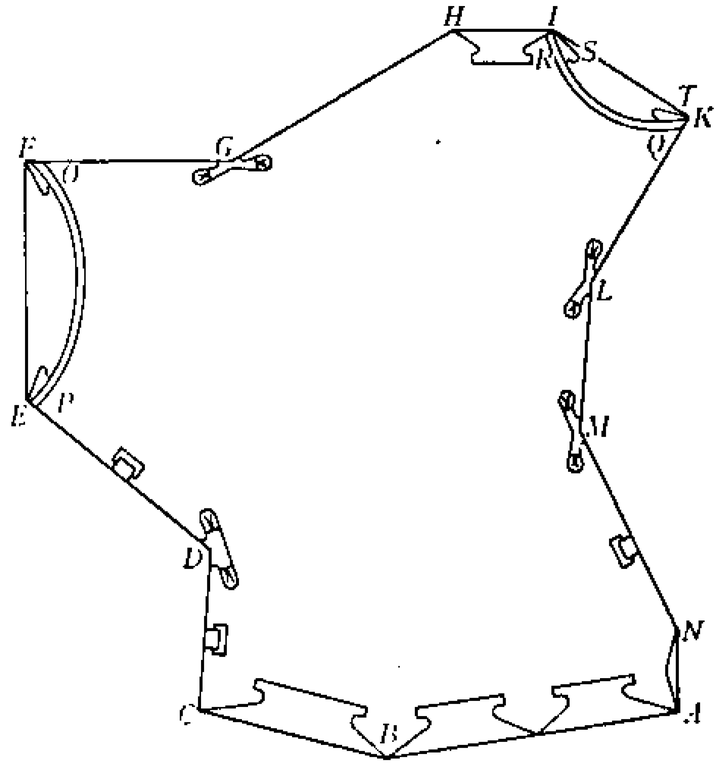
molo, si farà in prima largo 35 o 40 braccia, armandolo e dall'una e dall'altra parte, come si scorge nella figura, con baluardi. Vero è che dalla parte del mare, sendo il molo *A B* fiancheggiato dall'altro *C D*, basterà fare un solo corpo di difesa verso terra. Ma perché ci sarà di bisogno aver luogo dove possino abitare quelli soldati che staranno alla guardia di detto porto, sarà necessario fare la fortezza *E*, dove alloggi



tal presidio, la quale servirà ancora per difesa dell'offese che venissero per terra. E non volendo fortificare il molo, si farà dall'altra parte di terra il forte *F*: quali, mettendo in mezo la bocca del porto, la renderanno sicura. Abbiamo fatto le due fortezze *E*, *F* di forma così irregolare, acciò si vegga il modo dell'andarsi accommodando alla qualità del sito, e come molte volte si viene forzati a far corpi di difesa più grandi e più piccoli, intieri ed imperfetti, secondo che 'l sito comporta e ne è capace.

Accade alcuna volta, che intorno ad una terra sproveduta e non fortificata, improvisamente sopragiunge un essercito, dal quale, per la sua debolezza, non può lungamente difendersi; e per essere circondata dal nemico, non si può uscir fuori a fortificarla. Però in simile accidente bisogna che

pensiamo al meglio che far si possi, che sarà di fortificarla per di dentro; come si mostrerà per la seguente figura. E prima, non ci potrà essere proibito il fare que' corpi di difesa, che non escano fuori della muraglia, come sono cavallieri e piatte forme rovescie; però si sono fatte nelle reflessioni ed angoli per l'indentro le piatte forme segnate *D*, *G*, *L*, *M*. Nelli altri luoghi, dove sono angoli per l'infuori, dandoci tempo



il nemico, faremo le ritirate di dentro, con li suoi fianchi e baluardi, come si vede in *N A B C*. Ma quando non si avesse tempo, e che i nemici cominciassero a battere qualche cortina, si ricorrerà ad altro rimedio più espedito, facendo dalla parte di dentro i fossi *O P*, *Q R*; e la terra, che di essi si caverà, si getterà dalle bande, facendo due argini grossi dieci o dodici braccia, ed alti il più che si potrà, dandoli, al meglio che sarà possibile, forma di corpi di difesa, come si vede per le figure *E P*, *O F*, *R S*, *Q T*; e sopra questi argini, per difesa de' fossi, si terranno artiglierie, e, non ne

avendo, archibusoni a posta, ed archibusieri ordinarii: e queste saranno le difese per fianco, mettendo poi per fronte li uomini armati di picca.

Del fare di terra.

Perché per fabricar di muraglia in tutti i luoghi si trovano muratori ed uomini esperti in tale professione, non abbiamo detto o siamo per dire cosa alcuna appartenente al murare, non dubitando necessario al soldato l'avere simile cognizione. Ma perché l'edificare di terra è cosa molto differente dal murare, non s'usando salvo che in materia di fortificazione, di questo è necessario al soldato aver cognizione e prattica: però anderemo discorrendo intorno alle cose attinenti a tale essercizio [23].

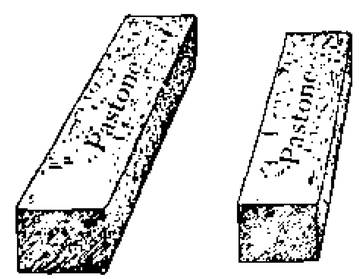
E prima, quanto alla forma delle fortezze, nelle cortine, corpi di difesa, loro membri, ed in somma in tutte le parti, si manterranno l'istesse misure e proporzioni, che si serverebbono nel fare una fortezza murata: ma nel disporre ed accommodar le materie si procederà diversamente. E prima, si deve avere considerazione se la fortezza fatta si deve porre in uso e servirsene subito che sia fornita, o pure se potrà stare qualche tempo avanti che s'abbia a difendere. Perché, dovendoci noi servire immediatamente della fortezza, bisognerà fortificare ed assicurare il terreno con pali grossi e lunghi, piantati per dritto ed attraversati con molte incatenature di legname: perché, mettendovi sopra le artiglierie, nel moto che fanno sparandosi, trovandosi il letto non bene assodato, guasterebbono e rovinerebbono il forte; dove che i pali per dritto e le incatenature saranno atte a tenerlo insieme. Ma se avanti che vi si abbiano a usare sopra l'arti-

[23] « Perché di sopra si è fatta menzione di far forti di terra, utili e e necessarii e per le difese della città e per l'espugnazione ancora, è necessario in questo luogo darne qualche istruzione; e ciò si deve tanto più fare, quanto che a i muratori ordinarii non è così noto il fabricar di terra come di muraglia » (*Breve instruzione* cit., p. 57).

glierie, ci sarà tempo di poter lasciare rassodare il terreno, basterà mescolare tra esso certo legname minuto, come più distintamente a basso dichiareremo.

Ma edifichisi nell'uno o nell'altro modo, bisogna pensare d'incamiciare la parte di fuori, di maniera che possi difendere il tutto dalle pioggie, le quali, dilavando il terreno, a

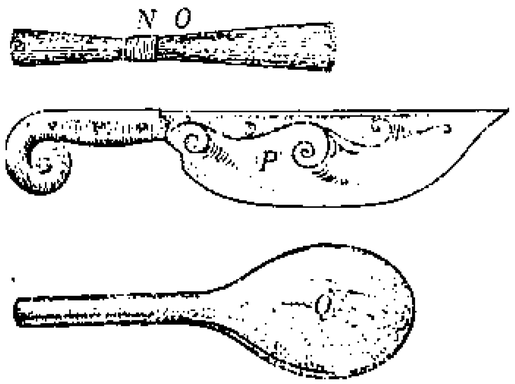
poco a poco lo consumerebbono: e ciò si farà col covertare di una corteccia di piote, le quali altro non sono che alcuni pezzi di terra erbosa, cavata di praterie o luoghi tali, che per molto tempo non siano stati rotti: avvertendo che la forma di dette piote non deve esser quadrata, come alcuni hanno detto, ma d'alcuna delle sottoposte figure o forme segnate *A*, *B*, *C*, a ciò meglio e più fissamente s'incastrino insieme. E dove non fosse la commodità di simili piote, si provederà di terra da far mattoni, della migliore che si trova, cioè che non sia arenosa né sassosa; e con questa si faranno

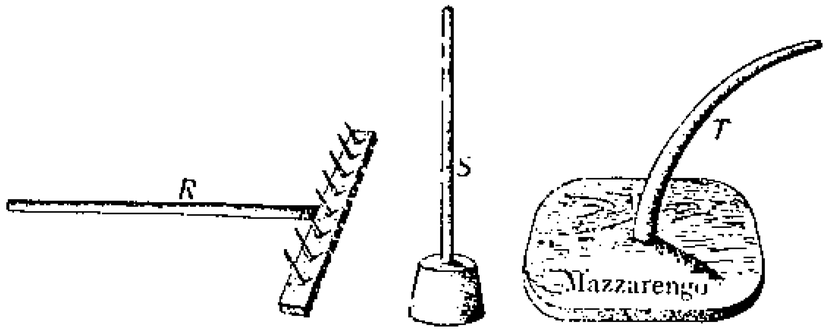


alcuni pastoni, lunghi circa un braccio, e grossi un quarto, e si faranno ben seccare, mettendoli di poi in opera in luogo delle piote: e se tra la terra s'impasterà pula di grano o altre biade, fieno trito, paglia battuta, vette di scope, scotolature di lino o canapa, sarà bonissimo. E acciò che il terreno stia più unito insieme, si pigliano delle scope, o vero altri legnami forti e sottili, come castagno o quercia; e presone quante commodamente n'entrano in una mano, tenendo fermi i pedali, s'avvolge e s'attorce il resto: doppo destramente s'addoppiano, torcendo pur sempre; e così addoppiati, si legano con ginestre o giunchi in

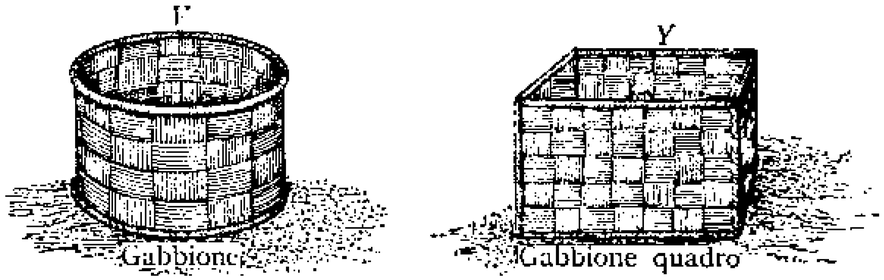
due o tre lati, facendo le manocchie, come si vede per i disegni *K, L M*: e di queste se ne preparano gran quantità. Usansi ancora, e saranno migliori, le manaiole fatte come

si dirà: pigliansi scope che abbino da i loro pedali un poco di ceppo, e si legano in due luoghi vicino a i pedali, lasciandole verso l'altra estremità sparse, come si vede *N O*. Oltre a ciò, per mettere a filo i pastoni e le piote, fa di bisogno avere alcuni coltellacci grandi, simili al disegno *P*. In oltre, per battere e serrare bene insieme i pastoni e le piote, s'averanno certe mestole lunghe e di legname grave. E perché la terra, che si doverà mettere sopra le manocchie e manaiole, deve essere trita e netta da i sassi, si farà provisione di rastrelli di ferro, segnati *R*; e per assodarla si averanno de' pilloni o pistoni,

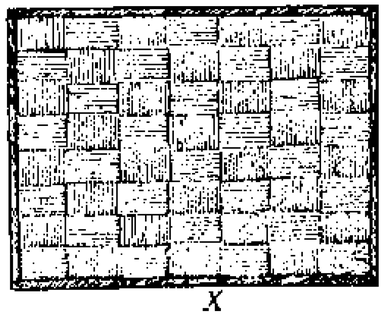




simili a quello ch'è segnato *S*; e per spianarla si adopreranno le mazzaranghe *T*. Si provvederanno, oltre a ciò, corbelli ed altri strumenti da portar la terra, e di questi gran quantità; parimenti ancora, zappe, pale e vanghe. I gabbioni, segnati *V*,



si metteranno in cambio di parapetti nelle piazze di sotto; li altri, segnati *Y*, che sono quadri, servono per tramezzi e parapetti in altri luoghi. I graticci, come *X*, serviranno per la parte di dentro alle cannoniere ed altri luoghi, in cambio di piote o pastoni: però si prepareranno molti vimini di castagno o di quercia, per poterli fare, ed ancora molti pali per fare i cantoni de' gabbioni *Y*.



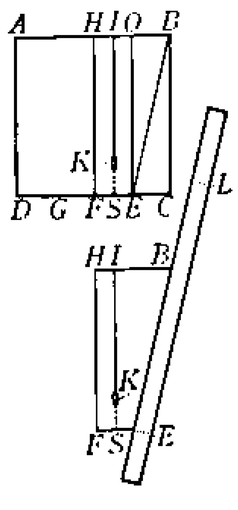
Del quarto buono, strumento per la scarpa.

Fatte le provisioni dette di sopra, acciò si possa dar principio alla fabrica, bisogna far il *quarto buono* [24], conforme alla pendenza che vorremo dare alla scarpa. E questo si farà in tal maniera.

Piglisi un quadrato di legno ben spianato, quale sia circa un braccio per ogni verso, come si vede nella sottoposta figura il quadrato *A B C D*: e secondo che vorremo dar di scarpa uno per ogni quattro, cinque o sei, d'altezza, divideremo il lato *D C* in 4, 5, o vero 6 parti eguali. E supponendo per adesso volere uno per quattro di scarpa, divide-

[24] « È uno stromento da poter ordinar le scarpe secondo la proporzione che vorremo » (ivi, p. 60): come si noterà, questo strumento, simile al regolo usato dai costruttori edili, è una applicazione del principio dell'equilibrio.

remo la linea $D\,C$ in due parti nel punto F, e ciascheduna d'esse in due altre ne' punti G, E, e dal punto B al punto E tireremo una linea $B\,E$, e taglieremo via il triangolo $B\,E\,C$; e potremo ancora, per far più leggiero lo strumento, buttarne via la parte $H\,F\,D\,A$. Fatto questo, si dividerà la linea $F\,E$ per il mezzo nel punto S, e l'$H\,O$ nel punto I, dal qual punto si sospenderà un filo con piombino, come si vede $I\,K$; con l'aiuto del quale, quando averemo a servirci dell'instrumento, lo aggiusteremo, alzandolo ed inclinandolo sin tanto ch' il filo batta a punto nel punto S: il che quando sarà, la linea $E\,B$ ci darà per l'appunto la pendenza della scarpa. E perché questo instrumento è picciolo, e la fabrica viene molto più alta, si piglierà un regolo lungo, dritto e saldo, quale nella figura si vede L; ed accostandolo alla linea $B\,E$, con l'aiuto del medesimo filo si darà la debita inclinazione a tutto il regolo: con l'aiuto del quale, come di sotto si dirà, faremo la scarpa.

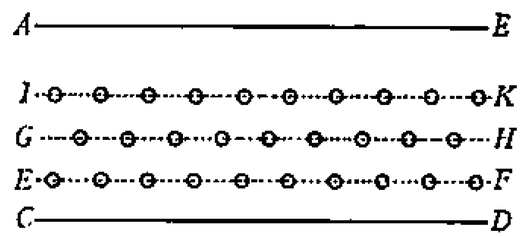


Dell'ordine da tenersi nell'edificare.

Preparate, come s'è detto, le materie e stromenti, si tireranno le corde dove va piantata la fortezza; e tirata la prima corda di fuori, se ne tirerà un'altra di dentro, lontana dalla prima 14 braccia; e lo spazio tra esse si farà cavare sino a che si trovi il terreno sodo, da poter sostenere sicuramente la fortezza, facendo che il suo fondo abbia di pendenza per l'indentro circa un braccio in tutta la larghezza. Scostandosi poi dal primo filo 5 braccia, si tirerà un'altra corda, ed, oltre a questa, due altre, con intervalli tra di loro di 3 braccia; e sarà scompartito tutto il fondo in 4 parti con le tre corde dette; e lungo ciascuna di esse si pianterà un ordine di pali grossi quanto la coscia d'un uomo, e lunghi 20 braccia, lasciando fra l'uno e l'altro 3 braccia di distanza:

avvertendo che quelli del secondo ordine non incontrino quelli del primo, ma siano piantati come si vede nella seguente figura, dove $A\,B$ è il filo di fuora e $C\,D$ quello di dentro, ed i pali vanno piantati secondo le linee $E\,F$, $G\,H$, $I\,K$ con l'ordine che dimostrano i segni O. E basterà che detti pali siano fitti in terra solamente tanto che stiano dritti, perché, nel riempier poi di terreno, vanno sotterrati. Ma bisogna avvertire, che siano dritti e senza nodi, acciò che la incatenatura, che tra essi va intrecciata, possa senza impedimento abbassarsi, secondo che il terreno avvallerà.

Fatto questo, si pianteranno regoli appresso il filo di fuori, pendenti all'indentro secondo l'ordine del quarto buono, acciò si possa fare la scarpa per tutto uniforme. Di poi si comincerà a riempir dentro, avvertendo che il lavoro vadi sempre eguale ed a livello: e secondo che va il filo di fuori, si metterà un ordine di piote, lasciando sempre la parte erbosa di sotto; le quali, acciò che si possano commetter bene insieme, si raffileranno col coltellaccio P: e messone un filare, si batteranno di sopra e di fuori con la mestola Q. Per di dentro, appresso le piote, si metterà terra ben trita e sottile, nettandola da' sassi con il rastrello R, battendola ed assodandola col pillone S; ed avvertiscasi che non sia più o meno alta che le piote, e vadia pendendo all'indentro come il suolo di sotto: e quando sarà bene assodata col pillone, si spianerà con la mazzeranga T. Di poi col medesimo ordine si metterà un altro filo di piote ed un suolo di terra: e spianato ed assodato il tutto, se ne metterà un altro: e sopra si porrà un ordine di fascinette, pigliando delle frasche più lunghe e sottili che si può; e se saranno scope, saranno meglio che le altre: e di queste si metteranno i pedali sopra le piote. Ma prima si saranno confitte le piote con cavicchi di legno lunghi un braccio: e perché le frasche non sono tanto lunghe che possino traversare lo spazio delle 14 braccia, se ne mette-



ranno delle altre, sopraponendo i pedali delle seconde alle vette delle prime; avvertendo di spianarle bene, acciò non rilevino più in un luogo che in un altro. Oltre a ciò, fra i pedali posti sopra le piote si metterà della malta di terra, fatta come quella che si usa, nel murare di terra, in cambio di calcina: e sopra si distenderà un altro filo di piote, mettendo dentro, sopra le frasche, terra trita, unendo, assodando e spianando, in tutto come si fece da principio: e poi si metteranno due altri filari di piote e suoli di terra al modo usato: e ad ogni terzo filaro di piote si metterà una fascinata, e ad ogni quinto ordine di fascine si metterà una incatenatura. Queste incatenature si fanno di legni grossi quanto la gamba d'un uomo, incrociandoli insieme a guisa di finestra ferrata; e negli angoli de' quadri verranno quattro legni di quelli che si ficcorno per dritto: e l'intersecazioni delle incatenature si conficcheranno con cavicchi di corgnolo o altro legno forte. E si accommoderà detta incatenatura, che liberamente possa scorrere tra i pali posti per dritto, e calare mentre che il terreno abbasserà: e però si disse ch'era di bisogno che i pali piantati fussino dritti e senza nodi, perché se l'incatenatura, nell'abbassare il terreno, trovasse qualche intoppo, rimarrebbe la fortificazione cavernosa; il che sarebbe grande imperfezione. Tali incatenature penderanno ancor esse per l'indentro, secondo che va il suolo della terra. E con quest'ordine s'alzerà il bastione, mettendo ad ogni terzo ordine di piote una fascinata, e ad ogni cinque fascinate una incatenatura.

Il restante dello spazio per il terrapieno, di dentro s'anderà riempiendo di terra alla rinfusa, fabricando con l'ordine detto, di piote, fascine ed incatenature, lo spazio contenuto dentro alle 14 braccia. Quando poi si sarà alzato il lavoro all'altezza di 15 braccia, si metteranno, in cambio di cordone, alcune doccie di legname, le quali, rigirando intorno, riceveranno l'acque che verranno dal parapetto, acciò non dilavino la scarpa; e l'acque ricevute in dette doccie si condurranno, col mezzo di altre doccie che traversino la fabrica, nella parte di dentro, mandandole in pozzi da smaltire: e questo conserverà assai la fortezza. Dalle doccie in su si tirerà il

filo delle piote per di fuori con un ottavo per braccio di scarpa solamente, edificando con l'ordine precedente, se non che si lascieranno stare le incatenature. Il profilo si vede nella seconda figura seguente, dove *A* sono le doccie, ed *A B* altezza di due braccia, con un ottavo per braccio di scarpa.

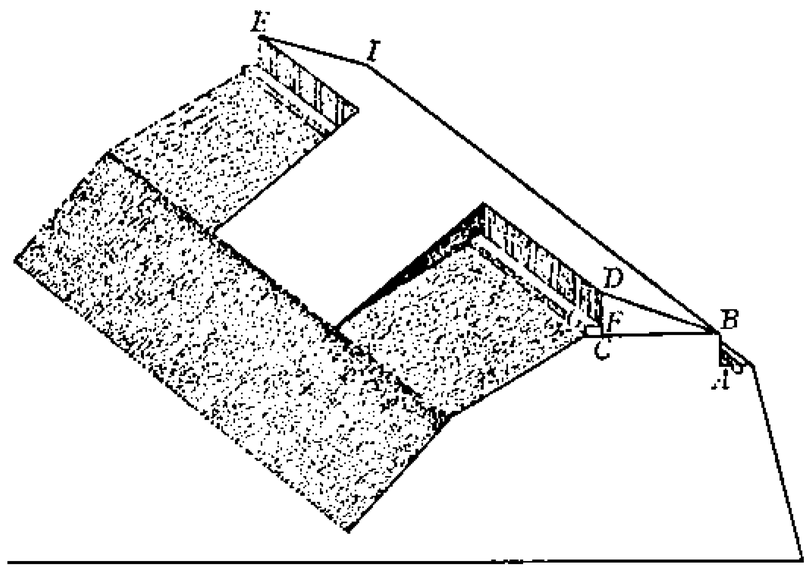
A questa altezza, che sarà dal piano del fosso braccia 17, spianerà per tutto a livello, come dimostra la linea *B C*: e si segneranno, dal punto *B* indentro, braccia 10, che sarà nel punto *C*, e con tale spazio si tirerà una corda di dentro intorno intorno; e lungo questa corda, ad ogni mezzo braccio, si ficcheranno pali lunghi sei braccia e grossi come un braccio d'un uomo, ficcandone sotterra la metà; e sopra s'anderanno intrecciando e collegando insieme con vimini di castagno, a guisa di graticcio: e questa sarà la pelle di dentro del parapetto, che verrà secondo l'altezza *C D*. Doppo, lo spazio *B C D* si riempirà di terra bonissima e ben battuta, lasciando la pendenza secondo la linea *D B*: la qual pendenza si coprirà di piote commesse insieme esquisitissimamente, lasciando la parte erbosa di sopra, per maggior difesa dalle pioggie. Si anderà poi scompartendo per accommodare i letti per l'artiglierie, largo ciascheduno 15 braccia; quali cominceranno dalla parte di dentro del parapetto, ciò è dal punto *D*, ed anderanno pendendo all'indentro sino al punto *E*: e tra l'uno e l'altro letto si lascierà uno spazio di 10 braccia per li archibusieri, accommodandovi la banchetta *F G H*, acciò vi possano montar sopra e scaricare, e doppo, scendendo, ritirarsi al sicuro. Ma sopra tutto s'avvertisca, che le acque sopra parte alcuna del terrapieno non covino, ma abbino i loro scoli verso la parte di dentro.

Alle piazze di sotto si faranno i recinti con la pelle di fuori di piote, bastionando, con terra e fascine, al modo detto, una grossezza di 6 braccia, facendoli i loro tramezzi con graticci e gabbioni quadri. I merloni e cannoniere si faranno dalla parte di fuori di piote ben commesse, e di dentro si armeranno e sosterranno con graticci.

Ma quando non s'avesse commodità di piote, bisognerà servirsi di pastoni, adoperandogli in questa maniera. Metterassi, secondo l'ordine del filo di fuori, un filaro di manocchie,

accostando la piegatura alla corda; e tra esse si metterà terra ben trita, assodandola ben sopra con i piloni e mazzeranghe, avvertendo che la vi sia sopra sottilissima: e poi si metterà un suolo di pastoni, conficcandogli da piede e da capo con cavicchi, come si disse delle piote; e di dentro si metterà della terra, assodandola e spianandola benissimo, e sopra essa un suolo di manocchie, bene accommodate e spianate con terra, e doppo un altro suolo di pastoni: e così ad ogni due mani di pastoni si metterà poi una fascinata, e ad ogni tre fascinate una incatenatura: e nel resto si seguirà in tutto come è detto. E con quest'ordine di piote e pastoni si faranno i corpi di difesa e le cortine, così in campagna come intorno alle terre.

E perché si possa meglio comprendere come vadino accommodati i letti, abbiamo disegnata la seguente figura in prospettiva.



LE MECANICHE

(1593)

Questo trattato, che, secondo quanto racconta Vincenzio Viviani nella sua Vita di Galileo, *vivente l'autore andava «attorno manuscritto», è un chiaro indice dell'ampiezza di attività e della varietà di esperienze di cui Galilei poté fruire negli anni dell'insegnamento padovano, per la maggiore libertà concessa agli ingegni e alla cultura nel territorio della Repubblica veneta; in particolare, gli studi e le ricerche concrete, fondate sulla pratica artigianale e sull'esperienza, se pur non contemplate nel piano ufficiale di studi della Università, erano però coltivati privatamente dai docenti, che spesso erano a ciò spinti dalla richiesta di allievi privati. Noi sappiamo che Galilei tenne nel 1598 un corso pubblico sui* Mechanica *attribuiti alla prima scuola aristotelica, ma il Viviani attesta che il presente trattato era già composto nel 1593. Esso fu pubblicato per la prima volta nel 1634 in lingua francese a Parigi, a cura del padre Marino Mersenne, col titolo: «Les mechaniques de Galilée, Mathematicien et Ingegnieur du Duc de Florence. Avec plusieurs additions rares et nouvelles, utiles aux Architectes, Ingegnieurs, Fonteniers, Philosophes et Artisans»; nella lettera di dedica a Henri de Refuge, il Mersenne definiva Galilei uno dei più sottili spiriti del tempo e ne apprezzava la chiarezza e la vivacità dello stile, notando con rammarico il silenzio dell'autore su molti altri argomenti di meccanica. La*

prima edizione italiana si ebbe nel 1649 a cura di Luca Danesi, ravennate ed intenditore di scienze matematiche e di architettura, che reperì tra le carte galileiane il manoscritto del trattato; il titolo della pubblicazione è: « Della scienza mecanica e delle utilità che si traggono da gl'Istromenti di quella. Opera cavata da manoscritti dell'Eccellentissimo Matematico Galileo Galilei, dal cavalier Luca Danesi ».

LE MECANICHE

Delle utilità che si traggono dalla scienza mecanica e dai suoi instrumenti.

Degno di grandissima considerazione mi è parso, avanti che discendiamo alla speculazione delli strumenti mecanici, il considerare in universale, e di mettere quasi inanzi agli occhi, quali siano i commodi, che dai medesimi strumenti si ritraggono: e ciò ho giudicato tanto più doversi fare, quanto (se non m'inganno) più ho visto ingannarsi l'universale dei mecanici, nel volere a molte operazioni, di sua natura impossibili, applicare machine, dalla riuscita delle quali, ed essi sono restati ingannati, ed altri parimente sono rimasti defraudati della speranza, che sopra le promesse di quelli avevano conceputa. Dei quali inganni parmi di avere compreso essere principalmente cagione la credenza, che i detti artefici hanno avuta ed hanno continuamente, di potere con poca forza muovere ed alzare grandissimi pesi [1], ingannando, in un certo modo, con le loro machine la natura; instinto della quale, anzi fermissima constituzione, è che niuna resistenza possa essere superata da forza, che di quella non sia più potente. La quale credenza quanto sia falsa, spero con le dimostrazioni vere e necessarie, che averemo nel progresso, di fare manifestissimo.

[1] Osserva il Mersenne nella citata lettera al De Refuge del giugno 1634: « In effetti è impossibile ottenere insieme la forza e il tempo, come è impossibile che un uomo goda nel medesimo tempo i piaceri peccaminosi del mondo e quelli del cielo » (M. Mersenne, *Correspondance*, IV, Paris, Presses universitaires de France, 1955).

Tra tanto, poiché si è accennato, la utilità, che dalle machine si trae, non essere di potere con piccola forza muovere, col mezzo della machina, quei pesi, che senza essa non potriano dalla medesima forza esser mossi, non sarà fuori di proposito dichiarare, quali siano le commodità, che da tale facoltà ci sono apportate: perché, quando niuno utile fusse da sperarne, vana saria ogni fatica che nell'acquisto suo s'impiegasse.

Facendo dunque principio a tale considerazione, prima ci si fanno avanti quattro cose da considerarsi: la prima è il peso da trasferirsi di luogo a luogo; la seconda è la forza o potenza, che deve muoverlo; terza è la distanza tra l'uno e l'altro termine del moto; quarta è il tempo, nel quale tal mutazione deve esser fatta; il qual tempo torna nell'istessa cosa con la prestezza e velocità del moto, determinandosi, quel moto essere di un altro più veloce, che in minor tempo passa eguale distanza [2]. Ora, assegnata qual si voglia resistenza determinata, e limitata qualunque forza, e notata qual si voglia distanza, non è dubbio alcuno, che sia per condurre la data forza il dato peso alla determinata distanza; perciò che, quando bene la forza fusse picciolissima, dividendosi il peso in molte particelle, ciascheduna delle quali non resti superiore alla forza, e transferendosene una per volta, arà finalmente condotto tutto il peso allo statuito termine: né però nella fine dell'operazione si potrà con ragione dire, quel gran peso esser stato mosso e traslato da forza minore di sé, ma sì bene da forza la quale più volte averà reiterato quel moto e spazio, che una sol volta sarà stato da tutto il peso misurato [3]. Dal che appare, la velocità della forza essere stata tante volte superiore alla resistenza del peso, quante esso peso è superiore alla forza [4]; poiché in

[2] Da questo confronto intuitivo tra distanza e tempo deriva la nozione di velocità come rapporto tra spazio e tempo.

[3] Questo principio, su cui si fonderanno le macchine semplici, di cui qui segue l'illustrazione, è di natura elementare e consiste nella distribuzione del corpo in parti minime e nel loro successivo trasporto.

[4] Questa proporzione tra velocità della forza e peso sta a fondamento della nozione di momento che verrà più avanti illustrata (p. 147).

quel tempo nel quale la forza movente ha molte volte misurato l'intervallo tra i termini del moto, esso mobile lo viene ad avere passato una sol volta: né per ciò si deve dire, essersi superata gran resistenza con piccola forza, fuori della constituzione della natura. Allora solamente si potria dire, essersi superato il naturale instituto, quando la minor forza trasferisse la maggiore resistenza con pari velocità di moto, secondo il quale essa camina; il che assolutamente affermiamo essere impossibile a farsi con qual si voglia machina, immaginata o che immaginar si possa. Ma perché potria tal ora avvenire che, avendo poca forza, ci bisognasse muovere un gran peso tutto congiunto insieme, senza dividerlo in pezzi, in questa occasione sarà necessario ricorrere alla machina: col mezzo della quale si trasferirà il peso proposto nell'assegnato spazio dalla data forza; ma non si leverà già, che la medesima forza non abbia a caminare, misurando quel medesimo spazio od altro ad esso eguale, tante e tante volte, per quante viene dal detto peso superata: tal che nel fine dell'azione noi non ci troveremo avere dalla machina ricevuto altro benefizio, che di trasportare il dato peso con la data forza al dato termine tutto insieme; il qual peso diviso in parti, senz'altra machina, dalla medesima forza, dentro al medesimo tempo, per l'istesso intervallo, saria stato trasferito. E questa deve essere per una delle utilità, che dal mecanico si cavano, annoverata: perché invero spesse volte occorre che, avendo scarsità di forza, ma non di tempo, ci occorre muovere gran pesi tutti unitamente. Ma chi sperasse e tentasse, per via di machine far l'istesso effetto senza crescere tardità al mobile, questo certamente rimarrà ingannato, e dimostrerà di non intendere la natura delli strumenti mecanici e le ragioni delli effetti loro.

Un'altra utilità si trae dalli strumenti mecanici, la quale depende dal luogo dove dev'essere fatta l'operazione: perché non in tutti i luoghi, con eguale commodità, si adattano tutti li strumenti. E così veggiamo (per dichiararci con qualche essempio), che per cavar l'acqua da un pozzo ci serviremo di una semplice corda con un vaso accommodato per ricevere e contenere acqua, col quale attingeremo una

determinata quantità di acqua in un certo tempo con la nostra limitata forza: e qualunque credesse di potere con machine di qual si voglia sorte cavare, con l'istessa forza, nel medesimo tempo, maggior quantità di acqua, costui è in grandissimo errore; e tanto più spesso e tanto maggiormente si troverà ingannato, quanto più varie e multiplicate invenzioni anderà imaginandosi. Con tutto ciò veggiamo estrar l'acqua con altri strumenti, come con trombe per seccare i fondi delle navi. Dove però è d'avvertire, non essere state introdotte le trombe in simile uffizio, perché tragghino copia maggiore di acqua, nell'istesso tempo, e con la medesima forza, di quello che si faria con una semplice secchia, ma solamente perché in tal luogo l'uso della secchia o d'altro simile vaso non potria fare l'effetto che si desidera, che è di tenere asciutta la sentina da ogni piccola quantità di acqua; il che non può fare la secchia, per non si potere tuffare e demergere dove non sia notabile altezza di acqua. E così veggiamo col medesimo stromento asciugarsi le cantine, di dove non si possa estrar l'acqua se non obliquamente; il che non faria l'uso ordinario della secchia, la quale si alza ed abbassa con la sua corda perpendicolarmente [5].

Il terzo, e per avventura maggior commodo delli altri che ci apportano li stromenti mecanici, è rispetto al movente, valendoci o di qualche forza inanimata, come del corso di un fiume, o pure di forza animata, ma di minor spesa assai di quella che saria necessaria per mantenere possanza umana: come quando per volgere mulini ci serviremo del corso di un fiume, o della forza di un cavallo per far quell'effetto, al quale non basteria il potere di quattro o sei uomini. E per questa via potremo ancora vantaggiarci nell'alzar acque o fare altre forze gagliarde, le quali da uomini senz'altri ordigni sariano esseguite, perché con un semplice vaso potrian pigliar acqua ed alzarla e votarla dove fa bisogno: ma perché

[5] Nella lettera del 6 agosto 1630 (cfr. pp. 932 segg.) Galilei, rispondendo ad un quesito di G. B. Baliani circa l'elevazione dell'acqua, accosterà questo problema di meccanica idraulica a quello dello spostamento dei corpi solidi.

il cavallo, o altro simile motore, manca del discorso e di quelli strumenti che si ricercano per apprendere il vaso ed a tempo votarlo, tornando poi a riempirlo, e solamente abbonda di forza, per ciò è necessario che il mecanico supplisca con suoi ordigni al natural difetto di quel motore, somministrandogli artificii ed invenzioni tali, che, con la sola applicazione della forza sua, possa esseguire l'effetto desiderato. Ed in ciò è grandissimo utile: non perché quelle ruote o altre machine faccino che con minor forza, e con maggior prestezza, o per maggior intervallo, si trasporti il medesimo peso, di quello che, senza tali instrumenti, eguale ma giudiziosa e bene organizzata forza potria fare; ma sì bene perché la caduta di un fiume o niente o poco costa, ed il mantenimento di un cavallo o di altro simile animale, la cui forza supererà quella di otto e forse più uomini, è di lunga mano di minor dispendio, che quello non saria che potesse sostentare e mantenere li detti uomini.

Queste dunque sono le utilità che dai mecanici instrumenti si caveranno, e non quelle che, con inganno di tanti principi e con loro propria vergogna, si vanno sognando i poco intendenti ingegneri [6], mentre si vogliono applicare a imprese impossibili. Dal che, e per questo poco che si è

[6] Riferisce Niccolò Gherardini nella sua *Vita di Galileo* (cfr. G. GALILEI, *Opere*, XIX, p. 638) che Giovanni de' Medici, figlio naturale di Cosimo I, aveva progettato una macchina per vuotare la darsena del porto di Livorno della cui sistemazione egli, come esperto di ingegneria militare, era stato incaricato; ma Galilei s'oppose a questo progetto e ne dimostrò la inutilità; Giovanni de' Medici, indispettito, mutò la sua primitiva benevolenza nei confronti di Galilei in decisa avversione, tanto che Galilei sarebbe stato tratto, asserisce il suo biografo, a prendere la decisione di abbandonare Pisa. Anche il Favaro (*G. Galilei e lo studio di Padova* cit., vol. I, p. 169) conferma quest'episodio e collega questo passo delle *Meccaniche* al nome del figlio di Cosimo I. Al di là dell'episodio singolo, che certamente rivela l'indipendenza mentale del Nostro, può rilevarsi, in questo riferimento agli ingegneri « poco intendenti » di matematiche, una critica alla condizione di empirica e sprovveduta operatività in cui si trovavano in genere i tecnici e gli artigiani dell'epoca, che però Galilei, col contributo della sua opera teorico-pratica, avrebbe sollevato a vera attività scientifica.

accennato, e per quel molto che si dimostrerà nel progresso di questo trattato, verremo noi assicurati, se attentamente apprenderemo quanto si ha da dire.

Diffinizioni.

Quello che in tutte le scienze demostrative è necessario di osservarsi, doviamo noi ancora in questo trattato seguitare: che è di proporre le diffinizioni dei termini proprii di questa facultà, e le prime supposizioni, delle quali, come da fecondissimi semi, pullulano e scaturiscono consequentemente le cause e le vere demonstrazioni delle proprietà di tutti gl'instrumenti mecanici [7]. I quali servono per lo più intorno ai moti delle cose gravi; però determineremo primamente quello che sia gravità.

Adimandiamo adunque gravità [8] quella propensione di muoversi naturalmente al basso, la quale, nei corpi solidi,

[7] Ciò che rende la figura di Galilei storicamente decisiva per lo sviluppo della moderna mentalità scientifica è il suo metodo di ricerca, da lui proposto non pedantescamente in un trattato di metodologia, ma costantemente ed opportunamente suggerito nelle stesse argomentazioni scientifiche, a conferma di sue scoperte o per smentire altrui false affermazioni. Si tratta di un metodo significativo per la diversa funzione che vi acquista l'intelletto umano, non più di semplice riproduzione, sia pure elaborata, del mondo esterno, ma di investigazione e di normalizzazione della realtà: ma altrettanto notevole è il senso ed il valore, centrale e decisivo, dell'esperienza: ragione ed esperienza costituiscono non già due distinti procedimenti, ma fasi di un unico processo. La stessa argomentazione galileiana si svolge seguendo non più un piano astratto, ma concreto, mirante a sviluppare e non ad escludere l'esperienza: « Così si costuma e si conviene nelle scienze le quali alle conclusioni naturali applicano le dimostrazioni matematiche, come si vede ne i perspectivi, negli astronomi, ne i mecanici, ne i musici ed altri, li quali con sensate esperienze confermano i principii loro, che sono i fondamenti di tutta la seguente struttura » (*Discorsi intorno a due nuove scienze*, giornata terza, vol. II, p. 743).

[8] Gli studi intorno al centro di gravità furono avviati nell'antichità da Archimede, ma prevalentemente riferiti alle figure geometriche. Nel Medioevo si interessò in modo particolare di quest'argomento Alberto di Sassonia; nell'età moderna il problema del centro di gravità fu ripreso da Francesco Maurolico (1494-1575) e da Federico Commandino (1509-1575), il quale ultimo è citato da Galilei nei giovanili *Theoremata circa centrum gravitatis solidorum* (1590).

si ritrova cagionata dalla maggiore o minore copia di materia, dalla quale vengono constituiti.

Momento è la propensione di andare al basso [9], cagionata non tanto dalla gravità del mobile, quanto dalla disposizione che abbino tra di loro diversi corpi gravi; mediante il qual momento si vedrà molte volte un corpo men grave contrapesare un altro di maggior gravità: come nella stadera si vede un picciolo contrapeso alzare un altro peso grandissimo, non per eccesso di gravità, ma sì bene per la lontananza dal punto donde viene sostenuta la stadera; la quale, congiunta con la gravità del minor peso, gli accresce momento ed impeto di andare al basso, col quale può eccedere il momento dell'altro maggior grave. È dunque il momento quell'impeto di andare al basso, composto di gravità, posizione e di altro, dal che possa essere tal propensione cagionata.

Centro della gravità [10] si diffinisce essere in ogni corpo grave quel punto, intorno al quale consistono parti di eguali momenti: sì che, imaginandoci tale grave essere dal detto punto sospeso e sostenuto, le parti destre equilibreranno le

[9] Erone di Alessandria (II sec. d. C.) nel suo trattato *Le Mecaniche* fa uso del termine di « momento » per lo studio dell'equilibrio della leva angolare: se un peso è sospeso all'estremità della leva, il suo rapporto al contrappeso sarà inverso alle rispettive distanze dal fulcro. Ma in questo senso deve essersi espresso anche Archimede in un trattato, Περὶ ζυγῶν, che la tradizione alessandrina gli attribuisce e a cui Erone sembra riferirsi. Questa medesima nozione si ritroverà nel *Liber Jordani de ratione ponderis*, che erroneamente attribuito a Giordano Nemorario e come tale edito nel 1565 da Curzio Troiano, sarà dal Duhem riferito ad uno sconosciuto « precursore » di Leonardo da Vinci che approfondì il concetto di « momento ». A Galilei, comunque, spetta il merito di aver collegato questa nozione ad un sistema di rapporti statici, utilizzandola nell'àmbito di una ricerca esclusivamente meccanica, senza altre implicazioni cosmologiche o filosofiche. Si veda anche più avanti (cfr. p. 426) il *Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua*, in cui è detto esplicitamente che il momento è una « virtù » che « non solo depende dalla semplice gravità, ma dalla velocità del moto, dalle diverse inclinazioni degli spazii sopra i quali si fa il moto, perché più fa impeto un grave descendente in uno spazio molto declive che un uno meno ».

Si vedano anche i *Discorsi intorno a due nuove scienze* (vol. II, p. 685).

[10] « L'esistenza del centro di gravità di un corpo è per Galilei, come per gli Scolastici, un fatto sperimentale » (R. Dugas, *Histoire de la mécanique*, Neuchâtel, Ed. du Griffon, 1950, p. 126).

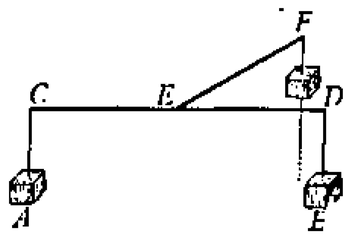
sinistre, le anteriori le posteriori, e quelle di sopra quelle di sotto; sì che il detto grave, così sostenuto, non inclinerà da parte alcuna, ma, collocato in qual si voglia sito e disposizione, purché sospeso dal detto centro, rimarrà saldo. E questo è quel punto, il quale anderebbe ad unirsi col centro universale delle cose gravi, ciò è con quello della terra, quando in qualche mezzo libero potesse descendervi.

Dal che caveremo noi questa supposizione: Qualunque grave muoversi al basso così, che il centro della sua gravità non esca mai fuori di quella linea retta, che da esso centro, posto nel primo termine del moto, si produce insino al centro universale delle cose gravi. Il che è molto ragionevolmente supposto: perché, dovendo esso solo centro andarsi ad unire col centro comune, è necessario, non essendo impedito, che vadia a trovarlo per la brevissima linea, che è la sola retta. E di più possiamo, secondariamente, supporre: Ciascheduno corpo grave gravitare massimamente sopra il centro della sua gravità, ed in esso, come in proprio seggio, raccòrsi ogni impeto, ogni gravezza, ed in somma ogni momento [11]. Suppongasi finalmente: Il centro della gravità di due corpi egualmente gravi essere nel mezzo di quella linea retta, la quale li detti due centri congiunge; o veramente, due pesi eguali sospesi in distanze eguali avere il punto dell'equilibrio nel commune congiungimento di esse uguali distanze [12]: come,

[11] E. Mach nella sua *Die Mechanik in ihrer Entwiklung* (Lipsia, 1912) osserva che Archimede e i suoi successori, fra i quali include Galilei, tendono a ridurre tutti i vari casi di equilibrio ad un caso semplice, la proporzione inversa dei pesi e delle distanze, rilevabile per via deduttiva e *a priori*; ma poi egli stesso nota che « se, lungi dal poter dimostrare *a priori* il semplice fatto che l'equilibrio dipende dal peso e dalla distanza, noi dovessimo andare a cercarlo nell'esperienza, non sarà ancor meno possibile per noi determinare la forma di questa dipendenza (la legge di proporzionalità) con un mezzo puramente speculativo? »; in verità, egli conclude, Archimede e tutti i suoi successori fecero ricorso, in maniera più o meno tacita e dissimilata, all'ipotesi che l'effetto di una forza P applicata ad una distanza L di un arco sia misurata dal prodotto PL: cioè dal momento statico.

[12] Il problema della tendenza di un corpo a scendere verso il centro della terra, viene qui risolto nell'equilibrio di due pesi eguali su una bilancia dal cui fulcro distano in eguale misura: si può qui apprezzare la

per essempio, sendo la distanza $C\,E$ eguale alla distanza $E\,D$, e da esse sospesi due pesi eguali, A, B, supponghiamo il punto dell'equilibrio essere nel punto E, non essendo maggior ragione di inclinare da una che dall'altra parte. Ma qui è d'avvertire, come tali distanze si devono misurare con linee perpendicolari, le quali dal punto della suspensione caschino sopra le linee rette, che dai centri della gravità delli due pesi si tirano al centro commune delle cose gravi. E però, se la distanza $E\,D$ fusse trasportata in $E\,F$, il peso B non contrapeserebbe il peso A; perché tirandosi dai centri della gravità due linee rette al centro della terra, vedremo quella che viene dal centro del peso I esser più vicina al punto E, dell'altra prodotta dal centro del peso A. Devesi dunque intendere, i pesi eguali esser sospesi da distanze eguali, ogni volta che le linee rette,



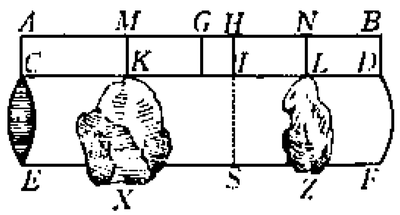
che dai loro centri vanno a trovare il centro commune delle cose gravi, saranno egualmente lontane da quella linea retta, che dal termine di esse distanze, ciò è dal punto della suspensione, si produce al medesimo centro della terra.

Determinate e supposte queste cose, verremo all'esplicazione di un comunissimo e principalissimo principio di buona parte delli strumenti mecanici, dimostrando come pesi diseguali pendenti da distanze diseguali peseranno egualmente, ogni volta che dette distanze abbino contraria proporzione di quella che hanno i pesi. Che pesi diseguali pesino egualmente, sospesi da distanze diseguali, le quali abbino con-

nuova presentazione galileiana della nozione di centro di gravità: sostituendo la definizione del centro di gravità, come quel punto « il quale anderebbe ad unirsi col centro universale delle cose gravi, ciò è con quello della terra », con la definizione qui illustrata, in cui il centro di gravità coincide col fulcro di una bilancia a cui sono sospesi, ad eguali distanze dal centro, pesi eguali, la tendenza di un corpo a discendere non è più dipendente dal peso, e quindi da una relazione con un termine sperimentalmente non verificabile quale il centro della terra, ma è connesso al rapporto tra pesi e distanze dal fulcro, con un procedimento di indagine sostanzialmente meccanico e sperimentale.

traria proporzione di quella che essi pesi si ritrovano avere, non solamente dimostreremo esser vero in quel modo che siamo certi della verità del principio posto sopra, dove si suppose pesi eguali pesare egualmente da distanze eguali; ma dimostreremo essere la medesima cosa per l'appunto, e che altro non è sospendere pesi diseguali da distanze di contraria proporzione, che pesi eguali da distanze eguali [13].

Intendasi dunque il solido grave *C D F E*, di gravità omogenea in tutte le sue parti, ed egualmente grosso per tutto, qual saria una figura colonnare o altra simile, il quale dalli estremi punti *C*, *D* sia sospeso dalla linea *A B*, eguale all'altezza del solido. Or dividendo essa linea *A B* egualmente nel punto *G*, e da esso sospendendola, non è dubbio alcuno che in esso punto *G* si farà l'equilibrio: perché la linea che da esso punto si tirasse rettamente al centro della terra, passerebbe per il centro della gravità del solido *C F*, e di esso intorno a detta linea consisterebbono parti di eguali momenti, e saria il medesimo che se dai punti *A*, *B* pendessero due metà del grave *C F*. Intendasi adesso, esser detto grave secondo la linea *I S* tagliato in due parti diseguali; è manifesto



[13] Nei *Theoremata circa centrum gravitatis solidorum* (1590) Galilei aveva dato una prima esposizione di questi casi diversi del centro di gravità: è qui infatti che si segue quel procedimento, osservato dal Mach, per cui da un caso generale e semplice, dimostrato in forma deduttiva, si fanno dipendere vari altri casi particolari. Il postulato-base è che se pesi eguali sono disposti in diversa misura lungo una retta, il centro di gravità la dividerà secondo proporzione inversa. Potrà essere interessante osservare come il tentativo di Galilei di riferire tutti i vari casi di equilibrio di pesi diversi ad una proporzione inversa di pesi e distanze non trovasse il pieno consenso del matematico Cristoforo Clavio, del Collegio romano, poiché rilevò nel ragionamento di Galilei una petizione di principio (lettera del 16 gennaio 1588, vol. X, p. 24 delle *Opere*, di G. G.) e, in un primo tempo anche dello stesso marchese Guidobaldo del Monte che proprio nel 1588 pubblicò l'edizione del *De aequiponderantibus* di Archimede, e che nel teorema galileiano ritrovava anch'egli una petizione di principio. Il marchese del Monte, tuttavia, dopo una attenta riflessione, finì per convenire sulla validità del procedimento (lettera del 17 giugno 1588, X, p. 34).

che la parte *C S*, come ancora l'altra *S D*, non staranno più in tale sito, non avendo altri sostegni che li due legami *A C*, *B D*. Però, venendo al punto *I*, intendasi aggiunto un nuovo legame, il quale fermato al punto *H*, perpendicolarmente sopraposto al taglio *I S*, sostenga comunemente nel pristino stato l'una e l'altra parte del solido: dal che ne séguita che non si essendo fatta mutazione alcuna, o di gravità o di sito, nelle parti del solido rispetto alla linea *A B*, l'istesso punto *G* resterà centro dell'equilibrio, come da principio è stato. In oltre, essendo che la parte del solido *C S* è connessa alla libra mediante li due legami *C A*, *I H*, non è dubbio alcuno che se, tagliando detti due legami, ne aggiungeremo un solo *M K*, da essi due egualmente distante, trovandosi sotto di esso il centro della gravità del solido *C S*, non si muterà o moverà di sito, ma salverà l'istessa abitudine alla linea *A H*; e fatto l'istesso dall'altra parte *I F*, ciò è rotti i legami *H I*, *B D* ed aggiunto in mezzo il solo appendicolo *N L*, è parimente manifesto non esser lui per variare sito o disposizione rispetto alla libra *A B*: sì che, stando le parti di tutto il solido *C F* col medesimo rispetto alla libra *A B* che sempre son state, pendendo l'una, *C S*, dal punto *M*, e l'altra, *S D*, dal punto *N*, non è dubbio l'equilibrio farsi ancora dal punto medesimo *G*. E già comincierà ad apparire, come, pendendo dagli estremi termini della linea *M N* li due gravi, *C S*, maggiore, ed *S D*, minore, doventano di eguali momenti, e generano l'equilibrio nel punto *G*, facendo *G N* distanza maggiore della *G M*: e solo rimane, per esseguire compitamente il nostro intento, che dimostriamo, qual proporzione si trova fra il peso *C S* ed il peso *S D*, tale ritrovarsi tra la distanza *N G* e *G M*; il che non sarà difficile dimostrare. Per ciò che, essendo la linea *M H* metà dell'*H A*, e la *N H* metà della *H B*, sarà tutta la *M N* metà della total linea *A B*; della quale è metà ancora *B G*; onde esse due *M N*, *G B* saranno tra sé eguali: dalle quali trattone la comune parte *G N*, sarà la rimanente *M G* eguale alla rimanente *N B*; a cui è parimente eguale la *N H*; onde esse *M G*, *N H*, saranno ancora eguali;

e posta communemente la parte *G H*, sarà la *M H* eguale alla *G N*. Ed avendo già dimostrato, *M G* agguagliare *H N*, qual proporzione avrà la linea *M H* alla *H N*, tale averà la *N G* distanza alla distanza *G M*: ma la proporzione *M H* ad *H N* è quella che ha *K I* a *I L*, e la doppia *C I* alla doppia *I D*, ed in somma il solido *C S* al solido *S D* (dei quali solidi le linee *C I*, *I D* sono altezze): adunque si conclude, la proporzione della distanza *N G* alla distanza *G M* esser l'istessa che ha la grandezza del solido *C S* alla grandezza del solido *S D*; la quale, come è manifesto, è quell'istessa che hanno le gravità dei medesimi solidi [14].

E da quanto si è detto parmi che apertamente si comprenda, come gli due gravi diseguali *C S*, *S D* non pure pesino egualmente pendendo da distanze le quali contrariamente abbino la medesima proporzione, ma di più come, *in rei natura*, sia il medesimo effetto, che se in distanze eguali si sospendessero pesi eguali: essendo che la gravità del peso *C S* in un certo modo virtualmente si diffonde oltre il sostegno *G*, e l'altra del peso *S D* dal medesimo si ritira, come, essaminando bene quanto si è detto circa la presente figura, ogni speculativo giudizio può comprendere. E, stante la medesima gravità dei pesi ed i medesimi termini delle suspensioni, quando bene si variassero le loro figure, riducendole in forme sferiche, conforme alle due *X*, *Z*, o in altre, non si dubiterà che il medesimo equilibrio sia per seguire; essendo la figura accidente di qualità ed impotente ad alterare la gravezza, che più presto dalla quantità deriva. Onde universalmente concluderemo, esser verissimo che pesi diseguali pesino egualmente, sospesi contrariamente da distanze diseguali, che abbino l'istessa proporzione dei pesi [15].

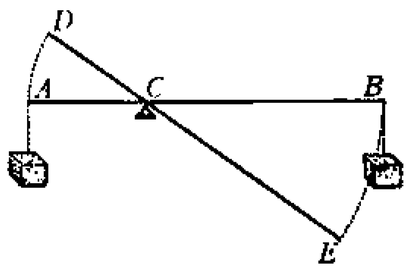
[14] « Questo procedimento mette in evidenza, meglio ancora di quello di Archimede, gli elementi istintivi di nostra conoscenza delle leggi della leva; ma, per quanto sia molto bello, vi si trova tuttavia una traccia della rudimentalità degli scienziati antichi » (E. Mach, *Die Mechanik* cit.).

[15] L'influenza di Archimede è molto evidente in tutto il discorso galileiano: si veda quanto si è detto alla nota n. 9 sulla definizione che Archimede avrebbe dato del « momento » nel trattato, ormai perduto, Περὶ ζυγῶν.

Alcuni avvertimenti circa le cose dette.

Avendo noi mostrato come i momenti di pesi diseguali vengono pareggiati dall'essere sospesi contrariamente in distanze che abbino la medesima proporzione, non mi pare di doversi passar con silenzio un'altra congruenza e probabilità, dalla quale ci può ragionevolmente essere confermata la medesima verità.

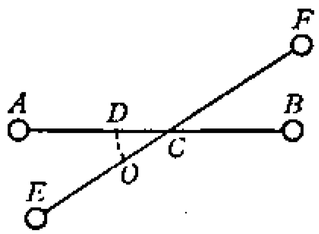
Però che, considerisi la libra *A B* divisa in parti diseguali nel punto *C*, ed i pesi, della medesima proporzione che hanno le distanze *B C*, *C A*, alternatamente sospesi dalli punti *A*, *B*: è già manifesto come l'uno contrapeserà l'altro, e, per consequenza, come, se a uno di essi fusse aggiunto un minimo momento di gravità, si moverebbe al basso inalzando l'altro;



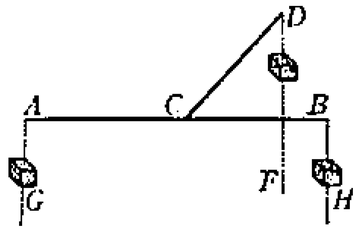
sì che, aggiunto insensibile peso al grave *B*, si moveria la libra, discendendo il punto *B* verso *E*, ed ascendendo l'altra estremità *A* in *D*. E perché, per fare descendere il peso *B*, ogni minima gravità accresciutagli è bastante, però, non tenendo noi conto di questo insensibile, non faremo differenza dal potere un peso sostenere un altro al poterlo movere. Ora, considerisi il moto che fa il grave *B*, discendendo in *E*, e quello che fa l'altro *A*, ascendendo in *D*; e troveremo senza alcun dubbio, tanto esser maggiore lo spazio *B E* dello spazio *A D*, quanto la distanza *B C* è maggiore della *C A*: formandosi nel centro *C* due angoli, *D C A* ed *E C B*, eguali per essere alla cima, e, per conseguenza, due circonferenze, *B E*, *A D*, simili, e aventi tra di sé l'istessa proporzione delli semidiametri *B C*, *C A*, dai quali vengono descritte. Viene adunque ad essere la velocità del moto del grave *B*, discendente, tanto superiore alla velocità dell'altro mobile *A*, ascendente, quanto la gravità di questo eccede la gravità di

quello [16]; né potendo essere alzato il peso A in D, benché lentamente, se l'altro grave B non si muove in E velocemente, non sarà maraviglia, né alieno dalla costituzione

[16] Galilei fa qui ricorso al principio delle velocità virtuali già utilizzato da Aristotele ed indicato nei *Mechanica* aristotelici (III) per spiegare il principio della leva, per cui la maggiore velocità di discesa del peso B è fatta dipendere da una differente gravità che all'inizio è solo potenziale. Questa argomentazione, ripresa anche nel *Discorso sopra le cose che stanno in su l'acqua* (cfr. pp. 426 segg.) non dovette incontrare consensi, tanto che l'autore, in un frammento aggiunto ai *Discorsi intorno a due nuove scienze* rivede la questione e ritorna all'argomentazione matematica: « *Sagr.* Sia sostenuta nel punto C la libra di braccia diseguali, AC maggiore, CB minore: cercasi la cagione onde avvenga che, posti nell'estremità due pesi eguali, A, B, la libra non resti in quiete ed equilibrio, ma inclini dalla parte del braccio maggiore, trasferendosi come in EF. La ragione che comunemente se ne assegna è perché la velocità del peso A, nello scendere, sarebbe maggiore della velocità del peso B, per essere la distanza CA maggiore della CB; onde il mobile A, quanto al peso, eguale al B, lo supera quanto al momento della velocità, e però gli prevale, e scende sollevando l'altro. Dubitasi circa il valore di tal ragione, la quale pare che non abbi forza di concludere: perché è ben vero che il momento di un grave si accresce, congiunto con velocità, sopra il momento di un grave eguale che sia costituito in quiete; ma che, posti amendue in quiete, cioè dove non sia pur moto, non che velocità maggiore di un'altra, quella maggioranza che non è, ma ancora ha da essere, possa produrre un effetto presente, ha qualche durezza nel potersi apprendere; ed io veramente ci sento difficultà notabile. – *Salv.* V. S. ha molto ben ragione da dubitare; ed io ancora non restando ben sodisfatto di simile discorso, trovai di quietarmi per un altro verso molto semplice e speditivo, senza suppor niente altro che la prima e comunissima nozione, cioè che le cose gravi vanno all'in giù in tutte le maniere che gli viene permesso. Quando nella libra AB voi ponete due pesi eguali, se voi la lascerete andare liberamente, ella se ne calerà al centro delle cose gravi, mantenendo sempre il centro della sua gravità (che è il punto di mezzo D) nella retta che da esso va al centro universale; ma se voi a cotal moto opporrete un intoppo sotto il centro D, il moto si fermerà, restando la libra con i suoi pesi in equilibrio; ma se l'intoppo si metterà fuor del centro D, come sarebbe in C, tal intoppo non fermerà la bilancia, ma devierà il centro D dalla perpendicolare per la quale camminava, e lo farà scendere per l'arco DO. Insomma la libra con i due pesi è un corpo ed un grave solo, il cui centro della gravità è il punto D, e questo solo corpo grave scenderà quanto potrà, e la sua scesa è regolata dal centro di gravità suo proprio: quando voi gli supponete il sostegno, il centro D cala in O, e così quel che scende è tutto



naturale, che la velocità del moto del grave B compensi la maggior resistenza del peso A, mentre egli in D pigramente si muove e l'altro in E velocemente descende. E così, all'incontro, posto il grave A nel punto D e l'altro nel punto E, non sarà fuor di ragione che quello possa, calando tardamente in A, alzare velocemente l'altro in B, ristorando, con la sua gravità, quello che per la tardità del moto viene a perdere. E da questo discorso possiamo venire in cognizione, come la velocità del moto sia potente ad accrescere momento nel mobile, secondo quella medesima proporzione con la quale essa velocità di moto viene augumentata.



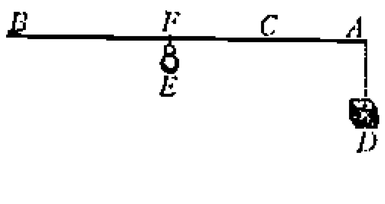
Un'altra cosa, prima che più oltre si proceda, bisogna che sia considerata; e questa è intorno alle distanze, nelle quali i gravi vengono appesi: per ciò che molto importa il sapere come s'intendano distanze eguali e diseguali, ed in somma in qual maniera devono misurarsi. Imperò che, essendo la linea retta $A\,B$, e dalli estremi punti di essa pendendo due eguali pesi, preso il punto C nel mezzo di essa linea, si farà sopra di esso l'equilibrio; e questo, per essere la distanza $A\,C$ eguale alla distanza $C\,B$. Ma se, elevando la linea $C\,B$ e girandola intorno al punto C, sarà trasferita in $C\,D$, sì che la libra resti secondo le due linee $A\,C$, $C\,D$, gli due eguali pesi pendenti dai termini A, D non più peseranno egualmente sopra il punto C; perché la distanza del peso posto in D è fatta minor di quello che era mentre si ritrovava in B. Imperò che, se considereremo le linee per le quali i detti gravi fanno impeto, e discenderebbono quando liberamente si movessero, non è dubbio alcuno che sariano le linee $A\,G$, $D\,F$, $B\,H$: fa dunque momento ed impeto il peso pendente dal punto D secondo la linea $D\,F$; ma quando

il corpo aggregato e composto della libra e i suoi pesi. La risposta, dunque, propria alla interrogazione perché inclina la libra etc., è perché, come quella che è una mole sola, scende e si avvicina quanto può al centro comune di tutti i gravi ».

pendeva dal punto *B*, faceva impeto nella linea *B H*; e perché essa linea *D F* resta più vicina al sostegno *C* di quello che faccia la linea *B H*, perciò doviamo intendere, gli pesi pendenti dalli punti *A*, *D* non essere in distanze eguali dal punto *C*, ma sì bene quando saranno constituiti secondo la linea retta *A C B*. E finalmente si deve aver avvertenza di misurare le distanze con linee, che ad angoli retti caschino sopra quelle nelle quali i gravi stanno pendenti, e si moveriano quando liberamente scendessero [17].

Della stadera e della lieva.

L'aver inteso con certa dimostrazione uno dei primi principii, dal quale, come da fecondissimo fonte, derivano molti delli strumenti mecanici, sarà cagione di potere senza difficoltà alcuna venire in cognizione della natura di essi.

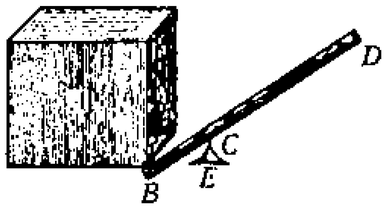


E prima, parlando della stadera, stromento usitatissimo, col quale si pesano diverse mercanzie, sostenendole, benché gravissime, col peso d'un picciolo contrapeso, il quale volgarmente adimandano *romano*, proveremo, in tale operazione nient'altro farsi, che ridurre in atto pratico quel tanto che di sopra abbiamo speculato. Imperò che, se intenderemo la stadera *A B*, il cui sostegno, altrimenti detto *trutina*, sia nel punto *C*, fuori del quale dalla piccola distanza *C A* penda il grave peso *D*, e nell'altra maggiore *C B*, che *ago* della stadera si adomanda, discorra inanzi ed indietro il romano *E*, ancorché di piccol peso in comparazione del grave *D*, si potrà nulla di meno discostar tanto dalla trutina *C*, che qual proporzione si trova tra li due gravi *D*, *E*, tale sia tra

[17] Nel *Diversarum speculationum mathematicarum et physicarum* (1585) Giovanni B. Benedetti sembra aver già intravisto questa relazione tra le gravità di due pesi e le lunghezze dei relativi bracci (cfr. R. Dugas, *Histoire de la mécanique* cit., p. 101).

le distanze *F C*, *C A*; ed allora si farà l'equilibrio, trovandosi pesi ineguali alternamente pendenti da distanze ad essi proporzionali [18].

Né questo instrumento è differente da quell'altro, che *velle* e, volgarmente, *lieva* si adimanda; col quale si muovono grandissime pietre ed altri pesi con poca forza. L'applicazione del quale è secondo la figura posta qui appresso: dove la lieva sarà notata per la stanga, di legno o altra salda materia, *B C D*; il grave peso da alzarsi sia *A*; ed un fermo appoggio o sostegno, sopra il quale calchi e si muova la lieva, sia notato *E*. E sottoponendo al peso *A* una estremità della lieva, come si vede nel punto *B*, gravando la forza nell'altra estremità *D*, potrà, ancorché poca, sollevare il peso *A*, tutta volta che qual proporzione ha la distanza *B C* alla distanza *C D*, tale abbia la forza posta in *D*, alla resistenza che fa il grave *A* sopra il punto *B*. Per lo che si fa chiaro, che quanto più il sostegno *E* si avvicinerà all'estremità *B*, crescendo la proporzione della distanza *D C* alla distanza *C B*, tanto si potrà diminuire la forza in *D* per levare il peso *A* [19].

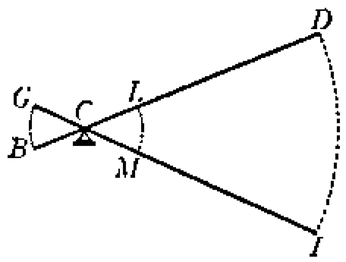


E qui si deve notare (il che anco a suo luogo si anderà avvertendo intorno a tutti gli altri strumenti mecanici), che la utilità, che si trae da tale strumento, non è quella che i volgari mecanici si persuadono, ciò è che si venga a supe-

[18] È la stadera un'applicazione del principio di Archimede, per cui in una bilancia il rapporto dei pesi è eguale al rapporto inverso delle rispettive distanze dal fulcro.

[19] Galilei, come già Archimede nel *De aequiponderantibus*, fa derivare il principio della leva da quello della gravità per cui « nell'uso della leva la forza alla resistenza ha la proporzione contraria di quella che hanno le distanze tra 'l sostegno e le medesime forza e resistenza » (*Discorsi intorno a due nuove scienze*, cfr. vol. II, p. 682). Della leva s'era già occupato, prima di Archimede, anche Aristotele (cfr. nota n. 16), il quale aveva collegato il relativo principio alle velocità virtuali. Dopo Archimede, si ricorda Erone di Alessandria vissuto nel sec. II d. C., Leonardo da Vinci e Stevino (1548-1620).

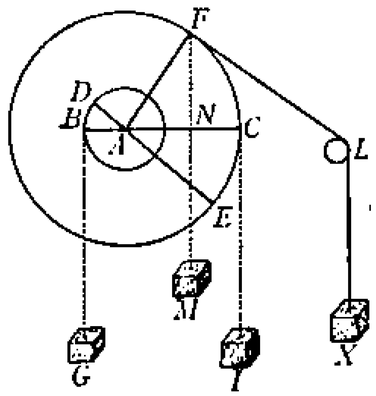
rare, ed in un certo modo ingannare, la natura, vincendo con piccola forza una resistenza grandissima con l'intervento del vette; perché dimostreremo, che senza l'aiuto della lunghezza della lieva si saria, con la medesima forza, dentro al medesimo tempo, fatto il medesimo effetto. Imperò che, ripigliando la medesima lieva *B C D*, della quale sia *C* il sostegno, e la distanza *C D* pongasi, per essempio, quintupla alla distanza *C B*, e mossa la lieva sin che pervenga al sito *I C G*, quando la forza avrà passato lo spazio *D I*, il peso sarà stato mosso dal *B* in *G*; e perché la distanza *D C*, si è posta esser quintupla dell'altra *C B*, è manifesto, dalle cose dimostrate, potere essere il peso, posto in *B*, cinque volte maggiore della forza movente, posta in *D*. Ma se, all'incontro, porremo mente al camino che fa la forza da *D* in *I*, mentre che il peso vien mosso da *B* in *G*, cognosceremo parimente il viaggio *D I* esser quintuplo allo spazio *B G*: in oltre, se piglieremo la distanza *C L* eguale alla distanza *C B*, posta la medesima forza, che fu in *D*, nel punto *L*, e nel punto *B* la quinta parte solamente del peso che prima vi fu messo, non è alcun dubbio, che, divenuta la forza in *L* eguale a questo peso in *B*, ed essendo eguali le distanze *L C*, *C B*, potrà la detta forza, mossa per lo spazio *L M*, trasferire il peso a sé eguale per l'altro eguale intervallo *B G*; e che reiterando cinque volte questa medesima azione, trasferirà tutte le parti del detto peso al medesimo termine *G*. Ma il replicare lo spazio *M L* niente per certo è di più o di meno che il misurare una sol volta l'intervallo *D I*, quintuplo di esso *L M*: adunque il trasferire il peso da *B* in *G* non ricerca forza minore, o minor tempo, o più breve viaggio, se quella si ponga in *D*, di quello che faccia di bisogno quando la medesima fosse applicata in *L*. Ed insomma il commodo, che si acquista dal benefizio della lunghezza della lieva *C D*, non è altro che il potere muovere tutto insieme quel corpo



grave, il quale dalla medesima forza, dentro al medesimo tempo, con moto eguale, non saria, se non in pezzi, senza il benefizio del vette, potuto condursi.

Dell'asse nella ruota e dell'argano.

Gli due strumenti, la natura dei quali siamo per dichiarare al presente, dependono immediatamente dalla lieva, anzi non sono altro che un vette perpetuo. Imperò che se intenderemo la lieva *B A C* sostenuta nel punto *A*, ed il peso *G* pendente dal punto *B*, essendo la forza posta in *C*, è manifesto che, trasferendo la lieva nel sito *D A E*, il peso *G* si alzerà secondo la distanza *B D*, ma non molto più si potria seguitare di elevarlo: sì che volendo pure alzarlo ancora, saria necessario, fermandolo con qualch'altro sostegno in questo sito, rimettere la lieva nel pristino sito *B A C*, ed, apprendendo di nuovo il peso, rialzarlo un'altra volta in simile altezza *B D*; ed in questa guisa, reiterando l'istesso molte volte, si verria con moto interrotto a fare l'elevazione del peso; il che torneria per diversi rispetti non molto commodo. Onde si è sovvenuto a questa difficoltà col trovar modo di unir insieme quasi che infinite lieve, perpetuando l'operazione senza interrompimento veruno: e ciò si è fatto col formare una ruota intorno al centro *A*, secondo il semidiametro *A C*, ed un asse intorno al medesimo centro, del quale sia semidiametro la linea *B A*, e tutto questo di legno forte o di altra materia ferma e salda [20]; sostenendo poi tutta la machina



[20] Quanto molti studiosi moderni osservano sulla costante attenzione rivolta da Galilei ai problemi della tecnica e sul valore di questi ai fini della medesima ricerca scientifica, trova un'altra conferma in queste descri-

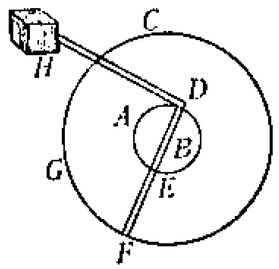
con un perno piantato nel centro A, che passi dall'una all'altra parte, dove sia da due fermi sostegni ritenuto. E circondata intorno all'asse la corda $D\,B\,G$, da cui penda il peso G, ed applicando un'altra corda intorno alla maggior ruota, alla quale sia appeso l'altro grave I, è manifesto che, avendo la lunghezza $C\,A$ all'altra $A\,B$ quella proporzione medesima che il peso G al peso I, potrà esso I sostenere il grave G, e con ogni piccolo momento di più lo moverà. E perché, volgendosi l'asse insieme con la ruota, le corde, che sostengono pesi, si troveranno sempre pendenti e contingenti l'estreme circonferenze di essa ruota ed asse, sì che sempre manterranno un simile sito e disposizione alle distanze $B\,A$, $A\,C$, si verrà a perpetuare il moto, discendendo il peso I, e costringendo a montare l'altro G. Dove si deve notare la necessità di circondare la corda intorno alla ruota, acciò che il peso I penda secondo la linea contingente la circonferenza di detta ruota: ché se si sospendesse il medesimo peso sì che dipendesse dal punto F, segando detta ruota, come si vede, per la linea $F\,N\,M$, non più si faria il moto, sendo diminuito il momento del peso M, il quale non graverebbe più che se pendesse dal punto N; perché la distanza della sua sospensione dal centro A viene determinata dalla linea $A\,N$, che perpendicolarmente casca sopra la corda $F\,M$, e non più dal semidiametro della ruota $A\,F$, il quale ad angoli diseguali casca sopra la detta linea $F\,M$. Facendosi dunque forza nella circonferenza della ruota

zioni di macchine e specialmente nelle precisazioni interessanti il procedimento di costruzione; tutto ciò sta ad indicare come a Galilei queste descrizioni non fossero utili soltanto a scopo dimostrativo, ma per una loro effettiva realizzazione, di cui la giustificazione teorica, come quella contenuta in questa pagina, era ritenuta da lui parte integrante e necessaria. Si può osservare anzi che – a differenza di tanti modelli progettati da Leonardo da Vinci «interessato alle macchine più come risultati e prove dell'intelligenza e della genialità umane che come mezzi di effettiva padronanza della natura» (P. Rossi, *I filosofi e le macchine. 1400-1700*, Milano, Feltrinelli, 1962, p. 35) – esse avevano uno scopo decisamente concreto: ciò illumina la singolare collocazione di Galilei nella storia della cultura e della civiltà del suo tempo e le ragioni per cui a lui, e non ad altri, può attribuirsi il merito della fondazione della scienza moderna.

da corpo grave ed inanimato, il quale non abbia altro impeto che di andare al basso, è necessario che sia sospeso da una linea, la quale sia contingente della ruota, e non che la seghi. Ma se nella medesima circonferenza fusse applicata forza animata, la quale avesse momento di far impeto per tutti i versi, potria far l'effetto constituita in qual si voglia luogo di detta circonferenza: e così, posta in F leverebbe il peso G col volgere intorno la ruota, tirando non, secondo la linea $F\,M$, al basso, ma in traverso, secondo la contingente $F\,L$, la quale farà angolo retto con quella che dal centro A si tira al punto del contatto; perché, venendo in questa forma misurata la distanza dal centro A alla forza posta in F secondo la linea $A\,F$, perpendicolare alla $F\,L$, per la quale si fa l'impeto, non si verrà ad avere alterata in parte alcuna la forma dell'uso della lieva. E notisi, che l'istesso si saria potuto fare ancora con una forza inanimata; pur che si fusse trovato modo di far sì, che il suo momento facesse impeto nel punto F, attraendo secondo la linea contingente $F\,L$: il che si faria con l'aggiungere sotto la linea $F\,L$ una girella volubile, facendo passare sopra di essa la corda avvolta intorno alla ruota, come si vede per la linea $F\,L\,X$, sospendendogli nell'estremità il peso X, eguale all'altro I, il quale, essercitando la sua forza secondo la linea $F\,L$, verrà a conservare dal centro A distanza sempre eguale al semidiametro della ruota. E da quanto si è dichiarato, ne raccoglieremo per conclusione, in questo stromento la forza al peso aver sempre l'istessa proporzione, che il semidiametro dell'asse al semidiametro della ruota.

Dallo stromento esplicato non molto è differente, in quanto alla forma, l'altro stromento, il quale adimanderemo *argano*; anzi non in altro differisce che nel modo dell'applicarlo, essendo che l'asse nella ruota va mosso e costituito eretto all'orizonte, e l'argano lavora col suo movente parallello al medesimo orizonte. Imperò che, se intenderemo sopra il cerchio $D\,A\,E$ essere posto un asse di figura colonnare, volubile intorno al centro B, e circa ad esso avvolta la corda $D\,H$, legata al peso da trainarsi, se in detto asse si inserirà la stanga $F\,E\,B\,D$, e che nella sua estremità F venga

applicata la forza di un uomo, o vero di un cavallo, o di altro animale atto nato a tirare, il quale, movendosi in giro, camini sopra la circonferenza del cerchio *F G C*, si viene ad aver formato e fabricato l'argano: sì che nel condurre intorno la stanga *F B D* girerà ancora l'asse o ceppo dell'argano *E A D*, e dalla corda, che intorno ad esso si avvolgerà, sarà costretto a venire avanti il grave *H*. E perché il punto del sostegno, intorno al quale si fa il moto, è il centro *B*, e da esso si allontana il movente secondo la linea *B F*, ed il resistente per l'intervallo *B D*, si viene a formare la lieva *F B D*, in virtù della quale la forza acquista momento eguale alla resistenza, tuttavolta che ad essa abbia la proporzione che si trova avere la linea *D B* alla *B F*, ciò è il semidiametro dell'asse al semidiametro del cerchio, nella cui circonferenza si muove la forza. Ed in questo e nell'altro stromento si noti quello che più volte si è detto: ciò è, l'utilità che da queste machine si trae non esser quella che comunemente, ingannandosi, crede il volgo dei mecanici, ciò è che, defraudando la natura, si possa con machine superare la sua resistenza, ancorché grande, con piccola forza; essendo che noi faremo manifesto come la medesima forza posta in *F*, nel medesimo tempo, facendo il medesimo moto, condurrà il medesimo peso nella medesima distanza senza machina alcuna. Essendo che, posto, per essempio, che la resistenza del grave *H*, sia dieci volte maggiore della forza posta in *F*, farà di bisogno, per muovere detta resistenza, che la linea *F B* sia decupla della *B D*, e, per consequenza, che la circonferenza del cerchio *F G C* sia altresì decupla alla circonferenza *E A D*. E perché, quando la forza si sarà mossa una volta per tutta la circonferenza del cerchio *F G C*, l'asse *E A D* intorno al quale si avvolge la corda attraente il peso, averà parimente data una sol volta, è manifesto che il peso *H* non si sarà mosso più che la decima parte di quello che averà caminato il movente. Se dunque la forza per far muovere una resistenza maggiore di sé per un dato spazio, col

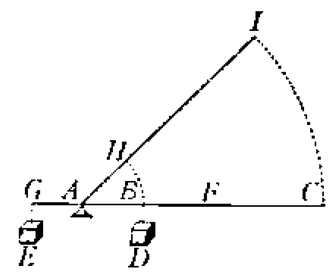


mezzo di questa machina, ha bisogno di muoversi dieci volte tanto, non è dubbio alcuno che, dividendo quel peso in dieci parti, ciascuna di esse saria stata eguale alla forza, e, per consequenza, ne averia possuto trasportare una volta per tanto intervallo, per quanto lei stessa si moverà; sì che facendo dieci viaggi, ciascheduno eguale alla circonferenza *A E D*, non averia caminato più che movendosi una volta sola per la circonferenza *F G C*, ed averia condotto il medesimo peso *H* nella medesima distanza. Il commodo, dunque, che si trae da queste machine, è di condurre tutto il peso unito, ma non con manco fatica, o con maggior prestezza, o per maggior intervallo, di quello che la medesima forza potesse fare conducendolo a parte a parte.

Delle taglie.

Li strumenti, la natura dei quali si può ridurre, come a suo principio e fondamento, alla libra, sono li già dichiarati, ed altri pochissimo da quelli differenti. Ora, per intendere quello che si ha da dire circa la natura delle taglie, fa di bisogno che speculiamo prima un altro modo di usare il vette, il quale ci conferirà molto all'investigazione della forza delle taglie, ed all'intelligenza d'altri effetti mecanici.

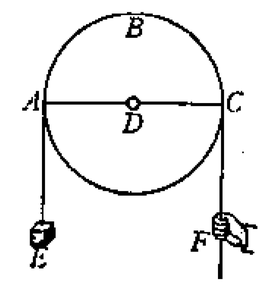
L'uso della lieva di sopra dichiarato poneva in una delle sue estremità il peso, e nell'altra la forza; ed il sostegno veniva collocato in qualche luogo tra le estremità. Ma possiamo servirci della lieva in un altro modo ancora, ponendo, come si vede nella presente figura, il sostegno nella estremità *A*, la forza nell'altra estremità *C*, ed il peso *D* pendente da qualche punto di mezzo, come si vede nel punto *B*. Nel qual modo è chiara cosa, che se il peso pendesse da un punto egualmente distante dalli due estremi *A*, *C*, come dal punto *F*, la fatica di sostenerlo saria egualmente divisa tra li due punti *A*, *C*, sì che la metà del peso saria sentito dalla



forza C, sendo l'altra metà sostenuta dal sostegno A; ma se il grave sarà appeso in altro luogo, come dal B, mostreremo la forza in C esser bastante a sostener il peso posto in B, tutta volta che ad esso abbia quella proporzione, che ha la distanza $A\,B$ alla distanza $A\,C$. Per dimostrazione di che, immaginiamo la linea $B\,A$ essere prolungata rettamente in G, e sia la distanza $B\,A$ eguale alla $A\,G$, ed il peso E, pendente in G, pongasi eguale ad esso D: è manifesto come, per la egualità dei pesi E, D e delle distanze $G\,A$, $A\,B$, il momento del peso E agguaglierà il momento del peso D, ed essere bastante a sostenerlo: adunque qualunque forza averà momento eguale a quello del peso E, e che potrà sostenerlo, sarà bastante ancora a sostenere il peso D. Ma per sostenere il peso E, ponendosi nel punto C forza tale, il cui momento al peso E abbia quella proporzione che ha la distanza $G\,A$ alla distanza $A\,C$, è bastante a sostenerlo: sarà dunque la medesima forza potente ancora a sostenere il peso D, il cui momento agguaglia quello del peso E. Ma la proporzione, che ha la linea $G\,A$ alla linea $A\,C$, ha ancora $A\,B$ alla medesima, essendosi posta $G\,A$ eguale ad $A\,B$; e perché li pesi E, D sono eguali, averà ciascheduno di loro alla forza posta in C l'istessa proporzione: adunque si conclude, la forza in C agguagliare il momento del peso D, ogni volta che ad esso abbia quella proporzione, che ha la distanza $B\,A$ alla distanza $C\,A$. E nel muovere il peso con la lieva usata in questo modo, comprendesi, come negli altri strumenti, in questo ancora, quanto si guadagna di forza, tanto perdersi di velocità. Imperò che, levando la forza C il vette, e trasferendolo in $A\,I$, il peso vien mosso per l'intervallo $B\,H$; il quale è tanto minore dello spazio $C\,I$ passato dalla forza, quanto la distanza $A\,B$ è minore della distanza $A\,C$, ciò è quanto essa forza è minore del peso.

Dichiarati questi principii, passeremo alla speculazione delle taglie; delle quali la struttura e composizione si dichiarerà insieme con li loro usi. E prima intendasi la girella $A\,B\,C$, fatta di metallo o legno duro, volubile intorno al suo assetto, che passi per il suo centro D, ed intorno a questa girella posta la corda $E\,A\,B\,C\,F$, da un capo della quale

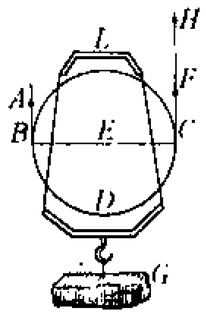
penda il peso E, e dall'altro intendasi la forza F: dico, il peso essere sostenuto da forza eguale a sé medesimo, né la girella superiore $A\,B\,C$ apportare benefizio alcuno circa il muovere o sostenere il detto peso con la forza posta in F. Imperò che se intenderemo dal centro D, che è in luogo di sostegno, esser tirate due linee sino alla circonferenza della girella ai punti A, C, nei quali le corde pendenti toccano la circonferenza, averemo una libra di braccia eguali, essendo li semidiametri $D\,A$, $D\,C$ eguali, li quali determinano le distanze delle due suspensioni dal centro e sostegno D; onde è manifesto, il peso pendente da A non poter essere sostenuto da peso minore pendente da C, ma sì bene da eguale, perché tale è la natura dei pesi eguali, pendenti da distanze eguali: ed ancorché nel muoversi a basso la forza F si venga a girare intorno la girella $A\,B\,C$, non però si muta l'abitudine e rispetto, che il peso e la forza hanno alle due distanze $A\,D$, $D\,C$; anzi la girella circondotta doventa una libra simile alla $A\,C$, ma perpetuata [21]. Dal che possiamo comprendere quanto puerilmente s'ingannasse Aristotile, il quale stimò che, col far maggiore la girella $A\,B\,C$, si potesse con manco fatica levare il peso, considerando come all'accrescimento di tale girella si accresceva la distanza $D\,C$; ma non considerò che altrettanto si cresceva l'altra distanza del peso, ciò è l'altro semidiametro $D\,A$. Il benefizio, dunque, che da tale stromento si possa trarre, è nullo in quanto alla diminuzione della fatica. E se alcuno dimandasse, onde avvenga che in molte occasioni di levar pesi si serva l'arte di questo mezzo, come, per essempio, si vede nell'attinger l'acqua dei pozzi, si deve rispondere, ciò farsi perché in questa maniera il modo dell'essercitar ed applicar la forza ci torna più commodo; perché, dovendo tirare all'in giù, la propria gravità delle nostre braccia e delli altri membri ci



[21] Per Galilei i problemi di statica trovano il necessario svolgimento nella dinamica.

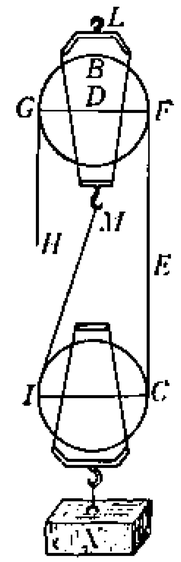
aiuta; dove che bisognandoci tirare all'in su con una semplice corda il medesimo peso, col solo vigore dei membri e dei muscoli, e, come si dice, per forza di braccia, oltre al peso esterno doviamo sollevare il peso delle proprie braccia, nel che si ricerca fatica maggiore. Concludasi dunque, questa girella superiore non apportare facilità alcuna alla forza semplicemente considerata, ma solamente al modo di applicarla.

Ma se ci serviremo di una simile machina in altra maniera, come al presente siamo per dichiarare, potremo levare il peso con diminuzione di forza. Imperò che sia la girella *B D C* volubile intorno al centro *E*, collocata nella sua cassa o armatura *B L C*, dalla quale sia sospeso il grave *G*; e passi intorno alla girella la corda *A B D C F*, della quale il capo *A* sia fermato a qualche ritegno stabile, e nell'altro *F* sia posta la forza, la quale, movendosi verso *H*, alzerà la machina *B L C*, e, consequentemente, il peso *G*; ed in questa operazione, dico la forza in *F* esser la metà del peso da lei sostenuto. Imperò che, venendo detto peso retto dalle due corde *A B*, *F C*, è manifesta cosa, la fatica essere egualmente compartita tra la forza *F* ed il sostegno *A*. Ed essaminando più sottilmente la natura di questo stromento, producendo il diametro della girella *B E C*, vedremo farsi una lieva, dal cui mezzo, ciò è sotto il punto *E*, pende il grave, ed il sostegno viene ad essere nell'estremità *B*, e la forza nell'altra estremità *C*: onde, per quello che di sopra si è dimostrato, la forza al peso averà la proporzione medesima, che ha la distanza *E B* alla distanza *B C*; però sarà la metà di esso peso. E benché, nell'alzarsi la forza verso *H*, la girella vada intorno, non però si muta mai quel rispetto e constituzione, che hanno tra di loro il sostegno *B* ed il centro *E*, da cui dipende il peso, ed il termine *C*, nel quale opera la forza: ma nella circunduzione si vengono bene a variare di numero li termini *B*, *C*, ma non di virtù, succedendo continuamente altri ed altri in loro luogo; onde la lieva *B C* viene a perpe-



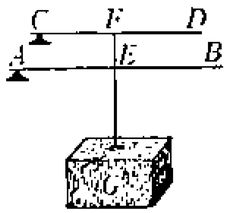
tuarsi. E qui, come negli altri strumenti si è fatto, e nei seguenti si farà sempre, non passeremo senza considerazione, come il viaggio che fa la forza venga ad essere doppio del movimento del peso. Imperò che, quando il peso sarà mosso sin che la linea *B C* sia pervenuta con li suoi punti *B*, *C* alli punti *A*, *F*, è necessario che le due corde eguali *A B*, *F C* si siano distese in una sola linea *F H*; e che, per consequenza, quando il peso sia salito per l'intervallo *B A*, la forza si sia mossa il doppio, ciò è da *F* in *H*.

Considerando poi come la forza posta in *F*, per alzare il peso, deve moversi all'in su, il che ai moventi inanimati, per essere per lo più gravi, è del tutto impossibile, ed a li animati, se non impossibile, almeno più laborioso che il far forza all'in giù, però, per sovvenire a questo incommodo, si è trovato rimedio con aggiungere un'altra girella superiore [22]: come nella figura appresso si vede, dove la corda *C E F G* si è fatta passare intorno alla girella superiore *F G* sostenuta dall'appiccagnolo *L*, sì che, passando la corda in *H*, e quivi trasferendo la forza *E*, sarà potente a muovere il peso *X* col tirare a basso. Ma non però che essa deva essere minore di quello che era in *E*; imperò che i momenti delle forze *E*, *H*, pendenti dalle eguali distanze *F D*, *D G* della girella superiore, restano sempre eguali; né essa superiore girella, come già si è dimostrato, arreca diminuzione alcuna nella fatica. Inoltre, essendo di già stato necessario, per l'aggiunta



[22] La continua attenzione dedicata da Galilei alla utilizzazione pratica delle sue ricerche scientifiche è il risultato della osservazione, in lui sempre viva, delle esigenze del lavoro degli uomini: con ciò egli rivela un lato della sua personalità che lo distingue dagli stessi uomini del Rinascimento, in quanto la sua osservazione del mondo del lavoro non è frutto di semplice curiosità o di generica demofilia, ma piuttosto del chiaro convincimento, di natura certamente pre-illuministica, che le esigenze materiali possono influire sullo sviluppo del lavoro teorico. Di qui la sua costante aspirazione a collegare il progresso della scienza col progresso della tecnica.

della girella superiore, introdurre l'appendicolo *L*, da chi venga sostenuta, ci tornerà di qualche commodità il levare l'altro *A*, a chi era raccommandato l'un capo della corda, trasferendolo ad un oncino, o anello, annesso alla parte inferiore della cassa o armatura della superiore girella, come si vede fatto in *M*. Ora finalmente tutta questa machina, composta di superiori ed inferiori girelle, è quella che i Greci chiamano *trochlea*, e noi toscanamente adimandiamo *taglia*.

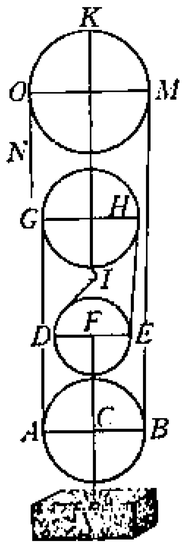


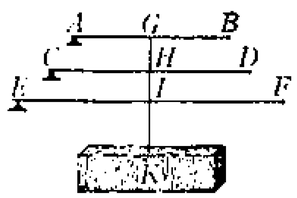
Abbiamo sin qui esplicato come col mezzo delle taglie si possa duplicare la forza. Resta che, con la maggior brevità che fia possibile, dimostriamo il modo di crescerla secondo qualsivoglia multiplicità: e prima parleremo delle multiplicità secondo i numeri pari, e poi secondo li impari. E per mostrare come si possa augumentare la forza in proporzione quadrupla, proporremo la seguente speculazione, come lemma delle cose seguenti.

Siano le due lieve *A B*, *C D*, con li sostegni nell'estremità *A*, *C*; e dai mezzi di ciascuna di esse, *E*, *F*, penda il grave *G*, sostenuto da due forze di momento eguali, poste in *B*, *D*: dico, il momento di ciascuna di esse agguagliare il momento della quarta parte del peso *G*. Imperò che, sostenendo le due forze *B*, *D* egualmente, è manifesto la forza *D* non aver contrasto se non dalla metà del peso *G*: ma quando la forza *D* sostenga, col benefizio del vette *D C*, la metà del peso *G* pendente da *F*, si è già dimostrato aver essa forza *D* al peso così da lei sostenuto quella proporzione, che ha la distanza *F C* alla distanza *C D*; la quale è proporzione subdupla [23]: adunque il momento *D* è subduplo al momento della metà del peso *G*, sostenuto da lui: onde ne séguita, essere la quarta parte del momento di tutto il peso. E nell'istesso modo si dimostrerà questo medesimo del momento *B*. E ciò è ben ragionevole, che, essendo il peso *G* sostenuto dai quattro punti *A*, *B*, *C*, *D* egualmente, ciascheduno di essi senta la quarta parte della fatica.

[23] Metà.

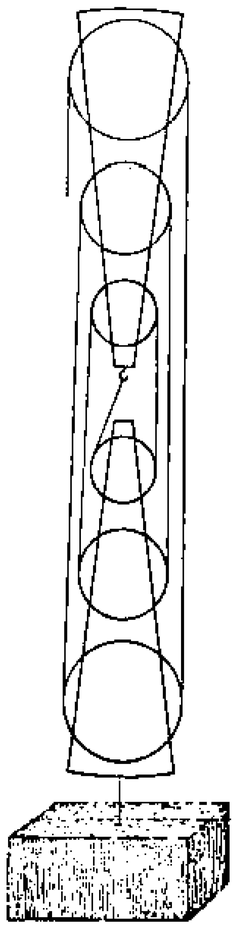
Venghiamo adesso ad applicar questa considerazione alle taglie: ed intendasi il peso *X* pendente dalle due girelle inferiori *A B*, *D E*, circonducendo intorno ad esse ed alla superiore girella *G H* la corda, come si vede per la linea *I D E H G A B*, sostenendo tutta la machina nel punto *K*. Dico adesso, che, posta la forza in *M*, potrà sostenere il peso *X*, quando sia eguale alla quarta parte di esso. Imperò che, se ci imagineremo li due diametri *D E*, *A B*, ed il peso pendente dalli punti di mezzo *F*, *C*, averemo due vetti simili alli già dichiarati, i sostegni dei quali rispondono alli punti *D*, *A*; onde la forza posta in *B*, o vogliamo dire in *M*, potrà sostenere il peso *X*, essendo la quarta parte di esso. E se di nuovo aggiungeremo un'altra superiore girella, facendo passare la corda in *M O N*, trasferendo la forza *M* in *N*, potrà sostenere il medesimo peso gravando al basso, non augumentando o diminuendo forza la girella superiore, come di già si è dichiarato. E noteremo parimente, come, per fare ascendere il peso, devono passare le quattro corde *B M*, *E H*, *D I*, *A G*; onde il movente avrà a caminare quanto esse quattro corde sono lunghe, e, con tutto ciò, il peso non si moverà se non quanto è la lunghezza di una sola di esse: il che sia detto per avvertimento e confermazione di quello che più volte si è di già detto, ciò è che con qual proporzione si diminuisce la fatica nel movente, se gli accresce all'incontro lunghezza nel viaggio.



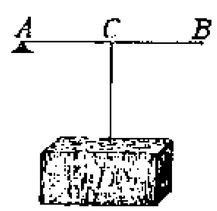


Ma se vorremo crescere la forza in proporzione sescupla, bisognerà che aggiungiamo un'altra girella alla taglia inferiore: il che acciò meglio s'intenda, metteremo avanti la presente speculazione. Intendasi dunque le tre lieve *A B*, *C D*, *E F*, e dai mezzi di esse *G*, *H*, *I* pendente comunemente il peso *K*, e nell'estremità *B*, *D*, *F* tre potenze eguali che sostenghino il peso *K*; sì che ciascheduna di esse ne

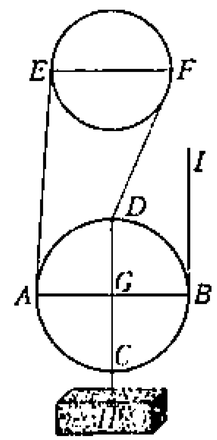
verrà a sostenere la terza parte. E perché la potenza in B, sostenendo col vette $B\,A$ il peso pendente in G, viene ad essere la metà di esso peso, e già si è detto quella sostenere il terzo del peso K: adunque il momento della forza B è eguale alla metà della terza parte del peso K, ciò è alla sesta parte di esso. Ed il medesimo si dimostrerà dell'altre forze D, F: dal che possiamo facilmente comprendere, come, ponendo nella taglia inferiore tre girelle, e nella superiore due o tre altre, possiamo multiplicare la forza secondo il numero senario. E volendo crescerla secondo qual si voglia altro numero pari, si multiplicheranno le girelle della taglia di sotto secondo la metà di quel numero, conforme al qual si ha da multiplicare la forza, circomponendo alle taglie la corda, sì che l'uno de' capi si fermi alla taglia superiore, e nell'altro sia la forza; come in questa figura appresso manifestamente si comprende.



Passando ora alla dichiarazione del modo di multiplicare la forza secondo i numeri dispari, e facendo principio dalla proporzione tripla, prima metteremo avanti la presente speculazione; come che dalla sua intelligenza dependa la cognizione di tutto il presente negozio. Sia per ciò la lieva $A\,B$, il cui sostegno A; e dal mezzo di essa, ciò è dal punto C, penda il grave D, il quale sia sostenuto da due forze eguali, l'una delle quali sia applicata al punto C, e l'altra all'estremità B: dico, ciascuna di esse potenze aver momento eguale alla terza parte del peso D. Imperò che la forza in C sostiene peso eguale a sé stessa, essendo collocata nella medesima linea nella quale pende e grava il peso D: ma la forza in B sostiene del peso D parte



doppia di sé stessa, essendo la sua distanza dal sostegno A, ciò è la linea $B\,A$, doppia della distanza $A\,C$, dalla quale è sospeso il grave: ma perché si suppone, le due forze in C, B essere tra di loro eguali, adunque la parte del peso D, che è sostenuta dalla forza B, è doppia della parte sostenuta dalla forza C. Se dunque del grave D siano fatte due parti, l'una doppia della rimanente, la maggiore è sostenuta dalla forza B, e la minore dalla forza C: ma questa minore è la terza parte del peso D: adunque il momento della forza C è eguale al momento della terza parte del peso D; al quale verrà, per conseguenza, ad essere eguale la forza B, avendola noi supposta eguale all'altra forza C. Onde è manifesto il nostro intento, che era di dimostrare, come ciascuna delle due potenze C, B si agguagliava alla terza parte del peso D.



Il che avendo dimostrato, faremo passaggio alle taglie, e descrivendo la girella inferiore $A\,C\,B$, volubile intorno al centro G, e da essa pendente il peso H, segneremo l'altra superiore $E\,F$; avvolgendo intorno ad ambedue la corda $D\,F\,E\,A\,C\,B\,I$, di cui il capo D sia fermato alla taglia inferiore, ed all'altro I sia applicata la forza; la quale dico che, sostenendo o movendo il peso H, non sentirà altro che la terza parte della gravità di quello. Imperò che, considerando la struttura di tal machina, vederemo il diametro $A\,B$ tener il luogo di una lieva, nel cui termine B viene applicata la forza I, nell'altro A è posto il sostegno, dal mezzo G è posto il grave H, e nell'istesso luogo applicata un'altra forza D; sì che il peso vien fermato dalle tre corde $I\,B$, $F\,D$, $E\,A$, le quali con eguale fatica sostengono il peso. Or, per quello che di già si è speculato, sendo le due forze eguali D, B applicate l'una al mezzo del vette $A\,B$, e l'altra al termine estremo B, è manifesto ciascheduna di esse non sentire altro che la terza parte del peso H: adunque la potenza I, avendo momento eguale al terzo del peso H, potrà sostenerlo e muoverlo. Ma però il viaggio della forza I sarà triplo al

camino che farà il peso, dovendo la detta forza distendersi secondo la lunghezza delle tre corde *I B*, *F D*, *E A*, delle quali una sola misurerà il viaggio del peso.

Della vite.

Tra tutti gli altri strumenti mecanici per diversi commodi dall'ingegno umano ritrovati, parmi, e d'invenzione e di utilità, la vite tenere il primo luogo; come quella che non solo al muovere, ma al fermare e stringere con forza grandissima, acconciamente si adatta, ed è in maniera fabricata, che, occupando pochissimo luogo, fa quelli effetti, che altri strumenti non fariano, se non fossero ridotti in gran machine. Essendo dunque la vite di bellissima ed utilissima invenzione, meritamente dovremo affaticarci in esplicare, quanto più chiaramente si potrà, la sua origine e natura: per il che fare, faremo principio da una speculazione, la quale, benché di prima vista sia per apparire alquanto lontana dalla considerazione di tale strumento, nientedimeno è la sua base e fondamento.

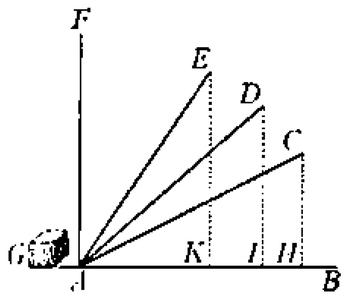
Non è dubbio alcuno, tale essere la costituzione della natura circa i movimenti delle cose gravi, che qualunque corpo, che in sé ritenga gravità, ha propensione di moversi, essendo libero, verso il centro; e non solamente per la linea retta perpendicolare, ma ancora, quando altrimenti far non possa, per ogni altra linea, la quale, avendo qualche inclinazione verso il centro, vadi a poco a poco abbassandosi [24].

[24] Le considerazioni espresse da Galilei in questo passo contengono un notevole significato di critica nei confronti della teoria aristotelica del moto naturale dei corpi terrestri, che sarebbe dovuto essere soltanto rettilineo. Affermando invece che esso può avvenire in qualsiasi modo, non solo vengono superate le pregiudiziali filosofiche che viziavano la fisica aristotelica, ma - come si avrà modo di rilevare anche a proposito del *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* - viene aperta la via per molte obbiezioni di carattere meccanico al moto della terra; viene infatti qui smentita la pretesa distinzione tra il movimento naturale dei corpi celesti, ritenuto solo circolare, e quello dei corpi terrestri, presunto, come s'è detto, rettilineo.

E così veggiamo, essempligrazia, l'acqua non solamente cadere a basso a perpendicolo da qualche luogo eminente, ma ancora discorrer intorno alla superficie della terra sopra linee, benché pochissimo, inchinate; come nel corso dei fiumi si accorge, dei quali, purché il letto abbia qualche poco di pendenza, le acque vanno liberamente declinando al basso: il quale medesimo effetto, siccome si scorge in tutti i corpi fluidi, apparirebbe ancora nei corpi duri, purché e la lor figura e li altri impedimenti accidentarii ed esterni non lo divietassero. Sì che, avendo noi una superficie molto ben tersa e polita, quale saria quella di uno specchio, ed una palla perfettamente rotonda e liscia, o di marmo, o di vetro, o di simile materia atta a pulirsi, questa, collocata sopra la detta superficie, anderà movendosi, purché quella abbia un poco d'inclinazione, ancorché minima, e solamente si fermerà sopra quella superficie, la quale sia esattissimamente livellata, ed equidistante al piano dell'orizonte; quale, per essempio, saria la superficie di un lago o stagno agghiacciato, sopra la quale il detto corpo sferico staria fermo, ma con disposizione di essere da ogni picciolissima forza mosso. Perché avendo noi inteso come, se tale piano inclinasse solamente quanto è un capello, la detta palla vi si moverebbe spontaneamente verso la parte declive, e, per l'opposito, averebbe resistenza, né si potria movere senza qualche violenza, verso la parte acclive o ascendente; resta per necessità cosa chiara, che nella superficie esattamente equilibrata detta palla resti come indifferente e dubbia tra il moto e la quiete, sì che ogni minima forza sia bastante a muoverla, siccome, all'incontro, ogni pochissima resistenza, e quale è quella sola dell'aria che la circonda, potente a tenerla ferma [25].

[25] Questo passo presenta una notevole importanza per la determinazione, nel pensiero galileiano, del principio d'inerzia, che verrà enunciato nella giornata seconda del *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* (cfr. vol. II, p. 187) attraverso un discorso del personaggio Salviati che presenta un'evidente analogia con quanto qui è detto: immagina il Salviati « una palla perfettamente rotonda » posta « su una superficie piana, pulitissima come uno specchio e di materia dura come l'acciaio » che se « non fusse né acclive né declive » farebbe in modo che la palla, trovandosi in

Dal che possiamo prendere, come per assioma indubitato, questa conclusione: che i corpi gravi, rimossi tutti l'impedimenti esterni ed adventizii, possono esser mossi nel piano dell'orizonte da qualunque minima forza [26]. Ma quando il medesimo grave dovrà essere spinto sopra un piano ascendente, già cominciando egli a contrastare a tale salita (avendo inclinazione al moto contrario), si ricercherà maggiore violenza, e maggiore ancora quanto più il detto piano averà di elevazione. Come, per essempio, essendo il mobile *G* costituito sopra la linea *A B*, paralella all'orizonte, starà, come si è detto, in essa indifferente al moto e alla quiete, sì che da minima forza possa esser mosso: ma se averemo li piani elevati *A C*, *A D*, *A E*, sopra di essi non sarà spinto se non per violenza, la quale maggiore si ricercherà per muoverlo sopra la linea *A D* che sopra la linea *A C*, e maggiore ancora sopra la *A E* che sopra la *A D*; il che procede per aver lui maggior impeto di andare a basso per la linea *E A* che per la *D A*, e per la *D A* che per la *C A*. Sì che potremo parimente concludere, i corpi gravi aver maggiore resistenza ad



quiete, resterebbe naturalmente ferma, ma se ricevesse un impulso qualsiasi si muoverebbe nella direzione dell'impulso con moto uniforme e perpetuo. Più tardi, nella giornata terza dei *Discorsi intorno a due nuove scienze* (cfr. vol. II, pp. 760 segg.) è contenuta una dimostrazione analoga a quella del *Dialogo*, ma più determinata, in quanto non è più in funzione della dimostrazione del movimento della terra e pertanto sganciata da ogni riferimento a problemi cosmologici.

[26] Gli impedimenti « esterni ed accidentarii » sono quelli dell'attrito e della resistenza dell'aria, che impediscono di fatto al moto inerziale di effettuarsi. Il fatto che Galilei abbia tenuto presente, per la loro funzione negativa, questi impedimenti, sta a testimoniare che egli svolgeva le sue ricerche con un preciso senso della concretezza, mirando non già ad esperimenti impossibili ma ad esperimenti che, risolte determinate circostanze favorevoli, potevano divenire attuali (cfr. più avanti, a p. 176, dove si sottolinea la disattenzione del teorico verso « l'impedimenti accidentarii »); si può con questo avvertire l'ampiezza della prospettiva storica nella quale egli collocava le sue ricerche, guardando verso i possibili sviluppi che il progresso scientifico poteva loro imprimere nel futuro.

esser mossi sopra piani elevati diversamente, secondo che l'uno sarà più o meno dell'altro elevato; e, finalmente, grandissima essere la renitenza del medesimo grave all'essere alzato nella perpendicolare *A F* [27]. Ma quale sia la proporzione che deve avere la forza al peso per tirarlo sopra diversi piani elevati, sarà necessario che si dichiari esattamente, avanti che procediamo più oltre, acciò perfettissimamente possiamo intendere tutto quello che ne resta a dire [28].

Fatte dunque cascare le perpendicolari dalli punti *C*, *D*, *E* sopra la linea orizontale *A B*, che siano *C H*, *D I*, *E K*, si dimostrerà, il medesimo peso esser sopra il piano elevato *A C* mosso da minor forza che nella perpendicolare *A F* (dove viene alzato da forza a sé stesso eguale), secondo la proporzione che la perpendicolare *C H* è minore della *A C*; e sopra il piano *A D* avere la forza al peso l'istessa proporzione, che la linea perpendicolare *I D* alla *D A*; e finalmente nel piano *A E* osservare la forza al peso la proporzione della *K E* alla *E A*.

È la presente speculazione stata tentata ancora da Pappo Alessandrino nell'8° libro delle sue *Collezioni Matematiche* [29];

[27] La *propositio* LXXII dell'*Opus novum* (1570) di Gerolamo Cardano (1501-1576), con un ragionamento analogo a quello di G. qui esposto, sosteneva che la gravità di un corpo su un piano inclinato è proporzionale alla velocità di caduta del corpo medesimo, sicché essa è nulla sul piano orizzontale e cresce per lui in proporzione all'angolo d'inclinazione.

[28] Tutta la seguente dimostrazione verrà ripresa in un'aggiunta alla giornata terza dei *Discorsi intorno a due nuove scienze*, che Galilei, com'ebbe a dichiarare nella lettera del 3 dicembre 1639 al Castelli (cfr. p. 971), dettò a Vincenzio Viviani che lo assisteva nella solitudine di Arcetri e che ebbe a muovergli obbiezioni al passo dei *Discorsi* in cui si illustra il comportamento di caduta dei gravi lungo piani inclinati (cfr. vol. II, pp. 745 segg.).

[29] PAPPI ALEXANDRINI, *Collectiones quae supersunt*, ed. F. Hultsch, Berlino, 1877, vol. III, pp. 154-59. La dimostrazione di Pappo si fonda sul principio della leva angolare, già illustrato nel Περὶζυγῶν (cfr. n. 9 a p. 147) di Archimede e riferito nelle *Meccaniche* di Erone di Alessandria. Osserva il Dugas (*Histoire de la mécanique* cit., p. 35) che « per quanto fallace, la dimostrazione di Pappo ispirò i geometri del Rinascimento. Guidobaldo la fece sua e Galilei si preoccuperà di respingerla » nel presente trattato. Sostiene Pappo che la forza capace di muovere un corpo *A* su un piano inclinato sarà pari alla somma della potenza che sposterebbe il corpo *A* su un piano orizzontale e di quella che riuscirebbe a muovere sul piano inclinato il corpo *A*. Questa paradossale conclusione deriva dal

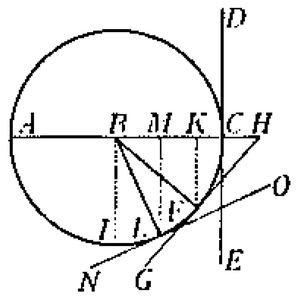
ma, per mio avviso, non ha toccato lo scopo, e si è abbagliato nell'assunto che lui fa, dove suppone, il peso dover esser mosso nel piano orizontale da una forza data: il che è falso, non si ricercando forza sensibile (rimossi l'impedimenti accidentarii, che dal teorico non si considerano) per muovere il dato peso nell'orizonte; sì che in vano si va poi cercando, con quale forza sia per esser mosso sopra il piano elevato. Meglio dunque sarà il cercare, data la forza che muove il peso in su a perpendicolo (la quale pareggia la gravità di quello), quale deva essere la forza che lo muova nel piano elevato: il che tenteremo noi di conseguire con aggressione diversa da quella di Pappo [30].

Intendasi dunque il cerchio *A I C*, ed in esso il diametro *A B C*, ed il centro *B*, e due pesi di eguali momenti nelle estremità *A*, *C*; sì che, essendo la linea *A C* un vette o libra mobile intorno al centro *B*, il peso *C* verrà sostenuto dal peso *A*. Ma se c'immagineremo il braccio della libra *B C* essere inchinato a basso secondo la linea *B F*, in guisa tale però che le due linee *A B*, *B F* restino salde insieme nel

fatto che Pappo presuppone, come Aristotele, che ogni movimento violento esiga un motore. Si noti che già nel *De ponderibus*, dapprima erroneamente attribuito a Giordano Nemorario, ma comunque appartenente alla sua scuola, è data l'indicazione esatta del problema del piano inclinato, sulla base del concetto del Nemorario della *gravitas secundum situm*: « Se due gravi discendono secondo percorsi diversamente inclinati e i loro pesi sono direttamente proporzionali alle inclinazioni, i due gravi avranno nella discesa la medesima virtù ». Non va ignorato che l'olandese Simone Stevino (1548-1620) nei suoi *Hypomnemata mathematica* (1608) aveva dimostrato l'equilibrio di un corpo sul piano inclinato in modo geometrico: una catena di quattordici palline legate fra loro da un filo continuo, eguali per peso e grandezza ed equidistanti, posta su un prisma triangolare non si muove, e resta in equilibrio, confermando così la tesi che fu già del Cardano dell'impossibilità del moto perpetuo. In seguito riuscì a dimostrare che la forza capace di mantenere un corpo in equilibrio su un piano inclinato sta al peso del corpo medesimo come l'altezza del piano inclinato sta alla sua lunghezza.

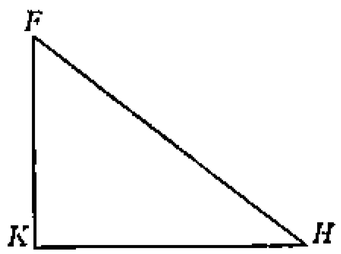
[30] Galilei ha asserito poco più sopra che un corpo sul piano inclinato si muove senza aver bisogno di una forza rilevabile, mentre Pappo restava ancora influenzato dal presupposto aristotelico che un corpo per muoversi ha bisogno di una causa. Di qui la diversità dell'« aggressione » galileiana, che prescinde da pregiudiziali filosofiche, per le quali è indispensabile la dimostrazione delle *cause* fisiche.

punto *B* [31], allora il momento del peso *C* non sarà più eguale al momento del peso *A*, per esser diminuita la distanza del punto *F* dalla linea della direzione che dal sostegno *B*, secondo la *B I*, va al centro della terra. Ma se tireremo dal punto *F* una perpendicolare alla *B C*, quale è la *F K*, il momento del peso in *F* sarà come se pendesse dalla linea *K B*; e quanto la distanza *K B* è diminuita dalla distanza *B A*, tanto il momento del peso *F* è scemato dal momento del peso *A*. E così parimente, inchinando più il peso, come saria secondo la linea *B L*, il suo momento verrà scemando, e sarà come se pendesse dalla distanza *B M*, secondo la linea *M L*; nel qual punto *L* potrà esser sostenuto da un peso posto in *A*, tanto minore di sé quanto la distanza *B A* è maggiore della distanza *B M*. Vedesi dunque come, nell'inclinare a basso per la circonferenza *C F L I* il peso posto nell'estremità della linea *B C*, viene a scemarsi il suo momento ed impeto d'andare a basso di mano in mano più, per esser sostenuto più e più dalle linee *B F*, *B L*. Ma il considerare questo grave discendente, e sostenuto dalli semidiametri *B F*, *B L* ora meno e ora più, e constretto a caminare per la circonferenza *C F L*, non è diverso da quello che saria imaginarsi la medesima circonferenza *C F L I* esser una superficie così piegata, e sottoposta al medesimo mobile, sì che, appoggiandovisi egli sopra, fosse constretto a descendere in essa; perché se nell'uno e nell'altro modo disegna il mobile il medesimo viaggio, niente importerà s'egli sia sospeso dal centro *B* e sostenuto dal semidiametro del cerchio, o pure se, levato tale sostegno, s'appoggi e camini su la circonferenza *C F L I*. Onde indubitatamente potremo affermare, che, venendo al basso il grave dal punto *C* per la circonferenza *C F L I*, nel primo punto *C* il suo momento di discendere sia totale ed integro; perché non viene in parte



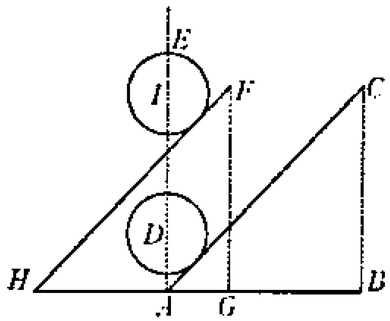
[31] Galilei si avvale in questa dimostrazione del principio della leva angolare, come qui è indicato in modo evidente.

alcuna sostenuto dalla circonferenza, e non è, in esso primo punto C, in disposizione a moto diverso di quello, che libero farebbe nella perpendicolare e contingente $D\,C\,E$ [32]. Ma se il mobile sarà constituito nel punto F, allora dalla circolare via, che gli è sottoposta, viene in parte la gravità sua sostenuta, ed il suo momento d'andare al basso diminuito con quella proporzione, con la quale la linea $B\,K$ è superata dalla $B\,C$: ma quando il mobile è in F, nel primo punto di tale suo moto è come se fosse nel piano elevato secondo la contingente linea $G\,F\,H$, perciò che l'inclinazione della circonferenza nel punto F non differisce dall'inclinazione della contingente $F\,G$, altro che l'angolo insensibile del contatto. E nel medesimo modo troveremo, nel punto L diminuirsi il momento dell'istesso mobile, come la linea $B\,M$ si diminuisce dalla $B\,C$; sì che nel piano contingente il cerchio nel punto L, qual saria secondo la linea $N\,L\,O$, il momento di calare al basso scema nel mobile con la medesima proporzione. Se dunque sopra il piano $H\,G$ il momento del mobile si diminuisce dal suo totale impeto, quale ha nella perpendicolare $D\,C\,E$, secondo la proporzione della linea $K\,B$ alla linea $B\,C$ o $B\,F$; essendo, per la similitudine de i triangoli $K\,B\,F$, $K\,F\,H$, la proporzione medesima tra le linee $K\,F$, $F\,H$ che tra le dette $K\,B$, $B\,F$, concluderemo, il momento integro ed assoluto che ha il mobile nella perpendicolare all'orizonte, a quello che ha sopra il piano inclinato $H\,F$, avere la medesima proporzione che la linea $H\,F$ alla linea $F\,K$, cioè che la lunghezza del piano inclinato alla perpendicolare che da esso cascherà sopra l'orizonte. Sì che, passando a più distinta figura, quale è la presente, il momento di venire al basso che ha il mobile sopra il piano inclinato



[32] Galilei dimostra che l'effetto di un peso su di un piano inclinato è uguale a quello dello stesso peso che cada lungo una circonferenza tangente al piano.

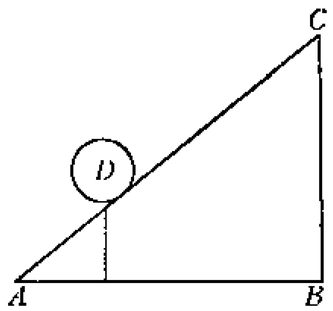
$F\,H$, al suo totale momento, con lo qual gravita nella perpendicolare all'orizonte $F\,K$, ha la medesima proporzione che essa linea $K\,F$ alla $F\,H$. E se così è, resta manifesto che, sì come la forza che sostiene il peso nella perpendicolare $F\,K$ deve essere ad esso eguale, così per sostenerlo nel piano inclinato $F\,H$ basterà che sia tanto minore, quanto essa perpendicolare $F\,K$ manca dalla linea $F\,H$. E perché, come altre volte s'è avvertito, la forza per muover il peso basta che insensibilmente superi quella che lo sostiene, però concluderemo questa universale proposizione: sopra il piano elevato la forza al peso avere la medesima proporzione, che la perpendicolare dal termine del piano tirata all'orizonte, alla lunghezza d'esso piano [33].

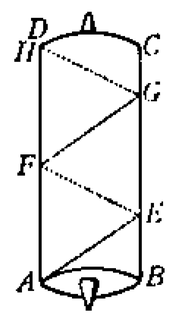


Ritornando ora al nostro primo instituto, che era d'investigare la natura della vite, considereremo il triangolo $A\,C\,B$, del quale la linea $A\,B$ sia orizontale, la $B\,C$ perpendicolare ad esso orizonte, ed $A\,C$ piano elevato; sopra il quale il mobile D verrà tirato da forza tanto di quello minore, quanto essa linea $B\,C$ è della $C\,A$ più brieve. Ma per elevare il medesimo peso sopra l'istesso piano $A\,C$, tanto è che, stando fermo il triangolo $C\,A\,B$, il peso D sia mosso verso C, quanto saria se, non si rimovendo il medesimo peso della perpendicolare $A\,E$, il triangolo si spingesse avanti verso H; perché, quando fosse nel sito $F\,H\,G$, il mobile si troveria aver montato l'altezza $A\,I$. Ora finalmente la forma ed essenza primaria della vite non è altro che un simil triangolo $A\,C\,B$, il quale spinto inanzi, sottentra al grave da alzarsi, e se lo leva (come si dice) in capo. E tale fu la sua

[33] Approfondendo ed estendendo la relazione stabilita da Stevino nel suo teorema sul piano inclinato (cfr. n. 29 a p. 175), Galilei può stabilire qui una norma generale per l'equilibrio dei corpi su piani inclinati, facendoli dipendere, come vedremo più avanti, oltre che dal peso, anche dalle altezze di caduta.

prima origine: che considerando, qual si fosse il suo primo inventore, come il triangolo *A B C*, venendo inanzi, solleva il peso *D*, si poteva fabricare uno instrumento simile al detto triangolo, di qualche materia ben salda, il quale, spinto inanzi, elevasse il proposto peso: ma considerando poi meglio come una tal machina si poteva ridurre in forma assai più picciola e comoda, preso il medesimo triangolo, lo circondò ed avvolse intorno al cilindro *A B C D*; in maniera che l'altezza del detto triangolo, cioè la linea *C B*, faceva l'altezza del cilindro, ed il piano ascendente generava sopra il detto cilindro la linea elica disegnata per la linea *A E F G H*, che volgarmente addomandiamo il *verme* della vite: ed in questa varietà si genera l'instrumento da' Greci detto *coclea*, e da noi *vite* [34], il quale volgendosi a torno viene co 'l suo verme subintrando al peso, e con facilità lo solleva. Ed avendo noi già dimostrato, come, sopra il piano elevato, la forza al peso ha la medesima proporzione, che l'altezza perpendicolare del detto piano alla sua lunghezza, così intenderemo la forza nella vite *A B C D* multiplicarsi secondo la proporzione che la lunghezza di tutto il verme *A E F G H* eccede l'altezza *C B*; dal che venghiamo in cognizione, come formandosi la vite con le sue elici più spesse, riesce tanto più gagliarda, come quella che viene generata da un piano manco elevato, e la cui lunghezza risguarda con maggior proporzione la propria altezza perpendicolare. Ma non resteremo di avvertire, come volendo ritrovare la forza di una vite proposta, non farà di mestiero che misuriamo la lunghezza di tutto il suo verme, e l'altezza di tutto il suo cilindro; ma basterà che andiamo essaminando, quante volte la distanza

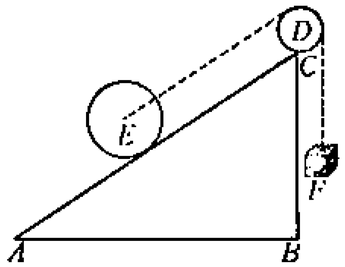




[34] Anche questa è una macchina semplice, che deriva dal piano inclinato.

tra due soli e contigui termini entra in una sola rivolta del medesimo verme: come saria, per essempio, quante volte la distanza *A F* vien contenuta nella lunghezza della rivolta *A E F*, perciò che questa è la medesima proporzione che ha tutta l'altezza *C B* a tutto il verme [35].

Quando si sia compreso tutto quello che fin qui abbiamo dichiarato circa la natura di questo instrumento, non dubito punto che tutte l'altre circonstanze potranno senza fatica esser intese: come saria, per essempio, che in luogo di far montare il peso sopra la vite, se li accomoda la sua madre-vite con la elice incavata; nella quale entrando il maschio, cioè il verme della vite, voltata poi intorno, solleva ed inalza la madre insieme co 'l peso che ad essa fosse appiccato. Finalmente non è da passare sotto silenzio quella considerazione, la quale da principio si disse esser necessaria d'avere in tutti gl'instrumenti mecanici: cioè, che quanto si guadagna di forza per mezo loro, altrettanto si scapita nel tempo e nella velocità [36]. Il che per avventura non potria parere ad alcuno così vero e manifesto nella presente speculazione; anzi pare che qui si multiplichi la forza senza che il motore si muova per più lungo viaggio che il mobile. Essendo che se intenderemo, nel triangolo *A B C* la linea *A B* essere il piano dell'orizonte, *A C* piano elevato, la cui altezza sia misurata dalla perpendicolare *C B*, un mobile posto sopra il piano *A C*, e ad esso legata la corda *E D F*, e posta in *F* una forza o un peso, il quale alla gravità del peso *E* abbia la medesima proporzione che la linea *B C* alla *C A*; per quello che s'è dimostrato, il peso *F* calerà al basso tirando sopra il piano elevato il mobile *E*, né maggior spazio misurerà detto grave *F* nel calare al basso, di quello che si misuri il mobile *E* sopra



[35] È noto infatti che la vite è tanto più vantaggiosa quanto più piccolo è il suo passo (cioè la distanza tra due spire) in confronto al diametro.

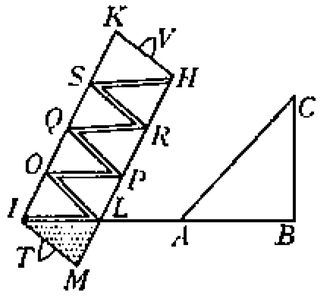
[36] Cfr. p. 142.

la linea *A C*. Ma qui però si deve avvertire che, se bene il mobile *E* averà passata tutta la linea *A C* nel tempo medesimo che l'altro grave *F* si sarà per eguale intervallo abbassato, niente di meno il grave *E* non si sarà discostato dal centro comune delle cose gravi più di quello che sia la perpendicolare *C B*; ma però il grave *F*, discendendo a perpendicolo, si sarà abbassato per spazio eguale a tutta la linea *A C*. E perché i corpi gravi non fanno resistenza a i moti transversali, se non in quanto in essi vengono a discostarsi dal centro della terra, però, non s' essendo il mobile *E* in tutto il moto *A C* alzato più che sia la linea *C B*, ma l'altro *F* abbassato a perpendicolo quanto è tutta la lunghezza *A C*, però potremo meritamente dire, il viaggio della forza *F* al viaggio della forza *E* mantenere quella istessa proporzione, che ha la linea *A C* alla *C B*, cioè il peso *E* al peso *F*. Molto adunque importa il considerare per quali linee si facciano i moti, e massime ne i gravi inanimati: dei quali i momenti hanno il loro total vigore e la intiera resistenza nella linea perpendicolare all'orizonte; e nell'altre, transversalmente elevate o inchinate, servono solamente quel più o meno vigore, impeto, o resistenza, secondo che più o meno le dette inchinazioni s'avvicinano alla perpendicolar elevazione [37].

[37] Facendo ricorso al principio dei lavori virtuali, Galilei in questo passo, giustamente molto apprezzato dagli storici della scienza, assegna una generale validità al principio del piano inclinato, con l'asserzione che l'equilibrio non dipende soltanto dal peso, ma dai possibili avvicinamenti ed allontanamenti dal « comun centro verso cui conspirano tutte le cose gravi ». In una aggiunta alla giornata terza dei *Discorsi intorno a due nuove scienze* (vol. II, pp. 745-51), Galilei riprenderà questo problema e concluderà che « i gradi di velocità d'un mobile descendente con moto naturale dalla medesima sublimità per piani in qualsivoglia modo inclinati, all'arrivo all'orizzonte son sempre eguali, rimossi gl'impedimenti ». Rispondendo il 18 luglio 1609 (X, p. 248-249) ad una lettera di Galilei datata 5 giugno 1609, a noi non pervenuta, Luca Valerio (1552-1618) osserverà che può stabilirsi una relazione tra la velocità di caduta di un corpo lungo un piano inclinato e l'inclinazione medesima, e aggiungerà che un corpo avrà acquistato, al termine della discesa per un piano inclinato, tanto impeto quanto ne avrebbe ottenuto se fosse disceso lungo la perpendicolare dal vertice del piano inclinato alla base. « Galilei dimostra qui – osservò il Mach – un notevole temperamento di scienziato per il suo coraggio intellettuale di veder più cose dei suoi predecessori in un fenomeno studiato tanto a lungo » (*Die Mechanik* cit., cap. I, n. 2).

Della coclea d'Archimede per levar l'acqua.

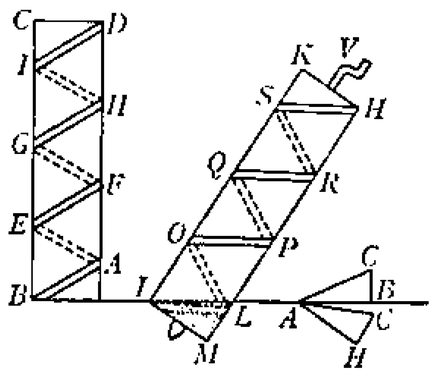
Non mi pare che in questo luogo sia da passar con silenzio l'invenzione di Archimede d'alzar l'acqua con la vite: la quale non solo è maravigliosa, ma è miracolosa; poiché troveremo, che l'acqua ascende nella vite discendendo continuamente. Ma prima che ad altro venghiamo, dichiareremo l'uso della vite nel far salir l'acqua [38].



E considerisi nella seguente figura intorno alla colonna *M I K H* esser avvolta la linea *I L O P Q R S H*, la quale sia un canale, per lo quale possa scorrer l'acqua: se metteremo l'estremità *I* nell'acqua, facendo stare la vite pendente, come dimostra il disegno, e la volgeremo in giro intorno alli due perni *T*, *V*, l'acqua per lo canale anderà scorrendo, fin che finalmente verserà fuori della bocca *H*. Ora dico che l'acqua, nel condursi dal punto *I* al punto *H*, è venuta sempre discendendo, ancorché il punto *H* sia più alto del punto *I*. Il che esser così, dichiareremo in tal modo. Descriveremo il triangolo *A C B*, il quale sia quello onde si generi la vite *I H*, di maniera che il canale della vite venga figurato dalla linea *A C*, la cui salita ed elevazione viene determinata per l'angolo *C A B*; cioè, che se il detto angolo sarà la terza parte o la quarta di un angolo retto, la elevazione del canale *A C* sarà secondo la terza o quarta parte d'un angolo retto. Ed è manifesto, che la salita d'esso canale *A C* verrà tolta via abbassando il punto *C* insino al *B*, perché allora il canale *A C* non averà elevazione alcuna; ed abbassando il punto *C* un poco sotto il *B*, l'acqua naturalmente scorrerà per lo canale *A C* al basso, dal punto *A* verso il *C*. Concludiamo dunque, che, essendo l'angolo *A* un terzo di un retto, la salita del canale *A C* verrà tolta via abbassandolo dalla parte *C* per la terza parte di un angolo retto.

[38] Cfr. la lettera a G. B. Baliani del 6 agosto 1630 (pp. 932 segg.).

Intese queste cose, volgiamo il triangolo intorno alla colonna, e facciamo la vite *B A E F G H I D*; la quale, se si constituirà dritta, ad angoli retti, con l'estremità *B* in acqua, volgendosi attorno, non per questo tirerà in su l'acqua, essendo il canale, attorno alla colonna, elevato, come si vede per la parte *B A*. Ma se bene la colonna sta dritta ad angoli retti, non è per questo che la salita per la vite attorta intorno alla colonna sia di maggiore elevazione che d'un terzo d'angolo retto; essendo generata dalla elevazione del canale *A C*. Adunque, se inclineremo la colonna per un terzo di detto angolo retto, ed un poco più, come si vede *I K H M*, il transito e moto per lo canale non sarà più elevato, ma inclinato, come si vede per lo canale *I L*; adunque l'acqua dal punto *I* al punto *L* si moverà discendendo; e girandosi la vite intorno, l'altre parti d'essa successivamente si disporranno e si rappresenteranno all'acqua nella medesima disposizione che la parte *I L*; onde l'acqua successivamente anderà discendendo; e pur finalmente si troverà esser montata dal punto *I* al punto *H*: il che di quanta meraviglia si sia, lascio giudicare a chi perfettamente l'averà inteso. E da quanto s'è detto, si viene in cognizione come la vite per alzar l'acqua deve esser inclinata un poco più della quantità dell'angolo del triangolo, col quale si descrisse essa vite.



Della forza della percossa [39].

L'investigare qual sia la causa della forza della percossa è per più cagioni grandemente necessario. E prima, perché in essa apparisce assai più del maraviglioso di quello, che

[39] Nella XIX proposizione dei *Mechanica* di Aristotele il problema della forza della percossa era ridotto alla velocità di caduta dell'oggetto

in qualunque altro stromento meccanico si scorga, atteso che, percotendosi sopra un chiodo da ficcarsi in un durissimo legno, o vero sopra un palo che debbia penetrare dentro in terreno ben fisso, si vede, per la sola virtù della percossa, spingersi e l'uno e l'altro avanti; onde senza quella, mettendosi sopra il martello, non pure non si muoverà, ma quando anco bene vi fosse appoggiato un peso molte e molte volte nell'istesso martello più grave: effetto veramente maraviglioso, e tanto più degno di speculazione, quanto, per mio avviso, niuno di quelli, che sin qui ci hanno intorno filosofato, ha detto cosa che arrivi allo scopo; il che possiamo pigliare per certissimo segno ed argumento della oscurità e difficoltà di tale speculazione. Perché ad Aristotile o ad altri che volessero la cagione di questo mirabile effetto ridurre alla lunghezza del manubrio o manico del martello, parmi che, senza altro lungo discorso, si possa scoprire l'infermità delli loro pensieri dall'effetto di quei stromenti, che, non avendo manico, percotono o col cadere da alto a basso, o coll'esser spinti con velocità per traverso. Dunque ad altro principio bisogna che ricorriamo, volendo ritrovare la verità di questo fatto. Del quale benché la cagione sia alquanto di sua natura obstrusa e difficile a esplicazione, tuttavia anderemo tentando, con quella maggior lucidezza che potremo, di render chiara e sensibile; mostrando finalmente, il principio ed origine di questo effetto non derivar da altro fonte, che

percuziente e quindi confusa con la pressione. Gerolamo Cardano aveva distinto i due effetti dimostrando che essi possono essere differenti, ma la spiegazione della percossa medesima, attribuita all'aria che s'insinuerebbe nel corpo e che, compressa, ne provocherebbe la rottura, non fu accolta dai contemporanei perché troppo fantasiosa. Qui Galilei, in concordanza con il tono del presente trattato, riconduce il fenomeno al principio della leva, per cui con un certa forza si può vincere una forza molto maggiore: questa considerazione del fenomeno in termini di meccanica non lo soddisfece pienamente, tanto che molti anni più tardi, dopo la pubblicazione dei *Discorsi intorno a due nuove scienze*, penserà ad una nuova giornata degli stessi *Discorsi*, in cui esporre « alcune speculationcelle et in particolare quella attenente alla forza della percossa », come egli stesso scrisse al Baliani il 1° agosto 1639 (p. 967), nella quale fra l'altro mostrò di ignorare quanto aveva scritto in proposito nel presente trattato, forse perché « fatta già più di 40 anni sono ».

da quello stesso onde scaturiscono le ragioni d'altri effetti meccanici.

E questo sarà co 'l ridurci inanzi gli occhi quello, che in ogni altra operazione meccanica s'è veduto accadere: cioè che la forza, la resistenza ed il spazio, per lo quale si fa il moto, si vanno alternamente con tal proporzione seguendo, e con legge tale rispondendo, che resistenza eguale alla forza sarà da essa forza mossa per egual spazio e con egual velocità di quella che essa si muova. Parimente, forza che sia la metà meno di una resistenza potrà muoverla, purché si muova essa con doppia velocità, o, vogliam dire, per distanza il doppio maggiore di quella che passerà la resistenza mossa [40]. Ed in somma s'è veduto in tutti gli altri stromenti, potersi muovere qualunque gran resistenza da ogni data picciola forza, purché lo spazio, per il quale essa forza si muove, abbia quella proporzione medesima allo spazio, per il quale si moverà la resistenza, che tra essa gran resistenza e la picciola forza si ritrova, e ciò esser secondo la necessaria constituzione della natura. Onde, rivolgendo il discorso ed argumentando per lo converso, qual meraviglia sarà, se quella potenza, che moveria per grande intervallo una picciola resistenza, ne spingerà una cento volte maggiore per la centesima parte di detto intervallo? Niuna per certo: anzi quando altrimente fosse, non pure saria assurdo, ma impossibile.

Consideriamo dunque quale sia la resistenza all'esser mosso nel martello in quel punto dove va a percuotere, e quanto, non percotendo, dalla forza ricevuta saria tirato lontano; ed in oltre, quale sia la resistenza al muoversi di quello che percuote, e quanto per una tal percossa venga mosso: e trovato come questa gran resistenza va avanti per una percossa, tanto meno di quello che anderebbe il martello cacciato dall'empito di chi lo muove, quanto detta gran resistenza è maggiore di quella del martello, cessi in noi la meraviglia dell'effetto, il quale non esce punto da i termini delle naturali

[40] La forza della percossa si riduce quindi ad un problema di statica, e precisamente a quello dell'equilibrio dei corpi e alla leva.

constituzioni e di quanto s'è detto. Aggiungasi, per maggior intelligenza, l'essempio in termini particolari. È un martello, il quale, avendo quattro di resistenza, viene mosso da forza tale, che, liberandosi da essa in quel termine dove fa la percossa, anderia lontano, non trovando l'intoppo, dieci passi; e viene in detto termine opposto un gran trave, la cui resistenza al moto è come quattromila, cioè mille volte maggiore di quella del martello (ma non però è immobile, sì che senza proporzione superi la resistenza del martello): però, fatto in esso la percossa, sarà ben spinto avanti, ma per la millesima parte delli dieci passi, ne i quali si saria mosso il martello. E così, riflettendo con metodo converso quello che intorno ad altri effetti meccanici s'è speculato, potremo investigare la ragione della forza della percossa.

So che qui nasceranno ad alcuni delle difficoltà ed instanze, le quali però con poca fatica si torranno di mezzo; e noi le rimetteremo volontariamente tra i problemi meccanici, che in fine di questo discorso si aggiungeranno.

LE OPERAZIONI DEL COMPASSO GEOMETRICO E MILITARE

(1606)

Già nei due trattati sull'architettura militare Galilei aveva sottolineato l'importanza della geometria come valido ausilio dell'arte militare e aveva aggiunto ai due scritti alcuni preliminari geometrici contenenti « semplici suggerimenti di costruzioni approssimate, aventi per iscopo la più facile e più comoda applicazione pratica » (A. FAVARO, Avvertimento *al vol. II delle* Opere *di G. Galilei, p. 11*). *Con il compasso da lui chiamato geometrico-militare, Galilei prosegue, accentuandola, questa originale concezione dei compiti e delle finalità della ricerca scientifica, posta al servizio dell'uomo e in particolare delle sue esigenze più immediate e, almeno per i tempi di Galilei, più impellenti: viene così accogliendo le richieste del mondo degli affari dei traffici marittimi e dei militari, proprio della Repubblica di Venezia, e le soddisfa ponendo a loro disposizione un utile strumento di calcolo rapido e di misurazione sicura.*

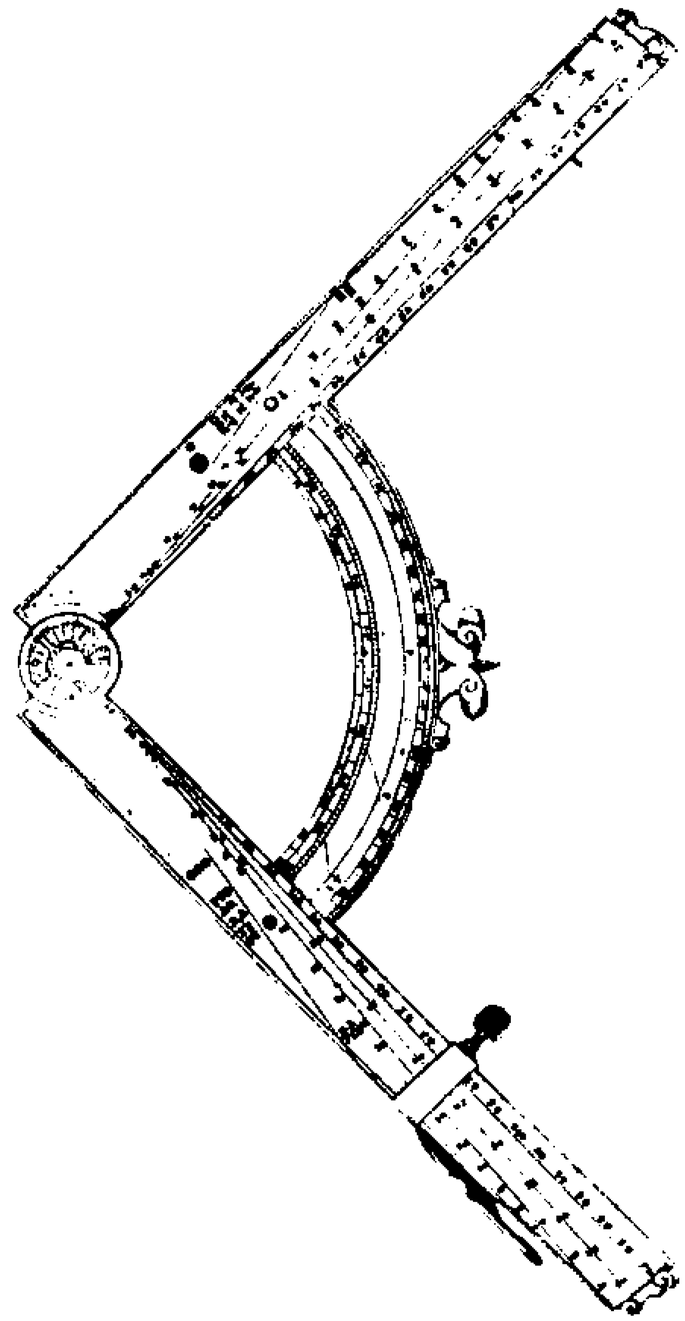
Lo stesso governo della Serenissima dimostrava chiaramente e concretamente di apprezzare queste ricerche rivolte a fini pratici ed utilitari e per questo, con una generosità sapientemente ma cautamente elargita, compensava meglio i professori più seguìti, che in genere erano quelli che sapevano soddisfare gli interessi più vari degli studenti. Fu così che Galilei costruì il primo compasso di proporzione da lui chiamato geometrico e militare, col quale « in pochissimi giorni s'insegna tutto quello che dalla geometria e dall'aritmetica, per l'uso civile e militare, non senza lunghissimi studii per le vie ordinarie si riceve ». Lo strumento, come è spiegato nello scritto che segue, è composto di due regoli metallici uniti a cerniera, sulle cui facce, con indubbia ingegnosità, sono incise alcune misure che con opportune misurazioni consentono di eseguire varie operazioni di calcolo.

Anche per questa invenzione di Galilei sono stati sollevati dubbi e riserve: infatti non sono mancati coloro che hanno avuto buon gioco nel dimostrare che già prima del 1597, data di invenzione dello strumento, esistevano alcuni compassi di proporzione. Ma, a parte il preciso ed esplicito riferimento che Galilei fa a questi strumenti nella prefazione al presente scritto, si può agevolmente ribattere a queste obbiezioni sottolineando la notevole differenza tra lo strumento galileiano e i precedenti, la sua maggiore praticità e la sua essenziale funzione: porre la scienza matematica al servizio della vita.

Costruito il compasso nel 1597, come risulta dalle dichiarazioni del suo operaio Marcantonio Mazzoleni, costruttore materiale dello strumento, e da quelle di Paolo Sarpi, Galilei ne fece, via via, costruire diversi esemplari che circolarono per molte città italiane e straniere: oltre ai prìncipi indicati nella prefazione, Galilei ricorda in alcuni appunti autobiografici il duca di Acerenza, i polacchi duca di Sbaras e i conti di Tencim, il nobile Raffaello Lescinski; i francesi conte di Noailles e il nobile Gilberto di Senteran. Altri esemplari capitarono nelle mani di allievi padovani.

La rapida ed ampia diffusione dello strumento, senza che vi fossero chiare garanzie a tutela dei diritti dell'autore, fece sì che alcuni si appropriassero dell'opera, spacciandola come propria. Racconta Galilei che un certo Giovanni Eutel Zieckmeser capitò a Padova verso il 1602 – e cioè cinque anni dopo la costruzione del primo esemplare –, con un compasso analogo a quello galileiano, fornendo così il pretesto a molti avversari di Galilei di dedurre che «l'invenzione di quello Strumento poteva non esser mia, contro a quello che sempre avevo detto, ma presa dal Fiammingo»; perciò alcuni amici di Galilei riuscirono, non senza fatica, a convocarlo in casa del nobile veneziano Alvise Cornaro, in presenza del quale fu obbligato ad ammettere che il suo strumento altro non era che una copia di quello galileiano.

Allo scopo di impedire altre indebite appropriazioni, Galilei nel 1606 si decise a dare alle stampe alcuni appunti in parte da lui già stesi in forma leggibile contenenti la illustrazione delle varie operazioni che si potevano eseguire col compasso.



Il compasso geometrico-militare di Galileo

Le Operazioni del compasso geometrico et militare *costituiscono la stesura definitiva ed ufficiale di questi appunti e se ne differenziano per il carattere conclusivo che hanno. Lo scritto è dedicato a Cosimo di Toscana, già allievo privato di Galilei, non solo allo scopo di esprimere ancora una volta la sua costante fedeltà alla casa medicea, ma per avere un autorevole sostegno nella polemica difesa della sua invenzione. Tuttavia la parte prammatica dello scritto si limita alla dedica e alla prefazione, in cui sono dichiarati gli scopi dell'invenzione e l'utilità dello strumento. Nella parte successiva l'autore si limita ad esporre in una serie di capitoli, da lui chiamati « operazioni », i diversi usi del compasso. La prima edizione dell'opera eseguita « in casa dell'autore », fu di sole sessanta copie, che per il contenuto e perché accompagnavano sempre un esemplare del compasso, possono essere considerati come manuali illustrativi. L'opera venne poi ristampata più volte e fu anche tradotta in latino da Mattia Bernegger – il traduttore anche del* Dialogo *–, nel 1612.*

*Se riuscì a chiarire le varie operazioni dello strumento, il presente scritto non servì tuttavia alla difesa definitiva dei diritti dell'autore. Infatti l'anno successivo, nel 1607, veniva dato alle stampe l'*Usus et fabrica circini cuiusdam proportionis per quem fere omnia tum Euclidis tum Mathematicorum omnium problemata facili negotio resolvuntur *di Baldassar Capra, il quale si attribuiva il merito dell'invenzione, calunniando Galilei ed accusandolo di plagio. Lo scritto, che altro non è che una volgare contraffazione delle pagine di Galilei, dette luogo ad un movimentato ed interessante processo di falso intentato da Galilei ai danni di questo avventuriero della cultura.*

Era il Capra un giovane di famiglia non ricca, il quale s'era stabilito col padre a Padova per ricevere una migliore educazione; essendo il padre entrato in relazioni con Giacomo Alvise Cornaro, aveva conosciuto anche Galilei: fu così che il giovane Baldassarre poté conoscere la nuova invenzione di Galilei; il Capra dimostrava un carattere ansioso di pubblicità da conseguirsi con qualsiasi mezzo, e ciò spiega la gelosia a lungo covata contro lo scienziato pisano, il quale nel 1604 aveva tenuto tre lezioni, che riscossero un grande successo tra gli

studenti, su una stella apparsa nel 1604 e vista a Padova il 10 ottobre proprio dal Capra e da Simon Mayr.

*La pubblicazione dell'*Usus et fabrica circini *– una copia del quale fu inviata in omaggio dal padre dell'autore al Cornaro – fu la più chiara dimostrazione del falso compiuto: il Cornaro pieno di sdegno respinse l'opuscolo e offrì a Galilei tutto il suo autorevole appoggio per far trionfare la verità. Non era d'altronde difficile mostrare la realtà dei fatti; e Galilei poté agevolmente produrre tutta la documentazione a suo vantaggio dinanzi ai Riformatori dello Studio di Padova, dimostrando non solo il plagio compiuto dal Capra, ma fornendo anche le prove incontrovertibili che fin dal 1597 aveva costruito il primo compasso. Egli poté quindi dimostrare l'assoluta incompetenza del Capra e perciò la sua malafede. La sentenza del 4 maggio 1607 dichiarò infatti che il Capra aveva « in gran parte usurpato col mezo d'un altro libro fatto da esso stampar in Padova, sotto il titolo di* Usus et fabrica circini cuiusdam etc. *» le annotazioni contenute nell'opuscolo di Galilei: perciò i Riformatori ordinarono il sequestro di tutte le copie del libello del Capra perché fosse distrutto.*

Nonostante la piena soddisfazione ottenuta sul piano giudiziario, Galilei volle diffondere nel mondo della cultura la conclusione del dibattimento giudiziario; a questo scopo pubblicò nel 1607 la sua Difesa contro alle calunnie e imposture di Baldassar Capra milanese, *in cui, con una certa puntigliosità e con un certo astio, egli raccolse tutte le prove contro il suo avversario e fornì tutta la documentazione prodotta nel procedimento giudiziario, con sue considerazioni sull'incapacità del Capra ad affrontare problemi di geometria. Quest'insistenza del Galilei può certamente apparire fuori luogo dopo le soddisfazioni ottenute; ma, a parte il fatto che il suo carattere polemico lo portava a conseguire ogni soddisfazione sugli avversari, va osservato che egli intendeva difendere l'invenzione come produzione esclusiva del suo ingegno e dei suoi studi, avvertendo profonda ripugnanza e sdegno per l'appropriazione tentata: questa difesa della sua personalità e della sua opera ci pare una conferma ulteriore, se pur ce ne fosse bisogno, della sua educazione di uomo moderno, in cui i diritti dell'individuo costituiscono il patrimonio più prezioso.*

LE OPERAZIONI DEL COMPASSO GEOMETRICO E MILITARE

AL SER.MO D. COSIMO MEDICI [1]
PRINCIPE DI TOSCANA, ETC.

Se io volessi, Serenissimo Principe, spiegare in questo luogo il numero delle lodi che alla grandezza de i proprii meriti dell'A. V. e della Sua Serenissima Casa si devono,

[1] A Cosimo de' Medici (1590-1621), figlio di Ferdinando I e di Cristina di Lorena, Galilei aveva impartito l'anno precedente lezioni di matematica durante le vacanze estive da lui trascorse a Firenze; di qui una certa dimestichezza fra lo scienziato e il principe, che spiega non solo le ragioni di questa dedica, ma anche più tardi, la denominazione, da parte di Galilei, dei satelliti di Giove come astri « medicei », in onore di Cosimo, divenuto nel 1609 granduca, e la nomina di Galilei a « primario matematico e filosofo ». La dedica delle *Operazioni del compasso* testimoniano anche l'interesse che Galilei ebbe sempre, anche durante il soggiorno padovano, verso la sua terra d'origine, e la cura con cui cercò sempre di mantenere buone relazioni con la famiglia granducale: nel 1605, per esempio, Madama Cristina di Lorena si rivolse con familiarità a Galilei, raccomandandogli il giovane Matteo Giusti, che a Padova intendeva dedicarsi allo studio delle matematiche; verso la fine dello stesso anno è Galilei a rivolgersi con parole di profondo e devoto rispetto al giovane principe Cosimo, che gli rispose subito dopo, il 6 gennaio 1606, con parole molto cordiali: « Dell'eccellenti virtù sue – egli dice alludendo alle lezioni ricevute – ho veduto saggio tale in me stesso, che deve credere che ne conservi et continua et viva memoria ». L'anno successivo Curzio Picchena, per incarico di Cristina di Lorena, chiese a Galilei informazioni riservate su un medico. Si spiega così la ragione della presente dedica. Questa, d'altro canto, conferma la prudente oculatezza con cui spesso Galilei considerava le relazioni con personalità e famiglie autorevoli e potenti; infine Galilei dimostra fin da questo momento il suo desiderio di ritornare in Toscana al servizio del Granduca. In una lettera del 26 febbraio 1609 al principe Cosimo, mentre esprime la sua partecipazione al dolore della famiglia de' Medici per la morte del granduca Ferdinando I, non manca di sottolineare, con un certo tono allusivo, le buone relazioni sue con il giovane granduca.

così lungo discorso far mi converrebbe, che il proemio di lunga mano il resto del ragionamento avanzerebbe; onde io mi asterrò di tentare quell'impresa, al mezo della quale, non che al fine, condurmi diffiderei. Oltre che, non per accrescere splendore alla Serenità Vostra, che già come nascente Sole per tutto l'occidente risplende, ho io abbracciata l'occasione di dedicarli la presente fatica, ma, all'incontro, acciò che il fregio e l'ornamento del nome vostro, che in fronte, com'io nell'anima, porterà sempre scritto, all'oscure sue tenebre grazia e splendore aqquisti. Né io come oratore per esaltare la gloria di V. A. S. gli vengo avanti, ma come devotissimo servo ed umilissimo vassallo li porgo un debito tributo; il che prima avrei fatto, se la tenerezza della sua età non mi avesse persuaso ad aspettar questi anni a simili studii più accomodati. Che poi questo picciol dono deva esser con lieta fronte ricevuto dall'A. V., non devo io mettere in dubio; sì perché l'infinita sua umanità nativa me lo persuade, e la proporzione, che ha questa lettura con li altri tanti suoi esercizii regii, me l'afferma; sì ancora, oltre a ciò, perché l'esperienza stessa me l'accerta, essendosi ella, per gran parte dell'estate passata, degnata di ascoltar con tanto benigna udienza dalla mia viva voce l'esplicazione di molti usi di questo Strumento. Gradirà dunque l'A. V. S. questo mio, dirò quasi, scherzo matematico a i suoi primi giovenili studii nobilmente conforme; ed avanzandosi con l'età in queste, veramente regie, discipline, aspetti di tempo in tempo dal mio basso ingegno tutti quei più maturi frutti, che dalla Divina grazia m'è stato e sarà conceduto di raccorre. E qui con ogni umiltà inchinandomi, li bacio reverentemente la vesta; e dal S. Dio li prego somma felicità.

Di Padova, li X di Luglio 1606.

Di V. A. Serenissima

Umiliss. ed Obligatiss. Servo
GALILEO GALILEI.

A I DISCRETI LETTORI

La occasione di pratticar con tanti e tanti Signori grandi[2] *in questo nobilissimo Studio di Padova, per instituirgli nelle scienze matematiche, mi ha con lunga esperienza fatto conoscere, come non fu del tutto indecente la richiesta di quel gran discepolo, che da Archimede, suo maestro nella geometria, ricercò strada più facile ed aperta, che all'aqquisto di quella lo conducesse: imperò che anco in questa età pochissimi sono a i quali gli erti e spinosi sentieri, per i quali passar bisogna prima che all'aqquisto de i preziosi frutti di queste scienze pervenir si possa, non rincreschino, o che spaventati dalla lunga asprezza, e più dal non vedere, o potersi imaginare, come queste oscure e sconosciute strade al desiderato termine condur gli possino, a men che mezo il cammino non si atterrino, ed abbandonino l'impresa. E ciò ho io tanto più frequentemente veduto accadere, quanto con più gran personaggi mi sono incontrato; come quelli che, essendo in tanti altri maneggi occupati e distratti, non possono in questi esercitar quell'assidua pazienza, che vi saria necessaria. Io dunque, scusandogli insieme col giovine Re di Siracusa, e desiderando che non restino per la difficoltà e lunghezza delle communi strade privi di cognizioni*

[2] Come abbiamo già osservato (pp. 61 segg.), era costume dei giovani patrizi veneti di istruirsi nelle scienze e nelle matematiche. Ricordiamo, fra i più noti patrizi veneti allievi di Galilei, il nobile trevigiano Paolo Aproino (che sostituirà nella sesta giornata dei *Discorsi intorno a due nuove scienze*, il personaggio immaginario Simplicio), Daniele Antonini di Udine e Giovanfrancesco Sagredo.

tanto a nobili Signori necessarie, mi rivolsi a tentare di aprir questa via veramente regia, la quale con l'aiuto di questo mio Compasso in pochissimi giorni insegna tutto quello, che dalla geometria e dall'aritmetica, per l'uso civile e militare, non senza lunghissimi studii per le vie ordinarie si riceve. Quello che io abbia con questa mia opera conseguito, nol dirò io, ma lo lascierò giudicare a quelli che da me sin qui l'hanno appresa o per l'avvenire l'apprenderanno, ed in particolare da chi avrà veduti gli Strumenti da gli altri in simili propositi ritrovati: ben che la più gran parte dell'invenzioni, e le maggiori, che nel mio Strumento si contengono, da altri sin qui non sono state né tentate né immaginate[3]*; tra le quali è molto principale questa, del poter qual si voglia persona risolvere in un istante le più difficili operazioni di aritmetica; delle quali però ne descrivo quelle sole che alle civili e militari occorrenze più frequentemente accaggiono. Duolmi solamente, benigno lettore, che quantunque io mi sia ingegnato di spiegare le seguenti cose con ogni chiarezza e facilità possibile, tuttavia a chi le dovrà dalla scrittura cavare, resteranno in qualche oscurità involte, perdendo appresso molta di quella grazia, che nel vederle attualmente operare, e nell'apprenderle dalla viva voce, le rende meravigliose: ma questa è una di quelle materie, che non patiscono di essere con chiarezza e facilità descritte, né intese, se prima dalla viva voce non si ascoltano, e nell'atto stesso esercitar non si veggono. E questa saria stata potente cagione, che mi arrebbe fatto astener dall'imprimer quest'opera, se non mi fosse giunto all'orecchie, che altri, alle mani di cui, non so in qual guisa, è pervenuto uno de i miei Strumenti con la sua dichiarazione, si apparecchiava per appropriarselo*[4]*; il che mi*

[3] « Galileo, quindi, né ignorava, né tacque, che prima del suo altri consimili strumenti erano stati costruiti e correvano per le mani degli studiosi » (A. Favaro, *G. Galilei e lo studio di Padova* cit., I, p. 213): pare infatti che Federico Commandino in Urbino avesse fatto costruire da Simone Baroccio un compasso che tuttavia era diverso da quello galileiano, come riferisce Muzio Oddi nel suo *Compasso polimetro* (1633); comunque è certo che già prima del 1597 erano conosciuti strumenti molto simili a quello galileiano.

[4] Il 9 aprile 1607, denunziando ai Riformatori il plagio tentato dal Capra, scriveva: « Sono già dieci anni, havendo, dopo lunghi e assidui

ha messo in necessità di assicurar, col testimonio delle stampe, non meno le fatiche mie, che la riputazione di chi se l'avesse volute attribuire; perché quanto al far cauto me, non mancano le testimonianze di Principi ed altri gran Signori, i quali da 8 anni in qua hanno questo Strumento veduto, e da me appresone l'uso; de i quali quattro soli mi basterà ora nominare. Uno fu l'Illustrissimo ed Eccellentissimo Sig. Gio. Friderico Principe di Holsazia, etc. e Conte di Oldemburg, etc., che l'anno 1598 apprese da me l'uso di questo Strumento, ma non ancora a perfezione ridotto. E poco doppo fui dell'istesso favore onorato dal Serenissimo Arciduca D. Ferdinando d'Austria. L'Illustrissimo ed Eccellentissimo Sig. Filippo Landgravio di Assia e Conte di Nidda, etc. l'anno 1601 intese il medesimo uso qui in Padova. Ed il Serenissimo di Mantova[5] *due anni sono volse da me sentirne l'esplicazione.*

Aggiugnesi che il tacere io la fabrica dello Strumento, la quale per la lunga e laboriosa sua descrizione e per altri rispetti al presente pretermetto, renderà questo trattato del tutto inutile a chi senza lo Strumento ei pervenisse nelle mani. E per tal

studii, ridotto a qualche perfezione un mio strumento matematico, di mia pura imaginazione escogitato, inventato et perfezionato, le utilità del quale et in numero et in qualità essendo grandi in tutte le parti delle matematiche, tanto contemplative, quanto civili, militari et mecaniche, sin dal detto tempo potere a molti giovare col conferire con loro et li strumenti et il modo dell'usargli, dandone appresso in scrittura chiara et piena istruzione a molti Principi et Signori...; ma sendomi un anno fa pervenuto qualche sentore che altri vi havessi fatto provvedimento, mi risolvei fare stampare in Padova alcune copie delle operazioni di detto mio strumento, sotto questo titolo: *Le Operazioni del Compasso Geometrico et Militare di Galileo Galilei*, etc., per tagliare la strada a quelli che volessero attribuirsi le fatiche mie ».

[5] « Ci sembra dover registrare fra i discepoli particolari di Galileo in Padova alcuni illustri personaggi che vollero udire da lui la spiegazione del compasso geometrico e militare e ne ebbero un esemplare »: così il Favaro (*op. cit.*, I, p. 205), che ricorda i personaggi qui citati. Giovanni Federico di Alsazia, duca di Schleswig-Holstein Gottorp, nato nel 1577, fu arcivescovo di Brema; Vincenzo Gonzaga (1562-1612) divenne duca di Mantova alla morte del padre Guglielmo nel 1587: è noto per la sua esagerata prodigalità. Filippo d'Assia (1581-1643) compì lunghi viaggi all'estero e apprese ben otto lingue fra cui l'ebraica, che gli servì per la traduzione della *Bibbia*: ebbe relazioni, oltre che con Galileo, con Keplero, e raccolse presso di sé numerose strumenti matematici ed ottici.

causa ne ho io fatte stampare appresso di me 60 copie sole, per presentarne insieme con lo Strumento, con la somma diligenza che si ricerca fabricato e diviso, prima al Serenissimo Principe di Toscana mio Signore, e poi ad altri Signori, da i quali so questa mia fatica esser desiderata. Finalmente, essendo mia intenzione di esplicare al presente operazioni per lo più attenenti al soldato, ho giudicato esser bene scrivere in favella toscana, acciò che, venendo talora il libro in mano di persone più intendenti della milizia che della lingua latina [6], *possa da loro esser comodamente inteso.*

Vivete felici.

[6] Fra i molteplici aspetti di novità che l'opera di Galilei presenta, va annoverato anche il frequente uso della lingua italiana nell'esposizione della sua attività scientifica e, se non nell'insegnamento pubblico, certo in quello privato. È stato osservato che la lingua italiana sia più adatta ad illustrare un sapere sperimentale ed operativo, e ciò proprio in conseguenza del fatto che il pubblico, cui queste invenzioni erano rivolte, era costituito per lo più da tecnici e uomini pratici, inesperti della lingua latina, che ormai, nel sec. XVII raccoglieva i suoi cultori nei ceti socialmente e culturalmente più in vista. Si può anzi notare da un lato l'intenzione di Galilei di diffondere fra un pubblico vasto e vario le sue invenzioni, dall'altro come egli cerchi di legare la scienza teorica alla pratica ed alla tecnica, operando così nel campo della cultura scientifica un importante « salto di classe » dai dotti accademici ai tecnici ed egli artigiani. Per tutto questo aspetto delle relazioni fra scienziati e tecnici nel Rinascimento si veda P. Rossi, *I filosofi e le macchine. 1400-1700*, Milano, Feltrinelli, 1962.

Divisione della linea.

Operazione I.

Venendo alla dichiarazione particolare delle operazioni di questo nuovo Compasso Geometrico e Militare, primamente faremo principio da quella faccia di esso nella quale sono notate quattro coppie di linee con loro divisioni e numeri [7]; e tra esse parleremo prima delle più interiori, denominate Linee Aritmetiche per esser le loro divisioni fatte in proporzione aritmetica, cioè con eguali eccessi, che procedono sino al numero 250, dalle quali trarremo diversi usi. E primamente:

Col mezo di queste linee potremo dividere una linea retta propostaci in quante parti eguali ne piacerà, operando in alcuno delli infrascritti modi.

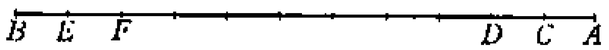
Quando la proposta linea sia di mediocre grandezza, sì che non ecceda l'apertura dello Strumento, piglieremo con un compasso ordinario l'intera quantità di quella, e questo spazio applicheremo traversalmente, aprendo lo Strumento, a qualunque numero di esse Linee Aritmetiche, pur che sia tale, che sopra le medesime linee ve ne sia un minore, e da quello contenuto tante volte quante sono le parti in che si ha da dividere la linea proposta; ed aggiustato in tal guisa lo Strumento, e preso lo spazio traversale tra i punti di

[7] Il compasso risulta composto da due regoli metallici lunghi ciascuno circa 25 centimetri e larghi due, uniti a cerniera; su una faccia sono segnate quattro coppie di linee: la prima è quella delle linee aritmetiche; la seconda delle linee geometriche; la terza delle linee stereometriche, e infine quella delle linee dette metalliche. Sull'altra faccia sono segnate le coppie delle linee poligrafiche, tetragoniche e delle linee aggiunte.

questo minor numero, questo senz'alcun dubbio dividerà la proposta linea nelle parti ordinateci. Come, per essempio:

Dovendo noi dividere la linea data in cinque parti eguali, pigliamo due numeri de' quali il maggiore sia quintuplo dell'altro, come sariano 100 e 20, ed aperto lo Strumento aggiustiamolo in maniera, che la distanza già presa col compasso si adatti traversalmente alli punti segnati 100. 100, e non movendo più lo Strumento, prendasi la distanza pur traversale tra li punti delle medesime linee segnati 20. 20; perché indubitatamente questa sarà la quinta parte della linea proposta. E con simile ordine troveremo ogn'altra divisione: avvertendo di prendere numeri grandi, pur che non si passi 250, perché, così facendo, l'operazione riuscirà più facile ed esatta.

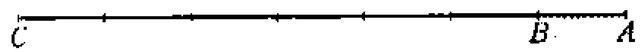
L'istesso potremo conseguire operando in un altro modo; e l'ordine sarà tale. Volendo dividere, per essempio, la sot-



toposta linea *A B*, v. g., in 11 parti, prenderò un numero multiplice dell'altro undici volte, come saria 110 e 10, e presa col compasso tutta la linea *A B*, l'accomoderò traversalmente, aprendo lo Strumento, alli punti 110; dipoi, non si potendo sopra le medesime linee prendere la distanza tra li punti 10, li quali vengono occupati dalla grandezza della nocella, in vece di questa si piglierà l'intervallo tra li punti 100. 100, stringendo un poco il compasso; del quale fermata poi un'asta nel punto *B*, noterò con l'altra il segno *C*, onde la rimanente linea *A C* sarà la undecima parte di tutta l'*A B*; e similmente, fermata l'asta del compasso in *A*, segnerò verso l'altra estremità il punto *E*, lasciando la *E B* eguale alla *C A*. Dipoi, stringendo ancora un poco il compasso, prenderò l'intervallo traversale tra li punti 90. 90 e questo trasporterò da *B* in *D*, e da l'*A* in *F*, ed averò due linee *C D*, *F E*, undecime parti ancor'esse della intera. E col medesimo ordine trasferendo di qua e di là le distanze prese tra li punti 80. 80, 70. 70, etc., troveremo le altre divisioni; come nella sottoposta linea distintamente si vede.

Ma quando ci fusse proposta una piccolissima linea da dividersi in molte parti, come sarebbe, per essempio, la seguente linea *A B*, per dividerla, v. g., in 13 parti, potremo secondo quest'altra regola procedere.

Prolunghisi occultamente essa linea *A B* sino in *C*; e misurate in essa altre linee, quante ci piaceranno, eguali alla *A B*, e siano nel presente essempio altre sei, sì che *A C* sia settupla di essa *A B*, è manifesto che di quelle parti, delle quali la *A B* contiene tredici, tutta la *A C* ne conterrà 91; onde, presa con un compasso tutta la *A C*, l'applicheremo traversalmente, aprendo lo Strumento alli punti 91. 91, e, stringendo poi il compasso a un punto meno, cioè a li punti 90. 90, trasporteremo questa distanza dal punto *C* verso *A*; perché, notando il termine verso *A*, si lascerà la novantunesima parte di tutta la *C A*, che è la tredicesima della *B A*, fuori, pur verso il termine *A*. E così, se ci piacerà,



verremo stringendo di punto in punto il compasso all'89, 88, 87, etc., e trasporteremo questi intervalli dal termine *C* verso *A*, e si verranno di grado in grado ritrovando e notando le altre particelle della linea proposta *A B*.

Ma se finalmente la linea da dividersi fusse lunghissima, sì che eccedesse di molto la maggiore apertura dello Strumento, potremo in ogni modo prendere di essa la parte assegnataci, la quale sia, per essempio, la settima. Ora per trovarla, avendoci prima immaginati due numeri, l'uno settuplo dell'altro, quali sieno, v. g., 140 e 20, costituiscasi lo Strumento in qual si voglia apertura, e da esso presa con un compasso la distanza traversale tra li punti 140. 140, veggasi quante volte questa è compresa nella gran linea proposta; e quante volte vi è contenuta, tante volte l'intervallo traversale tra li punti 20. 20 si replichi sopra la gran linea, e si averà la sua settima parte, quando però l'intervallo, che si prese tra li punti 140, avesse misurato precisamente la data linea. Ma se non l'avesse misurata a punto, bisogneria prendere dell'avanzo la settima parte, secondo il modo di

sopra dichiarato, e questa aggiugnere a quell'intervallo che fu sopra la gran linea più volte replicato; e si averà la settima parte a capello, secondo che si desiderava.

Come di una linea proposta possiamo prendere qualunque parti ci verranno ordinate.

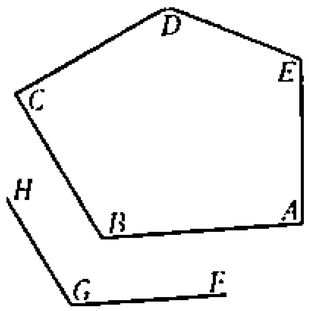
Operazione II.

La presente operazione è tanto più utile e necessaria, quanto che senza l'aiuto del nostro Strumento saria difficilissimo trovar tali divisioni; le quali però con lo Strumento in uno instante si conseguiranno. Quando dunque ci bisognasse d'una linea proposta prendere qualunque parti ci venissero ordinate, come, per essempio, delle 197 parti doviamo prendere le 113, piglisi senz'altro con un compasso la lunghezza della data linea, ed aperto lo Strumento sin che tale lunghezza si accomodi traversalmente alli punti segnati 197, e più non lo movendo, prendasi con l'istesso compasso la distanza tra li punti 113. 113; ché tanta senz'alcun dubio sarà la porzione della linea proposta, che alli centotredici centonovantasettesimi si agguaglia.

Come le medesime linee ci prestano due, anzi infinite, scale per trasportar una pianta in un'altra maggiore o minore, secondo il nostro arbitrio.

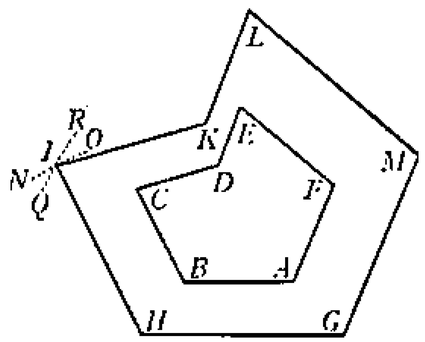
Operazione III [8].

È manifesto che qualunque volta ci bisognasse cavare da un dissegno un altro maggiore o minore secondo qual si voglia proporzione, fa di mestiero che ci serviamo di due scale esattamente divise, l'una delle quali ci serva per misurare il disegno già fatto, e l'altra per notare le linee del disegno da farsi, tutte proporzionate alle loro corrispondenti del disegno proposto; e tali due scale avremo sempre dalle linee delle quali ora parliamo: ed una d'esse sarà la linea già sopra lo Strumento dirittamente divisa e ch'ha il suo principio nel centro dello Strumento; e questa, ch'è una scala stabile, ci servirà per misurare i lati della proposta pianta: l'altra, che sarà per disegnare la nuova pianta, deve esser mobile, cioè deve potersi crescere e diminuire ad arbitrio nostro, secondo che la nuova pianta dovrà esser o maggiore o minore; e tale scala mutabile sarà quella che dalle medesime linee avremo traversalmente, stringendo o allargando il nostro Strumento. Ma per più chiara intelligenza del modo d'applicare all'uso tali linee, ne metteremo un essempio. Siaci dunque proposta la pianta *A B C D E*, alla quale se ne deve disegnare un'altra simile, ma sopra la linea *F G*, la quale sia omologa, cioè risponda alla linea *A B*. Qui è manifesto che bisogna servirsi di due scale l'una per misurar le linee della pianta *A B C D E*, e l'altra con la quale si misurino le linee della pianta da farsi, e questa deve esser dell'altra maggiore o minore secondo la proporzione della linea *F G* alla *A B*. Piglia dunque con un compasso la linea *A B*, la quale applica rettamente sopra la scala dello Strumento, ponendo un'asta del compasso nel centro dello Strumento, e l'altra sopra il punto dove cascherà, che sia, per essempio, al 60; dipoi prendi pur col compasso la linea *F G*, e posta una delle sue aste nel punto 60, apri lo Strumento sin tanto che l'altr'asta caschi giusto traversalmente sopra l'altro corrispondente punto 60: né più si muterà tale costituzione dello Strumento, ma tutti gli altri lati della pianta proposta si misureranno sopra la scala retta, ed immediatamente si prenderanno le distanze corrispondenti ad essi traversalmente, per li lati della nuova pianta. Come, *verbi gratia*, vogliamo ritrovare la lunghezza della linea *G H* rispondente alla *B C*:



[8] È la riduzione da una scala ad un'altra maggiore o minore di un disegno.

prendi col compasso la distanza *B C*, e questa applica dal centro dello Stromento rettamente sopra la scala; e fermata l'altr'asta nel punto dove casca, quale sia, per essempio, 66, volta l'altr'asta all'altro punto 66, traversalmente rispondente, secondo la cui misura taglierai la linea *G H*, che risponderà alla *B C* in quell'istessa proporzione che la linea *F G* alla *A B*. Ed avvertiscasi, che quando si volesse trasportare una pianta piccola in un'altra assai maggiore, bisognerà servirsi delle due scale con ordine opposto, cioè usare la scala retta per la pianta da farsi, e la traversale per misurar le linee della pianta proposta. Come, per essempio, aviamo la pianta *A B C D E F*, la quale vogliamo trasportare in un'altra assai maggiore, cioè sopra la linea *G H* che sia rispondente alla linea *A B*. Per aggiustar le scale prendasi la linea *G H*, e veggasi quanti punti contiene nella scala retta, e veduto contenerne, v. g., 60, prendasi la sua rispondente *A B*, ed adattisi traversalmente alli punti 60. 60, né più si muova lo Strumento: per trovar poi la linea *H I*, rispondente alla *B C*, piglia col compasso essa *B C*, e va investigando a quali punti si accomodi sopra la scala traversale; e trovato accomodarsi, per essempio, alli punti 46, piglia immediatamente l'intervallo de i punti 46 sopra la scala retta; e troverai la lunghezza della linea *H I* rispondente alla *B C*. E notisi, tanto per questa quanto per la precedente operazione, che non basta aver trovato la lunghezza *H I*, se non si trova ancora a qual punto si deve drizzare, acciò che costituisca l'angolo *H* eguale all'angolo *B*. Però, trovata che si averà essa linea *H I*, fermata un'asta del compasso nel punto *H*, si noterà con l'altra occultamente una porzione di arco, secondo che mostra la linea puntata *O I N*; di poi si piglierà l'intervallo tra 'l punto *A* e 'l punto *C*, e si cercherà quanti punti sia sopra la scala traversale; e trovato essere, v. g., 89, si prenderà rettamente



la distanza 89 col compasso; del quale fermata un'asta in *G*, si noterà con l'altra l'intersecazione dell'arco *R I Q* con l'arco primo *O I N*, fatta nel punto *I*, al quale si deve drizzar la linea *H I*: e sarà senza dubio l'angolo *H* eguale all'angolo *B*, e la linea *H I* proporzionale alla *B C*. E con tale ordine si troveranno li altri punti *K, L, M*, rispondenti all'angoli *D, E, F*.

Regola del tre risoluta col mezo del compasso e delle medesime linee aritmetiche.

Operazione IV.

Servonci le presenti linee non tanto per la resoluzione di diversi problemi lineari, quanto per alcune regole di aritmetica: tra le quali porremo questa, che risponde a quella nella quale Euclide c'insegna. Proposti tre numeri, trovare il quarto proporzionale; perché altro non è la regola aurea, che *del tre* domandano i prattici, che trovare il quarto numero proporzionale alli tre proposti. Dimostrando adunque il tutto con l'essempio, per più chiara intelligenza, diciamo:

Se 80 ci dà 120, che ci darà 100? Hai dunque tre numeri posti con quest'ordine 80 120 100: e per trovare il quarto numero che cerchiamo, prendi sopra lo Strumento rettamente il secondo numero de i proposti, cioè 120, ed applicalo trasversalmente al primo, cioè all'80; dipoi prendi trasversalmente il terzo numero, cioè 100, e misuralo rettamente sopra la scala; e quello che troverai, cioè 150, sarà il quarto numero cercato. E nota che l'istesso avverria se, in vece di prendere il secondo numero, pigliassi il terzo, e poi, in vece del terzo, pigliassi il secondo; cioè che l'istesso ci darà il secondo numero preso rettamente ed applicato al primo trasversalmente, pigliando dipoi il terzo trasversalmente e misurandolo rettamente, che ci daria il terzo rettamente preso e trasversalmente al primo applicato, pigliando poi il secondo trasversalmente e rettamente misurandolo: ché nell'uno e nell'altro modo troveremo 150. E ciò è bene aver

avvertito, perché, secondo le diverse occasioni, questo di quello o quello di questo modo di operare ci tornerà più accomodato.

Possono, circa l'operazione di questa regola del tre, occorrere alcuni casi, li quali potriano partorir qualche difficoltà se non si avvertissero, dimostrando appresso come in essi si deva procedere. E prima, potria alcuna volta occorrere che, delli 3 numeri proposti, né il secondo né il terzo, preso rettamente, si potesse applicare trasversalmente al primo: come se si dicesse: 25 mi dà 60; che darà 75? dove tanto il 60 quanto il 75 passa il doppio del primo, cioè di 25, sì che né l'uno né l'altro di essi si può, rettamente preso, applicare trasversalmente ad esso 25. Onde, per conseguire l'intento nostro, piglieremo o il secondo o il terzo rettamente, e l'applicheremo al doppio del primo trasversalmente, cioè a 50 (e quando non bastasse al doppio, l'applicheremo al triplo, al quadruplo, etc.); dipoi, pigliando l'altro trasversalmente, affermeremo che quello che ci mostrerà misurato rettamente sarà la metà (o vero la terza o quarta parte) di quello che cerchiamo. E così, nel proposto essempio, 60 preso rettamente, applicato al doppio di 25, cioè a 50, trasversalmente, e subito preso il 75, pur trasversalmente, e questo misurato rettamente, troveremo che ci darà 90; il cui doppio, ciò è 180, è il quarto numero che si cercava.

Potria in oltre occorrere che il secondo o il terzo de i numeri proposti non si potesse applicare al primo, per esser esso primo troppo grande, sì che eccedesse il numero segnato sopra le linee, cioè 250: come se dicessimo: 280 mi dà 130; che mi darà 195? In tal caso, preso rettamente il 130, si butterà trasversalmente alla metà di 280, che è 140; dipoi si prenderà trasversalmente la metà del terzo numero, cioè di 195, che è 97 e mezo, e questo spazio, misurato rettamente, ci darà 90 e mezo: che è quello che si cercava.

Un'altra cautela sarà bene che ponghiamo, per servircene quando il secondo o terzo delli numeri proposti fusse molto grande, essendo li altri due mediocri: come quando si dicesse: Se 60 mi dà 390, che mi darà 45? Preso dunque 45 rettamente, si applicherà trasversalmente al 60; e non si potendo

pigliare il 390 intero, lo piglieremo in pezzi, secondo che più ci piacerà: come, v. g., piglierò 90 trasversalmente, il quale, misurato rettamente, mi darà 67 e mezo, il che noterò da parte; piglierò poi trasversalmente 100, che, misurato rettamente, mi darà 75; e perché nel 390 vi è una volta 90 e tre volte 100, prenderò tre volte il 75 trovato, e di più 67 e mezo, che fu trovato in virtù del 90; e tutta questa somma fa 292 e mezo, per il quarto numero che si cerca.

Ultimamente non resteremo di dire come si possa operare la medesima regola in numeri picciolissimi, ben che nello Strumento non si siano potuti notare i punti dal 15 in giù, mediante la nocella che unisce e collega le aste dello Strumento. Ma in questa occasione ci serviremo delle decine de i punti come se fussero unità: sì che dicendo, per essempio: Se 10 dà 7, che darà 13? non potendo pigliar 7 per buttarlo a 10, piglieremo 70, cioè 7 decine, e lo butteremo a 10 decine, cioè a 100; e subito pigliando 13 decine, torneremo a misurar questa distanza rettamente, e la troveremo contenere punti 91, che sono 9 ed un decimo, facendo, come si è detto, che ogni decina vaglia uno. E da tutti questi avvertimenti, quando si averanno bene in prattica, si potrà facilmente investigare la soluzione di tutte le difficoltà, che ci potessero in ogni caso occorrere.

Regola del tre inversa, risoluta col mezo delle medesime linee.

Operazione V.

Con non dissimile operazione si risolveranno i quesiti della regola del tre inversa: eccone un essempio. Quella vittovaglia che basteria per mantenere 60 giorni 100 soldati, a quanti basteria giorni 75? Questi numeri, disposti alla regola, stariano in quest'ordine 60 100 75. E l'operazione dello Strumento richiede che pigli rettamente il primo numero, cioè 60, e l'applichi trasversalmente al numero terzo, cioè 75; e non movendo lo Strumento, piglia trasversalmente

il 100, che è il secondo, e misuralo rettamente, e troverai 80: qual'è il numero cercato. Dove si deve parimente avvertire, che 'l medesimo ritroveremo applicando il secondo rettamente al terzo trasversalmente, e poi misurando rettamente il primo trasversalmente preso. Devesi oltre a ciò notare, che tutti gli avvertimenti posti sopra circa la regola del tre si devono ancora in questa per l'appunto osservare.

Regola per trasmutar le monete [9].

Operazione VI.

Col mezo di queste medesime Linee Aritmetiche possiamo trasmutar ogni spezie di moneta l'una nell'altra con maniera molto facile e spedita: il che si conseguirà con l'aggiustar prima lo Strumento, pigliando rettamente il prezzo della moneta che vogliamo trasmutare, ed accomodandolo trasversalmente al prezzo di quella in cui si ha da fare la trasmutazione; come, acciò più distintamente il tutto s'intenda, dichiareremo con un essempio. Vogliamo, v. g., trasmutare scudi d'oro in ducati veneziani: e perché il prezzo o valuta dello scudo d'oro è lire 8, e la valuta del ducato lire 6, soldi 4, è necessario (poi che il ducato non è misurato precisamente dalle lire, entrandovi soldi 4) risolvere l'una e l'altra moneta, e valutarla con li soldi, considerando come il prezzo dello scudo è soldi 160, e quello del ducato 124. Per aggiustar dunque lo Strumento alla trasmutazione di scudi d'oro in ducati, piglia rettamente la valuta dello scudo, cioè 160, ed applicala, aprendo lo Strumento, trasversalmente al valore del ducato, cioè a 124, né più moverai lo Strumento: dipoi qualunque somma di scudi proposta trasmuterai in ducati, pigliando la detta somma trasversalmente e misurandola rettamente. Come, per essempio, vogliamo

[9] Si noti il valore merceologico di questa operazione, e la risonanza che perciò venne ad acquistare lo strumento nell'ambiente dei mercanti veneziani.

sapere quanti ducati faccino 186 scudi: piglia 186 per traverso e misuralo rettamente, e troverai 240; e tanti ducati faranno li detti scudi.

Regola de gl'interessi sopra interessi, che altrimenti si dice de i meriti a capo d'anno.

Operazione VII.

Assai speditamente potremo risolvere le questioni di questa regola con l'aiuto delle medesime Linee Aritmetiche, e ciò con due diverse maniere di operare, come con due seguenti essempi faremo chiaro e manifesto. Cercasi quanto siano per guadagnare 140 scudi in 5 anni a ragione di 6 per 100 l'anno, lasciando gl'interessi sopra il capitale e sopra li altri interessi, acciò che continuamente guadagnino [10]. Per trovar dunque quanto cerchiamo, piglia rettamente il primo capitale, cioè 140, e questo butta trasversalmente al 100; e senza mover lo Strumento, piglia subito, pur trasversalmente, la distanza tra li punti 106, che è il 100 con l'interesse, e torna di nuovo ad aprir lo Strumento, e questo intervallo, ch'ultimamente pigliasti col compasso, ributtalo al 100; ed aprendo un poco più il compasso, piglia trasversalmente la distanza tra li punti 106, e di nuovo aperto un poco più lo Strumento, butta questa distanza pur ora trovata al 100; ed aprendo il compasso, piglia il 106; ed in somma va replicando questa medesima operazione tante volte, quanto è il numero de gli anni del merito; ed essendo, nel presente essempio, il merito per anni cinque, devi reiterar l'operazione cinque volte. Ed in ultimo, misurando rettamente l'intervallo ch'averai preso, troverai comprender punti 187 e un terzo: e tanti scudi saranno doventati li 140 posti da principio, col guadagno de i sei per cento, nello spazio di anni cinque. E nota, che se ti tornasse più comodo di servirti, in cambio del 100

[10] È la misura della capitalizzazione degli interessi, o anatocismo.

e 106, del 200 e 212, come spesse volte occorrerà, il medesimo sarà ritrovato.

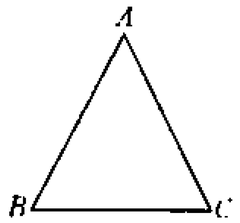
L'altro modo di operare non richiede altra mutazione nello Strumento che un solo primo accomodamento; e procedesi così. Servendoci del medesimo quesito posto sopra, per aggiustar lo Strumento piglia 100 col suo primo interesse, cioè 106, rettamente; ed aperto lo Strumento, applicalo trasversalmente al 100, né mai più moverai lo Strumento. Piglia poi trasversalmente la somma de i denari proposta, che fu 140, e misurala rettamente; e vederai già il guadagno del primo anno esser 148 e due quinti, comprendendo però anche il capitale. Per trovar il secondo anno, piglia trasversalmente questo 148 e due quinti, e senz'altro misuralo rettamente; e troverai 157 e un terzo per il secondo anno. Piglia poi questo medesimo numero 157 e un terzo trasversalmente, e torna a misurarlo rettamente; e troverai 166 e tre quarti per il capitale e guadagno del terzo anno. Torna a pigliar questo 166 e tre quarti trasversalmente, e misuralo rettamente; ed averai per il quarto anno 176 e tre quarti. Finalmente piglia questo trasversalmente, e torna a misurarlo rettamente; ed averai per il quinto anno, tra capitale e guadagno, 186 e un terzo. E così, volendo per più anni, andrai replicando l'operazione. E nota, che quando il primo capitale proposto fusse somma tale che eccedesse il numero de i punti 250, segnati sopra le Linee Aritmetiche, devi operare a pezzi, pigliando la metà, il terzo, il quarto, il quinto, o altra parte della somma proposta; ché in fine, pigliando due, tre, quattro, o cinque, o più volte, quello che trovi, verrai in cognizione di quello che desideri.

DELLE LINEE GEOMETRICHE, CHE SEGUONO APPRESSO, E LORO USI [11]:

E PRIMA, COME COL MEZO DI ESSE POSSIAMO CRESCERE O DIMINUIRE IN QUALUNQUE DATA PROPORZIONE TUTTE LE FIGURE SUPERFICIALI.

Operazione VIII.

Le linee che seguono appresso le Aritmetiche, di sopra dichiarate, sono dette Linee Geometriche, per esser divise secondo la geometrica proporzione procedente sino al 50; dalle quali trarremo diverse utilità: e prima ci serviranno per trovar il lato di una figura superficiale che ad un'altra proposta abbia una data proporzione; come saria, per essempio, sendoci proposto il triangolo *A B C*, vogliamo trovar il lato di un altro, che ad esso abbia proporzione sesquialtera. Piglinsi due numeri nella data proporzione, e siano, per essempio, 12 ed 8; e presa con un compasso la linea *B C*, adattisi, aprendo lo Strumento, alli punti delle Linee Geometriche 8. 8, e senza punto muover l'apertura, prendasi l'intervallo tra li punti 12. 12; perché, se faremo una linea di tal grandezza lato di un triangolo, rispondente alla linea *B C*, sarà la sua superficie



[11] « Le linee che seguono appresso le aritmetiche sono dette geometriche, per ciò appunto che sopra di esse sono tracciate delle divisioni secondo la proporzione geometrica procedente fino al 50. Per queste divisioni adunque, tanto a compasso chiuso come a compasso aperto comunque si voglia, sopra una qualunque delle linee vengono a trovarsi i lati omologhi di triangoli simili, multipli gli uni degli altri, vale a dire le cui aree sono successivamente doppie, triple ecc. di quella corrispondente al triangolo, la cui base è formata dalla retta avente l'unità per estremi » (A. Favaro, *op. cit.*, I, p. 216).

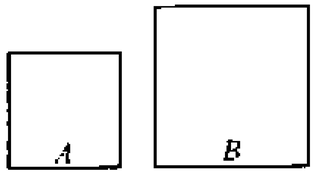
indubitatamente sesquialtera del triangolo *A B C*. E questo medesimo intendasi di ogn'altra sorte di figura; e delli cerchi ancora faremo questo medesimo, servendoci delli loro diametri o semidiametri come de i lati delle figure rettilinee. E notisi, per le persone più vulgari, che la presente operazione è quella che c'insegna crescere o diminuire tutte le piante superficiali; come, v. g., avendo una pianta, la quale contiene, per essempio, 10 campi di terreno, ne vorremmo disegnare una che ne contenesse 34. Piglia qualunque linea della pianta di 10 campi, ed applicala trasversalmente alli punti 10 delle presenti Linee Geometriche, e senza più muover lo Strumento, prendi l'intervallo trasversale tra li punti 34 delle medesime linee, e sopra una tal lunghezza descrivi la tua pianta simile alla prima, secondo la regola che di sopra nella terza operazione fu insegnato; ed averai la pianta cercata, capace precisamente di 34 campi.

Come con l'istesse linee possiamo trovare la proporzione tra due figure superficiali tra di loro simili.

Operazione IX.

Sianci, per essempio, proposti li due quadrati *A*, *B*, o vero qualunque due altre figure, delle quali le due medesime linee *A*, *B* siano lati omologhi. Volendo trovar qual proporzione abbino tra di loro le dette superficie, prendasi con un compasso la linea *B*, la quale, aprendo lo Strumento, si applichi a qual si voglia punto di esse Linee Geometriche, e sia, per essempio, al 20; dipoi, non movendo lo Strumento, prendasi col compasso la linea *A*, e questa applicata alle Linee Geometriche, veggasi a che numero si adatti; e trovato, v. g., che si aggiusti al numero 10, dirai la proporzione delle due figure esser quella che ha 20 a 10, cioè doppia. E quando la grandezza di questa linea non si accomodasse precisamente ad alcuna delle divisioni, dobbiamo rinovare l'operazione, ed, applicando ad altri punti che alli 20, tentare sin tanto che l'altra linea ancora esattamente si accomodi a

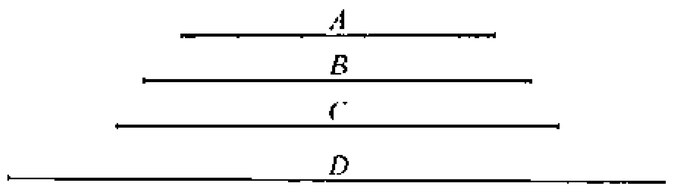
qualche punto; il che trovato, sapremo consequentemente la proporzione delle due figure assegnateci, per esser lei sempre la medesima che quella de i numeri delli due punti, alli quali le dette linee, nella medesima apertura dello Strumento, si accomodano. E quando dell'una delle due piante proposteci fusse data la capacità, si troverà il contenuto dell'altra nel medesimo modo. Come, per essempio: Essendo la pianta della linea *B* 30 campi, si cerca quanto saria la pianta *A*: accomoda la linea *B* trasversalmente ai punti 30, e vedi poi a qual numero si adatti, pur trasversalmente, la linea *A*; e tanti campi dirai contenere la pianta di essa linea *A*.



Come si possa costituire una figura superficiale simile ed eguale a molte altre simili proposteci.

Operazione X.

Sianci, per essempio, proposte tre figure simili, delle quali li lati omologhi siano le linee *A*, *B*, *C*, alle quali se ne debbe trovar una sola eguale, e pure ad esse simile. Prendi col compasso la lunghezza della linea *C*, e questa, aperto lo



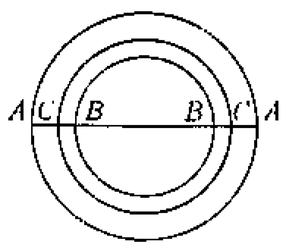
Strumento, applicherai a qual numero più ti piace delle Linee Geometriche, e sia, v. g., applicata alli punti 12. 12; dipoi, lasciato lo Strumento in tal sito, prendi la linea *B*, e vedi a che numero delle medesime linee si accomodi, che sia, per essempio, al 9; e perché l'altra si era aggiustata al 12, congiugnerai questi due numeri 9 e 12 insieme, e terrai a memo-

ria 21; piglia dipoi la terza linea *A*, e, secondo il medesimo ordine, considera a qual numero delle medesime linee trasversalmente si adatti, e trovato, v. g., adattarsi al 6, aggiugnerai 6 al 21, che salvasti, e averai in tutto 27. Piglia dunque la distanza trasversale tra li punti 27, ed averai la linea *D*; sopra la quale facendo una figura simile a le altre 3 proposte, sarà ancora di grandezza alle medesime tre insieme eguale. E col medesimo ordine ne potrai ridurre in una sola quante ne venissero proposte, pur che le proposte siano tutte simili tra di loro.

Proposte due figure simili e diseguali, trovar la terza simile ed eguale alla differenza delle due proposte.

Operazione XI.

La presente operazione è il converso della già dichiarata nel precedente capitolo; e la sua operazione sarà in tal guisa. Sianci, per essempio, proposti 2 cerchi diseguali, e del maggiore sia diametro la linea *A A*, e del minore la *B B*: volendo trovar il semidiametro del cerchio eguale alla differenza delli due *A*, *B*, prendi con un compasso la lunghezza della linea maggiore *A*, ed applicala, aprendo lo Strumento, a qual punto più ti piacerà delle Linee Geometriche, e sia, per essempio, applicata al numero 20; e non movendo lo Strumento, considera a qual punto delle medesime linee si aggiusta la linea *B*, e trovato, per essempio, accomodarsi al numero 8, sottratto questo di 20, resterà 12; e presa la distanza tra li punti 12. 12, averai la linea *C*, il cui cerchio sarà eguale alla differenza delli due *A*, *B*. E quello che si è assemplificato ne i cerchi per via de i loro semidiametri, intendasi esser l'istesso nelle altre figure simili, operando con uno de i loro dati omologhi.



Estrazione della radice quadrata con l'aiuto delle medesime linee.

Operazione XII.

Tre differenti modi di operare nell'estrazion della radice quadrata saranno nel presente capitolo dichiarati, uno per li numeri mediocri, uno per li grandi, ed il terzo per li piccioli: intendendo per i numeri mediocri quelli che sono, tanto nel meno quanto nel più, intorno al 5000; maggiori, quelli che sono intorno al 50000; minimi, quelli che sono intorno al 100. E prima faremo principio da i numeri mediocri.

Per estrar dunque e trovar la radice quadrata di un numero mezano proposto, prima devesi aggiustar lo Strumento, la qual cosa sarà con l'accomodare trasversalmente al 16 delle Linee Geometriche lo spazio di 40 punti preso rettamente dalle Linee Aritmetiche: dipoi del numero proposto leva via le due ultime figure, che dinotano le unità e le decine; e quel numero che resta, prendi trasversalmente dalle Linee Geometriche, e misuralo rettamente sopra le Aritmetiche; e quello che trovi sarà la radice quadrata del numero proposto. Come, per essempio, volendo la radice di questo numero 4630, levate le due ultime figure, cioè il 30, resta 46; però piglierai trasversalmente 46 dalle Linee Geometriche e lo misurerai rettamente sopra le Aritmetiche, e lo troverai contenere punti 68, che è la prossima radice cercata.

Ma sono in questa regola da notarsi due cose. La prima è, che quando le due ultime figure, che si levano, passassero 50, devi al numero che resta aggiungere uno: come se, v. g., volessi pigliare la radice di 4192, perché il 92 da levarsi passa 50, in luogo del 41, che restava, devi prendere 42, e nel resto seguire la regola di sopra.

L'altra cautela, che si deve osservare, è che quando quello che resta, detratte le due ultime figure, passasse 50, in tal caso, poi che la divisione delle Linee Geometriche non si estende oltre al 50, si deve del numero che resta prendere

la metà o vero altra parte, e questa distanza presa, si deve geometricamente raddoppiare o secondo il numero della detta parte multiplicare; e quell'ultimo intervallo così multiplicato, misurato rettamente sopra le Linee Aritmetiche, ti darà la radice che cerchi. Come, per essempio, vogliamo la radice di 8412: aggiustato, come è detto, lo Strumento, e detratte le due ultime figure, resta 84, il qual numero non è sopra le Linee Geometriche; però piglierai la sua metà, cioè 42: preso dunque lo spazio trasversale tra li punti 42, bisognerà che geometricamente sia raddoppiato, il che farai con aprir più lo Strumento, sin tanto che il detto spazio si adatti a qualche numero del quale sopra le medesime linee ve ne sia uno doppio; come, v. g., saria adattandolo al 20, pigliando poi l'intervallo tra li punti 40, il quale, misurato finalmente sopra le Linee Aritmetiche, ti mostrerà 91 e due terzi in circa, prossima radice del numero 8412 proposto. E se ti fusse bisognato del numero dato pigliare la terza parte, nel triplicarla poi geometricamente, l'applicherai trasversalmente ad un numero delle Linee Geometriche del quale ve ne sia un altro triplo, come saria al 10 per pigliare il 30, o al 12 per pigliar il 36.

Quanto al modo di procedere per i numeri maggiori, non si averà altra differenza dal modo precedente, se non nell'aggiustar lo Strumento e nel levar dal dato numero le tre ultime note. E l'aggiustar lo Strumento si farà pigliando 100 rettamente dalle Linee Aritmetiche, aggiustandolo poi trasversalmente alli punti 10. 10 delle Geometriche: il che fatto, volendo, v. g., la radice quadrata di 32140, tolte le tre ultime figure, resta 32, e questo piglierai trasversalmente dalle Linee Geometriche; che, misurato rettamente sopra le Aritmetiche, ti mostrerà 179, prossima radice di 32140. Avvertendo che l'istesse cautele notate nell'operazione precedente si devono per l'appunto osservare in questa: cioè, che quando le tre figure, che si detraggono, passano 500, si ha da aggiunger uno a quello che resta; e se quel che resta passa 50, se ne piglierà una parte, cioè la metà o il terzo, etc., dupplicando o triplicando, al modo dichiarato, quello che averai per la detta parte preso.

Per li numeri minori, aggiusterai lo Strumento secondo il primo modo, cioè con buttare 40 a 16, pigliando poi trasversalmente dalle Linee Geometriche il numero proposto, senza levarne figura alcuna; perché, misurando rettamente il detto spazio sopra le Linee Aritmetiche, troverai la radice cercata in numero intero ed in frazione. Ma nota che le decine delle Linee Aritmetiche ti debbono servire per unità, e le unità per decimi di unità: come, per essempio, vogliamo la radice di 30; aggiusta lo Strumento, come è detto, buttando 40, preso dalle Linee Aritmetiche rettamente, al 16 delle Geometriche trasversalmente, dalle quali, preso transversalmente la distanza delli punti 30, misurandola rettamente sopra le Aritmetiche, troverai punti 55, che importano 5 intieri e 5 decimi, cioè 5 e mezo; quanta è la prossima radice di 30. Avvertendo che in questa regola ancora si devono osservare li avvertimenti e cauzioni nelle altre due regole insegnate.

Regola per le ordinanze de gli esserciti di fronte e fianco diseguali.

Operazione XIII.

Per le ordinanze di fronte eguale al fianco ci servirà, come è manifesto, l'estrarre la radice quadrata del numero de i soldati propostoci. Ma quando volessimo formare un'ordinanza con una moltitudine assegnata di soldati, della quale la fronte ed il fianco non fussero eguali, ma si rispondessero in una data proporzione, allora, per risolvere il quesito, ci bisogna in altra maniera procedere, operando nel modo che nel seguente essempio si dichiara.

Sendoci dunque ordinato che ritroviamo la fronte ed il fianco di 4335 soldati, messi in ordinanza in maniera che per ogni cinque, che saranno nella fronte, ne siano tre nel fianco, allora, per conseguir l'intento con l'aiuto del nostro Strumento, prima, considerando i numeri della proporzione assegnataci esser 5 e 3, aggiungendo a ciascuno di loro un o,

fingeremo che importino 50 e 30. E per trovar la fronte, prenderemo rettamente con un compasso 50 dalle Linee Aritmetiche, e quest'intervallo accomoderemo trasversalmente alle Linee Geometriche, ed a quel numero che si produce dalla moltiplicazione tra di loro de i numeri della proporzione assegnata, cioè (nel presente essempio) al 15; e lasciato lo Strumento in tale stato, si prenderà trasversalmente, pur nelle medesime Linee Geometriche, la distanza tra li punti segnati dal numero che resta, detratte le decine ed unità dal numero de i soldati propostoci, che nel presente essempio è 43; e misurato tale intervallo rettamente sopra le Linee Aritmetiche, ci darà la fronte di tale ordinanza, che sarà soldati 85. E col medesimo ordine troveremo il fianco, pigliando rettamente 30 dalle Linee Aritmetiche, e buttandolo trasversalmente al 15 delle Geometriche, e da esse immediatamente pigliando, pur trasversalmente, l'intervallo tra li punti 43. 43; il quale, misurato rettamente sopra le Linee Aritmetiche, ci darà 51 per il fianco. Ed il medesimo ordine si terrà in ogni altra moltitudine di soldati, ed in qualunque altra proporzione assegnataci: avvertendo che, sì come si disse nella radice quadrata, quando le unità e decine che si levano dal numero proposto passassero 50, si deve alle centinaia, che restano, aggiugnere uno di più, etc. Né voglio tacere come, trovata che si sarà la fronte secondo la regola già dichiarata, si potria con altra regola più spedita, e con le sole Linee Aritmetiche, trovar il fianco, in questa forma operando. Già nell'essempio addotto fu trovato 85 per la fronte, e furno i numeri della proporzione 5 e 3, che è quanto se si dicesse 50 e 30, o vero 100 e 60, etc.: però quello 85, preso rettamente dalle Linee Aritmetiche, accomodisi trasversalmente al 100 delle medesime, e piglisi immediatamente l'intervallo, pur trasversale, tra li punti 60. 60 delle medesime linee; il quale, misurato rettamente, ci mostrerà il medesimo numero 51, che nell'altra maniera di operare fu ritrovato.

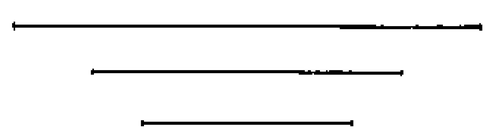
E questa operazione, che sotto l'essempio delle ordinanze aviamo dichiarata, intendasi esser la regola di uno de i

capitoli di algebra, cioè de i censi eguali al numero; onde tutti i quesiti che per esso si risolvono, si scioglieranno anco operando col nostro Strumento nella maniera già dichiarata.

INVENZIONE DELLA MEDIA PROPORZIONALE PER VIA DELLE MEDESIME LINEE.

Operazione XIV.

Con l'aiuto di queste linee e loro divisioni potremo tra due linee, o vero due numeri dati, trovare con gran facilità la linea o il numero medio proporzionale in questa maniera. Siano li due numeri, o vero le due linee misurate proposteci, l'uno 36 e l'altro 16: e presa col compasso la lunghezza dell'una, v. g., della 36, applicala, aprendo lo Strumento, alli punti 36 delle Linee Geometriche, e non movendo lo Strumento, prendi l'intervallo tra li punti 16. 16 delle medesime linee, il quale, misurato sopra la medesima scala, troverai esser punti 24; quanto appunto è il numero proporzionale tra 36 e 16. E nota che, per misurar le linee proposte, potremo servirci non solo della scala notata sopra lo Strumento, ma di qualunque altra ancora, quando quella dello Strumento fusse troppo piccola per il nostro bisogno.



Notando in oltre, che quando le linee, ed i numeri che le misurano, tra li quali vogliamo trovare il medio proporzionale, fussero assai grandi, sì che passassero il 50, che è il maggiore numero notato sopra le nostre Linee Geometriche, si potrà nondimeno conseguir l'intento, operando con parti de i proposti numeri, o con altri minori di essi, ma che abbino la medesima proporzione che hanno li primi; e la regola sarà in questo modo. Vogliamo, *verbi gratia*, pigliare il numero medio proporzionale fra 144 ed 81, li quali eccedono ambidue il cinquanta. Piglisi dalle Linee Aritmetiche 144 rettamente per applicarlo trasversalmente alle Linee

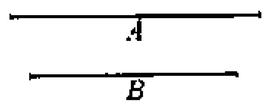
Geometriche; ma perché in esse non vi è numero così grande, piglierò imaginariamente una parte di esso numero 144, come saria, v. g., il terzo, cioè 48, e l'intervallo già preso applicherò trasversalmente alli punti 48 delle Linee Geometriche. Dipoi, imaginata la terza parte di 81, che fu l'altro numero dato, la quale è 27, piglierò tal numero pur trasversalmente dalle medesime Linee Geometriche, e questo, misurato rettamente sopra le Aritmetiche, mi darà il medio proporzionale ricercato, cioè 108.

DELLE LINEE STEREOMETRICHE;

E PRIMA COME COL MEZO DI ESSE SI POSSIN CRESCERE O DIMINUIRE TUTTI LI CORPI SOLIDI SIMILI SECONDO LA DATA PROPORZIONE.

Operazione XV.

Sono le presenti Linee Stereometriche così dette per esser la lor divisione secondo la proporzione de i corpi solidi, sino a 148 [12]; e da esse trarremo molti usi: il primo de i quali sarà il già proposto, cioè come, dato un lato di qual si voglia corpo solido, si possa trovare il lato d'un altro, che ad esso abbia una data proporzione. Come, per essempio, sia la linea *A* diametro, v. g., d'una sfera, o palla, per dirlo più vulgarmente, o vero lato d'un cubo o altro solido, e siaci proposto di dover trovar il diametro, o lato d'un altro, che a quello abbia la proporzione che ha 20 a 36: piglia col compasso la linea *A*, ed aprendo lo Strumento, applicala al punto 36 delle Linee Stereometriche: il che fatto, prendi immediatamente l'intervallo tra li punti 20. 20, che sarà la linea *B*, diametro o lato del solido, all'altro, il cui lato *A*, nella proporzione data di 20 a 36.

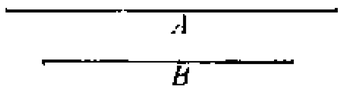


[12] « In altre parole, per trovarsi lungo essa i lati omologhi dei solidi multipli gli uni degli altri fino a 148 » (A. Favaro, *op. cit.*, I, p. 218).

Proposti due solidi simili, trovare qual proporzione abbino fra di loro.

Operazione XVI.

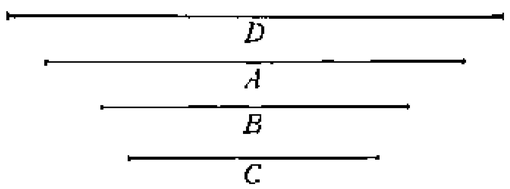
Non è la presente operazione molto differente dalle dichiarate di sopra, e puossi con gran facilità risolvere. Quando dunque ci venissero proposte le due linee *A*, *B*, e dimandato qual proporzione abbino fra di loro i lor solidi simili, prenderemo una di esse col compasso; e sia, v. g., presa l'*A*, la quale applicheremo, aprendo lo Strumento, a qualche numero delle presenti linee, e sia applicata, v. g., al 50. 50; e subito presa la lunghezza dell'altra linea *B*, veggasi a qual numero si accomodi; e trovato adattarsi, per essempio, al 21, diremo il solido *A* al solido *B* avere la proporzione di 50 a 21.



Proposti solidi simili quanti ne piacerà, trovarne un solo eguale a tutti quelli.

Operazione XVII.

Siano proposte le tre linee *A*, *B*, *C*, lati di tre solidi simili; vogliamo trovarne uno eguale a tutti quelli. Per il che fare, prendasi con un compasso la linea *A*, quale s'applichi a qualche punto delle Linee Stereometriche, e sia, per essempio, al punto 30: e non movendo lo Strumento, considera a qual numero s'adatti la linea *B*, e trovato, per essempio, adattarsi al 12, aggiugni questo numero al numero 30 già detto, fa 42; il qual numero terrai a memoria: presa dipoi con un compasso la linea *C*, considera a qual numero delle medesime linee s'accomodi, e sia, per essempio, al 6, e congiunto questo numero con l'altro 42, averemo 48: sì che pigliando l'intervallo tra li punti 48. 48, sarà trovata la linea *D*, il cui solido sarà eguale alli tre proposti *A*, *B*, *C*.



Estrazione della radice cuba.

Operazione XVIII.

Due modi differenti dichiareremo per l'investigazione della radice cuba di qualunque proposto numero.

Il primo ci servirà per i numeri mediocri, e l'altro per i massimi; intendendo per numeri mediocri quelli, da i quali tratte le unità, decine e centinaia, li numeri che restano non eccedono il 148. Per l'estrazione della radice cuba de i quali, prima s'aggiusterà lo Strumento, con l'applicare trasversalmente alli punti 64 delle Linee Stereometriche il 40 preso rettamente dalle Linee Aritmetiche: e fatto questo, leva le 3 ultime note dal numero proposto, e piglia quel che resta dalle Linee Stereometriche trasversalmente, e misuralo rettamente sopra le Aritmetiche, e quello che trovi sarà la radice cuba del numero proposto. Come, v. g., cerchiamo la radice cuba di 80216: aggiustato, come s'è detto, lo Strumento, e tolte via le tre ultime note, resta 80; piglia dunque trasversalmente 80 dalle Linee Stereometriche, e misuralo rettamente sopra le Aritmetiche, e troverai 43; quanta è la radice prossima del dato numero. E nota, che quando, detratte le tre ultime note, restasse più di 148, che è il maggior numero delle Stereometriche, allora potrai operare per parti. Come, per essempio, si cerca la radice cuba di 185840: e perché, detratte le ultime 3 note 840, resta 186 (dico 186, ben che resti 185, perché le centinaia delle tre note detratte sono più di 5, cioè più di mezo migliaio, onde, pigliandolo per un migliaio intero, fo che quel che resta sia 186, cioè uno di più), che eccede il 148, piglieremo la sua metà, cioè 93,

trasversalmente dalle Stereometriche già aggiustate; e questo spazio preso si doverà stereometricamente duplicare, cioè applicarlo a qualche numero delle medesime Stereometriche trasversalmente, del qual ne sia uno doppio; e questo, preso pur trasversalmente, e misuratolo sopra la scala Aritmetica, sarà la radice che si cercava. Stando dunque nell'essempio proposto, applicheremo lo spazio, tra li punti 93 già preso, v. g., al 40 delle Linee Stereometriche, pigliando poi l'80, che, misurato sopra le Linee Aritmetiche, ci mostrerà 57; ch'è la prossima radice del numero proposto.

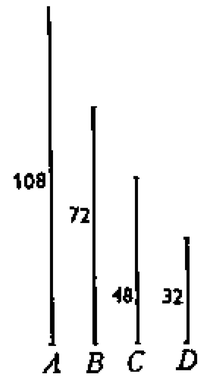
L'altro modo di operare per li numeri massimi sarà con aggiustare lo Strumento applicando la distanza di 100 punti, presa rettamente dalle Linee Aritmetiche, al 100 delle Stereometriche trasversalmente; e sarà aggiustato. Dipoi dal proposto numero devi levare le quattro ultime note, ed il numero che resta prendere trasversalmente da esse Linee Stereometriche, e misurarlo rettamente sopra le Aritmetiche: come, per essempio, sendoci proposto il numero 1404988, avendo già aggiustato lo Strumento al modo detto, e detratte le quattro ultime note, resta 140; il qual numero, preso trasversalmente dalle Linee Stereometriche, e misurato rettamente sopra l'Aritmetiche, ci darà 112, radice prossima del numero proposto. Non ci scordando, che quando le tre note rimanenti importassero più di 148, numero maggiore delle nostre linee, si deve operare per parti, come nell'altra regola superiore fu avvertito.

Invenzione delle due medie proporzionali.

Operazione XIX.

Quando ci fussero proposti due numeri, o due linee misurate, tra le quali dovessimo trovare due altre medie proporzionali, potremo ciò esseguire facilmente col mezo delle presenti linee; e ciò con questo essempio si farà chiaro. Dove ci vengono proposte le due linee *A*, *D*, delle quali l'una sia,

per essempio, 108 e l'altra 32: e presa la maggiore con un compasso, adattisi, aperto lo Strumento, alli numeri 108. 108; e poi prendasi l'intervallo tra li punti 32. 32, il quale sarà la lunghezza della seconda linea *B*, che, misurata con la medesima scala con la quale furono misurate le proposte linee, si troverà esser 72; e per trovarne la terza linea *C*, adattisi pure di nuovo, sopra le medesime Linee Stereometriche, la linea *B* alli punti 108. 108, e tornisi di nuovo a pigliare la distanza tra li punti 32. 32, che tale sarà la grandezza della terza linea *C*; e misurata sopra la medesima scala, si troverà essere punti 48. E notisi che non è necessario il prender prima la maggior linea più che la minore; ma nell'uno e nell'altro modo operando, sempre si troverà l'istesso.



Come ogni solido parallelepipedo si possa col mezo delle linee stereometriche ridurre in cubo.

Operazione XX.

Siaci proposto il solido parallelepipedo, le cui dimensioni siano diseguali, cioè 72, 32 e 84: cercasi il lato del cubo ad esso eguale. Piglia il medio proporzionale fra 72 e 32, nel modo dichiarato di sopra nell'operazione XIV, cioè piglia 72 rettamente dalla scala Aritmetica, e buttalo trasversalmente al 72 delle Linee Geometriche; ma perché non vanno tant'oltre, buttalo alla metà, cioè al 36: e subito prendi pur trasversalmente l'altro numero dalle medesime linee, cioè 32; anzi pur, per dir meglio, piglia la sua metà, cioè il 16 (avendo buttato il primo 72 alla sua metà parimente); e questo che troverai, sarà, come è manifesto, il numero medio proporzionale tra 72 e 32: misuralo dunque sopra le Linee Aritmetiche, e lo troverai esser 48; onde lo butterai trasversal-

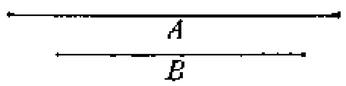
mente a questo medesimo numero 48 delle Linee Stereometriche; e senza muovere poi lo Strumento, prendi pur trasversalmente il terzo numero del solido proposto, cioè l'84, e sarà finita l'operazione, perché facendo questa tal linea lato di un Cubo, quello sarà veramente eguale al solido proposto; e misurandola sopra la scala Aritmetica, la troverai esser 57 e mezo in circa.

ESPLICAZIONE DELLE LINEE METALLICHE NOTATE APPRESSO LE STEREOMETRICHE [13].

Operazione XXI.

Sono le presenti linee segnate con alcune divisioni, alle quali sono aggiunti questi caratteri: *Or. Pi. Ar. Ra. Fe. St. Ma. Pie.*, che significano *Oro, Piombo, Argento, Rame, Ferro, Stagno, Marmo, Pietra.* Dalle quali si hanno le proporzioni e differenze di peso, che si trovano fra le materie in esse notate: in guisa che, costituito lo Strumento in qual si voglia apertura, gl'intervalli che cascano fra i punti l'uno all'altro corrispondenti, vengono ad esser diametri di palle, o lati d'altri corpi tra loro simili ed eguali di peso; cioè, che tanto sarà il peso di una palla d'oro il cui diametro sia eguale alla distanza *Or. Or.*, quanto d'una di piombo il cui diametro sia l'intervallo tra li punti *Pi. Pi.*, o una di marmo il cui diametro sia la distanza tra li punti *Ma. Ma.*

Dal che possiamo in un istante venir in cognizione, quanto grande si doveria far un corpo d'una delle sopranotate materie, acciò fosse in peso eguale ad un altro simile, ma di altra delle materie dette; la qual operazione addimanderemo trasmutazione della materia. Come se, per essempio, la linea *A* fosse diametro d'una palla di stagno, e noi volessimo trovare il



[13] Con queste linee « metalliche », come si vedrà, è possibile stabilire la proporzione fra corpi di materie diverse mediante l'applicazione del principio del peso specifico, a cui già Galilei aveva dedicato nel 1586 la sua attenzione (cfr. *La Bilancetta*, pp. 49-57).

diametro d'un'altra d'oro, a quella in peso eguale, prenderemo con un compasso la linea *A*, e questa applicata, aprendo lo Strumento, alli punti *St. St.*, piglieremo immediate l'intervallo tra li punti *Or. Or.*; e tale sarà il diametro della palla di oro, cioè la linea *B*, eguale all'altra di stagno. Ed il medesimo intendasi di tutti gli altri corpi solidi, e delle altre materie notate. Ma se congiugneremo l'uso di queste linee con quello delle precedenti, ne caveremo molte comodità maggiori; come di sotto si dichiarerà. E prima

CON LE LINEE PREDETTE POTREMO RITROVAR LA PROPORZIONE CHE HANNO IN PESO TRA DI LORO TUTTI LI METALLI ED ALTRE MATERIE NELLE LINEE METALLICHE NOTATE.

Operazione XXII.

Vogliamo, per essempio, trovare qual proporzione abbino fra di loro in peso questi due metalli, argento ed oro. Prendi con un compasso la distanza tra 'l centro dello Strumento ed il punto notato *Ar.*, e questa, aperto lo Strumento, applica a qual più ti piace de i numeri delle Linee Stereometriche, e sia, per essempio, applicata alli punti 100. 100; dipoi, senza punto muover lo Strumento, piglia la distanza tra 'l centro del medesimo Strumento ed il punto *Or.*, e questa vedi a che numero s'accomodi sopra le Linee Stereometriche; e trovato, per essempio, adattarsi alli punti 60. 60, dirai la proporzione del peso dell'oro a quello dell'argento esser in spezie come 100 a 60. E nota che, nell'operare, li diametri presi ed applicati alle Linee Stereometriche ti mostreranno la proporzione in peso de i loro metalli permutatamente, cioè, come nell'addotto essempio s'è veduto, dal diametro dell'argento ti viene denotato il peso dell'oro, e da quello dell'oro il peso dell'argento: e così venghiamo ad intendere come l'oro è più grave dell'argento a ragione di 40 per 100, essendo che 40 è la differenza tra li due pesi ritrovati per l'oro e per l'argento.

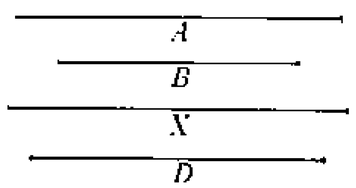
Dal che possiamo venir in cognizione della resoluzione d'un quesito molto bello: che è, propostaci qual si voglia figura di una delle materie notate nelle Linee Metalliche, trovare quanta di un'altra delle dette materie ve ne bisognerà per formarne un'altra a quella eguale; come, v. g., abbiamo una statua di marmo; vorremmo sapere quanto argento v'anderia per farne una della medesima grandezza. Per il che trovare, farai pesare quella di marmo, e sia il suo peso, v. g., 25 libre; poi piglia la distanza tra 'l centro dello Strumento ed il punto *Ar.*, che è la materia della statua futura, e questo applicherai, aprendo lo Strumento, alle Linee Stereometriche, ed al punto segnato col numero del peso della statuetta, cioè alli punti 25. 25; e, non movendo lo Strumento, piglierai la distanza tra 'l centro ed il punto *Ma.*, e questa vedrai a che numero, pur trasversalmente, delle Linee Stereometriche si accomodi; e trovato come s'adatta alli punti 96. 96, dirai 96 libre d'argento esser necessarie per fare la statua eguale in grandezza all'altra di marmo.

CONGIUGNENDO GLI USI DELLE LINEE METALLICHE E STEREOMETRICHE, DATI DUE LATI DI DUE SOLIDI SIMILI E DI DIVERSE MATERIE, TROVARE QUAL PROPORZIONE ABBINO FRA DI LORO DETTI SOLIDI IN PESO.

Operazione XXIII.

È la linea *A* diametro d'una palla di rame, e la *B* diametro di una di ferro; vorremmo sapere qual proporzione hanno fra di loro in peso. Prendi col compasso la linea *A*, ed aperto lo Strumento applicala alli punti delle Linee Metalliche segnati *Ra. Ra.*; e senza alterare tal apertura prendi immediatamente la distanza tra li punti *Fe. Fe.*, che sarà quanto la linea *X*: la quale se sarà eguale alla *B*, diremo li due solidi *A*, *B* essere di peso eguali; ma trovata la *X* diseguale alla *B*, ed essendo diametro d'una palla di ferro

eguale in peso all'A, è manifesta cosa, che la medesima differenza sarà tra le due palle A, B che è tra l'X, B. E perché X e B sono della medesima materia, troverassi la loro differenza facilmente con le Linee Stereometriche, come di sopra nell'operazione XVI s'è dichiarato: cioè prenderemo la linea X, e l'applicheremo, aprendo lo Strumento, a qualche numero, come, v. g., al 30; il che fatto, si considererà a quale s'aggiusti la linea B; e trovato, per essempio, accomodarsi al 10, diremo la palla di rame A esser tripla della di ferro B.



Il converso della precedente operazione si potrà con pari facilità con le medesime linee ritrovare; cioè, come, dato il peso ed il diametro, o lato, d'una palla, o altro solido, di una delle materie notate sopra lo Strumento, si possa trovare la grandezza d'un altro solido simile, e di qualunque altra delle dette materie, e che pesi qual si voglia peso propostoci. Come, per essempio, essendo la linea X diametro d'una palla di marmo che pesa 7 libre, trovisi il diametro d'una di piombo che ne pesi 20. Qui si vede come doviamo fare due operazioni: l'una, trasmutare il marmo in piombo; e l'altra, crescere il peso di 7 sino al 20. La prima operazione si farà con le Linee Metalliche, accomodando il diametro X alli punti del marmo trasversalmente, pigliando poi, senza muover lo Strumento, l'intervallo tra li punti del piombo, che sarà la grandezza del solido di piombo che peserebbe quanto il proposto di marmo, cioè libre 7. Ma perché volevamo libre 20, ricorreremo all'aiuto delle Linee Stereometriche: ed applicato questo intervallo trasversalmente alli punti 7. 7, prenderemo subito la distanza, pur trasversale, tra li punti 20, che sarà eguale alla linea D; la quale senza dubio verrà ad esser il lato della figura solida di piombo, che peserà libre 20.

Come queste linee ci servono per calibro da bombardieri accomodato universalmente a tutte le palle di qual si voglia materia ed a tutti li pesi [14].

Operazione XXIV.

Manifestissima cosa è, diverso esser il peso di diverse materie, ed assai più grave esser il ferro della pietra, ed il piombo del ferro; dal che ne séguita, che, dovendosi tirare con l'artigliaria tal ora palle di pietra, altre volte di ferro, o ancora di piombo, il medesimo pezzo che porti tanto di palla di piombo, porterà meno di ferro, e molto meno di pietra, e che, per conseguenza, diverse cariche per le diverse palle se li dovranno dare; laonde quelle sagome, o calibri, sopra i quali fussero notati i diametri delle palle di ferro con li pesi loro, non potranno servirci per le palle di pietra, ma bisognerà che le misure di detti diametri s'accreschino o diminuischino, secondo le diverse materie. In oltre è manifesto che appresso diversi paesi s'usano diversi pesi, anzi che non solamente in ogni provincia, ma quasi in ogni città, sono differenti: dal che ne séguita, che quel calibro, che fusse accomodato al peso d'un luogo, non potrà servirne al peso d'un altro; ma secondo che le libre saranno maggiori o minori in uno ch'in un altro luogo, bisognerà che le divisioni del calibro ottenghino maggiori o minori intervalli. Dal che possiamo concludere, che un calibro che si adatti ad ogni sorte di materia e ad ogni differenza di peso bisogna che per necessità sia mutabile, cioè che si possa crescere e diminuire: e tale a punto è quello che nel nostro Strumento vien segnato, perché, aprendo più o meno, si crescono o

[14] L'interesse costantemente rivolto da Galilei alle esigenze della vita sociale e politica lo porta ad affrontare, in sede teorica, la soluzione di varie questioni particolari suscitate dalle necessità pratiche e a rivolgere immediatamente le soluzioni teoriche alle concrete circostanze della vita: ecco questo continuo riferimento delle operazioni del compasso ai casi della vita militare.

diminuiscono gl'intervalli, che tra le divisioni d'esso si ritrovano, senza punto alterar le loro proporzioni.

Ed avendo tali cose in universale dichiarate, passeremo all'applicazione particolare di questo calibro a tutte le differenze di pesi, ed a tutte le materie diverse. E perché non si può venir in cognizione d'alcuna cosa ignota senza il mezo di qualch'altra conosciuta, fa di mestiero che ci sia noto un solo diametro d'una palla di qual si voglia materia, e di qual si voglia peso rispondente alle libre, che nel paese dove vogliamo usare lo Strumento si costumano: dal qual solo diametro verremo, col mezo del nostro calibro, in cognizione del peso di qual si voglia altra palla e di qualunque altra materia; intendendo però delle materie sopra lo Strumento notate.

Ed il modo di conseguir tal cognizione faremo facilmente con un esempio manifesto. Supponghiamo, v. g., esser in Venezia, e di voler quivi servirci del nostro calibro per riconoscer la portata d'alcuni pezzi d'artigliaria; prima procureremo d'aver il diametro ed il peso di una palla di alcuna delle materie sopra detto Strumento segnate; e, per essempio, supporremo d'avere il diametro d'una palla di piombo di libre 10, al peso di Venezia: il qual diametro noteremo con due punti nella costa d'un'asta dello Strumento. Quando dunque vorremo accomodare ed aggiustare il calibro in maniera che, presa la bocca d'un pezzo d'artigliaria, e trasportata sopra esso calibro, conosciamo quante libre di palla di piombo essa porti, non dovremo far altro salvo che prender col compasso quel diametro di 10 libre di piombo, già sopra la costa dello Strumento segnato, ed aprir poi lo Strumento tanto che detto diametro s'aggiusti alli punti delle Linee Stereometriche segnati 10. 10: le quali, così aggiustate, ci serviranno per calibro esattissimo; tal che, preso il diametro della bocca di qualsivoglia artigliaria, e trasferitolo sopra detto calibro, dal numero de i punti, a i quali s'adatterà, conosceremo quante libre di palla di piombo porti la detta artigliaria. Ma se volessimo aggiustare lo Strumento sì che il calibro rispondesse alle palle di ferro, allora prenderemo pur l'istesso diametro delle 10 libre di piombo sopra la costa notato, e dipoi l'applicheremo a i punti delle Linee Metalliche

segnate *Pi. Pi.*; e, senza alterare lo Strumento, piglieremo con un compasso l'intervallo tra i punti segnati *Fe. Fe.*, il quale sarà il diametro d'una palla di ferro di 10 libre; e questo diametro, aprendo lo Strumento, s'applicherà a i punti delle Linee Stereometriche, segnati 10. 10; ed allora saranno dette linee esquisitamente accomodate per calibro delle palle di ferro. E con simile operazione si aggiusterà per le palle di pietra.

E notisi che, occorrendoci notare sopra la costa dello Strumento diversi diametri di palle rispondenti alle libre di varii paesi, per fuggire la confusione, noteremo sempre diametri di palle di piombo di 10 libre di peso, li quali troveremo esser maggiori o minori secondo la diversità delle libre. Ed il segnare tali diametri, senza obligarci a ritrovare attualmente palle di piombo di 10 libre di peso, non ci sarà difficile, per quello che di sopra nella operazione XXIII si è insegnato: dove, dato un diametro d'una palla di qual si voglia peso e di qualunque materia, s'è veduto come si trovi il diametro d'un'altra d'ogni altro peso e di qual si voglia altra materia, intendendo però sempre delle materie sopra le Linee Metalliche notate; tal che, ritrovandoci noi in qual si voglia paese, pur che troviamo una palla di marmo, di pietra, o d'altra materia sopra lo Strumento segnata, potremo in un subito investigare il diametro di una palla di piombo di 10 libre di peso.

Come, proposto un corpo di qual si voglia materia, possiamo ritrovare tutte le misure particolari di uno di altra materia, e che pesi un dato peso [15].

Operazione XXV.

Tra gli usi che da queste medesime linee si possono cavare, uno è questo, col quale possiamo crescere o diminuire le figure solide secondo qual si voglia proporzione, non

[15] I molteplici usi del compasso, in relazione ai corpi metallici, indicano fin d'ora l'interesse di Galilei verso l'esame delle caratteristiche e delle qualità dei metalli e in genere dei corpi, che saranno oggetto delle prime due giornate dei *Discorsi intorno a due nuove scienze* (cfr. vol. II, pp. 553 segg.).

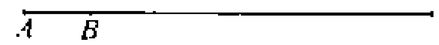
mutando, o vero mutando, la materia: il che dal seguente essempio s'intenderà. Ci viene presentato un piccolo modello d'artigliaria fatto, v. g., di stagno, e noi aviamo bisogno di cavare da tal modello tutte le misure particolari per un pezzo grande fatto di rame, e che pesi, per essempio, 5000 libre. Prima faremo pesare il piccolo modello di stagno, e sia il suo peso libre 17. Dipoi prenderemo una delle sue misure, qual più ci piacerà, e sia, v. g., la sua grossezza alla gioia, la quale applicheremo, aprendo lo Strumento, alli punti *St. St.* delle Linee Metalliche (essendo questa la materia del modello propostoci); e perché il pezzo grande deve farsi di rame, prenderemo immediatamente la distanza tra li punti *Ra. Ra.*, la quale saria la grossezza della gioia d'una artigliaria di rame, quando quella dovesse pesare quanto l'altra di stagno. Ma perché deve pesare libre 5000, e non 17 come l'altra, però ricorreremo alle Linee Stereometriche, sopra le quali applicheremo quell'intervallo pur ora preso tra li punti *Ra. Ra.* alli punti segnati 17. 17; e, non movendo lo Strumento, piglieremo l'intervallo de i punti 100. 100, che saria la grossezza alla gioia d'un pezzo di 100 libre di peso. Ma noi vogliamo che sia di libre 5000; però questa distanza si deve augumentare secondo la proporzione quinquagecupla: onde, aprendo più lo Strumento, la metteremo a qualche numero, del quale ve ne sia un altro 50 volte maggiore; come saria se l'applicassimo alli punti 2. 2, pigliando poi l'intervallo tra li punti 100. 100, il quale senz'alcun dubbio sarà la misura della grossezza, che deve darsi alla gioia. E con tal ordine si ritroveranno tutte le misure particolari di tutti li altri membri, come della gola, de gli orecchioni, della culatta, etc.

Né meno resteremo di ritrovare la lunghezza dell'artigliaria, ancorché non possiamo aprire il nostro Strumento sino a tanto spazio. E per trovarla, del piccolo modello non piglieremo l'intera lunghezza, ma solo una sua parte, come saria l'ottava o la decima, etc.; la quale accresciuta con l'ordine pur ora dichiarato, ci rappresenterà in fine l'ottava o decima parte di tutta la lunghezza dell'artigliaria grande.

Ma qui potria per avventura a qualch'uno nascer difficoltà, se dalle nostre Linee Metalliche, nel modo che si sono

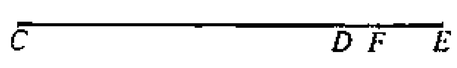
trovate le dette misure trasmutando l'uno nell'altro metallo semplice, così si potesse far l'istesso in una allegazione di due metalli, come a punto quando nell'essempio sopraposto volessimo formare il pezzo non di rame schietto, ma di metallo misto di rame e di stagno, come anco comunemente si costuma di fare: onde noi, per intera sodisfazione, mostreremo potersi, con l'aiuto delle medesime Linee Metalliche, ritrovare le medesime misure in qual si voglia allegazione, non altrimente che in un semplice metallo. E ciò si farà con l'aggiugner due piccolissimi punti sopra le Linee Metalliche; dico piccolissimi, acciò che ad arbitrio nostro, di poi che ce ne saremo serviti, possiamo cancellarli: e dato, per essempio, che il pezzo dell'artigliaria che vogliamo fare, non di rame puro, come di sopra si suppose, ma di bronzo, dovesse esser gettato, la cui lega fusse per ogni 3 di rame uno di stagno, allora verremo con diligenza dividendo, tanto dall'una quanto dall'altra parte, quella breve linea che è tra li punti segnati *Ra.* e *Sta.* in quattro particelle, delle quali tre se ne lascieranno verso lo stagno ed una sola verso il rame, e quivi si farà il punto apparente: del qual punto (segnato, come si disse, tanto nell'una quanto nell'altra Linea Metallica) ci serviremo per la trasmutazione del metallo, non altrimenti che ci servimmo di sopra de i punti *Ra. Ra.* E con simil regola si potranno, secondo l'occorrenze, segnare nuovi punti di allegazioni di qual si voglino due metalli, e secondo qual si voglia lega.

Ma non saria fuori di proposito e senza comodo notabile, ed in particolare quando s'abbia da fare la trasmutazione in metallo misto ed allegato di due altri secondo qualunque proporzione, l'avertire, che quando si sia trovata una sola delle misure che si ricercano, con l'operare con somma esquisitezza nel modo dichiarato di sopra, si potranno, in virtù di questa unica misura ritrovata, investigare poi tutte l'altre con l'aiuto delle Linee Aritmetiche, con modo non molto differente da quello che nell'operazione terza fu dichiarato. Come, per essempio, era la linea *A* il diametro, o, vogliamo dire, la grossezza alla gioia,



del modello d'artigliaria propostoci; e si trovò la linea *B* per grossezza della gioia dell'artigliaria di libre 5000, da farsi di metallo che tenga tre di rame e due di stagno. Dico adesso, che per trovar tutte l'altre dimensioni che restano, ci potremo prevalere delle Linee Aritmetiche, pigliando la linea *B* ed applicandola per traverso a che punto ci piace di esse Linee Aritmetiche, e quanto maggior numero piglieremo, meglio sarà; laonde l'applicheremo, v. g., all'ultimo punto, cioè al 250: e non movendo lo Strumento, vederemo a qual punto s'accomodi, pur trasversalmente, la linea *A*, che sia, v. g., al 44; dal che vegniamo in cognizione, come, essendo la misura *A* del modello punti 44, quella che gli ha da rispondere del pezzo reale deve essere 250 de i medesimi punti. E questa medesima proporzione ha da esser osservata in ciascheduna altra misura: onde per trovare, per essempio, la grossezza del pezzo reale nella gola, prenderai tal grossezza dal piccolo modello, ed applicala trasversalmente alli punti 44 delle Linee Aritmetiche, prendendo poi, pur trasversalmente, la distanza fra il punti che sarà la grossezza della gola dell'artigliaria grande. E col medesimo ordine si troveranno tutte l'altre misure.

In oltre per trovare facilissimamente e con somma esquisitezza la linea *B* prima, che risponda al punto della lega delli due metalli assegnati, si potrà proceder così: ritrovando prima separatamente le due misure semplici, che respondino l'una allo stagno e l'altra al rame, come le due linee *C D*, *C E*, delle quali *C D* sia la misura rispondente al rame puro, e la *C E* al puro stagno, sì che la differenza loro sia la linea *D E*, la quale si dividerà secondo la proporzione assegnata per la lega: come, volendo 3 di rame e 2 di stagno, si taglierà la linea *D E* nel punto *F*, in maniera che la *F E* verso lo stagno sia 3 parti, e la *F D* verso il rame parti 2; che si farà col dividere tutta la *D E* in cinque parti, lasciandone 3 verso *E* e 2 verso *D*: e la linea *C F* sarà la nostra principale, qual fu poco di sopra la linea *B*; secondo la ragion della quale, col semplice mezo delle Linee Aritmetiche, si troveranno tutte l'altre misure, senza più ricorrere ad altre Linee Metalliche o Stereometriche, nel modo che si è insegnato nella terza operazione.



DELLE LINEE POLIGRAFICHE,

E COME CON ESSE POSSIAMO DESCRIVERE I POLIGONI REGOLARI, CIOÈ LE FIGURE DI MOLTI LATI ED ANGOLI EGUALI [16].

Operazione XXVI.

Volgendo lo Strumento dall'altra parte, ci si rappresentano le linee più interiori, nominate Poligrafiche dal loro uso principale, che è di descrivere sopra una linea proposta figure di quanti lati ed angoli eguali ci verrà ordinato. E questo facilmente conseguiremo pigliando con un compasso la lunghezza della linea data, la quale si adatterà alli punti segnati 6. 6; dipoi, senza muover lo Strumento, piglieremo l'intervallo tra i punti notati col numero che numera i lati della figura che descrivere vogliamo: come, v. g., per descrivere una figura di 7 lati, prenderemo l'intervallo tra li punti 7. 7, il quale sarà il semidiametro del cerchio che comprenderà l'eptagono da descriversi; sì che, posta un'asta del compasso ora sopra l'uno ed ora sopra l'altro termine della linea data, faremo sopra di essa un poco d'intersecazione con l'altra, e quivi fatto centro, descriveremo con l'istessa apertura un cerchio occulto, il quale, passando per i termini della data linea, la riceverà 7 volte a punto nella sua circonferenza; onde l'eptagono ne venga descritto.

[16] « Così denominate dal loro uso principale, che è di descrivere sopra una linea proposta figure regolari di quanti lati ed angoli si vogliano, e quindi anche di dividere il cerchio in quel numero di parti che meglio aggrada » (A. Favaro, *op. cit.*, I, p. 219).

Divisione della circonferenza del cerchio in quante parti ci piacerà.

Operazione XXVII.

Con queste linee si dividerà la circonferenza in molte parti, operando per il converso della precedente operazione, pigliando il semidiametro del cerchio dato, ed applicandolo al numero delle parti nelle quali si ha da dividere il cerchio, pigliando poi sempre l'intervallo de i punti 6. 6, il quale dividerà la circonferenza nelle parti che si volevano.

LE OPERAZIONI DEL COMPASSO GEOMETRICO, ET MILITARE.

DI

GALILEO GALILEI

NOBIL FIORENTINO

LETTOR DELLE MATEMATICHE nello Studio di Padoua.

Dedicate

AL SERENISS. PRINCIPE DI TOSCANA

D. COSIMO MEDICI.

IN PADOVA,

In Casa dell'Autore, Per Pietro Marinelli. M D C V I.

Con licenza de i Superiori.

Frontespizio delle *Operazioni del compasso geometrico et militare*

ESPLICAZIONE DELLE LINEE TETRAGONICHE,

E COME COL MEZO D'ESSE SI QUADRI IL CERCHIO ED OGNI ALTRA FIGURA REGOLARE, E PIÙ COME SI TRASMUTINO TUTTE L'UNA NELL'ALTRA.

Operazione XXVIII.

Sono queste Linee Tetragoniche così dette dal loro uso principale, che è di quadrare tutte le superficie regolari, ed il cerchio appresso; e ciò si fa con facilissima operazione. Imperò che, volendo costituire un quadrato eguale a un dato cerchio, altro non doviamo fare salvo che prendere con un compasso il suo semidiametro, ed a questo, aprendo lo Strumento, aggiustare li due punti delle Linee Tetragoniche segnati con li due piccoli cerchietti; e non movendo lo Stromento, se si prenderà col compasso l'intervallo tra i punti delle medesime linee segnate 4. 4, si averà il lato del quadrato eguale al dato cerchio. E non altrimenti, quando volessimo il lato del pentagono, o dello esagono, eguali al medesimo cerchio, si prenderà la distanza tra i punti 5. 5, o quella tra i punti 6. 6; che tali sono i lati del pentagono, o dell'esagono, eguali al medesimo cerchio.

In oltre, quando volessimo per il converso, dato un quadrato o altro poligono regolare, trovar un cerchio ad esso eguale, preso un lato dal detto poligono, ed accomodatolo al punto delle Linee Tetragoniche rispondente al numero de i lati della figura proposta, si prenderà, senza movere lo Strumento, la distanza tra le note del cerchio; la quale, fatta semidiametro, descriverà il cerchio eguale al dato poligono. Ed in conclusione, con quest'ordine potrassi ritrovare il lato di qual si voglia figura regolare, eguale a qualunque altra propostaci. Come, v. g., dovendo noi costituire un ottangolo eguale a un dato pentagono, s'aggiusterà lo Strumento sì

che il lato del pentagono proposto s'accomodi alli punti 5. 5; e non mutando lo Strumento, l'intervallo fra li punti 8. 8 sarà il lato dell'ottangolo, che si cercava.

Come proposte diverse figure regolari, ben che tra di loro dissimili, se ne possa costituire una sola eguale a tutte quelle.

Operazione XXIX.

La resoluzione del presente problema depende dalla precedente operazione e dalla X di sopra dichiarata. Per ciò che essendoci, v. g., proposte queste figure, un cerchio, un triangolo, un pentagono, ed un exagono, ed imposto che troviamo un quadrato eguale a tutte le dette figure, prima, per l'operazione precedente, troveremo separatamente 4 quadrati eguali alle 4 dette figure; dipoi, col mezo dell'operazione X, troveremo un solo quadrato eguale a quelli 4, il quale senz'alcun dubio sarà eguale alle 4 figure proposte.

Come si possa costituire qual si voglia figure regolare eguale ad ogn'altra irregolare, ma rettilinea, figura proposta.

Operazione XXX.

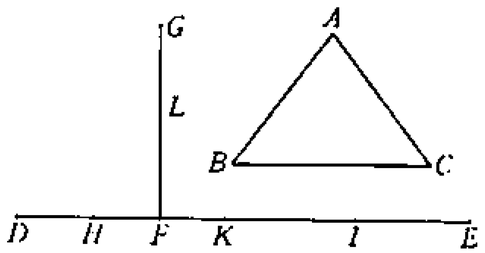
La presente operazione è non meno utile che curiosa, insegnandoci il modo, non pure di riquadrare tutte le superficie irregolari, ma di ridurle o in cerchio o in qual si voglia altra figura regolare. E perché ogni rettilineo si risolve in triangoli, quando noi sapremo costituire un quadrato eguale a qual si voglia triangolo, costituendo noi separatamente quadrati particolari eguali a ciaschedun triangolo ne i quali il rettilineo dato si risolve, e poi, con l'operazione X riducendo tutti questi quadrati in un solo, sarà, come è manifesto, ritrovato il quadrato eguale al proposto rettilineo; il

qual quadrato col mezo delle Linee Tetragoniche potremo ad arbitrio nostro convertire in un cerchio, in un pentagono, o in altra figura rettilinea regolare. Si è dunque la resoluzione del presente quesito ridotta a dover noi trovare un quadrato eguale a qual si voglia triangolo proposto; il che con modo facilissimo si averà dal lemma seguente.

Lemma per le cose dette di sopra.

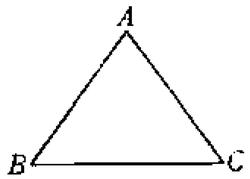
Operazione XXXI.

Siaci dunque proposto di dover costituire un quadrato eguale al dato triangolo *A B C*. Pongansi da parte due linee ad angoli retti *D E*, *F G*: dipoi con un compasso da quattro punte, che da una parte apra il doppio dell'altra, fermata nell'angolo *A* una delle maggiori aste, slarghisi l'altra sin che, girata intorno, rada la linea opposta *B C*; dipoi voltando il compasso, notisi con le aste più brevi la distanza *F H*, che sarà la metà della perpendicolare cadente dall'angolo *A* sopra il lato opposto *B C*. Il che fatto, prendasi pure con le maggiori aste la linea *B C*, la quale si trasporti in *F I*; e fermata una delle maggiori aste nel punto *I*, slarghisi l'altra sino al punto *H*; e volgendo il compasso, senza stringerlo o allargarlo, segnisi con le punte della metà la distanza *I K*; e fermata una di queste punte in *K*, taglisi con l'altra la perpendicolare *F G* nel punto *L*: ed averemo la linea *L F*, lato del quadrato eguale al triangolo *A B C*.



Ma notisi che, se bene aviamo messa questa operazione fatta linealmente senza lo Strumento, non è però che sopra lo Strumento ancora non si possa facilissimamente ritrovare. Imperò che, quando vorremo ridurre qualunque triangolo in quadrato, come, per essempio, il triangolo *A B C*, allora,

presa dall'angolo *A* la perpendicolare cadente sopra il lato opposto *B C*, considereremo sopra la scala Aritmetica quanti punti contenga, e trovato contenerne, v. g., 45, applicheremo questa distanza trasversalmente al 45 dalle Linee Geometriche; pigliando poi la metà della linea *B C*, considereremo parimente quanti punti della medesima scala Aritmetica essa comprenda, e trovato contenerne, per essempio, 37, piglieremo trasversalmente dalle Linee Geometriche la distanza tra essi punti 37; la quale ci darà la linea *L F*, il cui quadrato sarà eguale al triangolo *A B C*.

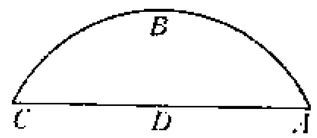


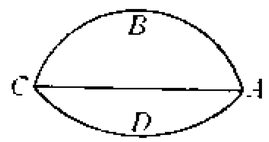
DELLE LINEE AGGIUNTE PER LA QUADRATURA DELLE PARTI DEL CERCHIO E DELLE FIGURE CONTENUTE DA PARTI DI CIRCUNFERENZE O DA LINEE RETTE E CURVE INSIEME.

Operazione XXXII.

Restano finalmente le due Linee Aggiunte, così dette perché aggiungono alle Linee Tetragoniche quello che in esse potria desiderarsi, cioè il modo di riquadrare le porzioni del cerchio e le altre figure che nel titolo si sono dette e più distintamente di sotto si esplicheranno. Sono queste linee segnate con due ordini di numeri, de i quali lo esteriore comincia dal punto segnato con questa nota *Q*, seguitando poi li numeri 1, 2, 3, 4, sino in 18; l'altro ordine interiore comincia da questo segno ⌋⌊⌉, seguitando poi 1, 2, 3, 4, etc., pur sino a 18: col mezo delle quali linee potremo primamente riquadrare qual si voglia porzione di cerchio propostaci, la quale però non sia maggior di mezo cerchio. E l'uso, acciò meglio s'intenda, con l'essempio s'esplicherà.

Vogliamo, v. g., trovare il quadrato eguale alla porzione del cerchio *A B C*. Dividasi la sua corda *A C* nel mezo, nel punto *D*, e presa con un compasso la distanza *A D*, s'accomodi, aprendo lo strumento, alli punti segnati *Q Q*; e lasciato lo strumento in tale stato, prendasi l'altezza della porzione, cioè la linea *D B*, e veggasi a quale de i punti dell'ordine esteriore tale altezza s'accomodi, che sia, per essempio, alli punti segnati 2. 2: il che fatto, doviamo con un compasso prender subito l'intervallo tra li punti 2. 2 dell'ordine interiore, e sopra una linea di questa grandezza si deve formare il qua-

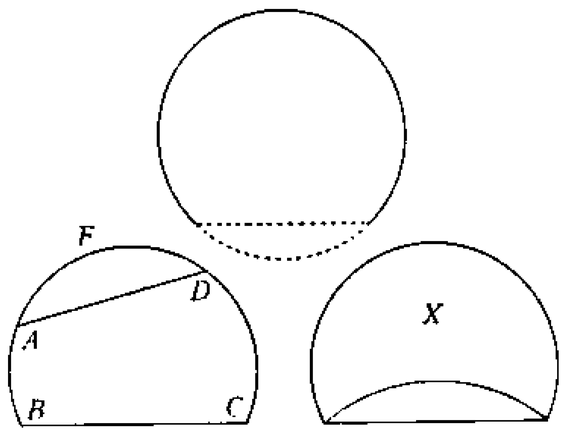




drato; che sarà eguale alla porzione *A B C*. E quando avessimo una superficie contenuta da due porzioni di cerchio simile alla presente figura *A B C D*, potremo facilmente ridurla in quadrato tirando la corda *A C*, dalla quale essa figura in due porzioni di cerchio vien divisa; dipoi, per la regola posta di sopra, si troveranno due quadrati eguali alle due porzioni separate, e questi, con l'intervento dell'operazione X, si ridurranno in un solo: e sarà tutto il fatto.

E con non dissimile operazione potrassi riquadrare ancora il settore del cerchio: perché tirata la corda sotto la sua circonferenza sarà tagliato in una porzione di cerchio ed in un triangolo; le quali due parti, per le cose di sopra insegnate, potranno facilmente ridursi in due quadrati, e quelli poi in un solo.

Resta finalmente che mostriamo come le medesime linee ci possin servire per quadrare la porzione maggiore di mezo cerchio, il trapezio contenuto da due rette e due curve,



simile a quello della figura appresso *A B C D*, e la lunula simile alla *X*; le quali tutte operazioni hanno la medesima resoluzione. Per ciò che, quanto alla porzione maggiore del cerchio, se noi quadreremo la rimanente porzione minore, al modo di sopra insegnato, e tale quadrato caveremo dal quadrato eguale a tutto 'l cerchio, il quadrato eguale al rimanente sarà ancora, com'è manifesto, egual alla maggior porzione del cerchio. Parimente, di tutta la porzione *B A F D C*

trovatone il quadrato eguale, e da esso trattone il quadrato eguale alla porzione *A F D*, il quadrato rimanente pareggerà il trapezio. E similmente procedendo nella lunula *X*, tirata la comune corda delle due porzioni di cerchio, si prenderanno separatamente i quadrati ad esse porzioni eguali; la differenza de i quali sarà il quadrato eguale alla lunula. Come poi delli due quadrati proposti si possa trovare la differenza ridotta in un altro quadrato, si è di sopra, nell'operazione XI, con l'intervento delle Linee Geometriche, dichiarato.

DELLE OPERAZIONI DEL QUADRANTE [17]

Aggiugnendo allo Strumento il Quadrante, nella sua minore circonferenza abbiamo la Squadra da bombardieri, divisa, secondo il solito, in punti 12. L'uso ordinario della quale è che si metta una sua costa nel vacuo del pezzo, avendo prima sospeso il filo col perpendicolo dal centro dello Strumento; il qual filo ci mostrerà, segando detta circonferenza, quanta elevazione abbia il pezzo, cioè se 1 punto, o 2, o 3.

E perché l'usar la Squadra in questa maniera non è senza pericolo, dovendo, con l'uscir fuori de i gabbioni o ripari, scoprirci alla vista dell'inimico, per ciò s'è pensato un altro modo di far l'istesso con sicurtà, cioè con l'applicare la Squadra presso al focone del pezzo. Ma perché l'anima di dentro non è parallela con la superficie di fuori, essendo il metallo più grosso verso la culatta, bisogna supplire a tal difetto con l'allungare quell'asta della Squadra che riguarda verso la gioia, aggiugnendovi la sua zanca mobile: il che si farà aggiustando prima una sol volta il pezzo a livello, e poi, posando verso il focone la squadra, con la zanca allun-

[17] È la prima delle due appendici che integrano il trattato sul compasso: in questa si illustra il quadrante e nella successiva se ne espongono le applicazioni. Anche da queste appendici si può rilevare la stretta relazione di quest'invenzione galileiana con le esigenze della tecnica militare e nei confronti della ricerca astronomica: come poi il cannocchiale, anche il compasso si collega con due attività: quella della guerra e quella della ricerca scientifica.

gheremo il piede anteriore, sin che il perpendicolo seghi il punto 6, e fermata la zanca con la sua vite, segneremo una lincetta sopra la costa dello Strumento, dove viene a terminar la cassella della detta zanca, acciò in ogni occasione la possiamo mettere a segno. E poi se vorremo dar un punto d'elevazione, bisognerà alzar il pezzo tanto che il filo seghi il numero 7; se vorremo 2 punti, doverà segar l'8, etc.

La divisione che segue appresso è il Quadrante astronomico: l'uso del quale, essendo stato trattato da altri, non sarà qui dichiarato altrimente.

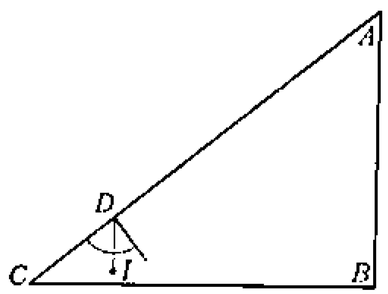
L'altra circonferenza che segue appresso, e che si vede divisa da alcune linee trasversali, è per prender l'inclinazione della scarpa di tutte le muraglie, cominciando da quelle che avranno per ogni 10 d'altezza uno di pendenza, sino quelle che abbino uno di pendenza per ogn'un e mezo d'altezza.

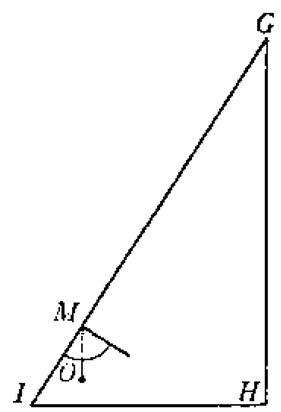
Volendo servirci di tale Strumento, doviamo sospender il filo da quel piccolo foro che si vede al principio della Squadra da bombardieri; dipoi, accostandoci alla muraglia pendente, gli applicheremo sopra la costa opposta dello Strumento, avvertendo dove taglierà il filo: perché, segando, per essempio, il numero 5, diremo quella tal muraglia aver per ogni 5 braccia d'altezza 1 di pendenza; similmente, tagliando il numero 4, diremo aver 1 di pendenza per ogni 4 d'altezza.

DIVERSI MODI PER MISURAR CON LA VISTA;

E PRIMA, DELLE ALTEZZE PERPENDICOLARI, ALLA RADICE DELLE QUALI SI POSSA ACCOSTARE E DISCOSTARE.

L'ultima circonferenza, divisa in 200 parti, è una scala per misurar altezze, distanze e profondità col mezo della vista. E prima, cominciando dall'altezze, mostreremo diverse maniere di misurarle, facendo principio dall'altezze perpendicolari, alla radice delle quali ci possiamo accostare. Come saria se volessimo misurar l'altezza della torre *A B*: venendo nel punto *B*, ci discosteremo verso *C*, caminando 100 passi o 100 altre misure, e fermatici nel luogo *C*, traguarderemo con una costa dello Strumento l'altezza *A*, come si vede secondo la costa *C D A*, notando i punti tagliati dal filo *D I*; i quali se saranno nel centinaio opposto all'occhio, come si vede nell'essempio proposto per l'arco *I*, quanti saranno detti punti, tanti passi (o altre delle misure che aremo misurate in terra) diremo contenere l'altezza *A B*. Ma se il filo taglierà l'altro centinaio, come si vede nella seguente figura, volendo misurar l'altezza *G H*, sendo l'occhio in *I*, dove il filo taglia i punti *M O*, allora, preso il numero di detti punti, divideremo per esso il nu-





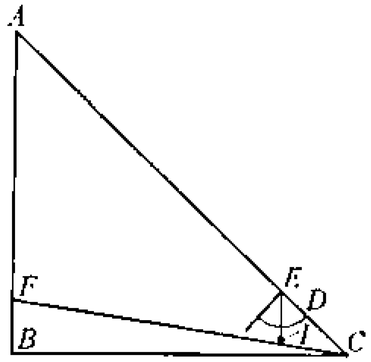
mero 10000, e l'avvenimento sarà il numero delle misure che nell'altezza *G H* si conterranno: come, v. g., se il filo avesse tagliato il punto 50, dividendo 10000 per 50, aremo 200; e tante saranno le misure dell'altezza *G H*.

E perché aviamo veduto che alle volte il filo segherà il centinaio opposto alla costa per la quale si traguarda, e tal volta ancora taglierà il centinaio contiguo a detta costa, e questo potrà avvenire in molte delle operazioni seguenti, però per regola universale s'avvertirà sempre, che quando il filo taglierà il primo centinaio contiguo a detta costa, si deve dividere 10000 per il numero tagliato dal filo, seguendo poi nel resto dell'operazione la regola che sarà scritta: per che noi ne gli essempi seguenti supporremo sempre che il filo tagli l'altro centinaio.

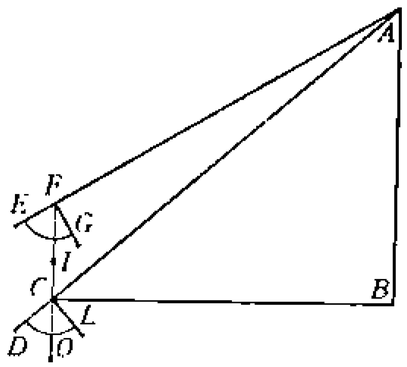
Ma acciò che tanto più si scorga la moltitudine de gli usi di questo nostro Strumento, voglio che i computi più laboriosi, che nelle regole per misurar con la vista ci occorreranno, siano senza fatica alcuna e con somma brevità ritrovati col mezo del compasso sopra le Linee Aritmetiche. E facendo principio dalla presente operazione, per quelli che non sapessero partire 10000 per quel numero tagliato dal perpendicolo, dico che si pigli rettamente sempre 100 dalle Linee Aritmetiche, e che trasversalmente s'accomodi al numero de i punti tagliati da esso perpendicolo, pigliando poi, pur trasversalmente, senza muover lo Strumento, la distanza tra i punti 100; la quale, misurata rettamente, ci darà l'altezza cercata. Come, v. g., se il filo avesse tagliato a 77, pigliando dalle Linee Aritmetiche 100 rettamente, applicalo trasversalmente al 77, e subito prendi, pur trasversalmente, l'intervallo tra i punti 100, e torna a misurarlo rettamente, e troverai contenere punti 130; e tante misure dirai contenersi nell'altezza che misurar volevamo.

In altra maniera potremo misurar una simil altezza, senza obligarci a misurar in terra le 100 misure, nel modo che si farà manifesto. Come se, per essempio, volessimo dal punto *C* misurar l'altezza della torre *A B*, drizzando la costa dello Strumento *C D E* alla sommità *A*, noteremo li punti tagliati dal filo *E I*, quali siano, per essempio, 80; dipoi, senza muo-

verci di luogo, abbassando solamente lo Strumento, traguarderemo qualche segno più basso che sia posto nella medesima torre, come saria il punto *F*, notando il numero de i punti tagliati dal filo, il quale sia, v. g., 5; veggasi poi quante volte questo minor numero 5 sia contenuto nell'altro 80 (che è 16 volte): e 16 volte diremo la distanza *F B* esser contenuta in tutta l'altezza *B A*. E perché il punto *F* è basso, potremo tale altezza *F B* con un'asta o altro facilmente misurare, e così venir in cognizione dell'altezza *B A*. Avvertendo che, nel misurar l'altezze, noi ritroviamo e misuriamo solamente l'altezze sopra l'orizonte del nostr'occhio; tal che quando detto occhio sarà più alto della radice o base della cosa misurata, bisognerà aggiugner all'altezza trovata per via dello Strumento, quel tanto di più che l'occhio sopravanza detta radice.

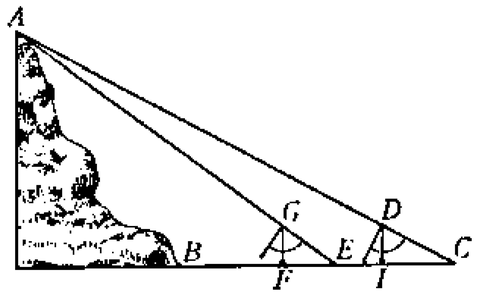


Il terzo modo di misurar una simile altezza sarà con l'alzarci ed abbassarci. Come, volendo misurar l'altezza *A B*, costituendo lo Strumento in qualche luogo elevato da terra, come saria nel punto *F*, traguarderemo secondo la costa *E F* il punto *A*, notando i punti *G*, *I* tagliati dal filo, quali siano, per essempio, 65; dipoi, scendendo al basso, e venendo perpendicolarmente sotto 'l punto *F*, come saria nel punto *C*, traguarderemo la medesim'altezza secondo la costa *D C*, notando i punti *L*, *O*, quali saranno più de gli altri, come, v. g., 70; dipoi prendasi la differenza tra questi due numeri 65 e 70, che è 5; e quante volte essa è contenuta nel maggior de i detti numeri, cioè in 70 (che vi sarà contenuta 14 volte), tante volte diremo l'altezza *B A*

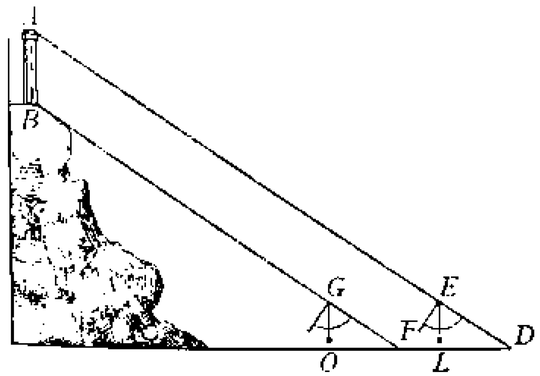


contenere la distanza *C F*: la quale misureremo, potendolo noi fare comodamente, e così verremo in cognizione di tutta l'altezza *A B*.

E volendo noi misurar un'altezza la cui radice non si vedesse, come saria l'altezza del monte *A B*, sendo nel punto *C*, traguarderemo la sommità *A*, notando i punti *I* tagliati dal perpendicolo *D I*, i quali siano, per essempio, 20; di poi, accostandoci verso il monte 100 passi innanzi, venendo nel punto *E*, traguarderemo l'istessa sommità, notando i punti *F*, i quali siano 22: il che fatto devonsi multiplicare tra loro questi due numeri 20 e 22; fanno 440: e questo si divida per la differenza delli medesimi numeri, cioè per 2; ne viene 220: e tanti passi diremo esser alto il monte.



Il computo si troverà sopra lo Strumento, pigliando il minor numero de i punti tagliati rettamente sopra le Linee Aritmetiche, ed applicandolo poi trasversalmente alla differenza delli due numeri de i punti, pigliando in oltre trasversalmente l'altro numero de i punti, il quale, misurato rettamente, ci darà l'altezza cercata. Come se, per essempio, i punti tagliati fussero stati 42 e 58, preso 42 rettamente, buttisi trasversalmente alla differenza de i detti numeri, cioè al 16, o, non potendo, al suo doppio, triplo, quadruplo, etc.; sia al quadruplo, che è 64: e preso poi il 58, o il suo quadruplo, cioè 232, e misurato rettamente, ci darà 152 e un quarto, che è il proposito.

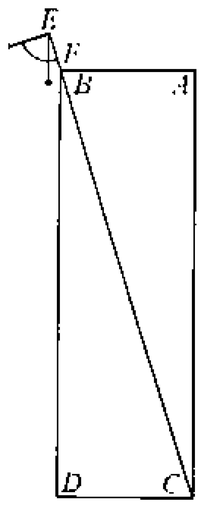


Possiamo in oltre col medesimo Strumento misurare un'altezza posta sopra un'altra; come se volessimo misurare l'al-

tezza della torre *A B*, posta sopra 'l monte *B C*. Prima, sendo nel punto *D*, traguarderemo la sommità della torre *A*, notando i punti tagliati dal filo *E I*, li quali siano, *v. grat.*, 18; poi, lasciando un'asta piantata nel punto *D*, venghiamo avanti sin tanto che, traguardando la base della torre, cioè il punto *B*, il perpendicolo *G O* tagli il medesimo numero 18, il che sia quando saremo venuti al punto *F*; dipoi misurinsi i passi tra le due stazioni *D, F*, quali siano, per essempio, 130: e questo numero si multiplichi per i 18 punti; ne verrà 2340: il qual numero si divida per 100; ne viene 23 e due quinti: e tanti passi sarà alta la torre *A B*.

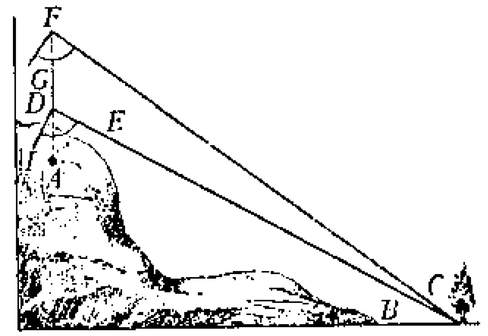
Il computo sopra lo Strumento si farà col pigliar rettamente il numero de i passi, o quello de i punti, applicandolo poi trasversalmente al 100, prendendo poi l'altro pur trasversalmente, e misurandolo rettamente. Come se, v. g., i punti fossero stati 64 ed i passi 146, preso 64 rettamente, ad applicatolo trasversalmente al 100, e preso poi trasversalmente 146, e misuratolo rettamente, ci darà 93 e mezo in circa; quanta è l'altezza che si cercava.

Quanto alle profondità, due modi averemo per misurarle. Ed il primo sarà per misurar la profondità contenuta tra le linee parallele, come saria la profondità d'un pozzo, o vero l'altezza d'una torre, quando noi fussimo sopra di essa. Come, per essempio, sia un pozzo *A B D C*, contenuto tra le linee parallele *A C*, *D B*: e voltando l'angolo dello Strumento verso l'occhio *E*, si traguardi secondo la costa *E F*, in maniera che il raggio della vista passi per li punti *B, C*, notando il numero tagliato dal filo, il quale sia, *verbi gratia*, 5; e poi si consideri quante volte questo numero 5 entra in 100: e tante volte diremo la larghezza *B A* esser contenuta nella profondità *B D*.

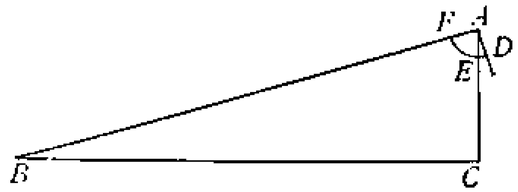


L'altro modo sarà per misurar una profondità della quale non si vedesse la radice; come se fussimo sopra 'l monte *B A*, e volessimo misurar la su' altezza sopra 'l piano della campagna. In tal caso alziamoci sopra 'l

monte, salendo sopra qualche casa, torre o albero, come si vede nella presente figura, e constituendo l'occhio nel punto *F*, traguarderemo qualche segno posto nella campagna, come si vede per il punto *C*, notando i punti tagliati dal filo *F G*, che siano, v. g., 32; dipoi, scendendo nel punto *D*, traguardisi il medesimo segno *C* con la costa *D E*, notando parimenti i punti *A*, *I* che siano 30; e presa la differenza di questi due numeri, cioè 2, veggasi quante volte entra nel minor delli due numeri; e veduto che vi entra 15 volte, diremo l'altezza del monte essere 15 volte più dell'altezza *F D*: la quale, potendola noi misurare, ci farà venire in notizia di quanto cercavamo.

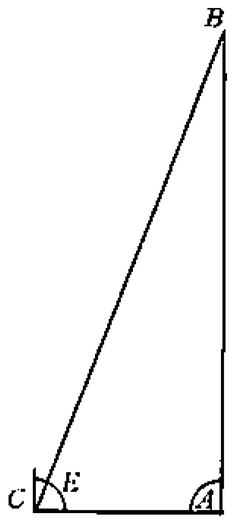


Passando al misurar le distanze, come saria una larghezza di un fiume, venendo sopra la ripa o altro luogo eminente, sì come nell'essempio si vede; nel qual, volendo noi misurar la larghezza *C B*, venendo nel punto *A*, traguarderemo con la costa *A F* l'estremità *B*, notando i punti *D, E* tagliati dal perpendicolo, quali siano, *verbi gratia*, 5; e quante volte questo numero entra in 100, tante volte diremo l'altezza *A C* entrare nella larghezza *C B*: misurando dunque quanta sia tale altezza *A C*, e pigliandola 20 volte, averemo la larghezza cercata.

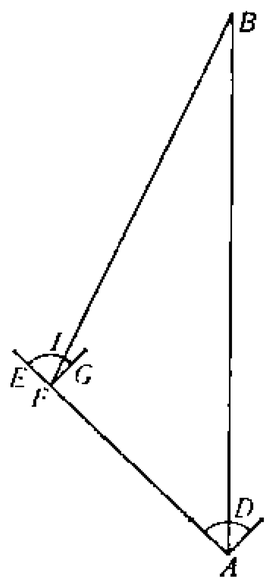


Possiamo in altro modo misurare una simile distanza. Come, per essempio, sendo noi nel punto *A*, vogliamo trovare la distanza sino al punto *B*: costituiscasi lo Strumento in piano, ed una delle sue coste sia drizzata verso il punto *B*, e secondo la dirittura dell'altra costa traguardisi verso il punto *C*, misurando verso la dirittura *A C* 100 passi o altre misure, e lascisi piantata nel punto *A* un'asta, ed un'altra

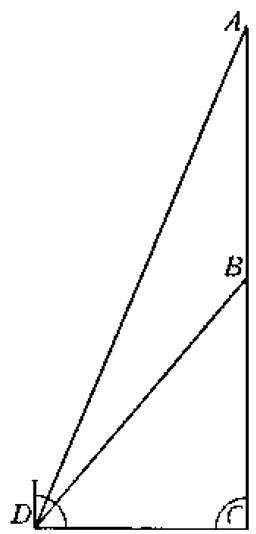
si ponga nel punto *C*; dipoi, venendo nel punto *C*, si dirizzi una costa dello Strumento verso *A*, e per l'angolo *C* si traguardi il medesimo segno *B*, notando sopra il Quadrante qual punto venga segato dal raggio della vista, che sia il punto *E*; e preso tal numero, dividasi per esso 10000: e quello che ne verrà, sarà il numero de i passi o altre misure, che saranno tra il punto *A* ed il segno *B*.



Ma quando non ci fusse permesso di poter moverci le 100 misure sopra una linea che facesse angolo retto col primo traguardo, in tal caso procederemo altrimenti. Come, v. g., essendo noi nel punto *A*, e volendo pigliare la distanza *A B*, né potendo caminare per altra strada che per la *A E*, la quale con la dirittura *A B* fa angolo acuto, per conseguire ad ogni modo il nostro intento, aggiusteremo una costa dello Strumento prima alla strada, come si vede per la linea *A F*, e senza mover lo Strumento, traguarderemo per l'angolo *A* il punto *B*, notando i punti tagliati dal raggio *A D*, quali siano, per essempio, 60; dipoi, lasciando nel punto *A* un'asta, ne faremo mettere sopra la linea *A E* un'altra lontana 100 passi, quale sia nel punto *F*, dove costituiremo l'angolo dello Strumento, aggiustando la costa *E F* all'asta *A*, e per l'angolo *F* traguarderemo il medesimo segno *B*, notando i punti *G*, *I*, quali siano, v. gra., 48. Volendo dunque da questi numeri 60 e 48 trovare la lontananza *A B*, multiplica il primo in se stesso; fa 3600; aggiugnili poi 10000; fa 13600: e di questo numero piglia la radice quadrata; sarà 117 in circa: e questa multiplica per 100; fa 11700; e finalmente dividi questo numero per la differenza delli due primi numeri 60 e 48, cioè per 12; ne verrà 975: e tanti passi senz'alcun dubio sarà la distanza *A B*.



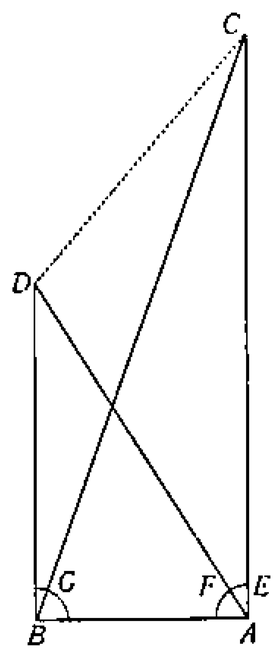
Troverassi la calculazione di questa operazione sopra lo Strumento come nel sottoposto essempio s'espone. Siano, v. g., i punti tagliati da i due raggi, l'uno 74 e l'altro 36: e per trovare detto computo, aggiusta prima lo Strumento sì che le Linee Aritmetiche siano tra di loro ad angoli retti; il che farai col prendere 100 punti rettamente da esse, e questi applicare col compasso alle medesime trasversalmente, in maniera che, posta una delle aste nel punto 80, l'altra caschi nel 60 (e questa regola d'aggiustare le dette linee a squadra si tenga a memoria per altri bisogni): fatto questo, prendi la distanza trasversale tra 'l punto 100 ed il maggiore de i due numeri tagliati da i raggi, che qui è 74; la qual distanza presa devi aggiustare trasversalmente alla differenza de i due numeri de i punti tagliati da i raggi, che qui è 38; e se non potessi per la piccolezza di questo numero, serviti del suo doppio, triplo o quadruplo; e qui, per essempio, applicala al suo triplo, che è 114: ed immediatamente piglia la distanza pur trasversale tra li punti 100; la quale misurata rettamente, e presa una, due, tre o quattro volte, ti darà la distanza cercata. Misurala dunque nel presente essempio, e troveraila 109: sì che triplicata ti darà 327, quanta prossimamente è la distanza che misurar volevamo.



Séguita che veggiamo il modo di misurar l'intervallo tra due luoghi da noi lontani: e prima diremo del modo quando da qualche sito potessimo vederli ambidue per la medesima linea retta. Come mostra il presente essempio: nel quale volendo noi misurar l'intervallo tra i punti *B*, *A*, stando nel punto *C*, di dove appariscono per la medesima linea *C B A*, prima, aggiustata un'asta dello Strumento a tale dirittura, si traguarderà per l'altro verso *D*, dove pianteremo un'asta lontana dal punto *C* 100 misure, aven-

done una simile piantata nel punto *C*; e venendo al luogo *D*, aggiusteremo una costa dello Strumento alla dirittura *D C*, traguardando per l'angolo *D* li due luoghi *B*, *A*, e notando i numeri tagliati da' raggi, che siano, per essempio, 25 e 20; per i quali due numeri si deve dividere 10000: e la differenza delli due avvenimenti sarà la distanza *B A*.

Ma se volendo noi misurar la distanza tra i due luoghi *C*, *D*, non potessimo venir in sito tale che l'uno e l'altro ci apparisse per la medesima dirittura, in questo caso procederemo come appresso si dirà. Sia dunque che, stando noi nel luogo *A*, vogliamo investigare la lontananza tra i due luoghi *C*, *D*. Prima, aggiustata una costa dello Strumento al punto *C*, come si vede per la linea *A E C*, traguardisi per l'angolo l'altro punto *D*, notando i punti *E*, *F* tagliati dal raggio *A F D*, che siano, v. g., 20; e senza muover lo Strumento, si traguardi per l'altra costa verso 'l punto *B*, lasciando in *A* un'asta, ed un'altra facendone porre sopra la dirittura *A B*: di poi, caminando per tale dirittura, verremo in *B*, discostandoci dall'altr'asta tanto che, ricostituita una costa dello Strumento sopra la linea *B A*, l'altra costa ferisca il punto *D*, come apparisce per la linea *B D*; e dall'angolo *B* traguarderemo il punto *C*, notando il numero tagliato dal raggio *B G*, che sia, v. g., 15: finalmente si misureranno i passi tra le due stazioni *A*, *B*, quali siano, per essempio, 160. E venendo all'operazione aritmetica, prima si multiplicherà il numero de i passi tra le due stazioni, cioè 160 per 100; fa 16000: e questo si deve divider per i 2 numeri de i punti separatamente, cioè per 20 e per 15; e ne verranno i due numeri 800 e 1067: de i quali se ne deve pigliar la differenza, che è 267: e questa si deve multiplicar in se stessa; fa 71289: e questo numero si deve aggiugnere al quadrato del numero de i passi, cioè di 160, che è 25600; ed in tutto

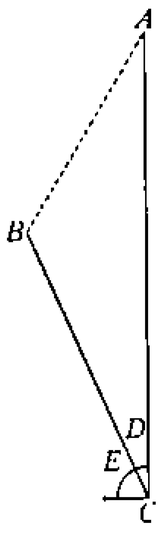


farà 96889: del qual numero si deve prendere la radice quadrata, che è 311: e tanti passi diremo essere tra li due luoghi *C*, *D*.

Come poi si possa ritrovare il computo sopra lo Strumento, faremo col sottoposto essempio manifesto. Siano, v. g., li due numeri tagliati da i raggi 60 e 34, ed il numero de' passi 116. E venendo all'operazione, prendi sempre 100 dalle Linee Aritmetiche rettamente, ed applicalo trasversalmente al maggior numero de i due tagliati da i raggi, che qui è 60; e subito prendi pur trasversalmente il numero de i passi, che qui è 116, e questo intervallo accomoderai trasversalmente all'altro numero de i raggi, che qui è 34; e se non puoi, applicalo al suo doppio, triplo, quadruplo, o quello che più ti tornerà comodo: sia per ora al suo quadruplo, cioè al 136. Il che fatto, prendi trasversalmente il numero che è la differenza tra li due numeri de i raggi, che qui è 26; o pure piglia il suo doppio, triplo o quadruplo, secondo che poco fa si fece l'applicazione; onde in questo caso devi pigliare il suo quadruplo, cioè 104: e questa distanza misurerai rettamente, salvando in memoria il numero che essa conterrà, che nel presente essempio sarà 148. Aggiusta finalmente le Linee Aritmetiche a squadra al modo di sopra dichiarato: il che fatto, piglia trasversalmente l'intervallo tra 'l numero che salvasti in memoria ed il numero de i passi, cioè tra 'l 148 da una parte ed il 116 dall'altra; e questo misura rettamente, e troverai 188: quanta a punto è la distanza cercata *D C*.

E finalmente, quando noi non potessimo moverci nella maniera che ricerca la passata operazione, potremo pure nondimeno trovare la lontananza tra due luoghi da noi distanti in altra maniera: ed il modo sarà tale. Sendo noi, per essempio, nel punto *C*, e volendo ritrovar la distanza tra i due luoghi *A*, *B*, prima, secondo alcuno de i modi dichiarati di sopra, misuriamo separatamente le distanze tra 'l punto *C* e l'*A*, e l'altra tra l'istesso *C* ed il punto *B*, e sia, per essempio, la prima passi 850, e l'altra 530; e venendo nel segno *C*, aggiustando una costa dello Strumento al punto *A*, come si vede per la linea *C D A*, traguardisi per l'angolo *C* l'altro termine *B*, notando il numero de i punti *D*, *E* tagliati

dal raggio, che siano, v. g., 15. Multiplica poi questo numero in se stesso; fa 225: ed a questo aggiugni 10000; fa 10225: del quale prendi la radice quadrata, che è 101: multiplica poi la minor distanza, cioè 530, per 100; fa 53000: il quale si divida per la radice pur ora trovata; ne viene 525: e questo multiplica per la maggior distanza, cioè per 850; fa 446250: il qual numero deve esser finalmente duplicato; fa 892500: dipoi devonsi multiplicar separatamente le due distanze ciascuna in se stessa; fanno 722500, e 280900: e questi numeri si devono congiugnere insieme; fanno 1003400: del qual numero si caverà quel duplicato di sopra, cioè 892500; resterà 110900: la cui radice, che è 347, sarà la distanza desiderata tra gli due luoghi *A*, *B*.



Con notabil diminuzione di fatica potremo fare il computo presente sopra le Linee Aritmetiche; ed il modo si farà con un essempio manifesto. Pongasi che la maggior distanza sia stata passi 230, e la minore 104, ed il numero de i punti tagliati dal raggio 58. Metti le Linee Aritmetiche a squadra, e posta un'asta del compasso nel punto 100, slarga l'altra in traverso sino al numero de i punti tagliati dal raggio, che qui è 58, e considera quanto è questo spazio misurato rettamente, e lo troverai esser prossimamente 116, il che salva in mente: piglia poi rettamente il detto numero 58, che fu de i punti tagliati dal raggio, ed apri lo Strumento sin che questa distanza s'aggiusti in traverso tra il punto del 100 e quello del 116, che salvasti in mente; e non movendo più lo Strumento, prendi col compasso la distanza trasversale tra li due numeri de i passi, cioè 230 e 104; e questa misurata rettamente, ti darà infine punti 150, quanta è veramente la distanza *A B*.

Queste sole regole per misurar con la vista ho giudicato, discreto lettore, bastar per ora aver descritte; non che secondo queste sole si possa col presente Strumento operare, essendocene moltissime altre, ma per non mi diffondere in lunghi

discorsi senza necessità, essendo sicuro che qualunque di mediocre ingegno averà comprese le già dichiarate, potrà per se stesso ritrovarne altre, accomodate ad ogni caso particolare che occorrer gli potesse.

Ma non solamente avrei potuto diffondermi più assai nelle regole del misurar con la vista, ma molto e molto più ampliarmi nel mostrare la resoluzione, posso dire, d'infiniti altri problemi di geometria e di aritmetica, i quali con le altre linee del nostro Strumento risolver si possono; poiché, e quanti ne sono tra gli *Elementi* di Euclide, ed in molti altri autori, vengono da me con brevissime e facilissime maniere risoluti. Ma, come da principio si è detto, la mia presente intenzione è stata di parlar con persone militari solamente, e di pochissime altre cose fuori di quelle che a simili professori appartengono, riservandomi in altra occasione a publicare, insieme con la fabrica dello Strumento, una più ampla descrizione de' suoi usi.

SIDEREUS NUNCIUS

(1610)

La storia del Sidereus nuncius *s'intreccia con la storia dell'invenzione del cannocchiale e con quella delle prime scoperte celesti effettuate mediante il suo uso astronomico. Lo scritto, composto in gran fretta sùbito dopo la notte del 7 gennaio 1610, in cui Galilei poté vedere per la prima volta «Giove accompagnato da tre stelle fisse, totalmente invisibili per la lor picciolezza» (cfr. p. 871), e terminato ai primi di marzo, costituisce la prima attestazione ufficiale del valore dello strumento ai fini dell'investigazione scientifica («Sed missis terrenis, ad Caelestium speculationes me contuli»: ma io, lasciando le cose terrene, mi rivolsi alla speculazione delle celesti) e la prima enunciazione dei caratteri costitutivi della nuova scienza: funzione investigativa e non più rivelativa e disputativa, valutazione dell'apporto della tecnica, sapere pubblico, aperto alle modificazioni e sempre perfettibile ecc.*

Non a caso le principali riserve ed obbiezioni circa la validità dello strumento non si rivolgeranno al suo uso terrestre, ma a quello celeste, ché in verità, dopo i primi uomini che potettero provare il cannocchiale (i membri della Signoria e del Senato veneti: uomini politici, cioè, o militari e mercanti), anche gli uomini di cultura, per quanto riluttanti, non potettero negare che si vedevano gli oggetti ingranditi e ravvicinati, con grande vantaggio per la ricerca a distanza, essendo facilmente verificabile la fedeltà della visione ottica; non altrettanto poteva dirsi per le visioni celesti che non solo non consentivano una verifica diretta e personale, ma erano per di più gravate

dalla radicata diffidenza che nasceva dal pregiudizio della tradizione scientifica, che non ammetteva varietà e modifiche nell'ordine cosmologico.

L'occasione della stesura del Sidereus nuncius, *la fretta con cui fu composto, la sua dedica al granduca Cosimo de' Medici e la lingua latina in cui fu scritto, trovano la loro comune spiegazione in questo stato di necessità, in cui venne a trovarsi Galilei, inventore del cannocchiale e scopritore delle novità celesti.*

Quanto alla invenzione del cannocchiale, il Sidereus nuncius *toglie ogni ragione di pettegolezzo e di mormorìo circa la priorità che Galilei a tal proposito si attribuì: è vero che nella lettera con cui dedicava al doge di Venezia Leonardo Donato il primo esemplare dello strumento (cfr. p. 865) Galilei aveva taciuto dei possibili precursori della sua invenzione e aveva anzi lasciato intendere di aver «cavato dalle più recondite speculazioni di prospettiva» il suo occhiale, anziché dall'imitazione di un modello giuntogli dalle Fiandre; ma si trattava, come vedremo, di una lettera rivolta al preciso scopo di impressionare e convincere il governo della Serenissima. In quest'opera, invece, che impegna la dignità accademica dell'autore di fronte al mondo della cultura, Galilei non ha motivo di tacere e ricorda le informazioni ricevute e le notizie pervenutegli; tuttavia questa ammissione non toglie nulla al suo merito, ora che lo strumento ha consentito a lui, ed a lui soltanto, di aprire nuove vie alla ricerca astronomica e di mettere, per suo mezzo, in grave crisi la vecchia concezione cosmologica. Egli anzi mostra un particolare interesse a distinguere il suo cannocchiale da quelli prodotti dagli artigiani fiamminghi, non per disprezzo verso l'opera della tecnica – ciò che non corrisponde affatto alla mentalità scientifica e all'umanità di Galilei –, ma per sottolineare la diversa ragione ed il diverso fine della costruzione, e rendere così più facilmente accettabili le scoperte celesti che ne furono la conseguenza.*

L'opera, stampata a Venezia presso Tommaso Baglioni, porta il seguente titolo: «Sidereus nuncius magna, longaeque admirabilia spectacula pandens suspiciendaque proponens unicuique, praesertim vero Philosophis, atque Astronomis, quae a Galileo Galileo patritio florentino Patavini Gymnasij publico mathematico perspicilli nuper a se reperti beneficio observata in Lunae facie, fixis innumeris, Lacteo circulo, stellis nebulosis, apprime vero in quatuor planetis circa Iovis Stellam disparibus intervallis, atque periodis, celeritate circumvolutis; quos, nemini in hanc usque diem cognitos, novissime Author depraehendit primus; atque Medicea sidera nuncupandos decrevit» (Annunzio sidereo, che grandi, e oltremodo mirabili Spettacoli apre, ed espone allo sguardo d'ognuno e in special modo di Filosofi e Astronomi da Galileo Galilei patrizio fiorentino dello Studio padovano pubblico matematico col cannocchiale da lui da poco inventato, osservati nella faccia della Luna, in innumerevoli fisse, nella Via Lattea, nelle stelle nebulose, e in primo luogo in quattro pianeti intorno alla stella di Giove, a diversi intervalli e periodi, con celerità mirabile rotanti; da nessuno finora conosciuti, primo l'autore di recente li scorse, ed assegnò loro il nome di Astri medicei). L'opera è però conosciuta più comunemente nella forma abbreviata di Sidereus nuncius, *che sostituì la prima forma di «Astronomicus nuncius».*

Dell'opera si sono avute una traduzione integrale in francese nel 1681 col titolo Le messager céleste *(Parigi, Accademie des Nouvelles Decouvertes de Médecine), ed una in inglese nel 1880* (The Sidered Messenger of Galileo Galilei, *London, Rivington); la prima traduzione integrale in italiano si è avuta nel 1948 a cura di Maria Timpanaro Cardini, sotto gli auspici della* Domus Galilaeana (Sidereus nuncius, *Firenze, Sansoni), cui è seguita nel 1953 la traduzione a cura di Luisa Lanzillotta, contenuta nella edizione delle* Opere *di Galileo Galilei, a cura di Ferdinando Flora (Napoli, Ricciardi). Noi riportiamo, per cortese concessione della traduttrice e dell'editore, la versione della Timpanaro Cardini; le note di commento, com'è ovvio, sono nostre.*

La pubblicazione dell'opera diffuse, come appunto sperava l'autore, la notizia delle varie scoperte e suscitò in tutti gli ambienti di cultura molte discussioni, non sempre favorevoli, specialmente nei centri più importanti della cultura peripatetica; così a Padova dove l'amico di Galilei, Cesare Cremonini, particolarmente avverso alle conseguenze scientifiche delle scoperte

si rifiutò di apporre l'occhio al cannocchiale; a Pisa, dove Giulio Libri alla presenza del Granduca aveva attaccato, in nome della tradizione, le scoperte galileiane; a Perugia, dove s'opposero alcuni dotti in difesa della astrologia seriamente compromessa; a Bologna, dove accanto ad Antonio Magini un gruppo di antigalileiani negò che il cannocchiale mostrasse cose vere.

Delle discussioni sorte in questi ambienti sono il frutto alcune pubblicazioni polemiche, parte contrarie e parte favorevoli a Galilei, le quali sono giustamente considerate la prosecuzione e lo sviluppo del Sidereus nuncius. *A questi scritti vanno poi aggiunte alcune lettere raccolte nel carteggio galileiano (vol. X,* Opere, *ed. naz.); fra queste ultime la più significativa ci pare quella scritta da un napoletano, amico del Porta, G. B. Manso, e diretta a Paolo Beni, lettore di greco a Padova; in questa lettera, che riporta alcune riserve proprie del Porta all'astronomia galileiana, si parla dell'« asprissima querela fatta da tutti gli astrologi e da gran parte de' medici; i quali intendendo che si aggiungano tanti nuovi pianeti a' primi già conosciuti, par loro che necessariamente ne venga rovinata l'astrologia e diroccata gran parte della medicina, percioché la distribuzione delle case del zodiaco, le dignità essenziali ne' segni, la qualità delle nature delle stelle fisse, l'ordine de' cronicatori, il governo dell'età degli huomini, i mesi della formatione dell'embrione, le ragioni de' giorni critici, e cento e mill'altre cose, che dipendono dal numero settenario de' pianeti, sarebbero tutte sin da' fondamenti distrutte ».*

Al Sidereus nuncius *si ricollega la* Peregrinatio contra Nuncium sidereum *di Martino Horky, un boemo ospite ed allievo di G. Antonio Magini, il quale aveva assistito ai tentativi operati a Bologna nell'aprile 1610 da Galilei per mostrare col cannocchiale le sue scoperte celesti e aveva scritto a Keplero che lo strumento « in inferioribus facit mirabilia; in coelo fallit » (rivolto alle cose terrestri fa meraviglie; puntato verso il cielo fallisce) e aveva indicato come testimoni di quanto asseriva il matematico Antonio Roffeni. Il suo scritto antigalileiano, composto nonostante il parere contrario del Magini, è costituito da quattro questioni: la prima, se vi siano attorno a Giove quattro pianeti; la seconda, che cosa essi siano; la terza, quali siano e l'ultima, perché ci siano. Tutta la* Peregrinatio *appare, in effetti, una confusa raccolta di luoghi comuni aristotelici e un'oziosa e puntigliosa polemica priva di fondamento. Come risultato, l'Horky fu cacciato via dal Magini, che s'era visto trascinato in un pettegolezzo, e, presentatosi poi da Keplero, del quale presumeva d'essere stato il portavoce, fu anche da questi allontanato con disprezzo.*

La sua Peregrinatio *provocò due scritti favorevoli a Galilei; uno è l'*Epistola apologetica contra caecam Peregrinationem cuiusdam furiosi Martini, cognomine Horky *di Antonio Roffeni che, incautamente citato dalll'Horky, sentì il dovere d'intervenire precisando che a Bologna erano stati visti col cannocchiale prima due e poi quattro globi, come lo stesso Horky era stato costretto ad ammettere; soltanto, non si volle confessare che si trattasse di stelle anziché di ombre fallaci: il che vuol dire che anche a Bologna gli esperimenti non andarono del tutto male.*

L'altro scritto è di uno scozzese, Giovanni Woodderborn, ed è intitolato: Quatuor problematum quae Martinus Horky contra Nuntium Sidereum de quatuor planetis novis disputanda proposuit Confutatio, *e in esso vengono rintuzzate, punto per punto, le considerazioni dell'Horky, dimostrandone la falsità.*

Fra questi scritti, più significativi, perché incidono più a fondo nella vicenda del Sidereus nuncius *e del suo contenuto, sono quelli che Giovanni Keplero scrisse a breve distanza l'uno dall'altro: la* Dissertatio cum Nuncio Sidereo nuper ad mortales misso a Galilaeo Galilaeo Mathematico patavino, *del 19 aprile, e la* Narratio de observatis a se quatuor Iovis satellibus erronibus quos Galilaeus Galilaeus mathematicus florentinus iure inventionis Medicaea sidera noncupavit, *dell'11 settembre dello stesso anno. Fra i due scritti v'è una notevole differenza: nel primo s'avverte la cautela con cui l'autore parla di cose di cui non è ancora pienamente convinto; al di là del tono manifestamente cortese, si nota il suo fastidio per il rumore sollevato intorno alle scoperte galileiane, di cui cerca di mettere in evidenza i precedenti colti dalla storia della scienza, citando anche i suoi* Paralipomena. *Pur non negando il fatto delle*

scoperte, Keplero non le difende, e per questo lo scritto, che a molti parve una difesa, di fatto costituisce un modo per evitare ogni compromissione con Galilei. Nel secondo scritto, invece, Keplero abbandona il tono riservato e prudente e accetta pienamente le scoperte galileiane, illustrando le osservazioni celesti da lui fatte dal 30 agosto al 10 settembre.

Si può perciò concludere che il Sidereus nuncius *non fu soltanto l'annuncio di scoperte celesti, ma il segno di una nuova epoca della storia della scienza ed una svolta nella cultura e nella civiltà, che si afferma a dispetto dei tolemaici e peripatetici del tempo, come quel Francesco Sizi, autore di una* Dianoia astronomica, ottica, fisica *o quel Ludovico delle Colombe, autore dello scritto* Contro il moto della terra, *i quali tentarono di contendere a Galilei i suoi meriti di scienziato, negando valore alle sue scoperte.*

SIDEREUS NUNCIUS

AL SERENISSIMO
COSIMO II DE' MEDICI[1]
IV GRANDUCA DI TOSCANA.

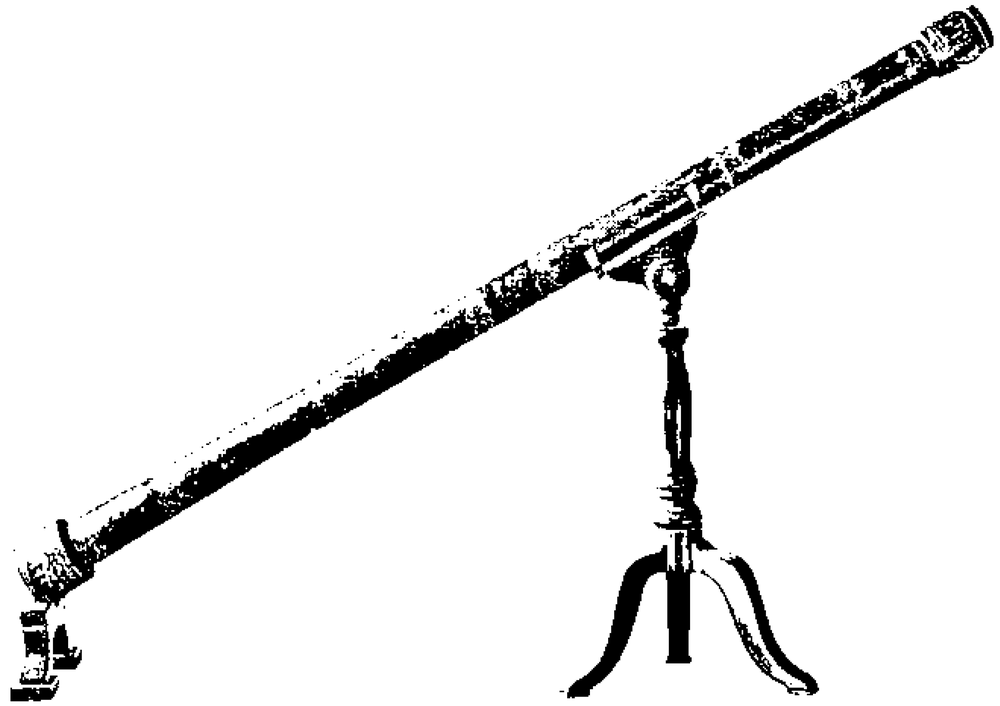
Insigne certo ed eminentemente civile impresa fu quella di coloro, che si studiarono di proteggere dall'invidia le nobili azioni degli uomini eccellenti per virtù, e i loro nomi degni di immortalità rivendicare dall'estinzione e dall'oblio. Di qui le immagini tramandate alla memoria della posterità, o scolpite nel marmo, o fuse nel bronzo; di qui le statue collocate o in piedi o a cavallo; di qui colonne e «piramidi, giunte, come disse un poeta[2], per il costo delle stelle»; di qui finalmente le città edificate e insignite dei nomi di coloro, che la posterità riconoscente stimò si dovessero consegnare all'eternità. Tale è infatti la condizione della mente umana, che se non sia assiduamente stimolata dalle immagini delle cose, in essa dall'esterno irrompenti, ogni ricordo da lei facilmente svanisca.

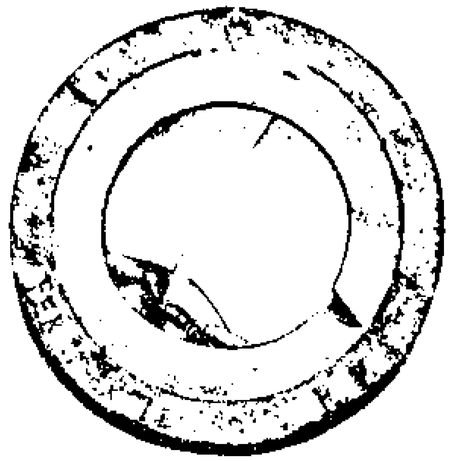
Altri però, miranti a cose più salde e durature, consacrarono l'eterna fama degli uomini sommi non a marmi e metalli, ma alla custodia delle Muse e agl'incorrotti monumenti letterari. Ma a che ricordarli[3]? quasi che l'umano ingegno, contento delle regioni terrene, non abbia osato di proceder più oltre; e invece esso, lungimirante, comprendendo benissimo che tutti i monumenti umani, per violenza, furia d'elementi e vecchiaia, alla fine periscono, escogitò monu-

[1] Cfr. p. 195, n. 1.
[2] Properzio, III, 2, 17.
[3] Cfr. ORAZIO: «Monumentum aere perennius».

menti più incorrotti, sui quali il tempo vorace e l'invidiosa vecchiezza non rivendicassero a sé alcun diritto. E così migrando nel cielo, assegnò a quei noti sempiterni Globi di lucentissime Stelle i nomi di coloro, che per le egregie e quasi divine imprese furono ritenuti degni di godere insieme con gli Astri della vita eterna. Per la qual cosa non prima si oscurerà la fama di Giove, di Marte, di Mercurio, di Ercole e degli altri eroi, dai cui nomi si appellano le Stelle, che delle stesse Stelle lo splendore si estingua. Pure, questo ritrovato dell'umana perspicacia, tra i primi nobile e ammirevole, già da molti secoli cadde in disuso, occupando ormai gli antichi eroi quelle splendide sedi e quasi di lor diritto tenendole: l'accolta dei quali invano la pietà d'Augusto tentò di completare con Giulio Cesare: ché avendo voluto chiamare Astro Giulio la Stella al suo tempo apparsa, di quelle che i Greci chiaman Comete, e i Latini Crinite, in breve quella svanendo, deluse la speranza di così gran desiderio. Eppure cose di gran lunga più vere e fortunate possiamo vaticinare, o Principe Serenissimo, all'Altezza Vostra; ché non appena sulla terra hanno cominciato a rifulgere i pregi immortali dell'animo suo, ecco presentarsi nel Cielo splendide Stelle, che, quasi lingue, dicano e celebrino in ogni tempo le sue eminentissime virtù [4]. Ecco dunque quattro Stelle riservate

[4] I satelliti di Giove scoperti la notte del 7 gennaio 1610 (cfr. la lettera ad A. de' Medici, pp. 867 segg.). Il 30 gennaio 1610 così scriveva Galilei a Belisario Vinta: «Io mi trovo al presente in Venezia per fare stampare alcune osservazioni le quali col mezo di uno mio occhiale ho fatte ne i corpi celesti; et sì come sono di infinito stupore, così infinitamente rendo grazie a Dio, che si sia compiaciuto di far me solo primo osservatore di cosa ammiranda et tenuta a tutti i secoli occulta. Che la luna sia un corpo similissimo alla terra, già me n'ero accertato, et in parte fatto vedere al Ser. nostro Signore, ma però imperfettamente, non havendo ancora occhiale della eccellenza che ho adesso; il quale, oltre alla Luna, mi ha fatto ritrovare una moltitudine di stelle fisse non mai più vedute, che sono di dieci volte tante, quante quelle che naturalmente son visibili. Di più, mi sono accertato di quello che sempre è stato controverso tra i filosofi, ciò è quello che sia la Via Lattea. Ma quello che eccede tutte le meraviglie, ho ritrovati quattro pianeti di nuovo et osservati li loro movimenti proprii et particolari, differenti fra di loro et da tutti li altri





Fot. Alinari

In alto: cannocchiale di Galileo. *In basso*: il primo obiettivo costruito da Galileo nel 1609

(Firenze, Museo della scienza)

al suo inclito nome, né sono del numero gregario e meno insigne delle fisse, ma dell'illustre ordine delle vaganti; esse con moti tra lor disuguali effettuano i loro corsi e giri con mirabile celerità intorno alla Stella di Giove, di tutte le altre più nobile, quasi come sua diretta progenie, nel tempo che tutte insieme ogni dodici anni compiono con unanime concordia grandi rivoluzioni intorno al centro del mondo, cioè intorno al Sole stesso. Che poi io dovessi destinare questi nuovi Pianeti all'inclito nome dell'Altezza Vostra a preferenza d'ogni altro, lo stesso Artefice delle Stelle parve avvertirmi con chiari argomenti. E infatti, al modo che queste Stelle, quasi prole degna di Giove, non si discostano dal suo fianco se non per un esiguo intervallo; così chi ignora che la clemenza, la mitezza dell'animo, la gentilezza dei modi, lo splendore del sangue regale, la maestà nelle azioni, l'imponenza dell'autorità e dell'imperio sugli altri, le quali virtù invero collocarono tutte lor domicilio e sede nell'Altezza Vostra, chi, dico, ignora che tutte queste emanano dal benignissimo astro di Giove, subito dopo Dio fonte di tutti i beni? Giove, Giove, dico, al primo apparire dell'Altezza Vostra, oltrepassati ormai i torbidi vapori dell'orizzonte, occupando il punto medio del cielo e con la sua reggia illuminando l'angolo orientale, scorse da quel sublime trono il felicissimo parto, e tutto lo splendore e la magnificenza sua profuse nel purissimo aere, perché il tenero corpicino, insieme con l'anima, già da Dio fregiata dei più nobili ornamenti, bevesse col primo respiro quella universale forza e potenza. Pure, perché io ricorro ad argomentazioni probabili, quando potrei concludere e dimostrare ciò con una ragione in certo modo inoppugnabile? Piacque a Dio Ottimo Massimo, che dai Serenissimi Genitori dell'Altezza Vostra io non fossi stimato indegno di dedicarmi a istruirla nelle discipline Matematiche; il che invero io adempii nei quattro ultimi anni trascorsi, in quella stagione in cui si suole riposarsi dagli

movimenti dell'altre stelle: et questi nuovi pianeti si muovono intorno ad un'altra stella molto grande, non altrimenti che si muovino Venere et Mercurio, et per avventura li altri pianeti conosciuti, intorno al Sole...».

studi più severi. Perciò, essendomi toccato in sorte, certo per volere di Dio, che io servissi Vostra Altezza, e così da vicino ricevessi i raggi della sua incredibile clemenza e benignità, è meraviglia se l'animo mio tanto s'infiammò, da non meditare altro, per così dire, notte e giorno, se non di farmi conoscere, io che non solo di animo, ma anche per la stessa nascita e origine, sono sotto il suo dominio, bramosissimo della gloria dell'Altezza Vostra, e verso di lei quanto più posso gratissimo? Pertanto, avendo io, Auspice l'Altezza Vostra Serenissima, scoperto queste Stelle sconosciute a tutti i passati Astronomi, con pieno diritto stabilii di insignirle del nome Augustissimo della sua Prosapia. Che se per primo io le esplorai, chi potrà con ragione riprendermi, se ad esse io imporrò anche il nome, e le chiamerò *Astri Medicei*? fiducioso che tanto onore da questa denominazione verrà a questi Astri, quanto altri ne apportarono agli altri Eroi. Poiché, per tacere degli Antenati Serenissimi dell'Altezza Vostra, la cui gloria sempiterna attestano i monumenti di tutte le storie, la sua sola virtù, o Massimo Eroe, può impartire a quegli Astri l'immortalità del nome. Chi infatti può dubitare che quell'aspettazione, che l'Altezza Vostra suscitò coi felicissimi auspici del suo impero, sebbene già somma, non solo ella la mantenga e custodisca, ma anche sia per superare in lungo lasso di tempo? Sicché quando ella abbia vinto gli altri simili a sé, continui a gareggiare tuttavia con sé stessa, e di sé e della sua grandezza riesca ogni giorno più grande.

Gradisca pertanto, o Clementissimo Principe, l'Altezza Vostra questa gloria gentilizia a lei dagli Astri riserbata, e quanto più a lungo goda di quei divini beni, che non tanto dalle Stelle, quanto da Dio, Artefice e Moderatore delle Stelle, le son destinati.

Di Padova, li 12 di Marzo 1610.

Dell'Altezza Vostra

Devotissimo Servo
Galileo Galilei.

Gli Eccellentissimi Signori Capi dell'Ecc. Cons. de' X infrascritti, avuta fede dalli Signori Reformatori del Studio di Padova per relazione delli due a questo deputati, cioè dal Rever. P. Inquisitor, e dal circospetto Secretario del Senato, Gio. Maraviglia, con giuramento, come nel libro intitolato: SIDEREUS NUNCIUS etc. di D. Galileo Galilei non si trova alcuna cosa contraria alla Santa Fede Cattolica, Prencipi e buoni costumi, e che è degno di stampa, concedono licenza che possi esser stampato in questa Città.

Datum die primo Martii 1610.

D. M. Ant. Valaresso
D. Niccolò Bon } *Capi dell'Ecc. Cons. de' X*
D. Lunardo Marcello

Illustrissimi Consilii X Secretarius
Bartholomaeus Cominus.

1610, a dì 8 Marzo. Regist. in libro a car. 39.

Ioan. Baptista Breatto off.
Con. Blasph. Coad.

AVVISO ASTRONOMICO [5]

che contiene e chiarisce recenti osservazioni fatte per mezzo di un nuovo occhiale nella faccia della Luna, nella Via Lattea e nelle Stelle Nebulose, in innumerevoli Fisse, nonché in quattro Pianeti non mai finora veduti, chiamati col nome di

ASTRI MEDICEI [6].

Grandi invero sono le cose che in questo breve trattato io propongo alla visione e alla contemplazione degli studiosi

[5] Come ha osservato A. Favaro (G. GALILEI, *Opere*, ed. naz. III, 1, p. 10, n. 2) « al titolo di *Astronomicus nuncius*, che forse non fu nemmeno il primo, Galileo, avanti che fosse compiuta la stampa, sostituì quello di *Sidereus nuncius* » nel frontespizio del libro; qui invece lasciò la precedente espressione.

[6] « Quanto alle mie nuove osservazioni, le mando bene come per avviso a tutti i filosofi et matematici, ma non senza gl'auspici del nostro Ser. Signore; perché havendomi Dio fatto grazia di poter con segno tanto singolare scoprire al mio Signore la devozion mia et il desiderio che ho che il suo glorioso nome viva al pari delle stelle, et toccando a me, primo scopritore, il porre i nomi a questi nuovi pianeti, voglio, all'imitazione degl'antichi sapienti, li quali tra le stelle riponevano gl'eroi più eccellenti di quelle età, inscriver questi dal nome della Ser. S. A. Solo mi resta un po' d'ambiguità, se io deva consacrargli tutti quattro al G. D. solo, denominandogli *Cosmici* dal nome suo, o pure, già che sono a punto quattro in numero, dedicargli alla fraterna con nome di *Medicea Sydera* » (lettera a B. Vinta del 13 febbraio 1610). Il Vinta rispose il 20 successivo che « circa al chiamar detti pianeti o *Cosmici* o *Medicea Sydera*, io le dirò liberamente che questa seconda inscrizzione tengo per fermo che piacerà più perché, potendosi la voce greca *Cosmici* interpretare in diversi sensi, non sarebbe forse interamente attribuita da ogn'uno alla gloria del Ser. nome della Casa de' Medici ».

della natura. Grandi, dico, sia per l'eccellenza della materia per sé stessa, sia per la novità loro non mai udita in tutti i tempi trascorsi, sia anche per lo strumento, in virtù del quale quelle cose medesime si sono rese manifeste al senso nostro.

Gran cosa è certo l'aggiungere, oltre la numerosa moltitudine delle Stelle fisse che fino ai nostri giorni si son potute scorgere con la naturale facoltà visiva, altre innumerevoli Stelle non mai scorte prima d'ora, ed esporle apertamente alla vista in numero più che dieci volte maggiore di quelle antiche e già note.

Bellissima cosa e oltremodo a vedersi attraente è il poter rimirare il corpo lunare, da noi remoto per quasi sessanta semidiametri terrestri, così da vicino, come se distasse di due soltanto di dette misure; sicché il suo diametro apparisca quasi trenta volte maggiore, la superficie quasi novecento, il volume poi approssimativamente ventisettemila volte più grande di quando sia veduto ad occhio nudo; e quindi, con la certezza che è data dall'esperienza sensibile, si possa apprendere non essere affatto la Luna rivestita di superficie liscia e levigata, ma scabra e ineguale, e allo stesso modo della faccia della Terra, presentarsi ricoperta in ogni parte di grandi prominenze, di profonde valli e di anfratti.

Di più, l'aver rimosso le controversie riguardo alla Galassia o Via Lattea, con l'aver manifestato al senso, oltre che all'intelletto, l'essenza sua, non è da ritenersi, mi pare, cosa di poco conto; come anche il mostrare direttamente, essere la sostanza di quelle Stelle, che fin qui gli Astronomi hanno chiamato Nebulose, di gran lunga diversa da quel che fu creduto finora, sarà cosa molto bella e interessante.

Ma quello che supera di gran lunga ogni immaginazione, e che principalmente ci ha spinto a farne avvertiti tutti gli Astronomi e i Filosofi, è l'aver noi appunto scoperto quattro Stelle erranti, da nessun altro prima di noi conosciute né osservate, le quali, a somiglianza di Venere e di Mercurio intorno al Sole, hanno lor propri periodi intorno a una certa Stella principale del numero di quelle conosciute, e ora la precedono, or la seguono, senza mai allontanarsi da essa fuor

dei loro limiti determinati. Le quali cose furono tutte da me ritrovate e osservate or non è molto, mediante un occhiale che io escogitai, illuminato prima dalla divina grazia.

Altre cose forse più importanti saranno col tempo o da me o da altri scoperte con l'aiuto di un simile strumento, la cui forma e struttura, come anche l'occasione d'inventarlo, esporrò prima brevemente, e dopo racconterò la storia delle mie osservazioni.

Circa dieci mesi fa giunse alle nostre orecchie la voce che un certo Fiammingo [7] aveva fabbricato un occhiale, mediante il quale gli oggetti visibili, per quanto molto distanti dall'occhio dell'osservatore, si vedevano distintamente come fossero vicini; e di questo effetto, davvero mirabile, si raccontavano alcune esperienze, alle quali chi prestava fede, chi la negava. La medesima cosa pochi giorni dopo mi fu confermata per lettera da un nobile Francese, Jacopo Badovere [8], da Parigi; il che fu infine il motivo che mi spinse ad applicarmi tutto a ricercarne le ragioni, e ad escogitare i mezzi, per i quali io potessi giungere all'invenzione di un simile strumento; invenzione che conseguii poco dopo, fondandomi sulla dottrina delle rifrazioni [9]. E prima di tutto

[7] « Dovete dunque sapere, come sono circa a 2 mesi che qua fu sparsa fama che in Fiandra era stato presentato al Conte Mauritio un occhiale, fabbricato con tale artifitio, che le cose molto lontane le faceva vedere come vicinissime, si che un huomo per la distantia di 2 miglia si poteva distintamente vedere. Questo mi parve effetto tanto maraviglioso, che mi dette occasione di pensarvi sopra; e parendomi che dovessi havere fondamento su la scientia di prospettiva, mi messi a pensare sopra la sua fabrica: la quale finalmente ritrovai, e così perfettamente, che uno che ne ho fabbricato, supera di assai la fama di quello di Fiandra » (Lettera del 29 agosto 1609 al cognato B. Landucci).

[8] Jacques Badouvère, parigino, visse tra il 1570 e il 1620: fu a Venezia tra il 1607 e il 1609; fu discepolo di Galilei ed ebbe relazioni col Sarpi, il quale, pur apprezzandolo per uomo compito, non mancò di notare la sua adesione al protestantesimo e il suo repentino ritorno alla fede cattolica, ciò che non faceva di lui un uomo sicuro e consapevole. Pare che, ritornato al cattolicesimo per influenza dei Gesuiti, si sia prestato a fare da informatore a costoro.

[9] Mentre nelle lettere al Doge del 24 agosto 1609 (cfr. pp. 865-66) e in quella sopra citata al Landucci Galilei diceva d'aver costruito il cannocchiale avvalendosi delle leggi della prospettiva, qui e nel *Saggiatore* (cfr. pp. 667 segg.) parla della teoria delle rifrazioni. Circa la competenza di

mi preparai un tubo di piombo, alle cui estremità applicai due lenti, ambedue piane da una parte, dall'altra invece una convessa e una concava; accostando poi l'occhio alla concava, scorsi gli oggetti abbastanza grandi e vicini, poiché apparivano tre volte più vicini e nove volte più grandi di quando si guardavano con la sola vista naturale. Dopo me ne preparai un altro più esatto, che rappresentava gli oggetti più di sessanta volte maggiori. Finalmente, non risparmiando fatica né spesa alcuna, sono giunto a tanto, da costruirmi uno strumento così eccellente, che le cose vedute per mezzo di esso appariscano quasi mille volte più grandi e più di trenta volte più vicine che se si guardino con la sola facoltà naturale. Quanti e quali siano i vantaggi di questo strumento, così per terra come per mare, sarebbe del tutto superfluo enumerare [10]. Ma io, lasciando le cose terrene, mi rivolsi alla speculazione delle celesti; e prima mirai la Luna così da vicino, come se fosse distante appena due semidiametri [11] terrestri. Dopo questa, osservai più volte con incredibile godimento dell'animo le Stelle, tanto fisse che erranti; e vedendole tanto fitte, cominciai a pensare sul modo con cui potessi misurare le loro distanze; e finalmente lo trovai. Del che conviene siano preavvertiti tutti coloro che vogliono intraprendere osservazioni di tal natura. Poiché è necessario in primo luogo che si procurino un cannocchiale perfettissimo [12], il quale rappresenti gli oggetti chiari, distinti e sgom-

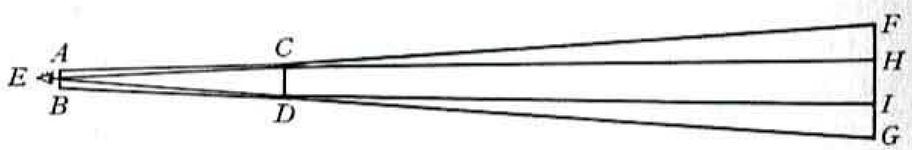
Galilei in materia di ottica, si veda V. Ronchi, *Il cannocchiale di Galileo e la scienza del Seicento*, Torino, Einaudi, 1958.

[10] Cfr. la lettera al Doge di Venezia del 24 agosto 1609, già citata.

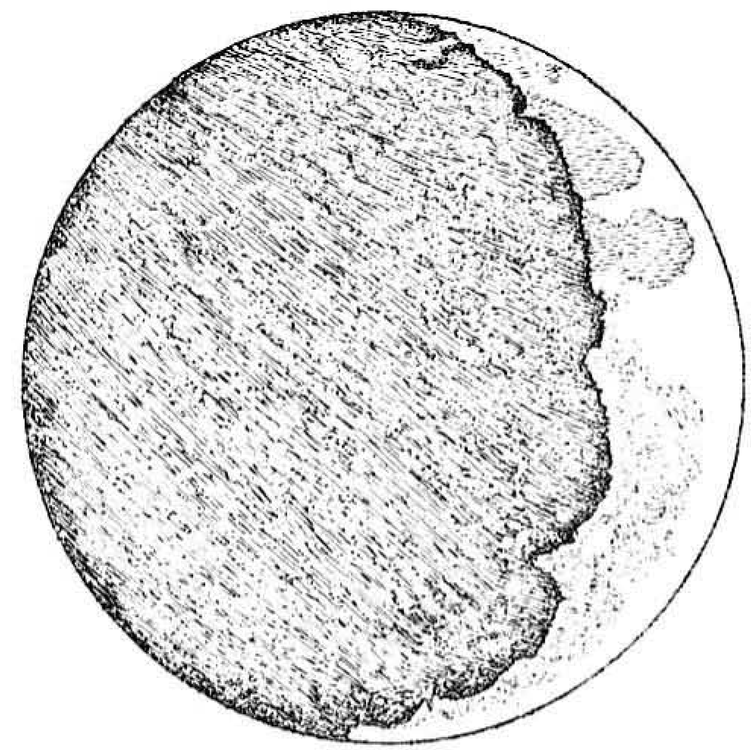
[11] « Galileo non fu il primo a rivolgere il cannocchiale al cielo; fu il primo però ad accorgersi dell'enorme interesse delle cose viste. Comprese infatti immediatamente, che esse si inserivano in modo perfetto nella concezione copernicana mentre risultavano in netto contrasto con la vecchia astronomia » (L. Geymonat, *op. cit.*, p. 73).

[12] « Fu questo nuovo istrumento, costruito da Galileo in parecchi esemplari sempre più perfezionati, che poté dare al suo costruttore la visione di novità sbalorditive, assolutamente impensate, la visione di un mondo nuovo, rivelato col suo occhio acuto e con una esperienza e competenza non comuni nell'applicare il telescopio in queste osservazioni, cose che nessun occhio umano aveva visto prima di lui » (F. Zagar, « Galileo astronomo », in *Fortuna di Galileo*, Bari, Laterza, 1964, p. 29).

bri d'ogni caligine, e che li ingrandisca almeno di quattrocento volte, poiché allora li farà apparire venti volte più vicini; che se tale non sarà lo strumento, invano si tenterà di osservare tutte quelle cose che da noi furono viste nel cielo e che più oltre saranno enumerate. Per stabilire poi con poca fatica l'ingrandimento dell'apparecchio, si tracci il contorno di due circoli o di due quadrati di carta, di cui uno sia quattrocento volte maggiore dell'altro, il che si avrà quando il diametro del maggiore sia venti volte più lungo del diametro dell'altro; dipoi da lontano si guardino simultaneamente ambedue le superfici affisse ad una medesima parete, ma la minore con un occhio applicato al cannocchiale, la maggiore invece con l'altro occhio libero (il che si può fare comodamente in un medesimo tempo, con tutti e due gli occhi aperti); e allora ambedue le figure appariranno della medesima grandezza, se l'apparecchio moltiplicherà gli oggetti secondo la proporzione desiderata. Preparato un simile strumento, si dovrà cercare il modo di misurare le distanze; il che otterremo con l'artifizio seguente. Sia dunque, per far intendere più facilmente, il tubo *A B C D*. L'occhio



dell'osservatore sia *E*. I raggi, quando nel tubo non ci fossero lenti, andrebbero all'oggetto *F G* secondo le linee rette *E C F*, *E D G*; ma, appostevi le lenti, andranno secondo le linee rifratte *E C H*, *E D I*, poiché si raccostano; e mentre prima, liberi, si dirigevano all'oggetto *F G*, ora ne comprenderanno soltanto la parte *H I*. Stabilito poi il rapporto della distanza *E H* alla linea *H I*, si troverà mediante la tavola dei seni la quantità dell'angolo fatto nell'occhio dall'oggetto *H I*, che si vedrà contenere pochi minuti soltanto. Che se alla lente *C D* adatteremo dei foglietti perforati, quali con fori più grandi, quali con meno, sovrapponendo or l'uno or l'altro secondo il bisogno, formeremo a nostro piacere angoli via via diversi, sottendenti più o meno minuti, per



Sidereus Nuncius, Tav. I

mezzo dei quali potremo comodamente misurare gl'intervalli delle Stelle distanti tra loro di alcuni minuti, salvo l'errore di un minuto o due. Ma basti per ora aver così leggermente toccato, e quasi a fior di labbra gustato, queste cose, poiché per altra occasione pubblicheremo la teoria completa di questo strumento [13]. Ora, convocando tutti gli studiosi della vera filosofia agl'inizi di contemplazioni così grandi, esponiamo le osservazioni da noi fatte negli ultimi due mesi trascorsi.

Cominciamo dunque a parlare della faccia lunare che è rivolta al nostro sguardo, la quale, per più facile comprensione, io distinguo in due parti, più chiara e più oscura. La più chiara par circondare e cosparger di sé tutto l'emisfero; la più oscura invece, offusca a guisa di nuvola la faccia stessa e la fa apparire macchiata. Ora queste macchie, alquanto oscure e abbastanza ampie, sono visibili ad ognuno, e sempre in ogni epoca furono scorte; e perciò le chiameremo grandi, o antiche, a differenza di altre macchie, minori per ampiezza, ma così fitte, da ricoprire tutta la superficie lunare, e specialmente la parte più lucente. Queste invero da nessuno furono osservate prima di noi; e dalle più volte ripetute ispezioni di esse siamo giunti alla convinzione che la superficie della Luna non è affatto liscia, uniforme e di sfericità esattissima [14], come di essa Luna e degli altri corpi celesti una numerosa schiera di filosofi ha ritenuto, ma al contrario, disuguale, scabra, ripiena di cavità e di sporgenze, non altrimenti che la faccia stessa della Terra, la quale si

[13] Una teoria completa non verrà mai esposta da Galilei; come ha dimostrato il Ronchi, la sua costruzione ha seguito un criterio del tutto empirico.

[14] « Ell'è, come la terra, per se stessa oscura ed opaca, la quale opacità è atta a ricevere ed a ripercuotere il lume del sole » (*Dialogo sopra i due massimi sistemi*, vol. II, p. 88). Si veda anche la lettera ad A. de' Medici, pp. 867-72). La scoperta della scabrosità della Luna costituisce il primo colpo inferto alle concezioni cosmologiche peripatetiche, le quali, negando l'analogia della natura terrestre e di quella lunare e celeste, davano fondamento scientifico ad un pregiudizio filosofico, secondo cui la realtà terrena è imperfetta perché composita e mutevole, mentre quella celeste è perfetta e quindi unitaria ed incorruttibile.

differenzia qua per catene di monti, là per profondità di valli. E le apparenze, dalle quali ho potuto raccogliere tale opinione, sono le seguenti:

Già nel quarto o quinto giorno dopo la congiunzione, quando la Luna ci si mostra con i corni splendenti, il termine che divide la parte oscura dalla luminosa non si stende uniformemente secondo una linea ovale, come in un solido perfettamente sferico dovrebbe accadere, ma è segnato da una linea disuguale, aspra e notevolmente sinuosa, come dimostra la seguente figura: [*vedi tavola I*] poiché oltre i confini della luce e delle tenebre si estendono nella parte oscura molte come lucide escrescenze, e al contrario, delle particelle tenebrose s'inoltrano nella zona illuminata. Anzi, di più, un gran numero di piccole macchie nericce, del tutto separate dalla parte oscura, cospargono dovunque quasi tutta la plaga già illuminata dal Sole, solo eccettuati quei luoghi dove si trovano le macchie grandi ed antiche. Abbiamo poi osservato che le suddette piccole macchie tutte concordano in questo, nell'aver la parte nericcia rivolta verso il luogo del Sole; mentre nella parte opposta al Sole appariscono coronate da contorni molto lucenti, quasi da montagne accese. Ma appunto un aspetto del tutto consimile lo abbiamo sulla Terra al levar del Sole, quando, non essendo ancora inondate di luce le valli, pur vediamo quei monti che le circondano dalla parte opposta al Sole ormai tutti fulgidi e splendenti; e come le ombre delle cavità terrestri, via via che il Sole s'innalza, diminuiscono, così anche queste macchie lunari, col crescere nella Luna della parte luminosa, vanno perdendo le tenebre.

Ma poi, non solo i confini tra le tenebre e la luce si vedono nella Luna ineguali e sinuosi, ma, ciò che induce maggior meraviglia, nella parte tenebrosa della Luna appaiono moltissime punte lucenti, totalmente divise e staccate dalla regione illuminata, e da essa non di breve intervallo distanti; le quali a poco a poco, trascorso un certo tempo, aumentano di grandezza e di luce, poi, dopo due o tre ore, si congiungono con la restante parte lucida, già fattasi più ampia; ma intanto altre ed altre cuspidi, di qua di là quasi pullu-

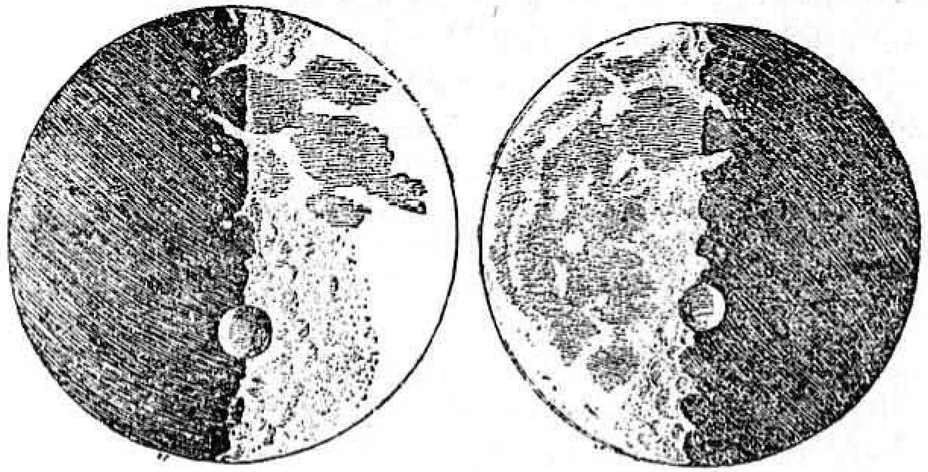
lanti, si accendono nella parte tenebrosa, s'ingrandiscono, e infine anch'esse si uniscono con la medesima superficie luminosa, che si è andata sempre più dilatando. E l'esempio di ciò ce lo mostra la medesima figura. Or appunto sulla Terra, prima del sorger del Sole, le più alte cime dei monti non sono illuminate dai raggi solari, mentre l'ombra occupa tuttora le pianure? e di lì a poco quella luce non si va dilatando, mentre s'illuminano le parti medie e più larghe dei medesimi monti; e sorto che sia il Sole, le illuminazioni delle pianure e dei colli non finiscono col congiungersi? Le varietà poi di tali elevazioni e cavità nella Luna sembrano per ogni verso superare l'asperità della superficie terrestre, come più sotto dimostreremo. Intanto non passerò sotto silenzio una cosa degna di riflessione, da me osservata mentre la Luna [15] si avviava alla prima quadratura, quale appunto la rappresenta il medesimo su riprodotto disegno: e cioè che nella parte luminosa s'inoltra un gran seno oscuro, collocato verso il corno inferiore; nel qual seno, dopo che a lungo l'ebbi osservato e vedutolo totalmente oscuro, alla fine, dopo quasi due ore, cominciò a spuntare, poco sotto la metà, una specie di vertice luminoso; e questo poi a poco a poco crescendo si presentava in figura triangolare, mantenendosi tuttora interamente staccato e separato dalla faccia luminosa; di lì a poco intorno ad esso cominciarono a risplendere tre altre piccole punte; finché, volgendo già la Luna verso occidente, quella figura triangolare, fattasi ormai più ampia ed estesa, si congiungeva con la restante parte luminosa, e a guisa di gran promontorio, sempre però circondata dai tre sopradetti lucidi vertici, dilagava in quel seno tenebroso. Inoltre nell'estremità dei corni, superiore e inferiore, emergevano alcuni punti splendenti, del tutto separati dal restante lume, come si vede riprodotto nella medesima figura; e vi era gran quantità di macchie oscure nell'uno e nell'altro corno, ma specialmente nell'inferiore; delle quali, più grandi e più oscure appariscono quelle che son più vicine al termine

[15] Cfr. la già citata lettera ad A. de' Medici del 7 gennaio 1610; la « quadratura » è il primo quarto della luna.

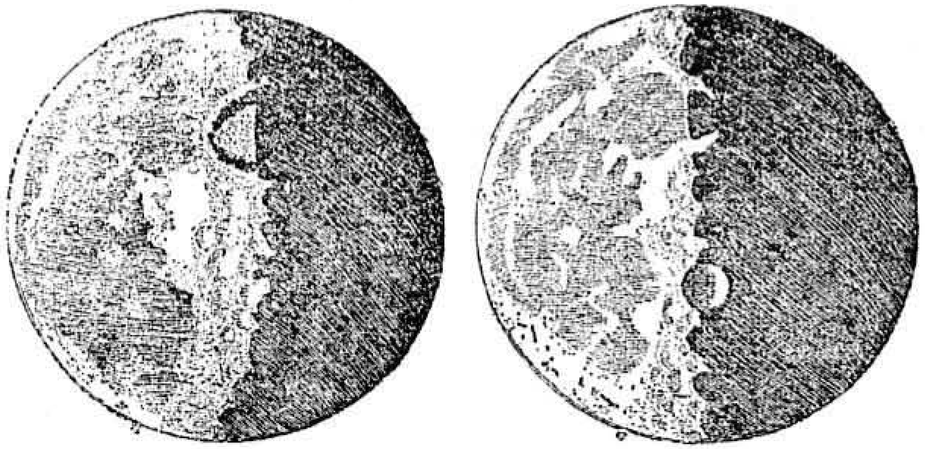
tra luce e tenebre; le più lontane invece, meno oscure e più sbiadite. Sempre però, come già sopra abbiamo avvertito, la parte nericcia di ciascuna macchia è rivolta verso il luogo dell'irradiazione solare, mentre un orlo luminoso circonda la macchia dalla parte che è opposta al Sole e rivolta alla plaga tenebrosa della Luna. Questa superficie lunare, là dove è segnata di macchie come coda di pavone sparsa d'occhi cerulei, appare somigliante a quei vasetti di vetro, che immersi ancor caldi in acqua fredda, acquistano una superficie screpolata e ondosa, per cui dal volgo sono chiamati bicchieri di ghiaccio. Quanto poi alle macchie grandi della medesima Luna, queste non si vedono affatto così interrotte e piene di lacune e prominenze, ma più eguali e uniformi, e solo vi emergono qua e là alcune areole più chiare; cosicché, se qualcuno volesse risuscitare l'antica opinione dei Pitagorici, esser cioè la Luna quasi un'altra Terra, la parte di essa più luminosa rappresenterebbe più propriamente la superficie solida, la più oscura invece l'acquea: avendo io sempre ritenuto per certo che del globo terrestre, veduto da lontano quando sia illuminato dai raggi solari, le terre emerse si mostrerebbero più luminose, le acque invece più oscure [16]. Oltre a ciò le grandi macchie si vedono nella Luna più depresse delle plaghe più chiare, poiché tanto nel crescere che nello scemare di essa, sempre nel confine tra luce e tenebre si vedono sporgere di qua e di là intorno alle stesse grandi macchie gli orli della parte più lucida, come abbiamo prima osservato nel descrivere le figure; né soltanto più bassi sono i confini di dette macchie, ma anche più uniformi, né da pieghe od asprezze interrotti. La parte più lucida poi si vede sporgere soprattutto vicino alle macchie; in modo che, sia avanti la prima quadratura, sia di solito anche nella seconda, intorno a una certa macchia che occupa la plaga superiore, cioè boreale, della Luna, notevolmente si solle-

[16] « Stimo che la materia del globo lunare non sia di terra e di acqua, e questo solo basta a tor via le generazioni e alterazioni simili alle nostre » (*Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, vol. II, p. 131).

vano, tanto sopra che sotto di essa, delle grandi sporgenze, come dimostrano i disegni qui riprodotti.



Questa medesima macchia prima della seconda quadratura si scorge circonvallata da certi contorni più scuri; i quali, sì come le altissime cime dei monti, appaiono più oscuri dalla parte opposta al Sole, mentre là dove guardano al Sole si presentano più luminosi; che è il contrario di quanto accade nelle cavità, delle quali la parte opposta al Sole appare splendente, oscura invece ed ombrosa quella situata dalla parte del Sole. Diminuita poi la superficie luminosa, mentre prima quasi tutta la detta macchia era ricoperta di tenebre, sporgono a grado a grado dalle tenebre più luminosi i dorsi dei monti. Questo duplice aspetto è rappresentato dalle seguenti figure:



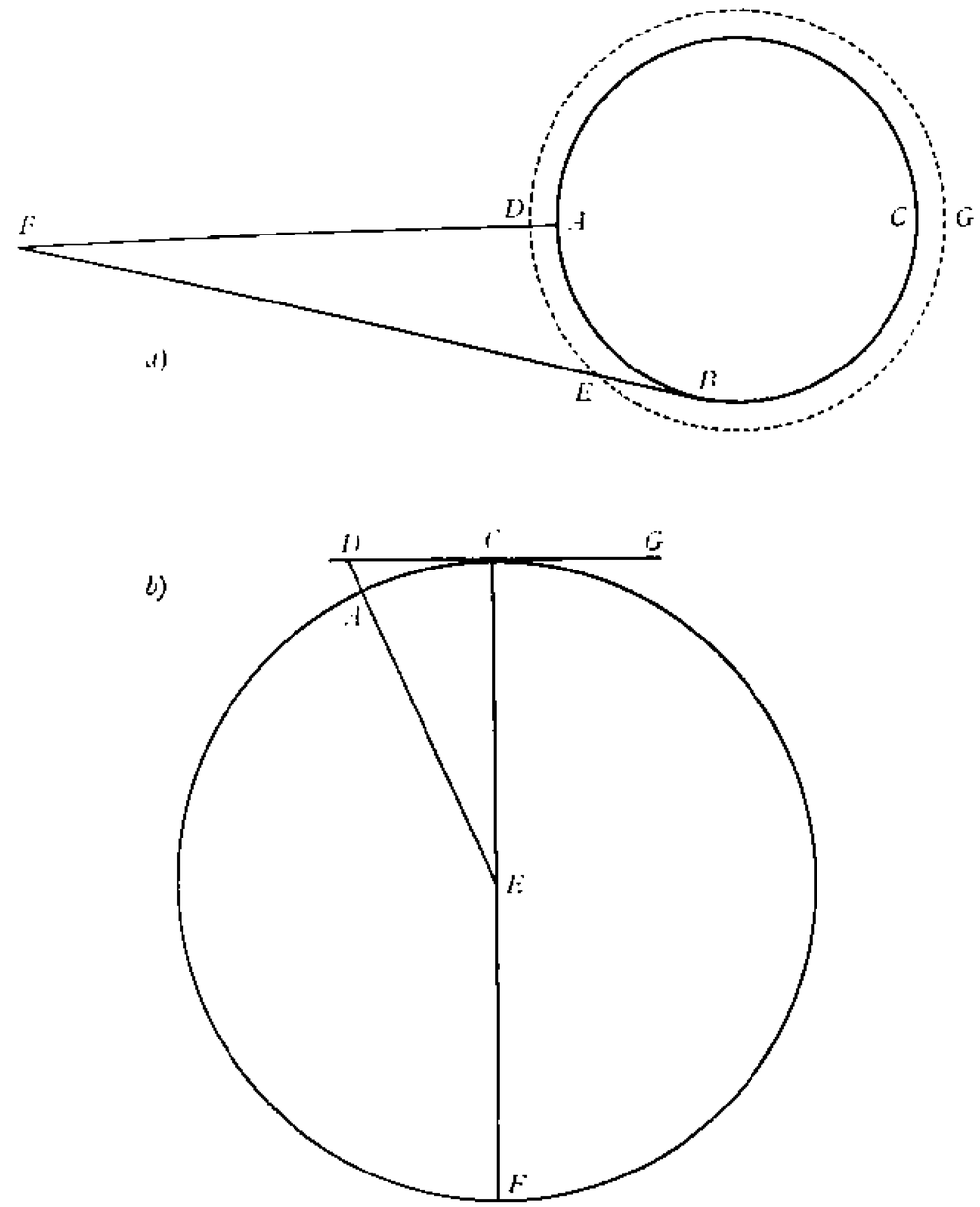
E un'altra cosa non voglio tralasciare, che non senza una certa meraviglia ho notato: esser cioè il luogo quasi centrale della Luna occupato da una cavità maggiore di tutte le altre, e di figura perfettamente rotonda; la scorsi in prossimità delle due quadrature, e cercai di riprodurla per quanto era possibile nelle seconde su riportate figure; essa offre, quanto all'adombramento e all'illuminazione, il medesimo aspetto che offrirebbe sulla terra la regione consimile della Boemia, se tutt'intorno fosse chiusa da monti altissimi e disposti perfettamente in circolo; nella Luna infatti essa è circondata da così alte cime, che l'estrema fascia confinante con la parte tenebrosa della Luna si scorge illuminata dal Sole, prima che il confine tra luce ed ombra raggiunga la linea mediana della stessa figura. Alla maniera poi delle altre macchie, la sua parte ombreggiata guarda al Sole, mentre la luminosa è disposta verso la parte tenebrosa della Luna; sulla qual cosa a bella posta richiamo per la terza volta l'attenzione, come a saldissimo argomento delle asperità e ineguaglianze sparse per tutta la plaga più chiara della Luna. E di queste macchie, sempre più oscure sono quelle che sono contermini al confine tra luce e tenebre, mentre le più remote appaiono e minori e meno oscure; cosicché quando finalmente la Luna diventa piena nell'opposizione, l'ombra delle cavità si distingue dal candore delle parti rilevate per un modico e assai tenue distacco.

Le osservazioni che abbiamo esposto riguardano le regioni più chiare della Luna; ma nelle grandi macchie non si scorge una tal differenza di cavità e di sporgenze, quale necessariamente si è costretti a stabilire nella parte più luminosa per la mutazione degli aspetti da una all'altra illuminazione dei raggi del Sole, secondo le molteplici posizioni da cui esso guarda la Luna; esistono invero nelle grandi macchie alcune areole leggermente più oscure, come abbiamo notato nelle figure; pur tuttavia esse presentano sempre il medesimo aspetto, né la loro opacità aumenta o diminuisce, ma con differenze piccolissime ora appaiono di poco appena più scure, ora invece più chiare, secondo che più o meno obliqui cadono in esse i raggi solari; inoltre si congiungono con le

parti più vicine delle macchie con una specie di sfumatura, mescolando e confondendo i confini. Ben altrimenti invece accade nelle macchie che occupano la superficie più luminosa della Luna; le quali, quasi rupi scoscese e irte di rocce aspre e angolose, si stagliano nettamente con duri contrasti di luci e di ombre. Si osservano inoltre dentro le medesime grandi macchie certe areole, di cui parte più chiare, anzi alcune lucentissime; però, sia di queste sia delle più oscure sempre il medesimo è l'aspetto, né v'è mutazione o di figura o di luce o di oscurità; sicché si può fuor d'ogni dubbio affermare che esse appaiono per una reale dissimilarità delle parti, e non soltanto per disuguaglianze nelle figure delle medesime parti, in conseguenza delle varie illuminazioni del Sole moventi in modi diversi le ombre; il che bene accade delle altre macchie minori che occupano la parte più chiara della Luna; ché di giorno in giorno mutano, crescono, diminuiscono, scompaiono, come quelle che traggono la loro origine dalle ombre delle prominenze soltanto.

Qui veramente prevedo che molti saranno assaliti da grande incertezza, e impigliati in così grave difficoltà, da esser costretti a revocare in dubbio una conclusione già spiegata e da tante apparenze confermata. Poiché se quella parte della superficie lunare che riflette più splendidamente i raggi solari è ripiena di anfratti, cioè di sporgenze e di cavità innumerevoli, perché nella Luna crescente l'estrema circonferenza che guarda verso ponente, e nella calante l'altra semicirconferenza orientale, e nel plenilunio l'intera periferia non si scorge disuguale, aspra e sinuosa, ma invece esattamente rotonda a giro di compasso, non intaccata da alcuna sporgenza o cavità? Tanto più che l'orlo tutto intero consta della sostanza più chiara della Luna, che abbiamo detto esser piena di prominenze e lacune; e infatti delle grandi macchie nessuna si estende fino all'estrema periferia, ma tutte si scorgono aggruppate lungi dall'orbita. Eccomi a esporre la duplice causa di questa apparenza, che offre appiglio a così grave dubbio, e di conseguenza la duplice soluzione del dubbio. In primo luogo, se le sporgenze e le cavità nel corpo lunare si protendessero unicamente secondo la

periferia circolare terminante l'emisfero a noi visibile, allora sì potrebbe, anzi dovrebbe, la Luna mostrarsi a noi sotto specie quasi di ruota dentata, vale a dire terminata da un giro bitorzoluto e sinuoso; ma se non una serie soltanto di prominenze disposte unicamente lungo la circonferenza, bensì moltissime file di monti con loro valli ed anfratti si trovino disposte parallelamente intorno all'estremo giro della Luna, e queste non solo nell'emisfero visibile ma anche nell'opposto (vicino tuttavia alla linea di confine dei due emisferi), allora un occhio che guardi da lungi non potrà minimamente cogliere il distacco tra sporgenze e cavità, perché gl'intervalli dei monti disposti nel medesimo circolo, ossia nella medesima serie, sono occultati dall'interporsi di altre elevazioni disposte in altre e poi altre file; e ciò soprattutto, se l'occhio dell'osservatore sia collocato sulla medesima retta coi vertici delle dette elevazioni. Così sulla Terra i gioghi di molti e fitti monti appaiono disposti secondo una superficie piana se il riguardante sia lontano e situato a pari altezza. Così le irte cime delle onde del mare agitato sembrano distese secondo un medesimo piano, sebbene tra flutto e flutto grandissima sia la frequenza di voragini e di lacune, e a tal punto profonde, da nascondere nel loro seno non solo le carene, ma anche poppe, alberi e vele di imponenti navigli. Poiché dunque proprio nella Luna, e intorno alla sua periferia, molte sono le file di prominenze e cavità parallelamente disposte, e poiché l'occhio mirante da lontano si colloca quasi sul medesimo piano con i vertici di quelle, a nessuno deve riuscire strano che al raggio visivo che li sfiora, essi si manifestino disposti secondo una linea uniforme e per nulla tortuosa. A questa ragione se ne può aggiungere un'altra: che cioè intorno al corpo lunare c'è, così come intorno alla Terra, una specie di globo di sostanza più densa del rimanente etere, il quale vale a ricevere e a riflettere l'irradiazione solare, sebbene non sia fornito di tanta opacità, da potere (specialmente finché non sia illuminato) inibire il passaggio alla vista. Questo globo, illuminato dai raggi solari, rende e fa apparire il corpo lunare sotto l'aspetto di una sfera più grande; e sarebbe capace di impedire alla nostra



Sidereus Nuncius, Tav. II

vista di raggiungere il corpo solido della Luna, se il suo spessore fosse più profondo; e veramente più profondo è intorno alla periferia della Luna: più profondo, dico, non in via assoluta, ma relativamente ai nostri raggi visivi che lo secano obliquamente; e perciò può ostacolare la nostra vista, specialmente quando sia luminoso, e nascondere la periferia lunare esposta al Sole. Il che più chiaramente si comprende nella qui annessa figura: [*vedi tav. II* a] nella quale il corpo lunare *A B C* è circondato dal globo vaporoso *D E G*; l'occhio poi da *F* giunge alle parti intermedie della Luna, come per es. ad *A*, attraverso i vapori *D A* meno profondi; ma verso il margine estremo, un più profondo strato di vapori *E B* preclude col suo limite la nostra vista. Segno di ciò è, che la parte illuminata della Luna appare di circonferenza più ampia del rimanente orbe tenebroso; e questa medesima causa potrà forse secondo qualcuno ragionevolmente spiegare, perché le macchie più grandi della Luna da nessuna parte si vedano estendersi fino all'orlo estremo, per quanto tuttavia sia anche opinabile che nessuna se ne trovi intorno ad esso; pure, che ce ne siano di invisibili sembra reso credibile dalla possibilità che si nascondano sotto una più profonda e più luminosa massa di vapori.

Che dunque la superficie più chiara della Luna sia d'ogni parte cosparsa di sporgenze e lacune, credo sia stato abbastanza dimostrato dalle già spiegate apparenze; resta che si parli delle loro dimensioni, dimostrando che le asperità terrestri sono di gran lunga minori delle lunari; minori, dico, anche parlando assolutamente, e non in ragione soltanto delle grandezze dei rispettivi globi; e ciò si spiega chiaramente come segue.

Avendo io più volte osservato, in posizioni via via diverse della Luna rispetto al Sole, che alcuni vertici dentro la parte tenebrosa della Luna, ancorché abbastanza remoti dal confine della luce, apparivano illuminati; paragonando la loro distanza all'intero diametro della Luna, trovai che questo intervallo supera a volte la ventesima parte del diametro. Posto ciò, s'immagini il corpo lunare, [*vedi tav. II* b] il cui circolo massimo sia *C A F*, il centro *E* e il diametro

C F, che sta al diametro terrestre come due a sette; e poiché il diametro terrestre, secondo le osservazioni più esatte, contiene 7000 miglia italiane, *C F* sarà 2000, e *C E* 1000; la ventesima parte poi di tutto *C F* sarà di miglia 100. Sia ora *C F* il diametro del circolo massimo che divide la parte luminosa della Luna dalla oscura (poiché per la grandissima distanza del Sole dalla Luna questo circolo non differisce sensibilmente dal massimo) e *A* disti da *C* della ventesima parte di esso; si tracci il semidiametro *E A*, che prolungato incontri la tangente *G C D* (che rappresenta il raggio illuminante) nel punto *D*; di tali parti dunque l'arco *C A*, ovvero la retta *C D*, sarà 100, di quali la *C E* è 1000, e la somma dei quadrati di *D C*, *C E* sarà 1.010.000, a cui è uguale il quadrato della *D E*; dunque tutta la *E D* sarà maggiore di 1004, e la *A D* maggiore di 4 di tali parti, di quali *C E* è 1000. Dunque nella Luna l'altezza *A D*, che designa un qualsiasi vertice elevato fino al raggio solare *G C D*, e lontano dal termine *C* per la distanza *C D*, supera le 4 miglia italiane. Ora sulla Terra non c'è alcun monte, che appena si accosti all'altezza perpendicolare di un miglio; resta pertanto manifesto, che le elevazioni lunari son più alte delle terrestri [17].

Voglio a questo punto assegnare la causa di una certa altra apparenza degna di meraviglia, la quale, per quanto da me osservata non di recente, ma già da molt'anni, e ad alcuni familiari, amici e discepoli mostrata, spiegata e dimostrata nella sua causa; pure, poiché l'osservazione di essa è resa più facile e più evidente dall'aiuto del cannocchiale, non ritenni inopportuno riportare in questo luogo; soprattutto perché apparisca più chiaramente la parentela e la somiglianza tra la Luna e la Terra.

[17] Nella discussione *De lunarium montium altitudine* (III, 1, pp. 301 segg.), cui Galilei partecipò a Mantova nel maggio 1611, si legge: « Affirmo igitur in Lunae globo montes reperiri longe iis altiores, quos in terris quisquam mortalium unquam spectavit » (Asserisco dunque che nel globo lunare si possono trovare monti molto più alti di quelli che mai mortale vide mai).

Mentre la Luna, sia prima, sia anche dopo la congiunzione, si trova non lungi dal Sole, non solo si offre alla nostra vista il suo globo dalla parte ove si adorna dei corni lucenti, ma anche un certo tenue chiaror periferico sembra delineare l'orbita della parte tenebrosa, quella cioè opposta al Sole, e separarla dal campo più oscuro dello stesso etere. Se poi consideriamo la cosa con più accurata indagine, vedremo non soltanto il lembo estremo della parte tenebrosa rilucere di un tal incerto chiarore, ma l'intera faccia della Luna, quella cioè che non ancora riceve il fulgore solare, albeggiare di una certa luce, e non tanto scarsa; solo che a prima vista appare soltanto la sottile circonferenza luminosa a causa delle più oscure parti del cielo ad essa contermini; la rimanente superficie invece sembra più oscura per essere a contatto coi corni lucenti, che ottenebrano la nostra vista. Però se uno si collochi in tal modo, che da un tetto o camino o qualche altro ostacolo posto tra la sua vista e la Luna (ma lontano dall'occhio) vengano occultati i soli corni lucenti, mentre la rimanente parte del globo lunare resti esposta al suo sguardo, allora s'accorgerà che anche questa plaga della Luna, quella cioè priva della luce solare, splende di luce non esigua; e ciò soprattutto, se già la tenebra notturna sia profonda per l'assenza del Sole; ché in un campo più oscuro la medesima luce appare più chiara. È inoltre provato che questa seconda, per così dire, chiarità della Luna è maggiore quanto meno questa dista dal Sole; e coll'allontanarsi da esso più e più diminuisce, cosicché dopo la prima quadratura, e prima della seconda, si scorge debole e molto incerta, anche se osservata nel cielo più oscuro, mentre nel sestile e a minor distanza, sebbene durante il crepuscolo, rifulge in modo meraviglioso; rifulge, dico, a tal punto, che mediante un esatto cannocchiale si possono scorgere in essa le grandi macchie. Questo mirabile fulgore ha suscitato non poca meraviglia negli studiosi; e per addurne la causa chi propose una spiegazione, chi un'altra. E alcuni dissero posseder la Luna un suo proprio e naturale splendore; altri, che le fosse impartito da Venere; altri, da tutte le stelle; altri, dal Sole, il quale coi suoi raggi attraverserebbe la

profonda solidità della Luna. Ma veramente proposte di tal sorta con poca fatica si confutano e si convincono di falsità. Se infatti tal luce fosse o propria o fornita dalle Stelle, la Luna la manterrebbe e la mostrerebbe soprattutto nelle eclissi, quando si perde nel cielo oscurissimo; il che tuttavia è contraddetto dall'esperienza: poiché il fulgore che appare nella Luna durante le eclissi è di molto minore, rossiccio e quasi color rame, mentre questo è più chiaro e biancheggiante. Quello inoltre è mutevole e mobile di luogo, poiché vaga per la faccia della Luna in tal modo, che quella parte che è più vicina alla periferia del circolo dell'ombra terrestre, sempre si vede più chiara, e il resto invece più oscuro; per cui senza alcun dubbio si comprende che ciò avviene per la vicinanza dei raggi solari tangenti una qualche più densa regione che cinge circolarmente la Luna; dal quale contatto una specie di aurora si diffonde nelle vicine plaghe lunari, non altrimenti che sulla terra, tanto al mattino che alla sera, si sparge una luce crepuscolare; del che più diffusamente tratteremo nel libro Del sistema del mondo [18]. Asserire poi che una tal luce sia impartita da Venere, è cosa tanto puerile, da esser indegna di risposta. Perché chi sarà tanto ignorante da non capire, esser del tutto impossibile che nel periodo tra la congiunzione e l'aspetto sestile, la parte della Luna opposta al Sole sia guardata da Venere? Che poi dipenda dal Sole, che con la sua luce penetri e impregni di sé la profonda solidità della Luna, è parimente impensabile: poiché giammai diminuirebbe, essendo un emisfero della Luna sempre illuminato dal Sole, eccettuato il tempo delle eclissi lunari; e invece diminuisce mentre la Luna si avvia alla quadratura, ed anche del tutto si offusca quando abbia

[18] Su questo fenomeno, osservato da Galilei mediante il telescopio, lo scienziato pisano tornerà più volte: nella giornata prima del *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* (vol. II, pp. 93 segg.) Sagredo interverrà nell'esposizione che Salviati, il personaggio più galileiano, vien facendo delle scoperte celesti del 1610 per alludere a questo candore lunare o, come si dice oggi, « luce cinerea », che viene attribuito al riflesso sulla superficie lunare dei raggi del sole sulla terra. Già prima di Galilei Leonardo da Vinci e poi Michele Maestlin lo avevano osservato.

superato la quadratura. Poiché dunque un tal fulgore secondario non è né congenito né proprio della Luna, né è ricevuto da alcuna Stella né dal Sole, e poiché nella vastità del mondo nessun altro corpo rimane, se non la sola Terra, che si deve, di grazia, opinare? che cosa proporre? non forse che lo stesso corpo lunare, o qualsiasi altro corpo opaco e tenebroso, sia illuminato dalla Terra? Che c'è di strano? In breve: con giusto e grato ricambio la Terra rende alla Luna una illuminazione pari a quella che essa stessa dalla Luna riceve per quasi tutto il tempo nelle tenebre più profonde della notte. Spieghiamo la cosa più chiaramente. La Luna nelle congiunzioni, quando è situata tra il Sole e la Terra, è illuminata dai raggi solari nel suo emisfero superiore, opposto alla Terra; mentre l'emisfero inferiore, con cui guarda la Terra, è ricoperto di tenebre, e perciò non illumina minimamente la superficie terrestre. Allontanatasi poi gradatamente dal Sole, la Luna si va ormai illuminando da qualche parte nell'emisfero inferiore a noi rivolto, e i corni albeggianti, ancorché sottili, volge verso di noi, e di tenue luce illumina la Terra. Cresce nella Luna, che ormai s'accosta alla quadratura, l'illuminazione solare, aumenta sulla terra la riflessione della sua luce; si estende lo splendore nella Luna per tutto un semicerchio, e le nostre notti rifulgono più chiare; finalmente l'intero volto della Luna, col quale guarda la Terra, è irradiato dal Sole opposto di fulgentissimi raggi, brilla per ogni dove la terrestre superficie inondata dallo splendore lunare; poi la Luna decrescente più deboli manda i raggi verso di noi, più debolmente è illuminata la Terra; la Luna volge alla congiunzione, notte cupa occupa la Terra. Con tal periodo dunque ad alterne vicende il fulgore lunare largisce a noi illuminazioni mensili or più chiare or più deboli; e invero in egual misura il beneficio è ricambiato dalla Terra. Poiché mentre la Luna si trova sotto il Sole nella congiunzione, ha di fronte tutta intera la superficie dell'emisfero terrestre esposto al Sole e illuminato da vividi raggi, e riceve la luce riflessa da quella; e perciò l'emisfero inferiore della Luna, quello cioè privo di luce solare, appare, per effetto di tale riflessione, non poco

luminoso. La medesima Luna, allontanatasi dal Sole di un quadrante, scorge illuminata soltanto metà dell'emisfero terrestre, e propriamente la occidentale, poiché l'altra metà orientale è ottenebrata dalla notte: dunque anche la Luna stessa è illuminata meno splendidamente dalla Terra, e perciò quella sua luce secondaria ci appare più tenue. Che se si ponga la Luna in opposizione al Sole, essa avrà di fronte l'emisfero della Terra intermedia interamente tenebroso e da oscura notte pervaso; se poi tale opposizione sia eclittica, nessuna illuminazione affatto riceverà la Luna, priva insieme e della irradiazione solare e di quella terrestre. Nelle varie altre sue posizioni rispetto alla Terra e al Sole, maggiore o minor lume la Luna riceve dalla riflessione terrestre, secondo che una maggiore o minor parte essa guardi dell'emisfero terrestre illuminato; ché tra questi due globi si mantiene un tal tenore, che nei medesimi periodi in cui la Terra è maggiormente illuminata dalla Luna, meno, a sua volta, la Luna è illuminata dalla Terra; e viceversa. E bastino queste poche cose dette nel presente luogo su tale argomento, che più diffusamente sarà trattato nel nostro Sistema del mondo; dove, con moltissimi e ragionamenti ed esperimenti, si dimostra validissima la riflessione solare operata dalla Terra, a coloro che vanno proclamando doversi questa escludere dal giro danzante delle Stelle, soprattutto per il motivo che sarebbe priva di moto e di luce; perché noi la dimostreremo errante e superante in splendore la Luna, e non già sentina di sordidezze e terrene brutture; e ciò confermeremo anche con infinite ragioni naturali.

Abbiamo fin qui parlato delle osservazioni fatte intorno al corpo lunare; ora brevemente esponiamo quello che finora è stato da noi osservato riguardo alle Stelle fisse. E prima d'ogni altro, un fatto è degno di attenzione, che cioè le Stelle, tanto fisse che erranti, quando si osservano col cannocchiale, non sembrano affatto aumentare di grandezza nella medesima proporzione secondo cui gli altri oggetti, ed anche la stessa Luna, s'ingrandiscono: nelle Stelle tale aumento appare di gran lunga minore; cosicché il cannocchiale, il quale è capace d'ingrandire gli altri oggetti per es. del

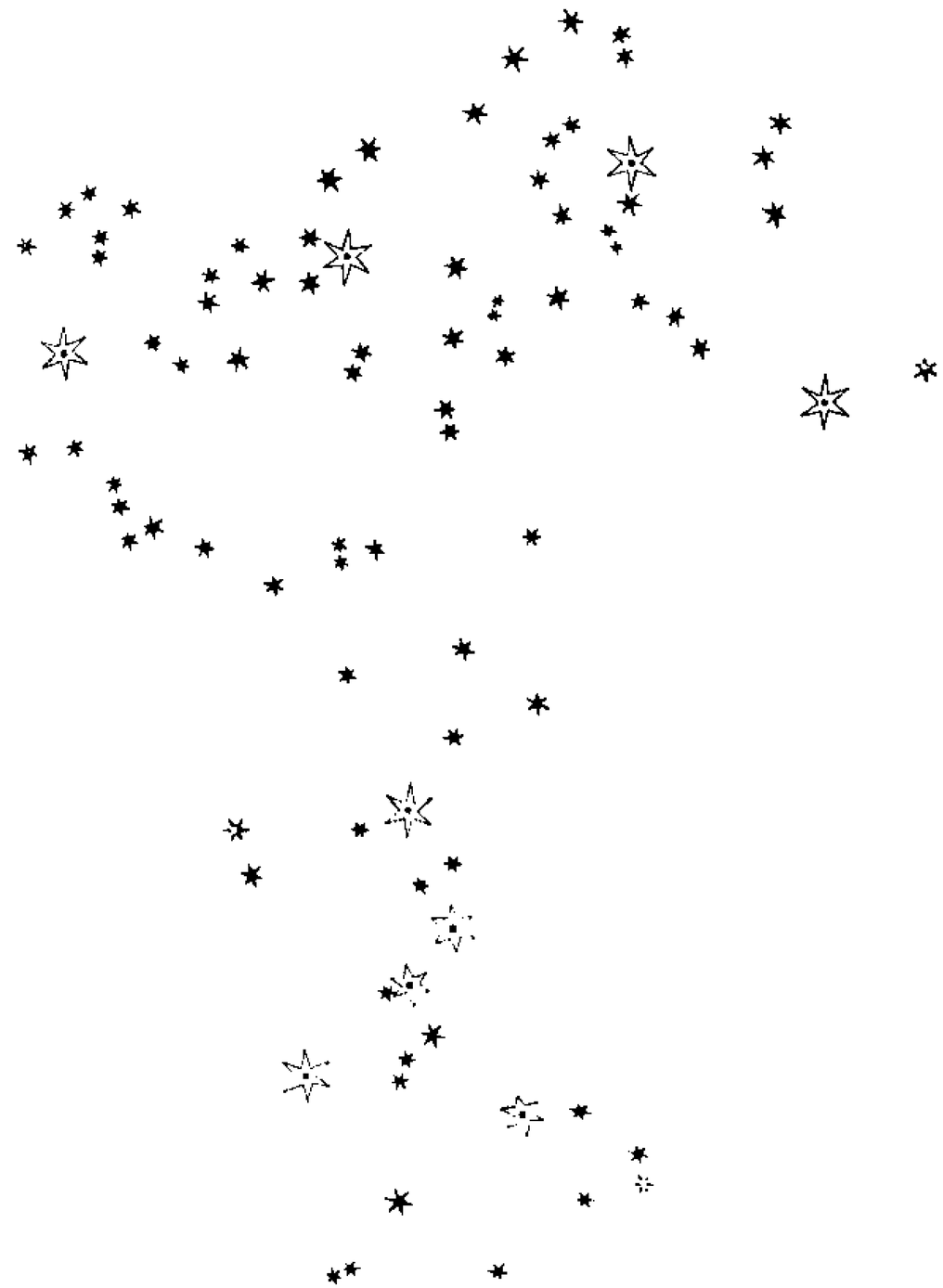
centuplo, si crederebbe che potesse ingrandire le Stelle appena del quadruplo o del quintuplo. E la ragione di ciò è questa, che quando gli Astri sono guardati con la libera e naturale facoltà visiva, non ci si offrono secondo la loro semplice e, per così dire, nuda grandezza, ma irradiati da certi fulgori, e da brillanti raggi chiomati, e ciò massimamente a notte inoltrata; per il che sembrano di gran lunga maggiori, che se fossero spogli di quei crini acquisiti; poiché l'angolo visivo è determinato non dal corpuscolo primario della Stella, ma dallo splendore largamente circonfuso [19]. Questo risulta chiarissimo dal fatto, che le Stelle emergenti fra i primi crepuscoli al tramonto del Sole, ancorché siano di prima grandezza, appariscono molto esigue; e la stessa Venere, se a volte si offre al nostro sguardo sul mezzogiorno, si scorge tanto esile, che appena sembra eguagliare una stellina dell'ultima grandezza. Diversamente accade in altri oggetti e nella stessa Luna; la quale, o che si guardi nella luce meridiana o fra le tenebre più profonde, appare sempre della medesima mole. Dunque in mezzo alle tenebre gli Astri sono visti chiomati, mentre la luce diurna può rader loro i crini; e non cotesta luce soltanto, bensì anche una tenue nuvoletta, che s'interponga tra la Stella e l'occhio dell'osservatore; come anche producono il medesimo effetto veli neri e vetri colorati, per il cui ostacolo e interposizione i circonfusi fulgori abbandonano le Stelle. Questo medesimo effetto produce parimente il cannocchiale; e prima toglie alle Stelle i fulgori ascitizi e accidentali, poi aumenta i loro globuli semplici (ove siano di figura globosa); e così esse appariscono ingrandite secondo una proporzione minore. E

[19] « Quel fulgore ascitizio delle stelle non è realmente intorno alle stelle ma è nel nostro occhio; sì che dalle stelle vien la sola sua specie, nuda e terminatissima » (*Il Saggiatore*, p. 653): quest'osservazione, che oggi appare del tutto ovvia, ebbe un indubbio interesse per le investigazioni astronomiche del tempo, perché il telescopio poté dimostrare che l'alone lucente, che circonda gli astri osservati ad occhio nudo, non ha alcuna consistenza reale, essendo soltanto un effetto ottico dovuto al riverbero della luce.

infatti una Stellina di quinta o sesta grandezza vista col cannocchiale si presenta come una di prima grandezza.

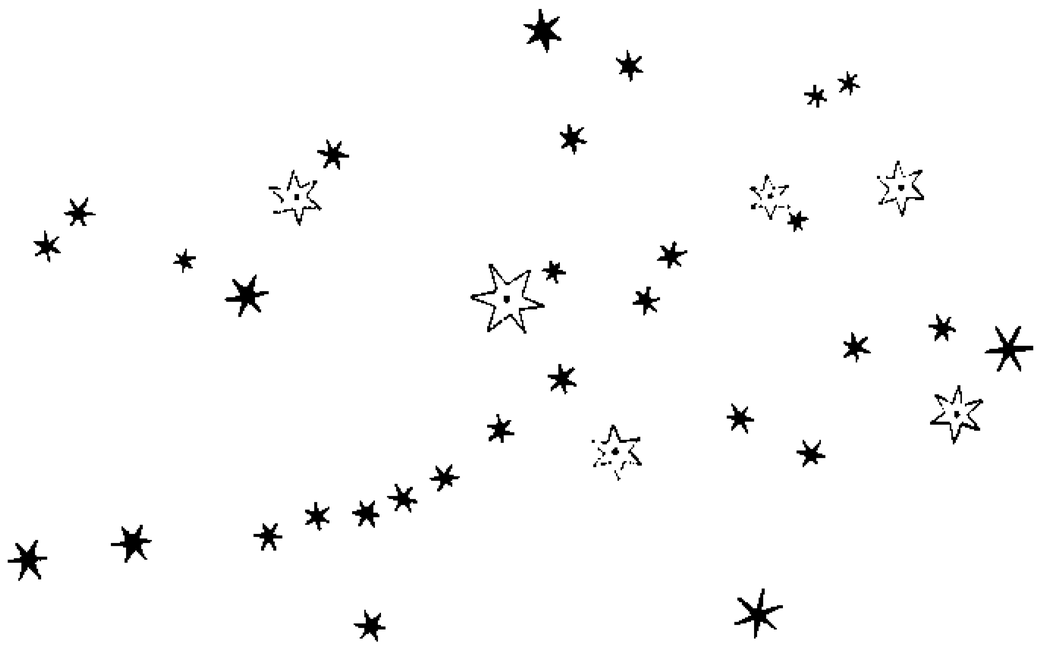
Anche degna di nota sembra esser la differenza tra l'aspetto dei Pianeti e quello delle Stelle fisse. I Pianeti infatti mostrano i loro globi esattamente rotondi e delineati, e, come delle piccole Lune inondate d'ogni parte di luce, appaiono orbicolari; invece le Stelle fisse non si vedono mai terminate da una periferia circolare, ma hanno l'aspetto come di fulgori vibranti torno torno i loro raggi e oltremodo scintillanti; infine, guardate col cannocchiale, appaiono di figura simile a quando sono guardate a occhio nudo, ma così ingrandite, che una Stellina di quinta o sesta grandezza sembra eguagliare il Cane, cioè la più grande di tutte le Stelle fisse. Ma poi, al di là delle Stelle di sesta grandezza, si scorgerà col cannocchiale un così numeroso gregge di altre, sfuggenti alla vista naturale, che appena è credibile; è dato infatti vederne di più, di quante ne comprendono le altre sei differenti grandezze; e di esse le maggiori, che possiamo chiamare di settima grandezza, o anche prime delle invisibili, in virtù del cannocchiale appaiono più grandi e luminose degli Astri di seconda grandezza visti ad occhio nudo. Per dare poi una o due prove della loro quasi inimmaginabile frequenza, ho voluto aggiungere la figura di due Costellazioni, perché dall'esempio di queste si possa giudicare di tutte le altre. Nella prima avevo stabilito di disegnare per intero la Costellazione di Orione; ma poi, sopraffatto dalla massa ingente di Stelle, e insieme dalla ristrettezza del tempo, rimandai questa impresa ad altra occasione; ce ne sono infatti, disseminate intorno alle antiche, entro i limiti di uno o due gradi, più di cinquecento: per cui alle tre che già prima erano state notate nella Cintura e alle sei nella Spada, ne ho aggiunte altre ottanta adiacenti viste di recente; e il più esattamente possibile ho mantenuto gl'intervalli loro; e quelle già note, o antiche, per distinguerle, le ho disegnate più grandi e contornate da duplice linea; le altre invisibili, le ho segnate più piccole e con una sola linea; ed anche, quanto più ho potuto, ho conservato le differenze di grandezza.

Cinguli et Ensis ORIONIS Asterismus.

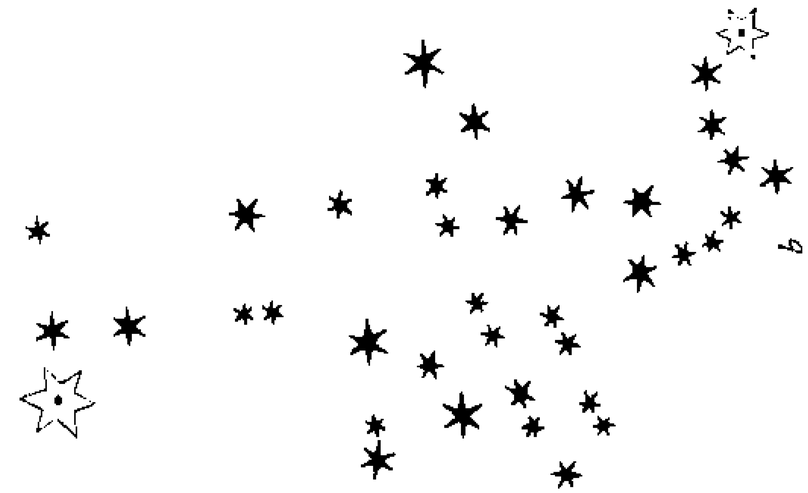


Sidereus Nuncius, Tav. III

PLEIADUM CONSTELLATIO.

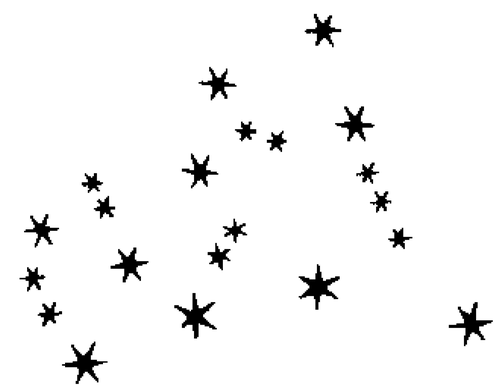


NEBULOSA PRAESEPE.



b

NEBULOSA ORIONIS.



a

Costellazione della Cintura e spada di ORIONE [v. tav. III].

Nel secondo esempio ho disegnato le sei Stelle del Toro, dette PLEIADI (dico sei, in quanto che la settima non appare quasi mai), rinchiuse nel cielo entro limiti angustissimi, ché presso di esse si affollano più di altre quaranta invisibili, di cui nessuna si allontana da qualcuna delle sei predette di oltre un semigrado appena; di queste ne abbiamo segnate trentasei soltanto, e i loro intervalli e grandezze, come anche la distinzione tra vecchie e nuove, abbiamo, come nell'Orione, conservato.

Costellazione delle PLEIADI [v. tav. IV].

Quel che fu da noi in terzo luogo osservato, è l'essenza, ossia la materia, della stessa VIA LATTEA, che in virtù del cannocchiale è dato scrutare tanto sensibilmente, da esserne risolte, con la certezza che è data dagli occhi, tutte le dispute che per tanti secoli tormentarono i filosofi, e noi liberati da verbose discussioni. È infatti la GALASSIA nient'altro che una congerie di innumerevoli Stelle, disseminate a mucchi; ché in qualunque regione di essa si diriga il cannocchiale, subito una ingente folla di Stelle si presenta alla vista, delle quali parecchie si vedono abbastanza grandi e molto distinte; ma la moltitudine delle piccole è del tutto inesplorabile.

Ma poiché non soltanto nella GALASSIA si nota quel candore latteo come di nube albeggiante, bensì numerose areole di colore consimile splendono qua e là per l'etere di tenue luce, se in una qualsiasi di esse si rivolga il cannocchiale, c'imbatteremo in un fitto ammasso di Stelle. Inoltre (meraviglia ancor più grande) le Stelle chiamate fino ad oggi dai singoli astronomi NEBULOSE, sono greggi di piccole Stelle disseminate in modo mirabile [20]; e mentre ciascuna di esse,

[20] Questa scoperta ha un notevole significato storico, perché segna il crollo definitivo di quella concezione del mondo celeste che, fondandosi sulle apparenti visioni consentite all'occhio nudo, aveva alimentato leggende e fantasie del tutto prive di realtà. La possibilità, determinatasi

per la sua esilità, ossia per la grandissima lontananza da noi, sfugge alla nostra vista, dall'intreccio dei loro raggi si genera quel candore, che è stato creduto finora essere una parte più densa del cielo, capace di riflettere i raggi delle Stelle o del Sole. Noi ne abbiamo osservate alcune, e di due abbiamo voluto riportare le Costellazioni.

Nella prima si ha la NEBULOSA, chiamata Testa di Orione, nella quale abbiamo contato ventuna Stella.

La seconda contiene la NEBULOSA chiamata PRESEPE, che non è una Stella soltanto, ma una congerie di più di quaranta Stelline; ne abbiamo segnate, oltre gli Asinelli, trentasei, disposte nell'ordine che segue:

Nebulosa di ORIONE [v. tav. V*a*] *Nebulosa* PRESEPE [v. tav. V*b*].

Abbiamo brevemente esposto quanto nei riguardi della Luna, delle Stelle fisse e della Galassia è stato fino ad oggi osservato. Resta ora quello che nel presente lavoro è a nostro avviso l'argomento più importante: rivelare cioè e divulgare quattro PIANETI, non mai dalle origini del mondo fino ai nostri tempi veduti, l'occasione dell'averli scoperti e studiati, e inoltre le loro collocazioni e le osservazioni fatte durante i due ultimi mesi circa i portamenti e mutamenti loro: invitando tutti gli Astronomi a dedicarsi a indagare e definire i loro periodi, cosa che fino ad oggi, per l'angustia del tempo, non ci è stato in alcun modo possibile compiere. Di nuovo tuttavia li facciamo avvertiti, affinché a tale indagine non si applichino invano, che è necessario munirsi di un cannocchiale esattissimo, quale appunto al principio di questo discorso abbiamo descritto.

con l'uso del cannocchiale, di scrutare a fondo il cielo, mentre distrugge il mito della intangibilità della volta celeste, dà allo scienziato e all'uomo in genere un senso di fiducia e di sicurezza nelle proprie capacità, le quali ammettono come unici limiti legittimi l'acutezza della ragione e la tenacia della volontà, consentendo l'affermazione di un concetto del sapere suscettibile di integrazione e di correzione.

Pertanto il giorno 7 gennaio del corrente anno 1610, alla prima ora della notte seguente, mentre guardavo gli astri celesti col cannocchiale, mi si presentò Giove; e poiché m'ero preparato uno strumento proprio eccellente, m'accorsi (ciò che prima non era affatto accaduto per la debolezza dell'altro apparecchio), che gli stavano accanto tre Stelline, piccole invero, ma pur lucentissime; le quali, per quanto fossero da me credute del numero delle fisse, tuttavia mi destarono una qualche meraviglia, per il fatto che apparivano disposte secondo un'esatta linea retta e parallela all'Eclittica, e più splendide delle altre loro pari per grandezza: e la loro disposizione sia rispetto a loro stesse che a Giove era la seguente:

Ori. * * ○ * Occ.

cioè dalla parte orientale c'erano due Stelle, una sola invece verso occidente. La più orientale e quella occidentale apparivano un po' più grandi della rimanente; della distanza tra esse e Giove non mi curai affatto, avendole, come in principio ho detto, ritenute fisse. Ma essendo io ritornato, non so da qual fato condotto, alla medesima indagine il giorno 8, trovai una disposizione molto diversa: erano infatti le tre Stelline tutte occidentali rispetto a Giove, e fra di loro più vicine che nella notte antecedente, e da uguali intervalli fra loro separate, come dimostra il seguente disegno:

Ori. ○ * * * Occ.

Qui, per quanto non volgessi affatto il pensiero al reciproco avvicinamento delle Stelle, cominciai tuttavia a soffermarmi sul dubbio, in che modo Giove potesse trovarsi a oriente di tutte le fisse predette, quando il giorno prima era ad occidente di due di esse: e perciò temei non fosse per caso diretto, diversamente dal computo astronomico [21], e perciò

[21] Le tavole astronomiche consultate da Galilei assegnavano a Giove, in quel periodo, un moto all'indietro.

col moto proprio avesse preceduto quelle Stelle. Perciò col più gran desiderio aspettai la notte seguente; ma fui deluso nella mia speranza, perché il cielo fu da ogni parte ricoperto di nubi.

Ma il giorno 10 apparvero le Stelle in tal posizione rispetto a Giove:

Ori. * * ○ Occ.

due cioè soltanto ce n'erano, e ambedue orientali, stando la terza, come supposi, nascosta sotto Giove. Erano parimente, come prima, sulla medesima retta con Giove, e collocate esattamente secondo la linea dello Zodiaco. Visto ciò, e comprendendo che in nessun modo tali mutazioni si potevano attribuire a Giove, e riconoscendo inoltre che le Stelle osservate erano sempre le stesse (nessun'altra infatti o precedente o seguente si trovava entro un grande intervallo lungo la linea dello Zodiaco), ormai mutando la perplessità in meraviglia, fui certo che l'apparente mutamento non in Giove era riposto, ma nelle Stelle osservate; e perciò ritenni di dover da allora in poi proseguire l'indagine con maggiore oculatezza e scrupolosità.

E così il giorno 11 vidi la disposizione seguente:

Ori. * * ○ Occ.

cioè soltanto due stelle ad oriente, delle quali la media distava da Giove il triplo che dalla più orientale, e la più orientale era quasi del doppio maggiore dell'altra, mentre tuttavia la notte antecedente erano apparse press'a poco uguali. Fu pertanto da me stabilito, e fuor d'ogni dubbio concluso, esserci nel cielo tre Stelle vaganti intorno a Giove, a somiglianza di Venere e di Mercurio intorno al Sole; il che finalmente fu osservato in modo più chiaro della luce meridiana in parecchie altre successive osservazioni: né soltanto tre, ma quattro esser le Stelle vaganti [22] a compiere

[22] Fu questa la scoperta più sensazionale compiuta da Galilei con il cannocchiale: essa infatti mostra senza possibilità di dubbi, l'infondatezza

le loro circonvoluzioni intorno a Giove; dei mutamenti delle quali, più esattamente in seguito osservati, daremo qui sotto l'esposizione. Ed anche misurai gl'intervalli tra l'una e l'altra mediante il cannocchiale, col metodo spiegato sopra: annotai inoltre le ore delle osservazioni, specialmente quando furono più d'una nella medesima notte; ché tanto celeri si compiono le rivoluzioni di questi Pianeti, che per lo più è possibile cogliere anche le differenze orarie.

Pertanto il giorno 12, alla prima ora della notte seguente, vidi gli Astri disposti in questo modo:

Ori. * * ○ * Occ.

era la Stella più orientale maggiore della occidentale, ambedue però molto visibili e lucenti, e ambedue distavano da Giove di due minuti primi: anche la terza Stellina, prima per nulla visibile, cominciò ad apparire dopo due ore, e dalla parte orientale quasi toccava Giove ed era molto piccola. Tutte erano sulla medesima retta e disposte lungo la linea dell'Eclittica.

Il giorno 13 dapprima furono da me viste quattro Stelline in questa disposizione relativamente a Giove:

Ori. * ○ * * * Occ.

erano tre occidentali e una orientale: formavano press'a poco una linea retta, ché la media delle occidentali di un poco

delle vecchie convinzioni sull'intangibilità ed immutabilità del firmamento, sostenuta dalla teoria tolemaica e appoggiata dalla speculazione aristotelica. La verità si afferma inoltre direttamente, mediante l'accertamento sperimentale del fatto, al di là di ogni deduzione formale e senza alcun rispetto delle contrarie posizioni della tradizione culturale. La stessa varia posizione delle stelle attorno a Giove, la forma diversa con cui si presentano all'occhio dello scienziato, il fatto che, pur essendo luminose, non scintillano, tutto indica chiaramente che col cannocchiale il cielo appare in modo del tutto diverso, confermando l'ipotesi galileiana che non si trattava affatto di stelle fisse. Ecco perché a Galilei viene attribuito il merito di aver dato finalmente autonomia alla scienza; ma è questa stessa proclamata indipendenza della scienza a provocare la crisi della cultura del tempo, con la drammatica vicenda processuale che investì Galilei.

si scostava dalla retta verso settentrione. La orientale distava da Giove due minuti, e gl'intervalli delle rimanenti e di Giove erano ciascuno di un sol minuto. Tutte le Stelle mostravano la medesima grandezza, e per quanto piccole, erano tuttavia lucentissime, e molto più splendenti delle fisse della medesima grandezza.

Il giorno 14 fu tempo nuvoloso.

Il giorno 15, all'ora terza di notte, quattro Stelle erano situate rispetto a Giove nel modo seguente:

Ori. ○ * * * * Occ.

tutte occidentali, e disposte press'a poco sulla medesima retta; quella che era la terza a partir da Giove si sollevava di un poco verso Borea; la più vicina a Giove era la più piccola di tutte, le altre di seguito apparivano maggiori; gl'intervalli tra Giove e le tre Stelle seguenti erano tutti eguali e di due minuti, ma la più occidentale distava da quella a lei vicina di quattro minuti. Erano molto lucenti, ma per nulla scintillanti, quali sempre apparvero, sia prima che poi. Però all'ora settima erano presenti soltanto tre Stelle, nel seguente aspetto con Giove:

Ori. ○ * * * Occ.

erano cioè esattamente sulla medesima retta; la più vicina a Giove era molto piccola, e da quello separata per tre minuti primi; da questa la seconda distava un minuto; la terza poi dalla seconda min. pr. 4, sec. 30. Dopo un'altra ora poi le due Stelline mediane erano ancor più vicine, difatti distavano soltanto di appena 30 minuti secondi.

Il giorno 16, a un'ora di notte, vidi tre Stelle disposte secondo quest'ordine:

Ori. * ○ * * Occ.

due intercludevano Giove, distando di qua e di là da esso min. 0 sec. 40; la terza a occidente poi distava da Giove

min. 8. Le più vicine a Giove apparivano non maggiori, ma più lucenti di quella più lontana.

Il giorno 17, a ore 0, min. 30 dopo il tramonto, tale era la configurazione:

Ori. * ○ * Occ.

una sola Stella orientale distava da Giove min. 3; parimente una occidentale, distante da Giove min. 11. La orientale appariva il doppio maggiore della occidentale; né altre v'erano che queste due. Però dopo quattr'ore, e cioè vicino all'ora quinta, una terza cominciò a spuntare dalla parte orientale, la quale prima, come ritengo, doveva esser congiunta con la precedente; e tale fu la posizione:

Ori. * * ○ * Occ.

la Stella di mezzo, vicina il più possibile all'orientale, distava da quella solo sec. 20, e dalla linea retta, passante per le due Stelle estreme e per Giove, declinava di un poco verso Austro.

Il giorno 18, a ore 0, min. 20 dopo il tramonto, tale era l'aspetto:

Ori. * ○ * Occ.

la Stella orientale era maggiore dell'occidentale e distava da Giove min. pr. 8; l'occidentale poi distava da Giove min. 10.

Il giorno 19, a due ore di notte, tale era la disposizione delle Stelle:

Ori. * ○ * * Occ.

vi erano cioè tre Stelle su di una linea perfettamente retta con Giove: una orientale distante da Giove min. pr. 6: tra Giove e la prima seguente occidentale correva un intervallo di min. 5; questa poi distava dalla più occidentale min. 4.

Ero allora in dubbio se fra la Stella orientale e Giove ci fosse in mezzo una Stellina, ma tanto vicina a Giove da quasi toccarlo. Ed ecco che all'ora quinta la vidi chiaramente che già occupava esattamente il punto medio tra Giove e la Stella orientale, sicché tale era la configurazione:

Ori. * * ○ * * Occ.

inoltre la Stella apparsa per ultima era molto piccola; pur tuttavia, all'ora sesta, fu di grandezza quasi eguale alle altre.

Il giorno 20, a un'ora e 15 minuti, apparve una collocazione consimile:

Ori. * ○ * * Occ.

c'erano tre Stelline così piccole, che appena potevano scorgersi: da Giove e tra loro non più distavano d'un sol minuto; ero incerto se a occidente ci fossero due Stelline o tre. Circa l'ora sesta erano disposte in questo modo:

Ori. * ○ * * Occ.

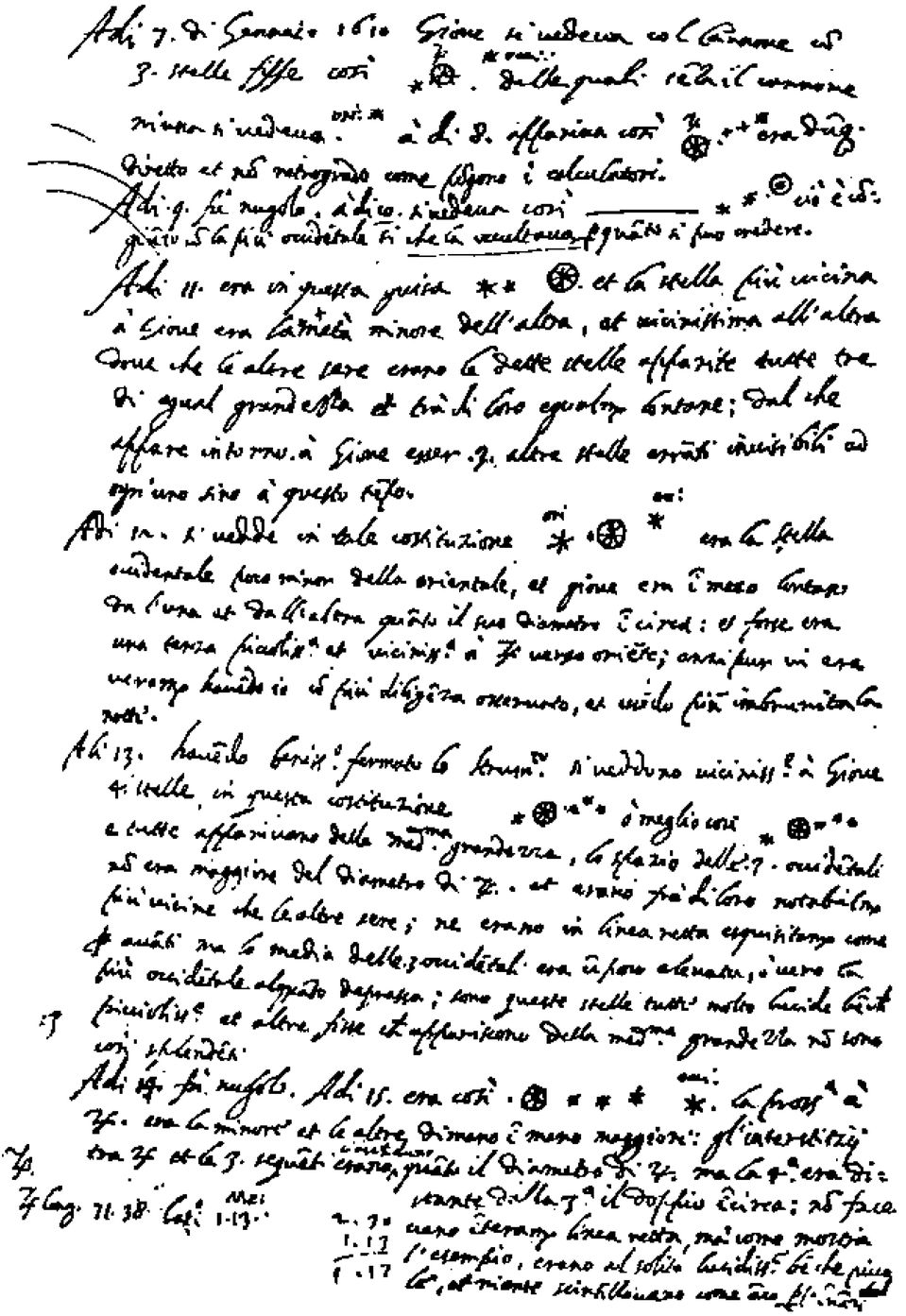
l'orientale distava da Giove il doppio di prima, cioè min. 2; la media occidentale distava da Giove min. 0, sec. 40, e dalla più occidentale min. 0, sec. 20. Finalmente all'ora settima furono viste a occidente tre Stelline:

Ori. * ○ * * * Occ.

la più vicina a Giove distava da esso min. 0, sec. 20; tra questa e la più occidentale c'era un intervallo di min. sec. 40; in mezzo a queste poi se ne vedeva un'altra un poco deviata verso mezzogiorno, e distante dalla più occidentale non più di 10 secondi.

Il giorno 21, a ore 0, min. 30, c'erano ad oriente tre Stelline, egualmente tra loro e da Giove distanti:

Ori. * * * ○ * Occ.



Pagina autografa in cui Galileo narra la scoperta dei pianeti Medicei (7 gennaio 1610)

e gl'intervalli, a quanto stimai, erano di 50 minuti secondi. C'era anche una Stella a occidente, distante da Giove min. pr. 4. La orientale più vicina a Giove era la più piccola di tutte; le altre invece di alquanto maggiori, e tra loro press'a poco eguali.

Il giorno 22, all'ora 2, la disposizione delle Stelle era tale:

Ori. ✳ ○ ✳✳ ✳ Occ.

dalla Stella orientale a Giove c'era un intervallo di min. pr. 5, da Giove alla più occidentale di min. pr. 7. Le due occidentali intermedie poi distavano fra loro min. 0, sec. 40; la più vicina a Giove distava da esso min. pr. 1. Le stesse Stelline intermedie erano più piccole delle estreme: e tutte si estendevano sulla medesima retta secondo la linea dello Zodiaco, se non che la media delle tre occidentali deviava di poco verso austro. Ma all'ora sesta di notte apparvero in questa disposizione:

Ori. * ○ * * * Occ.

la orientale era piccolissima, e distava da Giove, come prima, min. pr. 5. Le tre occidentali poi egualmente si distanziavano tra loro e da Giove e ciascun intervallo era press'a poco di min. 1, sec. 20; la Stella più vicina a Giove appariva minore delle due altre seguenti, e tutte apparivano disposte esattamente sulla medesima retta.

Il giorno 23, a ore 0, m. 40 dal tramonto, la collocazione delle Stelle era all'incirca in questo modo:

Ori. ✳ ✳ ○ ✳ Occ.

erano tre Stelle in linea retta con Giove secondo la linea dello Zodiaco, come sempre furono: due erano orientali, una occidentale. La più orientale distava dalla seguente min. pr. 7, questa poi da Giove min. 2, sec. 40, e Giove dalla occidentale min. 3, sec. 20; ed erano tutte quasi uguali di grandezza. Ma, all'ora quinta, le due Stelle che prima erano

le più vicine a Giove, non si vedevano più, perché nascoste, credo, sotto Giove; e l'aspetto era tale:

Ori. * ○ Occ.

Il giorno 24 si videro tre Stelle, tutte orientali, e quasi nella medesima retta con Giove:

Ori. * * * ○ Occ.

solo la media deviava appena verso austro. La più vicina a Giove distava da questo min. 2, da essa la seguente min. 0, sec. 30, da questa poi la più orientale min. 9; e tutte erano molto splendenti. Ma all'ora sesta, due Stelle soltanto si offrivano in questa posizione:

Ori. * * ○ Occ.

cioè esattamente sulla medesima retta con Giove, da cui la più vicina distava min. pr. 3, e l'altra, da questa, min. pr. 8; se non m'inganno, le due Stelline intermedie prima osservate si erano fuse in una sola.

Il giorno 25, a ore 1, min. 40, tale era la collocazione:

Ori. * * ○ Occ.

c'erano infatti soltanto due Stelle dalla parte orientale, ed anche abbastanza grandi; la più orientale distava dalla media min. 5, e la media da Giove min. 6.

Il giorno 26, a ore 0, min. 40, la coordinazione delle Stelle era la seguente:

Ori. * * ○ * Occ.

si vedevano cioè tre Stelle, di cui due ad oriente, la terza a occidente di Giove: questa distava da esso min. 5; la media orientale da Giove medesimo min. 5, sec. 20, e la più orientale dalla media min. 6: stavano situate sulla medesima

retta ed erano della medesima grandezza. Più tardi all'ora quinta la collocazione era quasi la medesima; in questo soltanto diversa, che presso Giove una quarta Stellina emergeva ad oriente, minore delle altre, e da Giove allora lontana min. 30; ma un poco si sollevava dalla linea retta verso settentrione, come dimostra la seguente figura:

Ori. * * * ○ * Occ.

Il giorno 27, ad un'ora dal tramonto, un'unica Stellina soltanto si scorgeva, e ad oriente, secondo questa disposizione:

Ori. * ○ Occ.

ed era piccolissima, e da Giove lontana min. 7.

I giorni 28 e 29 per l'interposizione delle nubi niente fu possibile osservare.

Il giorno 30, a un'ora di notte, gli Astri si vedevano situati in questo modo:

Ori. * ○ * * Occ.

uno orientale, distante da Giove min. 2, sec. 30, e due ad occidente, dei quali il più vicino a Giove distava da esso min. 3, l'altro da questo min. 1. La posizione degli estremi e di Giove era sulla medesima retta, ma l'Astro intermedio si sollevava un po' verso Borea; la più occidentale era minore delle altre.

L'ultimo giorno, a due ore di notte, apparvero due Stelle ad oriente, una a occidente:

Ori. * * ○ * Occ.

la media delle orientali distava da Giove min. 2, sec. 20: la più orientale, dalla stessa media, min. 0, sec. 30; la occidentale distava da Giove min. 10: erano press'a poco sulla

medesima retta, solo l'orientale più vicina a Giove si elevava di poco verso Settentrione. All'ora quarta poi,

Ori. ✳✳ ○ ✳ Occ.

le due orientali erano ancor più vicine fra loro, ché distavano solo min. sec. 20. In queste osservazioni la Stella occidentale apparve piuttosto piccola.

Il 1° giorno di febbraio, alla seconda ora di notte, la disposizione era tale:

Ori. ✳ ✳○ ✳ Occ.

la Stella più orientale distava da Giove min. 6, la occidentale 8; dalla parte orientale una Stella, molto piccola, distava da Giove min. sec. 20: determinavano una linea perfettamente retta.

Il giorno 2, le Stelle apparvero secondo quest'ordine:

Ori. ✳ ○ ✳ ✳ Occ.

Una sola orientale, distante da Giove min. 6; Giove dalla occidentale più vicina distava min. 4; fra questa e la più occidentale c'era l'intervallo di min. 8: erano esattamente sulla medesima retta e quasi della medesima grandezza. Ma, all'ora settima, c'erano quattro Stelle:

Ori. ✳ ✳ ○ ✳ ✳ Occ.

tra le quali Giove occupava il posto di mezzo. Di queste Stelle la più orientale distava dalla seguente min. 4, e questa da Giove min. 1, sec. 40: Giove dalla occidentale a lui più vicina distava min. 6, e questa dalla più occidentale min. 8: ed erano parimente tutte sulla medesima linea retta, stesa lungo la linea dello Zodiaco.

Il giorno 3, all'ora settima, le Stelle erano disposte in questa serie:

Ori. ✳ ○ ✳ ✳ Occ.

la orientale distava da Giove min. 1, sec. 30, la occidentale più vicina min. 2; da questa poi si distanziava l'altra occidentale di min. 10: erano precisamente sulla medesima retta, e di grandezza eguale.

Il giorno 4, alla seconda ora, stavano intorno a Giove quattro Stelle, due orientali e due occidentali, disposte sulla medesima linea perfettamente retta, come nella seguente figura:

Ori. ✳ ✳○ ✳ ✳ Occ.

La più orientale distava dalla seguente min. 3, questa da Giove min. 0, sec. 40, Giove dalla più vicina occidentale min. 4, questa dalla più occidentale min. 6. Di grandezza erano quasi uguali; la più vicina a Giove appariva un po' minore delle altre. Poi all'ora settima, le Stelle orientali distavano soltanto di min. 0, sec. 30.

Ori. ✳✳ ○ ✳ ✳ Occ.

Giove dalla orientale più vicina distava min. 2, dalla occidentale seguente min. 4, e questa poi dalla più occidentale distava min. 3; erano tutte eguali e sulla medesima retta stesa secondo l'Eclittica.

Il giorno 5 il Cielo fu nuvoloso.

Il giorno 6, apparvero soltanto due Stelle, con in mezzo Giove, come si vede nella presente figura:

Ori. ✳ ○ ✳ Occ.

la orientale distava da Giove min. 2, la occidentale min. 3; erano sulla medesima retta con Giove, e pari di grandezza.

Il giorno 7, c'erano due Stelle, ambedue orientali da Giove, disposte in questo modo:

Ori. ✳✳○ Occ.

gl'intervalli tra esse e Giove erano uguali, cioè di un minuto primo; e per esse e il centro di Giove passava una linea retta.

Il giorno 8, a un'ora, c'erano tre Stelle tutte orientali, come in questo disegno:

Ori. * * * ○ Occ.

la più vicina a Giove, piuttosto piccola, distava da esso min. 1, sec. 20; la media da questa min. 4, ed era abbastanza grande; la più orientale, molto piccola, distava dalla media min. 0, sec. 20. Ero in dubbio, se la più vicina a Giove fosse una soltanto o due Stelline; pareva infatti a momenti che ad essa un'altra ne apparisse accanto verso oriente, straordinariamente piccola, e separata per min. 0, sec. 10 soltanto; tutte erano sulla medesima retta, distese lungo il corso dello Zodiaco. Ma alla terza ora, la Stella più vicina a Giove quasi lo toccava, ché distava da esso min. 0, sec. 10 soltanto: le altre invece si erano fatte più remote da Giove, poiché la media distava da questo min. 6. Finalmente alla quarta ora, quella che prima era la più vicina a Giove, congiuntasi con lui, non si distingueva più.

Il giorno 9, a ore 0, min. 30, stavano presso Giove due Stelle orientali e una occidentale, in tale disposizione:

Ori. * * ○ * Occ.

La più orientale, che era abbastanza piccola, distava dalla seguente min. 4; la media, più grande, distava da Giove min. 7; e Giove dalla occidentale, che era piccola, distava min. 4.

Il giorno 10, a un'ora e min. 30, due Stelline, molto piccole, ambedue orientali, apparvero in tale disposizione:

Ori. * * ○ Occ.

la più remota distava da Giove min. 10, la più vicina min. 0, sec. 20; ed erano sulla medesima retta. Però all'ora quarta, la Stella più vicina a Giove non appariva più: l'altra anche si vedeva così diminuita, che a stento si poteva scorgere, per quanto l'aria fosse chiarissima; ed era più remota da Giove di prima, giacché distava min. 12.

Il giorno 11, a un'ora, c'erano due Stelle ad oriente, e una a occidente. Distava la occidentale da Giove min. 4;

Ori. * * ○ * Occ.

la orientale più vicina distava parimente da Giove min. 4; e da essa poi la più orientale distava min. 8; erano abbastanza chiare, e sulla medesima retta. Ma alla terza ora una quarta Stella, vicinissima a Giove, apparve ad oriente, minore delle altre, separata da Giove.

Ori. * * * ○ * Occ.

per min. 0, sec. 30, e di poco rimossa verso aquilone dalla retta segnata dalle altre Stelle: splendidissime erano tutte, e molto visibili. Ma ad ore 5 e mezza già la Stella orientale più vicina a Giove, fatta da esso più remota, occupava il luogo di mezzo tra Giove stesso e la Stella più orientale a lei vicina; erano tutte esattamente sulla medesima retta e di eguale grandezza, come si può vedere nel seguente disegno:

Ori. * * * ○ * Occ.

Il giorno 12, a ore 0, min. 40, stavano due Stelle ad oriente, e due parimente a occidente. La orientale più remota da Giove distava min. 10, la più lontana occidentale distava min. 8,

Ori. * * ○ * * Occ.

ed erano ambedue abbastanza visibili; le altre due erano vicinissime a Giove, e molto piccole, specialmente la orientale, che distava da Giove min. 0, sec. 40; la occidentale invece, min. 1. Ma alla quarta ora la Stellina che era più vicina a Giove ad oriente, più non appariva.

Il giorno 13, a ore 0, min. 30, due Stelle apparivano ad oriente, e due ad occidente.

Ori. * * ○ * * Occ.

La orientale più vicina a Giove, abbastanza chiara, distava da esso min. 2; da questa la più orientale, meno visibile, distava min. 4. Delle occidentali, la più remota da Giove, molto visibile, era separata da esso per min. 4; tra questa e Giove s'interponeva una Stellina piccola e più vicina alla Stella più occidentale, distando da essa non più di min. 0, sec. 30. Erano tutte sulla medesima retta esattamente secondo la linea dell'Eclittica.

Il giorno 15 (poiché il 14 il cielo fu coperto di nubi) alla prima ora, tale era la posizione degli Astri:

Ori. ✳ ✳✳ ○ Occ.

erano cioè tre Stelle orientali, mentre nessuna si scorgeva a occidente: l'orientale più vicina a Giove distava da questo min. 0, sec. 50; da questa la seguente distava min. 0, sec. 20, e da questa poi la più orientale min. 2, ed era maggiore delle altre; le più vicine a Giove infatti erano molto piccole. Ma, verso l'ora quinta, delle Stelle più vicine a Giove una soltanto si scorgeva, distante da Giove

Ori. ✳ ✳ ○ Occ.

min. 0, sec. 30; e della più orientale era aumentata la distanza da Giove; che era allora di min. 4. Ed ecco, all'ora sesta, oltre le due già dette situate ad oriente, apparire verso occaso una Stellina, molto piccola, remota da Giove min. 2.

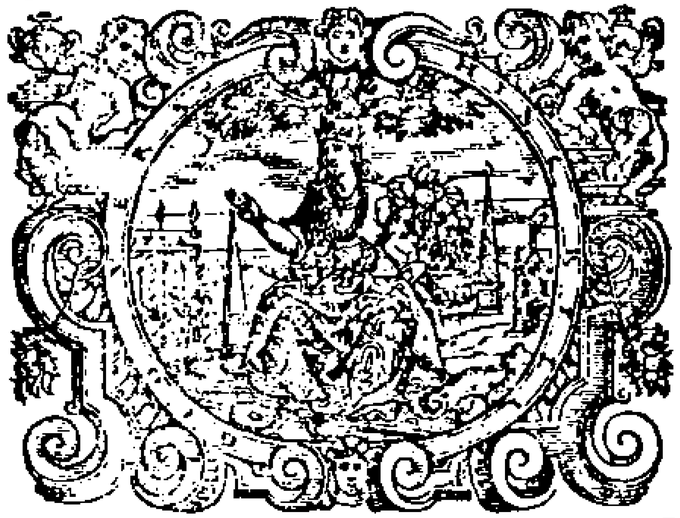
Ori. ✳ ✳ ○ ✳ Occ.

Il giorno 16, all'ora sesta, stavano in tale disposizione:

Ori. ✳ ○ ✳ ✳ Occ.

cioè la Stella orientale distava da Giove min. 7, Giove dalla seguente occidua min. 5, e questa poi dall'altra più occidentale min. 3; erano tutte press'a poco della medesima

SIDEREVS
NVNCIVS
MAGNA, LONGEQVE ADMIRABILIA
Spectacula pandens, suspiciendaque proponens
vnicuique, præsertim verò
PHILOSOPHIS, atq; ASTRONOMIS, quæ à
GALILEO GALILEO
PATRITIO FLORENTINO
Patauini Gymnasij Publico Mathematico
PERSPICILLI
Nuper à se reperti beneficio sunt obseruata in LVNÆ FACIE, FIXIS IN-NVMERIS, LACTEO CIRCVLO, STELLIS NEBVLOSIS,
Apprime verò in
QVATVOR PLANETIS
Circa IOVIS Stellam disparibus interuallis, atque periodis, celeritate mirabili circumuolutis; quos, nemini in hanc vsque diem cognitos, nouissimè Author deprehendit primus; atque
MEDICEA SIDERA
NVNCVPANDOS DECREVIT.



VENETIIS, Apud Thomam Baglionum. M DC X.
Superiorum Permissu, & Priuilegio.

Frontespizio del *Sidereus Nuncius*

grandezza, abbastanza visibili, e sulla medesima retta esattamente secondo il corso dello Zodiaco.

Il giorno 17, a un'ora, c'erano due Stelle:

Ori. * ○ * Occ.

una orientale, distante da Giove min. 3, l'altra occidentale, distante min. 10; questa era alquanto minore della orientale. Ma all'ora sesta, la orientale era più vicina a Giove, ché ne distava min. 0, sec. 50; l'occidentale invece era più remota, cioè min. 12. Si trovavano in ambedue le osservazioni sulla medesima retta, ed erano ambedue abbastanza piccole, specialmente la orientale nella seconda osservazione.

Il giorno 18, a un'ora, c'erano tre Stelle, di cui due occidentali e una orientale: l'orientale distava da Giove min. 3, l'occidentale più vicina min. 2;

Ori. * ○ * * Occ.

l'altra più occidentale distava dalla media min. 8; tutte erano esattamente sulla medesima retta, e quasi di eguale grandezza. Ma alla seconda ora, le Stelle più vicine a Giove ne distavano di pari intervalli, poiché anche la occidentale distava di min. 3. Poi, all'ora sesta, una quarta Stellina apparve tra quella orientale e Giove, in tale configurazione:

Ori. * * ○ * * Occ.

la più orientale distava dalla seguente min. 3, la seguente da Giove min. 1, sec. 50, Giove dalla occidentale seguente min. 3, e questa poi dalla più occidentale min. 7: erano quasi eguali; solo la orientale più vicina a Giove era di poco minore delle altre; ed erano sulla medesima retta parallela all'Eclittica.

Il giorno 19, a ore 0, min. 40, furono scorte soltanto due Stelle a occidente di Giove,

Ori. ○ * * Occ.

abbastanza grandi, e perfettamente sulla medesima retta con Giove, e disposte secondo il corso dell'Eclittica. La più vicina distava da Giove min. 7, e dalla più occidentale min. 6.

Il giorno 20 il cielo fu nuvoloso.

Il giorno 21, a un'ora e min. 30, tre Stelline abbastanza piccole si scorgevano in questa disposizione:

Ori. * ○ * * Occ.

la orientale distava da Giove min. 2, Giove dalla occidentale seguente min. 3, questa poi dalla più occidentale min. 7: erano esattamente sulla medesima retta parallela all'Eclittica.

Il giorno 25 a un'ora e min. 30 (poiché le tre notti precedenti il cielo fu coperto di nubi) apparvero tre Stelle:

Ori. * * ○ * Occ.

due orientali, le cui distanze fra loro e da Giove erano eguali, cioè min. 4; una occidentale, distante da Giove min. 2; erano sulla medesima retta esattamente, secondo il corso dell'Eclittica.

Il giorno 26, a ore 0, min. 30, c'erano soltanto due Stelle:

Ori. * ○ * Occ.

una orientale, distante da Giove min. 10; l'altra occidentale, distante min. 6: l'orientale era alquanto minore della occidentale. Ma all'ora quinta, si videro tre Stelle:

Ori. * ○ * * Occ.

poiché oltre le due già notate, una terza se ne scorgeva a occidente vicino a Giove, molto piccola, che prima si nascondeva sotto Giove, e ora distava da esso min. 1; la orientale poi appariva più lontana di prima, distando cioè da Giove min. 11. Questa notte per la prima volta volli osservare la progressione di Giove e dei pianeti adiacenti, lungo la linea dello Zodiaco, in relazione ad una fissa: si vedeva infatti

una Stella fissa verso oriente, distante dal Pianeta orientale min. 11, e un po' inclinata verso austro, nel modo che segue:

Ori. * ○ * * Occ.

* fixa

Il giorno 27, a ore 1, min. 4, apparivano le Stelle in tale configurazione:

Ori. * * ○ * * Occ.

* fixa

la più orientale distava da Giove min. 10, la seguente, prossima a Giove, min. 0, sec. 30; la occidentale seguente distava min. 2, sec. 30; e da questa la più occidentale distava min. 1. Le più vicine a Giove apparivano piccole, specialmente la orientale; le estreme erano invece molto visibili, soprattutto la occidentale; e segnavano esattamente una linea retta secondo il corso dell'Eclittica. La progressione di questi Pianeti verso oriente manifestamente si scorgeva dal riferimento alla fissa predetta, poiché ad essa Giove con gli annessi Pianeti era più vicino, come si può vedere nella riportata figura. Ma alla quinta ora, la Stella orientale più vicina a Giove distava da esso min. 1.

Il giorno 28, a un'ora, due Stelle soltanto si vedevano; una orientale, distante da Giove min. 9; una occidentale, min. 2; erano abbastanza visibili e sulla medesima retta; e la fissa, perpendicolarmente a questa linea, andava a cadere sul Pianeta orientale, secondo questa figura:

Ori. * ○ * Occ.

* fixa

ma all'ora quinta, una terza Stellina, distante ad oriente da Giove min. 2, fu vista in tale disposizione:

Ori. * * ○ * Occ.

Il 1º di Marzo, a ore 0, min. 40, si videro quattro Stelle tutte orientali, delle quali la più vicina a Giove distava da esso min. 2, da questa la seguente m. 1, la terza m. 0, sec. 2, ed era più chiara delle altre; da questa poi distava la più orientale min. 4, ed era delle altre minore. Segnavano press'a poco una linea retta, solo la terza a partire da Giove s'innalzava di poco. La fissa con Giove e la più orientale formava un triangolo equilatero, come nella figura:

Ori. * * * * ○ Occ.

* fixa

Il giorno 2, ore 0, min. 30, c'erano tre Pianeti, due orientali e uno occidentale, in tale configurazione:

Ori. * * ○ * Occ.

* fixa

il più orientale distava da Giove min. 7, e da esso il seguente distava min. 0, sec. 30; l'occidentale poi era lontano da Giove min. 2; gli estremi erano più lucenti e più grandi del medio, che appariva molto piccolo. Il più orientale appariva un po' sollevato verso borea dalla retta condotta per gli altri Pianeti e Giove. La fissa già notata distava dal Pianeta occidentale min. 8, secondo la perpendicolare condotta dallo stesso Pianeta sulla retta passante per tutti i Pianeti; come l'annessa figura dimostra.

Ho voluto riportare questi confronti di Giove e dei Pianeti adiacenti con la Stella fissa, perché chiunque possa capire da essi che le progressioni dei medesimi Pianeti, sia secondo la longitudine, sia anche secondo la latitudine, concordano esattissimamente con i movimenti che si ricavano dalle tavole.

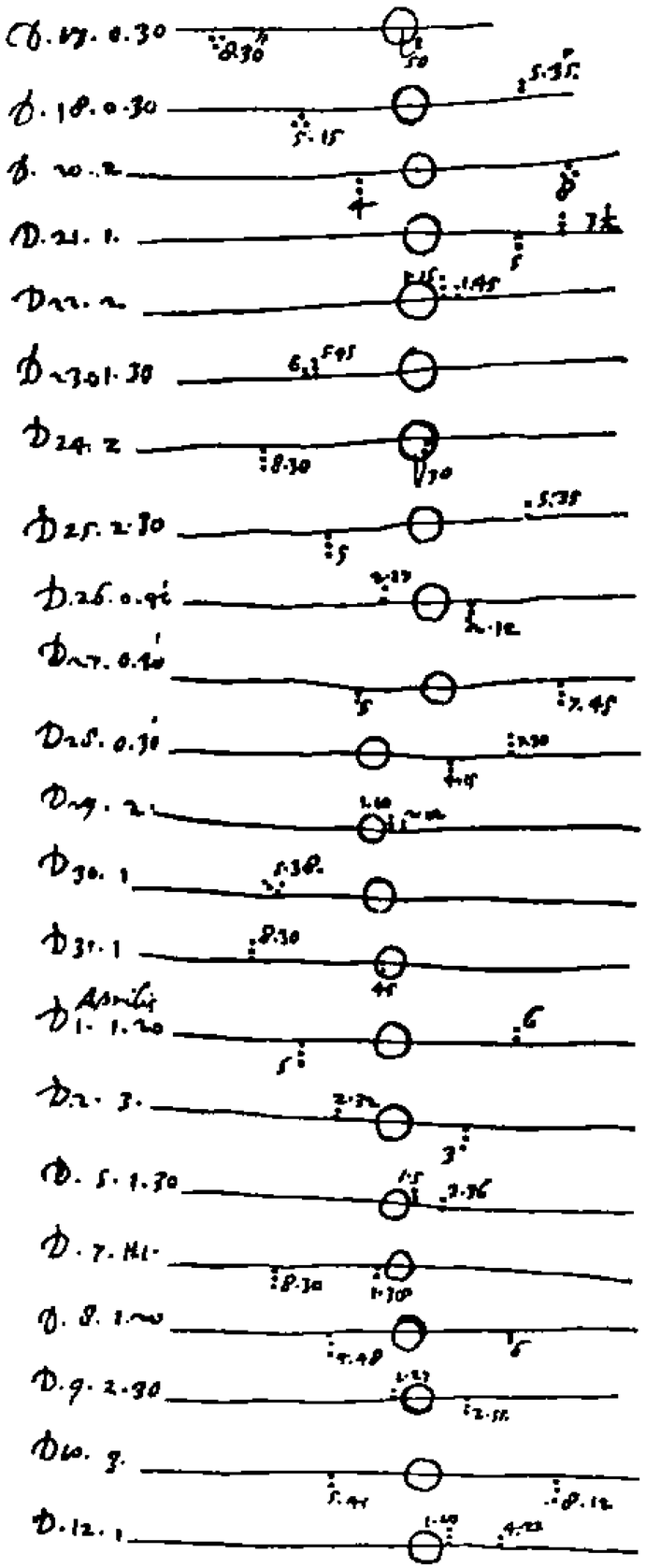
Queste sono le osservazioni sui quattro Pianeti Medicei, di recente e per la prima volta da me scoperti; e sebbene da esse non ancora sia dato ricostruire in dati numerici i loro periodi, è lecito almeno mettere in evidenza alcuni fatti degni di attenzione. E anzitutto, poiché ora seguono, ora precedono Giove con intervalli consimili, e da esso, solo di ridottissime elongazioni si allontanano sia verso oriente che verso occidente, e lo accompagnano nel suo moto retrogrado allo stesso modo che nel diretto, nessuno può mettere in dubbio che essi compiano i loro giri intorno ad esso, nello stesso tempo che effettuano tutti insieme i periodi dodecennali intorno al centro del mondo. Si volgono inoltre in circoli disuguali, il che manifestamente si ricava da ciò, che nelle maggiori digressioni da Giove non è mai possibile vedere due Pianeti congiunti; mentre invece in vicinanza di Giove se ne trovano riuniti due, tre, e a volte tutti insieme. Si rileva inoltre che sono più veloci i giri dei Pianeti che descrivono circoli più stretti intorno a Giove; poiché le Stelle più vicine a Giove si vedono per lo più ad oriente quando il giorno prima siano apparse ad occidente, e viceversa: ma il Pianeta che traccia l'orbita più grande, a chi esamina accuratamente i su notati ritorni, sembra avere periodi semimensili. Abbiamo inoltre un ottimo ed eccellente argomento per togliere di scrupolo coloro che, pur accettando con animo tranquillo nel Sistema Copernicano la rivoluzione dei Pianeti intorno al Sole, sono però così turbati dalla rotazione della sola Luna intorno alla Terra, mentre intanto ambedue compiono l'annuo giro intorno al Sole, da ritenere che si debba respingere questa struttura dell'universo come impossibile [23]; perché ora, non più abbiamo un solo Pianeta rotante intorno ad un altro, mentre ambedue percorrono una grande orbita intorno al Sole, bensì quattro Stelle l'esperienza sensibile ci

[23] Galilei è perfettamente consapevole di avere con le sue scoperte, trasformato la teoria copernicana in effettiva realtà scientificamente accertata e di averle fatto compiere un deciso passo innanzi, dissolvendo dubbi ed incertezze derivanti dalle vecchie convinzioni. Si veda nella giornata terza del *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, vol. II, p. 411.

mostra erranti intorno a Giove, a somiglianza della Luna intorno alla Terra, mentre tutte insieme con Giove, nello spazio di 12 anni, tracciano un gran giro intorno al Sole. E finalmente non si deve tralasciare, per qual ragione accada che gli Astri Medicei, mentre compiono rotazioni assai ristrette intorno a Giove, sembrino a volte più grandi del doppio. Non possiamo minimamente ricercarne la causa nei vapori terrestri, poiché essi appaiono accresciuti o diminuiti, mentre le moli di Giove e delle vicine fisse non si scorgono affatto mutate. Che poi essi s'accostino tanto alla Terra nel perigeo della loro rotazione, e tanto se ne discostino nell'apogeo, che ciò costituisca la causa di tanto mutamento, sembra del tutto impensabile; poiché una rotazione circolare ristretta non può produrre questo effetto in alcun modo; e un moto ovale (che in questo caso sarebbe quasi retto) sembra non solo impensabile, ma neppure in alcun modo consono con le apparenze. Quello che su ciò mi viene in mente, volentieri lo espongo, e direttamente lo offro al giudizio e alla critica degli studiosi. Si sa che per l'interposizione dei vapori terrestri, il Sole e la Luna appaiono più grandi, ma le fisse e i Pianeti più piccoli: donde i due Luminari, vicino all'orizzonte si vedono più grandi, le Stelle invece più piccole, e per lo più poco visibili, e diminuiscono ancor più, se i medesimi vapori siano impregnati di luce; perciò le Stelle di giorno e nei crepuscoli appaiono debolissime; non così la Luna, come anche sopra abbiamo avvertito. Inoltre, che non solo la Terra, ma anche la Luna sia circonfusa da un suo involucro di vapori, risulta sia da quanto sopra si è detto, sia soprattutto da quello che più estesamente diremo nel nostro Sistema[24]; ma appunto il

[24] Fin da questo tempo Galilei pensa ad una esposizione generale delle prospettive scientifiche aperte dalle recenti scoperte e ad una sistemazione di tutto il sapere scientifico; ciò che farà molto più tardi col *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*. Questa inclinazione « cosmologica » della scienza galileiana, se può per un certo aspetto denunciare la persistenza di una tendenza speculativa proprio nello scienziato che con la sua opera ne segnerà la fine, indica d'altro canto la necessità di condurre la battaglia della nuova scienza sul terreno stesso degli avversari.

medesimo giudizio lo possiamo convenientemente applicare ai rimanenti Pianeti; in modo che non sembra del tutto impensabile porre un involucro più denso del rimanente etere anche intorno a Giove, intorno al quale, così come la Luna intorno alla sfera degli elementi, ruotino i Pianeti MEDICEI, e per l'interposizione di questo involucro, quando sono apogei appariscano più piccoli, più grandi invece quando son perigei, per la sottrazione, o almeno attenuazione, del medesimo involucro. Di procedere oltre m'impedisce l'angustia del tempo; il benigno Lettore aspetti tra breve una più ampia trattazione su questo argomento.



Appunti astronomici di Galileo

ISTORIA E DIMOSTRAZIONI INTORNO ALLE MACCHIE SOLARI E LORO ACCIDENTI

(1612)

Diffusosi un vasto interesse per le investigazioni telescopiche, verso la fine del 1611 cominciarono a circolare notizie sulla esistenza di macchie solari: fu allora infatti che l'astronomo Davide Fabricius di Osnabrück e suo figlio Giovanni annunciarono di aver notato questo nuovo fenomeno fin dalla fine dell'anno precedente; nel medesimo tempo, Paolo Gualdo annunziava a Padova a Galilei che, giunta al Pignoria la notizia delle scoperte delle macchie solari ad opera di Cristoforo Scheiner, Gaspare Pignani e Vincenzo de' Dotti avevano scorto nel centro del sole « due macchie simili a duoi occhi, ed una per lungo, che pare appunto formi il naso ». In quello stesso tempo (precisamente il 18 novembre) il Welser scriveva a Giovanni Faber in Roma che certi suoi amici avevano osservato « col tubo ottico certe macchie apparenti nel sole », ma si preoccupava di sottolineare che erano « apparenti non esistenti nel sole », secondo la tesi dello Scheiner. Infine anche Domenico Passignani annunciò a Galilei di avere « fatto alcune osservazioni di nobi nel sole ».

Si trattava di una scoperta sfuggita all'attenzione di Galilei? Sembra infatti strano che il grande scienziato, che per primo aveva compiuto scoperte astronomiche veramente nuove, con le quali confermava la teoria copernicana ponendo al centro del sistema di pianeti il sole, avesse poi trascurato di osservare questo astro. Noi sappiamo oggi che fin dal tempo delle altre scoperte celesti il Galilei aveva visto le macchie sulla superficie solare; poco dopo, nel suo incontro con i matematici del Col-

legio romano aveva confidato loro quest'altra scoperta. Ciò che pare strano è invece il suo silenzio al riguardo; è evidente che a fermarlo non poteva essere certo il timore dell'invidia dei peripatetici, ma semmai la difficoltà dell'osservazione a causa dei raggi solari. Infatti solo verso il 1611-1612 poté ricorrere all'osservazione in proiezione che gli consentì un'indagine più accurata.

Dopo le varie notizie indirette, il 6 gennaio 1612 Marco Welser (1558-1614) duumviro d'Augusta, che già negli anni precedenti aveva dimostrato un cauto interesse per le scoperte astronomiche di Galilei e specialmente per le sue implicazioni filosofiche e cosmologiche, inviò l'opuscolo che raccoglieva le tre lettere di Cristoforo Scheiner (XI, pp. 257 segg.) chiedendone il parere; poiché la risposta di Galilei non giungeva, il 23 marzo tornò a scrivere sollecitando lo scienziato. Questi rispose con una prima lettera del 4 maggio, cui seguì la seconda del 14 agosto; infine, replicando al De maculis solaribus et stellis circa Iovem errantibus Accuratior Disquisitio, *inviò l'ultima lettera del 1° dicembre.*

*Cristoforo Scheiner (1573-1650), entrato a 22 anni nella Compagnia di Gesù, studiò ad Ingolstadt, dove poi insegnò, dal 1605, filosofia e, più tardi, matematica ed ebraico. Nel 1624 venne a Roma, dove rimase come professore di matematica e astronomia, finché nel 1633 fu chiamato in Germania presso l'imperatore Ferdinando II. Oltre all'*Apelles post tabulam latens, *che raccolse le tre* Epistolae de maculis solaribus *e alla* Accuratior disquisitio, *scrisse nel 1614 le* Disquisitiones mathematicae *e più tardi la* Rosa ursina. *Dopo la polemica nutrì sempre avversione nei confronti di Galilei e le difficoltà incontrate dal Piersanti nella stampa dei* Discorsi intorno a due nuove scienze *a Praga furono dovute alla sua opposizione (cfr. vol. II, p. 557).*

Il principe Cesi, che aveva seguito la vicenda della polemica sulle macchie solari, volle che le lettere galileiane fossero raccolte e pubblicate a cura dell'Accademia dei Lincei, ciò che fu deciso il 9 novembre; il volumetto, Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari e loro accidenti, comprese in tre lettere scritte all'illustrissimo signor Marco Valseri Linceo, Duumviro d'Augusta, Consigliero di Sua Maestà Cesarea, dal signor Galileo Galilei Linceo, Nobil fiorentino, filosofo e matematico primario del serenissimo D. Cosimo II Gran Duca di Toscana, *comprendeva le tre lettere di Galilei e, per un certo numero di copie, anche quelle dello Scheiner; si apriva con la dedica a Filippo Salviati e la prefazione al lettore Angelo De Filiis, segretario dell'Accademia, e da due epigrammi e un sonetto in onore dell'autore. Riproduciamo qui le tre lettere di Galilei nell'ordine cronologico tralasciando le lettere dello Scheiner, non essenziali per la lettura degli scritti galileiani.*

Attraverso il tono serratamente critico del dibattito sulle macchie solari, che raggiunge talora forti accentuazioni polemiche, si potrà cogliere il senso preciso del metodo galileiano di ricerca, quel metodo sperimentale che, dall'osservazione dei fenomeni solari s'innalza ad organica argomentazione teorica; l'importanza metodologica di queste lettere appare ancor più evidente, quando si consideri che la chiarezza e la solidità del metodo si collegano in modo diretto alla prospettiva di fondo che accompagna e provoca questo come altri scritti galileiani successivi al 1610: la conferma della teoria copernicana e la critica della dottrina tolemaica. A differenza dei suoi avversari, Galilei non subordina però il metodo all'obbiettivo teorico di fondo, ma al contrario è dal nuovo atteggiamento di ricerca e di «aggressione» alla natura che scaturisce la necessità di accettare l'ordinamento dato da Copernico all'universo. Si può quindi concludere che anche queste lettere contribuiscono alla fondazione della scienza moderna, alla pari delle grandi opere galileiane.

ISTORIA E DIMOSTRAZIONI INTORNO ALLE MACCHIE SOLARI E LORO ACCIDENTI

I.

Prima lettera al sig. Marco Velseri circa le macchie solari

Illustrissimo Sig. e Padron Colendissimo,

Alla cortese lettera di V. S. Illustrissima, scrittami tre mesi fa, rendo tarda risposta, essendo stato quasi necessitato a usare tanto silenzio da varii accidenti, et in particolare da una lunga indisposizione, o, per meglio dire, da lunghe e molte indisposizioni; le quali, vietandomi tutti gli altri esercizii ed occupazioni, mi toglievano principalmente di potere scrivere, sì come anco in gran parte me lo levano al presente, pure non tanto rigidamente, che io non possa almeno rispondere ad alcuna delle lettere de gli amici e padroni, delle quali mi ritrovo non picciol numero, che tutte aspettano risposta. Ho anco taciuto su la speranza di potere dar qualche satisfazione alla domanda di V. S. intorno alle macchie solari, sopra il quale argomento ella mi ha mandato quei brevi discorsi del finto Apelle; ma la difficoltà della materia e 'l non avere io potuto far molte osservazioni continuate mi hanno tenuto e tengono ancora sospeso ed irresoluto: ed a me conviene andare tanto più cauto e circospetto, nel pronunziare novità alcuna, che a molti altri, quanto che le cose osservate di nuovo e lontane da i comuni e popolari pareri, le quali, come ben sa V. S., sono state tumultuosamente negate ed impugnate, mi mettono in necessità di dovere ascondere e tacere qual si voglia nuovo concetto, sin che io non ne abbia dimostrazione più che certa e palpabile; perché da gl'inimici delle novità, il numero de i quali è infinito, ogni errore, ancor che veniale, mi sarebbe

ascritto a fallo capitalissimo, già che è invalso l'uso che meglio sia errar con l'universale, che esser singolare nel rettamente discorrere. Aggiugnesi che io mi contento più presto di esser l'ultimo a produrre qualche concetto vero, che prevenir gli altri per dover poi disdirmi nelle cose con maggior fretta e con minor considerazione profferite. Questi rispetti mi hanno reso lento in risponder alle domande di V. S. Illustrissima, e tuttavia mi fanno timido in produrre altro che qualche proposizion negativa, parendomi di saper più tosto quello che le macchie solari non sono, che quello che elleno veramente siano, ed essendomi molto più difficile il trovar il vero, che 'l convincere il falso. Ma per satisfare almeno in parte al desiderio di V. S., anderò considerando quelle cose che mi paiono degne di esser avvertite nelle tre lettere del finto Apelle, già che ella così comanda, e che in quelle si contiene ciò che sin qui è stato immaginato per definire circa l'essenza il luogo ed il movimento di esse macchie[1].

E prima, che esse siano cose reali, e non semplici apparenze o illusioni dell'occhio o de i cristalli, non ha dubbio alcuno, come ben dimostra l'amico di V. S. nella prima lettera; ed io le ho osservate da 18 mesi in qua, avendole fatte vedere a diversi miei intrinseci, e pur l'anno passato, appunto in questi tempi, le feci osservare in Roma a molti prelati ed altri signori[2]. È vero ancora, che non restano fisse nel corpo

[1] Scrisse Vincenzio Viviani nel suo *Racconto istorico*: « Vidde ancora nella faccia del sole alcune delle macchie solari, ma per allora non volle pubblicare quest'altra novità, che poteva tanto più concitargli l'invidia e persecuzione di molti ostinati Peripatetici (conferendola solo ad alcuno de' suoi più confidenti di Padova e di Venezia e di altrove) », e indica i nomi di Paolo Gualdo, di Benedetto Castelli, di Sarpi, di Fulgenzio Micanzio, di Filippo Contarini e Sebastiano Venier. Scrive nella prefazione il De Filiis: « A quelli poi che pretendessero anteriorità nell'osservazioni di tali macchie, non si nega il poter loro averle osservate senza avviso precedente del sig. Galilei, com'è anco manifesto averlo essi prevenuto nel farle publiche con le stampe; ma è anco altrettanto o più chiaro, a moltissimi averle il sig. Galilei, molto avanti che scrittura alcuna venisse in luce, data privata contezza qui in Roma, ed in particolare, come di sopra ho detto, nel Giardino Quirinale l'Aprile dell'anno 1611, e molti mesi inanzi ad amici suoi privatamente in Fiorenza ».

[2] « Sono circa a diciotto mesi, che riguardando con l'occhiale nel corpo del sole, quando era vicino al suo tramontare, scorsi in esso alcune macchie

solare, ma appariscono muoversi in relazion di esso, ed anco di movimenti regolati, come il medesimo autore ha notato nella medesima lettera. È ben vero che a me pare che il moto sia verso le parti contrarie a quelle che l'Apelle asserisce, cioè da occidente verso oriente, declinando da mezzogiorno in settentrione, e non da oriente verso occidente e da borea verso mezzogiorno; il che anco nell'osservazioni descritte da lui medesimo, le quali in questo confrontano con le mie e con quante io ne ho vedute di altri, assai chiaramente si scorge: dove si veggon le macchie osservate nel tramontar del Sole mutarsi di sera in sera, descendendo dalle parti superiori del Sole verso le inferiori; e quelle della mattina ascendendo dalle inferiori verso le superiori, scoprendosi nel primo apparire nelle parti più australi del corpo solare, ed occultandosi o separandosi da quello nelle parti più boreali, descrivendo in somma nella faccia del Sole linee per quel verso appunto che fariano Venere o Mercurio, quando nel passar sotto 'l Sole s'interponessero tra quello e l'occhio nostro. Il movimento, dunque, delle macchie rispetto al Sole appar simile a quello di Venere e di Mercurio e de gli altri pianeti ancora intorno al medesimo Sole, il qual moto è da ponente a levante, e per l'obliquità dell'orizonte ci sembra declinare da mezzogiorno in settentrione. Se Apelle non supponesse che le macchie girassero intorno al Sole, ma che solamente gli passassero sotto è vero che il moto loro doveria chiamarsi da levante a ponente; ma supponendo che quelle gli descrivino intorno cerchii, e che ora gli siano superiori ora inferiori, tali revoluzioni devono chiamarsi fatte da occidente verso oriente, perché per tal verso si muovono quando sono nella parte superiore de i loro cerchi.

Stabilito che ha l'autore, che le macchie vedute non sono illusioni dell'occhiale o difetti dell'occhio, cerca di determinare in universale qualche cosa circa il luogo loro, mostrando che

assai oscure; e ritornando più volte alla medesima osservazione, mi accorsi come quelle andavano mutando sito, e che non sempre si vedevano le medesime, o nel medesimo ordine disposte, e che tal volta, ve n'eran molte, altra volta poche, e tal ora nessuna » (Lettera a Maffeo Barberini del 2 giugno 1612).

non sono né in aria né nel corpo solare. Quanto al primo, la mancanza di parallasse[3] notabile mostra di concluder necessariamente, le macchie non esser nell'aria, cioè vicine alla Terra, dentro a quello spazio che comunemente si assegna all'elemento dell'aria. Ma che le non possin esser nel corpo solare, non mi par con intera necessità dimostrato; perché il dire, come egli mette nella prima ragione, non esser credibile che nel corpo solare siano macchie oscure, essendo egli lucidissimo, non conclude: perché in tanto doviamo noi dargli titolo di purissimo e lucidissimo, in quanto non sono in lui state vedute tenebre o impurità alcuna; ma quando ci si mostrasse in parte impuro e macchiato, perché non doveremmo noi chiamarlo e macolato e non puro? I nomi e gli attributi li devono accomodare all'essenza delle cose, e non l'essenza a i nomi; perché prima furon le cose, e poi i nomi[4]. La seconda ragione concluderebbe necessariamente, quando tali macchie fussero permanenti ed immutabili; ma di questa parlerò più di sotto.

Quello che in questo luogo vien detto da Apelle, cioè che le macchie apparenti nel Sole siano molto più negre di quelle che mai si siano vedute nella Luna, credo che assolutamente sia falso; anzi stimo che le macchie vedute nel Sole siano non solamente meno oscure delle macchie tenebrose che nella Luna si scorgono, ma che le siano non meno lucide delle più luminose parti della Luna, quand'anche il Sole più direttamente l'illustra: e la ragione che a ciò creder m'induce, è tale. Venere nel suo esorto vespertino, ancor che ella sia di così gran splendor ripiena, non si scorge se non poi che è per molti gradi lontana dal Sole, e massime se amendue saranno elevati dal-

[3] Per la parallasse cfr. p. 635, n. 45.

[4] Le lettere sulle macchie solari costituiscono uno stringente discorso argomentativo, fondato su una metodica e ordinata combinazione dei dati dell'esperienza mediante ragionamenti concretamente analogici, per i quali da un dato si passa direttamente al confronto con un altro dato, secondo un rigoroso criterio di verifica delle cause vere e di scarto delle cause false o apparenti. Perciò queste lettere sono, come osservò il Banfi, « un modello di metodo a carattere critico e polemico » e « rimangono esempio di accurata, precisa osservazione astronomica » (*op. cit.*, p. 132).

l'orizonte; e ciò avviene per esser le parti dell'etere, circonfuse intorno al Sole, non meno risplendenti dell'istessa Venere: dal che si può arguire, che se noi potessimo por la Luna accanto al Sole, splendida dell'istessa luce che ella ha nel plenilunio, ella veramente resterebbe invisibile, come quella che verria collocata in un campo non meno splendente e chiaro della sua propria faccia. Ora pongasi mente, quando col telescopio, cioè con l'occhiale, rimiriamo il lucidissimo disco solare, quanto e quanto egli ci appar più splendido del campo che lo circonda; ed, in oltre paragoniamo la negrezza delle macchie solari sì con la luce dell'istesso Sole come con l'oscurità dell'ambiente contiguo: e troveremo, per l'uno e per l'altro paragone, non esser le macchie del Sole più oscure del campo circonfuso. Se dunque l'oscurità delle macchie solari non è maggior di quella del campo che circonda il medesimo Sole, e se, di più, lo splendor della Luna resterebbe impercettibile nella chiarezza del medesimo ambiente, adunque per necessaria consequenza si conclude, le macchie solari non esser punto men chiare delle parti più splendide della Luna, ben che, situate nel fulgidissimo campo del disco solare, ci si mostrino tenebrose e nere: e se esse non cedono di chiarezza alle più luminose parti della Luna, quali saranno elleno in comparazione delle più oscure macchie di essa Luna? e massime se noi volessimo intender delle macchie tenebrose cagionate dalle proiezzioni dell'ombre delle montuosità lunari, le quali in comparazione delle parti illuminate non sono manco nere che l'inchiostro rispetto a questa carta. E questo voglio che sia detto non tanto per contradire ad Apelle, quanto per mostrare come non è necessario por la materia di esse macchie molto opaca e densa, quale si deve ragionevolmente stimare che sia quella della Luna e de gli altri pianeti; ma una densità ed opacità simile a quella di una nugola è bastante, nell'interporsi tra 'l Sole e noi, e far una tale oscurità e negrezza.

Quanto poi a quello che l'Apelle in questo luogo accenna e che più diffusamente tratta nella seconda epistola, cioè di poter con quella strada venir in certezza se Venere e Mercurio faccino le loro revoluzioni sotto o pur intorno al Sole, io mi sono alquanto maravigliato che non gli sia pervenuto all'o-

recchie [5], o, se pur gli è pervenuto, che ei non abbia fatto capitale del mezzo esquisitissimo, sensato e che frequentemente potrà usarsi, scoperto da me quasi due anni sono, e communicato a tanti che ormai è fatto notorio: e questo è, che Venere va mutando le figure nell'istesso modo che la Luna; ed in questi tempi potrà Apelle osservarla col telescopio, e la vedrà di figura perfetta circolare e molto piccola, se bene assai minore si vedeva nel suo esorto vespertino; potrà poi seguitare di osservarla, e la vedrà, intorno alla sua massima digressione, in figura di mezzo cerchio; dalla qual figura ella passerà alla forma falcata, assottigliandosi pian piano secondo che ella si anderà avvicinando al Sole; intorno alla cui congiunzione si vedrà così sottile come la Luna di due o tre giorni, e la grandezza del suo visibil cerchio sarà in guisa accresciuta, che ben si conoscerà l'apparente suo diametro nell'esorto vespertino esser meno che la sesta parte di quello che si mostrerà nell'occultazione vespertina o esorto mattutino, ed in consequenza il suo disco apparir quasi 40 volte maggiore in questa dositura che in quella: la quali cose non lascieranno luogo ad alcuno di dubitare qual sia la revoluzione di Venere, ma con assoluta necessità conchiuderanno, conforme alle posizioni de i Pitagorici e del Copernico, il suo rivolgimento esser intorno al Sole, intorno al quale, come centro delle lor revoluzioni, si raggirano tutti gli altri pianeti. Non occorre, dunque, aspettar congiunzioni corporali per accertarsi di così manifesta conclusione, né produr ragioni soggette a qualche risposta, ben che debole, per guadagnarsi l'assenso di quelli la cui filosofia viene stranamente perturbata da questa nuova costituzion dell'universo; perché loro, quand'altro non gli stringesse, diranno che Venere o risplenda per sé stessa, o sia di

[5] « Iam via munita est, qua scientiam evidentem acquiramus, utrum Venus et Mercurius aliquando supra, an semper infra, Solem ferantur, quod ostendent in coniunctione diametrali cum Sole; corporibus enim suis maculas efficient, simulque nobis motus suos declarabunt » (È ormai pronta la via onde possiamo conseguire una sicura conoscenza se Venere e Mercurio si muovevano talvolta sopra o sempre sotto il sole, ciò che mostreranno nella congiunzione diametrale con il sole; con i loro corpi infatti produrranno delle macchie sul sole e insieme ci indicheranno i loro movimenti) (V, p. 26).

sustanza penetrabile da i raggi solari, sì che ella venga illustrata non solamente secondo la superficie, ma secondo tutta la profondità ancora; e tanto più animosamente potranno farsi scudo di questa risposta, quanto non sono mancati filosofi e matematici che hanno creduto così (e questo sia detto con pace d'Apelle, che scrive altramente), ed al Copernico medesimo convien ammettere come possibile, anzi pur come necessaria, una delle dette posizioni, non avendo egli potuto render ragione in qual guisa Venere, quando è sotto 'l Sole, non si mostri cornicolata: e veramente altro non poteva dirsi avanti che il telescopio venisse a farci vedere come ella è veramente per sé stessa tenebrosa come la Luna, e che come quella va mutando figure. Ma io, oltre a ciò, posso muover gran dubbio nell'inquisitione d'Apelle, mentre egli, nella congiunzione presa da lui, cerca di veder Venere nel disco del Sole, supponendo che veder vi si dovrebbe in guisa d'una macchia assai maggiore d'alcuna delle vedute, essendo il suo visibil diametro minuti tre, ed in consequenza la sua superficie più di una delle centotrenta parti di quella del Sole: ma ciò, con sua pace, non è vero, ed il visibil diametro di Venere non era allora né anco la sesta parte di un minuto, e la sua superficie era minore di una delle quarantamila parti della superficie del Sole, sì come io so per sensata esperienza ed a suo tempo farò manifesto ad ogn'uno. Vegga dunque V. S. gran campo che si lascerebbe a coloro che volessero pur con Tolomeo ritener Venere sotto il Sole, i quali potrebbon dire che in vano si cercasse di veder un sì picciol neo nell'immensa e lucidissima faccia di quello. E finalmente aggiungo, che tale esperienza non convincerà necessariamente quelli che negassero la revoluzione di Venere intorno al Sole, perché potrebbon sempre ritirarsi a dire che ella fosse superior al Sole, fortificandosi appresso con l'autorità di Aristotile che tale la stimò. Non basta, dunque, che Apelle mostri che Venere nelle corporali congiunzioni mattutine non passa sotto 'l Sole, se egli non mostrasse ancora come nelle congiunzioni vespertine ella gli passasse sotto: ma tali congiunzioni vespertine, che siano però corporali, si fanno rarissime volte, ed a

noi non succederà il poterne vedere: adunque l'argomento d'Apelle è manchevole per concluder il suo intento.

Vengo ora alla terza lettera, nella quale Apelle più risolutamente determina del luogo, del movimento e della sustanza di queste macchie, concludendo che siano stelle, le quali, poco lontane dal corpo solare, intorno se gli vadino volgendo alla guisa di Mercurio e di Venere.

Per determinar del luogo comincia a dimostrar, quelle non esser nell'istesso corpo del Sole, il quale col rivolgersi in sé stesso ce le rappresenti mobili; perché, passando il veduto emisfero in giorni quindici, doveriano ogni mese ritornar l'istesse, il che non succede.

L'argomento sarebbe concludente, tuttavolta che prima constasse che tali macchie fussero permanenti, cioè che non si producessero di nuovo, ed anco si cancellassero e svanissero; ma chi dirà che altre si fanno ed altre si disfanno, potrà anco sostenere che il Sole, rivolgendosi in sé stesso, le porti seco senza necessità di rimostrarci mai le medesime, o nel medesimo ordine disposte, o delle medesime forme figurate. Ora, il provar che elle sian permanenti, l'ho per cosa difficile, anzi impossibile ed a cui il senso repugni; ed il medesimo Apelle ne averà vedute alcune mostrarsi, nel primo apparir, lontane dalla circonferenza del Sole, ed altre svanire e perdersi prima che finischino di traversare il Sole, perché io ancora di tali ne ho osservate molte. Non però affermo o nego che le siano nel Sole, ma solamente dico non esser a sufficienza stato dimostrato che le non vi siino[6].

Nel resto poi, che l'autore soggiugne per dimostrare che le non sono in aria o in alcun de gli orbi inferiori al Sole, mi

[6] Come dirà nella seconda lettera (p. 347), per mezzo del cannocchiale poté osservare che oltre tutti i movimenti e i comportamenti disordinati delle macchie – la diversa e sempre varia durata, il loro rapido mutar di forma, gli irregolari moti particolari, – vi è qualcosa di comune: « un massimo e comune ed universal moto, col quale uniformemente ed in linee tra di loro parallele vanno discorrendo il corpo del sole », ciò che indica come il sole sia sferico e compia un movimento rotatorio intorno al proprio asse, « portando seco in cerchi paralleli le dette macchie, e finendo una intera conversione in un mese lunare in circa ».

par di scorgervi qualche confusione, ed in un certo modo incostanza, ripigliand'ei, pur come vero, l'antico e comune sistema di Tolomeo, della cui falsità ei medesimo poco avanti ha mostrato di essersi accorto, mentre che ha concluso che Venere non ha altramente la sua sfera inferiore al Sole, ma che intorno a quello si raggira, essendo ora di sopra ed ora di sotto, ed affermato l'istesso di Mercurio, le cui digressioni, essendo assai minori di quelle di Venere, necessitano a porlo più propinquo al Sole; tuttavia in questo luogo, quasi rifiutando quella che egli ha poco fa creduta, e che in effetto è, verissima costituzione, introduce la falsa, facendo alla Luna succeder Mercurio, ed a lui Venere. Volsi scusar questo poco di contradizione con dir che egli non avesse fatto stima di nominar, dopo la Luna, prima Mercurio che Venere, o questa che quello, come che poco importasse il registrargli prepostera-mente in parole, pur che in fatto si ritenessero nella vera disposizione: ma il vedergli poi provar per via della parallasse che le macchie solari non sono nella sfera di Mercurio, e soggiugner che tal mezzo non sarebbe per avventura efficace in Venere per la piccolezza della parallasse simile a quella del Sole, rende nulla la mia scusa, perché Venere averà delle parallassi maggiori assai che quelle di Mercurio e del Sole.

Parmi per tanto di scorgere che Apelle, come d'ingegno libero e non servile, e capacissimo delle vere dottrine, cominci, mosso dalla forza di tante novità, a dar orecchio ed assenso alla vera e buona filosofia, e massime in questa parte che concerne alla costituzione dell'universo, ma che non possa ancora staccarsi totalmente dalle già impresse fantasie, alle quali torna pur talora l'intelletto abituato dal lungo uso a prestar l'assenso: il che si scorge altresì, pur in questo medesimo luogo, mentre egli cerca di dimostrare che le macchie non sono in alcun de gli orbi della Luna di Venere o di Mercurio, dove ei va ritenendo come veri e reali e realmente tra loro distinti e mobili quelli eccentrici totalmente o in parte, quei deferenti, equanti, epicicli etc., posti da i puri astronomi per facilitar i lor calcoli, ma non già da ritenersi per tali da gli

astronomi filosofi [7], li quali, oltre alla cura del salvar in qualunque modo l'apparenze, cercano d'investigare, come problema massimo ed ammirando, la vera costituzione dell'universo, poi che tal costituzione è, ed è in modo solo, vero, reale ed impossibile ad esser altramente, e per la sua grandezza e nobiltà degno d'esser anteposto ad ogn'altra scibil questione da gl'ingegni specolativi. Io non nego già i movimenti circolari intorno alla Terra e sopra altro centro che quello di lei, né tanpoco gli altri moti circolari separati totalmente dalla Terra, cioè che non la circondano e riserrano dentro i cerchi loro; perché Marte, Giove e Saturno, con i loro appressamenti e discostamenti, mi accertano di quelli, e Venere e Mercurio e più i quattro pianeti Medicei mi fanno toccar con mano questi, e per consequenza son sicurissimo che ci sono moti circolari che descrivono cerchi eccentrici ed epicicli: ma che per descriverli tali la natura si serva realmente di quella faragine di sfere ed orbi figurati da gli astronomi, ciò reputo io così poco necessario a credersi, quanto accomodato all'agevolezza de' computi astronomici [8]; e sono d'un parer medio tra quegli astronomi li quali ammettono non solo i movimenti eccentrici delle stelle, ma gli orbi e le sfere ancora eccentriche, le quali le conduchino, e quei filosofi che parimente negano e gli orbi e i movimenti ancora intorno ad altro centro che quello della Terra. Però, mentre si tratta d'investigar il luogo delle macchie solari, avrei desiderato che Apelle non l'avesse scacciate da un luogo reale che si trova tra gl'immensi spazii ne i quali si raggirano i piccioli corpicelli della Luna di Venere e di Mercurio, scacciate, dico, in virtù d'una

[7] Distinguendo i « puri astronomi » dagli « astronomi filosofi » vuol contrapporre i seguaci di Tolomeo, per i quali l'astronomia è solo scienza delle apparenze dai seguaci della vera filosofia, cioè della scienza moderna, ai quali interessa anche determinare sulla base di osservazioni scientifiche la disposizione degli astri. Si veda al riguardo la nostra introduzione al *Dialogo sui massimi sistemi*, Bari, Laterza, 1963, pp. XVI-XVIII.

[8] Nel *Saggiatore* Galilei notò acutamente che la scienza si fonda su un linguaggio stringato e secco, che solo conduce sicuramente alla scoperta del vero, mentre per chi vuol sostenere false argomentazioni « di gran vantaggio è il potersi servire d'argomenti probabili, di conghietture, d'essempi, di verisimili ed anco di sofismi » (p. 711).

immaginaria supposizione, che tali spazii sieno interamente occupati da orbi eccentrici epicicli e deferenti, disposti, anzi necessitati, a portar con loro ogn'altro corpo che in essi venisse situato, sì ch'ei non potesse per sé stesso vagare verso niun'altra banda, se non dove con troppo dura catena il ciel ambiente gli rapisse: e tanto meno vorrei questo, quanto io veggo il medesimo Apelle a canto a canto conceder questo stesso che prima avea negato. Avea detto che le macchie non possono essere in alcuno de gli orbi della Luna di Venere o di Mercurio, perché se in quelli fossero, seguiterebbono il movimento loro; suppone, dunque, che elleno movimento alcuno proprio aver non vi potessero: concludendo poi che le siano nell'orbe del Sole, ammette che le vi si muovino con revoluzioni proprie, sì che le sia potenti a vagar per la solare sfera: ma se mi sarà conceduto che le possino muoversi per il cielo del Sole, non doverà essermi negato che le possino similmente discorrer per quel di Venere; e se mi vien conceduto il muoversi un poco ed il non ubbidire interamente al rapimento della sfera continente, io non averò per inconveniente il muoversi molto e 'l non ubbidir punto.

Io non voglio passar un altro poco di scrupolo che mi nasce sopra questo medesimo luogo, nel chiuder che fa Apelle la sua ultima illazione: dove par ch'ei determini che le macchie siano finalmente nel ciel del Sole (ed è ben necessario il porvele, poi che, per suo parere, le si raggirano intorno ad esso, ed in cerchi molto angusti); soggiugne poi, quelle non poter essere nell'eccentrico del Sole, né negli eccentrici *secundum quid*, né in altro orbe, se altro ve ne fosse. Or qui non posso intendere, in qual modo le possino essere nel cielo del Sole ed intorno al corpo solare raggirarsi, senza esser in alcun de gli orbi de' quali la sfera del Sole vien composta.

Li tre argomenti che Apelle pone appresso per necessariamente convincenti, le macchie muoversi circolarmente intorno al Sole, par che abbino ben assai del probabile; non però mancano di qualche ragione di dubitare. Quanto al primo, lo scemar la larghezza delle macchie vicino al lembo del Sole darebbe segno che le fussero stelle, che girandosi in cerchi poco più ampli del corpo solare, cominciassero a mostrar la

la parte illustrata alla guisa della Luna o di Venere, onde la parte tenebrosa venisse a diminuirsi. Se non che ad alcuni che diligentemente hanno osservato, pare che la diminuzione delle tenebre si faccia al contrario di quello che bisognerebbe, cioè non nella parte che risguarda verso il centro del Sole, ma nell'aversa ed a me non appare altro, se non che le si assottigliano. Quanto al secondo, il dividersi quella, che vicino alla circonferenza pareva una macchia sola, in molte, ha questa difficoltà, che anco nelle parti di mezzo si scorgono grandissime mutazioni d'accrescimento, di diminuzione, di accoppiamento e di separazione tra esse macchie; ed io porrò appresso alcune mutazioni osservate da me. La differenza poi che si scorge tra la velocità del moto loro circa le parti medie e la tardità nell'estreme, presa per il terzo argomento, essendo, come pare, molto notabile, parrebbe che arguisse più presto, quelle dover esser nell'istesso corpo solare e muoversi al movimento di quello in sé stesso, che il raggirarsegli intorno in altri cerchi; perché simil differenza di velocità resterebbe quasi impercettibile al semplice senso, ogni volta che tali cerchi per qualche notabile spazio, ben che non molto grande, si allargassero dalla superficie del Sole, come nella medesima figura posta da Apelle si comprende. E qui par che nasca in lui un poco di contradizzione a sé stesso: perché in questo luogo è necessario porre i cerchi delle conversioni delle macchie vicinissimi al globo solare; altramente l'accrescimento della velocità del moto, e la separazione ed allontanamento delle macchie verso il mezzo del disco, le quali presso alla circonferenza mostravano di toccarsi, resterebbono nulli: all'incontro, dall'argomento col quale ei poco di sopra provò le macchie non esser contigue al Sole, bisogna che necessariamente ei concludesse, i detti cerchi esser dal medesimo assai lontani; poi che solamente la quinta parte al più della lor circonferenza poteva restar interposta tra 'l disco solare e l'occhio nostro, già che, traversando le macchie l'emisfero veduto in 15 giorni, non erano ancora ritornate a comparire in due mesi. Bisogna, dunque, diligentemente osservare con qual proporzione vada crescendo, e poi diminuendo, la detta velocità dal primo apparir di qualche macchia all'ultimo ascondersi; perché da tal proporzione si potrà poi arguire, se il movimento suo è fatto nella superficie stessa del corpo solare, o pure in qualche cerchio da quella separato, posto però che tal mutazione di macchie dependa da semplice movimento circolare.

Restaci da considerar quello che Apelle determina circa l'essenza e sustanza di esse macchie: ch'è in somma, che le non siano né nugole né comete, ma stelle che vadino raggirandosi intorno al Sole. Circa a cotal determinazione, io confesso a V. S. non aver sin ora tanto di resoluto appresso di me, ch'io m'assicuri di stabilire ed affermare conclusione alcuna come certa; essendo molto ben sicuro, la sustanza delle macchie poter essere mille cose incognite ed inopinabili a noi, e gli accidenti che in esse scorgiamo, cioè la figura l'opacità ed il movimento, per esser comunissimi, o niuna o poca e molto general cognizione ci possono somministrare: onde io non crederei che di biasimo alcuno fosse degno quel filosofo, il qual confessasse di non sapere, e di non poter sapere, qual sia la materia delle macchie solari. Ma se noi vorremo, con una certa analogia alle materie nostre familiari e conosciute, proferir qualche cosa di quello che le sembrino di poter essere, io sarei veramente di parere in tutto contrario all'Apelle; perché ad esse non mi par che si adatti condizione alcuna dell'essenziali che competono alle stelle, ed all'incontro non trovo in quelle condizioni alcuna, che di simili non si vegghino nelle nostre nugole. Il che troveremo discorrendo in tal guisa.

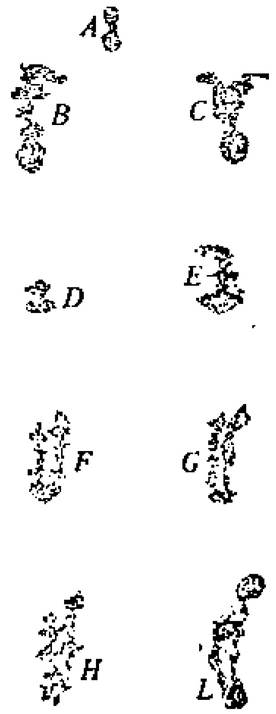
Le macchie solari si producono e si dissolvono in termini più e men brevi; si condensano alcune di loro e si distraggono grandemente da un giorno all'altro; si mutano di figure, delle quali le più sono irregolarissime, e dove più e dove meno oscure; ed essendo o nel corpo solare o molto a quello vicine, è necessario che siano moli vastissime; sono potenti, per la loro difforme opacità, ad impedir più o meno l'illuminazion del Sole; e se ne producono talora molte, tal volta poche, ed anco nessuna. Ora, moli vastissime ed immense, che in tempi brevi si produchino e si dissolvino, e che tal ora durino più lungo tempo e tal ora meno, che si distragghino e si condensino, che facilmente vadino mutandosi di figura, che siano in

queste parti più dense ed opache, ed in quelle meno, altre non si trovano appresso di noi fuori che le nugole; anzi, che tutte l'altre materie sono lontanissime dalla somma di tali condizioni. E non è dubbio alcuno, che se la Terra fosse per sé stessa lucida, e che di fuori non li sopraggiugnesse l'illuminazione del Sole, a chi potesse da grandissima lontananza risguardarla, ella veramente farebbe simili apparenze: perché, secondo che or questa ed or quella provincia fosse dalle nugole ingombrata, si mostrerebbe sparsa di macchie oscure, dalle quali, secondo la maggior o minor densità delle lor parti, verrebbe più o meno impedito lo splendor terrestre; onde esse dove più e dove meno oscure apparirebbono; vedrebbonsene or molte, or poche, ora allargarsi, ora ristringersi; e se la Terra in sé stessa si rivolgesse, quelle ancora il suo moto seguirebbono; e per esser di non molta profondità rispetto all'ampiezza secondo la quale comunemente elle si distendono, quelle che nel mezzo dell'emisfero veduto apparirebbono molto larghe, venendo verso l'estremità parrebbono ristringersi: ed in somma accidente alcuno non credo che si scorgesse, che simile non si vegga nelle macchie solari. Ma perché la Terra è oscura, e l'illuminazione viene dal lume esterno del Sole, se ora potesse da lontanissimo luogo esser veduta, non si vedrebbe assolutamente in lei negrezza o macchia alcuna cagionata dallo spargimento delle nugole, perché queste ancora riceverebbono e refletterebbono il lume del Sole. Della mutazion poi di figura, della irregolarità e della dispari densità, prendane V. S. questi due essempli.

La macchia *A*, che il dì 5 d'Aprile passato, nel tramontar del Sole, si vedeva tenuissima e poco oscura, il giorno seguente si vidde, pur nel tramontar del Sole, come la macchia *B*, cresciuta in scurità e mutata di figura, ed il giorno settimo fu simile alla figura *C*, e la positura loro fu sempre lontana dalla circonferenza del Sole.

Il giorno 26 dell'istesso mese, nel tramontar del Sole, cominciò ad apparir nella parte suprema della sua circonferenza una macchia simile alla *D*; la quale il giorno 28 era come la *E*, il 29 come la *F*, il 30 come la *G*, il primo di

Maggio come la *H*, il 3º come la *L*: e furon le mutazioni delle macchie *F*, *G*, *H*, *L* fatte assai lontane dalla circonferenza del Sole, sì che l'esser diversamente vedute (il che appresso alla circonferenza, mediante lo sfuggimento della superficie globosa, fa gran diversità) non poteva cagionar tanta mutazione d'aspetto.

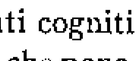
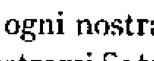


Da queste osservazioni e da altre fatte, e da quelle che potranno di giorno in giorno farsi, manifestamente si raccoglie, niuna materia esser tra le nostre, che imiti più gli accidenti di tali macchie, che le nugole: e le ragioni che Apelle adduce per mostrar che le non possin esser tali, mi paiono di pochissima efficacia. Perché al dir egli: « Chi porrebbe mai nubi intorno al Sole? », risponderei: « Quello che vedesse tali macchie, e che volesse dir qualche verisimile della loro essenza; perché non troverà cosa alcuna da noi conosciuta che più le rassimigli ». All'interrogazione ch'ei fa, quant'esse fussero grandi, direi: « Quali noi le veggiamo essere in comparazione del Sole; grandi quanto quelle che talvolta occupano una gran provincia della Terra »; e se tanto non bastasse, direi due, tre, quattro e dieci volte tanto. E finalmente, al terzo impossibile ch'ei produce, come esse potessero far tant'ombra, risponderei, la lor negrezza esser minore di quella che ci rappresenterebbono le nostre nugole più dense, quando tra l'occhio nostro ed il Sole fossero interposte: il che si potrà osservare benissimo, quando tal volta una delle più oscure nugole ricuopre una parte del Sole, e che nella parte scoperta vi sia alcuna delle macchie, perché si scorgerà tra la negrezza di questa e di quella non piccola differenza, ancor che l'estremità della nugola, che traversa il Sole, non possa esser di gran profondità; perloché possiamo arguire che una crassissima nugola potrebbe far una negrezza molto maggiore di quella delle più scure

macchie. Ma quando pur ciò non fosse, chi ci vieterebbe il credere e dire, alcuna delle nubi solari esser più densa e profonda delle terrene?

Io non per questo affermo, tali macchie esser nugole della medesima sustanza delle nostre, costituite da vapori aquei sollevati dalla Terra ed attratti dal Sole; ma solo dico che noi non aviamo cognizione di cosa alcuna che più le rassimigli: siano poi o vapori, o esalazioni, o nugole, o fumi prodotti dal corpo solare, o da quello attratti da altre bande, questo a me è incerto, potendo esser mille altre cose impercettibili da noi.

Dalle cose dette si può raccòrre, come a queste macchie mal convenga il nome di stelle: poi che le stelle, o siano fisse o siano erranti, mostrano di mantener sempre la loro figura, e questa essere sferica; non si vede che altre si dissolvino ed altre di nuovo si produchino, ma sempre si conservano le medesime; ed hanno i movimenti loro periodici, li quali dopo alcun determinato tempo ritornano; ma queste macchie non si vede che ritornino le medesime, anzi all'incontro alcune si veggono dissolvere in faccia del Sole; e credo che in vano si aspetti il ritorno di quelle che par ad Apelle che possino rivolgersi intorno al Sole in cerchi molto angusti. Mancano, dunque delle principali condizioni che competono a quei corpi naturali a i quali noi abbiamo attribuito il nome di stelle. Che poi le si debbino chiamare stelle perchè son corpi opachi e più densi della sostanza del cielo, e però che resistino al Sole, e da quello grandemente venghino illustrate in quella parte ch'è percossa da i raggi, e dall'opposta produchino ombra molto profonda etc., queste son condizioni che competono ad ogni sasso, al legno, alle nugole più dense, ed in somma a tutti i corpi opachi: ed una palla di marmo resiste per la sua opacità al lume del Sole, da quello viene illustrata, come la Luna o Venere, e dalla parte opposta produce ombra, tal che per questi rispetti potrebbe nominarsi una stella; ma perché gli mancano l'altre condizioni più essenziali, delle quali sono altresì spogliate le macchie solari, però par che il nome di stella non deva esserli attribuito.

Io non vorrei già, che Apelle annumerasse in questa schiera, come egli fa, i compagni di Giove (credo che voglia intender de' quattro pianeti Medicei); perché loro si mostrano costantissimi come ogn'altra stella, sempre lucidi, eccetto che quando incorrono nell'ombra di Giove, perché allora s'eclissano, come la Luna in quella della Terra; hanno i lor periodi ordinatissimi e tra di loro differenti, e già da me precisamente ritrovati; né si muovono in un cerchio solo, come Apelle mostra o d'aver creduto o almeno pensato che altri abbino creduto, ma hanno i lor cerchi distinti e di grandezze diverse, intorno a Giove come lor centro, le quali grandezze ha parimente ritrovate; come anco mi son note le cause del quando e perché or l'uno or l'altro di loro declina o verso borea o verso austro in relazione a Giove, e forse potrei aver le risposte all'obiezzioni che Apelle accenna cadere in questa materia, quando ei l'avesse specificate. Ma che tali pianeti siano più de i quattro sin qui osservati, come Apelle dice di tener per certo, forse potrebbe esser vero; e l'affermativa così resoluta di persona, per quel ch'io stimo, molto intendente, mi fa creder ch'ei ne possa aver qualche gran coniettura, della quale io veramente manco: e però non ardirei d'affermare cosa alcuna, perché dubiterei di non m'aver poi col tempo a disdire. E per questo medesimo rispetto non mi risolverei a porre intorno a Saturno altro che quello che già osservai e scopersi, cioè due piccole stelle, che lo toccano una verso levante e l'altra verso ponente, nelle quali non s'è mai per ancora veduta mutazione alcuna, né resolutamente è per vedersi per l'avvenire, se non forse qualche stravagantissimo accidente, lontano non pur da gli altri movimenti cogniti a noi, ma da ogni nostra immaginazione. Ma quella che pone Apelle, del mostrarsi Saturno ora oblongo ed or accompagnato con due stelle a i fianchi, creda pur V. S. ch'è stata imperfezzione dello strumento o dell'occhio del riguardante; perché, sendo la figura di Saturno così  , come mostrano alle perfette viste i perfetti strumenti, dove manchi tal perfezzione apparisce così  , non si distinguendo perfettamente la separazione e figura delle tre stelle. Ma io, che mille volte in diversi tempi con eccellente strumento l'ho riguardato, posso assicurarla che in esso non si è scorta mutazione alcuna: e la ragione stessa, fondata sopra

l'esperienze che aviamo di tutti gli altri movimenti delle stelle ci può render certi che parimente non vi sia per essere; perché, quando in tali stelle fosse movimento alcuno simile a i movimenti delle Medicee o di altre stelle, già doveriano essersi separate o totalmente congiunte con la principale stella di Saturno, quando anche il movimento loro fosse mille volte più tardo di qualsivoglia altra stella che vadia vagando per lo cielo.

A quello che da Apelle vien posto per ultima conclusione, cioè che tali macchie siano più presto stelle erranti che fisse, e che tra il Sole e Mercurio e Venere ce ne siano assaissime, delle quali quelle sole ci si manifestino che s'interpongono tra il Sole e noi; dico, quanto alla prima parte, che non credo che le siano né erranti né fisse né stelle, né meno che si muovino intorno al Sole in cerchi separati e lontani da quello; e se ad un amico e padrone dovessi dir in confidenza l'opinion mia, direi che le macchie solari si producessero e dissolvessero intorno alla superficie del Sole, e che a quella fossero contigue, e che il medesimo Sole, rivolgendosi in sé stesso in un mese lunare in circa, le portasse seco, e forse riconducendone tal volta alcuna di loro di più lunga durazione che non è il tempo d'una sua conversione, ma tanto mutate di figura e di accompagnature, che non possiamo agevolmente riconoscerle: e per quanto sin ora s'estende la mia conietture, ho grande speranza che V. S. abbia a vedere questo negozio terminato in questo che gli ho accennato. Che poi possa essere qualche altro pianeta tra il Sole e Mercurio, il quale si vadia movendo intorno al Sole, ed a noi resti invisibile per le sue piccole digressioni e solo potesse farcisi sensibile quando passasse linearmente sotto il disco solare, ciò non ha appresso di me improbabilità alcuna, e parmi egualmente credibile che non vene siano e che vene siano: ma non crederei già gran moltitudine, perché se fossero in gran numero, ragionevolmente spesso se ne doverebbe vedere alcuno sotto il Sole, il che a me sin ora non è accaduto, né vi ho veduto altro che di queste macchie; e non ha del probabile che tra quelle possa esser passata alcuna sì fatta stella, ben che questa ancora fosse per mostrarsi, quant'all'aspetto, in forma d'una macchia nera. Non

ha, dico, del probabile, perché il movimento suo doverebbe apparire uniforme, e velocissime rispetto a quel delle macchie: velocissimo, perché, movendosi in cerchio minore di quello di Mercurio è verisimile, secondo l'analogia de i movimenti di tutti gli altri pianeti, che 'l suo periodo fosse più breve ed il suo moto più veloce del moto e del periodo di Mercurio; il qual Mercurio nel passar sotto il Sole traversa il suo disco in 6 ore in circa, tal che altro pianeta più veloce di moto non gli doverebbe restar congiunto per più lungo spazio; se già non si volesse far muovere in un cerchio così piccolo, che quasi toccasse il corpo solare, il che par che avesse poi troppo del chimerico; ma in cerchi pur che fussero di diametro due o tre volte maggior del diametro del Sole, seguirebbe quanto ho detto: ora le macchie restano molti giorni congiunte col Sole: adunque tra loro, o sotto loro spezie, non è credibile che passi pianeta alcuno. Il quale, oltre alla velocità, doverebbe ancora muoversi quasi uniformemente, sendo però per qualche spazio notabile distante dal Sole; perché poca parte del suo cerchio resterebbe sottoposta al Sole, e quella poca, diretta e non obliquamente opposta a i raggi dell'occhio nostro; per lo che parti eguali di lei sarebbon vedute sotto angoli insensibilmente diseguali, cioè quasi eguali, onde il moto in essa apparirebbe uniforme: il che non accade nel moto delle macchie, le quali velocemente trapassano le parti di mezzo, e quanto più sono vicine alla circonferenza, tanto più pigramente caminano. Poche, dunque, in numero possono essere verisimilmente le stelle che tra il Sole e Mercurio vadano vagando, e meno tra Mercurio e Venere: perché, avendo queste necessariamente le lor massime digressioni maggiori di quelle di Mercurio, doverebbono, nella guisa di Venere e dell'istesso Mercurio, esser visibili, come splendide, e massime sendo poco distanti dal Sole e dalla Terra; sì che per la poca lontananza da noi e per l'efficace illuminazione del Sole vicino si farebbono vedere, mediante la vivezza del lume, quando ben fossero piccolissime di mole.

Io conosco d'aver con gran lunghezza di parole e con poca resoluzione, soverchiamente tediato V. S. Illustrissima. Riconosca nella lunghezza il gusto che ho di parlar seco, ed il desi-

derio di obedirla a servirla, pur che le forze me 'l permettessero; e per questi rispetti perdoni la troppa loquacità, e gradisca la prontezza dell'affetto: la irresoluzione resti scusata per la novità e difficoltà della materia, nella quale i vari pensieri e le diverse opinioni che per la fantasia sin ora mi son passate, or trovandomi assenso or repugnanza e contradizzione, m'hanno reso in guisa timido e perplesso, che non ardisco quasi d'aprir bocca per affermar cosa nessuna. Non per questo voglio disperarmi ed abbandonar l'impresa, anzi voglio sperar che queste novità mi abbino mirabilmente a servire per accordar qualche canna di questo grand'organo discordato della nostra filosofia; nel qual mi par vedere molti organisti affaticarsi in vano per ridurlo al perfetto temperamento, e questo perché vanno lasciando e mantenendo discordate tre o quattro delle canne principali, alle quali è impossibile cosa che l'altre rispondino con perfetta armonia.

Io desidero, come servitore di S. V., esser a parte dell'amicizia che tien con Apelle, stimandolo io persona di sublime ingegno ed amator del vero: però la supplico a salutarlo caramente in mio nome, facendogl'intendere che fra pochi giorni gli manderò alcune osservazioni e disegni delle macchie solari d'assoluta giustezza, sì nelle figure d'esse macchie come ne' siti di giorno in giorno variati, senza error d'un minimo capello, fatte con un modo esquisitissimo ritrovato da un mio discepolo, le quali potranno essergli per avventura di giovamento nel filosofare circa la loro essenza. È tempo di finir di noiarla: però, baciandogli con ogni riverenza le mani, nella sua buona grazia mi raccomando, e dal Signore Dio gli prego somma felicità.

Dalla Villa delle Selve, li 4 Maggio 1612.

Di V. S. Illustrissima

Devotissimo Servitore
Galileo Galilei L.

II.

Seconda lettera al sig. Marco Velseri delle macchie solari

Illustrissimo Sig. e Padron Colendissimo,

Inviai più giorni sono una mia lettera assai lunga a V. S. Illustrissima, scritta in proposito delle cose contenute nelle tre lettere del finto Apelle, dove promossi quelle difficoltà che mi ritraevano dal prestar assenso alle opinioni di quello autore, e più le accennai in parte dove inclinava allora il mio pensiero; dalla quale inclinazione io non pure da quel tempo in qua non mi sono rimosso, ma totalmente mi sono confermato, mostrandomi le continuate osservazioni di giorno in giorno, con ogni rincontro possibile ad aversi e col mancamento di qualsivoglia contradizzione, essersi la mia opinione incontrata col vero: di che mi è parso darne conto a V. S. [1], con l'occasione del mandargli alcune figure di esse macchie con giustezza disegnate, ed anco il modo del disegnarle, insieme con una copia di un mio trattatello intorno alle cose che stanno sopra l'acqua o che in essa descendono, che pur ora si è finito di stampare.

Replico dunque a V. S. Illustrissima e più resolutamente confermo, che le macchie oscure, le quali col mezo del telescopio si scorgono nel disco solare, non sono altramente lontane dalla superficie di esso, ma gli sono contigue, o separate di

[1] Per il valore dell'esperienza e per la funzione della verifica sperimentale si vedano le nostre considerazioni nelle varie note, e in particolare quelle al *Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua* e al *Saggiatore*.

così poco intervallo, che resta del tutto impercettibile: di più, non sono stelle o altri corpi consistenti e di diuturna durazione, ma continuamente altre se ne producono ed altre se ne dissolvono, sendovene di quelle di breve durazione, come di uno, due o tre giorni, ed altre di più lunga, come di 10, 15 e, per mio credere, anco di 30 e 40 e più, come appresso dirò: sono per lo più di figure irregolarissime, le quali figure si vanno mutando continuamente, alcune con preste e differentissime mutazioni, ed altre con più tardezza e minor variazione: si vanno ancora alterando nell'incremento e decremento dell'oscurità, mostrando come tal ora si condensano e tal ora si distraggono e rarefanno: oltre al mutarsi in diversissime figure, frequentemente si vede alcuna di loro dividersi in tre o quattro, e spesso molte unirsi in una, e ciò non tanto vicino alla circonferenza del disco solare, quanto ancora circa le parti di mezo: oltre a questi disordinati e particolari movimenti, di aggregarsi insieme e disgregarsi, condensarsi e rarefarsi e cangiarsi di figure, hanno un massimo comune ed universal moto, col quale uniformemente ed in linee tra di loro parallele vanno discorrendo il corpo del Sole: da i particolari sintomi del qual movimento si viene in cognizione, prima, che il corpo del Sole è assolutamente sferico; secondariamente, ch'egli in sé stesso e circa il proprio centro si raggira, portando seco in cerchi paralleli le dette macchie [2], e finendo una intera conversione in un mese lunare in circa, con rivolgimento simile a quello de gli orbi de i pianeti, cioè da occidente verso oriente. Di più, è cosa degna di esser notata come la moltitutine delle macchie par che caschi sempre in una striscia o vogliamo dir zona del corpo solare, che vien compresa tra due cerchi che rispondono a quelli che terminan le declinazioni de i pianeti [3], e fuori di questi limiti non mi par di aver sin ora osservata macchia alcuna, ma tutte dentro

[2] Con un passaggio diretto dal dato particolare alla norma generale, il metodo galileiano racchiude in un circolo continuo sensata esperienza e certa dimostrazione, intuizione sensibile ed astrazione intellettuale: così in questo passo, dalla constatazione dei movimenti delle macchie si inferisce la forma sferica del corpo solare e il moto rotatorio attorno al proprio.

[3] Distanza sferica di un astro sull'equatore celeste.

a tali confini; sì che né verso borea né verso austro mostrano di declinar dal cerchio massimo della conversion del Sole più di 28 o 29 gradi in circa.

Le loro differenti densità e negrezze, le mutazioni di figure e gli accozzamenti e le separazioni sono per sé stesse manifeste al senso, senz'altro bisogno di discorso; onde basteranno alcuni semplici rincontri di tali accidenti sopra i disegni che gli mando, li quali faremo più a basso: ma che le siano contigue al Sole e che al rivolgimento di quello venghino portate in giro, ha bisogno che la ragione discorrendo lo deduca e concluda da certi particolari accidenti che le sensate osservazioni ci somministrano.

E prima, il vederle sempre muoversi con un moto universale e comune a tutte, ancor che in numero ben spesso siano più di 20 ed ancor 30, era fermo argomento, una sola esser la causa di tale apparente mutazione, e non che ciascheduna da per sé andasse vagando nella guisa de i pianeti intorno al corpo solare, e molto meno in diversi cerchi e diverse distanze dal medesimo Sole; onde si doveva necessariamente concludere, o che elle fossero in un orbe solo, il quale a guisa di stelle fisse le portasse intorno al Sole, o vero che le fossero nell'istesso corpo solare, il quale, rivolgendosi in sé stesso, seco le conducesse. Delle quali due posizioni, questa seconda, per mio parere, è vera, e l'altra falsa; sì come falsa ed impossibile si troverà esser qualsivoglia altra posizione che assumere si volesse, come tenterò di dimostrare col mezo di manifeste repugnanze e contradizzioni.

All'ipotesi che le siano contigue alla superficie del Sole e che dal rivolgimento di quello venghino portate in volta, rispondono concordemente tutte l'apparenze, senza che s'incontri inconveniente o difficoltà veruna. Per il che dichiarar, è ben che determiniamo nel globo del Sole i poli, i cerchi, le lunghezze e le larghezze, conformi a quelle che noi intendiamo nella celeste sfera. Però, dunque, quando il Sole si rivolga in sé stesso e sia di superficie sferica, i due punti stabiliti si diranno i suoi poli, e tutti gli altri punti notati nella sua superficie descriveranno circonferenze di cerchi paralleli fra di loro, maggiori o minori secondo la maggiore o minore

distanza da i poli; e massimo sarà il cerchio di mezzo, egualmente distante da ambedue i poli. La longitudine o lunghezza della superficie solare sarà la dimensione che si considera secondo l'estensione delle circonferenze de' cerchi detti; ma la latitudine o larghezza sarà la dilatazione per l'altro verso, cioè dal cerchio massimo verso i poli: onde la lunghezza delle macchie si chiamerà la dimensione presa con una linea parallela a i sopradetti cerchii, cioè presa per quel verso secondo 'l quale si fa la conversione del Sole; e la larghezza s'intenderà esser quella che s'estende verso i poli, e che vien determinata da una linea perpendicolare alla linea della lunghezza.

Dichiarati questi termini, cominceremo a considerar tutti i particolari accidenti che si osservano nelle macchie solari, da i quali si possa venire in cognizione del sito e movimento loro. E prima, il mostrarsi generalmente le macchie, nel lor primo apparir e nell'ultimo occultarsi vicino alla circonferenza del Sole, di pochissima lunghezza, ma di larghezza eguale a quella che hanno quando sono nelle parti più interne del disco solare; a quelli che intenderanno, in virtù di perspettiva, ciò che importi lo sfuggimento della superficie sferica vicino all'estremità dell'emisfero veduto, sarà manifesto argomento sì della globosità del Sole, come della prossimità delle macchie alla solar superficie, e del venir esse poi portate sopra la medesima superficie verso le parti di mezo, scoprendosi sempre accrescimento nella lunghezza e mantenendosi la medesima larghezza. E se bene non tutte si mostrano, quando sono vicinissime alla circonferenza, egualmente attenuate e ridotte a una sottigliezza d'un filo, ma alcune formano il loro ovato più gracile ed altre meno, ciò proviene perché le non sono semplici macchie superficiali, ma hanno grossezza ancora, o vogliamo dir altezza, ed altre maggiore, altre minore; sì come nelle nostre nugole accade, le quali, distendendosi per lo più, quanto alla lunghezza e larghezza, decine e tal or centinaia di miglia, quanto poi alla grossezza son ben or più ed or meno profonde, ma non si vede che tal profondità passi molte centinaia o al più migliaia di braccia. Così, potendo esser la grossezza delle macchie solari, ancor che picciola in comparazione dell'altre due dimensioni, maggiore in una macchia e minore

in un'altra, accaderà che le macchie più sottili, vicine alla circonferenza del Sole, dove vengono vedute per taglio, si mostrino gracilissime (e massime perché la metà interiore di esso taglio viene illustrata dal lume prossimo del Sole), ed altre di maggior profondità apparischino più grosse. Ma che molte di loro si riducessero alla sottigliezza di un filo, come l'esperienza ci insegna, ciò non potrebbe in conto alcuno accadere se il movimento col quale mostrano di traversare il disco del Sole fosse fatto in cerchii lontani, ben che per breve intervallo, dal globo solare; perché la diminuzion grande delle lunghezze si fa su lo sfuggimento massimo, cioè su la svolta del cerchio, la quale verrebbe a cascar fuori del corpo del Sole, quando le macchie fossero portate in circonferenze per qualche spazio notabile lontane dalla superficie di lui.

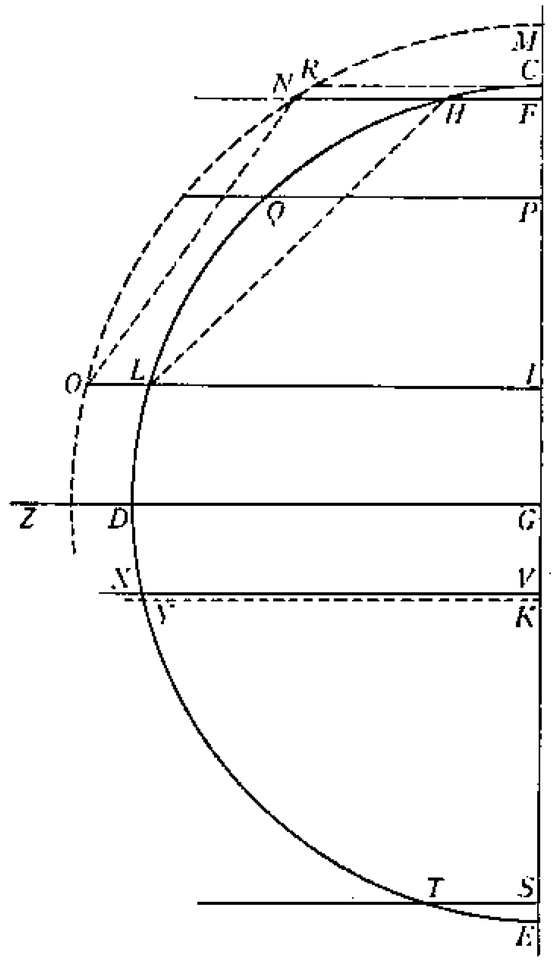
Notasi, nel secondo luogo, la quantità de gli spazii apparenti secondo i quali le macchie medesime mostrano di andarsi movendo di giorno in giorno; ed osservasi che gli spazii passati in tempi eguali dalla medesima macchia appariscono sempre minori, quanto più si trovano vicini alla circonferenza del Sole; e vedesi, diligentemente osservando, che tali diminuzioni ed incrementi, notati l'un dopo l'altro con l'interposizione di tempi eguali, molto proporzionatamente rispondono a i sini versi e loro eccessi congruenti ad archi eguali: il qual fenomeno non ha luogo in verun altro movimento che nel circolar contiguo all'istesso Sole; perché in cerchii, ancor che non molto, lontani dal globo solare, gli spazii passati in tempi eguali incontro alla superficie del Sole apparirebbono pochissimo tra di loro differenti.

Il terzo accidente, che mirabilmente conferma questa conclusione, si cava da gl'interstizii che sono tra macchia e macchia, de i quali altri si mantengono sempre gli stessi, altri grandissimamente si agumentano verso le parti di mezo del disco solare, li quali furon avanti, e son poi dopo, brevissimi, ed anco quasi insensibili vicino alla circonferenza, ed altri pur si mutano, ma con mutazioni differentissime; tuttavia son tali, che simili non potrebbono incontrarsi in altro moto che nel circolare, fatto da diversi punti diversamente posti sopra un globo che in sé stesso si converta. Le macchie

che hanno la medesima declinazione, cioè che sono poste nell'istesso parallelo, nel primo apparire par quasi che si tocchino, quando la lor vera distanza sia breve; che se sarà alquanto maggiore, appariranno ben separate, ma più vicine assai che quando si trovano verso il mezo del disco solare; e secondo che si discostano dalla circonferenza, vengono separandosi ed allontanandosi l'una dall'altra sempre più, sin che si trovano con pari distanze remote dal centro del disco, nel qual luogo è la lor massima separazione; d'onde partendosi, tornano di nuovo a ravvicinarsi tra di loro più e più, secondo che s'appressano alla circonferenza; e se con accuratezza si noteranno le proporzioni di tali appressamenti e discostamenti, si vedrà che parimente non possono aver luogo se non in movimenti fatti sopra l'istessa superficie del globo solare. E perché questa ragione è potentissima, sì che essa sola basterebbe a dimostrar l'essenza di questo punto, io voglio dare a V. S. un metodo prattico, che gli dichiari più apertamente l'intenzione mia, e nell'istesso tempo gli manifesti la verità di essa.

E prima, deve V. S. notare, ch'essendo la distanza tra 'l Sole e noi grandissima, in proporzione del diametro del corpo di quello, l'angolo contenuto da i raggi prodotti dall'occhio nostro all'estremità di detto diametro vien tanto acuto, che ben possiamo senza errore sensibile prender tali raggi come se fossero linee parallele. In oltre, essendo che non qualsivoglia due macchie indifferentemente prese sono accomodate a far l'esperienza che io intendo, ma solamente quelle che vengono portate nell'istesso parallelo, però doviamo far eletta di due in tal guisa condizionate; le quali conosceremo esser tali, tuttavolta che nel loro movimento passano amendue per l'istesso centro del disco solare, o vero da esso egualmente lontane e verso l'istesso polo. Tale accidente alcune volte s'incontra, come avviene delle due macchie A, B della figura del dì primo di Luglio, delle quali la B passa il dì secondo vicino al centro, e la A passa in simil distanza il giorno 7, ed amendue con declinazione boreale; e perché tal distanza dal centro è assai picciola, il parallelo descritto da loro è quasi insensibilmente minore del cerchio massimo. Però s'imagini primieramente V. S. la linea $G\,Z$, la quale

ci rappresenti la lontananza del Sole; e sia Z l'occhio nostro, e G il centro del Sole, circa il quale sia descritto il mezo cerchio $C\,D\,E$, di semidiametro eguale o pochissimo minore del semidiametro de i cerchi ne i quali io noto le macchie, sì che la circonferenza $C\,D\,E$ rappresenterà quella che vien descritta dalle macchie A, B, la quale all'occhio lontanissimo Z, e che è nell'istesso piano del cerchio $C\,L\,E$, si rappresenterà retta, e la medesima che il diametro $C\,G\,E$ (e questo dico, perché dalle osservazioni che ho potute far sin qui, non comprendo che la conversione delle macchie sia obliqua al piano dell'eclittica, sotto la quale è la Terra); prendasi poi la distanza della macchia A dalla circonferenza a sé prossima, e si trasporti in $C\,F$, e per il punto F sia tirata la perpendicolare alla $C\,G$, che sia $F\,H$, la quale sarà parallela alla $G\,D\,Z$, e sarà il raggio visuale che va dall'occhio alla macchia A, la quale, apparendoci nel punto F del diametro del Sole $C\,E$, verrà ad esser in H; piglisi dipoi l'intervallo tra le due macchie A, B, e si trasporti nel diametro $C\,E$ da F in I, e similmente si ecciti la perpendicolare $I\,L$, che sarà il raggio visivo della macchia B, e la linea $F\,I$ la distanza apparente tra le macchie A, B: ma l'intervallo vero sarà determinato dalla linea $H\,L$, suttendente all'arco $H\,L$; ma



come quella che vien compresa tra i raggi *F H*, *I L*, e vien veduta obliquamente mediante la sua inclinazione, non apparisce d'altra grandezza che la *F I*. Ma quando per la conversion del Sole, i punti *H*, *L* calando verso *E* comprenderanno in mezzo il punto *D*, che all'occhio *Z* appar l'istesso che il centro *G*, allora le due macchie *A*, *B*, vedute non più in scorcio, ma in faccia, appariranno lontane quanto è la sottesa *H L*, se però il sito di esse macchie è nella superficie del Sole. Ora guardisi la figura del quinto giorno, nella quale le medesime due macchie *A*, *B* sono quasi egualmente lontane dal centro, e troverassi la loro distanza precisamente eguale alla suttesa *H L*; il che in modo alcuno accader non potrebbe se il rivolgimento loro si facesse in un cerchio quanto si voglia remoto dalla superficie del Sole. Il che si proverà così.

Pongasi, per essemplo, l'arco *M N O* lontano dalla superficie del Sole, cioè dalla circonferenza *C H L*, solamente la vigesima parte del diametro del globo solare; e prolungate le perpendicolari *F H* in *N* e la *I L* in *O*, è manifesto che quando le macchie *A*, *B* si movessero per la circonferenza *M N O*, la macchia *A* sarebbe apparsa in *F* quando ella fosse stata in *N*, e similmente la macchia *B* per apparire in *I* bisogneria che la fosse in *O*, onde il lor vero intervallo sarebbe quanto è la retta suttendente *N O*, la quale è molto minore della *H L*; per lo che, trasferite le macchie *N*, *O* verso *E*, sin che la linea *G Z* segasse in mezo e ad angoli retti la suttesa *N O*, sariano le macchie nella lor massima lontananza vera ed apparente minore assai della suttesa *H L*: al che repugna l'esperienza, la quale ce le mostra distanti tra di loro secondo la retta *H L*. Non son, dunque, le macchie lontane dalla superficie del Sole per la vigesima parte del suo diametro. E se con simile esame osserveremo le medesime macchie nel giorno ottavo, dove la *B* è vicina alla circonferenza, e trasporteremo la sua distanza da essa circonferenza dal punto *E* nell'*S*, tirando la perpendicolare *S T* sopra il diametro *C E*, sarà il punto *T* il sito di essa macchia nella superficie del Sole; e trasferendo di poi la distanza *B A* in *S V*, e producendo similmente la perpendicolare *V X*, troveremo l'intervallo *T X* (che è la vera distanza delle macchie *B*, *A*) essere l'istesso di *H L*: il quale accidente

in modo alcuno non può aver luogo quando le macchie *B*, *A* procedessero in cerchii sensibilmente lontani dalla superficie del Sole. E notisi che quando si pigliassero due macchie meno distanti tra di loro e più vicine al termine *C* o vero *E*, tale accidente si farebbe molto più notabile. Imperò che, se fossero due macchie delle quali una fosse sul suo primo apparire nel punto *C* e l'altra apparisse in *F*, sì che la lor distanza apparente fosse *C F*, il vero intervallo tra esse, quando fossero nella superficie del Sole, sarebbe la suttesa *H C*, maggiore sette o più volte di *C F*: ma quando tali macchie fossero state in *R*, *N*, la loro reale distanza saria stata la suttesa *R N*, che è meno della terza parte della *C H*; laonde, trasferite tali macchie intorno al punto *O*, quando l'esperienza ci rappresentasse la lor distanza eguale alla *C H*, cioè maggiore sette volte della *C F*, e non eguale alla *R N*, che è a pena doppia della medesima *C F*, non rimarria luogo di dubitare, le macchie essere contigue al Sole, e non remote. Ma si averanno esperienze le quali ci mostreranno, la suttesa *C H*, cioè la vera distanza delle macchie quando sono vicine al centro del disco solare, contenere non solo sette, ma dieci e quindici volte la prima apparente distanza *C F*; il che sarà quando le macchie siano realmente meno e meno distanti tra di loro, che non è la suttesa *C H*: il quale accidente non potria mai accadere quando bene la circonferenza *M N Z* fusse lontana dalla superficie del Sole la centesima parte del diametro solare, come appresso dimostrerò: adunque per necessaria conseguenza ne séguita, la distanza delle macchie dalla superficie del Sole non esser se non insensibile. E la dimostrazione di quanto pur ora ho detto, sarà tale.

Sia, per essempio, l'arco *C H* gr. 4; sarà la retta *C F* parti 24 di quali il semidiametro *C G* è 10000, e di tali sarà la suttesa *C H* 419, cioè diciassette volte maggiore della *C F*. Ma quando il semidiametro *G M* fosse maggiore solamente la centesima parte del semidiametro *G C*, sì che di quali parti *G C* è 10000, *G M* fosse 10100, si troverà l'arco *M R* esser gr. 8.4′, e l'arco *N R M* gr. 8.58′, e l'arco *R N* gr. 0.54′, e la sua corda 94 di quali la *C F* era 24, cioè maggiore di lei meno di 4 volte; dal

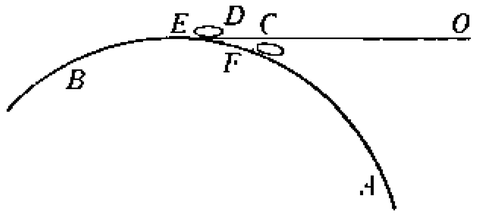
che discorda l'esperienza, non meno che si accordi con l'altra posizione.

Potremo anco con l'istesso metodo veder di giorno in giorno gli accrescimenti e le diminuzioni de i medesimi intervalli rispondenti alle conversioni fatte solamente sopra la superficie del Sole. Imperò che prendasi la figura del terzo giorno di Luglio, e posta la distanza *P C* eguale alla remozione della macchia *A* dalla circonferenza del disco solare, pongasi poi parimente la linea *P K* eguale all'intervallo *A B*; e prodotte le due perpendicolari *P Q*, *K Y*, troveremo la suttesa *Q Y* eguale alla *H L*: argomento irrefragabile della conversion fatta nella stessa superficie del Sole.

Dico di più, che tali macchie non solamente sono vicinissime, e forse contigue, alla superficie del Sole, ma, oltre a ciò, si elevano poco da quella, in quanto alla lor grossezza o vogliamo dire altezza; cioè dico che sono assai sottili, in comparazion della lunghezza e larghezza loro. Il che raccolgo dall'apparire che fanno i loro interstizii divisi e distinti ben spesso sino all'ultimo lembo del disco solare, ancor che si osservino macchie poco tra loro distanti e poste nell'istesso parallelo, come accade delle 2 *Y* del giorno 26 di Giugno, le quali cominciano ad apparire, e ben che molto vicine all'estrema circonferenza del disco, tuttavolta l'una non occupa l'altra, ma scorgesi tra esse la separazione lucida: il che non avverrebbe quando esse fossero assai elevate e grosse, e massime essendo molto vicine tra di loro, come dimostran gli altri disegni seguenti de' giorni 27 e 28. La macchia *M* parimente, composta di una congerie numerosa di macchie picciole, mostra le distinzioni tra esse sino all'ultima occultazione, ben che tutto l'aggregato vadia molto scorciando lo sfuggimento della superficie globosa, come si vede ne i disegni de i medesimi giorni 26, 27 e 28.

Ma qui potrebbe per avventura cadere in opinione ad alcuno, che tali macchie potessero essere semplici superficie o almeno di una sottigliezza grandissima, poi che nel ritrovarsi vicine alla circonferenza del disco non più scorciano gli spazii lucidi che tra quelle s'interpongono, che si diminuischino le lunghezze loro proprie; il che pare che accader non potesse quando la loro altezza fosse di qualche notabile momento.

A questo rispondo, non esser tal consequenza necessaria; e questo perché, quando bene la loro altezza sia notabile in comparazione della loro lunghezza o de gli spazii traposti tra macchia e macchia, tuttavia potrà apparir la distinzion lucida sino a gran vicinanza alla circonferenza, e ciò per lo splendore del Sole, che illustra per taglio le stesse macchie. Imperò che, se V. S. intenderà la superficie del Sole secondo l'arco *A F B*, e sopra di quella le due macchie *C*, *D E*, ed il raggio della vista secondo la linea retta *O C*, che venga così obliqua o inclinata che non possa scoprir punto la superficie del Sole segnata *F*, che resta interposta tra le due macchie; tuttavia le potrà scorger distinte, e non continuate come una sola, in virtù del canto *D* della macchia *D E*, il quale viene sommamente illustrato dal prossimo splendore della superficie *F*: oltre che l'occhio così obliquo scuopre alcuna parte della superficie del Sole, cioè quella che vien sottoposta alla macchia *D E*, la quale non vedeva mentre i raggi visivi andavano diretti. Avvertisco di più, che non tutte le macchie tra di sé vicinissime si mostrano separate sino all'ultima circonferenza, anzi alcune par che si unischino: il che può accadere talvolta per essere, la più remota dalla circonferenza, più grossa ed alta della più vicina; oltre che ci sono i movimenti lor proprii irregolati e vagabondi, che possono cagionare varie apparenze in questo particolare: ma noto bene universalmente, che la negrezza di tutte si diminuisce assai assai quando son vicine all'estremo termine del disco; il che accade, per mio parere, dallo scoprirsi il taglio illuminato e dallo ascondersi molto i dorsi oscuri delle macchie, le cui tenebre restano assai confuse a gli occhi nostri dalla copia della luce. Io potrei addurre a V. S. molti altri esempli, ma sarei troppo prolisso, e mi riserberò a scriverne più diffusamente in altro luogo; e voglio per ora contentarmi di avergli accennato il mio parere, nato dalla continuazione di molte osservazioni: che è in somma, che la lontananza delle macchie dalla superficie del



Sole sia o nulla, o così poca che non possa cagionare accidente alcuno comprensibile da noi; e che la profondità o grossezza loro sia parimente poca in comparazion dell'altre due dimensioni, imitando anco in questo particolare le nostre maggiori nugolate.

E questi sono gl'incontri che aviamo dalle macchie che si trovano nell'istesso parallelo. Le macchie poi che sono poste in diversi paralleli, ma sono, per così dire, sotto 'l medesimo meridiano, cioè che la linea che le congiugne, taglia, i paralleli a squadra, e non obliquamente, non mutano distanza fra di loro, ma quella che ebbero nel loro primo comparire, vanno mantenendo sempre sino all'ultima occultazione: le altre poi che sono in diversi paralleli ed in diversi meridiani, vanno pur crescendo e poi diminuendo i lor intervalli, ma con maggiori differenze quelle che si rimirano più obliquamente, cioè che sono in paralleli più vicini ed in meridiani più remoti, e con minor varietadi all'incontro quelle che meno obliquamente sono tra loro situate: e chi bene andrà commensurando tutte le simili diversità, troverà il tutto rispondere e con giusta simmetria concordar solamente con la nostra ipotesi, e discordar da qualunque altra. Devesi però tuttavia avvertire, che non sendo tali macchie totalmente fisse ed immutabili nella faccia del Sole, anzi andandosi continuamente per lo più mutando di figura ed aggregandosi alcune insieme ed altre disgregandosi, può per simili piccole mutazioni cagionarsi qualche poco di varietà ne i rincontri precisi delle narrate osservazioni; le quali diversità, per la lor picciolezza in proproporzion della massima ed universal conversione del Sole, non dovran partorire scrupolo alcuno a chi giudiziosamente andrà, per così dire, tarando l'eguale e general movimento con queste accidentarie alterazioncelle.

Ora, quanto, per tutti questi rincontri, l'apparenze che si osservano nelle macchie, puntualmente rispondono all'esser loro contigue alla superficie del Sole, all'esser quella sferica, e non d'altra figura, ed all'esser dal medesimo Sole portate in giro dal suo rivolgimento in sé stesso, tanto con incontri di manifeste repugnanze contrariano ad ogni altra posizione che si tentasse di dargli.

Imperò che se alcuno volesse costituirle nell'aria, dove pare che altre impressioni simili a quelle continuamente si vadano producendo e dissolvendo, con accidenti conformi di aggregarsi e dividersi, condensarsi e rarefarsi, e con mutazioni di figure inordinatissime; prima, ingombrando esse molto piccoli spazii nel disco solare mentre fra l'occhio nostro e quello s'interpongono, ed essendo così vicine alla Terra, bisognerebbe che le fossero moli non maggiori di picciolissime nugolette, poi che ben minima domanderemo una nugola che non basti ad occultarci il Sole: e se così è, come in sì piccole moli sarà tal densità di materia che possa con tanta contumacia resistere alla forza de i raggi solari, sì che né le penetrino col lume, né le dissolvino per molti e molti giorni con la lor virtù? Come, generandosi nelle regioni circonvincine alla Terra, e, s'io bene stimo, per detto altrui forse delle evaporazioni di quella, come, dico, cascano tutte tra 'l Sole e noi, e non in altra parte dell'aria? poi che niuna se ne scorge sotto la faccia della Luna illuminata, né si vede separata dal Sole, in aspetto oscuro o vero illustrata da i suoi raggi, come delle nugole accade, delle quali continuamente ne veggiamo dell'oscure e dell'illuminate, intorno al Sole ed in ogni altra parte dell'aria? Più, scorgendo noi la materia di tali macchie esser per sua natura mutabile, poi che senza regola alcuna s'aggregano fra di loro e si separano, qual virtù sarà poi quella che gli possa communicare e con tanta regola contemperar il movimento diurno, sì che mai preterischino di accompagnare il Sole, se non quanto un movimento comune a tutte e regolato le fa trascorrere in 15 giorni in circa il disco solare, dove che l'altre aeree impressioni trascorrono in minimi momenti di tempo non pur la faccia del Sole, ma spazii molto maggiori?

A simili ragioni, come molto probabili, risponder non si può senza introdur grand'improbabilità. Ma ci restano le dimostrazioni necessarie e che non ammettono risposta veruna: delle quali una è il vedersi quelle, nel tempo medesimo, da diversi luoghi della Terra o molto tra di loro distanti, disposte con l'istesso ordine e nelle parti medesime del Sole, sì come per varii rincontri di disegni ricevuti da diverse bande ho potuto osservare; argomento necessario della lor grandissima

lontananza dalla Terra: al che con ammirabil assenso si accorda il cader tutte dentro a quella fascia del globo solare che risponde allo spazio della sfera celeste che vien compreso dentro a i tropici o, meglio dire, dentro a i due paralleli che determinano le massime declinazioni de i pianeti; il che non devo io credere che sia particolar privilegio della città di Firenze, dove io abito, ma ben devo stimare che dentro a i medesimi confini siano vedute da ogni altro luogo, quanto si voglia più australe o boreale. Di più, il non fare altra mutazione di luogo sotto il disco solare che quella universale e comune a tutte le macchie, con la quale in 15 giorni in circa lo traversano, e quelle piccole ed accidentarie secondo le quali tal ora alcune si aggregano ed altre si separano, necessariamente convince a porle molto superiori alla Luna; perché altramente, come ben nota ancora Apelle, bisognerebbe che nel tempo tra 'l nascere e 'l tramontar del Sole tutte uscissero fuori del disco solare mediante la parallasse. E se pure alcuno volesse attribuir loro qualche movimento proprio, per il quale la diversità d'aspetto fosse compensata, non potrebbono le medesime macchie, vedute oggi da noi, tornar a mostrarsi dimane; il che è contro l'esperienza, poi che non pure ritornano a farsi vedere il secondo giorno, ma il terzo e quarto, e sino al quartodecimo.

Son dunque le macchie, per necessarie dimostrazioni, superiori di assai alla Luna; ed essendo nella region celeste, niun'altra posizione che nella superficie del Sole, e niun altro movimento fuori che la conversion di quello in sé stesso, se gli può senz'altre repugnanze assegnare. Imperò che tra tutte l'imaginabili ipotesi, la più accomodata a satisfare alle apparenze narrate sarebbe il porre una sferetta tra il corpo solare e noi, sì che l'occhio nostro ed i centri di quella e del Sole fossero in linea retta, e, più, che il suo diametro apparente fosse eguale a quel corpo solare, nella superficie della quale sfera si producessero e dissolvessero tali macchie, e dal rivolgimento della medesima in sé stessa venissero portate in volta: tal posizion, dico, che satisfarebbe alle sopradette apparenze, quando però se gli assegnasse luogo tanto superiore alla Luna, che fosse libero dall'oppugnazione delle parallassi, così di quella che depende dal moto diurno come dell'altra che nasce dalle diverse posizioni in Terra, e questo acciò che a tutte l'ore ed a tutti i riguardanti i centri di detta sfera e del Sole si mantenessero nella medesima linea retta; ma con tutto questo una inevitabil difficoltà ci convince, ed è che noi doveremmo vedere le macchie muoversi sotto il disco solare con movimenti contrarii: imperò che quelle che fossero nell'emisfero inferiore della imaginata sfera, si moverebbero verso il termine opposto a quello verso il quale caminassero l'altre, poste nell'emisfero superiore; il che non si vede accadere. Oltre che, sì come a gl'ingegni specolativi e liberi, che ben intendono non esser mai stato con efficacia veruna dimostrato, né anco potersi dimostrare, che la parte del mondo fuori del concavo dell'orbe lunare non sia soggetta alle mutazioni ed alterazioni, niuna difficoltà o repugnanza al credibile ha apportato il veder prodursi e dissolversi tali macchie in faccia del Sole stesso; così gli altri, che vorrebbono la sustanza celeste inalterabile, quando si vegghino astretti da ferme e sensate esperienze a porre esse macchie nella parte celeste, credo che poco fastidio di più gli darà il porle contigue al Sole che in altro luogo.

Convinta ch'è di falsità l'introduzione di tale sfera tra 'l Sole e noi, che sola, ma con poco guadagno di chi volesse rimuovere le macchie dal Sole, poteva sodisfare a buona parte de i fenomeni, non occorre che perdiamo tempo in riprovar ogni altra imaginabil posizione; perché ciascheduno per sé stesso immediatamente incontrerà impossibili e contradizioni manifeste, tuttavolta che sia ben restato capace di tutti i fenomeni che di sopra ho raccontati, e che veramente si osservano di continuo in esse macchie. Ed acciò che V. S. abbia esempli di tutti i particolari, gli mando i disegni di 35 giorni, cominciando dal secondo di Giugno: ne i quali V. S. primieramente arà esempli del mostrarsi l'istesse macchie più brevi e gracili nelle parti vicinissime alla circonferenza del disco solare, paragonando le macchie notate *A* del 2° e 3° giorno, che sono l'istessa; le *B* e *C* del giorno 5° con le medesime del 6°; le *A* del 10 e dell'11; le *B* parimente de i giorni 13, 14, 15, 16 e le *C* de i 14, 15, 16; le *B* de i 18, 19, 20; le *C* de i 22,

23, 24; le *A* del 1, 2 e 3 di Luglio; le *C* e *B* del 7 ed 8, ed altre ancora, che per brevità tralascio [4]. Quanto alla seconda osservazione, ch'era che gli spazii passati in tempi eguali siano sempre minori quanto più la macchia è vicina alla circonferenza, ce ne danno evidenti esempli le macchie *A* del 2 e 3 di Giugno; le *B*, *C* del 5, 6, 7, 8; le *C*, *A* de i giorni 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16; le *F*, *G* de i 16, 17, 18, 19, 20, 21; la *C* del 22, 23, 24, 25, 26; le *A*, *B* del 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 di Luglio, e molte altre. Che poi gli spazii traversali tra macchia e macchia si mantenghino sempre gli stessi, ch'era la prima parte della terza osservazione, scorgesi dalle macchie *B*, *C* dal dì 5 di Giugno sino al 16, e dalle macchie *F*, *G* dal dì 13 sino al 20, dove in ultimo il lor intervallo diminuisce un poco, perché le non sono giustamente locate sotto l'istesso cerchio massimo che passa per i poli della conversion del Sole. E l'istesso si scorge ne gl'intervalli tra la macchia *A* ed il centro della macchia *F* dal dì 2 di Luglio sino a gli 8, li quali vengono alquando crescendo, perché dette macchie si riguardano obliquamente; e l'istesso fanno le macchie *E*, *F* de i medesimi giorni, ma con minori differenze, rispondendosi meno obliquamente. Ma che gl'intervalli delle macchie che cascano sotto 'l medesimo parallelo apparentemente si mutino, diminuendo sempre quanto più sono lontane dal centro, lo mostrano apertamente le macchie *B*, *O* dal giorno 5 di Giugno sino al 14, dove la lor distanza vien crescendo sino a i giorni 8 e 9, e poi cala sino all'ultimo. Le 3 macchie *H* del giorno 17 erano nel precedente molto più separate; e l'intervallo *F H* dal dì 14 sino al 18 va sempre diminuendo, e sempre con maggior proporzione.

Circa poi a gli altri accidenti, vedrà primieramente V. S. gran mutazioni di figura nella macchia *B* dal dì 5 di Giugno sino al 14; variazion maggiore vedrà nella *G* dal giorno 10 sino al 20, con incremento grande e poi diminuzione. La macchia *M* cominciò a prodursi il giorno 18, ed il giorno 20 apparse grandissima, ed era una congerie di moltissime insieme; andò

[4] Di questi disegni riproduciamo soltanto alcuni più significativi.

poi mutando figure, come si vede, sino alla fine. Le macchie *R* cominciaron ad apparire picciolissime il giorno 21, e poi con grand'agumento e stravagantissime figure si andarono mutando sino al fine. La macchia *F* si produsse parimente il giorno 13, non si essendo veduta cos'alcuna in quel luogo i giorni avanti; andò poi crescendo, ed in fine diminuendosi, e variamente mutandosi di forma. La macchia *S* cominciò ad apparire il 3º giorno pur di Giugno, e furon due piccole macchiette, le quali crebbero e formaron altra figura, e poi andaron anco diminuendo, come si vede ne i disegni. Nel gruppo delle macchie *P*, cominciate ad apparire il dì 25 di Giugno, si vede conseguentemente gran mutazione ed agumento in numero e grandezze, e poi anco gran diminuzione dell'uno e dell'altro sino al fine. La macchia F, cominciata a scoprirsi li 2 di Luglio, fece, come mostrano i disegni, stravaganti e gran mutazioni ne i giorni seguenti. Nel giorno 8 di Giugno si veddero di nuovo le macchie *E*, *L*, *N*, delle quali le *L* presto si disfecero, e la *N* crebbe in mole e numero. Le *P* del giorno 11, sendo comparse allora, 2 giorni dopo svanirono. La *Q*, apparsa il dì 24, si divise il seguente in 3, e poi si consumò. La *C* parimente, del giorno 25, il seguente si divise in 3; e nel medesimo giorno si veddero prodotte di nuovo tutte le *X*. La macchia *G* del giorno 27 si divise in molte nel seguente giorno, ed altre divisioni e mutazioni di siti fece ne gli altri giorni; come anco si veggono ne i giorni medesimi gran mutazioni nelle macchie intorno al *P*. Le 7 macchie *M*, *N* del 3 di Luglio apparvero quel giorno: e le *N* il seguente si ridussero a 2, essendo prima 5; e le *M* crebbero prima in numero, e poi si aggregarono, ed in ultimo tornarono a dividersi ancora. E da tutti questi accidenti e da altri che V. S. potrà ne i medesimi disegni osservare, vedesi a quante irregolate mutazioni siano tali macchie soggette, la somma delle quali, come altra volta gli ho accennato, non trova esemplo e similitudine in niuna delle nostre materie fuori che nelle nugole.

Quanto poi alle massime durazioni delle maggiori e più dense, ben che non si possa affermare di certo se alcune ritornino l'istesse in più d'una conversione, rispetto a i continui mutamenti di figure che ci tolgono il poterle raffigurare, tut-

tavia io sarei d'opinione che alcuna ritornasse a mostrarcisi più d'una volta: ed a così credere m'induce il vederne alcuna comparire grande assai ed accrescersi sempre, sin che l'emisfero veduto dà volta; e sì come è credibile ch'ella si fosse generata molto avanti la venuta sua, così è ragionevole il credere ch'ella sia per durare assai dopo la partita, sì che la durazion sua venga ad esser molto più lunga del tempo di una meza conversion del Sole: e come questo è, alcune macchie possono senza dubbio, anzi necessariamente, esser da noi vedute due volte; e queste sarebbono tal una di quelle che si producessero nell'emisfero veduto vicino all'occultarsi, e poi, passando nell'altro, seguitassero di prender agumento, né si dissolvessero sin che tornassero ancora a scoprircisi; e per ciò fare basta la durazione di tre o quattro giorni più del tempo di una meza conversione. Ma io, di più, credo che ve ne siano di quelle che più d'una volta traversino tutto l'emisfero veduto; quali son quelle che dal primo comparire si vanno sempre agumentando sin che le veggiamo, e fannosi di straordinaria grandezza, le quali possono continuar di crescere ancora mentre ci si occultano, e non è credibile che poi in più breve tempo si diminuischino e dissolvino, perché niuna delle grandissime si è osservato che repentinamente si disfaccia: ed io ho più volte osservato, dopo la partita di alcuna delle massime sendo scorso il tempo di una meza conversione, tornarne a comparire una, ch'era, per mio credere, l'istessa, e passar per l'istesso parallelo.

Dalle cose dette sin qui, parmi, s'io non m'inganno, che necessariamente si conchiuda, le macchie solari esser contigue o vicinissime al corpo del Sole, esser materie non permanenti e fisse, ma variabili di figura e di densità, e mobili ancora, chi più e chi meno, di alcuni piccoli movimenti indeterminati ed irregolari, ed universalmente tutte prodursi e dissolversi, altre in più brevi, altre in più lunghi tempi; è anco manifesta ed indubitabile la lor conversione intorno al Sole: ma il determinare se ciò avvenga perché il corpo stesso del Sole si converta e rigiri in sé stesso portandole seco, o pure che, restando il corpo solare immoto, il rivolgimento sia dell'ambiente, il quale le contenga e seco le conduca, resta in certo

modo dubbio, potendo essere e questo e quello. Tuttavia a me pare assai più probabile che il movimento sia del globo solare, che dell'ambiente. Ed a ciò credere m'induce, prima, la certezza che io prendo dell'esser tale ambiente molto tenue fluido e cedente, dal veder così facilmente mutarsi di figura aggregarsi e dividersi le macchie in esso contenute, il che in una materia solida e consistente non potrebbe accadere (proposizione che parrà assai nuova nella comune filosofia): ora un movimento costante e regolato, quale è l'universale di tutte le macchie, non par che possa aver sua radice e fondamento primario in una sostanza flussibile e di parti non coerenti insieme, e però soggette alle commozioni e conturbamenti di molti altri movimenti accidentarii, ma bene in un corpo solido e consistente, ove per necessità un solo è il moto del tutto e delle parti; e tale è credibile che sia il corpo solare, in comparazion del suo ambiente. Tal moto poi participato all'ambiente per il contatto, ed alle macchie per l'ambiente, o pur conferito per il medesimo contatto immediatamente alle macchie, le può portar intorno. Di più, quando bene altri volesse che la circolazione delle macchie intorno al Sole procedesse da moto che risedesse nell'ambiente, e non nel Sole, io crederei ad ogni modo esser quasi necessario che il medesimo ambiente comunicasse per il contatto l'istesso movimento al globo solare ancora.

Imperò che mi par di osservare che i corpi naturali abbino naturale inclinazione a qualche moto, come i gravi al basso, il qual movimento vien da loro, per intrinseco principio e senza bisogno di particolar motore esterno, esercitato, qual volta non restino da qualche ostacolo impediti; a qualche altro movimento hanno repugnanza, come i medesimi gravi al moto in su, e però già mai non si moveranno in cotal guisa, se non cacciati violentemente da motore esterno; finalmente, ad alcuni movimenti si trovano indifferenti, come pur gl'istessi gravi al movimento orizontale, al quale non hanno inclinazione, poi che ei non è verso il centro della Terra, né repugnanza, non si allontanando dal medesimo centro: e però, rimossi tutti gl'impedimenti esterni, un grave nella superficie sferica e concentrica alla Terra sarà indifferente alla quiete

ed a i movimenti verso qualunque parte dell'orizonte, ed in quello stato si conserverà nel qual una volta sarà stato posto; cioè se sarà messo in stato di quiete, quello conserverà, e se sarà posto in movimento, v. g. verso occidente, nell'istesso si manterrà: e così una nave, per essempio, avendo una sol volta ricevuto qualche impeto per il mar tranquillo, si moverebbe continuamente intorno al nostro globo senza cessar mai, e postavi con quiete, perpetuamente quieterebbe [5], se nel primo caso si potessero rimuovere tutti gl'impedimenti estrinseci, e nel secondo qualche causa motrice esterna non gli sopraggiugnesse. E se questo è vero, sì come è verissimo, che farebbe un tal mobile di natura ambigua, quando si trovasse continuamente circondato da un ambiente mobile d'un moto al quale esso mobile naturale fosse per natura indifferente? Io non credo che dubitar si possa, ch'egli al movimento dell'ambiente si movesse. Ora il Sole, corpo di figura sferica, sospeso e librato circa il proprio centro, non può non secondare il moto del suo ambiente, non avendo egli, a tal conversione, intrinseca repugnanza né impedimento esteriore. Interna repugnanza aver non può, atteso che per simil conversione né il tutto si rimuove dal luogo suo, né le parti si permutano tra di loro o in modo alcuno cangiano la lor naturale costituzione, tal che, per quanto appartiene alla costituzione del tutto con le sue parti, tal movimento è come se non fosse. Quanto a gl'impedimenti esterni, non par che ostacolo alcuno possa senza contatto impedire (se non forse la virtù della calamita) [6]: ma nel nostro caso tutto quel che tocca il Sole, che è il suo ambiente, non solo non impedisce il movimento che noi cerchiamo di attribuirgli, ma egli stesso se ne muove, e e movendosi lo comunica ove egli non trovi resistenza, la qual esser non può nel Sole: adunque qui cessano tutti gli esterni impedimenti. Il che si può maggiormente ancora confermare:

[5] Cfr. *Dialogo sopra i due massimi sistemi* (vol. II, pp. 186 segg.), in cui è enunciato il principio d'inerzia.

[6] Galilei mostra qui d'intravedere la forza attrattiva del magnetismo dei corpi. Egli infatti studiò il *De Magnete di* W. Gilbert di cui esaminerà alcune parti nel *Dialogo sopra i due massimi sistemi*.

perché, oltre a quel che si è detto, non par che alcun mobile possa aver repugnanza ad un movimento senz'aver propension naturale all'opposto (perché nella indifferenza non è repugnanza); e perciò chi volesse por nel Sole renitenza al moto circolare del suo ambiente, pur vi porrebbe natural propensione al moto circolare opposto a quel dell'ambiente; il che mal consuona ad intelletto ben temperato.

Dovendosi, dunque, in ogni modo por nel Sole l'apparente conversione delle macchie, meglio è porvela naturale, e non per participazione, per la prima ragione da me addotta.

Molte altre considerazioni potrei arrecar per confirmazion maggiore della mia opinione, ma di troppo trapasserei i termini di una lettera; però, per finir di più tenerla occupata, vengo a satisfare alla promessa ad Apelle, cioè al modo del disegnar le macchie con somma giustezza, ritrovato, come nell'altra gli accennai, da un mio discepolo, monaco Cassinense, nominato D. Benedetto de i Castelli, famiglia nobile di Brescia, uomo d'ingegno eccellente e, come conviene, libero nel filosofare. Ed il modo è questo. Devesi drizzare il telescopio verso il Sole, come se altri lo volesse rimirare; ed aggiustatolo e fermatolo, espongasi una carta bianca e piana incontro al vetro concavo, lontana da esso vetro quattro o cinque palmi; perché sopra essa caderà la specie circolare del disco del Sole, con tutte le macchie che in esso si ritrovano, ordinate e disposte con la medesima simmetria a capello che nel Sole son situate; e quanto più la carta si allontanerà dal cannone, tanto tale immagine verrà maggiore e le macchie meglio si figureranno, e senz'alcuna offesa si vedranno tutte sino a molte piccole, le quali, guardando per il cannone, con fatica grande e con danno della vista appena si potrebbono scorgere [7]. E per disegnarle giuste, io descrivo prima sopra la carta un cerchio, della grandezza che più mi piace, e poi, accostando o rimovendo la carta dal cannone, trovo il giusto sito dove l'immagine del Sole si allarga alla misura del descritto cerchio: il quale mi serve anco per norma e regola di tener il piano del

[7] È il metodo di osservazione in proiezione, seguito da Galilei per l'indagine delle macchie solari.

foglio retto, e non inclinato al cono luminoso de i raggi solari ch'escono del telescopio; perché quando e' fosse obliquo, la sezzione viene ovata, e non circolare, e però non si aggiusta con la circonferenza segnata sopra 'l foglio; ma inclinando più o meno la carta, si trova facilmente la positura giusta, che è quando l'immagine del Sole s'aggiusta col cerchio segnato. Ritrovata che si è tal positura, con un pennello si va notando, sopra le macchie stesse, le figure grandezze e siti loro: ma convien andare destramente secondando il movimento del Sole, e, spesso movendo il telescopio, bisogna procurare di mantenerlo ben dritto verso il Sole; il che si conosce guardando nel vetro concavo, dove si vede un piccolo cerchietto luminoso, il quale sta concentrico ad esso vetro quando il telescopio è ben diritto verso il Sole. E per veder le macchie distintissime e terminate, è ben inscurir la stanza serrando ogni finestra, sì che altro lume non vi entri che quello che vien per il cannone; o almeno inscuriscasi più che si può, ed al cannone si accomodi un cartone assai largo, che faccia ombra sopra la carta dove si ha da disegnare e impedisca che altro lume del Sole non vi caschi sopra, fuor che quello che vien per i vetri del cannone. Devesi appresso notare, che le macchie escono del cannone inverse, e poste al contrario di quello che sono nel sole, cioè le destre vengono sinistre, e le superiori inferiori, essendo che i raggi s'intersegano dentro al cannone, avanti ch'eschino fuori del vetro concavo: ma perché noi le disegniamo sopra una superficie opposta al Sole, quando noi, volgendoci verso il Sole, tenghiamo la carta disegnata opposta alla nostra vista, già la superficie dove prima disegnammo non è più contrapposta ma aversa al Sole, e però le parti destre si sono già ridrizzate, rispondendo alle destre del Sole, e le sinistre alle sinistre, onde resta che solamente s'invertano le superiori ed inferiori; però, rivoltando il foglio a rovescio e facendo venire il di sopra di sotto, e guardando per la trasparenza della carta contro al chiaro, si veggono le macchie giuste, come se guardassimo direttamente nel Sole; ed in tale aspetto si devono sopra un altro foglio lucidare e descrivere, per averle ben situate.

Io ho poi riconosciuto la cortesia della natura, la quale, mille e mille anni sono, porse facoltà di poter venire in notizia di tali macchie, e per esse di alcune gran consequenze; perché, senz'altri strumenti, da ogni piccolo foro per il quale passino i raggi solari viene in distanze grandi portata e stampata sopra qual si voglia superficie opposta l'immagine del Sole con le macchie. Ben è vero che non sono a gran pezzo così terminate come quelle del telescopio; tuttavia le maggiori si scorgono assai distinte: e V. S. vedendo in chiesa da qualche vetro rotto e lontano cader il lume del Sole nel pavimento, vi accorra con un foglio bianco e disteso, ché vi scorgerà sopra le macchie. Ma più dirò, esser la medesima natura stata così benigna, che per nostro insegnamento ha tal ora macchiato il Sole di macchia così grande ed oscura, ch'è stata veduta da infiniti con la sola vista naturale; ma un falso ed inveterato concetto, che i corpi celesti fossero esenti da ogni alterazione e mutazione, fece credere che tal macchia fosse Mercurio interposto tra il Sole e noi, e ciò non senza vergogna de gli astronomi di quell'età: e tale fu senza alcun dubbio quella di cui si fa menzione ne gli Annali ed Istorie de i Franzesi *ex Bibliotheca P. Pithoei I. C.*, stampat' in Parigi l'anno 1588, dove, nella vita di Carlo Magno, a fogli 62, si legge essersi per otto giorni continui veduta dal popol di Francia una macchia nera nel disco solare, della quale l'ingresso e l'uscita per l'impedimento delle nugole non potette esser osservata, e fu creduta esser Mercurio allora congiunto col Sole. Ma questo è troppo grand'errore, essendo che Mercurio non può restar congiunto col Sole né anco per lo spazio di ore sette tale è il suo movimento, quando si viene a interporre tra 'l Sole e noi. Fu, dunque, tal fenomeno assolutamente una delle macchie grandissima ed oscurissima; e delle simili se ne potranno incontrare ancora per l'avvenire, e forse, applicandoci diligente osservazione, ne potremo veder alcuna in breve tempo. Se questo scoprimento fosse seguito alcuni anni avanti, averebbe levat' al Keplero la fatica d'interpretar e salvar questo luogo con le alterazioni del testo ed altre emendazioni di tempi: sopra di che io non starò al presente ad affaticarmi, sicuro che detto autore, come vero filosofo e non renitente

alle cose manifeste, non prima sentirà queste mie osservazioni e discorsi, che gli presterà tutto l'assenso.

Ora, per raccòr qualche frutto dalle inopinate meraviglie che sino a questa nostra età sono state celate, sarà bene che per l'avvenire si torni a porgere orecchio a quei saggi filosofi che della celeste sustanza diversamente da Aristotele giudicarono [8], e da i quali Aristotele medesimo non si sarebbe allontanato se delle presenti sensate osservazioni avesse auta contezza: poi che egli non solo ammesse le manifeste esperienze tra i mezi potenti a concludere circa i problemi naturali, ma diede loro il primo luogo. Onde se egli argomentò l'immutabilità de' cieli dal non si esser veduta in loro ne' decorsi tempi alterazione alcuna, è ben credibile che quando 'l senso gli avesse mostrato ciò che a noi fa manifesto, arebbe seguita la contraria opinione, alla quale con sì mirabili scoprimenti venghiamo chiamati noi. Anzi dirò di più, ch'io stimo di contrariar molto meno alla dottrina d'Aristotele col porre (stanti vere le presenti osservazioni) la materia celeste alterabile, che quelli pur la volessero sostenere inalterabile; perché son sicuro ch'egli non ebbe mai per tanto certa la conclusione dell'inalterabilità, come questa, che all'evidente esperienza si deva posporre ogni umano discorso [9]: e però meglio si filosoferà prestando l'assenso alle conclusioni dependenti da manifeste osservazioni, che persistendo in opinioni al senso stesso repugnanti, e solo confermate con probabili o apparenti ragioni. Quali poi e quanti sieno i sensati accidenti che a più certe conclusioni c'invitano, non è difficile l'intenderlo. Ecco, da virtù superiore, per rimuoversi ogni ambiguità, vengono inspirati ad alcuno metodi necessarii, onde s'intenda, la generazion delle comete esser nella regione celeste [10]: a questo, come testimonio che presto trascorre e manca, resta ritroso il numero maggiore di quelli che insegnano a gli altri: eccoci mandate nuove fiamme di più lunga durazione, in figura di stelle lucidissime, prodotte pure e poi dissolutesi nelle remotissime parti del Cielo: né basta questo per piegar quelli alla mente de i quali non arrivano le necessità delle dimostrazioni geometriche: ecco finalmente scoperto in quella parte del Cielo che meritamente la più pura e sincera stimar si deve, dico in faccia del Sole stesso, prodursi continuamente ed in brevi tempi dissolversi innumerabile moltitudine di materie oscure dense e caliginose; eccoci una vicissitudine di produzioni e disfacimenti che non finirà in tempi brevi, ma, durando in tutti i futuri secoli, darà tempo a gl'ingegni umani di osservare quanto lor piacerà, e di apprendere quelle dottrine che del sito loro gli possa rendere sicuri. Ben che anco in questa parte doviamo riconoscere la benignità divina; poi che di assai facile e presta apprensione son quei mezi che per simile intelligenza ci bastano; e chi non è capace di più, procuri di aver disegni fatti in regioni remotissime, e gli conferisca con i fatti da sé ne gli stessi giorni, ché assolutamente gli ritroverà aggiustarsi con i suoi: ed io pur ora ne ho ricevuti alcuni fatti in Brusselles dal Sig. Daniello Antonini ne i giorni 11, 12, 13, 14, 20 e 21 di Luglio, li quali si adattano a capello con i miei e con altri mandatimi di Roma dal Sig. Lodovico Cigoli [11], famosissimo pittore ed architetto; argomento che dovrebbe bastar per sé solo a persuader ogn'uno, tali macchie esser di lungo tratto superiori alla Luna.

[8] Galilei allude qui a Democrito che non ammetteva alcuna differenza sostanziale tra cielo e terra, mentre Aristotele (*De coelo*, I, 3) sostenne la distinzione qualitativa tra i corpi del mondo elementare e quelli del mondo celeste.

[9] Rovesciando polemicamente sui peripatetici del suo tempo le diffidenze e le riserve verso la funzione dell'esperienza nella ricerca scientifica, Galilei si è più volte richiamato al testo aristotelico e in particolare a certi aspetti del metodo aristotelico per asserire, contro i suoi falsi seguaci, che il filosofo greco anteponeva le sensate esperienze ad ogni discorso.

[10] Si veda intanto la polemica che dette occasione al *Saggiatore*, nel quale Galilei sostenne la tesi che le comete sono rifrazioni luminose sublunari.

[11] Daniele Antonini (1588-1616) allievo di Galilei a Padova si dedicò poi alla vita militare e fu dapprima in Fiandra e poi, dal 1615, sotto le insegne della Repubblica veneta, per la quale morì nell'assedio di Gradisca. Ludovico Cardi detto il Cigoli dal luogo presso S. Miniato al Tedesco dove nacque nel 1559, fu pittore e architetto: sono suoi la loggetta al canto dei Tornaquinci, la corte del palazzo Strozzi, il Palazzo Rinuccini a Firenze e in Roma il palazzo Madama. Morì l'8 giugno 1613.

E con questo voglio finir di occupar più V. S. Illustrissima. Favoriscami di mandar con suo comodo i disegni ad Apelle, accompagnati con un mio singolare affetto verso la persona sua; ed a V. S. reverentemente bacio le mani, e dal Signore Dio gli prego felicità.

Di Firenze, li 14 di Agosto 1612.

Di V. S. Illustrissima

Servitore Devotissimo
Galileo Galilei L.

Poscritta. Conforme a quello che mi ero imaginato e scritto, seguì 6 giorni dopo l'effetto; perché li giorni 19, 20 e 21 del presente mese fu veduta da me e da molt'altri gentil uomini amici miei, con la semplice vista naturale, una macchia oscura vicina al mezo del disco solare nel suo tramontare, la quale era la massima tra molt'altre che si vedevano col telescopio: e d'essa ancora mando a V. S. li disegni.

III.

Terza lettera al sig. Marco Velseri delle macchie solari

Illustrissimo Sig. e Padron Colendissimo,

Trovomi a dover rispondere a due gratissime lettere di V. S. Illustrissima, scritte l'una sotto li 28 di Settembre, e l'altra li 5 d'Ottobre. Con la prima ricevei i secondi discorsi del finto Apelle, e dell'altra mi avvisa la ricevuta della mia seconda lettera in proposito delle macchie solari, la quale io gl'inviai sino li 23 di Agosto: risponderò prima brevemente alla seconda, poi verrò alla prima, ponderando un poco più diffusamente alcuni particolari contenuti in questa replica di Apelle; già che l'aver considerate le sue prime lettere, e l'aver egli vedute le mie considerazioni, mi mette in certo modo in obbligo di soggiugnere alcune cose concernenti alla mia prima lettera ed alle sue seconde scritture.

Quanto all'ultima di V. S., ho ben sentito con diletto che ella in una repentina scorsa abbia trapassate come verisimili ed assai probabili le ragioni da me addotte per confermar le conclusioni che io prendo a dimostrare; ma il punto sta in quello a che la persuaderà la seconda e le altre letture, non essendo impossibile che alcuni, ben che di perspicacissimo giudizio, possino talora in una prima occhiata ricever per opera di mediocre perfezione quello che poi, ricercato più accuratamente, gli riesca di assai minor merito, e massime dove una particolare affezione verso l'autore ed una concepita opinion buona preoccupino l'affetto indifferente ed ignudo: onde io con animo ancor sospeso starò attendendo

altro suo giudizio, il quale mi servirà per quietarmi, sin che, come prudentissimamente dice V. S., ci sortisca, per grazia del vero Sole, puro ed immacolato, apprendere in Lui con tutte le altre verità quello che ora, abbagliati e quasi alla cieca, andiamo ricercando nell'altro Sole materiale e non puro.

Ma non però doviamo, per quel che io stimo, distorci totalmente dalle contemplazioni delle cose, ancor che lontanissime da noi, se già non avessimo prima determinato, esser ottima resoluzione il posporre ogni atto specolativo a tutte le altre nostre occupazioni. Perché, o noi vogliamo specolando tentar di penetrar l'essenza vera ed intrinseca delle sustanze naturali; o noi vogliamo contentarci di venir in notizia d'alcune loro affezioni. Il tentar l'essenza, l'ho per impresa non meno impossibile e per fatica non men vana nelle prossime sustanze elementari che nelle remotissime e celesti [1]: e a me pare essere egualmente ignaro della sustanza della Terra che della Luna, delle nubi elementari che delle macchie del Sole; né veggo che nell'intender queste sostanze vicine aviamo altro vantaggio che la copia de' particolari, ma tutti egualmente ignoti, per i quali andiamo vagando, trapassando con pochissimo o niuno acquisto dall'uno all'altro. E se, domandando io qual sia la sustanza delle nugole, mi sarà detto che è un vapore umido, io di nuovo desidererò sapere che cosa sia il vapore; mi sarà per avventura insegnato, esser acqua, per virtù del caldo attenuata, ed in quello

[1] Per la preminenza dell'interesse scientifico, Galilei non si preoccupò mai di pervenire ad una determinazione speculativa della realtà nella sua assolutezza; pur apprezzando le possibilità grandissime dell'intelletto umano, per la perfezione e per la certezza dei risultati, che lo rendono perfetto quanto l'intelletto divino (cfr. *Dialogo sopra i due massimi sistemi*, vol. II, p. 135), egli sa d'altro canto che non sono infinite per estensione. Non tutto della natura può esser compreso dall'uomo: l'essenze delle cose non possono costituire oggetto di conoscenza perché non sono percepibili per mezzo dell'apparato intellettuale-sensitivo dell'uomo, il quale pertanto deve rinunciare alla conoscenza della metafisica: questa non suscita interesse per lo scienziato, in quanto esorbita dal limite delle conoscenze verificabili da parte della ragione umana. Questa affermazione galileiana costituisce la base teorica della separazione della scienza dalla metafisica e l'affermazione dell'autonomia del pensiero scientifico.

resoluta; ma io, egualmente dubbioso di ciò che sia l'acqua, ricercandolo, intenderò finalmente, esser quel corpo fluido che scorre per i fiumi e che noi continuamente maneggiamo e trattiamo: ma tal notizia dell'acqua è solamente più vicina e dependente da più sensi, ma non più intrinseca di quella che io avevo per avanti delle nugole. E nell'istesso modo non più intendo della vera essenza della terra o del fuoco, che della Luna o del Sole; e questa è quella cognizione che ci vien riservata da intendersi nello stato di beatitudine, e non prima. Ma se vorremo fermarci nell'appressione di alcune affezioni, non mi par che sia da desperar di poter conseguirle anco ne i corpi lontanissimi da noi, non meno che ne i prossimi, anzi tal una per aventura più esattamente in quelli che in questi. E chi non intende meglio i periodi de i movimenti de i pianeti, che quelli dell'acque di diversi mari? chi non sa che molto prima e più speditamente fu compresa la figura sferica nel corpo lunare che nel terrestre? e non è egli ancora controverso se l'istessa Terra resti immobile o pur vadia vagando, mentre che noi siamo certissimi de i movimenti di non poche stelle? Voglio per tanto inferire, che se bene indarno si tenterebbe l'investigazione della sustanza delle macchie solari, non resta però che alcune loro affezioni, come il luogo, il moto, la figura, la grandezza, l'opacità, la mutabilità, la produzione ed il dissolvimento, non possino da noi esser apprese, ed esserci poi mezi a poter meglio filosofare intorno ad altre più controverse condizioni delle sustanze naturali; le quali poi finalmente sollevandoci all'ultimo scopo delle nostre fatiche, cioè all'amore del divino Artefice, ci conservino la speranza di poter apprender in Lui, fonte di luce e di verità, ogn'altro vero [2].

Il debito del ringraziare resta in me con molti altri obblighi che tengo a V. S. Illustrissima; perché, se averò investigato qualche proposizion vera, sarà stato frutto de i comandamenti suoi, e i medesimi diranno mia scusa quando non mi succeda il conseguir l'intero d'impresa nuova e tanto difficile.

[2] Sulla gnoseologia galileiana si veda *Il Saggiatore*, p. 778, n. 155.

Circa a quello che ella m'accenna del pensiero dell'Eccellentissimo Sig. Federico Cesi[3] Principe, è ben vero che io mandai a S. E. copia delle due lettere solari, ma non con intenzione che fossero pubblicate con le stampe, ché in tal caso vi arei applicato studio e diligenza maggiore; perché, se ben l'assenso e l'applauso di V. S. sola è da me desiderato e stimato egualmente come di tutto 'l mondo insieme, tuttavia tal indulto mi prometto dalla benignità sua e dalla cortese propensione del suo genio verso me e le cose mie, quale prometter non mi devo dalle scrupolose inquisizioni e severe censure di molti altri. Ed alcune cose mi restano ancora non ben digeste, né determinate a modo mio; delle quali una principale è l'incidenza della macchie sopra luoghi particolari della solar superficie, e non altrove: perché, rappresentandocisi i progressi di tutte le macchie sotto specie di linee rette (argomento necessario, l'asse di tali conversioni esser eretto al piano che passa per i centri del Sole e della Terra, il quale è il solo cerchio dell'eclittica), resta, per mio parere, degno di gran considerazione, onde avvenga che le caschino solamente dentro ad una zona che per larghezza non si allontana più di 29 o 30 gradi di qua e di là dal cerchio massimo di tal conversione, sì che appena delle mille una trasgredisca, e ben di poco, tali confini; imitando in ciò le leggi de i pianeti, alli quali vengono da simili intervalli limitate le digressioni dal cerchio massimo della conversion diurna. Questo e qualche altro rispetto mi fanno ritardar il pubblicar in più diffuso trattato questa materia. Con tutto ciò il Sig. Principe può disporre ed è padrone assoluto delle cose mie; l'esser poi io sicuro del purgatissimo suo giudizio e del zelo che egli ha della reputazion mia, mi assicura, col lasciarle egli vedere, di averle stimate degne della luce.

Quanto ad Apelle, a me ancora dispiace che e' non abbia veduta la mia seconda lettera avanti la pubblicazione della sua Più Accurata Disquisizione, e che la mia ambiguità e pigrizia nello scrivere non abbia potuto tener dietro alla sua

[3] Cfr. le lettere al principe Cesi del 12 e del 26 maggio 1612, (XI, pp. 295, 301).

resoluzione e prontezza: ben è vero che buona causa della dilazione n'è stato l'esser trattenute le mie lettere più d'un mese in Venezia, dalla troppa stima che di esse fece l'Illustrissimo Sig. Gio. Francesco Sagredo, volendo che ne restasse copia in quella città, dove a me pareva d'essere a bastanza onorato da una semplice sua lettura; il che per la moltitudine delle figure ricercò assai tempo. Dispiacemi ancora della difficoltà che apporta ad Apelle l'aver io scritto nella nostra favella fiorentina; il che ho fatto per diversi rispetti, uno de i quali è il non volere in certo modo abusare la ricchezza e perfezion di tal lingua, bastevole a trattare e spiegar e' concetti di tutte le facoltadi; e però dalle nostre Accademie e da tutta la città vien gradito lo scrivere più in questo che in altro idioma[4]. Ma in oltre ci ho auto un altro mio particolar interesse, ed è il non privarmi delle risposte di V. S. in tal lingua, vedute da me e da gli amici miei con molto maggior diletto e meraviglia che se fossero scritte del più purgato stile latino; e parci, nel leggere lettere di locuzione tanto propria, che Firenze estenda i suoi confini, anzi il recinto delle sue mura, sino in Augusta.

Quello che V. S. mi scrive essergli intervenuto nel leggere il mio trattato Delle cose che stanno su l'acqua, cioè che quelli che da principio gli parvero paradossi, in ultimo gli riuscirono conclusioni vere e manifestamente dimostrate[5],

[4] « Io l'ho scritta in volgare, scriveva a P. Gualdo il 16 giugno 1612 (XI, pp. 326 segg.), perché ho bisogno che ogni persona la possi leggere, et per questo medesimo rispetto ho scritto nel medesimo idioma questo mio trattatello (il *Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua*) et la ragione che mi muove è il vedere che, mandandosi per gli Studii indifferentemente i gioveni per farsi medici filosofi etc. sì come molti si applicano a tali professioni essendovi inettissimi, così altri, che sariano atti restano occupati o nelle cure familiari o in altre occupazioni aliene dalla litteratura... et io voglio ch'e' vegghino che la natura sì come gl'ha dati gl'occhi per veder l'opere sue così bene... gli ha dato anco il cervello da poterle intendere e capire ». Questa disponibilità del pensiero scientifico, aperto non ai soli cultori di filosofia, ma ai tecnici di ogni specializzazione, costituisce, con la manifesta dichiarazione di modernità del pensiero galileiano, la testimonianza che egli apprezzava il valore pratico della scienza, e intendeva costantemente affermare il nesso che l'unisce alla tecnica.

[5] Cfr. *Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua*, pp. 411 segg.

sappia che è accaduto qua a molti, reputati per altri lor giudizii persone di gusto perfetto e saldo discorso. Restano solamente in contradizzione alcuni severi difensori di ogni minuzia peripatetica, li quali, per quel che io posso comprendere, educati e nutriti sin dalla prima infanzia de i lor studii in questa opinione, che il filosofare non sia né possa esser altro che un far gran pratica sopra i testi di Aristotele, sì che prontamente ed in gran numero si possino da diversi luoghi raccòrre ed accozzare per le prove di qualunque proposto problema, non vogliono mai sollevar gli occhi da quelle carte, quasi che questo gran libro del mondo non fosse scritto dalla natura per esser letto da altri che da Aristotele, e che gli occhi suoi avessero a vedere per tutta la sua posterità [6]. Questi, che si sottopongono a così strette leggi, mi fanno sovvenire di certi obblighi a i quali tal volta per ischerzo si astringono capricciosi pittori, di voler rappresentare un volto umano o altra figura con l'accozzamento ora de' soli strumenti dell'agricoltura, ora de' frutti solamente o de i fiori di questa o di quella stagione: le quali bizzarrie, sin che vengono proposte per ischerzo, son belle e piacevoli, e mostrano maggior perspicacità in questo artefice che in quello, secondo che egli averà saputo più acconciamente elegger ed applicar questa cosa o quella alla parte imitata; ma se alcuno, per aver forse consumati tutti i suoi studii in simil foggia di dipingnere, volesse poi universalmente concludere, ogni altra maniera d'imitare esser imperfetta e biasimevole, certo che 'l Cigoli e gli altri pittori illustri si riderebbono di lui. Di questi che mi son contrarii di opinione, alcuni hanno scritto ed altri stanno scrivendo; in pubblico

[6] Contro la natura libresca della scienza peripatetica, volta solo a chiosare le affermazioni di Aristotele, Galilei affermò più volte polemicamente la preminenza dello studio diretto della natura come la più genuina fonte del sapere. La lettura del « libro della natura », infatti, non solo non offre possibilità di errori, se condotta secondo rigorosi criteri matematici, ma garantisce l'indipendenza e la libertà della mente dello scienziato da ogni suggestione autoritaria. Potrà essere interessante ricordare che questo motivo, che contrappone la libera ricerca degli studi scientifici al pedissequo studio dei classici, proprio degli studi umanistici, verrà ripreso sia dal positivista H. Spencer, che dal pragmatista J. Dewey.

non si è veduto sin ora altro che due scritture, una di Accademico Incognito, e l'altra di un lettor di lingua greca nello Studio di Pisa, ed amendue le invio con la presente a V. S. Gli amici miei son di parere, ed io da loro non discordo, che non comparendo opposizioni più salde, non sia bisogno di risponder altro; e stimano che per quietar questi che restano ancora inquieti, ogn'altra fatica sarebbe vana, non men che superflua per i già persuasi; ed io devo stimar le mie conclusioni vere e le ragioni valide, poi che, senza perder l'assenso di alcuno di quei che sin da principio sentivano meco, ho guadagnato quel di molti che erano di contrario parere. Però staremo attendendo il resto, e poi si risolverà quello che parrà più a proposito.

Vengo ora all'altra lettera di V. S. Illustrissima, condolendomi sopra modo che la pertinacia della sua infermità conturbi, con l'afflizione di V. S., la quiete di tanti suoi amici e servidori, e di me sopra tutti gli altri, travagliato altresì da più mie indisposizioni familiari, le quali, con l'impedirmi quasi continuamente tutti gli esercizii, mi tengono ricordato quanto, rispetto alla velocità de gli anni, sarebbe necessario lo stare in esercizio continuo a chi volesse lasciar qualche vestigio di esser passato per questo mondo [7]. Or, qualunque si sia il corso della nostra vita, doviamo riceverlo per sommo dono dalla mano di Dio, nella quale era riposto il non ci far nulla; anzi non pur doviamo riceverlo in grado ma infinitamente ringraziar la sua bontà, la quale con tali mezzi ci stacca dal soverchio amore delle cose terrene e ci solleva a quello delle celesti e divine.

Le scuse dell'esser breve nello scrivere sono superflue appresso di me, che sempre sono per appagarmi nell'intender solamente che ella mi continui la sua buona grazia: dovrei ben io scusar la mia prolissità, o, per meglio dire, pregar lei a scusarla, e lo farei quando io dubitassi delle scuse che io mi prometto dalla sua cortesia.

[7] « La mia greve indisposizione continua a travagliarmi tuttavia – aveva scritto il 28 settembre 1612 il Welser – sì che non posso visitar gli amici con spesse e copiose lettere ».

Ricevei con la lettera di V. S. la seconda scrittura del finto Apelle, e mi messi a leggerla con gran curiosità, mosso sì dal nome dell'autore, come dalla qualità del titolo, il quale promette una più accurata disquisizione non solo intorno alle macchie solari, ma ancora intorno a i pianeti Medicei. E perché il termine relativo di « disquisizione più accurata » non può non riferirsi all'altre disquisizioni fatte intorno alla medesima materia, non si può dubitare che ei non abbia riguardo ancora al mio Avviso Sidereo, che pure è in *rerum natura* e non viene eccettuato da Apelle: onde io entrai in speranza d'esser per trovar resoluto tutto quest'argomento, del quale non potei toccarne, in detto mio Avviso, altro che i primi abbozzamenti. Oltre alle cose promesse nel titolo, vi ho trovato l'osservazion di Venere più diffusamente esplicata che nelle prime lettere, e di più alcuni particolari intorno alla Luna: nelle quali tutte materie scorgo molte opinioni di Apelle contrarie alle mie, e varie ragioni e risposte implicite alle cose prodotte da me nella prima lettera che scrissi a V. S.; le quali, per la stima che io fo dell'autore, non conviene che io trapassi o dissimuli, perché, non avendo dinanzi tavola che m'asconda e possa impedirmi la vista di chi passa innanzi e indietro, convien che per termine io gli saluti almeno. E perché tutto il progresso di queste differenze si è sin qui trattato innanzi a V. S. Illustrissima, di nuovo constituendomivi produrrò, più brevemente che potrò, quanto mi occorre in questo proposito. E seguendo l'ordine tenuto da Apelle, considero l'ultimo scopo della sua prima parte, che è di dimostrare come la circolazion di Venere è intorno al Sole, e non in altra guisa; e fonda tutta la sua dimostrazione, come anco fece nella prima scrittura, sopra la congiunzione mattutina di essa stella col Sole, occorsa circa li 11 di Dicembre 1611, aggiugnendoci adesso una investigazione della quantità del suo moto sotto 'l disco solare, raccolta con calcoli e dimostrazioni geometriche. E qui mi nascono due scrupoli: l'uno intorno alla maniera del maneggiare tali demostrazioni, non interamente da sodisfare a perfetto matematico; e l'altro circa l'utilità che apporta tal apparato e progresso all'intenzion primaria dell'autore.

Quanto alla maniera del dimostrare, trapasso che qualche astronomo più scrupoloso di me potrebbe risentirsi nel veder trattar archi di cerchi come se fossero linee rette, sottoponendogli a gli stessi sintomi: ma io non ne voglio tener conto, perché nel caso nostro particolare non cascano in uso archi così grandi, che l'error nel computo riesca poi di soverchio notabile.

Ma ammessa anco per esquisita tutta la dimostrazione di Apelle, io non però posso ancora penetrar interamente quello che egli abbia, in virtù di essa, preteso di ottenere da chi volesse persistere in negare la conversione di Venere intorno al Sole: perché, o gli avversarii ammetteranno per giusti i calcoli del Magini [8], o gli averanno per dubbii e fallaci; se gli hanno per dubbii, la fatica d'Apelle resta come inefficace, non dimostrando ella che Venere veramente venisse alla corporal congiunzione; ma se gli concedono per veri, non era necessario altro computo, bastando la sola differenza de i movimenti del Sole e della stella, insieme con la sua latitudine, presa dall'istesse Efemeridi, a intender come tal congiunzione doveva necessariamente durar tante ore, che molte e molte volte si poteva replicar l'osservazione. Né meno era necessario il far triplicato esame sopra 'l principio mezo e fine del congresso, essendo notissimo che i calcoli sono aggiustati al mezo della congiunzione; li quali quando ammettessero errore, non però verrebbono necessariamente emendati dal referirgli al principio o al fine del congresso, non constando ragion alcuna per la quale s'intenda non esser possibile in un calcolo d'una congiunzione errar di maggior tempo di quello della durazione del congresso. Ma io non credo che i contradittori ricorressero al negar la giustezza de i computi astronomici, e massime avendo refugii più sicuri, quali sono quelli che io proposi nella prima lettera. E sì come a i molto periti nella scienza astronomica bastava l'aver inteso quanto scrive il Copernico nelle sue Revoluzioni per accertarsi del rivolgimento di Venere intorno al Sole e della verità del

[8] Nell'*Accuratior disquisitio*, lo Scheiner aveva citato il Magini, il padre Clavio e Tycho Brahe (V. pp. 41, 47).

resto del suo sistema, così per quelli che intendono solamente sotto la mediocrità faceva di bisogno rimuovere le da me sopradette ritirate; delle quali io non veggo che Apelle abbia toccate se non due, e quelle anco mi par che non restino totalmente atterrate.

Io dissi nella prima lettera, che gli avversarii potrebbono ritirarsi a dire, che Venere o non si vegga sotto 'l Sole per la sua piccolezza, o vero perché sia lucida per sé stessa, o vero perché ella sia sempre superiore al Sole.

Quello che Apelle produce per levar la prima fuga a i contradittori, non basta: perché loro primieramente negheranno che l'ombra di Venere sotto 'l Sole deva apparir così grande come la luce della medesima fuori del Sole ma vicina a quello, perché l'irradiazione ascitizia rappresenta la stella assai maggiore del vero; il che è manifesto nella istessa Venere, la quale quando è sottilmente falcata, ed in conseguenza per pochi gradi separata dal Sole, si mostra in ogni modo, alla vista naturale, rotonda come l'altre stelle, ascondendo la sua figura tra l'irradiazione del suo splendore, per lo che non si può dubitare che ella ci si mostri assai maggiore che se fosse priva di lume; ed all'incontro, costituita sotto 'l lucidissimo disco del Sole, non è dubbio che il suo corpicello tenebroso verrebbe diminuito non poco (dico quanto all'apparenza) dall'ingombramento del fulgor del Sole: e però resta molto fallace il concluder che ella fussi per apparir eguale alle macchie di mediocre grandezza. E chi sa che tali macchie, per doverci apparire nel campo splendido del Sole, non sieno molto maggiori di quello che mostrano? Anzi che pur di ciò può esser ottimo testimonio a sé stesso il medesimo Apelle, riducendosi in mente quello che scrisse nella terza delle prime lettere, al secondo corollario, cioè: « maculas satis magnas esse; alias Sol magnitudine sua illas irradiando penitus absorberet »: e l'istesso conviene affermar del corpo di Venere. Doppiamente, adunque, si può errare nell'agguagliar la grandezza di Venere luminosa a quella delle macchie oscure, poi che quanto questa vien apparentemente diminuita dal vero, mediante lo splendor del Sole, tanto quella vien ingrandita.

Né con maggior efficacia conclude quel che Apelle soggiugne in questo medesimo luogo, per mantenere pur Venere incomparabilmente maggiore di quello che è e che io accennai nella prima lettera: e contro a quello che ci mostra il senso e l'esperienza, in vano si produce l'autorità d'uomini per altro grandissimi, li quali veramente s'ingannarono nell'assegnar il diametro visuale di Venere subdecuplo a quel del Sole; ma sono in parte degni di scusa, ed in parte no. Gli scusa in parte il mancamento del telescopio, venuto ad apportar agumento non piccolo alle scienze astronomiche; ma due particolari lasciano da desiderar qualche cosa nella diligenza loro. Uno è, che bisognava osservar la grandezza di Venere veduta di giorno, e non di notte, quando la capellatura de' suoi raggi la rappresenta dieci o più volte maggiore che 'l giorno, mentre ella ne è priva; ed arebbono facilmente compreso, che 'l diametro del suo piccolissimo globo non agguaglia tal volta la centesima parte del diametro solare. Era, secondariamente, necessario distinguere una costituzione da un'altra, e non indifferentemente pronunziare, il diametro visuale di Venere esser la decima parte di quel del Sole, essendo che tal diametro quando la stella è vicinissima alla Terra è più di sei volte maggiore che quando è lontanissima; la qual differenza se bene non è precisamente osservabile se non col telescopio, è nondimeno assai percettibile anco con la vista semplice. Cessa, dunque, in questo particolare l'autorità de gli astronomi citati da Apelle, sopra la quale egli si appoggia. E quando bene si ammettesse, taluna macchia esser visibile nel disco solare che non agguaglia in lunghezza la centesima parte del diametro né in superficie una delle diecimila parti del cerchio visibile del Sole, non creda per ciò di aver concluso maggiormente l'apparizion di Venere; perché io gli replico, che il suo diametro nella congiunzione mattutina non pareggia la dugentesima, né la sua superficie la quarantamilesima parte, del diametro e del visibil disco del Sole.

Quanto alla seconda fuga de gli avversarii, cioè che non sia necessario che Venere oscuri parte del Sole, potendo ella esser corpo per sé stesso lucido, non resta, per mio parere,

convinta per quello che produce Apelle; perché, quanto alla semplice autorità de gli antichi e moderni filosofi e matematici [9], dico che non ha vigore alcuno in stabilire scienza di veruna conclusione naturale, ed il più che possa operare è l'indurre opinione e inclinazion al creder più questa che quella cosa. Oltre che, io non so quanto sia vero che Platone s'inducesse a por Venere sopra 'l Sole rispetto al non vederla nelle congiunzioni sotto 'l suo disco in vista tenebrosa: so ben che Tolommeo parla in questo proposito molto diversamente da quello che vien allegato da Apelle; e troppo grave errore sarebbe stato nel principe de gli astronomi il negar le congiunzioni dirette di Venere e del Sole. Quello che dice Tolommeo nel principio del libro nono della sua Gran Costruzione [10], mentre e' ricerca qual si deva più probabilmente costituir l'ordine de i pianeti, impugnando la ragion di quelli che mettevano Venere e Mercurio superiori al Sole perché non l'avevano mai veduto oscurar da loro, mostra l'infirmità di questo argomento, dicendo non esser necessario che ogni stella inferiore al Sole gli faccia eclisse, potendo esser sotto 'l Sole, ma non in alcun de' cerchi che passano per il centro di quello e per l'occhio nostro: ma non per questo afferma, ciò accadere a Venere; anzi, soggiugnendo egli l'essempio della Luna, la quale nella maggior parte delle congiunzioni non adombra 'l Sole, mostra chiaramente che e' non ha voluto intender altro di Venere, se non che ella può esser sotto 'l Sole, né però oscurarlo in tutte le congiunzioni, onde possa benissimo esser accaduto, le congiunzioni osservate da quei tali non essere state dall'eclittiche [11]. Molto sicuramente parla il Molto Reverendo P. Clavio, affermando tale ombra restar invisibile a noi per la sua piccolezza; e se bene da i

[9] Insistendo sul motivo già espresso poche pagine più innanzi, che cioè l'unica autorità valida nella scienza è il « libro della natura », Galilei nega valore esclusivo e discriminante alle parole dei singoli scienziati, valendo queste solo come attestazioni personali od opinioni.

[10] La grande opera di Claudio Tolomeo, vissuto intorno al 140 d. C., nota col nome di *Almagesto* era stata chiamata dai Greci *Megalé mathematiké syntaxis*.

[11] Cfr. per il significato di eclittica il *Saggiatore*, p. 610, n. 12.

detti di questi autori par che gl'inclinassero a stimar Venere non splendida per sé stessa, ma tenebrosa, tuttavia tale opinione pura non basta a convincer gli avversarii, a' quali non mancherà il poter produrre opinioni di altri in contrario.

L'altro argomento che Apelle produce, tolto dall'ottenebrazione della Luna nel passar sotto 'l Sole, non può aver vigore s'e' non dimostra prima che 'l mancamento nel Sole si faccia cospicuo sin quando la Luna occupa del suo disco meno di una delle quarantamila parti; altramente la proporzion dalla Luna a Venere non procede. Or quanto ciò sia difficile ad esequirsi, è manifesto ad ogn'uno.

Che Mercurio sia stato da diversi veduto sotto 'l Sole, è non solamente dubbio, ma inclina assai all'incredibile, come nell'altra accennai a V. S.: e quanto al Keplero citato in questo luogo, io non dubito punto che, come d'ingegno perspicacissimo e libero, e amico assai più del vero che delle proprie opinioni, ei sia per restar persuasissimo, tali negrezze vedute nel Sole essere state alcune delle macchie, e le congiunzioni di Mercurio aver solamente porto occasione d'applicarvi in quelle ore più fissa ed accurata considerazione; con la qual diligenza anco in altri tempi si sarieno vedute, sì come frequentemente si sono per vedere per l'innanzi, e già le ho fatte vedere a molti.

Resti per tanto indubitabilmente dimostrata l'oscurità di Venere dalla sola esperienza che io scrissi nella prima lettera, e che ora pone qui Apelle nel terzo luogo, cioè dal vedersi variar in lei le figure al modo della Luna; e siaci, oltre a ciò, per solo fermo e così forte argomento da stabilir la revoluzione di Venere circa 'l Sole, che non lasci luogo alcuno di dubitare: e però si deve reputare degno d'esser da Apelle delineato, come figura principalissima, nella più cospicua e nobil parte della sua tavola, e non in un angolo in guisa di pilastro, per appoggio e sostegno di qualche figura che senz'esso sembrasse a' riguardanti di minacciar rovina.

Ma passo ad alcune considerazioni intorno a quello che Apelle in parte replica ed in parte aggiugne al già scritto in proposito delle macchie solari. Dove in generale mi par

che nelle loro determinazioni e' vadia più presto manco resoluto che avanti non aveva fatto, se ben insieme insieme si mostra desideroso di presentarle più tosto modificate che diversificate, anzi che nel fine afferma, tutte le cose dette nelle prime lettere restar costanti; con tutto ciò vengo in qualche speranza d'averlo a vedere nella terza scrittura d'opinioni intrinsecamente assai conformi alle mie, non dico già in virtù di queste lettere, le quali per la difficoltà della lingua non possono da lui esser vedute, ma perché col pensare verranno ancora a lui in mente quelle osservazioni, quelle ragioni e quelle soluzioni medesime, che hanno persuaso me a scrivere ciò che ho scritto nella prima e nella seconda lettera e che aggiungo nella presente. E già si vede quanti particolari e' mette in questa seconda scrittura, non osservati ancora nella prima. Stimò avanti, le macchie solari essere tutte di figura sferica, dicendo che se le si potessero veder separate dal Sole, ci apparirebbono tante piccole lune, altre falcate, altre in forma di mezzo cerchio, altre di più che mezzo, e forse altre interamente piene: ora con maggior verità scrive, rarissime essere sferiche, e spessissime di figure irregolari. Ha parimente osservato, come rarissime o nessuna mantengono la medesima figura per tutto 'l tempo che restano cospicue, ma stravagantemente si vanno mutando, ed ora crescendo ora scemando; e, quello, che è più, ha veduto come improvisamente altre nascono, altre si dissolvono, anco nel mezo del Sole, e come alcune si dividono in due o più ed, all'incontro, molte si uniscono in una: i quali particolari furon da me toccati nella prima lettera. Stimò già, che le fossero stelle erranti, e situate in diverse lontananze dal Sole, sì che alcune fussero meno ed altre più remote, in guisa che moltissime andassero vagando tra 'l Sole e Mercurio e ancora tra Mercurio e Venere, in debite distanze, facendosi visibili solamente quando s'incontrano col Sole; ma ora non sento raffermar una tanta lontananza, e parmi che e' si contenti di mostrar che le non sono dentro al corpo solare né contigue alla sua superficie, ma fuori, in lontananza solamente di qualche considerazione, come si può ritrarre dalle ragioni che egli usa in dimostrar la sua opinione.

Io facilmente converrei con Apelle in creder che le non sieno nel Sole, cioè immerse dentro alla sua sustanza; ma non affermerei già questo in vigor delle ragioni addotte da esso, nella prima delle quali e' piglia un supposto che senz'altro gli sarà negato da chi volesse difender il contrario: perché non è alcuno così semplice, che volendo sostener le macchie esser immerse dentro alla solar sostanza, e appresso ammetter la loro continua mutabilità di figura di mole di separazione ed accozzamento, conceda insieme il Sole esser duro ed immutabile; ma resolutamente negherà tale assunto e la prova che di esso apporta Apelle, fondata su l'opinione, per suo detto, comune di tutti i filosofi e matematici: né piccola ragione averà di negarla, sì perché l'autorità dell'opinione di mille nelle scienze non val per una scintilla di ragione di un solo, sì perché le presenti osservazioni spogliano d'autorità i decreti de' passati scrittori, i quali se vedute l'avessero, avrebbono diversamente determinato. In oltre, quei medesimi autori che hanno stimato il Sole non esser cedente né mutabile, hanno molto men creduto ch'e' fosse sparso di macchie tenebrose; e però dove fosse forza che l'opinione del non esser macchiato cedesse all'esperienza, indarno si ricorrerebbe per difesa all'opinione della durezza e dell'immutabilità, perché dove cede quella che pareva più salda, molto meno resisteranno le men gagliarde: anzi gli avversarii, acquistando forza, negheranno il Sole esser duro o immutabile, poi che non la semplice opinione, ma l'esperienza glie lo mostra macchiato. E quanto a i matematici, non si sa che alcuno abbia mai trattato della durezza ed immutabilità del corpo solare, né che l'istessa scienza matematica sia bastante a formar dimostrazioni di simili accidenti.

La seconda ragione, fondata sul vedersi alcune macchie più oscure verso la circonferenza del Sole che poi quando sono verso le parti medie, dove par che si vadino rischiarando, non par che stringa l'avversario a doverle por fuori del Sole; sì perché l'esperienza del fatto per lo più, se non sempre, accade in contrario, sì perché la rarefazione e condensazione, accidenti non negati alle macchie, son bastanti per render ragione di tale effetto, e forse non men di quello

che Apelle n'apporta dicendo che l'irradiazione più diretta e più forte, fatta quando la macchia è intorno al mezo del disco che quando è vicina alla circonferenza, produce tal diminuzion di negrezza. [. . .] E però, per mio parere, meglio per avventura sarebbe il dire (qual volta non si volesse ricorrere al più o men denso e raro) che l'istessa macchia appar meno oscura intorno al centro che verso l'estremità, perché qui vien veduta per coltello e quivi per piatto, accadendo in questo l'istesso che in una piastra di vetro, la quale veduta per taglio appare oscura e opaca molto, ma per piano chiara e trasparente; e questo servirebbe per argomento a dimostrar che la larghezza di tali macchie è molto maggior che la loro profondità.

Quello che si soggiugne per provare che le macchie non son lagune o cavernose voragini nel corpo solare, si può liberamente concedere tutto, perché io non credo che alcuno sia per introdur mai una tale opinione per vera. Ma perché né io né, che io sappia, altri ha conteso che le macchie siano immerse nella sustanza del Sole, ma ben ho replicatamente scritto a V. S., e, s'io non m'inganno, necessariamente concluso, che le siano o contigue al Sole o per distanza a noi insensibile separate da quello, è bene che io esamini le ragioni che Apelle produce per argomenti irrefragabili onde la di loro lontananza non piccola dalla solar superficie ci si faccia manifesta.

Prende Apelle la sua ragione dal vedersi le macchie dimorar tempi ineguali sotto la faccia del Sole, e quelle che la traversano per la linea massima, passando per lo centro, dimorar più che quelle che passano per linee remote dal centro; e ne adduce l'osservazion di due, l'una delle quali dimorò giorni 16 nel diametro, e l'altra, passando alquanto lontana dal centro, scorse la sua linea in giorni 14. Or qui vorrei trovar parole di poter senza offesa di Apelle, il quale io intendo di onorar sempre, negare tale esperienza; perché, avendo io circa questo particolare fatte molte e molte diligentissime osservazioni, non ho trovato incontro alcuno onde si possa concluder altro, se non che le macchie tutte indifferentemente dimorano sotto 'l solar disco tempi eguali, che

al mio giudizio sono qualche cosa più di giorni 14: e questo affermo tanto più resolutamente, quanto che sarà per avanti in potestà di ciascheduno il farne senza incomodo mille e mille osservazioni [12]. E quanto alla particolare esperienza che Apelle ci propone, v'ho qualche scrupolo, per aver egli eletto nella prima osservazione non il transito di una macchia sola, ma di un drappello assai numeroso, e di macchie che molto si andarono variando di posizione tra di loro; dalle quali cose ne conséguita che tale osservazione, come soggetta a molte accidentarie alterazioni, non sia a bastanza sicura per determinare essa sola una tanta conclusione. Anzi gl'irregolari movimenti particolari di esse macchie rendono le osservazioni soggette a tali alterazioni, che non è da prender resoluzione se non dalla conferenza di molti e molti particolari: il che ho fatto sopra la moltitudine di più di 100 disegni grandi ed esatti, ed ho incontrate bene alcune piccole differenze di tempi ne i passaggi, ma ho anco trovato alternatamente esser non meno talor più tarde le macchie de' cerchi più vicini al centro del disco, che altra volta quelle de' più remoti.

Ma quando anco non ci fosse in pronto di poter far incontri sopra i disegni già fatti e sopra quelli che si faranno, parmi ad ogni modo di poter dalle cose stesse proposte ed ammesse da Apelle ritrar certa contradizione, per la quale molto ragionevolmente si possa dubitare circa la verità dell'addotta osservazione ed, in consequenza, della conclusione che indi si deduce. Imperò che io prima considero, che dovendo egli valersi della disegualità de' tempi de' passaggi delle macchie come di argomento necessariamente concludente la notabil lontananza loro dalla superficie del Sole, è forza che e' supponga, quelle essere in una sola sfera che di un moto comune a tutte si vada volgendo; perché se e' volesse che ciascuna avesse suo moto particolare, niente da ciò si potrebbe raccòrre che concernesse alla prova della

[12] La regolare apparizione delle macchie sulla superficie solare, viene giustamente attribuita da Galilei al movimento rotatorio del sole intorno al proprio asse.

remozion loro dal Sole, perché si potria sempre dire che la maggior o la minor dimora di queste o di quelle nascesse non dalla distanza della lor sfera dal Sole, ma dalla vera e reale disegualità de' loro proprii moti.

E perché, come ho detto ancora, questo è punto principalissimo in questa materia, e la differenza tra Apelle e me è grande (poi che le conversioni delle macchie a me paiono tutte eguali, e traversare il disco solare in giorni 14 e mezzo in circa, e ad esso tanto ineguali, che alcuna consumi in tal passaggio giorni 16 o più, ed altra 9 solamente), parmi che sia molto necessario il tornar con replicato esame a ricercar l'esatto di questo particolare; ricordandoci che la natura, sorda ed inesorabile a' nostri preghi, non è per alterare o per mutare il corso de' suoi effetti, e che quelle cose che noi procuriamo adesso d'investigare e poi persuadere a gli altri, non sono state solamente una volta e poi mancate, ma seguitano e seguiteranno gran tempo il loro stile, sì che da molti e molti saranno vedute ed osservate [13]; il che ci deve esser gran freno per renderci tanto più circospetti nel pronunziare le nostre proposizioni, e nel guardarci che qualche affetto, o verso noi stessi o verso altri, non ci faccia punto piegare dalla mira della pura verità.

Io spero che da quanto sin qui ho detto Apelle doverà restar satisfatto, e massime aggiugnendovi quello che ho scritto nella seconda lettera; e crederò ch'e' non sia per metter difficoltà non solo nella massima vicinanza delle macchie al globo solare ma né anco nella di lui revoluzione in sé medesimo. In confirmazion di che, posso aggiugnere alle ragioni che scrissi nella seconda lettera a V. S., che nella medesima faccia del Sole, si veggono tal volta alcune piazzette più chiare del resto, nelle quali, con diligenza osservate, si vede il medesimo movimento che nelle macchie; e che

[13] L'*inesorabilità* dei processi naturali è condizione indispensabile perché sia possibile allo scienziato fissare in modo sicuro le norme che presiedono alle sue vicende, e corrisponde all'*inesorabilità* del ragionamento matematico che solo può interpretare la natura. Questa è la regola fondamentale del naturalismo meccanicistico, cui Galilei, come altri fondatori della scienza moderna, si ispira.

queste sieno nell'istessa superficie del Sole, non credo che possa restar dubbio ad alcuno, non essendo in verun modo credibile che si trovi fuor del Sole sustanza alcuna più di lui risplendente: e se questo è, non mi par che rimanga luogo di poter dubitare del rivolgimento del globo solare in sé medesimo. E tale è la connession de' veri, che di qua poi corrispondentemente ne séguita la contiguità delle macchie alla superficie del Sole, e l'esser dalla sua conversione menate in volta; non apparendo veruna probabil ragione, come esse (quando fossero per molto spazio separate dal Sole) dovessero seguitare il di lui rivolgimento.

Restami ora il considerare alcune consequenze che Apelle va deducendo dalle cose disputate: la somma delle quali par che tenda al sostentamento di quel ch'egli si trova avere stabilito nelle sue prime lettere, cioè che tali macchie in fine altro non sieno che stelle vaganti intorno al Sole; perché non solamente e' torna a nominarle stelle solari, ma va accomodando alcune convenienze e requisiti tra esse e l'altre stelle, acciò resti tolta ogni discrepanza e ragione di segregarle dalle vere stelle. Per tal rispetto, ed anco per applauder alle mie montuosità lunari (del quale affetto io gli rendo grazie), dice che tal mia opinione non è improbabile, scorgendosi anco l'istesso nella maggior parte di queste macchie; ragione, in vero, che congiunta con le altre dimostrazioni ch'io produco, doverà quietare ogn'uno.

Che il parer di quelli che pongono abitatori in Giove, in Venere, in Saturno e nella Luna sia falso e dannando, intendendo però per abitatori gli animali nostrali e sopra tutto gli uomini, io non solo concorro con Apelle in reputarlo tale, ma credo di poterlo con ragioni necessarie dimostrare. Se poi si possa probabilmente stimare, nella Luna o in altro pianeta esser viventi e vegetabili diversi non solo da i terrestri, ma lontanissimi da ogni nostra immaginazione, io per me né lo affermerò né lo negherò, ma lascerò che più di me sapienti determinino sopra ciò, e seguiterò le loro determinazioni; sicuro che sieno per esser meglio fondate della ragione addotta da Apelle in questo luogo, cioè che sarebbe assurdo il mettergli in tanti corpi, quasi che il porre animali,

per essempio, nella Luna non si potesse far senza porgli anco nelle macchie solari. Né anco ben capisco l'illazione che fa Apelle, del doversi conceder qualche lume reflesso alla Terra, persuadendone ciò le macchie solari: anzi, perché la loro reflessione non è molto cospicua, e quello che in esse scorgiamo non può esser altro che lume refratto, se nulla convenisse dedur da tale accidente, sarebbe più presto che la Terra fosse di sostanza trasparente e permeabile dal lume del Sole; il che poi non appar vero. Non però dico che la Terra non lo refletta; anzi per molte ragioni ed esperienze son sicurissimo ch'ella non meno s'illustra di qualunque altra stella, e che con la sua reflessione luce assai maggiore rende alla Luna di quella che da lei riceve.

Ma poi che Apelle si rende così difficile a conceder questa così potente reflessione di lume fatta dal globo terrestre, e così facile ad ammettere il corpo lunare traspicuo e penetrabile da i raggi solari, come in questo luogo ed ancor più apertamente replica verso il fine di questi discorsi, voglio produrre una o due delle molte ragioni che mi persuadono quella conclusione per vera e questa per falsa; le quali, per avventura risolute con qualche occasione da Apelle, potrebbono farmi cangiar opinione. Non tacerò intanto che io fortemente dubito, che questo comun concetto, che la Terra, come opachissima oscura ed aspra che l'è, sia inabile a reflettere il lume del Sole, sì come all'incontro molto lo reflette la Luna e gli altri pianeti, sia invalso tra 'l popolo perché non ci avvien mai il poterla vedere da qualche luogo tenebroso e lontano nel tempo che il Sole la illumina, come, per l'opposito, frequentemente vediamo la Luna, quando ed ella si trova nel campo oscuro del cielo, e noi siamo ingombrati dalle tenebre notturne; ed accadendoci, dopo aver non senza qualche meraviglia fissati gli occhi nello splendor della Luna e delle stelle, abbassargli in Terra, restiamo dalla sua oscurità in certo modo attristati, e di lei formiamo una tale apprensione, come di cosa repugnante per sua natura ad ogni lucidezza; non considerando più oltre, come nulla rileva al ricevere e reflettere il lume del Sole, la densità oscurità ed asprezza della materia, e che l'illuminare è dote e virtù

del Sole, non bisognosa d'eccellenza veruna ne i corpi che devono essere illuminati, anzi più presto sendo necessario il levargli certe condizioni più nobili, come la trasparenza della sustanza e la lisciezza della superficie, facendo quella opaca e questa ruvida e scabrosa: ed io son molto ben sicuro, contro alla comune opinione, che quando la Luna fosse polita e tersa come uno specchio, ella non solamente non ci refletterebbe, come fa, il lume del Sole, ma ci resterebbe assolutamente invisibile, come se la non fosse al mondo; il che a suo luogo con chiare dimostrazioni farò manifesto.

Ma per non traviare dal particolare che ora tratto, dico che facilmente m'induco a credere, che se già mai non ci fosse occorso il veder la Luna di notte, ma solamente di giorno, avremmo di lei fatto il medesimo concetto e giudizio che della Terra: perché, se porremo cura alla Luna il giorno, quando tal volta, sendo più che 'l quarto illuminata, ella s'imbatte a trovarsi tra le rotture di qualche nugola bianca o vero incontro a qualche sommità di torre o altro muro di color mezzanamente chiaro, quando rettamente sono illustrati dal Sole, sì che della chiarezza di quelli si possa far parallelo col lume della Luna, certo si troverà la lor lucidezza non esser inferiore a quella della Luna; onde se loro ancora potessero mantenersi così illustrati sin alle tenebre della notte, lucidi ci si mostrerieno non meno della Luna, né men di quella illuminerebbono i luoghi a loro circonvicini, sin a tanta distanza da quanta la lor grandezza non apparisse minor della faccia lunare; ma le medesime nugole e l'istesse muraglie, spogliate de' raggi del Sole, rimangono poi la notte, non men della Terra, tenebrose e nere. Di più, gran sicurezza doveremo noi pur prender dall'efficace reflession della Terra dal veder quanto lume si sparga in una stanza priva d'ogn'altra luce, e solo illuminata dalla reflession di qualche muro oppostogli e tocco dal Sole, ancor che tal reflessione passi per un foro così angusto, che dal luogo dove ella vien ricevuta non apparisca il suo diametro sottendere ad angolo maggiore che 'l visual diametro della Luna; nulla di meno tal luce secondaria è così potente, che, ripercossa e rimandata dalla prima in una seconda stanza, sarà ancor tanta che non

punto cederà alla prima reflessione della Luna: di che si ha chiara e facile esperienza dal veder che più agevolmente leggeremo un libro con la seconda reflession del muro, che con la prima della Luna. Aggiungo finalmente, che pochi saranno quelli a' quali, scorgendo di notte da lontano qualche fiamma sopra d'un monte, non sia accaduto star in dubbio, se fosse un fuoco o una stella radente l'orizonte, non ci apparendo il lume della stella superiore a quel d'una fiamma; dal che ben si può credere che se la Terra fosse tutta ardente e piena di fiamme, veduta dalla parte tenebrosa della Luna, si mostrerebbe non men lucida d'una stella: ma ogni sasso ed ogni zolla percossa dal Sole è assai più lucida che se ardesse; il che si conoscerà facilmente, accostando una candela accesa appresso una pietra o un legno direttamente ferito dal raggio solare, al cui paragone la fiamma resta invisibile: adunque la Terra, percossa dal Sole, veduta dalla parte tenebrosa della Luna, si mostrerà lucida come ogn'altra stella; e tanto maggior lume refletterà nella Luna, quanto ella vi si dimostra di smisurata grandezza, cioè di superficie circa 12 volte maggiore di quello che la Luna apparisce a noi; oltre che, trovandosi la Terra nel novilunio più vicina al Sole che la Luna nel plenilunio, e però sendo più gagliardamente, cioè più d'appresso, illuminata quella che questa, più gagliardamente, in consequenza refletterà il lume la Terra verso la Luna, che la Luna verso la Terra.

Per queste e per molte altre ragioni ed esperienze, che per brevità tralascio, dovrebbe, per mio credere, stimarsi la la reflession della Terra bastante alla secondaria illuminazion della Luna, senza bisogno d'introdurvi alcuna perspicuità, e massime perspicuità in quel grado che da Apelle ci viene assegnata, nella quale mi par di scorgere alcune inesplicabili contradizioni. Egli scrive, la trasparenza del corpo lunare esser tanta, che ne gli eclissi del Sole, mentre di lui una parte era ricoperta dalla Luna, si scorgeva sensibilmente per la di lei profondità tralucer il disco del Sole, notabilmente dintornato e distinto. Ora io noto, che una semplice nugola, e non delle più dense, interponendosi tra il Sole e noi, talmente ce l'asconde, che indarno cercheremo di appo-

stare a molti gradi il luogo dove ei si ritrova nel Cielo, non che potessimo vedere il suo perimetro distinto e terminato; e molto frequentemente si vedrà il Sole mezo coperto da una nugola, senza che appaia né anco accennato un minimo vestigio della circonferenza della parte celata; e pure siamo sicuri che la grossezza di tal nugola non sarà molte decine o al più centinaia di braccia: ed oltre a ciò, se tal volta, essendo sul giogo di qualche montagna, c'imbattiamo a passar per una tal nugola, non la troviamo esser tanto densa e opaca, che almeno per alcune poche braccia non dia il transito alla nostra vista; il che non farebbe per avventura altrettanta grossezza di vetro o di cristallo: onde per necessaria consequenza si raccoglie, se è vero quanto Apelle scrive, che la trasparenza della Luna sia infinitamente maggiore che quella d'una nugola, poi che molto meno impediscono il passaggio de' raggi solari duemila miglia di profondità della sustanza lunare, che poche braccia di grossezza d'una nugola; sarà, dunque, la sustanza lunare assai più trasparente del vetro o del cristallo: la qual cosa poi per altri rispetti si convince d'impossibilità. Perché, primieramente da un diafano nel quale tanto si profondassero i raggi solari, niuna o pochissima reflessione si farebbe; dove che, all'incontro, grandissima si fa dalla Luna. Secondariamente, il termine che distinguesse la parte illuminata della Luna dalla parte non tocca da i raggi diretti del Sole sarebbe nullo o indistintissimo, come si può vedere in una gran palla di vetro piena d'acqua, ben che torbida, o d'altro liquore non interamente trasparente (ché se fosse acqua limpida, tal termine non si vedrebbe punto). Terzo, essendo tanto trasparente la sustanza lunare, che in grossezza di duemila miglia desse il transito al lume del Sole, non si può dubitare che una grossezza della medesima materia che non fosse più di una delle dugento o trecento parti, sarebbe in tutto trasparentissima; al che totalmente repugnano le montuosità lunari, le quali tutte, ben che molte di loro si vegghino assai sottili e strette, oscurano d'ombre nerissime le parti circonvicine e basse, come in luoghi innumerabili si scorge, e massime nel confine tra l'illuminato e l'oscuro, dove taglientissimamente e cruda-

mente, quanto più imaginar si possa, i lumi conterminano con le ombre; il quale accidente in verun modo non può aver luogo se non in materie simili in asprezza ed opacità alle nostre più alpestri montagne. Finalmente, quando lo splendor del Sole penetrasse tutta la corpulenza della Luna, la chiarezza dell'emisfero non tocco da i raggi dovria mostrarsi sempre l'istessa né mai diminuirsi, poi che sempre è nell'istesso modo illuminata la metà della Luna: o se pur diversità alcuna veder vi si dovesse, dovrebbesi nel novilunio veder la parte di mezzo più oscura del resto, essendo quivi maggior la profondità della materia da esser penetrata; e nelle quadrature maggior chiarezza dovria esser vicino al confin della luce, e minor nella parte più remota. Le quali cose, e molte altre che per brevità trapasso, rendono discordissima tal ipotesi dall'apparenze; dove che l'assunto dell'opacità e dell'asprezza della Luna, e la reflessione del lume del Sole nella Terra, ipotesi tutte e vere e sensate, con mirabil facilità e pienezza satisfanno ad ogni particolar problema. Ma di ciò più diffusamente tratto in altra occasione.

E tornando a i particolari d'Apelle, sento nascermi qualche poco d'inclinazione a dubitar ch'egli, trasportato dal desiderio di mantenere il suo primo detto, né potendo puntualmente accomodar le macchie a gli accidenti per l'addietro creduti convenirsi all'altre stelle, accomodi le stelle a gli accidenti che veggiamo convenirsi alle macchie: il che assai manifesto par che si scorga in due altri gran particolari ch'egli introduce [14]. L'uno de' quali è, che probabilmente si possa dire, anco le altre stelle esser di varie figure ed apparir rotonde mediante il lume e la distanza, come accade nella fiamma della candela (e ci si potria aggiugnere, in Venere cornicolata): e in vero tale asserzione non si potrebbe convincer di manifesta falsità, se il telescopio, col mostrarci la

[14] Come già Aristotele, che volle « accomodar la architettura alla fabbrica e non costruire la fabrica conforme a i precetti dell'architettura » (*Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, vol. II, p. 31), anche Scheiner cerca di accordare l'ordinamento degli astri con i particolari e tentare così un travisamento dei dati della realtà, anziché ritrovare attraverso l'esame dei particolari la spiegazione dei fenomeni.

figura di tutte le stelle, così fisse come erranti, di assoluta rotondità, non decidesse tal dubbio. L'altro particolare è, che non si potendo negare che le macchie si produchino e si dissolvino, per non le sequestrar per tale accidente dall'altre stelle, non dubita d'affermare che anco le altre stelle si vadino disfacendo e redintegrando; ed in particolare reputa per tali quelle ch'io ho osservato muoversi intorno a Giove, delle quali torna a replicare il medesimo che scrisse nelle prime lettere, raffermandolo come fondatamente detto, cioè che, al modo stesso dell'ombre solari, altre repentinamente appariscono ed altre svaniscono, sì che, pur come quelle, altre sempre ad altre succedono, senza mai ritornar le medesime: né picciolo argomento cava in confirmazion di ciò dalla difficoltà e forse impossibilità, come egli stima, del cavare i loro periodi ordinati dalle osservazioni, delle quali egli afferma averne molte ed esatte, e sue proprie e di altri. Or qui desidererei bene che Apelle non continuasse di reputarmi per uomo così vano e leggiero, che non solo i' avessi palesate ed offerte al mondo macchie ed ombre per istelle, ma, quello che più importa, avessi dedicato alla gloria di sì gran Principe qual è il Serenissimo Gran Duca mio Signore, ed all'eternità di casa tanto regia, cose momentanee instabili e transitorie. Replicogli per tanto, che i quattro pianeti Medicei sono stelle vere e reali, permanenti e perpetue come l'altre, né si perdono o ascondono se non quando si congiungono tra loro o con Giove, o si oscurano tal volta per poche ore nell'ombra di quello, come la Luna in quella della Terra: hanno i lor moti regolatissimi ed i lor periodi certi, li quali se egli non ha potuto investigare, forse non vi si è affaticato quanto me, che dopo molte vigilie pur li guadagnai, e già gli ho palesati con le stampe nel proemio del mio trattato *Delle cose che stanno su l'acqua o che in quella si muovono*, come V. S. arà potuto vedere; ed acciò che Apelle possa tanto maggiormente deporre ogni dubbio, io mando a V. S. le costituzioni future per due mesi, cominciando dal dì primo di Marzo 1613, con le annotazioni de i progressi e mutazioni che d'ora in ora son per fare, le quali egli potrà andar incontrando, e troveralle rispondere esattamente, se già non mi

sarà per inavvertenza occorso qualche errore nel calcolarle. Desidero appresso, che con nuova diligenza torni ad osservarne il numero che troverà non esser più di 4: e quella quinta che e' nomina, fu senz'altro una fissa, e le conietture dalle quali e' si lasciò sollevare a stimarla errante, ebbero per lor fondamento varie fallacie; conciosia cosa che le sue osservazioni, primieramente, sono errate bene spesso, come io veggo da' suoi disegni, perché lasciano qualche stella che in quelle ore fu cospicua; secondariamente, gl'interstizii tra di loro e rispetto a Giove sono errati quasi tutti, per mancamento, com'io credo, di modo e di strumento da potergli misurare; terzo, vi sono grandi errori nella permutazione delle stelle, scambiandole il più delle volte l'una dall'altra e confondendo le superiori con l'inferiori, senza riconoscerle di sera in sera; le quali cose gli sono state causa dell'inganno.

Ma più: qual inconstanza è questa d'Apelle a voler, per provare una sua fantasia, suppor in questo luogo che le stelle notate nelle sue osservazioni e contrassegnate con i medesimi caratteri si conservino le medesime; dicendo poi poco più a basso, creder fermamente che le si vadino continuamente producendo e successivamente dissolvendo, senza ritornar mai l'istesse? E se questo è, qual cosa vuol egli, o può, raccòr da questi suoi discorsi?

All'altra ragione che Apelle adduce pur in confirmazione della vera esistenza del suo quinto pianeta Gioviale, non mi permettendo la fede e l'autorità, ch'ei tiene appresso di me, ch'io metta dubbio all'*an sit*, non posso dir altro se non che io non son capace, come possa accadere che una stella, veduta col telescopio di mole e splendore pari ad una della prima grandezza, possa in manco di 10 giorni, e, quel che più mi confonde, senza muoversi più d'un quarto o di un ottavo di grado, anzi, per più ver dire, senza punto mutar luogo, possa, dico, diminuirsi in maniera, che anco del tutto si perda. Non so che simil portento sia mai stato veduto in cielo, fuori che le due, nominate *Stelle Nuove*, del 72 in Cassiopea, e del 604 nel Serpentario: e se questa fu una tal cosa, o tanto inferior di condizione quanto men lucida

e più fugace, provido fu il consiglio di Apelle nel procurargli durazion e lume dall'Illustrissima casa Velsera.

Non son dunque le Gioviali, né l'altre stelle, macchie ed ombre, né l'ombre e macchie solari sono stelle. Ben è vero ch'io metto così poca difficoltà sopra i nomi, anzi pur so ch'è in arbitrio di ciascuno l'imporgli, a modo suo, che, tuttavolta che col nome altri non credesse di conferirgli le condizioni intrinseche ed essenziali, poco caso farei del nominarle stelle: in quella guisa che stelle si dissero le soprannominate del 72 e del 604; stelle nominano i meteorologici le crinite, le cadenti e le discorrenti per aria, ed essendo in fin permesso a gli amanti ed a' poeti chiamare stelle gli occhi delle lor donne,

> Quando si vidde il successor d'Astolfo
> sopra apparir quelle ridenti stelle [15].

Con simile ragione potransi chiamare stelle anco le macchie solari; ma essenzialmente averanno condizioni differenti non poco dalle prime stelle: avvenga che le vere stelle ci si mostrano sempre di una sola figura, ed è la regolarissima fra tutte; e le macchie, d'infinite, ed irregolarissime tutte: quelle, consistenti né mai mutatesi di grandezza o di forma; e queste, instabili sempre e mutabili: quelle, l'istesse sempre, e di permanenza che supera le memorie di tutti i secoli decorsi; queste, generabili e dissolubili dall'uno all'altro giorno: quelle, non mai visibili, se non piene di luce; queste, oscure sempre, e splendide non mai: quelle, o in tutto immobili, o mobili ogn'una per sé, di moti proprii, regolari e tra di loro differentissimi; queste, mobili di un moto solo, comune a tutte, regolare solamente in universale, ma da infinite particolari disagguaglianze alterato: quelle, costituite tutte in particolare in diverse lontananze dal Sole; e queste, tutte contigue, o insensibilmente remote dalla sua superficie: quelle, non mai visibili se non quando sono assai separate dal Sole; queste, non mai vedute se non congiuntegli: quelle, di materia pro-

[15] L. Ariosto, *Orlando furioso*, VII, 27, 1-2. Nella lettera del 25 gennaio 1613, Galilei aveva richiesto la soppressione dei due versi (XI, p. 467).

babilissimamente densa ed opacissima; queste, rare a guisa di nebbia o fumo. Ora io non so per qual ragione le macchie si devino ascrivere tra quelle cose con le quali non hanno pure una particolar convenienza che non ve l'abbino ancora cento altre che stelle non sono, più presto che tra quelle con le quali mostrano di convenire in ogni particolare. Io le agguagliai alle nostre nugole o a fumi; e certo chi volesse con alcuna delle nostre materie imitarle, non credo che facilmente si trovasse più aggiustata imitazione, che 'l porre sopra una rovente piastra di ferro alcune piccole stille di qualche bitume di difficil combustione, il quale sul ferro imprimerebbe una macchia nera, dalla quale, come da sua radice, si eleverebbe un fumo oscuro, che in figure stravaganti e mutabili si anderebbe spargendo. E se alcuno pur volesse opinabilmente stimare, che alla restaurazione dell'immensa luce che da sì gran lampada continuamente si diffonde per l'espansion del mondo, facesse di mestiere che continuamente fusse somministrato pabulo e nutrimento, ben averebbe non una sola, ma 100 e tutte l'esperienze concordemente favorevoli, nelle quali vediamo tutte le materie, fatte prossime all'incendersi e convertirsi in luce, ridursi prima ad un color nero ed oscuro; e così vediamo ne' legni, nella paglia, nella carta, nelle candele, ed in somma in tutte le cose ardenti, esser la fiamma impiantata e sorgente dalle contigue parti di tali materie, prima convertite in color nero. E più direi, che forse più accuratamente osservando le sopranominate piazzette, lucide più del resto del disco solare, si potrebbe ritrovare, quelle esser i luoghi medesimi dove poco avanti si fossero dissolute alcune delle macchie più grandi. Io però non intendo di asserire alcuna di queste cose per certa, né di obbligarmi a sostenerla, non mi piacendo di mescolar le cose dubbie tra le certe e resolute.

Di qua dall'Alpi va attorno, come intendo tra non piccol numero de i filosofi peripatetici a i quali non grava il filosofare per desiderio del vero e delle sue cause (perché altri che indifferentemente negano tutte queste novità e se ne burlano, stimandole illusioni, è ormai tempo che ci burliamo di loro, e che essi restino invisibili ed inaudibili insieme), va attorno, dico, per difender l'inalterabilità del cielo [16] (la quale forse Aristotele medesimo in questo secolo abbandonerebbe) [17], una opinione conforme a questa d'Apelle, e solamente diversa, che dove egli pone per ciascuna macchia una stella sola, questi fanno le macchie congerie di molte minutissime, le quali con loro differenti movimenti aggregandosi, or in maggior copia, ora in minore, e quindi separandosi, formino e maggiori e minori macchie, e di sregolate e diversissime figure. Io, già che ho passato il segno della brevità con V. S., sì che ella è per leggere in più volte la presente lettera, mi prenderò libertà di toccare qualche particolare sopra questo punto.

Nel quale il primo concetto che mi viene in mente è, che i seguaci di questa opinione non abbino auto occasione di far molte e molto diligenti e continuate osservazioni; perché mi persuado che alcune difficoltà gli averebbono resi non poco dubbii e perplessi nell'accomodare una tal posizione alle apparenze. Perché, se bene è vero in genere che molti oggetti, ben che per la lor piccolezza o lontananza invisibili ciascuno per sé solo, uniti insieme possono formare un aggregato che divenga percettibile alla nostra vista, tuttavia non è da fermarsi su questa generalità, ma bisogna che discendiamo a i particolari proprii delle stelle ed a quelli che si osservano nelle macchie, e che diligentemente andiamo esaminando, con qual concordia questi e quelli possino mischiarsi e convenire insieme; e per non far come quel castellano che, sendo con piccol numero di soldati alla difesa d'una fortezza, per soccorrer quella parte che vede assalita vi accorre con tutte le forze, lasciando intanto altri luoghi indifesi ed aperti, conviene che, mentre ci sforziamo di difender l'immutabilità

[16] Il movimento e il divenire non sono ritenuti da Galilei segni d'imperfezione, causa di rovina dell'essere: ciò rivela in modo chiaro la sua indipendenza sia dalla concezione aristotelica, come da quella platonica della realtà.

[17] « E quando Aristotele vedesse le novità scoperte novamente in cielo, dove egli affermò quello essere inalterabile et immutabile, perché niuna alterazione vi si era sino allora veduta, indubitatamente egli, mutando opinione, direbbe ora il contrario » (lettera al Liceti del 1640, pp. 975-76).

del cielo, non ci scordiamo de i pericoli a i quali per avventura potriano restar esposte altre proposizioni, pur necessarie alla conservazione della filosofia peripatetica. E però, se questa deve restare nella sua integrità e saldezza, conviene che, per mantenimento d'altre sue proposizioni, diciamo primieramente, delle stelle altre esser fisse, altre erranti: chiamando fisse quelle che, sendo tutte in un medesimo cielo, al moto di quello si muovono tutte, restando intanto immobili tra di loro; ma erranti, quelle che hanno ogn'una per sé movimento proprio: affermando di più, che le conversioni non meno di queste che di quelle sono ciascheduna equabile in sé medesima, non convenendo dare alle lor motrici intelligenze briga di affaticarsi or più or meno, che saria condizione troppo repugnante alla nobiltà ed alla inalterabilità loro e delle sfere. Stanti queste proposizioni, non si può, primieramente, dire che tali stelle solari sien fisse; perché, quando non si mutassero tra di loro, impossibil sarebbe vedere le mutazioni continue che pur si scorgono nelle macchie, ma sempre vedremo ritornar le medesime configurazioni. Resta, dunque, che le siano mobili, ciascheduna per sé, di movimenti diseguali fra di loro, ma ben ciascuno equabile in sé medesimo: ed in tal guisa potrà seguire l'accozzamento e la separazione di alcune di loro, ma non però potranno mai formar le macchie; il che intenderemo considerando alcuni particolari che nelle macchie si scorgono. Uno de' quali è, che vedendosene alcune molto grandi prodursi e dissolversi, è forza che le siano composte non di due o di quattro stelle solamente, ma di 50 e 100, perché altre macchiette pur si veggono, minori della cinquantesima parte d'una delle grandi; se, dunque, una di queste si dissolve, sì che totalmente svanisce da gli occhi nostri, è necessario che la si divida in più di 50 stellette, ciascheduna delle quali ha il suo proprio e particolar moto, equabile e differente da quello d'ogn'altra, perché due che avessero il moto comune non si congiugnerebbono o non si separerebbono già mai in faccia del Sole: ma se queste cose son vere, chi non vede essere assolutamente impossibile la formazione delle macchie? e massime durando esse non solamente molte ore, ma molti

giorni; sì come è impossibile che cinquanta barche, movendosi tutte con velocità differenti, si unischino già mai, e per lungo spazio vadino di conserva. Quando le stellette fussero disunite, e però invisibili, non potriano essere se non per lunghi ordini disposte, l'una dopo l'altra, secondo la lunghezza de' lor paralleli, ne i quali (sì come nelle visibili macchie si scorge) tutte verso la medesima parte si vanno movendo; onde *tantum abest* che 40 o 50 o 100 di loro potessero tanto frequentemente aggregarsi e così unite per lungo spazio conservarsi, che per l'opposito rarissime volte accader potrebbe che, tra movimenti diseguali, cadesse sì numeroso concorso di stelle in un sol luogo: ma assolutamente poi sarebbe impossibile che e' non si dissolvesse in brevissimo tempo; e pur, all'incontro, si veggono molte macchie conservarsi talora per molti giorni, con poca alterazion di figura. Chi, dunque, vorrà sostener, le macchie esser congerie di minute stelle, bisogna che introduca nel cielo ed in esse stelle movimenti innumerabili, tumultuarii, difformi e lontani da ogni regolarità; il che non ben consuona con alcuna probabil filosofia. Sarà, di più, necessario porle più numerose di tutte l'altre visibili stelle: perché, se noi riguarderemo la moltitudine e grandezza di tutte le macchie che tal volta si son vedute sotto l'emisferio del Sole, e quelle andremo risolvendo in particelle così piccole che divenghino incospicue, troveremo bisognar che necessariamente le siano molte centinaia; ed essendo, di più, credibile che altre ne siano non solamente sopra l'altro emisferio, ma dalle bande ancora del Sole, non si potrà ragionevolmente sfuggire di dover porle oltre al migliaio. Or qual simmetria si andrà conservando tra le lontananze delle stelle erranti ed i tempi delle lor conversioni, se discendendo dall'immenso cerchio di Saturno sin all'angustissimo di Mercurio non s'incontrano più di 10 o 12 stelle né più di 6 conversioni di periodi differenti intorno al Sole, dovendone poi collocar centinaia e migliaia dentro a così piccolo orbe? ché pur saria necessario racchiuderle dentro alle digressioni di Mercurio, poi che già mai non si rendono visibili in aspetto lucido e separate dal Sole. Ma che dico io di racchiuderle dentro all'orbe di Mercurio?

diciamo pure, che essendosi necessariamente dimostrato, le macchie esser tutte contigue o insensibilmente remote dalla superficie del Sole, bisogna, a chi le vuol far creder congerie di minute stelle, trovar prima modo di persuadere che sopra la solar superficie molte e molte centinaia di globi oscuri e densi vadino serpendo con differenti velocitadi, e spesso urtandosi e tra di loro facendosi ostacolo, onde le scorse de' più veloci restino per alcuni giorni impedite da i più pigri; sì che dal concorso di gran moltitudine si formino in molti luoghi varii drappelli, di ampiezza a noi visibile, sin tanto che la calca della sopravvegnente moltitudine, sforzando finalmente i precedenti, si faccia strada e si disperda il gregge.

A grandi angustie bisogna ridursi: e poi, per sostener che? e con quale efficacia dimostrato? Per mantenere la materia celeste aliena dalle condizioni elementari, insino da ogni picciola alterazioncella. Se quella che vien chiamata corruzzione fosse annichilazione, averebbono i Peripatetici qualche ragione a essergli così nemici; ma se non è altro che una mutazione, non merita cotanto odio; né parmi che ragionevolmente alcuno si querelasse della corruzion dell'uovo, mentre di quello si genera il pulcino. In oltre, essendo questa che vien detta generazione e corruzione, solo una piccola mutazioncella in poca parte de gli elementi, e quale né anco dalla Luna, orbe prossimo, si scorgerebbe, perché negarla nel cielo? Pensano forse, argomentando dalla parte al tutto, che la Terra sia per dissolversi e corrompersi tutta, in guisa che sia per venir tempo nel quale il mondo, avendo Sole Luna e l'altre stelle, sia per trovarsi senza Terra? Non credo già che abbino tal sospetto. E se le sue piccole mutazioni non minacciano alla Terra la sua total destruzione, né gli sono d'imperfezione, anzi di sommo ornamento, perché privarne gli altri corpi mondani, e temer tanto la dissoluzione del cielo per alterazioni non più di queste nemiche della natural conservazione? Io dubito che 'l voler noi misurar il tutto con la scarsa misura nostra ci faccia incorrere in strane fantasie, e che l'odio nostro particolare contro alla morte ci renda odiosa la fragilità: tuttavia non so dall'altra banda quanto, per divenir manco mutabili, ci fosse caro

l'incontro d'una testa di Medusa, che ci convertisse in un marmo o in un diamante, spogliandoci de' sensi e di altri moti, li quali senza le corporali alterazioni in noi sussister non potrebbono. Io non voglio passar più innanzi, né entrar a esaminare la forza delle peripatetiche ragioni, al che mi riserbo in altro tempo: questo solo soggiugnerò, parermi azione non interamente da vero filosofo il voler persistere, siami lecito dir, quasi ostinatamente in sostener conclusioni peripatetiche scoperte manifestamente false, persuadendosi forse che Aristotele, quando nell'età nostra si ritrovasse, fosse per far il medesimo; quasi che maggior segno di perfetto giudizio e più nobil effetto di profonda dottrina sia il difendere il falso, che 'l restar persuaso dal vero. E parmi che simili ingegni dieno occasione altrui di dubitare, che loro per avventura apprezzin manco l'esattamente penetrar la forza delle peripatetiche e delle contrarie ragioni, che 'l conservar l'imperio all'autorità d'Aristotile, come ch'ella sia bastante con tanto lor minor travaglio e fatica a schivargli tutte l'opposizioni pericolose, quanto è men difficile il trovar testi e 'l confrontar luoghi, che l'investigar conclusioni vere e 'l formar di loro nuove e concludenti dimostrazioni. E parmi, oltre a ciò, che troppo vogliamo abbassar la condizion nostra, e non senza qualche offesa della natura e direi quasi della divina Benignità (la quale per aiuto all'intender la sua gran costruzione ci ha conceduti 2000 anni più d'osservazioni e vista 20 volte più acuta, che ad Aristotele), col voler più presto imparar da lui quello ch'egli né seppe né potette sapere, che da gli occhi nostri e dal nostro proprio discorso. Ma per non m'allontanar più dal mio principal intento, dico bastarmi per ora l'aver dimostrato che le macchie non sono stelle né materie consistenti né locate lontane dal Sole, ma che si producono e dissolvono intorno ad esso, con maniera non dissimile a quella delle nugole o altre fumosità intorno alla Terra.

Questo è quanto per ora m'è parso di dire a V. S. Illustrissima in proposito di questa materia, la quale io credeva che dovesse essere il sigillo di tutti i nuovi scoprimenti che ho fatti nel cielo, e che per l'avvenire mi fosse per restar

ozio libero di poter tornare senza interrompimenti ad altri miei studii, già che mi era anco felicemente succeduto l'investigare, dopo molte vigilie e fatiche, i tempi periodici di tutti quattro i pianeti Medicei, e fabbricarne le tavole e ciò che appartiene a' calcoli ed altri loro particolari accidenti; le quali cose in breve manderò in luce, con tutto il resto delle considerazioni fatte intorno all'altre celesti novità: ma è restato fallace il mio pensiero per l'inaspettata meraviglia con la quale Saturno è venuto ultimamente a perturbarmi; di che voglio dar conto a V. S.

Già le scrissi come circa a 3 anni fa scopersi, con mia grande ammirazione, Saturno esser tricorporeo, cioè un aggregato di tre stelle disposte in linea retta parallela all'equinoziale, delle quali la media era assai maggiore delle laterali. Queste furono credute da me esser immobili tra di loro: né fu la mia credenza irragionevole; poi che, avendole nella prima osservazione vedute tanto propinque che quasi mostravano di toccarsi, e tali essendosi conservate per più di due anni, senza apparire in loro mutazione alcuna, ben dovevo io credere che le fossero tra di sé totalmente immobili, perché un solo minuto secondo (movimento incomparabilmente più lento di tutti gli altri, anco delle massime sfere) si sarebbe in tanto tempo fatto sensibile, o col separare o coll'unire totalmente le tre stelle. Triforme ho veduto ancora Saturno quest'anno circa il solstizio estivo; ed avendo poi intermesso di osservarlo per più di due mesi, come quello che non mettevo dubbio sopra la sua costanza, finalmente, tornato a rimirarlo i giorni passati, l'ho ritrovato solitario, senza l'assistenza delle consuete stelle, ed in somma perfettamente rotondo e terminato come Giove, e tale si va tuttavia mantenendo. Ora che si ha da dire in così strana metamorfosi? forse si sono consumate le due minori stelle, al modo delle macchie solari? forse sono sparite e repentinamente fuggite? forse Saturno si ha divorato i proprii figli? o pure è stata illusione e fraude l'apparenza con la quale i cristalli hanno per tanto tempo ingannato me con tanti altri che meco molte volte gli osservarono? è forse ora venuto il tempo di rinverdir la speranza, già prossima al seccarsi, in quelli che, retti da più profonde contemplazioni, hanno penetrato tutte le nuove osservazioni esser fallacie, né poter in veruna maniera sussistere? Io non ho che dire cosa resoluta in caso così strano inopinato e nuovo: la brevità del tempo, l'accidente senza esempio, la debolezza dell'ingegno e 'l timore dell'errare, mi rendono grandemente confuso. Ma siami per una volta permesso di usare un poco di temerità; la quale mi dovrà tanto più benignamente esser da V. S. perdonata, quanto io la confesso per tale, e mi protesto che non intendo di registrar quello che son per predire tra le proposizioni dependenti da principii certi e conclusioni sicure, ma solo da alcune mie verisimili conietture, le quali allora farò palesi, quando mi bisogneranno o per mostrare la scusabile probabilità dell'opinione alla quale per ora inclino, o per stabilire la certezza dell'assunta conclusione, qual volta il mio pensiero incontri la verità. Le proposizioni son queste: Le due minori stelle Saturnie, le quali di presente stanno celate, forse si scopriranno un poco per due mesi intorno al solstizio estivo dell'anno prossimo futuro 1613, e poi s'asconderanno, restando celate sin verso il brumal solstizio dell'anno 1614; circa il qual tempo potrebbe accadere che di nuovo per qualche mese facessero di sé alcuna mostra, tornando poi di nuovo ad ascondersi sin presso all'altra seguente bruma; al qual tempo credo bene con maggior risolutezza che torneranno a comparire, né più si asconderanno, se non che nel seguente solstizio estivo, che sarà dell'anno 1615, accenneranno alquanto di volersi occultare, ma non però credo che si asconderanno interamente, ma ben, tornando poco dopo a palesarsi, le vedremo distintissime e più che mai lucide e grandi; e quasi risolutamente ardirei di dire che le vedremo per molti anni senza interrompimento veruno. Sì come, dunque, del ritorno io non ne dubito, così vo con riserbo ne gli altri particolari accidenti, fondati per ora solamente su probabil coniettura: ma, o succedino così per appunto o in altro modo, dico bene a V. S. che questa stella ancora, e forse non men che l'apparenza di Venere cornicolata, con ammirabil maniera concorre all'accordamento del gran sistema Copernicano, al cui palesamento universale veggonsi propizii venti

indirizzarci con tanto lucide scorte, che ormai poco ci resta da temere tenebre o traversie.

Finisco di occupar più V. S. Illustrissima, ma non senza pregarla ad offerir di nuovo l'amicizia e la servitù mia ad Apelle: e se lei determinasse di fargli vedere questa lettera, la prego a non la mandar senza l'accompagnatura di mie scuse, se forse gli paresse ch'io troppo dissentissi dalle sue opinioni; perché, non desiderando altro che 'l venire in cognizion del vero, ho liberamente spiegata l'opinion mia, la quale son anco disposto a mutare qualunque volta mi sieno scoperti gli errori miei, e terrò obbligo particolare a chiunque mi farà grazia di palesargli e castigargli.

Bacio a V. S. Illustrissima le mani, e caramente la saluto d'ordine dell'Illustrissimo Sig. Filippo Salviati, nella cui amenissima villa mi ritrovo a continuar in sua compagnia l'osservazioni celesti. Nostro Signore Dio gli conceda il compimento d'ogni suo desiderio.

Dalla Villa delle Selve, il 1º di Dicembre 1612.

Di V. S. Illustrissima

Devotissimo Servitore
Galileo Galilei Linceo.

DISCORSO INTORNO ALLE COSE CHE STANNO IN SU L'ACQUA O CHE IN QUELLA SI MUOVONO

(1612)

Gli scritti compresi tra il 1610 e il 1633, anno in cui Galilei fu condannato dal Sant'Uffizio al carcere formale, pur svolgendo argomenti diversi e nascendo da distinte occasioni, si inseriscono tutti in quel programma di « propaganda » culturale che impegna l'autore allo scopo di convincere il mondo culturale del tempo ad accettare le nuove prospettive dell'astronomia, i suoi fondamenti fisici e il nuovo orientamento generale della scienza. Il Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua o che in quella si muovono *è il primo trattato che segue la pubblicazione del* Sidereus nuncius *e costituisce il primo momento di attuazione di quel programma.*

Argomento del Discorso *è la dimostrazione delle vere cause che determinano il galleggiamento o l'affondamento dei corpi nell'acqua o, in generale, in un liquido. Mentre gli aristotelici sostengono, seguendo quanto è detto nel quarto libro del* De coelo, *che sia la figura dei corpi a determinare il galleggiare o l'affondare dei corpi, poiché un corpo dalla forma piatta e larga non riuscirebbe a fendere l'acqua e quindi ad andare a fondo al contrario di un corpo lungo e stretto, Galilei, dopo aver dimostrato l'inconsistenza e persino l'aspetto ridicolo di tale punto di vista, sostiene invece, in base alle ricerche già condotte da Archimede nel* De his quae vehuntur in aqua, *che la causa sia da ritrovarsi nel rapporto tra il peso del corpo e quello dell'acqua spostata. Quanto al comportamento singolare di taluni corpi che, pur avendo un peso specifico maggiore di quello dell'acqua, riescono tuttavia a mantenervisi a galla,*

Galileo intuisce molto bene che esso dipende da circostanze accessorie, sul cui meccanismo formula alcune ipotesi estremamente ingegnose. È bensì vero che per questa via egli non perviene ad una spiegazione scientificamente esatta del fenomeno (determinato, come oggi sappiamo, dalle forze di coesione che agiscono tra le molecole del liquido), ma ha intanto il merito di capire che la validità generale del principio di Archimede non ne risulta in alcun modo infirmata.

La disputa sottile e precisa si riallaccia alla posizione polemica che Galilei aveva assunto ormai da tempo nei confronti di tutta la tradizione scientifica, richiamantesi alle dottrine aristoteliche: mentre da un lato la trama argomentativa del discorso galileiano si modella sulle sue non recenti, ma sempre presenti, indagini di meccanica e l'analisi del comportamento di un corpo nell'acqua è ricollegata agli studi sull'equilibrio dei corpi di cui aveva dato chiara dimostrazione nelle Meccaniche, *dall'altro lato molte considerazioni introduttive rinviano alle scoperte astronomiche: come è noto è dal congiungimento dei risultati raggiunti nel settore della meccanica e dalle conquiste telescopiche che nasce quella nuova prospettiva scientifica e, insieme, quella visione antiaristotelica della cultura e dei suoi fondamenti speculativi, per cui Galilei si battè dal 1610 al 1633.*

Per questo il trattato costituisce un documento della guerra ormai aperta tra i sostenitori della tradizione culturale e i seguaci di Galilei; la resistenza dei peripatetici e l'accanimento che essi posero in questa disputa acquistano un maggior significato se vengono posti in relazione con quanto già si veniva preparando contro le nuove dottrine e contro i loro sostenitori.

Occasione del Discorso *fu una discussione che si svolse alla corte granducale, nell'estate del 1611, alla presenza del granduca Cosimo II, il quale come i suoi antenati e com'era costume delle corti rinascimentali, si compiaceva di radunare attorno a sé gli uomini più illustri della cultura del tempo. Si discusse allora se il ghiaccio fosse acqua condensata o rarefatta; le tesi peripatetiche furono sostenute da Ludovico delle Colombe: quest'ultimo, cavaliere fiorentino, s'era già rivelato puntiglioso sostenitore delle teorie astronomiche di Aristotele (in occasione*

dell'apparizione della stella del 1604, di cui Galilei trattò in alcune applauditissime lezioni a Padova; cfr. al riguardo la nota introduttiva alle Operazioni del compasso geometrico-militare, *pp. 193 segg.), quindi della teoria geocentrica in un* Discorso contro il moto della terra (*cfr. p. 270*). *La disputa si estese, in séguito, alle cause del galleggiamento dei corpi nell'acqua e al confronto dei fondamenti teorici delle rispettive posizioni. A queste discussioni parteciparono anche, su invito del granduca, due illustri cardinali: Maffeo Barberini, il futuro Urbano VIII, che appoggiò le argomentazioni galileiane, e Ferdinando Gonzaga.*

Poiché la disputa interessò persone estranee agli ambienti granducali, si ritenne opportuno precisare le rispettive tesi per iscritto. Fu così che Galilei, autorizzato dal Granduca, che consentiva con il suo atteggiamento, stese il presente Discorso, *in cui la trascrizione dei termini e dei momenti della vertenza viene inserita in una più ampia e più profonda argomentazione teorica, senza tuttavia perdere nulla della vivacità del dibattito reale; che anzi vi sia un diretto rapporto tra questo e il testo scritto lo dimostrano con sicurezza alcuni appunti autografi, che, in un foglio che li raccoglie a mo' di copertina, Galilei intitolò:* Diversi fragmenti attenenti al trattato delle cose che stanno su l'acqua; *alcune di queste scritture hanno l'aspetto di brevi appunti predisposti per la discussione verbale, altri, più estesi, mostrano di essere stati stesi successivamente, in vista del trattato, e costituiscono per dir così la brutta copia di passi dello stesso* Discorso *o della sua introduzione.*

Il titolo attuale è quale risulta dal frontespizio della prima edizione del maggio 1612 del tipografo Cosimo Giunti di Firenze, il quale fece seguire nello stesso anno una seconda edizione, «per soddisfare a molti, che di Venezia, di Roma e di altri luoghi mi chiedevano e mi chieggono con instanza il presente trattato, dopo ch'e' s'erano finiti tutti qui in Firenze». In quest'edizione Galilei, «avendo visto per esperienza che alcuni luoghi di esso a' men pratichi nelle cose di geometria riuscivan alquanto oscuri a 'ntendersi, gli è parso di agevolarli con aggiugnersi alcune cose a maggior chiarimento, senza rimuoverne o mutarne alcuna delle scritte prima». L'edizione nazionale, da

noi tenuta presente, si richiama appunto a questa seconda edizione. Non ci è giunta notizia di successive edizioni, salvo una traduzione in francese cui fa riferimento il padre Marino Mersenne in una sua lettera.

La pubblicazione del Discorso *sollevò l'interesse di molte persone e le obbiezioni dei peripatetici. Fra questi ultimi dobbiamo ricordare Arturo d'Elci (1564-1614), provveditore dello Studio di Pisa e priore della Chiesa dei Cavalieri di S. Stefano in Pisa, il quale nell'estate 1612 scrisse, sotto il nome di Accademico Ignoto, delle* Considerazioni *sul trattato, dedicate alla granduchessa Maria Maddalena, «a difesa e dichiarazione dell'opinione d'Aristotile». A queste* Considerazioni, *che prima della pubblicazione a stampa erano state diffuse in latino tra molte persone, Galilei non rispose direttamente, né ebbe in séguito occasione, perché l'Elci morì due anni dopo; tuttavia avendo tal Tolomeo Nozzolini rivolto all'arcivescovo Marzimedici di Firenze una lettera in cui, pur criticando l'Accademico Ignoto, muoveva alcune osservazioni a Galilei, questi pensò di rispondergli con la lettera del gennaio 1613, che noi riportiamo in questa raccolta a pp. 906 segg. Il testo delle* Considerazioni *fu da Galilei ampiamente ed argutamente postillato, ed alcune di queste note abbiamo noi riprodotto nel commento.*

Altri intervennero a sostegno delle tesi aristoteliche: lo stesso Ludovico delle Colombe, con un Discorso apologetico *pubblicato a Firenze nel 1612, e nello stesso anno Giorgio Coresio, lettore di lingua greca nello studio pisano, con una* Operetta intorno al galleggiare de' corpi solidi. *Più tardi, nel gennaio 1613, Vincenzo Di Grazia pubblicò delle sue* Considerazioni *contro Galilei. Tutti questi scritti, come lo stesso* Discorso *galileiano, sono indirizzati ad autorevoli personaggi della famiglia granducale, ciò che indica non solo il costume rinascimentale di interessare a dibattiti culturali personalità della vita politica, ma anche l'intenzione da parte di ciascun autore di avere l'autorevole assenso dei prìncipi: segno indubbio, questo, dell'esigenza già avvertita dagli intellettuali di essere protetti dal potere politico.*

Galilei non rispose personalmente a questi scritti: il Coresio ebbe una dura ed ampia risposta dal padre Benedetto Castelli, allievo di Galilei, in uno scritto che porta il titolo significativo di Errori dei più manifesti commessi da messer Giorgio Coresio ecc., *che però non fu mai pubblicato, perché, come scrisse il Castelli ad Enea Piccolomini d'Aragona il 2 maggio 1615, il Coresio «da qualche tempo in qua, per sopravenimento di nuovi accidenti, per avventura è costretto a stare occupato in altri pensieri» (era stato infatti allontanato dall'insegnamento perché, pare, colpito da una malattia mentale). Contro gli altri due, Ludovico delle Colombe e Vincenzo Di Grazia, uscì nel 1615 un'ampia* Risposta alle opposizioni, *che non porta il nome di alcun autore, ma che si apre appunto con quella lettera del Castelli al Piccolomini, ciò che fa pensare che fosse il frutto di un comune lavoro del Castelli e di Galilei, il quale intervenne con correzioni e aggiunte.*

DISCORSO

AL SERENISSIMO DON COSIMO II.

GRAN DVCA DI TOSCANA

Intorno alle cose, che stanno in sù l'acqua, ò che in quella si muouono,

DI GALILEO GALILEI

Filosofo, e Matematico della Medesima ALTEZZA SERENISSIMA.

IN FIRENZE,

Appresso Cosimo Giunti. M D C XII.

Con licenza de' Superiori.

Frontespizio del *Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua o che in quella si muovono*

A I BENIGNI LETTORI

COSIMO GIUNTI

Per sodisfare a molti, che di Venezia, di Roma, e di altri luoghi mi chiedevono e mi chieggono con instanza il presente trattato, dopo ch' e' s'erano finiti tutti qui in Firenze, mi risolvei stamparlo di nuovo, e ne avvisai l'Autore; il quale avendo visto per esperienza che alcuni luoghi di esso a' men pratichi nelle cose di geometria riuscivan alquanto oscuri a'ntendersi, gli è parso di agevolarli con aggiugnervi alcune cose a maggior chiarezza, senza rimuoverne o mutarne alcuna delle scritte di prima. Però potete esser certi, cortesi Lettori, di aver in questa seconda impressione l'istesso che aveste nella prima, e più le suddette dichiarazioni, le quali si sono stampate di diverso carattere, perché si possan conoscer prontamente da tutti. Vivete felici.

DISCORSO
AL SERENISSIMO DON COSIMO II, GRAN DUCA DI TOSCANA, INTORNO ALLE COSE CHE STANNO IN SU L'ACQUA O CHE IN QUELLA SI MUOVONO,

DI

GALILEO GALILEI,

FILOSOFO E MATEMATICO DELLA MEDESIMA ALTEZZA SERENISSIMA.

Perch'io so, Principe Serenissimo, che il lasciar vedere in pubblico il presente trattato, d'argomento tanto diverso da quello che molti aspettano e che, secondo l'intenzione che ne diedi nel mio Avviso Astronomico [1], già dovrei aver mandato fuori, potrebbe per avventura destar concetto, o che io avessi del tutto messo da banda l'occuparmi intorno alle nuove osservazioni celesti, o che almeno con troppo lento studio le trattassi; ho giudicato esser bene render ragione sì del differir quello, come dello scrivere e del pubblicare questo trattato.

Quanto al primo, non tanto gli ultimi scoprimenti di Saturno tricorporeo e delle mutazioni di figure in Venere [2], simili a quelle che si veggono nella Luna, insieme con le conseguenze che da quelle dependono, hanno cagionato tal dilazione, quanto l'investigazion de' tempi delle conversioni di ciaschedun de' quattro Pianeti Medicei intorno a Giove, la quale mi succedette l'aprile dell'anno passato 1611 [3], mentre era in Roma; dove finalmente m'accertai, che 'l primo, e

[1] Cfr. p. 267: si riferisce all'annuncio dato nel *Sidereus nuncius* di una opera più ampia sulle conseguenze delle scoperte astronomiche.

[2] Cfr. le lettere a Giuliano de' Medici del 13 novembre 1610 (pp. 875-76), del successivo 11 dicembre e quella del 1° gennaio 1611 (pp. 876-78).

[3] Galilei continuò a Firenze le investigazioni celesti già iniziate a Venezia, ed il risultato è contenuto in numerose carte che riportano i calcoli compiuti sulla disposizione e sul movimento dei satelliti di Giove. Si veda il vol. III, p. 2 dell'edizione nazionale.

più vicino a Giove, passa del suo cerchio gradi 8 e m. 29 in circa per ora, faccendo la 'ntera conversione in giorni naturali 1 e ore 18 e quasi meza. Il secondo fa nell'orbe suo g. 4, m. 13 prossimamente per ora, e l'intera revoluzione in giorni 3, or. 13 e un terzo incirca. Il terzo passa in un'ora gr. 2, m. 6 in circa del suo cerchio, e lo misura tutto in giorni 7, ore 4 prossimamente. Il quarto, e più lontano degli altri, passa in ciaschedun'ora gr. 0, m. 54 e quasi mezo, del suo cerchio, e lo finisce tutto in giorni 16, or. 18 prossimamente. Ma perché la somma velocità delle loro restituzioni richiede una precisione scrupolosissima per li calcoli de' luoghi loro ne' tempi passati e futuri, e massimamente se i tempi saranno di molti mesi o anni, però mi è forza con altre osservazioni, e più esatte delle passate, e tra di loro più distanti di tempo, corregger le tavole di tali movimenti, e limitargli sino a brevissimi stanti. Per simili precisioni non mi bastano le prime osservazioni, non solo per li brevi intervalli di tempi, ma perché, non avendo io allora ritrovato modo di misurar con istrumento alcuno le distanze di luogo tra essi pianeti, notai tali interstizi con le semplici relazioni al diametro del corpo di Giove, prese, come diciamo, a occhio, le quali, benché non ammettano errore d'un minuto primo, non bastano però per la determinazione dell'esquisite grandezze delle sfere di esse stelle. Ma ora che ho trovato modo di prender tali misure senza errore anche di pochissimi secondi, continuerò l'osservazioni sino all'occultazion di Giove; le quali dovranno essere a bastanza per l'intera cognizione de' movimenti e delle grandezze de gli orbi di essi Pianeti, e di alcune altre conseguenze. Aggiungo a queste cose l'osservazione d'alcune macchiette oscure, che si scorgono nel corpo solare: le quali, mutando positura in quello, porgono grand'argomento, o che 'l Sole si rivolga in sé stesso, o che forse altre stelle, nella guisa di Venere e di Mercurio, se gli volgano intorno, invisibili in altri tempi per le piccole digressioni e minori di quella di Mercurio, e solo visibili quando s'interpongono tra 'l Sole e l'occhio nostro, o pur danno segno che sia vero e questo e quello; la certezza delle quali cose non debbe disprezzarsi o trascurarsi.

Annomi finalmente le continuate osservazioni accertato, tali macchie esser materie contigue alla superficie del corpo solare, e quivi continuamente prodursene molte, e poi dissolversi, altre in più brevi ed altre in più lunghi tempi, ed esser dalla conversione del Sole in sé stesso, che in un mese lunare in circa finisce il suo periodo, portate in giro; accidente per sé grandissimo, e maggiore per le sue conseguenze [4].

Quanto poi all'altro particulare, molte cagioni m'hanno mosso a scrivere il presente trattato, soggetto del quale è la disputa che a' giorni addietro io ebbi con alcuni letterati della città, intorno alla quale, come sa V. A., son seguiti molti ragionamenti. La principale è stato il cenno dell'A. V., avendomi lodato lo scrivere come singolar mezzo per far conoscere il vero dal falso, le reali dall'apparenti ragioni, assai migliore che 'l disputare in voce, dove o l'uno o l'altro, e bene spesso amendue che disputano, riscaldandosi di soverchio o di soverchio alzando la voce, o non si lasciano intendere, o traportati dall'ostinazione di non si ceder l'un l'altro lontani dal primo proponimento, con la novità delle varie proposte confondono lor medesimi e gli uditori insieme [5]. Mi è paruto, oltre a ciò, convenevole, che l'A. V. resti informata da me ancora di tutto 'l seguito circa la contesa di cui ragiono, sì

[4] Il riferimento alla scoperta delle macchie solari, più ampio che quelli relativi alle altre, è dovuto alla polemica già in atto con Cristoforo Scheiner che contende al Nostro la priorità dello studio sulle macchie solari. Il vigore polemico del passo in corsivo, che contiene la parte più interessante della deduzione tratta dall'osservazione delle macchie solari (che cioè queste sono contigue e non distaccate dalla superficie solare) è dovuto all'importanza che assume come ulteriore conferma della tesi della mutabilità dei corpi celesti. Cfr. le lettere sulle macchie solari, pp. 327 segg.

[5] In un lungo frammento contenuto nelle scritture attinenti al *Discorso*, che sembra una prima stesura della parte iniziale, si osserva che la prima ragione della sua composizione « è stato il cenno dell'Altezza Vostra, ed il laudare che la penna sia unico rimedio per purgare e secernere lo schietto e continuato discorso dalle confuse ed interrotte altercazioni ». Il frammento continua criticando l'eccessiva passione, con cui coloro che disputano si rivolgono contro l'avversario, creando negli ascoltatori più confusione che chiarezza di convinzioni. Può darsi che il dibattito svoltosi alla corte granducale nell'estate del 1611 sia stato molto acceso e che quindi il Granduca, per porre ordine, abbia richiesto un'esposizione scritta delle tesi in contrasto (cfr. vol. IV, ed. naz., p. 30).

come n'è stata ragguagliata molto prima da altri [6]. E perché la dottrina che io séguito nel proposito di che si tratta è diversa da quella d'Aristotile e da' suoi principii, ho considerato che contro l'autorità di quell'uomo grandissimo, la quale appresso di molti mette in sospetto di falso ciò che non esce dalle scuole peripatetiche, si possa molto meglio dir sua ragione con la penna che con la lingua, e per ciò mi son risoluto scriverne il presente Discorso: nel quale spero ancor di mostrare che, non per capriccio, o per non aver letto o inteso Aristotile, alcuna volta mi parto dall'opinion sua, ma perché le ragioni me lo persuadono, e lo stesso Aristotile mi ha insegnato quietar l'intelletto a quello che m'è persuaso dalla ragione, e non dalla sola autorità del maestro [7]; ed è verissima la sentenza d'Alcinoo, che 'l filosofare vuol esser libero. Né fia, per mio credere, senza qualch'utile dell'universale la resoluzione della quistion nostra; perciò che trattandosi, se la figura de' solidi operi o no nell'andare essi, o non andare, a fondo nell'acqua, in occorrenze di fabbricar ponti o altre macchine sopra l'acqua, che avvengono per

[6] Nel frammento citato (vol. IV, ed. naz., pp. 30-31) si allude in forma più esplicita e più caustica alla voluta distorsione dei termini della disputa, compiuta dagli avversari: « quelli che per loro inavvertenza si inducono a voler sostenere il falso, più altamente strepitano, e più ne i luoghi pubblici si fanno sentire, che quelli per i quali parla la verità, la quale se bene con più tempo, con quiete tranquillamente si svela e si denuda ». La sicurezza che Galilei qui ostenta nel trionfo della verità non ignora il pericolo costituito da coloro che si ingegnano, com'egli dice, di « farsi adito alla credenza col prevenirmi con loro sofismi e cavilli »; il suo ottimismo nasce dalla fiducia nella verità scientifica che emerge dal ragionamento « necessario », ovvero matematico, sicché « ... quello che sostiene il vero può aver molte esperienza sensate e molte dimostrazioni necessarie, mentre l'avversario non può valersi d'altro che d'ingannevoli apparenze, di paralogismi e di fallacie » (Lettera a Cristina di Lorena del 1615, pp. 586-87).

[7] Ricorre spesso negli scritti galileiani la polemica ritorsione, contro i peripatetici del suo tempo, del più schietto metodo aristotelico, cui egli fa di frequente appello: « assai è che Aristotile antepone l'esperienze sensate a tutti i discorsi » (*Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, vol. II, p. 74); come è scritto in nota alle *Considerazioni* dell'Accademico Ignoto, « Aristotile deride quelli che lasciano l'esperienze sensate, per seguire un discorso che può esser fallacissimo » (vol. IV, ed. naz., p. 179). Cfr. anche la lettera al Liceti del 1640, pp. 973-77.

lo più in affari di molto rilievo, può esser di giovamento saperne la verità.

Dico dunque che, trovandomi la state passata in conversazione di letterati, fu detto nel ragionamento, il condensare esser proprietà del freddo, e fu addotto l'esemplo del ghiaccio. Allora io dissi che avrei creduto più tosto il ghiaccio esser acqua rarefatta, che condensata; poi che la condensazione partorisce diminuzion di mole e augumento di gravità, e la rarefazione maggior leggerezza e augumento di mole, e l'acqua nel ghiacciarsi cresce di mole, e 'l ghiaccio già fatto è più leggier dell'acqua, standovi a galla.

È manifesto quant'io dico: perché, detraendo il mezo dalla total gravità de i solidi tanto, quanto è il peso d'altrettanta mole del medesimo mezo, come Archimede dimostra nel primo libro Delle cose che stanno su l'acqua [8], *qualunque volta si accrescerà per distrazion la mole del medesimo solido, più verrà dal mezo detratto della intera sua gravità, e meno quando per compressione verrà condensato e ridotto sotto minor mole.*

Mi fu replicato, ciò nascere non dalla maggior leggerezza, ma dalla figura larga e piana, che, non potendo fender la resistenza dell'acqua, cagiona che egli non si sommerga. Risposi, qualunque pezzo di ghiaccio [9], e di qualunque figura, star sopra l'acqua; segno espresso, che l'essere piano e largo quanto si voglia, non ha parte alcuna nel suo galleggiare: e soggiunsi che argomento manifestissimo n'era il vedersi un pezzo di ghiaccio di figura larghissima, posto in fondo dell'acqua, subito ritornarsene a galla; ché, s'e' fosse veramente più grave, e 'l suo galleggiare nascesse dalla figura impotente a fender la resistenza del mezo, ciò del tutto

[8] Nel *De his quae vehuntur in aqua*, Archimede sostiene che se un corpo, avente peso eguale a quello di un volume eguale di un fluido, viene immerso in questo fluido, non emergerà dalla superficie del fluido, ma non andrà nemmeno più in basso.

[9] « I corpi piatti restano a galla perché ricoprono un'ampia superficie, in quanto una quantità più grande non si divide facilmente; i corpi invece che per figura sono opposti a questi, affondano, perché ricoprono una piccola superficie e perciò la dividono facilmente » (ARISTOTELE, *De coelo*, IV, 313 b, 12-15, trad. di O. Longo, Firenze, Sansoni 1962).

sarebbe impossibile. Conchiusi per tanto, la figura non esser cagione per modo alcuno di stare a galla o in fondo, ma la maggiore o minor gravità in rispetto dell'acqua [10]; e per ciò tutti i corpi più gravi di essa, di qualunque figura si fussero, indifferentemente andavano a fondo, e i più leggieri, pur di qualunque figura, stavano indifferentemente a galla: e dubitai che quelli che sentivano in contrario si fossero indotti a credere in quella guisa dal vedere come la diversità della figura altera grandemente la velocità e tardità del moto, sì che i corpi di figura larga e sottile discendono assai più lentamente nell'acqua che quelli di figura più raccolta, faccendosi questi e quelli della medesima materia; dal che alcuno potrebbe lasciarsi indurre a credere, che la dilatazione della figura potesse ridursi a tale ampiezza, che non solo ritardasse, ma del tutto impedisse e togliesse, il più muoversi; il che io stimo esser falso [11]. Sopra questa conclusione nel corso di molti giorni furon dette molte e molte

[10] Per il principio del peso specifico e per le relazioni tra le ricerche galileiane e i presupposti archimedei, da cui derivano i termini della discussione sul galleggiamento, si veda *La Bilancetta*, pp. 49-57.

[11] In un appunto, poi cancellato da Galilei, si legge: « Se Aristotile avesse voluto dire che le figure, se ben non assolutamente, al meno per accidente, fussero cagione dell'andare, o non andare, in su o in giù, già che fa menzione tanto dell'andare in su quanto dell'andare in giù, bisognerebbe che egli o gli avversarii, sì come mi trovano un corpo che per natura va al fondo, ma per la figura sta a galla, me ne trovassero anco uno che per natura venisse a galla, ma che per la figura stesse in fondo. Io, che interpreto Aristotile, dicendo che la figura non opera se non circa il veloce e il tardo, vi trovo che essa opera egualmente nelle cose che vanno al fondo ed in quelle che vengono a galla. Aspetterò dunque che gli avversarii mi faccino vedere un corpo che per natura venga a galla, figurato in maniera che resti anco in fondo ». Si delinea fin da questo momento la maniera di argomentazione che Galilei opporrà ai suoi avversarii e che consisterà nell'assimilare la causa dell'andare a fondo con quella che determina la salita di un corpo dal fondo dell'acqua alla sua superficie; risulterà che, in conseguenza di questa identificazione delle cause dei due movimenti, impossibile sarà ammettere ulteriormente come causa dell'andare a fondo la figura stretta del galleggiante. Si noti ancora che questa identificazione dei due movimenti è rivolta a smentire la teoria aristotelica secondo cui il movimento rettilineo si distingue in due moti, uno in su e l'altro in giù, come meglio sarà esposto nella prima giornata del *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*: ciò che conferma il valore di questo *Discorso* in vista della più grande opera galileiana.

cose, e diverse esperienze prodotte, delle quali l'A. V. alcune intese e vide; e in questo Discorso avrà tutto quello che è stato prodotto contro alla mia asserzione, e ciò che mi è venuto in mente per questo proposito e per confermazione della mia conclusione. Il che se sarà bastante per rimuover quella che io stimo sin ora falsa opinione, mi parrà d'avere non inutilmente impiegata la fatica e 'l tempo: e quando ciò non avvenga, pur debbo sperarne un altro mio utile proprio, cioè di venire in cognizion della verità, nel sentir riprovare le mie fallacie e introdurre le vere dimostrazioni da quelli che sentono in contrario.

E per procedere con la maggiore agevolezza e chiarezza che io sappia, parmi esser necessario, avanti ad ogni altra cosa, dichiarare qual sia la vera, intrinseca e total cagione dell'ascendere alcuni corpi solidi nell'acqua e in quella galleggiare, o del discendere al fondo; e tanto più, quanto io non posso interamente quietarmi in quello che da Aristotile viene in questo proposito scritto.

Dico, dunque, la cagione per la quale alcuni corpi solidi discendono al fondo nell'acqua, esser l'eccesso della gravità loro sopra la gravità dell'acqua, e, all'incontro, l'eccesso della gravità dell'acqua sopra la gravità di quelli esser cagione che altri non discendano, anzi che dal fondo si elevino e sormontino alla superficie. Ciò fu sottilmente dimostrato da Archimede, ne' libri *Delle cose che stanno sopra l'acqua*; ripreso poi da gravissimo Autore [12], ma, s'io non erro, a torto, sì come di sotto, per difesa di quello, cercherò di dimostrare.

Io con metodo differente e con altri mezzi procurerò di concludere lo stesso, riducendo le cagioni di tali effetti a' principii più intrinsechi e immediati, ne' quali anco si scorgano le cause di qualche accidente ammirando e quasi incredibile, qual sarebbe che una picciolissima quantità d'acqua

[12] Francesco Buonamico, nobile fiorentino, fu professore di logica presso lo Studio pisano per quarantatré anni e insegnò anche filosofia. Peripatetico di grande fama godé di grandi onori anche presso i Medici. Morì nel 1603.

potesse col suo lieve peso sollevare e sostenere un corpo solido, cento e mille volte più grave di lei. E perché così richiede la progressione dimostrativa, io definirò alcuni termini, e poi esplicherò alcune proposizioni, delle quali, come di cose vere e note, io possa servirmi a' miei propositi.

Io, dunque, chiamo egualmente gravi in ispecie quelle materie, delle quali eguali moli pesano egualmente: come se, per esemplo, due palle, una di cera e l'altra d'alcun legno, eguali di mole, fussero ancora eguali in peso, diremmo quel tal legno e la cera essere in ispecie egualmente gravi.

Ma egualmente gravi di gravità assoluta chiamerò io due solidi li quali pesino egualmente, benché di mole fussero diseguali: come, per esemplo, una mole di piombo e una di legno, che pesino ciascheduna dieci libre, dirò essere in gravità assoluta eguali, ancorché la mole del legno sia molto maggior di quella del piombo, *ed, in conseguenza, men grave in specie.*

Più grave in specie chiamerò una materia che un'altra, della quale una mole eguale a una mole dell'altra peserà più: e così dirò, il piombo esser più grave in ispecie dello stagno, perché, prese di loro due moli eguali, quella di piombo pesa più. Ma più grave assolutamente chiamerò io quel corpo di questo, se quello peserà più di questo, senza aver rispetto alcuno di mole: e così un gran legno si dirà pesare assolutamente più d'una piccola mole di piombo, benché il piombo in ispecie sia più grave del legno. E lo stesso intendasi del men grave in ispecie e men grave assolutamente.

Definiti questi termini, io piglio dalla scienza meccanica due principii. Il primo è, che pesi assolutamente eguali, mossi con eguali velocità, sono di forze e di momenti eguali nel loro operare.

Momento, appresso i meccanici, significa quella virtù, quella forza, quella efficacia, con la quale il motor muove e 'l mobile resiste; la qual virtù depende non solo dalla semplice gravità, ma dalla velocità del moto, dalle diverse inclinazioni degli spazii sopra i quali si fa il moto, perché più fa impeto un grave descendente in uno spazio molto declive che in un meno. Ed in somma, qualunque si sia la cagione di tal virtù, ella tuttavia ritien nome di momento. Né mi pareva che questo senso dovesse giugner nuovo nella nostra favella; perché, s'io non erro, mi par che noi assai frequentemente diciamo « Questo è ben negozio grave, ma l'altro è di poco momento », e *« Noi consideriamo le cose leggiere, e trapassiamo quelle che son di momento »: metafore, stimer' io, tolte dalla meccanica* [13].

Come, per esemplo, due pesi d'assoluta gravità eguali, posti in bilancia di braccia eguali, restano in equilibrio, né s'inclina l'uno alzando l'altro; perché l'egualità delle distanze di ambedue dal centro, sopra il quale la bilancia vien sostenuta e circa il quale ella si muove, fa che tali pesi, movendosi essa bilancia, passerebbono nello stesso tempo spazii eguali, cioè si moverieno con eguali velocità, onde non è ragione alcuna, per la quale questo peso più di quello, o quello più di questo, si debba abbassare; e per ciò si fa l'equilibrio, e restano i momenti loro di virtù simili ed eguali.

Il secondo principio è, che il momento e la forza della gravità venga accresciuto dalla velocità del moto; sì che pesi assolutamente eguali, ma congiunti con velocità diseguali, sieno di forza, momento e virtù diseguale, e più potente il più veloce, secondo la proporzione della velocità sua alla velocità dell'altro. Di questo abbiamo accomodatissimo esemplo nella libra o stadera di braccia diseguali, nelle quali posti pesi assolutamente eguali, non premono e fanno forza

[13] Cfr. *Le Meccaniche*, p. 147), dove è enunciata per la prima volta la nozione di « momento ». Mentre nel trattato del 1593 Galilei faceva ricorso al principio archimedeo secondo cui « pesi eguali pesano in modo eguale da distanze eguali », qui il principio di momento non è fatto dipendere soltanto dalla gravità, ma anche dalla « velocità del moto » e dalle « diverse inclinazioni degli spazii » da percorrere, con una impostazione dinamica rispetto a quella statica delle *Meccaniche*. Nella spiegazione del momento, che viene più sotto illustrata con l'esempio della bilancia, Galilei fa ricorso al principio della velocità virtuale (secondo cui « il momento della velocità del moto in un mobile compensa quello della gravità di un altro », come dice più avanti, a p. 439, – dove peraltro non manca di notare la stretta relazione col principio dell'equilibrio della stadera, – e come ripeterà nel *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, vol. II, p. 270) che fu già enunciato da Aristotele nella terza sezione dei *Mechanica*. Nella seconda giornata dei *Discorsi intorno a due nuove scienze* (vol. II, p. 685) farà ritorno invece al principio archimedeo sopra esposto.

egualmente, ma quello che è nella maggior distanza dal centro, circa il quale la libra si muove, s'abbassa sollevando l'altro, ed è il moto di questo, che ascende, lento, e l'altro veloce: e tale è la forza e virtù che dalla velocità del moto vien conferita al mobile che la riceve, che ella può esquisitamente compensare altrettanto peso che all'altro mobile più tardo fosse accresciuto; sì che, se delle braccia della libra uno fosse dieci volte più lungo dell'altro, onde, nel muoversi la libra circa il suo centro, l'estremità di quello passasse dieci volte maggiore spazio che l'estremità di questo, un peso posto nella maggior distanza potrà sostenerne ed equilibrarne un altro dieci volte assolutamente più grave che non è egli; e ciò perché, movendosi la stadera, il minor peso si moveria dieci volte più velocemente che l'altro maggiore. Debbesi però sempre 'ntendere che i movimenti si faccino secondo le medesime inclinazioni, cioè che, se l'uno de' mobili si muove per la perpendicolare all'orizzonte, che l'altro parimente faccia 'l suo moto per simil perpendicolare; e se 'l moto dell'uno dovesse farsi nell'orizzontale, che anche l'altro sia fatto per lo stesso piano; e, in somma, sempre amendue in simili inclinazioni. Tal ragguagliamento tra la gravità e la velocità si ritrova in tutti gli strumenti meccanici, e fu considerato da Aristotile come principio nelle sue *Questioni meccaniche*: onde noi ancora possiamo prender per verissimo assunto che pesi assolutamente diseguali, alternatamente si contrappesano e si rendono di momenti eguali, ogni volta che le loro gravità con proporzione contraria rispondono alle velocità de' lor moti, cioè che quanto l'uno è men grave dell'altro, tanto sia in constituzione di muoversi più velocemente di quello.

Esplicate queste cose, già potremo cominciare ad investigare quali sieno que' corpi solidi che possono totalmente sommergersi nell'acqua e andare al fondo, e quali per necessità soprannuotano, sì che, spinti per forza sott'acqua, ritornano a galla con una parte della lor mole eminente sopra la superficie dell'acqua: e ciò faremo noi con lo speculare la scambievole operazione di essi solidi e dell'acqua, la quale operazione conséguita alla immersione; e questa è che, nel

sommergersi che fa il solido, tirato al basso dalla propria sua gravità, viene discacciando l'acqua dal luogo dove egli successivamente subentra, e l'acqua discacciata si eleva e innalza sopra il primo suo livello, al quale alzamento essa altresì, come corpo grave, per sua natura resiste. E perché, immergendosi più e più il solido discendente, maggiore e maggior quantità d'acqua si solleva, sin che tutto il solido si sia tuffato, bisogna conferire i momenti della resistenza dell'acqua all'essere alzata, co' momenti della gravità premente del solido [14]: e se i momenti della resistenza dell'acqua pareggeranno i momenti del solido avanti la sua totale immersione, allora senza dubbio si farà l'equilibrio, né più oltre si tufferà il solido; ma se il momento del solido supererà sempre i momenti co' quali l'acqua scacciata va successivamente faccendo resistenza, quello non solamente si sommergerà tutto sott'acqua, ma discenderà sino al fondo; ma se, finalmente, nel punto della total sommersione si farà l'agguagliamento tra i momenti del solido premente e dell'acqua resistente, allora si farà la quiete, e esso solido, in qualunque luogo dell'acqua, potrà indifferentemente fermarsi.

È sin qui manifesta la necessità di comparare insieme le gravità dell'acqua e de' solidi; e tale comparazione [15] potrebbe

[14] Arturo d'Elci, che s'intendeva più di retorica e di eloquenza che non di matematica e di fisica, nelle sue *Considerazioni*, critica l'uso della parola *momento*, « latina e tolomeida, ma non usata, nel preso significato, dal volgare nostro moderno », perché nel vocabolario « copiosissimo ed esquisitissimo » della Crusca non viene citata; al che Galilei risponde argutamente: « Dal vulgare vostro non solamente non è usata questa voce momento, ma né anco niun'altra comunissima in tutte le matematiche ».

[15] Un aspetto notevole del metodo sperimentale è il ricorso alla comparazione del comportamento di fenomeni analoghi, come per esempio il confronto fra i corpi in movimento sulla terra e quelli in acqua, trascurando l'essenza o la qualità dei corpi interessati ai fenomeni stessi. Il metodo sperimentale infatti, mettendo il rilievo il valore discriminante dell'esperienza, si limita ad indagare il carattere operativo dei fatti naturali, ritenendo priva di significato ogni considerazione metafisica, come abbondantemente mostra Galilei in questo trattato, che ci pare particolarmente interessante per lo studio della formazione del metodo galileiano. Può essere interessante notare che, quasi nello stesso tempo, William Harvey faceva ricorso alla comparazione anatomica fra il corpo umano e gli altri esseri animali, trascurando, come irrilevante o addirittura infondato il

nel primo aspetto parere sufficiente per poter concludere e determinare, quali sieno i solidi che sopranuotino, e quali quelli che vanno in fondo, pronunziando che quelli sopranuotino che saranno men gravi in ispecie dell'acqua, e quelli vadano al fondo che in ispecie saranno più gravi: imperocché pare che il solido nel sommergersi vada tuttavia alzando tant'acqua in mole, quanta è la parte della sua propria mole sommersa; per lo che impossibil sia che un solido men grave in ispecie dell'acqua si sommerga tutto, come impotente ad alzare un peso maggior del suo proprio, e tale sarebbe una mole d'acqua eguale alla mole sua propria; e parimente parrà necessario che il solido più grave vada al fondo, come di forza soprabbondante ad alzare una mole d'acqua eguale alla propria, ma inferior di peso. Tuttavia il negozio procede altramente, e benché le conclusioni sien vere, le cagioni però assegnate così, son difettose; né è vero che 'l solido nel sommergersi sollevi e scacci mole d'acqua eguale alla sua propria sommersa, anzi l'acqua sollevata è sempre meno che la parte del solido ch'è sommersa, e tanto più, quanto il vaso, nel quale si contien l'acqua, è più stretto: di modo che non repugna che un solido possa sommergersi tutto sott'acqua senza pure alzarne tanta, che in mole pareggi la decima o la ventesima parte della mole sua; sì come, all'incontro, picciolissima quantità d'acqua potrà sollevare una grandissima mole solida, ancorché tal solido pesasse assolutamente cento e più volte di essa acqua, tutta volta che la materia di tal solido sia in ispecie men grave dell'acqua; e così una grandissima trave, che, v. g., pesi 1000 libbre, potrà essere alzata e sostenuta da acqua che non ne pesi 50; e questo avverrà quando il momento dell'acqua venga compensato dalla velocità del suo moto.

Ma perché tali cose, profferite così in astratto, hanno qualche difficultà all'esser comprese, è bene che vegniamo a

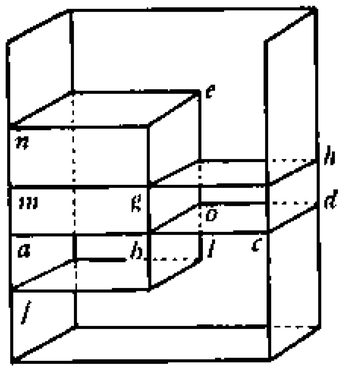
pregiudizio, di origine teologica o metafisica, di una radicale eterogeneità dell'uomo: anch'egli, che aveva studiato a Padova alla scuola di Fabrici d'Acquapendente negli anni in cui v'insegnò Galilei, si avvalse di quel criterio analogico-induttivo, che è proprio del metodo sperimentale (cfr. W. Harvey, *Opere*, a cura di F. Alessio, Torino, Boringhieri, 1963).

dimostrarle con esempli particulari: e, per agevolezza della dimostrazione, intenderemo, i vasi, ne' quali s'abbia ad infonder l'acqua e situare i solidi, esser circondati e racchiusi da sponde erette a perpendicolo sopra 'l piano dell'orizzonte, e 'l solido da porsi in tali vasi essere o cilindrico retto o prisma pur retto.

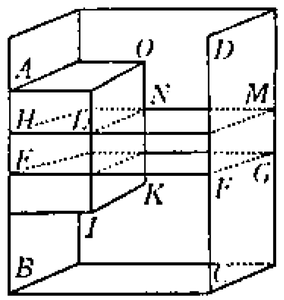
Il che dichiarato e supposto, vengo a dimostrare la verità di quanto ho accennato, formando il seguente teorema[16].

La mole dell'acqua che si alza nell'immergere un prisma o cilindro solido, o che s'abbassa nell'estrarlo, è minore della mole di esso solido demersa o estratta; e ad essa ha la medesima proporzione, che la superficie dell'acqua circunfusa al solido alla medesima superficie circunfusa insieme con la base

[16] L'ultimo dei frammenti attinenti al trattato, è una prima esposizione della dimostrazione qui riportata. Si legge infatti: « Che l'aqqua che si solleva, mentre che il solido si demerge, sia minore in mole che la parte del solido demersa, e, più, secondo qual proporzione ella sia minore, si dimostrerà facilmente così. La mole dell'aqqua alzata alla mole del prisma demersa ha la medesima proporzione, che la sola superficie dell'aqqua ambiente il prisma alla medesima superficie ambiente insieme con la superficie del prisma. Sia il primo livello dell'aqqua secondo la superficie *abcd*; e demergendosi in essa il prisma solido *ef*, sia elevata la superficie dell'aqqua dal primo livello *bd* sino alla superficie *gh*, quando di esso prisma si troverà demersa la parte *ml*; della quale la parte sola *al* cade sotto 'l primo livello dell'aqqua *bd*, e l'altra parte *mo* resta summersa ed ingombrata dall'aqqua *bh*, che si è elevata sopra il primo livello. Ed è manifesto, la mole dell'aqqua *bh* essere eguale alla mole del solido *al*, demersa sotto 'l primo livello *abcd*; perché detraendo via il solido *ef*, l'aqqua *hb* scorrerà a riempiere il luogo occupato dal solido *al*, dove sarà per l'appunto contenuta, come era avanti l'immersion del prisma. È dunque manifesto, la mole dell'aqqua *bh* esser minore della mole del solido *ml*, che si trova demersa. E perché la mole dell'aqqua *bh* è eguale alla mole del prisma *ef*, posta comune la mole *om*, sarà la mole *md* eguale alla mole *ml*; e però la mole dell'aqqua *gd* alla mole del prisma *ml* averà la medesima proporzione che alla mole *md*: ma la mole *gd* alla mole *dm* è come la superficie *gh* alle due superficie *gh* ed *nc*: adunque la mole dell'aqqua alzata alla mole del solido demersa è come la superficie dell'aqqua ambiente alla medesima superficie con la superficie del solido ».



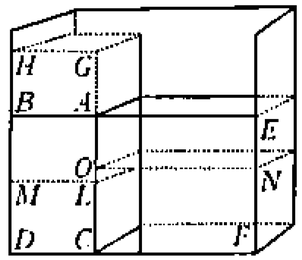
del solido. Sia il vaso A B C D, *ed in esso l'acqua alta sino al livello* E F G, *avanti che il prisma solido* H I K *vi sia immerso; ma dopo che egli è demerso, siasi sollevata l'acqua sino al livello* L M: *sarà dunque già il solido* H I K *tutto sott'acqua, e la mole dell'acqua alzata sarà* L G, *la quale è minore della mole del solido demerso, cioè di* H I K, *essendo eguale alla sola parte* E I K, *che si trova sotto il primo livello* E F G. *Il che è manifesto: perché se si cavasse fuori il solido* H I K, *l'acqua* L G *tornerebbe nel luogo occupato dalla mole* E I K, *dove era contenuta avanti l'immersione del prisma: ed essendo la mole* L G *eguale alla mole* E K, *aggiunta comunemente la mole* E N, *sarà tutta la mole* E M, *composta della parte del prisma* E N *e dell'acqua* N F, *eguale a tutto 'l solido* H I K, *e però la mole* L G *alla* E M *arà la medesima proporzione che alla mole* H I K: *ma la mole* L G *alla mole* E M *ha la medesima proporzione che la superficie* L M *alla superficie* M H: *adunque è manifesto, la mole dell'acqua sollevata* L G *alla mole del solido demerso* H I K *aver la medesima proporzione che la superficie* L M, *che è quella dell'acqua ambiente il solido, a tutta la superficie* H M, *composta della detta ambiente e della base del prisma* H N. *Ma se intenderemo, il primo livello dell'acqua essere secondo la superficie* H M, *ed il prisma già demerso* H I K *esser poi estratto ed alzato sino in* E A O, *e l'acqua essersi abbassata dal primo livello* H L M *sino in* E F G, *è manifesto che, essendo il prisma* E A O *l'istesso che* H I K, *la parte sua superiore* H O *sarà eguale all'inferiore* E I K, *rimossa la parte comune* E N; *ed, in conseguenza, la mole dell'acqua* L G *essere eguale alla mole* H O, *e però minore del solido che si trova fuor dell'acqua, che è tutto 'l prisma* E A O, *al quale similmente essa mole d'acqua abbassata* L G *ha la medesima proporzione che la superficie dell'acqua circumfusa* L M *alla medesima superficie circumfusa insieme con la base del prisma* A O: *il che ha la medesima dimostrazione che l'altro caso di sopra.*



E di qui si raccoglie, che la mole dell'acqua che s'alza nell'immersion del solido, o che s'abbassa nell'estrarlo, non è eguale a tutta la mole del solido che si trova demersa o estratta, ma a quella parte solamente, che nell'immersione resta sotto il primo livello dell'acqua, e nell'estrazione riman sopra simil primo livello: che è quello che doveva esser dimostrato[17]. *Seguiteremo ora le altre cose.*

E prima dimostreremo, che quando in uno de' vasi sopraddetti, di qualunque larghezza, benché immensa o angusta, sia collocato un tal prisma o cilindro, circondato da acqua, se alzeremo tal solido a perpendicolo, l'acqua circunfusa s'abbasserà; e l'abbassamento dell'acqua all'alzamento del prisma avrà la medesima proporzione, che l'una delle base del prisma alla superficie dell'acqua circunfusa.

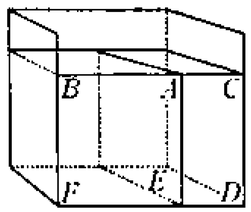
Sia nel vaso, qual si è detto, collocato il prisma *A C D B*, e nel resto dello spazio infusa l'acqua, sino al livello *E A*; e alzandosi il solido *A D*, sia trasferito in *G M*, e l'acqua s'abbassi da *E A* in *N O*: dico che la scesa dell'acqua, misurata dalla linea *A O*, alla salita del prisma, misurata dalla linea *G A*, ha la stessa proporzione, che la base del solido *G H* alla superficie dell'acqua *N O*. Il che è manifesto: perché la mole del solido *G A B H*, alzata sopra 'l primo livello *E A B*, è eguale alla mole dell'acqua, che si è abbassata, *E N O A*: son dunque due prismi eguali, *E N O A* e *G A B H*: ma de' prismi eguali le base rispondono contrariamente alle altezze: adunque, come l'altezza *O A* all'altezza *A G*, così è la superficie o base *G H* alla superficie dell'acqua *N O*. Quando dunque, per esemplo, una colonna fusse collocata in piede in un grandissimo vivaio pieno d'acqua, o pure in un pozzo, capace di poco più che la mole di detta colonna, nell'alzarla ed estrarla dell'acqua, secondo che la colonna si sollevasse, l'acqua, che la circonda, s'andrebbe abbassando; e l'abbassamento dell'acqua allo spazio dell'alzamento della



[17] Notevole è la somiglianza tra questa dimostrazione e quella di Archimede per il comportamento dei galleggianti in un fluido.

colonna avrebbe la medesima proporzione, che la grossezza della colonna all'eccesso della larghezza del pozzo o vivaio sopra la grossezza di essa colonna: sì che, se il pozzo fusse l'ottava parte più largo della grossezza della colonna, e la larghezza del vivaio venticinque volte maggiore della medesima grossezza, nell'alzar che si facesse la colonna un braccio, l'acqua del pozzo s'abbasserebbe sette braccia, e quella del vivaio un ventiquattresimo di braccio solamente.

Dimostrato questo, non sarà difficile lo 'ntendere, per la sua vera cagione, come un prisma o cilindro retto, di materia in ispecie men grave dell'acqua, se sarà circondato dall'acqua secondo tutta la sua altezza, non resterà sotto, ma si solleverà, benché l'acqua circunfusa fosse pochissima e di gravità assoluta quanto si voglia inferiore alla gravità di esso prisma. Sia dunque nel vaso *C D F B* posto il prisma *A E F B*, men grave in ispecie dell'acqua, e, infusa l'acqua, alzisi sino all'altezza del prisma: dico che lasciato il prisma in sua libertà, si solleverà, sospinto dall'acqua circunfusa *C D E A*. Imperocché, essendo l'acqua *C E* più grave in ispecie del solido *A F*, maggior proporzione avrà il peso assoluto dell'acqua *C E* al peso assoluto del prisma *A F* che la mole *C E* alla mole *A F* (imperocché la stessa proporzione ha la mole alla mole, che il peso assoluto al peso assoluto, quando le moli sono della medesima gravità in ispecie): ma la mole *C E* alla mole *A F* ha la medesima proporzione, che la superficie dell'acqua *C A* alla superficie o base del prisma *A B*, la quale è la medesima che la proporzione dell'alzamento del prisma, quando si elevasse, all'abbassamento dell'acqua circunfusa *C E*: adunque il peso assoluto dell'acqua *C E* al peso assoluto del prisma *A F* ha maggior proporzione, che l'alzamento del prisma *A F* all'abbassamento di essa acqua *C E*. Il momento, dunque, composto della gravità assoluta dell'acqua *C E* e della velocità del suo abbassamento, mentre ella fa forza, premendo, di scacciare e di sollevare il solido *A F*, è maggiore del momento composto del peso assoluto

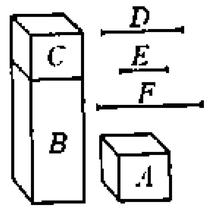


del prisma *A F* e della tardità del suo alzamento, col qual momento egli contrasta allo scacciamento e forza fattagli dal momento dell'acqua: sarà dunque sollevato il prisma.

Séguita ora che procediamo avanti a dimostrare più particolarmente, sino a quanto saranno tali solidi, men gravi dell'acqua, sollevati, cioè qual parte di loro resterà sommersa, e quale sopra la superficie dell'acqua. Ma prima è necessario dimostrare il seguente lemma.

I pesi assoluti de' solidi hanno la proporzion composta delle proporzioni delle lor gravità in specie e delle lor moli.

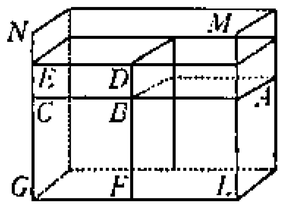
Sieno due solidi *A* e *B*: dico, il peso assoluto di *A* al peso assoluto di *B* aver la proporzion composta delle proporzioni della gravità in ispecie di *A* alla gravità in ispecie di *B* e della mole *A* alla mole *B*. Abbia la linea *D* alla *E* la medesima proporzione che la gravità in ispecie di *A* alla gravità in ispecie di *B*, e la *E* alla *F* sia come la mole *A* alla mole *B*; è manifesto, la proporzione *D* ad *F* esser composta delle proporzioni *D* ad *E* ed *E* ad *F*: bisogna dunque dimostrare, come *D* ad *F*, così essere il peso assoluto di *A* al peso assoluto di *B*. Pongasi il solido *C* eguale ad *A* in mole, e della medesima gravità in ispecie del solido *B*: perché dunque *A* e *C* sono in mole eguali, il peso assoluto di *A* al peso assoluto di *C* avrà la medesima proporzione che la gravità in ispecie di *A* alla gravità in ispecie di *C* o di *B*, che è in ispecie la medesima, cioè che la linea *D* alla *E*: e perché *C* e *B* sono della medesima gravità in ispecie, sarà come il peso assoluto di *C* al peso assoluto di *B*, così la mole *C*, o vero la mole *A*, alla mole *B*, cioè la linea *E* alla *F*. Come dunque il peso assoluto di *A* al peso assoluto di *C*, così la linea *D* alla *E*, e come il peso assoluto di *C* al peso assoluto di *B*, così la linea *E* alla *F*: adunque, per la proporzione eguale, il peso assoluto di *A* al peso assoluto di *B* è come la linea *D* alla linea *F*: che bisognava dimostrare [18].



[18] Un frammento, riportato a p. 54, del vol. IV dell'ed. naz., riproduce esattamente questo teorema.

Passo ora a dimostrar come: Se un cilindro o prisma solido sarà men grave in ispecie dell'acqua, posto in un vaso come di sopra, di qual si voglia grandezza, e infusa poi l'acqua, resterà il solido senza essere sollevato sin che l'acqua arrivi a tal parte dell'altezza di quello, alla quale tutta l'altezza del prisma abbia la medesima proporzione che la gravità in ispecie dell'acqua alla gravità in ispecie di esso solido; ma infondendo più acqua, il solido si solleverà.

Sia il vaso *M L G N*, di qualunque grandezza, ed in esso sia collocato il prisma solido *D F G E*, men grave in ispecie dell'acqua; e qual proporzione ha la gravità in ispecie dell'acqua a quella del prisma, tale abbia l'altezza *D F* all'altezza *F B*: dico che, infondendosi acqua sino all'altezza *F B*, il solido *D G* non si eleverà, ma ben sarà ridotto all'equilibrio, sì che ogni poco più d'acqua che si aggiunga, si solleverà. Sia dunque infusa l'acqua sino al livello *A B C*; e perché la gravità in ispecie del solido *D G* alla gravità in ispecie dell'acqua è come l'altezza *B F* all'altezza *F D*, cioè come la mole *B G* alla mole *G D*, e la proporzione della mole *B G* alla mole *G D* con la proporzione della mole *G D* alla mole *A F* compongono la proporzione della mole *B G* alla mole *A F*, adunque la mole *B G* alla mole *A F* ha la proporzion composta delle proporzioni della gravità in ispecie del solido *G D* alla gravità in ispecie dell'acqua e della mole *G D* alla mole *A F*. Ma le medesime proporzioni, della gravità in ispecie di *G D* alla gravità in ispecie dell'acqua, e della mole *G D* alla mole *A F*, compongono ancora, per lo lemma precedente, la proporzione del peso assoluto del solido *D G* al peso assoluto della mole dell'acqua *A F*: adunque, come la mole *B G* alla mole *A F*, così è il peso assoluto del solido *D G* al peso assoluto della mole dell'acqua *A F*. Ma come la mole *B G* alla mole *A F*, così è la base del prisma *D E* alla superficie dell'acqua *A B*, e così la scesa dell'acqua *A B* alla salita del solido *D G*: adunque la scesa dell'acqua alla salita del prisma ha la medesima proporzione, che il peso



assoluto del prisma al peso assoluto dell'acqua; adunque il momento resultante dalla gravità assoluta dell'acqua *A F* e dalla velocità del moto nell'abbassarsi, col qual momento ella fa forza per cacciare e sollevare il prisma *D G*, è eguale al momento che risulta dalla gravità assoluta del prisma *D G* e dalla velocità del moto con la quale, sollevato, ascenderebbe; col qual momento e' resiste all'essere alzato: perché dunque tali momenti sono eguali, si farà l'equilibrio tra l'acqua e 'l solido. Ed è manifesto che, aggiugnendo un poco d'acqua sopra l'altra *A F*, s'accrescerà gravità e momento, onde il prisma *D G* sarà superato e alzato, sin che la sola parte *B F* resti sommersa: che è quello che bisognava dimostrare.

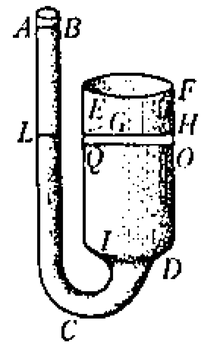
Da quanto si è dimostrato si fa manifesto, come i solidi men gravi in ispecie dell'acqua si sommergono solamente sin tanto, che tanta acqua in mole quanta è la parte del solido sommersa pesi assolutamente quanto tutto il solido. Imperocché, essendosi posto che la gravità in ispecie dell'acqua alla gravità in ispecie del prisma *D G* abbia la medesima proporzione che l'altezza *D F* all'altezza *F B*, cioè che il solido *D G* al solido *G B*, dimostreremo agevolmente, che tanta acqua in mole quanta è la mole del solido *B G*, pesa assolutamente quanto tutto il solido *D G*. Imperocché, per lo lemma precedente, il peso assoluto d'una mole d'acqua eguale alla mole *B G*, al peso assoluto del prisma *D G* ha la proporzione composta delle proporzioni della mole *B G* alla mole *G D* e della gravità in ispecie dell'acqua alla gravità in ispecie del prisma: ma la gravità in ispecie dell'acqua, alla gravità in ispecie del prisma è posta come la mole *D G* alla mole *G B*: adunque la gravità assoluta d'una mole d'acqua uguale alla mole *B G*, alla gravità assoluta del solido *G D* ha la proporzione composta delle proporzioni della mole *B G* alla mole *G D* e della mole *D G* alla mole *G B*, che è proporzione d'egualità. La gravità, dunque, assoluta d'una mole d'acqua eguale alla parte della mole del prisma *B G*, è eguale alla gravità assoluta di tutto 'l solido *D G*.

Séguita in oltre che, posto un solido men grave dell'acqua in un vaso di qual si voglia grandezza, e circunfusagli attorno

acqua sino a tale altezza, che tanta acqua in mole, quanta sia la parte del solido sommersa, pesi assolutamente quanto tutto il solido, egli da tale acqua sarà giustamente sostenuto, e sia l'acqua circunfusa in quantità immensa o pochissima. Imperocché, se il cilindro o prisma *M*, men grave dell'acqua, v. g., in proporzione subsesquiterza, sarà posto nel vaso immenso *A B C D*, e alzatagli attorno l'acqua sino a' tre quarti della sua altezza, cioè sino al livello *A D*, sarà sostenuto e equilibrato per appunto: lo stesso gli accadrebbe se il vaso *E N S F* fusse piccolissimo, in modo che tra 'l vaso e 'l solido *M* restasse uno angustissimo spazio, e solamente capace di tanta acqua che né anche fusse la centesima parte della mole *M*, dalla quale egli similmente sarebbe sollevato e retto, come prima ella fusse alzata sino alli tre quarti dell'altezza del solido. Il che a molti potrebbe, nel primo aspetto, aver sembianza di grandissimo paradosso, e destar concetto che la dimostrazione di tale effetto fosse sofistica e fallace; ma per quelli che per tale la reputassero, c'è la sperienza di mezo, che potrà rendergli certi: ma chi sarà capace di quanto importi la velocità del moto, e come ella a capello ricompensa il difetto e 'l mancamento di gravità, cesserà di maravigliarsi, nel considerare come all'alzamento del solido *M* pochissimo s'abbassa la gran mole dell'acqua *A B C D*, ma assaissimo ed in uno stante decresce la piccolissima mole dell'acqua *E N S F* come prima il solido *M* si eleva, benché per brevissimo spazio; onde il momento composto della poca gravità assoluta dell'acqua *E N S F* e della grandissima velocità nello abbassarsi, pareggia la forza e 'l momento che risulta dalla composizione dell'immensa gravità dell'acqua *A B C D* con la grandissima tardità nell'abbassarsi, avvegna che, nell'alzarsi il solido *M*, l'abbassamento della pochissima acqua *E S* si muove tanto più velocemente che la grandissima mole dell'acqua *A C*, quanto appunto questa è più di quella. Il che dimostrerremo così.

Nel sollevarsi il solido *M*, l'alzamento suo all'abbassamento dell'acqua *E N S F* circunfusa ha la medesima proporzione, che la superficie di essa acqua alla superficie o base di esso solido *M*; la qual base alla superficie dell'acqua *A D* ha la proporzion medesima, che l'abbassamento dell'acqua *A C* all'alzamento del solido *M*; adunque, per la proporzion perturbata, nell'alzarsi il medesimo solido *M*, l'abbassamento dell'acqua *A B C D* all'abbassamento dell'acqua *E N S F* ha la medesima proporzione, che la superficie dell'acqua *E F* alla superficie dell'acqua *A D*, cioè che tutta la mole dell'acqua *E N S F* a tutta la mole *A B C D*, essendo egualmente alte. È manifesto, dunque, come nel cacciamento e alzamento del solido *M* l'acqua *E N S F* supera in velocità di moto l'acqua *A B C D* di tanto, di quanto ella vien superata da quella in quantità: onde i momenti loro in tale operazione son ragguagliati.

E per amplissima confermazione e più chiara esplicazione di questo medesimo, considerisi la presente figura (e, s'io non m'inganno, potrà servire per cavar d'errore alcuni meccanici prattici, che sopra un falso fondamento tentano talora imprese impossibili), nella quale al vaso larghissimo E I D F, *vien continuata l'angustissima canna* I C A B, *ed intendasi in essi infusa l'acqua sino al livello L G H; la quale in questo stato si quieterà, non senza meraviglia di alcuno, che non capirà così subito come esser possa, che il grave carico della gran mole dell'acqua* G D, *premendo abbasso, non sollevi e scacci la piccola quantità dell'altra contenuta dentro alla canna* C L, *dalla quale gli vien contesa ed impedita la scesa. Ma tal meraviglia cesserà, se noi cominceremo a fingere l'acqua* G D *essersi abbassata solamente sino a* Q O, *e considereremo poi ciò che averà fatto l'acqua* C L: *la quale, per dar luogo all'altra che si è scemata dal livello* G H *sino al livello* Q O, *doverà per necessità essersi nell'istesso tempo alzata dal livello* L *sino in* A B, *ed esser la salita* L B *tanto maggiore della scesa* G Q, *quant'è l'ampiezza del vaso* G D *maggiore della larghezza della canna* L C, *che in somma è quanto l'acqua* G D *è più della* L C. *Ma essendo che il momento della velocità del moto in un mobile compensa quello della gravità*



di un altro, qual meraviglia sarà se la velocissima salita della poca acqua C L *resisterà alla tardissima scesa della molta* G D [19]?

Accade, adunque, in questa operazione lo stesso a capello che nella stadera, nella quale un peso di due libre ne contrappeserà un altro di 200, tuttavolta che nel tempo medesimo quello si dovesse muovere per ispazio 100 volte maggiore che questo; il che accade quando l'un braccio della libra sia più cento volte lungo dell'altro. Cessi per tanto la falsa opinione in quelli che stimavano che un navilio meglio e più agevolmente fosse sostenuto in grandissima copia d'acqua che in minor quantità (*in ciò creduto da Aristotile ne' Problemi, alla Sezion 23, Probl. 2*), essendo, all'in-

[19] Galilei spiega qui il fenomeno dell'equilibrio idrostatico nei vasi comunicanti, come conseguenza dell'applicazione del principio delle velocità virtuali alla nozione di momento; questa spiegazione non trovò consenso fra i suoi allievi: Antonio Nardi, in un manoscritto inedito, intitolato le *Scene* (Mss. galileiani, Discepoli, t. 20, pp. 661 segg.) citò appunto questo passo per mostrare l'errore in cui cadono certi « meccanici » quando « cercano di render ragione perché questi pesi diseguali da certe distanze reciprocamente diseguali pesino egualmente » col dire che si compensano, « in una bilancia di diseguali braccia, le velocità del moto con la grandezza del momento » e aggiunse: « Ma ciò non è in vero cagione dell'equilibrio perché così discorrendo s'adduce di un effetto in atto una cagione in potenza ». Va tuttavia rilevato, sul piano della comprensione storica della spiegazione addotta da Galilei al fenomeno, che il notevole e frequente interesse da lui manifestato per i problemi di ingegneria idraulica, – di cui sono copioso ed illuminante esempio le ricerche di meccanica idraulica compiute a Padova, l'esame della coclea di Archimede, nelle *Mechaniche* (pp. 183 segg.), la *Scrittura attenente all'idraulica*, che riportiamo qui di séguito nella presente raccolta, le lettere al Baliani (pp. 932-37, 960-71) – lo aveva spinto a studiare il problema del tutto tecnico (è questo, come è noto, uno degli aspetti più moderni e più realistici della scienza galileiana), dell'elevazione dell'acqua mediante sifoni o tubi, tanto che nel 1593 ottenne dalla Repubblica veneta il brevetto per la costruzione di un « edificio da alzar acque ed adacquar terreni ». Galilei risolve in via teorica il problema qui posto, avvalendosi della legge, da lui esposta prima nel *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* (vol. II, p. 39) e poi nei *Discorsi intorno a due nuove scienze* (vol. II, p. 762), secondo cui la velocità raggiunta da un corpo in caduta libera consente al corpo medesimo di raggiungere un'altezza pari a quella da cui era caduto; appunto nel citato passo del *Dialogo* egli aggiunge: « Mostrami l'istesso l'acqua che, scendendo per un sifone, rimonta altrettanto quanto fu la sua scesa ».

contro, vero che è possibile che una nave così ben galleggi in dieci botti di acqua come nell'oceano.

Ma, seguitando la nostra materia, dico che da quanto si è sin qui dimostrato possiamo intendere, come uno de' soprannominati solidi, quando fusse più grave in ispecie dell'acqua, non potrebbe mai da qualsivoglia quantità di quella esser sostenuto. Imperò che, avendo noi veduto, come il momento, col quale un tal solido grave in ispecie come l'acqua contrasta col momento di qualunque mole d'acqua, è potente a ritenerlo sino alla total sommersione, senza che egli si elevi; resta manifesto, che molto meno potrà dall'acqua esser sollevato, quando e' sia più di quella grave in ispecie: onde, infondendosi acqua sino alla total sua sommersione, resterà ancora in fondo, e con tanta gravità e renitenza all'esser sollevato, quanto è l'eccesso del suo peso assoluto sopra il peso assoluto d'una mole a sé eguale fatta d'acqua o di materia in ispecie egualmente grave come l'acqua [20]. E benché s'aggiugnesse poi grandissima quantità d'acqua sopra il livello di quella che pareggia l'altezza del solido, non però s'accresce la pressione o aggravamento delle parti circonfuse al detto solido, per la quale maggior pressione egli avesse ad esser cacciato; perché il contrasto non gli vien fatto se non da quelle parti dell'acqua, le quali al moto d'esso solido esse ancora si muovono, e queste son quelle solamente che son comprese tra le due superficie equidistanti all'orizzonte e fra di loro parallele, le quali comprendon l'altezza del solido immerso nell'acqua.

[20] Come si vedrà meglio e più ampiamente nelle pagine seguenti, Galilei distrugge la teoria peripatetica sul galleggiamento dei corpi, dimostrando che la causa dell'affondamento è identica a quella del venire a galla, onde la forma del galleggiamento non vale a spiegare tutti i due fenomeni in modo univoco. In un frammento egli scrive molto argutamente: « se la tavoletta non va al fondo mediante la figura, sì che essa figura, e non altro, sia causa del non andare al fondo, chi vorrà farla andare al fondo, bisognerà che egli muti la figura: ma senza mutar figura ella va al fondo: adunque altro che la figura è causa dell'andare o non andare al fondo » (IV, p. 20); e più avanti aggiunge: « la causa per la quale un solido non viene a galla nell'acqua, è la medesima che quella per la quale ei va al fondo: ma la figura non è mai causa del non venire a galla; adunque non sarà mai causa dell'andare al fondo » (IV, p. 23).

Parmi d'aver sin qui a bastanza dichiarata e aperta la strada alla contemplazione della vera, intrinseca e propria cagione de' diversi movimenti e della quiete de' diversi corpi solidi ne' diversi mezi e in particolare nell'acqua, mostrando come in effetto il tutto depende dagli scambievoli eccessi della gravità de' mobili e de' mezi, e, quello che sommamente importava, rimovendo l'instanza ch'a molti avrebbe potuto per avventura apportar gran dubbio e difficultà intorn'alla verità della mia conclusione, cioè come, stante che l'eccesso della gravità dell'acqua sopra la gravità del solido, che in essa si pone, sia cagion del suo galleggiare e sollevarsi dal fondo alla superficie, possa una quantità d'acqua, che pesi meno di dieci libre, sollevare un solido che pesi più di cento: dove abbiamo dimostrato, come basta che tali differenze si trovino tra le gravità in ispecie de' mezi e de' mobili, e sien poi le gravità particolari e assolute quali esser si vogliano; in guisa tale che un solido, purch'ei sia in ispezie men grave dell'acqua, benché poi di peso assoluto fosse mille libre, potrà da dieci libre d'acqua, e meno, essere innalzato; e, all'opposito, altro solido, purché in ispecie sia più grave dell'acqua, benché di peso assoluto non fosse più d'una libbra, non potrà da tutto 'l mare esser sollevato dal fondo o sostenuto. Questo mi basta, per quanto appartiene al presente negozio, avere co' sopra dichiarati esempli scoperto e dimostrato, senza estender tal materia più oltre e, come si potrebbe, in lungo trattato; anzi, se non fosse stata la necessità di risolvere il sopra posto dubbio, mi sarei fermato in quello solamente che da Archimede vien dimostrato nel primo libro *Delle cose che stanno sopra l'acqua*, dov'in universale si concludono e stabiliscon le medesime conclusioni, cioè che i solidi men gravi dell'acqua soprannuotano, i più gravi vanno al fondo, gli egualmente gravi stanno indifferentemente in ogni luogo, purché stieno totalmente sotto acqua.

Ma perché tal dottrina d'Archimede, vista, trascritta ed esaminata dal Sig. Francesco Buonamico nel quinto libro *Del moto*, al cap. 29, e poi dal medesimo confutata, potrebbe dall'autorità di filosofo così celebre e famoso esser resa dubbia

e sospetta di falsità; ho giudicato necessario 'l difenderla, se sarò potente a farlo, e purgare Archimede da quelle colpe delle quali par ch'e' venga imputato.

Lascia il Buonamico la dottrina d'Archimede, prima, come non concorde con l'opinion d'Aristotile; soggiugnendo, parergli cosa ammiranda che l'acqua debba superar la terra in gravità, vedendosi, in contrario, crescer la gravità nell'acqua mediante la participazion della terra. Soggiugne appresso, non restar soddisfatto delle ragioni d'Archimede, per non poter con quella dottrina assegnar la cagione, donde avvenga che un legno e un vaso, che per altro stia a galla nell'acqua, vada poi al fondo se s'empierà d'acqua; che, per essere il peso dell'acqua, che in esso si contiene, eguale all'altr'acqua, dovrebbe fermarsi al sommo nella superficie; tuttavia si vede andare in fondo. Di più aggiugne che Aristotile chiaramente ha confutato gli antichi, che dicevano i corpi leggieri esser mossi all'in su, scacciati dalla 'mpulsione dell'ambiente più grave; il che se fusse, parrebbe che di necessità ne seguisse, che tutti i corpi naturali fussero di sua natura gravi e niuno leggiere, perché 'l medesimo accadrebbe ancora dell'aria e del fuoco, posti nel fondo dell'acqua. E benché Aristotile conceda la pulsione negli elementi, per la quale la terra si riduce in figura sferica, non però, per suo parere, è tale che ella possa rimuovere i corpi gravi dal luogo suo naturale; anzi che più tosto gli manda verso il centro, al quale (come egli alquanto oscuramente séguita di dire) principalmente si muove l'acqua, se già ella non incontra chi gli resista e per la sua gravità non si lasci scacciare dal luogo suo, nel qual caso, se non direttamente, al meno come si può, conseguisce il centro: ma al tutto per accidente i leggieri per tale impulsione vengono ad alto, ma ciò hanno per lor natura, come anche lo stare a galla. Conclude finalmente di convenir con Archimede nelle conclusioni, ma non nelle cause, le quali egli vuol riferire alla facile o difficile divisione del mezo, e al dominio degli elementi: sì che quando il mobile supera la podestà del mezo, come, per esempio, il piombo la continuità dell'acqua, si moverà per quella; altramente, no.

Questo è quello che io ho potuto raccorre, esser prodotto contro Archimede dal Sig. Buonamico: il quale non s'è curato d'atterrare i principii e le supposizioni d'Archimede, che pure è forza che sieno falsi, se falsa è la dottrina da quelli dependente; ma s'è contentato di produrre alcuni inconvenienti e alcune repugnanze all'opinione e alla dottrina d'Aristotile. Alle quali obbiezioni rispondendo dico, prima, che l'essere semplicemente la dottrina d'Archimede discorde da quella d'Aristotile, non dovrebbe muovere alcuno ad averla per sospetta, non constando cagion veruna per la quale l'autorità di questo debba essere anteposta all'autorità di quello. Ma perché, dove s'hanno i decreti della natura, indifferentemente esposti a gli occhi dello intelletto di ciascheduno, l'autorità di questo e di quello perde ogni autorità nel persuadere, restando la podestà assoluta alla ragione [21]; però passo a quello che vien nel secondo luogo prodotto, come assurdo conseguente alla dottrina d'Archimede, cioè

[21] Oltre alle singole scoperte nel campo della fisica e dell'astronomia, per le quali invero non è difficile rintracciare precorrimenti ed anticipazioni che si spingono fino al sec. XIV, ciò che consente di definire senza esitazioni Galilei come il fondatore della scienza moderna è la sicurezza intellettuale, la fiducia nel valore giudicante della ragione umana che, per una singolare economia intellettuale, respinge ogni scrupolo psicologico o metafisico e accetta, come canone fondamentale di ogni seria ricerca un'unica e indiscussa autorità, la Natura, « maestra » di scienza severa quanto ferma ed inesorabile. Questo convincimento fondamentale, questa ideologica razionalistica, costituisce una virtù sintetica di tutte le diverse indagini condotte dallo scienziato pisano e, nella fiducia ottimistica delle capacità intellettuali dell'uomo, fa precipitare nel grottesco ogni forma di ossequio al principio di autorità, ritenuto come preclusivo di ogni proficuo progresso del sapere. Di qui deriva non solo la nota contrapposizione polemica tra i libri di Aristotele e il « libro della natura », ma anche la coraggiosa e decisa distinzione tra l'autorità della religione e quella della scienza, mirabilmente esposta nella celebre lettera al Castelli (pp. 525-33). Attraverso una precisa ed equa valutazione del naturalismo matematizzante che ispira Galilei – come, d'altro canto, altri autorevoli esponenti delle correnti scientifiche d'avanguardia del sec. XVII – si intende la fondatezza di quanto asseriscono quegli storici della scienza che assegnano all'opera di Galilei un ruolo preilluministico di significativa importanza (si veda per quest'ultimo aspetto L. GEYMONAT, *G. Galilei* cit., e la nostra introduzione al *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, Bari, Laterza, 1963).

che l'acqua dovesse esser più grave della terra. Ma io veramente non trovo che Archimede abbia detta tal cosa, né che ella si possa dedurre dalle sue conclusioni; e quando ciò mi fusse manifestato, credo assolutamente che io lascerei la sua dottrina, come falsissima. Forse è appoggiata questa deduzione del Buonamico sopra quello che egli soggiugne del vaso, il quale galleggia sin che sarà vòto d'acqua, ma poi, ripieno, va al fondo; e intendendo d'un vaso di terra, inferisce contro Archimede così: Tu di' che i solidi che galleggiano, sono men gravi dell'acqua; questo vaso di terra galleggia; adunque tal vaso è men grave dell'acqua, e però la terra è men grave dell'acqua. Se tale è la illazione, io facilmente rispondo, concedendo che tal vaso sia men grave dell'acqua, e negando l'altra conseguenza, cioè che la terra sia men grave dell'acqua [22]. Il vaso che soprannuota, occupa nell'acqua non solamente un luogo eguale alla mole della terra della quale egli è formato, ma eguale alla terra e all'aria insieme nella sua concavità contenuta; e se una tal mole, composta di terra e d'aria, sarà men grave d'altrettanta acqua, soprannoterà, e sarà conforme alla dottrina d'Archimede: ma se poi, rimovendo l'aria, si riempierà il vaso d'acqua, sì che il solido posto nell'acqua non sia altro che terra, né occupi altro luogo che quello che dalla sola terra viene ingombrato, allora egli andrà al fondo, per esser la terra più grave dell'acqua; e ciò concorda benissimo con la mente d'Archimede. Ecco il medesimo effetto dichiarato con altra esperienza simile. Nel volere spignere al fondo una boccia di vetro mentre è ripiena d'aria, si sente grandissima renitenza, perché non è il solo vetro quello che si spigne sotto acqua, ma, insieme col vetro, una gran mole d'aria, e tale che chi prendesse tanta acqua quanta è la mole del vetro e dell'aria in esso contenuta, avrebbe un peso molto maggiore che quello della boccia e della sua aria; e però

[22] La contraddizione nella quale il pensiero del Buonamico resta, nonostante i suoi sforzi, inviluppato è dovuta al fatto che egli intende la pesantezza in senso assoluto, come diceva Aristotele. Cfr. più avanti, la nota 24.

non si sommergerà senza gran violenza: ma se si metterà nell'acqua il vetro solamente, che sarà quando la boccia s'empierà d'acqua, allora il vetro discenderà al fondo, come superiore in gravità all'acqua.

Tornando, dunque, al primo proposito, dico che la terra è più grave dell'acqua, e che però un solido di terra va al fondo; ma può ben farsi un composto di terra e d'aria, il quale sia men grave d'altrettanta mole di acqua, e questo resterà a galla: e sarà l'una e l'altra esperienza molto ben concorde alla dottrina d'Archimede. Ma perché ciò mi pare che non abbia difficultà, io non voglio affermativamente dire che il Sig. Buonamico volesse da un simil discorso opporre ad Archimede l'assurdo, dello 'nferirsi dalla sua dottrina che la terra fusse men grave dell'acqua; benché io veramente non sappia immaginarmi, quale altro accidente lo possa avere indotto a ciò.

Forse tal problema (per mio creder favoloso), letto dal Sig. Buonamico in altro autore, dal quale per avventura fu attribuito per proprietà singolare a qualche acqua particolare, viene ora usato con doppio errore in confutare Archimede; poiché egli non dice tal cosa, né da chi la disse fu asserita dell'acqua del comune elemento.

Era la terza difficultà nella dottrina d'Archimede il non si poter render ragione, onde avvenga che un legno e un vaso pur di legno, che per altro galleggia, vada al fondo se si riempierà d'acqua. Ha creduto il signor Buonamico, che un vaso di legno, e di legno che per sua natura stia a galla, vada poi al fondo come prima e' s'empia d'acqua; di che egli nel capitolo seguente, che è il 30 del quinto libro, copiosamente discorre: ma io, parlando sempre senza diminuzione della sua singolar dottrina, ardirò, per difesa d'Archimede, di negargli tale esperienza, essendo certo che un legno il quale, per sua natura, non va al fondo nell'acqua, non v'andrà altresì incavato e ridotto in figura di qual si voglia vaso, e poi empiuto d'acqua. E chi vorrà vederne prontamente l'esperienza in qualche altra materia trattabile e che agevolmente si riduca in ogni figura, potrà pigliar della cera pura e, facendone prima una palla o altra figura solida, aggiu-

guervi tanto di piombo che a pena la conduca al fondo, sì che un grano di manco non bastasse per farla sommergere; perché, facendola poi in forma d'un vaso, e empiendolo d'acqua, troverrà che senza il medesimo piombo non andrà in fondo, e che col medesimo piombo discenderà con molta tardità, ed, in somma, s'accerterà che l'acqua contenuta non gli apporta alterazione alcuna. Io non dico già che non si possano, di legno che per sua natura galleggi, far barche, le quali poi, piene d'acqua, si sommergano; ma ciò non avverrà per gravezza che gli sia accresciuta dall'acqua, ma sì bene da' chiodi e altri ferramenti, sì che non più s'avrà un corpo men grave dell'acqua, ma un composto di ferro e di legno, più ponderoso d'altrettanta mole d'acqua. Cessi per tanto il Sig. Buonamico di voler render ragioni d'un effetto che non è: anzi, se l'andare al fondo il vaso di legno, quando sia ripien d'acqua, poteva render dubbia la dottrina d'Archimede, secondo la quale egli non vi dovrebbe andare, e all'incontro quadra e si confonda con la dottrina peripatetica, poiché ella accomodatamente assegna ragione che tal vaso debbe, quando sia pieno d'acqua, sommergersi; convertendo il discorso all'opposito, potremo con sicurezza dire, la dottrina d'Archimede esser vera, poiché acconciamente ella s'adatta alle esperienze vere, e dubbia l'altra, le cui deduzioni s'accomodano a false conclusioni [23]. Quanto poi all'altro punto accennato in questa medesima instanza, dove pare che il Buonamico intenda il medesimo non solamente d'un legno figurato in forma di vaso ma anche d'un legno massiccio, che ripieno, cioè, come io credo che egli voglia dire, inzuppato e pregno d'acqua, vada finalmente al fondo; ciò accade d'alcuni legni porosi, li quali, mentre hanno le porosità ripiene d'aria o d'altra materia men grave dell'acqua, sono moli in ispecie manco gravi di essa acqua, sì come è quella

[23] Il momento definitivo del metodo sperimentale è appunto rappresentato dalla verifica dell'ipotesi e delle argomentazioni operata mediante la loro riprova sperimentale: si ha così quella singolare convergenza di ragione e di esperienza, che per la sua sfiducia verso ogni presupposto speculativo e per la sua natura significativamente operativa, consentì il sorgere di un moderno abito scientifico.

boccia di vetro mentre è piena d'aria; ma quando, partendosi tal materia leggiera, succede nelle dette porosità e cavernosità l'acqua, può benissimo essere che allora tal composto resti più grave dell'acqua, nel modo che, partendosi l'aria dalla boccia di vetro e succedendovi l'acqua, ne risulta un composto d'acqua e di vetro, più grave d'altrettanta mole d'acqua; ma l'eccesso della sua gravità è nella materia del vetro, e non nell'acqua, la quale non è più grave di sé stessa: così quel che resta del legno, partendosi l'aria dalle sue concavità, se sarà più grave in ispecie dell'acqua, ripiene che saranno le sue porosità d'acqua, s'avrà un composto d'acqua e di legno, più grave dell'acqua, ma non in virtù dell'acqua ricevuta nelle porosità, ma di quella materia del legno che resta, partita che sia l'aria; e reso tale, andrà, conforme alla dottrina d'Archimede, al fondo, sì come prima, secondo la medesima dottrina, galleggiava.

A quello finalmente che viene opposto nel quarto luogo, cioè che già sieno stati da Aristotile confutati gli antichi, i quali, negando la leggerezza positiva e assoluta e stimando veramente tutti i corpi esser gravi, dicevano, quello che si muove in su essere spinto dall'ambiente, e per tanto che anche la dottrina d'Archimede, come a tale opinione aderente, resti convinta e confutata; rispondo, primieramente, parermi che 'l Sig. Buonamico imponga ad Archimede e deduca dal suo detto più di quello ch'egli ha proposto e che dalle sue proposizioni si può dedurre: avvegnaché Archimede né neghi né ammetta la leggerezza positiva, né pur ne tratti, onde molto meno si debbe inferire ch'egli abbia negato che ella possa esser cagione e principio del moto all'insù del fuoco o d'altri corpi leggieri; ma solamente, avendo dimostrato come i corpi solidi più gravi dell'acqua discendano in essa secondo l'eccesso della gravità loro sopra la gravità di quella, dimostra parimente come i men gravi ascendano nella medesima acqua secondo l'eccesso della gravità di essa sopra la gravità loro; onde il più che si possa raccorre dalle dimostrazion d'Archimede è che, sì come l'eccesso della gravità del mobile sopra la gravità dell'acqua è cagion del suo discendere in essa, così l'eccesso della gravità dell'acqua sopra quella del

mobile è bastante a fare che egli non discenda, anzi venga a galla, non ricercando se del muoversi all'in su sia o non sia altra cagion contraria alla gravità [24]. Né discorre meno acconciamente Archimede d'alcuno che dicesse: Se il vento australe ferirà la barca con maggiore impeto che non è la violenza con la quale il corso del fiume la traporta verso mezzogiorno, sarà il movimento di quella verso tramontana; ma se l'impeto dell'acqua prevarrà a quello del vento, il moto suo sarà verso mezzogiorno. Il discorso è ottimo, e immeritamente sarebbe ripreso da chi gli opponesse dicendo: Tu malamente adduci, per cagion del movimento della barca verso mezzogiorno, l'impeto del corso dell'acqua, eccedente la forza del vento australe; malamente, dico, perché c'è la forza del vento borea, contrario all'austro, potente a spinger la barca verso mezogiorno. Tale obbiezione sarebbe superflua: perché quello che adduce, per cagion del moto, il corso dell'acqua, non nega che il vento contrario all'ostro possa far lo stesso effetto, ma solamente afferma che, prevalendo l'impeto dell'acqua alla forza d'austro, la barca si moverà verso mezogiorno; e dice cosa vera. E così appunto, quando Archimede dice che, prevalendo la gravità dell'acqua a quella per la quale il mobile va a basso, tal mobile vien sollevato dal fondo alla superficie, induce cagion verissima di tale accidente, né afferma o nega che sia o non sia una virtù contraria alla gravità, detta da alcuni leggerezza, potente ella ancora a muovere alcuni corpi all'insù.

Sieno dunque indirizzate l'armi del Sig. Buonamico contra Platone e altri antichi, li quali, negando totalmente la levità e ponendo tutti li corpi esser gravi, dicevano il movimento all'insù esser fatto non da principio intrinseco del mobile, ma solamente dallo scacciamento del mezo; e resti Archimede con la sua dottrina illeso, poi che egli non dà cagion

[24] « Dirà l'avversario: — Ecco una palla, ed una tavola, d'ebano; e questa resta a galla, e quella descende; adunque la figura ne è causa. Rispondo che no; ma la gravità. Provo. Causa è quella, che posta, etc.; ma sciemata la gravità, senza mutar le figure, ambedue, poste piano, resteranno, e bagnate andranno al fondo: adunque non la figura, ma la troppa gravità, è causa dell'andare o restare » (IV, p. 22).

d'essere impugnato. Ma quando questa scusa addotta in difesa d'Archimede paresse ad alcuno scarsa per liberarlo dalle obbiezioni e argomenti fatti da Aristotile contro a Platone e agli altri antichi, come che i medesimi militassero ancora contro ad Archimede adducente lo scacciamento dell'acqua come cagione del tornare a galla i solidi men gravi di lei, io non diffiderei di poter sostener per verissima la sentenza di Platone e di quegli altri, li quali negano assolutamente la leggerezza, e affermano ne' corpi elementari non essere altro principio intrinseco di movimento se non verso il centro della terra, né essere altra cagione del movimento all'insù (intendendo di quello che ha sembianza di moto naturale) fuori che lo scacciamento del mezo fluido ed eccedente la gravità del mobile [25]; e alle ragioni in contrario d'Aristotile credo che si possa pienamente soddisfare, e mi sforzerei di farlo, quando fusse totalmente necessario nella presente materia, o non fusse troppo lunga digressione in questo breve trattato. Dirò solamente che, se in alcuno de' nostri corpi elementari fosse principio intrinseco e inclinazion naturale di fuggire il centro della terra e muoversi verso il concavo della Luna, tali corpi senza dubbio più velocemente ascenderebbono per que' mezi che meno contrastano alla velocità del mobile; e questi sono i più tenui e sottili, quale è, per esemplo, l'aria in comparazion dell'acqua, provando noi tutto 'l giorno che molto più speditamente moviamo con velocità una mano o una tavola trasversalmente in quella che in questa: tutta via non si troverrà mai corpo alcuno il quale non ascenda molto più velocemente nell'acqua che nell'aria; anzi, de' corpi che noi veggiamo continuamente ascendere con velocità nell'acqua, niuno è che, pervenuto a' confin dell'aria, non perda totalmente il moto; insino all'aria stessa, la quale, sormontando velocemente per l'acqua, giunta

[25] Nel commentare questo passo, Arturo d'Elci aveva forzato le espressioni di Galilei asserendo che « conduce alla velocità del mobile la spinta del mezzo fluido che lo segue » (IV, p. 160); Galilei aveva annotato: « il mezo non dà spinta, anzi ritira in dietro; e le parti anteriori altresì resistono, nel dovere esser aperte e mosse lateralmente: talché il mezo non fa altro che impedire i mobili che son mossi da motor congiunto con loro ».

che è alla sua regione lascia ogn'impeto e lentamente con l'altra si confonde. E avvegnaché l'esperienza ci mostri che i corpi di mano in mano men gravi più velocemente ascendon nell'acqua, non si potrà dubitare che l'esalazioni ignee più velocemente ascendano per l'acqua che non fa l'aria: la quale aria si vede per esperienza ascender più velocemente per l'acqua, che l'esalazioni ignee per l'aria: adunque di necessità si conclude, che le medesime esalazioni assai più velocemente ascendano per l'acqua che per l'aria, e che, in conseguenza, elle sieno mosse dal discacciamento del mezo ambiente, e non da principio intrinseco, che sia in loro, di fuggire il centro al qual tendono gli altri corpi gravi.

A quello che per ultima conclusione produce il Sig. Buonamico, di voler ridurre il discendere o no all'agevole e alla difficil division del mezo e al dominio de gli elementi, rispondo, quanto alla prima parte, ciò non potere in modo alcuno aver ragion di causa, avvenga che in niuno de' mezzi fluidi, come l'aria, l'acqua e altri umidi, sia resistenza alcuna alla divisione, ma tutti da ogni minima forza son divisi e penetrati, come di sotto dimostrerò; sì che di tale resistenza alla divisione non può essere azione alcuna, poi che ella stessa non è. Quanto all'altra parte, dico che tanto è 'l considerar né mobili il predominio degli elementi, quanto l'ecceso o 'l mancamento di gravità in relazione al mezo, perché 'n tale azione gli elementi non operano se non in quanto gravi o leggieri; e però tanto è 'l dire, che il legno dell'abeto non va al fondo perché è a predominio aereo, quant'è 'l dire perché è men grave dell'acqua: anzi, pur la cagione immediata è l'esser men grave dell'acqua, e l'essere a predominio aereo è cagion della minor gravità; però chi adduce per cagione il predominio dell'elemento, apporta la causa della causa, e non la causa prossima e immediata. Or chi non sa che la vera causa è la immediata, e non la mediata? In oltre, quello che allega la gravità, apporta una causa notissima al senso, perché molto agevolmente potremo accertarci se l'ebano, per esemplo, e l'abeto son più o men gravi dell'acqua: ma s'ei sieno terrei o aerei a predominio, chi ce lo manifesterà? certo niun'altra esperienza meglio, che 'l

vedere se e' galleggiano o vanno al fondo. Tal che, chi non sa che il tal solido galleggia se non quand'e' sappia ch'egli è a predominio aereo, non sa ch'e' galleggi se non quando lo vede galleggiare: perché, allora sa ch'e' galleggia, quand'e' sa ch'egli è aereo a predominio; ma non sa ch'e' sia aereo a predominio, se non quando e' lo vede galleggiare; adunque, e' non sa ch'e' galleggi, se non dopo l'averlo veduto stare a galla [26].

Non disprezziam dunque quei civanzi, pur troppo tenui, che il discorso, dopo qualche contemplazione, apporta alla nostra intelligenza; e accettiamo da Archimede il sapere, che allora qualunque corpo solido andrà al fondo nell'acqua, quand'egli sarà in ispecie più grave di quella, e che s'ei sarà men grave, di necessità galleggerà, e che indifferentemente resterebbe in ogni luogo dentro all'acqua, se la gravità sua fusse totalmente simile a quella dell'acqua.

Esplicate e stabilite queste cose, io vengo a considerare ciò che abbia, circa questi movimenti e quiete, che far la diversità di figura data ad esso mobile; e torno ad affermare:

Che la diversità di figura data a questo e a quel solido non può esser cagione in modo alcuno dell'andare egli, o non andare, assolutamente al fondo o a galla; sì che un solido che figurato, per esemplo, di figura sferica va al fondo, o viene a galla, nell'acqua, dico che, figurato di qualunque altra figura, il medesimo nella medesima acqua andrà o tornerà dal fondo, né gli potrà tal suo moto dall'ampiezza o da altra mutazion di figura esser vietato e tolto.

Può ben l'ampiezza della figura ritardar la velocità, tanto della scesa, quanto della salita, e più e più secondo che tal figura si ridurrà a maggior larghezza e sottigliezza: ma ch'ella possa ridursi a tale, ch'ella totalmente vieti il più muoversi

[26] La valutazione quantitativa degli elementi naturali è l'unica che consente un sicuro apprezzamento della realtà e, al contrario della ricerca qualitativa postulata dalla tradizionale filosofia della natura, si accorda col metodo sperimentale. Sono queste appunto le basi della scienza moderna, come si può osservare in questo passo, in cui l'unica ragione del galleggiare e dell'affondare, accertabile per via sperimentale, è il rapporto di gravità tra fluido e corpo galleggiante.

quella stessa materia nella medesima acqua, ciò stimo essere impossibile [27]. In questo ho trovato gran contradittori, li quali, producendo alcune esperienze, e in particolare una sottile assicella d'ebano e una palla del medesimo legno, e mostrando come la palla nell'acqua discendeva al fondo, e l'assicella, posata leggiermente su l'acqua, non si sommergeva ma si fermava, hanno stimato, e con l'autorità d'Aristotile confermatisi nella credenza loro, che di tal quiete ne sia veramente cagione la larghezza della figura, inabile, per lo suo poco peso, a fendere e penetrar la resistenza della crassizie dell'acqua; la qual resistenza prontamente vien superata dall'altra figura rotonda.

Questo è il punto principale della presente quistione; nel quale m'ingegnerò di far manifesto d'essermi appreso alla parte vera.

[27] Come in altri campi di ricerca, la falsificazione di questa presunta causa del galleggiare e l'accertamento della vera causa ha sempre alla sua origine, in forma sia pure incidentale, un interesse pratico, un problema tecnico, che caratterizza in modo più preciso il carattere della dimostrazione teorica non come un'operazione a priori, ma piuttosto come integrazione razionale di un'esigenza pratica, sicché si può dire che in Galilei compare prima l'ingegnere e poi il fisico. Anche nel caso presente, la discussione intorno all'incidenza della figura nel galleggiamento nasce e trova concretezza in occasione della soluzione d'un problema tecnico. In un frammento, cancellato poi dall'autore, si legge: « Io so che l'A. V. benissimo si ricorda, come quattro anni fa occorse alla presenza sua contradire al parer di alcuni ingegneri, per altro eccellenti nella profession loro, li quali, nel divisare il modo di contessere una larghissima spianata di legnami, la quale, aiutata dalla propria leggerezza del legno e da gran moltitudine di vasi, pur di legno ma concavi e pieni di aria, sopra i quali, già sottopostigli in aqqua, la detta spianata riposasse, facevano gran capitale dell'aiuto, il quale si promettevano dall'ampiezza della superficie, la quale, distesa sopra larghissimo campo di aqqua, speravano che fusse per dovere e poter sostenere, senza sommergersi, il doppio o 'l triplo più di peso che il computo minuto e particolare, raccolto separatamente da i detti vasi tavole e travi, non dimostrava loro. Sopra della qual credenza io dissi, che non bisognava far capitale che quella machina, ancor che spaziosissima, fusse per sostenere niente di più di quello che sosterrebbero le sue parti disgiunte e separate, o in altra machina, di qual si volesse forma, riunite; concludendo io generalmente, che la figura non poteva essere di aiuto o disaiuto a i corpi solidi nell'andare o non andare a fondo nell'aqqua » (IV, p. 32, n. 3).

Però, cominciando a tentar d'investigare con l'esame d'esquisita esperienza come veramente la figura non altera punto l'andare o 'l non andare al fondo i medesimi solidi, e avendo già dimostrato come la maggiore o minor gravità del solido, in relazione alla gravità del mezo, è cagione del discendere o ascendere; qualunque volta noi vogliamo far prova di ciò che operi circa questo effetto la diversità della figura, sarà necessario far l'esperienza con materie nelle quali la varietà delle gravezze non abbia luogo, perché, servendoci di materie che tra di lor possano esser di varie gravità in ispecie, sempre resteremo con ragione ambigui, incontrando varietà nell'effetto del discendere o ascendere, se tal diversità derivi veramente dalla sol figura, o pur dalla diversa gravità ancora. A ciò troveremo rimedio col prendere una sola materia, la qual sia trattabile, e atta a ridursi agevolmente in ogni sorta di figura. In oltre sarà ottimo espediente prendere una sorta di materia similissima in gravità all'acqua, perché tal materia, in quanto appartiene alla gravità, è indifferente al discendere e all'ascendere; onde speditissimamente si conoscerà qualunque piccola diversità potesse derivar dalla mutazione delle figure.

Ora, per ciò fare, attissima è la cera, la quale, oltr'al non ricever sensibile alterazione dallo 'mpregnarsi d'acqua, è trattabile, e agevolissimamente il medesimo pezzo si riduce in ogni figura; ed essendo in ispecie pochissimo manco grave dell'acqua, col mescolarvi dentro un poco di limatura di piombo si riduce in gravità similissima a quella.

Preparata una tal materia, e fattone, per esemplo, una palla grande quanto una melarancia, o più, e fattala tanto grave ch'ella stia al fondo, ma così leggiermente che, detrattole un solo grano di piombo, venga a galla, e aggiuntolo torni al fondo; riducasi poi la medesima cera in una sottilissima e larghissima falda, e tornisi a far la medesima esperienza: vedrassi che ella, posta nel fondo, con quel grano di piombo resterà a basso; detratto il grano, s'eleverà sino alla superficie; aggiuntolo di nuovo, discenderà al fondo. E questo medesimo effetto accadrà sempre in tutte le sorte di figure, tanto regolari quanto irregolari, né mai se ne troverrà alcuna, la quale venga a galla se non rimosso il grano del piombo, o cali al fondo se non aggiuntovelo; e, in somma, circa l'andare o non andare al fondo non si scorgerà diversità alcuna, ma sì bene circa 'l veloce e 'l tardo, perché le figure più larghe e distese si moveranno più lentamente, tanto nel calare al fondo quanto nel sormontare, e l'altre figure più strette o raccolte, più velocemente. Ora io non so qual diversità si debba attendere dalle varie figure, se le diversissime fra di sé non operano quanto fa un piccolissimo grano di piombo, levato o posto [28].

Parmi di sentire alcuno degli avversari muover dubbio sopra la da me prodotta esperienza, e mettermi primieramente in considerazione che la figura, come figura semplicemente e separata dalla materia, non opera cosa alcuna, ma bisogna che ella sia congiunta con la materia, e, di più, non con ogni materia, ma con quelle solamente con le quali ella può eseguire l'operazione desiderata: in quella guisa che vedremo per esperienza esser vero, che l'angolo acuto e sottile è più atto al tagliare che l'ottuso, tuttavia però che l'uno e l'altro saranno congiunti con materia atta a tagliare, come, v. g., col ferro; perciocché un coltello di taglio acuto e sottile taglia benissimo il pane e 'l legno, il che non farà se 'l taglio sarà ottuso e grosso; ma chi volesse in cambio di ferro pigliar cera, e formarne un coltello, veramente non potrebbe, in tal materia, riconoscer quale effetto faccia il taglio acuto, e qual l'ottuso, perché né l'uno né l'altro taglierebbe, non essendo la cera, per la sua mollizie, atta a superar la durezza del legno e del pane. E però, applicando simil discorso al proposito nostro, diranno che la figura diversa mosterrà diversità d'effetti circa l'andare o non andare al fondo, ma non congiunta con qualsivoglia materia, ma solamente con quelle materie che, per loro gravità, sono atte a superare la resistenza della viscosità dell'acqua: onde chi pigliasse per materia il suvero o altro leggerissimo legno, inabile, per la sua leg-

[28] « Se la figura fusse causa del non descendere, non doveria descender mai, sin che tal causa fusse presente; ma la medesima tavoletta descende: adunque non era la figura causa del non descendere » (IV, p. 26).

gerezza, a superar la resistenza della crassizie dell'acqua, e di tal materia formasse solidi di diverse figure, indarno tenterebbe di veder quello che operi la figura circa il discendere o non discendere, perché tutte resterebbero a galla; e ciò non per proprietà di questa figura o di quella, ma per la debolezza della materia, manchevole di tanta gravità quanta si ricerca per superare e vincer la densità o crassizie dell'acqua. Bisogna dunque, se noi vogliamo veder quello che operi la diversità della figura, elegger prima una materia per sua natura atta a penetrar la crassizie dell'acqua: e per tale effetto è paruta loro opportuna una materia, la qual, prontamente ridotta in figura sferica, vada al fondo; ed hanno eletto l'ebano, del quale facendo poi una piccola assicella, e sottile come è la grossezza d'una veccia, hanno fatto vedere come questa, posata sopra la superficie dell'acqua, resta senza discendere al fondo; e facendo, all'incontro, del medesimo legno una palla non minore d'una nocciuola, mostrano che questa non resta a galla, ma discende. Dalla quale esperienza pare a loro di poter francamente concludere, che la larghezza della figura nella tavoletta piana sia cagione del non discendere ella al basso, avvegnaché una palla della medesima materia, non differente dalla tavoletta in altro che nella figura, va nella medesima acqua al fondo. Il discorso e l'esperienza hanno veramente tanto del probabile e del verisimile, che maraviglia non sarebbe se molti, persuasi da una certa prima apparenza, gli prestassero il loro assenso: tuttavia io credo di potere scoprire come non mancano di fallacia.

Cominciando, adunque, ad esaminare a parte a parte quanto è stato prodotto, dico che le figure, come semplici figure, non solamente non operano nelle cose naturali, ma né anche si ritrovano dalla sustanza corporea separate, né io le ho mai proposte denudate della materia sensibile; sì come anche liberamente ammetto, che nel voler noi esaminare quali sieno le diversità degli accidenti dependenti dalla varietà delle figure, sia necessario applicarle a materie, che non impediscano l'operazioni varie di esse varie figure; e ammetto e concedo, che malamente farei quando io volessi esperimentare quello che importi l'acutezza del taglio con un coltello di cera applicandolo a tagliare una quercia, perché non è acutezza alcuna che, introdotta nella cera, tagli il legno durissimo. Ma non sarebbe già prodotta a sproposito l'esperienza d'un tal coltello per tagliare il latte rappreso o altra simil materia molto cedente: anzi, in materia simile, è più accomodata la cera, a conoscer le diversità dependenti da angoli più o meno acuti, che l'acciaio, posciaché il latte indifferentemente si taglia con un rasoio e con un coltello di taglio ottuso. Bisogna, dunque, non solo aver riguardo alla durezza, solidità o gravità de' corpi che sotto diverse figure hanno a dividere e penetrare alcune materie; ma bisogna por mente altresì alle resistenze delle materie da esser divise e penetrate. Ma perché io, nel far l'esperienza concernente alla nostra contesa, ho eletta materia la qual penetra la resistenza dell'acqua e in tutte le figure discende al fondo, non possono gli avversari appormi difetto alcuno: anzi, tanto ho io proposto modo più esquisito del loro, quanto che ho rimosse tutte l'altre cagioni dell'andare o non andare al fondo, e ritenuta la sola e pura varietà di figure, mostrando che le medesime figure tutte con la sola alterazione d'un grano di peso discendono, il qual rimosso, tornano a sormontare a galla. Non è vero, dunque (ripigliando l'esemplo da loro indotto), ch'io abbia posto di volere esperimentar l'efficacia dell'acutezza nel tagliare con materie impotenti a tagliare; anzi, con materie proporzionate al nostro bisogno, poiché non sono sottoposte ad altre varietà, che a quella sola che depende dalla figura più o meno acuta.

Ma procediamo un poco più avanti: e notisi come veramente senza veruna necessità viene introdotta la considerazione, che dicono doversi avere, intorno all'elezione della materia, la quale sia proporzionata per far la nostra esperienza; dichiarando con l'esemplo del tagliare che, sì come l'acutezza non basta a tagliare, se non quando è in materia dura e atta a superare la resistenza del legno o d'altro che di tagliare intendiamo, così l'attitudine al discendere o non discender nell'acqua si dee, e si può, solamente riconoscere in quelle materie, che son potenti a superar la renitenza

dell'acqua e vincer la sua crassizie. Sopra di che io dico, esser ben necessaria la distinzione ed elezione più di questa che di quella materia in cui s'imprimano le figure per tagliare o penetrare questo e quel corpo, secondo che la solidità o durezza d'essi corpi sarà maggiore o minore: ma poi soggiungo che tal distinzione elezione e cautela sarebbe superflua ed inutile, se il corpo da esser tagliato o penetrato non avesse resistenza alcuna, né contendesse punto al taglio o alla penetrazione; e quando i coltelli dovessero adoperarsi per tagliar la nebbia o il fumo, egualmente ci servirebbono tanto di carta quanto d'acciaio damaschino. E così, per non aver l'acqua resistenza alcuna all'esser penetrata da qualunque corpo solido, ogni scelta di materia è superflua, o non necessaria; e l'elezion, ch'io dissi di sopra esser ben farsi, di materia simile in gravità all'acqua, fu non perch'ella fosse necessaria per superar la crassizie dell'acqua, ma la sua gravità, con la qual sola ella resiste alla sommersione de' corpi solidi: ché, per quel ch'aspetti alla resistenza della crassizie, se noi attentamente considereremo, troverremo come tutti i corpi solidi, tanto quei che vanno al fondo quanto quelli che galleggiano, sono indifferentemente accomodati e atti a farci venire in cognizion della verità della nostra controversia. Né mi spaventeranno dal creder tali conclusioni l'esperienze, che mi potrebbono essere opposte, di molti diversi legni, suveri, galle e, più, di sottili piastre d'ogni sorta di pietra e di metallo, pronte, per loro natural gravità, al muoversi verso il centro della terra, le quali tuttavia, impotenti, o per la figura (come stimano gli avversari), o per la leggerezza, a rompere e penetrare la continuazion delle parti dell'acqua e a distrarre la sua unione, restano a galla, né si profondano altramente: né altresì mi moverà l'autorità d'Aristotile, il quale, in più d'un luogo, afferma il contrario di questo che l'esperienza mi mostra [29].

Torno dunque ad affermare, che non è solido alcuno di tanta leggerezza, né di tal figura, il quale, posto sopra l'acqua, non divida e penetri la sua crassizie. Anzi, se alcuno con occhio più perspicace tornerà a riguardar più acutamente le sottili tavolette di legno, le vedrà esser con parte della grossezza loro sott'acqua, e non baciar solamente con la loro inferior superficie la superior dell'acqua, sì come è necessario che abbian creduto quelli che hanno detto che tali assicelle non si sommergono perché non sono potenti a divider la tenacità delle parti dell'acqua: e più vedrà, che le sottilissime piastre d'ebano, di pietra e di metallo, quando restano a galla, non solamente hanno rotta la continuazion dell'acqua, ma sono con tutta la lor grossezza sotto la superficie di quella, e più e più secondo che le materie saranno più gravi; sì che una sottil falda di piombo resta tanto più bassa che la superficie dell'acqua circunfusa, quanto è, per lo manco, la grossezza della medesima piastra presa dodici volte, e l'oro si profonderà sotto il livello dell'acqua quasi venti volte più che la grossezza della piastra, sì come io più da basso dichiarerò. Ma seguitiam di far manifesto, come l'acqua cede e si lascia penetrar da ogni leggerissimo solido; e insieme dimostriamo, come anche dalle materie che non si sommergono si poteva venire in cognizione che la figura non opera niente circa l'andare o non andare al fondo, avvegnaché l'acqua si lasci egualmente penetrar da ogni figura.

Facciasi un cono o una piramide, di cipresso o d'abeto o altro legno di simil gravità, o vero di cera pura, e sia l'altezza assai notabile, cioè d'un palmo o più, e mettasi nell'acqua con la base in giù: prima si vedrà che ella penetrerà l'acqua, né punto sarà impedita dalla larghezza della base, non però andrà tutta sott'acqua, ma sopravanzerà verso la punta; dal che sarà già manifesto, che tal solido non resta d'affondarsi per impotenza di divider la continuità dell'acqua, avendola già divisa con la sua parte larga e, per opinione degli avversari, meno atta a dividere. Fermata così la piramide, notisi qual parte ne sarà sommersa; e rivoltisi poi con la punta all'ingiù, e vedrassi che ella non fenderà l'acqua più che prima: anzi, se si noterà sino a qual segno si tufferà, ogni persona esperta in geometria potrà misurare che quelle parti, che restano fuori dell'acqua, tanto nell'una

[29] Cfr. p. 444, n. 21.

quanto nell'altra esperienza sono a capello eguali; onde manifestamente potrà raccorre, che la figura acuta, che pareva attissima al fendere e penetrar l'acqua, non la fende né penetra punto più che la larga e spaziosa. E chi volesse una più agevole esperienza, faccia della medesima materia due cilindri, uno lungo e sottile, e l'altro corto ma molto largo, e pongagli nell'acqua, non distesi, ma eretti e per punta: vedrà, se con diligenza misura le parti dell'uno e dell'altro, che in ciascheduno di loro la parte sommersa a quella che resta fuori dell'acqua mantiene esquisitamente la proporzion medesima, e che niente maggior parte si sommerge di quello lungo e sottile che dell'altro più spazioso e più largo, benché questo s'appoggi sopra una superficie d'acqua molto ampia, e quello sopra una piccolissima. Adunque, la diversità di figura non apporta agevolezza o difficultà nel fendere e penetrar la continuità dell'acqua, e, in conseguenza, non può esser cagione dell'andare o non andare al fondo. Scorgerassi parimente il nulla operar della varietà di figure nel venir dal fondo dell'acqua verso la superficie, col pigliar cera e mescolarla con assai limatura di piombo, sì che divenga notabilmente più grave dell'acqua; e fattone poi una palla, e postala nel fondo dell'acqua, se le attaccherà tanto di suvero o d'altra materia leggerissima, quanto basti appunto per sollevarla e tirarla verso la superficie; perché, mutando poi la medesima cera in una falda sottile o in qualunque altra figura, il medesimo suvero la solleverà nello stesso modo a capello.

Non per questo si quietano gli avversari; ma dicono, che poco importa loro tutto il discorso fatto da me sin qui, e che a lor basta in un particolar solo, ed in che materia e sotto che figura piace loro, cioè in una assicella ed in una palla d'ebano, aver mostrato che questa, posta nell'acqua, va al fondo, e quella resta a galla; ed essendo la materia la medesima, né differendo i due corpi in altro che nella figura, affermano aver con ogni pienezza dimostrato e fatto toccar con mano quanto dovevano, e finalmente aver conseguito il loro intento. Nondimeno io credo e penso di poter dimostrare che tale esperienza non conclude cosa alcuna contro alla mia conclusione.

E, prima, è falso che la palla vada al fondo, e la tavoletta no: perché la tavoletta ancor vi va, ogni volta che si farà dell'una e dell'altra figura quel tanto che le parole della nostra quistione importano, cioè che ambedue si pongano nell'acqua.

Le parole furon tali: Che avendo gli avversarii opinione che la figura alterasse i corpi solidi circa il descendere o non descendere, ascendere o non ascendere, nell'istesso mezo, come, v. g., nell'acqua medesima, in modo che, per esemplo, un solido che, sendo di figura sferica, andrebbe al fondo, ridotto in qualche altra figura, non andrebbe; io, stimando 'l contrario, affermavo che un solido corporeo, il quale, ridotto in figura sferica o qualunque altra, calasse al fondo, vi calerebbe ancora sotto qualunque altra figura, ec.

Ma esser nell'acqua vuol dire esser locato nell'acqua, e, per la difinizione del luogo del medesimo Aristotile, esser locato importa esser circondato dalla superficie del corpo ambiente: adunque allora saranno le due figure nell'acqua, quanto la superficie dell'acqua le abbraccerà e circonderà. Ma quando gli avversari mostrano la tavoletta d'ebano non discendente al fondo, non la pongono nell'acqua, ma sopra l'acqua, dove, da certo impedimento (che più a basso si dichiarerà) ritenuta, resta parte circondata dall'acqua e parte dall'aria; la qual cosa è contraria al nostro convenuto, che fu che i corpi debbano esser nell'acqua, e non parte in acqua e parte in aria.

Il che si fa altresì manifesto da l'esser stata la questione promossa tanto circa le cose che devono andare al fondo, quanto circa quelle che dal fondo devono ascendere a galla. E chi non vede che le cose poste nel fondo devono esser circondate dall'acqua?

Notisi, appresso, che la tavoletta d'ebano e la palla, poste che sieno dentro all'acqua, vanno amendue in fondo, ma la palla più veloce, e la tavoletta più lenta, e più e più lenta secondo che ella sarà più larga e sottile; e di tale tardità ne è veramente cagione l'ampiezza della figura: ma queste tavolette, che lentamente discendono, son quelle stesse che,

posate leggiermente sopra l'acqua, galleggiano: adunque, se fusse vero quello che affermano gli avversari, la medesima figura in numero sarebbe cagione, nella stessa acqua in numero, ora di quiete e ora di tardità di moto: il che è impossibile; perché ogni figura particolare che discende al fondo, è necessario che abbia una determinata tardità sua propria e naturale, secondo la quale ella si muova, sì che ogni altra tardità, maggiore o minore, sia impropria alla sua natura; se dunque una tavoletta, v. g., d'un palmo quadro, discende naturalmente con sei gradi di tardità, è impossibile che ella discenda con dieci o con venti, se qualche nuovo impedimento non se le arreca [30]; molto meno dunque potrà ella, per cagion della medesima figura, quietarsi e del tutto restare impedita al muoversi, ma bisogna che, qualunque volta ella si ferma, altro impedimento le sopravvenga che la larghezza della figura. Altro, dunque, che la figura è quello che ferma la tavoletta d'ebano su l'acqua: della qual figura è solamente effetto il ritardamento del moto, secondo 'l quale ella discende più lentamente che la palla. Dicasi per tanto, ottimamente discorrendo, la vera e sola cagione dell'andar l'ebano al fondo esser l'eccesso della sua gravità sopra la gravità dell'acqua; della maggiore o minor tardità, questa figura più larga o quella più raccolta: ma del fermarsi non può in veruna maniera dirsi che ne sia cagione la qualità della figura, sì perché, faccendosi la tardità maggiore secondo che più si dilata la figura, non è così immensa dilatazione a cui non possa trovarsi immensa tardità rispondente, senza ridursi alla nullità di moto, sì perché le figure prodotte da gli avversari per effettrici della quiete già son le medesime che vanno anche in fondo.

[30] Ludovico delle Colombe a questo punto aveva osservato nel suo *Discorso apologetico*: « Ma ragione del male argomentare è perché non volete che una stessa cagione possa produr diverso effetto nel subbietto medesimo, contro ogni ragione; perché rispetto diversi accidenti e mutazioni si posson dalla medesima causa produr diversi effetti » (IV, p. 327) e Galilei ebbe buon gioco nel ribattere che una tale asserzione è « ben contr'alla dottrina peripatetica » (IV, p. 500) perché, come si legge in uno dei frammenti, « causa è quella, la quale posta, segue l'effetto, e rimossa si rimuove l'effetto » (IV, p. 22). Questo rigore argomentativo non è la manifestazione di un'esigenza di coerenza astratta, ma di un'organica e non contraddittoria comprensione del fenomeno in esame.

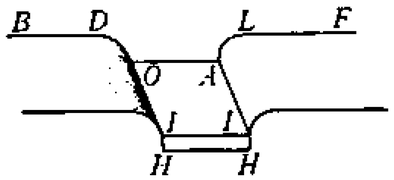
Io non voglio tacere un'altra ragione, fondata pur su l'esperienza, e, s'io non m'inganno, apertamente concludente, come l'introduzione dell'ampiezza di figura e della resistenza dell'acqua all'esser divisa non hanno che far nulla nell'effetto del discendere, o ascendere, o fermarsi, nell'acqua. Eleggasi un legno o altra materia, della quale una palla venga dal fondo dell'acqua alla superficie più lentamente che non va al fondo una palla d'ebano della stessa grandezza, sì che manifesto sia che la palla d'ebano più prontamente divida l'acqua discendendo, che l'altra ascendendo; e sia tal materia, per esemplo, il legno di noce. Facciasi dipoi un'assicella di noce simile ed eguale a quella d'ebano degli avversari, la qual resta a galla: e se è vero che ella ci resti mediante la figura impotente, per la sua larghezza, a fender la crassizie dell'acqua, l'altra di noce, senza dubbio alcuno, posta nel fondo vi dovrà restare, come manco atta, per lo medesimo impedimento di figura, a dividere la stessa resistenza dell'acqua. Ma se noi troverremo e per esperienza vedremo, che non solamente la tavoletta, ma qualunque altra figura, del medesimo noce verrà a galla, sì come indubitatamente vedremo e troverremo, di grazia cessino gli avversari d'attribuire il soprannotare dell'ebano alla figura dell'assicella, poiché la resistenza dell'acqua è la stessa tanto all'insù quanto all'ingiù, e la forza del noce al venire a galla è minore che la forza dell'ebano all'andare in fondo.

Anzi, dirò di più che, se noi considereremo l'oro in comparazion dell'acqua, troverremo che egli la supera quasi venti volte in gravità; onde la forza e l'impeto col quale va una palla d'oro al fondo è grandissimo: all'incontro, non mancano materie, come la cera schietta e alcuni legni, li quali non cedono né anche due per cento in gravità all'acqua; onde il loro ascendere in quella è tardissimo, e mille volte più debole che l'impeto dello scender dell'oro: tuttavia una sottil falda d'oro galleggia, senza discendere al fondo; e, all'incontro, non si può fare una falda di cera o del detto legno, la quale, posta nel fondo dell'acqua, vi resti senza ascendere. Or, se

la figura può vietar la divisione e impedir la scesa al grandissimo impeto dell'oro, come non sarà ella bastante a vietar la medesima divisione all'altra materia nell'ascendere, dove ella non ha a pena forza per una delle mille parti dell'impeto dell'oro nel discendere? È dunque necessario, che quello che trattiene la sottil falda d'oro o l'assicella d'ebano su l'acqua, sia cosa tale, della qual manchino l'altre falde e assicelle di materie men gravi dell'acqua, mentre, poste nel fondo e lasciate in libertà, sormontano alla superficie senza impedimento veruno: ma della figura piana e larga non mancano elleno: adunque non è la figura spaziosa quella che ferma l'oro e l'ebano a galla. Che dunque diremo che sia? Io per me direi che fusse il contrario di quello che è cagion dell'andare al fondo; avvegnaché il discendere al fondo e 'l restare a galla sieno effetti contrari, e degli effetti contrari contrarie debbono essere le cagioni. E perché dell'andare al fondo la tavoletta d'ebano o la sottil falda d'oro, quando ella vi va, n'è, senz'alcun dubbio, cagione la sua gravità, maggior di quella dell'acqua, adunque è forza che del suo galleggiare, quand'ella si ferma, ne sia cagione la leggerezza, la quale, in quel caso, per qualche accidente forse sin ora non osservato, si venga con la medesima tavoletta a congiugnere, rendendola non più, come avanti era, mentre si profondava, più grave dell'acqua, ma meno. Ma tal nuova leggerezza non può depender dalla figura, sì perché le figure non aggiungono o tolgono il peso, sì perché nella tavoletta non si fa mutazione alcuna di figura, quand'ella va al fondo, da quello ch'ell'aveva mentre galleggiava.

Ora tornisi a prender la sottil falda d'oro o d'argento, o vero l'assicella d'ebano, e pongasi leggiermente sopra l'acqua, sì che ella vi resti senza profondarsi; e diligentemente s'osservi l'effetto che ella fa. Vedrassi, prima, quanto sia saldo il detto d'Aristotile e degli avversari, cioè che ella resti a galla per la impotenza di fendere e penetrare la resistenza della crassizie dell'acqua: perché manifestamente apparirà, le dette falde non solo aver penetrata l'acqua, ma essere notabilmente più basse che la superficie di essa, la quale, intorno alle medesime falde, resta eminente, e gli fa quasi

un argine, dentro la cui profondità quelle restano notando; e secondo che le dette falde saranno di materia più grave dell'acqua due, quattro, dieci, o venti volte, bisognerà che la superficie loro resti inferiore all'universal superficie dell'acqua ambiente tante e tante volte più che non è la grossezza delle medesime falde, come più distintamente appresso dimosterremo. Intanto, per più agevole intelligenza di quanto io dico, attendasi alla presente figura: nella quale intendasi la superficie dell'acqua stesa secondo le linee *F L*, *D B*; sopra la quale se si poserà una tavoletta di materia più grave in ispecie dell'acqua, ma così leggiermente che non si sommerga, ella non le resterà altramente superiore, anzi entrerrà con tutta la sua grossezza nell'acqua, e più calerà ancora; come si vede per la tavoletta *A I*, *O I*, la cui grossezza tutta si profonda nell'acqua, restandogli intorno gli arginetti *L A*, *D O* dell'acqua, la cui superficie resta notabilmente superiore alla superficie della tavoletta. Or veggasi quanto sia vero che la detta lamina non vada al fondo, per esser di figura male atta a fender la corpulenza dell'acqua.



Ma se ella ha già penetrata e vinta la continuazione dell'acqua, ed è, di sua natura, della medesima acqua più grave, per qual cagione non séguita ella di profondarsi, ma si ferma e si sospende dentro a quella picciola cavità che col suo peso si è fabbricata nell'acqua? Rispondo: perché nel sommergersi sin che la sua superficie arriva al livello di quella dell'acqua, ella perde una parte della sua gravità, e 'l resto poi lo va perdendo nel profondarsi e abbassarsi oltre alla superficie dell'acqua, la quale intorno intorno li fa argine e sponda; e tal perdita fa ella mediante il tirarsi dietro e far seco discender l'aria superiore e a sé stessa, per lo contatto, aderente, la quale aria succede a riempier la cavità circondata da gli arginetti dell'acqua [31]; sì che quello

[31] Intorno alla funzione di questi arginetti si accese il vigore polemico degli avversari di Galilei; Tolomeo Nozzolini invece nella sua lettera a

che in questo caso discende e vien locato nell'acqua, non è la sola lamina o tavoletta d'ebano, o di ferro, ma un composto d'ebano e d'aria, dal quale ne risulta un solido non più in gravità superiore all'acqua, come era il semplice ebano o 'l semplice oro. E se attentamente si considererà, quale e quanto sia il solido che in questa esperienza entra nell'acqua e contrasta con la di lei gravità, scorgerassi esser tutto quello che si ritrova sotto alla superficie dell'acqua; il che è un aggregato e composto d'una tavoletta d'ebano e di quasi altrettanta aria, una mole composta d'una lamina di piombo e dieci o dodici tanti d'aria. Ma, signori avversari, nella nostra quistione si ricerca la identità della materia, e solo si dee alterar la figura; però rimovete quell'aria, la quale, congiunta con la tavoletta, la fa diventare un altro corpo men grave dell'acqua, e ponete nell'acqua il semplice ebano: ché certamente voi vedrete la tavoletta scendere al fondo; e se ciò non succede, avrete vinto la lite. E per separare l'aria dall'ebano, non ci vuole altro che sottilmente bagnar con la medesima acqua la superficie di essa tavoletta, perché, interposta così l'acqua tra la tavola e l'aria, l'altr'acqua circonfusa scorrerà senza intoppo, e riceverà in sé, come conviene, il solo e semplice ebano.

Ma io sento alcuno degli avversari acutamente farmisi incontro, e dirmi ch'e' non vogliono altramente che la lor tavoletta si bagni, perché il peso aggiuntole dall'acqua, col farla più grave che prima non era, la tira egli al fondo, e che l'aggiugnerle nuovo peso è contro alla nostra convenzione, che è che la materia debba esser la medesima.

A questo rispondo, primieramente, che trattandosi di quello che operi la figura circa i solidi posti nell'acqua, non debbe alcuno desiderar che sieno posti nell'acqua senza bagnarsi; né io domando che si faccia della tavoletta altro che quel che si fa della palla. In oltr'è falso che la tavoletta vada al fondo in virtù del nuovo peso aggiuntole dall'acqua col semplicemente e sottilissimamente bagnarla: perché io

mons. Marzimedici ritenne questa argomentazione tale che, disse, « non mi pare che si possa opporre cosa alcuna ».

metterò dieci e venti gocciole d'acqua sopra la medesima tavoletta, mentre che ella è sostenuta su l'acqua, le quali gocciole, purché non si congiungano con l'altr'acqua circonfusa, non la graverranno sì che ella si profondi; ma se, tolta fuori la tavoletta e scossa via tutta l'acqua che vi aggiunsi, bagnerò con una sola piccolissima goccia la sua superficie, e tornerò a posarla sopra l'acqua, senza dubbio ella si sommergerà, scorrendo l'altr'acqua a ricoprirla, non ritenuta dall'aria superiore, la qual aria, per l'interposizione del sottilissimo velo dell'acqua che le leva la contiguità dell'ebano, senza renitenza si separa, né contrasta punto alla succession dell'altr'acqua; anzi pure, per meglio dire, discenderà ella liberamente, perché già si trova tutta circondata e coperta dall'acqua, quanto prima la sua superior superficie, già velata d'acqua, arriva al livello della superficie totale di essa acqua. Il dir poi che l'acqua possa accrescer peso alle cose che in essa sieno collocate, è falsissimo, perché l'acqua nell'acqua non ha gravità veruna, poiché ella non vi discende: anzi, se vorremo ben considerare quello che faccia qualunque immensa mole d'acqua che si a soprapposta ad un corpo grave che in quella sia locato, troverremo per esperienza, che ella, per l'opposito, più tosto gli diminuisce in gran parte il peso, e che noi potremmo sollevar tal pietra gravissima dal fondo dell'acqua, che, rimossa l'acqua, non la potremo altramente alzare. Né sia chi mi replichi che, benché l'acqua soprapposta non accresca gravità alle cose che sono in essa, pur l'accresce ella a quelle che galleggiano e che sono parte in acqua e parte in aria; come si vede, per esemplo, in un catino di rame[32], il quale, mentre sarà vòto

[32] Tutta la forza del ragionamento galileiano sta in questa forma argomentativa, fondata su prove sperimentali, su dati verificabili o perché colpiscono senza inutili e tortuosi giri di pensiero chi ascolta, purché voglia far uso onestamente delle proprie facoltà razionali, o perché sono comprensibili mediante la verifica sperimentale o il calcolo matematico. Questa maniera nuova di ragionamento infastidisce i peripatetici che non sanno fare a meno della forma sillogistica ed astratta di ragionamento: « l'opinione galilea – osserva Arturo d'Elci (IV, p. 165) – tra un magnifico apparecchio di obbiezioni ad Aristotile e di varie sperienze e di nuove dimostrazioni, viene a farsi vedere a prima vista tutta pomposa e leg-

d'acqua e pieno solamente d'aria, starà a galla, ma infondendovi acqua diverrà sì grave che discenderà al fondo, e ciò per cagion del nuovo peso aggiuntogli. A questo io tornerò a risponder come di sopra, che non è la gravità dell'acqua contenuta dentro al vaso quella che lo tira al fondo, ma la gravità propria del rame, superiore alla gravità in ispecie dell'acqua: ché se 'l vaso fosse di materia men grave dell'acqua, non basterebbe l'oceano a farlo sommergere. E siemi permesso di replicare, come fondamento e punto principalissimo nella presente materia, che l'aria contenuta dentro al vaso avanti la infusion dell'acqua era quella che lo sosteneva a galla, avvegnaché di lei e del rame si faceva un composto men grave d'altrettanta acqua; e 'l luogo che occupa il vaso nell'acqua mentre galleggia, non è eguale al rame solo, ma al rame e all'aria insieme, che riempie quella parte del vaso che sta sotto il livello dell'acqua. Quando poi s'infonde l'acqua, si rimuove l'aria, e fassi un composto di rame e d'acqua, più grave in ispecie dell'acqua semplice; ma non in virtù dell'acqua infusa, la quale abbia maggior gravità in ispecie dell'altr'acqua, ma sì bene per la gravità propria del rame e per l'alienazion dell'aria. Ora, sì come quel che dicesse « Il rame, che per sua natura va al fondo, figurato in forma di vaso, acquista da tal figura virtù di star nell'acqua senza discendere » direbbe il falso; perché il rame, figurato in qualunque figura, va sempre al fondo, purché quello che si pon nell'acqua sia semplice rame, e non è la figura del vaso quella che fa galleggiare il rame, ma il non esser semplice rame quello che si pone in acqua, ma un aggregato di rame e d'aria; così né più

giadra; ma, considerandola bene a dentro e pesandola, le opposizioni facilmente si sciogliono, l'esperienze o vacillano o scoprono più tosto gli effetti particolari che la cagione delle cose, e le proposizioni e prove matematiche non arrivano a dimostrare la forza o le vere cagioni dell'operazioni della natura ». Si veda, a questo proposito, quanto dirà Galilei nei *Discorsi intorno a due nuove scienze* (vol. II, p. 707) circa il valore della logica e della geometria. Nei nostri tempi un'efficace rappresentazione drammatica del contrasto tra due tipi di ragionamento è contenuta nella scena quarta del dramma di Bertolt Brecht, *Vita di Galileo* (trad. a cura di E. Castellani, Torino, Einaudi, 1963).

né meno è falso che una sottil falda di rame o d'ebano galleggi in virtù della sua figura spaziosa e piana, ma bene è vero che ella resta senza sommergersi perché quello che si pon nell'acqua non è rame schietto, o semplice ebano, ma un aggregato di rame e d'aria, o d'ebano e d'aria. E questo non è contro alla mia conclusione: il quale, avendo veduto mille volte vasi di metalli e sottili falde di varie materie gravi galleggiare in virtù dell'aria congiunta a quelli, affermai che la figura non era cagion dell'andare, o non andare, al fondo nell'acqua i solidi, che in quella fussero collocati. Ma più, io non tacerò, anzi dirò agli avversari, che questo nuovo pensiero di non voler che la superficie della tavoletta si bagni, può destar nelle terze persone concetto di scarsità di difesa per la parte loro; posciaché tal bagnamento, sul principio della nostra quistione non dava lor fastidio, e non ne facevano caso alcuno, avvegnaché l'origine della disputa fusse sopra 'l galleggiar delle falde di ghiaccio, le quali troppo semplice cosa sarebbe 'l contender che fosser di superficie asciutta; oltre che, o asciutta o bagnata che sia, sempre galleggian le falde di ghiaccio, e, pur per detto degli avversari, per cagion della figura [33].

Potrebbe per avventura ricorrere alcuno al dire, che, bagnandosi l'assicella d'ebano anche nella superficie superiore, ella fusse, benché per sé stessa inabile a fendere e penetrar l'acqua, sospinta al basso, se non dal peso dell'acqua aggiuntale, almeno da quel desiderio e inclinazione che hanno le parti superiori dell'acqua al ricongiungersi e

[33] Un esempio della pungente ironia con cui Galilei era solito colpire i suoi avversari si ha a proposito di questo passo: Ludovico delle Colombe (IV, p. 337) aveva osservato che « né l'acqua né la tavoletta posson mostrar la virtù loro, l'una contro l'altra, a bagnarla », perché se bagnata la superficie del legno non sarebbe in atto scoperta; Galilei rispondendo osserva: « Giugnemi anco molto nuovo, che una superficie non sia in atto se non quando è asciutta e scoperta, e molto mi rincresce de' pesci, li quali, essendo sempre bagnati e coperti dall'acqua, è forza che non abbiano mai la loro pelle e le lor squamme in atto, e peggio è che i pescatori ancora non devon aver la pelle delle lor gambe in atto mentre stanno nell'acqua sino al ginocchio » (IV, pp. 578-79).

riunirsi; dal movimento delle quali parti essa tavoletta venisse, in un certo modo, spinta al basso.

Tal debolissimo refugio verrà levato via, se si considererà, che quanta è la 'nclinazion delle parti superiori dell'acqua al riunirsi, tanta è la repugnanza delle inferiori all'esser disunite; né si potendo riunir le superiori senza spignere in giù l'assicella, né potendo ella abbassarsi senza disunir le parti dell'acqua sottoposta, ne séguita in necessaria conseguenza che, per simili rispetti, ella non debba discendere. Oltre che, lo stesso che vien detto delle parti superiori dell'acqua, può, con altrettanta ragione, dirsi delle inferiori, cioè che, desiderando di riunirsi, spigneranno la medesima assicella in su.

Forse alcuno di quei signori, che dissentono da me, si maraviglierà che io affermi, che l'aria contigua superiore sia potente a sostener quella laminetta di rame o d'argento, che su l'acqua si trattiene; come che io voglia, in un certo modo, dare una quasi virtù di calamita all'aria, di sostenere i corpi gravi co' quali ella è contigua [34]. Io, per soddisfare, per quanto m'è permesso, a tutte le difficultà, sono andato pensando di dimostrare con qualche altra sensata esperienza, come veramente quella poca d'aria contigua e superiore sostien que' solidi, che, essendo per natura atti a discendere al fondo, posti leggiermente su l'acqua non si sommergono, se prima non si bagnano interamente: e ho trovato che, sceso che sia un di tali corpi al fondo, col mandargli, senza altramente toccarlo, un poco d'aria, la quale con la sommità di quello si congiunga, ella è bastante non solo, come prima faceva, a sostenerlo, ma a sollevarlo e ricondurlo ad alto, dove nella stessa maniera si ferma e resta, sin che l'aiuto dell'aria congiuntagli non gli vien manco. E a questo effetto ho fatto una palla di cera, e fattala, con un poco di piombo, tanto grave che lentamente discenda al fondo, faccendo di più la sua superficie ben tersa e pulita: e questa, posata pian piano nell'acqua, si sommerge quasi

[34] Si veda al riguardo la lettera di Galilei al Nozzolini (pp. 906-20).

tutta, restando solamente un poco di sommità scoperta, la quale, fin che starà congiunta con l'aria, tratterrà la palla in alto; ma, tolta la contiguità dell'aria col bagnarla, discenderà in fondo, e quivi resterà. Ora, per farla, in virtù dell'aria medesima che dianzi la sosteneva, ritornare ad alto e fermarvisi appresso, spingasi nell'acqua un bicchiere rivolto, cioè con la bocca in giù, il quale porterà seco l'aria da lui contenuta, e questo si muova verso la palla, abbassandolo tanto, che si vegga, per la trasparenza del vetro, che l'aria contenuta dentro arrivi alla sommità della palla; di poi ritirisi in su lentamente il bicchiere, e vedrassi la palla risorgere e restare anche di poi ad alto, se con diligenza si separerà il bicchiere dall'acqua, sì che ella non si commuova e agiti di soverchio. È dunque tra l'aria e gli altri corpi una certa affinità, la quale gli tiene uniti, sì che non senza qualche poco di violenza si separano. Lo stesso parimente si vede nell'acqua: perché, se tufferemo in essa qualche corpo, sì che si bagni interamente, nel tirarlo poi fuor pian piano, vedremo l'acqua seguitarlo e sollevarsi notabilmente sopra la sua superficie, avanti che da quello si separi. I corpi solidi ancora, se saranno di superficie in tutto simili, sì che esquisitamente si combacino insieme, né tra di loro resti aria che si distragga nella separazione e ceda sin che l'ambiente succeda a riempier lo spazio, saldissimamente stanno congiunti, né senza gran forza si separano: ma perché l'aria, l'acqua e gli altri liquidi molto speditamente si figurano al contatto de' corpi solidi, sì che la superficie loro esquisitamente s'adatta a quella de' solidi, senza che altro resti tra loro, però più manifestamente e frequentemente si riconosce in loro l'effetto di questa copula e aderenza, che ne' corpi duri, le cui superficie di rado congruentemente si congiungono. Questa è dunque quella virtù calamitica, la quale con salda copula congiugne tutti i corpi che senza interposizione di fluidi cedenti si toccano: e chi sa che un tal contatto, quando sia esquisitissimo, non sia bastante cagione dell'unione e continuità delle parti del corpo naturale?

Ora, seguitando il mio proposito, dico che non occorre che ricorriamo alla tenacità che abbiano le parti dell'acqua

tra di loro, per la quale contrastino e resistano alla divisione distrazione e separazione, perché tale coerenza e repugnanza alla divisione non vi è: perché, se ella vi fosse, sarebbe non meno nelle parti interne che nelle più vicine alla superficie superiore, tal che la medesima tavoletta, trovando sempre lo stesso contrasto e renitenza, non men si fermerebbe a mezzo l'acqua che circa la superficie; il che è falso. In oltre, qual resistenza si potrà porre nella continuazion dell'acqua, se noi veggiamo essere impossibil cosa il ritrovar corpo alcuno, di qualunque materia figura e grandezza, il quale, posto nell'acqua, resti, dalla tenacità delle parti tra di loro di essa acqua, impedito, sì che egli non si muova in su o in giù, secondo che porta la cagion del suo movimento? E qual maggiore esperienza di ciò ricercheremo noi, di quella che tutto il giorno veggiamo nell'acque torbide, le quali, riposte in vasi ad uso di bere, ed essendo, dopo la deposizione d'alcune ore, ancora, come diciamo noi, albicce, finalmente dopo il quarto o 'l sesto giorno depongono il tutto, restando pure e limpide; né può la loro resistenza alla penetrazione fermare quegli impalpabili e insensibili atomi di rena, che, per la loro minimissima forza, consumano sei giorni a discendere lo spazio di mezo braccio?

Né sia chi dica, assai chiaro argomento della resistenza dell'acqua all'esser divisa esser il veder noi così sottili corpicelli consumar sei giorni a scender per sì breve spazio: perché questo non è repugnare alla divisione, ma ritardare un moto; e sarebbe semplicità il dire che una cosa repugni alla divisione e che intanto si lasci dividere. Né basta introdur per gli avversarii, cause ritardanti il moto, essendo bisognosi di cosa che totalmente lo vieti ed apporti la quiete: bisogna dunque ritrovar corpi che si fermino nell'acqua, chi vuol mostrar la sua repugnanza alla divisione, e non che solamente vi si muovino con tardità.

Qual dunque è questa crassizie dell'acqua, con la quale ella repugna alla divisione? quale, per nostra fé, sarà ella, se noi (pur come ho anche detto di sopra) con ogni diligenza tentando di ridurre una materia tanto simile in gravità all'acqua che, formandola anche in una larghissima falda,

resti sospesa, come diciamo, tra le due acque, è impossibile il conseguirlo, benché ci conduciamo a tal similitudine d'equiponderanza, che tanto piombo quanto è la quarta parte d'un grano di miglio, aggiunto a detta larghissima falda, che in aria peserà quattro o sei libre, la conduce al fondo, e, detratto, ella viene alla superficie dell'acqua? Io non so vedere (se è vero quanto io dico, sì come è verissimo) qual minima virtù e forza s'abbia a poter ritrovare o immaginare, della quale la renitenza dell'acqua all'esser divisa e distratta non sia minore: dal che per necessità si conclude che ella sia nulla; perché, se ella fosse di qualche sensibil potere, qualche larga falda si potrebbe ritrovare o comporre di materia simile in gravità all'acqua, la quale non solamente si fermasse tra le due acque, ma non si potesse, senza notabil forza, abbassare o sollevare. Potremmo parimente la stessa verità raccorre da un'altra esperienza, mostrando come l'acqua, nello stesso modo, cede anche alla division trasversale: perché se nell'acqua ferma e stagnante locheremo qualunque grandissima mole la quale non vada al fondo, tirandola con un solo capello di donna la condurremo di luogo in luogo senza contrasto alcuno [33]; e sia pur la sua figura qual esser

[33] A Ludovico delle Colombe (IV, p. 334) che respingeva questa esperienza (si tratta di uno di quegli esperimenti mentali cui spesso Galilei faceva ricorso) sostenendo che il natante oppone resistenza, anche se non è evidente, e di qui giunge a concludere che non differisce la resistenza che un corpo oppone alla sua divisione o al suo spostamento, Galilei, ammettendo che resistenza c'è anche nel caso da lui ipotizzato, rispose: « non si poter dire 'l medesimo della resistenza alla divisione che della resistenza alla velocità perché la velocità del medesimo mobile non è determinata sì che non possa farsi più e più lenta in infinito » e soggiunge: « voi lasciate di nominar la velocità, che è quella in che ripone il Sig. Galileo la resistenza, e non nel muoversi assolutamente. Però quando dite che la resistenza delle parti dell'acqua nel muoversi e cedere il luogo non v'è, perché se vi fusse, il capello si strapperebbe nel tirar la nave, inferite male; perché la resistenza vi può esser senza che il capello si rompa; il che avverrà quando la resistenza sarà minore della robustezza del capello; e questo facilissimamente avverrà... quando la velocità della trave abbia a esser pochissima, la resistenza sarà poca, e minore della saldezza del capello, il quale la supererà senza strapparsi » (IV, p. 556). È interessante osservare che, discutendo quest'esperienza, che avrà più tardi un riflesso nei *Discorsi intorno a due nuove scienze*, Galilei espone un esperimento

si voglia, sì che ella abbracci grande spazio d'acqua, come farebbe una gran trave mossa per traverso.

Forse alcuno mi si potrebbe opporre, dicendo che, se la resistenza dell'acqua all'esser divisa fusse, come affermo io, nulla, non doverrieno i navili aver bisogno di tanta forza di remi o di vele per esser, nel mar tranquillo o negli stagnanti laghi, di luogo in luogo sospinti. A chi facesse tali opposizioni io risponderei, che l'acqua non contrasta o repugna semplicemente all'esser divisa, ma sì bene all'esser divisa velocemente, e con tanta maggior renitenza quanta la velocità è maggiore: e la cagion di tal resistenza non depende da crassizie o altro che assolutamente contrasti alla divisione, ma perché le parti divise dell'acqua, nel dar luogo a quel solido che in essa si muove, bisogna che esse ancora localmente si muovano, parte a destra e parte a sinistra e parte ancora all'ingiù; e ciò conviene che facciano non meno l'acque antecedenti al navilio o altro corpo che per l'acqua discorra, quanto le posteriori e susseguenti: perché, procedendo avanti il navilio, per farsi luogo capace per ricevere la sua grossezza, è forza che con la prora sospinga, tanto a destra quanto a sinistra, le prossime parti dell'acqua, e che trasversalmente le muova per tanto spazio quanto è la metà della sua grossezza; e altrettanto viaggio debbano far l'acque che, succedendo alla poppa, scorrono dalle parti esterne della nave verso quelle di mezo, a riempier successivamente i luoghi che il navilio, nell'avanzarsi avanti, va lasciando vòti di sé. Ora, perché tutti i movimenti si fanno con tempo, e i più lunghi in maggior tempo; ed essendo, di più, vero, che quei corpi che dentro a qualche tempo son mossi da qualche potenza per tanto spazio, non saranno, per lo medesimo spazio e in tempo più breve, mossi se non da maggior

mentale che avrà poi notevole importanza quando sarà ripreso nel *Dialogo* cit. (vol. II, p. 187) e nei *Discorsi* cit. (vol. II, p. 761) per illustrare il principio d'inerzia: osservando che la resistenza del trave « depende solamente dalla velocità che altri gli vuol dare » aggiunge: « Per questo rispetto medesimo una sfera perfettissimamente rotonda sopra un piano esquisito fa resistenza a chi la vorrà muovere, e resisterà più e meno secondo la velocità che altri vorrà conferirgli » (IV, p. 553).

potenza; però i navili più larghi più lentamente si muovono che i più stretti, spinti da forze eguali, e 'l medesimo vassello tanto maggior forza di vento o di remi richiede, quanto più velocemente dee essere spinto.

Ma non è già che qual si voglia gran male, che galleggi nell'acqua stagnante, non possa esser mossa da qualunque minima forza, e solo è vero che minor forza più lentamente la muove: ma quando la resistenza dell'acqua all'esser divisa fosse in alcun modo sensibile, converrebbe che detta mole a qualche sensibil forza restasse al tutto immobile: il che non avviene. Anzi dirò di più, che, quando noi ci ritirassimo a più interna contemplazione della natura dell'acqua e de gli altri fluidi, forse scorgeremmo, la costituzione delle parti loro esser tale che non solamente non contrasti alla divisione, ma che niente vi sia che a divider s'abbia; sì che la resistenza che si sente nel muoversi per l'acqua, sia simile a quella che proviamo nel caminar avanti per una gran calca di persone, dove sentiamo impedimento, e non per difficoltà che si abbia nel dividere, non si dividendo alcuno di quelli onde la calca è composta, ma solamente nel muover lateralmente le persone, già divise non congiunte; e così proviamo resistenzia nel cacciare un legno in un monte di rena, non perché parte alcuna della rena si abbia a segare, ma solamente a muovere e sollevare. Due maniere pertanto, di penetrare ci si rappresentano: una ne i corpi le cui parti fosser continue, e qui par necessaria la divisione; l'altra negli aggregati di parti non continue, ma contigue solamente, e qui non fu bisogno di dividere, ma di muover solamente. Ora, io non son ben resoluto se l'acqua e gli altri fluidi si devono stimar di parti continue, o contigue solamente. Sento ben inclinarmi al crederle più presto contigue (quando non sia in natura altra maniera di aggregare che con l'unione o col toccamento de gli estremi), e a ciò m'induce il veder gran differenza tra la copula delle parti di un corpo duro, e la copula delle medesime parti quando l'istesso corpo sarà fatto liquido e fluido: perché, se, per esempio, io piglierò una massa d'argento o altro metallo freddo e duro, sentirò, nel dividerlo in due parti, non solo la resistenza che si sentirebbe al muoverle solamente, ma un'altra incomparabilmente

maggiore, dependente da quella virtù, qualunque ella sia, che le tiene attaccate; e così, se vorremo dividere ancora e dette due parti in altre due, e successivamente in altre e altre, troverremo continuamente simili resistenze, ma sempre minori quanto più le parti da dividersi saranno piccole; ma quando finalmente, adoprando sottilissimi e acutissimi strumenti, quali sono le più tenui parti del fuoco, lo solveremo forse nell'ultime e minime sue particelle, non resterà in loro più non solo la resistenza alla divisione, ma né anco il poter più esser divise, e massime da strumenti più grossi de gli aculei del fuoco[36]. *E qual sega o coltello, che si metta nell'argento ben fuso, troverà da dividere cosa che sia avanzata al partimento del fuoco? certo nissuna, perché o 'l tutto sarà già stato ridotto alle sottilissime e ultime divisioni, o, se pure vi restassero parti capaci ancora di altre suddivisioni, non potriano riceverle se non da divisori più acuti del fuoco; ma tale non è un'assicella o una verga di ferro, che si movesse per il metallo fuso. Di costituzione e positura simile stimo esser le parti dell'acqua e de gli altri fluidi, cioè incapaci di esser divise per la lor tenuità, o, se pur non in tutto indivisibili, al meno certo non divisibili da una tavola o da altro corpo solido trattabile dalle nostre mani, dovendo la sega esser più sottile del solido da segarsi. Muovono dunque solamente, e non dividono, i corpi solidi*

[36] Affermando che nessun corpo può resistere al fuoco che può ridurre tutto in parti non più divisibili, teoria che verrà ripresa nella prima giornata dei *Discorsi* cit. (vol. II, p. 589), Galilei provocò una violenta reazione da parte di Vincenzo Di Grazia che nelle sue *Considerazioni* (IV, p. 417) gli obbiettò: «Non so già trovare in che maniera il sig. Galileo voglia che i metalli si dividino quasi in parti indivisibili da i sottilissimi aculi del fuoco, e quali sien questi aculi che in esso si ritrovano; se però egli non vuole che le cose si componghino di atomi e di parti indivisibili, il che non posso credere, come quel che repugna alle sue matematiche, le quali non concedano che la linea si componga di punti». Galilei così gli rispose: «Gli aghi, sig. Di Grazia, son corpi quanti e però son aghi; ed essendo tali, non hanno che far niente nel suscitar quistione se la composizione delle linee o di altri estremi o di altri continui sia di indivisibili. Dove poi avete voi trovato che repugni alle matematiche il compor le linee di punti? e appresso quali matematici avete voi veduta disputata simil quistione? Questa non avete voi sicuramente veduta, né quello repugna alle matematiche» (IV, p. 733).

che si pongono nell'acqua; le cui parti, essendo già divise sino a i minimi e perciò potendo esserne mosse molte insieme e poche e pochissime, dan subito luogo ad ogni piccolo corpuscolo che in esse descenda, perché, per minimo e leggiero che sia, scendendo nell'aria e arrivando alla superficie dell'acqua trova particelle di acqua più piccole e di resistenza minore all'esser mosse e scacciate, che non è la forza sua propria premente e scacciante, onde e' si tuffa e ne muove quella porzione che è proporzionata alla sua possanza. Non è dunque resistenza alcuna nell'acqua all'esser divisa, anzi non vi son parti che a divider s'abbino. Soggiungo appresso che, quando pure vi si trovasse qualche minima resistenza (il che assolutamente è falsissimo), forse nel voler con un capello muover una grandissima macchina natante, o nel voler con la giunta di un minimo grano di piombo far descendere al fondo, o con la suttrazzione far salire alla superficie, una gran falda di materia similissima in gravità all'acqua (il che parimente non accaderà quando si operi destramente); notisi che una cotal resistenza è cosa diversissima da quella che gli avversarii producono per causa del galleggiar le falde di piombo o l'assicelle d'ebano; perché si potrà fare una tavola d'ebano, che posata su l'acqua galleggi, né sia bastante anco la giunta di cento grani di piombo, posativi sopra, a sommergerla, che poi, bagnata, non solo descenderà levati i detti piombi, ma non basteranno alcuni suveri o altri corpi leggieri attaccatigli a ritenerla dallo scender sino al fondo. Or veggasi se, dato anco che nella sustanza dell'acqua si trovasse qualche minima resistenza alla divisione, questa ha che far nulla con quella causa che sostien l'assicella sopra l'acqua, con resistenza centomila volte maggiore di quella che altri potesse ritrovar nelle parti dell'acqua. Né mi si dica che la superficie solamente dell'acqua ha tal resistenza, ma non le parti interne, o veramente che tal resistenza si trova grandissima nel cominciare a fendere, come anco par che nel cominciare il moto si trovi maggior contrasto che nel continuarlo; perché, prima, io permetterò che l'acqua si agiti e si confondano le parti supreme con le medie e con l'infime, o vero che si levino totalmente via quelle di sopra e si adoprino quelle di mezo; e tuttavia si vedrà far l'effetto stesso: di più,

quel capello che tira una trave per l'acqua ha pur a divider le parti supreme, ed ha anco a cominciare il moto; e pur lo comincia, e pur le divide: e, finalmente, mettasi l'assicella a mezz'acqua, e quivi si tenga sospesa un pezzo e ferma, e poi lascisi in libertà, che ella subito comincerà il moto e lo continuerà sino al fondo; ma, di più, la tavoletta quando si ferma sopra l'acqua, ha già non pur cominciato a muoversi ed a dividere, ma per buono spazio si è affondata.

Ricevasi, dunque, per vera e indubitata conclusione, che l'acqua non ha renitenza alcuna alla semplice divisione [37], e che non è possibile il ritrovar corpo solido alcuno, di qualunque figura esser si voglia, al quale, messo nell'acqua, resti dalla crassizie di quella proibito e tolto il muoversi in su o in giù, secondoché egli supererà o sarà superato dall'acqua in gravità, ancorché l'eccesso e differenza sia insensibile. Quando, dunque, noi vediamo la falda d'ebano, o d'altra materia più grave dell'acqua, trattenersi a' confini dell'acqua e dell'aria senza sommergersi, ad altro fonte bisogna che ricorriamo, per investigar la cagion di cotale effetto, che alla larghezza della figura impotente a superar la renitenza con la quale l'acqua contrasta alla divisione, già che tal resistenza non è, e da quello che non è non si dee attendere azione alcuna. Resta, dunque, come già s'è detto, verissimo, ciò avvenire perché quello che si posa in tal modo su l'acqua, non è il medesimo corpo che quello che si mette nell'acqua: perché questo, che si mette nell'acqua, è la pura falda d'ebano, che, per esser più grave dell'acqua, va al fondo; e quello che si posa su l'acqua, è un composto d'ebano e di tanta aria, che tra ambedue sono in ispecie men gravi dell'acqua, e però non discendono.

[37] Avendo il Di Grazia, con tono allarmato, obbiettato che « avviene che tutti gli elementi devano resistere alla divisione, imperciochè da quella depende il lor proprio distruggimento; conciosia che gli elementi e i composti da quelli, essendo composti di contrarie qualità continuamente fra loro si distruggono » (IV, p. 417), Galilei osservò: « Con qual fondamento dite voi, sig. Di Grazia, che dalla divisione depende il distruggimento e la corruzzione degli elementi, mostrandoci più presto l'esperienza tutto l'opposito, cioè che l'acqua e l'aria tanto meno si corrompono quanto più si dividono commuovono o agitano? » (IV, p. 734).

Confermo ancor più questo ch'io dico. Già, signori avversari, noi convegniamo che la gravità del solido, maggiore o minore della gravità dell'acqua, è vera e propriissima cagione dell'andare o non andare al fondo. Ora, se voi volete mostrare che, oltre alla detta cagion, ce ne sia un'altra, la qual sia così potente che possa impedire e rimuovere l'andare al fondo a quei solidi medesimi che per loro gravità vi vanno, e questa dite che è l'ampiezza della figura, voi siete in obbligo, qualunque volta vogliate mostrare una tale esperienza, di render prima i circustanti sicuri, che quel solido, che voi ponete nell'acqua, non sia men grave in ispecie di lei; perché, quando voi ciò non faceste, ciascuno potrebbe con ragion dire che non la figura, ma la leggerezza, fosse cagion di tal galleggiare. Ma io vi dico che, quando voi mostrate di metter nell'acqua l'assicella d'ebano, non vi ponete altramente un solido più grave in ispecie dell'acqua, ma un più leggiere; perché, oltr'all'ebano, è in acqua una mole d'aria, unita con l'assicella, tanta e così leggiera, che d'amendue si fa un composto men grave dell'acqua: rimovete per tanto l'aria, e ponete nell'acqua l'ebano solo, ché così vi porrete un solido più grave dell'acqua; e se questo non andrà in fondo, voi bene avrete filosofato, e io male [38].

Ora, poi ch'e' s'è ritrovata la vera cagion del galleggiar di quei corpi, che per altro, come più gravi dell'acqua, dovrieno discendere in fondo, parmi che, per intera e distinta cognizion di questa materia, sia bene l'andar dimostrativamente scoprendo quei particolari accidenti che accaggiono intorno a cotali effetti, investigando quali proporzioni debbano aver diverse figure di differenti materie con la gravità dell'acqua, per potere, in virtù dell'aria contigua, sostenersi a galla.

[38] Arturo d'Elci, con un linguaggio, tutto figurato preso a prestito dall'arte cavalleresca, contesta questa dimostrazione, manifestando il suo imbarazzo perché « l'Autore talvolta comparisce in abito di matematico e tal volta di filosofo » (IV, p. 171). Galilei ribattendo, rimanda ad una lunga illustrazione dell'esperimento, posta in appendice alle Considerazioni dell'Accademico Ignoto, per la quale cfr. la lettera al Nozzolini, pp. 906-20.

Sia, dunque, per chiara intelligenza, il vaso *D F N E*, nel quale sia contenuta l'acqua; e sia una lamina, o tavoletta, la cui grossezza venga compresa tra le linee *I C*, *O S*, e sia di materia più grave dell'acqua, sì che, posta su l'acqua, s'avvalli e abbassi sotto il livello di essa acqua, lasciando gli arginetti *A I*, *B C*, li quali sien della massima altezza che esser possano; in modo che se la lamina *I S* s'abbassasse ancora per qualsivoglia minimo spazio, gli arginetti non più consistessero, ma, scacciando l'aria *A I C B*, si diffondessero sopra la superficie *I C* e sommergessero la lamina. È dunque l'altezza *A I*, *B C* la massima profondità che ammettono gli arginetti dell'acqua. Ora io dico che da questa e dalla proporzione che avrà in gravità la materia della lamina all'acqua, noi potremo agevolmente ritrovar di quanta grossezza, al più, si possano fare le dette lamine, acciò si sostengano su l'acqua. Imperocché, se la materia della lamina *I S* sarà, v. g., il doppio più grave dell'acqua, una lamina di tal materia potrà esser grossa, al più, quanto è l'altezza massima degli argini, cioè quanto è l'altezza *A I*. Il che dimostreremo così. Sia il solido *I S* di gravità doppia alla gravità dell'acqua, e sia o prisma o cilindro retto, cioè che abbia le due superficie piane, superiore e inferiore, simili ed eguali e a squadra con l'altre superficie laterali, e sia la sua grossezza *I O* eguale all'altezza massima degli argini dell'acqua: dico che, posto su l'acqua, non si sommergerà. Imperocché, essendo l'altezza *A I* eguale all'altezza *I O*, sarà la mole dell'aria *A B C I* eguale alla mole del solido *C I O S*, e tutta la mole *A O S B* doppia della mole *I S*: e avvegnaché la mole dell'aria *A C* non cresca o diminuisca la gravità della mole *I S*, e 'l solido *I S* si pone doppio in gravità all'acqua, adunque tant'acqua quanta è la mole sommersa *A O S B*, composta dell'aria *A I C B* e del solido *I O S C*, pesa appunto quanto essa mole sommersa *A O S B*: ma quando tanta mole d'acqua, quanta è la parte sommersa del solido, pesa quanto lo stesso solido, esso non discende più, ma si ferma, come da Archimede, e sopra da noi, è stato dimostrato: adunque *I S* non discenderà più, ma si

fermerà. E se il solido *I S* sarà in gravità sesquialtero all'acqua, resterà a galla, sempre che la sua grossezza non sia più che 'l doppio dell'altezza massima dell'argine, cioè di *A I*. Imperocché, essendo *I S* sesquialtero in gravità all'acqua, ed essendo l'altezza *O I* doppia della *I A*, sarà ancora il solido sommerso *A O S B* sesquialtero in mole al solido *I S*: e perché l'aria *A C* non cresce o scema il peso del solido *I S*, adunque tanta acqua, quanta è la mole sommersa *A O S B*, pesa quanto essa mole sommersa: adunque tal mole si fermerà. E in somma, universalmente, ogni volta che l'eccesso della gravità del solido sopra la gravità dell'acqua, alla gravità dell'acqua avrà la medesima proporzione che l'altezza dell'arginetto alla grossezza del solido, tal solido non andrà al fondo; ma d'ogni maggior grossezza, andrebbe [39].

Sia il solido *I S* più grave dell'acqua, e di grossezza tale che tal proporzione abbia l'altezza dell'argine *A I* alla grossezza del solido *I O*, quale ha l'eccesso della gravità di esso solido *I S* sopra la gravità d'una mole d'acqua eguale alla mole *I S*, alla gravità della mole d'acqua eguale alla mole *I S*: dico che il solido *I S* non si sommergerà; ma d'ogni maggior grossezza, andrà al fondo. Imperocché, essendo come *A I* ad *I O*, così l'eccesso della gravità del solido *I S* sopra la gravità d'una mole d'acqua eguale alla mole *I S*, alla gravità della medesima mole d'acqua, sarà, componendo, come *A O* ad *O I* così la gravità del solido *I S* alla gravità d'una mole d'acqua eguale alla mole *I S*, e, convertendo, come *I O* ad *O A* così la gravità d'una mole d'acqua eguale alla mole *I S* alla gravità del solido *I S*: ma come *I O* ad *O A*, così una mole d'acqua *I S* ad una mole d'acqua eguale alla mole *A B S O*, e la gravità d'una mole d'acqua *I S* alla gravità d'una mole d'acqua *A S*: adunque come la gravità d'una mole d'acqua eguale alla mole *I S* alla gravità del solido *I S*, così la medesima gravità d'una mole d'acqua *I S* alla gravità d'una mole d'acqua *A S*.

[39] Cfr. la citata lettera al Nozzolini.

Adunque la gravità del solido *I S* è eguale alla gravità d'una mole d'acqua eguale alla mole *A S*: ma la gravità del solido *I S* è la medesima che la gravità del solido *A S*, composto del solido *I S* e dell'aria *A B C I*: adunque tanto pesa tutto il solido composto *A O S B*, quanto pesa l'acqua che si conterrebbe nel luogo di esso composto *A O S B*; e però si farà l'equilibrio e la quiete, né più si profonderà esso solido *I O S C*. Ma se la sua grossezza *I O* si crescesse, bisognerebbe crescere ancora l'altezza dell'argine *A I* per mantener la debita proporzione: ma, per lo supposto, l'altezza dell'argine *A I* è la massima che la natura dell'acqua e dell'aria permettano, senza che l'acqua scacci l'aria aderente alla superficie del solido *I C* e ingombri lo spazio *A I C B*: adunque solido di maggior grossezza che *I O*, e della medesima materia del solido *I S*, non resterà senza sommergersi, ma discenderà al fondo: che è quello che bisognava dimostrare.

In conseguenza di questo che s'è dimostrato, molte e varie conclusioni si posson raccorre, dalle quali più e più sempre venga confermata la verità della mia principal proposizione, e scoperto quanto imperfettamente sia stato sin ora filosofato circa la presente quistione.

E prima, raccogliesi dalle cose dimostrate, che tutte le materie, ancorché gravissime, possono sostenersi su l'acqua, sino allo stesso oro, grave più d'ogni altro corpo conosciuto da noi: perché, considerata la sua gravità esser quasi venti volte maggior di quella dell'acqua, e, più, determinata l'altezza massima dell'argine che può far l'acqua senza rompere il ritegno dell'aria aderente alla superficie del solido che si posa su l'acqua, se noi faremo una lamina d'oro così sottile che non ecceda in grossezza la diciannovesima parte dell'altezza del detto arginetto, questa, posata leggiermente su l'acqua, resterà senza andare in fondo. E se l'ebano, per caso, sarà in proporzione sesquisettima più grave dell'acqua, la massima grossezza che si possa dare ad una tavoletta d'ebano, sì che ella possa sostenersi senza sommergersi, sarà sette volte più che l'altezza dell'arginetto. Lo stagno, v. g., otto volte più grave dell'acqua, galleggerà ogni volta che la grossezza della sua lamina non ecceda la settima parte dell'altezza dell'arginetto.

E già non voglio passar sotto silenzio di notare, come un secondo corollario dependente dalle cose dimostrate, che l'ampiezza della figura non solamente non è cagion del galleggiar quei corpi gravi che per altro si sommergono, ma né anche da lei depende il determinare quali sieno quelle falde d'ebano, di ferro o d'oro che possano stare a galla; anzi tal determinazione dalla sola grossezza di esse figure d'ebano o d'oro si dee attendere, escludendo totalmente la considerazione della lunghezza e della larghezza, come quelle che in verun conto non hanno parte in questo effetto. Già si è fatto manifesto, come cagione del galleggiare le dette falde ne è solamente il ridursi ad esser men gravi dell'acqua, mercé dell'accoppiamento di quell'aria che insieme con loro discende e occupa luogo nell'acqua; il qual luogo occupato se, avanti che l'acqua circunfusa si sparga ad ingombrarlo, sarà capace di tant'acqua che pesasse quanto la falda, resta la falda sospesa su l'acqua, né più si sommerge. Or veggasi da quale delle tre dimensioni del solido dependa il determinare quale e quanta debba esser la mole di quello, acciocché l'aiuto dell'aria, che se le accoppierà, possa esser bastante a renderlo men grave in ispecie dell'acqua, ond'egli resti senza sommergersi: troverrassi senz'alcun dubbio che la lunghezza o larghezza non hanno che fare in simil determinazione, ma solamente l'altezza o vogliam dir la grossezza. Imperocché, se si piglierà una falda o tavoletta, per esemplo, d'ebano, la cui altezza alla massima possibile altezza dell'arginetto abbia la proporzione dichiarata di sopra, il perché ella soprannuoti sì, ma non già se s'accresce punto la sua grossezza, dico che, servata la sua grossezza, e crescendo due quattro e dieci volte la sua superficie, o scemandola col dividerla in quattro o sei o venti e cento parti, sempre resterà nel medesimo modo a galla; ma se si crescerà solo un capello la sua grossezza, sempre si profonderà, quando bene la superficie si multiplicasse per cento e cento volte. Ora, conciossiacosa che quella sia cagione, la qual posta,

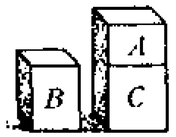
si pon l'effetto [40], e tolta, si toglie, e per crescere o diminuire in qualunque modo la larghezza e lunghezza non si pone o rimuove l'effetto d'andare o non andare al fondo; adunque l'ampiezza o picciolezza della superficie non hanno azione alcuna circa l'andare o non andare al fondo. E che, posta la proporzione dell'altezza dell'argine all'altezza del solido nel modo di sopra detto, la grandezza o piccolezza della superficie non faccia variazione alcuna, è manifesto da quello che di sopra si è dimostrato, e da questo: che i prismi e i cilindri che hanno la medesima base, son fra di loro come l'altezze; onde i cilindri o prismi, cioè le tavolette, grandi o piccole ch'elle sieno, pur che tutte sien d'egual grossezza, hanno la medesima proporzione all'aria sua conterminale, che ha per base la medesima superficie della tavoletta e per altezza l'arginetto dell'acqua; sì che sempre di tale aria e della tavoletta si compongono solidi, che in gravità pareggiano una mole d'acqua eguale alla mole di essi solidi, composti dell'aria e della tavoletta: per lo che tutti i detti solidi restano nel medesimo modo a galla.

Raccoglieremo, nel terzo luogo, come ogni sorta di figura e di qualsivoglia materia, benché più grave dell'acqua, può, per beneficio dell'arginetto, non solamente sostenersi senza andare al fondo, ma alcune figure, benché di materia gravissima, restare anche tutte sopra l'acqua, non si bagnando se non la superficie inferiore che tocca l'acqua; e queste saranno tutte le figure le quali dalla base inferiore in su si vanno assottigliando: il che noi esemplificheremo per ora nelle piramidi o coni, delle quali figure le passioni son comuni. Dimostreremo dunque, come è possibile formare una piramide o cono di qualsivoglia materia proposta, il quale, posato con la base sopra l'acqua, resti non solo senza sommergersi, ma senza bagnarsi altro che la base. Per la cui esplicazione fa di bisogno prima dimostrare il seguente lemma, cioè che:

I solidi de' quali le moli in proporzione rispondono contrariamente alle lor gravità in ispecie, son di gravità assoluta

[40] Cfr. p. 449, n. 24.

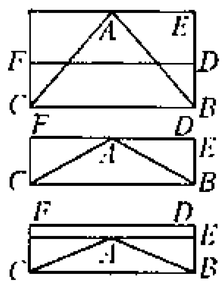
eguali. Sieno due solidi, $A\,C$ e B; e sia la mole $A\,C$ alla mole B come la gravità in ispecie del solido B alla gravità in ispecie del solido $A\,C$: dico, i solidi $A\,C$ e B esser di peso assoluto eguali, cioè egualmente gravi. Imperocché, se la mole $A\,C$ sia eguale alla mole B, sarà, per l'assunto, la gravità in ispecie di B eguale alla gravità in ispecie di $A\,C$; ed essendo eguali in mole e della medesima gravità in ispecie, peseranno anche assolutamente tanto l'uno come l'altro. Ma se le lor moli saranno diseguali, sia la mole $A\,C$ maggiore, ed in essa prendasi la parte C eguale alla mole B; e perché le moli B, C sono eguali, la medesima proporzione avrà il peso assoluto di B al peso assoluto di C, che ha la gravità in ispecie di B alla gravità in ispecie di C, o vero di $C\,A$, che in ispecie è la medesima: ma qual proporzione ha la gravità in ispecie di B alla gravità in ispecie di $C\,A$, tale, per lo dato, ha la mole $A\,C$ alla mole B, cioè alla mole C: adunque il peso assoluto di B al peso assoluto di C è come la mole $A\,C$ alla mole C. Ma come la mole $A\,C$ alla mole C, così è il peso assoluto di $A\,C$ al peso assoluto di C: adunque il peso assoluto di B al peso assoluto di C ha la medesima proporzione che 'l peso assoluto di $A\,C$ al medesimo peso assoluto di C: adunque i due solidi $A\,C$ e B pesano di peso assoluto egualmente: che è quello che bisognava dimostrare [41].



Avendo dimostrato questo, dico che è possibile di qual si voglia materia proposta formare una piramide o cono, sopra qualsivoglia base, il quale, posato su l'acqua, non si sommerga né bagni, altro che la base. Sia la massima possibile altezza dell'argine la linea $D\,B$; e 'l diametro della base del cono da farsi, di qualunque materia assegnata, sia la linea $B\,C$, ad angolo retto con $D\,B$; e la proporzione che ha la gravità in ispecie della materia della piramide o cono da farsi, alla gravità in ispecie dell'acqua, la medesima abbia l'altezza dell'argine $D\,B$ alla terza parte dell'altezza della

[41] Si veda a p. 435 il presupposto di questa dimostrazione.

piramide o cono *A B C*, fatto su la base il cui diametro sia *B C*: dico che detto cono *A B C*, e ogni altro più basso di lui, resterà sopra la superficie dell'acqua *B C* senza sommergersi. Tirisi la *D F* parallela alla *B C*, e intendasi il prisma o cilindro *E C*, il quale sarà triplo al cono *A B C*: e perché il cilindro *D C* al cilindro *C E* ha la medesima proporzione che l'altezza *D B* all'altezza *B E*, ma il cilindro *C E* al cono *A B C* è come l'altezza *E B* alla terza parte dell'altezza del cono, adunque, per la proporzione eguale, il cilindro *D C* al cono *A B C* è come *D B* alla terza parte dell'altezza *B E*. Ma come *D B* alla terza parte di *B E*, così è la gravità in ispecie del cono *A B C* alla gravità in ispecie dell'acqua: adunque, come la mole del solido *D C* alla mole del cono *A B C*, così la gravità in ispecie di esso cono alla gravità in ispecie dell'acqua: adunque, per lo lemma precedente, il cono *A B C* pesa assolutamente come una mole d'acqua eguale alla mole *D C*. Ma l'acqua che per la 'mposizione del cono *A B C* viene scacciata del suo luogo, è quanta capirebbe precisamente nel luogo *D C*, ed è in peso eguale al cono che la scaccia: adunque si farà l'equilibrio, e 'l cono resterà senza più profondarsi. Ed è manifesto, che faccendosi sopra la medesima base un cono meno alto, sarà anche men grave, e tanto più resterà senza sommergersi.

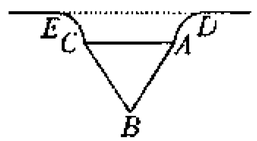


È manifesto ancora, come si possono far coni e piramidi di qualsivoglia materia più grave dell'acqua, li quali, posti nell'acqua con la sommità o punta in giù, restino senza andare in fondo. Perché, se ripiglieremo quello che di sopra fu dimostrato de' prismi e cilindri [42], e che in base eguali a quelle di essi cilindri formeremo coni della medesima materia e tre volte più alti de' cilindri, quelli resteranno a galla; perché saranno in mole e peso eguali ad essi cilindri, e, per aver le lor base eguali a quelle de' cilindri, lasceranno sopra eguali moli d'aria contenuta dentro gli arginetti.

[42] Cfr. pp. 438 segg.

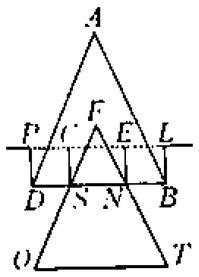
Questo, che per modo d'esemplo s'è dimostrato de' prismi, cilindri coni e piramidi, si potrebbe dimostrare di tutte l'altre figure solide; ma bisognerebbe, tanta è la moltitudine e la varietà de' lor sintomi e accidenti, formarne un volume intero, volendo comprendere le particolari dimostrazioni di tutti e de' loro segmenti. Ma voglio, per non estendere il presente discorso in infinito, contentarmi che da quanto ho dichiarato ogni uno di mediocre intelligenza possa comprendere, come non è materia alcuna così grave, insino all'oro stesso, della quale non si possano formar tutte le sorte di figure, le quali, in virtù dell'aria superiore ad esse aderente, e non per resistenza dell'acqua alla penetrazione, restino sostenute, sì che non discendano al fondo: anzi di più mostrerò, per rimuovere un tale errore, come una piramide o cono, posto nell'acqua con la punta in giù, resterà senza andare a fondo, e 'l medesimo, posto con la base in giù, andrà in fondo, e sarà impossibile il farlo soprannotare; e pur tutto l'opposito accader dovrebbe, se la difficultà del fender l'acqua fusse quella che impedisse la scesa, conciosiacosa che il medesimo cono è molto più accomodato a fendere e penetrare con la punta acutissima che con la base larga e spaziosa.

E sia, per dimostrar questo, il cono *A B C*, due volte grave quanto l'acqua, e sia la sua altezza tripla all'altezza dell'arginetto *D A E C*: dico, primieramente, che, posto nell'acqua leggiermente con la punta in giù, non discenderà al fondo. Imperocché il cilindro aereo, contenuto tra gli argini *D A*, *C E*, in mole è eguale al cono *A B C*, tal che tutta la mole del solido composto dell'aria *D A C E* e del cono *A B C* sarà doppia del cono *A C B*: e perché il cono *A B C* si pone di materia il doppio più grave dell'acqua, adunque tant'acqua quant'è tutta la mole *D A B C E*, locata sotto 'l livello dell'acqua, pesa quanto il cono *A B C*, e però si farà l'equilibrio; e 'l cono *A B C* non calerà più a basso.



Dico ora, di più, che 'l medesimo cono, posato con la base all'ingiù, calerà al fondo, ed essere impossibile che egli

in modo alcuno resti a galla. Sia dunque il cono *A B D*, doppio in gravità all'acqua, e sia la sua altezza tripla dell'altezza dell'argine *L B*. È già manifesto che tutto fuori dell'acqua non resterà: perché, essendo il cilindro compreso dentro agli argini *L B*, *D P* eguale al cono *A B D*, ed essendo la materia del cono doppia in gravità all'acqua, è manifesto che il peso di esso cono sarà doppio al peso della mole d'acqua eguale al cilindro *L B D P*; adunque non resterà in questo stato, ma discenderà. Dico, in oltre, che molto meno si fermerà sommergendone una parte: il che s'intenderà comparando con l'acqua tanto la parte che si sommergerà, quanto l'altra che avanzerà fuori. Sommergasi, dunque, del cono *A B D* la parte *N T O S*, e avanzi la punta *N S F*: sarà l'altezza del cono *F N S* o più che la metà di tutta l'altezza del cono *F T O*, o vero non sarà più. Se sarà più che la metà, il cono *F N S* sarà più che la metà del cilindro *E N S C*; imperocché l'altezza del cono *F N S* sarà più che sesquialtera dell'altezza del cilindro *E N S C*: e perché si pone che la materia del cono sia in ispecie il doppio più grave dell'acqua, l'acqua che si conterrebbe dentro all'arginetto *E N S C* sarebbe assolutamente men grave del cono *F N S*: onde il cono solo *F N S* non può esser sostenuto dall'arginetto. Ma la parte sommersa *N T O S*, per essere in ispecie più grave il doppio dell'acqua, tenderà al fondo: adunque tutto il cono *F T O*, tanto rispetto alla parte sommersa, quanto all'eminente, discenderà al fondo. Ma se l'altezza della punta *F N S* sarà la metà di tutta l'altezza del cono *F T O*, sarà la medesima altezza di esso cono *F N S* sesquialtera all'altezza *E N*; e però *E N S C* sarà doppio del cono *F N S*, e tanta acqua in mole quanto è il cilindro *E N S C*, peserebbe quanto la parte del cono *F N S*. Ma perché l'altra parte sommersa *N T O S* è in gravità doppia all'acqua, tanta mole d'acqua quanta è quella che si compone del cilindro *E N S C* e del solido *N T O S* peserà manco del cono *F T O* tanto, quanto è il peso d'una mole d'acqua eguale al solido *N T O S*: adunque il cono discenderà ancora.



Anzi, perché il solido *N T O S* è settuplo al cono *F N S*, del quale il cilindro *E S* è doppio, sarà la proporzione del solido *N T O S* al cilindro *E N S C* come di 7 a 2: adunque tutto il solido composto del cilindro *E N S C* e del solido *N T O S* è molto meno che doppio del solido *N T O S*: adunque il solido solo *N T O S* è molto più grave che una mole d'acqua eguale al composto del cilindro *E N S C* e *N T O S*: dal che ne segue che, quando anche si rimovesse e togliesse via la parte del cono *F N S*, il restante solo *N T O S* andrebbe al fondo. E se più si profonderà il cono *F T O*, tanto più sarà impossibile che si sostenga a galla, crescendo sempre la parte sommersa *N T O S* e scemando la mole dell'aria contenuta dentro all'arginetto, il quale si fa sempre minore quanto più il cono si sommerge.

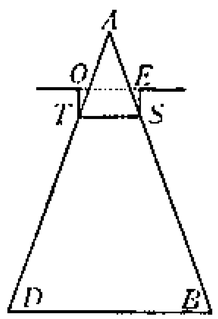
Tal cono, dunque, che con la base in su e la cuspide in giù si sostiene senza andare al fondo, posto con la base in giù è impossibile che non si sommerga. Lungi dal vero, adunque, hanno filosofato coloro che hanno attribuito la cagion del soprannotare alla resistenza dell'acqua in esser divisa come a principio passivo, e alla larghezza della figura di chi l'ha da dividere, come efficiente.

Vengo, nel quarto luogo, a raccogliere e concludere la ragione di quello che io proposi agli avversari, cioè: Che è possibile formar corpi solidi di qual si voglia figura e di qual si voglia grandezza, li quali per sua natura vadano a fondo, ma con l'aiuto dell'aria contenuta nell'arginetto restino senza sommergersi.

La verità di questa proposizione è assai manifesta in tutte quelle figure solide le quali terminano nella lor più alta parte in una superficie piana; perché, formandosi tali figure di qualche materia grave in ispecie come l'acqua, mettendole nell'acqua sì che tutta la mole si ricuopra, è manifesto che si fermeranno in tutti i luoghi, dato però che tal maniera di peso eguale all'acqua si potesse a capello aggiustare, e resteranno anche, in conseguenza, al pelo dell'acqua, senza farsi arginetto alcuno. Se dunque, rispetto alla materia, tali figure sono atte a restare senza sommergersi, benché prive dell'aiuto dell'arginetto, chiara cosa è ch'elle

si potranno far tanto crescer di gravezza, senza crescer la lor mole, quanto è il peso di tanta acqua, quanta si conterrebbe dentro all'arginetto che si facesse intorno alla loro piana superficie superiore; dal cui aiuto sostenute, resteranno a galla; ma bagnate andranno al fondo, essendo state fatte più gravi dell'acqua. Nelle figure, dunque, che terminano di sopra in un piano, chiaramente si comprende come l'arginetto, posto o tolto, può vietare o permettere la scesa: ma in quelle che si vanno verso la sommità attenuando, potrà qualcuno, e non senza molta apparente cagione, dubitare se queste possano far lo stesso, e massimamente quelle che vanno a terminare in una acutissima punta, come sono i coni e le piramidi sottili. Di queste, dunque, come più dubbie di tutte l'altre, cercherò di dimostrare come esse ancora soggiacciono al medesimo accidente d'andare e non andare al fondo le medesime, e sieno di qual si voglia grandezza.

Sia dunque il cono *A B D*, fatto di materia grave in ispecie come l'acqua: è manifesto che, messo tutto sott'acqua, resterà in tutti i luoghi (intendasi sempre quando esquisitissimamente pesasse quanto l'acqua, il che è quasi impossibile a effettuarsi), e che ogni piccola gravità che se gli aggiunga, andrà al fondo. Ma se si calerà a basso leggiermente, dico che si farà l'arginetto *E S T O*, e che resterà fuori dell'acqua la punta *A S T*, d'altezza tripla all'altezza dell'argine *E S*. Il che si fa manifesto: imperocché, pesando la materia del cono egualmente come l'acqua, la parte sommersa *S B D T* resta indifferente al muoversi in giù o in su; e 'l cono *A S T* essendo eguale in mole all'acqua che si conterrebbe dentro all'arginetto *E S T O*, gli sarà anche eguale in gravità; e però sarà in tutto fatto l'equilibrio e, in conseguenza, la quiete.

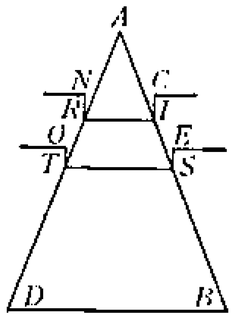


Nasce ora il dubbio, se si possa far più grave il cono *A B D* tanto, che quando sia messo tutto sott'acqua vada al fondo, ma non già tanto che si levi all'arginetto la facultà del poter sostenerlo senza sommergersi. E la ragione del dubitare è questa: che se bene, quando il cono *A B D* è in

ispecie grave come l'acqua, l'arginetto *E S T O* lo sostiene non solamente quando la punta *A S T* è tripla in altezza all'altezza dell'argine *E S*, ma più ancora quando minor parte ne restasse fuori dell'acqua (perché se bene, nel discender che fa il cono, la punta *A S T* scema, e scema altresì l'arginetto *E S T O*, nientedimeno con maggior proporzione scema la punta che l'argine; la quale si diminuisce secondo tutte e tre le dimensioni, ma l'argine secondo due solamente, restando sempre l'altezza la medesima; o vogliam dire perché il cono *S T* va scemando secondo la proporzione de' cubi delle linee che di mano in mano si fanno diametri delle base de' coni emergenti, e gli arginetti scemando secondo la proporzion de' quadrati delle medesime linee, onde le proporzioni delle punte son sempre sesquialtere delle proporzioni de' cilindri contenuti dentro agli arginetti: onde se, per esemplo, l'altezza della punta emergente fosse doppia o eguale all'altezza dell'argine, in questi casi il cilindro contenuto dentro all'argine sarebbe assai maggiore della detta punta, perché sarebbe o sesquialtero o triplo; il perché ci avanzerebbe forza per sostener tutto il cono, già che la parte sommersa non graverebbe più niente); tuttavia, quando venga aggiunta alcuna gravità a tutta la mole del cono, sì che anche la parte sommersa non resti senza qualche eccesso di gravità sopra la gravità dell'acqua, non resta chiaro se 'l cilindro contenuto dentr'all'arginetto, nel calar che farà il cono, potrà ridursi a tal proporzione con la punta emergente e a tale eccesso di mole sopra la mole di essa, che possa ristorar l'eccesso della gravità in ispecie del cono sopra la gravità dell'acqua. E la dubitazione procede perché, se bene, nell'abbassarsi che fa il cono, la punta emergente *A S T* si diminuisce, per la qual cosa scema ancora l'eccesso della gravità del cono sopra la gravità dell'acqua, il punto sta che l'argine ancora si ristrigne, e 'l cilindro contenuto da esso si diminuisce. Tutta via si dimostrerrà come, essendo il cono *A B D* di qual si voglia grandezza, e fatto in prima di materia in gravità similissima all'acqua, se gli possa aggiugner qualche peso, per lo quale e' possa discendere al

fondo quando sia posto sott'acqua, e possa anche, in virtù dell'arginetto, fermarsi senza sommergersi.

Sia dunque il cono *A B D* di qualsivoglia grandezza e di gravità simile in ispezie all'acqua: è manifesto che, messo leggiermente nell'acqua, resterà senza sommergersi, e fuor dell'acqua avanzerà la punta *A S T*, d'altezza tripla all'altezza dell'argine *E S*. Intendasi ora essere il cono *A B D* abbassato più, sì che avanzi solamente fuor dell'acqua la punta *A I R*, alta per la metà della punta *A S T*, con l'arginetto attorno *C I R N*. E perché il cono *A S T* al cono *A I R* è come il cubo della linea *S T* al cubo della linea *I R*; ma il cilindro *E S T O* al cilindro *C I R N* è come il quadrato di *S T* al quadrato *I R*; sarà il cono *A S T* ottuplo al cono *A I R*, e 'l cilindro *E S T O* quadruplo al cilindro *C I R N*: ma il cono *A S T* è eguale al cilindro *E S T O*: adunque il cilindro *C I R N* sarà doppio al cono *A I R*, e l'acqua, che si conterrebbe dentro all'arginetto *C I R N*, doppia in mole e in peso al cono *A I R*, e però potente a sostenere il doppio del peso del cono *A I R*. Adunque, se a tutto 'l cono *A B D* s'accrescerà tanto peso quanto è la gravità del cono *A I R*, cioè quant'è l'ottava parte del peso del cono *A S T*, potrà bene ancora esser sostenuto dall'arginetto *C I R N*; ma senza quello andrà al fondo, essendosi, per l'aggiunta del peso eguale all'ottava parte del peso del cono *A S T*, reso il cono *A B D* più grave in ispecie dell'acqua. Ma se l'altezza del cono *A I R* fusse due terzi dell'altezza del cono *A S T*, sarebbe il cono *A S T* al cono *A I R* come 27 a 8, e 'l cilindro *E S T O* al cilindro *C I R N* come 9 a 4, cioè come 27 a 12, e però il cilindro *C I R N* al cono *A I R* come 12 a 8, e l'eccesso del cilindro *C I R N* sopra 'l cono *A I R* al cono *A S T* come 4 a 27: adunque se al cono *A B D* s'aggiugnerà tanta gravità quant'è li 4 ventisettesimi del peso del cono *A S T*, che è un poco più della sua settima parte, resterà ancora a galla, e l'altezza della emergente sarà doppia dell'altezza dell'arginetto. Questo,



che s'è dimostrato ne' coni, accade precisamente nelle piramidi, ancor che e gli uni e l'altre fossero acutissime: dal che si conclude, che il medesimo accidente accadrà tanto più agevolmente in tutte l'altre figure, quanto in meno acute sommità vanno a terminare, venendo aiutate da argini più spaziosi.

Tutte le figure adunque, di qualunque grandezza, possono andare e non andare al fondo, secondo che le lor sommità si bagneranno o non si bagneranno: ed essendo questo accidente comune a tutte le sorte di figure, senza eccettuarne pur una, adunque la figura non ha parte alcuna nella produzion di quest'effetto, dell'andare alcuna volta al fondo e alcun'altra no, ma solamente l'essere ora congiunte con l'aria sopreminente e ora separate [43]. La qual cagione, in fine, chi rettamente e, come si dice, con amendue gli occhi considererà questo negozio, conoscerà che si riduce, anzi che realmente è la stessa vera naturale e primaria cagione del soprannotare o andare al fondo, cioè l'eccesso o mancamento della gravità dell'acqua verso la gravità di quella mole corporea che si mette nell'acqua. Perché, sì come una falda di piombo grossa come una costola di coltello, che per sé sola messa nell'acqua, va al fondo, se sopra se le n'attaccherà una di suvero grossa quattro dita, resta a galla, perché ora il solido che si pone in acqua non è altramente, come prima, più grave dell'acqua, ma meno; così la tavoletta d'ebano, per sua natura più grave dell'acqua, e però discendente in fondo quando per sé sola sia posta in acqua, se si poserà sopra l'acqua congiunta con un suolo d'aria, la quale insieme con l'ebano vada abbassandosi, e che sia tanta che con quello faccia un composto men grave di tanta acqua in

[43] Gli aristotelici che polemizzarono con Galilei non dettero alcun rilievo a queste particolari esperienze indicate dall'autore, lieti di sbarazzarsene perché la causa generale di esse era stata già negata da loro. Osservò Galilei: « Io non ho mai veduto il più bel modo d'impugnar esperienze e ragioni di questo del Sig. Colombo. Egli prima risolutamente dice, l'esperienza dell'avversario non concluder cosa alcuna; poi, senz'addurre il perché, si mette a dichiarar solamente la causa perché quell'effetto segua così e se ne passa ad altro » (IV, p. 591).

mole quanta è la mole già abbassata e sommersa sotto il livello della superficie dell'acqua, non andrà altramente, ma si fermerà, non per altra cagione che per la universale e comunissima, che è che le moli corporee men gravi in ispecie che l'acqua non vanno al fondo. Onde, chi pigliasse una piastra di piombo, grossa, per esemplo, un dito e larga un palmo per ogni verso, e tentasse di farla restare a galla col posarla leggiermente, perderebbe ogni fatica, perché, quando si fosse profondata un capello più che la possibile altezza degli arginetti dell'acqua, si ricoprirebbe e profonderebbe: ma se, mentre che ella si va abbassando, alcuno le andasse fabbricando intorno intorno alcune sponde che ritenessero lo spargimento dell'acqua sopra essa piastra, le quali sponde si alzassero tanto, che dentro di loro potesse capir tant'acqua che pesasse quanto la detta piastra, ella, senza alcun dubbio, non si profonderebbe più, ma resterebbe sostenuta in virtù dell'aria contenuta dentro alle già dette sponde; ed in somma si sarebbe formato un vaso col fondo di piombo. Ma se la sottigliezza del piombo sarà tale, che pochissima altezza di sponde bastasse per circondar tant'aria che potesse mantenerlo a galla, e' resterà anche senza le sponde, ma non già senza l'aria; perché l'aria da per sé stessa si fa sponde, bastanti, per piccola altezza, a ritener lo 'ngombramento dell'acqua; onde quello che 'n questo caso galleggia, è pure un vaso ripieno d'aria, in virtù della quale resta senza sommergersi.

Voglio, per ultimo, con un'altra esperienza tentar di rimuovere ogni difficultà, se pur restasse ancora, appresso qualcuno, dubbio circa l'operazione di questa continuazion dell'aria con la sottil falda che galleggia, e poi por fine a questa parte del mio Discorso.

Io mi fingo d'essere in questione con alcuno degli avversarii, se la figura abbia azione alcuna circa l'accrescere o diminuire la resistenza in alcun peso all'essere alzato nell'aria; e pongo di voler sostener la parte affermativa, affermando che una mole di piombo, ridotto in figura d'una palla, con manco forza s'alzerà che se il medesimo fusse fatto in una sottilissima e larghissima falda, come quello

che in questa figura spaziosa ha da fender gran quantità d'aria, e in quella più ristretta e raccolta, pochissima. E per mostrar come tal mio parer sia vero, sospendo da un sottil filo, prima, la palla, e quella pongo nell'acqua, legando il filo, che la regge, ad uno de' bracci della bilancia, la quale tengo in aria, e all'altra lance vo aggiugnendo tanto peso, che finalmente sollevi la palla del piombo e l'estragga fuor dell'acqua; per che fare vi bisognano, v. g., 30 once di peso: riduco poi il medesimo piombo in una falda piana e sottile, la qual pongo parimente nell'acqua, sospesa con 3 fili, li quali la sostengano parallela alla superficie dell'acqua; e aggiugnendo, nello stesso modo, pesi nell'altra lance, sin che la falda venga alzata ed estratta fuori dell'acqua, mostro che once 36 non son bastanti di separarla dall'acqua e sollevarla per aria: e sopra tale esperienza fondato, affermo d'aver pienamente dimostrata la verità della mia proposizione [44]. Si fa l'avversario innanzi e, faccendomi abbassare alquanto la testa, mi fa veder cosa della quale io non m'era prima accorto, e mi mostra che, nell'uscir che fa la falda fuor dell'acqua, ella si tira dietro un'altra falda d'acqua, la quale, avanti che si divida e separi dalla inferior superficie della falda di piombo, si eleva sopra il livello dell'altr'acqua più che una costola di coltello: torna poi a rifar l'esperienza con la palla, e mi fa veder che pochissima quantità d'acqua è quella che s'attacca alla sua figura stretta e raccolta: mi soggiugne poi, che non è maraviglia se nel separar la sottile e larghissima falda dall'acqua si senta molto maggior resistenza che nel separar la palla, poiché insieme con la falda si ha da alzar gran quantità d'acqua, il che non accade nella palla. Fammi, oltr'a ciò, avvertito, come la nostra quistione è, se la resistenza all'esser sollevato si ritrova maggiore in una spaziosa falda di piombo che in una palla, e non se più

[44] Partendo dalle definizioni di centro di gravità e di momento e dalle relative esperienze riferite prima nelle *Mecaniche* e poi nel presente *Discorso*, circa diversi comportamenti dei gravi in fluidi diversi, Galilei arriverà più tardi, nei *Discorsi* cit. (vol. II, p. 645) alla dimostrazione che corpi di varia gravità, e di qualsiasi natura, cadono nel vuoto con uguale velocità.

resista una falda di piombo con gran quantità d'acqua che una palla con pochissima acqua. Mostrami, in fine, che il por prima la falda e la palla in acqua, per far prova poi delle loro resistenze in aria, è fuor del caso nostro, li quali trattiamo del sollevare in aria e cose locate in aria, e non della resistenza che si fa ne' confini dell'aria e dell'acqua e da cose che sieno parte in aria e parte in acqua; e finalmente mi fa toccar con mano, che quando la sottil falda è in aria e libera dal peso dell'acqua, con la stessa forza a capello si solleva che la palla. Io, vedute e intese queste cose, non so che altro fare se non chiamarmi persuaso, e ringraziar l'amico d'avermi fatto capace di quello di che per l'addietro non mi era accorto; e da tale accidente avvertito, dire a gli avversarii, che la nostra quistione è, se egualmente vada al fondo nell'acqua una palla e una tavola d'ebano, e non una palla d'ebano e una tavola d'ebano congiunta con un'altra tavola d'aria; e, più, che noi parliamo dell'andare o non andare al fondo nell'acqua, e non di quello che accaggia ne' confini dell'acqua e dell'aria a' corpi che sieno parte in aria e parte in acqua; né meno trattiamo della maggiore o minor forza che si ricerchi nel separar questo o quel corpo dall'aria; non tacendo loro, in ultimo, che tanto per appunto resiste e, per così dire, pesa l'aria all'in giù nell'acqua, quanto pesi e resista nell'acqua all'in su nell'aria, e che la stessa fatica ci vuole a mandar sott'acqua un utre pien d'aria che ad alzarlo in aria pien d'acqua, rimossa però la considerazion del peso della pelle e considerando l'acqua e l'aria solamente. E, parimente, è vero che la stessa fatica si ricerca per mandare, spignendo a basso, un bicchiere e simil vaso sotto l'acqua, mentre è pieno d'aria, che a sollevarlo sopra la superficie dell'acqua, tenendolo con la bocca in giù, mentre egli sia pieno d'acqua; la quale nello stesso modo è costretta a seguitare il bicchiere, che la contiene, e alzarsi sopra l'altr'acqua nella region dell'aria, che vien forzata l'aria a seguire il medesimo vaso sotto a' confini dell'acqua, sin che in questo caso l'acqua, sopraffacendo gli orli del bicchiere, vi precipita dentro, scacciandone l'aria, e in quello, uscendo il medesimo orlo

fuori dell'acqua e pervenendo a' confini dell'aria, l'acqua casca a basso e l'aria sottentra a riempiere la cavità del vaso. Al che ne séguita, che non meno trapassi i limiti delle convenzioni quello che produce una tavola congiunta con molta aria, per vedere se discende al fondo nell'acqua, che quello che fa prova della resistenza all'esser sollevato in aria con una falda di piombo congiunta con altrettanta acqua.

Ho detto quanto m'è venuto in mente, per mostrar la verità della parte che ho preso a sostenere: restami da considerar ciò che in tale materia scrive Aristotile, nel fine de' libri *Del cielo* [45]. Nel qual particolare io noterò due cose: l'una, che essendo vero, come s'è dimostrato, che la figura non ha che fare circa 'l semplicemente muoversi o non muoversi in su o in giù, pare che Aristotile nel primo ingresso di questa speculazione abbia avuto la medesima oppinione, sì come dall'essaminar le sue parole parmi che si possa raccorre: bene è vero che, nel voler poi render la ragione di tal effetto, come quegli che non l'ha, per quant'io stimo, bene incontrata, il che nel secondo luogo andrò esaminando, par che si riduca ad ammetter l'ampiezza della figura a parte di quest'operazione.

Quanto al primo punto, ecco le parole precise d'Aristotile: « Le figure non son cause del muoversi semplicemente in giù o in su, ma del muoversi più tardo o più veloce; e per quali cagioni ciò accaggia, non è difficile il vederlo ».

Qui, primieramente, io noto che, essendo quattro i termini che cascono nella presente considerazione, cioè moto, quiete, tardo e veloce, e nominando Aristotile le figure come cause del tardo e del veloce, escludendole dall'esser cause del moto assoluto e semplice, par necessario che egli l'escluda

[45] « Non son poi le figure la causa del fatto che (gli elementi) in assoluto si muovono verso il basso o verso l'alto, ma (solamente) del fatto che si muovono più velocemente o più lentamente... Ora, i corpi piatti restano a galla perché ricoprono un'ampia superficie, in quanto una quantità più grande non si divide facilmente; i corpi invece che per figura sono opposti affondano, perché ricoprono una piccola superficie, e perciò la dividono facilmente » (ARISTOTELE, *De coelo*, IV, 6, 313).

altresì dall'esser cause di quiete; sì che la mente sua sia stata il dire: Le figure non son cause del muoversi assolutamente o non muoversi, ma del tardo e del veloce. Imperocché, se alcuno dicesse, la mente d'Aristotile esser d'escluder ben le figure dall'esser cause di moto, ma non già dall'esser cause di quiete, sì che il senso fosse di rimuovere dalle figure l'esser cause del muoversi semplicemente, ma non già l'esser cause del quietarsi; io domanderei, se si dee con Aristotile intendere che tutte le figure universalmente sieno in qualche modo cause della quiete in quei corpi che per altro si moverebbono, o pure alcune particolari solamente, come, per esemplo, le figure larghe e sottili. Se tutte indifferentemente, adunque ogni corpo quieterà, perché ogni corpo ha qualche figura; il che è falso: ma se alcune particolari solamente potranno essere in qualche modo causa di quiete, come, v. g., le larghe, adunque le altre saranno in qualche modo causa di muoversi; perché, se dal vedere alcuni corpi di figura raccolta muoversi, che poi, dilatati in falde, si fermano, posso inferir l'ampiezza della figura essere a parte nella causa di tal quiete, così dal veder simil falde quietare, che poi raccolte si muovono, potrò con pari ragione affermare, la figura unita e raccolta aver parte nel cagionare 'l moto, come rimovente di chi l'impediva; il che è poi dirittamente opposto a quello che dice Aristotile, cioè che le figure non son cause del muoversi. In oltre, se Aristotile avesse ammesse, e non escluse, le figure all'esser cause del non muoversi in alcuni corpi, che figurati d'altra figura si moverebbono, male a proposito avrebbe, nelle parole immediatamente seguenti, proposto con modo dubitativo, « onde avvenga che le falde larghe e sottili di ferro o di piombo si fermino sopra l'acqua », già che la causa era in pronto, cioè l'ampiezza della figura. Concludasi, dunque, che 'l concetto d'Aristotile in questo luogo sia d'affermare che le figure non sien cause del muoversi assolutamente o non muoversi, ma solamente del muoversi velocemente o tardamente: il che si dee tanto più credere, quanto che, in effetto, è sentenza e concetto verissimo. Ora, essendo tale la mente d'Aristotile, e' apparendo, in conseguenza, più presto contraria, nel primo aspetto,

che favorevole al detto degli avversari, è forza che la 'nterpretazion loro non sia precisamente tale, ma quale in parte intesi da alcun di essi, e 'n parte da altri fu referto; e agevolmente si può stimare esser così, essendo esplicazione conforme al senso d'interpreti celebri: ed è, che l'avverbio *semplicemente* o *assolutamente*, posto nel testo, non si debba congiungere col verbo *muoversi*, ma co 'l nome *cause*; sì che il sentimento delle parole d'Aristotile sia l'affermare che le figure non son cause assolutamente del muoversi o non muoversi, ma son ben cause *secundum quid*, cioè in qualche modo, per lo che vengon nominate cause aiutrici e concomitanti. E tal proposizione vien ricevuta e posta per vera dal Sig. Buonamico nel lib. 5, cap. 28, dove egli scrive così: « Sono altre cause concomitanti, per le quali alcune cose galleggiano e altre si sommergono, tra le quali il primo luogo ottengon le figure de' corpi, ec. »[46].

Intorno a tal esposizione mi nascon diversi dubbi e difficultà, per le quali mi par che le parole d'Aristotile non sien capaci di simil costruzione e sentimento. E le difficultà son queste.

Prima, nell'ordine e disposizion delle parole d'Aristotile la particula *simpliciter* o, vogliamo dire, *absolute* è attaccata col verbo *si muovono*, e separata dalla parole *cause*: il che è gran presunzione a favor mio; poiché la scrittura e 'l testo dice: « Le figure non son cause del muoversi semplicemente in su o in giù, ma sì bene del più tardo o più veloce »; e non dice: « Le figure non sono semplicemente cause del muoversi in su o in giù »; e quando le parole d'un testo ricevono, trasposte, senso differente da quello ch'elle

[46] Chiaramente indicative del contrasto di educazione mentale, di metodi e di concezioni, sono le osservazioni di Ludovico delle Colombe in difesa del Buonamico: « Il Buonamico esamina la dottrina e regola d'Archimede [che le cose più gravi dell'acqua vanno al fondo, le più leggiere galleggiano], e finalmente conchiude che volentieri accetterebbe questa regola per buona, se tal regola non discordasse dalla dottrina d'Aristotele: la qual maniera di parlare non fa comparazione tra l'autorità d'Aristotile e quella d'Archimede, ma tra la dottrina dell'uno e dell'altro in cosa che più appartiene al filosofo naturale che alle matematiche » (IV, p. 352).

suonano portate con l'ordine in che l'autor le dispose, non conviene il permutarle. E chi vorrà affermare che Aristotile, volendo scrivere una proposizione, disponesse le parole in modo ch'elle importassero un sentimento diversissimo, anzi contrario? contrario, dico, perché, intese com'elle sono scritte, dicono che le figure non son cause del muoversi; ma trasposte, dicono le figure esser causa del muoversi, ec.

Di più, se la 'ntenzione d'Aristotile fusse stata di dire che le figure non son semplicemente cause del muoversi in su o in giù, ma solamente cause *secundum quid*, non occorreva che soggiugnesse quelle parole « ma son cause del più veloce o più tardo ». Anzi, il soggiugner questo sarebbe stato non solo superfluo, ma falso: conciossiaché tutto il corso della proposizione importerebbe questo: « Le figure non son causa assoluta del muoversi in su o in giù, ma son ben causa assoluta del tardo o del veloce »: il che non è vero; perché le cause primarie del più o men veloce vengon da Aristotile, del 4 della *Fisica*, al testo 71, attribuite alla maggiore o minor gravità de' mobili, paragonati tra di loro, e alla maggiore o minor resistenza de' mezzi, dependente dalla lor maggiore o minor crassizie; e queste vengon poste da Aristotile come cause primarie, e queste due sole vengono in quel luogo nominate; e la figura vien poi considerata, al t. 74, più presto come causa strumentaria della forza della gravità, la quale divide o con la figura o con l'impeto; e veramente la figura per sé stessa, senza la forza della gravità o leggerezza, non opererebbe niente.

Aggiungo che, se Aristotile avesse avuto concetto che la figura fusse stata in qualche modo causa del muoversi o non muoversi, il cercare, ch'e' fa immediatamente, in forma di dubitare, onde avvenga che una falda di piombo soprannuoti, sarebbe stato a sproposito: perché, se all'ora all'ora egli aveva detto che la figura era in certo modo causa del muoversi o non muoversi, non occorreva volgere in dubbio per qual cagion la falda di piombo galleggi, attribuendone poi la causa alla figura, e formando un discorso in questa maniera: « La figura è causa *secundum quid* del non andare al fondo: ma ora si dubita, per qual cagione una sottil falda

di piombo non vada al fondo; si risponde, ciò provenire dalla figura »; discorso che sarebbe indecente ad un fanciullo, non che ad Aristotile. E dove è la occasione di dubitare? e chi non vede che, quando Aristotile avesse stimato che la figura fosse in qualche modo causa del soprannotare, avrebbe, senza la forma di dubitare, scritto: « La figura è causa in certo modo del soprannotare; e però la falda di piombo, rispetto alla sua figura sparsa e larga, soprannuota »? Ma se noi prenderemo la proposizione d'Aristotile come dico io e come è scritta, e come in effetto è vera, il progresso suo cammina benissimo, sì nell'introduzione del veloce e del tardo, come nella dubitazione, la qual molto a proposito ci cade; e dirà così: « Le figure non son cause del muoversi o non muoversi semplicemente in su o in giù, ma sì bene del muoversi più veloce o più tardo: ma se così è, si dubita della causa onde avvenga che una falda larga e sottile di ferro o di piombo soprannuoti, ec. ». E l'occasion del dubitare è in pronto, perché pare, al primo aspetto, che di questo soprannotare ne sia causa la figura, poiché lo stesso piombo, o minor quantità, ma d'altra figura, va al fondo: e noi già abbiamo affermato, che la figura non ha azione in questo effetto.

Finalmente, se la 'ntenzion d'Aristotile in questo luogo fusse stata di dir che le figure, benché non assolutamente, sieno al manco in qualche modo cagion del muoversi o non muoversi, io metto in considerazione che egli nomina non meno il movimento all'in su, che l'altro all'in giù: e perché, nell'esemplificarlo poi, non si produce altr'esperienza che d'una falda di piombo e d'una tavoletta d'ebano, materie che per lor natura vanno in fondo, ma in virtù (come essi dicono) della figura restano a galla, converrebbe che chi che sia producesse alcun'altra esperienza di quelle materie che per lor natura vengono a galla, ma ritenute dalla figura restano in fondo. Ma già che quest'è impossibile a farsi, concludiamo che Aristotile in questo luogo non ha voluto attribuire azione alcuna alla figura, nel semplicemente muoversi o non muoversi.

Che poi egli abbia esquisitamente filosofato nell'investigar le soluzioni de' dubbi ch'ei propone, non torre'io già a sostenere; anzi varie difficultà, che mi si rappresentano, mi danno occasione di dubitare ch'ei non ci abbia interamente spiegata la vera cagion della presente conclusione. Le quali difficultà io andrò movendo, pronto al mutar credenza, qualunque volta mi sia mostrato, altra, da quel ch'io dico, esser la verità; alla confession della quale son molto più accinto, che alla contraddizione.

Proposta che ha Aristotile la quistione « onde avvenga che le falde larghe di ferro o di piombo soprannuotino », soggiugne (quasi fortificando l'occasion del dubitare): « conciosia che altre cose minori e manco gravi, se saranno rotonde o lunghe, come sarebbe un ago, vanno al fondo ». Or qui dubito, anzi pur son certo, che un ago, posato leggiermente su l'acqua, resti a galla, non meno che le sottili falde di ferro e di piombo.

Io non posso credere, ancorché stato mi sia referto, che alcuno, per difendere Aristotile, dicesse che egli intende d'un ago messo non per lo lungo, ma eretto e per punta: tuttavia, per non lasciare anche tal refugio, benché debolissimo e quale anche Aristotile medesimo, per mio credere, ricuserebbe, dico che si dee intender che l'ago sia posato secondo la dimensione che vien nominata da Aristotile, che è la lunghezza. Perché, se altra dimensione che la nominata prender si potesse e dovesse, io direi che anche le falde di ferro e di piombo vanno al fondo, se altri le metterà per taglio e non per piano: ma perché Aristotile dice « le figure larghe non vanno al fondo », si dee intender « posate per lo largo »: e però quando dice « le figure lunghe, come un ago, benché leggieri, non restano a galla », si dee intender « posate per lo lungo ».

Di più, il dir che Aristotile intese dell'ago messo per punta, è un fargli dire una sciocchezza grande: perché in questo luogo dice che piccole particelle di piombo o ferro, se saranno rotonde o lunghe com'un ago, vanno in fondo, tal che, anco per suo credere, un granello di ferro non può restare a galla; e se egli così credette, qual semplicità sarebbe stata il soggiugnere, che né anco un ago, messo eretto, vi sta? e che altro è un ago tale, che molti sì fatti grani posti l'un sopra l'altro? Troppo indegno di tant'uomo era il dir, che un sol grano di ferro non può galleggiare, e che né anco galleggerebbe a porgliene cento altri addosso.

Finalmente, o Aristotile credeva che un ago, posato su l'acqua per lo lungo, restasse a galla; o credeva ch'e' non restasse. S'ei credeva ch'e' non restasse, ha ben potuto anche dirlo, come veramente l'ha detto: ma s'e' credeva e sapeva ch'e' soprannotasse, per qual cagione, insieme col problema dubitativo del galleggiar le figure larghe, benché di materia grave, non ha egli anche introdotta la dubitazione, ond'avvegna che anche le figure lunghe e sottili, benché di ferro o di piombo, soprannuotano? e massimamente che l'occasion del dubitare par maggiore nelle figure lunghe e strette che nelle larghe e sottili; sì come dal non n'aver dubitato Aristotile si fa manifesto.

Non minore sproposito addosserebbe ad Aristotile chi, per difenderlo, dicesse che egli intese di un ago assai grosso, e non di un sottile: perché io pur domanderò ciò ch'e' credette d'un ago sottile, e bisognerà risponder ch'e' credesse ch'e' galleggiasse: ed io di nuovo l'accuserò dell'avere sfuggito un problema più maraviglioso e difficile, ed introdotto il più facile e di meraviglia minore.

Diciamo, dunque, pur liberamente, che Aristotile ha creduto che le figure larghe solamente stessero a galla; ma le lunghe e sottili, com'un ago, no: il che tuttavia è falso, come falso è ancor de' corpi rotondi; perché, come dalle cose di sopra dimostrate si può raccorre, piccoli globetti di ferro, e anche di piombo, nello stesso modo galleggiano.

Propone poi un'altra conclusione, che similmente par diversa dal vero: ed è, che alcune cose per la lor piccolezza nuotano nell'aria, come la minutissima polvere di terra e le sottili foglie dell'oro battuto. Ma a me pare che la sperienza ci mostri, ciò non accadere non solamente nell'aria, ma né anche nell'acqua; nella quale discendono sino a quelle particole di terra che la 'ntorbidano, la cui piccolezza è tale che non si veggono, se non quando son molte centinaia

insieme. La polvere, dunque, di terra, e l'oro battuto, non si sostiene altramente in aria, ma discende al basso, e solamente vi va vagando quando venti gagliardi la sollevano o altra agitazione di aria la commuove: il che anche avviene nella commozione dell'acqua, per la quale si solleva la sua deposizione dal fondo, e s'intorbida. Ma Aristotile non può intender di questo impedimento della commozione, del quale egli non fa menzione; né nomina altro che la leggerezza di tali minimi, e la resistenza della crassizie dell'acqua e dell'aria: dal che si vede che egli tratta dell'aria quieta, e non agitata e commossa; ma, in tal caso, né oro né terra, per minutissimi che sieno, si sostengono, anzi speditamente discendono.

Passa poi al confutar Democrito, il qual, per sua testimonianza, voleva che alcuni atomi ignei, li quali continuamente ascendono per l'acqua, spignessero in su e sostenessero quei corpi gravi che fossero molto larghi, e che gli stretti scendessero al basso, perché poca quantità de' detti atomi contrasta loro e repugna.

Confuta, dico, Aristotile questa posizione, dicendo che ciò doverrebbe molto più accader nell'aria; sì come il medesimo Democrito insta contro di sé, ma, dopo aver mossa l'instanza, la scioglie lievemente, con dire che quei corpuscoli, che ascendono in aria, fanno impeto non unitamente. Qui io non dirò che la cagione addotta da Democrito sia vera: ma dirò solo, parermi che non interamente venga confutata da Aristotile, mentr'egli dice che, se fusse vero che gli atomi calidi, che ascendono, sostenessero i corpi gravi, ma assai larghi, ciò dovrieno far molto più nell'aria che nell'acqua; perché forse, per opinion d'Aristotile, i medesimi corpuscoli calidi con maggior forza e velocità sormontano per l'aria che per l'acqua. E se questa è, sì come io credo, l'instanza d'Aristotile, parmi d'aver cagione di dubitar ch'e' possa essersi ingannato in più d'un conto.

Prima: perché que' calidi, o sieno corpuscoli ignei, o sieno esalazioni, o in somma sieno qualunque materia che anche in aria ascenda in su, non è credibile che più velocemente salgano per l'aria che per l'acqua; anzi, all'incontro,

per avventura, più impetuosamente si muovono per l'acqua che per l'aria, come in parte di sopra ho dimostrato. E qui non so scorger la cagione, per la quale Aristotile, vedendo che 'l moto all'in giù, dello stesso mobile, è più veloce nell'aria che nell'acqua, non ci abbia fatti cauti che del moto contrario dee accader l'opposito di necessità, cioè ch'e' sia più veloce nell'acqua che nell'aria: perché, avvenga che 'l mobile, che discende, più velocemente si muove per l'aria che per l'acqua, se noi c'immagineremo che la sua gravità si vada gradatamente diminuendo, egli prima diverrà tale che, scendendo velocemente nell'aria, tardissimamente scenderà nell'acqua; di poi potrà esser tale che, scendendo pure ancora per l'aria, ascenda nell'acqua; e fatto ancora men grave, ascenderà velocemente per l'acqua, e pur discenderà ancora per l'aria; e in somma, avanti ch'ei cominci a potere ascender, benché tardissimamente, per l'aria, velocissimamente sormonterà per l'acqua. Come dunque è vero, che quel che si muove all'in su, più velocemente si muova per l'aria che per l'acqua? Quel ch'ha fatto credere ad Aristotile, il moto in su farsi più velocemente in aria che in acqua, è stato, prima, l'aver riferite le cause del tardo e del veloce, tanto del moto in su quanto dello in giù, solamente alla diversità delle figure del mobile e alla maggiore o minor resistenza della maggior o minor crassizie o sottilità del mezzo, non curando la comparazion degli eccessi delle gravità de' mobili e de' mezzi: la qual tuttavia è 'l punto principalissimo in questa materia. Che se l'incremento e 'l decremento della tardità o velocità non avessero altro rispetto che alla grossezza o sottilità de' mezzi, ogni mobile, che scendesse per l'aria, scenderebbe anche per l'acqua: perché qualunque differenza si ritrovi tra la crassizie dell'acqua e quella dell'aria, può benissimo ritrovarsi tra la velocità dello stesso mobile nell'aria e qualche altra velocità; e questa dovrebbe esser sua propria nell'acqua: il che tuttavia è falsissimo. L'altra occasione è, che egli ha creduto che, sì come c'è una qualità positiva e intrinseca per la quale i corpi elementari hanno propensione di muoversi verso il centro della terra, così ce ne sia un'altra, pure intrinseca,

per la quale alcuni di tali corpi abbiano impeto di fuggire 'l centro e muoversi all'in su, in virtù del qual principio intrinseco, detto da lui leggierezza, i mobili di tal moto più agevolmente fendano i mezzi più sottili che i più crassi: ma tal posizione mostra parimente di non esser sicura, come di sopra accennai in parte, e come con ragioni ed esperienze potrei mostrare, se l'occasion presente n'avesse maggior necessità, o se con poche parole potessi spedirmi [47].

L'instanza, dunque, di Aristotile contro a Democrito, mentre dice che, se gli atomi ignei ascendenti sostenessero i corpi gravi ma di figura larga, ciò dovrebbe avvenire maggiormente nell'aria che nell'acqua, perché tali corpuscoli più velocemente si muovono in quella che in questa, non è buona; anzi dee appunto accader l'opposito, perché più lentamente ascendono per l'aria: e, oltre al muoversi lentamente, non vanno uniti insieme, come nell'acqua, ma si discontinuano e, come diciamo noi, si sparpagliano; e però, come ben risponde Democrito risolvendo l'instanza, non vanno a urtare e fare impeto unitamente.

S'inganna, secondariamente, Aristotile, mentre e' vuole che detti corpi gravi più agevolmente fossero da calidi ascendenti sostenuti nell'aria che nell'acqua: non avvertendo che i medesimi corpi sono molto più gravi in quella che in questa, e che tal corpo peserà dieci libre in aria, che nell'acqua non peserà mezz'oncia; come, dunque, dovrà esser più agevole il sostenerlo nell'aria che nell'acqua?

[47] Respinta fin dagli anni giovanili la teoria aristotelica secondo cui il movimento naturale dei corpi terrestri si distingue in moto in su e moto in giu, Galilei aveva accettato la teoria dell'*impetus*, che da Giovanni di Buridano e Alberto di Sassonia era giunta a lui attraverso la lettura del *Diversarum speculationum mathematicarum liber* (1585) di Giovanni Benedetti; il superamento di questa dottrina ancora influenzata da istanze metafisiche, avvenuto proprio durante il periodo padovano, comportò il rifiuto di qualsiasi concezione del movimento naturale che implicasse « principi intrinseci », quale appunto è l'*impetus* dei fisici del sec. XIV. La nozione di « momento » e le ricerche sul movimento uniformemente accelerato condussero Galilei ad una concezione del tutto nuova della dinamica, e di qui la decisa negazione di una distinzione dei corpi in assolutamente pesanti ed assolutamente leggeri.

Concludasi, per tanto, che Democrito in questo particolare ha meglio filosofato che Aristotile. Ma non però voglio io affermare che Democrito abbia rettamente filosofato, anzi pure dirò io che c'è esperienza manifesta che distrugge la sua ragione: e questa è che, s'e' fosse vero che atomi caldi ascendenti nell'acqua sostenessero un corpo che, senza 'l loro ostacolo, anderebbe al fondo, ne seguirebbe che noi potessimo trovare una materia pochissimo superiore in gravità all'acqua, la quale, ridotta in una palla o altra figura raccolta, andasse al fondo, come quella che incontrasse pochi atomi ignei, e che, distesa poi in una ampia e sottil falda, venisse sospinta in alto dalle impulsioni di gran moltitudine de' medesimi corpuscoli, e poi trattenuta al pelo della superficie dell'acqua; il che non si vede accadere, mostrandoci l'esperienza che un corpo di figura, v. g., sferica, il quale a pena e con grandissima tardità va al fondo, vi resterà e vi discenderà ancora, ridotto in qualunque altra larghissima figura. Bisogna dunque dire, o che nell'acqua non sieno tali atomi ignei ascendenti, o, se vi sono, che non sieno potenti a sollevare e spignere in su alcuna falda di materia che, senza loro, andasse al fondo. Delle quali due posizioni io stimo che la seconda sia vera, intendendo dell'acqua constituita nella sua natural freddezza: ma se noi piglieremo un vaso, di vetro o di rame o di qual si voglia altra materia dura, pieno d'acqua fredda, dentro la quale si ponga un solido di figura piana o concava, ma che in gravità ecceda l'acqua così poco che lentamente si conduca al fondo, dico che, mettendo alquanti carboni accesi sotto il detto vaso, come prima i nuovi corpuscoli ignei, penetrata la sustanzia del vaso, ascenderanno per quella dell'acqua, senza dubbio, urtando nel solido sopraddetto, lo spigneranno sino alla superficie, e quivi lo tratterranno sin che dureranno le incursioni de' detti corpuscoli; le quali cessando dopo la suttrazion del fuoco, tornerà il solido al fondo, abbandonato da' suoi puntelli. Ma nota Democrito, che questa causa non ha luogo se non quando si tratti d'alzare e sostenere falde di materie poco più gravi dell'acqua o vero sommamente sottili; ma

in materie gravissime e di qualche grossezza, come falde di piombo o d'altri metalli, cessa totalmente un tale effetto. In testimonio di che, notisi che tali falde, sollevate da gli atomi ignei, ascendono per tutta la profondità dell'acqua e si fermano al confin dell'aria, restando però sott'acqua; ma le falde degli avversari non si fermano se non quando hanno la superficie superiore asciutta, né vi è mezzo d'operare che, quando sono dentr'all'acqua, non calino al fondo. Altra, dunque, è la causa del soprannotare le cose delle quali parla Democrito, e altra quella delle cose delle quali parliamo noi.

Ma, tornando ad Aristotile, parmi che egli assai più freddamente confuti Democrito, che lo stesso Democrito non fa, per detto d'Aristotile, l'istanze che egli si muove contro: e l'oppugnarlo con dire che, se i calidi ascendenti fossero quelli che sollevassero le sottil falde, molto più dovrebbe un tal solido esser sospinto e sollevato per aria, mostra in Aristotile la voglia d'atterrar Democrito superiore all'esquisitezza del saldo filosofare. Il qual desiderio in altre occasioni si scuopre, e, senza molto discostarsi da questo luogo, nel testo precedente a questo capitolo che abbiamo per le mani: dov'ei tenta pur di confutare il medesimo Democrito, perché egli, non si contentando del nome solo, aveva voluto più particolarmente dichiarare che cosa fusse la gravità e la leggerezza, cioè la causa dell'andare in giù e dell'ascendere, e aveva introdotto il pieno e 'l vacuo, dando questo al fuoco, per lo quale si movesse in su, e quello alla terra, per lo quale ella discendesse, attribuendo poi all'aria più del fuoco e all'acqua più della terra. Ma Aristotile, volendo anche del moto all'in su una causa positiva e non, come Platone o questi altri, una semplice negazione o privazione, qual sarebbe il vacuo referito al pieno, argomenta contro a Democrito, e dice: Se è vero quanto tu supponi, adunque sarà una gran mole d'acqua la quale avrà più di fuoco che una piccola mole d'aria, e una grande d'aria che avrà più terra che una piccola d'acqua; il perché bisognerebbe che una gran mole d'aria venisse più velocemente a basso che una piccola quantità d'acqua: ma ciò non si vede mai in alcun modo: adunque

Democrito erroneamente discorre [48]. Ma, per mia opinione, la dottrina di Democrito non resta per tale instanza abbattuta; anzi, s'io non erro, la maniera di dedurre d'Aristotile o non conclude, o, se è concludente, altrettanto si potrà ritorcer contro di lui. Concederà Democrito ad Aristotile, che si possa pigliare una gran mole d'aria, la quale contenga più di terra che una piccola quantità d'acqua; ma ben negherà che tal mole d'aria sia per andar più velocemente a basso che una poca acqua: e questo per più ragioni. Prima, perché, se la maggior quantità di terra, contenuta nella gran mole d'aria, dovesse esser cagione di velocità maggiore che minor quantità di terra contenuta nella piccola mole d'acqua, bisognerebbe prima che fusse vero che una maggior mole di terra semplice si movesse più velocemente che una minore: ma quest'è falso, benché Aristotile in più luoghi l'affermi per vero; perché non la maggior gravità assoluta, ma la maggior gravità in ispecie, è cagione di velocità maggiore; né più velocemente discende una palla di legno che pesi dieci libbre, che una che pesi dieci once e sia della stessa materia; ma ben discende più velocemente una palla di piombo di quattro once, che una di legno di venti libbre, perché 'l piombo è in ispecie più grave del legno: adunque non è necessario che una gran mole d'aria, per la molta terra contenuta in essa, discenda più velocemente che piccola mole d'acqua; anzi, per l'opposito, qualunque mole d'acqua dovrà muoversi più veloce di qualunque altra d'aria, per esser la participazion della parte terrea in ispecie maggior nell'acqua che nell'aria [49]. Notisi, nel secondo luogo, come,

[48] « Dice questi (Democrito) che le particelle calde che si sollevano dall'acqua sostengono quelli fra i corpi pesanti che han forma piatta, mentre quelli sottili affondano perché vi son poche particelle a respingerli. Ma questo dovrebbe verificarsi ancora a maggior ragione nell'aria; obbiezione che solleva egli stesso ma che risolve debolmente. Dice infatti che lo " slancio " non si spinge in direzione unica, e con " slancio " intende il movimento dei corpi che si portano verso l'alto » (ARISTOTELE, *De coelo*, IV, 6, 313).

[49] Vincenzo Di Grazia confutando le obbiezioni mosse da Galilei alla teoria aristotelica del movimento (IV, p. 432) aveva finito col sostenere che « molto più velocemente si muove una quantità maggiore della mede-

nel multiplicar la mole dell'aria, non si multiplica solamente quello che vi è di terreo, ma il suo fuoco ancora: onde non meno se le cresce la causa dell'andare in su, in virtù del fuoco, che quella del venire all'ingiù, per conto della sua terra multiplicata. Bisognava, nel crescer la grandezza dell'aria, multiplicar quello che ella ha di terreo solamente, lasciando il suo primo fuoco nel suo stato: ché allora, superando 'l terreo dell'aria augumentata la parte terrea della piccola quantità dell'acqua, si sarebbe potuto più verisimilmente pretender che con impeto maggiore dovesse scender la molta quantità dell'aria che la poca acqua. È, dunque, la fallacia più nel discorso d'Aristotile che in quello di Democrito; il quale, con altrettanta ragione, potrebbe impugnare Aristotile, e dire: Se è vero che gli estremi elementi sieno l'uno semplicemente grave e l'altro semplicemente lieve, e che i medii partecipino dell'una e dell'altra natura, ma l'aria più della leggerezza, e l'acqua più della gravità; adunque sarà una gran mole d'aria la cui gravità supererà la gravità d'una piccola quantità d'acqua, e però tal mole d'aria discenderà più velocemente che quella poca acqua: ma ciò non si vede mai accadere: adunque non è vero che gli elementi di mezzo sieno partecipi dell'una e dell'altra qualità. Simile argomento è fallace, non meno che l'altro contr'a Democrito.

Ultimamente, avendo Aristotile detto che, se la posizion di Democrito fusse vera, bisognerebbe che una gran mole d'aria si movesse più velocemente che una piccola d'acqua, e poi soggiunto che ciò non si vede mai in alcun modo[50];

sima gravità in specie, che una più piccola ». Galilei replica molto vivacemente, in modo che fa già pensare alla sua teoria del moto uniformemente accelerato che esporrà poi nei *Discorsi intorno a due nuove scienze*.

[50] « Spiegare il fatto del galleggiamento o non galleggiamento dei corpi con la prevalenza o meno dell'elemento aereo, invece che con il maggiore o minor peso specifico rispetto all'acqua, significa riferirsi non alla causa immediata secondo un rapporto semplice e facilmente determinabile, ma a una causa mediata, lontana e per giunta incapace di qualsiasi sperimento e concreta misura: invece che a una causa fisica, cioè di un rapporto semplice sperimentabile e misurabile ci si trova di fronte a una causa metafisica, ipotetica, astratta e disadatta a un calcolo qualsiasi. In secondo luogo, è posto in luce il differente uso dell'esperimento: le

parmi che altri possa restar con desiderio d'intender da lui, in qual luogo dovrebbe accader questo ch'e' deduce contro a Democrito, e quale esperienza ne insegni ch'e' non v'accaggia. Il creder di vederlo nell'elemento dell'acqua o 'n quel dell'aria, è vano, perché né l'acqua per acqua né l'aria per aria si muovono o moverebbon giammai, per qualunque participazione altri assegni loro di terra o di fuoco: la terra, per non esser corpo fluido e cedente alla mobilità d'altri corpi, è luogo e mezzo inettissimo a simile esperienza: il vacuo, per detto d'Aristotile medesimo, non si dà, e, benché si desse, nulla si moverebbe in lui: resta la region del fuoco; ma essendo per tanto spazio distante da noi, quale esperienza potrà assicurarci, o avere accertato Aristotile, in maniera ch'e' si debba, come di cosa notissima al senso, affermare quanto e' produce in confutazion di Democrito, cioè che non più velocemente si muova una gran mole d'aria che una piccola d'acqua? Ma io non voglio più lungamente dimorare in questa materia, dove sarebbe che dire assai: e, lasciato anche Democrito da una banda, torno al testo d'Aristotile, nel quale egli si va accingendo per render le vere cause onde avvenga che le sottil falde di ferro o di piombo soprannuotino all'acqua, e più l'oro stesso, assottigliato in tenuissime foglie, e la minuta polvere, non pure nell'acqua, ma nell'aria ancora, vadano notando; e pone che, de' continui, altri sieno agevolmente divisibili e altri no, e che, degli agevolmente divisibili, alcuni sien più e altri meno tali; e queste afferma dovere stimarsi che sien le cagioni. Soggiugne poi, quello essere agevolmente divisibile che ben si termina, e più quello che più, e tale esser più l'aria che l'acqua, e l'acqua che la terra. E ultimamente suppone, che

pretese esperienze che, secondo il Buonamici, contrastano ad Archimede, non sono che osservazioni grossolane senza distinzione degli elementi costitutivi e dei complessi rapporti causali. Gli esperimenti che Galileo propone sono tali invece da prestarsi a seguire il fenomeno nei suoi vari gradi, semplificandolo e permettendo di porre in luce i rapporti essenziali che lo determinano » (A. Banfi, *Galileo Galilei*, Milano, « Il Saggiatore », 1961, p. 128).

in ciascun genere più agevolmente si divide e si distrae la minor quantitade che la maggiore.

Qui io noto, che le conclusion d'Aristotile in genere son tutte vere, ma parmi che egli le applichi a particolari ne' quali esse non hanno luogo, come bene lo hanno in altri: come, v. gr., la cera è più agevolmente divisibile che il piombo, e il piombo che l'argento; sì come la cera più agevolmente riceve tutti i termini che 'l piombo, e 'l piombo che l'argento. È vero, in oltre, che più agevolmente si divide poca quantità d'argento che una gran massa: e tutte queste proposizioni son vere, perché vero è che nell'argento nel piombo e nella cera è semplicemente resistenza all'esser diviso, e dov'è l'assoluto è anche il respettivo. Ma se tanto nell'acqua, quanto nell'aria, non è renitenza alcuna alla semplice divisione, come potremo dire che più difficilmente dividasi l'acqua che l'aria? Noi non ci sappiamo staccare dall'equivocazione: onde io torno a replicare, che altra cosa è il resistere alla divisione assoluta, altra il resistere alla division fatta con tanta e tanta velocità. Ma per far la quiete e ostare al moto, è necessaria la resistenza alla divisione assoluta; e la resistenza alla presta divisione cagiona non la quiete, ma la tardità del moto: ma che tanto nell'aria, quanto nell'acqua, la resistenza alla semplice division non vi sia, è manifesto; perché niun corpo solido si trova, il quale non divida l'aria e l'acqua ancora. E che l'oro battuto o la minuta polvere non sieno potenti a superar la renitenza dell'aria, è contrario a quello che l'esperienza ci mostra, vedendosi e l'oro e la polvere andar vagando per l'aria e finalmente discendere al basso, e fare anche lo stesso nell'acqua, se vi saranno locati dentro e separati dall'aria. E perché, come io dico, né l'acqua né l'aria resistono punto alla semplice divisione, non si può dir che l'acqua resista più che l'aria. Né sia chi m'opponga l'esemplo di corpi leggerissimi, come d'una penna o d'un poco di midolla di sagginale o di canna palustre che fende l'aria e l'acqua no, e che da questo voglia poi inferire, l'aria esser più agevolmente divisibile che l'acqua: perché io gli dirò che, s'egli ben osserverà, vedrà il medesimo solido dividere ancora la continuità dell'acqua, e sommergersi una parte di lui, e parte tale che altrettanta acqua in mole peserebbe quanto tutto lui. E se pure egli persistesse nel dubitare che tal solido non si profondasse per impotenza di divider l'acqua, io tornerò a dirgli ch'e' lo spinga sotto acqua, e vedrallo poi, messo ch'e' l'abbia in sua libertà, divider l'acqua ascendendo, non men prontamente ch'e' si dividesse l'aria discendendo. Sì che il dire « Questo tal solido scende nell'aria, ma giunto all'acqua cessa di muoversi; e però l'acqua più difficilmente si divide », non conclude niente; perché io, all'incontro, gli proporrò un legno o un pezzo di cera, il quale dal fondo dell'acqua si eleva e agevolmente si divide la sua resistenza, che poi, arrivato all'aria, si ferma e a pena la intacca; onde io potrò, con altrettanta ragione, dire che l'acqua più agevolmente si divide che l'aria.

Io non voglio, in questo proposito, restar d'avvertire un'altra fallacia di questi pure che attribuiscono la cagion dell'andare o non andare al fondo, alla minore o maggior resistenza della crassizie dell'acqua all'esser divisa, servendosi dell'esemplo d'un uovo, il quale nell'acqua dolce va al fondo, ma nella salsa galleggia, e adducendo per cagion di ciò la poca resistenza dell'acqua dolce all'esser divisa, e la molta dell'acqua salsa. Ma, s'io non erro, dalla stessa esperienza si può non meno dedurre anche tutto l'opposito, cioè che l'acqua dolce sia più crassa, e la salsa più tenue e sottile; poiché un uovo dal fondo dell'acqua salsa speditamente ascende al sommo e divide la sua resistenza, il che non può egli fare nella dolce, nel cui fondo resta senza poter sollevarsi ad alto. A simili angustie conducono i falsi principii: ma chi, rettamente filosofando, riconoscerà per cagioni di tali effetti gli eccessi della gravità de' mobili e de' mezzi, dirà che l'uovo va al fondo nell'acqua dolce perché è più grave di lei, e viene a galla nella salsa perché è men grave di quella; e senza intoppo alcuno molto saldamente stabilirà le sue conclusioni.

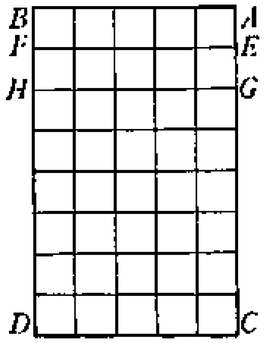
Cessa, dunque, totalmente la ragione che Aristotile soggiugne nel testo, dicendo: « Le cose, dunque, che hanno gran larghezza, restano sopra, perché comprendono assai; e quello che è maggiore, non agevolmente si divide »; cessa, dico, tal

discorso, perché non è vero che nell'acqua o nell'aria sia resistenza alcuna alla divisione; oltreché la falda di piombo, quando si ferma, ha già divisa e penetrata la crassizie dell'acqua, e profondatasi dieci e dodici volte più che non è la sua propria grossezza. Oltre che, tal resistenza all'esser divisa quando pur fusse nell'acqua, sarebbe semplicità il dir che ella fusse più nelle parti superiori che nelle medie e più basse: anzi, se differenza vi dovesse essere, dovrieno le più crasse esser le inferiori, sì che la falda non meno dovrebbe essere inabile a penetrare le parti più basse, che le superiori dell'acqua; tuttavia noi veggiamo che non prima si bagna la superficie superior della lamina, che ella precipitosamente e senza alcun ritegno discende sino al fondo.

Io non credo già che alcuno (stimando forse di potere in tal guisa difendere Aristotile) dicesse che, essendo vero che la molta acqua resiste più che la poca, la detta lamina, fatta più bassa, discenda perché minor mole d'acqua gli resti da dividere: perché, se dopo l'aver veduta la medesima falda galleggiare in un palmo d'acqua e anche poi nella medesima sommergersi, e' tenterà la stessa esperienza sopra una profondità di dieci o venti braccia, vedrà seguirne il medesimo effetto per appunto. E qui torno a ricordare, per rimuovere un errore assai comune, che quella nave, o altro qual si voglia corpo, che sopra la profondità di cento o di mille braccia galleggia col tuffar solamente sei braccia della sua propria altezza, galleggerà nello stesso modo appunto nell'acqua che non abbia maggior profondità di sei braccia e un mezzo dito. Né credo altresì che si possa dir, le parti superiori dell'acqua esser le più crasse, benché gravissimo autore abbia stimato, nel mare l'acque superiori esser tali, pigliandone argomento dal ritrovarsi più salate che quelle del fondo: ma io dubiterei dell'esperienza, se già nell'estrar l'acqua del fondo non s'incontrasse qualche polla d'acqua dolce, che quivi scaturisse: ma ben veggiamo, all'incontro, l'acque dolci de' fiumi dilatarsi, anche per alcune miglia, oltre alle lor foci sopra l'acqua salsa del mare, senza discendere in quella o con essa confondersi, se già non accade qualche commozione e turbamento de' venti.

Ma, tornando ad Aristotile, gli dico che la larghezza della figura non ha che fare in questo negozio né punto né poco; perché la stessa falda di piombo, o d'altra materia, fattone strisce quanto si voglia strette, soprannuota né più né meno; e lo stesso faranno le medesime strisce di nuovo tagliate in piccoli quadretti, perché non la larghezza, ma la grossezza, è quella che opera in questo fatto. Dicogli, di più, che, quando ben fusse vero che la renitenza alla divisione fusse la propria cagione del galleggiare, molto e molto meglio galleggerebbono le figure più strette e più corte che le più spaziose e larghe; sì che, crescendo l'ampiezza della figura, si diminuirebbe l'agevolezza del soprannotare, e scemando quella, si crescerebbe questa.

E, per dichiarazione di quanto io dico, metto in considerazione che, quando una sottil falda di piombo discende dividendo l'acqua, la divisione e discontinuazione si fa tra le parti dell'acqua che sono intorno intorno al perimetro e circonferenza di essa falda; e secondo la grandezza maggiore o minore di tal circuito, ha da dividere maggiore o minor quantità d'acqua: sì che, se il circuito, v. g., d'una tavola sarà dieci braccia, nel profondarla per piano si ha da far la separazione e divisione e, per così dire, un taglio su dieci braccia di lunghezza d'acqua; e similmente una falda minore, che abbia quattro braccia di perimetro, dee fare un taglio di quattro braccia. Stante questo, chi avrà un po' di geometria comprenderà non solamente che una tavola, segata in molte strisce, assai meglio soprannoterà che quando era intera, ma che tutte le figure, quanto più saranno corte e strette, tanto meglio doveranno stare a galla. Sia la tavola *A B C D*, lunga, per esemplo, otto palmi e larga cinque: sarà il suo ambito palmi venzei; e venzei palmi sarà la lunghezza del taglio, ch'ella dee far nell'acqua per discendervi. Ma se noi la segheremo, v. g., in otto tavolette, secondo le linee *E F*, *G H*, ec., facendo sette segamenti, verremo ad



aggiugnere alli venzei palmi del circuito della tavola intera altri settanta di più; onde le otto tavolette, così segate e separate, avranno a tagliare novanzei palmi d'acqua: e se, di più, segheremo ciascuna delle dette tavolette in cinque parti, riducendole in quadrati, alli circuiti di palmi novanzei, con quattro tagli d'otto palmi l'uno, n'aggiugneremo ancora palmi sessantaquattro; onde i detti quadrati, per discender nell'acqua, dovranno dividere censessanta palmi d'acqua. Ma la resistenza di censessanta è assai maggiore che quella di venzei: adunque, a quanto minori superficie noi ci condurremo, tanto vedremo che più agevolmente galleggerebbono. E lo stesso interverrà di tutte l'altre figure, le cui superficie sieno fra di loro simili, ma differenti in grandezza; perché, diminuite o cresciute quanto si voglia le dette superficie, sempre con subdupla proporzione scemano o crescono i loro perimetri, cioè le resistenze ch'e' trovano in fender l'acqua: adunque più agevolmente galleggeranno di mano in mano le falde e tavolette, secondo ch'elle saranno di minore ampiezza.

Ciò è manifesto: perché, mantenendosi sempre la medesima altezza del solido, con la medesima proporzione che si cresce o scema la base, cresce ancora o scema l'istesso solido; onde, scemando più 'l solido che 'l circuito, più scema la causa dell'andare in fondo che la causa del galleggiare; ed all'incontro, crescendo più 'l solido che 'l circuito, più cresce la causa dell'andar in fondo, e meno quella del restar a galla.

E questo tutto seguirebbe in dottrina d'Aristotile, contr'alla sua medesima dottrina.

Finalmente, a quel che si legge nell'ultima parte del testo, cioè che si dee comparar la gravità del mobile con la resistenza del mezzo alla divisione, perché se la virtù della gravità eccederà la resistenza del mezzo, il mobile discenderà, se no, soprannoterà; non occorre risponder altro che quel che già s'è detto, cioè che non la resistenza alla divisione assoluta, la quale non è nell'acqua o nell'aria, ma la gravità del mezzo, si dee chiamare in paragone con la gravità del mobile: la qual se sarà maggior nel mezzo, il mobile non vi discenderà, né meno vi si tufferà tutto, ma una parte solamente; perché nel luogo ch'egli occuperebbe nell'acqua, non vi dee dimorar corpo che pesi manco d'altrettant'acqua: ma se 'l mobile sarà egli più grave, discenderà al fondo, ad occupare un luogo dov'è più conforme alla natura che vi dimori egli, che altro corpo men grave. E questa è la sola, vera, propria e assoluta cagione del soprannotare o andare al fondo, sì che altra non ve n'ha parte: e la tavoletta degli avversari soprannuota, quando è accoppiata con tanta d'aria, che insieme con essa forma un corpo men grave di tanta acqua quanta andrebbe a riempiere il luogo da tal composto occupato nell'acqua; ma quando si metterà nell'acqua il semplice ebano, conforme al tenor della nostra quistione, andrà sempre al fondo, benché fosse sottile come una carta.

IL FINE.

Io Francesco Nori, Canonico Fiorentino, avendo rivista la presente opera, non ho in essa notato cosa alcuna disforme dalla pietà Cristiana né da' buon costumi, e la giudico degna delle stampe.
Il dì ultimo di Marzo 1612.

Franc. Nori sopr. di man propr.

Attesa l'attestazione e relazione premessa, concediamo che la soprascritta opera si possa stampare in Firenze, osservati gli ordini soliti. 2 d'Aprile 1612.

Pietro Niccolini Vic. di Firenze.

Ho riveduto la presente opera per parte del Sant'ufizio, e non ci ho trovato cosa repugnante alla cattolica fede e a' buon costumi.
Ita attestor ego fr. Augustinus Vigianius, regens ordinis Servorum, manu propria.

Fra Cornelio Inquisitore di Firenze, 5 Aprile 1612.

Stampisi secondo gli ordini, questo dì 5 di Aprile 1612.

Niccolò dell'Antella Senatore.

LETTERE COPERNICANE

(1613-5)

Dopo le diffidenze degli astrologi e dei peripatetici, un attacco più insidioso e pericoloso fu lanciato contro Galilei e la dottrina copernicana dai teologi, ai quali la critica alla teoria tolemaica sembrava assumere il carattere di una aperta rivolta contro l'autorità della Sacra scrittura, in cui un passo del Libro di Giosuè (*X, 12-13*) *pareva asserire che il Sole si muovesse attorno alla Terra. Il 16 dicembre 1611 Ludovico Cigoli avvertì lo scienziato che «una certa schiera di malotichi et invidiosi della virtù et dei meriti di V. S. si ragunano e fanno testa in casa lo Arcivescovo [di Firenze] et come arrabiati vanno cercando se vi possono apuntare in cosa alcuna sopra il moto della terra od altro» il giorno dei morti del 1612 un domenicano, fra' Nicolò Lorini, professore di storia ecclesiastica a Firenze, predicò contro la teoria copernicana e i suoi sostenitori accusandoli di eresia, sollevando così negli ambienti più colti di Firenze una tale ondata di proteste che egli fu costretto a negare ogni sua intenzione malevola verso chicchessia. Galilei, consigliato dagli amici non intervenne nelle polemiche; ma, sincero cattolico e serio scienziato, egli cercava più che la polemica dottrinale e teologica, l'accordo tra la fede e la scienza; se la scienza, infatti, si fosse accordata con la fede, avrebbe potuto procedere nel suo cammino senza intralci od opposizioni, mentre la religione avrebbe potuto giovarsi delle nuove scoperte scientifiche liberandosi della vecchia cosmologia tolemaica. Ma le apparenti contraddizioni tra i risultati della nuova scienza*

e il testo della Sacra scrittura creavano difficoltà e dubbi sulla possibilità di questo accordo.

Verso la fine del 1613, alla corte granducale di Pisa – nel corso di una conversazione cui partecipavano il Granduca, la Granduchessa madre, Cristina di Lorena, Benedetto Castelli allievo di Galilei e lettore di matematica a Pisa ed altri personaggi della corte granducale – Cosimo Boscaglia, professore di filosofia nello studio pisano, attaccò duramente la teoria della mobilità della Terra sostenendo che la « Sacra scrittura era manifestamente contraria a questa sentenza ». A lui ribattè il Castelli che, appoggiato dal Granduca e da altri, dimostrò erronea la voluta contrapposizione tra la teoria del moto terrestre e la Sacra scrittura; la partecipazione diretta ed interessata alla vertenza dei personaggi più eminenti della famiglia granducale dette gran rilievo alla disputa, che, nelle intenzioni dell'aristotelico professore, mirava probabilmente a colpire il favore di cui Galileo godeva presso i Medici.

Informato dal Castelli tramite Niccolò Arrighetti, Galilei ritenne questa volta opportuno intervenire, per rintuzzare le insinuazioni pericolose degli avversari, che tendevano a metterlo in difficoltà presso la Corte. La lettera, scritta il 21 dicembre 1613, costituisce il testo programmatico dell'autonoma ricerca scientifica postulata dall'età moderna e affronta e risolve in modo spregiudicato e avanzato il difficile problema dei rapporti fra scienza e fede, sostenendo che la scienza naturale e la Sacra scrittura esprimono con due linguaggi differenti la medesima verità. Ciò che colpisce in essa è la dichiarazione di incompetenza in materia di scienza, formulata nei confronti del testo sacro. Notevole è l'affermazione della differente natura dei due linguaggi: uno necessariamente divulgativo e perciò accomodato agli intelletti comuni, l'altro ispirato alla « geometrica strettezza » che nel Saggiatore *aveva assegnato al discorso scientifico.*

La lettera del Castelli, diffusa in più copie, provocò l'intervento delle autorità religiose e della giustizia ecclesiastica, che si preoccupò di reperire la prova autentica e flagrante della colpevolezza di Galilei, ricercando il testo originale della lettera che tuttavia il Castelli non consegnò. Altri religiosi si agitavano allo

scopo di rendere difficile la posizione di Galilei; nel dicembre 1614 il frate Tommaso Caccini, prendendo spunto dal Libro di Giosuè *accusò pubblicamente di eresia Galilei e i suoi seguaci; lo stesso vescovo di Fiesole, Baccio Gherardini, minacciò di rivolgersi al braccio temporale per far cessare lo scandalo di quei copernicani; infine fra' Lorini il 7 febbraio 1615 denunciò formalmente Galilei al Sant'Uffizio. Per queste minacce Galilei credette conveniente sottoporre, tramite il suo amico mons. Piero Dini, al padre Grienberger e possibilmente allo stesso cardinale Bellarmino la lettera incriminata. Il Bellarmino, preoccupato di evitare in un momento di serio impegno di riorganizzazione interna della Chiesa uno scontro tra la scuola galileiana e la Chiesa suggerì un accomodamento che aveva già proposto al padre carmelitano Antonio Foscarini, sostenitore anch'egli del copernicanesimo, perché considerassero questa dottrina come ipotesi. Galilei non poteva accettare questa proposta ritenendola lesiva della sua serietà e del suo impegno scientifico, e perciò scrisse nel marzo 1615 una seconda lettera al Dini in cui affermò coraggiosamente il carattere autonomo e libero della ricerca scientifica e la sua subordinazione alla sola interpretazione matematica della natura. Poi, come aveva promesso in quest'ultima lettera al Dini, pensò di esporre in forma più distesa in una « scrittura » più ampia le ragioni culturali della sua posizione scientifica nella lettera a Cristina di Lorena, che costituisce un* pamphlet *di alto valore umano.*

La difesa galileiana del diritto della scienza a perseguire, con mezzi e princìpi propri, la verità è svolta in queste lettere in forma al tempo stesso unitaria e articolata, rispondendo ciascuna, nell'àmbito di un comune obbiettivo, alle occasioni prossime che ne provocarono la stesura. Nella prima lettera al Galilei si nota, infatti, una maggiore sciolltezza e libertà di atteggiamenti: la difesa dell'autonomia della scienza è qui sostenuta da una singolare interpretazione dei rapporti tra scienza naturale e Sacra scrittura, intese come linguaggi distinti e indipendenti attraverso i quali si esprime il pensiero divino; ma tra i due linguaggi, la preferenza di Galilei va alla stringatezza e « inesorabilità » del linguaggio matematico della scienza naturale, ed in tale rigorosità e precisione sta appunto la sua esclusiva legit-

timità e il suo diritto ad un'autonoma conoscenza della realtà. Nelle lettere al Dini emerge invece la preoccupazione dell'autore di difendere l'oggettività della dottrina copernicana e perciò si richiama al pensiero di Copernico come importante precedente storico. Nella lettera a Cristina di Lorena, invece, prevale un tipo di argomentazione fondato sull'autorità dei Padri della Chiesa (Tertulliano e Agostino soprattutto) che sostengono il diritto dell'autonomia della ricerca naturale, in contrapposizione al costume intellettuale in vigore nella comunità cattolica ai tempi di Galilei.

LETTERE COPERNICANE

I.

A don Benedetto Castelli,

Firenze, 21 dicembre 1613.

Molto reverendo Padre e Signor mio Osservandissimo [1],

Ieri mi fu a trovare il signor Niccolò Arrighetti [2], il quale mi dette ragguaglio della Paternità Vostra: ond'io presi diletto infinito nel sentir quello di che io non dubitavo punto, ciò è della satisfazion grande che ella dava a tutto cotesto Studio, tanto a i sopraintendenti di esso quanto a gli stessi lettori e a gli scolari di tutte le nazioni; il qual applauso non aveva contro di lei accresciuto il numero de gli emoli, come suole avvenir tra quelli che sono simili d'esercizio, ma più presto l'aveva ristretto a pochissimi; e questi pochi dovranno essi ancora quietarsi, se non vorranno che tale emulazione, che suole anco tal volta meritar titolo di virtù, degeneri e cangi nome in affetto biasimevole e dannoso finalmente più a quelli che se ne vestono che a nissun altro. Ma il sigillo di tutto il mio gusto fu il sentirgli raccontar i ragionamenti ch'ella ebbe occasione, mercé della somma benignità di coteste Altezze Serenissime, di promuovere alla tavola loro e di continuar poi in camera di Madama Serenissima, presenti pure

[1] Benedetto Castelli (1578-1643), frate benedettino, fu tra i più affezionati e fedeli discepoli di Galilei, suo assiduo corrispondente e collaboratore. Fu lettore di matematica a Pisa e poi a Roma; si interessò di problemi di idraulica e scrisse al riguardo *Della natura delle acque correnti*. Ebbe come suoi discepoli B. Cavalieri, G. A. Borelli, E. Torricelli.

[2] Niccolò Arrighetti, nobile fiorentino, accademico della Crusca, ammiratore di Galilei vissuto tra il 1586 e il 1639.

il Gran Duca e la Serenissima Arciduchessa, e gl'Illustrissimi ed Eccellentissimi Signori D. Antonio e D. Paolo Giordano ed alcuni di cotesti molto eccellenti filosofi. E che maggior favore può ella desiderare, che il veder Loro Altezze medesime prender satisfazione di discorrer seco, di promuovergli dubbii, di ascoltarne le soluzioni, e finalmente di restar appagate delle risposte della Paternità Vostra?

I particolari che ella disse, referitimi dal signor Arrighetti, m'hanno dato occasione di tornar a considerare alcune cose in generale circa 'l portar la Scrittura Sacra in dispute di conclusioni naturali, ed alcun'altre in particolare sopra 'l luogo di Giosuè [3], propostoli, in contradizione della mobilità della Terra e stabilità del Sole, dalla Gran Duchessa Madre, con qualche replica della Serenissima Arciduchessa.

Quanto alla prima domanda generica di Madama Serenissima, parmi che prudentissimamente fusse proposto da quella e conceduto e stabilito dalla Paternità Vostra, non poter mai la Scrittura Sacra mentire o errare, ma essere i suoi decreti d'assoluta ed inviolabile verità. Solo avrei aggiunto, che, se bene la Scrittura non può errare, potrebbe nondimeno talvolta errare alcuno de' suoi interpreti ed espositori, in varii modi: tra i quali uno sarebbe gravissimo e frequentissimo, quando volessero fermarsi sempre nel puro significato delle parole, perché così vi apparirebbono non solo diverse contradizioni, ma gravi eresie e bestemmie ancora; poi che sarebbe necessario dare a Iddio e piedi e mani e occhi, e non meno affetti corporali e umani, come d'ira, di pentimento, d'odio, e anco talvolta l'obblivione delle cose passate e l'ignoranza delle future. Onde, sì come nella Scrittura si trovano molte proposizioni le quali, quanto al nudo senso delle parole, hanno aspetto diverso dal vero, ma son poste in cotal guisa per accomodarsi all'incapacità del vulgo,

[3] « Fu allora in quel giorno in cui l'Amorreo cadde dinanzi ai figli d'Israele, che Giosuè parlò al Signore e al cospetto di tutto il popolo disse: 'Sole, non muoverti da Gabaon e tu Luna dalla valle di Aialon'. Il sole e la luna si fermarono fino a che la nazione non si fu vendicata dei suoi nemici... Si fermò dunque il sole in mezzo al cielo e non si affrettò a tramontare per lo spazio di un giorno » (*Libro di Giosuè*, X, 12-13).

così per quei pochi che meritano d'esser separati dalla plebe è necessario che i saggi espositori produchino i veri sensi, e n'additino le ragioni particolari per che siano sotto cotali parole stati profferiti.

Stante, dunque, che la Scrittura in molti luoghi è non solamente capace, ma necessariamente bisognosa d'esposizioni diverse dall'apparente significato delle parole, mi par che nelle dispute naturali ella doverebbe esser riserbata nell'ultimo luogo: perché, procedendo di pari dal Verbo divino la Scrittura Sacra e la natura, quella come dettatura dello Spirito Santo, e questa come osservantissima esecutrice de gli ordini di Dio; ed essendo, di più, convenuto nelle Scritture, per accomodarsi all'intendimento dell'universale, dir molte cose diverse, in aspetto e quanto al significato delle parole, dal vero assoluto; ma, all'incontro, essendo la natura inesorabile e immutabile e nulla curante che le sue recondite ragioni e modi d'operare sieno o non sieno esposti alla capacità de gli uomini, per lo che ella non trasgredisce mai i termini delle leggi imposteli; pare che quello de gli effetti naturali che o la sensata esperienza ci pone innanzi a gli occhi o le necessarie dimostrazioni ci concludono, non debba in conto alcuno esser revocato in dubbio per luoghi della Scrittura ch'avesser nelle parole diverso sembiante, poi che non ogni detto della Scrittura è legato a obblighi così severi com'ogni effetto di natura. Anzi, se per questo solo rispetto, d'accomodarsi alla capacità de' popoli rozzi e indisciplinati, non s'è astenuta la Scrittura d'adombrare de' suoi principalissimi dogmi, attribuendo sino all'istesso Dio condizioni lontanissime e contrarie alla sua essenza, chi vorrà asseverantemente sostenere che ella, posto da banda cotal rispetto, nel parlare anco incidentemente di Terra o di Sole o d'altra creatura, abbia eletto di contenersi con tutto rigore dentro a i limitati e ristretti significati delle parole? e massime pronunziando di esse creature cose lontanissime dal primario instituto di esse Sacre Lettere, anzi cose tali, che, dette e portate con verità nuda e scoperta, avrebbon più presto danneggiata l'intenzion primaria, rendendo il vulgo più contumace alle persuasioni de gli articoli concernenti alla salute.

Stante questo, ed essendo di più manifesto che due verità non posson mai contrariarsi, è ofizio de' saggi espositori affaticarsi per trovare i veri sensi de' luoghi sacri, concordanti con quelle conclusioni naturali delle quali prima il senso manifesto o le dimostrazioni necessarie ci avesser resi certi e sicuri. Anzi, essendo, come ho detto, che le Scritture, ben che dettate dallo Spirito Santo, per l'addotte cagioni ammetton in molti luoghi esposizioni lontane dal suono litterale, e, di più, non potendo noi con certezza asserire che tutti gl'interpreti parlino inspirati divinamente, crederei che fusse prudentemente fatto se non si permettesse ad alcuno l'impegnar i luoghi della Scrittura e obbligargli in certo modo a dover sostenere per vere alcune conclusioni naturali, delle quali una volta il senso e le ragioni dimostrative e necessarie ci potessero manifestare il contrario. E chi vuol por termine a gli umani ingegni? chi vorrà asserire, già essersi saputo tutto quello che è al mondo di scibile? E per questo, oltre a gli articoli concernenti alla salute ed allo stabilimento della Fede, contro la fermezza de' quali non è pericolo alcuno che possa insurger mai dottrina valida ed efficace, sarebbe forse ottimo consiglio il non ne aggiugner altri senza necessità: e se così è, quanto maggior disordine sarebbe l'aggiugnerli a richiesta di persone, le quali, oltre che noi ignoriamo se parlino inspirate da celeste virtù, chiaramente vediamo ch'elleno son del tutto ignude di quella intelligenza che sarebbe necessaria non dirò a redarguire, ma a capire, le dimostrazioni con le quali le acutissime scienze procedono nel confermare alcune lor conclusioni?

Io crederei che l'autorità delle Sacre Lettere [4] avesse avuto solamente la mira a persuader a gli uomini quegli articoli

[4] Si viene così ad operare un rovesciamento del rapporto consacrato dalla tradizione, tra scienza e religione. Mentre per tutto il Medioevo le esigenze della ricerca scientifica venivano adattate e adeguate alle più cogenti norme della religione, cui tutto era sottomesso, Galilei propone qui non solo l'autonomia della scienza dalla religione, ma configura tra queste una nuova relazione che fa della scienza una forma di espressione del verbo divino più rigorosa e più assoluta della norma religiosa che, dovendo parlare ai più, deve subire adattamenti e fare concessioni. Perciò, pur « procedendo di pari dal Verbo divino la Scrittura sacra e la natura, quella come dettatura dello Spirito Santo, e questa come osservantissima esecutrice degli ordini di Dio », per la sua forma espositiva la Scrittura non può essere accettata nel suo significato letterale, per non cadere in erronee e contradditorie interpretazioni.

e proposizioni, che, sendo necessarie per la salute loro e superando ogni umano discorso, non potevano per altra scienza né per altro mezzo farcisi credibili, che per la bocca dell'istesso Spirito Santo. Ma che quel medesimo Dio che ci ha dotati di sensi, di discorso e d'intelletto, abbia voluto, posponendo l'uso di questi, darci con altro mezzo le notizie che per quelli possiamo conseguire, non penso che sia necessario il crederlo, e massime in quelle scienze delle quali una minima particella e in conclusioni divise se ne legge nella Scrittura; qual appunto è l'astronomia, di cui ve n'è così piccola parte, che non vi si trovano né pur nominati i pianeti. Però se i primi scrittori sacri avessero auto pensiero di persuader al popolo le disposizioni e movimenti de' corpi celesti, non ne avrebbon trattato così poco, che è come niente in comparazione dell'infinite conclusioni altissime e ammirande che in tale scienza si contengono.

Veda dunque la Paternità Vostra quanto, s'io non erro, disordinatamente procedino quelli che nelle dispute naturali, e che direttamente non sono *de Fide*, nella prima fronte costituiscono luoghi della Scrittura, e bene spesso malamente da loro intesi. Ma se questi tali veramente credono d'avere il vero senso di quel luogo particolar della Scrittura, ed in conseguenza si tengon sicuri d'avere in mano l'assoluta verità della quistione che intendono di disputare, dichinmi appresso ingenuamente, se loro stimano, gran vantaggio aver colui che in una disputa naturale s'incontra a sostener il vero, vantaggio, dico, sopra l'altra a chi tocca sostener il falso? So che mi risponderanno di sì, e che quello che sostiene la parte vera, potrà aver mille esperienze e mille dimostrazioni necessarie per la parte sua, e che l'altro non può aver se non sofismi paralogismi e fallacie. Ma se loro, contenendosi dentro a' termini naturali né producendo altr'arme che le

filosofiche, sanno d'essere tanto superiori all'avversario, perché, nel venir poi al congresso, por subito mano a un'arme inevitabile e tremenda, che con la sola vista atterrisce ogni più destro ed esperto campione [5]? Ma, s'io devo dir il vero, credo che essi sieno i primi atterriti, e che, sentendosi inabili a potere star forti contro gli assalti dell'avversario, tentino di trovar modo di non se lo lasciar accostare. Ma perché, come ho detto pur ora, quello che ha la parte vera dalla sua, ha gran vantaggio, anzi grandissimo, sopra l'avversario, e perché è impossibile che due verità si contrariino, però non doviamo temer d'assalti che ci venghino fatti da chi si voglia, pur che a noi ancora sia dato campo di parlare e d'essere ascoltati da persone intendenti e non soverchiamente alterate da proprie passioni e interessi.

In confermazione di che, vengo ora a considerare il luogo particolare di Giosuè, per il qual ella apportò a loro Altezze Serenissime tre dichiarazioni; e piglio la terza, che ella produsse come mia, sì come veramente è, ma v'aggiungo alcuna considerazione di più, qual non credo d'avergli detto altra volta.

Posto dunque e conceduto per ora all'avversario, che le parole del testo sacro s'abbino a prender nel senso appunto ch'elle suonano, ciò è che Iddio a' preghi di Giosuè facèsse fermare il Sole e prolungasse il giorno, ond'esso ne conseguì la vittoria; ma richiedendo io ancora, che la medesima determinazione vaglia per me, sì che l'avversario non presumesse di legar me e lasciar sé libero quanto al poter alterare o mutare i significati delle parole; io dico che questo luogo ci mostra manifestamente la falsità e impossibilità del mondano sistema Aristotelico e Tolemaico, e all'incontro benissimo s'accomoda co 'l Copernicano.

E prima, io dimando all'avversario, s'egli sa di quali movimenti si muova il Sole? Se egli lo sa, è forza che e' risponda, quello muoversi di due movimenti, cioè del movimento annuo da ponente verso levante, e del diurno all'opposito da levante a ponente.

[5] Con queste parole Galilei esige per la scienza il pieno rispetto della libertà, contro tutti i tentativi di condizionarla e subordinarla ad autorità, politiche economiche filosofiche o religiose, che le sono estranee.

Ond'io, secondariamente, gli domando se questi due movimenti, così diversi e quasi contrarii tra di loro, competono al Sole e sono suoi proprii egualmente? È forza risponder di no, ma che un solo è suo proprio e particolare, ciò è l'annuo, e l'altro non è altramente suo, ma del cielo altissimo, dico del primo mobile, il quale rapisce seco il Sole e gli altri pianeti e la sfera stellata ancora, constringendoli a dar una conversione 'ntorno alla Terra in 24 ore, con moto, come ho detto, quasi contrario al loro naturale e proprio.

Vengo alla terza interrogazione, e gli domando con quale di questi due movimenti il Sole produca il giorno e la notte, cioè se col suo proprio o pure con quel del primo mobile? È forza rispondere, il giorno e la notte esser effetti del moto del primo mobile, e dal moto proprio del Sole depender non il giorno e la notte, ma le stagioni diverse e l'anno stesso.

Ora, se il giorno depende non dal moto del Sole, ma da quel del primo mobile, chi non vede che per allungare il giorno bisogna fermare il primo mobile, e non il Sole? Anzi, pur chi sarà ch'intenda questi primi elementi d'astronomia e non conosca che, se Dio avesse fermato 'l moto del Sole, in cambio d'allungar il giorno l'avrebbe scorciato e fatto più breve [6]? perché, essendo 'l moto del Sole al contrario della conversione diurna, quanto più 'l Sole si movesse verso oriente, tanto più si verrebbe a ritardar il suo corso all'occidente; e diminuendosi o annullandosi il moto del Sole, in tanto più breve tempo giugnerebbe all'occaso: il qual accidente sensatamente si vede nella Luna, la quale fa le sue conversioni diurne tanto più tarde di quelle del Sole, quanto il suo movimento proprio è più veloce di quel del Sole. Essendo, dunque, assolutamente impossibile nella costituzion

[6] Se il moto apparente annuo del sole, che è da ponente a levante, s'arrestasse, il giorno solare diventerebbe eguale al giorno sidereo, accorciandosi di circa quattro minuti. Perciò la frase della Sacra scrittura non va presa nel suo significato letterale, in quanto deve intendersi nel senso che Dio fermò il primo mobile, da cui il moto diurno, deriva allo scopo di allungare la giornata.

di Tolomeo e d'Aristotile fermare il moto del Sole e allungare il giorno, sì come afferma la Scrittura esser accaduto, adunque o bisogna che i movimenti non sieno ordinati come vuol Tolomeo, o bisogna alterar il senso delle parole, e dire che quando la Scrittura dice che Iddio fermò 'l Sole, voleva dire che fermò 'l primo mobile, ma che, per accomodarsi alla capacità di quei che sono a fatica idonei a intender il nascere e 'l tramontar del Sole, ella dicesse al contrario di quel, che avrebbe detto parlando a uomini sensati.

Aggiugnesi a questo, che non è credibile ch'Iddio fermasse il Sole solamente, lasciando scorrer l'altre sfere; perché senza necessità nessuna avrebbe alterato e permutato tutto l'ordine, gli aspetti e le disposizioni dell'altre stelle rispett'al Sole, e grandemente perturbato tutto 'l corso della natura: ma è credibile ch'Egli fermasse tutto 'l sistema delle celesti sfere, le quali, dopo quel tempo della quiete interposta, ritornassero concordemente alle lor opre senza confusione o alterazion alcuna.

Ma perché già siamo convenuti, non doversi alterar il senso delle parole del testo, è necessario ricorrere ad altra costituzione delle parti del mondo, e veder se conforme a quella il sentimento nudo delle parole cammina rettamente e senza intoppo, sì come veramente si scorge avvenire.

Avendo io dunque scoperto e necessariamente dimostrato, il globo del Sole rivolgersi in sé stesso, facendo un'intera conversione in un mese lunare in circa, per quel verso appunto che si fanno tutte l'altre conversioni celesti; ed essendo, di più, molto probabile e ragionevole che il Sole, come strumento e ministro massimo della natura, quasi cuor del mondo, dia non solamente, com'egli chiaramente dà, luce, ma il moto ancora a tutti i pianeti che intorno se gli raggirano; se, conforme alla posizion del Copernico, noi attribuirem alla Terra principalmente la conversion diurna; chi non vede che per fermar tutto il sistema, onde, senza punto alterar il restante delle scambievoli relazioni de' pianeti, solo si prolungasse lo spazio e 'l tempo della diurna illuminazione, bastò che fusse fermato 'l Sole, com'appunto suonan

le parole del sacro testo [7]? Ecco, dunque, il modo secondo il quale, senza introdur confusione alcuna tra le parti del mondo e senza alterazion delle parole della Scrittura, si può, col fermar il Sole, allungar il giorno in Terra.

Ho scritto più assai che non comportano le mie indisposizioni: però finisco, con offerirmegli servitore, e gli bacio le mani, pregandogli da Nostro Signore le buone feste e ogni felicità.

Di Firenze, li 21 Dicembre 1613.

Di Vostra Paternità molto Reverenda

Servitore Affezionatissimo
Galileo Galilei.

[7] La Sacra scrittura si riferisce al moto rotatorio del sole intorno al proprio asse. Qui Galileo introduce un suggestivo, ma errato, presupposto, che cioè il sole sia causa del movimento della terra e di tutto il suo sistema di pianeti: supposizione, questa, che altro non è che un'inversione dell'ipotesi tolemaica, secondo cui le sfere celesti sono messe in moto dal primo mobile.

II.

A MONSIGNOR PIERO DINI [1].

Firenze, 16 febbraio 1615.

Molto Illustre e Reverendissimo Signor mio Colendissimo,

Perché so che Vostra Signoria molto Illustre e Reverendissima fu subito avvisata delle replicate invettive che furono, alcune settimane fa, dal pulpito fatte contro la dottrina del Copernico e suoi seguaci, e più contro i matematici e la matematica stessa [2], però non gli replicherò nulla sopra questi particolari che da altri intese: ma desidero bene che lei sappia, come, non avendo né io né altri fatto un minimo moto o risentimento sopra gl'insulti di che fummo non con molta carità aggravati, non però si son quietate l'acces'ire di quelli [3]; anzi, essendo ritornato da Pisa il medesimo Padre che si era fatto sentire quell'anno in privati colloquii, ha aggravato di nuovo la mano sopra di me: ed essendogli pervenuta, non so donde, copia di una lettera ch'io scrissi l'anno passato al Padre Mattematico di Pisa in proposito dell'apportare le autorità sacre in dispute naturali ed in esplicazione del luogo di Giosuè, vi vanno esclamando sopra, e ritrovandovi, per quanto dicono, molte eresie, ed insomma si sono aperti un nuovo campo di lacerarmi. Ma perché da ogni

[1] Sul Dini cfr. la lettera del 21 maggio 1611, p. 879, n. 1. Galilei si rivolge a lui perché in quel tempo era referendario apostolico a Roma.

[2] Cfr. quanto abbiamo detto al riguardo nella nota introduttiva a queste lettere copernicane.

[3] Niccolò Lorini, che aveva denunciato Galilei al Sant'Uffizio.

altro che ha veduta detta lettera non mi è stato fatto pur minimo segno di scrupolo, vo dubitando che forse chi l'ha trascritta possa inavvertentemente aver mutata qualche parola; la qual mutazione, congiunta con un poco di disposizione alle censure, possa far apparire le cose molto diverse dalla mia intenzione. E perché alcuni di questi Padri, ed in particolare quest'istesso che ha parlato, se ne son venuti costà per far, come intendo, qualche altro tentativo con la sua copia di detta mia lettera [4], mi è parso non fuor di proposito mandarne una copia a Vostra Signoria Reverendissima nel modo giusto che l'ho scritta io, pregandola che mi favorisca di leggerla insieme col Padre Grembergiero [5] Gesuita, matematico insigne e mio grandissimo amico e padrone, ed anche lasciargliela, se forse parrà opportuno a Sua Reverenza, di farla con qualche occasione pervenire in mano dell'illustrissimo Cardinal Bellarmino [6], al quale questi Padri Domenicani si son lasciati intendere di voler far capo, con isperanza, di far, per lo meno, dannar il libro del Copernico e la sua oppinione e dottrina.

La lettera fu da me scritta *currenti calamo*; ma queste ultime concitazioni, ed i motivi che questi Padri adducono per mostrare i demeriti di questa dottrina, ond'ella meriti di essere abolita, mi hanno fatto veder qualche cosa di più scritta in simili materie: e veramente non solo ritrovo, tutto quello che ho scritto essere stato detto da loro, ma molto più ancora, mostrando con quanta circonspezione bisogni

[4] La lettera al Castelli del 1613: la semplice copia non poteva soddisfare le esigenze del procedimento istruttorio del Sant'Uffizio, che esigeva la copia autentica. Dopo la denuncia del Lorini, che porta la data del 7 febbraio 1615, la Congregazione del Sant'Uffizio invitò il 25 successivo l'Inquisitore e l'Arcivescovo di Firenze perché ottenessero, procedendo «con destrezza», l'originale dal Castelli. Tuttavia nonostante l'abilità usata nell'affare, l'Arcivescovo non riuscì nell'intento.

[5] Cristoforo Grienberger (1551-1636) successe al Clavio nella cattedra di matematica del Collegio romano.

[6] Il cardinale Roberto Bellarmino (1542-1621) fu una figura notevole della politica ecclesiastica dei suoi tempi: colto ed intelligente, cercò di evitare nel campo della cultura la frattura con la Chiesa, dopo il concilio tridentino; occupò importanti cariche nella curia romana.

andar intorno a quelle conclusioni naturali che non son *de Fide*, alle quali possono arrivare l'esperienze e le dimostrazioni necessarie, e quanto perniciosa cosa sarebbe l'asserir come dottrina risoluta nelle Sacre Scritture alcuna proposizione della quale una volta si potesse aver dimostrazione in contrario. Sopra questi capi ho distesa una scrittura molto copiosa, ma non l'ho ancora al netto in maniera che ne possa mandar copia a Vostra Signoria, ma lo farò quanto prima [7]: nella quale, quel che si sia dell'efficacia delle mie ragioni e discorsi, di questo ben son sicuro, che ci si troverà molto più zelo verso Santa Chiesa e la dignità delle Sacre Lettere, che in questi miei persecutori; poi che loro proccurano di proibir un libro ammesso tanti anni da Santa Chiesa, senza averlo pur mai lor veduto, non che letto o inteso; ed io non fo altro che esclamare che si esamini la sua dottrina e si ponderino le sue ragioni da persone cattolichissime ed intendentissime, che si rincontrino le sue posizioni con l'esperienze sensate, e che in somma non si danni se prima non si trova falso, se è vero che una proposizione non possa insieme esser vera ed erronea. Non mancano nella cristianità uomini intendentissimi della professione, il parer de' quali circa la verità o falsità della dottrina non doverà esser posposto all'arbitrio di chi non è punto informato e che pur troppo chiaro si conosce essere da qualche parziale affetto alterato, sì come benissimo conoscono molti che si trovono qua in fatto, e che veggono tutti gli andamenti e son informati, almeno in parte, delle macchine e trattato.

Niccolò Copernico fu uomo non pur cattolico, ma religioso e canonico; fu chiamato a Roma sotto Leone X, quando nel Concilio Lateranense si trattava l'emendazione del calendario ecclesiastico, facendosi capo a lui come a grandissimo astronomo [8]. Restò nondimeno indecisa tal riforma per questa sola cagione, perché la quantità de gli anni e de' mesi de'

[7] Cfr. la lettera a Cristina di Lorena, qui di seguito riportata.

[8] Copernico fu consultato per la riforma del calendario, realizzata sotto il pontificato di Gregorio XIII nel 1582; ma più che le sue ricerche, furono accolti i dati dell'astronomo calabrese Luigi Lilio (1512-1576).

moti del Sole e della Luna non erano abbastanza stabiliti: onde egli, d'ordine del vescovo Semproniense, che allora era sopraccapo di questo negozio, si messe con nuove osservazioni ed accuratissimi studii all'investigazione di tali periodi; e ne conseguì in somma tal cognizione, che non solo regolò tutti i moti de' corpi celesti, ma si acquistò il titolo di sommo astronomo, la cui dottrina fu poi seguita da tutti, e conforme ed essa regolato ultimamente il calendario. Ridusse le sue fatiche intorno a' corsi e costituzioni de' corpi celesti in sei libri, li quali, a richiesta di Niccolò Scombergio [9], cardinale Capuano, mandò in luce, e gli dedicò a Papa Paolo III [10], e da quel tempo in qua si son veduti publicamente senza scrupolo nessuno. Ora questi buoni frati, solo per un sinistro affetto contro di me, sapendo che io stimo questo autore, si vantano di dargli il premio delle sue fatiche con farlo dichiarare eretico.

Ma quello che è più degno di considerazione, la prima lor mossa contro questa oppinione fu il lasciarsi metter su da alcuni miei maligni che gliela dipinsero per opera mia propria, senza dirli che ella fosse già 70 anni fa stampata; e questo medesimo stile vanno tenendo con altre persone, nelle quali cercano d'imprimer sinistro concetto di me: e questo gli va succedendo in modo tale, che, sendo pochi giorni sono arrivato qua Monsignor Gherardini [11], vescovo di Fiesole, nelle prime visite a pien popolo, dove si abbatterono

[9] Il cardinale Nicola Schomberg (1472-1537), arcivescovo di Capua; più sopra è ricordato il vescovo Paolo di Middeldurg di Fossombrone.

[10] Il *De revolutionibus orbium coelestium* fu pubblicato a Norimberga proprio il giorno della morte del suo autore, il 24 maggio 1543. Poiché egli non poté condurre a termine la prefazione, questa fu scritta dal pastore protestante Andrea Osiander di Norimberga, che si intendeva di astronomia e che già aveva suggerito a Copernico di presentare la sua teoria non già come effettiva ma solo come ipotesi utile alla spiegazione del movimento del pianeta. Copernico, rifiutò questa interpretazione, ma avendo Osiander aggiunto una sua prefazione al volume non firmata, questa sua tesi finì con l'essere attribuita, sia pure in modo incerto, all'autore.

[11] Intervenendo nella disputa cosmologica, monsignor Baccio Gherardini, vescovo di Fiesole, minacciò di far appello al braccio temporale, perché mettesse a tacere i copernicani.

alcuni amici miei, proroppe con grandissima veemenza contro di me, mostrandosi gravemente alterato, e dicendo che n'era per far gran passata con Loro Altezze Serenissime, poi che tal mia stravagante oppinione ed erronea dava che dire assai in Roma; e forse avrà a quest'ora fatto il debito, se già non l'ha ritenuto l'essere destramente fatto avvertito, che l'autore di questa dottrina non è altramente un Fiorentino vivente, ma un Tedesco morto, che la stampò già 70 anni sono, dedicando il libro al Sommo Pontefice.

Io vo scrivendo, né mi accorgo che parlo a persona informatissima di questi trattamenti, e forse tanto più di me, quanto che ella si trova nel luogo dove si fanno gli strepiti maggiori. Scusimi della prolissità; e se scorge equità nessuna nella causa mia, prestimi il suo favore, ché gliene viverò perpetuamente obbligato. Con che le bacio riverentemente le mani, e me gli ricordo servitore devotissimo, e dal Signore Dio gli prego il colmo di felicità.

Di Firenze, li 16 Febbraio 1615.
Di V. S. molto Illustre e Reverendissima

Servitore Obbligatissimo
Galileo Galilei.

Poscritta. Ancorché io difficilmente possa credere che si fosse per precipitare in prendere una tal risoluzione di annullar questo autore, tuttavia, sapendo per altre prove quanta sia la potenza della mia disgrazia, quando è congiunta con la malignità ed ignoranza de' miei avversari, mi par di aver cagione di non mi assicurar del tutto sopra la somma prudenza e santità di quelli da chi ha da dipender l'ultima risoluzione, sì che quella ancora non possa esser in parte affascinata da questa fraude che va in volta sotto il manto di zelo e di carità. Però, per non mancare, per quanto posso, a me stesso ed a quello che dalla mia scrittura vedrà in breve Vostra Signoria Reverendissima che è vero e purissimo zelo, desiderando che almanco ella possa prima esser veduta, e poi prendasi quella risoluzione che piacerà a Dio (ché io quanto a me son tanto bene edificato e disposto, che prima

che contravvenire a' miei superiori, quando non potessi far altro, e che quello che ora mi pare di credere e toccar con mano mi avesse ad essere di pregiudizio all'anima, *eruerem*[12] *oculum meum ne me scandalizaret*); io credo che il più presentaneo rimedio sia il battere alli Padri Gesuiti, come quelli che sanno assai sopra le comuni lettere de' frati: però gli potrà dar la copia della lettera, ed anco leggergli, se le piacerà, questa che scrivo a lei; e poi, per la sua solita cortesia, si degnerà di farmi avvisato di quanto avrà potuto ritrarre. Non so se fosse opportuno essere col signor Luca Valerio[13], e dargli copia di detta lettera, come uomo che è di casa del Cardinale Aldobrandino[14] e potrebbe fare con Sua Santità qualche offizio. Di questo e di ogni altra cosa mi rimetto alla sua bontà e prudenza, e gli raccomando la riputazion mia, e di nuovo gli bacio le mani.

[12] MATTEO, V, 29: « Se il tuo occhio destro ti dà scandalo, cavalo e gettalo ».
[13] Cfr. vol. II, p. 601, n. 12.
[14] Pietro Aldobrandini (1571-1621).

III.

A MONSIGNOR PIERO DINI [1].

Firenze, 23 marzo 1615.

Molto Illustre e Reverendissimo Sig. mio Colendissimo,

Risponderò succintamente alla cortesissima lettera di Vostra Signoria molto Illustre e Reverendissima, non mi permettendo il poter far altramente il mio cattivo stato di sanità.

Quanto al primo particolare che ella mi tocca, che al più che potesse esser deliberato circa il libro del Copernico, sarebbe il mettervi qualche postilla, che la sua dottrina fusse introdotta per salvar l'apparenze, nel modo ch'altri introdussero gli eccentrici e gli epicicli [2], senza poi credere che

[1] Ricevuta la lettera del 16 febbraio, monsignor Dini chiese chiarimenti a Galilei il 14 marzo e riferì il suggerimento che il cardinale Bellarmino gli aveva già dato, cioè di « mettervi qualche postilla (sì) che la sua dottrina fusse introdotta per salvar l'apparenza, o simil cosa, alla guisa di quelli che hanno introdotto gli epicicli e poi non gli credono ». Bellarmino intendeva riferirsi alla concezione che Tolomeo e la corrente degli astronomi platonici avevano dell'astronomia, come scienza atta a spiegare i fenomeni celesti, senza preoccuparsi di attribuire ad essi una realtà fisica; ma Galilei non poteva accettare questa interpretazione: il suo intervento nel campo dell'astronomia e la sua stessa competenza in astronomia rivelavano in lui la natura dello studioso di fisica, abituato a ritrovare nei fenomeni leggi reali e non fittizie, come già aveva fatto intendere il Copernico, nella dedica a Paolo III del suo libro, nonostante l'equivoco generato dalla prefazione dell'Osiander. Galilei reagisce qui vivacemente al suggerimento del cardinale Bellarmino, che ritiene mortificante per la sua dignità e serietà di scienziato: egli considerava infatti reale la sistemazione copernicana e non semplicemente ipotetica.

[2] Circoli immaginari, introdotti dagli astronomi per spiegare l'irregolarità dei moti apparenti degli astri.

veramente e' sieno in natura, gli dico (rimettendomi sempre a chi più di me intende, e solo per zelo che ciò che si è per fare sia fatto con ogni maggior cautela) che quanto a salvar l'apparenze il medesimo Copernico aveva già per avanti fatta la fatica, e satisfatto alla parte de gli astrologi secondo la consueta e ricevuta maniera di Tolomeo; ma che poi, vestendosi l'abito di filosofo, e considerando se tal costituzione delle parti dell'universo poteva realmente sussistere *in rerum natura*, e veduto che no, e parendogli pure che il problema della vera costituzione fusse degno d'esser ricercato, si messe all'investigazione di tal costituzione, conoscendo che se una disposizione di parti finta e non vera poteva satisfar all'apparenze, molto più ciò si arebbe ottenuto dalla vera e reale [3], e nell'istesso tempo si sarebbe in filosofia guadagnato una cognizione tanto eccellente, qual è il sapere la vera disposizione delle parti del mondo; e trovandosi egli, per l'osservazioni e studii di molti anni, copiosissimo di tutti i particolari accidenti osservati nelle stelle, senza i quali tutti diligentissimamente appresi e prontissimamente affissi nella mente è impossibile il venir in notizia di tal mondana constituzione, con replicati studii e lunghissime fatiche conseguì quello che l'ha reso poi ammirando a tutti quelli che con diligenza lo studiano, sì che restino capaci de' suoi progressi: tal che il voler persuadere che il Copernico non stimasse vera la mobilità della Terra, per mio credere, non potrebbe trovar assenso se non forse appresso chi non l'avesse letto, essendo tutti 6 i suoi libri pieni di dottrina dependente dalla mobilità della Terra, e quella esplicante e confermante. E se egli nella sua dedicatoria molto ben intende e confessa che la posizione della mobilità della Terra era per farlo

[3] Nella prefazione al *De revolutionibus orbium coelestium libri VI*, Copernico dice di aver scoperto che supponendo la terra in movimento « non solo ne deriverebbero come conseguenze naturali i diversi aspetti dei moti dei pianeti ma il loro ordine di successione, le dimensioni delle loro orbite e la struttura stessa del cielo sarebbero collegate così intimamente che non si potrebbe modificare una parte di questa compagine senza sconvolgere le altre ».

reputare stolto appresso l'universale [4], il giudizio del quale egli dice di non curare, molto più stolto sarebb'egli stato a voler farsi reputar tale per un'opinione da sé introdotta, ma non interamente e veramente creduta.

Quanto poi al dire che gli autori principali che hanno introdotto gli eccentrici e gli epicicli non gli abbino poi reputati veri, questo non crederò io mai; e tanto meno, quanto con necessità assoluta bisogna ammettergli nell'età nostra, mostrandocegli il senso stesso. Perché, non essendo l'epiciclo altro che un cerchio descritto dal moto d'una stella la quale non abbracci con tal suo rivolgimento il globo terrestre, non veggiamo noi di tali cerchi esserne da quattro stelle descritti quattro intorno a Giove? e non è egli più chiaro che 'l Sole, che Venere descrive il suo cerchio intorno ad esso Sole senza comprender la Terra, e per conseguenza forma un epiciclo? e l'istesso accade anco a Mercurio. In oltre, essendo l'eccentrico un cerchio che ben circonda la Terra, ma non la contiene nel suo centro, ma da una banda, non si ha da dubitare se il corso di Marte sia eccentrico alla Terra, vedendosi egli ora più vicino ed ora più remoto, in tanto che ora lo veggiamo piccolissimo ed altra volta di superficie 60 volte maggiore; adunque, qualunque si sia il suo rivolgimento, egli circonda la Terra, e gli è una volta otto volte più presso che un'altra. E di tutte queste cose e d'altre simili in gran numero ce n'hanno data sensata esperienza gli ultimi scoprimenti: tal che il voler ammettere la mobilità della Terra solo con quella concessione e probabilità che si ricevono gli eccentrici e gli epicicli, è un ammetterla per sicurissima, verissima e irrefragabile [5].

[4] Più volte Galilei ha mostrato di ritenere la scienza come attività non popolare, ma di pochi eletti, come si può rilevare dalla lettera al Castelli del 1613, in cui la distinzione del linguaggio scritturale e di quello naturale è fondata sulla dimensione popolare del primo e sul carattere rigoroso ed esclusivo del secondo. Costretto a combattere contro opinioni fortemente radicate fin nei ceti più umili, obbligato a respingere pregiudizi pseudoscientifici che trovavano incoraggiamento nell'ignoranza e nel diffuso tradizionalismo delle plebi, egli considera la battaglia per la scienza moderna propria di pochi, riproducendo nelle sue concezioni le stesse limitazioni della società signorile del suo tempo.

Ben è vero che di quelli che hanno negato gli eccentrici e gli epicicli io ne trovo 2 classi. Una è di quelli che, sendo del tutto ignudi dell'osservazioni de' movimenti delle stelle e di quello che bisogni salvare, negano senza fondamento nessuno tutto quello che e' non intendono: ma questi son degni che di loro non si faccia alcuna considerazione. Altri, molto più ragionevoli, non negheranno i movimenti circolari descritti da i corpi delle stelle intorno ad altri centri che quello della Terra, cosa tanto manifesta, che, all'incontro, è chiaro, nessuno de' pianeti far il suo rivolgimento concentrico ad essa Terra; ma solo negheranno, ritrovarsi nel corpo celeste una struttura di orbi solidi e tra sé divisi e separati, che, arrotandosi e fregandosi insieme, portino i corpi de' pianeti, etc.; e questi crederò io che benissimo discorrino; ma questo non è un levar i movimenti fatti dalle stelle in cerchi eccentrici alla Terra o in epicicli, che sono i veri e semplici assunti di Tolomeo e de gli astronomi grandi, ma è un repudiar gli orbi solidi materiali e distinti, introdotti da i fabbricatori di teoriche per agevolar l'intelligenza de i principianti ed i computi de' calculatori; e questa sola parte è fittizia e non reale, non mancando a Iddio modo di far camminare le stelle per gl'immensi spazii del cielo, ben dentro a limitati e certi sentieri, ma non incatenate o forzate.

Però, quanto al Copernico, egli, per mio avviso, non è capace di moderazione, essendo il principalissimo punto di tutta la sua dottrina e l'universal fondamento la mobilità della Terra e stabilità del Sole: però, o bisogna dannarlo del tutto, o lasciarlo nel suo essere, parlando sempre per quanto comporta la mia capacità. Ma se sopra una tal resoluzione e' sia bene attentissimamente considerare, ponderare,

[5] È evidente che qui Galilei toglie agli epicicli e agli eccentrici quella funzione che doveva svolgere nella cosmologia tolemaica: qui si vogliono solo indicare i molteplici e vari moti dei pianeti, non più circolanti attorno alla terra.

esaminare, ciò che egli scrive, io mi sono ingegnato di mostrarlo in una mia scrittura [6], per quanto da Dio benedetto mi è stato conceduto, non avendo mai altra mira che alla dignità di Santa Chiesa e non indirizzando ad altro fine le mie deboli fatiche; il qual purissimo e zelantissimo affetto son ben sicuro che in essa scrittura si scorgerà chiaro, quando per altro ella fusse piena d'errori o di cose di poco momento: e già l'averei inviata a Vostra Signoria Reverendissima, se alle mie tante e sì gravi indisposizioni non si fusse ultimamente aggiunto un assalto di dolori colici che m'ha travagliato assai; ma la manderò quanto prima. Anzi, per il medesimo zelo, vo mettendo insieme tutte le ragioni del Copernico, riducendole a chiarezza intelligibile da molti, dove ora sono assai difficili, e più aggiungendovi molte e molte altre considerazioni, fondate sempre sopra osservazioni celesti, sopra esperienze sensate e sopra incontri di effetti naturali, per offerirle poi a i piedi del Sommo Pastore ed all'infallibile determinazione di Santa Chiesa, che ne faccia quel capitale che parrà alla sua somma prudenza.

Quanto al parere del molto reverendo Padre Grembergero [7], io veramente lo laudo, e volentieri lascio la fatica delle interpretazioni a quelli che intendono infinitamente più di me. Ma quella breve scrittura che mandai a Vostra Signoria Reverendissima è, come vede, una lettera privata, scritta più d'un anno fa all'amico mio, per esser letta da lui solo; ma avendon'egli, pur senza mia saputa, lasciato prender copia, e sentendo io che l'era venuta nelle mani di quel medesimo che tanto acerbamente m'aveva sin dal pulpito lacerato [8], e sapendo ch'ei l'aveva portata costà, giudicai ben fatto che ve ne fusse un'altra copia, per poterla in ogni occasione incontrare, e massime avendo quello ed altri suoi

[6] Allude al *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo.*

[7] Il Grienberger aveva significato al Dini la sua preoccupazione per il temerario ricorso compiuto dal Galilei ad una interpretazione delle Sacre scritture, che non poteva essere accolta favorevolmente dalle autorità ecclesiastiche, specialmente dopo il concilio di Trento; perciò avrebbe preferito che Galilei « avesse prima fatto le sue dimostrazioni e poi fusse entrato a parlare della Scrittura ».

[8] Nicolò Lorini.

aderenti teologi sparso qua voce, come detta mia lettera era piena d'eresie. Non è, dunque, il mio pensiero di metter mano a impresa tanto superiore alle mie forze; se ben non si deve anco diffidare che la Benignità divina tal volta si degni di inspirare qualche raggio della sua immensa sapienza in intelletti umili, e massime quando son almeno adornati di sincero e santo zelo; oltre che, quando si abbino a concordar luoghi sacri con dottrine naturali nuove e non comuni, è necessario aver intera notizia di tali dottrine, non si potendo accordar due corde insieme col sentirne una sola. E se io conoscessi di potermi prometter alcuna cosa dalla debolezza del mio ingegno, mi piglierei ardire di dire di ritrovar tra alcuni luoghi delle Sacre Lettere e di questa mondana constituzione molte convenienze che nella vulgata filosofia non così ben mi pare che consuonino: e l'avermi Vostra Signoria Reverendissima accennato, come il luogo del Salmo 18 è de i reputati più repugnanti a questa opinione, m'ha fatto farci sopra nuova reflessione, la quale mando a Vostra Signoria con tanto minor renitenza, quanto ella mi dice che l'Illustrissimo e Reverendissimo Cardinal Bellarmino volentieri vedrà se ho alcun altro di tali luoghi. Però, avendo io satisfatto al semplice cenno di Sua Signoria Illustrissima e Reverendissima, veduta che abbia Sua Signoria Illustrissima questa mia, qualunque ella si sia, contemplazione, ne faccia quel tanto che la sua somma prudenza ordinerà; ché io intendo solamente di riverire e ammirare le cognizioni tanto sublimi, e obbedire a i cenni de' miei superiori, ed all'arbitrio loro sottoporre ogni mia fatica.

Però, non mi arrogando che, qualunque si sia la verità della supposizione *ex parte naturæ*, altri non possino apportare molto più congruenti sensi alle parole del Profeta, anzi stimandomi io inferiore a tutti, e però a tutti i sapienti sottoponendomi, direi, parermi che nella natura si ritrovi una substanza spiritosissima, tenuissima e velocissima, la quale, diffondendosi per l'universo, penetra per tutto senza contrasto, riscalda, vivifica e rende feconde tutte le viventi creature; e di questo spirito par che 'l senso stesso ci dimostri il corpo del Sole esserne ricetto principalissimo, dal quale

espandendosi un'immensa luce per l'universo, accompagnata da tale spirito calorifico e penetrante per tutti i corpi vegetabili, gli rende vividi e fecondi. Questo ragionevolmente stimar si può essere qualche cosa di più del lume, poi che ei penetra e si diffonde per tutte le sustanze corporee, ben che densissime, per molte delle quali non così penetra essa luce: tal che, sì come dal nostro fuoco veggiamo e sentiamo uscir luce e calore, e questo passar per tutti i corpi, ben che opaci e solidissimi, e quella trovar contrasto dalla solidità e opacità, così l'emanazione del Sole è lucida e calorifica, e la parte calorifica è la più penetrante. Che poi di questo spirito e di questa luce il corpo solare sia, come ho detto, un ricetto e, per così dire, una conserva che *ab extra* gli riceva, più tosto che un principio e fonte primario dal quale originariamente si derivino, parmi che se n'abbia evidente certezza nelle Sacre Lettere, nelle quali veggiamo, avanti la creazione del Sole, lo spirito con la sua calorifica e feconda virtù « foventem [9] aquas seu incubantem super aquas », per le future generazioni; e parimente aviamo la creazione della luce del primo giorno, dove che il corpo solare vien creato il giorno quarto. Onde molto verisimilmente possiamo affermare, questo spirito fecondante e questa luce diffusa per tutto il mondo concorrere ad unirsi e fortificarsi in esso corpo solare, per ciò nel centro dell'universo collocato, e quindi poi, fatta più splendida e vigorosa, di nuovo diffondersi.

Di questa luce primogenea e non molto splendida avanti la sua unione e concorso nel corpo solare, ne aviamo attestazione dal Profeta nel Salmo 73, v. 16: « Tuus est dies et tua est nox: Tu fabricatus es auroram et Solem » [10]; il qual luogo vien interpretato, Iddio aver fatto avanti al Sole una luce simile a quella dell'aurora: di più, nel testo ebreo in luogo d'« aurora » si legge « lume », per insinuarci quella luce che fu creata molto avanti al Sole, assai più debile della medesima ricevuta, fortificata e di nuovo diffusa da esso corpo solare. A questa sentenza mostra d'alludere l'opinione d'alcuni antichi filosofi, che hanno creduto lo splendor del Sole esser un concorso nel centro del mondo de gli splendori delle stelle, che, standogli intorno sfericamente disposte, vibrano i raggi loro, li quali, concorrendo e intersecandosi in esso centro, accrescono ivi e per mille volte raddoppiano la luce loro; onde ella poi, fortificata, si reflette e si sparge assai più vigorosa e ripiena, dirò così, di maschio e vivace calore, e si diffonde a vivificare tutti i corpi che intorno ad esso centro si raggirano: sì che, con certa similitudine, come nel cuore dell'animale si fa una continua regenerazione di spiriti vitali, che sostengono e vivificano tutte le membra, mentre però viene altresì ad esso cuore altronde sumministrato il pabulo e nutrimento, senza il quale ei perirebbe, così nel Sole, mentre *ab extra* concorre il suo pabulo, si conserva quel fonte onde continuamente deriva e si diffonde questo lume e calore prolifico, che dà la vita a tutti i membri che attorno gli riseggono. Ma come che della mirabil forza ed energia di questo spirito e lume del Sole, diffuso per l'universo, io potessi produr molte attestazioni di filosofi e gravi scrittori, voglio che mi basti un solo luogo del Beato Dionisio Areopagita nel libro *De divinis nominibus*; il quale è tale: « Lux etiam colligit convertitque ad se omnia, quæ videntur, quæ moventur, quæ illustrantur, quæ calescunt, et uno nomine ea quæ ab eius splendore continentur. Itaque Sol Ilios dicitur, quod omnia congreget colligatque dispersa. » E poco più a basso scrive dell'istesso: « Si enim Sol hic, quem videmus, eorum quæ sub sensum cadunt essentias et qualitates, quamquam multæ sint ac dissimiles, tamen ipse, qui unus est æquabiliterque lumen fundit, renovat, alit, tuetur, perficit, dividit, coniungit, fovet, fæcunda reddit, auget, mutat, firmat, edit, movet, vitaliaque facit omnia, et unaquæque res huius universitatis, pro captu suo, unius atque eiusdem Solis est particeps, causasque multorum quæ participant, in se æquabiliter anticipatas habet; certe maiore ratione etc. » [11]

[9] « Lo spirito di Dio si librava sulle acque » (*Genesi*, I, 2).

[10] « Tuo è il giorno e tua la notte; tu fabbricasti l'aurora e il sole ».

[11] « La luce illumina anche ed attrae a sé tutte le cose che si vedono, che si muovono, che sono illuminate, che si riscaldano, e in una parola che sono

Ora, stante questa filosofica posizione, la quale è forse una delle principali porte per cui si entri nella contemplazione della natura, io crederrei, parlando sempre con quella umiltà e reverenza che devo a Santa Chiesa e a tutti i suoi dottissimi Padri, da me riveriti e osservati ed al giudizio de' quali sottopongo me ed ogni mio pensiero, crederrei, dico, che il luogo del Salmo potesse aver questo senso, cioè che « Deus in Sole posuit tabernaculum suum » come in sede nobilissima di tutto 'l mondo sensibile; dove poi si dice che [12] « Ipse, tanquam sponsus procedens de thalamo suo, exultavit ut gigas ad currendam viam », intenderei, ciò esser detto del Sole irradiante, ciò è del lume e del già detto spirito calorifico e fecondante tutte le corporee sustanze, il quale, partendo dal corpo solare, velocissimamente si diffonde per tutto 'l mondo: al qual senso si adattano puntualmente tutte le parole. E prima, nella parola « sponsus » aviamo la virtù fecondante e prolifica; l'« exultare » ci addita quell'emanazione di essi raggi solari fatta, in certo modo, a salti, come 'l senso chiaramente ci mostra; « ut gigas », o vero « ut fortis », ci denota l'efficacissima attività e virtù di penetrare per tutti i corpi, ed insieme la somma velocità del muoversi per immensi spazii, essendo l'emanazione della luce come instantanea. Confermasi dalle parole « procedens de thalamo suo », che tale emanazione e movimento si deve referire ad esso lume solare, e non all'istesso corpo del Sole; poi che il corpo e globo del Sole è ricetto e « tanquam thalamus » di esso lume, né torna ben a dire che « thalamus procedat de thalamo ». Da quello che segue, « a summo cæli egressio eius »,

circondate dal suo splendore. Così il sole si dice Ilios perché tutte le cose disperse raccoglie e riunisce a sé ». « Se infatti questo sole che vediamo, le essenze e le qualità delle cose che cadono sotto i sensi, benché molte e dissimili, tuttavia egli che è uno e che spande in modo eguale la luce, rinnova, nutre, difende, matura, divide, congiunge, riscalda rende feconde, fa crescere, muta, rafforza, fa sbocciare, muove e rende vitali ogni cosa, secondo la propria forza, è partecipe d'uno stesso sole, ed ha in sé anticipate egualmente le cause delle molte cose che partecipano, certo a maggior ragione »...

[12] « Dio pose nel sole il suo tabernacolo ». « Egli stesso come uno sposo che esce dal suo talamo, balzò come un gigante per correre la via ».

aviamo la prima derivazione e partita di questo spirito e lume dall'altissime parti del cielo, ciò è sin dalle stelle del firmamento o anco dalle sedi più sublimi. « Et occursus eius usque ad summum eius »: ecco la reflessione e, per così dire, la riemanazione dell'istesso lume sino alla medesima sommità del mondo. Segue: « Nec est qui se abscondat a calore eius »: eccoci additato il calore vivificante e fecondante, distinto dalla luce e molto più di quella penetrante per tutte le corporali sustanze, ben che densissime; poi che dalla penetrazione della luce molte cose ci difendono e ricuoprono, ma da questa altra virtù « non est qui se abscondat a calore eius » [13]. Né devo tacer cert'altra mia considerazione, non aliena da questo proposito. Io già ho scoperto il concorso continuo di alcune materie tenebrose sopra il corpo solare, dove elleno si mostrano al senso sotto aspetto di macchie oscurissime, ed ivi poi si vanno consumando e risolvendo; ed accennai come queste per avventura si potrebbono stimar parte di quel pabulo, o forse gli escrementi di esso, del quale il Sole da alcuni antichi filosofi fu stimato bisognoso per suo sostentamento. Ho anco dimostrato, per l'osservazioni continuate di tali materie tenebrose, come il corpo solare per necessità si rivolge in se stesso, e di più accennato quanto sia ragionevol il creder che da tal rivolgimento dependino i movimenti de' pianeti intorno al medesimo Sole. Di più, noi sappiamo che l'intenzione di questo Salmo è di laudare la legge divina, paragonandola il Profeta col corpo celeste, del quale, tra le cose corporali, nissuna è più bella, più utile e più potente. Però, avendo egli cantati gli encomii del Sole e non gli essendo occulto che egli fa raggirarsi intorno tutti i corpi mobili del mondo, passando alle maggiori prerogative della legge divina e volendola anteporre al Sole, aggiunge: « Lex Domini immaculata, convertens animas » etc.; quasi volendo dire che essa legge è tanto più eccellente del Sole istesso, quanto l'esser immaculato ed aver facoltà di convertir intorno a sé le anime è più eccellente condizione che

[13] « E il suo cammino verso la sommità ». « Non v'è chi si sottragga al suo calore ».

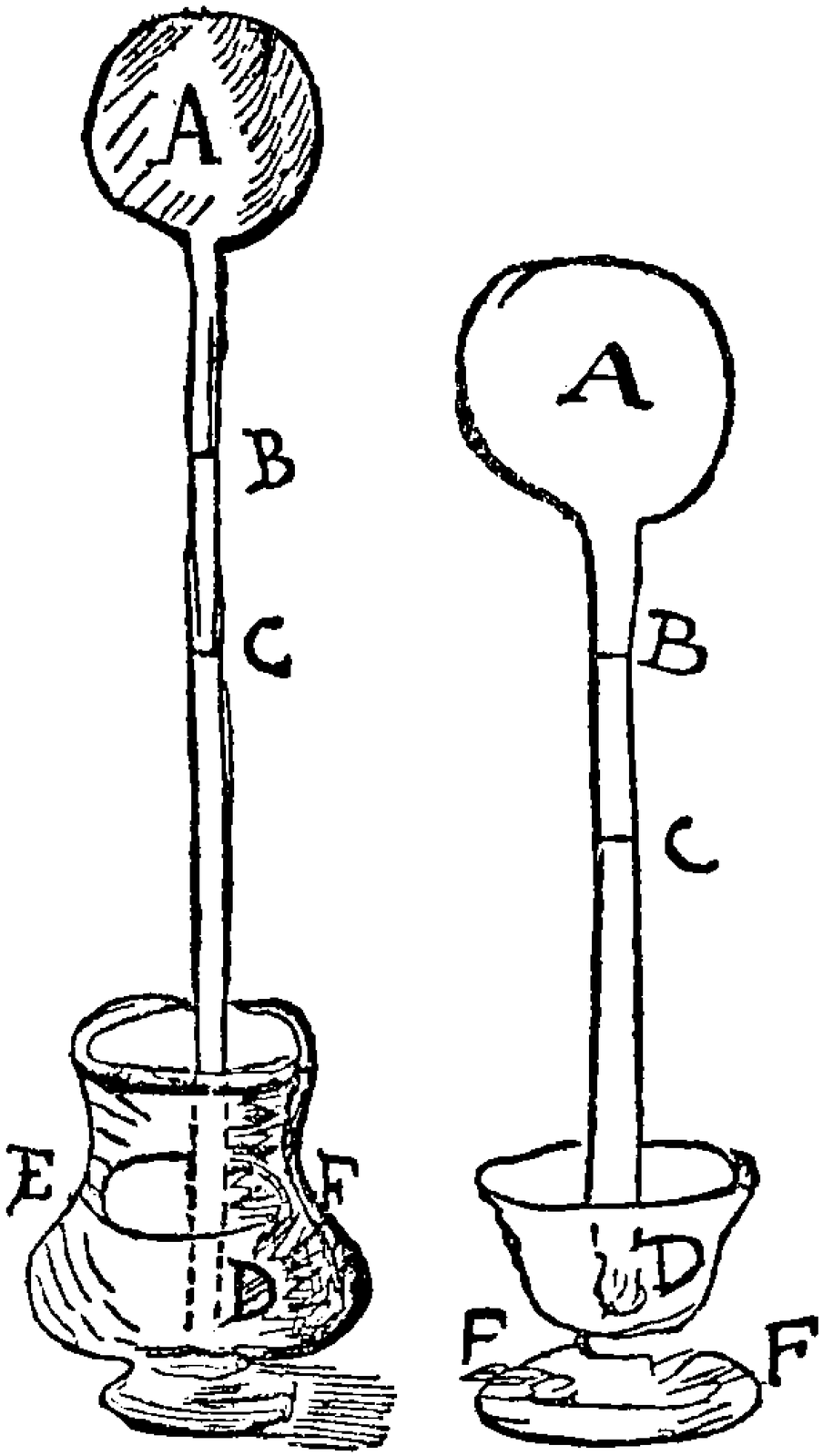
l'essere sparso di macchie, come è il Sole, ed il farsi raggirar attorno i globi corporei e mondani.

So e confesso il mio soverchio ardire nel voler por bocca, essendo imperito nelle Sacre Lettere, in esplicar sensi di sì alta contemplazione: ma come che il sottomettermi io totalmente al giudizio de' miei superiori può rendermi scusato, così quel che segue del versetto già esplicato, « Testimonium Domini fidele, sapientiam præstans parvulis »[14], m'ha dato speranza poter esser che la infinita benignità di Dio possa indirizzare verso la purità della mia mente un minimo raggio della sua grazia, per la quale mi si illumini alcuno de' reconditi sensi delle sue parole. Quanto ho scritto, signor mio, è un piccol parto, bisognoso d'esser ridotto a miglior forma, lambendolo e ripulendolo con affezione e pazienza, essendo solamente abbozzato e di membra capaci sì di figura assai proporzionata, ma per ora incomposte e rozze: se averò possibilità, l'andrò riducendo a miglior simmetria; intanto la prego a non lo lasciar venire in mano di persona che, adoprando, invece della delicatezza della lingua materna, l'asprezza ed acutezza del dente novercale, in luogo di ripulirlo non lo lacerasse e dilaniasse del tutto. Con che le bacio riverentemente le mani, insieme con li signori Buonarroti, Guiducci, Soldani e Giraldi, qui presenti al serrar della lettera.

Di Firenze, li 23 Marzo 1615.

Di V. S. molt'Illustre e Reverendissima
Servitore obligatissimo
Galileo Galilei.

[14] « Fedele testimonianza del Signore, che mostra la sapienza ai piccoli ».



Esperienze galileiane per la costruzione del termometro.

IV.

A MADAMA CRISTINA DI LORENA GRANDUCHESSA DI TOSCANA[1].

1615.

Io scopersi pochi anni a dietro, come ben sa l'Altezza Vostra Serenissima, molti particolari nel cielo, stati invisibili sino a questa età; li quali, sì per la novità, sì per alcune consequenze che da essi dependono, contrarianti ad alcune proposizioni naturali comunemente ricevute dalle scuole de i filosofi, mi eccitorno contro non piccol numero di tali professori[2]; quasi che io di mia mano avessi tali cose collocate in cielo, per intorbidar la natura e le scienze. E scordatisi in certo modo che la moltitudine de' veri concorre all'investigazione, accrescimento e stabilimento delle discipline[3], e non alla diminuzione o destruzione, e dimostrandosi nell'istesso tempo più affezzionati alle proprie opinioni che alle vere, scorsero a negare e far prova d'annullare quelle novità, delle quali il senso istesso, quando avessero voluto con attenzione riguardarle, gli averebbe potuti render sicuri; e per questo produssero varie cose, ed alcune scritture pubblicarono ripiene di vani discorsi, e, quel che fu più grave errore, sparse di attestazioni delle Sacre Scritture, tolte da

[1] Cristina di Lorena, sposa del granduca Ferdinando I di Toscana, aveva conosciuto Galilei fin da quando questi era a Padova, da dove lo aveva invitato ad impartire lezioni di matematica al figlio Cosimo. Quando questi morì fu reggente del granducato insieme alla vedova. Morì nel 1637.

[2] Vedi nella nota introduttiva le ragioni che spinsero Galilei a scrivere la lettera al Castelli, del 1613.

[3] Questa dichiarazione di Galilei sul carattere del sapere scientifico è messa costantemente in pratica da Galilei: si veda la lettera al Castelli del 1639, pp. 971 segg..

luoghi non bene da loro intesi e lontano dal proposito addotti: nel quale errore forse non sarebbono incorsi, se avessero avvertito un utilissimo documento che ci dà S. Agostino intorno all'andar con riguardo nel determinar resolutamente sopra le cose oscure e difficili ad esser comprese per via del solo discorso; mentre, parlando pur di certa conclusione naturale attenente a i corpi celesti, scrive così: « Nunc autem, servata semper moderatione piæ gravitatis, nihil credere de re obscura temere debemus, ne forte quod postea veritas patefecerit, quamvis libris sanctis, sive Testamenti Veteris sive Novi, nullo modo esse possit adversum, tamen propter amorem nostri erroris oderimus. »[4]

È accaduto poi che il tempo è andato successivamente scoprendo a tutti le verità prima da me additate, e con la verità del fatto la diversità degli animi tra quelli che schiettamente e senz'altro livore non ammettevano per veri tali scoprimenti, e quegli che all'incredulità aggiugnevano qualche affetto alterato: onde, sì come i più intendenti della scienza astronomica e della naturale restarono persuasi al mio primo avviso[5], così si sono andati quietando di grado in grado gli altri tutti che non venivano mantenuti in negativa o in dubbio da altro che dall'inaspettata novità e dal non aver avuta occasione di vederne sensate esperienze; ma quelli che, oltre all'amor del primo errore, non saprei qual altro loro immaginato interesse gli rende non bene affetti non tanto verso le cose quanto verso l'autore, quelle, non le potendo più negare, cuoprono sotto un continuo silenzio, e divertendo il pensiero ad altre fantasie, inacerbiti più che prima da quello onde gli altri si sono addolciti e quietati, tentano di progiudicarmi con altri modi. De' quali io veramente non

[4] « Ma ora, conservata la moderazione della giusta prudenza, non bisogna temere nulla intorno ad un argomento oscuro, perché non dobbiamo odiare, per amore del nostro errore, quello che eventualmente la verità avrà mostrato, benché non possa in alcun modo esser contrario ai libri sacri, sia del Vecchio che nel Nuovo Testamento ». *De Genesi ad literam*, lib. II in fine (Nota Galilei).

[5] Allude al consenso espresso da Keplero e dai matematici del Collegio romano.

farei maggiore stima di quel che io mi abbia fatto dell'altre contradizzioni, delle quali mi risi sempre, sicuro dell'esito che doveva avere 'l negozio, s'io non vedessi che le nuove calunnie e persecuzioni non terminano nella molta o poca dottrina, nella quale io scarsamente pretendo, ma si estendono a tentar di offendermi con macchie che devono essere e sono da me più aborrite che la morte, né devo contentarmi che le sieno conosciute per ingiuste da quelli solamente che conoscono me e loro, ma da ogn'altra persona ancora. Persistendo dunque nel primo loro instituto di voler con ogni immaginabil maniera atterrar me e le cose mie, sapendo come io ne' miei studii di astronomia e di filosofia tengo, circa alla costituzione delle parti del mondo, che il Sole, senza mutar luogo, resti situato nel centro delle conversioni de gli orbi celesti, e che la Terra, convertibile in se stessa, se gli muova intorno; e di più sentendo che tal posizione vo confermando non solo col reprovar le ragioni di Tolommeo e d'Aristotile, ma col produrne molte in contrario, ed in particolare alcune attenenti ad effetti naturali, le cause de' quali forse in altro modo non si possono assegnare, ed altre astronomiche, dependenti da molti rincontri de' nuovi scoprimenti celesti, li quali apertamente confutano il sistema Tolemaico e mirabilmente con quest'altra posizione si accordano e la confermano; e forse confusi per la conosciuta verità d'altre proposizioni da me affermate, diverse dalle comuni; e però diffidando ormai di difesa, mentre restassero nel campo filosofico; si son risoluti a tentar di fare scudo alle fallacie de' lor discorsi col manto di simulata religione e con l'autorità delle Scritture Sacre, applicate da loro, con poca intelligenza, alla confutazione di ragioni né intese né sentite.

E prima, hanno per lor medesimi cercato di spargere concetto nell'universale, che tali proposizioni sieno contro alle Sacre Lettere, ed in consequenza dannande ed eretiche; di poi, scorgendo quanto per lo più l'inclinazione dell'umana natura sia più pronta ad abbracciar quell'imprese dalle quali il prossimo ne venga, ben che ingiustamente, oppresso, che quelle ond'egli ne riceva giusto sollevamento, non gli è stato difficile il trovare chi per tale, ciò è per dannanda ed eretica,

l'abbia con insolita confidenza predicata sin da i pulpiti [6], con poco pietoso e men considerato aggravio non solo di questa dottrina e di chi la segue, ma di tutte le matematiche e de' matematici insieme; quindi, venuti in maggior confidenza, e vanamente sperando che quel seme, che prima fondò radice nella mente loro non sincera, possa diffonder suoi rami ed alzargli verso il cielo, vanno mormorando tra 'l popolo che per tale ella sarà in breve dichiarata dall'autorità suprema. E conoscendo che tal dichiarazione spianterebbe non sol queste due conclusioni, ma renderebbe dannande tutte l'altre osservazioni e proposizioni astronomiche e naturali, che con esse hanno corrispondenza e necessaria connessione, per agevolarsi il negozio cercano, per quanto possono, di far apparir questa opinione, almanco appresso all'universale, come nuova e mia particolare, dissimulando di sapere che Niccolò Copernico fu suo autore o più presto innovatore e confermatore [7], uomo non solamente cattolico, ma sacerdote e canonico, e tanto stimato, che, trattandosi nel Concilio lateranense, sotto Leon X, della emendazion del calendario ecclesiastico, egli fu chiamato a Roma sin dall'ultime parti di Germania per questa riforma, la quale allora rimase imperfetta solo perché non si aveva ancora esatta cognizione della giusta misura dell'anno e del mese lunare: onde a lui fu dato il carico dal Vescovo Semproniense [8], allora soprintendente a quest'impresa, di cercar con replicati studi e fatiche di venire in maggior lume e certezza di essi movimenti celesti; ond'egli, con fatiche veramente atlantiche e col suo mirabil ingegno, rimessosi a tale studio, si avanzò tanto in queste scienze, e a tale esattezza ridusse la notizia de' periodi de' movimenti celesti, che si guadagnò il titolo di sommo astronomo, e conforme alla sua dottrina non solamente si è poi regolato il calendario, ma si fabbricorno le tavole di tutti i movimenti de' pianeti: ed avendo egli ridotta tal dottrina in sei libri, la pubblicò al mondo a i preghi del

[6] Cfr. l'introduzione a queste lettere copernicane.
[7] Copernico aveva ripreso un'antica teoria di Filolao ed Aristarco.
[8] Cfr. p. 537.

Cardinal Capuano e del Vescovo Culmense [9]; e come quello che si era rimesso con tante fatiche a questa impresa d'ordine del Sommo Pontefice, al suo successore, ciò è a Paolo III, dedicò il suo libro delle Revoluzioni Celesti [10], il qual, stampato pur allora, è stato ricevuto da Santa Chiesa, letto e studiato per tutto il mondo, senza che mai si sia presa pur minima ombra di scrupolo nella sua dottrina. La quale ora mentre si va scoprendo quanto ella sia ben fondata sopra manifeste esperienze e necessarie dimostrazioni [11], non mancano persone che, non avendo pur mai veduto tal libro, procurano il premio delle tante fatiche al suo autore con la nota di farlo dichiarare eretico; e questo solamente per sodisfare ad un lor particolare sdegno, concepito senza ragione contro di un altro, che non ha più interesse col Copernico che l'approvar la sua dottrina.

Ora, per queste false note che costoro tanto ingiustamente cercano di addossarmi, ho stimato necessario per mia giustificazione appresso l'universale, del cui giudizio e concetto, in materia di religione e di reputazione, devo far grandissima stima, discorrer circa a quei particolari che costoro vanno producendo per detestare ed abolire questa opinione, ed in somma per dichiararla non pur falsa, ma eretica, facendosi sempre scudo di un simulato zelo di religione e volendo pur interessar le Scritture Sacre e farle in certo modo ministre de' loro non sinceri proponimenti, col voler, di più, s'io non erro, contro l'intenzion di quelle e de' Santi Padri, estendere, per non dir abusare, la loro autorità, sì che anco in conclusioni pure naturali e non *de Fide*, si deva lasciar totalmente il senso e le ragioni dimostrative per qualche luogo della Scrittura, che tal volta sotto le apparenti parole potrà contener sentimento diverso. Dove spero di dimostrar, con quanto più pio e religioso zelo procedo io, che non fanno loro, mentre propongo non che non si danni questo libro,

[9] Per il cardinale Capuano cfr. p. 537; il vescovo di Culma era Giese Tiedemann.
[10] Il *De revolutionibus orbium coelestium* di Copernico.
[11] Cfr. la lettera al Castelli.

ma che non si danni, come vorrebbono essi, senza intenderlo, ascoltarlo, né pur vederlo, e massime sendo autore che mai non tratta di cose attenenti a religione o a fede, né con ragioni dependenti in modo alcuno da autorità di Scritture Sacre, dove egli possa malamente averle interpetrate, ma sempre se ne sta su conclusioni naturali, attenenti a i moti celesti, trattate con astronomiche e geometriche dimostrazioni, fondate prima sopra sensate esperienze ed accuratissime osservazioni. Non che egli non avesse posto cura a i luoghi delle Sacre Lettere; ma perché benissimo intendeva, che sendo tal sua dottrina dimostrata, non poteva contrariare alle Scritture intese perfettamente: e però nel fine della dedicatoria, parlando al Sommo Pontefice, dice così: « Si fortasse erunt matæologi, qui, cum omnium mathematicum ignari sint, tamen de illis iudicium assumunt, propter aliquem locum Scripturæ, male ad suum propositum detortum, ausi fuerint hoc meum institutum reprehendere ac insectari, illos nihil moror, adeo ut etiam illorum iudicium tanquam temerarium contemnam. Non enim obscurum est, Lactantium, celebrem alioqui scriptorem, sed mathematicum parum, admodum pueriliter de forma Terræ loqui, cum deridet eos qui Terram globi formam habere prodiderunt. Itaque non debet mirum videri studiosis, si qui tales nos etiam ridebunt. Mathemata mathematicis scribuntur, quibus et hi nostri labores (si me non fallit opinio) videbuntur etiam Reipublicæ Ecclesiasticæ conducere aliquid, cuius principatum Tuæ Sanctitas nunc tenet. »[12]

[12] « Se per caso vi sono degli sciocchi che, pur essendo ignari di tutte le scienze matematiche, si pronunciano intorno ad esse, e per qualche luogo della scrittura, deformato al loro proposito, osano criticare e attaccare questo mio principio, non me n'interesso, tanto io disprezzo il loro giudizio come arrischiato. Si sa infatti che Lattanzio, celebre scrittore, ma poco intendente di matematica, parla solo per scherzo della forma della terra, allorché deride quelli che ritennero che la terra avesse la forma di un globo. Quindi non deve meravigliare se alcuni simili a lui rideranno di noi. Le cose di matematica si scrivono per i matematici, ai quali questi nostri lavori, se non sbaglio, sembreranno recare qualche vantaggio allo stato della nostra Chiesa che V. S. ora governa ».

E di questo genere si scorge esser questi che s'ingegnano di persuadere che tale autore si danni, senza pur vederlo; e per persuadere che ciò non solamente sia lecito, ma ben fatto, vanno producendo alcune autorità della Scrittura e de' sacri teologi e de' Concilii; le quali sì come da me son reverite e tenute di suprema autorità, sì che somma temerità stimerei esser quella di chi volesse contradirgli mentre vengono conforme all'instituto di Santa Chiesa adoperate, così credo che non sia errore il parlar mentre si può dubitare che alcuno voglia, per qualche suo interesse, produrle e servirsene diversamente da quello che è nella santissima intenzione di Santa Chiesa; però, protestandomi (e anco credo che la sincerità mia si farà per se stessa manifesta) che io intendo non solamente di sottopormi a rimuover liberamente quegli errori ne' quali per mia ignoranza potessi in questa scrittura incorrere in materie attenenti a religione, ma mi dichiaro ancora non voler nell'istesse materie ingaggiar lite con nissuno, ancor che fussero punti disputabili: perché il mio fine non tende ad altro, se non che, se in queste considerazioni, remote dalla mia professione propria, tra gli errori che ci potessero essere dentro, ci è qualche cosa atta ad eccitar altri a qualche avvertimento utile per Santa Chiesa, circa 'l determinar sopra 'l sistema Copernicano, ella sia presa e fattone quel capitale che parrà a' superiori; se no, sia pure stracciata ed abbruciata la mia scrittura, ch'io non intendo o pretendo di guadagnarne frutto alcuno che non fusse pio e cattolico[13]. E di più, ben che molte delle cose che io noto le abbia sentite con i proprii orecchi, liberamente ammetto e concedo a chi l'ha dette che dette non l'abbia, se così gli piace, confessando poter essere ch'io abbia franteso; e però quanto rispondo non sia detto per loro, ma per chi avesse quella opinione.

[13] Galilei non aderì mai alla equivoca dottrina della « doppia verità », ma ritenne che verità scientifica e verità religiosa discendessero entrambe da Dio e pertanto non potevano essere discordanti, né interferire reciprocamente.

Il motivo, dunque, che loro producono per condennar l'opinione della mobilità della Terra e stabilità del Sole, è, che leggendosi nelle Sacre Lettere, in molti luoghi, che il Sole si muove e che la Terra sta ferma, né potendo la Scrittura mai mentire o errare, ne séguita per necessaria conseguenza che erronea e dannanda sia la sentenza di chi volesse asserire, il Sole esser per se stesso immobile, e mobile la Terra.

Sopra questa ragione parmi primieramente da considerare, essere e santissimamente detto e prudentissimamente stabilito, non poter mai la Sacra Scrittura mentire, tutta volta che si sia penetrato il suo vero sentimento; il qual non credo che si possa negare esser molte volte recondito e molto diverso da quello che suona il puro significato delle parole. Dal che ne séguita, che qualunque volta alcuno, nell'esporla, volesse fermarsi sempre nel nudo suono literale, potrebbe, errando esso, far apparir nelle Scritture non solo contradizioni e proposizioni remote dal vero, ma gravi eresie e bestemmie ancora: poi che sarebbe necessario dare a Iddio e piedi e mani ed occhi [14], e non meno affetti corporali ed umani, come d'ira, di pentimento, d'odio, ed anco tal volta la dimenticanza delle cose passate e l'ignoranza delle future; le quali proposizioni, sì come, dettante lo Spirito Santo, furono in tal guisa profferite da gli scrittori sacri per accomodarsi alla capacità del vulgo assai rozo e indisciplinato, così per quelli che meritano d'esser separati dalla plebe è necessario che i saggi espositori ne produchino i veri sensi, e n'additino le ragioni particolari per che e' siano sotto cotali parole profferiti: ed è questa dottrina così trita e specificata appresso tutti i teologi, che superfluo sarebbe il produrne attestazione alcuna.

Di qui mi par di poter assai ragionevolmente dedurre, che la medesima Sacra Scrittura, qualunque volta gli è occorso di pronunziare alcuna conclusione naturale, e massime delle più recondite e difficili ad esser capite, ella non abbia pretermesso questo medesimo avviso, per non aggiugnere confusione nelle menti di quel medesimo popolo e

[14] Cfr. la lettera al Castelli, p. 529.

renderlo più contumace contro a i dogmi di più alto misterio. Perché se, come si è detto e chiaramente si scorge, per il solo rispetto d'accommodarsi alla capacità popolare non si è la Scrittura astenuta di adombrare principalissimi pronunziati, attribuendo sino all'istesso Iddio condizioni lontanissime e contrarie alla sua essenza, chi vorrà asseverantemente sostenere che l'istessa Scrittura, posto da banda cotal rispetto, nel parlare anco incidentalmente di Terra, d'acqua, di Sole o d'altra creatura, abbia eletto di contenersi con tutto rigore dentro a i puri e ristretti significati delle parole? e massime nel pronunziar di esse creature cose non punto concernenti al primario instituto delle medesime Sacre Lettere, ciò è al culto divino ed alla salute dell'anime, e cose grandemente remote dalla apprensione del vulgo.

Stante, dunque, ciò, mi par che nelle dispute di problemi naturali non si dovrebbe cominciare dalle autorità di luoghi delle Scritture [15], ma dalle sensate esperienze e dalle dimostrazioni necessarie: perché, procedendo di pari dal Verbo divino la Scrittura Sacra e la natura, quella come dettatura dello Spirito Santo, e questa come osservantissima essecutrice de gli ordini di Dio; ed essendo, di più, convenuto nelle Scritture, per accommodarsi all'intendimento dell'universale, dir molte cose diverse, in aspetto e quanto al nudo significato delle parole, dal vero assoluto; ma, all'incontro, essendo la natura inesorabile ed immutabile, e mai non trascendente i termini delle leggi impostegli, come quella che nulla cura che le sue recondite ragioni e modi d'operare sieno o non sieno esposti alla capacità degli uomini; pare che quello degli effetti naturali che o la sensata esperienza ci pone dinanzi a gli occhi o le necessarie dimostrazioni ci concludono, non debba in conto alcuno esser revocato in dubbio, non che condennato, per luoghi della Scrittura che avessero nelle parole diverso sembiante; poi che non ogni detto della Scrittura è legato a obblighi così severi com'ogni effetto di natura, né meno eccellentemente ci si scuopre

[15] Questo brano riprende quasi testualmente l'analogo passo della lettera al Castelli, p. 527.

Iddio negli effetti di natura che ne' sacri detti delle Scritture: il che volse per avventura intender Tertulliano in quelle parole: « Nos definimus, Deum primo natura cognoscendum, deinde doctrina recognoscendum: natura, ex operibus; doctrina, ex prædicationibus. »[16]

Ma non per questo voglio inferire, non doversi aver somma considerazione de i luoghi delle Scritture Sacre; anzi, venuti in certezza di alcune conclusioni naturali, doviamo servircene per mezi accomodatissimi alla vera esposizione di esse Scritture ed all'investigazione di quei sensi che in loro necessariamente si contengono, come verissime e concordi con le verità dimostrate. Stimerei per questo che l'autorità delle Sacre Lettere avesse avuto la mira a persuadere principalmente a gli uomini quegli articoli e proposizioni, che, superando ogni umano discorso, non potevano per altra scienza né per altro mezo farcisi credibili, che per la bocca dell'istesso Spirito Santo: di più, che ancora in quelle proposizioni che non son *de Fide* l'autorità delle medesime Sacre Lettere deva esser anteposta all'autorità di tutte le scritture umane, scritte non con metodo dimostrativo, ma o con pura narrazione o anco con probabili ragioni, direi doversi reputar tanto convenevole e necessario, quanto l'istessa divina sapienza supera ogni umano giudizio e coniettura. Ma che quell'istesso Dio che ci ha dotati di sensi, di discorso e d'intelletto, abbia voluto, posponendo l'uso di questi, darci con altro mezo le notizie che per quelli possiamo conseguire, sì che anco in quelle conclusioni naturali, che o dalle sensate esperienze o dalle necessarie dimostrazioni ci vengono esposte innanzi a gli occhi e all'intelletto, doviamo negare il senso e la ragione, non credo che sia necessario il crederlo, e massime in quelle scienze delle quali una minima particella solamente, ed anco in conclusioni divise, se ne legge nella Scrittura; quale appunto è l'astronomia, di cui ve n'è così

[16] TERTULLIANO, *Adversus Marcionem*, lib. I, cap. XVIII (Nota di Galilei). « Noi sosteniamo che Dio deve essere conosciuto prima di tutto tramite la natura; poi di nuovo va conosciuto per mezzo della dottrina; nella natura dalle opere; nella dottrina dalle predicazioni ».

piccola parte, che non vi si trovano né pur nominati i pianeti, eccetto il Sole e la Luna, ed una o due volte solamente, Venere, sotto nome di Lucifero. Però se gli scrittori sacri avessero avuto pensiero di persuadere al popolo le disposizioni e movimenti de' corpi celesti, e che in conseguenza dovessimo noi ancora dalle Sacre Scritture apprender tal notizia, non ne avrebbon, per mio credere, trattato così poco, che è come niente in comparazione delle infinite conclusioni ammirande che in tale scienza si contengono e si dimostrano. Anzi, che non solamente gli autori delle Sacre Lettere non abbino preteso d'insegnarci le costituzioni e movimenti de' cieli e delle stelle, e loro figure, grandezze e distanze, ma che a bello studio, ben che tutte queste cose fussero a loro notissime, se ne sieno astenuti, è opinione di santissimi e dottissimi Padri: ed in sant'Agostino si leggono le seguenti parole: « Quæri etiam solet, quæ forma et figura cæli esse credenda sit secundum Scripturas nostras: multi enim multum disputant de iis rebus, quas maiore prudentia nostri authores omiserunt, ad beatam vitam non profuturas discentibus, et occupantes (quod peius est) multum prolixa et rebus salubribus impedenda temporum spatia. Quid enim ad me pertinet, utrum cælum, sicut sphera, undique concludat Terram, in media mundi mole libratam, an eam ex una parte desuper, velut discus, operiat? Sed quia de fide agitur Scripturarum, propter illam causam quam non semel commemoravi, ne scilicet quisquam, eloquia divina non intelligens, cum de his rebus tale aliquid vel invenerit in libris nostris vel ex illis audierit quod perceptis assertionibus adversari videatur, nullo modo eis cætera utilia monentibus vel narrantibus vel pronunciantibus credat; breviter dicendum est, de figura cæli hoc scisse authores nostros quod veritas habet, sed Spiritum Dei, qui per ipsos loquebatur, noluisse ista docere homines, nulli saluti profutura. »[17]

[17] D. AUGUSTINUS, *In Genesis ad literam*, lib. II, cap. IX (nota di Galilei). « Si suol chiedere quale forma e figura assegnare al cielo, secondo le nostre scritture: molti infatti discutono su queste cose (che i nostri scrittori per maggior prudenza omisero), che non servono ai discepoli per la vita cele-

E pur l'istesso disprezzo avuto da' medesimi scrittori sacri nel determinar quello che si deva credere di tali accidenti de' corpi celesti ci vien nel seguente cap. 10 replicato dal medesimo sant'Agostino, nella quistione, se si deva stimare che 'l cielo si muova o pure stia fermo, scrivendo così: « De motu etiam cæli nonnulli fratres quæstionem movent, utrum stet an moveatur: quia si movetur, inquiunt, quomodo firmamentum est? si autem stat, quomodo sydera, quæ in ipso fixa creduntur, ab oriente usque ad occidentem circumeunt, septentrionalibus breviores gyros iuxta cardinem peragentibus, ut cælum, si est alius nobis occultus cardo ex alio vertice, sicut sphera, si autem nullus alius cardo est, veluti discus, rotari videatur? Quibus respondeo, multum subtilibus et laboriosis rationibus ista perquiri, ut vere percipiatur utrum ita an non ita sit; quibus ineundis atque tractandis nec mihi iam tempus est, nec illis esse debet quos ad salutem suam et Sanctæ Ecclesiæ necessariam utilitatem cupimus informari. »[18]

Dalle quali cose descendendo più al nostro particolare, ne séguita per necessaria conseguenza, che non avendo voluto

ste e (quel che è peggio) impegnano molto tempo che potrebbe essere usato in cose utili. Infatti cosa m'interessa se il cielo circondi come una sfera la terra, sospesa nel mezzo del gran mondo, o lo copra dall'alto come un disco? Ma poiché si tratta della fede delle Scritture, per le ragioni che più volte ho ricordato, che cioè qualcuno, non comprendendo le parole divine, quando intorno a queste cose trovi nei nostri scrittori o intenda da essi cose che paiono esser contrarie alle opinioni ricevute, non creda affatto a coloro i quali ammoniscono o asseriscono altre cose utili, in breve dobbiamo dire che circa la figura del cielo i nostri autori seppero ciò che possiede la verità, ma lo Spirito di Dio che per loro mezzo parlava non volle insegnare agli uomini queste cose che non sarebbero servite affatto alla loro salvezza ».

[18] « Anche circa il movimento del cielo alcuni nostri fratelli chiedono se il cielo sia fermo o immobile: che se si muove, osservano, come è firmamento? se invece è fermo, perché mai le stelle che son credute fisse in esso vanno da oriente ad occidente, quelle più a nord compiendo giri più brevi vicini al polo (celeste) sì ché il cielo par ruotare come una sfera attorno a un altro cardine, se pure vi è un cardine occulto; come un disco, se invece non vi è altro cardine. A questi rispondo che con argomenti molto sottili e laboriosi si sono esaminate queste cose perché veramente si percepisca se sia o non così; per conoscere e trattare questi io non ho tempo e non debbono averne quelli che desideriamo educare per la salute loro e per la necessaria utilità della Santa Chiesa ».

lo Spirito Santo insegnarci se il cielo si muova o stia fermo, né se la sua figura sia in forma di sfera o di disco o distesa in piano, né se la Terra sia contenuta nel centro di esso o da una banda, non avrà manco avuta intenzione di renderci certi di altre conclusioni dell'istesso genere, e collegate in maniera con le pur ora nominate, che senza la determinazion di esse non se ne può asserire questa o quella parte; quali sono il determinar del moto e della quiete di essa Terra e del Sole.

E se l'istesso Spirito Santo a bello studio ha pretermesso d'insegnarci simili proposizioni, come nulla attenenti alla sua intenzione, ciò è alla nostra salute, come si potrà adesso affermare, che il tener di esse questa parte, e non quella, sia tanto necessario che l'una sia *de Fide*, e l'altra erronea? Potrà, dunque, essere un'opinione eretica, e nulla concernente alla salute dell'anime? o potrà dirsi, aver lo Spirito Santo voluto non insegnarci cosa concernente alla salute? Io qui dirò quello che intesi da persona ecclesiastica costituita in eminentissimo grado[19], ciò è l'intenzione dello Spirito Santo essere d'insegnarci come si vadia al cielo, e non come vadia il cielo.

Ma torniamo a considerare, quanto nelle conclusioni naturali si devono stimar le dimostrazioni necessarie e le sensate esperienze, o di quanta autorità le abbino reputate i dotti e i santi teologi; da i quali, tra cent'altre attestazioni, abbiamo le seguenti[20]: « Illud etiam diligenter cavendum et omnino fugiendum est, ne in tractanda Mosis doctrina quidquam affirmate et asseveranter sentiamus et dicamus, quod repugnet manifestis experimentis et rationibus philosophiæ vel aliarum disciplinarum: namque, cum verum omne semper cum vero congruat, non potest veritas Sacrarum Literarum

[19] Cardinal Baronio (nota di Galilei).

[20] PERERIUS, *In Genesis*, circa principium (nota di Galilei). « Bisogna guardarsi attentamente e far sì che in ogni modo nel trattare la dottrina di Mosè non ci capiti di sentire e dire categoricamente cosa che contrasti a manifeste esperienze e alle ragioni della filosofia o di altre discipline: infatti poiché sempre il vero concorda col vero, non può la verità delle Sacre scritture essere contraria alle vere ragioni e agli esperimenti delle umane dottrine ».

veris rationibus et experimentis humanarum doctrinarum esse contraria. » Ed appresso sant'Agostino si legge: « Si manifestæ certæque rationi velut Sanctarum Scripturarum obiicitur authoritas, non intelligit qui hoc facit; et non Scripturæ sensum, ad quem penetrare non potuit, sed suum potius, obiicit veritati; nec quod in ea, sed in se ipso, velut pro ea, invenit, opponit. »[21]

Stante questo, ed essendo, come si è detto, che due verità non possono contrariarsi, è officio de' saggi espositori affaticarsi per penetrare i veri sensi de' luoghi sacri, che indubitabilmente saranno concordanti con quelle conclusioni naturali, delle quali il senso manifesto o le dimostrazioni necessarie ci avessero prima resi certi e sicuri. Anzi, essendo, come si è detto, che le Scritture per l'addotte cagioni ammettono in molti luoghi esposizioni lontane dal significato delle parole, e, di più, non potendo noi con certezza asserire che tutti gl'interpreti parlino inspirati divinamente, poi che, se così fusse, niuna diversità sarebbe tra di loro circa i sensi de' medesimi luoghi, crederei che fusse molto prudentemente fatto se non si permettesse ad alcuno impegnare i luoghi della Scrittura ed in certo modo obligarli a dover sostener per vere queste o quelle conclusioni naturali, delle quali una volta il senso e le ragioni dimostrative e necessarie ci potessero manifestare il contrario. E chi vuol por termine alli umani ingegni? chi vorrà asserire, già essersi veduto e saputo tutto quello che è al mondo di sensibile e di scibile? Forse quelli che in altre occasioni confesseranno (e con gran verità) che *ea quæ scimus sunt minima pars eorum quæ ignoramus*? Anzi pure, se noi abbiamo dalla bocca dell'istesso Spirito Santo, che *Deus tradidit mundum disputationi eorum, ut non inveniat homo opus quod operatus est Deus ab initio*

[21] *In epistola septima ad Marcellinum* (nota di Galilei). « Se alla prova certa ed evidente si oppone l'autorità delle Sacre Scritture, quello che fa così non capisce e non oppone alla verità il significato delle Scritture che non poté penetrare, ma piuttosto il suo, e non ciò che trova in quelle ma quello che trova dentro di sé al posto di quelle ».

ad finem[22], non si dovrà, per mio parere, contradicendo a tal sentenza, precluder la strada al libero filosofare circa le cose del mondo e della natura, quasi che elleno sien di già state con certezza ritrovate e palesate tutte. Né si dovrebbe stimar temerità il non si quietare nelle opinioni già state quasi comuni, né dovrebb'esser chi prendesse a sdegno se alcuno non aderisce in dispute naturali a quell'opinione che piace loro, e massime intorno a problemi stati già migliaia d'anni controversi tra filosofi grandissimi, quale è la stabilità del Sole e mobilità della Terra: opinione tenuta da Pittagora, e da tutta la sua setta, e da Eraclide Pontico[23], il quale fu dell'istessa opinione, da Filolao maestro di Platone, e dall'istesso Platone, come riferisce Aristotile, e del quale scrive Plutarco nella vita di Numa, che esso Platone già fatto vecchio diceva, assurdissima cosa essere il tenere altramente. L'istesso fu creduto da Aristarco Samio, come abbiamo appresso Archimede, da Seleuco matematico, da Niceta filosofo, referente Cicerone, e da molti altri, e finalmente ampliata e con molte osservazioni e dimostrazioni confermata da Niccolò Copernico. E Seneca, eminentissimo filosofo, nel libro *De cometis* ci avvertisce, doversi con grandissima diligenza cercar di venire in certezza, se sia il cielo o la Terra in cui risegga la diurna conversione.

E per questo, oltre a gli articoli concernenti alla salute ed allo stabilimento della Fede, contro la fermezza de' quali non è pericolo alcuno che possa insurgere mai dottrina valida ed efficace, non saria forse se non saggio ed util consiglio il non ne aggregar altri senza necessità: e se così è, disordine veramente sarebbe l'aggiugnergli a richiesta di persone, le quali, oltre che noi ignoriamo se parlino inspirate da celeste virtù, chiaramente vediamo che in esse si potrebbe desiderare quella intelligenza che sarebbe necessaria prima a capire, e

[22] « Le cose che sappiamo sono la minima parte di quelle che ignoriamo ». *Ecclesiaste*, cap. III (postilla di Galilei). « Dio offrì il mondo alle loro discussioni perché l'uomo non trovi l'opera che Dio fece dal principio alla fine ».

[23] Sono i vari filosofi che precedettero Copernico nel prospettare il movimento della Terra.

poi a redarguire, le dimostrazioni con le quali le acutissime scienze procedono nel confermare simili conclusioni. Ma più direi, quando mi fusse lecito produrre il mio parere, che forse più converrebbe al decoro ed alla maestà di esse Sacre Lettere il provvedere che non ogni leggiero e vulgare scrittore potesse, per autorizzar sue composizioni, bene spesso fondate sopra vane fantasie, spargervi luoghi della Scrittura Sacra, interpretati, o più presto stiracchiati, in sensi tanto remoti dall'intenzione retta di essa Scrittura, quanto vicini alla derisione di coloro che non senza qualche ostentazione se ne vanno adornando. Esempli di tale abuso se ne potrebbono addur molti: ma voglio che mi bastino due, non remoti da queste materie astronomiche. L'uno de' quali sieno le scritture che furon pubblicate contro a i pianeti Medicei, ultimamente da me scoperti, contro la cui esistenza furono opposti molti luoghi della Sacra Scrittura: ora che i pianeti si fanno veder da tutto il mondo, sentirei volentieri con quali nuove interpetrazioni vien da quei medesimi oppositori esposta la Scrittura, e scusata la lor semplicità. L'altro esempio sia di quello che pur nuovamente ha stampato contro a gli astronomi e filosofi, che la Luna non altramente riceve lume dal Sole, ma è per se stessa splendida; la qual imaginazione conferma in ultimo, o, per meglio dire, si persuade di confermare, con varii luoghi della Scrittura, li quali gli par che non si potessero salvare, quando la sua opinione non fusse vera e necessaria. Tutta via, che la Luna sia per se stessa tenebrosa, è non men chiaro che lo splendore del Sole.

Quindi resta manifesto che tali autori, per non aver penetrato i veri sensi della Scrittura, l'avrebbono, quando la loro autorità fosse di gran momento, posta in obligo di dover costringere altrui a tener per vere, conclusioni repugnanti alle ragion manifeste ed al senso: abuso che *Deus avertat* che andasse pigliando piede o autorità, perché bisognerebbe vietar in breve tempo tutte le scienze speculative; perché, essendo per natura il numero degli uomini poco atti ad intendere perfettamente e le Scritture Sacre e l'altre scienze maggiore assai del numero degl'intelligenti, quelli,

scorrendo superficialmente le Scritture, si arrogherebbono autorità di poter decretare sopra tutte le questioni della natura, in vigore di qualche parola mal intesa da loro ed in altro proposito prodotta dagli scrittori sacri: né potrebbe il piccol numero degl'intendenti reprimer il furioso torrente di quelli, i quali troverebbono tanti più seguaci, quanto il potersi far reputar sapienti senza studio e senza fatica è più soave che il consumarsi senza riposo intorno alle discipline laboriosissime. Però grazie infinite doviamo render a Dio benedetto, il quale per sua benignità ci spoglia di questo timore, mentre spoglia d'autorità simil sorte di persone, riponendo il consultare, risolvere e decretare sopra determinazioni tanto importanti nella somma sapienza e bontà di prudentissimi Padri e nella suprema autorità di quelli, che, scorti dallo Spirito Santo, non possono se non santamente ordinare, permettendo che della leggerezza di quelli altri non sia fatto stima. Questa sorte d'uomini, per mio credere, son quelli contro i quali, non senza ragione, si riscaldano i gravi e santi scrittori, e de i quali in particolare scrive san Girolamo: « Hanc » (intendendo della Scrittura Sacra) « garrula anus, hanc delirus senex, hanc sophista verbosus, hanc universi præsumunt, lacerant, docent antequam discant. Alii, adducto supercilio, grandia verba trutinantes, inter mulierculas de Sacris Literis philosophantur; alii discunt, proh pudor, a fæminis quod viros doceant, et, ne parum hoc sit, quadam facilitate verborum, imo audacia, edisserunt aliis quod ipsi non intelligunt. Taceo de mei similibus, qui, si forte ad Scripturas Sanctas post seculares literas venerint, et sermone composito aurem populi mulserint, quidquid dixerint, hoc legem Dei putant, nec scire dignantur quid Prophetæ quid Apostoli senserint, sed ad sensum suum incongrua aptant testimonia; quasi grande sit, et non vitiosissimum docendi genus, depravare sententias, et ad voluntatem suam Scripturam trahere repugnantem. »[24]

[24] *Epistola ad Paulinum*, 103 (nota di Galilei). « Questa 'garrula vecchia' questo 'vecchio pazzo', questo 'verboso sofista', questi tutti presumono lacerano insegnano, prima di conoscere. Altri, con la fronte corrugata,

Io non voglio mettere nel numero di simili scrittori secolari alcuni teologi, riputati da me per uomini di profonda dottrina e di santissimi costumi, e per ciò tenuti in grande stima e venerazione; ma non posso già negare di non rimaner con qualche scrupolo, ed in conseguenza con desiderio che mi fusse rimosso, mentre sento che essi pretendono di poter costringer altri, con l'autorità della Scrittura, a seguire in dispute naturali quella opinione che pare a loro che più consuoni con i luoghi di quella, stimandosi insieme di non essere in obbligo di solvere le ragioni o esperienze in contrario. In esplicazione e confirmazione del qual lor parere, dicono che essendo la teologia regina di tutte le scienze, non deve in conto alcuno abbassarsi per accomodarsi a' dogmi dell'altre men degne ed a lei inferiori, ma sì ben l'altre devono referirsi ad essa, come a suprema imperatrice, e mutare ed alterar le lor conclusioni conforme alli statuti e decreti teologicali: e più aggiungono che quando nell'inferiore scienza si avesse alcuna conclusione per sicura, in vigor di dimostrazioni o di esperienze, alla quale si trovassi nella Scrittura altra conclusione repugnante, devono gli stessi professori di quella scienza procurar per se medesimi di sciogliere le lor dimostrazioni e scoprir le fallacie delle proprie esperienze, senza ricorrere a i teologi e scritturali; non convenendo, come si è detto, alla dignità della teologia abbassarsi all'investigazione delle fallacie delle scienze soggette, ma solo bastando a lei il determinargli la verità della conclusione, con l'assoluta autorità e con la sicurezza del non poter errare. Le conclusioni poi naturali nelle quali dicon essi che noi doviamo fermarci

pesano magniloquenti parole, fanno discussioni filosofiche intorno alle Sacre scritture tra donnette, altri imparano, ahimè, dalle donne, ciò che debbono insegnare agli uomini, e non essendo ciò sufficiente, con una certa facilità di parole, anzi con audacia, spiegano agli altri ciò che essi non comprendono. Lascio stare i miei simili, i quali se per caso vennero alle Sacre scritture dopo gli studi profani, e carezzano le orecchie del popolo con composite orazioni, qualsiasi cosa dissero, ritengono che sia legge di Dio e non si degnano di imparare quello che pensarono Profeti ed Apostoli, ma adattano al proprio senso testimonianze ad esso non pertinenti: quasi sia grande e non viziosissimo genere d'insegnamento deformare le opinioni e trarre al proprio volere la Scrittura che a quel volere ripugna ».

sopra la Scrittura, senza glosarla o interpetrarla in sensi diversi dalle parole, dicono essere quelle delle quali la Scrittura parla sempre nel medesimo modo, e i Santi Padri tutti nel medesimo sentimento le ricevono ed espongono. Ora intorno a queste determinazioni mi accascano da considerare alcuni particolari, li quali proporrò per esserne reso cauto da chi più di me intende di queste materie, al giudizio de' quali io sempre mi sottopongo.

E prima, dubiterei che potesse cader qualche poco di equivocazione, mentre che non si distinguessero le preminenze per le quali la sacra teologia è degna del titolo di regina. Imperò che ella potrebbe esser tale, o vero perché quello che da tutte l'altre scienze viene insegnato, si trovasse compreso e dimostrato in lei, ma con mezi più eccellenti e con più sublime dottrina, nel modo che, per essempio, le regole del misurare i campi e del conteggiare molto più eminentemente si contengono nell'aritmetica e geometria d'Euclide, che nelle pratiche degli agrimensori e de' computisti; o vero perché il suggetto, intorno al quale si occupa la teologia, superasse di dignità tutti gli altri suggetti che son materia dell'altre scienze, ed anco perché i suoi insegnamenti procedessero con mezi più sublimi. Che alla teologia convenga il titolo e la autorità regia nella prima maniera, non credo che poss'essere affermato per vero da quei teologi che avranno qualche pratica nell'altre scienze; de' quali nissuno crederò io che dirà che molto più eccellente ed esattamente si contenga la geometria, la astronomia, la musica e la medicina ne' libri sacri, che in Archimede, in Tolommeo, in Boezio ed in Galeno. Però pare che la regia sopreminenza se gli leva nella seconda maniera, ciò è per l'altezza del suggetto, e per l'ammirabil insegnamento delle divine revelazioni in quelle conclusioni che per altri mezi non potevano dagli uomini esser comprese e che sommamente concernono all'acquisto dell'eterna beatitudine. Ora, se la teologia, occupandosi nell'altissime contemplazioni divine e risedendo per dignità nel trono regio, per lo che ella è fatta di somma autorità, non discende alle più basse ed umili speculazioni delle inferiori scienze, anzi, come di sopra si è dichiarato,

quelle non cura, come non concernenti alla beatitudine, non dovrebbono i ministri e professori di quella arrogarsi autorità di decretare nelle professioni non esercitate né studiate da loro; perché questo sarebbe come se un principe assoluto, conoscendo di poter liberamente comandare e farsi ubbidire, volesse, non essendo egli né medico né architetto, che si medicasse e fabbricasse a modo suo, con grave pericolo della vita de' miseri infermi, e manifesta rovina degli edifizi.

Il comandar poi a gli stessi professori d'astronomia, che procurino per lor medesimi di cautelarsi contro alle proprie osservazioni e dimostrazioni, come quelle che non possino esser altro che fallacie e sofismi, è un comandargli cosa più che impossibile a farsi; perché non solamente se gli comanda che non vegghino quel che e' veggono e che non intendino quel che gl'intendono, ma che, cercando, trovino il contrario di quel che gli vien per le mani. Però, prima che far questo, bisognerebbe che fusse lor mostrato il modo di far che le potenze dell'anima si comandassero l'una all'altra, e le inferiori alle superiori, sì che l'immaginativa e la volontà potessero e volessero credere il contrario di quel che l'intelletto intende (parlo sempre delle proposizioni pure naturali e che non son *de Fide*, e non delle sopranaturali e *de Fide*). Io vorrei pregar questi prudentissimi Padri, che volessero con ogni diligenza considerare la differenza che è tra le dottrine opinabili e le dimostrative; acciò, rappresentandosi bene avanti la mente con qual forza stringhino le necessarie illazioni, si accertassero maggiormente come non è in potestà de' professori delle scienze demostrative il mutar l'opinioni a voglia loro, applicandosi ora a questa ed ora a quella, e che gran differenza è tra il comandare a un matematico o a un filosofo e 'l disporre un mercante o un legista, e che non con l'istessa facilità si possono mutare le conclusioni dimostrate circa le cose della natura e del cielo, che le opinioni circa a quello che sia lecito o no in un contratto, in un censo, o in un cambio. Tal differenza è stata benissimo conosciuta da i Padri dottissimi e santi, come l'aver loro posto grande studio in confutar molti argumenti o, per meglio dire, molte fallacie filosofiche ci manifesta, e come

espressamente si legge appresso alcuni di loro; ed in particolare aviamo in sant'Agostino le seguenti parole: « Hoc indubitanter tenendum est, ut quicquid sapientes huius mundi de natura rerum veraciter demonstrare potuerint, ostendamus nostris Literis non esse contrarium; quicquid autem illi in suis voluminibus contrarium Sacris Literis docent, sine ulla dubitatione credamus id falsissimum esse, et, quoquomodo possumus, etiam ostendamus; atque ita teneamus fidem Domini nostri, in quo sunt absconditi omnes thesauri sapientiæ, ut neque falsæ philosophiæ loquacitate seducamur, neque simulatæ religionis superstitione terreamur. »[25]

Dalle quali parole mi par che si cavi questa dottrina, cioè che ne i libri de' sapienti di questo mondo si contenghino alcune cose della natura dimostrate veracemente, ed altre semplicemente insegnate; e che, quanto alle prime, sia ofizio de' saggi teologi mostrare che le non son contrarie alle Sacre Scritture; quanto all'altre, insegnate ma non necessariamente dimostrate, se vi sarà cosa contraria alle Sacre Lettere, si deve stimare per indubitatamente falsa, e tale in ogni possibil modo si deve dimostrare. Se, dunque, le conclusioni naturali, dimostrate veracemente, non si hanno a posporre a i luoghi della Scrittura, ma sì ben dichiarare come tali luoghi non contrariano ad esse conclusioni, adunque bisogna, prima che condannare una proposizion naturale, mostrar ch'ella non sia dimostrata necessariamente: e questo devon fare non quelli che la tengon per vera, ma quelli che la stiman falsa; e ciò par molto ragionevole e conforme alla natura; ciò è che molto più facilmente sien per trovar le fallacie in un discorso quelli che lo stiman falso, che quelli che lo

[25] *In Genesis ad literam*, lib. I, cap. XXI (nota di Galilei). « Questo si deve ritenere indubitabile, perché possiamo spiegare che non è contraria alle nostre Scritture qualsiasi cosa i saggi di questo mondo avranno potuto dimostrare con verità circa la natura delle cose; al contrario qualsiasi cosa essi insegnano nei loro volumi contraria alle Sacre scritture senza alcun dubbio riteniamo essere falsissima e in qualunque modo possiamo, lo mostriamo; e così manteniamo fede al nostro Dio in cui sono nascosti tutti i tesori della sapienza, e non siamo sedotti dalla loquacità di false filosofie, né atterriti dalla superstizione di religione simulata ».

reputan vero e concludente; anzi in questo particolare accaderà che i seguaci di questa opinione, quanto più andran rivolgendo le carte, esaminando le ragioni, replicando l'osservazioni e riscontrando l'esperienze, tanto più si confermino in questa credenza. E l'Altezza Vostra sa quel che occorse al matematico passato dello Studio di Pisa, che messosi in sua vecchiezza a vedere la dottrina del Copernico con speranza di poter fondatamente confutarla (poi che in tanto la reputava falsa, in quanto non l'aveva mai veduta), gli avvenne, che non prima restò capace de' suoi fondamenti, progressi e dimostrazioni, che ei si trovò persuaso, e d'impugnatore ne divenne saldissimo mantenitore. Potrei anco nominargli altri matematici [26], i quali, mossi da gli ultimi miei scoprimenti, hanno confessato esser necessario mutare la già concepita costituzione del mondo, non potendo in conto alcuno più sussistere.

Se per rimuover dal mondo questa opinione e dottrina bastasse il serrar la bocca ad un solo, come forse si persuadono quelli che, misurando i giudizi degli altri co 'l lor proprio, gli par impossibile che tal opinione abbia a poter sussistere e trovar seguaci, questo sarebbe facilissimo a farsi: ma il negozio cammina altramente; perché, per eseguire una tal determinazione, sarebbe necessario proibir non solo il libro del Copernico e gli scritti degli altri autori che seguono l'istessa dottrina, ma bisognerebbe interdire tutta la scienza d'astronomia intiera, e più, vietar a gli uomini guardar verso il cielo, acciò non vedessero Marte e Venere or vicinissimi alla Terra or remotissimi con tanta differenza che questa si scorge 40 volte, e quello 60, maggior una volta che l'altra, ed acciò che la medesima Venere non si scorgesse or rotonda or falcata con sottilissime corna, e molte altre sensate osservazioni, che in modo alcuno non si possono adattare al sistema Tolemaico, ma son saldissimi argumenti del Copernicano. Ma il proibire il Copernico, ora che per molte nuove osservazioni e per l'applicazione di molti literati alla sua lettura si va di giorno in giorno scoprendo più vera la sua

[26] Clavius (nota di Galileo).

posizione e ferma la sua dottrina, avendol'ammesso per tanti anni mentre egli era men seguito e confermato, parrebbe, a mio giudizio, un contravvenire alla verità, e cercar tanto più di occultarla e supprimerla, quanto più ella si dimostra palese e chiara. Il non abolire interamente tutto il libro, ma solamente dannar per erronea questa particolar proposizione, sarebbe, s'io non m'inganno, detrimento maggior per l'anime, lasciandogli occasione di veder provata una proposizione, la qual fusse poi peccato il crederla. Il proibir tutta la scienza, che altro sarebbe che un reprovar cento luoghi delle Sacre Lettere, i quali ci insegnano come la gloria e la grandezza del sommo Iddio mirabilmente si scorge in tutte le sue fatture, e divinamente si legge nell'aperto libro del cielo? Né sia chi creda che la lettura de gli altissimi concetti, che sono scritti in quelle carte, finisca nel solo veder lo splendor del Sole e delle stelle e 'l lor nascere ed ascondersi, che è il termine sin dove penetrano gli occhi dei bruti e del vulgo; ma vi son dentro misteri tanto profondi e concetti tanto sublimi, che le vigilie, le fatiche e gli studi di cento e cento acutissimi ingegni non gli hanno ancora interamente penetrati con l'investigazioni continuate per migliaia e migliaia d'anni. E credino pure gli idioti che, sì come quello che gli occhi loro comprendono nel riguardar l'aspetto esterno d'un corpo umano è piccolissima cosa in comparizione de gli ammirandi artifizi che in esso ritrova un esquisito e diligentissimo anatomista e filosofo, mentre va investigando l'uso di tanti muscoli, tendini, nervi ed ossi, essaminando gli offizi del cuore e de gli altri membri principali, ricercando le sedi delle facultà vitali, osservando le maravigliose strutture de gli strumenti de' sensi, e, senza finir mai di stupirsi e di appagarsi, contemplando i ricetti dell'immaginazione, della memoria e del discorso; così quello che 'l puro senso della vista rappresenta, è come nulla in proporzion dell'alte meraviglie che, mercé delle lunghe ed accurate osservazioni, l'ingegno degl'intelligenti scorge nel cielo. E questo è quanto mi occorre considerare circa a questo particolare.

Quanto poi a quello che soggiungono, che quelle proposizioni naturali delle quali la Scrittura pronunzia sempre

l'istesso e che i Padri tutti concordemente nell'istesso senso ricevono, debbino esser intese conforme al nudo significato delle parole, senza glose o interpetrazioni, e ricevute e tenute per verissime, e che in conseguenza, per esser tale la mobilità del Sole e la stabilità della Terra, sia *de Fide* il tenerle per vere, ed erronea l'opinion contraria; mi occorre di considerar, prima, che delle proposizioni naturali alcune sono delle quali, con ogni umana specolazione e discorso, solo se ne può conseguire più presto qualche probabile opinione e verisimil coniettura, che una sicura e dimostrata scienza, come, per esempio, se le stelle sieno animate; altre sono, delle quali o si ha, o si può credere fermamente che aver si possa, con esperienze, con lunghe osservazioni e con necessarie dimostrazioni, indubitata certezza, quale è, se la Terra e 'l Sole si muovino o no, se la Terra sia sferica o no. Quanto alle prime, io non dubito punto che dove gli umani discorsi non possono arrivare, e che di esse per consequenza non si può avere scienza, ma solamente opinione e fede, piamente convenga conformarsi assolutamente col puro senso della Scrittura. Ma quanto alle altre, io crederei, come di sopra si è detto, che prima fosse d'accertarsi del fatto, il quale ci scorgerebbe al ritrovamento de' veri sensi delle Scritture, li quali assolutamente si troverebbono concordi col fatto dimostrato, ben che le parole nel primo aspetto sonassero altramente; poi che due veri non possono mai contrariarsi. E questa mi par dottrina tanto retta e sicura, quanto io la trovo scritta puntualmente in sant'Agostino, il quale, parlando a punto della figura del cielo e quale ella si deva credere essere, poi che pare che quel che ne affermano gli astronomi sia contrario alla Scrittura, stimandola quegli rotonda, e chiamandola la Scrittura distesa come una pelle, determina che niente si ha da curar che la Scrittura contrarii a gli astronomi, ma credere alla sua autorità, se quello che loro dicono sarà falso e fondato solamente sopra conietture dell'infirmità umana; ma se quello che loro affermano fusse provato con ragioni indubitabili, non dice questo Santo Padre che si comandi a gli astronomi che lor medesimi, solvendo le lor dimostrazioni, dichiarino la lor conclusione per falsa,

ma dice che si deve mostrare che quello che è detto nella Scrittura della pelle, non è contrario a quelle vere dimostrazioni. Ecco le sue parole: « Sed ait aliquis: Quomodo non est contrarium iis qui figuram spheræ cælo tribuunt, quod scriptum est in libris nostris. Qui extendit cælum sicut pellem? Sit sane contrarium, si falsum est quod illi dicunt; hoc enim verum est, quod divina dicit authoritas, potius quam illud quod humana infirmitas coniicit. Sed si forte illud talibus illi documentis probare potuerint, ut dubitari inde non debeat, demonstrandum est, hoc quod apud nos est de pelle dictum, veris illis rationibus non esse contrarium. »[27] Segue poi di ammonirci che noi non doviamo esser meno osservanti in concordare un luogo della Scrittura con una proposizione naturale dimostrata, che con un altro luogo della Scrittura che sonasse il contrario. Anzi mi par degna d'esser ammirata ed immitata la circuspezzione di questo Santo, il quale anco nelle conclusioni oscure, e delle quali si può esser sicuri che non se ne possa avere scienza per dimostrazioni umane, va molto riservato nel determinar quello che si deva credere, come si vede da quello che egli scrive nel fine del 2° libro *De Genesi ad literam*, parlando se le stelle sieno da credersi animate: « Quod licet in præsenti facile non possit comprehendi, arbitror tamen, in processo tractandarum Scripturarum opportuniora loca posse occurrere, ubi nobis de hac re secundum sanctæ authoritatis literas, etsi non ostendere certum aliquid, tamen credere, licebit. Nunc autem, servata semper moderatione piæ gravitatis, nihil credere de re obscura temere debemus, ne forte quod postea veritas patefecerit, quamvis libris sanctis, sive Testamenti Veteris sive Novi,

[27] *In Genesis ad literam*, cap. IX (nota di Galilei). « Però qualcuno dice: come non è contrario a coloro che attribuiscono al cielo figura sferica ciò che si trova scritto nei nostri libri: 'Colui che stende il cielo come pelle'? e sia pur contrario, se è falso ciò che quelli dicono; infatti è vero quello che dice l'autorità divina piuttosto che quanto presume l'umana incapacità. Ma se per caso quelli potranno dimostrare la loro teoria con tali documenti che non se ne debba dubitare, bisognerà dimostrare che quanto è detto nei nostri libri intorno alla pelle non contrasta con quelle vere ragioni ».

nullo modo esse possit adversum, tamen propter amorem nostri erroris oderimus. »[28]

Di qui e da altri luoghi parmi, s'io non m'inganno, la intenzion de' Santi Padri esser, che nelle quistioni naturali e che non son *de Fide* prima si deva considerar se elle sono indubitabilmente dimostrate o con esperienze sensate conosciute, o vero se una tal cognizione e dimostrazione aver si possa: la quale ottenendosi, ed essendo ella ancora dono di Dio, si deve applicare all'investigazione de' veri sensi delle Sacre lettere in quei luoghi che in apparenza mostrassero di sonar diversamente; i quali indubitatamente saranno penetrati da' sapienti teologi, insieme con le ragioni per che lo Spirito Santo gli abbia volsuti tal volta, per nostro essercizio o per altra a me recondita ragione, velare sotto parole di significato diverso.

Quanto all'altro punto, riguardando noi al primario scopo di esse Sacre Lettere, non crederei che l'aver loro sempre parlato nell'istesso senso avesse a perturbar questa regola; perché, se occorrendo alla Scrittura, per accomodarsi alla capacità del vulgo, pronunziare una volta una proposizione con parole di sentimento diverso dalla essenza di essa proposizione, perché non dovrà ella aver osservato l'istesso, per l'istesso rispetto, quante volte gli occorreva dir la medesima cosa? Anzi mi pare che 'l fare altramente averebbe cresciuta la confusione, e scemata la credulità nel popolo. Che poi della quiete o movimento del Sole e della Terra fosse necessario, per accomodarsi alla capacità popolare, asserirne quello che suonan le parole della Scrittura, l'esperienza ce lo mostra chiaro: poi che anco all'età nostra popolo assai men rozo vien mantenuto nell'istessa opinione da ragioni che, ben ponderate ed essaminate, si troveranno esser frivolissime, ed

[28] « Anche se per noi non si può comprendere con facilità, ritengo che che tuttavia seguitando ad esaminare le Sacre scritture si possono presentare luoghi più opportuni dove ci sia consentito, secondo le lettere della santa autorità, se non dimostrare, almeno credere qualcosa di certo. Ora, conservando sempre le moderazione della prudenza religiosa, non dobbiamo temere di credere nulla circa un oscuro argomento, perché non abbiamo a odiare, per caso, per amore del nostro errore ciò che eventualmente la verità poi mostrerà, sebbene non possa essere assolutamente contrario ai libri sacri, sia del Vecchio sia del Nuovo Testamento ».

esperienze o in tutto false o totalmente fuori del caso; né si può pur tentar di rimuoverlo, non sendo capace delle ragioni contrarie, dependenti da troppo esquisite osservazioni e sottili dimostrazioni, appoggiate sopra astrazioni, che ad esser concepite richieggon troppo gagliarda imaginativa. Per lo che, quando bene appresso i sapienti fusse più che certa e dimostrata la stabilità del Sole e 'l moto della Terra, bisognerebbe ad ogni modo, per mantenersi il credito appresso il numerosissimo volgo, proferire il contrario; poi che de i mille uomini vulgari che venghino interrogati sopra questi particolari, forse non se ne troverà un solo, che non risponda, parergli, e così creder per fermo, che 'l Sole si muova e che la Terra stia ferma. Ma non però deve alcun prendere questo comunissimo assenso popolare per argumento della verità di quel che viene asserito; perché se noi interrogheremo gli stessi uomini delle cause e motivi per i quali e' credono in quella maniera, ed, all'incontro, ascolteremo quali esperienze e dimostrazioni induchino quegli altri pochi a creder il contrario, troveremo questi esser persuasi da saldissime ragioni, e quelli da semplicissime apparenze e rincontri vani e ridicoli.

Che dunque fosse necessario attribuire al Sole il moto, e la quiete alla Terra, per non confonder la poca capacità del vulgo e renderlo renitente e contumace nel prestar fede a gli articoli principali e che sono assolutamente *de Fide*, è assai manifesto: e se così era necessario a farsi, non è punto da meravigliarsi che così sia stato con somma prudenza esseguito nelle divine Scritture. Ma più dirò, che non solamente il rispetto dell'incapacità del vulgo, ma la corrente opinione di quei tempi, fece che gli scrittori sacri nelle cose non necessarie alla beatitudine più si accommodorno all'uso ricevuto che alla essenza del fatto. Di che parlando san Girolamo, scrive: « Quasi non multa in Scripturis Sanctis dicantur iuxta opinionem illius temporis quo gesta referuntur, et non iuxta quod rei veritas continebat. »[29] Ed altrove il

[29] *In cap. 28 Hieremiae* (nota di Galilei). « Come se nella Sacra Scrittura molte cose non son dette secondo l'opinione del tempo a cui si richiamano i fatti e non secondo la verità della cosa ».

medesimo Santo: « Consuetudinis Scripturarum est, ut opinionem mutarum rerum sic narret Historicus, quomodo eo tempore ab omnibus credebatur. » E san Tommaso in Iob, al cap. 27, sopra le parole « Qui extendit aquilonem super vacuum, et appendit Terram super nihilum », nota che la Scrittura chiama vacuo e niente lo spazio che abbraccia e circonda la Terra, e che noi sappiamo non esser vòto, ma ripieno d'aria: nulla dimeno, dice egli che la Scrittura per accomodarsi alla credenza del vulgo, che pensa che in tale spazio non sia nulla, lo chiama vacuo e niente. Ecco le parole di san Tommaso: « Quod de superiori hemisphærio cæli nihil nobis apparet, nisi spatium aëre plenum, quod vulgares homines reputant vacuum: loquitur enim secundum existimationem vulgarium hominum, pro ut est mos in Sacra Scriptura. »[30] Ora da questo luogo mi pare che assai chiaramente argumentar si possa, che la Scrittura Sacra, per il medesimo rispetto, abbia avuto molto più gran cagione di chiamare il Sole mobile e la Terra stabile. Perché, se noi tenteremo la capacità degli uomini vulgari, gli troveremo molto più inetti a restar persuasi della stabilità del Sole e mobilità della Terra, che dell'esser lo spazio, che ci circonda, ripieno d'aria: adunque, se gli autori sacri in questo punto, che non aveva tanta difficultà appresso la capacità del vulgo ad esser persuaso, nulla dimeno si sono astenuti dal tentare di persuaderglielo, non dovrà parere se non molto ragionevole che in altre proposizioni molto più recondite abbino osservato il medesimo stile.

Anzi, conoscendo l'istesso Copernico qual forza abbia nella nostra fantasia un'invecchiata consuetudine ed un modo di concepir le cose già sin dall'infanzia fattoci familiare, per non accrescer confusione e difficultà nella nostra astrazione, dopo aver prima dimostrato che i movimenti li quali a noi

[30] *Cap. 13 Matthaei* (nota di Galilei). « È nella consuetudine delle Scritture che lo storico riferisca ciò che era allora l'opinione di tutti circa molte cose ». Più sotto: « che distende l'aquilone sopra il vuoto, sotto il vuoto e sospende la terra sopra il nulla ». « Che dell'emisfero superiore a noi non apparisca se non uno spazio pieno d'aria che il volgo crede vuoto: parla infatti secondo l'opinione del volgo, com'è costume della Sacra scrittura ».

appariscono esser del Sole o del firmamento son veramente della Terra, nel venir poi a ridurgli in tavole ed all'applicargli all'uso, gli va nominando per del Sole e del cielo superiore a i pianeti, chiamando nascere e tramontar del Sole, delle stelle, mutazioni nell'obliquità del zodiaco e variazioni ne' punti degli equinozii, movimento medio, anomalia e prostaferesi del Sole, ed altre cose tali, quelle che son veramente della Terra. Ma perché, sendo noi congiunti con lei, ed in conseguenza a parte d'ogni suo movimento, non gli possiamo immediate riconoscere in lei, ma ci convien far di lei relazione a i corpi celesti ne' quali ci appariscono, però gli nominiamo come fatti là dove fatti ci rassembrano. Quindi si noti quanto sia ben fatto l'accomodarsi al nostro più consueto modo d'intendere.

Che poi la comun concordia de' Padri, nel ricever una proposizione naturale dalla Scrittura nel medesimo senso tutti, debba autenticarla in maniera che divenga *de Fide* il tenerla per tale, crederei che ciò si dovesse al più intender di quelle conclusioni solamente, le quali fussero da essi Padri state discusse e ventilate con assoluta diligenza e disputate per l'una e per l'altra parte, accordandosi poi tutti a reprovar quella e tener questa. Ma la mobilità della Terra e stabilità del Sole non son di questo genere, con ciò sia che tale opinione fosse in quei tempi totalmente sepolta e remota dalle questioni delle scuole, e non considerata, non che seguita, da veruno: onde si può credere che né pur cascasse concetto a' Padri di disputarla, avendo i luoghi della Scrittura, la lor propria opinione, e l'assenso de gli uomini tutti, concordi nell'istesso parere, senza che si sentisse la contradizione di alcuno. Non basta dunque il dir che i Padri tutti ammettono la stabilità della Terra, etc., adunque il tenerla è *de Fide*; ma bisogna provar che gli abbino condennato l'opinione contraria; imperò che io potrò sempre dire, che il non avere avuta loro occasione di farvi sopra reflessione e discuterla, ha fatto che l'hanno lasciata ed ammessa solo come corrente, ma non già come resoluta e stabilita. E ciò mi par di poter dir con assai ferma ragione: imperò che o i Padri fecero reflessione sopra questa conclusione come controversa, o no:

se no, adunque niente ci potettero, né anco in mente loro, determinare, né deve la loro non curanza mettere in obligo noi a ricevere quei precetti che essi non hanno, né pur con l'intenzione, imposti; ma se ci fecero applicazione e considerazione, già l'averebbono dannata se l'avessero giudicata per erronea; il che non si trova che essi abbino fatto. Anzi, dopo che alcuni teologi l'hanno cominciata a considerare, si vede che non l'hanno stimata erronea, come si legge ne i Comentari di Didaco a Stunica sopra Iob, al c. 9, v. 6, sopra le parole « Qui commovet Terram de loco suo » etc. [31]: dove lungamente discorre sopra la posizione Copernicana, e conclude, la mobilità della Terra non esser contro alla Scrittura.

Oltre che io averei qualche dubbio circa la verità di tal determinazione, ciò è se sia vero che la Chiesa obblighi a tenere come *de Fide* simili conclusioni naturali, insignite solamente di una concorde interpetrazione di tutti i Padri: e dubito che poss'essere che quelli che stimano in questa maniera, possin aver desiderato d'ampliar a favor della propria opinione il decreto de' Concilii, il quale non veggo che in questo proposito proibisca altro se non lo stravolger in sensi contrarii a quel di Santa Chiesa o del comun consenso de' Padri quei luoghi solamente che sono *de Fide*, o attenenti a i costumi, concernenti all'edificazione della dottrina cristiana: e così parla il Concilio Tridentino alla Sessione IV. Ma la mobilità o stabilità della Terra o del Sole non son *de Fide* né contro a i costumi, né vi è chi voglia scontorcere luoghi della Scrittura per contrariare a Santa Chiesa o a i Padri: anzi chi ha scritta questa dottrina non si è mai servito di luoghi sacri, acciò resti sempre nell'autorità di gravi e sapienti teologi l'interpretar detti luoghi conforme al vero sentimento. E quanto i decreti de' Concilii si conformino co' Santi Padri in questi particolari, può esser assai manifesto: poi che *tantum abest* che si risolvino a ricever per *de Fide* simili conclusioni naturali o a reprovar come erronee le contrarie opinioni, che, più presto avendo riguardo alla

[31] « Colui che smuove la terra del suo luogo ».

primaria intenzione di Santa Chiesa, reputano inutile l'occuparsi in cercar di venir in certezza di quelle. Senta l'Altezza Vostra Serenissima quello che risponde sant'Agostino a quei fratelli che muovono la quistione, se sia vero che il cielo si muova o pure stia fermo: « His respondeo, multum subtilibus et laboriosis rationibus ista perquiri, ut vere percipiatur utrum ita an non ita sit: quibus ineundis atque tractandis nec mihi iam tempus est, nec illi esse debet quos ad salutem suam et Sanctæ Ecclesiæ necessariam utilitatem cupimus informari.» [32]

Ma quando pure anco nelle proposizioni naturali, da luoghi della Scrittura esposti concordemente nel medesimo senso da tutti i Padri si avesse a prendere la resoluzione di condennarle o ammetterle, non però veggo che questa regola avesse luogo nel nostro caso, avvenga che sopra i medesimi luoghi si leggono de' Padri diverse esposizioni: dicendo Dionisio Areopagita, che non il Sole, ma il primo mobile, si fermò; l'istesso stima sant'Agostino, ciò è che si fermassero tutti i corpi celesti; dell'istessa opinione è l'Abulense [33]. Ma più, tra gli autori Ebrei, a i quali applaude Ioseffo, alcuni hanno stimato che veramente il Sole non si fermasse, ma che così apparve mediante la brevità del tempo nel quale gl'Isdraeliti dettero la sconfitta a' nemici. Così del miracolo al tempo di Ezechia, Paulo Burgense stima non essere stato fatto nel Sole, ma nell'orivuolo. Ma che in effetto sia necessario glosare e interpetrare le parole del testo di Iosuè, qualunque si ponga la costituzione del mondo, dimostrerò più a basso.

Ma finalmente, concedendo a questi signori più di quello che domandano, ciò è di sottoscrivere interamente al parere de' sapienti teologi, già che tal particolar disquisizione non

[32] *In Genesis ad literam*, lib. II, cap. X (nota di Galilei). « A costoro rispondo che con argomentazioni molto sottili e laboriose si sono esaminate queste cose perché veracemente si percepisca se sia o non sia così: per conoscere e trattare le quali io non ho tempo e non debbono averne quelli che vogliamo educare per la salvezza loro e per la necessaria utilità della Santa Chiesa ».

[33] Alfonso Tostado (1400-1455), vescovo di Avila; Paolo vescovo di Burgos.

si trova essere stata fatta da i Padri antichi, potrà esser fatta da i sapienti della nostra età, li quali, ascoltate prima l'esperienze, l'osservazioni, le ragioni e le dimostrazioni de' filosofi ed astronomi per l'una e per l'altra parte, poi che la controversia è di problemi naturali e di dilemmi necessarii ed impossibili ad essere altramente che in una delle due maniere controverse, potranno con assai sicurezza determinar quello che le divine inspirazioni gli detteranno. Ma che senza ventilare e discutere minutissimamente tutte le ragioni dell'una e dell'altra parte, e che senza venire in certezza del fatto si sia per prendere una tanta resoluzione, non è da sperarsi da quelli che non si curerebbono d'arrisicar la maestà e dignità delle Sacre Lettere per sostentamento della reputazione di lor vane immaginazioni, né da temersi da quelli che non ricercano altro se non che si vadia con somma attenzione ponderando quali sieno i fondamenti di questa dottrina, e questo solo per zelo santissimo del vero e delle Sacre Lettere, e della maestà, dignità ed autorità nella quale ogni cristiano deve procurare che esse sieno mantenute. La quale dignità chi non vede con quanto maggior zelo vien desiderata e procurata da quelli che, sottoponendosi onninamente a Santa Chiesa, domandano non che si proibisca questa o quella opinione, ma solamente di poter mettere in considerazione cose onde ella maggiormente si assicuri nell'elezione più sicura, che da quelli che, abbagliati da proprio interesse o sollevati da maligne suggestioni, predicano che ella fulmini senz'altro la spada, poi che ella ha potestà di farlo, non considerando che non tutto quel che si può fare è sempre utile che si faccia? Di questo parere non son già stati i Padri santissimi; anzi, conoscendo di quanto progiudizio e quanto contro al primario instituto della Chiesa Cattolica sarebbe il volere da' luoghi della Scrittura definire conclusioni naturali, delle quali, o con esperienze o con dimostrazioni necessarie, si potrebbe in qualche tempo dimostrare il contrario di quel che suonan le nude parole, sono andati non solamente circospettissimi, ma hanno, per ammaestramento de gli altri, lasciati i seguenti precetti: « In rebus obscuris atque a nostris oculis remotissimis, si qua inde

scripta, etiam divina, legerimus, quæ possint, salva fide qua imbuimur, aliis atque aliis parere sententiis, in nullam earum nos præcipiti affirmatione ita proiiciamus, ut, si forte diligentius discussa veritas eam recte labefactaverit, corruamus; non pro sententia divinarum Scripturarum, sed pro nostra ita dimicantes, ut eam velimus Scripturarum esse, quæ nostra est, cum potius eam, quæ Scripturarum est, nostram esse velle demeamus. »[34] Soggiugne poco di sotto, per ammaestrarci come nissuna proposizione può esser contro la Fede se prima non è dimostrata esser falsa, dicendo: « Tamdiu non est contra Fidem, donec veritate certissima refellatur: quod si factum fuerit, non hoc habebat divina Scriptura, sed hoc senserat humana ignorantia. »[35] Dal che si vede come falsi sarebbono i sentimenti che noi dessimo a' luoghi della Scrittura, ogni volta che non concordassero con le verità dimostrate: e però devesi con l'aiuto del vero dimostrato cercar il senso sicuro della Scrittura, e non, conforme al nudo suono delle parole, che sembrasse vero alla debolezza nostra, volere in certo modo sforzar la natura e negare l'esperienze e le dimostrazioni necessarie.

Ma noti, di più, l'Altezza Vostra, con quante circospezzioni cammina questo santissimo uomo prima che risolversi ad affermare alcuna interpetrazione della Scrittura per certa e talmente sicura che non si abbia da temere di poter incontrare qualche difficoltà che ci apporti disturbo, che, non contento che alcun senso della Scrittura concordi con alcuna dimostrazione, soggiunge: « Si autem hoc verum esse certa

[34] D. Augustinus, *In Genesis ad literam*, lib. I, capp. XVIII, XIX (nota di Galilei). « Nelle questioni lontanissime ed oscure per noi, se troveremo scritti, anche divini che, salva la Fede cui siamo educati, possano rispondere a questa o a quell'opinione, a nessuna di esse dobbiamo affidarci precipitosamente in modo da soccombere, se per caso la verità discussa più accuratamente l'avrà distrutta a ragione: combattendo non per la sentenza delle Sacre scritture, ma per la nostra, in modo da volere come nostra l'opinione delle Sacre scritture, quando piuttosto dovremmo volere che sia nostra l'opinione delle Scritture ».

[35] « Finché non è contro la fede, finché non sia smentita la verità certissima; che se ciò sarà fatto, non questo conteneva la divina Scrittura, ma questo aveva sentito l'ignoranza umana ».

ratio demonstraverit, adhuc incertum erit, utrum hoc in illis verbis sanctorum librorum scriptor sentiri voluerit, an aliquid aliud non minus verum: quod si cætera contextio sermonis non hoc eum voluisse probaverit, non ideo falsum erit aliud quod ipse intelligi voluit, sed et verum et quod utilius cognoscatur. »[36] Ma quello che accresce la meraviglia circa la circospezzione con la quale questo autore cammina, è che, non si assicurando su 'l vedere che e le ragioni dimostrative e quello che suonano le parole della Scrittura ed il resto della testura precedente o susseguente cospirino nella medesima intenzione, aggiugne le seguenti parole: « Si autem contextio Scripturæ, hoc voluisse intelligi scriptorem non repugnaverit, adhuc restabit quærere, utrum et aliud non potuerit »[37]; né si risolvendo ad accettar questo senso o escluder quello, anzi non gli parendo di potersi stimar mai cautelato a sufficienza, séguita: « Quod si et aliud potuisse invenerimus, incertum erit, quidnam eorum ille voluerit; aut utrumque voluisse, non inconvenienter creditur, si utrique sententiæ certa circumstantia suffragatur. »[38] E finalmente, quasi volendo render ragione di questo suo instituto, col mostrarci a quali pericoli esporrebbono sé e le Scritture e la Chiesa quelli che, riguardando più al mantenimento d'un suo errore che alla dignità della Scrittura, vorrebbono estender l'autorità di quella oltre a i termini che ella stessa si prescrive, soggiugne le seguenti parole, che per sé sole doverebbono bastare a reprimere e moderare la soverchia licenza che tal uno pretende di potersi pigliare: « Plerumque enim accidit,

[36] « Ma se una prova certa avrà dimostrato che questo [senso] è vero, rimarrà ancora incerto se il sacro scrittore con quelle parole abbia voluto significare questo o piuttosto altra cosa non meno vera; che se il resto del discorso avrà provato che egli non questo ha voluto che si intendesse, non perciò sarà falso l'altro che egli volle fosse inteso, ma vero e più utile ».

[37] « Se poi il contesto della Scrittura non ripugnerà a che questo lo scrittore abbia voluto intendere, ancora si potrà chiedere se anche altro non poté significare ».

[38] « Che se troveremo che anche altro avrebbe potuto significare, sarà incerto quale dei due sensi egli abbia voluto, o se non arbitrariamente si crede che abbia voluto l'uno e l'altro, se l'una e l'altra opinione è suffragata da circostanza certa ».

ut aliquid de Terra, de cælo, de cæteris huius mundi elementis, de motu et conversione vel etiam magnitudine et intervallis siderum, de certis defectibus Solis et Lunæ, de circuitibus annorum et temporum, de naturis animalium, fruticum, lapidum, atque huiusmodi cæteris, etiam non Christianus ita noverit, ut certissima ratione vel experientia teneat. Turpe autem est nimis et perniciosum ac maxime cavandum, ut Christianum de his rebus quasi secundum Christianas Literas loquentem ita delirare quilibet infidelis audiat, ut, quemadmodum dicitur, toto cælo errare conspicens, risum tenere vix possit; et non tam molestum est quod errans homo derideretur, sed quod authores nostri ab eis qui foris sunt talia sensisse creduntur, et, cum magno exitio eorum de quorum salute satagimus, tamquam indocti reprehenduntur atque respuuntur. Cum enim quemquam de numero Christianorum ea in re quam ipsi optime norunt errare deprehenderint, et vanam sententiam suam de nostris libris asserent, quo pacto illis libris credituri sunt de resurrectione mortuorum et de spe vitæ æternæ regnoque cælorum, quando de his rebus quas iam experiri vel indubitatis rationibus percipere potuerunt, fallaciter putaverint esse conscriptos? »[39] Quanto poi restino offesi i Padri veramente saggi e prudenti da questi tali che, per sostener proposizioni

[39] « Spesso infatti capita che un autore anche non cristiano abbia avuto una certa nozione circa la terra, il cielo ed altri elementi di questo mondo, sul moto e sulla conversione o anche sulle grandezze e sulle distanze delle stelle a determinate ecclissi del sole e di luna, nel corso degli anni dei tempi, sulla natura degli animali, delle piante, delle pietre o di altre cose del genere, da tenerla per certissima ragione o esperienza. È infatti molto indegno e dannoso ed in ogni maniera da evitare che un certo infedele oda un cristiano parlare di queste cose secondo le Sacre scritture in modo così delirante, che come si dice, vedendolo 'errare in modo assoluto' a stento possa trattenere il riso, e non è tanto molesto che sia deriso un uomo in errore, quanto che nostri scrittori, agli estranei, sembrino credere tali errori e con gran danno di coloro della cui salute abbiamo cura, e che come ignoranti siano redarguiti e disprezzati. Quando infatti colgono in errore qualche cristiano in cosa che essi conoscono benissimo, e dichiarano il suo vano parere preso dai nostri libri, come potranno credere alla resurrezione dei morti, alla speranza della vita eterna e del regno dei cieli, quando avranno giudicato erronei i nostri libri circa le cose che essi han potuto già verificare e conoscere con ragioni indubitabili? ».

da loro non capite, vanno in certo modo impegnando i luoghi delle Scritture, riducendosi poi ad accrescere il primo errore col produrr'altri luoghi meno intesi de' primi, esplica il medesimo Santo con le parole che seguono: « Quid enim molestiæ tristitiæque ingerant prudentibus fratribus temerarii præsumptores, satis dici non potest, cum si quando de prava et falsa opinione sua reprehendi et convinci cæperint ab eis qui nostrorum librorum authoritate non tenentur, ad defendendum id quod levissima temeritate et apertissima falsitate dixerunt, eosdem libros sanctos unde id probent, proferre conantur; vel etiam memoriter, quæ ad testimonium valere arbitrantur, multa inde verba pronunciant, non intelligentes neque quæ loquuntur neque de quibus affirmant. »[40]

Del numero di questi parmi che sieno costoro, che non volendo o non potendo intendere le dimostrazioni ed esperienze con le quali l'autore ed i seguaci di questa posizione la confermano, attendono pure a portar innanzi le Scritture, non si accorgendo che quante più ne producono e quanto più persiston in affermar quelle esser chiarissime e non ammetter altri sensi che quelli che essi gli danno, di tanto maggior progiudizio sarebbono alla dignità di quelle (quando il lor giudizio fosse di molta autorità), se poi la verità conosciuta manifestamente in contrario arrecasse qualche confusione, al meno in quelli che son separati da Santa Chiesa, de' quali pur ella è zelantissima e madre desiderosa di ridurgli nel suo grembo. Vegga dunque l'Altezza Vostra quanto disordinatamente procedono quelli che, nelle dispute naturali, nella prima fronte costituiscono per loro argumenti luoghi della Scrittura, e ben spesso malamente da loro intesi.

[40] « Non si dirà mai abbastanza quanta molestia e quanto danno arrechino ai fratelli prudenti quelli che sono temerari e presuntuosi, quando, se qualche volta cominciano ad essere ripresi e convinti d'errore per qualche loro distorta e falsa opinione da quelli che non riconoscono l'autorità dei nostri libri, per difendere quello che avevano detto con leggerissima temerità e con chiara falsità, tentano di portare avanti i libri sacri, allo scopo di confermare le loro asserzioni, oppure da questi libri citano molto a memoria, credendo che ciò valga come testimonianza, non comprendendo né le parole nè il loro senso ».

Ma se questi tali veramente stimano e interamente credono d'avere il vero sentimento di un tal luogo particolare della Scrittura, bisogna, per necessaria conseguenza, che si tenghino anco sicuri d'aver in mano l'assoluta verità di quella conclusione naturale che intendono di disputare, e che insieme conoschino d'aver grandissimo vantaggio sopra l'avversario, a cui tocca a difender la parte falsa; essendo che quello che sostiene il vero, può aver molte esperienze sensate e molte dimostrazioni necessarie per la parte sua, mentre che l'avversario non può valersi d'altro che d'ingannevoli apparenze, di paralogismi e di fallacie. Ora se loro, contenendosi dentro a i termini naturali e non producendo altre armi che le filosofiche, sanno ad ogni modo d'esser tanto superiori all'avversario, perché, nel venir poi al congresso, por subito mano ad un'arme inevitabile e tremenda, per atterrire con la sola vista il loro avversario? Ma, se io devo dir il vero, credo che essi sieno i primi atterriti, e che, sentendosi inabili a potere star forti contro alli assalti dell'avversario, tentino di trovar modo di non se lo lasciar accostare, vietandogli l'uso del discorso che la Divina Bontà gli ha conceduto, ed abusando l'autorità giustissima della Sacra Scrittura, che, ben intesa ed usata, non può mai, conforme alla comun sentenza de' teologi, oppugnar le manifeste esperienze o le necessarie dimostrazioni. Ma che questi tali rifugghino alle Scritture per coprir la loro impossibilità di capire, non che di solvere, le ragioni contrarie, dovrebbe, s'io non m'inganno, essergli di nessun profitto, non essendo mai sin qui stata cotal opinione dannata da Santa Chiesa. Però, quando volessero procedere con sincerità, doverebbono o, tacendo, confessarsi inabili a poter trattar di simili materie, o vero prima considerare che non è nella potestà loro né di altri che del Sommo Pontefice o de' sacri Concilii il dichiarare una proposizione per erronea, ma che bene sta nell'arbitrio loro il disputar della sua falsità; dipoi, intendendo come è impossibile che alcuna proposizione sia insieme vera ed eretica, dovrebbono occuparsi in quella parte che più aspetta a loro, ciò è in dimostrar la falsità di quella; la quale come avessero scoperta, o non occorrerebbe più il proibirla, perché nessuno

la seguirebbe, o il proibirla sarebbe sicuro e senza pericolo di scandalo alcuno.

Però applichinsi prima questi tali a redarguire le ragioni del Copernico e di altri, e lascino il condennarla poi per erronea ed eretica a chi ciò si appartiene; ma non sperino già d'esser per trovare nei circuspetti e sapientissimi Padri e nell'assoluta sapienza di Quel che non può errare, quelle repentine resoluzioni nelle quali essi talora si lascerebbono precipitare da qualche loro affetto o interesse particolare: perché sopra queste ed altre simili proposizioni, che non sono direttamente *de Fide*, non è chi dubiti che il Sommo Pontefice ritien sempre assoluta potestà di ammetterle o di condennarle; ma non è già in poter di creatura alcuna il farle esser vere o false, diversamente da quel che elleno per sua natura e *de facto* si trovano essere. Però par che miglior consiglio sia l'assicurarsi prima della necessaria ed immutabil verità del fatto, sopra la quale nissuno ha imperio, che, senza tal sicurezza, col dannare una parte spogliarsi dell'autorità e libertà di poter sempre eleggere, riducendo sotto necessità quelle determinazioni che di presente sono indifferenti e libere e riposte nell'arbitrio dell'autorità suprema. Ed in somma, se non è possibile che una conclusione sia dichiarata eretica mentre si dubita che ella poss'esser vera, vana doverà esser la fatica di quelli che pretendono di dannar la mobilità della Terra e la stabilità del Sole, se prima non la dimostrano essere impossibile e falsa.

Resta finalmente che consideriamo, quanto sia vero che il luogo di Giosuè si possa prendere senza alterare il puro significato delle parole, e come possa essere che, obedendo il Sole al comandamento di Giosuè, che fu che egli si fermasse, ne potesse da ciò seguire che il giorno per molto spazio si prolungasse.

La qual cosa, stante i movimenti celesti conforme alla costituzione Tolemaica, non può in modo alcuno avvenire: perché, facendosi il movimento del Sole per l'eclittica secondo l'ordine de' segni, il quale è da occidente verso oriente, ciò è contrario al movimento del primo mobile da oriente in occidente, che è quello che fa il giorno e la notte, chiara

cosa è che, cessando il Sole dal suo vero e proprio movimento, il giorno si farebbe più corto, e non più lungo, e che all'incontro il modo dell'allungarlo sarebbe l'affrettare il suo movimento; in tanto che, per fare che il Sole restasse sopra l'orizonte per qualche tempo in un istesso luogo, senza declinar verso l'occidente, converrebbe accelerare il suo movimento tanto che pareggiasse quel del primo mobile, che sarebbe un accelerarlo circa trecento sessanta volte più del suo consueto. Quando dunque Iosuè avesse avuto intenzione che le sue parole fossero prese nel loro puro e propriissimo significato, averebbe detto al Sole ch'egli accelerasse il suo movimento, tanto che il ratto del primo mobile non lo portasse all'occaso; ma perché le sue parole erano ascoltate da gente che forse non aveva altra cognizione de' movimenti celesti che di questo massimo e comunissimo da levante a ponente, accomodandosi alla capacità loro, e non avendo intenzione d'insegnargli la costituzione delle sfere, ma solo che comprendessero la grandezza del miracolo fatto nell'allungamento del giorno, parlò conforme all'intendimento loro.

Forse questa considerazione mosse prima Dionisio Areopagita [41] a dire che in questo miracolo si fermò il primo mobile, e fermandosi questo, in conseguenza si fermoron tutte le sfere celesti: della quale opinione è l'istesso sant'Agostino, e l'Abulense [42] diffusamente la conferma. Anzi, che l'intenzione dell'istesso Iosuè fusse che si fermasse tutto il sistema delle celesti sfere, si comprende dal comandamento fatto ancora alla Luna, ben che essa non avesse che fare nell'allungamento del giorno; e sotto il precetto fatto ad essa Luna s'intendono gli orbi de gli altri pianeti, taciuti in questo luogo come in tutto il resto delle Sacre Scritture, delle quali non è stata mai intenzione d'insegnarci le scienze astronomiche.

Parmi dunque, s'io non m'inganno, che assai chiaramente si scorga che, posto il sistema Tolemaico, sia necessario

[41] *In Epistola ad Polycarpum* (nota di Galilei).
[42] *De mirabilibus Sacrae Scripturae*, lib. II. – *Quaest.*, 22, 24 in cap. X, Iosuè (note di Galilei).

interpetrar le parole con qualche sentimento diverso dal loro punto significato: la quale interpetrazione, ammonito dagli utilissimi documenti di sant'Agostino, non direi esser necessariamente questa, sì che altra forse migliore e più accomodata non potesse sovvenire ad alcun altro. Ma se forse questo medesimo, più conforme a quanto leggiamo in Giosuè, si potesse intendere nel sistema Copernicano, con l'aggiunta di un'altra osservazione, nuovamente da me dimostrata nel corpo solare, voglio per ultimo mettere in considerazione; parlando sempre con quei medesimi riserbi di non esser talmente affezionato alle cose mie, che io voglia anteporle a quelle degli altri, e creder che di migliori e più conformi all'intenzione delle Sacre Lettere non se ne possino addurre.

Posto dunque, prima, che nel miracolo di Iosuè si fermasse tutto 'l sistema delle conversioni celesti, conforme al parere de' sopra nominati autori, e questo acciò che, fermatone una sola, non si confondesser tutte le costituzioni e s'introducesse senza necessità gran perturbamento in tutto 'l corso della natura, vengo nel secondo luogo a considerare come il corpo solare, ben che stabile nell'istesso luogo, si rivolge però in se stesso, facendo un'intera conversione in un mese in circa, sì come concludentemente, mi par d'aver dimostrato nelle mie Lettere delle Macchie Solari [43]: il qual movimento vegghiamo sensatamente esser, nella parte superior del globo, inclinato verso il mezo giorno, e quindi, verso la parte inferiore, piegarsi verso aquilone, nell'istesso modo appunto che si fanno i rivolgimenti di tutti gli orbi de' pianeti. Terzo, riguardando noi alla nobiltà del Sole, ed essendo egli fonte di luce, dal qual pur, com'io necessariamente dimostro, non solamente la Luna e la Terra, ma tutti gli altri pianeti, nell'istesso modo per se stessi tenebrosi, vengono illuminati, non credo che sarà lontano dal ben filosofare il dir che egli, come ministro massimo della natura e in certo modo anima e cuore del mondo, infonde a gli altri corpi che lo circondano non solo la luce, ma il moto ancora, co 'l rigirarsi in se medesimo; sì che, nell'istesso modo che, cessando 'l moto

[43] Cfr. pp. 327 segg.

del cuore nell'animale, cesserebbono tutti gli altri movimenti delle sue membra, così, cessando la conversion del Sole, si fermerebbono le conversioni di tutti i pianeti. E come che della mirabil forza ed energia del Sole io potessi produrne gli assensi di molti gravi scrittori, voglio che mi basti un luogo solo del Beato Dionisio Areopagita nel libro *De divinis nominibus*; il quale del Sole scrive così: « Lux etiam colligit convertitque ad se omnia, quæ moventur, quæ illustrantur, quæ calescunt, et uno nomine ea quæ ab eius splendore continentur. Itaque Sol Ilios dicitur, quod omnia congreget colligatque dispersa. » E poco più a basso scrive dell'istesso Sole: « Si enim Sol hic, quem videmus, eorum quæ sub sensum cadunt essentias et qualitates, quamquam multæ sint ac dissimiles, tamen ipse, qui unus est æquabiliterque lumen fundit, renovat, alit, tuetur, perficit, dividit, coniungit, fovet, fæcunda reddit, auget, mutat, firmat, edit, movet, vitaliaque facit omnia, et unaquæque res huius universitatis, pro captu suo, unius atque eiusdem Solis est particeps, causasque multorum, quæ participant, in se æquabiliter anticipatas habet; certe maiore ratione » [44] etc. Essendo, dunque, il Sole e fonte di luce e principio de' movimenti, volendo Iddio che al comandamento di Iosuè restasse per molte ore nel medesimo stato immobilmente tutto 'l sistema mondano, bastò fermare il Sole, alla cui quiete fermatesi tutte l'altre conversioni, restarono e la Terra e la Luna e 'l Sole nella medesima costituzione, e tutti gli altri pianeti insieme; né per tutto quel tempo declinò 'l giorno verso la notte, ma miracolosamente si prolungò: ed in questa maniera col fermare il Sole, senza alterar punto o confondere gli altri aspetti e scambievoli costituzioni delle stelle, si potette allungare il giorno in Terra, conforme esquisitamente al senso literale del sacro testo.

Ma quello di che, s'io non m'inganno, si deve far non piccola stima, è che con questa costituzione Copernicana si ha il senso literale apertissimo e facilissimo d'un altro particolare che si legge nel medesimo miracolo; il quale è, che

[44] Per la traduzione di questi passi cfr. la lettera al Dini del 23 marzo 1615, p. 547, n. 11.

il Sole si fermò nel mezo del cielo. Sopra 'l qual passo gravi teologi muovono difficultà: poi che par molto probabile che quando Giosuè domandò l'allungamento del giorno, il Sole fusse vicino al tramontare, e non nel meridiano; perché quando fusse stato nel meridiano, essendo allora intorno al solstizio estivo, e però i giorni lunghissimi, non par verisimile che fusse necessario pregar l'allungamento del giorno per conseguir vittoria in un conflitto, potendo benissimo bastare per ciò lo spazio di sette ore e più di giorno che rimanevano ancora. Dal che mossi gravissimi teologi, hanno veramente tenuto che 'l Sole fusse vicino all'occaso; e così par che suonino anco le parole, dicendosi: *Ferma, Sole, fermati*: ché se fosse stato nel meridiano, o non occorreva ricercare il miracolo, o sarebbe bastato pregar solo qualche ritardamento. Di questa opinione è il Caietano [45], alla quale sottoscrive il Magaglianes, confermandola con dire che Iosuè aveva quell'istesso giorno fatte tant'altre cose avanti il comandamento del Sole, che impossibile era che fussero spedite in un mezo giorno: onde si riducono ad interpetrar le parole *in medio cæli* veramente con qualche durezza, dicendo che l'importano l'istesso che il dire che il Sole si fermò essendo nel nostro emisferio, ciò è sopra l'orizonte. Ma tal durezza ed ogn'altra, s'io non erro, sfuggirem noi, collocando, conforme al sistema Copernicano, il Sole nel mezo, ciò è nel centro degli orbi celesti e delle conversioni de' pianeti, sì come è necessarissimo di porvelo; perché, ponendo qualsivoglia ora del giorno, o la meridiana o altra quanto ne piace vicina alla sera, il giorno fu allungato e fermate tutte le conversioni celesti col fermarsi il Sole nel mezo del cielo, ciò è nel centro di esso cielo, dove egli risiede: senso tanto più accomodato alla lettera, oltre a quel che si è detto, quanto che, quando anco si volesse affermare la quiete del Sole essersi fatta nell'ora del mezo giorno, il parlar proprio sarebbe stato il dire che *stetit in meridie, vel in meridiano circulo*, e non *in medio cæli*, poi che di un corpo sferico, quale è il cielo, il mezo è veramente e solamente il centro.

[45] Tommaso de Vio, vescovo di Gaeta (1468-1534).

Quanto poi ad altri luoghi della Scrittura, che paiono contrariare a questa posizione, io non ho dubbio che quando ella fusse conosciuta per vera e dimostrata, quei medesimi teologi che, mentre la reputan falsa, stimano tali luoghi incapaci di esposizioni concordanti con quella, ne troverebbono interpetrazioni molto ben congruenti, e massime quando all'intelligenza delle Sacre Lettere aggiugnessero qualche cognizione delle scienze astronomiche: e come di presente, mentre la stimano falsa, gli par d'incontrar, nel leggere le Scritture, solamente luoghi ad essa repugnanti, quando si avessero formato altro concetto, ne incontrerebbero per avventura altrettanti di concordi; e forse giudicherebbono che Santa Chiesa molto acconciamente narrasse che Iddio collocò il Sole nel centro del cielo e che quindi, col rigirarlo in se stesso a guisa d'una ruota, contribuisce gli ordinati corsi alla Luna ed all'altre stelle erranti, mentre ella canta:

Cæli Deus sanctissime,
qui lucidum centrum poli
candore pingis igneo,
augens decoro lumine;
quarto die hui flammeam
solis rotam constituens,
lunæ ministras ordinem,
vagosque cursus siderum [46].

Potrebbono dire, il nome di firmamento convenirsi molto bene *ad literam* alla sfera stellata ed a tutto quello che è sopra le conversioni de' pianeti, che, secondo questa disposizione, è totalmente fermo ed immobile. Così, movendosi la Terra circolarmente, s'intenderebbono i suoi poli dove si legge: « Nec dum Terram fecerat, et flumina et cardines orbis Terræ » [47]; i quali cardini paiono indarno attribuiti al globo terrestre, se egli sopra non se gli deve raggirare.

[46] « Dio santissimo del cielo, che dipingi con splendore di fuoco il luminoso centro del polo, arricchendolo di bella luce; e che creando il quarto giorno il fiammeggiante disco del Sole dai la regola alla luna e i vaghi corsi delle stelle » (inno attribuito a S. Ambrogio).

[47] « Non aveva ancora fatto la Terra i fiumi e i cardini dell'orbe terrestre ».

IL SAGGIATORE

(1623)

Provocato dalla polemica intorno all'apparizione nei cieli d'Europa di tre comete nell'anno 1618, Il Saggiatore *si inserisce nella vicenda del copernicanesimo, resa difficile ed insidiosa dalla sentenza del 1616, e costituisce uno dei documenti più brillanti ed efficaci del linguaggio, del costume e della stessa mentalità che la nuova scienza esige. Perciò l'opera, che, come è stato più volte osservato, non ha valore per la tesi, in vero inesatta, sostenuta da Galilei circa la natura e l'origine delle comete, quanto piuttosto per il suo carattere polemico contro abitudini, espressioni e comportamenti propri di una tradizione scientifico-culturale che le indagini fisico-matematiche di Galilei e della sua scuola avevano definitivamente sconfitto.* Il Saggiatore *quindi si ricollega, per la sua efficacia polemica e per il suo significato « pedagogico », alle grandi opere galileiane, il* Dialogo *e i* Discorsi, *ed è nel contempo la continuazione e lo sviluppo della concezione galileiana dell'uomo e dello scienziato espressa nelle lettere del 1613 e del 1615 sui rapporti tra scienza e religione.*

La sua pubblicazione interruppe l'operoso ma guardingo sospetto in cui la scuola galileiana s'era rinchiusa, con i discepoli stretti attorno al maestro da vincoli di solidarietà scientifica, dopo che la Congregazione dell'Indice aveva proibito gli scritti copernicani finché non fossero stati corretti. L'occasione fu fornita dall'apparizione di tre comete; Galilei afflitto da una fastidiosa artrite che gli impediva l'osservazione, non poté vederle; ma ne ricevette le prime notizie da due lettere, provenienti da Roma, del 23 e del 30 novembre 1618. Dopo le clamorose sco-

perte del 1610, l'interesse per i fatti astronomici s'era diffuso in molti ambienti e la curiosità per le nuove comete fu notevole. Scriveva a Galilei don Virginio Cesarini il 1° dicembre di quell'anno: « Le novità vedutesi ne' giorni passati per il cielo svegliano gli huomini anco non curiosi e sforzano a levarsi di letto i più sonnacchiosi e pigri della città di Roma, in cui non potrebbe V. S. imaginarsi che movimento habbia fatto l'apparizione di due comete, e che ragionamenti sciocchi e popolari habbia suscitato ». Questo diffuso interesse per l'astronomia e l'avvertita esigenza di soddisfare la curiosità popolare secondo le nuove prospettive astronomiche, indussero gli studiosi a non trascurare quest'avvenimento: ben diversa era stata infatti la partecipazione della cultura ufficiale ad altre apparizioni del genere, come per esempio la cometa del 1577 studiata da Tycho Brahe e le stelle del 1604 sulle quali Galilei aveva tenuto alcune interessanti lezioni a Padova (cfr. la nota introduttiva alle Operazioni del compasso geometrico-militare, *pp. 191-94); questa volta uomini di cultura e uomini politici sollecitarono astronomi e scienziati perché fornissero esaurienti informazioni sul fenomeno celeste e a Galilei giunsero d'ogni parte richieste di chiarimenti: il principe Leopoldo d'Austria, direttamente e tramite il suo segretario Giovanni Remo, si rivolse a lui attendendo il suo parere.*

I primi a pubblicare i risultati della loro indagine furono i gesuiti del Collegio romano, che già in occasione delle scoperte del 1610, con l'autorevole parola del padre Cristoforo Clavio, avevano convalidato il valore scientifico delle scoperte galileiane; dopo la sentenza del 1616, non ritenendo ormai sostenibile la teoria aristotelica sulle comete (considerate da Aristotele come meteore atmosferiche sollevatesi fino alla sfera del fuoco e poi incendiatesi e trascinate in giro dal moto circolare dei cieli superiori), ma non potendo accostarsi, per i divieti di quella sentenza alla teoria copernicana, si appoggiarono alla tesi sostenuta da Tycho Brahe nel 1577, secondo cui, il luogo delle comete era superiore alla sfera della luna. Questa teoria, che non si pronunciava sulla natura della cometa e che ammetteva, con Aristotele, che il suo movimento fosse circolare, si rivelava, dopo il 1610, come un ripiego per non ammettere la validità della cosmologia copernicana: si può così spiegare la ragione del favore incontrato presso gli studiosi della Compagnia di Gesù: « I Gesuiti – scriveva da Roma G. B. Rinuccini il 2 marzo 1619 – n'hanno pubblicamente fatto un Problema, che si stampa, e tengono fermamente che [la cometa] sia nel cielo, et alcuni fuora de' Gesuiti spargono voce che questa cosa butta in terra il sistema del Copernico e che egli non ha il maggior argomento di questo ».

Nel 1619 fu infatti pubblicata, per i tipi di Giacomo Mascardi, la Disputatio astronomica de tribus cometis anni MDCXIX, *ufficialmente presentata come il testo della discussione tenuta nel Collegio romano della Compagnia di Gesù « ab uno ex Patribus eiusdem Societatis », il padre Orazio Grassi da Savona. Pur aderendo alla teoria ticonica sulle comete, che peraltro sarà preferita perché più valida di altre tesi, il Grassi non aveva condotto la sua ricerca con criteri e procedimenti scientifici, i quali ormai, per l'influenza della scuola galileiana, si venivano affermando un po' dappertutto; ma si avvaleva di argomentazioni logiche, di ragionamenti astratti, di paragoni letterari ed eruditi, spesse volte cadendo in discorsi retorici e mostrando così, sotto l'apparente pretesa di modernità cui, per la propria specifica funzione storica, ambiva la Compagnia di Gesù, una sostanziale dipendenza dalla tradizionale forma di discussione che le nuove correnti scientifiche dimostravano sempre più inaccettabile.*

La scuola galileiana non poteva restare assente da questa discussione. Galilei non aveva avuto finora occasione di esprimere il suo punto di vista sulle comete; d'altro canto, impedito dai suoi malanni, non poté personalmente osservare le recenti apparizioni celesti: fu un suo amico ed allievo, Mario Guiducci (1585-1646), ad esporre dinanzi all'Accademia fiorentina, di cui era console, le considerazioni galileiane sulle teorie del Grassi e ad avanzare una nuova ipotesi, secondo la quale le comete venivano definite corpi non già reali ma apparenti, semplici effetti ottici dovuti alla riflessione della luce del sole su masse di vapore. Il Discorso delle Comete *di Mario Guiducci fu stampato nel 1619, ma da tutti fu considerato opera, almeno indiretta, di Galilei: il Favaro, predisponendo l'edizione nazionale degli scritti galileiani, poté identificare dai ma-*

noscritti del Discorso *le parti di mano del Galilei, confermando così l'ipotesi di un suo intervento, anche materiale, nella stesura del* Discorso. *Non tutti gli amici di Galilei però furono soddisfatti: mentre infatti G. F. Sagredo e Baliani mossero varie obbiezioni (« L'opinione di cotesto suo Accademico sopra la cometta mi riesce alquanto dura, et se l'authorità di V. S. Ecc.ma non facesse forza al mio discorso, ardirei quasi negarla », scrisse il Sagredo il 6 luglio 1619); il Ciampoli criticò l'attacco scoperto alla compagnia di Gesù: « I Giesuiti se ne tengono molto offesi, e si preparano alle risposte; e ben che in questa parte io sappia e conosca la saldezza delle sue [di Galilei] conclusioni, con tutto ciò mi dispiace che tanto si sia diminuita in loro quella benevolenza et applauso che facevano al suo nome » (lettera del 12 luglio 1619).*

Il padre Grassi, direttamente attaccato, reagì con uno scritto polemico, la Libra astronomica ac philosophica, *sotto lo pseudonimo di Lotario Sarsi Sigensano, anagramma di Horatio Grassi Salonense. In questo scritto, l'autore respinge le obbiezioni del Guiducci e rifiuta l'ipotesi galileiana tendente a considerare le comete come vapori terrestri. Pur avendo buon gioco nella critica di tale teoria (che oggi sappiamo inesatta), l'opuscolo rivela le deficienze e i limiti dipendenti dall'ossequio ad un tipo di discussione nient'affatto scientifico. L'attacco diretto contro Galilei e la trasparente allusione intimidatoria alla sentenza del 1616 denunciano l'irritazione del Grassi per lo scritto del Guiducci. Gli amici di Galilei si mossero, consigliandolo di non lasciar cadere la disputa ma di essere tuttavia molto cauto. Galilei si mise a stendere la risposta sotto forma di annotazioni alla* Libra astronomica, *che raccolse sotto il titolo di « Il Saggiatore, nel quale con bilancia esquisita e giusta si ponderano le cose contenute nella Libra Astronomica e Filosofica di Lotario Sarsi Sigensano ».*

La stampa del libro fu eseguita a cura dell'Accademia dei Lincei la cui insegna figura nel frontespizio: chiaro segno dell'adesione dei più eminenti uomini di cultura all'opera galileiana di rinnovamento dei metodi scientifici e fu stampata dopo quattro anni, nel 1623, quando già era salito sul soglio pontificio, col nome di Urbano VIII, il cardinale Maffeo Barberini. Il Saggiatore

con il suo titolo non è soltanto una contrapposizione verbale alla Libra, *ma anche un'allusione al più preciso metodo di ricerca seguito dalla nuova scuola, ed è indirizzato sotto forma di lettera a don Virginio Cesarini, da poco accademico lincco e maestro di camera del Pontefice. Il testo è preceduto da una dedica dei Lincei al Papa e da due composizioni poetiche in onore di Galilei, la prima, in latino, di Giovanni Faber, e la seconda in italiano di Francesco Stelluti. La prima edizione risultò molto scorretta: l'Accademia dei Lincei aveva affidato al poeta Tommaso Stigliani la cura della stampa, ma questi trascurò la correzione e interpolò un passo per citare, fra vari poeti, anche se stesso; per questo Galilei compilò più tardi un lungo elenco di errori. I curatori dell'edizione nazionale, di cui qui ci siamo serviti, si avvalsero di esemplari corretti da Galilei.*

Nella presente edizione abbiamo indicato con le frasi iniziali e terminali i brani latini della Libra astronomica ac philosophica *del Grassi, che Galilei riporta via via onde commentarli puntualmente. Abbiamo, poi, citato in nota i relativi luoghi del vol. VI dell'edizione nazionale delle* Opere *di Galilei, nel quale volume il lettore potrà trovare riprodotta l'opera del Grassi; quando l'intelligenza del testo lo ha richiesto, abbia riferito in sintesi il contenuto dei rispettivi brani della* Libra.

IL SAGGIATORE

NEL QUALE
CON BILANCIA ESQUISITA E GIUSTA
SI PONDERANO LE COSE CONTENUTE
NELLA
LIBRA ASTRONOMICA E FILOSOFICA
DI
LOTARIO SARSI SIGENSANO
SCRITTO
IN FORMA DI LETTERA
ALL'ILLUSTRISSIMO E REVERENDISSIMO
MONSIG.
D. VIRGINIO CESARINI
ACCADEMICO LINCEO
MAESTRO DI CAMERA DI N. S.
DAL SIGNOR
GALILEO GALILEI
ACCADEMICO LINCEO NOBILE FIORENTINO
FILOSOFO E MATEMATICO PRIMARIO
DEL
SERENISSIMO
GRAN DUCA DI TOSCANA

ALLA SANTITÀ DI N. S.

PAPA URBANO OTTAVO[1]

In questo universal giubilo delle buone lettere, anzi dell'istessa virtù, mentre la città tutta, e spezialmente la Santa Sede, più che mai risplende per esservi la Santità Vostra da celeste e divina disposizione collocata, e non vi è mente alcuna che non s'accenda a lodevoli studi ed a degne operazioni per venerare, imitando, essempio sì eminente, veguiamo noi a comparirle davanti, carichi d'infiniti obblighi per li benefizii sempre dalla sua benigna mano ricevuti, e pieni di contento e d'allegrezza per vedere in così sublime seggio un tanto padrone essaltato. Portiamo, per saggio, della nostra divozione e per tributo della nostra vera servitù, il *Saggiatore* del nostro Galilei, del Fiorentino scopritore non

[1] Il cardinale Maffeo Barberini (1568-1644) fu eletto pontefice, col nome di Urbano VIII, nell'agosto 1623. Fine letterato, apprezzò la cultura e fu perciò tra gli ammiratori di Galilei; nel 1611, assistendo a Firenze alla disputa sui galleggianti, si schierò a favore del Nostro; nel corso della disputa sulle comete, quando già s'era verificato l'urto tra i galileiani e i gesuiti, gli inviò, con una cortese lettera del 28 agosto 1620, un componimento poetico in suo onore intitolato *Adulatio perniciosa*. La sua elezione al soglio pontificio fu accolta con entusiasmo dagli scienziati più avanzati, per le speranze che il suo passato suscitava, tanto più che chiamò attorno a sé alcuni ecclesiastici colti e di larghe vedute, amici di Galilei, come don Virginio Cesarini, linceo, e G. Ciampoli, che fu segretario ai brevi pontifici. Tuttavia, nel 1632, dopo la pubblicazione del *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, il suo favore si mutò in sospetto e sdegno nei confronti dell'opera e del suo autore tanto che ne autorizzò la condanna.

di nuove terre, ma di non più vedute parti del cielo [2]. Questo contiene investigazioni di quegli splendori celesti, che maggior maraviglia sogliono apportare. Lo dedichiamo e doniamo alla Santità Vostra, come a quella c'ha l'anima di veri ornamenti e splendori ripiena, e c'ha ad altissime imprese l'eroica mente rivolta; desiderando che questo ragionamento d'inusitate faci del cielo sia a lei segno di quel più vivo ed ardente affetto che è in noi, di servire e di meritare la grazia di Vostra Santità. Ai cui piedi intanto umilmente inchinandoci, la supplichiamo a mantener favoriti i nostri studi co' cortesi raggi e vigoroso calore della sua benignissima protezione.

Di Roma, li 20 di Ottobre 1623.

Della Santità Vostra

Umilissimi ed Obligatissimi Servi
GLI ACCADEMICI LINCEI [3]

[2] Cfr. *Sidereus nuncius*, p. 279: « Ma io, lasciando le cose terrene, mi rivolsi alle speculazioni celesti ».

[3] L'Accademia dei Lincei fu fondata nel 1603 dal principe Federico Cesi (1585-1630) per il rinnovamento degli studi di scienze naturali. L'Accademia mantenne sempre fede al suo ideale della libertà della ricerca scientifica: nel fiorire di iniziative culturali e di nuove forme di istituzioni scientifiche, proprio dell'Europa tra il sec. XVII e il XVIII, l'Accademia dei Lincei seppe costituire per l'Italia un'illustre attestazione della forza degli ideali culturali in una situazione politico-culturale avversa.

IL SAGGIATORE

DEL SIGNOR

GALILEO GALILEI

ACCADEMICO LINCEO, FILOSOFO E MATEMATICO PRIMARIO
DEL SERENISSIMO GRAN DUCA DI TOSCANA
SCRITTO IN FORMA DI

LETTERA

ALL'ILLUSTRISSIMO E REV.MO SIGNOR DON VIRGINIO CESARINI [4]
ACCADEMICO LINCEO, MASTRO DI CAMERA DI N. S.

Io non ho mai potuto intendere, Illustrissimo Signore, onde sia nato che tutto quello che de' miei studi, per aggradire o servire altrui, m'è convenuto metter in publico, abbia incontrato in molti una certa animosità in detrarre, defraudare e vilipendere quel poco di pregio che, se non per l'opera, almeno per l'intenzion mia m'era creduto di meritare. Non prima fu veduto alle stampe il mio *Nunzio Sidereo*, dove si dimostrarono tanti nuovi e meravigliosi discoprimenti nel cielo, che pur doveano esser grati agli amatori della vera [5] filosofia, che tosto si sollevaron per mille bande insidiatori di quelle lodi dovute a così fatti ritrovamenti: né mancaron di quelli che, solo per contradir a' miei detti, non si curarono di recar in dubbio quanto fu veduto a lor piacimento e riveduto più volte da gli occhi loro. Imposemi il Serenissimo Gran Duca Cosimo II, di gloriosa memoria mio signore, ch'io

[4] Virginio Cesarini (1595-1624) figlio della duchessa Letizia Orsini, fu scrittore elegante di versi latini e italiani e uomo di vasta cultura, tanto che fu chiamato a far parte dell'Accademia dei Lincei. Da Urbano VIII fu scelto come maestro di camera. Colpito da malattia nel 1623, morì l'anno successivo.

[5] L'uso del termine « filosofia » per scienza è dovuto alla tradizione culturale, che includeva nel sapere filosofico ogni tipo di ricerca. Gli avversari, cui qui allude Galilei, sono non solo i dotti peripatetici, come il Cremonini, che si rifiutò di accostare l'occhio al cannocchiale per non dover dubitare delle teorie aristoteliche, ma anche gli ecclesiastici come Tommaso Caccini e Nicolò Lorini, che predicarono contro la nuova scuola scientifica.

scrivessi il mio parere delle cagioni del galleggiare o affondarsi le cose nell'acqua; e, per sodisfar a così fatto comandamento, avendo disteso in carta quanto m'era sovvenuto oltre alla dottrina d'Archimede, che per avventura è quanto di vero in effetto circa sì fatta materia poteva dirsi, eccoti subito piene tutte le stamperie d'invettive contro del mio *Discorso* [6]; né avendo punto riguardo che quanto da me fu prodotto fusse confermato e concluso con geometriche dimostrazioni, contradissero al mio parere, né s'avvidero (tanto ebbe forza la passione) che 'l contradire alla geometria è un negare scopertamente la verità [7]. Le *Lettere delle Macchie Solari* e da quanti e per quante guise fur combattute? e quella materia che doverebbe dar tanto campo d'aprir gl'intelletti ad ammirabili speculazioni, da molti, o non creduta o poco stimata, del tutto è stata vilipesa e derisa; da altri, per non volere acconsentire a' miei concetti, sono state prodotte contro di me ridicole ed impossibili opinioni; ed alcuni, costretti e convinti dalle mie ragioni, ànno cercato spogliarmi di quella gloria ch'era pur mia, e, dissimulando d'aver veduto gli scritti miei, tentarono dopo di me farsi primieri inventori di meraviglie così stupende [8]. Tacerò d'alcuni miei privati discorsi, dimostrazioni e sentenze, molte di esse da me non publicate alle stampe, tutte state malamente impugnate o disprezzate come da nulla; non mancando anco queste d'essersi talora abbattute in alcuni che con bella destrezza si sieno ingegnati di farsi con esse onore, come inventate da i loro ingegni.

Io potrei di tali usurpatori nominar non pochi; ma voglio ora passarli sotto silenzio, avvenga che de' primi furti men grave castigo prender si soglia che de i susseguenti. Ma non voglio già più lungamente tacere il furto secondo, che con troppa audacia mi ha voluto fare quell'istesso che già molti

[6] Il *Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua o che in quella si muovono*, pp. 419 segg.

[7] Cfr. pp. 169 segg.

[8] Cfr. *Le operazioni del compasso geometrico e militare*, p. 193, e le lettere sulle macchie solari, pp. 327 segg.

Frontespizio del *Saggiatore*

anni sono mi fece l'altro, d'appropriarsi l'invenzione del mio compasso geometrico, ancor ch'io molti anni innanzi l'avessi a gran numero di signori mostrato e conferito, e finalmente fatto publico colle stampe: e siami per questa volta perdonato se, contro alla mia natura, contro al costume ed intenzion mia, forse troppo acerbamente mi risento ed esclamo colà dove per molti anni ho taciuto. Io parlo di Simon Mario Guntzehusano [9], che fu quello che già in Padova, dove allora io mi trovava, traportò in lingua latina l'uso del detto mio compasso, ed attribuendoselo lo fece ad un suo discepolo sotto suo nome stampare, e subito, forse per fuggir il castigo, se n'andò alla patria sua, lasciando il suo scolare, come si dice, nelle peste; contro il quale mi fu forza, in assenza di Simon Mario, proceder nella maniera ch'è manifesto nella *Difesa* ch'allora feci e publicai. Questo istesso, quattro anni dopo la publicazione del mio *Nunzio Sidereo*, avvezzo a volersi ornar dell'altrui fatiche, non si è arrossito nel farsi autore delle cose da me ritrovate ed in quell'opera publicate; e stampando sotto titolo di *Mundus Iovialis* etc., ha temerariamente affermato, sé aver avanti di me osservati i pianeti Medicei, che si girano intorno a Giove. Ma perché di rado accade che la verità si lasci sopprimer dalla bugia [10], ecco ch'egli medesimo nell'istessa sua opera, per sua inavvertenza e poca intelligenza, mi dà campo di poterlo convincere con testimoni irrefragabili e manifestamente far palese il suo fallo, mostrando ch'egli non solamente non osservò le dette stelle avanti di me, ma non le vide né anco sicuramente due anni dopo: e dico di più, che molto probabilmente si può affermare ch'ei non l'ha osservate già mai. E ben ch'io da molti luoghi del suo libro cavar potessi evidentissime prove di quanto dico, riserbando l'altre ad altra occasione, voglio, per non diffondermi soverchiamente e distrarmi dalla mia principale intenzione, produrre un luogo solo.

[9] Simone Mayr, nato in Franconia a Guntzenhausen, nel 1570, seguace di Tycho Brahe e di Keplero, fu matematico del margravio di Ausbach-Brandeburg; tentò di contendere a Galilei la scoperta dei satelliti di Giove.

[10] Cfr. la lettera a Cristina di Lorena del dicembre 1615, pp. 551 segg.

Scrive Simon Mario nella seconda parte del suo *Mondo Gioviale*, alla considerazione del sesto fenomeno, d'aver con diligenza osservato, come i quattro pianeti gioviali non mai si trovano nella linea retta parallela all'eclittica se non quando sono nelle massime digressioni [11] da Giove; ma che quando son fuori di queste, sempre declinano con notabil differenza da detta linea; declinano, dico, da quella sempre verso settentrione quando sono nelle parti inferiori de' lor cerchi, ed all'opposito piegano sempre verso austro quando sono nelle parti superiori: e per salvar cotal apparenza, statuisce i lor cerchi inclinati dal piano dell'eclittica verso austro nelle parti superiori, e verso borea nell'inferiori. Or questa sua dottrina è piena di fallacie, le quali apertamente mostrano e testificano la sua fraude.

E prima, non è vero che i quattro cerchi delle Medicee inclinino dal piano dell'eclittica [12]; anzi sono eglino ad esso sempre equidistanti. Secondo, non è vero che le medesime stelle non sieno mai tra di loro puntualmente per linea retta se non quando si ritrovano costituite nelle massime digressioni da Giove; anzi talora accade ch'esse in qualunque distanza, e massima e mediocre e minima, si veggono per linea esquisitamente retta, ed incontrandosi insieme, ancor che sieno di movimenti contrarii e vicinissime a Giove, si congiungono puntualmente, sì che due appariscono una sola. E finalmente, è falso che quando declinano dal piano dell'eclittica, pieghino sempre verso austro quando sono nelle metà superiori de i lor cerchi, e verso borea quando sono nell'inferiori; anzi in alcuni tempi solamente fanno lor declinazioni in cotal guisa, ed in altri tempi declinano al contrario, cioè verso borea quando sono ne' mezi cerchi superiori, e verso austro nell'inferiori. Ma Simon Mario, per non aver

[11] Le massime distanze da Giove in cui possono essere osservati i satelliti. Come si è detto, Galilei continuò, dopo il 1610, lo studio dei pianeti medicei da lui scoperti e raccolse un numero considerevole di dati.

[12] Orbita descritta dalla Terra attorno al Sole; il piano dell'eclittica forma col piano dell'equatore celeste un angolo di 23°27′ e la linea che congiunge i punti d'intersezione dei due piani è chiamata linea degli equatori.

né inteso né osservato questo negozio, ha inavvertentemente scoperto il suo fallo. Ora il fatto sta così.

Sono i quattro cerchi de i pianeti Medicei sempre paralleli al piano dell'eclittica; e perché noi siamo nell'istesso piano collocati, accade che qualunque volta Giove non averà latitudine, ma si troverà esso ancora sotto l'eclittica, i movimenti d'esse stelle ci si mostreranno fatti per una stessa linea retta, e le lor congiunzioni fatte in qualsivoglia luogo saranno sempre corporali, cioè senza veruna declinazione. Ma quando il medesimo Giove si troverà fuori del pian dell'eclittica, accaderà che se la sua latitudine sarà da esso piano verso settentrione, restando pure i quattro cerchi delle Medicee paralleli all'eclittica, le parti loro superiori a noi, che sempre siamo nel piano dell'eclittica, si rappresenteranno piegar verso austro rispetto all'inferiori, che ci si mostreranno più boreali; ed all'incontro, quando la latitudine di Giove sarà australe, le parti superiori de i medesimi cerchietti ci si mostreranno più settentrionali dell'inferiori: sì che le declinazioni delle stelle si vedranno fare il contrario quando Giove ha latitudine boreale, di quello che faranno quando Giove sarà australe; cioè nel primo caso si vedranno declinar verso austro quando saranno nelle metà superiori de' lor cerchi, e verso borea nelle inferiori; ma nell'altro caso declineranno per l'opposito, cioè verso borea nelle metà superiori, e verso austro nelle inferiori; e tali declinazioni saranno maggiori e minori, secondo che la latitudine di Giove sarà maggiore o minore. Ora, scrivendo Simon Mario d'aver osservato come le dette quattro stelle sempre declinano verso austro quando sono nelle metà superiori de' lor cerchi; adunque tali sue osservazioni furon fatte in tempo che Giove aveva latitudine boreale: ma quando io feci le mie prime osservazioni Giove era australe, e tale stette per lungo tempo, né si fece boreale, sì che le latitudini delle quattro stelle potessero mostrarsi come scrive Simone, se non più di due anni dopo: adunque, se pur egli già mai le vide ed osservò, ciò non fu se non due anni dopo di me.

Eccolo dunque già dalle sue stesse deposizioni convinto di bugia d'avere avanti di me fatte cotali osservazioni. Ma

io di più aggiungo e dico, che molto più probabilmente si può credere ch'egli già mai non le facesse: già ch'egli afferma non l'avere osservate né vedute disposte tra di loro in linea retta isquisitamente se non mentre si ritrovano nelle massime distanze da Giove; e pure la verità è che quattro mesi interi, cioè da mezo febraio a mezo giugno del 1611, nel qual tempo la latitudine di Giove fu pochissima o nulla, la disposizione di esse quattro stelle fu sempre per linea retta in tutte le loro posizioni. E notisi, appresso, la sagacità colla quale egli vuole mostrarsi anteriore a me. Io scrissi nel mio *Nunzio Sidereo* d'aver fatta la mia prima osservazione alli 7 di gennaio dell'anno 1610, seguitando poi l'altre nelle seguenti notti: vien Simon Mario, ed appropriandosi l'istesse mie osservazioni, stampa nel titolo del suo libro, ed anco per entro l'opera, aver fatto le sue osservazioni fino dell'anno 1609, onde altri possa far concetto della sua anteriorità: tuttavia la più antica osservazione ch'ei produca poi per fatta da sé, è la seconda fatta da me; ma la pronunzia per fatta nell'anno 1609, e tace di far cauto il lettore come, essendo egli separato dalla Chiesa nostra, né avendo accettata l'emendazion Gregoriana [13], il giorno 7 di gennaio del 1610 di noi cattolici è l'istesso che il dì 28 di decembre del 1609 di loro eretici. E questa è tutta la precedenza delle sue finte osservazioni. Si attribuisce anco falsamente l'invenzione de' loro movimenti periodici, da me con lunghe vigilie e gravissime fatiche ritrovati, e manifestati nelle mie *Lettere Solari*, ed anco nel trattato che publicai delle cose che stanno sopra l'acqua, veduto dal detto Simone, come si raccoglie chiaramente dal suo libro, di dove indubitabilmente egli ha cavato tali movimenti.

Ma in troppo lunga digressione, fuori di quello che forse richiedeva la presente opportunità, mi trovo d'essermi lasciato trascorrere. Però, ritornando su 'l nostro cominciato discorso, seguirò di dire che, per tante chiarissime prove non mi restando più luogo alcuno da dubitare d'un mal affetto ed

[13] La riforma del calendario disposta da papa Gregorio XIII (1502-1585).

ostinato volere contro dell'opere mie, aveva meco stesso deliberato di starmene cheto affatto, per ovviare in me medesimo alla cagion di quei dispiaceri sentiti nell'esser bersaglio a sì frequenti mordacità, e togliere altrui materia d'essercitare sì biasimevol talento. È ben vero che non mi sarebbe mancata occasione di metter fuori altre mie opere, forse non meno inopinate nelle filosofiche scuole e di non minor conseguenza nella natural filosofia delle publicate fin ora: ma le dette cagioni ànno potuto tanto, che solo mi son contentato del parere e del giudicio d'alcuni gentil'uomini, miei reali e sincerissimi amici, co' quali communicando e discorrendo de i miei pensieri, ho goduto di quel diletto che ne reca il poter conferire quel che di mano in mano ne somministra l'ingegno, scansando nel medesimo tempo la rinovazion di quelle punture per avanti da me sentite con tanta noia. Ànno ben questi signori, amici miei, mostrando in non piccola parte d'applaudere a i miei concetti, procurato con varie ragioni di ritirarmi da così fatto proponimento [14]. E primieramente ànno cercato persuadermi ch'io dovessi poco apprezzare queste tanto pertinaci contradizzioni, quasi che in effetto, tutte in fine ritornando contro de i loro autori, rendesser più viva e più bella la mia ragione, e desser chiaro argomento che non vulgari fussero i miei componimenti allegandomi una commune sentenza, che la vulgarità e la mediocrità, come poco o non punto considerate, son lasciate da banda, e solamente colà si rivolgono gli umani intelletti ove si scopre la meraviglia e l'eccesso, il quale poi nelle

[14] « In questi anni che seguono alla condanna del 1616, una nuova famiglia si stringe attorno a Galileo: la famiglia devota ed attiva dei discepoli. Dal gruppo degli ammiratori entusiasti, dei " belli ingegni ", cui seduceva lo spirito brillante, l'energia polemica, la novità delle scoperte, si sollevano via via gli spiriti più brillanti e " squisiti " e tra questi quelli veramente dotati di attitudini scientifiche. Se la condanna li isola, dà ad essi più vivo il senso della indipendenza e fecondità teoretica della scuola e del metodo, accentua la loro fedeltà, intensifica lo scambio vivo tra di essi e il maestro di problemi, di discussioni, di ricerche. In primo luogo è il gruppo dei Lincei, sino a che la morte del Cesi, nel 1630, non li disperde: ma fuori di essi sono il Micanzio e il Baliani e, il più caro di tutti, il Castelli » (A. Banfi, *G. Galilei* cit., p. 160).

menti mal temperate fa nascer tosto l'invidia, e appresso, con essa, la maldicenza. E ben che tali e somiglianti ragioni, addottemi dall'autorità di questi signori, fusser vicine al distogliermi dal mio risoluto pensiero del non più scrivere, nulladimeno prevalse il mio desiderio di viver quieto senza tante contese; e così stabilito nel mio proposito, mi credetti in questa maniera d'aver ammutite tutte le lingue, che ànno finora mostrato tanta vaghezza di contrastarmi. Ma vano m'è riuscito questo disegno, né co 'l tacer ho potuto ovviare a questa mia così ostinata influenza, dell'aver a esserci sempre chi voglia scrivermi contro e prender rissa con esso meco.

Non m'è giovato lo starmi senza parlare, ché questi, tanto vogliolosi di travagliarmi, son ricorsi a far mie l'altrui scritture; e su quelle avendomi mosso fiera lite, si sono indotti a far cosa che, a mio credere, non suol mai seguire senza dar chiaro indizio d'animo appassionato fuor di ragione. E perché non dee aver potuto il signor Mario Guiducci, per convenienza e carico di suo officio, discorrer nella sua Academia e poi publicare il suo *Discorso delle Comete*, senza che Lottario Sarsi, persona del tutto incognita, abbia per questo a voltarsi contro di me, e, senza rispetto alcuno di tal gentil uomo, farmi autore di quel *Discorso*, nel quale non ho altra parte che la stima e l'onore da esso fattomi nel concorrere col mio parere, da lui sentito ne' sopradetti ragionamenti avuti con que' signori, amici miei, co' quali il signor Guiducci si compiacque spesso di ritrovarsi [15]? E quando pure tutto quel *Discorso delle Comete* fusse stato opera di mia mano (ché, dovunque sarà conosciuto il signor Mario, ciò non potrà mai cadere in pensiero), che termine sarebbe stato questo del Sarsi, mentre io mostrassi così voler essere sconosciuto, scoprirmi la faccia e smascherarmi con tanto ardire? Per la qual cosa, trovandomi astretto da questo inaspettato e tanto insolito modo di trattare, vengo a romper la mia già stabilita risoluzione di non mi far più vedere in publico coi miei scritti; e procurando giusta mia possa che almeno sconosciuta non resti la disconvenienza di questo fatto, spero d'aver a fare uscir voglia ad alcuno di molestare (come si dice) il mastino che dorme, e voler briga con chi si tace.

[15] In realtà, la parte avuta da Galilei nel *Discorso delle Comete* va ben al di là dell'ispirazione, come si può notare dai passi da lui inseriti di suo pugno.

E ben ch'io m'avvisi che questo nome, non mai più sentito nel mondo, di Lotario Sarsi serva per maschera di chi che sia che voglia starsene sconosciuto, non mi starò, come ha fatto esso Sarsi, a imbrigar in altro per voler levar questa maschera, non mi parendo né azzione punto imitabile, né che possa in alcuna cosa porgere aiuto o favore alla mia scrittura. Anzi mi do ad intendere che 'l trattar seco come con persona incognita sia per dar campo a far più chiara la mia ragione, e porgermi agevolezza ond'io spieghi più libero il mio concetto. Perché io ho considerato che molte volte coloro che vanno in maschera, o son persone vili che sotto quell'abito voglion farsi stimar signori e gentiluomini, e in tal maniera per qualche lor fine valersi di quella onorevolezza che porta seco la nobiltà; o talora son gentiluomini che deponendo, così sconosciuti, il rispettoso decoro richiesto a lor grado, si fanno lecito, come si costuma in molte città d'Italia, di poter d'ogni cosa parlare liberamente con ognuno, prendendosi insieme altrettanto diletto che ognuno, sia chi si voglia, possa con essi motteggiare e contender senza rispetto. E di questi secondi credendo io che debba esser quegli che si cuopre con questa maschera di Lottario Sarsi [16] (ché quando fusse de' primi, in poco gusto gli tornerebbe d'aver voluto

[16] Appena pubblicata la *Libra astronomica ac philosophica*, Galilei non pensava che sotto lo pseudonimo di Lotario Sarsi si nascondesse il padre Grassi. Fu il Ciampoli ad insistere e a convincerlo: « Dalle ultime che V. S. mi scrive – gli diceva in una lettera del 6 dicembre 1619 – veggo ch'ella non può indursi a credere che il P. Grassi sia l'autore della *Libra astronomica*, ma io torno a confermarle di nuovo che S. R. e li Padri Giesuiti vogliono che si sappia esser opera loro, e son tanto lontani dal giuditio che ella ne fa, che se ne gloriano come di trionfo ». In un secondo tempo, Galilei ritenne comodo replicare all'autore della *Libra* come Lotario Sarsi, per non attaccare apertamente, nella persona del Grassi, la Compagnia di Gesù, fingendo così di credere che il presunto Sarsi fosse davvero discepolo del padre Orazio Grassi.

così spacciarla per la maggiore), mi credo ancora che, sì come così sconosciuto egli si è indotto a dir cosa contro di me che a viso aperto se ne sarebbe forse astenuto, così non gli debba dovere esser grave che, valendomi del privilegio conceduto contro le maschere, possa trattar seco liberamente, né mi sia né da lui né da altri per esser pesata ogni parola ch'io per avventura dicessi più libera ch'ei non vorrebbe.

Ed ho voluto, Illustrissimo Signore, ch'ella sia prima d'ogn'altro lo spettator di questa mia replica; imperciocché, come intendentissima e, per le sue qualità nobilissime, spogliata d'animo parziale, giustamente sarà per apprender la causa mia, né lascerà di riprimer l'audacia di quelli che, mancando d'ignoranza ma non d'affetto appassionato (ché de gli altri poco debbo curare), volessero appo del vulgo, che non intende, malamente stravolger la mia ragione. E ben che fusse mia intenzione, quando prima lessi la scrittura del Sarsi, di comprendere in una semplice lettera inviata a V. S. Illustrissima le risposte, tuttavia, nel venire al fatto, mi sono in maniera moltiplicate tra le mani le cose degne d'esser notate che in essa scrittura si contengono, che di lungo intervallo m'è stato forza passar i termini d'una lettera. Ho nondimeno mantenuta l'istessa risoluzione di parlar con V. S. Illustrissima ed a lei scrivere, qualunque si sia poi riuscita la forma di questa mia risposta; la quale ho voluta intitolare col nome di *Saggiatore*, trattenendomi dentro la medesima metafora presa dal Sarsi. Ma perché m'è paruto che, nel ponderare egli le proposizioni del signor Guiducci, si sia servito d'una stadera un poco troppo grossa, io ho voluto servirmi d'una bilancia da saggiatori, che sono così esatte che tirano a meno d'un sessantesimo di grano: e con questa usando ogni diligenza possibile, non tralasciando proposizione alcuna prodotta da quello, farò di tutte i lor saggi; i quali anderò per numero distinguendo e notando, acciò, se mai fussero dal Sarsi veduti e gli venisse volontà di rispondere, ei possa tanto più agevolmente farlo, senza lasciare indietro cosa veruna.

Ma venendo ormai alle particolari considerazioni, non sarà per avventura se non bene (acciò che niente rimanga

senza esser ponderato) dir qualche cosa intorno all'inscrizzion dell'opera, la quale il signor Lottario Sarsi intitola *Libra Astronomica e Filosofica*; rende poi nell'epigramma, ch'ei soggiunge, la ragion che lo mosse a così nominarla, la qual è che l'istessa cometa, col nascere e comparir nel segno della Libra, volle misteriosamente accennargli ch'ei dovesse librar con giusta lance e ponderar le cose contenute nel trattato delle comete publicato dal signor Mario Guiducci. Dove io noto come il Sarsi comincia, tanto presto che più non era possibile, a tramutar con gran confidenza le cose (stile mantenuto poi in tutta la sua scrittura) per accommodarle alla sua intenzione. Gli era caduto in pensiero questo scherzo sopra la corrispondenza della sua *Libra* colla Libra celeste, e perché gli pareva che argutamente venisse la sua metafora favoreggiata dall'apparizion della cometa, quando ella fusse comparita in Libra, liberamente dice quella in tal luogo esser nata; non curando di contradire alla verità [17], ed anco in certo modo a sé medesimo, contradicendo al suo proprio Maestro, il quale nella sua Disputazione, alla fac. 7, conclude così: « Verum, quæcunque tandem ex his prima cometæ lux fuerit, illi semper Scorpius patria est »; e dodici versi più a basso: « Fuerit hoc sane, cum in Scorpio, hoc est in Martis præcipua domo, natus sit »; e poco di sotto: « Ego, quo ad me attinet, patriam eius inquiro, quam Scorpium fuisse affirmo, cunctis etiam assentientibus. » [18] Adunque molto più proporzionatamente, ed anco più veridicamente, se riguarderemo la sua scrittura stessa, l'avrebbe egli potuta intitolare *L'astronomico e filosofico scorpione*, costellazione dal nostro sovran poeta Dante chiamata

> figura del freddo animale
> che colla coda percuote la gente [19]

[17] In effetti la cometa era apparsa nella costellazione del Sagittario.

[18] « In vero qualunque sarà la luce iniziale della cometa, essa ha sempre, come patria lo Scorpione ». Dopo: « Sarà stato così poiché è nata nello Scorpione, cioè nella casa propria di Marte ». « Per quanto mi compete, cercherò la sua patria, che con il consenso di tutti dico essere lo Scorpione ».

[19] *Purgatorio*, IX, 5-6.

e veramente non vi mancano punture contro di me, e tanto più gravi di quelle degli scorpioni, quanto questi, come amici dell'uomo, non feriscono se prima non vengono offesi e provocati, e quello morde me che mai né pur col pensiero non lo molestai. Ma mia ventura, che so l'antidoto e rimedio presentaneo a cotali punture! Infrangerò dunque e stropiccerò l'istesso scorpione sopra le ferite, onde il veleno risorbito dal proprio cadavero lasci me libero e sano [20].

1. Or vegniamo al trattato, e sia il primo saggio intorno ad alcune parole del proemio, cioè da « Unus, quod sciam », fino a « Doluimus ». Il qual proemio sarà però da noi qui registrato intero, per total compitezza del testo latino, al quale non vogliamo che manchi pur un iota.

« Tribus ... Galilæus » [21].

Nelle quali ultime parole, cioè « Unus, quod sciam », egli afferma che noi agramente abbiamo tassata la Disputazion del suo Maestro. Al che io non veggo per ora che occorra risponder cosa alcuna, avvenga che il suo detto è assolutamente falso; poi che, per diligenza usata in cercar nella scrittura del signor Mario il luogo (già ch'egli nol cita), non l'ho saputo ritrovare. Ma intorno a questo avremo più a basso altre occasioni di parlare.

2. Seguita appresso (e sia il secondo saggio): « Doluimus... peroraret. » [22]

Qui dice, aver da principio sentito dolore che quel *Discorso* mi sia dispiaciuto, ma soggiunge essergli stato poi in luogo di consolazione il veder l'istesso Aristotile, Ticone [23] ed altri

[20] PLINIO, *Naturalis Historia*, XXIX, 29.

[21] VI, p. 113. Osserva qui il Sarsi che Galilei fu l'unico a disapprovare la teoria sulle comete espressa dalla Compagnia di Gesù.

[22] VI, pp. 113-14.

[23] Tycho Brahe (1546-1601), nato a Kundstrup, in Danimarca e morto a Praga, dove era astronomo cesareo alla corte imperiale. Più che un teorico fu un attento osservatore: infatti, pur non usando alcun nuovo strumento ottico, riuscì a descrivere con precisione i movimenti della luna e dei pianeti. Non accettò la tesi copernicana, ma espresse sul sistema solare una sua ipotesi che, pur non aderendo alle teorie tradizionali, si distinse da quella di Copernico. Esaminò attentamente la cometa del 1577 ed espose le sue osservazioni negli *Astronomiae instauratae progymnasmata*

esser con simile asprezza tassati; onde non erano di mestieri altre difese a quelli che nell'accuse fussero a parte con ingegni eminentissimi, la causa stessa de' quali, anco nel lor silenzio, appresso giusti giudici assai da per se stessa parlava e si difendeva. Dalle quali parole mi par di raccorre che, per giudicio del Sarsi, di quelli che intraprendono a impugnar autori d'ingegno eminentissimo si debba far così poca stima, che né anco metta conto che alcuno si ponga alla difesa de gli oppugnati, la sola autorità de' quali basta a mantener loro il credito appresso gl'intendenti. E qui voglio che V. S. Illustrissima noti come il Sarsi, qual se ne sia la causa, o elezzione o inavvertenza, aggrava non poco la reputazion del P. Grassi suo precettore, principale scopo del quale nel suo *Problema* fu d'impugnar l'opinion d'Aristotile intorno alle comete, come nella sua scrittura apertamente si vede e l'istesso Sarsi replica e conferma in questa, alla fac. 7; di modo che se i contradittori a gli uomini grandissimi devono esser trapassati, il P. Grassi doveva esser un di questi. Tuttavia noi non solamente non l'abbiamo trapassato, ma ne abbiamo fatto la medesima stima che de gl'ingegni eminentissimi, accoppiandolo con quelli; sì che in cotal particolare altrettanto viene egli da noi essaltato, quanto dal suo discepolo abbassato. Io non veggo che il Sarsi possa per sua scusa addurre altro, se non che il suo senso sia stato che degli oppositori a gl'ingegni eminentissimi si devono ben lasciar da banda i volgari, ma all'incontro pregiar quegli ch'essi ancora sono eminentissimi, tra i quali egli abbia inteso di riporre il suo Maestro, e noi altri tra i popolari, onde per cotal rispetto quello che al Maestro suo si conveniva fare, a noi sia stato di biasimo.

3. Segue appresso (e sia il terzo saggio): « Sed quando... agendum statui. » [24]

dove concluse che la sua posizione è superiore alla luna, fra i corpi celesti; tuttavia non definì la sua natura. In una interpolazione del *Discorso delle Comete*, Galilei definì come « piacevolezza poetica » quella teoria.

[24] VI, p. 11.

Il senso di queste parole, continuato con quello delle precedenti, mi par ch'importi questo: che de' contradittori a gl'ingegni eminentissimi non si debba, come già si è detto, far conto, ma trapassargli sotto silenzio, e se pur si dovesse lor rispondere, si dia il carico a persone più tosto basse, ch'altrimenti; e che però nel nostro caso sia paruto a uomini sapientissimi che sia ben fatto che con l'istesso P. Grassi o altro d'egual reputazione, ma che « saltem aliquis » rispondesse al Galilei. E sin qui io non dico né replico altro, ma, conoscendo e confessando la mia bassezza, inclino il capo alla sentenza d'uomini tali. Ben mi maraviglio non poco che il Sarsi di proprio moto si abbia eletto d'esser quel « saltem aliquis » ch'abbracci e si sbracci a tale impresa che, per giudicio d'uomini sapientissimi e suo, non doveva esser deferita in altri che in qualche soggetto assai basso, né so ben intendere come, essendo naturale instinto d'ognuno l'attribuire a se stesso più tosto più che manco del merito, ora il Sarsi avvilisca tanto la sua condizione, che s'induca a spacciarsi per un « saltem aliquis ». Questo inverisimile mi ha tenuto un pezzo sospeso, e finalmente m'ha fatto verisimilmente credere ch'in queste sue parole possa esser un poco d'error di stampa, e che dov'è stampato « ut esset saltem aliquis qui Galilæi disputationem diligentius expenderet », si debba leggere « ut esset qui saltem aliqua in Galilæi disputatione paulo diligentius expenderet »[25]: la qual lettura io tanto reputo esser la vera e legittima, quanto ella puntualmente si assesta a tutto 'l resto del trattato, e l'altra mal s'aggiusta alla stima ch'io pur voglio credere che il Sarsi faccia di se stesso. Vedrà dunque V. S. Illustrissima, nell'andar meco essaminando la sua scrittura, quanto sia vero questo ch'io dico, cioè ch'egli delle cose scritte dal signor Mario ha solamente essaminato « aliqua », anzi pure « saltem aliqua », cioè alcune minuzie di poco rilievo alla principale intenzione,

[25] « Che vi fosse qualcuno almeno che esponesse con sufficiente diligenza il discorso di Galilei » si debba leggere: « che vi fosse almeno qualcuno che esponesse con sufficiente diligenza qualche passo del discorso di Galilei ».

trapassando sotto silenzio le conclusioni e le ragioni principali: il che ha egli fatto perché conosceva in coscienza di non poter non le lodare e confessar vere, che sarebbe poi stato contro alla sua intenzione, che fu solamente di dannare ed impugnare, com'egli stesso scrive alla fac. 42 con queste parole: « Atque hæc de Galilæi sententia, in iis quæ cometam immediate spectant, dicta sint. Plura enim dici vetat ipsemet, qui, in bene longa disputatione, quid sentiret paucis admodum atque involutis verbis exposuit, nobisque plura in illum afferendi locum præclusit. Qui enim refelleremus quæ ipse nec protulit, neque nos divinare potuimus? »[26] Nelle quali parole, oltre al vedersi la già detta intenzion di confutar solamente, io noto due altre cose: l'una è, ch'ei simula di non aver intese molte cose per essere (dic'egli) state scritte oscuramente, che vengon a esser quelle nelle quali non ha trovato attacco per la contradizzione; l'altra, ch'egli dice non aver potuto confutar le cose ch'io non ho profferite né egli ha potute indovinare: tuttavia V. S. Illustrissima vedrà come la verità è che la maggior parte delle cose ch'ei prende a confutare sono delle non profferite da noi, ma indovinate o vogliam dire immaginate da esso.

4. « Rem quamplurimis pergratam... quam cum Consule, interim disputare. »[27]

In tutto questo restante del proemio io noto primamente, come il Sarsi pretende d'aver fatto cosa grata a molti colla sua impugnazione: e questo forse può essergli accaduto con alcuni che non abbiano per avventura letta la scrittura del signor Mario, ma se ne sieno stati all'informazion sua; la quale venendo fatta privatamente e (come si dice) a

[26] « Siano dette queste cose intorno al parere di Galilei relativo a ciò che s'attiene direttamente alle comete. Infatti è lui che c'impedisce di dir di più poiché in una pur lunga dissertazione espose il suo punto di vista con poche e molto involute parole, e tolse a noi la possibilità di diffonderci più a lungo su quell'argomento. Come possiamo replicare a ciò che egli non espose e che noi non possiamo certo indovinare? ».

[27] VI, p. 114, 5-8: dopo aver dichiarato la sua fiducia che altri condivideranno le sue idee contro quelle di Galilei, il Sarsi dice che polemizzerà direttamente con Galilei cui appartengono le idee esposte dal Guiducci.

quattr'occhi, quanto e quanto sarà ella stata lontana dalle cose scritte, poi che in questa publica e stampata ei non s'astiene d'apportar in campo moltissime cose come scritte dal signor Mario, le quali non furon mai né nella sua scrittura né pur nella nostra imaginazione? Soggiunge poi, volersi astenere da quelle parole che danno indizio più tosto d'animo innasprito ed adirato, che di scienza: il che quanto egli abbia osservato, vedremo nel progresso. Ma per ora noto la sua confessione, d'essere internamente innasprito ed in collera, perché quando ei non fusse tale, il trattar di questo volersi astenere sarebbe stato non dirò a sproposito, ma superfluo, perché dove non è abito o disposizione, l'astinenza non ha luogo.

A quello ch'egli scrive appresso, di voler come terza persona riferir quelle cose ch'egli ha intese dal P. Orazio Grassi, suo precettore, intorno agli ultimi miei trovati, io assolutamente non credo tal cosa, e tengo per fermo che il detto Padre non abbia mai né dette né pensate né vedute scritte dal Sarsi tali fantasie, troppo lontane per ogni rispetto dalle dottrine che si apprendono nel Collegio dove il P. Grassi è professore, come spero di far chiaramente conoscere. E già, senza punto allontanarmi di qui, chi sarebbe quello che, avendo pur qualche notizia della prudenza di quei Padri, si potesse indurre a credere che alcuno di essi avesse scritto e publicato, ch'io in lettere private, scritte a Roma ad amici, apertamente mi fussi fatto autore della scrittura del signor Mario [28]? cosa che non è vera; e quando vera fusse stata, il publicarla non poteva non dar qualche indizio d'aver piacere di sparger qualche seme onde tra stretti amici potesse nascer alcun'ombra di diffidenza. E quali termini sono il

[28] Che i pensieri esposti dal Guiducci provenissero da Galilei lo dichiarò lo stesso autore nella dedica al principe Leopoldo d'Austria e nelle prime pagine del *Discorso delle Comete* (VI, pp. 41, 47). D'altronde, la paternità dello scritto fu attribuito da molti a Galilei. Scriveva Giovanni Remo a Keplero il 23 luglio 1619: « Galilaeus sub nomine Guiducci edidit dissertationem italicam de cometis, dedicatam Serenissimo nostro Leopoldo » (Galilei ha pubblicato sotto il nome del Guiducci una dissertazione in lingua italiana sulle comete, dedicata al mio Ser. principe Leopoldo).

prendersi libertà di stampar gli altrui detti privati? Ma è bene che V. S. Illustrissima sia informata della verità di questo fatto.

Per tutto il tempo che si vide la cometa, io mi ritrovai in letto indisposto, dove, sendo frequentemente visitato da amici, cadde più volte ragionamento delle comete, onde m'occorse dire alcuno de' miei pensieri, che rendevano piena di dubbi la dottrina datane sin qui. Tra gli altri amici vi fu più volte il signor Mario, e significommi un giorno aver pensiero di parlar nell'Academia delle comete, nel qual luogo, quando così mi fusse piaciuto, egli avrebbe portate, tra le cose ch'egli aveva raccolte da altri autori e quelle che da per sé aveva immaginate, anco quelle che aveva intese da me, già ch'io non ero in istato di potere scrivere: la qual cortese offerta io reputai a mia ventura, e non pur l'accettai, ma ne lo ringraziai e me gli confessai obligato. In tanto e di Roma e d'altri luoghi, da altri amici e padroni che forse non sapevano della mia indisposizione, mi veniva con instanza pur domandato se in tal materia avevo alcuna cosa da dire: a' quali io rispondevo, non aver altro che qualche dubitazione, la quale anco non potevo, rispetto all'infermità, mettere in carta; ma che bene speravo che potesse essere che in breve vedessero tali miei pensieri e dubbi inseriti in un discorso d'un gentiluomo amico mio, il quale per onorarmi aveva preso fatica di raccorgli ed inserirgli in una sua scrittura [29]. Questo è quanto è uscito da me, il che è anco in più luoghi stato scritto dal medesimo signor Mario; sì che non occorreva che il Sarsi, con aggiungere a vero, introducesse mie lettere, né mettesse il signor Mario a sì piccola parte della sua scrittura (nella quale egli ve l'ha molto mag-

[29] Il 29 giugno 1619 Galilei inviò in omaggio una copia del *Discorso delle Comete* ai cardinali Maffeo Barberini e Federigo Borromeo con due lettere uguali: « La cometa ultimamente veduta ha data occasione a molti di farci intorno discorsi, il quale effetto cagionò ella ancora in me, ancorché in tutto il tempo ch'ella si vidde io restassi in letto ammalato: et in particolare 'l Sig. Mario Guiducci, gentilhuomo di questa città e molto litterato, pensò di honorarmi co 'l formarne un Discorso e di poi in pubblica Accademia recitarlo et ultimamente darlo alle stampe ».

gior di me), che lo spacciasse per copista. Or, poi che così gli è piaciuto, e così segua; ed intanto il signor Mario, in ricompensa dell'onor fattomi, accetti la difesa della sua scrittura.

5. E ritornando al trattato, rilegga V. S. Illustrissima l'infrascritte parole: «Dolet igitur, primo... non timide pronunciaret.» [30]

Sopra i quali particolari scritti io primieramente dico di non m'esser mai lamentato d'essere stato maltrattato nel *Discorso* del P. Grassi, nel quale son sicuro che Sua Reverenza non applicò mai il pensiero alla persona mia per offendermi; e quando pure, dato e non concesso, io avessi avuta opinione che il P. Grassi nel tassar quelli che facevan poca stima dell'argomento preso dal poco ricrescer la cometa, avesse voluto comprender me ancora, non però creda il Sarsi che questo mi fusse stato causa di disgusto e di querimonia. Sarebbe forse ciò accaduto quando la mia opinion fusse stata falsa, e per tale scoperta e publicata; ma sendo il detto mio verissimo, e falso l'altro, la moltitudine de' contradittori, e massime di tanto valore quanto è il P. Grassi, poteva più tosto accrescermi il gusto che il dolore, atteso che più diletta il restar vittorioso di prode e numeroso essercito, che di pochi e debili inimici. E perché degli avvisi che da molte parti d'Europa andavano (come scrive il Sarsi) al suo Maestro, alcuni nel passar di qua lasciavano ancora a noi sentire come generalmente tutti i più celebri astronomi facevano gran fondamento sopra cotale argomento, né mancavano anco ne' nostri contorni e nella città stessa uomini della medesima opinione, io al primo motto, che di ciò intesi, molto chiaramente mi lasciai intendere che stimavo questo argomento vanissimo, di che molti si burlavano, e tanto più, quando in favor loro apparve l'autorevole attestazione e confermazione del matematico del Collegio Romano: il che non negherò che mi fusse cagione d'un poco di travaglio, atteso che trovandomi posto in necessità di difendere il mio detto da

[30] VI, pp. 114-16.

tanti altri contradittori, i quali, per esser stati fatti forti da un tanto aiuto, più imperiosamente mi si levavano contro, non vedevo modo di poter contradire a quelli senza comprendervi anco il P. Grassi. Fu adunque non mia elezzione, ma accidente necessario, ben che fortuito, che indirizzò la mia impugnazione anco in quella parte dov'io meno avrei voluto. Ma che io pretendessi mai (come soggiunge il Sarsi) che tal mio parere dovesse esser repentinamente portato da' venti sino a Roma, come suole accadere delle sentenze degli uomini celebri e grandi, eccede veramente d'assai i termini della mia ambizione. Bene è vero che la lettura della *Libra* m'ha fatto pur anco alquanto maravigliare, che tal mio detto non penetrasse a gli orecchi del Sarsi. E non è egli degno di meraviglia, che cose le quali io già mai non dissi, né pur pensai, delle quali gran numero è registrato nel suo *Discorso*, gli sieno state riportate, e che d'altre dette da me mille volte non gliene sia pur giunta una sillaba? Ma forse i venti, che conducono le nuvole, le chimere e i mostri che in essi tumultuariamente si vanno figurando, non ànno poi forza di portar le cose sode e pesanti.

Dalle parole che seguono mi par comprendere che il Sarsi m'attribuisca a gran mancamento il non aver con altrettanta cortesia contracambiata l'onorevolezza fattami da' Padri del Collegio in lezzioni publiche fatte sopra i miei scoprimenti celesti e sopra i miei pensieri delle cose che stanno su l'acqua. E qual cosa doveva io fare? Mi risponde il Sarsi: Laudare e approvar il *Discorso* del P. Grassi. Ma, signor Sarsi, già che le cose tra voi e me s'ànno a bilanciare e, come si dice, trattar mercantilmente, io vi dimando, se quei Reverendi Padri stimarono per vere le cose mie, o pur l'ebber per false. Se le conobbero vere e come tali le lodarono, con troppo grand'usura ridomandereste ora il prestato, quando voleste che io avessi con pari lode a essaltar le cose conosciute da me per false. Ma se le reputaron vane e pur l'essaltarono, posso ben ringraziarli del buono affetto; ma assai più grato mi sarebbe stato che m'avessero levato d'errore e mostratami la verità, stimando io assai più l'utile delle vere correzzioni, che la pompa delle vane ostentazioni: e perché

l'istesso credo di tutti i buoni filosofi, però né per l'uno né per l'altro capo mi sentivo in obligo. Mi direte forse ch'io dovevo tacere. A questo rispondo, primamente, che troppo strettamente ci eravamo posti in obligo, il signor Mario ed io, avanti la publicazion della scrittura del P. Grassi, di lasciar vedere i nostri pensieri; sì che il tacere poi sarebbe stato un tirarsi addosso un disprezzo e quasi derision generale. Ma più soggiungo, che mi sarei anco sforzato, e forse l'avrei impetrato, che il signor Guiducci non publicasse il suo *Discorso*, quando in esso fusse stato cosa pregiudiciale alla degnità di quel famosissimo Collegio o d'alcun suo professore; ma quando l'opinioni impugnate da noi sono state tutte d'altri prima che del matematico professore del Collegio, non veggo perché il solo avergli Sua Reverenza prestato l'assenso avesse a metter noi in obligo di dissimulare ed ascondere il vero per favoreggiare e mantenere vivo uno errore. La nota, dunque, di poco intendente di logica cade sopra Ticone ed altri che ànno commesso l'equivoco in quell'argomento; il quale equivoco si è da noi scoperto non per notare o biasimare alcuno, ma solo per cavare altrui d'errore e per manifestare il vero: e tale azzione non so che mai possa esser ragionevolmente biasimata. Non ha, dunque, il Sarsi causa di dire che sia appresso di me avvilita la degnità del Collegio Romano [31]. Ma bene, all'incontro, quando la voce

[31] Nel marzo 1611 Galilei si recò a Roma, col consenso e a spese del Granduca di Firenze, per rimuovere attraverso colloqui diretti gli ostacoli che si opponevano alla generale approvazione delle sue scoperte astronomiche. Fu accolto con grandi manifestazioni di consenso dai gesuiti del Collegio romano e specialmente dal padre Cristoforo Clavio, da Cristoforo Grienberger e da Odo van Maelcote che lo trattennero in cordiale colloquio: « Ho trovato – scrisse il 1° aprile al Vinta – che i nominati Padri, havendo finalmente conosciuta la verità de i nuovi Pianeti medicei, ne hanno fatte da 2 mesi in qua continue osservazioni, le quali vanno proseguendo; et le haviamo riscontrate con le mie, et si rispondono giustissime ». Gli stessi Padri, ad un quesito loro rivolto dal cardinale Bellarmino, risposero il 24 aprile 1611, confermando puntualmente le scoperte galileiane. In suo onore, esposero ufficialmente nel Collegio romano con una fastosa cerimonia le scoperte di Galilei (cfr. il *Nuntius Sidereus Collegii Romani*, in G. Galilei, *Opere*, ed. naz., III, p. 1). Il consenso dei matematici gesuiti fu molto utile allora a Galilei.

del Sarsi uscisse di quel Collegio, avrei io occasion di dubitare che la dottrina e la reputazion mia, non solo di presente ma forse in ogni tempo, sia stata in assai vile stima, poi che in questa *Libra* niuno de' miei pensieri viene approvato, né ci si legge altro che contradizzioni accuse e biasimi, ed oltre a quel ch'è scritto (se si deve prestar credenza al grido) uno aperto vanto di poter annichilar tutte le cose mie [32]. Ma sì come io non credo questo, né che alcuno di questi pensieri abbia stanza in quel Collegio, così mi vo immaginando che il Sarsi abbia dalla sua filosofia il poter egualmente lodare e biasimare, confermare e ributtar, le medesime dottrine, secondo che la benevolenza o la stizza lo traporta: e fammi in questo luogo sovvenir d'un lettor di filosofia a mio tempo nello Studio di Padova, il quale essendo, come talvolta accade, in collera con un suo concorrente, disse che quando quello non avesse mutato modi, avria sotto mano mandato a spiar l'opinioni tenute da lui nelle sue lezzioni, e che in sua vendetta avrebbe sempre sostenute le contrarie.

6. Or legga V. S. Illustrissima: « Sed ne tempus... fortunet magis » [33].

Da quanto il Sarsi scrive in questo luogo, mi par di comprendere ch'ei non abbia con debita attenzione letto non solo il *Discorso* del signor Mario, ma né anco quello del P. Grassi, poi che e dell'uno e dell'altro adduce proposizioni che in quelli non si ritrovano. Ben è vero che per aprirsi la strada a poter riuscire a toccarmi non so che di Copernico, egli avrebbe avuto bisogno che le vi fussero state scritte; onde, in difetto, l'ha volute supplir del suo.

E prima, non si trova nella scrittura del signor Mario buttato, come si dice, in occhio, né attribuito a mancamento al P. Grassi l'aver giurato fedeltà a Ticone e seguitate in tutto e per tutto le sue vane machinazioni. Ecco i luoghi citati dal Sarsi. Alla fac. 18: « Appresso verrò al professor

[32] Cfr. la lettera del Rinuccini a Galilei nella nota introduttiva, p. 599.

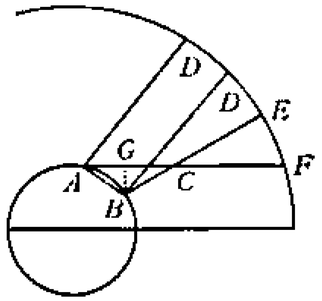
[33] VI, p. 116, 3-20: la teoria di Ticone è stata seguita – dice qui il Sarsi – solo per la determinazione del luogo della cometa. Quale delitto sarebbe mai questo?

di matematica del Collegio Romano, il quale in una sua scrittura ultimamente publicata pare che sottoscriva ad ogni detto d'esso Ticone, aggiungendovi anco qualche nuova ragione a confermazion dell'istesso parere ». L'altro luogo a fac. 38: « Il matematico del Collegio Romano ha parimente per quest'ultima cometa ricevuto la medesima ipotesi; e a così affermare, oltre a quel poco che n'è scritto dall'Autore, che consuona colla posizion di Ticone, m'induce ancora il vedere in tutto il rimanente dell'opera quanto ei concordi coll'altre ticoniche immaginazioni »[34]. Or vegga V. S. Illustrissima se qui s'attribuisce cosa veruna a vizio e mancamento. Di più, è ben chiarissimo che non si trattando in tutta l'opera d'altro che de gli accidenti attenenti alle comete, de' quali Ticone ha scritto sì gran volume, il dire che il matematico del Collegio concorda coll'altre immaginazioni di Ticone, non s'estende ad altre posizioni ch'a quelle ch'appartengono alle comete; sì che il chiamar ora in paragon di Ticone, Tolomeo e Copernico, i quali non trattaron mai d'ipotesi attenenti a comete, non veggo che ci abbia luogo opportuno.

Quello poi che dice il Sarsi, che nella scrittura del suo Maestro non vi si trova altro, in che egli abbia seguìto Ticone, fuor che le dimostrazioni per ritrovare il luogo della cometa, sia detto con sua pace, non è vero; anzi nessuna cosa vi è meno, che simile dimostrazione. Tolga Iddio che il P. Grassi avesse in ciò imitato Ticone, né si fusse accorto, quanto nel modo d'investigar la distanza della cometa per l'osservazioni fatte in due luoghi differenti in Terra, si mostri bisognoso della notizia de' primi elementi delle matematiche. Ed acciocché V. S. Illustrissima vegga ch'io non parlo così senza fondamento, ripigli la dimostrazion ch'egli comincia alla fac. 123 del trattato della cometa del 1577, ch'è nell'ultima parte de' suoi *Proginnasmi*: nella quale volendo egli provare com'ella non fusse inferiore alla Luna per la confe-

[34] VI, pp. 64-65, e 92-93.

renza dell'osservazioni fatte da sé in Uraniburg[35] e da Tadeo Agecio in Praga, prima, tirata la subtesa *A B* all'arco dell'orbe terrestre che media tra i detti due luoghi, e traguardando dal punto *A* la stella fissa posta in *D*, suppone l'angolo *D A B* esser retto; il che è molto lontano dal possibile, perché, sendo la linea *A B* corda d'un arco minor di gradi 6 (come Ticon medesimo afferma) bisogna, acciò che il detto angolo sia retto, che la fissa *D* sia lontana dal zenit di *A* meno di gradi 3; cosa ch'è tanto falsa, quanto che la sua minima distanza è più di gradi 48, essendo, per detto dell'istesso Ticone, la declinazion della fissa *D*, ch'è l'Aquila o vogliamo dire l'Avvoltoio, di gradi 7.52 verso borea, e la latitudine di Uraniburg gradi 55.54. In oltre egli scrive, la medesima stella fissa da i due luoghi *A* e *B* vedersi nel medesimo luogo dell'ottava sfera, perché la Terra tutta, non che la piccola parte *A B*, non ha sensibil proporzione coll'immensità d'essa ottava sfera. Ma perdonimi Ticone: la grandezza e piccolezza della Terra non ha che fare in questo caso, perché il vedersi da ogni sua parte la medesima stella nell'istesso luogo deriva dall'essere ella realmente nell'ottava sfera, e non da altro; in quel modo a punto che i caratteri che sono sopra questo foglio, già mai rispetto al medesimo foglio non muteranno apparenza di sito, per qualunque grandissima mutazion di luogo che faccia l'occhio di V. S. Illustrissima che gli riguarda: ma ben uno oggetto posto tra l'occhio e la carta, al movimento della testa varierà l'apparente sito rispetto a' caratteri, sì che il medesimo carattere ora se gli vedrà dalla destra, ora dalla sinistra, ora più alto, ed ora più basso; ed in cotal guisa mutano apparente luogo i pianeti



[35] Uraniburg è l'osservatorio di Tycho Brahe sull'isola di Huen. Taddeo Hagek (1525-1600) fu matematico presso il Collegio carolineo di Praga. Galilei riferisce i calcoli dell'Hagek sulle stelle anche nella giornata terza del *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*.

nell'orbe stellato, veduti da differenti parti della Terra, perché da quello sono lontanissimi; e quello che in questo caso opera la piccolezza della Terra, è che, facendo i più lontani da noi minor varietà d'aspetto, ed i più vicini maggiore, finalmente per uno lontanissimo la grandezza della Terra non basti a far tal varietà sensibile. Quello poi che soggiunge accadere conforme alle leggi de gli archi e delle corde, vegga V. S. Illustrissima quant'ei sia da tali leggi lontano, anzi pure da' primi elementi di geometria. Egli dice, le due rette *A D*, *B D* esser perpendicolari alla *A B*: il che è impossibile, perché la sola retta che viene dal vertice è perpendicolare sopra la tangente e le sue parallele, e queste non vengono altramente dal vertice, né l'*A B* è tangente o ad essa parallela. In oltre, ei le domanda parallele, e appresso dice che le si vanno a congiungere nel centro: dove, oltre alla contradizzione dell'esser parallele e concorrenti, vi è che, prolungate, passano lontanissime dal centro. E finalmente conclude, che venendo dal centro alla circonferenza sopra i termini dell'*A B*, elle sono perpendicolari: il che è tanto impossibile, quanto che delle linee tirate dal centro a tutti i punti della corda *A B*, sola quella che cade nel punto di mezo gli è perpendicolare, e quelle che cascano ne gli estremi termini sono più di tutte l'altre inclinate ed oblique. Vegga dunque V. S. Illustrissima a quali e quante essorbitanze avrebbe il Sarsi fatto prestar l'assenso dal suo Maestro, quando vero fusse ciò ch'in questo proposito ha scritto, cioè che quello abbia seguitate le ragioni e modi di dimostrar di Ticone nel ricercar il luogo della cometa. Vegga di più il medesimo Sarsi quant'io meglio di lui, senza adoperar astrologia né telescopio, abbia penetrato, non dirò i sensi interni dell'animo suo, perché per ispiar questi io non ho né occhi né anco orecchi, ma i sensi della sua scrittura, i quali son pur tanto chiari e manifesti, che bisogno non ci è de gli occhi lincei, gentilmente introdotti dal Sarsi, credo per ischerzare un poco sopra la nostra Academia. E perché e V. S. Illustrissima ed altri principi e signori grandi son meco a parte nello scherzo, io, per la dottrina di sopra insegnatami dal Sarsi, non curando molto i suoi motti, me la passerò

sotto l'ombra loro, o, per meglio dire, illustrerò l'ombra mia col loro splendore.

Ma tornando al proposito, vegga com'egli di nuovo vuol pure ch'io abbia reputato gran mancamento nel P. Grassi l'aver egli aderito alla dottrina di Ticone, e risentitamente domanda: Chi ei doveva seguitare? forse Tolomeo, la cui dottrina dalle nuove osservazioni in Marte è scoperta per falsa? forse il Copernico, dal quale più presto si deve rivocar ognuno, mercé dell'ipotesi ultimamente dannata? Dove io noto più cose: e prima, replico ch'è falsissimo ch'io abbia mai biasimato il seguitar Ticone, ancor che con ragione avessi potuto farlo, come pur finalmente dovrà restar manifesto a i suoi aderenti per l'*Antiticone* del signor cavalier Chiaramonte [36]; sì che quanto qui scrive il Sarsi, è molto lontano dal proposito; e molto più fuor del caso s'introducono Tolomeo e Copernico, de' quali non si trova che scrivessero mai parola attenente a distanze, grandezze, movimenti e teoriche di comete, delle quali sole, e non d'altro, si è trattato, e con altrettanta occasione vi si potevano accoppiare Sofocle, e Bartolo [37], o Livio. Parmi, oltre a ciò, di scorgere nel Sarsi ferma credenza, che nel filosofare sia necessario appoggiarsi all'opinioni di qualche celebre autore, sì che la mente nostra, quando non si maritasse col discorso d'un altro, ne dovesse in tutto rimanere sterile ed infeconda; e forse stima che la filosofia sia un libro e una fantasia d'un uomo, come l'*Iliade* e l'*Orlando furioso*, libri ne' quali la meno importante cosa è che quello che vi è scritto sia vero. Signor Sarsi, la cosa non istà così. La filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi a gli occhi (io dico l'universo), ma non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua, e conoscer i caratteri, ne' quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i carat-

[36] Scipione Chiaramonti (1565-1652), peripatetico e professore di filosofia nello Studio pisano scrisse l'*Antityche* in polemica con la teoria astronomica di Tycho Brahe. A lui rispose Keplero con l'*Hyperaspides*. Galilei parlerà di lui nella giornata terza del *Dialogo sopra i due massimi sistemi*.

[37] Bartolo da Sassoferrato (1314-1357), giureconsulto romanista, insegnò a Bologna, Perugia e Pisa.

teri son triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche, senza i quali mezi è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro laberinto [38]. Ma posto pur anco, come al Sarsi pare, che l'intelletto nostro debba farsi mancipio dell'intelletto d'un altr'uomo (lascio stare ch'egli, facendo così tutti, e se stesso ancora, copiatori, loderà in sé quello che ha biasimato nel signor Mario), e che nelle contemplazioni de' moti celesti si debba aderire ad alcuno, io non veggo per qual ragione ei s'elegga Ticone, anteponendolo a Tolomeo e a Nicolò Copernico, de' quali due abbiamo i sistemi del mondo interi e con sommo artificio costrutti e condotti al fine; cosa ch'io non veggo che Ticone abbia fatta, se già al Sarsi non basta l'aver negati gli altri due e promessone un altro, se ben poi non esseguito. Né meno dell'aver convinto gli altri due di falsità, vorrei che alcuno lo riconoscesse da Ticone: perché, quanto a quello di Tolomeo, né Ticone né altri astronomi né il Copernico stesso potevano apertamente convincerlo, avvenga che la principal ragione, presa da i movimenti di Marte e di Venere, aveva sempre il senso in contrario; al quale dimostrandosi

[38] Contro la venerazione ostentata dai peripatetici verso le opere aristoteliche, Galilei oppone lo studio diretto della natura come unica sicura fonte di verità; questo motivo, molto comune nel Rinascimento – se ne avvalsero Leonardo da Vinci, Campanella e Bacone – ha origini ben più antiche: E. Garin ricorda, in una sua dotta ed acuta nota (« La nuova scienza e il simbolo del " libro " », in *La cultura filosofica del Rinascimento italiano*, Firenze, 1961) i nomi di Giovanni Scoto Eriugena, Alano di Lilla, san Bonaventura e Raimondo di Sabunda. Ma tra costoro e Galilei v'è una notevole differenza: mentre nei primi ha il senso di una rivelazione, come « un tempio di Dio » che si apre miracolosamente e l'immagine del " libro della Natura " pone l'intera realtà come un insieme di simboli di una divinità nascosta, in Galileo e Leonardo – e potremmo aggiungervi Harvey – la rivelazione segue il filo della razionalità : « Lo sforzo dell'uomo, osserva il Garin, non è volto a risalire dal segno al senso sacro, teologico, morale; è un tentativo di chiarire e ordinare in termini logici un dato sensibile...: il libro della natura di Galileo non è fatto di numeri intesi come entità metafisiche » ma sono « misure utili per rendere espliciti dei rapporti ». E Galilei se ne servì spesso in polemica con i peripatetici del suo tempo (si veda la lettera al Liceti del gennaio 1641 p. 977) allo scopo di addossare loro la responsabilità di aver impedito per molti secoli e di voler ancora impedire lo studio diretto della natura al di là di pregiudiziali filosofiche.

il disco di Venere nelle due congiunzioni e separazioni dal Sole pochissimo differente in grandezza da se stesso, e quel di Marte perigeo a pena 3 o 4 volte maggiore che quando è apogeo, già mai non si sarebbe persuaso dimostrarsi veramente quello 40 e questo 60 volte maggiore nell'uno che nell'altro stato, come bisognava che fusse quando le conversioni loro fussero state intorno al Sole, secondo il sistema Copernicano; tuttavia ciò esser vero e manifesto al senso, ho dimostrato io, e fattolo con perfetto telescopio toccar con mano a chiunque l'ha voluto vedere. Quanto poi all'ipotesi Copernicana, quando per beneficio di noi cattolici da più sovrana sapienza non fussimo stati tolti d'errore ed illuminata la nostra cecità [39], non credo che tal grazia e beneficio si fusse potuto ottenere dalle ragioni ed esperienze poste da Ticone. Essendo, dunque, sicuramente falsi li due sistemi, e nullo quello di Ticone, non dovrebbe il Sarsi riprendermi se con Seneca [40] desidero la vera costituzion dell'universo. E ben che la domanda sia grande e da me molto bramata, non però tra ramarichi e lagrime deploro, come scrive il Sarsi, la miseria e calamità di questo secolo, né pur si trova minimo vestigio di tali lamenti in tutta la scrittura del signor Mario; ma il Sarsi, bisognoso d'adombrare e dar appoggio a qualche suo pensiero ch'ei desiderava di spiegare, lo va da se stesso preparando, e somministrandosi quegli attacchi che da altri non gli sono stati porti. E quando pur io deplorassi questo nostro infortunio, io non veggo quanto acconciamente possa

[39] « Spero che da queste considerazioni – scriverà nel proemio del *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* – il mondo conoscerà, che se altre nazioni hanno navigato più, noi non abbiamo speculato meno, e che il rimettersi ad asserir la fermezza della Terra, e prender il contrario solamente per capriccio matematico, non nasce da non aver contezza di quant'altri ci abbia pensato, ma, quando altro non fusse, da quelle ragioni che la pietà, la religione, il conoscimento della divina onnipotenza, e la coscienza della debolezza dell'ingegno umano, ci somministrano » (vol. II, p. 17).

[40] « Conobbe Seneca, e lo scrisse, quanto importasse per la sicura determinazione di queste cose l'avere una ferma e indubitabil cognizione dell'ordine, disposizione, stati e movimenti delle parti dell'universo, della quale il nostro secolo riman privo » (*Discorso delle Comete*, VI, p. 88).

dire il Sarsi, indarno essere sparse le mie querele, non avendo io poi modo né facoltà di tor via tal miseria, perché a me pare che appunto per questo avrei causa di querelarmi, ed all'incontro le querimonie allora non ci avrebbon luogo, quando io potessi tor via l'infortunio.

7. Ma legga V. S. Illustrissima. « Et quoniam hoc loco... Ita est; ac proinde leviter diluenda. »[41]

Da quanto qui è scritto in poche parole sbrigandomi, dico che né il signor Mario né io siamo così austeri, che gli scherzi e le soavità poetiche ci abbiano a far nausea: di che ci sieno testimoni l'altre vaghezze interserite molto leggiadramente dal P. Grassi nella sua scrittura, delle quali il signor Mario non ha pur mosso parola per tassarle; anzi con gran gusto si son letti i natali, la cuna, le abitazioni, i funerali della cometa, e l'essersi accesa per far lume all'abboccamento e cena del Sole e di Mercurio; né pur ci ha dato fastidio che i lumi fussero accesi 20 giorni dopo cena, né meno il sapere che dov'è il Sole, le candele son superflue ed inutili, e ch'egli non cena, ma desina solamente, cioè mangia di giorno, e non di notte, la quale stagione gli è del tutto ignota[42]: tutte queste cose senza veruno scrupolo si sono trapassate, perché, dette in cotal guisa, non ci ànno lasciato nulla da desiderare nella verità del concetto sotto cotali scherzi contenuto, il quale, per esser per sé noto e manifesto, non avea bisogno d'altra più profonda dimostrazione. Ma che in una questione massima e difficilissima, qual è il volermi persuadere trovarsi realmente, e fuor di burle, in natura un particolare orbe

[41] VI, pp. 116-17: Lamenta qui il Sarsi che le frasi da lui usate nella *Disputatio* siano oggetto di derisione da parte di Galilei.

[42] La critica sarcastica che Galilei fa dello stile retorico del Grassi è l'espressione della superiorità, sulla tradizionale filosofia della natura, del metodo matematico cui si ispira la nuova scuola scientifica che procede non con « girandole » di parole ma con la « geometrica strettezza » propria del calcolo. Questa economia del pensiero rivela in Galilei la rigorosa educazione scientifica e la serietà metodologica che ispirarono, con lui, altri esponenti delle correnti scientifiche più avanzate le quali si richiamavano tutte al naturalismo matematizzante: « Non dai libri, ma dalle dissezioni, non dalle massime dei filosofi, ma dalla struttura umana dichiaro d'imparare e d'insegnare l'anatomia » (W. HARVEY, *Opere* cit., p. 7).

celeste per le comete, mentre che Ticone non si può sviluppar nell'esplicazion della difformità del moto apparente di essa cometa[43], la mente mia debba quietarsi e restar appagata d'un fioretto poetico, al quale non succede poi frutto veruno, questo è quello che il signor Mario rifiuta, e con ragione e con verità dice che la natura non si diletta di poesie: proposizion verissima, ben che il Sarsi mostri di non la credere, e finga di non conoscer o la natura o la poesia, e di non sapere che alla poesia sono in maniera necessarie le favole e finzioni, che senza quelle non può essere; le quali bugie son poi tanto abborrite dalla natura, che non meno impossibil cosa è il ritrovarvene pur una, che il trovar tenebre nella luce. Ma tempo è ormai che vegniamo a cose di momento maggiore; però legga V. S. Illustrissima quel che segue.

8. « Venio nunc ad graviora. ... nobis eodem uti libere non liceret? »[44]

Per conoscer quanto sia il momento delle cose qui scritte, basterà restringere in brevità quello che dice il signor Mario e questo che gli viene opposto. Scrisse il signor Mario in generale: « Quelli che per via della paralasse[45] voglion determinar circa 'l luogo della cometa, ànno bisogno di stabilir prima, lei esser cosa fissa e reale, e non un'apparenza vaga, atteso che la ragion della paralasse conclude ben negli oggetti reali, ma non negli apparenti », com'egli essemplifica in molti particolari; aggiunge poi, la mancanza di paralasse rendere incompatibili le due proposizioni d'Aristotile, che sono, che la cometa sia un incendio, ch'è cosa tanto reale, e sia in aria molto vicina alla Terra. Qui si leva su il Sarsi, e dice: « Tutto sta bene, ma è fuor del caso nostro, perché noi

[43] Soltanto più tardi l'astronomo inglese E. Halley determinerà i periodi dei movimenti delle comete.

[44] VI, pp. 117-18. Le argomentazioni di cui si servì nella *Disputatio*, dice qui il Grassi, si fondavano sulle osservazioni della parallasse, sulla valutazione dei moti apparenti delle comete e sull'uso astronomico del telescopio. Galilei le respinse senza portare prove più valide.

[45] Angolo formato da due linee immaginarie, l'una tirata dal centro della Terra ad un astro e l'altra dall'occhio dell'osservatore all'astro medesimo: quest'angolo diminuisce aumentando la distanza dell'astro dalla Terra.

disputiamo contro Aristotile, e vana sarebbe stata la fatica in provar che la cometa non fusse una apparenza, poi che noi convegniamo con lui in tenerla cosa reale, e come di cosa reale il nostro argomento, preso dalla paralasse, conclude; anzi (soggiunge egli) l'avversario stesso non si serve d'argomento più valido contro Aristotile; e se ei se ne serve, perché nell'istessa causa non ce ne possiamo liberamente servir noi ancora? » Or qui io non so quel che il Sarsi pretenda, né in qual cosa ei pensa d'impugnare il signor Mario, poi che ambedue dicono le medesime cose, cioè che la ragione della paralasse non vale nelle pure apparenze, ma val ben ne gli oggetti reali, ed in conseguenza val contro Aristotile, mentr'ei vuole che la cometa sia cosa reale. Qui, se si debbe dire il vero con pace del Sarsi, non si può dir altro se non ch'egli, co 'l palliare il detto del signor Mario, ha voluto abbarbagliar la vista al lettore, sì che gli resti concetto che il signor Mario abbia parlato a sproposito; perché a voler che l'obbiezzioni del Sarsi avessero vigore, bisognerebbe che, dove il signor Mario, parlando in generale a tutto il mondo, dice: « A chi vuol che l'argomento della paralasse militi nella cometa, convien che provi prima, quella esser cosa reale », bisognerebbe, dico, che avesse detto: « Se il P. Grassi vuole che l'argomento della paralasse militi contro Aristotile, che tiene la cometa esser cosa reale, e non apparente, bisogna che prima provi che la cometa sia cosa reale, e non apparente »; e così il detto del signor Mario sarebbe veramente, quale il Sarsi lo vorrebbe far apparire, un grandissimo sproposito. Ma il signor Mario non ha mai né scritte né pensate queste sciocchezze.

9. « Sed confutandæ etiam fuerint Anaxagoræ, Pythagoræorum atque Hippocratis opinione. ... natura impulerit traxeritque. »[46]

Qui volendo anco in universale mostrar, la dubitazion promossa dal signor Mario esser vana e superflua, dice, niuno autore antico o moderno, degno d'esser avuto in considerazione, aver mai stimato la cometa potere esser una semplice apparenza, e che per ciò al suo Maestro, il quale solo con questi disputava e di questi soli aspirava alla vittoria, niun mestier faceva di rimuoverla dal numero de' puri simulacri. Al che io rispondendo, dico primieramente che il Sarsi ancora con simil ragione poteva lasciare stare il signor Mario e me, poi che siam fuori del numero di quegli antichi e moderni contro i quali il suo Maestro disputava, ed abbiamo avuta intenzione di parlar solamente con quelli (sieno antichi o moderni) che cercano con ogni studio d'investigar qualche verità in natura, lasciando in tutto e per tutto ne' lor panni quegli che solo per ostentazione in strepitose contese aspirano ad esser con pomposo applauso popolare giudicati non ritrovatori di cose vere, ma solamente superiori a gli altri; né doveva mettersi con tanta ansietà per atterrar cosa che né a sé né al suo Maestro era di pregiudicio. Doveva secondariamente considerare, che molto più è scusabile uno a chi in alcuna professione non cade in mente qualche particolare attenente a quella, e massime quando né anco a mille altri, che abbiano professato il medesimo, è sovvenuto, che quegli a cui venga in mente, e presti l'assenso a cosa che sia vana ed inutile in quell'affare; ond'ei poteva e doveva più tosto confessare che al suo Maestro, com'anco a nessun de' suoi antecessori, non era passato per la mente il concetto che la cometa potesse essere una apparenza, che sforzarsi per dichiarar vana la considerazion sovvenuta a noi: perché quello, oltre che passava senza niuna offesa del suo Maestro, dava indizio d'una ingenua libertà, e questo, non potendo seguire senza offesa della mia reputazione (quando gli fusse sortito l'intento), dà più tosto segno d'animo alterato da qualche passione. Il signor Mario, con isperanza di far cosa grata e profittevole agli studiosi del vero, propose con ogni modestia, che per l'avvenire fusse bene considerare l'essenza della cometa, e s'ella potesse esser cosa non reale, ma solo apparente, e non biasimò il P. Grassi né altri, che per l'addietro non l'avesser fatto. Il Sarsi si leva su, e con mente alterata cerca di provare, la dubitazione essere stata fuor di proposito, ed esser di più manifestamente falsa; tuttavia per tro-

[46] VI, pp. 118-19. Grassi contrappone a Galilei le idee di filosofi antichi e moderni sulle comete, i quali non negarono mai la realtà di essa.

varsi, come si dice, *in utrumque paratus*, in ogni evento ch'ella apparisse pur degna di qualche considerazione, per ispogliarmi di quella lode che arrecar mi potesse, la predica per cosa vecchia del Cardano e del Telesio [47], ma disprezzata dal suo Maestro come fantasia di filosofi deboli e di niun seguito; ed in tanto dissimula, e non sente con quanta poca pietà egli spoglia e denuda coloro di tutta la reputazione, per ricoprire un piccolissimo neo di quella del suo Maestro. Se voi, Sarsi, vi fate scolare di quei venerandi Padri nella natural filosofia, non vi fate già nella morale, perché non vi sarà creduto. Quello che abbiano scritto il Cardano e 'l Telesio, io non l'ho veduto, ma per altri riscontri, che vedremo appresso, posso facilmente conghietturare che il Sarsi non abbia ben penetrato il senso loro [48]. In tanto non posso mancare, per avvertimento suo e per difesa di quelli, di mostrar quanto improbabilmente ei conclude la lor poca scienza della filosofia dal piccol numero de' suoi seguaci. Forse crede il Sarsi, che de' buoni filosofi se ne trovino le squadre intere dentro ogni ricinto di mura? Io, signor Sarsi, credo che volino come l'aquile, e non come gli storni. È ben vero che quelle, perché son rare, poco si veggono e meno si sentono, e questi, che volano a stormi, dovunque si posano,

[47] Gerolamo Cardano (Pavia, 1501-Roma, 1576) fu medico, astrologo, algebrista e studioso di meccanica fra i più ingegnosi della sua età e per questo famoso. Il suo nome è legato in algebra all'equazione cubica, in meccanica alle indagini sui piani inclinati che precedono le ricerche galileiane. Bernardino Telesio (Cosenza, 1509-1588), filosofo rinascimentale della natura, autore del *De rerum natura iuxta propria principia*.

[48] « Le proposizioni poi per le quali voi volete registrarmi tra i telesiani e gli epicurei sono (per quel che dite voi stesso, ché io, per me, non ho mai fatto studio in tali autori) che la cometa è una pura apparenza e che il moto è causa di calore, intendendo che il moto sia in quella materia che ha da scaldare, e non in quella che deve essere scaldata, come intendono i Peripatetici. Adunque, se voi non volete confessare d'essere mosso da altro che da un puro zelo a darmi simili note, è forza che diciate di tenere veramente, sinceramente e interamente, che l'affermare che la cometa è un puro simulacro, e che il moto nel riscaldante è causa di calore, sieno 2 proposizioni ampie e dannande, come il negar la Provvidenza divina o l'istesso Iddio. Ah, che dovreste vergognarvi! E sotto qual maschera volete nasconder la vostra arrabbiata malignità » (postilla di Galilei al *Ratio ponderum librae et simbellae* del Grassi).

empiendo il ciel di strida e di rumori [49], metton sozzopra il mondo. Ma pur fussero i veri filosofi come l'aquile, e non più tosto come la fenice. Signor Sarsi, infinita è la turba de gli sciocchi [50], cioè di quelli che non sanno nulla; assai son quelli che sanno pochissimo di filosofia; pochi son quelli che ne sanno qualche piccola cosetta; pochissimi quelli che ne sanno qualche particella; un solo Dio è quello che la sa tutta. Sì che, per dir quel ch'io voglio inferire, trattando della scienza che per via di dimostrazione e di discorso umano si può da gli uomini conseguire, io tengo per fermo che quanto più essa participerà di perfezzione, tanto minor numero di conclusioni prometterà d'insegnare, tanto minor numero ne dimostrerà, ed in conseguenza tanto meno alletterà, e tanto minore sarà il numero de' suoi seguaci: ma, per l'opposito, la magnificenza de' titoli, la grandezza e numerosità delle promesse, attraendo la natural curiosità de gli uomini e tenendogli perpetuamente ravvolti in fallacie e chimere, senza mai far loro gustar l'acutezza d'una sola dimostrazione, onde il gusto risvegliato abbia a conoscer l'insipidezza de' suoi cibi consueti, ne terrà numero infinito occupato; e gran ventura sarà d'alcuno che, scorto da straordinario lume naturale, si saprà torre da i tenebrosi e confusi laberinti ne i quali si sarebbe coll'universale andato sempre aggirando e tuttavia più avviluppando. Il giudicar dunque dell'opinioni d'alcuno in materia di filosofia dal numero de i seguaci, lo tengo poco sicuro. Ma ben ch'io stimi, piccolissimo poter esser il numero de i seguaci della miglior filosofia, non però concludo, pel converso, quelle opinioni e dottrine esser necessariamente perfette, le quali ànno pochi seguaci; imperocché io intendo molto bene, potersi da alcuno tenere opinioni tanto erronee, che da tutti gli altri restino abbandonate. Ora, da qual de' due fonti derivi la scarsità de' seguaci de' due autori nominati dal Sarsi per infecondi e derelitti, io non lo so, né ho fatto studio tale nell'opere loro, che mi potesse bastar per giudicarle.

[49] L. Ariosto, *Orlando furioso*, XIV, 109.

[50] *Ecclesiaste*, I, 15; Petrarca, *Trionfo del tempo*, 84.

Ma tornando alla materia, dico che troppo tardi mi par che il Sarsi voglia persuaderci che il suo Maestro, non perché non gli cadesse in mente, ma perché disprezzò come cosa vanissima il concetto che la cometa potess'essere un puro simulacro, e che in questi non milita l'argomento della paralasse, non ne fece menzione: tarda, dico, è cotale scusa, perché quand'egli scrisse nel suo *Problema*: « Statuo, rem quamcunque inter firmamentum et Terram constitutam, si diversis e locis spectetur, diversis etiam firmamenti partibus responsuram »[51], chiaramente si dimostrò non gli esser venuto, in mente l'iride e l'alone, i parelii ed altre reflessioni, che a tal legge non soggiacciono, le quali ei doveva nominare ed eccettuare, e massime ch'egli stesso, lasciando Aristotile, inclina all'opinione del Kepplero[52], che la cometa possa essere una reflessione. Ma seguendo più avanti, mi par di vedere che il Sarsi faccia gran differenza dal capo della cometa alla sua barba o chioma, e che quanto alla chioma possa esser veramente ch'ella sia un'illusione della nostra vista e una apparenza, e che tale l'abbiano stimata ancora quei Pittagorici nominati da Aristotile; ma quanto al capo stima che sia necessariamente cosa reale, e che niuno l'abbia mai creduto altrimenti. Or qui vorrei io una bene specificata distinzione tra quello che il Sarsi intende per reale e quello ch'egli stima apparente, e qual cosa sia quella che fa esser reale quello ch'è reale, e apparente quello ch'è apparente: perché, s'egli chiama il capo reale per esser in una sostanza e materia reale, io dico che anco la chioma è tale; sì che chi levasse via quei vapori ne' quali si fa la reflession della vista nostra al Sole, sarebbe tolta parimente la chioma, come al tor via delle nuvole si toglie l'iride e l'alone: e s'ei domanda la chioma finta perché senza la reflession della vista al Sole ella non sarebbe, io dico che anco del capo seguirebbe l'istesso[53]; sì che tanto la chioma quanto il capo non son altro che reflession di raggi in una materia, qualunqu'ella si sia; e che in quanto reflessioni sono pure apparenze, in quanto alla materia son cosa reale. E se il Sarsi ammette che alla mutazion di luogo del riguardante faccia o possa far mutazion di luogo la generazion della chioma nella materia, io dico che del capo ancora può nel medesimo modo seguir l'istesso; e non credo che quei filosofi antichi stimassero altrimenti, perché, se, verbigrazia, avesser creduto il capo esser realmente una stella per se stessa, lucida e consistente, e solo la chioma apparente, avrebber detto che quando per l'obliquità della sfera non si fa la refrazzion della nostra vista al Sole, non si vede più la chioma, ma sì ben la stella, ch'è capo della cometa; il che non dissero, ma dissero che in tutto non si vedeva cometa: segno evidente, la generazion d'ambedue esser l'istessa. Ma detto o non detto che ciò sia da gli antichi, vien messo in considerazione adesso dal signor Mario con assai sensate ragioni di dubitare, le quali devono esser ponderate, come pure fa ancora l'istesso Sarsi; e noi a suo luogo anderemo considerando quanto egli ne scrive.

10. Intanto segua V. S. Illustrissima di leggere: « Eadem prorsus ratione... quem in cometis nusquam reperiri constabat? »[54]

[51] « Affermo che qualunque cosa posta tra il firmamento e la terra, se vista da punti differenti, comparirà in parti diverse del firmamento ».

[52] Giovanni Keplero (Weil, 1571-Ratisbona, 1630) fu uno dei più grandi astronomi: allievo di Tycho Brahe, col quale entrò in strette relazioni d'amicizia dopo la pubblicazione del *Mysterium cosmographicum* (1597) sostituendolo più tardi nella carica di astronomo cesareo a Praga. Notevolmente influenzato dalle teorie pitagoriche, Keplero cercò con i suoi studi di determinare l'armonia dell'universo in rigorose proporzioni numeriche. Nelle sue *Osservazioni sui moti di Marte* (1609) formulò le prime due leggi sul moto dei pianeti, che portano il suo nome; dieci anni dopo poté enunciare la terza legge. Copernicano, dopo qualche iniziale esitazione, espresse nella *Narratio de observatis a se quatuor Jovis satellibus* il suo consenso alle scoperte di Galilei col quale fin dal 1597 era entrato in relazioni, anche se lo dividevano da lui la concezione della matematica e la differente formazione culturale.

[53] Nel *Sidereus nuncius*, Galilei aveva osservato che il corpo lunare illuminato dai raggi solari che s'infrangono sulla superficie della luna, appare più grande per un alone che si forma attorno (p. 295).

[54] VI, pp. 119-20. Nel *Discorso delle Comete* (IV, pp. 88 segg.) Galilei aveva respinto la deduzione operata dal Grassi nel suo *Problema*, che, mostrandosi il movimento della cometa in linea retta, dovesse questo svolgersi necessariamente secondo un moto circolare tanto ampio da apparire retti-

Aveva il signor Guiducci, con quell'onestissimo fine d'agevolar la strada agli studiosi del vero, messo in considerazione l'equivoco che prendevano quegli che, dall'apparir la cometa mossa per linea retta, argumentavano il movimento suo esser per cerchio massimo, avvertendogli che, se bene era vero che il moto per cerchio massimo sempre appariva retto, non era però necessariamente vero il converso, cioè che il moto che apparisse retto fusse per cerchio massimo, come venivano ad aver supposto quegli che dall'apparente moto retto inferivano, la cometa muoversi per cerchio massimo: tra i quali era stato il P. Grassi, il quale, forse quietandosi nell'autorità di Ticone, che prima aveva equivocato, trapassò quello che forse non avrebbe passato quando non avesse avuto tal precursore; il che rende assai scusabile appresso di me il piccolo errore del Padre, il quale credo anco che dell'avvertimento del signor Mario abbia fatto capitale e tenutogliene buon grado. Vien ora il Sarsi, e continuando nel suo già impresso affetto, s'ingegna di far apparir l'avvertimento innavvertenza e poca considerazione credendo in cotal guisa

lineo all'occhio dell'osservatore. Aveva appunto sostenuto Galilei che le argomentazioni del Grassi erano « indizio di imperfetto loico » perché volendo « senza difetto provare che 'l movimento della cometa fosse per cerchio massimo, era in obbligo di provare prima ch'e' non fusse realmente e in se stesso per linea retta ». Si può spiegare la posizione del gesuita con la preoccupazione diffusa negli ambienti scientifici ancora dominati dalla filosofia tradizionale, di non provocare in alcun modo dubbi sulla disposizione tolemaica del cosmo e, particolarmente, sulla distinzione netta tra il mondo terrestre e quello celeste, fondate, in primo luogo, sulla presunzione aristotelica della differenza dei movimenti naturali, rettilinei sulla terra e circolari in cielo (per cui cfr. *Dialogo sopra i due massimi sistemi*, vol. II, pp. 29 segg.). Nella *Libra* il Grassi ammise che Keplero aveva definito come trasversale il moto delle comete e di velocità non uniforme, e ciò perché connesso al moto circolare che egli attribuiva, come copernicano, alla terra; ma respinse le osservazioni del grande astronomo non già con argomentazioni scientifiche, ma con obbiezioni religiose, per il divieto, cioè, del 1616 di professare o diffondere la teoria copernicana. L'opposizione quindi, tra i matematici del Collegio romano e la scuola galileiana trascendeva i termini della polemica sulle comete e investiva problemi di metodo e questioni dottrinali, di cui la lettera di Galilei al Castelli del 1613 (pp. 525-33) era stata una chiara e scottante denuncia.

salvar il suo Maestro [55]: ma a me pare che ne segua contrario effetto (quando però il Padre prestasse il suo assenso alle scuse e difese del Sarsi), e che per ischivare un error solo, incorrerebbe in molti.

E prima, seguitando il Sarsi di reputar vano e superfluo l'avvertir quelle cose che né esso né altri ha avvertite, dice che, disputando il suo Maestro con Aristotile e con Pittagorici, che mai non avevano introdotto per le comete movimento retto, fuor del caso sarebbe stato ch'avesse tentato di rimuoverlo. Ma se noi ben considereremo, questa scusa non solleva punto il Padre: perché non avendo mai li medesimi avversari introdotto per le comete il moto per cerchi minori, altrettanto resta superfluo il dimostrar ch'elle si muovano per cerchi massimi. Bisogna dunque al Sarsi, o trovar che quegli antichi abbiano scritto, le comete muoversi per cerchi minori, o confessare che il suo Maestro sia del pari stato superfluo nel considerare il moto per cerchio massimo, come sarebbe stato nel considerare il retto.

Anzi (e sia per la seconda instanza), stando pur nella regola del Sarsi, assai maggior mancamento è stato il lasciar senza considerazione il moto retto, poi che pur v'era il Kepplero che attribuito l'aveva alle comete, ed il medesimo Sarsi lo nomina. Né mi pare che la scusa ch'egli adduce sia del tutto sofficiente, cioè che per tirarsi tale opinion del Kepplero in conseguenza la mobilità della Terra, proposizione la quale piamente e santamente non si può tenere, egli per ciò la reputava per niente; perché questo doveva più tosto essergli stimolo a distruggerla e manifestarla per impossibile: e forse non è mal fatto il dimostrar anco con ragioni naturali, quando ciò si possa, la falsità di quelle

[55] Per giustificarsi di fronte alle pesanti obbiezioni di Galilei il Grassi nel passo della *Libra* qui esaminato aveva detto: « Sappia intanto che non peccammo affatto contro i precetti della logica, quando dal moto apparente in linea retta deducemmo che dalla cometa fu descritta una parte di circolo massimo. Perché si doveva escludere quel movimento rettilineo e perpendicolare, che, com'è noto, nessuno aveva trovato nelle comete? ».

proposizioni che son dichiarate repugnanti alle Scritture Sacre.

Terzo, resta ancor manchevole la scusa del Sarsi, perché non solamente il moto veramente retto apparisce per linea retta, ma qualunque altro, tuttavolta che sia fatto nel medesimo piano nel quale è l'occhio del riguardante; il che fu pure accennato dal signor Mario [56]: sì che bisognerà al Sarsi trovar modo di persuaderci che né anco alcuno altro movimento, fuor del circolare, sia mai caduto in mente ad alcuno potersi assegnare alle comete; il che non so quanto acconciamente gli potesse succedere; perché, quando niuno altro l'avesse detto, l'ha pure egli stesso scritto pochi versi di sotto, quando, per difesa della digression dal Sole di più di 90 gradi, ei dà luogo al moto non circolare, ed ammette quello per linea ovata, anzi pur, bisognando, per qualsivoglia linea irregolare ancora. È dunque necessario, o che l'istesso movimento sia or circolare or ovale or del tutto irregolare, secondo il bisogno del Sarsi, o ch'ei confessi la difese pel suo Maestro esser difettosa.

Quarto, ma che sarà quando io ammetta, il moto della cometa esser, non solo per commune opinione, ma veramente e necessariamente, circolare? Stimerà forse il Sarsi, esser perciò dal suo Maestro o da altri, dall'apparir quello per retta linea, concludentemente dimostrato esser per cerchio massimo? So che il Sarsi ha sin ora creduto di sì, e si è ingannato, ed io lo trarrei d'errore, quando credessi di non gli dispiacere; e per ciò fare l'interrogherei, quali nella

[56] In una postilla apposta da Galilei al corrispondente passo della *Libra* si legge: « Opus certe fuerat, saltem ut ostenderes, te intellexisse quod omnia lata in eodem plano in quo sit oculus, secundum lineam rectam ferri apparent; dicendumque tibi erat. Quia cometes apparet latus secundum rectam, ergo aut vere recta fertur, aut in circulo maximo; sed non recta, quia repugnaret Scripturae; ergo etc. » (Certo sarebbe stato opportuno che tu avessi almeno mostrato di aver compreso che tutti i movimenti che avvengono sullo stesso piano in cui si trova l'occhio [dell'osservatore] sembrano esser rettilinei; e avresti dovuto dire: — Poiché il movimento della cometa appare rettilineo, perciò si muoverà veramente per linea retta o in un circolo massimo; ma non può esser rettilineo, perché contrasterebbe con la Scrittura quindi ecc.).

sfera ei domanda cerchi massimi. So che mi risponderebbe, quelli che passando per lo centro di quella (ch'è anco il centro della Terra), la dividono in due parti uguali. Io gli soggiungerei: « Adunque i cerchi descritti da Venere, da Mercurio e da' pianeti Medicei non sono altrimenti cerchi massimi, anzi piccolissimi, avendo questi per lor centro Giove, e quelli il Sole [57]; tuttavia se s'osserverà quali si mostrino i movimenti loro, gli troveremo apparir per linee rette; il che avviene per esser l'occhio nostro nel medesimo piano nel quale son anco i cerchi descritti dalle nominate stelle ». Concludiamo per tanto che dall'apparirci un moto retto altro non si può concludere salvo che l'esser fatto, non per la circonferenza d'un cerchio massimo più che per quella d'un minore, ma solamente esser fatto nel piano che passa per l'occhio, cioè nel piano d'un cerchio massimo; e che in se stesso quel moto può esser fatto per linea circolare, ed anco per qual si voglia altra quanto si voglia irregolare, ché sempre apparirà retto; e che però, non essendo le due proposizioni già da noi essaminate convertibili, il prender l'una per l'altra è un equivocare, ch'è poi peccare in logica.

Se io credessi che il Sarsi non fusse per volermene male, vorrei che noi gli conferissimo un'altra simil fallacia, la quale veggo ch'è da grandissimi uomini trapassata, e forse l'istesso Sarsi non vi ha fatto reflessione; ma non vorrei fargli dispiacere col mostrargli di non l'aver io ancora, con tanti altri più perspicaci di me, trascorsa. Ma sia come si voglia, la voglio conferire a V. S. Illustrissima. È stato con arguta osservazion notato, che l'estremità della coda, il capo delle comete ed il centro del disco del Sole si scorgono sempre secondo la medesima linea retta; dal che si è preso gagliarda conghiettura, detta coda essere una distesa refrazione del lume solare, diametralmente opposta al Sole; ned è, per

[57] Le scoperte astronomiche del 1610 e le successive osservazioni compiute da Galilei urtano contro ogni affermazione della dottrina tolemaica, che si fondava sul presupposto che il centro della Terra coincidesse con quello dell'universo (cfr. la lettera a G. Gallanzoni, pp. 891-906); Il *Saggiatore* perciò riprende e approfondisce la grossa vertenza tra copernicanesimo e sistema aristotelico-tolemaico.

quanto io sappia, sin qui caduto in considerazione ad alcuno, come il mostrarcisi il Sole e tutto il tratto della cometa in linea retta non concluda che necessariamente la linea retta tirata per l'estremità della coda e pel capo della cometa vada, prolungata, a terminar nel Sole. Per apparir tre o più termini in linea retta, basta che sieno collocati nel medesimo piano che l'occhio: e così, per essempio, Marte o la Luna talora si vederanno in mezo direttamente tra due stelle fisse, ma non perciò la linea retta che congiungesse le due stelle passerebbe per Marte o per la Luna. Dall'apparir, dunque, la coda della cometa direttamente opposta al Sole, altro non si può necessariamente concludere, che l'esser nel medesimo piano coll'occhio.

Or sia, nel quinto luogo, notata certa, dirò così, incostanza nelle parole verso il fine delle lette da V. S. Illustrissima e da me essaminate; dove il Sarsi si prende assunto di voler più a basso mostrare quanto malamente io, cioè il signor Mario, abbia attribuito alla cometa il moto retto, e poi, tre versi più a basso, dice non esser bisogno alcuno d'escluder questo moto retto, il qual era certo e manifesto già mai non ritrovarsi nelle comete. Ma se l'impossibilità di questo moto è certa e manifesta, a che proposito mettersi a volerla escludere [58]? ed in qual modo è ella certa e manifesta, se, per detto del Sarsi, nessuno l'ha pur mai non solamente confutata, ma né anco considerata? Al Kepplero solo, dic'egli, è tal moto venuto in considerazione. Ma il Kepplero non lo confuta, anzi l'introduce per possibile e vero. Parmi che 'l Sarsi, sentendosi di non poter far altro, cerchi d'avviluppare il lettore: ma io cercherò di disfare i viluppi.

11. « Sed dum illud... e propinquo visurus umquam foret. »[59]

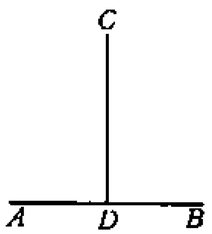
[58] Cfr. p. 643, n. 55.

[59] VI, pp. 120-21. Il Grassi mirando ad aver ragione delle obbiezioni sollevate contro i suoi ragionamenti da Galilei, gli ricorda, con tono saccente, che i movimenti con cui la cometa potrebbe discendere verso la terra sono diversissimi. Galilei, in una postilla alla *Libra*, mentre denuncia il goffo tentativo dell'avversario di prevalere accusandolo di omissioni, osserva: « poco sopra vi persuadeste di aver necessariamente provato il moto della cometa esser stato per cerchio massimo, ed ora non avete per assurdo il pronunziare che e' possa essere stato per un ovato e anco per altre linee del tutto irregolari ».

Qui, primieramente, se io ammetto l'accusa che mi dà il Sarsi di poco considerato, mentre non mi siano venuti in mente i diversi moti ch'attribuir si possono alla cometa, non so com'egli potrà scolpare dalla medesima nota il suo Maestro, il quale non considerò il potersi ella muover di moto retto; e s'egli scusa il suo Maestro col dire che tal considerazione sarebbe stata superflua, non sendo stato da niun altro autore introdotto tal movimento, non veggo di meritar d'essere accusato io, ma sì ben nell'istesso modo debbo essere scusato, non si trovando autor nessuno ch'abbia introdotti questi moti stranieri ch'ora nomina il Sarsi. In oltre, signor Sarsi, toccava al vostro Maestro, e non a me, a pensare a questi movimenti per li quali si potesse render convenevol ragione delle digressioni così grandi della cometa; e se alcuno ve n'è accommodato a tal bisogno, doveva nominarlo e quel solo accettare, e non lasciarlo sotto silenzio e introdurre con Ticone il semplice circolare intorno al Sole, inettissimo a salvar cotale apparenza, e voler poi che non esso ma noi avessimo commesso fallo, in non indovinare ch'ei potesse internamente aver dato ricetto a pensieri diversissimi da quello ch'aveva scritto. Di più, il signor Mario non ha mai detto che non sia in natura modo alcuno di salvar la digressione d'una quarta (anzi se tal digressione è stata, ben chiara cosa è che ci è anco il modo com'ella è stata); ma ha detto: « Nell'ipotesi ricevuta dal Padre non si può far tal digressione senza che la cometa tocchi la Terra, e anco la penetri. » Vana, dunque, è sin qui la scusa del Sarsi. Ma fors'ei pretende ch'ogni leggiera scusa si debba ammettere per lo suo Maestro, ma che per me ogni più gagliarda resti invalida; e se questo è, io volentieri mi quieto, e liberamente gliel concedo.

E vengo, nel secondo luogo, a produrre altra scusa per me (vestito della persona del signor Mario); e con ingenuità confessando, non m'esser venuti in mente i movimenti per

eccentrici o per linee ovali o per altre irregolari, dico ciò essere accaduto perch'io non soglio dar orecchio a' concetti che non ànno che fare in quel proposito di che si tratta. E che vuol fare il Sarsi del moto intorno al Sole in una figura ovale, per far digredir la cometa una quarta? cred'egli forse che, coll'allungar per un verso e stringer per l'altro tal figura, gli possa succedere l'intento? certo no, quando anco ei l'allungasse in infinito. E la medesima impossibilità cade nell'eccentrico che sia per la minor parte sotto il Sole. E per intelligenza del Sarsi, V. S. Illustrissima potrà una volta, incontrandolo, proporgli due tali linee rette *A B*, *C D*, delle quale la *C D* sia perpendicolare all'*A B*, e dirgli che supponendo la retta *D C* esser quella che va dall'occhio al Sole, quella per la quale si ha da vedere la cometa digredita 90 gradi, bisogna che di necessità sia la *D A* o vero *D B*, essendo communemente conceduto, il moto apparente della cometa esser nel piano d'un cerchio massimo: lo preghi poi, che per nostro ammaestramento egli descriva l'eccentrico o l'ovato nominati da lui, per li quali movendosi la cometa possa abbassarsi tanto ch'ella venga veduta per la linea *A D B*, perché io confesso di non lo saper fare. E sin qui vengono esclusi due de' proposti modi: ci resta l'altro eccentrico col centro declinante a destra o a sinistra della linea *D C*, e la linea irregolare. Quanto all'eccentrico, è vero che non è del tutto impossibile a disegnarsi in carta in maniera che causi la cercata digressione; ma dico bene al Sarsi che s'ei si metterà a delinear il Sole cogli orbi di Mercurio e di Venere attorno, e di più la Terra circondata dall'orbe della Luna, come di necessità convien fare l'uno e l'altro, e poi si porrà a volervi ingarbare un tale eccentrico per la cometa, credo certo che se gli rappresenteranno tali essorbitanze e mostruosità, che quando bene con tale scusa ei potesse sollevare il suo Maestro, si spaventerebbe a farlo. Quanto poi alle linee irregolari, non è dubbio nessuno che non solamente questa, ma qualsivoglia altra apparenza si può salvare: ma voglio avvertire il Sarsi che l'introdur tal linea non pur non giove-



rebbe alla causa del suo Maestro, ma più gravemente gli pregiudicherebbe, e questo non solamente perch'ei non l'ha nominata mai, anzi accettò la linea circolare regolarissima, per così dire, sopra ogn'altra, ma perché maggior leggerezza sarebbe stata il proporla; il che potrebbe intendere il Sarsi medesimo, tuttavolta ch'ei considerasse che cosa importi linea irregolare. Chiamansi linee regolari quelle che, avendo la loro descrizzione una, ferma e determinata, si possono definire, e di loro dimostrare gli accidenti e proprietà: e così la spirale è regolare, e si definisce nascer da due moti uniformi, l'un retto e l'altro circolare; così l'ellittica, nascendo dalla sezzion del cono e del cilindro, etc. Ma le linee irregolari son quelle che, non avendo determinazion veruna, sono infinite e casuali, e perciò indefinibili, né di esse si può, in conseguenza, dimostrar proprietà alcuna, né in somma saperne nulla. Sì che il voler dire « Il tale accidente accade mercé di una linea irregolare » è il medesimo che dire « Io non so perché ei s'accaggia »; e l'introduzzione di tal linea non è punto migliore delle simpatie, antipatie, proprietà occulte, influenze ed altri termini usati da alcuni filosofi per maschera della vera risposta, che sarebbe « Io non lo so », risposta tanto più tollerabile dell'altre, quant'una candida sincerità è più bella d'un'ingannevol doppiezza. Fu dunque molto più avveduto il P. Grassi a non propor cotali linee irregolari come bastanti a soddisfare al quesito, che il suo che il suo scolare a nominarle.

È ben vero, s'io devo liberamente dire il mio parere, che io credo che il Sarsi medesimo abbia benissimo ed internamente compresa l'inefficacia delle sue risposte, e che poco fondamento ci abbia fatto sopra; il che conghietturo io dall'essersene con gran brevità spedito, ancor che il punto fusse principalissimo nella materia che si tratta, e le difficoltà promosse dal signor Mario gravissime: ed egli di se medesimo mi è buon testimonio mentre, alla fac. 16, parlando di certo argomento usato dal suo Maestro, scrive: « Cæterum, quanti hoc argumentum apud nos esset, satis arbitror ex eo poterat intelligi, quod paucis adeo ac plane ieiune propositum fuerit, cum prius reliqua duo longe accuratius ac fusius fuissent

explicata. »[60] E con qual brevità e quanto sobriamente egli abbia tocco questo, veggasi, oltre all'altre cose, dal non aver pur fatte le figure degli eccentrici e dell'ellissi introdotte per salvare il tutto; dove che più a basso incontreremo un mar di disegni inseriti in un lungo discorso, per riprovar poi una esperienza che in ultimo non reca pure un minimo ristoro alla principale intenzione che si ha in quel luogo. Ma, senz'andar più lontano, entri pur V. S. Illustrissima in un oceano di distinzioni, sillogismi ed altri termini logicali, e troverà esser fatta dal Sarsi stima grandissima di cosa che, liberamente parlando, io stimo assai meno della lana caprina.

12. « Sed quando Magistro meo... illustrare etiam clarius per me iam potest. »[61]

Qui, come vede V. S. Illustrissima, in contracambio dell'equivoco nel quale il P. Grassi era, come il signor Guiducci avverte, incorso, seguendo l'orme di Ticone e d'altri, vuole il Sarsi mostrare, me aver altrettanto, o più, errato in logica; mentre che per mostrare, l'augumento del telescopio esser nelle stelle fisse quale negli altri oggetti, e non insensibile o nullo, come aveva scritto il Padre, si argumentò in cotal forma: « Molte stelle del tutto invisibili a qualsivoglia vista libera si rendon visibilissime col telescopio; adunque tale augumento si doverebbe più tosto chiamare infinito che nullo. »[62] Qui insorge il Sarsi, e con lunghissime contese fa

[60] VI, p. 127, 4-7. « Del resto quanto importante fosse per noi questo argomento, penso che si possa comprendere a sufficienza da ciò che era stato esposto con poche e secche parole, mentre gli altri due argomenti erano stati esposti prima molto più accuratamente e diffusamente ».

[61] VI, pp. 121-25. Nel *Discorso delle Comete*, Galilei respingendo la tesi del Grassi, che l'ingrandimento telescopico delle stelle era minimo, aveva invece sostenuto che, anziché minimo o nullo poteva essere considerato infinito e aveva anche osservato che « se' non le ingrandisce, è forza che con altra sua più ammirabile e inaudita prerogativa le illumini ». Nella *Libra* con un giro tortuoso di parole, si cerca di mostrare l'incoerenza del ragionamento galileiano, sostenendo tra l'altro che non si può parlare di accrescimento delle stelle, perché, divenendo queste da invisibili a visibili, passerebbero dal non essere all'essere: si tenta cioè di confondere Galilei forzando il suo discorso e deformandone le conseguenze.

[62] « Me se pur egli con approfondir le loro spezie, come bisogna per necessità confessare, d'invisibile fa visibilissime, cioè d'insensibile sensibilissime ce le rende, non so perché tale aggrandimento si debba poi chiamare insensibile, e non più tosto infinito; ché tale è la propozion del niente a qualche cosa » (VI, p. 75).

forza di dichiararmi pessimo logico, per aver chiamato tale ingrandimento infinito: alle quali tutte, perché ormai sento grandissima nausea da quelle altercazioni nelle quali io altresì nella mia fanciullezza, mentr'ero ancor sotto il pedante, con diletto m'ingolfavo[63], risponderò breve e semplicemente, parermi che il Sarsi apertamente si mostri quale egli tenta di mostrar me, cioè poco intendente di logica, mentr'ei piglia per assoluto quello ch'è detto in relazione. Mai non si è detto, l'accrescimento nelle stelle fisse esser infinito; ma avendo scritto il Padre, quello esser nullo, ed il signor Mario avvertitolo, ciò non esser vero, poi che moltissime stelle di totalmente invisibili si rendono visibilissime, soggiunse, tale accrescimento doversi più tosto chiamare infinito che nullo. E chi è così semplice che non intenda che chiamandosi il guadagno di mille, sopra cento di capitale, grande, e non nullo, il medesimo sopra diece, grandissimo, e non nullo, e' non intenda, dico, che l'acquisto di mille sopra il niente più tosto si deva chiamare infinito che nullo? Ma quando il signor Mario ha parlato dell'accrescimento assoluto, sa pur il Sarsi, ed in molti luoghi l'ha scritto, ch'egli ha detto, esser come di tutti gli altri oggetti veduti coll'istesso strumento; sì che quando in questo luogo ei vuol tassar il signor Mario di poca memoria, dicendo ch'ei si doveva pur ricordare d'avere altra volta detto che il medesimo strumento accresceva tutti gli oggetti nella medesima proporzione, l'accusa è vana. Anzi, quando anco senz'altra relazione il signor Mario l'avesse chiamato infinito, non avrei creduto che si fusse per trovar alcuno così cavilloso, che vi si fusse attaccato, essendo un modo di parlare tutto il giorno usitato il porre il termine d'infinito in luogo del grandissimo. Largo campo avrà il Sarsi di mostrarsi maggior logico di tutti gli scrittori del mondo, ne i quali io l'assicuro ch'ei troverà la

[63] Galilei da fanciullo ricevette i primi insegnamenti di logica da un padre dell'abbazia di Vallombrosa (V. VIVIANI, *Racconto istorico della vita di Galileo Galilei*).

parola *infinito* presa delle diece volte le nove in vece di *grande* o *grandissimo*. Ma più, signor Sarsi, se il Savio si leverà contro di voi e dirà: « Stultorum infinitus est numerus », qual partito sarà il vostro? vorrete voi forse ingaggiarla seco, e sostener la sua proposizione esser falsa, provando, anco coll'autorità dell'istessa Scrittura, che il mondo non è eterno, e che, essendo stato creato in tempo, non possono essere né essere stati uomini infiniti, e che, non regnando la stoltizia se non tra gli uomini, non può accadere che quel detto sia mai vero, quando ben tutti gli uomini presenti e passati ed anco, dirò, i futuri fussero sciocchi, essendo impossibile che gl'individui umani, quando anco la durazion del mondo fusse per essere eterna, sieno già mai infiniti?

Ma ritornando alla materia, che diremo dell'altra fallacia con tanta sottigliezza scoperta dal Sarsi, nel chiamar noi accrescimento quello d'un oggetto che d'invisibile si fa, col telescopio, visibile? il quale, dic'egli, non si può chiamare accrescimento, perché l'accrescimento suppone prima qualche quantità, e l'accrescersi non è altro che di minore farsi maggiore. A questo veramente io non saprei che altro dirmi, per iscusa del signor Mario, se non ch'egli se n'andò alla buona, come si dice; e credendo che la facoltà del telescopio colla quale ei ci rappresenta quelli oggetti i quali senz'esso non iscorgevamo, fusse la medesima che quella colla quale anco i veduti avanti ci rappresenta maggiori assai, e sentendo che questa communemente si chiamava uno accrescimento della specie o dell'oggetto visibile, si lasciò traportare a chiamare quella ancora nell'istesso modo; la quale, come ora ci insegna il Sarsi, si doveva chiamar non accrescimento, ma transito dal non essere all'essere [64]. Sì che quando, verbi-

[64] Il distacco stabilito dalla scuola galileiana rispetto alla tradizione scientifica è dato non solo dalle scoperte conseguite nel campo della meccanica e dell'astronomia, ma anche da un nuovo indirizzo metodologico e da un nuovo linguaggio scientifico, il cui rigore non è garantito dalla rispondenza dei termini a concezioni filosofiche, bensì dalla precisione dei rilevamenti e del calcolo. In questa polemica col Grassi appare evidente il carattere di novità della corrente galileiana e insieme viene resa manifesta l'arretratezza dei dotti tradizionali, la cui pedanteria terminologica cade di fronte all'evidenza dell'esperimento.

grazia, l'occhiale ci fa da una gran lontananza legger quella scrittura della quale senz'esso noi non veggiamo se non i caratteri maiuscoli, per parlar logicamente si deve dire che l'occhiale ingrandisce le maiuscole, ma quanto alle minuscole fa lor far transito dal non essere all'essere. Ma se non si può senza errore usar la parola *accrescimento* dove non si supponga prima alcuna cosa in atto, che debba riceverlo, forse che la parola *transito* o *trapasso* non verrà troppo più veridicamente usurpata dal Sarsi dove non sieno due termini, cioè quello donde si parte e l'altro dove si trapassa. Ma chi sa che il signor Mario non avesse ed abbia opinione che degli oggetti, ancor che lontanissimi, le specie pure arrivino a noi, ma sotto angoli così acuti che restino al senso nostro impercettibili e come nulle, ancor ch'elle veramente sieno qualche cosa (perché, s'io devo dire il mio parere, stimo che quando veramente elle fusser niente, non basterebbon tutti gli occhiali del mondo a farle diventar qualche cosa); sì che le specie altresì delle stelle invisibili sieno, non meno che quelle delle visibili, diffuse per l'universo, e che in conseguenza si possa anco di quelle, con buona grazia del Sarsi e senza error di logica, predicar l'accrescimento? Ma perché vo io mettendo in dubbio cosa della quale io ho necessaria e sensata prova? Quel fulgore ascitizio delle stelle non è realmente intorno alle stelle, ma è nel nostro occhio; sì che dalla stella vien la sola sua specie, nuda e terminatissima. Sappiamo di sicuro ch'una nubilosa non è altro che uno aggregato di molte stelle minute, invisibili a noi; con tutto ciò non ci resta invisibile quel campo che da loro è occupato; ma si dimostra in aspetto d'una piazzetta biancheggiante, la qual deriva dal congiungimento de' fulgori di che ciascheduna stellina s'inghirlanda: ma perché questi irraggiamenti non sono se non nell'occhio nostro, è necessario che ciascheduna specie di esse stelline sia realmente e distintamente nell'occhio. Di qui si cava un'altra dottrina, cioè che le nubilose, ed anco tutta la Via Lattea, in cielo non son niente, ma sono una pura affezzione dell'occhio nostro; sì che per quelli che fussero di vista così acuta che potesser distinguer quelle minutissime stelle, le nubilose e la Via Lattea non

sarebbono in cielo [65]. Queste, come conclusioni non dette da altri sin ora, credo che non sarebbono ammesse dal Sarsi, e ch'egli pur vorrebbe che il signor Mario avesse peccato nel chiamare accrescimento quello che appresso di lui si deve dir transito dal non essere all'essere. Ma sia come si voglia; io ho licenza dal signor Mario (per non ingaggiar nuove liti) di conceder tutta la vittoria al Sarsi di questo duello, e di quello ancora che segue appresso, dove il Sarsi si contenta che la scoperta delle fisse invisibili si possa chiamare accrescimento infinito in ragion di visibile, ma non già in ragion di quanto: tutto questo se gli conceda, pur che ei conceda a noi che e le invisibili e le visibili, crescano pure in ragion di quel che piace al Sarsi, crescono finalmente in modo che rendon totalmente falso il detto del suo Maestro, che scrisse ch'elle non crescevano punto in veruna maniera; sopra il qual detto era fondato il terzo delle ragioni, colle quali egli aveva intrapreso a provar la primaria intenzione del suo trattato, cioè il luogo della cometa.

Ma che risponderem noi ad un altro errore, pure in logica, che il Sarsi ci attribuisce? Sentiamolo, e poi prenderemo quel partito che ci parrà più opportuno. Non contento il Sarsi d'aver mostrato come il più volte già nominato scoprimento delle fisse invisibili non si deve chiamare accrescimento infinito, passa a provar che il dire ch'ei proceda dal telescopio è grave errore in logica, le cui leggi vogliono che quando un effetto può derivare da più cause, malamente da quello se n'inferisca una sola: e che il vedersi quello che prima non si vedeva sia un degli effetti che posson depender da più cause, oltre a quella del telescopio, chiaramente lo mostra il Sarsi nominandole ad una ad una; le quali tutte era necessario rimuovere, e mostrar com'elle non erano a parte nell'atto del farci vedere col telescopio le stelle invisibili. Sì che il signor Mario, per fuggir l'imputazione del Sarsi, doveva

[65] Più volte Galilei, dal *Sidereus nuncius* (cfr. p. 295) al *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* (vol. II, pp. 105 segg.) ha esposto questa sua teoria sugli effetti ottici della visione telescopica delle stelle. Per la teoria delle nebulose si veda il *Sidereus nuncius*, p. 297.

mostrare che l'accostarsi il telescopio all'occhio non era, prima, uno accrescere in se stessa e per se stessa la virtù visiva (che pur è una causa per la quale, senz'altro aiuto, si può veder quel che prima non si poteva); secondo, doveva mostrar che la medesima applicazione non era un tor via le nuvole, gli alberi, i tetti o altri impedimenti di mezo; terzo, ch'ei non era un servirsi d'un paio d'occhiali da naso ordinarii (e vo, come V. S. Illustrissima vede, numerando le cause poste dal medesimo Sarsi, senz'alterar nulla); quarto, che questo non è un illuminar l'oggetto più chiaramente; quinto, che questo non è un far venir le stelle in Terra o salir noi in cielo, onde l'intervallo traposto si diminuisca; sesto, ch'ei non è un farle rigonfiare, onde, ingrandite, divengano più visibili; settimo, che questo non è finalmente un aprir gli occhi chiusi: azzioni tutte, ciascheduna delle quali (ed in particolar l'ultima) è bastante a farci vedere quel che prima non vedevamo. Signor Sarsi, io non so che dirvi, se non che voi discorrete benissimo; solo dispiacemi che queste imputazioni cascano tutte addosso al vostro Maestro, senza toccar punto il signor Mario o me. Io vi domando se alcune di queste cause, da voi prodotte come potenti a farci veder quello che senza lor non si vederebbe, come, verbigrazia, l'avvicinarlo, l'interpor vapori o cristalli etc., vi dimando, dico, se alcuna di queste cause può produr l'effetto dell'ingrandir gli oggetti visibili, sì come lo produce il telescopio ancora. Io credo pure che voi risponderete di sì. Ed io vi soggiungerò che questo è un aperto accusare di cattivo logico il vostro Maestro, il quale, parlando in generale a tutto il mondo, riconobbe l'ingrandimento della Luna e di tutti gli altri oggetti dal solo telescopio, senza l'esclusion di niuna dell'altre cause, come per vostra opinione sarebbe stato in obligo di fare; il quale obligo non cade poi punto nel signor Mario, avvenga che, parlando solo col vostro Maestro, e non più a tutto il mondo, e volendo mostrar falso quello ch'egli aveva pronunziato dell'effetto di tale strumento, lo considerò (né era in obligo di considerarlo altrimenti) nel modo che l'aveva considerato il suo avversario. Anzi la vostra nota di cattivo logico cade tanto più gravemente sopra il vostro

Maestro, quanto ch'egli in altra occasione importantissima trasgredì la legge: dico nell'inferir dall'apparenza del moto retto la circolazione per cerchio massimo, potendo esser del medesimo effetto causa il movimento realmente retto e qualunque altro moto fatto nell'istesso piano dove fusse l'occhio, delle quali tre cagioni potevano con gran ragione dubitare anco gli uomini molto sensati; anzi l'istesso vostro Maestro, per vostro detto, non ricusò d'accettare il moto per linea ovale o anco irregolare. Ma il dubitare se alcuna delle vostre sette cause poste di sopra potesse aver luogo nell'apparizion delle stelle invisibili, mentre che col telescopio si rimirano, se io devo parlar liberamente, non credo che potesse cadere in mente se non a persone costituite nel sommo ed altissimo grado di semplicità.

Nella quale schiera io non però intendo, Illustrissimo Signore, di porre il Sarsi; perché, se ben egli è quello che si è lasciato traportare a far questa passata, tuttavia si vede ch'ei non ha parlato, come si dice, *ex corde*; poi che in ultimo quasi quasi si accommoda a concedere che, non si trattando d'altro che del telescopio, si potessero lasciar da banda l'altre cause: tuttavia, perché il conceder poi questo apertamente, si tirava in conseguenza la nullità della sua già fatta accusa e del concetto, per quella impresso forse in alcuno de' lettori, d'esser io cattivo logico, per ovviare a tutto questo soggiunge che né anco tal cosa basta ad una retta argumentazione: e la ragione è, perché il telescopio non in un modo solo fa veder quel che non si vedeva, ma in due: il primo è col portar gli oggetti a gli occhi sotto angolo maggiore, per lo che maggiori appariscono; l'altro, con l'unire i raggi e le specie, onde più efficacemente operano; e perché l'uno di questi basta per far apparire quel che non si scorgeva, non si deve da questo effetto inferire una sola di quelle cause. Queste sono le sue precise parole, delle quali io non direi di saper penetrar l'intimo senso, avvenga che egli stia troppo su 'l generale, dove mi par che fusse stato di mestieri dichiararsi più specificatamente, potendo la sua proposizione esser intesa in più modi; de i quali quello ch'è per avventura il primo a rappresentarsi alla mente, contiene in sé una

manifesta contradizzione. Imperocché il portar gli oggetti sotto maggior angolo, onde maggiori appariscano, si rappresenta effetto contrario al ristringer insieme i raggi e le specie; perché, essendo i raggi quelli che conducono le specie, par che non ben si capisca come, nel condurle, si ristringano insieme ed in un tempo formino angolo maggiore; imperò che, concorrendo insieme linee a formare un angolo, par che, nel ristringersi, l'angolo debba più tosto inacutirsi che farsi maggiore. E se pure il Sarsi aveva in fantasia qualch'altro modo per lo quale potessero i raggi, coll'unirsi, formare angolo maggiore (il che io non niego poter per avventura ritrovarsi), doveva dichiararlo e distinguerlo dall'altro, per non lasciare il lettore tra i dubbi e gli equivoci. Ma posto per ora che sieno tali due modi d'operare nell'uso del telescopio, io vorrei sapere se ei lavora sempre con ambedue insieme, o pur talvolta coll'uno ed altra volta coll'altro separatamente, sì che quando ei si serve dell'ingrandimento dell'angolo, lasci stare il ristringimento de' raggi, e quando ristringe i raggi, ritenga l'angolo nella sua primiera quantità. S'egli opera sempre con ambedue questi mezi, gran semplicità è quella del Sarsi mentre accusa il signor Mario per non avere accettato e nominato l'uno ed escluso l'altro; ma s'egli opera con un solo, pure ha errato il Sarsi a non lo nominare, escludendo l'altro, e mostrar che quando noi guardiamo, verbigrazia, la Luna, che ricresce assaissimo, ei lavora coll'ingrandimento dell'angolo, ma quando si guardano le stelle, non s'ingrandisce l'angolo, ma solamente s'uniscono i raggi. Io, per quanto posso con verità deporre, nelle infinite o, per meglio dire, moltissime volte che ho guardato con tale strumento, non ho mai conosciuta diversità alcuna nel suo operare, e però credo ch'egli operi sempre nell'istessa maniera, e credo che il Sarsi creda l'istesso; e come questo sia, bisogna che le due operazioni, dell'ingrandir l'angolo e ristringer i raggi, concorrano sempre insieme: la qual cosa rende poi in tutto e per tutto fuori del caso l'opposizione del Sarsi; perch'è ben vero che quando da un effetto il quale può depender da più cause separatamente, altri ne inferisce una particolare, commette errore; ma quando le cause sieno tra di loro

inseparabili, sì che necessariamente concorrano sempre tutte, se ne può ad arbitrio inferir qual più ne piace, perché qualunque volta sia presente l'effetto, necessariamente vi è anco quella causa. E così, per darne un essempio, chi dicesse « Il tale ha acceso il fuoco, adunque si è servito dello specchio ustorio », errerebbe, potendo derivar l'accendimento dal batter un ferro, dall'esca e fucile, dalla confricazion di due legni, e da altre cause; ma chi dicesse « Io ho sentito batter il fuoco al vicino », e soggiungesse « Adunque egli ha della pietra focaia », senza ragione sarebbe ripreso da chi gli opponesse che, concorrendo a tale operazione, oltre alla pietra, il fucile, l'esca e 'l solfanello ancora, non si poteva con buona logica inferir la pietra risolutamente [66]. E così, se l'ingrandimento dell'angolo e l'union de' raggi concorron sempre nell'operazioni del telescopio, delle quali una è il far veder l'invisibile, perché da questo effetto non si può inferire quale delle due cause più ne piace? Io credo di penetrare in parte la mente del Sarsi, il quale, s'io non m'inganno, vorrebbe che il lettore credesse quello ch'egli stesso assolutamente non crede, cioè ch'il veder le stelle, che prima erano invisibili, derivasse non dall'ingrandimento dell'angolo, ma dall'unione de' raggi; sì che, non perché la specie di quelle divenisse maggiore, ma perché i raggi fussero fortificati, si facesser visibili; ma non si è voluto apertamente scoprire, perché troppo gli sono addosso l'altre ragioni del signor Mario taciute da esso, ed in particolare quella del vedersi gl'intervalli tra stella e stella ampliati colla medesima proporzione che gli oggetti quaggiù bassi; i quali intervalli non dovrian ricrescer punto se niente ricrescessono le stelle, essendo loro così distanti da noi come quelle. Ma per finirla, io son certo che quando il Sarsi volesse venire a dichiararsi com'egli intenda queste due operazioni del telescopio, dico del ristringere i

[66] Elemento decisivo del metodo sperimentale galileiano è la verifica della ipotesi, atto che, lungi dall'essere surrettizio e secondario, costituisce con la ricerca teorica un'operazione unica, integrativa del ragionamento. La sua funzione consiste nel provare concretamente l'ipotesi ritenuta più probante, scartando tutte le cause non determinanti ed accessorie.

raggi e dell'ingrandir il loro angolo, e' manifesterebbe che non solamente si fanno sempre ambedue insieme, sì che già mai non accaggia unire i raggi senza ingrandir l'angolo, ma ch'elle sono una cosa medesima; e quando egli avesse altra opinione, bisogna ch'ei mostri che 'l telescopio alcune volte unisca i raggi senza ingrandir l'angolo, e che ciò faccia egli a punto quando si guardano le stelle fisse; cosa ch'egli non mostrerà in eterno, perch'è una vanissima chimera o, per dirla più chiara, una falsità.

Io non credeva, Signor mio Illustrissimo, dover consumar tutte parole in queste leggerezze; ma già che si è fatto il più, facciasi ancora il meno. E quanto all'altra censura di trasgression dalle leggi logicali, mentre nella division degli effetti del telescopio il signor Mario ne pose uno che non vi è, e ne trapassò uno che vi si doveva porre, quando disse « Il telescopio rende visibili le stelle o coll'ingrandir la loro specie o coll'illuminarle », in vece di dire « coll'ingrandirle o coll'unir le specie e i raggi », come vorrebbe il Sarsi che si dovesse dire; io rispondo che il signor Mario non ebbe mai intenzion di far divisione di quello ch'è una cosa sola, quale egli, ed io ancora, stimiamo esser l'operazione del telescopio nel rappresentarci gli oggetti: e quando ei disse « Se il telescopio non ci rende visibili le stelle coll'ingrandirle, bisogna che con qualche inaudita maniera le illumini », non introdusse l'illuminazione come effetto creduto, ma come manifesto impossibile lo contrappose all'altro, acciò la di lui verità restasse più certa; e questo è un modo di parlare usitatissimo, come quando si dicesse « Se gli inimici non ànno scalata la rocca, bisogna che vi sian piovuti dal cielo ». Se il Sarsi adesso crede di poter con lode impugnare questi modi di parlare, se gli apre un'altra porta, oltre a quella di sopra dell'infinito, da trionfare in duello di logica sopra tutti gli scrittori del mondo; ma avvertisca, nel voler mostrarsi gran logico, di non apparer maggior sofista. Mi par di veder V. S. Illustrissima sogghignare; ma che vuol ella? Il Sarsi era entrato in umore di scrivere in contradizzione alla scrittura del signor Mario: gli è stato forza attaccarsi, come noi sogliamo dire, alle funi del cielo. Io per me non

solamente lo scuso, ma lo lodo, e parmi ch'egli abbia fatto l'impossibile. Ma tornando alla materia, già è manifesto che il signor Mario non ha posto l'illuminare com'effetto creduto del telescopio. Ma che più? l'istesso Sarsi confessa ch'ei l'ha messo come impossibile. Non è adunque membro della divisione, anzi, come ho detto, non ci è né meno divisione. Circa poi all'unione delle specie e de' raggi, ricordata dal Sarsi come membro trapassato dal signor Mario nella divisione, sarebbe bene che il Sarsi specificasse come questa è una seconda operazion diversa dall'altra, perché noi sin qui l'abbiamo intesa per una stessa cosa; e quando saremo assicurati ch'elle sieno due differenti e diverse operazioni, allora intenderemo d'avere errato; ma l'error non sarà di logica nel mal dividere, ma di prospettiva nel non aver ben penetrati tutti gli effetti dello strumento.

Quanto alla chiusa, dove il Sarsi dice di non voler per adesso stare a registrare altri errori che questi pochi incontrati così casualmente in un luogo solo, lasciando da banda gli altri, io, prima, ringrazio il Sarsi del pietoso affetto verso di noi; poi mi rallegro col signor Mario, il quale può star sicuro di non aver commesso in tutto il trattato un minimo mancamento in logica; perché, se bene par che il Sarsi accenni che ve ne sieno moltissimi altri, tuttavia crederò almeno che questi, notati e manifestati da lui, sieno stati eletti per li maggiori; il momento de i quali lascio ora che sia da lei giudicato, ed in conseguenza la qualità degli altri.

Vengo finalmente a considerar l'ultima parte, nella quale il Sarsi, per farmi un segnalato favore, vuol nobilitare il telescopio con una ammirabil condizione e facoltà d'illuminar gli oggetti che per esso rimiriamo, non meno ch'ei ce gl'ingrandisca. Ma prima ch'io passi più avanti, voglio rendergli grazie del suo cortese affetto, perché dubito che l'effetto sia per obligarmi assai poco dopo che avremo considerata la forza della dimostrazione portata per prova del suo intento: della quale, perché mi par che l'autore nello spiegarla si vada, non so perché, ravvolgendo e più volte replicando le medesime proposizioni, cercherò di trarne la sostanza, la qual mi par che sia questa.

Il telescopio rappresenta gli oggetti maggiori, perché gli porta sotto maggiore angolo che quando son veduti senza lo strumento. Il medesimo, ristringendo quasi a un punto le specie de' corpi luminosi ed i raggi sparsi, rende il cono visivo, o vogliamo dire la piramide luminosa, per la quale si veggono gli oggetti, di gran lunga più lucida; e però gli oggetti splendidi di pari ci si rappresentano ingranditi e di maggior luce illustrati. Che poi la piramide ottica si renda più lucida per lo ristringimento de i raggi, lo prova con ragione e con esperienza. Imperò che la ragione ci insegna che il lume raccolto in minore spazio lo debba illuminar più; e l'esperienza ci mostra che posta una lente cristallina al Sole, nel punto del concorso de' raggi non solo s'abbrucia il legno, ma si liquefà il piombo e si accieca la vista: perloché di nuovo conclude, che con altrettanta verità si può dire che il telescopio illumina le stelle, con quanta si dice ch'ei le accresce [67].

In ricompensa della cortesia e del buono animo che 'l Sarsi ha avuto d'essaltare e maggiormente nobilitare questo ammirabile strumento, io non gli posso dar altro, per ora, che un totale assenso a tutte le proposizioni ed esperienze sopradette. Ma mi duol bene oltre modo che l'essere esse vere gli è di maggior pregiudicio che se fusser false; poi che la principal conclusione che per esse doveva essere dimostrata è falsissima, né credo che ci sia verso di poter sostenere che gravemente non pecchi in logica quegli che da proposizioni vere deduce una conclusion falsa. È vero che il telescopio ingrandisce gli oggetti col portargli sotto maggior angolo; verissima è la prova che n'arrecano i prospettivi; non è men vero che i raggi della piramide luminosa maggiormente uniti la rendono più lucida, ed in conseguenza gli oggeti per essa veduti; vera è la ragione che n'assegna il Sarsi, cioè perché il medesimo lume, ridotto in minore spazio, l'illumina più; e finalmente verissima è l'esperienza della lente, che col-

[67] Osserva, a questo proposito, G. Abetti (*Amici e nemici di Galileo*, Milano, 1945) che a Galilei ed al suo avversario non era noto ancora « il potere luminoso e quello risolutivo di piccoli angoli ».

l'unione de' raggi solari abbrucia ed accieca: ma è poi falsissimo che gli oggetti luminosi ci si rappresentino col telescopio più lucidi che senza, anzi è vero che li veggiamo assai più oscuri; e se il Sarsi nel riguardar, verbigrazia, la Luna col telescopio, avesse una volta aperto l'altr'occhio, e con esso libero riguardato pur l'istessa Luna, avrebbe potuto fare il paragone senza niuna fatica tra lo splendor della gran Luna vista con lo strumento, e quello della piccola, vista coll'occhio libero; il che osservato, avrebbe sicuramente scritto, la luce della veduta liberamente mostrarsi di gran lunga maggiore che quella dell'altra. Chiarissima è adunque la falsità della conclusione: resta ora che mostriamo la fallacia nel dedurla da premesse vere. E qui mi pare che al Sarsi sia accaduto quello che accaderebbe ad un mercante che, nel riveder sopra i suoi libri lo stato suo, leggesse solamente le facce dell'avere, e che così si persuadesse di star bene ed esser ricco; la qual conclusione sarebbe vera quando all'incontro non vi fussero le facce del dare. È vero, signor Sarsi, che la lente, cioè il vetro convesso, unisce i raggi, e perciò moltiplica il lume e favorisce la vostra conclusione; ma dove lasciate voi il vetro concavo, che nel telescopio è la contrafaccia della lente, e la più importante, perch'è quello appresso del quale si tiene l'occhio, e per lo quale passano gli ultimi raggi, ed è finalmente l'ultimo bilancio e saldo delle partite? Se la lente convessa unisce i raggi, non sapete voi che il vetro concavo gli dilata e forma il cono inverso? Se voi aveste provato a ricevere i raggi passati per ambedue i vetri del telescopio, come avete osservato quelli che si rifrangono in una lente sola, avreste veduto che dove questi s'uniscono in un punto, quelli si vanno più e più dilatando in infinito, o, per dir meglio, per ispazio grandissimo: la quale esperienza molto chiaramente si vede nel ricever sopra una carta l'immagine del Sole, come quando si disegnano le sue macchie [68]; sopra la qual carta, secondo ch'ella più e più si

[68] Galilei osservava i fenomeni celesti « tanto attraverso il cannocchiale, quanto in proiezione sopra un foglio di carta bianca » (E. ZAGAR, « Galileo Galilei », in *Fortuna di Galileo*, p. 35, Bari, Laterza, 1964.

discosta dall'estremità del telescopio, maggiore e maggior cerchio vi viene stampato dal cono de' raggi, e quanto si fa tal cerchio maggiore, tanto è men luminoso in comparazione del resto del foglio tocco da' raggi liberi del Sole. E quando questa ed ogn'altra esperienza vi fusse stata occulta, mi resta pur tuttavia duro a credere che voi non abbiate alcuna volta sentito dir questo, ch'è verissimo, cioè che i vetri concavi, quanto più mostrano l'oggetto grande, tanto più lo mostrano oscuro. Come dunque mandate voi di pari nel telescopio l'illuminar coll'ingrandire? Signor Sarsi, rimanetevi dal voler cercar d'essaltar questo strumento con queste vostre nuove facoltà sì ammirande, se non volete porlo in ultimo dispregio appresso quelli che sin qui l'ànno avuto in poca stima. Ed avvertite che io in questo conto vi ho passata come cosa vera una partita ch'è falsa, cioè che la luce ingagliardita mediante l'union de' raggi, renda l'oggetto veduto più luminoso. Sarebbe vero questo, quando tal luce andasse a trovar l'oggetto; ma ella vien verso l'occhio, il che produce poi contrario effetto: imperò che, oltre all'offender la vista, rende il mezo più luminoso, ed il mezo più luminoso fa apparir (come credo che voi sappiate) gli oggetti più oscuri; ché per questa sola cagione le stelle più risplendenti si mostrano quanto più l'aria della notte divien tenebrosa, e nello schiarirsi l'aria si mostrano più fosche. Queste cose, come vede V. S. Illustrissima, son tanto manifeste, che non mi lasciano credere che al Sarsi possano essere state incognite, ma ch'egli più tosto per mostrar la vivezza del suo ingegno si sia messo a dimostrare un paradosso, che perch'egli così internamente credesse. E in questa opinione mi conferma l'ultima sua conclusione, dove, per mostrar (cred'io) ch'egli ha parlato per ischerzo, serra con quelle parole: « Affermo dunque, con tanta verità dirsi che il telescopio illumina le stelle, con quanta si dice che il medesimo le ingrandisce ». V. S. Illustrissima sa poi che ed egli ed il suo Maestro ànno sempre detto, e dicono ancora, ch'ei non l'ingrandisce punto; la qual conclusione si sforza il Sarsi di sostenere ancora, come vedremo, nelle cose che seguono qui appresso.

13. Legga dunque V. S. Illustrissima: « Ad tertium argumentum propero, ... amicum quam dictum perdere. »[69]

Intorno alle cose qui scritte mi si fa da considerar, nel primo luogo, qual possa esser la cagione per la quale il Sarsi abbia scritto ch'io grandemente mi sia lamentato del P. Grassi, avvenga che nel trattato del signor Mario non vi è pur ombra di mie querele, né io già mai con alcuno, né anco con me stesso, mi son doluto, né meno ho conosciuto d'aver cagion di dolermi; e gran semplicità mi parrebbe di chi si dolesse che uomini di gran nome fusser contrari alle sue opinioni, quantunque volta egli avesse modi facili ed evidenti da poterle dimostrar vere, quali son sicuro d'aver io: tal che a me non si rappresenta altra cagione, se non che 'l Sarsi sotto questa finzione ha voluto ascondere, non so già perché, suoi interni motivi che l'ànno spinto a volerla pigliar meco; del che ho ben sentito qualche fastidio, perché più volentieri avrei impiegato questo tempo in qualch'altro studio più di mio gusto. Che il P. Grassi non avesse intenzione d'offender me nel tassar di poco intelligenti quelli che disprezzavano l'argomento preso dal poco ingrandimento della cometa per lo telescopio, lo voglio creder al Sarsi; ma se io per me stesso m'ero già dichiarato essere in quel numero, ben mi doveva esser tollerato ch'io producessi mie ragioni e difendessi la causa mia, e tanto più quanto ella era giusta e vera. Voglio ancora ammettere al Sarsi che 'l suo Maestro con buona intenzione si mettesse a sostenere quell'opinione,

[69] VI, pp. 126-27. In questo passo della *Libra*, Grassi difende la posizione assunta da lui e prima dai matematici del Collegio romano, a favore del cannocchiale e delle osservazioni celesti del 1610. A tal proposito ricorda le riserve fortissime di molti dotti e le critiche sollevate contro Galilei e contro la veridicità delle visioni telescopiche sia per l'incredulità con cui furono accolte notizie che s'opponevano a teorie antiche di secoli, sia per la diffidenza verso l'origine empirica dello strumento e la sua discordanza dalle teorie ottiche (era stato costruito ad oculare concavo anziché convesso): sembra che l'autore della *Libra* voglia maliziosamente ricordare le esitazioni dei grandi scienziati, come Keplero, ad avallare col proprio autorevole consenso le scoperte di Galilei e le vicende sfortunate di alcune esibizioni dello strumento, come quella eseguita a Bologna in casa del Magini (cfr. pp. 268 segg.). Perciò il Grassi lamenta l'ingratitudine di Galilei verso i gesuiti.

credendo di conservare ed accrescere la reputazione ed il pregio del telescopio contro alle calunnie di quelli che lo predicavano per fraudolente e per ingannator della vista, e così cercavano di spogliarlo de' suoi ammirabili pregi: ma in questo fatto, quanto l'intenzion del Padre mi par lodevole e buona, tanto l'elezzione e la qualità delle difese mi si rappresenta cattiva e dannosa, mentr'ei vuole contro all'imposture de' maligni fare scudo agli effetti veri del telescopio coll'attribuirgliene de' manifestamente falsi. Questo non mi par buon luogo topico per persuader la nobiltà di tale strumento. Per tanto piaccia al Sarsi di scusarmi se io non vengo, con quella larghezza che forse gli par che convenisse, a chiamarmi e confessarmi obligato per li nuovi pregi ed onori arrecati a questo strumento. E con qual ragione pretend'egli che in me si debba accrescer l'obligo e l'affezzione verso di loro per li vani e falsi attributi, mentr'eglino, perché io col dir cose vere gli traggo d'errore, mi pronunzian la perdita della loro amicizia?

Segue appresso, e, non so quanto opportunamente, s'induce a chiamare il telescopio mio allievo, ma a scoprire insieme come non è altrimenti mio figliuolo. Che fate, signor Sarsi? Mentre voi sete su 'l maneggio d'interessarmi in oblighi grandi per li beneficii fatti a questo ch'io reputavo mio figliuolo, mi venite dicendo che non è altro ch'un allievo? Che rettorica è la vostra? Avrei più tosto creduto che in tale occasione voi aveste avuto a cercar di farmelo creder figliuolo, quando ben voi foste stato sicuro che non fusse. Qual parte io abbia nel ritrovamento di questo strumento, e s'io lo possa ragionevolmente nominar mio parto, l'ho gran tempo fa manifestato nel mio *Avviso Sidereo*, scrivendo come in Vinezia, dove allora mi ritrovavo, giunsero nuove che al signor conte Maurizio[70] era stato presentato da un Olandese un occhiale, col quale le cose lontane si vedevano così perfettamente come se fussero state molto vicine; né più fu

[70] Si vedano, oltre al *Sidereus nuncius*, la lettera al Doge del 24 agosto 1609, pp. 865-66. Il conte Maurizio è lo statholder d'Olanda e principe d'Orange, vissuto tra il 1567 e il 1625.

aggiunto. Su questa relazione io tornai a Padova, dove allora stanziavo, e mi posi a pensar sopra tal problema, e la prima notte dopo il mio ritorno lo ritrovai, ed il giorno seguente fabbricai lo strumento, e ne diedi conto a Vinezia a i medesimi amici co' quali il giorno precedente ero stato a ragionamento sopra questa materia. M'applicai poi subito a fabbricarne un altro più perfetto, il quale sei giorni dopo condussi a Vinezia, dove con gran meraviglia fu veduto quasi da tutti i principali gentiluomini di quella republica, ma con mia grandissima fatica, per più d'un mese continuo. Finalmente, per consiglio d'alcun mio affezzionato padrone, lo presentai al Principe in pieno Collegio, dal quale quanto ei fusse stimato e ricevuto con ammirazione, testificano le lettere ducali, che ancora sono appresso di me, contenenti la magnificenza di quel Serenissimo Principe in ricondurmi, per ricompensa della presentata invenzione, e confermarmi in vita nella mia lettura nello Studio di Padova, con dupplicato stipendio di quello che avevo per addietro, ch'era poi più che triplicato di quello di qualsivoglia altro mio antecessore. Questi atti, signor Sarsi, non son seguiti in un bosco o in un diserto: son seguiti in Vinezia, dove se voi allora foste stato, non m'avreste spacciato così per semplice balio: ma vive ancora, per la Dio grazia, la maggior parte di quei signori, benissimo consapevoli del tutto, da' quali potrete esser meglio informato.

Ma forse alcuno mi potrebbe dire, che di non piccolo aiuto è al ritrovamento e risoluzion d'alcun problema l'esser prima in qualche modo reso consapevole della verità della conclusione, e sicuro di non cercar l'impossibile, e che perciò l'avviso e la certezza che l'occhiale era di già stato fatto mi fusse d'aiuto tale, che per avventura senza quello non l'avrei ritrovato. A questo io rispondo distinguendo, e dico che l'aiuto recatomi dall'avviso svegliò la volontà ad applicarvi il pensiero, che senza quello può esser ch'io mai non v'avessi pensato; ma che, oltre a questo, tale avviso possa agevolar l'invenzione, io non lo credo: e dico di più, che il ritrovar la risoluzion d'un problema segnato e nominato, è opera di maggiore ingegno assai che 'l ritrovarne uno non

pensato né nominato, perché in questo può aver grandissima parte il caso, ma quello è tutto opera del discorso. E già noi siamo certi che l'Olandese, primo inventor del telescopio, era un semplice maestro d'occhiali ordinari, il quale casualmente, maneggiando vetri di più sorti, si abbatté a guardare nell'istesso tempo per due [71], l'uno convesso e l'altro concavo, posti in diverse lontananze dall'occhio, ed in questo modo vide ed osservò l'effetto che ne seguiva, e ritrovò lo strumento: ma io, mosso dall'avviso detto, ritrovai il medesimo per via di discorso; e perché il discorso fu anco assai facile, io lo voglio manifestare a V. S. Illustrissima, acciò, raccontandolo dove ne cadesse il proposito, ella possa render, colla sua facilità, più creduli quelli che, col Sarsi, volessero diminuirmi quella lode, qualunqu'ella si sia, che mi si perviene.

Fu dunque tale il mio discorso. Questo artificio o costa d'un vetro solo, o di più d'uno. D'un solo non può essere, perché la sua figura o è convessa, cioè più grossa nel mezo che verso gli estremi, o è concava, cioè più sottile nel mezo, o è compresa tra superficie parallele: ma questa non altera punto gli oggetti visibili col crescergli o diminuirgli; la concava gli diminuisce, e la convessa gli accresce bene, ma gli mostra assai indistinti ed abbagliati; adunque un vetro solo non basta per produr l'effetto. Passando poi a due, e sapendo che 'l vetro di superficie parallele non altera niente, come si è detto, conclusi che l'effetto non poteva né anco seguir dall'accoppiamento di questo con alcuno degli altri due.

[71] Il merito più significativo di Galilei è il superamento da lui realizzato delle condizioni di provvisorietà, imprevedibilità e casualità in cui si svolgevano i tentativi della tecnica artigianale, priva di consapevolezza teorica e di una coerente dottrina ottica. Galilei infatti non operò per tentativi, ma attraverso una ricostruzione razionale dei procedimenti seguiti dai primi inventori (si vedano al riguardo le nostre considerazioni nell'Introduzione al *Dialogo sui massimi sistemi*, Bari, Laterza, 1963). L'indipendenza della costruzione galileiana del cannocchiale è molto meno certa di quanto qui Galilei voglia far apparire. Certo è invece che le indagini teoriche sul potenziamento della vista, condotte prima da G. B. Della Porta, nella sua *Magia naturalis*, e poi da Keplero nei *Ad Vitellionem paralipomena*, non potevano condurre all'effettiva ricostruzione dello strumento proprio per la sfiducia verso un ritrovato della tecnica (cfr. V. Ronchi, *op. cit.*).

Onde mi ristrinsi a volere esperimentare quello che facesse la composizion degli altri due, cioè del convesso e del concavo, e vidi come questa mi dava l'intento: e tale fu il progresso del mio ritrovamento, nel quale di niuno aiuto mi fu la concepita opinione della verità della conclusione. Ma se il Sarsi o altri stimano che la certezza della conclusione arrechi grand'aiuto al ritrovare il modo del ridurla all'effetto, leggano l'istorie, ché ritroveranno essere stata fatta da Archita una colomba che volava, da Archimede uno specchio che ardeva in grandissime distanze ed altre macchine ammirabili, da altri essere stati accesi lumi perpetui, e cento altre conclusioni stupende; intorno alle quali discorrendo, potranno, con poca fatica e loro grandissimo onore ed utile, ritrovarne la costruzione, o almeno, quando ciò lor non succeda, ne caveranno un altro beneficio, che sarà il chiarirsi meglio, che l'agevolezze che si promettevano da quella precognizione della verità dell'effetto, era assai meno di quel che credevano.

Ma ritorno a quel che segue scrivendo il Sarsi, dove destreggiando, per non si ridurre a dire che l'argomento preso dal minimo ingrandimento degli oggetti remotissimi non val nulla, perch'è falso, dice che di quello non n'ànno mai fatta molta stima; il che manifesta egli dall'averlo il suo Maestro scritto con assai brevità, dove che gli altri due argomenti si veggono distesi ed amplificati senza risparmio di parole. Al che io rispondo che non dalla moltitudine, ma dall'efficacia delle parole si deve argumentar la stima che altri fa delle cose dette: e, come ogn'un sa, vi sono delle dimostrazioni che per lor natura non possono esser senza lunghezza spiegate, ed altre nelle quali la lunghezza sarebbe del tutto superflua e tediosa; e qui, se si deve aver riguardo alle parole, l'argomento è portato con quante bastavano alla sua spiegatura chiara e perfetta. Ma, oltre a questo, lo scrivere lo stesso P. Grassi esser in tal argomento, come necessariamente si raccoglie da' principii ottici, forza grandissima per provar l'intento, ci dà pur troppo chiaro indizio della stima ch'egli almeno ha voluto mostrar di farne: la qual voglio ben credere al Sarsi che internamente sia stata pochissima, ed a questo mi persuade non la brevità dello spiegarlo, ma

altra assai più forte conghiettura; e questa è, che mentre il Padre fa sembiante di dimostrare il luogo della cometa dover essere lontanissimo, avvenga che nel ricevere dal telescopio insensibile augumento ella imita puntualmente le lontanissime stelle fisse, quando poi accanto accanto ei passa a più specifica limitazione d'esso luogo, ei la colloca sotto ad oggetti che ricevono dal medesimo telescopio grandissimo accrescimento; dico sotto il Sole, che pur ricresce in superficie quelle medesime centinaia e migliaia di volte, che il medesimo Padre ed il Sarsi stesso sanno. Ma il Sarsi non ha penetrato l'artificio grande del suo Maestro, col quale nell'istesso tempo ha voluto cortesemente applaudere a gli amici suoi né ha voluto amareggiar loro il gusto che sentivano per l'invenzion del nuovo argomento, ed a' più intendenti e meno appassionati ha in tanto voluto, come si dice, sotto mano mostrarsi accorto ed intelligente, imitando quel generosissimo atto di quel gran signore, che gettò il flussi a monte per non interrompere il giubilo nel quale vedeva galleggiare il giovinetto principe suo avversario, per la vittoria d'un gran resto promessagli dal cinquantacinque già scoperto e gittato in tavola. Ma il signor Mario, con maniera un poco più severa, ha voluto a carte spiegate dire il suo concetto e mostrar la falsità e nullità di quell'argomento, regolandosi da altro fine, ch'è stato di voler più tosto medicare i difetti e tor via gli errori con qualche passione degl'infermi, che fomentargli e fargli maggiori per non gli disgustare.

A quello che il Sarsi scrive in ultimo, che il suo Maestro non avesse avuto pensiero di offender me nel tassar quelli che si burlavan dell'argomento, non occorre ch'io replichi altro, perché già ho detto che lo credo e che mai non ho creduto in contrario. Ma voglio che il Sarsi creda che né io ancora, nel dimostrar falso l'argomento, non ho avuta intenzion d'offender il suo Maestro, ma ben di giovare a chiunque era in quello errore; né so bene intendere con quale occasione m'abbia in questo luogo a toccare col motto del volere, per non perdere un bel detto, perdere un amico: né so vedere quale arguzia sia nel dir « Questo argumento non è vero », sì che debba esser preso per detto arguto.

14. Or segua V. S. Illustrissima il leggere: « Sed rem ipsam... spectandas quam Lunam. » [72]

Qui, com'ella vede, si apparecchia il Sarsi con mirabil franchezza a volere in virtù d'acuti sillogismi mantenere, niuna cosa esser più vera della più volte profferita proposizione, cioè che gli oggetti veduti col telescopio tanto ricrescon più quanto son più vicini, e tanto meno quanto son più lontani; ed è tanta la sua confidenza, che quasi si promette ch'io sia per confessarla, ben che di presente io la neghi. Ma io fo un augurio e pronostico molto differente, e credo ch'egli si sia, nel tesser questa tela, per ritrovare in maniera inviluppato, più di quello ch'ei pensa ora che egli è su l'ordirla, che in ultimo da per se stesso sia per confessarsi convinto; convinto, dico, a chi con qualche attenzione considererà le cose nelle quali egli anderà a terminare, che facilmente saranno le medesime *ad unguem* che le scritte dal signor Mario, ma orpellate in maniera e così spezzatamente intarsiate tra varii ornamenti e rabeschi di parole, o vero riportate in iscorcio in qualche angolo, che forse alla prima scorsa possano, a chi meno fissamente le consideri, parer qualch'altra cosa da quello che realmente sono in pianta.

In tanto, per non lo tor d'animo, gli soggiungo, che come questo ch'ei tenta sia vero, non solo l'argomento che in questa proposizione s'appoggia, del quale il suo Maestro e gli altri astronomi amici suoi si son serviti per ritrovare il luogo della cometa, è il più ingegnoso e concludente d'ogn'altro, ma di più dico che questo effetto del telescopio avanza in eccellenza di gran lunga tutti gli altri, mediante le gran conseguenze ch'ei si tira dietro; e resto estremamente meravigliato, né so restar capace come possa esser, che, conoscendolo vero, abbia il Sarsi poco fa detto di sé e del suo Maestro d'averne fatto assai minore stima che degli altri due, presi l'uno dal moto circolare e l'altro dalla piccolezza della paralasse, li quali, sia detto con pace loro, non son degni d'esser servidori di questo. Signore, se questa cosa è vera, ecco spianata al Sarsi la strada ad invenzioni ammirande, tentate da moltissimi né mai trovate da alcuno; ecco non solo misurata in una sola stazione qualsivoglia lontananza in Terra, ma senza errore alcuno stabilite le distanze de' corpi celesti. Perché, osservato che sia una volta sola che, verbigrazia, un cerchio lontano un miglio ci si dimostri, veduto col telescopio, di diametro trenta volte maggiore che coll'occhio libero, subito che vedremo l'altezza d'una torre ricrescer, per essempio, diece volte, saremo sicuri quella esser lontana tre miglia; e ricrescendo il diametro della Luna come dir tre volte più di quel che ce lo mostra l'occhio libero, potremo dire, quella esser lontana dieci miglia, ed il Sole quindici, se il suo diametro ricrescerà due volte solamente; o pure, se con qualche telescopio eccellente noi vedessimo la Luna ricrescere in diametro, verbigrazia, dieci volte, la qual è lontana più di cento mila miglia, come bene scrive il P. Grassi, la palla della cupola dalla distanza di un miglio ricrescerà in diametro più d'un milion di volte. Or io, per aiutare quanto posso un'impresa così stupenda, anderò promovendo alcuni dubbietti che mi nascono nel progresso del Sarsi, i quali V. S. Illustrissima, se così le piacerà, potrà con qualche occasione mostrar a lui, acciò, col torgli via, possa tanto più perfettamente stabilire il tutto [73].

[72] VI, pp. 127-30. Il passo della *Libra* cui qui si fa riferimento, è un insieme di ragionamenti tanto sottili quanto capziosi e infondati: il Grassi, volendo insinuare il dubbio sull'uso del cannocchiale, tende a dimostrare che per veder più lontano bisognava usare uno strumento più corto, ciò che è contro ogni realtà: conferma questa dell'inutilità della logica tradizionale per l'intelligente comprensione dei fatti naturali e delle conquiste scientifiche, come Galilei dirà nella giornata seconda dei *Discorsi intorno a due nuove scienze* (vol. II, p. 707); in una postilla alla *Libra*, Galilei esclama: « Messer Lottario i vostri argomenti in forma son da farsi a' vostri condiscepoli, e non a chi ha la barba bianca ».

[73] La forte ironia con cui Galilei colpisce la superficiale esteriorità del procedimento logico-formale è il segno della profonda consapevolezza raggiunta da Galilei della responsabilità dello scienziato nella ricerca sicura e indubitabile del vero. Questa ricerca può svolgersi al di là di ogni orpello retorico o di qualsiasi gioco formale dell'intelletto: la serietà dello scienziato moderno sta nel rispettare fino alle conclusioni l'analisi matematica della natura: il sillogismo cede il posto al calcolo e con la nuova scienza si delinea una nuova etica scientifica.

Volendo dunque il Sarsi persuadermi che le stelle fisse non ricevono sensibile accrescimento dal telescopio, comincia dagli oggetti che sono in camera, e mi domanda se per vedergli col telescopio, e' mi bisogna allungarlo assaissimo; ed io gli rispondo che sì: passa a gli oggetti fuori della finestra in gran lontananza, e mi dice che per veder questi bisogna scorciar assai lo strumento; ed io l'affermo, e gli concedo, appresso, ciò derivar, com'esso scrive, dalla natura dello strumento, che per veder gli oggetti vicinissimi richiede assai maggior lunghezza di canna, e minor per li più lontani; ed oltre a ciò confesso che la canna più lunga mostra gli oggetti maggiori che la più breve; e finalmente gli concedo per ora tutto il sillogismo, la cui conclusione è che in universale gli oggetti vicini s'accrescon più, e i molto lontani meno, cioè (adattandola a i nominati particolari) che le stelle fisse, che sono oggetti lontani, ricrescon meno che le cose poste in camera o dentro al palazzo, tra i quali termini mi pare che il Sarsi comprenda le cose ch'ei chiama vicine, non avendo nominatamente discostato in maggior lontananza il termine loro. Ma il detto sin qui non mi par che soddisfaccia a gran lunga al bisogno del Sarsi. Imperocché domando io adesso a lui, s'ei ripone la Luna nella classe degli oggetti vicini, o pure in quella de' lontani. Se la mette tra i lontani, di lei si concluderà il medesimo che delle stelle fisse, cioè il poco ingrandirsi (ch'è poi di diretto contrario all'intenzion del suo Maestro, il quale, per costituir la cometa sopra la Luna, ha bisogno che la Luna sia di quegli oggetti che assai s'ingrandiscono; e però anco scrisse ch'ella in effetto assaissimo ricresceva, e pochissimo la cometa); ma s'egli la mette tra i vicini, che son quelli che ricrescono assai, io gli risponderò ch'ei non doveva da principio ristringere i termini delle cose vicine dentro alle mura della casa, ma doveva ampliargli almeno sino al ciel della Luna. Or sieno ampliati sin là, e torni il Sarsi alle sue prime interrogazioni, e mi dimandi se per veder col telescopio gli oggetti vicini, cioè che non sono oltre all'orbe della Luna, e' mi bisogna allungar assaissimo il telescopio. Io gli risponderò di no; ed ecco spezzato l'arco, e finito il saettar de' sillogismi.

Per tanto, se noi torneremo a considerar meglio questo argomento, lo troveremo esser difettoso, ed esser preso come assoluto quello che non si può intendere senza relazione, o vero come terminato quello ch'è indeterminato, ed insomma essere stata fatta una divisione diminuita (che si chiamano errori in logica), mentre il Sarsi, senza assegnar termine e confine tra la vicinanza e lontananza, ha divisi gli oggetti visibili in lontani ed in vicini, errando in quel medesimo modo ch'errerebbe quel che dicesse: « Le cose del mondo o son grandi o son piccole », nella qual proposizione non è verità né falsità, e così anco non è nel dire: « Gli oggetti o son vicini o son lontani »; dalla quale indeterminazione nasce che le medesime cose si potranno chiamar vicinissime e lontanissime, grandissime e piccolissime, e le più vicine lontane, e le più lontane vicine, e le più grandi piccole, e le più piccole grandi, e si potrà dire: « Questa è una collinetta piccolissima », e « Questo è un grandissimo diamante »; quel corriero chiama brevissimo il viaggio da Roma a Napoli, mentre che quella gentildonna si duole che la chiesa è troppo lontana dalla casa sua. Doveva dunque, s'io non m'inganno, per fuggir questi equivochi, fare il Sarsi la sua divisione almeno in tre membri, dicendo: « Degli oggetti visibili altri son vicini, altri lontani, ed altri posti in mediocre distanza », la qual restava come confine tra i vicini ed i lontani; né anco qui si doveva fermare, ma di più doveva soggiungere una precisa determinazione alla distanza d'esso confine, dicendo, verbigrazia: « Io chiamo distanza mediocre quella d'una lega; grande, quella ch'è più d'una lega; piccola, quella ch'è meno »: né so ben capire perch'egli non l'abbia fatto, se non che forse scorgeva più il suo conto e più se lo prometteva dal potere accortamente prestigiare con equivochi tra le persone semplici, che dal saldamente concludere tra i più intelligenti; ed è veramente un gran vantaggio aver la carta dipinta da tutte due le bande, e poter, per essempio, dire: « Le stelle fisse, perché son lontane, ricrescon pochissimo; ma la Luna, assai, perch'è vicina », ed altra volta, quando venisse il bisogno, dire: « Gli oggetti di camera, essendo

vicini, crescono assaissimo; ma la Luna, poco, perch'è lontanissima. ». E questo sia il primo dubbio.

Secondo, già il P. Grassi pose in un sol capo la cagione del ricrescere or più ed or meno gli oggetti veduti col telescopio, e questo fu la minore o la maggior lontananza d'essi oggetti, né pur toccò una sillaba dell'allungare o abbreviare lo strumento; e di questo, dice ora il Sarsi, nessuna cosa esser più vera: tuttavia, quando ei si ristringe al dimostrarlo, non gli basta più la breve e gran lontananza dell'oggetto, ma gli bisogna aggiungervi la maggiore o la minor lunghezza del telescopio, e construire il sillogismo in cotal forma: « La vicinanza dell'oggetto è causa d'allungare il telescopio; ma tal allungamento è causa di ricrescimento maggiore; adunque la vicinanza dell'oggetto è causa di ricrescimento maggiore. » Qui mi pare che il Sarsi, in cambio di sollevare il suo Maestro, l'aggravi maggiormente, facendolo equivocare dal *per accidens* al *per se*, in quel modo ch'errerebbe quegli che volesse metter l'avarizia tra le regole *de sanitate tuenda* [74], e dicesse: « L'avarizia è causa di viver sobriamente, la sobrietà è causa di sanità, adunque l'avarizia mantien sano »: dove l'avarizia è un'occasione, o vero un'assai remota causa *per accidens* alla sanità, la quale segue fuor della primaria intenzion dell'avaro, in quanto avaro, il fine del qual è il risparmio solamente. E questo ch'io dico è tanto vero, quanto con altrettanta conseguenza io proverò, l'avarizia esser causa di malattia, perché l'avaro, per risparmiare il suo, va frequentemente a i conviti degli amici e de' parenti, e la frequenza de' conviti causa diverse malattie; adunque l'avarizia è causa d'ammalarsi; da i quali discorsi si scorge finalmente che l'avarizia, come avarizia, non ha che far niente colla sanità, come anco la propinquità dell'oggetto col suo maggior ricrescimento; e la causa per la quale nel rimirar gli oggetti propinqui s'allunga lo strumento, è per rimuover la confusione nella quale

[74] Sono le regole igieniche dettate dalla scuola salernitana per la tutela della salute. Poco più sopra sono indicati i due termini, propri della logica scolastica, « per accidens » e « per se » che indicano rispettivamente ciò che è accidentale e non necessario e ciò che invece è essenziale e reale.

esso oggetto ci si dimostra adombrato, la qual si toglie coll'allungamento; ma perché poi all'allungamento ne conséguita un maggior ricrescimento, ma fuor della primaria intenzione, che fu di chiarificare, e non d'ingrandir, l'oggetto, quindi è che la propinquità non si può chiamare altro che un'occasione, o vero una remotissima causa *per accidens*, del maggior ricrescimento.

Terzo, se è vero che quella, e non altra, si debba propriamente stimar causa, la qual posta segue sempre l'effetto, e rimossa si rimuove; solo l'allungamento del telescopio si potrà dir causa del maggior ricrescimento: avvenga che, sia pur l'oggetto in qualsivoglia lontananza, ad ogni minimo allungamento ne séguita manifesto ingrandimento; ma all'incontro, tuttavolta che lo strumento si riterrà nella medesima lunghezza, avvicinisi pur quanto si voglia l'oggetto, quando anco dalla lontananza di cento mila passi si riducesse a quella di cinquanta solamente, non però il ricrescimento sopra l'apparenza dell'occhio libero si farà punto maggiore in questo sito che in quello. Ma bene è vero, che avvicinandolo a piccolissime distanze, come di quattro passi, di due, d'uno, d'un mezo, la specie dell'oggetto più e più sempre s'intorbida ed offusca, sì che, per vederlo distinto e chiaro, convien più e più allungar il telescopio, al qual allungamento ne conséguita poi il maggior e maggior ricrescimento: ed avvenga che tal ricrescimento dependa solo dall'allungamento, e non dall'avvicinamento, da quello, e non da questo, si deve regolare; e perché nelle lontananze oltre a mezo miglio non fa di mestieri, per veder gli oggetti chiari e distinti, di muover punto lo strumento, niuna mutazione cade ne' loro ingrandimenti, ma tutti si fanno colla medesima proporzione; sì che se la superficie, verbigrazia, d'una palla, veduta col telescopio, in distanza di mezo miglio ricresce mille volte, mille volte ancora, e niente meno, ricrescerà il disco della Luna, tanto ricrescerà quel di Giove, e finalmente tanto quel d'una stella fissa. Né accade qui che il Sarsi la voglia star a sminuzzolare e rivedere a tutto rigor di geometria, perché, quando ei l'avrà tirata e ridotta in atomi e presosi anco tutti i vantaggi, il guadagno suo non arriverà

a quello di colui che con diligenza s'andava informando per qual porta della città s'usciva per andar per la più breve in India; ed in fine gli converrà confessare (come anco in parte pare ch'ei faccia nel fine del periodo letto da V. S. Illustrissima) che trattando con ogni severità il telescopio, si debba tener manco d'un capello più corto nel riguardar le stelle fisse, che nel mirar la Luna, Ma da tutta questa severità che ne risulterà poi in ultimo, che sia di sollevamento al Sarsi? Nulla assolutamente; perché non ne raccorrà altro se non che, ricrescendo, verbigrazia, la Luna mille volte, le stelle fisse ricrescano novecento novantanove; mentre che per difesa sua e del suo Maestro bisognerebbe ch'elle non crescessero né anco due volte, perché il ricrescimento del doppio non è cosa impercettibile, ed eglino dicono le fisse non ricrescer sensibilmente.

Io so che il Sarsi ha intese benissimo queste cose, anco nella lettura del signor Mario; ma vuol, per quanto ei può, mantener vivo il suo Maestro a quint'essenza di sillogismi sottilissimamente distillati (e siami lecito dir così, perché di qui a poco ei chiamerà troppo minute alcune cose del signor Mario, che sono assai più corpulente di queste sue). Ma per finire ormai i miei dubbi, m'accade dir qualche cosa intorno all'essempio portato dal Sarsi, preso da gli oggetti veduti naturalmente: de' quali dice che quanto più s'allontanano dall'occhio, sempre si veggono sotto minor angolo; nientedimeno, quando si è arrivato a certa distanza, nella quale l'angolo si faccia assai piccolo, per molto poi che si allontani più l'oggetto, l'angolo però non si diminuisce sensibilmente; tuttavia, dic'egli, si può dimostrare ch'ei si fa minore. Ma se il senso di questo essempio è quale mi si rappresenta, e qual anco conviene che sia se ha da quadrar bene al concetto essemplificato, io son di parere molto diverso da questo del Sarsi. Imperocché a me pare ch'in sostanza ei voglia che l'angolo visuale, nell'allontanarsi l'oggetto, si vada ben continuamente diminuendo, ma sempre successivamente con minor proporzione, sì che oltre a una gran lontananza, per molto che l'oggetto si discosti ancora, poco più si diminuisca l'angolo: ma io son di contrario parere, e dico che la diminuzione dell'angolo si va facendo sempre con maggior proporzion, quanto più l'oggetto s'allontana. E per più facilmente dichiararmi, noto primieramente, che il voler determinar le grandezze apparenti degli oggetti visibili colle quantità degli angoli sotto i quali quelle ci si rappresentano, è ben fatto nel trattar di parti di alcuna circonferenza di cerchio nel centro del quale sia collocato l'occhio; ma trattandosi di tutti gli altri oggetti, è errore: imperocché l'apparenti grandezze, non dagli angoli visuali, ma dalle corde degli archi suttesi a detti angoli si deono determinare; e queste tali apparenti quantità si vanno sempre diminuendo puntualissimamente con proporzion contraria di quella delle lontananze; sì che il diametro, verbigrazia, d'un cerchio, veduto in distanza di cento braccia, mi si rappresenta giusto la metà di quello che m'apparrebbe dalla distanza di braccia cinquanta, e veduto in distanza di mille braccia mi parrà doppio che se sarà lontano dumila, e così sempre in tutte le lontananze; né mai accaderà ch'egli per qualsivoglia grandissima distanza m'apparisca così piccolo, ch'ei non mi paia ancora la metà da dupplicata lontananza. Ma se noi pur vorremo determinar l'apparenti grandezze dalla quantità degli angoli, come fa il Sarsi, il fatto seguirà ancora più disfavorevole per lui; perché tali angoli non diminuiranno già colla proporzione colla quale le lontananze crescono, ma con minore. Ma quel che contraria al detto del Sarsi è che, paragonati gli angoli fra di loro, con maggior proporzione si vanno diminuendo nelle maggiori distanze che nelle minori; sì che, se, verbigrazia, l'angolo d'un oggetto posto in distanza di cinquanta braccia, all'angolo del medesimo oggetto posto in distanza di braccia cento, è, per essempio, come cento a sessanta, l'angolo del medesimo oggetto in distanza di mille all'angolo in distanza di dumila sarà, verbigrazia, come cento a cinquant'otto, e quello in distanza di quattromila a quello in distanza d'ottomila sarà come cento a cinquantacinque, e quel della distanza di 10000 a quel di ventimila sarà come cento a cinquantadue, e sempre la diminuzion dell'angolo s'anderà facendo in maggiore e maggior proporzione, senza però ridursi mai a farsi colla medesima delle lontananze

permutatamente prese. Tal che, s'io non prendo errore, quello che scrive il Sarsi, che l'angolo visuale, ridotto per gran lontananze a molta acutezza, non continua di diminuirsi per altri immensi allontanamenti con sì gran proporzione come faceva nelle minori distanze, è tanto falso, quanto che tal diminuzione vien sempre fatta in maggior proporzione.

15. Legga ora V. S. Illustrissima: « Sed dicet is, ... uti tuba existimamus? » [75]

Qui, com'ella vede, il Sarsi introduce me, come ormai convinto dalla forza de' suoi sillogismi, a ricorrere per mio scampo a qualunque debolissimo attacco, ed a dire, quando pur vero sia che le stelle fisse non ricevano accrescimento come gli oggetti vicini che questo « saltem » non è servirsi del medesimo strumento, poi che negli oggetti propinqui si deve allungare; e mi soggiunge, con un *A page*, ch'io ricorro a cose troppo minute. Ma, signor Sarsi, io non ho bisogno di ricorrere al « saltem » ed alle minuzie. Necessità ne avete avuta voi sin qui, e più l'averete nel progresso. Voi avete avuto bisogno di dire che « saltem » nelle sottilissime idee geometriche le fisse richieggono abbreviazione del telescopio più che la Luna, dal che poi ne seguiva, come di sopra ho notato, che ricrescendo la Luna mille volte, le fisse ricrescerebbono novecento novantanove, mentre che per mantenimento del vostro detto avevate di bisogno ch'elle non ricrescessero né anco una meza volta. Questo, signor Sarsi, è un ridursi al « saltem », e un far come quella serpe che,

[75] VI, p. 130, 7-17. Nel *Discorso delle Comete* il Guiducci aveva osservato che allungando e accorciando il cannocchiale, come sosteneva il Grassi, « non è riguardare con lo stesso strumento, ma per così dire con diversi »; il Grassi nella *Libra* rifiuta quest'osservazione mediante paragoni poco adeguati. « Mi fa costui sovvenire di quel serpe – dice Galilei in una postilla alla *Libra* – che, essendo stato tagliato in molti pezzi e morto, pur ancora va divincolando l'estremo pezzo della coda, con speranza di dare a intendere a i viandanti, sé esser vivo e vittorioso », ed aggiunge: « è forza che costui creda che la diversità e identità dello strumento consista nella identità e diversità della materia; il che ne i propositi di che si tratta, è falsissimo. Vorrei saper che differenza è tra 2 occhiali diversi, altro che l'essere un più lungo dell'altro; perché la differenza ha da porsi in alcuna cosa, che costituisca in essere » (VI, p. 130).

lacerata e pesta, non le sendo rimasti più spiriti fuor che nell'estremità della coda, quella va pur tuttavia divincolando, per dare a credere a' viandanti d'essere ancor sana e gagliarda. Ed il dire che il telescopio allungato è un altro strumento da quel ch'era avanti, è, nel proposito di che si parla, cosa essenzialissima, e tanto vera quanto verissima; né il Sarsi avrebbe stimato altrimenti, se nel darne giudicio non avesse equivocato dalla materia alla forma o figura, che dir la vogliamo: il che si può facilmente dichiarare anco senza uscir del suo medesimo essempio.

Io domando al Sarsi, onde avvenga che le canne dell'organo non suonan tutte all'unisono, ma altre rendono il tuono più grave ed altre meno? Dirà egli forse, ciò derivare perch'elle sieno di materie diverse? certo no, essendo tutte di piombo: ma suonano diverse note perché sono di diverse grandezze, e quanto alla materia, ella non ha parte alcuna nella forma del suono: perché si faran canne, altre di legno, altre di stagno, altre di piombo, altre d'argento ed altre di carta, e soneran tutte l'unisono; il che avverrà quando le loro lunghezze e larghezze sieno uguali: ed all'incontro coll'istessa materia in numero, cioè colle medesime quattro libre di piombo, figurandolo or in maggior or in minor vaso, ne formerò diverse note: sì che, per quanto appartiene al produr suono, diversi sono gli strumenti che ànno diversa grandezza, e non quelli che ànno diversa materia. Ora, se disfacendo una canna se ne rigetterà del medesimo piombo un'altra più lunga, ed in conseguenza di tuono più grave, sarà il Sarsi renitente a dir che questa sia una canna diversa dalla prima? voglio creder di no. Ma se altri trovasse modo di formar la seconda più lunga senza disfar la prima, non sarebbe l'istesso? certo sì. Ma il modo sarà col farla di due pezzi e ch'uno entri nell'altro, perché così si potrà allungare e scorciare, ed in somma farla all'arbitrio nostro divenir canne diverse, per quello che si ricerca al formar diverse note; e tale è la struttura del trombone. Le corde dell'arpe, ben che sieno tutte della medesima materia, rendon suoni differenti, perché sono di diverse lunghezze: ma quel che fanno molte di queste, lo fa una sola nel liuto, mentre che

col tasteggiare si cava il suono ora da tutta ora da una parte, ch'è l'istesso che allungarla e scorciarla, ed in somma trasmutarla, per quanto appartiene alla produzzion del suono, in corde differenti: e l'istesso si può dire della canna della gola, la qual, col variar lunghezza e larghezza, accommodandosi a formar varie voci, può senza errore dirsi ch'ella diventi canne diverse. Così, e non altrimenti (perché il maggiore o minor ricrescimento non consiste nella materia del telescopio, ma nella figura, sì che il più lungo mostra maggiore), quando, ritenendo l'istessa materia, si muterà l'intervallo tra vetro e vetro, si verranno a costituire strumenti diversi.

16. Or sentiamo l'altro sillogismo che forma il Sarsi: « Sed videat Galilæus, ... modo usurpatum. » [76]

Il quale argomento io concedo tutto, ma non veggo ch'ei concluda niente in disfavor del signor Mario, né in favor della causa del Sarsi; al quale di niun profitto è che gli oggetti vicinissimi veduti con un telescopio lungo ricrescono più che i lontani veduti con un corto, ch'è la conclusion del sillogismo, ma molto diversa dall'obligo intrapreso dal Sarsi. Il qual è di provar due punti principali: l'uno è che gli oggetti sino alla Luna, e non quei soli che sono nella camera, ricrescano assaissimo; ma le stelle fisse, non poco manco, ma insensibilmente, vedute queste e quelli coll'istesso strumento: l'altro, che la diversità di tali ricrescimenti proceda dalla diversità delle lontananze d'essi oggetti, e che a quelle proporzionatamente risponda: le quali cose egli non proverà mai in eterno, perché son false. Ma della nullità del presente sillogismo, per quanto appartiene alla materia di che si tratta, siacene testimonio che io su le sue medesime pedate procederò a dimostrar concludentemente il contrario. Gli oggetti che ricercano d'esser riguardati col medesimo strumento, ricevono da quello il medesimo ricrescimento; ma tutti gli

[76] VI, pp. 130-31. Il Grassi fa notare che, anche a voler accettare le eccezioni di Galilei e Guiducci, si deve dire, a proposito del cannocchiale allungato e accorciato, che « è lo stesso strumento, usato però in modo diverso ».

oggetti, da un quarto di miglio in là sino alla lontananza di mille milioni, ricercano d'esser riguardati col medesimo strumento; adunque tutti questi ricevono il medesimo ricrescimento. Non concluda per tanto il Sarsi di non avere scritto cosa aliena né dal vero né da me; perché di me almanco l'assicuro ch'egli sin qui ha concluso cosa contraria all'intenzion mia.

Nell'ultima chiusa di questo periodo, dov'egli dice che il telescopio or lungo or corto si può chiamar il medesimo strumento, ma diversamente usurpato, vi è, s'io non m'inganno, un poco di equivoco; anzi parmi che il negozio proceda tutto all'opposito, cioè che lo strumento sia diverso, e l'usurpamento o vero applicazione sia la medesima a capello. Chiamasi il medesimo strumento esser diversamente usurpato, quando, senza punto alterarlo, si applica ad usi differenti: e così l'àncora fu la medesima, ma diversamente usurpata dal piloto per dar fondo, e da Orlando per prender balene. Ma nel caso nostro accade tutto l'opposito: imperocché l'uso del telescopio è sempre il medesimo, perché sempre s'applica a riguardar oggetti visibili; ma lo strumento è ben diversificato, mutandosi in esso cosa essenzialissima, qual è l'intervallo da vetro a vetro. È dunque manifesto l'equivoco del Sarsi.

17. Ma seguitiamo più avanti: « At dicet: ... sed aspectum ipsum. » [77]

Qui noti primieramente V. S. Illustrissima come la mia predizzione, fatta di sopra al numero 14, comincia a verificarsi. Là animosamente s'esibì il Sarsi a mantener, niuna cosa esser più vera del ricrescer gli oggetti veduti col telescopio tanto più quanto più son vicini, e tanto meno quanto più lontani: onde le stelle fisse, come lontanissime, non

[77] VI, pp. 131-32. Accogliendo polemicamente le osservazioni di Galilei, il Grassi finisce col dire che egli, parlando di accrescimento dei corpi celesti visti al cannocchiale, non si riferiva alla causa di tale apparenza, ma all'apparenza medesima. Galilei così postilla: « Notisi l'artifizio di costui, il quale finalmente, dopo molte girandole, confessa così alla sfuggita di avere il torto, ma intanto spera che il lettore rimanga con opinione che abbia prodotte di sopra cose molto a proposito ».

ricrescesser sensibilmente; ma la Luna, assaissimo, come vicina. Or qui mi pare che si cominci a vedere una gran ritirata ed una confession manifesta: prima, che la diversità delle lontananze degli oggetti non sia più la vera causa de' diversi ingrandimenti, ma che bisogni ricorrere all'allungamento e scorciamento del telescopio; cosa non detta, né pure accennata, né forse pensata, da loro avanti l'avvertimento del signor Mario: secondo, che né anco questo abbia luogo nel presente caso, atteso che niuna mutazione si faccia nello strumento, sì che, cessando questo rifugio ancora, l'argomento che sopra ciò si fondava resti invalido totalmente. Veggo, nel terzo luogo, ricorrere a cagioni lontanissime dalle portate da principio per vere e sole, e dire che il poco ricrescimento apparente nelle fisse non dependa più né da gran lontananza d'esse né da brevità di strumento, ma che è un'illusione dell'occhio nostro, il quale libero vede le stelle con un grandissimo irraggiamento non reale e che però ci sembrano grandi, ma collo strumento si vede il nudo corpo della stella, il quale, ben che ringrandito come tutti gli altri oggetti, non però par tale, paragonato colle medesime stelle vedute liberamente, in relazion delle quali l'accrescimento par piccolissimo: dal che ei conclude che almeno quanto all'apparenza le stelle fisse pur mostrano di ricrescer pochissimo, perloché io non mi devo maravigliare ch'eglino ciò abbiano detto, poi ch'ei non ricercavano la causa di tale aspetto, ma solamente l'aspetto istesso. Ma, signor Sarsi, perdonatemi: voi, mentre cercate di rimuovermi la meraviglia, non pur non me la levate, ma con altre nuove cagioni me la moltiplicate assai.

E prima, io non poco mi meraviglio nel vedervi portar questo precedente discorso con maniera dottrinale, quasi che voi lo vogliate insegnare a me, mentre l'avete di parola in parola imparato voi dal signor Mario; e di più soggiungete ch'io non nego queste cose, credo con intenzione che nel lettore resti concetto ch'io medesimo avessi in mano la risoluzione della difficoltà, ma che io non l'avessi saputa conoscere né prevalermene. Meravigliomi, secondariamente, che voi diciate che il vostro Maestro non andò ricercando la

cagione dell'insensibil ricrescimento delle stelle fisse, ma solo l'istesso effetto dell'insensibilmente ricrescere, ancor ch'egli più d'una volta replichi esser di ciò la cagione l'immensa lontananza. Ma quello che, nel terzo luogo, m'accresce la meraviglia a cento doppi è che voi non v'accorgiate che, quando ciò vero fusse, voi figurereste, a gran torto, il vostro Maestro privo ancora di quella communissima logica naturale, in virtù della quale ogni persona, per idiota ch'ella sia, discorre e conclude direttamente le sue intenzioni. E per farvi toccar con mano la verità di quanto io dico, rimovete la considerazion della causa ed introducete il solo effetto (già che voi affermate che il vostro Maestro non ricercò la causa, ma il solo effetto), e poi discorrendo dite: « Le stelle fisse ricrescono insensibilmente; ma la cometa essa ancora ricresce insensibilmente »; adunque, signor Sarsi, che ne concluderete? Rispondete: « Nulla », se volete rispondere manco male che sia possibile: perché se voi pretenderete di poterne inferire una conseguenza, ed io pretenderò con altrettanta connessione poterne inferir mille; e se vi parrà di poter dire: « Adunque la cometa è lontanissima, perché anco le fisse sono lontanissime », ed io con non minor ragione dirò: « Adunque la cometa è incorruttibile, perché le fisse sono incorruttibili », ed appresso dirò: « Adunque la cometa scintilla, perché le fisse scintillano », e con non minor ragione potrò dire: « Adunque la cometa risplende di propria luce, perché così fanno le fisse »: e s'io farò di queste conseguenze, voi vi riderete di me come d'un logico senza dramma di logica, ed avrete mille ragioni, e poi cortesemente m'avvertirete ch'io da quelle premesse non posso inferir altro per la cometa se non quei particolari accidenti che ànno necessaria, anzi necessariissima connessione coll'insensibil ricrescimento delle stelle fisse; e perché questo ricrescimento non depende né ha connessione veruna coll'incorruttibilità, né colla scintillazione, né coll'esser lucido da per sé, però niuna di queste conclusioni si può concludere della cometa: e chi di là vorrà inferir, la cometa esser lontanissima, bisogna che di necessità abbia prima ben bene stabilito, l'insensibil ricrescimento delle stelle dependere, come da causa necessarissima, dalla gran lonta-

nanza, perché altrimenti non si sarebbe potuto servir del suo converso, cioè che quegli oggetti che insensibilmente ricrescono, sieno di necessità lontanissimi. Or vedete quali errori in logica voi immeritamente addossate al vostro Maestro: dico immeritamente, perché son vostri, e non suoi.

18. Or legga V. S. Illustrissima sin al fine di questo primo essame: « At videat hoc loco Galilæus, ... placita expendenda gradum faciamus. » [78]

Qui primieramente, com'ella vede, aviamo un argomento rappezzato, come si dice, su 'l vecchio, di diversi fragmenti di proposizioni, per provar pure, il luogo della cometa essere stato tra la Luna ed il Sole: il qual discorso il signor Mario ed io gli possiamo, senza pregiudicio alcuno, conceder tutto, non avendo noi mai affermato cosa veruna attenente al sito della cometa, né negato ch'ella possa essere sopra la Luna, ma solamente si è detto che le dimostrazioni portate sin qui dagli autori non mancano di dubitazioni; per le quali rimuovere di niuno aiuto è che ora il Sarsi venga con altra nuova dimostrazione, quando bene ella fusse necessaria e concludente, a provar la conclusione esser vera, avvenga che anco intorno a conclusioni vere si può falsamente argumentare e commetter paralogismi e fallacie. Tuttavia, per lo desiderio ch'io tengo che le cose recondite vengano in luce e si guadagnino conclusioni vere, anderò movendo alcune considerazioni intorno ad esso discorso: e per più chiara intelligenza lo ristringerò prima nella maggior brevità ch'io possa.

Dic'egli dunque, aver dal mio *Nunzio Sidereo*, le stelle fisse, come quelle che risplendono di propria luce, irraggiarsi molto di quel fulgore non reale, ma solo apparente; ma i pianeti, come privi di luce propria, non far così, e massime la Luna, Giove e Saturno, ma dimostrarsi quasi nudi di tale splendore; ma Venere, Mercurio e Marte, benché privi di luce propria, irraggiarsi nondimeno assai per la vicinità

[78] VI, pp. 132-34. Il Grassi insiste che la cometa fu da lui ritenuta più lontana della luna perché, vista al cannocchiale, si ingrandiva di poco. Avendo quindi avuto fiducia del cannocchiale, egli argomenta, perché Galilei non si mostra cordiale con me?

del Sole, dal quale più vivamente vengon tocchi. Dice di più, che la cometa, di mio parere, riceve il suo lume dal Sole, e poi soggiunge, sé, con altri autori di nome, aver reputata la cometa come un pianeta per a tempo, e che però di lei si possa filosofare come degli altri pianeti; de' quali essendo che i più vicini al Sole più s'irraggiano, ed in conseguenza meno ricrescono veduti col telescopio, ed avvenga che la cometa ricresceva poco più di Mercurio ed assai meno che la Luna, molto ragionevolmente si poteva concluder, lei esser non molto più lontana dal Sole che Mercurio, ma assai più vicina a quello che la Luna. Questo è il discorso, il quale calza così bene, e così aggiustatamente s'assesta, al bisogno del Sarsi, come se la conclusione fusse fatta prima de' principii e de 'mezi, sì che non quella da questi, ma questi da quella dependessero, e fussero non dalla larghezza della natura, ma dalla puntualità di sottilissima arte stati preparati per lei. Ma veggiamo quanto siano concludenti.

E prima, che io abbia scritto nel *Nunzio Sidereo* che Giove e Saturno non s'irraggino quasi niente, ma che Marte, Venere e Mercurio si coronino grandemente de' raggi, è del tutto falso; perché la Luna solamente ho sequestrata dal resto di tutte le stelle, tanto fisse quanto erranti.

Secondariamente, non so se per far che la cometa sia un quasi pianeta, e che, come tale, se gli convengano le proprietà degli altri pianeti, basti che il Sarsi, il suo Maestro ed altri autori l'abbiano stimata e nominata per tale: che se la stima e la voce loro avesser possanza di porre in essere le cose da essi stimate e nominate, io gli supplicherei a farmi grazia di stimar e nominar oro molti ferramenti vecchi che mi ritrovo avere in casa. Ma lasciando i nomi da parte, qual condizione induce questi tali a reputar la cometa quasi un pianeta per a tempo? forse il risplendere come i pianeti? ma qual nuvola, qual fumo, qual legno, qual muraglia, qual montagna, tocca dal Sole, non risplende altrettanto? Non ha veduto il Sarsi nel *Nunzio Sidereo* dimostrato, lo stesso globo terrestre risplender più che la Luna? Ma che dico io del risplender la cometa come un pianeta? Io, in quanto a

me, non ho per impossibile che la sua luce possa esser tanto debole, e la sua sostanza tanto tenue e rara, che quando alcuno se gli potesse avvicinare assai, la perdesse del tutto di vista; come accade d'alcuni fuochi ch'escono dalla Terra, i quali solamente di notte e da lontano si veggono, ma da vicino si perdono; in quel modo che le nuvole lontane si veggono terminatissime, che poi da presso mostrano un poco di adombramento di nebbia talmente interminato, che altri quasi, nell'entrarvi dentro, non distingue il suo termine, né lo sa separar dall'aria sua contigua. E quelle proiezzioni de' raggi solari tra le rotture delle nuvole, tanto simili alle comete, quando mai son elle vedute, se non da quelli che da loro son lontani? Convien forse la cometa co' pianeti per ragion di moto? E qual cosa separata dalla parte elementare, ch'ubidisce allo stato terrestre, non si moverà al moto diurno col resto dell'universo? Ma se si parla dell'altro moto traversale, questo non ha che far col movimento de' pianeti, non essendo né per quel verso, né regolato, né forse pur circolare. Ma, lasciati gli accidenti, crederà forse alcuno, la sostanza o materia della cometa aver convenienza con quella de' pianeti? Questa si può credere esser solidissima, ché così ne persuade in particolare e quasi sensatamente la Luna, ed in universale la figura terminatissima ed immutabile di tutti i pianeti; dove, per l'opposito, quella della cometa in pochi giorni si può credere che si dissolva; e la sua figura, non circolarmente terminata, ma confusa ed indistinta, ci dà segno, la sua sostanza esser cosa più tenue e più rara che la nebbia o il fumo: sì che in somma ella si possa più tosto chiamare un pianeta dipinto, che reale.

Terzo, io non so quanto perfettamente ei possa aver paragonato l'irraggiamento ed il ricrescimento della cometa con quel di Mercurio, il quale, avvenga che rarissime volte dia occasion d'essere osservato, in tutto il tempo che apparve la cometa, sicuramente non la dette egli mai, né poté esser veduto, ritrovandosi sempre assai vicino al Sole; sì che io credo di poter senza scrupolo creder, che il Sarsi non facesse altrimenti questo paragone, difficile anco per altro e mal sicuro a potersi fare, ma ch'e' lo dica, perché, quando così

fussi, servirebbe meglio alla sua causa. E del non essere egli venuto a questa esperienza me ne dà anco indizio questo, che nel riferir l'osservazioni fatte in Mercurio e nella Luna, colle quali paragona quelle della cometa, mi par ch'ei si confonda alquanto: atteso che, per voler concludere, la cometa esser più lontana dal Sole che Mercurio, aveva bisogno dire ch'ella s'irraggiava meno di lui, e veduta col telescopio ricresceva più di lui; tuttavia gli è venuto scritto a rovescio, cioè ch'ella non s'irraggiava assai più di Mercurio, e ch'ella riceveva quasi il medesimo ricrescimento, ch'è quanto a dire ch'ella s'irraggiava più, e ricresceva manco, di Mercurio: paragonandola poi colla Luna, scrive l'istesso (ben ch'egli dica di scrivere il contrario), cioè ch'ella ricresceva meno che la Luna, e s'irraggiava più: tuttavia poi, nel concludere, dalla identità di premesse ne deduce contrarie conclusioni, cioè che la cometa è più vicina al Sole che la Luna, ma più remota che Mercurio.

E finalmente, professando il Sarsi d'esser molto esatto logico, non so perché nella division de' corpi luminosi che s'irraggiano più o meno, e che in conseguenza, veduti col telescopio, ricevono ingrandimento minore o maggiore, ei non abbia registrati i nostri lumi elementari; avvenga che le candele, le fiaccole ardenti vedute in qualche distanza, e qualunque sassetto, legnuzzo o altro piccolo corpicello, insin le foglie dell'erbe e le stille della rugiada percosse dal Sole, risplendono, e da certe vedute s'irraggiano al pari di qualunque più folgorante stella, e viste col telescopio osservano nell'ingrandimento l'istesso tenore che le stelle: perloché cessa del tutto quell'aiuto di costa ch'altri si era promesso dal telescopio, per condur la cometa in cielo e rimuoverla dalla sfera elementare. Cessi pertanto ancora il Sarsi dal pensiero di poter sollevare il suo Maestro, e sia certo che per voler sostenere un errore è forza di commetterne cento, e, quel ch'è peggio, restar in ultimo a piedi. Vorrei anco pregarlo ch'ei cessasse di replicar, com'egli pur fa nel fine di questa parte, che queste sue sieno mie dottrine, perch'io né scrissi mai tali cose, né le dissi, né le pensai. E tanto basti intorno al primo essame.

19. Ora passiamo al secondo: « Quamvis ad hanc usque diem... minime elementarem fuisse hunc cometam." » [79]

Di sopra il Sarsi s'andò figurando arbitrariamente i principii ed i mezi accommodati alle conclusioni ch'egli intendeva di dimostrare; adesso mi par ch'ei si vada figurando conclusioni, per oppugnarle come pensieri del signor Mario e miei, molto diverse, o almeno molto diversamente prese, da quello che nel *Discorso* del signor Mario son portate. Imperocché, che la cometa sia senz'altro un simulacro vano ed una semplice apparenza, non è mai risolutamente stato affermato, ma solo messo in dubbio e promosso alla considerazion de' filosofi con quelle ragioni e conghietture che par che possano persuadere che così possa essere. Ecco le parole del signor Mario in questo proposito: « Io non dico risolutamente che la cometa si faccia in tal modo, ma dico bene che, come di questo, così son dubbio degli altri modi assegnati dagli altri autori; i quali se pretenderanno d'indubitatamente stabilir lor parere, saranno in obligo di mostrar questa e tutte l'altre posizioni vane e fallaci. » [80] Con simil diversità porta il Sarsi che noi con risolutezza abbiamo affermato, il moto della cometa dover necessariamente esser retto e perpendicolare alla superficie terrestre: cosa che non si è proposta in cotal forma, ma solo s'è messo in considerazione come questo più semplicemente, e più conforme all'apparenze, soddisfaceva alle mutazioni osservate in essa cometa; e tal pensiero vien tanto temperatamente proposto dal signor Mario, che nell'ultimo dice queste parole: « Però a noi conviene contentarci di quel poco che possiamo conghietturar così tra l'ombre. » Ma il Sarsi ha voluto rappresentar queste opinioni tanto più fermamente esser da me state credute, quanto egli si è im-

[79] VI, pp. 134-35. Grassi riassume i termini della questione: mentre Galilei asserisce che la cometa altro non è che una parvenza di corpo luminoso, egli insiste, facendo appello all'evidenza della visione sia ad occhio nudo che col telescopio, che si tratta di un corpo reale.

[80] In una postilla Galilei scrisse: « Hoc falsissimum est » e segue l'indicazione del brano qui citato dal *Discorso delle Comete* (VI, p. 73). Il tono difensivo di Galilei è da mettersi in relazione con la natura erronea del suo punto di vista sulle comete.

maginato di poterle con più efficaci mezi annichilare; il che se gli sarà venuto fatto, io gliene terrò obligo, perché per l'avvenire avrò a pensare a una opinion di manco, qualunque volta mi venga in pensiero di filosofar sopra tal materia. In tanto, perché mi pare che pur ancora resti qualche poco di vivo nelle conghietture del signor Mario, anderò facendo alcuna considerazione intorno al momento delle opposizioni del Sarsi.

Il quale, venendo con gran risolutezza ad oppugnar la prima conclusione, dice che a chi avesse pur una sola volta rimirata la cometa, di nissun altro argomento gli sarebbe stato di mestieri per conoscer la natura di cotal lume; il quale, paragonato cogli altri lumi verissimi, pur troppo apertamente mostrava sé esser vero, e non finto. Sì che, come vede V. S. Illustrissima, il Sarsi confida tanto nel senso della vista, che stima impossibil cosa restar ingannato, tuttavolta che si possa far parallelo tra un oggetto finto ed un reale. Io confesso di non aver la facoltà distintiva tanto perfetta, ma d'esser come quella scimia che crede fermamente veder nello specchio un'altra bertuccia, né prima conosce il suo errore, che quattro o sei volte non sia corsa dietro allo specchio per prenderla: tanto se le rappresenta quel simulacro vivo e vero. E supposto che quegli che il Sarsi vede nello specchio non sieno uomini veri e reali, ma vani simulacri, come quelli che ci veggiamo noi altri, grande curiosità avrei di sapere, quali sieno quelle visuali differenze per le quali tanto speditamente distingue il vero dal finto. Io, quanto a me, mi sono mille volte ritrovato in qualche stanza a finestre serrate, e per qualche piccol foro veduto un poco di reflession di Sole fatta da un altro muro opposto, e giudicatola, quanto alla vista, una stella non men lucida della Canicola e di Venere. E caminando in campagna contro al Sole, in quante migliaia di pagliuzze, di sassetti, un poco lisci o bagnati, si vedrà la reflession del Sole in aspetto di stelle splendentissime? Sputi solamente in terra il Sarsi, ché senz'altro, dal luogo dove va la reflession del raggio solare, vedrà l'aspetto d'una stella naturalissima. In oltre, qual corpo posto in gran lontananza, venendo tocco dal Sole, non

apparirà una stella, massime se sarà tanto alto che si possa veder di notte, come si veggon l'altre stelle? E chi distinguerebbe la Luna, veduta di giorno, da una nuvola tocca dal Sole, se non fusse la diversità della figura e dell'apparente grandezza? Niuno sicuramente. E finalmente, se la semplice apparenza deve determinar dell'essenza, bisogna che il Sarsi conceda che i Soli, le Lune e le stelle, vedute nell'acqua ferma e negli specchi, sien veri Soli, vere Lune e vere stelle. Cangi pure il Sarsi, quanto a questa parte, opinione, né creda col citare autorità di Ticone, di Taddeo Agecio o d'altri molti, di megliorar la condizion sua, se non in quanto l'avere avuto uomini tali per compagni rende più scusabile il suo errore.

20. Segua V. S. Illustrissima di leggere: « Quia tamen toto eo tempore... quibus eadem ferri necesse est. » [81]

Che vapori fumidi da qualche parte della Terra sormontino sopra la Luna, ed anco sopra il Sole, e che usciti fuori del cono dell'ombra terrestre sieno dal raggio solare ingravidati e quindi partoriscano la cometa, non è mai stato scritto dal signor Mario né detto da me, ben che il Sarsi me l'attribuisca [82]. Quello che ha scritto il signor Mario è, che non ha per impossibile che tal volta possano elevarsi dalla Terra essalazioni ed altre cose tali, ma tanto più sottili del consueto, che ascendano anco sopra la Luna, e possano esser materia per formar la cometa; e che talora si facciano sublimazioni fuor del consueto della materia de' crepuscoli, l'essemplifica per quella boreale aurora; ma non dice già che quella sia in numero la medesima materia delle comete, la qual è necessario che sia assai più rara e sottile che i vapori crepuscolini e che quella materia della detta aurora boreale, atteso che la cometa risplende meno assai dell'aurora; sì che se la cometa si distendesse, verbigrazia, lungo l'oriente

[81] VI, pp. 135-36: Grassi espone le argomentazioni di Galileo, il quale le riprende, rettificando quanto, a suo giudizio, vi è d'impreciso.

[82] Galilei così postilla le parole con cui Sarsi riferisce la sua teoria sulle comete: « Dallo stomaco si sollevano vapori torbidi, e saliti al cervello, congiugnendosi con fantasmi alterati, partoriscono mostri e chimere ».

nel candor dell'alba, mentre il Sole non fusse lontano dall'orizonte più di sei o vero otto gradi, ella senza dubbio non si discernerebbe, per esser manco lucida del campo suo ambiente. E coll'istessa, non risolutezza, ma probabilità si è attribuito il moto retto in su alla medesima materia. E questo sia detto non per ritirarci, per paura che ci facciano l'oppugnazioni del Sarsi, ma solo perché si vegga che noi non ci allontaniamo dal nostro costume, ch'è di non affermar per certe se non le cose che noi sappiamo indubitatamente, ché così c'insegna la nostra filosofia e le nostre matematiche. Or, posto che noi abbiamo detto come c'impone il Sarsi, sentiamo ed essaminiamo le sue opposizioni.

È la sua prima instanza fondata sopra l'impossibilità del salir vapori per linea retta verso il cielo mentre l'impetuoso aquilone di traverso spinge l'aria e ciò che per entro lei si ritrova; e tale si sentì egli per molti giorni appresso all'apparir della cometa. L'instanza veramente è ingegnosa; ma le vien tolto assai di forza da alcuni avvisi sicuri, per li quali s'ebbe che in quei giorni né in Persia né in China fu perturbazione alcuna di venti; ed io crederò che d'una di quelle regioni si elevasse la materia della cometa, se il Sarsi non mi prova ch'ella si movesse non di là, ma di Roma, dov'egli sentì l'impeto boreale. Ma quando ben anco il vapore si fusse partito d'Italia, chi sa ch'ei non si mettesse in viaggio avanti i giorni ventosi, de i quali ne fusser passati poi molti avanti il suo arrivo all'orbe cometario, lontano dalla Terra, per relazion del Maestro del Sarsi, 470.000 miglia in circa; ché pure a far tanto viaggio ci vuol del tempo, e non poco, perché l'ascender de' vapori, per quel che si vede qui vicini a Terra, non arriva alla velocità del volo degli uccelli a gran pezzo, sì che non basterebbe il tempo di quattro anni a far tanto viaggio. Ma dato anco che tali vapori si movessero in tempo ventoso, egli, che presta intera fede a gl'istorici ed a' poeti ancora [83], non dovrà negare che la commozion

[83] Il metodo scientifico di Galilei fa ricorso all'indagine matematica della natura e respinge ogni diversivo retorico o erudito: si veda lo sviluppo di questa polemica contrapposizione più avanti, pp. 711-12.

de' venti non ascenda più di due o tre miglia in alto, già che vi son monti la cima de' quali trascende la region ventosa; sì che il più che possa concludere sarà che dentro a tale spazio vadano i vapori non perpendicolarmente, ma trasversalmente fluttuando: ma fuor di tale spazio cessa l'impedimento che dal camin retto gli disvia.

21. Séguiti ora V. S. Illustrissima. « Sed demus, ... ratione poterit. » [84]

Parmi d'aver per lunghe esperienze osservato, tale esser la condizione umana intorno alle cose intellettuali, che quanto altri meno ne intende e ne sa, tanto più risolutamente voglia discorrerne; e che, all'incontro, la moltitudine delle cose conosciute ed intese renda più lento ed irresoluto al sentenziare circa qualche novità. Nacque già in un luogo assai solitario un uomo dotato da natura d'uno ingegno perspicacissimo e d'una curiosità straordinaria; e per suo trastullo allevandosi diversi uccelli, gustava molto del lor canto, e con grandissima meraviglia andava osservando con che bell'artificio, colla stess'aria con la quale respiravano, ad arbitrio loro formavano canti diversi, e tutti soavissimi. Accadde che una notte vicino a casa sua sentì un delicato suono, né potendosi immaginar che fusse altro che qualche uccelletto, si mosse per prenderlo; e venuto nella strada, trovò un pastorello, che soffiando in certo legno forato e movendo le dita sopra il legno, ora serrando ed ora aprendo certi fori che vi erano, ne traeva quelle diverse voci, simili a quelle d'un uccello, ma con maniera diversissima. Stupefatto e mosso dalla sua natural curiosità, donò al pastore un vitello per aver quel zufolo; e ritiratosi in se stesso, e conoscendo che se non s'abbatteva a passar colui, egli non avrebbe mai imparato che ci erano in natura due modi da formar voci e canti soavi, volle allontanarsi da casa, stimando di potere incontrar qualche altra avventura. Ed occorse il giorno seguente,

[84] VI, pp. 136-39. Se la cometa è un vapore fumido molto esteso, come, e più dell'arcobaleno, come mai, trasparendovi e rifrangendovisi il sole, non appare illuminata da una sola parte? questa è l'argomentazione che il Grassi oppone a Galilei.

che passando presso a un piccol tugurio, sentì risonarvi dentro una simil voce; e per certificarsi se era un zufolo o pure un merlo, entrò dentro, e trovò un fanciullo che andava con un archetto, ch'ei teneva nella man destra, segando alcuni nervi tesi sopra certo legno concavo, e con la sinistra sosteneva lo strumento e vi andava sopra movendo le dita, e senz'altro fiato ne traeva voci diverse e molto soavi. Or qual fusse il suo stupore, giudichilo chi participa dell'ingegno e della curiosità che aveva colui; il qual, vedendosi sopraggiunto da due nuovi modi di formar la voce ed il canto tanto inopinati, cominciò a creder ch'altri ancora ve ne potessero essere in natura. Ma qual fu la sua meraviglia, quando entrando in certo tempio si mise a guardar dietro alla porta per veder chi aveva sonato, e s'accorse che il suono era uscito dagli arpioni e dalle bandelle nell'aprir la porta? Un'altra volta, spinto dalla curiosità, entrò in un'osteria, e credendo d'aver a veder uno che coll'archetto toccasse leggiermente le corde d'un violino, vide uno che fregando il polpastrello d'un dito sopra l'orlo d'un bicchiero, ne cavava soavissimo suono. Ma quando poi gli venne osservato che le vespe, le zanzare e i mosconi, non, come i suoi primi uccelli, col respirare formavano voci interrotte, ma col velocissimo batter dell'ali rendevano un suono perpetuo, quanto crebbe in esso lo stupore, tanto si scemò l'opinione ch'egli aveva circa il sapere come si generi il suono; né tutte l'esperienze già vedute sarebbono state bastanti a fargli comprendere o credere che i grilli, già che non volavano, potessero, non col fiato, ma collo scuoter l'ali, cacciar sibili così dolci e sonori. Ma quando ei si credeva non potere esser quasi possibile che vi fussero altre maniere di formar voci, dopo l'avere, oltre a i modi narrati, osservato ancora tanti organi, trombe, pifferi, strumenti da corde, di tante e tante sorte, e sino a quella linguetta di ferro che, sospesa fra i denti, si serve con modo strano della cavità della bocca per corpo della risonanza e del fiato per veicolo del suono; quando, dico, ei credeva d'aver veduto il tutto, trovossi più che mai rinvolto nell'ignoranza e nello stupore nel capitargli in mano una cicala, e che né per serrarle la bocca né per fermarle

l'ali poteva né pur diminuire il suo altissimo stridore, né le vedeva muovere squamme né altra parte, e che finalmente, alzandole il casso del petto e vedendovi sotto alcune cartilagini dure ma sottili, e credendo che lo strepito derivasse dallo scuoter di quelle, si ridusse a romperle per farla chetare, e che tutto fu in vano, sin che, spingendo l'ago più a dentro, non le tolse, trafiggendola, colla voce la vita, sì che né anco poté accertarsi se il canto derivava da quelle: onde si ridusse a tanta diffidenza del suo sapere, che domandato come si generavano i suoni, generosamente rispondeva di sapere alcuni modi, ma che teneva per fermo potervene essere cento altri incogniti ed inopinabili [85].

Io potrei con altri molti essempi spiegar la ricchezza della natura nel produr suoi effetti con maniere inescogitabili da noi, quando il senso e l'esperienza non lo ci mostrasse, la quale anco talvolta non basta a supplire alla nostra incapacità; onde se io non saperò precisamente determinar la maniera della produzzion della cometa, non mi dovrà esser negata la scusa, e tanto più quant'io non mi son mai arrogato di poter ciò fare, conoscendo potere essere ch'ella si faccia in alcun modo lontano da ogni nostra immaginazione; e la difficoltà dell'intendere come si formi il canto della cicala, mentr'ella ci canta in mano, scusa di soverchio il non sapere come in tanta lontananza si generi la cometa. Fermandomi dunque su la prima intenzione del signor Mario e mia, ch'è di promuover quelle dubitazioni che ci è paruto che rendano incerte l'opinioni avute sin qui, e di proporre alcuna considerazione di nuovo, acciò sia essaminata e considerato se vi sia cosa che possa in alcun modo arrecar qualche lume ed agevolar la strada al ritrovamento del vero, anderò seguitando di considerar l'opposizioni fatteci dal Sarsi, per le quali i nostri pensieri gli sono paruti improbabili.

[85] Con l'eleganza e la finezza stilistica propria di un uomo educato al culto della cultura classica, Galilei, vero figlio del Rinascimento, innalza con questa favola il più elevato e vivo elogio dell'esperienza, fonte inesauribile di conoscenza.

Procedendo egli adunque avanti e concedendoci che, quando pur non fusse conteso a i vapori, o altra materia atta al formar la cometa, il sollevarsi da Terra ed ascendere in parti altissime, dove direttamente potesse ricevere i raggi solari e reflettergli a noi, muove difficoltà in qual modo, venendo illuminata tutta, da una sola sua particella venga poi fatta a noi la reflessione, e non faccia come quei vapori che ci rappresentano quella intempestiva aurora boreale, i quali, sì come tutti s'illuminano, tutti ancora luminosi ci si dimostrano; ed appresso soggiunge, aver veduto verso la meza notte cosa più meravigliosa, cioè una nuvoletta verso il vertice, la quale, sì come tutta era illuminata, così da ogni sua parte liberalissimamente ci rimandava lo splendore; e le nuvole tutte (segu'egli), se saranno dense ed opache, ci rendono il lume del Sole da tutta quella parte che da esso vengono vedute; ma se saranno rare, sì che il lume le penetri, ci si mostrano tutte lucide, ed in niuna parte tenebrose; se dunque la cometa non si forma in altra materia che in simili vapori fumidi largamente distesi, come dice il signor Mario, e non raccolti in figura sferica, essendo da ogni lor parte tocchi dal Sole, per qual cagione da un sol piccolo globetto, e non dal resto, benché egualmente illuminato, ci vien fatta la reflessione? Ancor che le soluzioni di queste instanze sieno a pien distese nel *Discorso* del signor Mario, nientedimeno l'anderò qui replicando e disponendole a' luoghi loro, coll'aggiunta di qualch'altra considerazione, secondo che l'opposizioni di passo in passo mi faranno sovvenire.

E prima, non dovrebbe aver difficoltà veruna il Sarsi nel conceder che da un luogo particolare solamente di tutta la materia sublimata per la cometa si possa far la reflessione del lume del Sole alla vista d'un particolare, benché tutta sia egualmente illuminata; avvenga che noi ne abbiamo mille simili esperienze in favore, per una che paia essere in contrario, e facilmente di quelle prodotte dal Sarsi come contrarianti a tal posizione ne troveremo la maggior parte esser favorevoli. Già non è dubbio, che di qualsivoglia specchio piano esposto al Sole tutta la superficie è da quello illumi-

nata; il simile è di qualsivoglia stagno, lago, fiume, mare, ed in somma d'ogni superficie tersa e liscia, di qualunque corpo ella si sia: nulladimeno all'occhio d'un particolare non si fa la reflession del raggio solare se non da un luogo particolare d'essa superficie, il qual luogo si va mutando alla mutazion dell'occhio riguardante. L'esterna superficie di sottili ma per grande spazio distese nuvole, è tutta egualmente illuminata dal Sole; tuttavia l'alone ed i parelii non si mostrano ad un occhio particolare se non in un luogo solo, e questo parimente al movimento dell'occhio va mutando sito in essa nuvola.

Dice il Sarsi: « Quella sottil materia sublimata che rende talvolta quella boreale aurora, si vede pur, qual ella è in fatto, illuminata tutta ». Ma io domando al Sarsi, onde egli abbia questa certezza. Ed egli non mi può rispondere altro, se non che ei non vede parte alcuna che non sia illuminata, sì com'ei vede il resto della superficie degli specchi, dell'acque, de' marmi, oltr'a quella particella che ci rende la reflession viva del raggio solare. Sì, ma io l'avvertisco che quando la materia fusse in colore simile al resto dell'ambiente, o vero fusse trasparente, ei non distinguerebbe altro che quel solo splendido raggio reflesso, come accade talvolta che la superficie del mare non si distingue dall'aria, e pur si vede l'immagine reflessa del Sole; e così, posto un sottil vetro in qualche lontananza, ci potrà mostrar di sé quella sola particella in cui si fa la reflessione di qualche lume, rimanendo il resto invisibile per la sua trasparenza. Questo del Sarsi è simil all'error di coloro che dicono che nessun delinquente deve mai confidarsi che il suo delitto sia per restare occulto, né s'accorgono dell'incompatibilità ch'è tra 'l restar occulto e l'essere scoperto, e che senz'altro chi volesse tener due registri, uno de' delitti che restano occulti, e l'altro di quelli che si manifestano, in quel degli occulti non ci verrebbe mai registrato e notato cosa veruna. Vengo dunque a dir, che senza repugnanza alcuna posso credere che la materia di quella boreale aurora si distenda in ispazio grandissimo

e sia tutta egualmente illuminata dal Sole [86]; ma perché a me non si scopre e fa visibile se non quella parte onde vien all'occhio mio la refrazzione, restando tutto il rimanente invisibile, però mi par di vedere il tutto. Ma che più? De' vapori crepuscolini, che circondano tutta la Terra, non è egli sempre egualmente illuminato uno emisferio da' raggi solari? Certo sì; tuttavia quella parte che direttamente s'interpone tra 'l Sole e noi, ci si mostra più luminosa assai delle parti più lontane: e questa, come l'altre ancora, è una pura apparenza ed illusion dell'occhio nostro, avvenga che, siamo noi in qualsivoglia luogo, sempre veggiamo il corpo solare come centro d'un cerchio luminoso, ma che di grado in grado va perdendo di splendore secondo ch'è più remoto da esso centro a destra o a sinistra; ma ad altri più verso borea quella parte che a me è più chiara apparisce più fosca, e più lucida quella che a me si rappresentava più oscura; sì che noi possiamo dire d'avere un perpetuo e grande alone intorno al Sole, figurato nella convessa superficie che termina la sfera vaporosa, il quale alone, nel modo stesso dell'altro che talora si forma in una sottil nuvola, si va mutando di luogo secondo la mutazion del riguardante. Quanto alla nuvoletta che 'l Sarsi afferma aver veduta tutta lucida nella profonda notte, lo potrei parimente interrogare, qual certezza egli abbia ch'ella non fusse maggior di quella ch'ei vedeva, e massime dicendo egli ch'ella era in modo trasparente, che non celava le stelle fisse, ancor che minime, perloché niuno indizio gli poteva rimanere onde potesse assicurarsi, quella non distendersi invisibilmente, come trasparentissima,

[86] « So che molti di voi avranno più d'una volta veduto 'l cielo nell'ore notturne, nelle parti verso settentrione, illuminato in modo, che di lucidità non cede alla più candida aurora né lontana allo spuntar del Sole: effetto che, per mio credere, non ha origine altronde, che dall'essersi parte dell'aria vaporosa che circonda la terra per qualche cagione in modo più del consueto assottigliata, che, sublimandosi assai più del consueto, abbia sormontato il cono dell'ombra terrestre, sì che, essendo la sua parte superiore ferita dal Sole, abbia potuto riflettere il suo splendore e formarsi questa boreale aurora » (*Discorso delle Comete*, VI, p. 94): l'origine dell'aurora boreale, che ai tempi di Galilei si spiegava nel modo qui esposto, fu poi attribuita a cause di natura elettrica.

molto e molto oltre a' termini della parte lucida veduta: e però resta dubbio se essa ancora fusse una dell'apparenze, la quale alla mutazion di luogo dell'occhio, come l'altre, s'andasse mutando. Oltre che non repugna ch'ella potesse apparir luminosa tutta, ed esser nondimeno una illusione, il che accaderebbe quand'ella non fusse maggior di quello spazio che viene occupato dall'immagine del Sole, in quel modo che se, vedendo il simulacro del Sole occupar, verbigrazia, in uno specchio tanto spazio quant'è un'ugna, noi tagliassimo via il rimanente, ché non ha dubbio alcuno che questo piccolo specchietto potrà apparirci lucido tutto. Ma di più ancora, quando lo specchietto fusse minore del simulacro, allora non solamente si potrebbe vedere illuminato tutto, ma il simulacro in lui non ad ogni movimento dell'occhio apparirebbe esso ancora muoversi, com'ei fa nello specchio grande; anzi, per essere egli incapace di tutta l'immagine del Sole, seguirebbe che, movendosi l'occhio, vederebbe la reflession fatta or da una ed ora da un'altra parte del disco solare; e così l'immagine parrebbe immobile, sin che venendo l'occhio verso la parte dove non si dirizza la reflessione, ella del tutto si perderebbe. Assaissimo, dunque, importa il considerar la grandezza e qualità della superficie nella quale si fa la reflessione; perché, secondo che la superficie sarà men tersa, l'immagine del medesimo oggetto vi si rappresenterà maggiore e maggiore, sì che talvolta, avanti che l'immagine trapassi tutto lo specchio, molto spazio converrà che cammini l'occhio, ed essa immagine apparirà fissa, se ben realmente sarà mobile.

E per meglio dichiararmi in un punto importantissimo e che forse, non dirò al Sarsi, ma a qualunqu'altro sopraggiungerà pensier nuovo, si figuri V. S. Illustrissima d'esser lungo la marina in tempo ch'ella sia tranquillissima, ed il Sole già declinante verso l'occaso: vederà nella superficie del mare ch'è intorno al verticale che passa per lo disco solare, il reflesso del Sole lucidissimo, ma non allargato per molto spazio; anzi, se, come ho detto, l'acqua sarà quietissima, vederà la pura immagine del disco solare, terminata come in uno specchio. Cominci poi un leggier venticello a increspare la superficie dell'acqua: comincerà nell'istesso tempo a veder V. S. Illustrissima il simulacro del Sole rompersi in molte parti, ma allargarsi e diffondersi in maggiore spazio; e benché, mentre ella fosse vicina, potrebbe distinguer l'un dall'altro de i pezzi del simulacro rotto, tuttavia da maggior lontananza non vederebbe tal separazione, sì per l'angustia degl'intervalli tra pezzo e pezzo, sì pel gran fulgor delle parti splendenti, che insieme s'anderebbono mescolando e facendo l'istesso che molti fuochi tra sé vicini, che di lontano appariscono un solo. Cresca in onde maggiori e maggiori l'increspamento: sempre per intervalli più e più larghi si distenderà la moltitudine degli specchi, da' quali, secondo le diverse inclinazioni dell'onde, si refletterà verso l'occhio l'immagine del Sole spezzata. Ma recandosi in distanze maggiori e maggiori, e per poter meglio scoprire il mare montando sopra colline o altre eminenze, un solo e continuato parrà il campo lucido: ed io mi sono incontrato a veder da una montagna altissima e lontana dal mar di Livorno sessanta miglia, in tempo sereno ma ventoso, un'ora in circa avanti il tramontar del Sole, una striscia lucidissima diffusa a destra ed a sinistra del Sole, la quale in lunghezza occupava molte decine e forse anco qualche centinaio di miglia, la quale però era una medesima reflessione, come l'altre, della luce del Sole. Ora s'immagini il Sarsi che della superficie del mare, ritenendo il medesimo increspamento, se ne fusse rimosso verso gli estremi gran parte, e lasciatone solamente verso il mezo, cioè incontro al Sole, una lunghezza di due o tre miglia: questa sicuramente si sarebbe veduta tutta illuminata, ed anco non mobile ad ogni mutazion che il riguardante avesse fatto a questa o a quella mano, se non dopo essersi mosso forse per qualche miglio, ché allora comincerebbe a perdersi la parte sinistra del simulacro, s'egli caminasse alla destra, e l'imagine splendida si verrebbe restringendo, sin che, fatta sottilissima, del tutto svanirebbe. Ma non perciò resta che il simulacro non sia mobile al moto del riguardante, anzi, pur vedendolo tutto, tutto lo vederemmo ancor muovere, attalché il suo mezo risponderebbe sempre alla drittura del Sole, il quale ad altri ed altri che

nel medesimo momento lo rimirano, risponde ad altri e ad altri punti dell'orizonte.

Io non voglio tacere a V. S. Illustrissima in questo luogo quello che mi è sovvenuto per la soluzion d'un problema marinaresco. Conoscono talora i marinari esperti il vento che da qualche parte del mare dopo non molto intervallo è per sopragiunger loro, e di questo dicono esser argomento sicuro il veder l'aria, verso quella parte, più chiara di quel che per consueto dovrebbe essere. Or pensi V. S. Illustrissima se ciò potesse derivare dall'esser di già in quella parte il vento in campo, e commosse l'onde, dalle quali nascendo, come da specchi moltiplicati a molti doppi e diffusi per grande spazio, la reflession del Sole assai maggiore che se 'l mare vi fusse in bonaccia, possa da questa nuova luce esser maggiormente illuminata quella parte dell'aria vaporosa per la quale tal reflession si diffonde, la qual, come sublime, renda ancora qualche reflesso di lume agli occhi de' marinari, a' quali, per esser bassi, non poteva venir la primaria reflession di quella parte di mare di già increspato da' venti e lontana per avventura, da loro, venti o trenta o più miglia; e che questo sia il lor vedere o prevedere il vento da lontano.

Ma seguitando il nostro primo concetto, dico che non in tutte le materie, o vogliamo dire in tutte le superficie, stampano i raggi solari l'immagine del Sole della medesima grandezza; ma in alcune (e queste sono le piane e lisce come uno specchio) ci si mostra il disco solare terminato ed eguale al vero, nelle convesse pur lisce ci apparisce minore, e nelle concave talor minore, talor maggiore, ed anco talvolta eguale, secondo le diverse distanze tra lo specchio e l'oggetto e l'occhio. Ma se la superficie sarà non eguale, ma sinuosa e piena d'eminenze e cavità, e come se dicessimo composta di gran moltitudine di piccoli specchietti locati in varie inclinazioni, in mille e mille modi esposte all'occhio, allora l'istessa immagine del Sole da mille e mille parti, ed in mille e mille pezzi divisa, verrà all'occhio nostro, i quali per grande ispazio s'allargheranno, stampando in essa superficie un ampio aggregato di moltissime piazzette lucide, la frequenza delle quali farà che da lontano apparirà un sol campo sparso di

luce continuata, più gagliarda e viva nel mezo che verso gli estremi, dov'ella va languendo, e finalmente sfumando svanisce, quando per l'obliquità dell'occhio ad essa superficie i raggi visivi non trovano più onde reflettersi verso il Sole. Questo gran simulacro è esso ancora mobile al movimento dell'occhio, pur che oltre a i suoi termini si vada continuando la superficie dove si fanno le reflessioni: ma se la quantità della materia occuperà piccolo spazio, e minore assai di quello del simulacro intero, potrà accadere che, restando la materia fissa e movendosi l'occhio, ella continui ad apparer lucida, sin che pervenuto l'occhio a quel termine dal quale, per l'obliquità de' raggi incidenti sopra essa materia, le reflessioni non si dirizzano più verso il Sole, la luce svanisce e si perde. Ora io dico al Sarsi che quando ei vede una nuvola sospesa in aria, terminata e tutta lucida, la quale resta ancor tale benché l'occhio per qualche spazio si vada mutando di luogo, non perciò si tenga sicuro, quella illuminazione esser cosa più reale di quella dell'alone, de' parelii, dell'iride e della reflession nella superficie del mare: perché io gli dico che la sua consistenza ed apparente stabilità può dependere dalla piccolezza della nuvola, la quale non è capace di ricevere tutta la grandezza del simulacro del Sole; il qual simulacro, rispetto alla posizion delle parti della superficie di essa nuvola, s'allargherebbe, quando non gli mancasse la materia, per ispazio molte e molte volte maggiore della nuvola, ed allora quando si vedesse intero e che oltre di lui avanzasse altro campo di nubi, dico che al movimento dell'occhio esso ancora così intero s'andarebbe movendo. Argomento necessario ci sia di ciò il veder noi spessissime volte, nel nascere o nel tramontar del Sole, molte nuvolette sospese vicino all'orizonte, delle quali quelle che son vicine all'incontro del Sole si mostrano splendentissime e quasi di finissimo oro, dell'altre laterali le men remote dal mezo lucide esse ancora più delle più lontane, le quali di grado in grado ci si vanno dimostrando men chiare, sì che finalmente delle molto remote lo splendore è quasi nullo: dico nullo a noi, ma a chi fusse in tal sito che queste restassero interposte tra l'occhio suo e 'l luogo dell'occaso del Sole, lucidissime

se gli mostrerebbono, ed oscure le nostre più risplendenti. Intenda dunque il Sarsi, che quando le nubi non fussero spezzate, ma una lunghissima distesa e continuata, accaderebbe che a ciaschedun riguardante la parte sua di mezo apparisse lucidissima, e le laterali di grado in grado, secondo la lontananza dal suo mezo, men chiare, sì che dove a me comparisce il colmo dello splendore, ad altri è il fine ed ultimo termine.

Ma qui potrebbe dir alcuno che, già che quel pezzo di nube riman fisso, ed il lume in esso non si vede andar movendo alla mutazione di luogo del riguardante, questo basta a far che la paralasse operi nel determinar della sua altezza, e che però, potendo accader l'istesso della cometa, l'uso della paralasse resti atto al bisogno di chi cerchi dimostrare il suo luogo. A questo si risponde che ciò sarebbe vero quando si fusse prima dimostrato che la cometa fusse non un intero simulacro del Sole, ma un pezzo solamente, sì che la materia in cui si forma la cometa fusse non solamente illuminata tutta, ma che 'l simulacro del Sole eccedesse dalle bande, in modo ch'ei fusse bastante ad illuminar campo assai maggiore, quando vi fusse materia disposta alla reflession del lume; il che non solamente non s'è dimostrato, ma si può molto ragionevolmente creder l'opposito, cioè che la cometa sia un simulacro intero, e non mutilato e tronco, ché così ne persuade la sua figura regolata e con bella simmetria disegnata. E di qui si può trar facile ed accommodata risposta all'instanza che fa il Sarsi, mentre mi domanda come possa essere che, figurandosi, per detto del signor Mario, la cometa in una materia distesa per grande spazio in alto, ella non s'illumini tutta, ma ci rimandi solo da un piccolo cerchietto la reflessione, senza che l'altre parti, pur viste dal Sole, compariscano già mai. Imperò che io farò la medesima interrogazione ad esso o al suo Maestro, il quale non volendo che la cometa sia un incendio, ma inclinando a credere (s'io non erro) ch'almeno la sua coda sia una refrazzione de' raggi solari, io gli domanderò s'ei credono che la materia nella quale si fa tal refrazzione sia tagliata appunto alla misura d'essa chioma, o pur che di qua e di là e d'ogn'intorno ve n'avanzi; e se ve n'avanza (come credo che sarà risposto), perché non si vede, essendo tocca dal Sole? Qui non si può dire che la refrazzione si faccia nella sostanza dell'etere, la quale, come diafanissima, non è potente a ciò dare, né meno in altra materia, la quale, quando fusse atta a rifrangere, sarebbe ancor atta a reflettere i raggi solari. In oltre, io non so con qual ragione chiami ora un piccolo cerchietto il capo della cometa, il quale con sottili calcoli il suo Maestro ha ritrovato contenere 87127 miglia quadre, che forse nessuna nuvola arriva a tanta grandezza.

Segue il Sarsi, ed ad imitazion di colui che per un pezzo ebbe opinion che 'l suono non si potesse produrre se non in un modo solo, dice non esser possibile che la cometa si generi per reflessione in quei vapori fumidi, e che l'essempio dell'iride non agevola la difficoltà, se ben essa veramente è una illusion della vista: imperocché la procreazion dell'iride e d'altre simili cose ricercano una materia umida e che già si vada risolvendo in acqua, la quale allora solamente, imitando la natura de' corpi lisci e tersi, reflette il lume da quella parte dove si fanno gli angoli della reflessione e della refrazzione, che a tale effetto si ricercano, come accade negli specchi, nell'acqua e nelle palle di cristallo; ma in altri rari e secchi, non avendo la superficie liscia come gli specchi, non si fa molta refrazzione: ricercandosi, dunque, per questi effetti una materia acquosa, ed in conseguenza grave assai ed inabile a salir sopra la Luna ed il Sole, dove non possono salire (anco per mio parere) se non essalazioni leggerissime, adunque la cometa non può esser prodotta da tali vapori fumidi. Risposta sofficiente a tutto questo discorso sarebbe il dire come il signor Mario non si è mai ristretto a dir qual sia la materia precisa nella quale si forma la cometa, né s'ella sia umida né fumosa né secca né liscia, e so ch'egli non si arrossirà a dire di non la sapere; ma vedendo come in vapori, in nuvole rare e non acquose, ed in quelle che già si risolvono in minute gocciole, nell'acque stagnanti, negli specchi ed altre materie, si figurano per reflessi e refrazzioni molto varie illusioni di simulacri diversi, ha stimato di non essere impossibile che in natura sia ancora una materia pro-

porzionata a renderci un altro simulacro diverso dagli altri, e che questo sia la cometa. Tal risposta, dico, è adeguatissima all'instanza, quando anco ciascuna parte d'essa instanza fusse vera: tuttavia il desiderio (com'altre volte ho detto) d'agevolar, per quanto m'è conceduto, la strada all'investigazion di qualche vero, m'induce a far alcuna considerazione sopra certi particolari contenuti in esso discorso.

E prima, è vero che in uno effluvio di minutissime stille d'acqua si fa l'illusion dell'iride, ma non credo già che, pel converso, simile illusione non possa farsi senza tale effluvio. Il prisma triangolare cristallino, appressato a gli occhi, ci rappresenta tutti gli oggetti tinti de' colori dell'iride; molte volte si vede l'iride in nubi asciutte, e senza che pioggia veruna discenda in terra. Non si veggono le medesime illusioni di colori diversi nelle piume di molti uccelli, mentre il Sole in varie maniere le ferisce? Ma che più? Direi al Sarsi cosa forse nuova, se cosa nuova se gli potesse dire. Prenda egli qualsivoglia materia, o sia pietra o sia legno o sia metallo, e tenendola al Sole, attentissimamente la rimiri, ch'egli vi vederà tutti i colori compartiti in minutissime particelle; e se'ei si servirà, per riguardargli, d'un telescopio accommodato per veder gli oggetti vicinissimi, assai più distintamente vederà quant'io dico, senza verun bisogno che quei corpi si risolvano in rugiada o in vapori umidi. In oltre, quelle nuvolette che ne' crepuscoli si mostrano lucidissime, e ci fanno una reflession del lume del Sole tanto viva che quasi ci abbaglia, sono delle più rare asciutte e sterili che sieno in aria, e quelle che sono umide, quanto più son pregne d'acqua, tanto più si dimostrano oscure. L'alone e i parelii si fanno senza piogge e senza umido nelle più rare ed asciutte nuvole, o più tosto caligini, che sieno in aria.

Secondo, è vero che le superficie terse e ben lisce, come quelle degli specchi, ci rendono una gagliarda reflession del lume del Sole, e tale ch'appena la possiamo rimirar senza offesa; ma è anco vero che da superficie non tanto terse si fa la reflessione, ma men potente, secondo che la pulitezza sarà minore. Vegga ora V. S. Illustrissima, se lo splendore della cometa è di quegli ch'abbagliano la vista, o pur di

quegli che per la lor debolezza non offendon punto; e da questo giudichi, se per produrlo sia necessaria una superficie somigliante a quella d'uno specchio, o pure basti un'assai men tersa. Io vorrei mostrar al Sarsi un modo di rappresentare una reflession simile assai alla cometa. Prenda V. S. Illustrissima una boccia di vetro ben netta, ed avendo una candela accesa, non molto lontana dal vaso, vederà nella sua superficie un'immagine piccolina d'esso lume, molto chiara e terminata: presa poi colla punta del dito una minima quantità di qualsivoglia materia che abbia un poco di untuosità, sì che s'attacchi al vetro, vada, quanto più sottilmente può, ungendo in quella parte dove si vede l'immagine del lume, sì che la superficie venga ad appannarsi un poco; subito vederà la detta immagine offuscarsi: volga poi il vaso, sì che l'immagine esca dell'untuosità e si fermi al contatto di essa, e poi dia una fregata sola per diritto col dito sopra detta parte untuosa; ché subito vederà derivare un raggio dritto ad imitazion della chioma della cometa, e questo raggio taglierà in traverso ed ad angoli retti il fregamento ch'ella averà fatto col dito, sì che s'ella tornerà a fregar per un altro verso, il detto raggio si dirizzerà in altra parte: e questo avviene perché, avendo noi la pelle de' polpastrelli delle dita non liscia, ma segnata d'alcune linee tortuose ad uso del tatto per sentir le minime differenze delle cose tangibili, nel muovere il dito sopra detta superficie untuosa, lascia alcuni solchi sottilissimi, ne i colmi de' quali si fanno le reflessioni del lume, ch'essendo molte ed ordinatamente disposte, rappresentano poi una striscia lucida; in capo della quale se si farà, col muovere il vaso, venir quella prima immagine fatta nella parte non unta, si vederà il capo della chioma più lucido, e la chioma poi alquanto meno risplendente: ed il medesimo effetto si vederà, se in vece d'ungere il vetro s'appannerà coll'alitarvi sopra. Io prego V. S. Illustrissima che se mai le venisse accennato questo scherzo al Sarsi, se gli protesti per me largamente e specificatamente, ch'io non intendo perciò affermar che in cielo vi sia una gran caraffa e chi col dito la vada ungendo, e così si faccia la cometa; ma ch'io arreco questo caso e che altri ne potrei arrecare

e che forse molti altri ce ne sono in natura, inescogitabili a noi, come argomenti della sua ricchezza in modi differenti tra di loro per produrre i suoi effetti.

Terzo, che la reflessione e refrazzione non si possa far da materie ed impressioni meteoreologiche se non quando contengono in sé molt'acqua, perché allora solamente sono di superficie lisce e terse, condizioni necessarie per produr tal effetto, dico non esser talmente vero, che non possa esser anco altrimenti. E quanto alla necessità della pulitezza, io dico che anco senza quella si farà la reflession dell'immagine unita e distinta: dico così, perché la rotta e confusa si fa da tutte le superficie, quanto si voglia scabrose ed ineguali; che però quell'immagine d'un panno colorato che distintissima si scorge in uno specchio oppostogli, confusa e rotta si vede nel muro, dal quale certo adombramento del color di esso panno ci vien solamente ripercosso. Ma se V. S. Illustrissima piglierà una pietra o una riga di legno, non tanto liscia che ci renda direttamente l'immagini, e quella s'esporrà obliquamente all'occhio, come se volesse conoscer s'ella è piana e diritta, vederà distintamente sopra d'essa l'immagini de gli oggetti che fussero accostati all'altro capo della riga, così distinte che tenendovi un libro scritto, potrà commodamente leggerlo. Ma di più, s'ella si costituirà coll'occhio vicino all'estremità di qualche muraglia diritta ed assai lunga, prima vederà un perpetuo corso d'essalazioni verso il cielo, e massima quando il parete sia percosso dal Sole, per le quali tutti gli oggetti opposti appariscono tremare; dipoi, se farà che alcun dall'altro capo del muro se le vada pian piano accostando, vederà, quando le sarà assai vicino, uscirgli incontro l'immagine sua reflessa da quei vapori ascendenti, non punto umidi né gravi, anzi aridissimi e leggieri. Ma che più? Non è ancor giunto al Sarsi il rumore che si fa, in particolare da Ticone, delle refrazzioni che si fanno nell'essalazioni e vapori che circondano la Terra, ancor che l'aria sia serenissima, asciuttissima e lontanissima dalle piogge e da ogni umidità? Né mi citi, com'egli fa, l'autorità d'Aristotile e di tutti i maestri di perspettiva; perch'egli non farà altro che dichiararmi più cauto osservatore di loro,

cosa, per mio credere, diametralmente contraria alla sua intenzione. E tanto basti in risposta al primo argomento del Sarsi: e vegniamo al secondo.

22. « Quod si forte quis... fuisse nullos. »[87]

Molte cose son da considerarsi in questo argomento, le quali mi pare che lo snervano assai.

E prima, né il signor Mario né io abbiamo mai ardito di dire, che vapori aquei e densi sieno stati attratti in alto a produr la cometa; onde tutta l'instanza che sopra l'impossibilità di questa posizione s'appoggia, cade e svanisce.

Secondo, che i corpi meno e meno s'illuminino, quanto all'apparenza, secondo ch'ei sono più rari e perspicui, e più e più quanto più densi, come dice il Sarsi aver per lunghe esperienze osservato, l'ho per falsissimo; e questo mi persuade un'esperienza sola, ch'è il vedere egualmente illuminata una nuvola come s'ella fusse una montagna di marmi, e pur la materia della nuvola è alquanto più rara e perspicua di quella delle montagne: onde io non veggo qual necessità abbia il Sarsi di far la materia della cometa più densa e più opaca di quella de' pianeti (che così mi par ch'ei dica, se bene ho capita la construzzion delle sue parole), e tanto più, quanto io non ho per chiaro ch'ella fusse più splendida delle stelle della prima grandezza e de' pianeti. Ma quando ben ella fusse stata tale, a che proposito introdur questa tanta densità di materia, se noi veggiamo i vapori crepuscolini risplendere assai più delle stelle e di lei? oltre a quelle nuvolette d'oro, lucide cento volte più.

Terzo, che posto che un fumido e denso vapore fusse stato quello in cui la cometa si produsse, ei ne dovesse seguir notabile discrepanza negli intervalli presi da stella a stella, come ch'ei dovessero, per causa della refrazzione per entro esso vapore, discordar da' misurati da Ticone, e che, per l'opposito, niuna diversità vi fusse da loro osservata nel

[87] VI, pp. 139-40. Sarsi ribatte a Galilei sostenendo che, se la cometa non fosse stata altro che un effetto ottico provocato dalla rifrazione dei vapori, le stelle, viste attraverso il fenomeno luminoso, sarebbero dovute apparire di misura diversa.

misurargli con ogni somma esattezza; io, se devo dire il vero, ci scorgo due cose le quali grandemente mi dispiacciono. L'una è, ch'io non veggo modo di poter prestar fede al detto del Sarsi senza negarla a quel del suo Maestro: atteso che l'uno dice d'aver loro con somma esattezza misurate le distanze tra le stelle, e l'altro ingenuamente si scusa di non avere avuto il commodo di far tali osservazioni coll'esquisitezza che sarebbe stata di bisogno, per mancamento di strumenti grandi ed esatti come quelli di Ticone; per lo che si contenta anco che altri non faccia gran capitale delle sue instrumentali osservazioni. L'altra è, ch'io non trovo via di poter dire a V. S. Illustrissima con quella modestia e riservo ch'io desidero, com'io dubito che il signor Sarsi non intenda perfettamente che cosa sieno queste refrazzioni, e come e quando elle si facciano e producano loro effetti. Però ella, che lo saperà fare colla sua infinita gentilezza, gli dica una volta, come raggi che nel venir dall'oggetto all'occhio segano ad angoli retti la superficie di quel diafano in cui si deve far la refrazzione, non si rifrangono altrimenti, onde la refrazzione non è nulla: e però le stelle verso il vertice, come quelle che mandano a noi i raggi loro perpendicolari alla superficie sferica de i vapori che circondano la Terra, non patiscono refrazzione; ma le medesime, secondo che più e più declinano verso l'orizzonte, ed in conseguenza più e più obliquamente segano co' raggi loro la detta superficie, più e più gli rifrangono, e con fallacia maggiore ci mostrano il sito loro. L'avvertisca poi, che per essere il termine di questa materia non molto alto, onde la sfera vaporosa non è molto maggiore del globo terrestre, nella cui superficie siamo noi, l'incidenza de' raggi che vengono da' punti vicini all'orizonte è molto obliqua: la qual obliquità si farebbe sempre minore, quanto più la superficie de' vapori si sublimasse in alto; sì che, quando ella s'elevasse tanto che nella sua lontananza comprendesse molti semidiametri della Terra, i raggi che da qualsivoglia punto del cielo venissero a noi, pochissimo obliquamente potrebbon segar la detta superficie, ma sarebbon come se tendessero al centro della sfera, ch'è quanto a dire che fussero perpendicolari alla sua superficie.

Ora, perché il Sarsi colloca la cometa alta assai più che la Luna, ne' vapori che in tanta altezza fussero distesi, niuna sensibile refrazzione far si dovrebbe, ed in conseguenza niuna sensibile apparenza di diversità di sito nelle stelle fisse. Non occorre dunque che 'l Sarsi assottigli altrimenti cotali vapori per iscusar la mancanza di refrazzione, e molto meno che per tal rispetto gli rimuova del tutto. In questo medesimo errore sono incorsi alcuni, mentre si sono persuasi di poter mostrare, la sostanza celeste non differir dalla prossima elementare, né potersi dare quella moltiplicità d'orbi, avvenga che, quando ciò fusse, gran diversità caderebbe negli apparenti luoghi delle stelle mediante le refrazzioni fatte in tanti diafani differenti: il qual discorso è vano, perché la grandezza di essi orbi, quando ben tutti fussero diafani tra loro diversissimi, non permetterebbe alcuna refrazzione agli occhi nostri, come riposti nell'istesso centro di essi orbi.

23. Or passiamo al terzo argomento. « Asserit præterea Galilæus, ... Sed hæc physica potius sunt quam mathematica. » [88]

Séguita il Sarsi, come altra volta di sopra notai, d'andarsi formando conclusioni di suo arbitrio ed attribuirle al signor Mario ed a me, per confutarle ed in questa guisa farci autori d'opinioni assurde e false. Il signor Mario per essemplificare come non è impossibile che materie tenui e sottili si sollevino assai da Terra, disse di quella boreale aurora; ma il Sarsi volse ch'egli intendesse anco, questa medesima esser la materia della cometa. Quindi a poco, non contento di questo, avendo egli stesso opinione che la reflession del lume non si potesse fare in altre impressioni meteorologiche fuor che nell'umide ed acquose, attribuì al signor Mario ed a me che noi fussimo quelli che affermassimo che vapori acquosi

[88] VI, pp. 140-41. Galilei avrebbe asserito – dice il Grassi – che la materia delle comete non differisce da quella delle macchie solari; ma poiché il Grassi segue le teorie fisiche di Aristotele, nota una contraddizione tra il movimento rettilineo di questa materia che sale dalla terra per formare le comete e il movimento circolare secondo lui compiuto dalle macchie solari attorno al sole. E concludendo osserva: « Ma queste son questioni fisiche piuttosto che matematiche ».

e gravi salissero in cielo a formar la cometa. Ora vuol che noi abbiamo affermato, la materia della cometa esser la medesima che quella delle macchie solari, nominate solamente dal signor Mario per dichiarar com'egli stima che per entro la sostanza celeste si possano muovere, generare e dissolvere alcune materie, ma non mai per affermar, di queste prodursi la cometa. Di qui comprenda meglio V. S. Illustrissima come la protestazion, ch'io feci di sopra, del non dire che la cometa si figurasse in un grandissimo caraffone unto, non fu ridicola, né fuor di proposito [89].

Io non ho mai affermato, la cometa e le macchie solari esser dell'istessa materia [90]; ma mi fo intender ben ora, che quando io non temessi d'incontrar più gagliarde opposizioni che le prodotte in questo luogo dal Sarsi, io non mi spaventerei punto ad affermarlo ed a poterlo anco sostenere. Egli mette una gran repugnanza nel potere essere ch'una materia sottile vada rettamente verso il corpo solare, e che, quivi giunta, sia poi portata in giro: ma perché non perdona egli questo assunto al signor Mario, ed ad Aristotile sì ed a tutta

[89] Tommaso Stigliani, che per incarico di Virginio Cesarini curò la prima edizione del *Saggiatore*, interpolò il passo che qui di séguito citiamo, allo scopo di poter inserire, dopo quello di Dante, il suo nome in quest'opera che si presentava come una delle più vive e interessanti del tempo: « Primieramente (per rispondere a tutte le parti), io dico, non occorrere che 'l Sarsi venga sì spessamente ripetendo il rinfacciarci l'aborrimento della poesia, poi che noi, come già si disse, non l'aborriamo in modo veruno. Anzi qui soggiungiamo, non ci essere incognito che, per l'incatenata parentela la qual tutte l'arti una coll'altra tengono, non solo si permette al filosofo il tramezar talora ne' suoi trattati alcune poetiche delizie, come fece Platone, e come fanno oggi molti, la si concede anco al poeta il seminare alle volte ne' suoi poemi alcune scientifiche speculazioni, come tra i nostri antichi fece Dante nella sua *Comedia* e come tra i moderni ha fatto il Cavaliere Stigliani nel suo *Mondo Nuovo*. Appresso dico (per rientrar nella disputa) ch'io... » ecc.

[90] « Inoltre, che per i celesti campi vadano simili fumosità vagando, e producendosi e dissolvendosi, quel che prima sensatamente e poi dimostrativamente è stato proposto e provato dal nostro Accademico delle macchie del Sole, ce ne rende in modo sicuri, che ragionevolmente non resta luogo di dubitarne » (*Discorso delle Comete*, VI, p. 94). Al passo della *Libra* qui commentato, Galilei appose la seguente postilla: « hoc falsum est: dicitur enim, tantum huiusmodi fumositates per coelum etc. » (è falso: si dice soltanto che vapori di questo genere scorrono per il cielo ecc.).

la sua setta, i quali fanno ascendere il fuoco rettamente sino all'orbe lunare, e quivi poi cangiare il suo moto retto in circolare? E come fa il Sarsi a sostenere per impossibil cosa, che un legno caschi da alto perpendicolarmente in un fiume rapido, e che giunto nell'acqua cominci subito ad esser portato in giro intorno all'orbe terrestre? Più valida sarebbe veramente l'altra instanza mossa da lui, cioè com'esser possa che, bramando tutte l'altre materie consorti della cometa d'andare avidamente ad abbracciare il Sole, ella sola l'abbia fuggito, ritirandosi verso settentrione. Questa difficoltà, com'io dico, stringerebbe, se egli medesimo non l'avesse poco di sopra sciolta, quando, nel far che Apollo si lavi il viso e poi getti via la lavatura, della quale si generi la cometa, e' non ci avesse dichiarato di tenere opinione che la materia delle macchie si parta dal Sole, e non vi concorra.

24. Sentiamo ora il quarto argomento. « Venio nunc ad opticas rationes, ... semita progrederetur. » [91]

Qual sia stato il momento de' passati tre argomenti, si è veduto sin qui; il quale credo che anco l'istesso Sarsi non abbia reputato molto, per esser discorsi fisici, onde egli stesso nomina e stima i seguenti, presi dalle dimostrazioni ottiche, di gran lunga più concludenti e più efficaci de' passati: indizio manifesto di non aver avuto l'intera sua soddisfazzione in quei progressi naturali. Ma avvertisca bene al caso suo, e consideri che per uno che voglia persuader cosa, se non falsa, almeno assai dubbiosa, di gran vantaggio è il potersi servire d'argomenti probabili, di conghietture, d'essempi, di verisimili ed anco di sofismi, fortificandosi appresso e ben trincerandosi con testi chiari, con autorità d'altri filosofi, di naturalisti, di rettorici e d'istorici: ma quel ridursi alla severità di geometriche dimostrazioni è troppo pericoloso cimento per chi non le sa ben maneggiare; imperocché, sì come *ex*

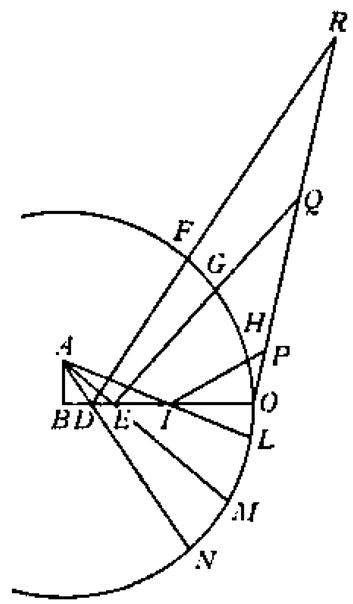
[91] VI, pp. 141-42. Con un abile paragone l'autore della *Libra* mostra le difficoltà in cui si dibatte la teoria galileiana sulle comete: se queste fossero effetti ottici dovuti alla rifrazione della luce del sole, come l'arcobaleno o l'alone, dovrebbero seguire lo stesso movimento del sole: ma ciò non risulta vero. Allora le comete non sono un effetto ottico.

parte rei non si dà mezo tra il vero e 'l falso, così nelle dimostrazioni necessarie o indubitabilmente si conclude o inescusabilmente si paralogiza, senza lasciarsi campo di poter con limitazioni, con distinzioni, con istorcimenti di parole o con altre girandole sostenersi più in piede, ma è forza in brevi parole ed al primo assalto restare o Cesare o niente [92]. Questa geometrica strettezza farà ch'io con brevità e con minor tedio di V. S. Illustrissima mi potrò dalle seguenti prove distrigare; le quali io chiamerò ottiche o geometriche più, per secondare il Sarsi, che perché io ci ritrovi dentro, dalle figure in poi, molta prospettiva o geometria.

È, come V. S. Illustrissima vede, l'intenzion del Sarsi, in questo quarto argomento, di concludere che la cometa non sia del genere de' simulacri solamente apparenti, cagionati da reflessione e da refrazzione de' raggi solari, per la relazione ch'ella osserva e ritiene verso il Sole, diversa da quella ch'osservano e ritengon quelle che noi sappiamo certo esser pure apparenze, quali sono l'iride, l'alone, i parelii, le reflessioni del mare: le quali tutte, dic'egli, al movimento del Sole si vanno esse ancora movendo, con tenor tale che la mutazion loro è sempre verso la medesima parte che quella del Sole; ma nella cometa è accaduto il contrario; adunque ella non è un'illusione. Qui, ancorché assai competente risposta fusse il dire che non si vede necessità veruna per la quale la cometa debba seguitar lo stile dell'iride o dell'alone o dell'altre nominate illusioni, poi che ella è differente dall'iride, dall'alone e dall'altre; tuttavia io voglio conceder qualche cosa di più dell'obbligo, purché il Sarsi nel resto non voglia aver più privilegio di me, sì che alcun modo d'argomentare che per lui dovesse esser concludente, per me poi avesse

[92] La piena fiducia nelle possibilità dell'intelletto umano di raggiungere la verità scientifica per mezzo dell'indagine matematica sulla natura costituisce la base psicologica di questa storica dichiarazione programmatica della scienza nuova, ma nel contempo è anche la manifestazione degli ideali umanistici impliciti nel nuovo corso delle ricerche scientifiche: la «severità di geometriche dimostrazioni» è uno strumento essenziale per la scoperta delle verità, perché solo per mezzo suo si può discernere senza esitazioni le false opinioni dalla certezza scientifica.

da esser reputato inutile. Per tanto io domando al Sarsi, s'ei reputa l'argomento preso dalla contrarietà dello stile osservato dalla cometa e da i puri simulacri, in contrariar quella, ed in secondar questi, il moto del Sole, sia necessariamente concludente o no? S'ei risponde di no, già tutto il suo progresso è vano, né io più vi aggiungo parola: ma se ei risponde di sì, giusta cosa sarà che altrettanto vaglia per me, per concluder che la cometa sia un'illusione, il dimostrar io ch'ella osservi lo stile d'alcun vano simulacro, in quel che appartiene al secondare o contrariare al moto del Sole. Ma per trovare tal simulacro non occorre né anco che io mi parta da uno prodotto dall'istesso Sarsi per opportunissimo a manifestamente farci conoscere, il progresso della cometa esser contrario a quello d'esso simulacro; il quale però a me pare non contrario, ma il medesimo a capello. Prenda dunque V. S. Illustrissima la sua terza figura, nella quale ei fa parallelo della cometa con la reflession del Sole fatta nella superficie del mare [93]; dove, quando il Sole sia in *H*, il suo simulacro vien veduto dall'occhio *A* secondo la linea *A I*; e quando il Sole sarà in *G*, si vedrà il simulacro per la linea *A E*; ed essendo in *F*, il simulacro apparirà nella linea *A D*.



Resta ora che veggiamo, mentre che il Sole ci apparisce essersi mosso in cielo per l'arco *H G F*, per qual verso ci apparisca essersi mosso parimente il suo simulacro rispetto al cielo, dove il Sarsi osservò il moto della cometa e del Sole: per lo che bisogna continuar l'arco *F G H L M N*, e prolungar le linee *A I*, *A E*, *A D* in *L*, *M*, *N*, e poi dire:

[93] «Se il Sarsi non vuol far peggio a me che a sé, dovrà concedermi la vittoria poi che questa dimostrazione fa per me» (postilla di Galilei alla *Libra*).

Quando il Sol era in *H*, il suo simulacro si vedeva per la linea *A I*, che in cielo risponde nel punto *L*; e quando il Sole venne in *G*, il suo simulacro si vedeva per la linea *A E*, ed appariva in *M*; e finalmente, giunto il Sole in *F*, il suo simulacro apparse in *N*. Adunque, movendosi il Sole da *H* verso *F*, il suo simulacro apparisce muoversi da *L* in *N*: ma questo, signor Sarsi, è apparir muoversi al contrario del Sole, e non pel medesimo verso, come avete creduto o più tosto voluto dare a creder voi [94].

Io, Illustrissimo Signore, dico così, perché non mi posso persuadere com'egli avesse avuto a equivocare in cosa tanto manifesta. Oltre che si vede anco, che nel dichiararsi usa certe maniere di dire assai improprie e non consuete, solo per accommodare al suo bisogno quello ch'accommodar non vi si può, perché non è nulla [95]: verbigrazia, ei vede che passando il Sole da *H* in *G*, e da *G* in *F*, la sua immagine viene da *I* in *E*, e da *E* in *D*, il qual progresso *I E D* è un vero e realissimo avvicinarsi e muoversi verso l'occhio *A*; e perché il bisogno del Sarsi è di poter dir che l'immagine ed il Sole si muovano pel medesimo verso, ei si risolve liberamente a dire che 'l moto del Sole per l'arco *H G F* sia un avvicinarsi al punto *A*, e che l'andar verso il vertice sia il medesimo che andar verso il centro. È, di più, forza ch'ei dissimuli di non s'accorgere d'un altro più grave assurdo, che gli verrebbe addosso quand'ei volesse sostenere che il simulacro secondasse il movimento dell'oggetto reale; perché, quando questo fusse, bisognerebbe di necessità che parimente, pel converso, l'oggetto secondasse il simulacro; dal che vegga V. S. Illustrissima quel che ne seguirebbe. Tirisi dal termine del diametro *O* la linea retta *O R*, cadente fuor del cerchio e colla *B O* contenente qualsivoglia angolo, e si

[94] Al passo della *Libra* dove si afferma che «l'arcobaleno si muove sempre nello stesso senso del Sole» Galilei appose la seguente postilla: «cur non dicis in oppositam partem, et non in eandem?» (perché non dici nel senso opposto anziché nel medesimo?).

[95] Sono appunto queste espressioni imprecise che il rigore del metodo matematico combatte opponendovi le «geometriche strettezze» delle dimostrazioni.

prolunghino sino ad essa le *D F*, *E G*, *I H* ne i punti *R*, *Q*, *P*: è manifesto che quando l'oggetto reale si fusse mosso per la linea *P Q R*, il simulacro sarebbe venuto per la *I E D*, e perché questo è uno avvicinarsi e muoversi verso l'occhio *A*, e quel che fa il simulacro lo fa ancora (per detto del Sarsi) l'oggetto, adunque l'oggetto, movendosi dal termine *P* in *R*, si è venuto avvicinando al punto *A*; ma egli si è discostato; ecco, dunque, l'assurdo manifesto. Notisi di più, che quanto il Sarsi va considerando in questo luogo accader tra l'oggetto reale e la sua immagine, è preso come se la materia in cui si deve formare il simulacro resti sempre immobile, e solo si muova l'oggetto; ché quando s'intendesse muoversi detta materia ancora, altre ed altre conseguenze ne seguirebbono circa l'apparenze del simulacro: e però da quel che aggiunge il Sarsi, del non esser ritornata indietro la cometa al ritorno del Sole, non se ne inferirà mai nulla, se prima non si determina dello stato o del movimento della materia in cui la cometa si produsse.

25. Passo al quinto argomento. «Præterea, si de apparentium simulacrorum... se similem præbeat.» [96]

Séguita, anzi pur cresce, in me la meraviglia, nata dal veder quanto frequentemente il Sarsi vada dissimulando di vedere le cose ch'egli ha dinanzi agli occhi, con speranza forse che la sua dissimulazione abbia negli altri a partorire non una simulata, ma una vera cecità. Ei vuole nel presente suo argomento provar che quando la cometa fusse una nuda apparenza, ella dovrebbe dimostrarsi in figura di cerchio o di parte di cerchio, perché così avviene dell'iride, dell'alone, della corona e dell'altre varie immagini: il che non so com'ei possa affermare, sendosi cento volte ricordata la reflession nel mare dell'immagine solare, e quelle proiezzioni dall'aperture delle nuvole, le quali compariscono strisce dritte e similissime alla cometa. Ma forse ei si persuade che senz'altre avvertenze la dimostrazione ottica, ch'ei n'arreca, concluda nella cometa necessariamente la sua intenzione; del che però

[96] VI, pp. 142-43.

io grandemente dubito, e parmi, s'io non m'inganno, che 'l suo progresso sia mutilo, e che gli manchi una parte principalissima del dato (che sarebbe gran difetto in logica); e questa è la disposizion locale, in relazione all'occhio, della superficie di quella materia nella quale si ha a far la reflessione, la qual disposizione non vien messa in considerazion dal Sarsi: di che non saperei addur più modesta scusa, che il non l'avere egli avvertito; ché quando ei l'avesse conosciuto, ma dissimulato per mantenere il lettore nell'ignoranza, mi parrebbe mancamento assai più grave. La considerazion poi di cotal disposizione opera il tutto: imperocché la dimostrazion del Sarsi non concluderà mai, se non quando la superficie del vapore intorno al punto *A* della sua figura sarà opposta all'occhio *D* direttamente, sì che l'asse *I D H* caschi perpendicolarmente sopra il piano nel quale essa superficie si distendesse; perché allora, nel girare il triangolo *I D A* intorno all'asse *I H*, il punto *A* anderebbe terminando continuamente in essa superficie e descrivendovi una circonferenza di cerchio: ché quando la superficie detta fusse esposta all'occhio obliquamente, l'angolo *A* non la toccherebbe se non in un sol punto, e nel girar del triangolo il medesimo angolo *A* o penetrerebbe oltre ad essa superficie, o non v'arriverebbe. Ed in somma, a voler che la cometa apparisse circolare, bisognerebbe che la superficie dov'ella si genera fusse piana ed esposta direttamente alla linea che passa per li centri dell'occhio e del Sole; la qual costituzione non può mai accadere se non nella diametrale opposizione o vero nella linear congiunzione de' vapori e del Sole: e però l'iride si vede sempre opposta, l'alone o la corona sempre congiunti al Sole, onde appariscono circolari; ma delle comete non so che se ne sien mai vedute né in opposizione né in congiunzione al Sole. Se al Sarsi, nello scrivere la sua dimostrazione, fusse una volta passato per la fantasia di chiamar quella materia ch'ei si figura intorno al punto *A*, non vapori, ma acqua del mare, ei si sarebbe accorto che 'l suo argomento avrebbe nel modo stesso e coll'istesse parole concluso che la reflessione nel mare di necessità si deve distender

per linea circolare; dal che poi mercé del senso, che mostra il contrario, avrebbe scoperta la fallacia del suo sillogismo.

26. Or sentiamo l'argomento sesto. « Sed placet... testatus sit. »[97]

Che il signor Mario ed io abbiamo mai scritto o detto che i simulacri prodotti dal Sole ritengano la medesima paralasse che quello (come il Sarsi in questo luogo afferma per fondamento del suo sillogismo), è del tutto falso; anzi il signor Mario, dopo aver nominati e considerati molti di tali simulacri, soggiugne così: « E avvenga che de' sopranominati simulacri in alcuni la paralasse sia nulla, ed in altri operi molto diversamente da quello ch'ella fa negli oggetti reali. » Non si trova nella scrittura del signor Mario ch'egli affermi, la paralasse esser l'istessa che quella del Sole o della Luna, se non nell'alone; negli altri, ed anco nell'istessa iride, vien posta diversa. Falsa dunque è la prima proposizion del sillogismo. Or veggiamo quanto sia vera la seconda e quanto concludente, posto anco che la paralasse di tutti i simulacri vani dovesse essere eguale a quella del Sole.

Vuole il Sarsi, e coll'autorità di Ticone e con quella del suo Maestro, provare (e così è in obligo di fare) che la paralasse osservata nelle comete sia maggiore di quella del Sole: ma si astiene poi di produrre l'osservazioni particolari di Ticone e di molti altri astronomi di nome, fatte circa la paralasse della cometa; e ciò fa egli perché il lettore non vegga come quelle sono tra di loro differentissime. E qualunque elle si sieno, o sono giuste, o sono errate: se giuste, sì che a loro si debba prestare intera fede, bisogna necessariamente concludere, o che la medesima cometa fusse nell'istesso tempo e sotto il Sole e sopra ed anco nel firmamento, o vero che, per non essere ella un oggetto fisso e reale, ma vago e vano, non soggiace alle leggi dei fissi e reali: ma se tali osservazioni sono errate, mancano d'autorità, né per esse si può determinar cosa veruna; e l'istesso Ticone

[97] VI, pp. 143-44. Galilei sosteneva che i fenomeni luminosi hanno la stessa parallasse del corpo da cui provengono; la cometa – dice Sarsi – non ha la medesima parallasse del sole; quindi non è un corpo luminoso.

tra tante diversità andò eleggendo, come se fussero più certe, quelle che più servivano alla sua determinazione fatta innanzi, di voler assegnar luogo alla cometa tra il Sole e Venere. Quanto poi all'altre osservazioni prodotte dal suo Maestro, sono tanto fra sé differenti, ch'egli medesimo le determina inette a potere stabilire il luogo della cometa, dicendo quelle esser state fatte con istrumenti non esatti e senza la necessaria considerazion dell'ore e della refrazzione e d'altre circostanze; per lo che egli stesso non obliga altrui a prestargli molta fede, ma si riduce ad una sola osservazione, la quale, non ricercando strumento alcuno, ma potendo colla semplice vista farsi esattissimamente, egli l'antepone a tutte l'altre: e questa fu la puntual congiunzione del capo della cometa con una stella fissa, la qual congiunzione fu vista nel medesimo tempo da luoghi tra di sé molto distanti. Ma, signor Sarsi, se così è seguito, questo è del tutto contrario al bisogno vostro, poi che di qui si raccoglie, la paralasse essere stata nulla, mentre che voi producete questa autorità per confermar la vostra proposizione, che dice tal paralasse esser maggiore che quella del Sole. Or vedete come gli stessi autori chiamati da voi testificano contro alla causa vostra.

A quello poi che voi dite, che noi stessi abbiamo confessato, l'osservazioni degli astronomi grandi essere state fatte esattissimamente, vi rispondo che se voi meglio considererete il dove e 'l quando sono state chiamate tali, comprenderete che esatte si potevano dire quando elle fussero state anco assai più differenti tra loro di quello che state sono. Furon chiamate esatte e sufficienti a confutar l'opinione di Aristotile, mentr'egli voleva che la cometa fusse oggetto reale e vicinissimo alla Terra. E non sapete che il vostro Maestro stesso dimostra che il solo intervallo tra Roma ed Anversa in un oggetto reale che fusse anco sopra la suprema region dell'aria, può cagionar paralasse maggiore di 50, di 60, di 100 ed anco di 140 gradi? E se questo è, non si potranno elleno chiamar osservazioni esatte e potenti quelle che, essendo tutte minori d'un grado solo, differiscono tra di loro di pochi minuti?

27. Or legga V. S. Illustrissima l'ultimo argumento. « Denique neque illud omittendum, ... repugnare veritas videtur. » [98]

Il qual argomento egli stima tanto, che gli par ch'esso solo possa esser bastante a persuader l'intento suo: tuttavia io non ci scorgo efficacia che mi persuada, mentr'io considero che, nel produr questi vani simulacri, v'interviene il Sole com'efficiente, e le nuvole e vapori o altre cose come materia; e perché l'efficiente è perpetuo, quando non mancasse dalla materia, e l'iride e l'alone ed i parelii e tutte l'altre apparenze sarebbono perpetue; la breve, dunque, o lunga durazione dalla stabilità o posizion della materia si deve attendere. Or qual ragione ci dissuade, poter esser sopra le regioni elementari alcuna materia di più lunga durazione delle nubi, della caligine, della pioggia cadente in minute stille, o d'altre materie elementari, sì che la reflessione o refrazzion del Sole fatta in quelle ci si mostri più lungamente dell'iride, de' parelii, dell'alone? Ma senza partirsi da' nostri elementi, l'aurora, ch'è una refrazzion de' raggi solari nella region vaporosa, e le reflessioni nella superficie del mare non son elleno apparenze perpetue, sì che se il riguardante, il Sole, i vapori e la superficie del mare stessero sempre nella medesima disposizione, perpetuamente si vederebbe l'aurora e la striscia splendida nell'acqua? In oltre, dalla minore o maggior durazione poco concludentemente s'inferisce un'essenzial differenza; anzi delle comete stesse, senza cercar altre materie, se ne son vedute alcune durare 90 e più giorni, ed altre dissolversi il quarto ed anco il terzo. E perché si è osservato, le più diuturne mostrarsi, anco nel lor primo apparire, assai maggiori dell'altre, chi sa che non ve ne sieno, ed anco frequentemente, di quelle che durino non solamente pochi giorni, ma anco non molte ore, ma che per la lor piccolezza non vengano facilmente osservate? E per concluderla, che nel luogo dove si formano le comete vi sia materia atta

[98] VI, p. 144, 8-21. Se la cometa fosse stata solo un fenomeno ottico, sarebbe durata poco tempo e avrebbe avuto un'apparenza incostante; invece noi vediamo che dura a lungo.

nata a conservarsi più della nuvola e della caligine elementare, l'istesse comete ce n'assicurano, producendosi di materia o in materia non celeste ed eterna, né anco che necessariamente in brevissimi tempi si dissolva, sì che il dubbio resta ancora, se quello che si produce in detta materia sia una pura e semplice reflession di lume, ed in conseguenza uno apparente simulacro, o pure se sia altra cosa fissa e reale. E per tanto niuna cosa conclude l'argomento del signor Sarsi, né concluderà, s'egli prima non dimostra che la materia cometaria non sia atta a reflettere o rifrangere il lume solare, perché, quanto all'esser atta a durar molti giorni, la durazion delle medesime comete ce ne rende più che certi.

28. Or passiamo alla seconda questione di questo secondo essame. « Venio nunc ad motum... qui divinare norim. » [99]

E qui, prima ch'io proceda più avanti, non posso far ch'io non mi risenta alquanto col Sarsi della non punto meritata imputazione ch'egli m'attribuisce di dissimulatore, essendo cotal nota lontanissima dalla profession mia, la qual è di liberamente confessare, come sempre ho fatto, di ritrovarmi abbagliato e quasi del tutto cieco nel penetrare i secreti di natura, ma ben d'esser desiderosissimo di conseguir qualche piccola cognizione d'alcuno di essi, alla quale intenzione niun'altra cosa è più contraria che la finzione o dissimulazione. Il signor Mario nella sua scrittura mai non ha finto cosa alcuna, né ha avuto di mestieri di fingerla, poi che, quanto egli di nuovo ha proposto, l'ha portato sempre dubitativamente e conghietturalmente, né ha cercato di fare ad altri tener per certo e sicuro quello ch'egli ed io per dubbio, ed al più per probabile, abbiamo arrecato ed esposto alla considerazion de' più intelligenti di noi, per trarne, co 'l loro aiuto, o la confermazione di alcuna conclusion vera, o la totale esclusion delle false [100]. Ma se la scrittura del

[99] VI, pp. 144-45. Sostiene il Grassi che Galilei ha attribuito alle comete solo il moto rettilineo, asserzione che egli respinge, se non altro perché Galilei, a suo dire, dimostra nel corrispondente passo del *Discorso delle Comete* (riportato da noi nella nota seguente) incertezza e reticenza.

[100] « Io non voglio in questa parte dissimular di comprendere che quando la materia in cui si forma la cometa non avesse altro movimento che 'l

signor Mario è schietta e sincera, ben altrettanto è piena di simulazioni la vostra, signor Lottario; poi che, per farvi strada alle oppugnazioni, delle 10 volte le 9 fingete di non intendere quel che ha scritto il signor Mario, e dandogli sensi molto lontani dall'intenzion di quello, e spesso aggiungendovi o levandone, preparate ad arbitrio vostro la materia, onde il lettore, prestando fede a quanto voi producete poi in contrario, resti in concetto che noi abbiamo scritte gran semplicità, e che voi acutamente l'avete scoperte e ributtate: il che sin qui si è da me osservato, e nel restante s'osserverà non meno.

Ma venendo al fatto, qual cagione vi muove a scrivere che noi abbiamo sommamente voluto, ma non potuto dissimulare che movendosi la cometa di semplice moto retto, fusse necessario ch'ella andasse sempre verso il vertice, né da quello declinasse già mai? Chi ha fatto avvertito voi di tal conseguenza, altri che l'istesso signor Mario che la scrive? la quale al sicuro a voi avrebbe egli potuto dissimulare, e voi, per vostra benignità, avereste dissimulata la sua dissimulazione. Ma che più? Voi stesso due soli versi di sopra scrivete che io ingenuamente ho confessato di non sapere o non ardir di sciorre cotal ragione da me prodotta, ed accanto accanto soggiungete ch'io massimamente avrei voluto dissimularla: e qual contradizzion è questa, che uno ingenuamente porti e scriva e stampi una proposizione, e sia il primo a portarla e scriverla e stamparla, e che voi poi diciate, lui aver grandemente desiderato di dissimularla ed asconderla? Veramente, signor Lottario, voi siete molto bisognoso che nel lettore sia una gran semplicità ed una piccola avvertenza.

Or veggiamo se in questo detto, dove nulla si trova di nostra simulazione, ve ne fusse per sorte di quella del Sarsi.

retto e perpendicolare alla superficie del globo terrestre, cioè dal centro verso 'l cielo, egli a noi dovrebbe parere indirizzato precisamente verso il nostro vertice o zenit; il che non avendo ella fatto, ma declinato verso settentrione, ci costringe a dovere o mutare il sin qui detto, quantunque in tanti altri incontri così ben s'assesti all'apparenze, o vero, ritenendolo, aggiugner qualch'altra cagione di tale apparente deviazione » (*Discorso delle Comete*, VI, p. 98).

E certo in poche parole ve n'è più d'una. E prima, per aprirsi il campo a dichiararmi per tanto ignorante geometra che non abbia capito quelle conseguenze che per lor dimostrazione non ricercano maggiore scienza che di alcune poche e tritissime proposizioni del primo libro degli Elementi, egli mi fa dir quello che già mai non s'è detto né scritto; e mentre noi diciamo, che se la cometa si movesse di moto retto, ci apparirebbe muoversi verso il vertice e zenit, esso vuole che noi abbiamo detto ch'ella, movendosi, dovesse arrivare al vertice e zenit. Qui bisogna che il Sarsi confessi, o di non avere inteso quel che vuol dir *muoversi verso un luogo*, o d'aver voluto con finzione e simulazione attribuirci una falsità. Il primo non credo che possa essere, perché così verrebbe anco a stimare che il dir *navigare verso il polo* e *tirar una pietra verso il cielo* importasse che la nave arrivasse al polo e la pietra in cielo: adunque resta ch'egli, dissimulando d'intender il vero scritto da noi, ci attribuisca il falso per poter poi attribuirci le non meritate note. Di più, non sinceramente riferisce egli le presenti parole del signor Mario anco in un altro particolare; poi che dove quello dice, che o bisogna rimuovere il moto retto attribuito alla cometa, o vero, ritenendolo, aggiungere qualche altra cagione dell'apparente deviazione, il Sarsi di suo arbitrio muta le parole « qualche altra cagione » in « qualch'altro moto », per poter poi, fuor d'ogni mia intenzione, tirarmi nel moto della Terra, e qui scriver varie girandole e vanità. Conclude finalmente il Sarsi, non esser di quelli che sanno indovinare; e pure assai frequentemente si getta al voler penetrare gl'interni sensi altrui.

29. Or segua V. S. Illustrissima. « Quæro igitur, an motus hic alius... pium semper ac religiosum novi. » [101]

[101] VI, pp. 145-46. A questo punto il discorso del Grassi si fa insinuante e minaccioso: se la cometa devia dal suo moto rettilineo, quale può essere la causa di questa deviazione per Galilei, che non crede ai cieli tolemaici? solo il movimento della terra. Ma questo è falso per i cattolici, e Galilei non può pensar questo, perché egli fu sempre religioso. Si veda a questo proposito la nota 39, p. 633.

Qui, com'ella vede, si va il Sarsi affaticando per mostrar, niun altro moto che si attribuisca o all'istessa cometa o ad altro corpo mondano, poter esser atto a mantenere il movimento per linea retta introdotto dal signor Mario ed a supplire insieme all'apparente deviazion dal vertice: il qual discorso è tutto superfluo e vano, atteso che né il signor Mario né io abbiamo mai scritto, la cagion di tal deviazione depender da qualch'altro moto, né di Terra né di cieli né d'altro corpo. Il Sarsi di suo capriccio l'ha introdotto; egli stesso si risponda, né pretenda d'obligar altri a sostener quello che non ha detto, né scritto, né forse pensato, ancor per confessione dell'istesso Sarsi, il quale apertamente afferma di non creder che mai mi sia caduto in mente d'introdurre il movimento della Terra per salvar tal deviazione, avendomi egli conosciuto sempre per persona pia e religiosa. Ma s'è così, a che proposito l'avete voi nominato, ed a qual fine cercato di mostrarlo inetto a cotal bisogno? Ma è bene che passiamo avanti.

30. Segua, dunque, V. S. Illustrissima di leggere. « Verum, ni fallor, ... sed nunquam perveniet ad R. » [102]

Torna il Sarsi, come V. S. Illustrissima vede, ad alterar la scrittura del signor Mario, volendo pure ch'egli abbia scritto, che il moto perpendicolare alla Terra dovesse condur finalmente la cometa al punto verticale; il che non si trova nel suo libro, ma sì bene che tal moto sarebbe verso il vertice: e ciò fa, per mio parere, il Sarsi per pigliare occasione di portarci questa geometrica dimostrazione, fabbricata sopra fondamenti non più profondi della sola intelligenza della diffinizione delle linee parallele; dalla quale azzione alcuno potrebbe dedurre forse una conseguenza non molto insigne pel Sarsi. Imperocché o egli stima questa sua conclusione e dimostrazione per cosa ingegnosa e da persone non vulgari,

[102] VI, p. 146, 5-31. Sostiene il Grassi che Galilei sia stato condizionato dall'idea che la cometa dovesse raggiungere la posizione del polo, e di conseguenza dimostra la impossibilità che il moto apparente della cometa raggiunga tale posizione. Galilei smentisce invece l'attribuzione di tale ipotesi.

o vero per una cosuccia da essere anco ritrovata da' fanciulli: s'egli la stima per cosa puerile, poteva ben esser sicuro che né il signor Mario ned io siamo costituiti in sì infelice stato di cognizione, che per mancamento di cotal notizia avessimo ad incorrere in errore; ma se ei l'ha per cosa sottile e di momento, io non saperei come non far giudicio ch'ei fusse povero affatto e bisognoso di ritornar sotto la disciplina del Maestro. È vero, dunque, che il moto perpendicolare alla superficie terrestre non arriva mai al vertice (eccetto però che quello che si parte dall'istesso luogo del riguardante, il che forse il Sarsi non ha osservato), ma è anco vero che noi non abbiamo detto mai ch'ei v'arrivi.

31. « Præterea, ... ex regulis trigonometricis. »[103]

Io credetti dalla precedente dimostrazion del Sarsi, ch'ei potesse essere ch'egli avesse veduto, e forse inteso, il primo libro degli *Elementi della geometria*; ma quello ch'egli scrive qui mi mette in gran dubbio s'egli abbia prattica veruna sopra le cose matematiche, poi che dalla figura delineata di sua fantasia da se medesimo, ei vuol ritrarre qual sia la proporzion della diminuzion dell'apparente velocità del moto attribuito dal signor Mario alla cometa: dove, prima, egli dimostra di non avere osservato che in tutti i libri de' matematici niun riguardo si ha già mai delle figure, tutta volta che vi è la scrittura che parla; e che in astronomia, in particolare, si tratterebbe poco meno che dell'impossibile a voler mantenere nelle figure le proporzioni che realmente hanno tra di loro i moti, le distanze e le grandezze degli orbi celesti, le quali proporzioni senza verun pregiudicio della dottrina si alterano sì fattamente, che quel cerchio o quell'angolo che dovrebbe esser mille volte maggiore d'un altro, non si

[103] VI, pp. 146-48. Il Grassi nega che il moto della cometa, più veloce all'inizio, decresca poi secondo la stessa proporzione che corre tra gli archi *GF*, *FI*, *IL* della fig. 1 riportata a p. 725. Secondo lui la cometa ascendendo in linea retta dovrebbe percorrere meno di un grado e 31 minuti e dimostra ciò con il teorema illustrato con la fig. 2 di p. 725; ma poiché la cometa non raggiunge nel suo moto apparente le condizioni previste dalla dimostrazione, si conclude che mai la cometa compirà il moto di un grado e 31 minuti.

fa né anco due o ver tre. Si veda anco il secondo errore del Sarsi, ch'è ch'ei s'immagina che 'l medesimo movimento debba apparir fatto colle stesse apparenti inegualità da tutti i luoghi ond'ei venga osservato ed in tutte le distanze o altezze dove il mobile si ritrovi: tuttavia la verità è, che segnati nel moto retto perpendicolarmente ascendente molti spazii eguali, i movimenti apparenti, verbigrazia, di quattro parti vicine a Terra importeranno mutazioni in cielo tra di sé molto più disuguali che quelli di quattro altre parti assai lontane; sì che finalmente in gran lontananza la disugualità che nelle parti basse era grandissima, nell'altre resterà insensibile. Così parimente in altra proporzione appariranno fatti i medesimi ritardamenti se il riguardante sarà vicino al principio della linea del moto, che s'egli ne sarà lontano. Tuttavia il Sarsi, perché nella figura [1] trova che gli archi *G F*, *F I*, *I L*, che sono i moti apparenti, decrescono grandemente ed assai più che non si scorse nel movimento della cometa, si è persuaso che simil moto in conto niuno possa a quella adattarsi; né ha avvertito come cotali decrementi possano apparir meno e meno disuguali, secondo che l'altezza del mobile sarà posta maggiore. Egli pur sa che nelle figure né si osserva, né importa nulla il non osservar, le debite proporzioni; della qual notizia egli medesimo ce ne rende certi nella sua seguente figura [2] nella quale prova l'angolo *D E A* esser solamente un grado e mezo, se bene in disegno è più di gradi 15, ed il semidiametro del concavo lunare *D E* appena è triplo del semidiametro terrestre *D B*, il qual tuttavia egli nomina 33 volte maggiore; sì che questo solo era bastante a fargli

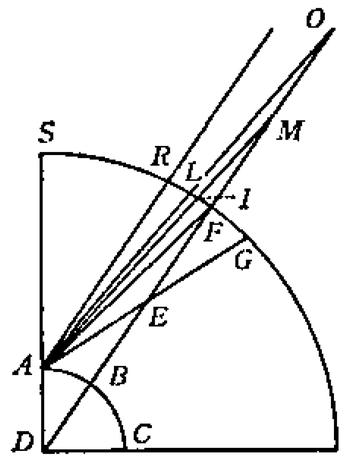


Fig. 1.

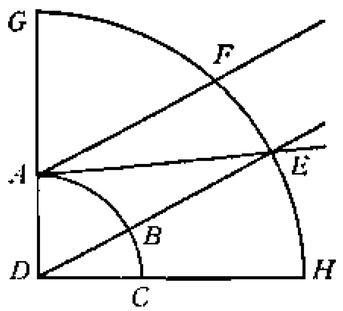


Fig. 2.

conoscere quanto grande sia la semplicità di chi volesse raccor la mente d'un geometra dal misurar colle seste le sue figure. Concludendo dunque dico, signor Lottario, che può star benissimo in un istesso moto retto ed uniforme un'apparente diminuzione e grande e mezana e piccola e minima ed insensibile ancora; e se voi vorrete provare che niuna di queste corrisponda al moto della cometa, bisognerà che facciate altra fattura che misurar le dipinture; e v'assicuro che scrivendo voi cose tali, non v'acquisterete l'applauso d'altri, che di chi, non intendendo né il signor Mario né voi, ripon la vittoria nel più loquace e ch'è l'ultimo a parlare.

Ma sentiamo, Illustrissimo Signore, quello che in ultimo il Sarsi produce. Esso, per mio credere, vuol da questo ch'ei soggiunge, ch'è la piccolezza del moto apparente, provare, il già più volte nominato moto retto non competere in verun modo alla cometa [104] (e dico di creder così, e non d'esserne sicuro, poi che l'istesso autore, doppo sue dimostrazioni e calcoli, non raccoglie conclusione alcuna): e per ciò fare egli suppone, la cometa nel suo primo apparire esser stata lontana dalla superficie della Terra 32 semidiametri terrestri, e che il riguardante sia situato 60 gradi lontano dal punto della superficie della Terra che perpendicolarmente risponde sotto alla linea del moto d'essa cometa; e fatte tali due supposizioni, dimostra la quantità del moto apparente potere appena arrivare in cielo a un grado e mezo; e qui finisce, senza applicare il detto a proposito alcuno o raccorne altra conclusione. Ma già che il Sarsi non l'ha fatto, ne raccorrò io due delle conclusioni: la prima sarà quella che l'istesso Sarsi vorrebbe che il semplice lettore n'inferisse da per se stesso, e l'altra quella che per vera conseguenza, e non per inavvertenza di persone semplici, si raccoglie. Ecco la prima: « Dunque, o lettore, nel cui orecchio ancora risuona quello che di sopra è stato scritto, cioè che il moto apparente della

[104] La posizione del Grassi, che pure ha bene individuato la posizione e la natura della cometa, resta tuttavia inficiata dalla soggezione alla fisica peripatetica che assegna ai corpi celesti soltanto il movimento circolare.

nostra cometa valicò in cielo molte e molte decine di gradi, fa' tu ora concetto e tieni per sicuro che il moto retto del signor Mario, in veruna maniera se gli assesta, per lo quale a gran fatica si può valicare un sol grado e mezo. » E questa è la conseguenza de' semplici. Ma chi averà fior di logica naturale, congiungendo le premesse del Sarsi colla conclusione da quelle dependente, formerà cotal sillogismo: « Posto che la cometa nel suo apparire fusse stata alta 32 semidiametri terrestri, e che il riguardante fusse gradi 60 lontano dalla linea del suo moto, la quantità del suo moto apparente non poteva eccedere un grado e mezo; ma egli eccedette molte decine di gradi; (venga ora la conseguenza vera) adunque nel tempo delle prime osservazioni la nostra cometa non era in altezza da Terra di 32 semidiametri, e l'osservator lontano 60 gradi dalla linea del moto di quella. » Il che liberamente si conceda al Sarsi, essendo una conclusione che distrugge i suoi medesimi assunti: ben che per un altro rispetto ancora il suo sillogismo resti imperfetto, né punto vaglia contro al signor Mario, il qual già apertamente ha scritto che un semplice moto retto non può bastare a soddisfare all'apparente mutazion della cometa, ma vi bisogna aggiunger qualch'altra cagione della sua deviazione; la qual condizione, tralasciata da Sarsi, snerva del tutto ogni sua illazione.

Ma noto, di più, un altro non piccolo errore in logica in questo suo discorso. Vuole il Sarsi, dalla gran mutazion di luogo che fece la cometa provar che 'l moto retto del signor Mario non gli poteva competere, perché la mutazione che segue a cotal moto è piccola: e perché la verità è che a questo moto retto ne possono seguir mutazioni piccole, mediocri ed anco grandissime, secondo che il mobile sarà più alto o più basso, ed il riguardante più lontano o meno dalla linea d'esso moto, il Sarsi, senza domandar all'avversario in qual altezza e in qual lontananza ei ponga il mobile e 'l riguardante, ripone l'uno e l'altro in luoghi accommodati al suo bisogno e sconci per quel dell'avversario, e dice: « Pongasi che la cometa nel principio fusse alta 32 semidiametri, e l'osservatore lontano 60 gradi. » Ma, signor Lottario

mio, se l'avversario dirà ch'ella non era tanto lontana a molte migliaia di miglia, e l'osservatore parimente assai più vicino, che farete voi del vostro sillogismo? che ne concluderete? niente. Bisognava che noi, e non voi, avessimo attribuito alla cometa ed all'osservatore cotali distanze, ed allora ci avreste colle nostre proprie armi trafitti; o se pur volevate trafiggerci colle vostre, dovevate prima necessariamente provare, tali essere state in fatto le lontananze (il che non avete fatto), e non arbitrariamente fingervele, ed elegger delle più pregiudiciali alla causa dell'avversario. Questo particolare solo mi fa inclinare un poco a credere che possa esser vero quello che sin qui non ho creduto già mai, cioè che possiate essere stato scolare di quello di chi voi vi fate, avvenga ch'egli ancora caschi, s'io non m'inganno, nell'istessa fallacia, mentre vuol dimostrar falsa l'opinion d'Aristotile e d'altri ch'ànno stimato la cometa esser cosa elementare e dentro alla regione elementare aver sua residenza: a i quali egli oppone, come grandissimo inconveniente, la smisurata mole ch'ella dovrebbe avere, e quanto incredibil cosa sarebbe che dalla Terra potesse esserle somministrato pabulo e nutrimento; per dimostrarla poi una smisuratissima machina, la costituisce, senza licenza degli avversari, nella più sublime parte della sfera elementare, cioè nell'istessa concavità dell'orbe lunare, e di quivi, dall'apparirci ella quale la veggiamo, va calcolando la sua mole dover esser poco manco di cinquecento milioni di miglia cubiche (e noti il lettore che lo spazio d'un sol miglio cubo è tanto grande, che capirebbe più d'un milion di navi, che forse tante non se ne trovano al mondo), machina veramente troppo sconcia e disonesta, e di troppo grande spesa al genere umano, che di quaggiù le avesse a mandar la pietanza per cibarsi e nutrirsi. Ma Aristotile e i suoi aderenti risponderanno: « Padre mio, noi diciamo che la cometa è elementare, e che può esser ch'ella sia lontana dalla terra 50 o 60 miglia e forse manco, e non cento ventun mila settecento e quattro, come, solamente di vostra semplice autorità, la fate voi; e per tanto il corpo suo non viene ad esser a mille miglia grande quanto voi credete, né insaziabile o impasturabile »; e qui

poi non ci è altro da fare per l'oppugnatore se non istringersi nelle spalle e tacere. Quando si ha da convincer l'avversario, bisogna affrontarlo colle sue più favorevoli, e non colle più pregiudiciali, asserzioni; altrimenti se gli lascia sempre da ritirarsi in franchigia, lasciando l'inimico come attonito ed insensato, e qual restò Ruggiero allo sparir d'Angelica [105].

32. Or sentiamo quel che segue: e legga V. S. Illustrissima questo quarto argomento. « Iam vero quamvis Terra non moveatur... motum cometæ observatum exæquabit. » [106]

Qui egli vuol mostrare che né anco ponendosi il moto della Terra, quale dal Copernico fu assegnato, si potrebbe esplicare e sostenere questo moto per linea retta e quella deviazion dal vertice; perché, se bene al moto della Terra ne conséguita l'apparente declinazione del Sole ora verso austro ora verso borea, tuttavia nello spazio di 140 giorni, ne i quali si osservò la cometa, tal declinazione [107] non importò più di gradi 3, né molto maggior di tanto poteva apparir quella della cometa; sì che, congiunta questa con quel solo grado e mezo che poteva importar l'altra dependente dal proprio moto retto, tuttavia noi rimagniamo assai lontani da quel moto grandissimo che in lei si vide. Qui, non avendo noi affermato né detto che di tal deviazione apparente ne sia cagione movimento alcuno di qualch'altro corpo, e men di tutti del corpo terrestre, il quale l'istesso Sarsi confessa di sapere che noi reputiamo falso, chiaramente apparisce ch'egli l'ha introdotto di suo capriccio per farsi adito a crescere il suo volume; per lo che niuno obligo cade in noi di risposta per mantenimento di quello che non abbiamo prodotto. Non però voglio restar di dire, ch'io fortemente dubito che il Sarsi non abbia ancora formatasi perfetta idea de' moti attribuiti alla Terra, né delle varie e moltiplici apparenze che da quelli negli altri corpi mondani scorger si dovrebbono; già che io veggo ch'egli senza niuna differenza

[105] L. Ariosto, *Orlando furioso*, XI, 6-9.

[106] VI, p. 148. Secondo il Grassi nemmeno la teoria copernicana può spiegare il movimento rettilineo della cometa.

[107] La declinazione è la distanza di un astro dall'equatore celeste.

di positura, o sotto o fuori dell'eclittica, o dentro o fuori dell'orbe magno, o di meridionale o settentrionale, o di vicino o lontano da essa Terra, stima che qual deviazione apparisce nel corpo solare, collocato nel centro di essa eclittica, debba ancor la medesima, o pochissimo differente, scorgersi in ogn'altro visibile oggetto, in qualsivoglia luogo del mondo collocato; cosa ch'è remotissima dal vero, e non repugna che, mediante la differente postura, quella mutazione che nel Sole apparisce tre gradi, in altro oggetto possa apparire 10, 20, 30. Ed in conclusione, se il movimento attribuito alla Terra, il quale io, come persona pia e cattolica, reputo falsissimo e nullo, s'accommoda al render ragione di tante e sì diverse apparenze le quali s'osservano ne' corpi celesti; io non m'assicurerò ch'egli, così falso, non possa anco ingannevolmente rispondere all'apparenze delle comete, se il Sarsi non discende a più distinte considerazioni di quelle che sin qui ha prodotte [108].

33. Legga ora V. S. Illustrissima il quinto argomento. « Atque hæc quidem... Satis igitur superque de cometæ substantia ac motu dictum. » [109]

Qui col produrre il Sarsi altre varie mutazioni fatte in altre comete e descritte da altri autori, pensa pur di confermare il suo detto. Ma quello che ho scritto di sopra risponde ancora a questo, né altro ci bisogna, se prima, lasciando il Sarsi le troppo larghe generalità, non viene alle particolari considerazioni de' particolari stati d'esse comete, quanto all'essere alte, basse, australi o boreali, ed apparse ne' tempi de' solstizi o degli equinozzi; condizioni tralasciate da esso, e necessarissime in cotali decisioni, com'egli stesso potrà conoscere qualunque volta con maggiore attenzione si ridurrà a questa speculazione.

[108] Si delinea fin da queste pagine lo schema argomentativo del *Dialogo*, dove le motivazioni copernicane verranno opposte alle tesi tolemaiche e peripatetiche senza trovare una concreta opposizione.

[109] VI, pp. 148-49. Grassi cita le opinioni di altri scrittori, il Cardano e il Pontano (*In Ptolomeum*, 2), su altre comete.

34. Passo ora all'ultima questione del presente esame: « Reliqua nunc est cometæ coma... sub iudice litem relinquendam statuit. » [110]

Troppo veramente si dimostra il Sarsi desideroso di spogliarmi, anzi del tutto denudarmi, d'ogni ben che lieve ornamento di gloria: e qui, non contento di scoprire, la ragion prodotta per mia dal signor Mario, onde avvenga che la chioma della cometa talora ci apparisca piegarsi in arco, esser falsa e non concludente, aggiunge, in quella non esser da me arrecato niente di nuovo, ma il tutto molto innanzi essere stato scritto e publicato, e poi come falso rifiutato, da Giovanni Kepplero; tal che nell'animo del lettore, qualunque volta che egli si fermasse sopra la relazion del Sarsi, io resterei in concetto non solo d'involator delle cose altrui, ma di ladruccio dappoco, che andasse raggranellando sino alle cose rifiutate. Ma chi sa che anco forse la piccolezza del furto non mi renda più colpevole, nel concetto del Sarsi, che s'io con maggiore animo mi fussi applicato a prede maggiori? e se per avventura io, in cambio di rubacchiar qualche cosarella, mi fussi con maggior generosità messo alla cerca di libri non così noti in queste nostre parti, ed incontratone alcuno di qualche bravo autore avessi tentato di sopprimere il suo nome ed attribuire a me tutta l'opera intera, forse cotal impresa gli saria paruta altrettanto eroica e grande, quanto l'altra pusillanima ed abietta. Ma io non son di tanto cuore, e liberamente confesso la mia codardia. Ma s'io son poveretto, e d'ardire e di forze, sono almanco da bene, né voglio, signor Lottario, immeritamente restar con questo fregio su 'l viso, ma voglio liberamente scrivere e palesare il vostro mancamento, e non penetrando io da quale affetto possa esser nato, lascerò che voi stesso lo specifichiate poi nella vostra scusa.

[110] VI, p. 149. La teoria di Galilei sulla chioma delle comete è già stata sostenuta da Keplero (*Astronomia optica*, VII, n. 13); ma Keplero ritenne come non apprezzabili le argomentazioni portate da Galilei nel *Discorso delle Comete*.

Volse già Ticone assegnar la causa di cotale apparente curvità, riducendola ad alcune proposizioni dimostrate da Vitellione [111]; ma il signor Mario mostrò che quello non aveva comprese le cose scritte da quell'autore, le quali sono remotissime dal servire al proposito di tal piegatura. Soggiunse l'istesso signor Mario quella che a sé ed a me era paruta la vera causa e dimostrativa ragione: si leva su il Sarsi, e volendo confutarla, e di più, manifestarla cosa del Kepplero, cade con Ticone nell'istessa fossa, e si dichiara non avere inteso niente di quello che scrivono il Kepplero ed il signor Mario, o almeno dissimula l'intender l'uno e l'altro, e vuole che ambedue scrivano l'istessa cosa, mentre scrivono cose differentissime. Il Kepplero vuol render ragione della curvità come ch'essa chioma sia realmente, e non in apparenza solamente, curva; il signor Mario la suppone realmente diritta, e cerca la causa della piegatura apparente. Il Kepplero la riduce ad una diversità di refrazzioni de' raggi stessi solari, fatte nell'istessa materia celeste in cui si forma l'istessa chioma, la qual materia, in quella parte solamente che serve alla produzzion della chioma, in altri ed altri gradi di vicinità all'istessa stella sia più e più densa, sì che, facendo altre ed altre refrazzioni, dal composto finalmente di tutte ne risulti una total refrazzione distesa non direttamente, ma in arco; il signor Mario introduce una refrazzione fatta non da' raggi del Sole, ma dalla spezie dell'istessa cometa, non

[111] « Egli riferisce la cagion di ciò all'esserci gli estremi della cometa disegualmente lontani dall'occhio, e dice che in tutti gli oggetti visibili, che realmente sien dirittissimi, tuttavolta che un de' suoi termini sarà più vicino al nostr'occhio dell'altro, accade che incurvati, e non diretti, ci appaiano; e soggiugne, di tale effetto esserne certe dimostrazioni di prospettiva in Vitellione e Alazzeno. Io, essendo primieramente sicuro della falsità della conclusione, volli vedere i luoghi de i citati autori, parendomi cosa strana che scrittori di quella fatta avessero tanto solennemente traviato dal vero, ch'e' si persuadessero d'aver dimostrato quel ch'è indimostrabile e falso, e anche parendomi gran cosa ch'un par di Ticone potesse essersi abbagliato nello 'ntendere le conclusioni di quegli scrittori. Tuttavia 'l primo ingannato sono stato io perché veramente Ticone non ha inteso quel che nelle da lui citate proposizioni hanno Vitellione e Alazzeno dimostrato, i quali parlano di cosa lontanissima da tal proposito » (*Discorso delle Comete*, VI, p. 99).

nella materia celeste aderente al capo di quella, ma nella sfera vaporosa che circonda la Terra: sì che l'efficiente, la materia, il luogo ed il modo di queste produzzioni sono diversissimi, né ànno altra communicanza tra di loro questi due autori, che questa sola parola *refrazzione*. Ecco le parole precise del Kepplero: « Non refractio potest esse causa inflexionis huius, ni nescio quod monstri confingamus, materiam ætheream certis gradibus propinquitatis ad hoc sydus magis magisque crassam, nec nisi ex una sola parte in quam caudam vergit. » [112] Ah, signor Lottario, è possibile che voi vi siate lasciato trasportar tant'oltre dal desiderio d'oscurare il mio nome, qual egli si sia in materia di scienze, che non solo non abbiate avuto riguardo alla reputazion mia, ma né anco a quella di tanti amici vostri? a' quali con fallacie e simulazioni avete cercato di far credere la vostra dottrina ferma e sincera e con tal mezo avete fatto acquisto del loro applauso e delle lor lodi, che adesso, se mai accaderà ch'essi veggano questa mia scrittura e per essa comprendano quante volte ed in quante maniere voi gli avete voluti trattar da troppo semplici, ei si terranno scherniti da voi, e la stima e la grazia negli animi loro muterà stato e condizione. Differentissima è dunque la ragione prodotta e rifiutata poi dal Kepplero; il quale, come persona conosciuta da me sempre per non men libera e sincera che intelligente e dotta, son sicuro che ei confesserebbe, il nostro detto essere in tutto diverso dal suo, e che come il suo meritò il rifiuto, questo merita l'assenso, perché è vero e dimostrativo, ben che il Sarsi s'ingegni di confutarlo.

35. Ma sentiamo la forza delle sue confutazioni. « Sed videamus iam, an ex refractione, ... curvitatem ullam ostendit. » [113]

[112] « Non può la rifrazione esser causa di questa curvatura, a meno che non pensiamo a chissà quale stranezza, una materia eterea sempre più densa per certi gradi di vicinanza a questa stella, salvo che da quella parte verso cui volge la coda ».

[113] VI, pp. 149-50. Galilei ritenne che la rifrazione della luce fosse causa della coda della cometa; Grassi sostiene invece che la coda non segue le regole fissate da Galilei: non si incurva solo quando piega verso l'orizzonte

Troppo inefficace maniera di confutare una dimostrazion di prospettiva necessariamente concludente è questa del Sarsi, mentr'egli vuole che altri la posponga a sue relazioni, le quali possono essere alterate e francamente accommodate al suo bisogno; e perdonimi il Sarsi se io ho tal sospetto, poi ch'egli stesso dà tanto frequentemente occasione di sospender la credenza delle cose ch'ei produce. E qual fede si deve prestare alle relazioni d'uno circa cose già passate e che niente di loro più si ritrova né vede, mentre il medesimo, parlando di cose permanenti, presenti, publiche e stampate, non s'astiene di riferirne delle dieci le nove alterate diversificate ed in somma trasformate in senso contrario? Io torno a dire che la dimostrazione scritta dal signor Mario è pura, geometrica, perfetta e necessaria; questa doveva il Sarsi procurar prima d'intendere perfettamente, e poi, non gli parendo concludente, mostrar la sua fallacia o nella falsità degli assunti o nel progresso della dimostrazione: del che egli non ha fatto niente o pochissimo. La nostra dimostrazione prova che l'oggetto veduto, essendo disteso per linea retta e costituito fuori della sfera vaporosa, vicino ed inclinato all'orizonte, necessariamente si dimostra incurvato all'occhio posto lontano dal centro di essa sfera vaporosa; ma se quello sarà eretto all'orizonte o molto sopra quello elevato, del tutto diritto o insensibilmente incurvato ci si rappresenterà. La presente cometa per quei primi giorni che si vide bassa ed inclinata, si vide anco incurvata; fatta poi sublime, restò diritta, e tale si mantenne, perché sempre s'andò dimostrando in grande elevazione: la cometa del 77, la qual io continuamente vidi, perché sempre si mantenne bassa e molto inclinata, sempre si vide incurvata notabilmente: altre minori, che io ho viste altissime, sempre sono state dirittissime: sì che l'effetto si troverà conformarsi colla conclusione dimostrata, qualunque volta d'esso si abbiano veridiche relazioni. Ma sentiamo quanto il Sarsi oppone alla nostra dimostrazione, e di quanto momento siano le sue instanze.

procedendo parallelamente ad esso; inoltre non è vero che la coda si presenti diritta all'inizio e curva quando la cometa è più in alto.

36. « Præterea non video, ... Ad reliqua nunc accedamus. »[114]

Alla dimostrazione, come V. S. Illustrissima vede, viene opposto dal Sarsi l'essere ella fabbricata sopra un fondamento falso, cioè che la superficie della region vaporosa sia sferica, la quale egli in diverse maniere prova essere altrimenti. E prima, egli dice che noi stessi constantissimamente affermiamo, tali vapori elevarsi più in un luogo che in un altro. Ma tal proposizione non si trova altrimenti nel libro del signor Mario: v'è ben, che in alcun tempo è accaduto che alcuni vapori si innalzino più del consueto, ma ciò di rado e per brevissimo tempo; onde, per tal rispetto, il dire che la figura della region vaporosa non sia rotonda, è detto arbitrario del Sarsi. Il qual soggiunge, appresso, l'altra falsità, cioè che noi abbiam detto che la cometa si formi di quelli stessi vapori che, sormontando il cono dell'ombra, formano quella boreale aurora; cosa che non si trova nel libro del signor Mario. Aggiunge nel terzo luogo e dice: « Se cotal vapore in un luogo s'elevasse tre miglia, ed in un altro mille leghe, domin'se anco in questo modo riterrebbe la figura sferica? » Signor no, signor Sarsi, e chi dicesse tal cosa sarebbe, per mio avviso, un gran balordo; ma io non trovo niuno che l'abbia mai né detta, né, credo, pur sognata. Nominate voi l'autore. A quello ch'ei mette nel quarto luogo, cioè che quelli che insegnano i primi abbozzamenti della sfera, insegnano la figura di tal region vaporosa esser più tosto ovale che rotonda, rispondo che il Sarsi non si meravigli s'egli ha saputa questa cosa, ed io no; perché la verità è che io non ho imparato astronomia da questi maestri delle prime bozze, ma da Tolomeo, il quale non mi sovviene che scriva questa conclusione. Ma finalmente, quando fosse vero e certo, cotal figura essere ovale, e non rotonda, che ne cavereste, signor Lottario? niente altro se non che la chioma della cometa

[114] VI, pp. 150-51. L'autore della *Libra* respinge qui la teoria di Galilei secondo cui la zona dei vapori dai quali sarebbe formata la cometa si dispone sfericamente attorno alla terra; infatti, egli ribatte, la parte media dell'aria è semmai sferoidale od ovale, per la diversa densità dei vapori.

non fusse piegata in arco di cerchio, ma di linea ovale; la qual cosa, senza un minimo pregiudicio della nostra intenzione e del nostro metodo per dimostrar la causa di tale apparente curvatura, io vi posso concedere, ma non già quello che ne vorreste dedur voi, mentre concludete così: « Se dunque questa region vaporosa non è sferica, né per tutto egualmente lontana dalla Terra, né in tutte le parti egualmente grossa (proposizione replicata tre volte con diverse parole, per ispaventare i sempliciotti), la curvità della chioma non può derivar da cotal rotondità, la quale non è al mondo ». Non ne segue, dico, in buona logica questa conclusione, ma il più che ne possa seguire è che tal curvità non è parte di cerchio, ma di linea ovale: e questo sarebbe il vostro infelice e miserabil guadagno, quando voi poteste aver per sicurissimo, la region vaporosa essere ovata, e non isferica. Se poi in fatto tal piegatura sia in figura d'arco di cerchio, o d'ellisse, o di linea parabolica, o iperbolica, o spirale, o altre, non credo ch'alcuno possa in verun modo determinare, essendo le differenze di cotali inclinazioni, in un arco di due o tre gradi al più, del tutto impercettibili.

Mi restano da considerare l'ultime parole, dalle quali vo raccogliendo misticamente varie conseguenze e varii sensi interni del Sarsi. E prima, assai apertamente si comprende ch'egli si messe intorno alla scrittura del signor Mario non con animo indifferente circa il notarla o lodarla, ma con ferma risoluzione di tassarla ed impugnarla (come notai anco da principio); che però si scusa di non le aver fatto più numerose opposizioni, dicendo: « E come potev'io confutare le cose ch'ei non ha profferite e ch'io non ho potute indovinare? », se ben la verità è tutta all'opposito, cioè ch'ei non ha impugnato altre cose, per lo più, che le non profferite dal signor Mario e ch'egli s'è messo per indovinarle. Dice insieme, che il signor Mario ha scritto con parole oscure ed inviluppate, e che in una ben lunga disputazione non si comprende qual sia stato il suo senso. A questo gli rispondo che il signor Mario ha avuta diversa intenzione da quella del Maestro del Sarsi. Questo, come si raccoglie dal principio

della scrittura del Sarsi, scrisse al vulgo, e per insegnargli con suoi responsi quello che per se stesso non avrebbe potuto penetrare [115]; ma il signor Mario scrisse a i più dotti di noi, e non per insegnare, ma per imparare, e però sempre dubitativamente propose, e non mai magistralmente determinò, ma si rimise alle determinazioni de' più intelligenti: e se la nostra scrittura pareva così oscura al Sarsi, doveva, prima che censurarla, farsela dichiarare, e non mettersi a contradire a quello ch'ei non intendeva, con pericolo di restarne a bocca rotta. Ma s'io devo dir liberamente il mio parere, non credo veramente che il Sarsi trapassi senza impugnare la maggior parte delle cose scritte dal signor Mario perch'ei non l'abbia benissimo capite, ma sì bene perché, per l'opposito, elle sien troppo apertamente chiare e vere, e ch'egli abbia stimato miglior consiglio il dire di non l'intendere, che contro a suo gusto prestar loro applauso e lode.

Vengo ora al terzo essame, dove il Sarsi in quattro proposizioni, spezzatamente cavate di più di 100 che ne sono nel *Discorso* del signor Mario, si sforza di farci apparire poco intelligenti: l'altre tutte, assai più principali di queste, le chiude egli sotto silenzio, e queste, o con aggiungervi o con levarne o con torcerle in altro senso da quello in che son profferite, le va accommodando al suo dente.

37. Vegga ora V. S. Illustrissima. « Antequam ad nonnullas Galilæi propositiones... fabricandum fuit. » [116]

Qui, senza passar più oltre, si ritrovano le solite arti del Sarsi. E prima, non si trova nella scrittura del signor

[115] Galilei ha spesso sostenuto che il linguaggio scientifico dev'essere stringato e schietto, inesorabile nelle sue definizioni ed incurante di trovare modi d'espressione facili e popolari (Cfr. la lettera al Castelli del 1613, pp. 525-33).

[116] VI, pp. 151-53. Dopo un'aperta professione di fede aristotelica, il Grassi vuol dimostrare erronea la teoria di Galilei sul movimento dell'aria, avvalendosi di un'asserzione (che egli attribuisce a Galilei, ma che questi negherà) secondo cui, essendo i corpi celesti sferici e lisci, l'aria e il fuoco non gli s'attaccano e perciò non possono muoversi con quelli. Ma Grassi ribatte che invece è aspro e ruvido il concavo della luna, rivolto ai corpi sublunari ai quali deve collegarsi.

Mario che noi abbiamo detto mai che a i corpi lisci e puliti né l'aria né il fuoco aderiscano e s'attacchino: il Sarsi ci impone questo falso di suo capriccio, per farsi strada a poter dir, poco di sotto, di certa piastra di vetro. Di più, finge il Sarsi di non s'accorgere che il dir noi che 'l concavo della Luna sia di superficie perfettissimamente sferica tersa e pulita, non è perché tale sia la nostra opinione, ma perché così vuole Aristotile ed i suoi seguaci, contro al quale noi argomentiamo *ad hominem* [117]: e fingendo di trovar nel libro del signor Mario quello che non v'è, simula di non vedere quello che più volte e molto apertamente v'è scritto, cioè che noi non ammettiamo quella sin qui ricevuta moltiplicità d'orbi solidi, ma che stimiamo diffondersi per gl'immensi campi dell'universo una sottilissima sostanza eterea, per la quale i corpi solidi mondani vadano per lor proprii movimenti vagando. Ma che dico? pur ora mi sovviene ch'egli aveva ciò veduto e notato di sopra, a car. 34, dov'egli scrive: « Cum enim nulli Galilæo sint cælestes Ptolemæi orbes, nihilque, ex eiusdem Galilæi systemate, in cælo solidi inveniatur. » [118] Qui, signor Sarsi, non potete voi mai nasconder di non avere internamente compreso, che il dir noi che il concavo lunare è perfettamente sferico e liscio, sia detto non perché tale lo crediamo, ma perché tale lo stimò Aristotile, contro al quale *ad hominem* noi disputiamo; perché se voi creduto aveste, ciò essere stato detto di propria nostra sentenza, non ci avereste mai perdonata una tanta contradizzione, di negare in tutto le distinzioni degli orbi e la solidità, e poi ammettere l'una e l'altra: errore di molto maggior considerazione, che tutte l'altre vostre note prese insieme. Vanissimo, dunque, è tutto il restante del vostro progresso, dove voi v'andate ingegnando di provare, il concavo lunare dover più tosto esser sinuoso ed aspro, che liscio e terso:

[117] È Aristotele e non Galilei che assegna ai corpi celesti l'assoluta sfericità.

[118] « Poiché per Galilei non esistono i cieli di Tolomeo, e secondo il suo sistema, in cielo non esiste nulla di solido ».

è, dico, vano, né m'obliga a veruna risposta. Tuttavia voglio che (come dice il gran Poeta)

Tra noi per gentilezza si contenda [119],

e considerar quanta sia l'energia delle vostre prove.

Voi dite, signor Sarsi: « Se alcuno negasse che la concava superficie lunare sia liscia e tersa, in qual modo o con qual ragione si proverebbe in contrario? » Soggiungete poi, come per prova prodotta dall'avversario, un discorso fabbricato a vostro modo e di facile discioglimento. Ma se l'avversario vi rispondesse, e dicesse: « Signor Lottario, posto che gli orbi celesti sieno di materia solida [120] e distinta da quella che dentro al concavo lunare è contenuta, vi dico asseverantemente, doversi di necessità dire, tal superficie concava esser pulita e tersa più di qualsivoglia specchio: imperocché quando ella fusse sinuosa, le refrazzioni delle specie visibili delle stelle, nel venire a noi, farebbono continuamente un'infinità di stravaganze, come accade a punto nel riguardar noi gli oggetti esterni per una finestra vetriata, nella quale sieno vetri altri spianati e puliti, ed altri non lavorati; ché, o perché gli oggetti si muovano, o perché noi moviamo la vista, le specie loro mentre passano per li vetri ben lisci niuna alterazione ricevono, né quanto al sito né quanto alla figura, ma nel passar per li vetri non lavorati non si può dir quali e quanto stravaganti sieno le mutazioni; e così appunto quando il concavo lunare fosse sinuoso, mirabil cosa sarebbe il veder con quante trasformazioni di figure, di movimenti e di situazioni le stelle erranti e fisse di momento in momento ci si mostrerebbono, secondo che or per una or per un'altra parte del sottoposto orbe lunare passassero a noi le loro specie; ma niuna cotal difformità si scorge; adunque il concavo è tersissimo »; a questo che direte, signor Sarsi? Bisogna che v'affatichiate in persuader che tal discorso

[119] L. Ariosto, *Orlando furioso*, XXVII, 81, v. 2.

[120] Galilei respinge la costruzione tolemaica dell'universo poiché la sua investigazione celeste, per mezzo del telescopio, gliene ha dimostrata l'infondatezza.

non vi giunga nuovo, e che l'avete trapassato come superfluo, e finalmente che non sia mio, ma d'altri, e già dismesso come rancido e muffo, e ch'in ultimo l'atterriate. Sia, dunque, questa la mia ragione per provare, il concavo lunare esser liscio, e non sinuoso. Sentiamo ora quella che producete voi per prova del contrario, e ricordiamoci che noi siamo in contesa degli elementi superiori, se sieno rapiti in giro dal moto celeste o no (ché tal è il vostro titolo della conclusione che voi impugnate, cioè: « Aër et exhalatio ad motum cæli moveri non possunt ») [121], e ch'io ho detto di no, perché il concavo lunare è liscio, e questo ho provato per l'uniformità delle refrazzioni. Voi, provando il contrario, scrivete così: « Se si pone il concavo sinuoso, molto meglio si conserva la connession di tutti i corpi mobili, perché così al moto del cielo si muovono gli elementi superiori ». Ma, signor Lottario, questo è quell'errore che i logici chiamorno petizion di principio [122], mentre che voi pigliate per conceduto quello ch'è in questione e ch'io di già nego, cioè che gli elementi superiori si muovano. Noi abbiam quattro conclusioni, due mie e due vostre. Le mie sono: « Il concavo è liscio », e questa è la prima; la seconda è: « Però gli elementi non son rapiti ». Che il concavo sia liscio, lo provo per le refrazzioni delle stelle, e concludo benissimo. Le vostre sono, prima: « Il concavo è aspro »; seconda: « Però rapisce gli elementi ». Provate poi che il concavo sia aspro perché così, al moto di quello, vengon rapiti gli elementi, e lasciate l'avversario nel medesimo stato di prima, senza niun vostro guadagno,

[121] « L'aria e le esalazioni non possono muoversi col moto del cielo » è il titolo della prima proposizione discussa nell'« examen tertium » della *Libra* (VI, pp. 151 segg.).

[122] Galilei, pur opponendosi al costume pseudoscientifico della tradizione filosofica e pur dichiarando frequentemente l'inutilità della logica, non manca tuttavia di combattere gli avversari con le loro stesse armi; più volte, infatti, polemizzando con peripatetici, ha mostrato i loro errori nell'uso di quella logica formale di cui essi si ritengono gelosi custodi (cfr. la lettera al Gallanzoni del 1611, pp. 891-906). Anzi, proprio per questa sua sicurezza nella conoscenza della cultura tradizionale, poté operare quel rovesciamento di valori culturali che era da lungo tempo desiderato ma fino a lui non realizzato (cfr. L. Olschki, *Galilei und seine Zeit*, Halle, 1927).

il qual né più né meno persisterà in dire che il concavo non è aspro né rapisce gli elementi. Bisognava dunque, per isfuggire il circolo, che voi aveste provata l'una delle due conclusioni per altro mezo. Né mi diciate, avere a bastanza provata l'inegualità di superficie mentre dite che così meglio si collegano le cose inferiori colle superiori, perché per connetterle basta il semplice toccamento, e voi stesso più a basso ammettete l'istessa aderenza ed unione quando bene il concavo sia liscio, e non aspro, tal che frivolissima resterebbe cotal prova. Né di più forza sarebbe l'altra, quando per avventura voi pretendeste d'aver provato il ratto degli elementi superiori perché per cotal moto si fanno quaggiù le generazioni e le corruzioni, e forse perché per esso viene spinto a basso il fuoco e l'aria superiore, che son pur fantasie fondate appunto in aria; e tardi ci riscalderemmo se avessimo aspettare l'espulsione del fuoco verso la Terra e massime che voi stesso adesso adesso direte ch'ei fa forza all'in su, e che però spinge, e, spingendo, aggrava in certo modo e più saldamente aderisce alla celeste superficie: pensieri e discorsi appunto fanciulleschi, che or vogliono ed or rifiutano le medesime cose, secondo che la sua puerile inconstanza loro detta.

38. Ma sentiamo con quali altri mezi nel seguente secondo argomento e' provi l'istessa conclusione. « Sed quid ego adversus Galilæum... sphæra elementaris. » [123]

E prima che più avanti io proceda, torno a replicare al Sarsi, che non son io che voglia che il cielo, come corpo nobilissimo, abbia ancora figura nobilissima, qual è la sferica perfetta, ma l'istesso Aristotile, contro al quale si argomenta dal signor Mario *ad hominem*: ed io, quanto a me, non avendo

[123] VI, pp. 153-54. Il padre Grassi insistendo nell'attribuire a Galilei le opinioni di Aristotile, ritorce contro le argomentazioni del *Discorso delle Comete* le stesse scoperte galileiane sull'asperità della superficie lunare: la luna è aspra e gibbosa, egli dice, ma ciò non toglie che sia un corpo celeste e nobilissimo, e così il sole, di cui nulla c'è di più nobile, presenta una superficie macchiata. Cita poi il Grassi la terza lettera di Galilei sulle macchie solari, per sostenere che queste macchie son vapori fumosi trascinati dal moto del sole.

mai lette le croniche e le nobiltà particolari delle figure, non so quali di esse sieno più o men nobili, più o men perfette; ma credo che tutte sieno antiche e nobili a un modo, o, per dir meglio, che quanto a loro non sieno né nobili e perfette, né ignobili ed imperfette, se non in quanto per murare credo che le quadre sien più perfette che le sferiche, ma per ruzzolare o condurre i carri stimo più perfette le tonde che le triangolari. Ma tornando al Sarsi, egli dice che da me gli vengon abbondantemente somministrati argomenti per provar l'asprezza della concava superficie del cielo, perché io stesso voglio che la Luna e gli altri pianeti (corpi pur essi ancor celesti ed assai più dell'istesso cielo nobili e perfetti) sieno di superficie montuosa, aspra ed ineguale; e se questo è, perché non si deve dire tale inegualità ritrovarsi ancora nella figura celeste? Qui può l'istesso Sarsi metter per risposta quello ch'ei risponderebbe ad uno che gli volesse provare che il mare dovrebbe esser tutto pieno di lische e di squamme, perché tali sono le balene, i tonni e gli altri pesci che l'abitano.

All'interrogazione, ch'egli mi fa, per qual cagione la Luna non è liscia e tersa, io gli rispondo che la Luna e gli altri pianeti tutti, che, essendo per se stessi tenebrosi, risplendono solamente per l'illuminazione del Sole, fu necessario che fussero di superficie scabrosa, perché, quando fussero di superficie liscia e tersa come uno specchio, niuna reflession di lume arriverebbe a noi, essi ci resterebbono del tutto invisibili, ed in conseguenza del tutto nulle resterebbon l'azzioni loro verso la Terra e scambievolmente tra di loro, ed in somma, essendo ciascheduno anco per se stesso come nulla, per gli altri sarebbon del tutto come se non fussero al mondo. All'incontro poi, quasi altrettanto disordine seguirebbe quando i cieli fussero d'una sostanza solida e terminata da una superficie non perfettissimamente pulita e tersa: imperocché (come di sopra ho pur detto), mediante le refrazzioni continuamente perturbate in cotal sinuosa superficie, né i movimenti de i pianeti, né le lor figure, né le proiezzioni de' lor raggi verso noi, ed in conseguenza gli aspetti loro, altrimenti che confusissimi e disregolati non si ritroverebbono. Eccovi, signor Sarsi, un'efficace ragione in risposta del vostro quesito; in premio della quale cancellate di grazia dalla vostra scrittura quelle parole dove voi dite che io ho scritto in molti luoghi che le stelle son di figure varie ed angolari, ché sapete bene in coscienza che questa è una bugia e ch'io non ho mai scritta cotal proposizione; ed il più che voi potete avere inteso o letto, è che le stelle fisse sono di lume così vivo e folgorante, che il lor piccolo corpicello non si può scorgere distinto e circolato tra così splendenti raggi.

Quanto poi a quello che il Sarsi scrive nel fine, del Sole e delle fumosità che in esso si generano e dissolvono e del suo ambiente, io non ho mai risolutamente parlato se questo al moto di quello o pur quello al moto di questo si raggirino, perché non lo so, e potrebbe essere anco che né l'ambiente né il corpo solare fusser rapiti, ma che d'ambedue fusse egualmente naturale quella conversione, per la quale son ben sicuro, perché lo veggo, ch'esse macchie si raggirano in quattro settimane in circa. Ma quando di ciò s'avesse anco perfetta scienza, non veggo quale utilità ne arrecasse alla presente contesa, dove solamente *ad hominem* ed argumentando *ex suppositione*, e fatte anco supposizioni sicuramente false, in materie diversissime dal Sole e suo ambiente, si cerca se il concavo lunare, duro e liscio, che tale non è al mondo, girandosi (che pur è un'altra falsità), rapisce seco il fuoco, che forse anch'esso non v'è. Aggiungasi l'altra dissimilitudine grandissima, la quale il Sarsi dice di non saper vedere, anzi la stima una identità, e che egualmente e coll'istessa naturalezza e facilità possa esser ch'un corpo fluido contenuto dentro la concavità d'un solido sferico, il quale si volga in giro, venga da quello rapito, come se il contenuto fusse una sfera solida e l'ambiente un liquido; ch'è quasi l'istesso che se altri credesse, che sì come al moto del fiume vien portata e rapita la nave, così al moto della nave dovesse esser rapita l'acqua di uno stagno, il che è falsissimo: perché, prima, quanto all'esperienza, noi veggiamo la nave, ed anco mille navi che riempissero tutto il fiume, esser mosse

al moto di quello, ma all'incontro il corso d'una nave spinta da qualsivoglia velocità non vien seguito da una minima particella d'acqua: la ragion poi di questo non dovrebbe esser molto recondita; imperocché non si può far forza alla superficie della nave, che non si faccia similmente a tutta la macchina, le cui parti, essendo solide, cioè saldamente attaccate insieme, non si possono separare o distrarre, sì che alcune cedano all'impeto dell'ambiente esterno, e l'altre no; il che non avvien così dell'acqua o di altro fluido, le cui parti, non avendo in sé tenacità o aderenza appena sensibile, facilissimamente si separano e distraggono, sì che quel sol velo sottilissimo d'acqua che tocca il corpo della nave vien per avventura forzato ad ubidire al moto di quella, ma l'altre parti più remote, abbandonando le più propinque, e queste le contigue, in piccolissima lontananza dalla superficie si liberano del tutto dalla sua forza ed imperio. Aggiungesi a questo, che l'impeto e la mobilità impressa, assai più lungamente e gagliardamente si conserva ne i corpi solidi e gravi, che ne i fluidi e leggieri: e così veggiamo in un gran peso pendente da una corda, per molte ore conservarsi l'impeto e moto communicatogli una volta sola; ed all'incontro, sia quanto si voglia agitata l'aria rinchiusa in una stanza, non prima cessa l'impeto di quel che la commoveva, ch'ella totalmente si quieta, né ritien punto l'agitazione. Quando, dunque, l'ambiente e movente è liquido, e fa forza in un contenuto solido, corpulento e grave, va imprimendo la mobilità in un soggetto atto nato a ritenerla e conservarla lungo tempo; per lo che il secondo impulso sopravenente trova il moto impresso di già dal primo, il terzo impulso trova l'impeto conferito dal primo e dal secondo, il quarto sopragiunge alle operazioni del primo, secondo e terzo, e così di mano in mano, onde il moto nel mobile vien non pur conservato, ma augumentato ancora: ma quando il mobile sia liquido, sottile e leggiero ed in conseguenza impotente a conservare il movimento impresso, e che tanto è quello che s'imprime quanto quello che si perde, il volergli imprimer velocità è opera vana, qual sarebbe il volere empier il crivello delle

Belide [124], che tanto versa quanto vi si rinfonde. Or eccovi, signor Lottario, mostrato somma diversità ritrovarsi tra queste due operazioni, che a voi parevano una cosa medesima.

39. Passiamo ora al terzo argomento. « Sed demus Galilæo, ... motum utrumque moveatur. » [125]

Continua il Sarsi in questa sua fantasia, di voler pur ch'io abbia detto che l'aria non aderisca a i corpi lisci e tersi: cosa che non si trova scritta né da me né dal signor Mario. In oltre, io non ben capisco che cosa intenda egli per questa sua aderenza. S'egli intende una copula che resista al separarsi del tutto e spiccarsi l'una dall'altra superficie, sì che più non si tocchino, io dico tal aderenza esservi, ed esservi grandissima, sì che la superficie, verbigrazia, dell'acqua non si staccherà da quella d'una falda di rame o di altra materia se non con un'immensa violenza, né in questo caso importa se tal superficie sia o non sia pulita e liscia, e basta solo un esquisito contatto; il qual tien tanto saldamente uniti i corpi, che forse le parti de' corpi solidi e duri non ànno altro glutine di questo, che le tenga attaccate insieme: ma questa aderenza non serve punto al bisogno del Sarsi. Ma s'egli intende una congiunzion tale, che le due superficie, dico quella del solido e quella dell'umido, non possano, né anco strisciandosi insieme, muoversi l'una contro all'altra, che sarebbe secondo il bisogno suo, dico cotale aderenza non v'essere non solo tra un solido e un liquido, ma né anco tra due solidi: e così vederemo in due marmi ben piani e lisci la prima aderenza esser tanta, che alzandone

[124] Le Danaidi, nipoti di Belo, le quali avevano ucciso i mariti, furono condannate a riempire continuamente un crivello d'acqua.

[125] VI, p. 155, 1-22. Prendendo motivo da un esperimento riferito da Galilei nel *Discorso sopra le cose che stanno in su l'acqua*, a proposito del galleggiamento d'un corpo piatto (del quale passo riproduce anche la figura: cfr. p. 465), il Grassi mostra che per la ruvidezza, quanto si voglia minima, di una lamina galleggiante sull'acqua l'aria che vi aderisce tratterrà l'acqua evitando che il corpo venga sommerso. Così un corpo trasporta con sé un altro corpo che vi aderisca strettamente comprimendovisi, e nello stesso modo avverrà del concavo della luna, che, premuto dall'atmosfera sottostante, trasporterà con sé i corpi che vi aderiscono. Questa spiegazione meriterà da Galilei la denominazione di « fantasia ».

uno, l'altro lo segue, ma la seconda esser così debole, che se le superficie toccantisi non saranno ben bene equidistanti all'orizonte, ma un sol capello inclinate, subito il marmo inferiore sdrucciolerà verso la parte inclinata; ed in somma al muover l'una superficie sopra l'altra non si troverà resistenza, ben che grandissima si senta nel volerle staccare e separare. E così il toccamento dell'acqua colla barca ben che facesse grandissima resistenza a chi volesse staccare e separar l'una dall'altra superficie, nondimeno minima è la resistenza che si sente nel muoversi l'una superficie sopra l'altra, fregandosi insieme; e come di sopra ho detto ancora, la nave mossa velocissimamente non conduce seco altro che quel velo d'acqua che la tocca, anzi forse di questo ancora si va ella continuamente spogliando e rivestendone altro ed altro successivamente: e so che il Sarsi mi concederà, che ponendosi in mare una nave bagnata con vino o con inchiostro, ella non averà a pena solcate l'onde per mezo miglio, che non gli resterà più vestigio del primo licore che la circondava; il che si può creder con gran ragione che accaggia parimente dell'acqua che la tocca, cioè che continuamente si vada mutando: e senz'altro, il sevo con che ella si spalma, ancor che assai tenacemente vi sia attaccato, pure in breve tempo vien portato via dall'acqua che nel suo corso le va strisciando sopra; il che non avverrebbe se l'acqua che tocca la nave restasse l'istessa continuamente senza mutarsi.

Quanto alla piastra di vetro che resta a galla tra gli arginetti dell'acqua, io dico che detti arginetti non si sostengono perché l'aderenza dell'aria colla piastra non lasci scorrer l'acqua sopra la piastra; perché se questo fusse, dovrebbe seguir l'istesso quando si ponesse nell'acqua la medesima falda alquanto umida, ché non è credibile che l'aria aderisca meno a una superficie umida che a una asciutta; tuttavia noi veggiamo che quando la piastra è umida, non si formano argini, ma subito scorre l'acqua. Del sostenersi, dunque, detti argini altra ne è la cagione che l'aderenza dell'aria alla superficie d'essa falda: e noi veggiamo frequentissimamente gran pezzi d'acqua sostenersi in particolare sopra le foglie de i cavoli e d'altre erbe ancora, in figure colme e rilevate,

in maggiore altezza assai che quella degli arginetti che circondano la falda notante.

All'ultima prova, dov'ei vuole che il premere o aggravare, senz'altra aderenza, sia mezo bastante a far ch'un corpo segua l'altro, com'egli essemplifica di due tavole di pietra ben liscie poste l'una sopra l'altra, delle quali la superiore e premente segue il moto dell'inferiore che venga tirata verso qualche parte, io concedo l'esperienza, ma non veggo ch'ella abbia che far nel caso nostro [126]: prima, perché noi trattiamo d'un corpo liquido e sottile, le cui parti non ànno tal connessione insieme, che al moto d'una si debba muovere il tutto, come accade in un corpo solido; secondariamente, il Sarsi troppo languidamente prova che 'l fuoco, l'aria e l'essalazioni contenute dentro al concavo lunare facciano impeto e gravino sopra la superficie d'esso concavo, mentr'egli introduce, come causa di questa compressione, una continua rarefazzion d'esse sostanze, le quali dilatandosi, e perciò ricercando sempre spazii maggiori, fanno forza contro al loro contenente e così vengono in certo modo ad attaccarsegli, sì che poi seguono il movimento suo. Languidissimo veramente è cotal discorso, perché dove il Sarsi risolutamente afferma che le sostanze contenute si vanno continuamente rarefacendo e dilatando, l'avversario con non minor ragione (dico *non minore*, perché il Sarsi non ne adduce niuna) dirà ch'elle si vanno continuamente condensando e ristringendo. Ma dato anco ch'elle si vadano pur continuamente rarefacendo e che per tale rarefazzione nasca l'attaccamento al concavo e finalmente il rapimento, si può credere che cento e mille anni fa, quando la rarefazzione non era a gran segno al termine d'oggidì (ché così bisogna in dottrina del Sarsi), il rapimento non ci fusse, mancando la causa del farsi. Anzi niuna ragione mi può ritenere ch'io non dica al Sarsi che questa sua rarefazzione, che continuamente si va facendo, non è ancora giunta a grado di far violenza e premer sopra

[126] Il metodo sperimentale non è costituito esclusivamente da « sensate esperienze » ma insieme da « certe dimostrazioni », senza le quali le prime restano incomprensibili e slegate.

il concavo della Luna, ma che ben potrebbe giungervi tra due o tre anni; al qual tempo io concedo che la sfera degli elementi superiori comincerà a muoversi, ma in tanto conceda esso a me che sino al dì d'oggi non si sia mossa. Io non vorrei che il Sarsi, se per avventura sentisse queste ed altre simili risposte veramente ridicole, si mettesse a ridere, poi ch'egli è che ne dà occasione di produrle tali col lasciarsi scappar dalla mente, e poi dalla penna, che alcune sostanze materiali si vadano rarefacendo e dilatando in perpetuo. Ma io voglio aiutare il medesimo Sarsi ed insegnargli un punto nella causa sua, dicendogli che questa rarefazzione eterna e pressione contro al concavo della Luna è superflua, tuttavolta ch'ei possa mostrar che l'aria vien rapita dal catino, sopra il quale ella non preme e non grava punto, essendo egli posto nella medesima regione dell'aria.

40. « Sed videamus nunc... quæ constanter adeo pernegavit Galilæus. » [127]

Entra ora il Sarsi nel copiosissimo apparato d'esperienze per confermare il suo detto e riprovare il nostro: le quali, perché furon fatte alla presenza di V. S. Illustrissima, io me ne rimetto a lei [128], come quello che più tosto devo aspettarne il suo giudicio che interporvi il mio. Però, se le piacerà, potrà rilegger quel che resta sino alla fine della proposizione; dov'io le anderò solamente toccando alcuni particolari sopra varie cosette così alla spezzata.

E prima, questo che il Sarsi cerca d'attribuirmi nel primo ingresso delle sue esperienze, è falsissimo, cioè ch'io abbia detto che l'acqua contenuta nel catino resti, non men che

[127] VI, pp. 155-60. Il Grassi con una lunga confutazione di quanto Galilei avrebbe asserito, espone qui un suo esperimento tendente a dimostrare che il movimento di un catino che ruoti attorno al proprio asse trasporta con sé l'aria o l'acqua che vi son contenute. Singolare è poi l'inserimento di quest'esperimento in un contesto dimostrativo influenzato dalle teorie aristoteliche: « Essendo l'aria e l'acqua del genere dei corpi umidi, dei quali è peculiare l'aderire ai corpi, anche lisci e levigati, non potrà mai accadere che non aderiscano alla superficie del vaso », dove traspare in modo evidente la teoria aristotelica degli elementi naturali.

[128] Il Grassi aveva dichiarato, infatti che l'esperimento era stato realizzato alla presenza di don Virginio Cesarini, cui il *Saggiatore* è dedicato.

l'aria, immobile al movimento in giro di esso vaso [129]. Non però mi meraviglio che l'abbia scritto, perché ad uno che continuamente va riferendo in sensi contrari le cose scritte e stampate da altri, si può bene ammettere ch'egli alteri quelle ch'ei dice d'aver solamente sentite dire; ma non mi par già che resti del tutto dentro a' termini della buona creanza il pubblicar colle stampe ciò ch'altri sente dire del prossimo, e tanto più quando, o per non l'avere inteso bene o pur di propria elezzione, ei si rapporta molto diverso da quello che fu detto, come di presente accade di questo. Tocca a me, signor Sarsi, e non a voi o ad altri, lo stampar le cose mie e farle pubbliche al mondo: e perché, quando (come pur talora accade) alcuno nel corso del ragionar dicesse qualche vanità, deve esser chi subito la registri e stampi, privandolo del beneficio del tempo e del potervi pensar sopra meglio, e da per se stesso emendare il suo errore e mutare opinione, ed in somma fare a suo talento del suo cervello e della sua penna? Quello che può aver sentito dire il Sarsi, ma, per quanto veggo, non ben capito, è certa esperienza ch'io mostrai ad alcuni letterati costì in Roma, e forse fu in camera di V. S. Illustrissima stessa, parte in dichiarazione e parte in confutazione d'un terzo moto attribuito dal Copernico alla Terra. Pareva a molti cosa molto improbabile, e che perturbasse tutto il sistema Copernicano, il terzo moto annuo ch'egli assegna al globo terrestre intorno al proprio centro, al contrario di tutti gli altri movimenti celesti, i quali col figurarsi fatti tutti, tanto quelli delli eccentrici quanto quelli delli epicicli [130], ed il diurno e l'annuo d'essa

[129] Nel *Discorso del flusso e riflusso del mare* (V, pp. 371 segg.) e nella quarta giornata del *Dialogo sopra i due massimi sistemi* (vol. II, p. 529), Galilei fonda la sua teoria delle maree su un esperimento mentale che considera la terra come un catino portato in giro e ruotante attorno al suo centro, in cui le acque subiscono movimenti alterni.

[130] Gli epicicli e gli eccentrici sono il risultato dei procedimenti geometrici con cui Tolomeo spiegava l'irregolarità dei moti apparenti dei pianeti; gli eccentrici sono circoli immaginari descritti dai pianeti, il cui centro però non coincide con quello della Terra che, sempre secondo Tolomeo, è il medesimo di quello dell'Universo; gli epicicli sono circoli minori il

Terra, nell'orbe magno da ponente verso levante, questo solo dovesse nell'istessa Terra per esser fatto da oriente verso occidente, contro agli altri due propri e contro agli altri tutti di tutti i pianeti. Io solevo levar questa difficoltà col mostrare che tal accidente non solo non era improbabile, ma conforme alla natura e quasi necessario; e che qualsivoglia corpo collocato e sostenuto liberamente in un mezo tenue e liquido, se sarà portato per la circonferenza di un gran cerchio, acquisterà spontaneamente una conversione in se medesimo, al contrario dell'altro gran movimento: il qual effetto si vedeva pigliando noi in mano un vaso pien di acqua e mettendo in esso una palla notante; perché, stendendo noi il braccio e girando sopra i nostri piedi, subito veggiamo la detta palla girare in se stessa al contrario e finir la sua conversione nell'istesso tempo che noi finiamo la nostra: onde cessar doveva la meraviglia, anzi meravigliarsi quando altrimenti accadesse, se essendo la Terra un corpo pensile e sospeso in un mezo liquido e sottile, ed in esso portata per la circonferenza d'un gran cerchio nello spazio d'un anno, ella non avesse di sua natura e liberamente acquistata una conversione parimente annua in se medesima al contrario dell'altra [131]. E tanto dicevo per rimuover l'improbabilità attribuita al sistema del Copernico: al che soggiungevo poi, che chi meglio considerava, conosceva che falsamente veniva da esso Copernico attribuito un terzo moto alla Terra, il quale non è altramente un muoversi, ma un non si muovere ed una quiete; perch'è ben vero che a quello che tiene il vaso apparisce muoversi, e rispetto a sé e rispetto al vaso, e girate in se stessa la palla posta in acqua; ma la medesima palla paragonata colle mura della stanza e colle cose esterne, non gira altrimenti né muta inclinazione, ma

cui centro si muove lungo una circonferenza di raggio minore, detta « deferente ».

[131] Nel *Dialogo sopra i due massimi sistemi* Galilei mostrerà che la contraddizione tra i due movimenti che gli antichi attribuivano ai pianeti – uno diurno da oriente ad occidente ed uno intorno alla terra, da occidente a oriente – si risolve soltanto attribuendo il moto di rivoluzione alla terra.

qualunque suo punto che da principio riguardava verso un termine esterno segnato nel muro o in altro luogo più lontano, sempre riguarda verso lo stesso. E questo è quanto da me fu detto: cosa, come V. S. Illustrissima vede, molto diversa dalla riferita dal Sarsi. Questa esperienza, e forse qualch'altra, poté dare occasione a chi più volte si trovò presente a' nostri discorsi di dir di me quello che in questo luogo riferisce il Sarsi, cioè che per certo mio natural talento solevo alcuna volta con cose minime, facili e patenti, esplicarne altre assai difficili e recondite; la qual lode il Sarsi non mi nega in tutto, ma, come si vede, in parte m'ammette: la qual concessione io devo riconoscere dalla sua cortesia più che da una interna e verace concessione, perché, per quanto io posso comprendere, egli non è di quelli che così di leggiero si lascino persuadere dalle mie facilità, poi ch'egli stesso, reputando che la scrittura del signor Mario sia mia cosa, dice nel fine del precedente essame, quella esser stata scritta con parole molto oscure, e tali ch'egli non ha potuto indovinare il senso.

Già, come ho detto, quanto all'esperienze me ne rimetto a V. S. Illustrissima, che le ha vedute, e solo, incontro a tutte, ne replicherò una scritta di già dal signor Mario nella sua lettera, dopo che averò fatto un poco di considerazione sopra certa ragione che il Sarsi accoppia coll'esperienze: la qual ragione io veramente pagherei gran cosa che fusse stata taciuta, per reputazion sua e del suo Maestro ancora, quando vero fusse ch'egli fusse discepolo di chi egli si fa. Oimè, signor Sarsi, e quali essorbitanze scrivete voi? Se non v'è qualche grand'error di stampa, le vostre parole son queste: « Hinc videas, quotiescunque movens moto maius fuerit, tunc longe faciliorem motum futurum: imposito enim vasi operculo *A B*, tunc superficies interior catini et operculi simul, ad cuius motum movendus est aër, maior est aëre proxime movendo; est enim superficies illa continens, aër vero contentus » [132]. Or rispondetemi in grazia, signor Sarsi: questa

[132] « Di qui vedo che ogni qualvolta il motore sarà maggiore del mosso, allora molto più facile sarà il moto: posto infatti il coperchio *A B* sul

superficie del catino e del suo coperchio con chi la paragonate voi, colla superficie dell'aria contenuta o pur coll'istessa aria, cioè col corpo aereo? Se colla superficie, è falso che quella sia maggior di questa; anzi pur sono elleno egualissime, ché così v'insegnerà l'assioma euclidiano, cioè che « Quæ mutuo congruunt, sunt æqualia »[133]. Ma se voi intendete di paragonar la superficie contenente coll'istessa aria, come veramente suonan le vostre parole, fate due errori troppo smisurati: prima, col paragonare insieme due quantità di diversi generi, e però incomparabili, ché così vuole una diffinizion d'Euclide: « Ratio est duarum magnitudinum eiusdem generis »[134]; e non sapete voi che chi dice « Questa superficie è maggior di quel corpo » erra non men di quel che dicesse « La settimana è maggior d'una torre » o « L'oro è più grave della nota cefautte »? L'altro errore è, che quando mai si potesse far paragone tra una superficie ed un solido, il negozio sarebbe tutto all'opposito di quello che scrivete voi, perché non la superficie sarebbe maggior del solido, ma il solido più di cento milioni di volte maggior di lei. Signor Sarsi, non vi lasciate persuadere simili chimere, né anco la general proposizione che 'l contenente sia maggior del contenuto, quando bene ambedue si prendessero di quantità comparabili fra di loro; altrimenti bisognerà che voi crediate che, d'una balla di lana, il guscio o invoglio sia maggior della lana che vi è dentro, perché questa è contenuta e quello è il contenente; e perché sono della medesima materia, bisognerà anco che il sacco pesi più, essendo maggiore. Io fortemente dubito che voi abbiate preso con qualche equivocazione un pronunciato che è verissimo quando vien preso al suo diritto senso, il qual è che il contenente è maggior del contenuto, tutta volta che per contenente si prenda il contenente col contenuto insieme: e così un quadrato descritto

vaso, la superficie interna del catino e del coperchio insieme, al cui moto si deve muovere anche l'aria, è maggiore dell'aria che deve essere mossa; infatti quella superficie è ciò che contiene, l'aria invece ciò che è contenuto ».

[133] « Cose che corrispondono reciprocamente, sono uguali ».

[134] « Il rapporto è di due grandezze dello stesso genere ».

intorno a un cerchio è maggior di esso cerchio, pigliando tutto il quadrato; ma se voi vorrete prender solo quello che avanza del quadrato, detrattone il cerchio, questo non è altrimenti maggiore, ma minore assai d'esso cerchio, ancor ch'ei lo circondi e racchiuda. Aimè, e non m'accorgo del fuggir dell'ore? e vo logorando il mio tempo intorno a queste puerizie? Orsù, contro a tutte l'esperienze del Sarsi potrà V. S. Illustrissima fare accommodare il catino convertibile sopra il suo asse; e per certificarsi quello che segua dell'aria contenutavi dentro, mentre quello velocemente va in giro, pigli due candelette accese, ed una n'attacchi dentro all'istesso vaso, un dito o due lontana dalla superficie, e l'altra ritenga in mano, pur dentro al vaso, in simil lontananza dalla medesima superficie; faccia poi con velocità girar il vaso: ché se in alcun tempo l'aria anderà parimente con quello in volta, senza alcun dubbio, movendosi il vaso l'aria contenuta e la candeletta attaccata, tutto colla medesima velocità, la fiammella d'essa candela non si piegherà punto, ma resterà come se il tutto fusse fermo (ché così a punto avviene quando un corre con una lanterna, entrovi racchiuso un lume acceso, il quale non si spegne, né pur si piega, avvenga che l'aria ambiente va con la medesima prestezza; il qual effetto anco più apertamente si vede nella nave che velocissimamente camini, nella quale i lumi posti sotto coverta non fanno movimento alcuno[135], ma restano nel medesimo stato che

[135] È questo un evidente riferimento al principio di relatività classico, che Galilei illustrerà con un analogo esempio tratto dalla pratica marinara, nella giornata seconda del *Dialogo sopra i due massimi sistemi* (vol. II, p. 236). Nella giornata quarta del medesimo *Dialogo*, l'aristotelico Simplicio dice: « È stato ricevuto dalle scuole peripatetiche, l'elemento del fuoco ed anco gran parte dell'aria esser portati in giro, secondo la conversion diurna, da oriente verso occidente, dal contatto del concavo lunare, come da vaso loro contenente ». A lui risponde Salviati, sostenendo che questa opinione ha « qualche sembianza di probabilità, ma però sommamente minore di quella che noi prendiamo dal moto terrestre » e conclude che « non ci è ragione per la quale il fuoco da un semplice contatto di una superficie, che per voi si stima esser spessissima e liscia, possa essere, secondo tutta la sua profondità, portato in volta di un moto alieno dalla sua naturale inclinazione, come diffusamente è stato provato e con sensate esperienze dimostrato dal Saggiatore » (vol. II, p. 529).

quando il navilio sta fermo); ma l'altra candeletta ferma darà segno della circolazion dell'aria, che ferendo in lei la farà piegare: ma se l'evento sarà al contrario, cioè se l'aria non seguirà il moto del vaso, la candela ferma manterrà la sua fiammella diritta e quieta, e l'altra, portata dall'impeto del vaso, urtando nell'aria quieta si piegherà. Ora, nell'esperienze vedute da me è accaduto sempre che la fiammella ferma è restata accesa e diritta, ma l'altra, attaccata al vaso, si è sempre grandissimamente piegata e molte volte spenta: ed il medesimo di sicuro vederà anco V. S. Illustrissima ed ogn'altro che voglia farne prova. Giudichi ora quello che si deve dire che faccia l'aria.

Dall'esperienze del Sarsi il più che se ne possa cavare è, ch'una sottilissima falda d'aria, alla grossezza di un quarto di dito, contigua alla concavità del vaso, venga portata in giro; e questa basta a mostrar tutti gli effetti scritti da lui, e di questo ne può esser bastante cagione l'asprezza della superficie, o qualche poco di cavità o prominenza più in un luogo ch'in un altro. Ma finalmente, quando il concavo della Luna portasse seco un dito di profondità dell'essalazioni contenute, che ne vuol fare il Sarsi? E non creda che se il catino ne porta, verbigrazia, un mezo dito, che un vaso maggiore ne abbia a portar più; perché io credo più tosto ch'ei ne porterebbe manco: e così anco non credo che la somma velocità colla quale detto concavo lunare passa tutto il cerchio, diciamo in 24 ore, abbia a far più assai; anzi io mi voglio prendere ardir di dire, che mi par quasi vedere per nebbia ch'ei non farebbe più, ma più tosto manco, di quello che si faccia un catino che pure in ore 24 desse una rivoluzione sola. Ma pongasi pure e concedasi al Sarsi che 'l concavo lunare rapisca quanto si è detto dell'essalazion contenuta: che sarà poi? e che ne seguirà in disfavor della principal causa che tratta il signor Mario? sarà forse vero che per questo moto si abbia ad accender la materia della cometa? o pur sarà vero ch'ella non si accenderà né movendosi né non si movendo? Così cred'io: perché se il tutto sta fermo, non s'ecciterà l'incendio, per lo quale Aristotile ricerca il moto; ma se il tutto si muove, non vi sarà l'attrizione e

lo stropicciamento, senza il quale non si desta il calore, non che l'incendio. Or ecco, e dal Sarsi e da me, fatto un gran dispendio di parole in cercar se la solida concavità dell'orbe lunare, che non è al mondo, movendosi in giro, la qual già mai non s'è mossa, rapisce seco l'elemento del fuoco, che non sappiamo se vi sia, e per esso l'essalazioni, le quali perciò s'accendano e dien fuoco alla materia della cometa, che non sappiamo se sia in quel luogo e siamo certi che non è robba ch'abbruci. E qui mi fa il Sarsi sovvenire del detto di quell'argutissimo Poeta:

> Per la spada d'Orlando, che non ànno
> e forse non son anco per avere
> queste mazzate da ciechi si dànno[136].

Ma è tempo che vegniamo alla seconda proposizione; anzi pure, prima che vi passiamo, già che il Sarsi replica nel fine di questa ch'io abbia constantemente negato che l'acqua si muova al moto del vaso e che l'aria e gli altri corpi tenui aderiscano a' corpi lisci, replichiamo noi ancora ch'ei non dice la verità, perché mai né il signor Mario ned io abbiamo detta o scritta alcuna di queste cose, ma bene il Sarsi, non trovando dove attaccarsi, si va fabbricando gli uncini da per se stesso.

41. Passi ora V. S. Illustrissima alla seconda proposizione. « Ait Aristoteles, ... calorem tribuere. »[137]

Vuole il Sarsi nel primo ingresso di questa disputa concordare il signor Mario ed Aristotile, e mostrar che ambedue àn pronunziato l'istessa conclusione, mentre l'uno dice ch'il moto è causa di calore, e l'altro, che non il moto, ma lo

[136] M. Boiardo, *Orlando innamorato*, lib. III, c. VI, st. 50.

[137] VI, pp. 160-61. Nel *Discorso delle Comete* il Guiducci aveva respinto l'ipotesi che il movimento delle orbite celesti provocasse l'incendio di corpi celesti, quali le comete, negando la teoria di Aristotele per le quale « il moto ha facultà di eccitar calore » che invece deriva dall'attrito. Qui il Grassi sostiene che, se l'attrito è causa di calore, a sua volta deriva dal movimento, e perciò respinge tutte le altre considerazioni di Galilei: nonostante alcune intuizioni felici di Bacone o di Cartesio, non erano state ancora accertate le relazioni tra calore e lavoro e la possibilità di reciproca trasformazione.

stropicciamento gagliardo di due corpi duri; e perché la proposizione del signor Mario è vera, né ha bisogno di chiose, il Sarsi interpreta l'altra con dire, che se bene il moto, come moto, non è cagione del caldo, ma l'attrizione, nulladimeno, non si facendo tale attrizione senza moto, possiamo dire che almanco secondariamente il moto sia causa. Ma se tale fu la sua intenzione, perché non disse Aristotile l'attrizione? io non so vedere perché, potendo uno dir bene assolutamente con una semplicissima e propriissima parola, ei debba servirsi d'una impropria e bisognosa di limitazioni ed in somma d'esser finalmente trasportata in un'altra molto diversa. In oltre, posto che tale fusse il senso d'Aristotile, egli però è differente da quello del signor Mario; perché ad Aristotile basta qualunque confricazione di corpi, ben che tenui e sottili, e fino dell'aria stessa; ma il signor Mario ricerca due corpi solidi, e stima che il volere assottigliare e tritar l'aria sia maggior perdimento di tempo che quello di chi vuole (com'è in proverbio) pestar l'acqua nel mortaio. Io non son fuor d'opinione che possa esser che la proposizione sia verissima, presa anco nel semplicissimo senso delle parole; e forse potrebbe esser ch'ella uscisse da qualche buona scuola antica, ma che Aristotile, non avendo ben penetrata la mente di quegli antichi che la profferirono, ne traesse poi un sentimento falso: e forse non è questa sola proposizione vera in se stessa, ma appresa in sentimento non vero nella filosofia peripatetica. Ma di questo ne toccherò qualche cosa più a basso.

Ora seguitiamo il Sarsi, il quale vuole, contro al detto del signor Mario, che senza verun consumamento de' corpi che si stropicciano sin che si riscaldino, si possa eccitare il calore; il che va provando prima con discorso, poi con esperienze. Ma quanto al discorso, io posso sbrigarmi in una parola sola da tutte le sue instanze; poi che, facendo egli alcune interrogazioni al signor Mario, egli stesso risponde per quello, e poi confuta le risposte; tal che se io dirò che il signor Mario non risponderà in quella guisa, bisogna che il Sarsi si quieti.

E veramente, quanto alla prima risposta, io non credo che il signor Mario dicesse che, per riscaldarsi, bisogni prima che i corpi si rarefacciano, e che rarefacendosi si sminuzzolino, e che le parti più sottili volino via, come scrive il Sarsi: dalla qual risposta mi par di comprendere ch'ei discordi dalla mente del signor Mario, e che, convenendo in questa azzione considerare il corpo che ha da produrre il calore e quello che l'ha da ricevere, il Sarsi stimi che il signor Mario ricerchi la diminuzione e consumamento di parti nel corpo che ha da ricevere il calore; ma io credo ch'ei voglia che quello che l'ha da produrre sia quello che si diminuisce, sì che in somma non il ricevere, ma il conferir calore, sia quel che fa la diminuzione nel conferente. Come poi si possano rarefare i corpi senza alcuna separazion di parti, e come cammini questo negozio della rarefazzione e condensazione, del quale mi par che con molta confidenza parli il Sarsi, l'averei ben volentieri veduto più distintamente dichiarato, essendo, appresso di me, una delle più recondite e difficili questioni della natura.

È manifesto ancora che il signor Mario non averebbe data la seconda risposta, cioè che tal consumamento di parti sia necessario acciò che prima si riscaldino queste parti più minute, come più atte per la lor sottigliezza a riscaldarsi, e da esse poi venga riscaldato il resto del corpo; perché così la diminuzione toccherebbe pure al corpo che ha da esser riscaldato, ed il signor Mario la dà a quello che ha da riscaldare. Devesi però avvertire che bene spesso accade, essere uno istesso corpo quello che produce il calore e quello che lo riceve: e così martellandosi sopra un chiodo, le parti sue, nel soffregarsi violentemente, eccitano il calore, e l'istesso chiodo è quello che si riscalda. Ma quello che ho voluto sin qui dire è, che il consumamento di parti depende dall'atto del produrre il calore, e non da quello del riceverlo, come per avventura più distintamente mi dichiarerò più di sotto. In tanto sentiamo l'esperienze onde il Sarsi pensa d'aver palesato, potersi con l'attrizione produr calore senza consumamento alcuno.

42. « Sed quando ab experientia exempla petere libet, ... ex limatura quam ex contusione existit. » [138]

Che il Sarsi con isquisita bilancia non abbia ritrovato diminuzion di peso in un pezzetto di rame battuto e riscaldato più volte, glielo voglio credere; ma non già che per questo egli non si sia diminuito, essendo che può benissimo accadere, quello esser diminuito tanto poco, che a qualsivoglia bilancia resti cosa impercettibile. E prima, io domando al Sarsi, se pesato un bottone d'argento, e poi doratolo e tornato a pesarlo, ei crede che l'accrescimento fusse notabile e sensibile. Bisogna dir di no, perché noi veggiamo l'oro ridursi a tanta sottigliezza, che anco nell'aria quietissima si trattiene e lentissimamente cala a basso; e con tali foglie può dorarsi alcun metallo. In oltre, questo medesimo bottone verrà adoperato due o tre mesi, avanti che la doratura sia consumata; e pur consumandosi finalmente, chiara cosa è che ogni giorno, anzi ogn'ora, s'andava diminuendo. Di più, pigli una palla d'ambra, muschio ed altre materie odorate: io dico che portandola addosso alcuno quindici giorni, empirà d'odore mille stanze e mille strade, ed in somma ogni luogo dov'egli capiterà, né questo si farà senza diminuzione di quella materia, senza la quale indubitatamente non anderà l'odore; pure, tornandosi in capo a tal tempo a ripesarla, non si troverà sensibil diminuzione. Ecco, dunque, trovate al Sarsi diminuzioni insensibili di peso, fatte per lo consumamento di mesi continui, ch'è altro tempo che un ottavo d'ora, che dovette durare il suo martellare sopra il pezzetto di rame. E tanto è più esquisita una bilancia da saggiatori, ch'una stadera filosofica! Aggiungendo di più, che può molto bene essere che la materia che, attenuata, produce il caldo,

[138] VI, pp. 161-62. Galilei aveva detto nel *Discorso delle Comete*: « E notisi di più, non di qualsivoglino corpi solidi la confricazione produr calore, ma solamente di quelli che, nel fregarsi insieme, amendui o almeno uno si consuma e, per così dire, si polverizza; ... il corpo dunque che ha da render calore, bisogna che si vada dissolvendo in sottilissime parti » (VI, p. 56). Il Grassi nega che i corpi riscaldandosi perdono alcuna loro sia pur minima parte e adduce come prova sperimentale che i corpi caldi pesano come quando son freddi.

sia ancora assai più sottile della sostanza odorifera, attento che questa si racchiude in vetri e metalli, per li quali essa non traspira, ma non già quella del calore, che trapassa per tutti i corpi.

Ma qui muove il Sarsi un'instanza, e dice: « Se il cimento della bilancia non basta a mostrarci un così piccolo consumamento, come potete voi averlo conosciuto? » L'obiezzione è assai ingegnosa, ma non però tanto ch'un poco di logica naturale non avesse avuto a mostrarne la soluzione: ed eccone il progresso. Dei corpi, signor Sarsi, che si stropicciano insieme, alcuni sono che assolutamente e sicuramente non si consumano punto, altri che grandemente e molto sensibilmente si consumano, ed altri che si consumano bene, ma insensibilmente. Di quelli che stropicciandosi non si consumano punto, quali sarebbon due specchi benissimo lisci, il senso ci mostra che non si riscaldano; di quelli che si consumano notabilmente, come un ferro nel limarsi, siamo sicuri che si riscaldano [139]; adunque di quelli che noi siamo dubbi se nel fregarsi si consumino o no, se troveremo pel senso che si riscaldino, dobbiamo dire e credere che si consumino ancora, e solo si potrà dire che non si consumino quelli che né anco si riscaldano.

A quanto sin qui ho detto, voglio, prima ch'io vada più avanti, aggiungere, per ammaestramento del Sarsi, come il dire: « Questo corpo alla bilancia non è calato di peso, adunque di lui non si è consumata parte alcuna » è discorso assai fallace, potendo esser che se ne sia consumato e che il peso non solo non sia diminuito, ma anco tal volta cresciuto; il che accaderà sempre che quello che si consuma e rimuove, sia men grave in specie del mezo nel quale si pesa: e così,

[139] « Se, o per essere i corpi solamente duri, o per essere di superficie terse e liscie, accadrà che nello stropicciarsi insieme nulla di loro si stacchi e consumi, vana sarà ogni fatica per riscaldargli: e però due pezzi di vetro ben lisci o due pezzi d'acciaio temperati a tutta temperatura, giammai, per istropicciarsi insieme, non si scalderanno, e se con una lima di tempera crudissima si limerà un ferro tenero, questo s'infocherà, e la lima a pena si scalderà, e questo anche non per calore in se stesso eccitato, ma dal toccamento del ferro già riscaldato » (*Discorso delle Comete*, VI, p. 56).

per essempio, può accadere ch'un pezzo di legno, per avere in sé molti nodi e per esser vicino alle radici, messo nell'acqua cali al fondo e, verbigrazia, vi pesi quattr'once, e che limandone via, non del nocchioruto né della radice, ma della parte più rara e che per se stessa è men grave in ispecie dell'acqua, sì che in parte sosteneva tutta la mole, può esser, dico, che il rimanente pesi più che prima nel medesimo mezo; e così parimente può essere che nel limarsi o nel fregarsi insieme due ferri o due sassi o due legni, si separi da loro qualche particella di materia men grave dell'aria la quale, quando sola si rimovesse, lascerebbe quel corpo più grave che prima. E che quanto io dico sia detto con qualche probabilità, e non per una semplice fuga e ritirata, lasciando la fatica all'avversario di riprovarla, faccia V. S. Illustrissima diligente osservazione nel romper vetri o pietre o qualunque altre materie; ché ella in ciascheduno spezzamento ne vederà uscire un fumo manifestissimamente apparente, il quale par aria se ne ascende in alto [140]: argomento necessario dell'essere egli più leggieri di lei. Questo osservai io prima nel vetro, mentre con una chiave o altro ferro l'andavo scantonando e tondando, dove, oltre a i molti pezzetti che saltano via in diverse grandezze, ma tutti cascano in terra, si vede un fumo sottile ascendente sempre; ed il medesimo si vede accadere nel frangere in simil modo qualsivoglia pietra; e di più, oltre a quello che ci manifesta la vista, l'odorato ci dà argomento ed indizio molto chiaro che per avventura si partono, oltre al detto fumo, altre parti più sottili, e perciò invisibili, sulfuree e bituminose, le quali per tale odore che ci arrecano si fanno manifeste.

Or vegga il Sarsi quanto il suo filosofare è superficiale e poco si profonda oltre alla scorza. Né si persuada di poter venir con risposte di limitazioni, di distinzioni, di *per accidens*, di *per se*, di *mediate*, di primario, di secondario o d'altre chiacchiere, ch'io l'assicuro che in vece di sostenere un errore ne commetterà cento più gravi, e produrrà in campo sempre

[140] « Nel rompere i vetri stessi ne esce un corpo tenuissimo e leggieri come fumo » postilla di Galilei al passo della *Libra* qui esaminato (VI, p. 161).

vanità maggiori: maggiori, dico, anco di questa che mi resta da considerare nel fin della presente particola; dov'egli, prima, si meraviglia come possa esser che, sendo quel che si consuma cosa impercettibile alla bilancia, possa nondimeno produr tanto calore; dapoi soggiunge che d'un ferro che si lima, gran parte se ne consuma, e assaissimo maggiore che quando ei si batte col martello, nulladimeno non più si scalda limando che battendolo. Vanissimo è questo discorso, mentre altri vuole col peso misurare la quantità di cosa che non ha peso alcuno, anzi è leggierissima e nell'aria velocemente sormonta; e quando pure quello che si converte in materia calda, mentre si fa una gagliarda confricazione, fusse parte dell'istesso corpo solido, non doverà alcuno maravigliarsi che piccolissima quantità di quello possa rarefarsi ed istendersi in ispazio grandissimo, s'ei considererà in quanta gran mole di materia ardente e calda si risolve un piccol legno, della quale la fiamma visibile è la minor parte, restando di gran lunga maggiore l'insensibile alla vista, ma ben sensibile al tatto. Quanto poi all'altro punto, averebbe qualche apparenza l'instanza, se il signor Mario avesse mai detto che tutto quel ferro che si consuma, limando, doventasse materia calorifica, perché così parrebbe ragionevol cosa che molto più scaldasse il ferro consumato colla lima che il percosso col martello: ma non è la limatura quella che scalda, ma altra sostanza incomparabilmente più sottile.

43. Ma seguitiamo innanzi. « Ego igitur multum conferre arbitror, ... ad ignem concipiendum aptissimus est. » [141]

Qui, dove pare che il Sarsi si apparecchi per produrre con dottrina più salda migliore esplicazione delle difficoltà che si trattano, non veggo né che venga apportato molto di nuovo, né di gran pregiudicio alle cose del signor Mario. Imperocché il dire che molto conferisce al maggiore o minor riscaldamento de' corpi che si stropicciano insieme, l'essere essi di qualità calda o fredda, e che anco da molte altre

[141] VI, p. 162, 6-18. Osserva qui il Grassi: la maggiore o minore attitudine a riscaldarsi dipende dalla qualità dei corpi, dei quali alcuni sono più facili a riscaldarsi ed altri meno.

cose non così ben manifeste depende questo negozio, lo credo io pur troppo; ma non mi par già di farci acquisto veruno, per esser, di questo che mi vien detto, la seconda parte troppo recondita, e la prima troppo manifesta e notoria, atteso che in sostanza non mi dice altro se non che più si scaldano quei corpi che son più caldi o più disposti allo scaldarsi, e meno quelli che son più freddi. Così parimente quello che segue appresso, che per la confricazione alcuni legni, cioè i più leggieri e rari, s'accendano più facilmente che altri più duri e densi, ancor che questi più gagliardamente e più lungo tempo s'arruotino insieme, lo credo parimente, ma ciò non veggo che faccia contro al signor Mario, che mai non ha detto in contrario; e non è adesso ch'io sapevo che più presto s'infiammava un pennecchio di stoppa in un fuoco ben che lentissimo, che un pezzo di ferro nella fucina ben ardente.

A quello ch'ei soggiunge, e fortifica col testimonio di Seneca, cioè che la state sia per aria maggior copia d'essalazioni secche, e che perciò si facciano molti fulmini [142], io ci presto l'assenso; ma dubito bene circa 'l modo dell'accendersi cotali essalazioni insieme coll'aria, e se ciò avvenga per l'attrizione cagionata per alcun movimento. Io reputerei vero quanto viene scritto dal Sarsi, se prima egli m'avesse accertato, non essere in natura altri modi di suscitar l'incendio fuori che queste due, cioè o col toccar la materia combustibile, con un fuoco già attualmente ardente, come quando con un moccolo acceso s'accende una torcia, o vero con l'attrizion di due corpi non ardenti: ma perché altri modi ci sono, come per la reflessione de' raggi solari in uno specchio concavo, o per la refrazzion de' medesimi in una palla di cristallo o d'acqua, ed anco s'è veduto talvolta infiammarsi per le strade, mediante l'eccessivo caldo, le paglie ed altri

[142] Soltanto nel 1752 Beniamino Franklin proverà che il fulmine è una scarica elettrica. Non avendo alcuna nozione dei fenomeni elettrici Galilei, che, come si vedrà in tutta questa discussione, crede che il calore sia una materia fluidissima, « sostanza incomparabilmente più sottile » della limatura di ferro, come dice più sopra, riterrà, come si faceva a suo tempo, il fulmine come l'effetto di una esplosione di esalazioni terrestri.

corpi sottili, e questo farsi senza alcuna commozione o agitazione, anzi solamente quando l'aria è quietissima, e che per avventura s'ella fusse agitata e spirasse vento, l'incendio non ne seguirebbe; perché, dico, ci sono questi altri modi, perché non poss'io stimar che ve ne possa esser qualche altro diverso da questi, per lo quale l'essalazioni per aria e tra le nubi si accendano? E perché debbo io attribuire ciò ad un veemente movimento, se io veggo, prima, che senza l'arrotamento de' corpi solidi, quali non si trovano tra le nuvole, non si suscita l'incendio, ed oltre a ciò niuna commozione si scorge in aria o nelle nuvole quando è maggior la frequenza de' lampi e de' fulmini? Io stimo che il dir questo non abbia in sé più di verità, che quando i medesimi filosofi attribuiscono il gran romor de' tuoni allo stracciamento delle nuvole o all'urtarsi insieme l'una contro l'altra; tuttavia nello splendor de' maggiori baleni, e quando si produce il tuono, non si scorge nelle nuvole pure un minimo movimento o mutazion di figura, il quale ad un tanto squarciamento doverebbe esser grandissimo. Lascio stare che i medesimi filosofi, quando tratteranno poi del suono, vorranno nella sua produzzione la percussione de' corpi duri, e diranno che perciò la lana né la stoppa nel percuotersi non fanno strepito; ma poi, quando n'averanno bisogno, la nebbia e le nuvole percuotendosi renderanno il massimo di tutti i rumori. Trattabile e benigna filosofia, che così piacevolmente e con tanta agevolezza si accommoda alle nostre voglie ed alle nostre necessità!

44. Or passiamo avanti a essaminar l'esperienze della freccia tirata coll'arco e della palla di piombo tirata colle scaglie, infocate e strutte per aria, confermate coll'autorità d'Aristotile, di molti gran poeti, d'altri filosofi ed istorici. « Quamvis autem exemplum Aristotelis de sagitta,... comminuantur et atterantur. » [143]

[143] VI, pp. 162-64. Si può considerare questo il momento centrale dello scontro tra due mentalità completamente opposte, tra l'ossequio alla tradizione e lo spregiudicato spirito investigativo dello scienziato che ripone le sue argomentazioni non nell'autorità dei poeti ma nel risultato del

Che io o 'l signor Mario ci siamo risi e burlati dell'esperienza prodotta da Aristotile [144], è falsissimo, non essendo nel libro del signor Mario pur minima parola di derisione, né scritto altro se non che noi non crediamo ch'una freccia fredda, tirata coll'arco, s'infuochi; anzi crediamo che, tirandola infocata, più presto si raffredderebbe che tenendola ferma: e questo non è schernire, ma dir semplicemente il suo concetto. A quello poi ch'ei soggiunge, non esserci succeduto il convincer cotale esperienza, perché non Aristotile solo, ma moltissimi altri grand'uomini ànno creduto e scritto il medesimo, rispondo che se è vero che per convincere il detto d'Aristotile bisogni far che quei molti altri non l'abbian creduto né scritto, né io né 'l signor Mario né tutto il mondo insieme lo convinceranno già mai, perché mai non si farà che quei che l'ànno scritto e creduto non l'abbian creduto e scritto: ma dico bene, parermi cosa assai nuova che, di quel che sta in fatto, altri voglia anteporre l'attestazioni d'uomini a ciò che ne mostra l'esperienza. L'addur tanti testimoni, signor Sarsi, non serve a niente, perché noi non abbiamo mai negato che molti abbiano scritto e creduto tal cosa, ma

proprio calcolo fondato sull'analisi matematica del fenomeno naturale. Denuncia chiara ed inequivocabile del limite e dell'arretratezza delle basi culturali dei Grassi, nonostante la velleità di dare ai propri interventi una parvenza di modernità, è la tecnica stessa del suo argomentare, fondato sul principio d'autorità come prova indiscutibile e sul carattere oratorio del suo stesso discorso: la mancata distinzione fra erudizione letteraria e prova scientifica porta l'autore della *Libra* a ritenere che poeti latini, sia pure grandi (Ovidio, Lucrezio, Lucano, Virgilio) possano costituire autorevoli testimonianze a favore della sua tesi.

[144] ARISTOTELE, *De coelo*, II, 7 289 a: « La cosa più ragionevole, è il fare ciascun astro formato di quel medesimo corpo in cui esso si trova ad avere il proprio movimento, dal momento che abbiamo detto esservi un corpo che per natura ha in proprio di muoversi circolarmente. Come infatti coloro che asseriscono che gli astri son di fuoco, dicono questo in quanto sostengono che il corpo superiore è fuoco, ritenendo ragionevole che ciascun corpo sia formato di quegli elementi nei quali è situato, anche noi diciamo in questo modo... I corpi superiori invece si muovono ciascuno nella sfera, per modo che essi non s'incendiano, mentre l'aria, trovandosi posta sotto la sfera del corpo circolare, di necessità viene, col moto di questa, a riscaldarsi e particolarmente dal lato in cui si trova infisso il sole... Che (gli astri) non sono di fuoco né si muovono nel fuoco, di ciò basti quanto s'è detto » (trad. a cura di O. Longo, Firenze, Sansoni, 1962).

sì bene abbiamo detto tal cosa esser falsa; e quanto all'autorità, tanto opera la vostra sola quanto di cento insieme, nel far che l'effetto sia vero o non vero. Voi contrastate coll'autorità di molti poeti all'esperienze che noi produciamo. Io vi rispondo e dico, che se quei poeti fussero presenti alle nostre esperienze, muterebbono opinione, e senza veruna repugnanza direbbono d'avere scritto iperbolicamente o confesserebbono d'essersi ingannati [145]. Ma già che non è possibile d'aver presenti i poeti, i quali dico che cederebbono alle nostre esperienze, ma ben abbiamo alle mani arcieri e scagliatori, provate voi se, coll'addur loro queste autorità, vi succede d'avvalorargli in guisa, che le frecce ed i piombi tirati da loro s'abbrucino e liquefacciano per aria; e così vi chiarirete quanta sia la forza dell'umane autorità sopra gli effetti della natura, sorda ed inessorabile a i nostri vani desiderii [146]. Voi mi direte che non ci sono più gli Acesti e Mezenzii o lor simili Paladini valenti: ed io mi contento che, non con un semplice arco a mano, ma con un robustissimo arco d'acciaio d'un balestrone caricato con martinelli e leve, che a piegarlo a mano non basterebbe la forza di trenta Mezenzii, voi tiriate una freccia o dieci o cento; e se mai accade che, non dirò che 'l ferro d'alcuna s'infuochi o 'l suo fusto s'abbruci, ma che le sue penne solamente rimangano abbronzate, io voglio aver perduta la lite, ed anco la grazia vostra, da me grandemente stimata. Orsù, signor Sarsi, io non vi voglio più tener sospeso: non m'abbiate per

[145] Il metodo della scienza moderna è fondato sulla valutazione spregiudicata dell'esperienza, ritenuta fondamentale per la conoscenza della natura. Di qui l'appello di Galilei alla considerazione del « libro » della natura, anziché dei libri di Aristotele e degli altri antichi. Galilei riteneva anzi che all'evidenza della esperienza anche Aristotele si sarebbe arreso, perché egli credette « che le sensate esperienze si dovessero anteporre a qualsivoglia discorso fabbricato da ingegno umano e disse che quelli che avessero negato il senso meritavano di essere castigati col levargli quel tal senso ». Ma l'esperienza di Galilei, non è quella di Aristotile; l'empirismo ingenuo e immediato di questi è decisamente superato dal metodo sperimentale galileiano: questo non subisce la realtà esterna, ma l'« aggredisce », non accetta i dati sensoriali, quali che siano, ma si « cimenta » con la natura, che interpreta e conosce per mezzo della matematica.

[146] Sono i personaggi virgiliani citati dal Grassi.

tanto ritroso che io non voglia cedere all'autorità ed al testimonio di tanti poeti ammirabili, e ch'io non voglia credere che tal volta sia accaduto l'abbruciamento delle frecce e la fusione de' metalli; ma dico bene, di cotali meraviglie la causa essere stata molto diversa da quella che i filosofi n'ànno voluta addurre, mentre la riducono ad attrizzioni d'arie ed essalazioni e simili chimere, che son tutte vanità. Volete voi saperne la vera ragione? Sentite il Poeta a niun altro inferiore, nell'incontro di Ruggiero con Mandricardo e nel fracassamento delle lor lance:

> I tronchi sino al ciel ne sono ascesi;
> scrive Turpin, verace in questo loco,
> che due o tre giù ne tornaro accesi,
> ch'eran saliti alla sfera del foco[147].

E forse che il grand'Ariosto non leva ogni causa di dubitar di cotal verità, mentr'ei la fortifica coll'attestazione di Turpino? il quale ognun sa quanto sia veridico e quanto bisogni credergli.

Ma lasciamo i poeti nella lor vera sentenza, e torniamo a quelli che riducono la causa all'attrizion dell'aria: la quale opinione io reputo falsa; e considero quello che producete voi, volendo mostrare come i corpi durissimi per l'attrizione d'altri più molli possano consumarsi, e dite, ciò apertamente scorgersi nell'acqua e nel vento ancora, rodendo e consumando questo i cantoni delle saldissime torri, e quella, con una continua distillazione e frequente picchiare, scavando i marmi e i durissimi scogli. Tutto questo vi concedo io, perch'è verissimo; e più v'aggiungo che non dubito punto che le frecce e le palle, non solo di piombo, ma di pietra e di ferro ancora, cacciate fuor d'una artiglieria si consumano, nel ferir l'aria con quella somma celerità, più che gli scogli o le muraglie nelle percosse dell'acqua e del vento; e dico, che se per fare una notabile corrosione o scortecciamento negli scogli e nelle torri ci vuole il ferir di ducento o trecento anni dell'acqua e del vento, nel roder le frecce e le palle d'artiglieria basterebbe ch'elle durassero ad andar per aria

[147] L. Ariosto, *Orlando furioso*, XXX, 49.

due o tre mesi soli: ma il tempo di due o tre battute di polso solamente non intendo già come possa fare effetto notabile. Oltre che mi restano due altre difficoltà nell'applicar questa vostra, veramente ingegnosa, considerazione al proposito vostro: l'una è, che noi parliamo di liquefare e struggere per via di calore, e non di consumare per via di percosse; l'altra è, che nel caso vostro voi avete bisogno che non il corpo solido, ma il corpo molle e sottile, sia quello che si stritoli ed assottigli, cioè l'aria, ch'è quella che s'ha poi ad accendere: ora l'esperienze addotte da voi provano che i sassi, e non l'aria o l'acqua, ricevon l'attrizione; e veramente io credo che l'aria e l'acqua, picchino pure se sanno picchiare, non però si assottiglieranno mai più che prima. Per tanto io concludo, poco aiuto e sollevamento per la causa vostra derivar da queste cose, come anco da quel ch'aggiungete della gragnuola e delle gocciole dell'acqua: delle quali io vi concedo che nel cader da alto si vadano rappiccolendo; ve lo concedo, dico, non perch'io non creda che possa esser vero anco tutto l'opposito di quel che dite voi, ma perché non veggo che né nell'uno né nell'altro modo abbia che far col proposito di che si tratta. Che la frombola poi co' suoi fischi e scoppi sia argomento d'aria condensata nella sua agitazione, la lascerò esser quel che piace a voi; ma avvertite che sarà una contradizzione a voi medesimo e un disastro alla vostra causa: imperocché sin qui avete sempre detto che per l'agitazione e commozione gagliarda si fa l'attrizione, rarefazzione e finalmente l'accendimento nell'aria, ed ora, per render ragione del sibilo della scaglia, o vero per trovare il senso delle parole assai offuscate di Stazio, volete la condensazione; sì che quella medesima commozione che, per servire allo struggere ed abbruciare, rarefà l'aria, per servizio de' frombolatori e di Stazio la condensa. Ma passiamo a sentire i testimoni degl'istorici.

45. « Sed ne poëtarum testimonium, ... qui sapientibus hanc notam inuram. »[148]

[148] In questo brano (VI, pp. 164-65) l'autore della *Libra* raggiunge la massima espressione della sua antiquata concezione scientifica, toccando

Io non posso non ritornare a meravigliarmi, che pur il Sarsi voglia persistere a provarmi per via di testimonii quello ch'io posso ad ogn'ora veder per via d'esperienze. S'essaminano i testimonii nelle cose dubbie, passate e non permanenti, e non in quelle che sono in fatto e presenti; e così è necessario che il giudice cerchi per via di testimonii sapere se è vero che ier notte Pietro ferisse Giovanni, e non se Giovanni sia ferito, potendo vederlo tuttavia e farne il *visu reperto* [149]. Ma più dico che anco nelle conclusioni delle quali non si potesse venire in cognizione se non per via di discorso, poca più stima farei dell'attestazioni di molti che di quella di pochi, essendo sicuro che il numero di quelli che nelle cose difficili discorron bene, è minore assai che di quei che discorron male. Se il discorrere circa un problema difficile fusse come il portar pesi, dove molti cavalli porteranno più sacca di grano che un caval solo, io acconsentirei che i molti discorsi facesser più che un solo; ma il discorrere è come il correre, e non come il portare, ed un caval barbero solo correrà più che cento frisoni. Però quando il Sarsi vien con tanta moltitudine d'autori, non mi par che fortifichi punto la sua conclusione, anzi che nobiliti la causa del signor Mario e mia, mostrando che noi abbiamo discorso meglio che molti uomini di gran credito. Se il Sarsi vuole ch'io creda a Suida che i Babilonii cocesser l'uova col girarle velocemente nella fionda, io la crederò; ma dirò bene, la cagione di tal effetto esser lontanissima da quella che gli viene attribuita, e per

il limite del ridicolo, quando ripete seriamente con Suida che i babilonesi cuocevano le uova facendole girare nella fionda.

[149] Una delle più mordaci critiche che Galilei abbia rivolto all'atteggiamento grettamente conservatore dei peripatetici è contenuto nella *Risposta* a F. Ingoli, giurista ravennate che nel 1616 aveva scritto una confutazione del sistema copernicano, intitolata *De situ et quiete Terrae contra Copernici systema disputatio*, con una polemica contrapposizione tra l'ossequio manifesto dei giuristi e degli uomini di legge alle autorità costituite ed all'« autorità d'uomini » e la spregiudicatezza degli scienziati i quali studiano solo la natura che « si burla delle costituzioni e decreti de i principi degli imperatori e monarchi, a richiesta de' quali ella non muterebbe un iota delle leggi e statuti suoi » (VI, p. 538).

trovar la vera io discorrerò così: « Se a noi non succede un effetto che ad altri altra volta è riuscito, è necessario che noi nel nostro operare manchiamo di quello che fu causa della riuscita d'esso effetto, e che non mancando a noi altro che una cosa sola, questa sola cosa sia la vera causa: ora, a noi non mancano uova, né fionde, né uomini robusti che le girino, e pur non si cuocono, anzi, se fusser calde, si raffreddano più presto; e perché non ci manca altro che l'esser di Babilonia, adunque l'esser Babiloni è causa dell'indurirsi l'uova, e non l'attrizion dell'aria », ch'è quello ch'io volevo provare. È possibile che il Sarsi nel correr la posta non abbia osservato quanta freschezza gli apporti alla faccia quella continua mutazion d'aria? e se pur l'ha sentito, vorrà egli creder più le cose di dumila anni fa, succedute in Babilonia e riferite da altri, che le presenti e ch'egli in se stesso prova? Io prego V. S. Illustrissima a farli una volta veder di meza state ghiacciare il vino per via d'una veloce agitazione, senza la quale egli non ghiaccerebbe altrimenti. Quali poi possano esser le ragioni che Seneca ed altri arrecano di questo effetto, ch'è falso, lo lascio giudicare a lei.

All'invito che mi fa il Sarsi ad ascoltare attentamente quello che conclude Seneca, e ch'egli poi mi domanda se si poteva dir cosa più chiaramente e più sottilmente, io gli presto tutto il mio assenso, e confermo che non si poteva né più sottilmente né più apertamente dire una bugia. Ma non vorrei già ch'ei mi mettesse, com'ei cerca di fare, per termine di buona creanza in necessità di credere quel ch'io reputo falso, sì che negandolo io venga quasi a dar una mentita a uomini che sono il fior de' letterati e, quel ch'è più pericoloso, a soldati valorosi; perch'io penso ch'eglino credesser di dire il vero, e così la lor bugia non è disonorata: e mentre il Sarsi dice, non volere esser di quelli che facciano un tal affronto ad uomini sapienti, di contradire e non credere a i lor detti, ed io dico, non voler esser di quelli così sconoscenti ed ingrati verso la natura e Dio, che avendomi dato sensi e discorso, io voglia pospor sì gran doni alle fallacie d'un uomo, ed alla cieca e balordamente creder ciò ch'io

sento dire, e far serva la libertà del mio intelletto a chi può così bene errare come me [150].

46. « Sed quid adversus hæc afferre possit Galilæus, ... invalido percussisse ictu. » [151]

Continua pure il Sarsi nel cominciato stile, di voler provar coll'altrui relazioni quello che sta in fatto e che ogn'ora si può vedere per l'esperienza, e come per autorizar gli antichi arcieri e frombolatori ha trovato uomini per altro insigni, così, per render credibile il medesimo effetto di liquefarsi le moderne palle d'archibuso e d'artiglieria, ha ritrovato un moderno istorico non men degno di fede né di minore autorità di qualunque altro antico. Ma perché non punto deroga di fede né di dignità all'istorico l'arrecare d'un effetto naturale vero una ragione non vera, essendo che all'istorico appartiene il solo effetto, ma la ragione è officio del filosofo; però, credendo io al signor Omero Tortora [152] che le palle d'artiglieria, per essere state incamiciate di piombo, facesser poco effetto nel batter la muraglia nemica, piglierò ardire di negargli la ragione ch'egli, ricevendola dalla commune filosofia, n'adduce; con isperanza che l'istesso istorico, sì come sin qui ha creduto quello che ha trovato scritto da tanti altri uomini grandi, l'autorità de' quali è stata bastante ad acquistar fede ad ogni lor detto, così, sentendo le mie ragioni, sia per cangiare opinione, o almeno per venire in pensiero di voler vedere coll'esperienza qual sia la verità. Credo dunque al signor Tortora, che le palle di ferro covertate di piombo nella batteria di Corbel facesser poco effetto, e che di loro si ritrovasser l'anime di ferro spogliate di piombo;

[150] « Che quel medesimo Iddio che ci ha dotati di sensi, di discorso e d'intelletto, abbia voluto, posponendo l'uso di questi, darci con altro mezzo le notizie che per quelli possiamo conseguire, non penso che sia necessario il crederlo » (lettera al Castelli del dicembre 1613, p. 529).

[151] VI, pp. 166-67. Orazio Grassi porta alcuni esempi di palle di schioppi che subiscono l'azione deformante del calore.

[152] Il Sarsi aveva citato questo erudito contemporaneo di Galilei autore di una *Historia di Francia*. Si notino i significati delle parole « istorico » e « filosofo », così diversi dal senso dei nostri giorni: l'« istorico » era per Galilei il raccoglitore di fatti e di notizie, di cui non andava all'origine; per « filosofo » Galilei intende lo scienziato.

e questo è tutto quello ch'appartiene all'istorico: ma non credo già l'altra parte filosofica, cioè che il piombo si liquefacesse, e che perciò si trovasser nude le palle di ferro; ma credo che giungendo con quello estremo impeto che dal cannone veniva cacciata la palla sopra la muraglia, la coverta di piombo in quella parte che rimaneva compressa tra 'l muro esterno e l'interior palla di ferro si ammaccasse e sbranasse, e che l'istesso o poco meno facesse anco l'altra parte del piombo opposta, schiacciandosi sopra il ferro, e che tutto il piombo, dilaniato e trasfigurato, saltasse in diverse bande, il quale poi, imbrattato da calcinacci e perciò simile ad altri fragmenti della ruina, malagevolmente si ritrovasse, e forse anco per avventura non fusse con quella diligenza ricercato, che richiederebbe la curiosità di chi volesse venire in cognizione s'ei si fusse strutto o pur dilacerato; e così servendo il piombo quasi come riparo e guanciale alla palla di ferro, onde ella minor percossa dava e riceveva, con ingrata ricompensa ne restava egli in guisa dilacerato e guasto, che né il cadavero ancora si ritrovava tra i morti. E perché io intendo che il signor Omero si ritrova così in Roma, se mai accadesse che s'incontrasse con V. S. Illustrissima, la prego a leggergli questo poco che ho scritto e quel resto che scriverò appresso in questo proposito; imperocché grandissima stima farei del guadagnarmi l'assenso di persona meritamente pregiata assai all'età nostra.

Dico dunque, che se noi considereremo in quanto tempo va la palla dal cannone alla muraglia, e quello che dentro a tal tempo deve operare per far la fusione del piombo, gran meraviglia sarà ch'altri voglia persistere in opinione che pur tal effetto segua. Il tempo è assai meno d'una battuta di polso, dentro al quale si ha da fare l'attrizione dell'aria, si ha poi d'accendere, ed in ultimo si deve liquefare il piombo; ma se noi metteremo la medesima palla di piombo nel mezo d'una fornace ardente, ei non si struggerà né anco in venti battute: resterà ora al Sarsi di persuader altrui, che l'aria attrita e accesa sia uno ardore incomparabilmente maggiore di quel d'una fornace. Di più, ci mostra l'esperienza come una palla di cera tirata coll'archibuso passa una tavola, ch'è

argomento ch'ella non si strugga per aria: bisognerà dunque che il medesimo Sarsi renda ragione, perché si liquefaccia il piombo, ma non la cera. Di più, se il piombo si liquefà, sicuramente, arrivando sopra un corsaletto, poca botta potrà fare; onde gran meraviglia mi resta che questi moschettieri non abbiano ancor pensato di far le palle di ferro, acciò non così facilmente si struggano; ma tirano pur con palle di piombo, alle quali poche piastre di ferro sono che resistano, ed in quelle che reggono si trova una ben profonda ammaccatura e la palla schiacciata, ma non già liquefatta. Negli uccelli ammazzati con le migliaruole si ritrovano i grani di piombo dell'istessa figura per l'appunto: toccherà al Sarsi a render ragione come si liquefacciano i pezzi di piombo di quindici o venti libre l'uno, ma non quelli che ne va trentamile alla libra. Che tutto il giorno si trovino tra i vestimenti de' nemici le palle diversificate di figura, crederò che alcune si sieno schiacciate nell'armadura, e tali rimaste tra i panni; altre possono avere urtato per iscancio in una celata e perciò allungatesi, e, giungendo stracche ne' panni di un altro, restatevi senza offenderlo: ed in somma possono in una scaramuccia accadere mille accidenti, dico senza liquefazione; la quale quando fusse, bisognerebbe che il piombo, disperdendosi in più minute stille che non fa l'acqua (come sa il Sarsi), da luoghi altissimi, e però con gran velocità, cadendo, si perdesse del tutto, sì che niente d'esso si ritrovasse. Lascio star di dire che la freccia e la palla accompagnate dall'aria ardente doverebbono, la notte in particolare, mostrar nel lor viaggio una strada risplendente, come quella d'un razo, giusto nella maniera che scrive Virgilio nella freccia di Aceste, che segnò il suo cammino colle fiamme; tuttavia tal effetto non si vede se non poeticamente, ben che gli altri accidenti notturni, come di baleni, di stelle discorrenti, per gran lume si facciano molto cospicuamente vedere.

47. « At id quotidie accidere non videmus... ad poëtarum et philosophorum testimonia evadenda. » [153]

[153] VI, pp. 167-68. Dopo aver sostenuto che la sua teoria « quotidianis etiam exemplis comprobatur » (da quotidiani esempi era confermata),

Questo liquefarsi le palle di piombo, che quattro versi di sopra disse il Sarsi che si conferma con esempli cotidiani, adesso dice accader così di rado, che, come cosa insolita, vien reputato quasi un miracolo. Or questa gran ritirata ci assicura pur di vantaggio ch'ei si conosce molto bisognoso di schermi e di fughe; il qual bisogno va egli confermando colla propria inconstanza, di voler or questa cosa ed or quella: ora dice che per accender l'aria basta l'agitazione d'un piccol venticello, ed anco il solo arrivo d'un uomo vivo sopra un cimiterio di morti; altra volta (come ha detto di sopra, e replica nel fine di questa proposizione) vorrà un moto veemente, una copia grande d'essalazioni, una grande attenuazione di materia, e se altra cosa è che conferisca a questa fattura; ed a quest'ultimo riquisito sottoscrivo più che a tutti gli altri, sicurissimo che non solo questi accendimenti, ma qualunque altro più meraviglioso e recondito effetto di natura segue quando vi son quei requisiti che si convengono. Vorrei ben sapere a che proposito mi domandi il Sarsi, dopo aver detto delle fiamme che sopra i cimiteri s'accendono per lo semplice arrivo d'un uomo o per un lento venticello, mi domandi, dico, dove sia qui l'attrizion de' corpi duri? Io ho ben detto che l'attrizion potente ad eccitare il fuoco è sola quella che vien fatta da' corpi solidi; ora non so qual logica insegni al Sarsi a ritrar da questo detto ch'io voglia che, qualunque si sia l'accendimento, non si possa cagionar da altro che da cotale attrizione. Replico dunque al Sarsi che l'incendio si può suscitare in molti modi, tra i quali uno è l'attrizione e stropicciamento gagliardo di due corpi duri; e perché tale attrizione non si può far da' corpi sottili e fluidi, però dico che le comete e baleni, le saette, le stelle discorrenti, ed ora aggiugniamoci le fiamme de' cimiteri, non s'accendono per attrizione né d'aria né di venti

Grassi dice che « non sempre vediamo ciò accadere ogni giorno »; perciò Galilei sottolineò queste parole. Il Grassi riporta il fenomeno da lui illustrato ai fuochi fatui dei cimiteri e ricorrendo anche ad Aristotele, vuol sostenere che le « palle di piombo lanciate anche con gran forza dalle fionde, accenderanno col proprio moto l'aria e dall'aria accesa, a loro volta, saranno accese ».

né d'esalazioni, anzi che ciascheduno di questi abbruciamenti si fa il più delle volte nelle maggiori tranquillità d'aria e quando il vento è del tutto fermo. Voi forse mi direte: « Qual dunque è la causa di queste incensioni? » Vi risponderò, per non entrare in nuove liti, che non la so, ma che so bene che né l'acqua né l'aria si tritano né si accendono né s'abbruciano già mai, non essendo materie né tritabili né combustibili: e se dando fuoco ad un sol fil di paglia, a un capello di stoppa, non resta l'abbruciamento sin che tutta la stoppa e tutta la paglia, se ben fusse cento milioni di carra, non è abbruciata; anzi, se dato fuoco ad un piccol legno abbrucerebbe tutta la casa e la città intera e tutte le legna del mondo che fusser contigue alle prime ardenti, se non si corresse prestamente a i ripari, chi riterrebbe mai che l'aria, così sottile e di parti tutte aderenti senza separazione, quando se n'accendesse una particella, non ardesse anco il tutto?

Riducesi finalmente il Sarsi a dire con Aristotile che se mai accaderà che l'aria sia abondantemente ripiena di tali essalazioni ben temperate, e con altri riquisiti detti, allora si liquefanno le palle di piombo, e non solamente quelle dell'artiglierie e degli archibusi, ma le tirate colle fionde ancora. Dunque tale bisogna che fusse lo stato dell'aria al tempo che i Babilonii cocevan l'uova; tale fu, con gran ventura degli assediati, mentre si batteva la città di Corbel; ed allora che tale si ritrova, si può allegramente andar contro all'archibusate: ma perché l'affrontare una tal costituzione è cosa di ventura e che non accade così spesso, però dice il Sarsi che non si deve ricorrere all'esperienze, attento che questi miracoli non si fanno arbitrio nostro, ma del caso, ch'è poi difficilissimo a incontrarsi. Tanto che, signor Sarsi, quando bene l'esperienze fatte mille e mille volte, in tutte le stagioni dell'anno ed in qualsivoglia luogo, non riscontrassero mai co 'l detto di quei poeti filosofi ed istorici, questo non importa niente, ma dobbiamo credere alle lor parole, e non a gli occhi nostri. Ma se io vi troverò una costituzion d'aria con tutti quei requisiti che voi dite che si ricercano, e che ad ogni modo non ci cuocano l'uova né si struggano le palle di piombo, che direte voi allora, signor Sarsi? Ma

aimè! io fo troppo grande oblazione, e sempre vi rimarrà la ritirata con dire che vi manca qualche requisito necessario. Troppo avvedutamente vi recaste voi in un posto sicuro, quando diceste esser di bisogno per l'effetto un moto violento, gran copia d'essalazioni, una materia bene attenuata et « si quid aliud ad idem conducit »: quel « si quid aliud » è quel che mi sbigottisce, ed è per voi un'àncora sacra, un asilo, una franchigia troppo sicura. Io avevo fatto conto di sospender la causa e soprassedere sin che venisse qualche cometa, immaginandomi che in quel tempo della sua durazione Aristotile e voi foste per concedermi che l'aria, sì come si trovava ben disposta per l'abbruciamento di quella, così si ritrovasse anco per la liquefazzione del piombo e per cuocer l'uova, parendomi che voi aveste per ambedue gli effetti ricercato la medesima disposizione; ed allora volevo che noi mettessimo mano alle fionde, all'uova, agli archi, ai moschetti ed all'artiglierie, e ci chiarissimo in fatto della verità di questo negozio; anzi pure che, senz'aspettar comete, il tempo dovrebbe essere opportuno di meza state, e quando l'aria lampeggia e fulmina, venendo a tutti questi ardori assegnata l'istessa causa: ma dubito che quando ben voi non vedeste in cotali tempi liquefarsi le palle, né pur cuocersi l'uova, non però cedereste, ma direste mancarci quel « si quid aliud ad idem conducens ». Se voi mi direte che cosa sia questo « si quid aliud », io mi sforzerò di provederlo; quanto che no, lascerò correr la sentenza, la qual credo senz'altro che sarà contro di voi, se non in tutto e per tutto, almanco in questa parte, che mentre che noi andiamo ricercando la causa naturale d'un effetto, voi vi riducete a voler ch'io m'appaghi d'una ch'è tanto rara, che voi stesso la nominate finalmente e la riponete tra i miracoli. Ora, sì come né per girar di fionde né per tirar d'archi né d'archibusi né d'artiglierie noi non veggiamo mai farsi gli effetti più volte nominati, o pur, se già mai è accaduto un tale accidente, è stato così di rado che dobbiamo tenerlo come miracolo, e come tale più tosto crederlo all'altrui relazione che cercar di vederlo per prova; perché, dico, stanti queste cose così, non vi dovete voi contentar di conceder che veramente per uno ordinario

le comete non si accendono per un'attrizione d'aria, e contentarvi ancora di passar come cosa di miracolo se pur alcuno vi concederà che tal una si sia, una volta in mill'anni, accesa per quella attrizione ben corredata di tutte quelle circostanze che voi ricercate?

Quanto all'instanza che il Sarsi si promuove e risolve, cioè che alcuno forse potrebbe dire che non per attrizion d'aria, ma pel fuoco veemente che le caccia, si struggono le palle d'archibuso e d'artiglieria; io, primieramente, non sarò di quelli che oppongano in cotal guisa, perché dico ch'elle non si struggono né in quello né in modo veruno: quanto poi alla risposta dell'instanza, non so perché il Sarsi non abbia arrecata quella ch'è propriissima e chiara, dicendo che le palle e le frecce cacciate colla fionda e coll'arco, dove non è fuoco, mostrano la nullità dell'instanza apertamente. Questa pare a me che fusse risposta assai più diretta che la portata dal Sarsi, cioè che 'l tempo nel quale la palla va col fuoco, gli par troppo breve per liquefare un gran pezzo di piombo: il che è vero, ma vero è ancora che assai più breve è l'altro tempo ch'ella spende nel suo viaggio, per liquefarlo con l'attrizion dell'aria.

All'ultima conclusione ch'ei ne raccoglie, non so che rispondere, perché non intendo punto ciò ch'ei si voglia dire mentr'ei dice, bastargli aver mostrato ch'io, per questi essempi, non ho ritirata alcuna per isfuggire i testimonii de' poeti e de' filosofi; i quali testimonii essendo scritti e stampati in mille libri, io non ho mai cercato di sfuggirli, e ben mi parrebbe privo di discorso affatto chi tentasse una tale impresa. Ho ben detto che l'attestazioni son false, e tali mi par che siano tuttavia.

48. « Sed obiicit præterea... ad idem conducit. »[154]

[154] VI, pp. 168-69. Nel *Discorso delle Comete* Galilei aveva discusso la ipotesi che la cometa fosse come il fulmine o le stelle cadenti, cioè esalazioni terrestri incendiate; ma osserva che se la cometa fosse « da tal qualità di fuoco accesa, dovrebbe ben tosto consumarsi e finire » (VI, p. 59). Grassi ribatte che si tratta di materiale più resistente, che, pur incendiato, dura di più.

Legga or V. S. Illustrissima quel che resta fino al fine di questa proposizione; nel qual proposito poco mi resta che dire, avendone detto assai di sopra. Per tanto metterò solo in considerazione, come il Sarsi, per mantenere che l'incendio della cometa possa durare mesi e mesi, ancor che gli altri che si fanno in aria, come baleni, fulmini, stelle discorrenti e simili, sieno momentanei, assegna due sorti di materie combustibili: altre leggieri, rare, secche e senz'alcun collegamento d'umidità; altre viscose, glutinose, e in consequenza con qualche umidità collegate: delle prime vuol che si facciano gli abbruciamenti momentanei; delle seconde, gl'incendii diuturni, quali sono le comete. Ma qui mi si rappresenta una assai manifesta repugnanza e contradizzione: perché, se così fusse, dovrebbono i baleni e i fulmini, come quelli che si fanno di materia rara e leggiera, farsi nelle parti altissime, e le comete, come accese in materia più glutinosa, corpulenta, ed in consequenza più grave, nelle parti più basse; tuttavia accade il contrario, perché i baleni ed i fulmini non si fanno alti da terra né anco un terzo di miglio, sì come ci assicura il piccolo intervallo di tempo che resta tra il veder noi il baleno e 'l sentire il tuono, quando ci tuona sopra il vertice; ma che le comete sieno indubitabilmente senza comparazione più alte, quando altro non ce lo manifestasse a bastanza, l'abbiamo dal lor movimento diurno da oriente in occidente, simile a quello delle stelle. E tanto basti aver considerato intorno a queste esperienze.

Restami ora che, conforme alla promessa fatta di sopra a V. S. Illustrissima, io dica certo mio pensiero intorno alla proposizione « Il moto è causa di calore », mostrando in qual modo mi par ch'ella possa esser vera. Ma prima mi fa di bisogno fare alcuna considerazione sopra questo che noi chiamiamo *caldo*, del qual dubito grandemente che in universale ne venga formato concetto assai lontano dal vero, mentre vien creduto esser un vero accidente affezzione e qualità che realmente risegga nella materia dalla quale noi sentiamo riscaldarci.

Per tanto io dico che ben sento tirarmi dalla necessità, subito che concepisco una materia o sostanza corporea, a

concepire insieme ch'ella è terminata e figurata di questa o di quella figura, ch'ella in relazione ad altre è grande o piccola, ch'ella è in questo o quel luogo, in questo o quel tempo, ch'ella si muove o sta ferma, ch'ella tocca o non tocca un altro corpo, ch'ella è una, poche o molte, né per veruna imaginazione posso separarla da queste condizioni; ma ch'ella debba essere bianca o rossa, amara o dolce, sonora o muta, di grato o ingrato odore, non sento farmi forza alla mente di doverla apprendere da cotali condizioni necessariamente accompagnata: anzi, se i sensi non ci fussero scorta, forse il discorso o l'immaginazione per se stessa non v'arriverebbe già mai. Per lo che vo io pensando che questi sapori, odori, colori, etc., per la parte del suggetto nel quale ci par che riseggano, non sieno altro che puri nomi, ma tengano solamente lor residenza nel corpo sensitivo, sì che rimosso l'animale, sieno levate ed annichilate tutte queste qualità; tuttavolta però che noi, sì come gli abbiamo imposti nomi particolari e differenti da quelli de gli altri primi e reali accidenti, volessimo credere ch'esse ancora fussero veramente e realmente da quelli diverse [155].

Io credo che con qualche essempio più chiaramente spiegherò il mio concetto. Io vo movendo una mano ora sopra una statua di marmo, ora sopra un uomo vivo. Quanto all'azzione che vien dalla mano, rispetto ad essa mano è la medesima sopra l'uno e l'altro soggetto, ch'è di quei primi accidenti, cioè moto e toccamento, né per altri nomi vien

[155] È contenuta in questo celebre pensiero di Galilei la sua dichiarazione filosofica più evidente: richiamandosi ad una analoga posizione di Democrito che in un frammento (*Atomisti*, Bari, 1936, B 11) aveva distinto una conoscenza vera, quella razionale e matematica che coglie le qualità geometriche degli atomi, da una conoscenza sensibile, qui Galilei espone la la sua teoria su quelle qualità, che il Boyle per primo chiamerà primarie e secondarie: le prime sono elementi che il nostro intelletto non può non cogliere perché necessariamente collegate al concetto di corpo; le seconde non rappresentano elementi costitutivi dei corpi, ma dipendono dall'apparato sensitivo del soggetto. Con questa distinzione Galilei imprime agli studi naturali un nuovo indirizzo: infatti la necessità con cui l'intelletto scorge le qualità primarie dei corpi prova che esiste negli oggetti un elemento razionale e quantitativo, esprimibile in termini di aritmetica, di geometria e di meccanica.

da noi chiamata: ma il corpo animato, che riceve tali operazioni, sente diverse affezzioni secondo che in diverse parti vien tocco; e venendo toccato, verbigrazia, sotto le piante de' piedi, sopra le ginocchia o sotto l'ascelle, sente, oltre al commun toccamento, un'altra affezzione, alla quale noi abbiamo imposto un nome particolare, chiamandola *solletico*: la quale affezzione è tutta nostra, e non punto della mano; e parmi che gravemente errerebbe chi volesse dire, la mano, oltre al moto ed al toccamento, avere in sé un'altra facoltà diversa da queste, cioè il solleticare, sì che il solletico fusse un accidente che risedesse in lei. Un poco di carta o una penna, leggiermente fregata sopra qualsivoglia parte del corpo nostro, fa, quanto a sé, per tutto la medesima operazione, ch'è muoversi e toccare; ma in noi, toccando tra gli occhi, il naso, e sotto le narici, eccita una titillazione quasi intollerabile, ed in altra parte a pena si fa sentire. Or quella titillazione è tutta di noi, e non della penna, e rimosso il corpo animato e sensitivo, ella non è più altro che un puro nome. Ora, di simile e non maggiore essistenza credo io che possano esser molte qualità che vengono attribuite a i corpi naturali, come sapori, odori, colori ed altre.

Un corpo solido, e, come si dice, assai materiale, mosso ed applicato a qualsivoglia parte della mia persona, produce in me quella sensazione che noi diciamo *tatto*, la quale, se bene occupa tutto il corpo, tuttavia pare che principalmente risegga nelle palme delle mani, e più ne i polpastrelli delle dita, co' quali noi sentiamo piccolissime differenze d'aspro, liscio, molle e duro, che con altre parti del corpo non così bene le distinguiamo; e di queste sensazioni altre ci sono più grate, altre meno, secondo la diversità delle figure de i corpi tangibili, lisce o scabrose, acute o ottuse, dure o cedenti: e questo senso, come più materiale de gli altri e ch'è fatto dalla solidità della materia, par che abbia riguardo all'elemento della terra. E perché di questi corpi alcuni si vanno continuamente risolvendo in particelle minime, delle quali altre, come più gravi dell'aria, scendono al basso, ed altre, più leggieri, salgono ad alto; di qui forse nascono due altri sensi, mentre quelle vanno a ferire due parti del corpo nostro

assai più sensitive della nostra pelle, che non sente l'incursioni di materie tanto sottili tenui e cedenti: e quei minimi che scendono, ricevuti sopra la parte superiore della lingua, penetrando, mescolati colla sua umidità, la sua sostanza, arrecano i sapori, soavi o ingrati, secondo la diversità de' toccamenti delle diverse figure d'essi minimi, e secondo che sono pochi o molti, più o men veloci; gli altri, che ascendono, entrando per le narici, vanno a ferire in alcune mammillule che sono lo strumento dell'odorato, e quivi parimente son ricevuti i lor toccamenti e passaggi con nostro gusto o noia, secondo che le lor figure son queste o quelle, ed i lor movimenti, lenti o veloci, ed essi minimi, pochi o molti. E ben si veggono providamente disposti, quanto al sito, la lingua e i canali del naso: quella, distesa di sotto per ricevere l'incursioni che scendono; e questi, accommodati per quelle che salgono: e forse all'eccitar i sapori si accommodano con certa analogia i fluidi che per aria discendono, ed a gli odori gl'ignei che ascendono. Resta poi l'elemento dell'aria per li suoni: i quali indifferentemente vengono a noi dalle parti basse e dall'alte e dalle laterali, essendo noi costituiti nell'aria, il cui movimento in se stessa, cioè nella propria regione, è egualmente disposto per tutti i versi; e la situazion dell'orecchio è accommodata, il più che sia possibile, a tutte le positure di luogo; ed i suoni allora son fatti, e sentiti in noi, quando (senz'altre qualità sonore o transonore) un frequente tremor dell'aria, in minutissime onde increspata, muove certa cartilagine di certo timpano ch'è nel nostro orecchio. Le maniere poi esterne, potenti a far questo increspamento nell'aria, sono moltissime; le quali forse si riducono in gran parte al tremore di qualche corpo che urtando nell'aria l'increspa, e per essa con gran velocità si distendono l'onde, dalla frequenza delle quali nasce l'acutezza del suono, e la gravità dalla rarità. Ma che ne' corpi esterni, per eccitare in noi i sapori, gli odori e i suoni, si richiegga altro che grandezze, figure, moltitudini e movimenti tardi o veloci, io non lo credo; e stimo che, tolti via gli orecchi le lingue e i nasi, restino bene le figure i numeri e i moti, ma non già gli odori né i sapori né i suoni, li quali fuor dell'animal

vivente non credo che sieno altro che nomi, come a punto altro che nome non è il solletico e la titillazione, rimosse l'ascelle e la pelle intorno al naso. E come a i quattro sensi considerati ànno relazione i quattro elementi, così credo che per la vista, senso sopra tutti gli altri eminentissimo, abbia relazione la luce, ma con quella proporzione d'eccellenza qual è tra 'l finito e l'infinito, tra 'l temporaneo e l'instantaneo, tra 'l quanto e l'indivisibile, tra la luce e le tenebre. Di questa sensazione e delle cose attenenti a lei io non pretendo d'intenderne se non pochissimo, e quel pochissimo per ispiegarlo, o per dir meglio per adombrarlo in carte, non mi basterebbe molto tempo, e però lo pongo in silenzio.

E tornando al primo mio proposito in questo luogo, avendo già veduto come molte affezzioni, che sono reputate qualità risedenti ne' soggetti esterni, non ànno veramente altra essistenza che in noi, e fuor di noi non sono altro che nomi, dico che inclino assai a credere che il calore sia di questo genere, e che quelle materie che in noi producono e fanno sentire il caldo, le quali noi chiamiamo con nome generale *fuoco*, siano una moltitudine di corpicelli minimi, in tal e tal modo figurati, mossi con tanta e tanta velocità; li quali, incontrando il nostro corpo, lo penetrino con la lor somma sottilità, e che il lor toccamento, fatto nel lor passaggio per la nostra sostanza e sentito da noi, sia l'affezzione che noi chiamiamo *caldo*, grato o molesto secondo la moltitudine e velocità minore o maggiore d'essi minimi che ci vanno pungendo e penetrando, sì che grata sia quella penetrazione per la quale si agevola la nostra necessaria insensibil traspirazione, molesta quella per la quale si fa troppo gran divisione e risoluzione nella nostra sostanza [156]: sì che in somma l'operazion del fuoco per la parte sua non sia altro

[156] « Il corpo dunque che ha da render calore, bisogna che si vada dissolvendo in sottilissime parti, le quali, movendosi, penetrano per li meati della nostra carne e, nel passar per essa, secondo che saranno pochi o molti, tardi o veloci, produrranno col loro toccamento in noi un certo grato diletto, che noi poi chiamiamo caldo soave, o vero una violenta dissoluzione di parti con molto nostro dolore, la quale scottamento o abbruciamento viene detta » (*Discorso delle Comete*, VI, p. 56).

che, movendosi, penetrare colla sua massima sottilità tutti i corpi, dissolvendogli più presto o più tardi secondo la moltitudine e velocità degl'ignicoli e la densità o rarità della materia d'essi corpi; de' quali corpi molti ve ne sono de' quali, nel lor disfacimento, la maggior parte trapassa in altri minimi ignei, e va seguitando la risoluzione fin che incontra materie risolubili. Ma che oltre alla figura, moltitudine, moto, penetrazione e toccamento, sia nel fuoco altra qualità, e che questa sia caldo, io non lo credo altrimenti; e stimo che questo sia talmente nostro, che, rimosso il corpo animato e sensitivo, il calore non resti altro che un semplice vocabolo. Ed essendo che questa affezzione si produce in noi nel passaggio e toccamento de' minimi ignei per la nostra sostanza, è manifesto che quando quelli stessero fermi, la loro operazion resterebbe nulla: e così veggiamo una quantità di fuoco, ritenuto nelle porosità ed anfratti di un sasso calcinato, non ci riscaldare, ben che lo tegniamo in mano, perch'ei resta in quiete; ma messo il sasso nell'acqua, dov'egli per la di lei gravità ha maggior propensione di muoversi che non aveva nell'aria, ed aperti di più i meati dall'acqua, il che non faceva l'aria, scappando i minimi ignei ed incontrando la nostra mano, la penetrano, e noi sentiamo il caldo.

Perché, dunque, ad eccitare il caldo non basta la presenza de gl'ignicoli, ma ci vuol il lor movimento ancora, quindi pare a me che non fusse se non con gran ragione detto, il moto esser causa di calore. Questo è quel movimento per lo quale s'abbruciano le frecce e gli altri legni e si liquefà il piombo e gli altri metalli, mentre i minimi del fuoco, mossi o per se stessi con velocità, o, non bastando la propria forza, cacciati da impetuoso vento de' mantici, penetrano tutti i corpi, e di quelli alcuni risolvono in altri minimi ignei volanti, altri in minutissima polvere, ed altri liquefanno e rendono fluidi come acqua. Ma presa questa proposizione nel sentimento commune, sì che mossa una pietra, o un ferro, o legno, ei s'abbia a riscaldare, l'ho ben per una solenne vanità. Ora, la confricazione e stropicciamento di due corpi duri, o col risolverne parte in minimi sottilissimi e volanti, o coll'aprir l'uscita a gl'ignicoli contenuti, gli riduce final-

mente in moto, nel quale incontrando i nostri corpi e per essi penetrando e scorrendo, e sentendo l'anima sensitiva nel lor passaggio i toccamenti, sente quell'affezzione grata o molesta, che noi poi abbiamo nominata *caldo*, *bruciore* o *scottamento*. E forse mentre l'assottigliamento e attrizione resta e si contiene dentro a i minimi quanti, il moto loro è temporaneo, e la lor operazione calorifica solamente; che poi arrivando all'ultima ed altissima risoluzione in atomi realmente indivisibili, si crea la luce, di moto o vogliamo dire espansione e diffusione instantanea, e potente per la sua, non so s'io debba dire sottilità, rarità, immaterialità, o pure altra condizion diversa da tutte queste ed innominata, potente, dico, ad ingombrare spazii immensi.

Io non vorrei, Illustrissimo Signore, inavvertentemente ingolfarmi in un oceano infinito, onde io non potessi poi ridurmi in porto; né vorrei, mentre procuro di rimuovere una dubitazione, dar causa al nascerne cento, sì come temo che anco in parte possa essere occorso per questo poco che mi sono scostato da riva: però voglio riserbarmi ad altra occasion più opportuna.

49. « Dum Galilæus de fulgore illo agit, ... cum non abiiciantur [157]. »

Passi ora V. S. Illustrissima alla terza proposizione, la quale legga e rilegga tutta con attenzione: dico con attenzione, acciò tanto più manifestamente si conosca poi, quanto artificiosamente vada pure il Sarsi continuando suo stile di voler, coll'alterare levare ed aggiungere e più col divertire il discorso e meschiarlo con cose aliene dal proposito, offu-

[157] VI, pp. 169-73. Nel *Discorso delle Comete* (VI, pp. 83-5) il Guiducci aveva asserito che le stelle e gli altri corpi luminosi non accendono l'aria, tanto che poteva dire, a conferma dell'ipotesi galileiana sulla natura della cometa, che quando il telescopio ingrandisce i corpi lucidi non ingrandisce la loro chioma che pertanto non sarebbe nulla di reale. L'autore della *Libra*, riferendosi a queste considerazioni e alla prova fornita (l'irradiazione della luce colta attraverso gli occhi umidi) cerca di scoprirne la contraddizione e conclude che al contrario l'aria può essere illuminata dalle stelle. Di questa sua conclusione vuole dare conferma ricorrendo ad alcune esperienze, e finisce dicendo che il cannocchiale non toglie affatto alle stelle il « fulgore acquisito ».

scar la mente del lettore, sì che in ultimo, tra le cose da sé confusamente apprese, gli possa restar qualche opinione che il signor Mario non abbia così stabilita la sua dottrina, che altri non v'abbia potuto trovar che opporre.

Essendo stata opinione di molti ch'una fiammella ardente apparisca assai maggiore in certa distanza perch'ella accenda, ed in conseguenza renda egualmente splendida, buona parte dell'aria sua circonvicina, onde poi da lontano e l'aria accesa e la vera fiammella appariscano un lume solo; il signor Mario, confutando questo, disse che l'aria non s'accendeva né s'illuminava, e che l'irraggiamento, per cui si faceva l'ingrandimento, non era intorno alla fiammella, ma nella superficie dell'occhio nostro. Il Sarsi, volendo trovar che opporre a cotal vera dottrina, in vece di render grazie al signor Mario d'avergli insegnato quello che di sicuro gli era sino allora stato ignoto, si fa innanzi, e si pone a voler provare come contro al detto del signor Mario, l'aria s'illumina: nella quale impresa egli, per mio parere, erra in molte maniere.

E prima, dove il signor Mario, redarguendo il detto di quei filosofi, disse che l'aria non s'accendeva né s'illuminava, il Sarsi mette sotto silenzio quella parte dell'accendersi, e solo tratta dell'illuminarsi: onde il signor Mario con ragion può dire al Sarsi d'aver parlato d'una cosa, ed esso aver preso ad impugnarne un'altra; aver parlato, dico, dell'aria circonvicina alla fiammella e dell'illuminazione che le può venire dal suo accendersi, e quello aver parlato dell'illuminazione che senza incendio viene sopra l'aria vaporosa, posta in qualsivoglia distanza dall'oggetto illuminante. Inoltre, egli medesimo sul primo ingresso dice che i corpi diafani non s'illuminano, tra i quali mette nel primo luogo l'aria, e poi soggiunge che, mescolata con vapori grossi e potenti a reflettere il lume, ella ben s'illumina. Adunque, signor Sarsi, sono i vapori grossi, e non l'aria, quelli che s'illuminano. Voi mi fate sovvenir di quello che diceva che il grano gli faceva venir capogiroli e stornimenti di testa, quando però v'era mescolato del loglio. Ma è il loglio, in buon'ora, e non il grano, quello ch'offende. Voi volete insegnarci che nell'aria vaporosa s'illumina l'aurora, che mill'altri ed il signor Mario

stesso l'ha in sei luoghi scritto innanzi a voi. Ma che più? voi medesimo in questo medesimo luogo dite che io l'ammetto insino intorno alla Luna ed a Giove; adunque tutte le prove ed esperienze di aurora, d'aloni, di parelii e di Luna ascosta dopo qualche parete sono superflue, non avendo noi già mai dubitato, non che negato, che i vapori diffusi per aria, le nuvole e la caligine s'illuminano. Ma che volete voi, signor Sarsi, far poi di cotale illuminazione? dir forse (come in effetto dite) che per essa appariscano i primarii oggetti illuminanti maggiori? e come non v'accorgete voi che, quando ciò fusse vero, bisognerebbe che il Sole e la Luna si mostrassero grandi quanto tutta l'aurora e gli aloni interi, imperò che cotanta è l'aria vaporosa che del lume loro è fatta partecipe? Voi dunque, signor Sarsi, perché avete trovato scritto (dico così, perché voi stesso citate i filosofi e gli autori d'ottica per confermare ed autorizare cotali proposizioni) che la region vaporosa s'illumina, ed oltre a ciò che il Sole e la Luna vicini all'orizonte appariscono, mediante tal regione vaporosa, maggiori che inalzati verso il mezo cielo, vi siete persuaso che da cotale illuminazione dependa il loro apparente ingrandimento. È vera l'una e l'altra proposizione, cioè che l'aria vaporosa s'illumina, e che il Sole e la Luna presso all'orizonte, mercé della region vaporosa, appariscono maggiori; ma è falso il connesso delle due proposizioni, cioè che la maggioranza dependa dall'esser tal regione illuminata, e voi vi sete molto ingannato, e toglietevi da così erronea opinione; imperocché non pel lume de' vapori, ma per la figura sferica dell'esterna loro superficie, e per la lontananza maggiore di quella dall'occhio nostro quando gli oggetti son più verso l'orizonte, appariscono essi oggetti maggiori della lor commune apparente grandezza, e non i luminosi solamente, ma qualunque altro posto fuor di tal regione. Traponete tra l'occhio vostro e qualsivoglia oggetto una lente convessa cristallina in varie lontananze: vedrete che quando essa lente sarà vicino all'occhio, poco si accrescerà la specie dell'oggetto veduto; ma discostandola, vedrete successivamente andar quella ingrandendosi. E perché la region vaporosa termina in una superficie sferica, non molto

elevata sopra il convesso della Terra, le linee rette che tirate dall'occhio nostro arrivano alla detta superficie, sono disuguali, e minima di tutte la perpendicolare verso il vertice, e dell'altre di mano in mano maggior sono le più inclinate verso l'orizonte che verso il zenit. Quindi anco (e sia detto per transito) si può facilmente raccorre la causa dell'apparente figura ovata del Sole e della Luna presso all'orizonte, considerando la gran lontananza dell'occhio nostro dal centro della Terra, ch'è lo stesso che quello della sfera vaporosa; della quale apparenza, come credo che sappiate, ne sono stati scritti, come di problema molto astruso, interi trattati, ancor che tutto il misterio non ricerchi maggior profondità di dottrina che l'intender per qual ragione un cerchio veduto in maestà ci paia rotondo, ma guardato in iscorcio ci apparisca ovato.

Ma ritornando alla materia nostra, io non so con che proposito dica il signor Sarsi, esser cosa ridicolosa il dire che l'alba e i crepuscoli ed altri simili splendori si generino nell'umore sparso sopra l'occhio, e molto più ridicoloso se alcuno dicesse che guardando noi verso il vertice, avessimo gli occhi più secchi che guardando l'orizonte, e che però la Luna e 'l Sole ci paresser minori in quel luogo che in questo: non so, dico, a che fine sieno introdotte queste sciocchezze, non si trovando chi già mai l'abbia dette. Ma mentre il Sarsi ci figura per troppo semplici, veggiamo se forse cotal nota più ad esso che a noi s'accommodi. Qui si tratta di quello irraggiamento avventizio per lo quale le stelle ed altri lumi inghirlandandosi appariscono assai maggiori che se fussero visti i loro piccoli corpicelli spogliati di tali raggi, tra i quali, perché sono poco men lucidi della prima e vera fiammella, resta esso corpicello indistinto, in modo che ed esso e l'irraggiamento si mostra come un sol oggetto grande e risplendente. A parte di questo irraggiamento ed ingrandimento vuole il Sarsi mettere il lume che per refrazzione si produce nell'aria vaporosa, e vuole che per questo il Sole e la Luna si mostrino maggiori verso l'orizonte che elevati in alto, e, quel ch'è peggio, vuole che l'istesso abbiano creduto molti altri filosofi: il che è falso, né ànno sì altamente errato.

E che questo sia grandissimo errore, lo doveva molto speditamente mostrare al Sarsi la grandissima distinzione che si vede tra le luci del Sole e della Luna e l'altro splendore circunfuso, dentro al quale incomparabilmente più lucido e meglio determinato questo e quel luminare si discerne: il che non accade dell'irraggiamento delle stelle, tra 'l quale il corpicello della stella resta da pari splendore ingombrato ed indistinto.

Ma sento il Sarsi che risponde e dice, che quel Sole e Luna grandi non sono i corpi reali nudi e schietti, ma uno aggregato e composto del piccol corpo reale e dell'irraggiamento che l'inghirlanda e racchiude in mezo con luce non minore della primaria, onde ne risulta il gran disco apparente tutto egualmente splendido. Ma se questo è, signor Sarsi, perché non si mostra la Luna così grande nel mezo del cielo ancora? vi manca forse l'aria vaporosa atta ad illuminarsi? Io non so quello che voi foste per rispondere, né me lo potrei immaginare, perché non si potendo contra a un vero venir con altro che con fallacie e chimere, le quali, come voi sapete, sono infinite, io non potrei indovinar la vostra eletta. Ma per troncarle tutte in una volta e cavar voi ed altri, se vi fussero, d'errore, basti, a farvi toccar con mano che la gran Luna che voi vedete nell'orizonte è la schietta e nuda, e non aggrandita per altra luce avventizia e circunfusa, basti, dico, il vedere le sue macchie sparse per tutto il suo disco sino all'estrema circonferenza nella guisa a capello che si mostra nel mezo del cielo; ché se fusse come avete creduto voi, le macchie nella Luna bassa e grande si doverebbon veder raccolte tutte nella parte di mezo, lasciando la ghirlanda intorno lucida e senza macchie. Adunque, non per isplendore aggiunto, ma per uno ingrandimento di tutta la specie nel refrangersi nella remota superficie vaporosa, si mostrano il Sole e la Luna maggiori bassi che alti [158].

Or vedete, signor Sarsi, quanto è facil cosa l'atterrare il falso e sostenere il vero. Questa pur troppo grand'evidenza

[158] Cfr. *Sidereus nuncius*, p. 295.

della falsità di molte proposizioni che si leggono nel vostro libro, non mi lascia interamente credere che voi non l'abbiate compresa; e vo pensando che possa essere che, conoscendovi voi internamente dalla realtà delle ragioni convinto, vi riduciate per ultimo partito a far prova se l'avversario, col creder vere quelle cose che voi stesso conoscete false, si ritirasse e cedesse; e che perciò voi arditamente le portiate avanti, imitando quel giocatore che, vedendosi d'aver a carte scoperte perduto l'invito, tenta con altro soprinvito maggiore di far credere all'avversario gran punto quello che piccolissimo vede egli stesso, onde, cacciato dal timore, ceda e se ne vada. E perché io veggo che voi vi siete alquanto intrigato tra questi lumi primarii, refratti e reflessi ne' vapori o nell'occhio, comportate voi, come scolare, ch'io, come professore e maestro vecchio, vi sviluppi ancora un poco meglio.

Per tanto sappiate che dal Sole, dalla Luna e dalle stelle, corpi tutti risplendenti e costituiti fuori e molto lontani dalla superficie della region vaporosa, esce splendore che perpetuamente illumina la metà di tal regione; e di questo emisferio illuminato l'estremità occidentale ci arreca la mattina l'aurora, e la parte opposta ci lascia la sera il crepuscolo: ma niuna di queste illuminazioni accresce o scema o in modo alcuno altera l'apparente grandezza del Sole, Luna e stelle, che perpetuamente si ritrovano nel centro o vogliamo dir nel polo di questo emisferio vaporoso da loro illuminato; del quale le parti direttamente traposte tra l'occhio nostro e 'l Sole o la Luna ci si mostrano più splendide dell'altre che di grado in grado da queste parti di mezo più si discostano, lo splendor delle quali va di mano in mano languendo; e questo è quel lume che dà segno dell'appressamento della Luna allo scoprirsi, mentre dopo qualche tetto o parete ci si nasconde. Una simile illuminazione si fanno intorno intorno anco le fiammelle poste dentro alla sfera vaporosa; ma questa è tanto debile e languida, che se di notte asconderemo un lume dopo qualche parete e poi ci anderemo movendo per iscoprirlo, difficilmente scorgeremo splendore alcuno circunfuso o vedremo altra luce sin che si scuopra la fiamma

principale; e questo debolissimo lume nulla assolutamente accresce la visibile specie di essa fiammella. Ci è un'altra illuminazione, fatta per refrazzione nella superficie umida dell'occhio, per la quale l'oggetto reale ci si mostra circondato da un cerchio luminoso, ma inferiore assai di splendore alla primaria luce; e questo si mostra allargarsi per maggiore o minore spazio, non solamente secondo la maggiore o minor copia d'umore, ma secondo la cattiva o buona disposizion dell'occhio: il che ho io in me stesso osservato, che per certa affezzione cominciai a vedere intorno alla fiamma della candela uno alone luminoso e di diametro di più d'un braccio, e tale che mi celava tutti gli oggetti posti di là da esso; scemando poi l'indisposizione, scemava la grandezza e la densità di questo alone, ma però me ne resta ancora molto più di quello che veggono gli occhi perfetti: e questo alone non s'asconde per l'interposizion della mano o d'altro corpo opaco tra la candela e l'occhio, ma resta sempre tra la mano e l'occhio, sin che non si occulta il lume stesso della candela. Per questo lume parimente non s'ingrandisce la specie della fiammella, del cui splendore egli è assai men chiaro. Ci è un terzo splendore vivacissimo e chiaro quasi al par dell'istesso lume principale, il qual si produce per reflessione de' raggi primarii fatta nell'umidità de gli orli ed estremità delle palpebre, la qual reflessione si distende sopra 'l convesso della pupilla: della qual produzzione abbiamo argomento sicuro dal mutar noi la positura della testa; imperò che secondo che noi la inclineremo, alzeremo, o vero terremo dirittamente opposta all'oggetto luminoso, lo vederemo irraggiato nella parte superiore solamente, o nell'inferiore solamente, o in ambedue; ma dalla destra o dalla sinistra già mai non vederemo comparirgli raggi, perché le reflessioni fatte verso gli angoli dell'occhio non possono arrivar sopra la pupilla, sotto l'orizonte della quale, mediante la piegatura delle palpebre su la sfera dell'occhio, esse parti angolari si ritrovano; e se altri, calcolando colle dita sopra le palpebre, allargherà l'occhio e discosterà gli orli di quelle dalla pupilla, non vedrà raggi né sopra né sotto, avvenga che le reflessioni fatte in essi orli non vanno sopra la pupilla.

Questo solo è quello irraggiamento per lo quale i piccoli lumi ci appariscono grandi e raggianti, e nel quale la real fiammella resta ingombrata ed indistinta. L'altre illuminazioni non ànno, signor Sarsi, che far nulla, nulla *pœnitus*, nell'ingrandimento, perché sono tanto inferiori di luce al lume primario, che ben sarebbe cieco affatto chi non vedesse il termine confine e distinzione tra l'uno e l'altro; oltre che (come di sopra ho detto) il disco del Sole e quel della Luna, quando per tale illuminazione s'ingrandissero, dovrebbono mostrarsi grandi quanto gl'immensi cerchi delle loro aurore. Però quando voi dite che non negate, quella corona raggiante esser affezzion dell'occhio, ma che non perciò ho io ancora provato che qualche parte non dependa dall'aria circunfusa illuminata, toglietevi dal troppo miseramente mendicar sussidii così scarsi. Che volete che faccia quel debolissimo lume mescolato con quei fulgentissimi raggi reflessi dalle palpebre? aggiunge quel che farebbe il lume d'una torcia a quel del Sole meridiano. Di questo lume sparso per l'aria vaporosa io ve ne voglio conceder non solamente quella piccola parte che voi domandate, ma quando abbraccia tutta l'aurora e 'l crepuscolo e tutto l'emisferio vaporoso; e di questo voglio che il corpo luminoso né per telescopio né per altro mezo possa già mai essere spogliato; e voglio ancora, per vostra compitissima soddisfazzione, ch'ei venga dal telescopio ingrandito come tutti gli altri oggetti, sì che non pure adegui tutta l'aurora, ma mille volte maggiore spazio, se mille volte tanto si potesse comprendere coll'occhiale; ma niuna di queste cose solleva punto né voi né 'l vostro Maestro, che avreste bisogno, per mantenimento della vostra principal conclusione (ch'è che le stelle fisse, per esser lontanissime, non ricevono accrescimento veruno dal telescopio), avreste bisogno, dico, che la stella ed il suo irraggiamento fusse una cosa medesima, o almeno che l'irraggiamento fusse realmente intorno alla stella: ma né quello né questo è vero, ma bene è egli nell'occhio, e le stelle ricevono accrescimento tanto quanto ogn'altro oggetto veduto col medesimo strumento, come puntualissimamente scrisse e dimostrò il signor Mario.

Questi altri vostri diverticoli, d'arie vaporose illuminate e di Soli e Lune alte e basse, son, come si dice, pannicelli caldi, e un voler fuggir la scuola e cercar di deviare il lettore dal primo proposito. E fra l'altre vostre molte diversioni, questa che fate in mostrar con assai lungo discorso come per l'interposizion del dito non s'impedisca la vista della fiammella, e quel che dite del filo sottile e del corpo interposto minor della pupilla, son tutte cose vere, ma, per mio avviso, nulla attenenti al proposito che si tratta: il che veggo che internamente avete conosciuto voi medesimo ancora, atteso che, quando era il tempo dell'applicazione di queste cose alla materia e di chiuder la conclusione, voi fate punto, e lasciandoci sospesi passate ad altro proposito, e cercate, pur per via di discorso, provar cosa di cui cento esperienze chiarissime sono in contrario; e ben che voi veggiate, guardando col telescopio, la stella di Saturno terminatissima e di figura diversissima dall'altre, il disco di Giove e quel di Marte, e massime quando è vicino a Terra, perfettamente rotondi e terminati, Venere a' suoi tempi corniculata ed esattissimamente delineata, i globetti delle stelle fisse, e massime delle maggiori, molto ben distinti, e finalmente mille fiammelle di candele, poste in gran distanza, così ben dintornate come da vicino, dove, senza il telescopio, l'occhio libero niuna di cotali figure distingue, ma tutte le vede ingombrate da raggi stranieri e tutte sotto una stessa figura radiante, con tutto ciò pur volete che 'l telescopio non le mostri senza raggi, persuaso da certi vostri discorsi, de i quali io non sarei in obligo di scoprir le fallacie, avendo per me l'esperienza in contrario; tuttavia, per vostra utilità, le accennerò così brevemente.

E per venir con ogni maggior chiarezza al mio intento, io vi domando, signor Sarsi, onde avvenga che Venere si circonda sì fattamente di questi raggi ascitizii e stranieri, che tra essi perde in modo la sua real figura, ch'essendo stata dalla creazion del mondo in qua mille e mille volte cornicolata, mai da vivente alcuno non è stata osservata né veduta tale, ma sempre è apparsa d'una stessa figura, se non dapoi ch'io primieramente col telescopio scopersi le

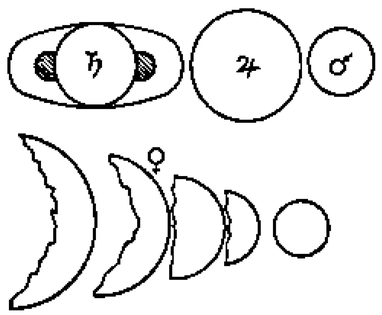
sue mutazioni [159]? il che non accade della Luna, la quale coll'occhio libero mostra le sue diversità di figure, senza notabile alterazione che dependa dall'irraggiamento avventizio. Non rispondete, ciò accadere mediante la gran lontananza di Venere e la vicinanza della Luna; perché io vi dirò che quello che accade a Venere, accade ancora alle fiammelle delle candele, le quali, in distanza di cento braccia solamente, confondono la lor figura tra i raggi e la perdono non men di Venere. Se volete risponder bene, bisogna che diciate, ciò derivare dalla piccolezza del corpo di Venere in relazione all'apparente grandezza di quel della Luna, e che vi figuriate, la lunghezza di quei raggi che si producono nell'occhio esser, verbigrazia, per quattro diametri di Venere, che non saranno poi la decima parte del diametro della Luna: ora figuratevi la piccolissima falce di Venere, inghirlandata di una chioma che se le sparga e distenda intorno intorno in distanza di quattro suoi diametri, ed insieme la grandissima falce della Luna con una chioma non più lunga della decima parte del suo diametro; non doverà esservi difficile a intendere come la forma di Venere del tutto si perderà tra la sua capellatura, ma non già quella della Luna, la quale pochissimo s'altererà: ed accade in questo quello a punto che accaderebbe in vestire una formica di pelle d'agnello, di cui la configurazione delle piccoline membra in tutto e per tutto si perderebbe tra la lunghezza de i peli, sì che l'istessa apparenza farebbe che se fusse un bioccolo di lana; nulla dimeno l'agnello, per la sua grandezza, assai distinte mostra le membra sue sotto la pecorile spoglia. Ma dirò, di più, che ricevendo il capillizio splendido, che risiede nell'occhio, la limitazion del suo spargimento dalla costituzion dell'occhio stesso più che dalla grandezza dell'oggetto luminoso (e così veggiamo stringendo le palpebre, sì che appariscano surger dall'oggetto luminoso raggi molto lunghi, non si veggono maggiori quei che vengono dalla Luna, che quei di Venere o d'una torcia o d'una fiaccola), figuratevi una

[159] Cfr. la lettera di Galilei a Giuliano de' Medici del gennaio 1611 (pp. 876-78) e il *Dialogo sopra i due massimi sistemi* (vol. II, p. 392).

determinata grandezza d'una capellatura; nel mezo della quale se voi intenderete essere un piccolissimo corpo luminoso, perderà la sua figura, coronato di troppo lunghi crini; ma ponendovi un corpo maggiore e maggiore, finalmente potrà il simulacro reale occupar tanto nell'occhio, che poco o niente gli avanzi intorno del capillizio; e così l'immagine, verbigrazia, della Luna potrà esser che ingombri nell'occhio spazio maggiore della commune irradiazione. Stante queste cose, intendete il disco reale, per essempio, di Giove occupar sopra la nostra luce un cerchietto, il cui diametro sia la ventesima parte dello spargimento della chioma raggiante, onde in sì gran piazza resta indistinto il piccolissimo cerchietto reale: viene il telescopio, e m'aggrandisce la specie di Giove in diametro venti volte; ma già non ingrandisce l'irraggiamento, che non passa per li vetri: adunque io vedrò Giove non più come una piccolissima stella radiante, ma come una Luna rotonda, ben grande e terminata. E se la stella sarà assai più piccola di Giove, ma di splendore molto fiero e vivo, qual è, per essempio, il Cane, il cui diametro non è la decima parte di quel di Giove, nulla di meno la sua irradiazione è poco minor di quella di Giove, il telescopio, accrescendo la stella ma non la chioma, fa che, dove prima il piccolissimo disco tra sì ampio fulgore era impercettibile, già fatto in superficie 400 e più volte maggiore, si può distinguere ed assai ben figurare. Con tal fondamento andate discorrendo, ché potrete disbrigarvi per voi stesso da tutti gl'intoppi.

E rispondendo alle vostre instanze, quando dal signor Mario e da me è stato detto che 'l telescopio spoglia le stelle di quel coronamento risplendente, ciò è stato profferito non con intenzione d'avere a stare a sindicato di persone così puntuali come siete voi, che, non avendo altro dove attaccarvi, vi conducete sino a dannar con lunghi discorsi chi prende il termine usitatissimo d'infinito per grandissimo. Quando noi abbiamo detto che il telescopio spoglia le stelle di quello irraggiamento, abbiamo voluto dire ch'egli opera intorno a loro in modo che ci fa vedere i lor corpi terminati e figurati come se fussero nudi e senza quello ostacolo che

all'occhio semplice asconde la lor figura. È egli vero, signor Sarsi, che Saturno, Giove, Venere e Marte all'occhio libero non mostrano tra di loro una minima differenza di figura, e non molto di grandezza seco medesimi in diversi tempi? e che coll'occhiale si veggono, Saturno come appare nella presente figura, e Giove e Marte in quel modo sempre, e Venere in tutte queste forme diverse? e, quel ch'è più meraviglioso, con simile diversità di grandezza? sì che cornicolata mostra il suo disco 40 volte maggiore che rotonda, e Marte 60 volte quando è perigeo che quando è apogeo, ancor che all'occhio libero non si mostri più che 4 o 5? Bisogna che rispondiate di sì, perché queste son cose sensate ed eterne, sì che non si può sperare di poter per via di sillogismi dare ad intendere che la cosa passò altrimenti. Or, l'operare col telescopio intorno a queste stelle in modo che quell'irraggiamento, che perturbava l'occhio libero ed impediva l'esatta sensazione, la qual opera è cosa massima e d'ammirabili e grandissime conseguenze, è quello che noi abbiam voluto significare nel dire *spogliar le stelle dell'irraggiamento*, che son parole solamente di niun momento, di niuna conseguenza: le quali se a voi, che siete ancora scolare, danno fastidio, potrete mutarle a vostro beneplacito, come cambiaste già quello nostro accrescimento nel vostro transito dal non essere all'essere [160].



A quello che voi dite, parervi pur ragionevole che, sì come l'oggetto lucido, venendo per lo mezo libero, produce nell'occhio l'irraggiamento, egli debba ancor far l'istesso quando viene passando per li cristalli del telescopio; rispondo concedendovelo liberamente, e dicovi che accade a punto

[160] Cfr. p. 650, n. 61. Si noti qui lo sprezzante sarcasmo con cui Galilei investe la noiosa e inopportuna pedanteria dello scolastico Grassi che pur di prevalere sull'avversario si sofferma su questioni terminologiche.

l'istesso de gli oggetti veduti col telescopio che de' veduti senza: e sì come il disco di Giove, per essempio, veduto coll'occhio libero rimane per la sua piccolezza perduto nell'ampiezza del suo irraggiamento, ma non già quello della Luna, che colla sua gran piazza occupa sopra la nostra pupilla spazio maggiore del cerchio raggiante, per lo che ella si vede rasa, e non crinita; così, facendomi il telescopio arrivar sopra l'occhio il disco di Giove sei cento e mille volte maggiore della specie sua semplice, fa ch'egli colla sua ampiezza ingombri tutta la capellatura de' raggi, e comparisca simile ad una Luna piena: ma il disco piccolissimo del Cane, ben che mille volte ingrandito dal telescopio, non però adegua ancora la piazza radiosa, sì che ci apparisca tosato del tutto; nientedimeno, per essere i raggi verso l'estremità alquanto men forti e tra loro divisi, resta egli visibile, e tra la discontinuazion de' raggi si vede assai commodamente la continuazion del globetto della stella, il quale con uno strumento che più e più l'accrescesse, più e più sempre distinto e meno irraggiato ci si mostrerebbe. Sì che la cosa, signor Sarsi, sta così, e questo effetto ci venne chiamato uno spogliar Giove del suo capillizio: le quali parole se non vi piacciono, già vi si è dato licenza che le mutiate ad arbitrio vostro, ed io vi do parola d'usar per l'avvenire la vostra correzzione; ma non v'affaticate in voler mutar la cosa, perché non farete niente.

E già che voi in questo fine replicate che pure è necessario conceder che l'aria circunfusa s'illumini, e che perciò la stella apparisca maggiore; ed io torno a replicarvi che i vapori circunfusi s'illuminano, ma non perciò il corpo luminoso s'accresce punto, essendo che il lume de' vapori è incomparabilmente minore della primaria luce: per lo che il corpo lucido, se è grande, resta nudo, e se è piccolo, rimane, col suo irraggiamento fatto nell'occhio, terminatissimo e distintissimo tra 'l debolissimo lume dell'aria vaporosa. E vi replico ancora, poi che voi medesimo me ne porgete replicata occasione, che totalmente deponghiate quella falsa opinione che 'l Sole e la Luna presso all'orizonte si mostrino maggiori per una ghirlanda d'aria illuminata che s'aggiunga al lor

disco, perché questa è una grandissima semplicità, come di sopra ho detto e provato. E per non lasciar cosa intentata per cavarvi d'errore e far che voi restiate capace di questo negozio, alle vostre ultime parole, dove voi dite che vedendosi pur pel telescopio essi raggi luminosi intorno alle stelle, non si potrà ridurre il minimo ricrescimento di quelle nella perdita di questi, essendo che non si perdono; vi rispondo che l'accrescimento è grandissimo, come in tutti gli altri oggetti, e che il vostro errore sta (come sempre si è detto) nel paragonar voi la stella insieme con tutto il suo irraggiamento, visto coll'occhio libero, col corpo solo della stella veduto, collo strumento, distinto dalla sua piazza radiosa, della quale egli talvolta compar maggiore e tal volta eguale, secondo la grandezza della stella vera e la moltiplicazion del telescopio; e quando comparisce minor di esso irraggiamento, tuttavia si scorge il suo disco, come ho detto, tra l'estremità della capellatura. Ed una accommodatissima riprova dell'accrescimento grande, come in tutti gli altri oggetti, è il pigliar Giove coll'occhiale avanti giorno, e andarlo seguitando sino al nascer del Sole e più oltre ancora; dove si vede il suo disco, pel telescopio, sempre grande nell'istesso modo: ma quel che si vede coll'occhio libero, crescendo il candor dell'aurora si va sempre diminuendo, sì che vicino al nascer del Sole quel Giove che nelle tenebre superava d'assai ogni stella della prima grandezza, si riduce ad apparir minore di quelle della quinta e della sesta, e finalmente, ridottosi quasi ad un punto indivisibile, nascendo il Sole, si perde del tutto: nulla dimeno, sparito all'occhio libero, si séguita egli pur di vederlo tutto il giorno grande e ben circolato; ed io ho uno strumento che me lo mostra, quando è vicino alla Terra, eguale alla Luna veduta liberamente. Non è dunque cotal ricrescimento minimo o nullo, ma grande, come di tutti gli altri oggetti.

Io vi voglio, signor Sarsi, pigliare alla stracca, se non potrò prendervi correndo. Volete voi una nuova dimostrazione, per prova che gli oggetti in tutte le distanze crescono nella medesima proporzione? Sentitela. Io vi domando se, posti quattro, sei o dieci oggetti visibili in varie lontananze, ma in guisa però che tutti si veggano nella medesima linea retta, sì che il più vicino occupi tutti gli altri, vi domando, dico, se tenendo l'occhio nel medesimo luogo e riguardando i medesimi oggetti co 'l telescopio, voi gli vedrete pur posti in linea retta o no, sì che il vicino non vi asconda più gli altri, ma ve gli lasci vedere? Credo pur che voi risponderete ch'ei vi compariranno per linea retta, essendo realmente per linea retta disposti. Ora, stante questo, immaginatevi quattro, sei o dieci bacchette diritte, tra di lor paralelle, poste in distanze disuguali dall'occhio, ed esse di lunghezze pur disuguali, e le più lontane maggiori, e di mano in mano le più vicine minori, in modo che gli estremi termini loro si veggano posti in due linee rette, una a destra e l'altra a sinistra; pigliate poi il telescopio, e riguardate con esso: già, per la concession fatta, i medesimi termini, tanto i destri quanto i sinistri, si vedranno pure in due linee rette come prima, ma aperte in maggiore angolo. E come ciò sia, signor Sarsi, questo, appresso i geometri, si domanda ricrescer tutte quelle linee secondo la medesima proporzione, e non ricrescer più le vicine che le lontane. Cedete dunque, e tacete.

50. « Sed videamus, ... hoc etiam non obstare quominus cometa flamma esse potuerit. »[161]

È tempo, Illustrissimo Signore, di venir a capo di questi pur troppo lunghi discorsi: però passiamo a questa quarta ed ultima proposizione. Qui, com'ella vede, dice il Sarsi non potersi a bastanza stupire che io, avendo qualche nome d'avveduto osservatore ed applicato assai all'esperienze, mi sia ridotto ad affermar constantemente quelle cose che si possono agevolissimamente confutare con esperimenti manifesti ed apparecchiati per tutto; de' quali poi n'apporta molti, ond'egli apparisca altrettanto veridico e diligente spe-

[161] VI, pp. 173-76. Per dimostrare che la cometa è un corpo celeste in fiamme e non un effetto luminoso derivante dall'irraggiamento di un corpo luminoso, Grassi sostiene con un lungo discorso nel quale non manca di citare la Sacra scrittura, che le fiamme non impediscono la vista dei corpi che si trovano al di là: così attraverso la fiamma della candela si vede un lucignolo e attraverso le fiamme d'una catasta s'intravvedono le legna bruciacchiate.

rimentatore, quant'io mal accorto e mendace. Dirò prima brevemente quello che persuase il signor Mario a scrivere, e me a prestargli assenso, che quando la cometa fusse una fiamma, dovesse asconderci le stelle; poi anderò considerando l'essempio e ragioni del Sarsi, lasciando in ultimo a V. S. Illustrissima il giudicar qual di noi sia più difettoso e mal avveduto nel suo esperimentare e discorrere.

Considerando noi, il trasparire d'un corpo non esser altro che un lasciar vedere gli oggetti posti oltre di sé, ci persuademmo che quant'esso corpo trasparente fusse men visibile, tanto potesse meglio trasparere; onde l'aria trasparentissima è del tutto invisibile, l'acqua limpida ed i cristalli ben tersi, traposti tra oggetti visibili, poco per se stessi si scorrono: dal che ci pareva che assai a proposito si potesse all'incontro inferire, i corpi quanto più per se stessi fusser visibili, dover esser tanto meno trasparenti; e perché tra i corpi visibili per se stessi, le fiamme per avventura parevano non esser degli infimi, però giudicammo quelle dovere esser poco trasparenti: l'autorità poi di Aristotile e de' Peripatetici, aggiunta a questo discorso, ci confermò nell'opinione. Circa la qual autorità mi par da notare come il Sarsi le vuol dare altra interpretazione da quella che apertamente suonan le parole; e dice che intesa bene è verissima, e che il senso è che i corpi, acciò che si possano illuminare, non devon esser trasparenti; e non, che i corpi lucidi non son trasparenti. Ma se il Sarsi la piglia in quel senso, perché così gli par la proposizion vera, adunque bisogna ch'ei lasci l'altro perché in quello gli paia falsa (perché quanto alle parole, meglio si adattano a questo che a quello): tuttavia egli medesimo poco di sotto non pure afferma, ma con più esperienze conferma, i corpi luminosi impedir la vista delle cose poste oltre di loro, dove scrive: « Nam hæc etiam rerum ultra ipsa positarum aspectum impediunt »[162], e quel che segue. Ma tornando al primo discorso, dico che oltre all'autorità de' Peripetetici ci confermò ancora più il veder finalmente per esperienza un vetro infocato impedirci assai la vista degli oggetti, che freddo distintamente ci lascia scorgere, e l'istesso far la fiammella d'una candela, e massime colla sua superior parte, più lucida dell'inferiore ch'è intorno al lucignolo, la qual è più tosto fumo non bene infiammato che vera fiamma. Di più, avendo noi osservato, la grossezza del corpo, ben che per se stesso non molto opaco, importar tanto, che, verbigrazia, una nebbia, la quale in profondità di venti o trenta braccia non ci leva la vista d'un tronco, moltiplicata all'altezza di 200 o 300 ci toglie del tutto anco la vista del Sole stesso, pensammo non esser lontano dal ragionevole il creder che la non trasparenza ed opacità d'una fiamma non potesse mai essere così poca, che ingrossata in profondità di centinaia e centinaia di braccia non ci dovesse impedir l'aspetto delle minute stelle. Concludemmo per tanto, la profondità della chioma della cometa (che pur bisogna che sia non dirò col Sarsi e suo Maestro 70 miglia, ma al manco tante canne), quand'ella fusse una fiamma, doverci ascondere le stelle; il che vedendo noi ch'ella non faceva, ci parve avere argomento assai concludente per provar ch'ella non fusse uno incendio. Ora il Sarsi, curando poco o niente la principal sustanza di tutto questo ragionevolissimo discorso, appiccandosi a quel sol detto del signor Mario, che la fiammella d'una candela non è trasparente, si persuade e promette la vittoria, tuttavolta ch'ei possa mostrare, la detta fiammella aver pur qualche trasparenza; e dice che chi avvicinerà a quella un foglio scritto, sì che quasi la tocchi, e porrà diligente cura, potrà vedere i caratteri: al che io aggiungo « tuttavolta ch'ei sia di vista perfettissima », perché io, che peró non son losco, stento a poterli vedere, servendomi anco degli occhiali, quanto più posso da vicino.

È ben vero che oltre alla detta, molt'altre esperienze adduce il Sarsi: tra le quali, e per riverenza e per religiosa pietà e per esser ella di suprema autorità, debbo primieramente far considerazione sopra quella che il medesimo Sarsi ripone nel primo luogo, pigliandola dalle Sacre Lettere. Dove, insieme co 'l signor Mario, noto le parole della Scrittura precedenti alle citate dal Sarsi, le quali mi par che dicano

[162] « Infatti anche questi impediscono la vista delle cose poste al di là di essi ».

che avanti che il re vedesse l'angelo e i tre fanciulli camminar per la fornace, le fiamme fussero state rimosse; ché tanto mi par che importino le parole del Sacro Testo, che son queste: « Angelus autem Domini descendit cum Azaria et sociis eius, et excussit flammam ignis de fornace, et fecit medium fornacis quasi ventum roris flantem. » È noto, che dicendo la Scrittura « flammam ignis », par che voglia far distinzione tra la fiamma e 'l fuoco; e quando poi più a basso si legge che il re vede caminar le quattro persone, si fa menzione del fuoco, e non della fiamma: « Ecce ego video quatuor viros solutos et ambulantes in medio ignis. » [163] Ma perché io potrei grandemente ingannarmi nel penetrare il vero sentimento di materie che di troppo grand'intervallo trapassano la debolezza del mio ingegno, lasciando cotali determinazioni alla prudenza de' maestri in divinità, anderò semplicemente discorrendo tra queste inferiori dottrine, con protesto d'esser sempre apparecchiato ad ogni decreto de' superiori, non ostante qualsivoglia dimostrazione ed esperimento che paresse essere in contrario [164].

E ritornando all'esperienze del Sarsi, per le quali ei ci fa vedere trasparir per varie fiamme diversi oggetti, dico che posso liberamente concedergli, tutto questo esser vero, ma di nessuno sollevamento alla sua causa: per lo stabilimento della quale non basta che la fiamma interposta sia profonda un dito, e che gli oggetti altrettanto vicini gli sieno, né molto più lontano il riguardante, o vero che gli oggetti sieno dentro alle stesse fiamme ed anco nella parte bassa, pochissimo lucida; ma ha di bisogno (altrimenti resterà a piè) di farci toccar con mano ch'una fiamma, ancor che profonda centinaia e centinaia di braccia e lontanissima dal riguardante e da gli oggetti visibili, non però ce n'impedisca la

[163] « Ma l'angelo di Dio discese con Azaria e i suoi compagni e scacciò dalla fornace la fiamma del fuoco e fece il mezzo della fornace quasi spirante vento di rugiada ». E poco più oltre: « Ecco io vedo quattro uomini sciolti e camminanti in mezzo al fuoco ».

[164] Ancora oggi da parte cattolica, come nel 1611 dai frati Lorini e Caccini, si imputa a Galilei d'aver voluto discorrere sul significato delle Sacre scritture.

veduta; ch'è quanto se dicessimo, che gli faccia di mestier provare che la fiamma arrechi assai meno impedimento che se fusse altrettanta nebbia, la qual nebbia è tale, che trapostane non solo alla grossezza d'un dito, ma di quattro o sei braccia, non arreca impedimento veruno, ma in profondità di 100 o 200 asconde l'istesso Sole, non che le stelle. E finalmente, io non mi posso contener di rivolgermi un poco al medesimo Sarsi, che si stupisce del mio inescusabil mancamento nell'uso dell'esperienze. Voi dunque, signor Sarsi, mi tassate per cattivo sperimentatore, mentre nell'istesso maneggio errate quanto più gravemente errar si possa? Voi avete bisogno di mostrarci che la fiamma interposta non basta, contro alla nostra asserzione, ad occultarci le stelle, e per convincerci con esperienze dite che provando noi a riguardar uomini, tizzoni, carboni, scritture e candele posti oltre alle fiamme, sensatamente gli vederemo: né mai v'è venuto in pensiero di dirci che noi proviamo a guardar le stelle? e perché, in buon'ora, non ci avete voi detto alla bella prima: Interponete una fiamma tra l'occhio e qualche stella, ché voi né più né meno la vederete? Mancano forse le stelle in cielo? e questo è esser destro ed avveduto sperimentatore? Io vi domando se la fiamma della cometa è come le nostre, o d'altra natura. Se d'altra natura, l'esperienze fatte nelle nostre non ànno forza di concludere in quella: se è come le nostre, potevate immediatamente farci veder le stelle per le nostre, lasciando stare i tizzoni, funghi e l'altre cose; e quando dite che dopo la fiammella d'una candela si scorgono i caratteri, potevate dire che si scorge una stella. Signor Sarsi, chi volesse trattarla con voi, come si dice, mercantilmente, cioè con una bilancia sottilissima e giustissima, direbbe che voi foste in obligo di fare accendere una fiamma lontanissima e grandissima quanto la cometa e farci per essa veder le stelle, atteso che e la grandezza della fiamma e la lontananza dell'occhio da quella importano assaissimo in questo fatto e se ne deve tener gran conto: ma io, per farvi ogni agevolezza e vantaggio, mi voglio contentare d'assai meno, e voglio prepararvi mezi accommodatissimi per vostro bisogno. E prima, perché l'essere la fiamma

vicina all'occhio importa assai per veder gli oggetti meglio, in vece di porla remota quanto la cometa, mi contento d'una distanza di cento braccia solamente: in oltre, perché la profondità e grossezza del mezo similmente importa assaissimo, in vece della grossezza della cometa, ch'è, come sapete, tante centinaia di braccia, mi basta quella di dieci solamente: in oltre, perché l'esser l'oggetto, che si ha da vedere, lucido arreca parimente vantaggio grandissimo, come voi medesimo affermate, mi contento che tale oggetto sia una stella di quelle che si vider per la chioma della nostra cometa, le quali stelle, per vostro detto in questo luogo, sono di gran lunga più chiare di qualsivoglia fiamma: e poi, se con tutti questi tanto per la causa vostra vantaggiosi apparecchi voi fate vedere per la trasparenza di cotal fiamma la stella, voglio confessarmi per convinto e predicar voi pel più cauto e sottile sperimentatore del mondo; ma non vi succedendo, non ricerco altro da voi se non che col silenzio ponghiate fine alle dispute, come spero che siate per fare: perché se mai v'accaderà di veder questa mia scrittura, la qual rimane nell'arbitrio di questo Signore, a chi scrivo, di mostrarla a chi più gli piacerà, vederete come deve fare chi si piglia per impresa di volere essaminar gli altrui componimenti, ch'è non lasciar cosa veruna senza considerarla, e non (come avete fatto voi) andar a guisa della gallina cieca dando or qua or là tanto del becco in terra, che s'incontri in qualche grano di miglio da morderlo e roderlo.

E per finir questa parte, non potete negar d'aver voi medesimo compreso e confessato che dalle fiamme interposte qualche sensibile impedimento anco per l'occhio vostro ne deriva; imperò che se niente assolutamente d'offuscamento arrecassero, senz'altri avvertimenti e cautele, d'esser gli oggetti più o men lontani dalla fiamma, più o men lucidi, ed esse fiamme nate più da zolfo o d'acquavite che da paglia o da cera, avreste risolutamente detto: « Sia la fiamma e l'oggetto qualunque si voglia, nessuno impedimento ne nasce, ma si vede come per l'aria libera e pura »: ed oltre a questo, poco più a basso parlando delle cose che non risplendono per se stesse, come le fiamme, ma sono illuminate da altri, dite

che queste ancora impediscono la vista degli oggetti, dove la particola *ancora* mostra che voi concedete qualche impedimento nelle fiamme. Ma che più? se elle non punto impedissero, a chi mai sarebbe caduto in pensiero di dire ch'elle non sieno trasparenti? Ci è dunque, anco per voi stesso, qualche sensibil offuscazioncella (dico per voi stesso, perché per noi e gli altri l'impedimento è assai grande), e le vostre esperienze son fatte intorno a fiammelle così piccole, che risolutissimamente l'impedimento d'altrettanta nebbia sarebbe stato del tutto insensibile; adunque le vostre fiamme impediscono più che altrettanta nebbia: ma tanta nebbia quanta è la profondità della cometa, vela e totalmente toglie la vista del Sole; adunque, quando la cometa fusse una fiamma, dovrebbe esser bastante ad asconderci il Sole, non che le stelle: le quali ella non asconde; adunque non è una fiamma.

E perché quanto per sostenere un falso sono scarsi tutti i partiti, tanto per istabilimento del vero soprabondano i contrari veri, io voglio accennare a V. S. Illustrissima certo particolare per lo quale mi par che si confermi, l'opinion d'Aristotile esser falsa. Avvenga che natura di tutte le fiamme conosciute da noi è di dirizzarsi all'in su, restando il lor principio e capo nella parte inferiore, se la barba della cometa fusse una fiamma ed il suo capo fusse la materia ond'ella traesse origine, bisognerebbe che la chioma direttamente si dirizzasse verso il cielo; dal che ne seguirebbe una delle due cose, cioè o che la chioma si vedesse sempre a guisa di ghirlanda intorno al capo (il che sarebbe quando il luogo della cometa fusse altissimo), o vero (e questo accaderebbe quand'ella fusse poco lontana da terra) bisognerebbe che, nel nascere, prima nascesse l'estremità della barba, ed in ultimo il capo, ed alzandosi verso il mezo del cielo, quanto più il capo fusse vicino al nostro zenit, tanto la barba dovrebbe apparire più breve, e nel vertice stesso dovrebbe apparir nulla o circondante il capo intorno intorno, e finalmente nell'andar verso l'occaso la barba dovrebbe parere rivolta al contrario, sì che il capo si vedesse inclinare all'occidente prima di lei; altramente, quando la barba andasse

avanti come nel nascere, converrebbe che la fiamma, contro alla sua naturale inclinazione e contro a quello che faceva quand'era nelle parti orientali, risguardasse all'ingiù. Ma tali accidenti non si veggono nella cometa e suo movimento; adunque non è una fiamma.

51. « Illud etiam omitti non debet, ... ingenii etiam huic abunde erit. »[165]

Qui, com'ella vede, vuol il Sarsi ritorcere il mio medesimo argomento contro di me; ma quanto felicemente questo gli succeda, anderemo brevemente essaminando. E prima, noto com'egli, per effettuar questa sua intenzione, incorre in qualche contradizzion e a se medesimo, e, quello di che più mi meraviglio, senza necessità. Di sopra, perché così compliva alla sua causa, fece ogni sforzo di provar come le fiamme sono trasparenti, sì che per esse si possono veder le stelle; qui, per convincermi colle mie armi, avendo egli bisogno che i corpi luminosi non sieno trasparenti, si mette a provare così essere con molte esperienze; onde pare che e' voglia che i corpi luminosi sieno e non sieno trasparenti secondo che ricerca il bisogno suo: ed in questo inconveniente cad'egli senza necessità alcuna, atteso che, senza dar pur ombra di contradizzione col mostrar di voler ora quello che poco fa aveva negato, bastava ch'ei dicesse (senza porsi egli stesso a dimostrarlo) che noi medesimi avevamo affermato generalmente, i corpi luminosi non esser trasparenti: né aveva occasione di temer ch'io fussi per venire a distinzioni di luminosi per sé o per altri, imperò che io ho sempre creduto che tal ricorso non serva se non per quelli che da principio non si son saputi ben dichiarare; e se il signor Mario avesse fatto differenza tra questi corpi e quelli, si sarebbe dichiarato a tempo, e non avrebbe aspettato che l'avversario l'avesse avuto a fare accorto del suo mancamento. Dico

[165] VI, pp. 176-77. Grassi insiste sulla sua tesi della trasparenza della cometa cercando di trarre in difficoltà Galilei. Alla fine, facendo appello all'empirismo ingenuo dei peripatetici accusa di confusione e oscurità le argomentazioni matematiche, ché non tutti possono capire « quegli intrighi di linee e di angoli da cui non tutti sanno uscire con ugual facilità ».

dunque ch'è verissimo che qualunque illuminazione, o propria o esterna, impedisce la trasparenza del corpo luminoso; ma non bisogna, signor Sarsi, che voi intendiate che dicendo noi così, vogliamo inferire che per ogni minima luce il corpo che la riceve debba divenir così opaco com'è una muraglia, ma che secondo la maggiore o minor lucidità perda più o meno della trasparenza: e così veggiamo nel principio dell'aurora, secondo che la region vaporosa comincia a participare un pochetto di lume, perdersi le minori stelle; dapoi, crescendo lo splendore, perdersi anco le maggiori; e finalmente, nella massima illuminazione, celarsi quasi la Luna stessa. In oltre, quando per qualche rottura di nuvole noi veggiamo scendere sino in Terra quei lunghissimi raggi di Sole, se voi porrete ben cura, vedrete notabil differenza circa lo scorgere le parti d'un monte opposto: imperò che quelle che sono oltre a i raggi luminosi si scorgono più offuscate dell'altre laterali, che non vengono da essi raggi traversate. E così parimente, scendendo un raggio di Sole per qualche finestrella in una stanza ombrosa, come tal or si vede per qualche vetro rotto in alcuna chiesa, tutti gli oggetti opposti, in quella parte dove il raggio gli traversa, si veggono meno distintamente, mentre però il riguardante sia in luogo onde ei vegga il raggio luminoso distinto, il che non avviene da tutti i siti indifferentemente. Ora, stanti queste cose vere, dico (e così si è sempre detto) potere esser che la materia della cometa sia assai più sottil dell'aria vaporosa, e meno atta ad illuminarsi, ché così ne persuade il vederla noi sparir nell'aurora e nel crepuscolo, trovandosi il Sole ancora assai sotto l'orizonte; sì che, quanto alla lucidità, non ci è ragione perch'ella debba asconderci le stelle più della region vaporosa. Quanto poi alla profondità, prima, la region vaporosa è grossa molte miglia; dipoi, noi non siamo in necessità di por la barba della cometa di smisurata profondità, non avendo determinato né quanto sia il diametro del capo, né s'egli è rotondo, né quanta sia la lontananza. Con tutto ciò, quando anco altri volesse porla profonda 8 o 10 miglia, non si vede nascerne inconveniente alcuno; perché anco l'aria

vaporosa in tanta e maggior profondità, ed illuminata quanto la barba della cometa, lascia veder le stelle.

52. « Illud præterea a Galilæo Aristoteli obiicitur, ... hæc etiam Aristoteles enunciavit? » [166]

L'essempio in virtù del quale crede il Sarsi di poter difendere Aristotele e mostrar l'obiezzione del signor Mario invalida, a me par che non molto s'assesti al caso essemplificato. Che il veder per le strade e per le piazze copia di biade arguisca esser di quelle maggiore abbondanza che quando non se ne veggono, ha molto ben del ragionevole, imperò che è in potere ed in arbitrio de i padroni l'esporle ed il celarle, e, di più, il farne mostra non le consuma o diminuisce punto; i quali due particolari non ànno luogo nel caso della cometa. E per avventura essempio più proporzionato sarebbe se alcuno dicesse in cotal modo: che l'isola Cuba abbondi di cinnamomi e cannelle, ce ne sia grand'argomento il sapere che gl'isolani fanno fuoco di quelle continuamente. Il discorso è concludente, perché, essendo in arbitrio loro l'arderle o no, quando ne avesser penuria l'userebbon per condimento solamente, come noi. Ma quando venisse avviso che i mesi passati per certo accidente si fusse attaccato fuoco nella gran selva de' cinnamomi, e che gl'isolani non furono potenti ad estinguer le fiamme, ritrovandosi in questo tempo assai lontani dal luogo, sì ch'ella irreparabilmente arse; se alcun mercante da tale accidente insolito volesse a i nostri aromatarii pronosticare una straordinaria abbondanza, poi che, dove per l'ordinario se ne abbruciano a fascetti, questa volta si è fatto a boscaglie intere; io credo ch'ei verrebbe reputato persona molto semplice: e quello che vedendo dalle fiamme divorar le biade mature della sua possessione, si rallegrasse e si promettesse d'essere per empire assai più del solito i suoi granai, poi che ve n'è da abbruciare a moggia, credo che sarebbe tenuto stolto affatto. La materia di che si fa la cometa o è della medesima di che si

[166] VI, pp. 177-78. Anche a considerarle con Aristotele esalazioni terrestri che arrivano fino alla sfera del fuoco, le comete influiscono sulle zone inferiori; infatti la cometa del 1618 portò un tempo secco e ventoso.

producono i venti, o è diversa: se è diversa, non si può dalla copia di quella arguire abbondanza di questa, più che se alcuno dal veder molt'uva si promettesse gran ricolta d'olio; se è dell'istessa, attaccato che vi sia il fuoco, arderà tutta.

53. « Quid porro ex his omnibus inferri non immerito possit, ... sententiam cæteris omnibus prætulisse » [167].

Qui, com'ella vede, il Sarsi fa due cose: la prima contiene implicitamente il giudicio che altri deve fare della debolezza de' fondamenti della nostra dottrina, appoggiandosi ella sopra esperienze false e ragioni manchevoli, com'egli pretende d'aver dimostrato; aggiunge poi, nel secondo luogo, un catalogo e racconto delle conclusioni contenute nel *Discorso* del signor Mario e da sé impugnate e confutate. In risposta alla prima parte, io, ad imitazion del Sarsi, liberamente rimetto il giudicio da farsi circa la saldezza della nostra dottrina in quelli che attentamente avranno ponderate le ragioni e l'esperienze dell'una e l'altra parte; sperando che la causa mia sia per esser favoreggiata non poco dall'aver io di punto in punto essaminato e risposto ad ogni ragione ed esperienza prodotta dal Sarsi, dov'egli ha trapassata la maggior parte e la più concludente di quelle del signor Mario. Le quali tutte io avevo fatto pensiero (ed era in contracambio del catalogo del Sarsi) di registrar nominatamente in questo luogo; ma postomi all'impresa, mi è mancato e l'animo e le forze, vedendo che mi saria stato bisogno trascriver di nuovo poco meno che l'intero trattato del signor Mario. Però, per minor tedio di V. S. Illustrissima e mio, ho risoluto più tosto di rimetterla ad un'altra lettura di quello stesso trattato.

IL FINE

[167] VI, pp. 178-79. È il brano conclusivo della *Libra*: pago di sé, il suo autore riprende una frase del *Discorso delle Comete* (« Queste sono le nostre esperienze, queste le conclusioni dependenti da' nostri principi e dalle nostre ragioni di prospettiva ») per farle proprie e concludere che « Galilei offrì giusta materia di lagnanze », che egli non doveva escludere la cometa dal numero dei corpi luminosi, perché « falsi si son dimostrati quegli esperimenti sui quali si fondavano le sue opinioni ».

SCRITTURA
ATTENENTE ALL'IDRAULICA

(1631)

L'interesse dimostrato da Galilei per i problemi di ingegneria idraulica e gli interventi frequenti in questioni o progettazioni ancora al livello di studio rivelano un lato della sua attività che offre singolari spunti di indagine storica, in quanto questo interesse lo collega strettamente alla realtà del suo tempo e lo pone all'interno della società signorile allora dominante.

Nell'àmbito del processo espansivo dell'economia e della società della sua epoca, le questioni di idraulica acquistarono un'importanza grandissima. Avendo ereditato dalla società artigiana del Comune lo spirito di iniziativa e di affermazione individuale, le Signorie prima e i Principati poi conservarono questo senso d'intraprendenza e, compatibilmente con le esigenze del potere, lo stimolarono e lo apprezzarono. Lo sviluppo quindi delle città, l'estensione del territorio signorile dal centro cittadino al contado circostante, la trasformazione stessa della Signoria da stato cittadino in stato regionale, resero sempre più complessa la soluzione dei problemi di approvvigionamento idrico dalla campagna alla città, dei trasporti e delle comunicazioni fluviali, della difesa dei centri, che nel frattempo s'erano notevolmente sviluppati, da pericoli naturali, quali le piene o le secche o le alluvioni, o da pericoli di sabotaggi, di assalti e distruzione di impianti. Contemporaneamente, almeno per gli Stati costieri e marinari, si poneva il problema della navigazione marittima.

Una fra le più vive testimonianze della modernità di Galilei scienziato è fornita dall'interesse che egli sempre manifestò per

questa sorta di studi: si tratta di studi provocati da esigenze pratiche, del tutto tecniche, più adeguate alla mentalità e alla capacità di un ingegnere che non di un teorico, ma che possono trovare la loro giusta soluzione, soltanto se non prescindono da una sistemazione teorica che dia loro carattere stabile e non già occasionale e fortuito. In tutte le occasioni in cui ebbe ad interessarsi di tali questioni, Galilei seppe collegare strettamente all'esigenza contingente e pratica la spiegazione di carattere generale e teorica, mediante un procedimento che si svolge secondo uno stretto rapporto di esperienza e riflessione. Anche per questa ragione, i suoi interventi in problemi di idrostatica o di idrodinamica sono oltremodo illuminanti, per il contributo che offrono alla chiarificazione e alla valutazione del suo metodo di indagine e di studio. Ma ciò che colpisce è che questi casi confermano quanto la moderna critica storica sostiene: che le questioni tecniche costituiscono la struttura di base su cui si costruisce la sua dottrina scientifica; questa in un certo senso è il riflesso teorico, la soluzione e la sistemazione razionale di quesiti squisitamente pratici, secondo il costume scientifico e la educazione dell'uomo che dal Rinascimento rifluisce sugli uomini del Seicento.

Fin dagli anni del suo primo insegnamento pisano egli s'interessò di problemi di ingegneria portuale e marittima. È noto infatti, specialmente per il recente studio di Luigi Bulferetti sulla società italiana al tempo di Galilei (Galileo e la società del suo tempo, *in* Fortuna di Galileo *cit., pp. 127-161) che la spinta data all'economia toscana da Cosimo I, collegata ad un particolare piano di dominio della corte granducale, aveva portato all'incremento delle attività mercantili attorno al porto di Livorno, che doveva sostituire il vecchio ed inefficiente porto di Pisa. Molti furono i progetti, gli studi fatti per suggerire soluzioni che ampliassero e sistemassero il porto di Livorno, e il più delle volte si trattò di disegni del tutto errati e inadeguati; anzi contro uno di questi, proposto da un membro della famiglia Medici, don Giovanni, Galilei rivolse la sua critica, esprimendo un giudizio del tutto negativo.*

Passato a Padova, Galilei trovò un ambiente più fervido di progetti e di iniziative tecniche, e poté rivelare qui le sue doti di scienziato aderente alla realtà, interessato alla tecnica. Per questo, dal Contarini, provveditore all'arsenale di Venezia, fu spesso chiamato in qualità di consulente (cfr. la lettera al Contarini del 1593, pp. 845-48) mentre lo sviluppo di culture come il mais e il riso – attività produttive che miravano a compensare la diminuzione dei guadagni provenienti dai commerci e dai noli marittimi – richiedevano con sempre maggiore urgenza la bonifica e l'irrigazione dei terreni. Fu in una situazione di tal genere che Galilei inventò un «edificio da alzar acqua et adacquar terreni», brevettato con deliberazione del Senato veneto del 15 settembre 1594.

Ritornato a Firenze, dopo le grandi scoperte astronomiche, non ignorò i problemi di idraulica, ogniqualvolta, come consulente scientifico del Granduca, tali problemi vennero presentati per la valutazione e la responsabile decisione da parte delle autorità granducali.

La relazione che qui riportiamo risale al 1631; essa costituisce il giudizio espresso da Galilei intorno ad un progetto dell'ingegnere Alessandro Bortolotti, il quale aveva proposto l'eliminazione delle curve del fiume Bisenzio per evitarne le inondazioni. Di parere diverso era stato un altro ingegnere, Stefano Fantoni. Fu perciò costituita una commissione, di cui fecero parte Galilei e l'architetto Giulio Parigi, perché insieme ai due ingegneri ispezionasse il Bisenzio e riferisse sulle proposte avanzate. Galilei, dopo aver preso visione delle relazioni dei due ingegneri e aver visitato la zona alluvionale, espresse la sua opinione favorevole alla tesi del Fantoni e stese la sua relazione all'auditore della Camera granducale Raffaello Staccoli.

Sempre nello stesso periodo, Galilei espresse il suo parere in merito ad altri provvedimenti proposti per il Bisenzio, e intorno ad un'altra proposta del pittore e architetto Gismondo Coccapani, per trasformare l'Arno in un canale navigabile fino a Firenze.

Tutte queste ricerche si fondano su una applicazione dei princìpi e delle regole relativi al moto uniforme o uniformemente accelerato dei corpi, e ciò può indicare come, pur nella varietà degli interessi e delle occasioni, il pensiero scientifico di Galilei conservi una sua fondamentale unità e coerenza, per la costante e continua correlazione tra teoria e prassi.

SCRITTURA ATTENENTE ALL'IDRAULICA

AL MOLTO ILLUSTRE ED ECCELLENTISSIMO
SIG. RAFFAELLO STACCOLI [1]
AUDITOR DELLA CAMERA DEL SERENISSIMO GRAN DUCA.

Molto Illustre ed Eccellentissimo Signore Colendissimo,

Sotto 'l dì 22 di Dicembre mi fu significato da V. S. molto illustre ed Eccellentissima, esser volontà del Serenissimo Gran Duca nostro Signore, che per li 26 detto, insieme col Sig. Giulio Parigi e con li 2 ingegneri Bartolotti e Fantoni, io dovessi intervenire in una visita del fiume di Bisenzio, per sentire le relazioni de i detti ingegneri e poter poi col Sig. Parigi referire quanto ci paresse giusto in questa materia, che verte intorno alla resoluzione da pigliarsi per rimediare a i danni che detto fiume apporta a i terreni adiacenti etc. Tale visita fu poi differita per le cause ben note a V. S. Eccellentissima: tra le quali una fu, che per avventura dal vedere ed esaminare alcune scritture fatte da i detti ingegneri e sopra di esse dir nostro parere, si potrebber sopire quelle difficoltà e controversie che rendono dubbii quelli a i quali sta il determinare e risolvere quanto si debba fare. Per lo che, avendo io veduto quali siano i pareri delli 2 ingegneri, dirò, con quella più chiarezza e brevità che mi sarà possibile, l'opinion mia intorno a questa materia, stata sempre da me tenuta per difficilissima e piena di oscurità,

[1] Raffaello Staccoli, da Urbino, fu dapprima auditore della Consulta e della Camera granducale di Toscana; dopo il 1630 fu eletto auditore dell'Ordine dei cavalieri di S. Stefano, e dal novembre 1640 egli stesso fu cavaliere. Fu anche membro del Consiglio del Granduca per gli affari di guerra.

e nella quale sono stati commessi molti equivoci ed errori, e massime avanti che i professori fossero stati resi cauti da gli avvertimenti del M. R. P. Abate Don Benedetto Castelli, in quel suo libretto veramente aureo [2] che Sua Paternità scrisse e pubblicò 3 anni sono intorno alle misure dell'acque correnti.

È stato il parere dell'ingegner Bartolotti, ed in una sua scrittura l'espone, di ridurre una parte del fiume, che corre con molte tortuosità, in un canal diritto, stimando di potere in questa maniera ovviare alle inondazioni. Esamina l'ingegner Fantoni tale scrittura, e molto avvedutamente gli oppone; replica l'ingegner Bartolotti alle opposizioni, cercando di sostenere esser il consiglio suo l'ottimo che prender si possa in questo partito. Ora, perché io inclino nell'altra opinione, che è di lasciar in loro essere le tortuosità e far quei restauramenti che propone l'ingegner Fantoni, anderò esaminando l'ultima replica del Bartolotti, mostrando, per quanto potrò, quanto facil sia l'abbagliare in questi oscurissimi movimenti dell'acque.

Persiste dunque l'ingegner Bartolotti in reprovar come inutile ogni provedimento che si facesse, fuor che quello del levar le tortuosità, riducendo il fiume in un canal diritto, con dire, il rimedio proposto dall'ingegner Fantoni essere stato fatto altre volte, cioè 44 anni fa, ed essersi pur ritornato al medesimo stato di prima.

Ma io vorrei sapere se la restaurazione fatta in quel tempo nel fiume così tortuoso fu di qualche profitto, o pur del tutto inutile ed infruttuosa. Non credo che si possa dire che ella fusse totalmente vana, perché né l'altro ingegnere la proporrebbe, né ci sarebbe alcuno del paese che non reclamasse a tal proposta. Se dunque i provvedimenti furon giovevoli, e furon fatti senza rimuover le tortuosità, adunque l'esser dopo qualche tempo ritornati i medesimi danni non depende dalle torture, ma da altra cagione; che in somma si trova esser che il letto si è ripieno e ristretto, e questo

[2] B. Castelli scrisse il trattato *Della misura delle acque correnti* (1628).

mediante le torbide che vanno deponendo: e perché il rimediare alle torbide e lor deposizione è impossibile, però bisogna contentarsi ed accomodarsi a dovere di tempo in tempo rimuovere il deposto. In oltre, se già si vede che le provisioni fatte nelle tortuosità giovano, e di questo siamo fatti sicuri dall'esperienza, perché si deve tentare un rimedio dubbio e che potrebbe, oltre al non apportar giovamento maggiore allo sfogo dell'acque, arrecar altri accidenti dannosi, alli quali l'antiveder nostro non ha potuto forse arrivare?

Ma dirà qui il Bartolotti, avere esso scorti vantaggi tali nel canal diritto e breve, che l'inducono ad attenersi a tal partito: e però noi anderemo conseguentemente esaminando essi vantaggi, cioè quelli che egli stesso produce. E perché il medesimo afferma, di più, ne i vantaggi che appresso siamo per esaminare consister tutta la somma di questo negozio, e le altre cose esser tutte pannicelli caldi (che così le nomina) e altercazioni di poco momento e da non le finir mai, però in questi ci fermeremo, e gli anderemo resecando al vivo con flemma e curiosità, e non senza speranza di poter arrecar qualche giovamento, col mostrar, come pur di sopra ho detto, quanto sia facile l'equivocare e l'ingannarsi.

Da quanto scrive l'ingegner Bartolotti circa questa materia, si raccoglie due esser le principali e massime imperfezzioni le quali egli attribuisce al canale tortuoso, e delle quali, per suo parere, manca il canale diritto, mentre amendue si partano dal medesimo principio e vadano a terminare e sboccare nel medesimo fine, sì che la total pendenza e declività sia l'istessa in quello ed in questo. La prima delle quali è, che dovendosi distribuire l'istessa pendenza in un canal lungo, quale necessariamente è il tortuoso in comparazion del retto, le parti di esso vengono meno inclinate, ed in consequenza il moto fatto in esse più lento, e lo scarico dell'acqua più tardo. La seconda è, che l'acqua, ripercotendo nelle svolte del canal tortuoso, vien ribattuta e grandemente impedita nel suo corso: tal che venendo ritardata doppiamente, cioè per la poca pendenza e per gl'incontri delle torture, più facilmente rigonfia e trabocca sopra gli argini, o gli rompe ed allarga le campagne adiacenti. Ora, per più

chiara intelligenza di ciò che in tal materia mi occorre dire, andrò separando e dividendo l'una dall'altra di queste due imperfezioni, considerando prima quello che arrechi di tardità al moto la sola istessa declività, ma compartita in un canal lungo, in comparazione della velocità che l'istessa pendenza induce in un canal corto, posto che amendue fosser diritti; di poi andremo esaminando quali e quanti siano gl'impedimenti delle tortuosità.

Quanto al primo, io produrrò tre proposizioni, le quali non dubito che nel primo aspetto parrebbon gran paradossi a chiunque le udisse dire: tuttavia procurerò di renderle credibili, sì come in effetto son veraci.

E prima, dico che in 2 canali de i quali la total pendenza sia eguale, le velocità del moto saranno eguali, ancor che l'un canale sia lunghissimo e l'altro breve [3].

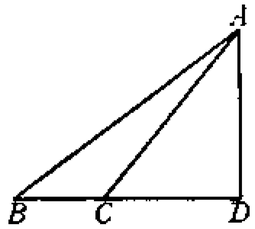
Dico secondariamente, che in questi medesimi canali con egual verità si può dire, il moto esser più veloce nel meno inclinato, cioè nel più lungo, che nel più corto e più inclinato.

Terzo, dico che le diverse velocità non seguitano la proporzione delle diverse pendenze, come par che l'ingegner Bartolotti stimi, ma si diversificano in infiniti modi anco sopra le medesime pendenze.

Vengo alla prima proposizione: per dichiarazione e confermazione della quale non credo che dall'ingegner Bartolotti né da altri mi sarà negato, verissimo essere il pronunziato di colui che dirà, le velocità di due mobili potersi chiamare eguali non solamente quando essi mobili passano spazii eguali in tempi eguali, ma quando ancora gli spazii passati in tempi diseguali avessero tra di loro la proporzione de i tempi de' lor passaggi; e così, per esempio, quello che in 4 ore andasse da Firenze a Pistoia non si può chiamar più pigro di un altro che in 2 ore andasse da Firenze a Prato, tutta volta che Pistoia fusse lontana 20 miglia e Prato solamente 10,

[3] Nei *Discorsi intorno a due nuove scienze* (vol. II, p. 749) Galilei affermerà che « i gradi di velocità d'un mobile descendente con moto naturale dalla medesima sublimità per piani in qualsivoglia modo inclinati, all'arrivo all'orizonte son sempre eguali, rimossi gl'impedimenti ».

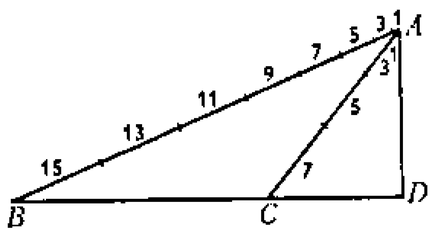
perché a ciascheduno tocca sottosopra ad aver fatto 5 miglia per ora, cioè avere in tempi eguali passati spazii eguali. E però qualunque volta 2 mobili, scendendo per 2 canali diseguali, gli passassero in tempi che avessero la medesima proporzione che le lunghezze de gli stessi canali, si potranno veracemente chiamare, essere egualmente veloci. Ora bisogna che quelli a i quali sin qui è stato ignoto, sappiano che 2 canali, quanto si voglia diseguali in lunghezza, pur che le totali pendenze loro siano eguali, vengono dall'istesso mobile passati in tempi proporzionali alle loro lunghezze: come, per esempio, posto che la linea retta $B\,D$ sia il livello o piano orizontale sopra il quale si elevino i 2 canali diritti e diseguali $B\,A$, maggiore, e $C\,A$, minore, de i quali le totali pendenze siano eguali, cioè misurate dalla medesima perpendicolare $A\,D$, dico che il tempo nel quale un mobile scenderà dal termine A sino in B, al tempo nel quale il medesimo scenderà da A in C, arà la proporzione medesima che gli stessi canali, cioè sarà tanto più lungo quanto il canale $A\,B$ è più lungo dall'$A\,C$: e questa è proposizione da me dimostrata ne i libri de i moti naturali e de i proietti: onde resta manifesto, le velocità per amendue i canali esser sottosopra eguali. Io ben comprendo donde ha origine l'equivoco che altri piglia nello stimar falso quello che io affermo per vero; per lo che m'ingegnerò di rimuoverlo.



Dice uno: Come non si muove più velocemente, v. g., una palla per il declive $A\,C$ che una simile per l'$A\,B$, se, quando quella, partendosi dal punto A, sarà arrivata al termine C, questa non averà passata una parte della $A\,B$ a gran segno grande quanto $A\,C$? Ma questo concedo io per verissimo, e consequentemente concedo ancora che quando la velocità nel resto della linea $A\,B$ fusse quale nella prima parte verso il principio A, il moto resolutamente e con assoluta verità si dovrebbe chiamar più lento per $A\,B$ che per $A\,C$. Ma per levar le tende all'equivocazione, dico che la fallacia del discorso depende dal figurarsi con errore i movimenti fatti sopra esse linee $A\,B$, $A\,C$ come equabili ed uni-

formi, e non come inequabili e continuamente accelerati, quali sono in effetto: ma se noi gli apprenderemo quali sono di 2 mobili che, partendosi dalla quiete nel punto *A*, vanno successivamente aqquistando maggiori e maggiori gradi di velocità, secondo la proporzione che veramente osservano, troveremo esser vero quanto io affermo. In dichiarazione di che, è primieramente da sapersi che un mobile grave, partendosi dalla quiete e scendendo per un canale diritto, in qualsivoglia modo pendente, o vero cadendo a perpendicolo, si va con tal proporzione accelerando, che dividendo il tempo della sua sciesa in quali e quanti si voglino tempi eguali, eguali, v. g., in minuti di ora, se lo spazio passato nel primo minuto sarà, per esempio, una picca, il passato nel secondo minuto sarà 3 picche, nel terzo minuto passerà 5 picche, nel quarto 7; e così successivamente gli spazii passati ne i sussequenti minuti andranno crescendo secondo i numeri dispari 9, 11, 13, 15 etc. E questa pure è delle proposizioni vere e da me dimostrate.

Ripigliamo adesso la medesima figura di sopra, nella quale il canale *A B* sia, per esempio, lungo il doppio dell'altro *A C* ed intendansi 2 mobili, quali sarebber 2 palle, scender liberamente per essi, e ponghiamo, il mobile nel più declive *A C* in un minuto d'ora avere sceso una picca: arà, nel secondo minuto, passato 3 picche, nel terzo 5, nel quarto 7, come dimostrano gli spazii notati e segnati con i numeri 1, 3, 5, 7; e così in 4 minuti averà passato tutto 'l canale *A C*, posto che sia lungo picche 16. Ma l'altra palla nel canal *A B*, più lungo il doppio, ed in consequenza la metà men declive, pongasi essersi mossa la metà men veloce (e questo conforme al vero ed all'opinione dell'ingegnero), sì che nel primo minuto abbia passato meza picca; ma continuando di accelerarsi conforme alla regola assegnata e dimostrata, passerà nel secondo minuto 3 meze picche, nel terzo 5, e consequentemente negli altri minuti, 7, 9, 11, 13, 15 meze picche.



E perché nel canale *A C* si contengono picche 1, 3, 5, 7, che fanno la sopra detta somma di picche 16, nell'altro *A B*, che è doppio dell'*A C*, conviene che in numero sieno picche 32, cioè meze picche 64, quante appunto sono le notate 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, passate in 8 minuti di tempo; e le 16, contenute in *A C*, passate in minuti 4; dal che è manifesto, le velocità ne i 2 canali interi esser sottosopra eguali, poi che nell'uno si passano 16 picche in 4 minuti, e nell'altro 32 in 8: se bene è anche vero, per sodisfazion della parte, che la velocità nell'*A C* è maggiore, poi che nel tempo che il mobile partendosi da *A* ha passate le 16 picche *A C*, l'altro passa solamente le 16 superiori meze picche. Ma è ancor vero, all'incontro, che in altrettanto tempo si passano le 48 meze picche, cioè le 24 intere, inferiori verso *B*; sì che con altrettanta verità si potrà dire, il moto per *A B* esser più veloce che per *A C*, che era la seconda proposizione che io avevo proposto di voler dimostrare. Concludiamo per tanto, che pigliandosi i canali interi, le velocità in amendue sono eguali; ma nella parte superiore del canal lungo (che in questo esempio è solamente la sua quarta parte) il moto, è più tardo, ma nelli $^3/_4$ rimanenti è altrettanto più veloce passandosi nell'istesso tempo spazio una volta e mezo maggiore di tutto 'l canale *A C*. E perché per lo scarico di una piena si ha da considerare il corso dell'acqua per tutta la lunghezza del canale, non mi par che resti più luogo all'ingegnere di dubitare che (per quanto depende dalla maggiore o minor lunghezza, minore o maggior pendenza delle parti de i canali) tanto scarica il più lungo e men declive, quanto il più corto e più pendente, cioè tanto il tortuoso quanto il diritto.

E qui non voglio lasciar di mettere in considerazione a V. S. Eccellentissima, come potrebbe essere che alcuno, equivocando per un altro verso, prendesse errore, mentre si persuadesse non esser possibile che passando un mobile con tanta maggior velocità il canal più corto e più pendente, non si avesse per esso a scaricar maggior quantità della medesima materia, ed in più breve tempo, che per il più lungo e meno inclinato.

Al che io rispondo, e con particolare esempio dichiaro, che dovendo noi scaricar, v. g., $^{m}/_{10}$ palle d'artiglieria con farle passare per questo o per quel condotto, ed essendo che una palla scorre il breve in un minuto di tempo, ma il lungo in 2 minuti, è vero e manifesto che quando lo scarico s'avesse a far d'una palla per volta, sì che non si lasciasse andar la seconda sin che la prima non fusse giunta al fine del condotto, né la terza se non scaricata che fusse la seconda, e così consequentemente tutte, l'una con tale intervallo dopo l'altra, torno a replicare che è vero che lo scarico per il condotto breve si farebbe nella metà del tempo che per il lungo: ma se le palle si lasciassero andare l'una dopo l'altra senza spazio intermedio, sì che si toccassero, il fatto succederebbe d'altra maniera. Perché posto, v. g., che la lunghezza del canal corto fusse capace di una fila di 100 palle solamente, ed il canal lungo di 200, è vero che il corto arebbe scaricate le sue prime 100 palle quando il lungo comincerebbe a scaricar la sua prima; ma continandosi poi lo scarico, e deponendosi le rimanenti palle con egual getto da amendue i condotti, si troverà il canal breve non si essere avvantaggiato in tutto lo scarico salvo che di 100 delle $^{m}/_{10}$ palle, perché 100 sole resteranno da scaricarsi nel canal lungo, finito che sia tutto lo scarico nel corto: e così l'avanzo del tempo non sarà della metà, ma di un centesimo; e di meno ancora sarebbe, quanto maggiore fusse il numero delle palle da deporsi e scaricarsi. Ora, lo scarico dell'acque si fa in questa seconda maniera, cioè con esser perpetuamente le succedenti parti contigue alle precedenti; talmente che lo scarico fatto per il canal corto non si vantaggia (essendo la metà del lungo) di altro che di una sola sua tenuta d'acqua, e duri la piena quanto si voglia. Veggasi ora quante di tali tenute passano nel tempo che dura essa piena, e si conoscerà l'avanzo esser tenuissimo, anzi pure esser nullo e di nissun rilievo, sì la prima tenuta che scarica anticipatamente il canal corto, come di nessun danno l'ultima che resta nel canal lungo, perché i danni non vengono dalle prime acque che cominciano a alzare, né dall'ultime che si partono, ma da quelle di mezo, mentre il fiume è nel suo maggior colmo.

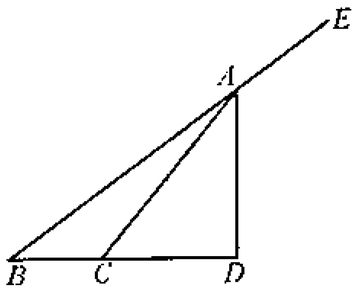
Anzi, quando simil civanzo fusse di considerazione, l'utile si trarrebbe dal canal maggiore, essendo che l'acqua che in esso si contiene, come più lontana dal trabocco, quanta più sarà, tanto ci scanserà dal danno.

Da quanto sin qui ho detto, parmi che assai manifestamente si scorga che il vantaggio il quale l'ingegnero si prometteva dalla brevità del canale e dalla maggior pendenza, non sia se non debolissimo, anzi nullo. Ma la sua nullità molto più ancora si estenua (se però il niente è capace di diminuzione) mentre che io leverò certa supposizione ammessa sin qui a favor della parte, la quale nel nostro caso non ha luogo. Ed il supposto ammesso gratis è tale.

Si è conceduto come universalmente vero, che nel canale la metà più corto, e di parti il doppio, più pendenti il moto sia, almeno nelle prime parti del canal lungo, più tardo il doppio che nel canal corto; poi che si è veduto che nel tempo che 'l mobile passa le 16 picche assegnate per la lunghezza del canal corto, nel lungo non si passano più che 16 meze picche. Ma ciò non avviene se non quando il suo moto comincia dalla quiete: ma se i mobili entreranno ne i 2 canali mentre amendue abbiano già impresso un comune grado di velocità, l'accelerazione che se li aggiugnerà, mercé delle pendenze diseguali de i due canali, non saranno altramente più tra di loro differenti, come se si partissero dalla quiete; e lo spazio che si passerà nel canale lungo, nel tempo che si passa tutto il corto, non sarà solamente la metà della lunghezza del corto, ma più e più secondo che l'impeto e la velocità comune precedente sarà stata maggiore e maggiore: nella maniera che segue.

Ripigliamo la precedente figura, dove si era concluso che, posti i mobili nel termine A in quiete, e di lì scendendo per i canali $A\ C$, $A\ B$, nel tempo che il mobile per $A\ C$ avesse passato tutto lo spazio $A\ C$, l'altro per $A\ B$ non arebbe passato più che la quarta parte di esso $A\ B$, che è la metà di $A\ C$; cioè, come allora si esemplificò, in $A\ C$ si passavano 16 picche in 4 minuti, ed in $A\ B$ 8 solamente. Ora ponghiamo che i mobili entrando, per il comun termine A, l'uno nel canale $A\ B$, e l'altro nell'$A\ C$, si trovino non in quiete,

ma, per aver già trascorso per altro canale *A E* o per qualsivoglia altra cagione, già impressi di tal grado di velocità, che con quello passassero, v. g., 10 picche per minuto, che sarebbe il passar comunemente 40 picche in 4 minuti: aggiungansi al mobile che scorrerà per *A C* le 16 picche da passarsi, mercé della nuova pendenza, in que' 4 minuti, ed al mobile per *A B* le 8, che passerebbero quando partissero dalla quiete in *A*; ed averemo che l'un mobile per il declive di *A C* passerebbe 56 picche, mentre l'altro per la pendenza simile alla *A B* ne passerebbe 48: e così si fa manifesto che la velocità per *A C* non sarà più doppia della per *A B*, ma sesquisesta, cioè la sesta parte solamente di più. E se noi faremo la precedente comune velocità essere ancor maggiore, la differenza per i canali si farà ancor minore; sì come è manifesto che ponendo, v. g., che nell'entrare i mobili per i canali *A B*, *A C* si trovassero aver impeto di far 50 picche al minuto, la velocità per *A C* non differirà dalla velocità per *A B* più di quello che differisca 216 da 208, o vogliàn dire 27 da 26. Veggasi adesso, se nel tempo delle piene, cioè de i colmi altissimi, l'entrata dell'acqua per il canale, o corto e più pendente, o lungo e di minor pendenza, si faccia come dall'uscita d'un lago quieto, o pur se tal ingresso sia impetuoso e velocissimo, che senz'altro lo troveremo sommamente veloce, e però di guadagno o scapito o nullo o insensibile, il quale possa provenire dalla maggiore o minor pendenza, la quale anco non può esser se non pochissima rispetto alla lunghezza de i canali.



Di qui si vegga quanto sia sottile il filo di queste pendenze, dal quale pendeva la soma o la somma di questo negozio. Ma voglio che con altra sottilità l'assottigliamo ancor più, mostrando come questa decantata pendenza non ha quella assoluta autorità di decretare in questa causa, quale comunemente mi par che gli venga attribuita, e spezialmente dall'ingegner Bartolotti, mentre egli regola il più e 'l men

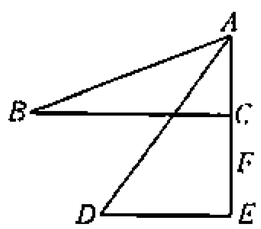
veloce corso de i fiumi dalla sola maggiore e minor pendenza. La quale limitazione io stimo non esser interamente adequata all'effetto, né tale che (come scrive l'ingegnero) oltre a quella non si possa assegnar altro: perché, se, come egli asserisce, i laghi mancano di moto, ed i fiumi si muovono, perché questi hanno pendenza, e quelli ne mancano; ed oltre a ciò alcuni fiumi corrono con velocità maggiore, ed altri più lenti, solo per esser quelli più e questi men declivi, e non per altro; ne seguiterebbe che dove non è pendenza, già mai non fusse moto, e dove la pendenza non è maggiore, mai non fusse maggior velocità, e dove le pendenze fussero eguali o la medesima, quivi fusse sempre la velocità eguale, ed in somma che le velocità s'andassero regolando secondo la proporzione delle pendenze: le quali consequenze ben seguono ne i mobili solidi, ma ne' fluidi credo che procedano assai differentemente. Dichiarerò quello che trovo accadere ne i solidi, per vedere se l'istesso accaggia ne' fluidi.

E prima, per solido voglio che intendiamo una palla di metallo durissimo, perfettamente rotonda e pulitissima, e che ci figuriamo il canale, dove si deve fare il moto, pur di materia solida ed esquisitamente pulito e terso[4]. In questo canale, se sarà locato in perfetto livello orizzontale, sì che manchi del tutto di pendenza, non è dubbio che posatavi la detta palla, resterà in quiete, trovandosi indifferente al muoversi più innanzi che in dietro, o vogliamo dire perché movendosi non aqquista migliore stato, poi che non si appressa al centro, dove la natura sua, come grave, la tira. Ma così non avverrà dell'acqua: perché se noi ci immagineremo esser quella palla una mole di acqua, si dissolverà, e verso l'una parte e l'altra scorrerà spianandosi; e se le bocche del canale saranno aperte, scolerà fuora tutta, salvo

[4] L'esempio di una palla perfettamente rotonda, posta su un piano che non sia «né declive né acclive» appartiene alla dimostrazione galileiana del moto di inerzia (cfr. *Le Meccaniche*, p. 173; *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, vol. II, p. 187 e *Discorsi intorno a due nuove scienze*, vol. II, p. 761), così come quello di una palla che scorra lungo un canale inclinato serve alla dimostrazione del movimento naturalmente accelerato (*Discorsi*, vol. II, p. 743).

che quella minima particella che riman, solamente bagnando il fondo del canale. Ecco dunque che anco nel canale che manca di pendenza, e dove i corpi solidi stanno fermi e quieti, i fluidi si muovono. È anco assai manifesta la cagione del muoversi, essendo che l'acqua nello spianarsi aqquista, avvicinandosi più le sue parti al centro, ed ella stessa si fa in certo modo pendenza; servendo le sue parti inferiori per letto declive alle superiori, o vogliàn dire sdrucciolando le parti superiori sopra le inferiori [5]. E qui comincia a farsi manifesto come non è la pendenza del letto o fondo del canale quella che regola il movimento dell'acqua. Veggiamo ora quello che avviene ne i canali di pendenze varie, e quali siano le differenze di velocità in essi.

Di sopra si è esaminato quello che accade di 2 canali di lunghezza diseguale, ma di egual pendenza, dichiarando che i tempi de' passaggi per essi hanno fra di loro l'istessa proporzione che le loro lunghezze. Ora convien determinare de i canali egualmente lunghi, ma di pendenze diseguali: ne i quali dico che i tempi de i movimenti fatti per essi hanno la proporzione suddupla di quella che hanno le lor pendenze contrariamente prese. Ma perché questi termini son forse alquanto oscuri, è ben dichiarargli. Però segneremo due canali egualmente lunghi *A B*,



[5] Nel *Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua* Galilei aveva sostenuto in polemica coi peripatetici Lodovico delle Colombe e Vincenzo Di Grazia, la teoria della continuità delle gocce d'acqua (pp. 475 segg.), per contrapporla a quella della contiguità, propria di Aristotele, sulla quale si fondava la teoria peripatetica sulle cause del galleggiamento dei corpi. Successivamente verrà a poco a poco allontanandosi da questa posizione per avvicinarsi alla teoria della contiguità, come risulterà evidente nella giornata prima dei *Discorsi intorno a due nuove scienze*, vol. II, p. 643, ma respinse la concezione della viscosità delle gocce d'acqua, ammettendo così la possibilità d'intendere la massa d'acqua come estremamente mobile, in ogni senso, e però non riconducibile, come qui appar chiaro, al caso dei solidi in movimento. La sua posizione contraria alla viscosità, sebbene criticata anche dai suoi allievi (come il Viviani e, più esplicitamente il Montanari, e poi il Grimaldi ed il Borelli), condurrà, per altro verso, Nicolò Aggiunti a precisare la teoria del moto occulto dell'acqua.

A D, ma di pendenze diseguali, sì che il più inclinato sia l'*A D* ed il meno *A B*, e sia la pendenza dell'*A D* determinata dalla perpendicolare *A E*, e quella di *A B* dalla perpendicolare *A C*; e pongasi, per esempio, tutta la pendenza di *A D*, cioè la perpendicolare *A E*, importare 9 soldi, e la pendenza di *A B*, cioè la perpendicolare *A C*, esser soldi 4: dico, che essendo le pendenze tra di loro nella proporzione di 9 a 4, la proporzione de i tempi ne i quali i mobili passeranno i canali *A B*, *A D* esser non come 9 a 4, ma come 9 a 6, pigliando tra 9 e 4 il numero medio proporzionale, che è 6 (perché sì come il 9 contiene il 6 una volta e mezo, così il 6 contiene il 4; e questa proporzione del primo numero a quel di mezo si chiama appresso i geometri suddupla della proporzione del primo al terzo numero); dico per tanto che la proporzione de i tempi de i passaggi per i canali *A B*, *A D* sarà come 9 a 6, ma contrariamente presi; cioè che il numero 9, pendenza del canale *A D*, determina il tempo della sciesa non per esso *A D*, ma per *A B*, ed il numero medio, cioè il 6, determina il tempo della sciesa per *A D*; sì che il tempo per *A B* al tempo per *A D* sarà come 9 a 6, quando le pendenze di *A D* e di *A B* siano come 9 a 4 [6].

La dimostrazione di questa proposizione è pur posta da me nel mio trattato del moto [7], e tanto si rincontrerà puntualmente accadere nel moto de i corpi solidi; ma non già così risponderà ne i fluidi, ne i quali si vede far grandissime variazioni di velocità non solamente per piccolo accrescimento di pendenza che si faccia nel letto del canale, ma ancor che questa non si accresca punto, e pochissimo quella della superficie superiore dell'acqua. Imperò che se considereremo qual accrescimento di pendenza possa arrecare al

[6] Si veda il teorema III, Proposizione 3 dei *Discorsi intorno a due nuove scienze* (vol. II, p. 751): se un medesimo mobile si muove, a partire dalla quiete, lungo una perpendicolare, o su un piano inclinato, che abbiano eguale altezza, i tempi dei moti staranno tra loro come le lunghezze rispettivamente del piano e della perpendicolare.

[7] *De motu naturaliter accelerato*, che verrà poi inserito nella giornata terza dei *Discorsi* cit.

nostro fiume d'Arno 8 o 10 braccia che egli si alzi qui da noi, da compartirsi in 60 miglia di lunghezza, quale è quella del suo alveo sino alla sua foce, non ha dubbio che piccolo dovrebbe esser l'agumento della velocità sopra quella che le sue acque hanno mentre son basse, le quali forse non si conducono al mare in 50 ore, dove nelle piene alte arrivano per avventura in manco di 8; che regolandoci secondo la ragione della semplice pendenza accresciuta, tal differenza di tempo dovrebbe esser pochissima: perché, posto che la pendenza del letto del fiume nel tratto di 60 miglia, che sono braccia $^{m}/_{180}$, sia, v. g., braccia 100, e tale sia della superficie dell'acqua bassa, nelle piene sarà 108; onde, conforme alla regola dell'accrescimento di velocità, pigliando fra 108 e 100 il numero proporzionale di mezo, che è meno di 104, la velocità nella piena dovrebbe avanzar quella dell'acque basse di manco di 4 per 100; e così se l'acqua bassa corre al mare in 50 ore, nella piena dovrebbe mettervene 48 e più; ma ella ve ne metterà meno di 8. Bisogna dunque ricorrere ad altro, per causa del grande agumento nella velocità, che al solo accrescimento di pendenza, e dire che per una delle potenti cagioni è che, nell'accrescer in tal modo la pendenza, si accresce sommamente la mole e 'l cumulo dell'acqua, la quale, gravando e premendo sopra le parti precedenti col peso delle sussequenti, le spinge impetuosamente: cosa che non accade ne' corpi solidi, perché quella palla sopranominata è sempre la medesima in tutte le pendenze, e non avendo agumento di materia sopravegnente, tanto solo più speditamente si muove nel canale più inclinato, quanto il meno inclinato gli detrae più del suo peso, ed in consequenza del momento, che la spigne a basso.

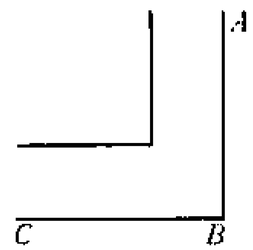
Ora, perché nell'accelerazione del corso delle acque più colme poca parte vi ha la maggior pendenza, e molta la gran copia dell'acqua sopravegnente, considerisi che, nel canal corto se ben vi è maggior pendenza che nel lungo, l'acque inferiori del lungo si trovan ben tanto più caricate dalla maggior copia dell'acque superiori prementi e spingenti, dal quale impulso può soprabbondantemente esser

compensato il benefizio che potrebbe derivare dalla maggior pendenza.

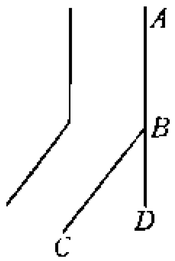
Altre considerazioni potrei produrre per dichiarar maggiormente ancora, la brevità del canale non essere apportatrice di quel benefizio che altri si immagina; ma mi pare che il detto sin qui sia assai quanto a questa prima parte. Per lo che verrò alla seconda, esaminando gl'incomodi che molti stimano provenire dalle tortuosità del canale.

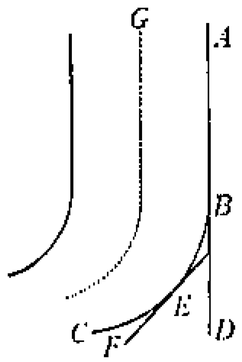
Quanto alle tortuosità e flessioni del canale, io non sarei repugnante a concedere, che quando elle fusser fatte di angoli rettilinei, e massime se fussero acuti o retti o anco presso che retti, il ritardamento del corso fusse considerabile, e anco notabile; ma quando gli angoli fussero ottusi, ancor che contenuti da linee rette, credo bene che 'l ritardamento sarebbe poco; ma quando il fiume andasse, come si dice, serpeggiando, e che le storte fussero in arco, credo resolutamente che l'arresto sarebbe quasi che impercettibile: e quello che mi muove a così credere è questo.

Nel canale diritto, per concessione dell'ingegner Bartolotti, e credo di ogn'altro, nissuno ostacolo trova l'acqua corrente ove perquotere, e però non vien deviata o impedita dal suo corso. Ma se il canale si romperà, piegandosi ad angolo acuto o retto, come dimostra la presente prima figura, nella sponda *A B C*, non è dubbio che l'acqua che scorreva lungo la riva *A B*, intopperà nell'opposta *B C*, ricevendo notabil ritardamento nel reflettere il suo corso lungo la *B C*; ma è anche manifesto, che se la flessione *A B C* fusse ad angolo ottuso, come dimostra la seconda figura, per venir l'acqua men deviata dal precedente corso lungo la ripa *A B*, assai più agevolmente si svolgerà secondando la *B C*; e di mano in mano, quanto più l'angolo che la sponda *B C* fa sopra la *A B* sarà ottuso, tanto più facile sarà il volgersi l'acqua, attalché il piegarsi per un angolo ottusissimo sarebbe senza verun contrasto o renitenza, e però senza diminuzione alla velocità. Ora notisi, prolungando la linea *A B* in *D*,



che l'angolo acuto *C B D* è quello che determina la deviazione della linea *C B* dalla dirittura di *A B D*; il quale angolo quanto più sarà stretto, tanto più l'ottuso *A B C* sarà largo, e la flessione più dolce e facile. Notisi per tanto il terzo canale *A B C*, piegato in arco sopra 'l punto *B* secondo la circonferenza *B C*, e prolungando a dirittura la retta *A B* in *D*, si osservi quanto sia grande l'angolo *C B D*, il quale, come è noto a chi possiede i primi elementi della geometria, è minor di qualsivoglia angolo acuto rettilineo; per lo che resta chiaro, l'inflessione che si fa nel punto *B* dall'arco *B C* sopra la retta *A B*, esser più ottusa di tutti gli angoli ottusi rettilinei, ed in somma il passaggio per il punto *B* dalla retta *A B* nell'arco *B C* non esser sensibilmente differente dal cammino diritto. E se noi piglieremo qualsivoglia altro punto nell'arco *B C*, qual sia, per esempio, il punto *E*, tirando la retta tangente *E F*, aremo parimente l'angolo *C E F* minor di tutti gli acuti rettilinei, e la flessione delle 2 parti di arco *B E*, *C E* nel punto *E* niente differente dal camino per *B E* e per la retta *E F*. E perché questo medesimo accade in ogni punto della circonferenza *B E C*, però possiamo concludentemente affermare, insensibile esser la difficultà nella conversion del corso dell'acqua dal canal retto *A B* per il curvo *A B E C*, e però impercettibile il ritardamento.





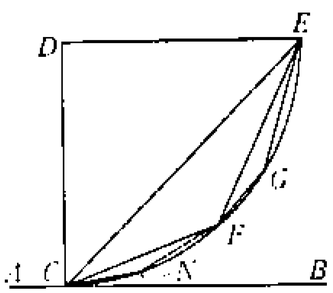
Qui potrebbe per avventura far difficultà l'ingegnero, opponendosi con dire che il mio discorso sia concludente solamente in quella parte d'acqua che vien rasentando la sponda *A B E C*, ma non già nelle parti di mezo, quali sono le *G E*, le quali, venendo impetuosamente a dirittura percuotono nella parte opposta *E*, e sopra la tangente *F E* costituiscono l'angolo rettilineo *G E F*, al quale si può dir che sia eguale il misto *G E C*, e però apportatore di impedimento al corso. A questo si risponde che ciò potrebbe

accadere nel tempo che l'acqua fusse bassissima, sì che qualche rivoletto separato scorresse per mezo del canale; ma quando l'alveo sia pieno (che è quello stato che noi solo consideriamo), nel piegarsi che fanno le parti dell'acqua prossime alla sponda *A B E*, conviene che le propinque sue laterali si pieghino esse ancora e vadano cedendo ed accomodandosi alla medesima svolta. Ma quando pure l'impeto e l'incontro le rendesse alquanto contumaci, che danno ne potrebbe seguire? Io non veggo altro, che il fare alquanto più violenza nella sponda opposta circa 'l punto *E*, onde fusse bisogno fortificarsi un poco più con gli argini in quel luogo che ne gli altri: e forse potrebbe accadere che l'acqua regurgitando rigonfiasse alquanto su la svolta; ma questo non diminuirà punto la sua velocità, perché tal alzamento gli servirà per far divenir la sua pendenza maggiore nella parte del canale seguente *E C*, dove, col crescer velocità, verrà a compensare il ritardamento patito sul principio della svolta, operando un effetto simile a quello che noi giornalmente veggiam accadere ne i fiumi assai colmi, mentre nel passar sotto gli archi de i ponti, urtando nelle pile o imposte di essi archi, gli convien ristrigner l'acque, le quali, rialzandosi nelle parti di sopra, si fanno pendenza tale sotto li archi, che, correndovi velocissimamente, senza scapito alcuno continuano il corso loro, né consumano un sol momento di tempo di più nel loro intero viaggio, che se avessero auto il canale libero.

Io so, Eccellentissimo Signore, che in questa mia scrittura sono alcune proposizioni, le quali, per aver nel primo aspetto sembianza di paradossi e di impossibili, mi manterranno, anzi mi accresceranno, nel concetto di molti l'attributo che mi vien dato, di cervello stravagante e vago di contrariare alle opinioni e dottrine comunemente ricevute anco da gli stessi professori delle arti; e per questo non mi è ascoso che meglio sarebbe (conforme a quell'utile documento) tacer quel vero che ha faccia di menzogna, che, pronunziandolo, esporlo alle contradizioni e impugnazioni, e tal volta anco alle derisioni, di molti. Tutta via in questo ancora sono di parer diverso dal comune, e stimo più utile il proporre ed esporre alle

contradizioni pensieri nuovi, che, per assicurarsi da i contradittori, empier le carte di cose trascritte in mille volumi: ed in questa occasione V. S. mi riceva e mi spacci per censore, offizio che pur viene ammesso nella repubblica, e forse tra i più utili e necessarii; e quello che ho detto e quel che son per dire sia ricevuto non come parto della mia ambizione, acciò che 'l mio consiglio sia anteposto a i pareri de i più intelligenti di me, ma come nato dal desiderio di essere a parte nelle migliori deliberazioni se non positivamente, almeno negativamente, cioè con l'avere additati quelli inconvenienti che si devono fuggire; e vagliami il protesto e la dichiarazione che fo, d'esser meno intelligente de gli altri, a poter più liberamente portare in mezo le mie fantasie.

Tornando dunque su le tortuosità del fiume, dirò un altro mio concetto, il quale penso che sia per giugner nuovo ed anco esorbitante all'ingegnero, e forse a de gli altri; ed è questo: che, posta l'istessa pendenza tra due luoghi tra i quali si abbia a far passare un mobile, affermo, la più spedita strada e quella che in più breve tempo si passa non esser la retta, ben che brevissima sopra tutte, ma esservene delle curve, ed anco delle composte di più linee rette, le quali con maggior velocità ed in più breve tempo si passano. E per dichiarazione di quanto dico, segniamo un piano orizontale secondo la linea $A\,B$, sopra 'l quale intendasi elevata una parte di cerchio non maggiore di un quadrante, e sia $C\,F\,E\,D$, sì che la parte del diametro $D\,C$, che termina nel toccamento C, sia perpendicolare, o vogliamo dire a squadra, sopra la orizontale $A\,B$; e nella circonferenza $C\,F\,E$ prendasi qualsivoglia punto F: dico adesso, che posto che E fusse il luogo sublime di dove si avesse a partire un mobile, e che C fusse il termine basso al quale avesse a pervenire, la strada più spedita e che in più breve tempo si passasse non sarebbe per la linea o vogliàn dire per il canale brevissimo $E\,C$, ma preso qualsivoglia punto nella circonferenza F, segnando i



2 canali diritti $E\,F\,C$, in più breve tempo si passeranno questi che il solo $E\,C$ [8]; e se di nuovo ne gli archi $E\,F$, $F\,C$ si noteranno in qualsivoglia modo 2 altri punti G, N, e si porranno 4 canali diritti $E\,G\,F\,N\,C$, questi ancora si passeranno in tempo più breve che li 2 $E\,F\,C$; e continuando di descrivere dentro alla medesima porzion di cerchio un condotto composto di più e più canali retti, sempre il passaggio per essi sarà più veloce, e finalmente velocissimo sopra tutti sarebbe quando il canale fusse curvo secondo la circonferenza del cerchio $E\,G\,F\,N\,C$. Ecco dunque trovati canali che hanno la medesima pendenza (essendo compresi i medesimi termini E, C), e che son di differenti lunghezze, ne i quali i tempi de' passaggi sono (al contrario di quello che comunemente si stimerebbe) sempre più brevi ne i più lunghi che ne i più corti, e finalmente lunghissimo è il tempo nel brevissimo, e brevissimo nel canale lunghissimo. E queste son conclusioni vere, e da me dimostrate ne i sopradetti libri del moto.

Questo che io dico è vero universalmente, non solo quando la superficie del quadrante $D\,C\,F\,E$ fusse eretta a squadra sopra l'orizonte $A\,B$, ma anco quando fusse quanto si voglia inclinata, pur che il punto E sia elevato più del C, acciò

[8] Come dirà più tardi nella prima giornata dei *Discorsi* cit. (vol. II, p. 669) Galilei sostiene che il tempo di caduta di un corpo lungo una corda di cerchio è maggiore che lungo l'arco corrispondente: « effetto che tanto ha del maraviglioso, in quanto nella prima apprensione par che dovrebbe seguire il contrario: imperò che, sendo comuni i termini del principio e del fine del moto, ed essendo la linea retta la brevissima che tra due termini si comprende, par ragionevole che il moto fatto per lui s'avesse a spedire nel più breve tempo; il che poi non è, ma il tempo brevissimo, ed in conseguenza il moto velocissimo è quello che si fa per l'arco del quale essa linea retta è corda ». In vero, come è stato dimostrato poi dai matematici, non è per un arco di circonferenza che si realizza il movimento più rapido; ma Galilei giunge a queste conclusioni non per deduzioni esclusivamente matematiche, bensì in base a calcoli tecnici, come si dimostra in questa scrittura. Egli applica qui il teorema contenuto nello scolio della proposizione 36 del *De motu naturaliter accelerato* (*Discorsi* cit., vol. II, p. 766), in cui, estendendo l'enunciato, si deduce che « il movimento più veloce da estremo ad estremo non avviene lungo la linea più breve, cioè la retta, ma lungo un arco di cerchio ». La dimostrazione di questo scolio è simile a quella descritta qui di séguito.

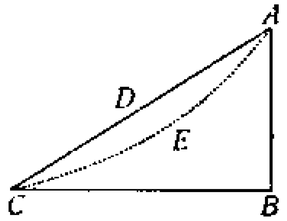
vi sia qualche pendenza, e che la *E D*, perpendicolare alla *C D*, sia posta parallela all'orizontale *A B*. Ma per levar in parte l'ombra che nel primo pronunziare di tal concetto forse occupò la mente dell'uditore, rappresentandolo come paradosso e manifesto impossibile, consideriamo quello che accade ne i canali segnati, e come nel principio loro, sotto 'l punto *E*, l'inclinazione del canale *E F* è maggiore che quella del canale *E C*, sì che l'impeto per quella deve esser maggiore che per questa: e tale ancora deve continuarsi per tutto il tratto *F C*; che se ben poi la pendenza nella parte *F C* è minore della pendenza *E C*, tutta via la velocità già concepita, per il vantaggio di *E F*, è più potente per conservar l'aqquisto fatto, che non è la declività della rimanente parte di *E C* a ristorare il danno della perdita già fatta. Vedesi parimente che nelle altre figure, composte di più linee, la pendenza superiore è sempre maggiore, e finalmente nell'istesso quadrante è maggiore che in tutte le altre figure.

Avevo pensato in questo luogo di tacer altro accidente più strano in aspetto, e che maschera il vero con faccia di menzogna più che l'altre cose dette; ma già che mi viene in taglio, dicasi, e gl'increduli aspettinne in breve la dimostrazione concludente con necessità, onde essi restino appagati ed io sincerato e conosciuto per veridico.

È parsa esorbitanza il pronunziare che i due canali *E F C* si passino in manco tempo che 'l solo *E C*; ma quale assurdo parrà il sentire che amendue si passino più presto che un solo di loro? cioè che partendosi il mobile dal termine *E*, in tempo più breve si conduca al termine *C* per li due canali *E F C*, che per il solo *F C* partendosi dal punto *F*? E pure tal accidente è vero.

Da quanto ho di sopra detto, vorrei che i signori ingegneri e periti ne cavassero un avvertimento (ma forse di già l'hanno osservato) circa il compartir la pendenza ne i canali e letti de i fiumi: che è di non la distribuire egualmente per tutto, ma andarla sempre diminuendo verso il fine del corso. Come, per esempio, dovendosi cavare un alveo di fiume dal principio *A* sino al termine *C*, tra i quali estremi sia la pendenza notata *A B*, io non giudicherei l'ottimo

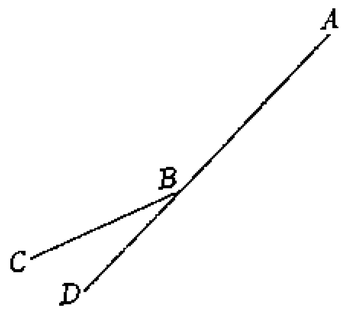
compartimento di essa pendenza esser il distribuirla per tutto egualmente, cavando il fondo del letto secondo la linea *A D C*, sì che le sue parti tutte fussero egualmente inclinate, la qual linea non sarebbe retta, ma colma in mezo, dovendo quasi secondare la curvità del globo terrestre; ma crederei esser meglio fare il compartimento secondo la circonferenza *A E C*, cioè dando maggior pendenza nelle parti verso *A* e diminuendola sempre verso il fine *C*, dove non arei per disordine quando bene per qualche spazio l'acqua dovesse andar senza pendenza, né temerei che ella fusse per allentare il suo corso, essendo sicuro che nel piano orizontale (quando non vi siano impedimenti esterni ed accidentarii) la velocità concepita dal mobile nel moto precedente sopra un piano declive si conserva uniforme, e tale che nel piano passerà spazio doppio del passato nell'inclinato in tempo eguale al tempo del passaggio per l'inclinato, mentre il suo principio fu dallo stato di quiete, come io dimostro nel mio sopranominato libro del moto.



E qui voglio mettere in considerazione, come il temere che un'acqua corrente, nel passare per una parte del suo canale la quale avesse minor pendenza che le parti precedenti, possa ritardare il suo corso e farla rigonfiare e finalmente traboccare, è, s'io non m'inganno, timore soverchio e vano, perché io stimo che non solo la minor pendenza non ritardi l'impeto concepito nella precedente maggiore, ma che né anco il puro livello sia bastante a ritardarlo [9]. E per dichiararmi, posto il canale inclinato *A B*, per il quale sia scorso il mobile, e che oltre al *B* deva passare nella parte *B C* meno inclinata, dico che la velocità concepita per *A B*

[9] « Dice il Bartolotti: Dove è maggior pendenza, è maggiore velocità. Questo è falso; perché può esser velocità non minore anco dove non è pendenza: nell'orizzontale *ab* non è minor velocità che nel declive *ca*, anzi in tempo eguale si passa doppio spazio. È però noto che sarebbe bene dar maggior pendenza alle parti più remote allo sbocco, con l'esempio dell'arco che si passa più presto che la corda, se ben la pendenza è la medesima e l'arco più lungo » (VI, p. 623).

non si diminuirà altramente nel seguente canal *B C*, anzi continuerà di crescere se vi sarà punto di pendenza, o si conserverà quando sia posto a livello. Dubito bene che potrebbe forse accadere che alcuno con un poco di equivoco si persuadesse che diminuendosi la pendenza in *B C* in relazione ad *A B*, si dovesse anco diminuir la velocità; cosa che è falsa in relazione al corso precedente per il medesimo canale *A B*, ma ben è vera in relazione a quello che seguirebbe nel canale *B D*, continuato all'*A B* con l'istessa pendenza. Ritarderà dunque il mobile il corso che farebbe per *B D*, ma non il fatto per *A B*, anzi seguiterà di accrescerlo, ma ben con proporzion minore. Però il dubitare che per le svolte, le quali nel canale che va serpendo possono aver minor pendenza che altre parti che più si distendono, secondo la inclinazione del piano suggetto, si possa far tal diminuzione di velocità, che l'acqua trattenuta rigonfi e trabocchi, l'ho per evento da non temersi, perché non è vero che la velocità si scemi, anzi si va sempre agumentando; se già la svolta non fusse tale, che convertisse la pendenza in salita, al qual caso converrebbe provedere: ma non credo che ciò avvenga nel fiume di Bisenzio, nel quale l'acqua, ancor che bassa, si muove sempre: oltre che il colmo alto trova ben esso modo di farsi la pendenza, dove ne fusse scarsità o mancamento.



Io arei alcune altre considerazioni da proporre intorno ad altri particolari; ma perché la somma del presente negozio, come prudentemente nota l'ingegner Bartolotti, consiste in questo punto principalissimo, sin qui assai ventilato, mi riserberò ad altra occasione a discorrer circa tal materia più copiosamente, non convenendo anco il tener V. S. Eccellentissima, occupata sempre in negozii gravissimi, più impedita in cose meno importanti [10]. Dirò solo, per concluder

[10] Fra le carte galileiane fu reperito dal Favaro e pubblicato negli *Inedita galileiana* (« Memorie del R. Istituto veneto di scienze, lettere e arti », XXI, 1880) un foglio di appunti autografi sul cui rovescio si legge: « circa il metter il fosso in Bisenzio »: queste note sembrano riferirsi ad un progetto di lavori presentato nel 1631 agli Uffiziali dei Fiumi, e approvato il 3 luglio dello stesso anno. In questi appunti, fra l'altro, Galilei consente con la proposta di restaurare ed elevare gli argini, di tagliare gli alberi delle sponde e di togliere altri impedimenti.

qualcosa intorno alla deliberazione da prendersi per il restauro del fiume di Bisenzio, che io inclinerei a non lo rimuovere del suo letto antico, ma solo al nettarlo, allargarlo, e, per dirlo in una parola, alzar gli argini dove trabocca e fortificargli dove rompe. E quanto alle tortuosità, se ve n'è alcuna oltremodo cruda, e che con qualche taglio breve e di poco incomodo e danno alle possessioni adiacenti si possa levare, la leverei, ben che il benefizio che si possa ritrarne non sia di gran rilievo.

Ci sono molte altre incomodità e difficultà quasi insuperabili, promosse e messe in considerazione dall'ingegner Fantoni nella sua scrittura, le quali non mi è parso di dover replicare, ma solo confermarle come importantissime nel presente negozio.

Questo che ho detto è stato per obbedire al cenno del Serenissimo Gran Duca nostro Signore, significatomi da V. S. molto Illustre ed Eccellentissima, alla quale, dedicandomi e confermandomi servitore, con reverente affetto bacio le mani e prego felicità.

Da Bellosguardo, li 16 di Gennaio 1630 [11].

[11] È la datazione di stile fiorentino, che corrisponde al 1631.

DALL'EPISTOLARIO

(1593-1641)

Raccolto in nove volumi dell'edizione nazionale delle Opere, *il carteggio relativo a Galilei dal 1574 al 1642 non solo documenta la natura aperta, vivace e attiva dello scienziato pisano, ma costituisce anche una preziosa fonte di notizie e d'informazioni, che s'aggiunge, integrandole, alle opere scientifiche, di polemica e di discussione e, con una varietà di argomenti e di motivi, amplia in modo notevolmente soddisfacente le possibilità di conoscenza profonda della mentalità, del carattere e degli ideali scientifico-culturali di Galileo Galilei.*

Attraverso un costante intreccio di relazioni molto varie che si allargano fino a comprendere corrispondenti di ogni parte d'Europa, il carteggio è la base di una ricostruzione storica della figura di Galilei, della nascita della scienza moderna e dei suoi momenti più drammatici ed importanti. Dalla lettura delle lettere che egli scrisse a personaggi più vari e che a lui indirizzarono amici, scolari, uomini politici, prìncipi e prelati, la figura di Galilei riceve una esatta dimensione storica che consente una concreta valutazione dell'influenza che egli esercitò sui suoi tempi; anche quando, dopo la condanna del 1633, si profilava minaccioso il pericolo dell'isolamento e parcva prossimo a realizzarsi il proposito dei suoi nemici, di mettere definitivamente a tacere una voce non conformista qual era la sua, le mura del carcere di Arcetri e la vigilanza occhiuta dell'Inquisizione furono eluse e beffate dall'intenso scambio di lettere che legò sempre saldamente, in un'affettuosa ed intensa corrispondenza d'intelletti, Galilei

al mondo della scienza nuova, che egli aveva fatto nascere e che non s'era dileguato al momento della condanna. È forse questo il momento più toccante del carteggio, ma certamente non l'unico che possa interessare lo storico. Al di là dell'attenzione per la vicenda biografica e per l'analisi dei suoi sentimenti, allo storico interessa ritrovare nel carteggio la conferma viva e immediata di quei motivi fondamentali che caratterizzano la personalità scientifica di Galileo Galilei; l'aspirazione ad una nuova concezione scientifica e la ricerca di leggi meccaniche che portino alla nascita di una nuova fisica; la fondazione del metodo e la sua applicazione, come norma di vita costante, ad ogni vicenda umana; l'interesse per il copernicanesimo, come sviluppo e integrazione della nuova meccanica; le relazioni tra Galilei e la società del suo tempo; la realtà della « scuola » galileiana attraverso la corrispondenza con gli scolari; i momenti intensi dello scontro tra il copernicanesimo e le autorità romane, con le loro implicazioni politico-filosofiche. Tutto questo appare in forma distesa, dinamica e veritiera dalle lettere che Galilei e i suoi amici e nemici si scambiavano.

L'epistolario costituisce in particolare una fonte preziosa di informazioni sui rapporti con Keplero, con Cartesio, col padre Marino Mersenne, con la corte granducale e con i matematici della Compagnia di Gesù; interesse particolare acquistano le lettere scambiate tra Galilei e il Baliani, il Castelli, Bonaventura Cavalieri, il principe Cesi, G. F. Sagredo ecc.; dalle lettere di carattere privato, scambiate con i familiari o con gli amici, ci appare meglio illuminata la vita privata di Galilei, le difficoltà economiche in cui venne a trovarsi a Padova, il nascere di un'intensa affettuosa relazione di amore filiale tra il vecchio Galilei e la figlia Virginia: un affetto nato troppo tardi, forse, per dare al vecchio scienziato, colpito dalla condanna ecclesiastica, il conforto della famiglia e dei figli.

Tra questi motivi che possono soddisfare ogni forma di curiosità e di indagine, nell'accingerci a compiere una scelta delle lettere di Galilei, ci siamo soffermati soprattutto su quelle lettere che più di altre possono contribuire ad una migliore conoscenza dei motivi fondamentali della sua scienza; così, abbiamo preferito lasciare il posto a quelle lettere che indicano in modo più evidente le tappe importanti della formazione del suo pensiero scientifico: quelle a Guidobaldo del Monte e a Paolo Sarpi sulle oscillazioni pendolari e sul movimento naturalmente accelerato; quelle che contribuiscono a chiarire il metodo sperimentale: le lettere al Contarini, quella al Dini del 1611, il carteggio col Baliani dove scienza e tecnica trovano una perfetta fusione e dove meglio che altrove si manifesta la concezione galileiana della scienza sempre rivolta a risolvere i problemi della vita umana; fra queste, le lettere che riguardano le trattative tra Galilei e il governo spagnolo prima e quello dei Paesi Bassi poi per la cessione del metodo di misurazione della longitudine.

Un rilievo particolare hanno poi le lettere di argomento astronomico o a questo collegate: dalle lettere al Mazzoni e al Keplero del 1597, che documentano per la prima volta il copernicanesimo di Galilei, a quelle riguardanti la costruzione del primo cannocchiale e le prime scoperte celesti, le quali vennero comunicate prima con le lettere ad amici e uomini illustri, e che esprimono l'ansia di Galilei di informare il mondo degli uomini di scienza, di cultura e della vita politica. Non sono comprese in questa sezione le tre lettere che Galilei indirizzò al Welser nel 1612, poiché queste, pubblicate in volume col titolo: « Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari e loro accidenti » costituiscono un'opera a sé; né le quattro lettere che Galilei inviò, dal 1613 al 1615, al Castelli, al Dini e a Cristina di Lorena, a proposito della vertenza sorta intorno ai rapporti tra copernicanesimo e religione, perché esse sono considerate di solito come un contributo unitario ed organico alla soluzione dei problemi sorti con le scoperte celesti, e perciò, come già fece il Favaro nell'edizione nazionale delle Opere, *sono inserite – come quelle sulle macchie solari – nel primo volume, secondo l'ordine cronologico di pubblicazione. Chiudono la nostra scelta alcune lettere della vecchiaia, più particolarmente dichiarative dei metodi e dei principi che ispirarono l'opera scientifica di Galilei: quella al Castelli del 1639, in cui si esalta il valore del dubbio per la ricerca della verità, la polemica col Liceti sull'aristotelismo e sui suoi limiti concettuali, con la contrapposizione dell'ideale naturalistico-matematico, contenuto nella famosa enunciazione del « libro della Natura ».*

Pur nei limiti che necessariamente ogni scelta, e particolarmente una scelta strettamente limitata dallo spazio, comporta, ci auguriamo di dare al lettore una visione viva e concreta – indicativa, se non del tutto soddisfacente – della personalità scientifica di Galilei considerata non in astratto e in assoluto ma nel contesto delle relazioni col suo tempo.

DALL'EPISTOLARIO

I.

Galileo a Giacomo Contarini [1].

Padova, 22 marzo 1593.

Ill.mo Sig.re,

Ho inteso dal Ill.re Sig.r Gianvin.o Pinelli [2] il quesito di V. S. Ill.ma, circa il quale li dirò quello che io tengo la verità: et è questo.

[1] Giacomo Contarini (1536-1595) fu provveditore all'arsenale di Venezia dal 1593 al 1595: intenditore di problemi di meccanica, raccolse nella sua casa una vasta biblioteca a carattere tecnico-scientifico. La corrispondenza che Galilei ebbe con lui testimonia il grande interesse per i problemi della tecnica che sempre accompagnò la sua opera scientifica. Come abbiamo più volte sottolineato, l'ambiente veneziano stimolò ed aumentò quest'interesse, alla cui origine può ritrovarsi un'esigenza umanistica per l'intenzione di rendere l'opera scientifica concretamente utile agli uomini. Sappiamo che Galilei fu spesse volte consultato dai dirigenti dell'arsenale per la soluzione di questioni tecniche; egli stesso poi illustrò nella prima pagina dei *Discorsi intorno a due nuove scienze* il grande contributo offerto alla ricerca scientifica dalla pratica dei mestieri e delle tecniche. In questa lettera può essere apprezzata inoltre l'esemplificazione che viene data del metodo sperimentale: si noti infatti l'assimilazione del remo ad una leva (e cioè ad un rapporto tra potenza, resistenza e fulcro), il passaggio, tipico del metodo perseguito da Galilei, alla quantizzazione del fenomeno, mediante la sua riduzione ad un rapporto di forze e secondo un criterio analogico-induttivo. Di qui la determinazione della norma generale, « propositione universale et invariabile », su cui si fonda quel rapporto. In questo passaggio diretto dalla osservazione sperimentale alla regola matematica sta appunto la novità e la modernità del metodo sperimentale come dimostrano, oltre all'opera di Galilei, altri illustri innovatori nel campo delle scienze. Tuttavia, si potrà osservare come, una volta raggiunta la proposizione universale, Galilei non intenda ignorare i casi particolari, ché anzi è proprio col secondo momento del metodo

[2] Vedi nota a pagina seguente.

Quanto al far maggiore o minor forza, nel pingere avanti il vassello, l'essere il remo posato sul vivo o fuori, non fa differenza, sendo tutte l'altre circostanze le medesime: et la ragione è, che sendo il remo quasi una leva, tutta volta che la forza, il sostegno et la resistenza la divideranno nella medesima proporzione, opererà col medesimo vigore; et questa è propositione universale et invariabile. Et io non credo che dal far le ale alla galera si cavi altra comodità, che l'haver piazza più capace per i soldati et per i forzati, i quali forzati non si potrebbono accomodare 4 o 5 per remo, et massime verso la poppa et la prua, se non vi fossero le ale: ma che quando e' si potessero accomodare a vogare tanto nell'un modo quanto nell'altro, il posar lo schermo sul vivo o fuori facesse differenza alcuna, io non lo credo a patto alcuno, stando però il remo sempre diviso nella medesima proporzione; né io veggo che la voga si possa impedire o agevolare da altro che dal porre lo schermo più lontano dal girone o più vicino, et quanto più sarà vicino tanto maggior forza si potrà fare: et la ragione è questa, la quale forse non è stata tocca da altri. Il remo non è una semplice leva come le altre, anzi ci è gran differenza in questo: che la leva ordinariamente deve havere mobili la forza et la resistentia, et il sostegno fermo; ma nella galera tanto si muove il sostegno, quanto la resistenza et la forza: dal che ne séguita che il medesimo sia sostegno et resistenza, per ciò che in quanto la pala del remo si appunta nell'aqqua,

– l'esame del fatto per il tramite della norma generale e la « verifica » di questa nel suo adattamento al particolare – che si conclude il procedimento galileiano. Quando Galilei esamina il remo come leva particolare, dimostra la piena aderenza alla realtà effettuale del suo pensiero scientifico, il cui circolo si conclude con il ritorno ad una nuova valutazione dell'esperimento consolidata dal contributo del calcolo razionale. Per altre lettere che testimoniano l'interesse di Galilei per la tecnica marinara e per problemi marittimi, cfr. le pp. 921-37, 948-59.

[2] Giovan Vincenzo Pinelli (1535-1601), mecenate e cultore di studi scientifici, rappresentò per lungo tempo il centro della cultura letteraria in Padova. Amico di Galilei, s'interessò nel 1592 per aiutarlo nella riscossione d'una certa somma dovutagli dallo Studio di Padova.

viene l'aqqua ad esser sostegno, et la resistenza lo schermo; ma quanto l'aqqua vien ancor essa mossa dal remo, in tal caso essa è resistenza, et lo schermo è sostegno. Et perché quando il sostegno è immobile, tutta la forza si applica a muover la resistenza, se si accomoderà il remo tanto che l'aqqua venga quasi che immobile, all'hora la forza si impiegherà quasi tutta a muovere il vassello; et per il contrario, se il remo sarà talmente situato che l'aqqua venga facilmente mossa dalla palmula, all'hora non si potrà far forza in muovere la barca: et perché quanto più la parte della lieva verso la forza è lunga, tanto più facilmente si muove la resistenza, quando la parte del girone sarà assai lunga, tanto più facilmente l'aqqua verrà mossa, et per ciò il suo sostegno sarà più debole, et il vassello meno si spingerà; per l'opposito, quando la medesima parte tra lo schermo et la forza sarà più corta, all'hora l'aqqua più difficilmente potrà dalla palmula esser mossa, et per conseguenza, in quanto la mi serve per sostegno, sarà più salda, et il vassello si potrà con più forza spingere. Però si conclude, che quanto lo schermo è più vicino al girone, tanto più forza si può fare in spingere il vassello, non potendo l'aqqua così facilmente esser mossa con la palmula molto lontana dallo schermo dalla forza vicina al medesimo schermo; et però in tal caso l'aqqua fa più l'offizio del sostegno, che della resistenza: et tutto questo è manifestissimo per l'esperienza. Non sendo dunque altra cosa che possa arrecar comodo o incomodo alla voga che l'essere lo schermo più lontano o più vicino alla forza, io non dubito punto che in questo il porre lo schermo sul vivo o fuori non faccia differenza alcuna.

Questo è quanto per hora mi sovviene in risposta del suo dubio, et non dubito che molto meglio circa ciò habbia discorso V. S. Ill.ma; però quando li piacesse farmi parte de i suoi pensieri circa questo particolare, le ne resterei infinitamente obbligato, assicurandomi che ne imparerei assai, et forse i suoi discorsi mi farebbono sovvenire qualche altra cosa. La pregherò che quando anderanno attorno simili dubi, si degni

farmene partecipe, perché ho grandissimo piacere in pensare a cose curiose [3].

Mandai la lettera di V. S. Ill.ma all'amico scultore, ma per ancora non ho hauta risposta. Con che li faccio humilissima reverenza, pregandola a comandarmi.

Di Padova, li 22 di Marzo 1593.

Di V. S. Ill.ma — Oblig.mo Ser.re Galileo Galilei.

II.

A Jacopo Mazzoni [1].

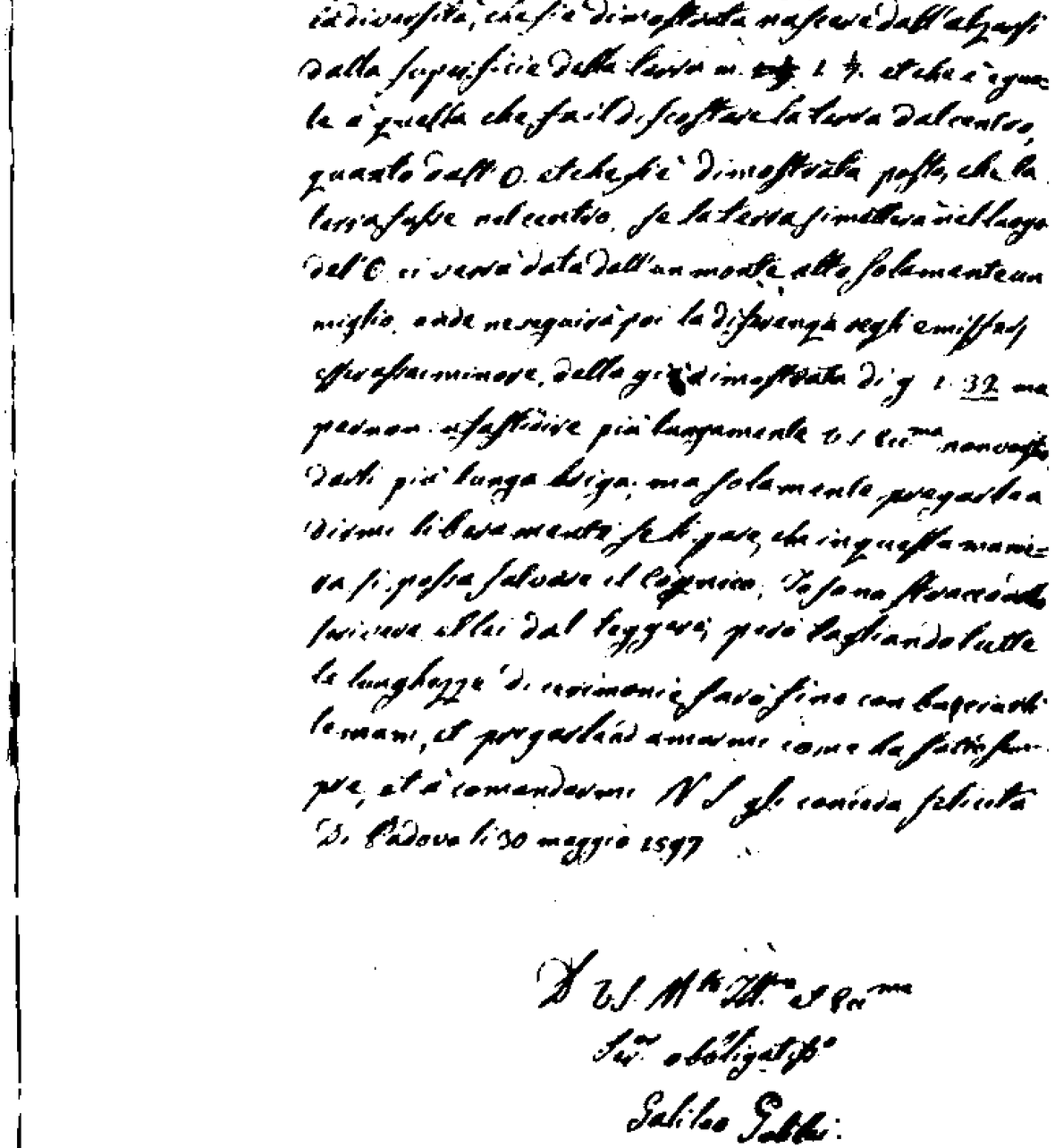
Padova, 30 maggio 1597.

Molto Illustre ed Eccellentissimo Signor mio,

È comparso qua in Padova il libro di V. S. Eccellentissima *De comparatione Aristotelis et Platonis*, il quale, per esser novissimo, non ha ancora sparso di sé quel grido ed applauso

[3] Il Contarini, rispondendo il 28 marzo a questa lettera, insieme ad altre considerazioni, che derivavano dalla pratica marinara e dal sistema di voga in uso sulle galee veneziane, mostrò che, in certe circostanze, « non può sucedere quello che si dice, che quanto la parte del zirone sarà più lunga, tanto più facilmente l'acqua verrà mossa, et perciò il suo sostegno sarà più debole et il vassello manco si spingerà ».

[1] Jacopo Mazzoni (1548-1598) professore di filosofia a Pisa durante gli anni del lettorato di Galilei e poi insegnante a Roma. Avendo scritto il *De comparatione Platonis et Aristotelis*, in cui sosteneva l'invariabilità della sfera celeste attraverso l'avvicendarsi delle stagioni, Galilei gli indirizzò da Padova questa lettera, che, insieme alla successiva a Keplero, costituisce la documentazione della sua adesione al copernicanesimo, e pertanto conferma la tesi di alcuni autorevoli studiosi, che cioè Galilei non fu soltanto un fortunato scopritore delle novità celesti come alcuni, per diminuire il prestigio, vogliono giudicarlo. Sono invece la sua stessa preparazione giovanile e le sue ricerche di meccanica che lo spinsero, proprio in questi anni padovani nei quali quelle ricerche si approfondirono, ad estendere e a completare l'indagine esaminando se sia possibile uniformare la meccanica celeste e quella terrestre. La presente lettera, pertanto, e quella seguente intendono fare riferimento a questi obbiettivi di ricerca, evidentemente allora non raggiunti ma soltanto prospettati, attraverso i quali poter risolvere le obbiezioni del senso comune contro il copernicanesimo.



Lettera di Galileo a Jacopo Mazzoni (30 maggio 1597)

universale, che son sicuro che spargerà, come prima sia stato letto, inteso e considerato dalli studiosi di questa città. Ma a me, come quello che per gl'infiniti oblighi che ho a V. S. Eccellentissima, e per l'immensa sua bontà, e per la particolare affezione che so che mi porta, la reverisco ed osservo, si è già fatto palese; e mi ha fatto partecipe, se non di tutte le sue bellezze, almeno di quelle che il mio basso ingegno ha potuto sin qui capire, lasciandomi ancora in speranza di poter, di giorno in giorno, scoprirne dell'altre. Ed oltre alla universale dottrina, della quale esso è ripieno, e per la quale è per esser apprezzato ed ammirato da ogn'uno, ha egli a me in particolare arrecata grandissima sodisfazione e consolazione, nel vedere V. S. Eccellentissima, in alcune di quelle questioni che ne i primi anni della nostra amicizia disputavamo con tanta giocondità insieme, inclinare in quella parte, che da me era stimata vera ed il contrario da lei; forse per dar campo a i discorsi, o pur per mostrare il suo felice ingegno, potente anco a sostenere, quando li piacesse, il falso, o sì per salvare incorrotta, anzi intatta in ogni minima particella, la sincerità della dottrina di quel gran Maestro[2], sotto la cui disciplina pare che militino, e che così far debbano, quelli che si danno ad investigare il vero. Né di minor contento mi è stato il vedere (per quanto dalla sua dedicatoria ho potuto comprendere), che si sia alleggerita da quei suoi tanti e sì gravi travagli, che non pur lei, ma tutti li suoi amici e servitori, hanno lungo tempo tenuti oppressi. Sotto la qual credenza, ho voluto pigliare la penna, e venire dell'una cosa e dell'altra unitamente a rallegrarmi seco, ed a ripormeli nella memoria, di dove forse da altre cure più gravi ero stato rimosso. Io vivo adunque, ed al solito la reverisco, l'ammiro, e li sono servitore, e ricordevole dei tanti e tanti beneficii che da lei ho ricevuti; dei quali vorrei pure, ma non so in che modo, mostrarmeli grato, non mi si porgendo altra occasione di poterla servire, fuori che con la prontezza dell'animo.

[2] Allude ad Aristotele e alle sue dottrine, che, anche se seguite diligentemente da molti, presentano già dubbi ed insoddisfazione.

Ma tornando (per non finir così presto il contento, che ho, di ragionar con lei) alla conformazione delle sue opinioni con quelle ch'io stimo esser vere, ancorchè diverse dal commune parere, io confesso di tenermene buono, e di stimar più il mio giudizio che prima non facevo, quando non credevo aver sì forte compagno. Ma, per dir la verità, quanto nelle altre conclusioni restai baldanzoso, tanto rimasi, nel primo affronto, confuso e timido, vedendo V. S. Eccellentissima tanto resoluta e francamente impugnare la opinione de i Pitagorici e del Copernico[3] circa il moto e sito della terra; la quale sendo da me stata tenuta per assai più probabile dell'altra di riAstotile e di Tolomeo, mi fece molto aprire l'orecchie alla ragione di V. S., come quello che circa questo capo, ed altri che da questo dependono, ho qualche umore. Però, credendo per la sua infinita amorevolezza di poterli, senza gravarla, dire quello che per difesa del mio pensiero mi è venuto in mente, lo accennerò a V. S., acciò che, o, conosciuto il mio errore, possa emendarmi e mutar pensiero, o, satisfacendo alla ragion di V. S. Eccellentissima, non resti ancora desolata la opinion di quei grand'uomini e mia credenza.

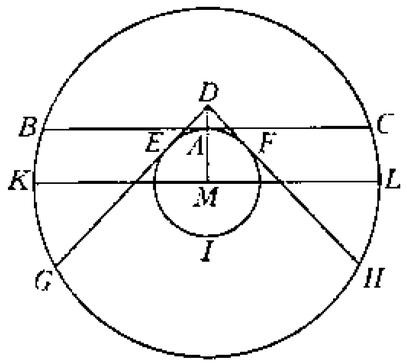
Parmi dunque che la dimostrazione di V. S. proceda così: che se fusse vero, che il sole fusse nel centro della sfera stellata, e non la terra, ma da esso lontana quanto è dal sole, doveremmo nella mezza notte vedere assai meno della metà di detta sfera, sendo segata dal nostro orizzonte non per il centro, e, per conseguenza, in parti diseguali, delle quali la minore in quel tempo sarebbe da noi veduta, rimanendo la maggiore, nella quale è il centro, sotto l'orizonte; ed il contrario avverria nel mezzo giorno: ma sendo la verità, che noi sempre veggiamo la metà di detta sfera, resta cosa impossibile esser la terra così dal centro lontana. Soggiunge poi, non esser di alcuno momento il dire col Copernico in sua difesa, tanta esser la vastità del firmamento, che in sua proporzione l'intervallo tra

[3] « Mentre i più dicono che [la terra] è posta al centro, invece gli Italici detti Pitagorici, dicono il contrario: poiché dicono che nel centro c'è il fuoco, e che la terra, essendo uno degli astri, col muoversi in giro intorno al centro produce la notte e il giorno » (ARISTOTELE, *De coelo*, II, 13, 293).

il sole e la terra sia incomprensibile, ed insufficiente a cagionare disegualità notabile nella divisione degli emisferii: il che conseguentemente dimostra V. S. Eccellentissima con l'esempio della illuminazione del monte Caucaso; poiché, per quanto ci accerta il testimonio di Aristotile, sendo la sua sommità per grande spazio di tempo prima percossa da i raggi del sole che la radice, necessario argumento prendiamo, da detta sommità scoprirsi molti gradi oltre all'orizonte terminatore della metà della sfera; di maniera che, se la sola altezza del monte Caucaso può esser causa che l'orizonte divida la sfera in parti sensibilissimamente diseguali, molto più lo doveria fare, se per tanto intervallo, quanto è tra la terra ed il sole, dal centro ci allontanassimo.

Questa, se bene l'ho compresa, è la dimostrazione di V. S. Eccellentissima: la quale non negherò che, quando prima fu da me vista, non mi movesse assaissimo, sì per esser sottilissima e bellissima, sì ancora per esser di V. S. E perché, come di sopra lo ho detto, mi toccava (come diciamo) nel vivo, mi voltai a considerarla con grandissima attenzione: e, dopo un lungo discorso, cominciò a venirmi in pensiero, come potesse essere che, non essendo tutta la lontananza dal centro alla superficie della terra (posta l'opinione di Tolomeo) bastante a far che l'orizonte dividesse la sfera in parti sensibilmente diseguali, potesse poi la sola altezza del monte Caucaso, aggiunta al semidiametro della terra, fare che l'orizonte la sfera segasse in parti così notabilmente disguali. Il che m'indusse a pensare che, non la lontananza del vertice del monte dal centro della terra, ma più presto l'altezza di detto vertice sopra la superficie della terra, potesse esser della detta disegualità cagione: e questo perché quando abbiamo l'occhio nella superficie della terra, viene l'orizonte ad esser difinito per quella superficie piana che tocca il globo terrestre nel punto dove è l'occhio; ma se l'occhio sarà dalla superficie della terra elevato, come se sia nella sommità del monte Caucaso, allora l'orizonte non resta più una superficie piana, ma più tosto una superficie conica, il cui angolo o vertice è nell'occhio. Come più apertamente si scorge dalla seguente

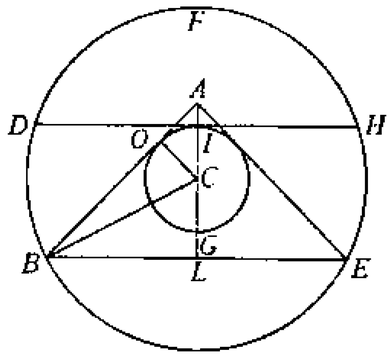
figura, dove per il globo terrestre intendiamo il cerchio *A I*: quando l'occhio sarà nel punto *A*, sarà l'orizonte piano, secondo la linea *B A C*; ma quando metteremo l'occhio nel punto *D*, elevato dalla superficie della terra, sarà determinato l'orizonte secondo le due linee contingenti *D E G*, *D F H*, e sarà la superficie conica. Dalla qual figura possiamo comprender, come l'altezza del monte *A D*, per esser elevata sopra la superficie della terra, fa assai maggior diversità circa il dividere il cielo disegualmente, che non fa tutto il semidiametro *A M*; importando questo l'arco *B K*, e quella il *B G*.



Il che avendo io considerato, cominciai ad avvertire che gran differenza era tra il far discostare l'occhio, posto nella superficie della terra, con tutta la terra, del centro del cielo, e tra il fare alzare l'occhio sopra la superficie della terra; e che, per conseguenza, forse minor diversità, circa la disegualità delle più volte dette divisioni orizontali, potria cagionare la grandissima lontananza che è tra il sole e la terra, che la piccola altezza del monte Caucaso. Il che avendo poi più particolarmente ricercato, parmi (s'io non m'inganno) aver dimostrato, che il discostar l'occhio, con tutta la terra, dal centro del mondo, quanto è la distanza tra la terra ed il sole, non faccia maggior diversità che il costituire l'occhio (lasciando la terra nel centro) sopra un monte alto non più di un miglio ed $^1/_7$.

Il che acciò sia manifesto, piglieremo la seguente figura: nella quale il cerchio *B F E* ci rappresenti la sfera stellata, il cui centro *C*, ed intorno ad esso il globo terrestre *I G*; ed il punto *L* sia tanto lontano dal centro *C*, quanta è la distanza tra il sole e la terra; e congiungasi la linea *I C L*, a cui sia perpendiculare *B L E*, e ad essa parallela *D I H*, contingente la terra in *I*; e dal punto *B* sia tirata la linea *B O A*, che tocchi il cerchio *I G* in *O*, ed in *A* concorra con *L I*. È manifesto,

della terra costituita nel centro *C* l'orizonte esser secondo la linea *D I H*: ma sendo nel punto *L*, sarà il suo orizonte (quando l'occhio sia nella superficie) *B L E*; il qual taglierà più dell'emisfero, quanto importano li archi *D B*, *H E*: ma se l'occhio sarà alzato dalla superficie della terra *O I* sino al punto *A*, scoprirà tutto l'arco *B F E*, non altrimente che se fusse nel punto *L*. Ecco, dunque, che tanto importa e s'acquista con l'alzare l'occhio dalla superficie della terra solamente per l'altezza *A I*, quanto importa il discostare la terra dal centro per tutta la linea *C L*. Veggiamo adesso quanta sia l'altezza *A I*, in comparazione del semidiametro della terra. E perché, secondo la comune opinione, il semidiametro dell'orbe del sole contiene semidiametri della terra mille ducento sedici; e quello della sfera stellata ne contiene, pur secondo la commune, 45225; di quali parti la linea *L C* è 1216, di tali la *C B* sarà 45225, e *B L* (per esser l'angolo *L* retto) 45208. E perchè di tali la *C O* è 1, sarà la linea *B O*, dalla superficie della terra al firmamento, insensibilmente minore della *B C*, dal centro al firmamento. E perché l'angolo *B O C* è retto, e sono del triangolo *O B C* i lati *B O*, *B C* insensibilmente disguali, sarà l'angolo *O C B* incomprensibilmente minor di un retto; e però l'angolo *O B C* è del tutto insensibile. E perché l'angolo *L C B* è eguale alli due *C B A*, *B A C*, sendo l'angolo *A B C* come nullo, diremo l'angolo *B A L* esser eguale all'angolo *B C L*: ma il retto *C O A* è eguale al retto *L*: adunque li due triangoli *B C L*, *C O A* saranno simili: e come *B L* a *B C*, così sarà *O C*, così sarà *O C* a *C A*, ciò è a *C I*; e, dividendo e convertendo, come *B L* a la differenza tra *B C* e *B L* così sarà *C I* ad *I A*: ma *L B* è 45208, e detta differenza è 17, e, secondo la comune opinione, *C I* semidiametro della terra, è 3035 miglia: adunque *I A* sarà miglia $1^1/_7$ in circa, cioè miglia 1 e passi 141.



Parmi, dunque, che da questo si concluda, che il porre la terra lontana dal centro del firmamento quanto è la distanza tra essa e il sole, non possa far maggior differenza, circa il segar l'orizonte la sfera stellata disegualmente, di quello che farebbe l'inalzarsi (costituita la terra nel centro) dalla sua superficie un miglio ed $^1/_7$. E se vorremo vedere quanto faccia scoprir più dell'emisferio l'alzarsi della superficie della terra miglia $1^1/_7$, troveremo con facile dimostrazione, ciò non passare g. 1.32′ dall'una e dall'altra parte. E questa sarà la diversità, che in questo caso nasceria dal por la terra nel centro del firmamento, e il sole; che nasceria, dico, quando l'ampiezza del firmamento fusse quanta si è supposto: ma essendo, come suppone il Copernico, grandemente maggiore, che maraviglia sarà se il nostro orizonte, tanto lontano dal centro quanto dal sole, segherà il firmamento in parti eguali al senso? Ed aggiungesi a questo, che la diversità, che si è dimostrata nascere dall'alzarsi dalla superficie della terra miglia $1^1/_7$, e che è eguale a quella che fa il discostare la terra dal centro quanto dal sole, e che si è dimostrata posto che la terra fusse nel centro, se la terra si metterà nel luogo del sole, ci verrà data dall'un monte alto solamente un miglio: onde ne seguirà poi, la differenza de gli emisferii esser assai minore della già dimostrata di g. 1.32′.

Ma, per non infastidire più lungamente V. S. Eccellentissima, non voglio dargli più lunga briga, ma solamente pregarla a dirmi liberamente, se li pare che in questa maniera si possa salvare il Copernico. Io sono stracco dallo scrivere, e lei dal leggere: però, tagliando tutte le lunghezze di cerimonie, farò fine col baciarli le mani e pregarla ad amarmi, come ha fatto sempre, ed a comandarmi. N. S. gli conceda felicità.

Di Padova, li 30 maggio 1597.

Di V. S. M.to Ill.re ed Ecc.ma
Ser.or oblig.mo
Galileo Galilei.

III.

A Giovanni Keplero [1].

Padova, 4 agosto 1597.

Illustrissimo Signore,

soltanto poche ore fa ho ricevuto il libro inviatomi da V. S. per mezzo di Paolo Hamberger: e poiché il signor Paolo mi ha accennato al suo ritorno in Germania, ho ritenuto che avrei dato prova di ingratitudine se non avessi ringraziato V. S. con questa mia lettera. Perciò La ringrazio e torno a ringraziarla vivamente per essersi Ella degnata di offrirmi in tale occasione la Sua amicizia.

Del libro non ho visto altro che la prefazione, dalla quale tuttavia ho colto ogni Sua intenzione: le sono apertamente e grandemente grato perché nella ricerca del vero ho un compagno così illustre e così desideroso del vero medesimo. Certo, è mortificante che siano così rari gli uomini amanti della

[1] Questa lettera costituisce, insieme con la precedente al Mazzoni, la documentazione autentica dell'adesione riflessa e meditata, non già fortuita ed improvvisa, di Galilei al copernicanesimo. È significativo che essa rappresenti anche l'inizio della corrispondenza e delle relazioni tra Galilei e Keplero: questi aveva pubblicato nel 1596 a Tubinga il *Prodromus dissertationum cosmographicarum continens mysterium de admirabili proportione orbium coelestium*, e ne aveva mandato copia a Galilei, che ora lo ringrazia, sottolineando con soddisfazione la comune convinzione della validità del copernicanesimo. Il contenuto di questa lettera ha sollecitato l'attenzione degli studiosi di Galilei, che rimangono perplessi di fronte al suo discorso reticente: mentre infatti informa di avere già raccolto prove a sostegno della dottrina copernicana, tuttavia dichiara di non volerle rendere pubbliche, perchè – dice – i copernicani come Keplero sono molto pochi: si tratta di un'evidente giustificazione formale. Quali possono essere stati i veri motivi? Risulta che Keplero nella sua risposta del 13 ottobre (X, pp. 69 segg.) lo sollecitò a pubblicare le prove cui allude, ma non si sa se Galilei a sua volta abbia risposto. L. Geymonat (*Galileo Galilei* cit., p. 49) considerando che quelle raccolte dallo scienziato italiano erano prove indirette « basate sulla meccanica, volte a risolvere le obiezioni del senso comune contro il copernicanesimo », avanza l'ipotesi che « Galilei abbia fatto riferimento a prove più 'desiderate' che non 'possedute' » e che la sua reticenza possa essere stata causata dal desiderio di « non sfigurare di fronte allo scienziato tedesco ».

Il testo originale di questa lettera è in latino: diamo perciò di essa la versione italiana.

verità, i quali per di più non perseguano modi erronei di ricerca. Ma poiché non è qui il caso di deplorare le miserie del nostro tempo, ma piuttosto di congratularmi con la S.V. per le bellissime scoperte nella conferma del vero, così questo soltanto aggiungerò e prometterò, che leggerò il Suo libro con animo sereno, con la certezza di trovarvi cose bellissime. Farò ciò tanto più volentieri, perché già da molti anni ho aderito alla teoria copernicana e anche perché, partendo da tale posizione, ho scoperto le ragioni di molti fenomeni naturali, che sono, senza motivo alcuno di dubbio, inesplicabili in base alla corrente opinione [2]. Ho già scritto molte argomentazioni e molte critiche delle tesi avverse, ma finora non ho osato pubblicarle, spaventato dalla fortuna dello stesso Copernico, nostro maestro, il quale, pur avendo conseguito presso alcuni studiosi fama immortale, presso molti altri invece — tanto grande è il numero degli stolti — apparve ridicolo e da respingersi. Troverei il coraggio di rendere pubbliche le mie considerazioni, se ci fossero molti come la S. V.; ma poiché non se ne trovano, soprassederò ad un simile negozio.

Sono ora pressato dalla ristrettezza del tempo e dal desiderio di leggere il Suo libro; perciò, ponendo fine a questa lettera, mi dichiaro Suo devotissimo amico, a Sua disposizione per qualsiasi circostanza. Nel salutarLa, mi auguro di ricevere presto Sue liete notizie.

Padova, 4 agosto 1597

Galileo Galilei
Matematico dell'Università di Padova.

[2] A. Banfi (*Galileo Galilei* cit., p. 100) ritiene che la confutazione delle obbiezioni tradizionali contro il moto della Terra potessero essere « uno sviluppo delle confutazioni del Benedetti »; aggiunge anche, in merito agli argomenti raccolti da Galilei, che «non è azzardato pensare che si trattasse dei fenomeni della marea, che formano l'oggetto dell'ultima parte del *Dialogo* »; ma ci pare più probabile che queste prove siano state ricavate dalle sue contemporanee ricerche di meccanica.

IV.

A Guidobaldo del Monte [1].

Padova, 29 novembre 1602.

Ill.mo Sig.e e P.ron Col.mo,

V. S. Ill.ma scusi la mia importunità, se persisto in voler persuaderle vera la proposizione de i moti fatti in tempi

[1] Guido Ubaldi (o Guidobaldo) marchese del Monte (1545-1607) fu autorevole studioso di meccanica, apprezzato e stimato dagli scienziati e dai filosofi del suo tempo, fra cui Descartes. Conoscitore attento della scienza antica e medievale, ed in particolare di Archimede, Pappo ed Erone, pubblicò nel 1577 il suo *Mechanicorum liber*, in cui svolse un esame critico della scienza meccanica del Medioevo, anche se spesso non seppe sostituire i concetti criticati con altri originali. Pur essendo stata giudicata erronea ed imperfetta, la sua opera è importante perché influì sulla formazione dei più grandi scienziati del suo tempo. Ciò spiega perché Galilei, che fin dal 1588 aveva iniziato a corrispondere con lui (cfr. p. 150, n. 13 e vol. II, p. 813, n. 1) e che a lui doveva l'incarico di lettore di matematiche a Pisa e, forse, anche l'interessamento per la nomina a Padova, gli indirizzasse questa lettera, in cui comunica l'esperienza fatta in merito all'isocronismo delle oscillazioni pendolari.

Secondo quanto racconta Vincenzio Viviani nel suo *Racconto istorico* (XIX, p. 603) e più tardi nella lettera del 20 agosto 1659 al principe Leopoldo di Toscana (XIX, pp. 648 segg.), Galilei avrebbe avuto la prima intuizione della regolarità delle oscillazioni pendolari fin dal 1583 in Pisa, quand'era studente, osservando le oscillazioni di una lampada. Avrebbe poi ripetuto l'esperimento « legando due palle di piombo con fili d'egualissime lunghezze, e da gli estremi di questi le fermò pendenti in modo che potessero liberamente dondolare per l'aria »: fu così che poté osservare che le palle « appese a fili d'uguali lunghezze da i punti delle sospensioni a i lor centri, conservavano una assai costante ugualità de' lor passaggi per tutti gl'archi ». Si sarebbe poi servito di questa rilevazione sperimentale « ad uso della medicina per la misura dell'accelerazioni de' polsi » e poi « nella misura de' tempi e moti celesti ».

Ma il racconto del Viviani fu messo in dubbio da molti studiosi, fra cui il Caverni; né d'altro canto, pur non potendo smentirlo, possiamo darne conferma poiché la prima documentazione di queste esperienze è appunto la presente lettera. Già altri scienziati, come Leonardo e Cardano, avevano rivolto la loro attenzione alle qualità delle oscillazioni pendolari; ma fu Galilei il primo a fissarne la norma, dichiarando l'isocronismo di esse. È stato più tardi rilevato che l'isocronismo non è mai perfetto, anche a prescindere dagli impedimenti accidentali, e Cristiano Huygens nel 1671 dimostrerà che l'isocronismo è proprio della curva cicloide e non dell'arco di cerchio. Ma, mentre non va trascurato che lo stesso Galilei dimostra in questa lettera

uguali nella medesima quarta del cerchio [2]; perché, essendomi parsa sempre mirabile, hora viepiù mi pare, che da V. S. Ill.ma vien reputata come impossibile: onde io stimerei grand'errore e mancamento il mio, s'io permettessi che essa venisse ripudiata dalla di lei speculazione, come quella che fusse falsa, non meritando lei questa nota, né tampoco d'esser bandita dall'intelletto di V. S. Ill.ma, che più d'ogn'altro la

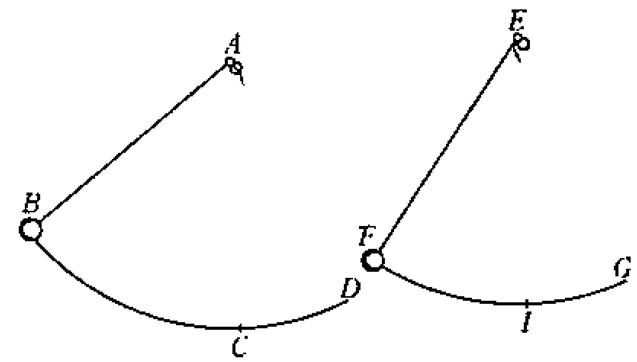
molta prudenza nel dichiarare come assolute le risultanze dei suoi esperimenti, bisogna notare che egli stesso non esclude che ci siano delle differenze nelle oscillazioni medesime, e questa cautela deriva dalla natura sperimentale della scoperta. Riprendendo più tardi nel *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* questo argomento (vol. II, p. 287) egli ebbe a dire infatti che le oscillazioni, « se pur non sono del tutto eguali, son elleno insensibilmente differenti, come l'esperienza vi può dimostrare ».

Va intanto notato che questi esperimenti sono inseriti nel contesto delle ricerche intorno al movimento dei corpi lungo piani inclinati, che come sappiamo, furono esposte nel trattato *Le Mecaniche* del 1593 e che, attraverso lo studio del movimento naturalmente accelerato e le ricerche intorno al principio d'inerzia, dovevano poi condurre alla definizione delle prove meccaniche del copernicanesimo che Galilei aveva indicato nella lettera al Keplero del 1597. In quel trattato Galilei aveva osservato che la caduta dei corpi verso il centro della Terra non segue necessariamente la linea retta perpendicolare, ma una qualsiasi, che abbia comunque un'inclinazione verso il centro della Terra. Nello studio dei piani inclinati, facendo ricorso al principio della leva angolare, aveva dimostrato che la caduta lungo un piano inclinato è come se avvenisse lungo una circonferenza tangente al piano: ciò che doveva poi condurlo a determinare le proprietà dei gravi cadenti per corde ed archi di cerchio. Come dirà poi nei *Discorsi intorno a due nuove scienze*, dove quest'esperienza verrà ripresa (vol. II, p. 668) « 'l mobile che descendesse per le corde suttese a qualsivoglia arco, le passerebbe tutte in tempi eguali, tanto la suttesa sotto cent'ottanta gradi (cioè tutto il diametro), quanto le suttese di cento, sessanta, di dieci, di mezzo e di quattro minuti intendendo che tutte vadano a terminar nell'infimo punto, toccante il piano orizontale ».

[2] Osserva il Marcolongo (« La meccanica di Galileo », in *Terzo centenario della morte di Galileo Galilei*, a cura dell'Università cattolica di Milano, 1942) che Galilei, mostrando qui di essere già in possesso delle proprietà dei gravi cadenti per corde ed archi di cerchio, fa supporre due cose: « la prima che egli fosse già in possesso della legge di proporzionalità degli spazi ai quadrati dei tempi nel moto di un grave cadente con moto naturalmente accelerato; e la seconda che avesse già scoperto le leggi di caduta su piani inclinati », che doveva poi esporre due anni più tardi nella lettera al Sarpi. « Circa poi i descendenti per gli archi delle medesime corde elevati sopra l'orizonte e che non sieno maggiori di una quarta, cioè di novanta gradi – dirà nei *Discorsi* – mostra parimente l'esperienza, passarsi tutti in tempi eguali, ma però più brevi de i tempi de' passaggi per le corde ».

potrà più presto ritrarre dall'esilio delle nostre menti. E perché l'esperienza, con che mi sono principalmente chiarito di tal verità, è tanto certa, quanto da me confusamente stata esplicata nell'altra mia, la replicherò più apertamente, onde ancora lei, facendola, possa accertarsi di questa verità.

Piglio dunque due fili sottili, lunghi ugualmente due o tre braccia l'uno, e siano *A B*, *E F*, e gli appicco a due chiodetti *A*, *E*, e nell'altre estremità *B*, *F* lego due palle di piombo



uguali (se ben niente importa se fussero disuguali) [3], rimuovendo poi ciascuno de' detti fili dal suo perpendicolo, ma uno assai, come saria per l'arco *C B*, e l'altro pochissimo, come saria secondo l'arco *I F*; gli lascio poi nell'istesso momento di tempo andar liberamente, e l'uno comincia a descrivere archi grandi, simili al *B C D*, e l'altro ne descrive de' piccoli, simili all'*F I G*; ma non però consuma più tempo il mobile *B* a passare tutto l'arco *B C D*, che si faccia l'altro mobile *F* a passare l'arco *F I G*. Di che mi rendo sicurissimo così:

Il mobile *B* passa per il grand'arco *B C D*, e ritorna per lo medesimo *D C B*, e poi ritorna verso *D*, e va per 500 e 1000

[3] Anche qui, come lungo i piani inclinati, il movimento non è determinato tanto dal peso dei corpi quanto dalla distanza verticale dal centro della Terra. Inoltre, la velocità acquistata dal corpo nel discendere lungo l'arco consente allo stesso di risalire fino alla stessa altezza da cui era disceso: proprio come fa l'acqua, che « scendendo per un sifone, rimonta altrettanto quanto fu la sua scesa » (pp. 932 segg). Non si deve dimenticare che gli interessi di Galilei verso i problemi di ingegneria idraulica lo condussero spesso a determinazioni di carattere scientifico: si veda, per il ricorso compiuto ad un principio analogo a quello qui impiegato, la *Scrittura attenente all'idraulica* (pp. 811 segg.).

volte reiterando le sue reciprocazioni; l'altro parimente va da *F* in *G*, e di qui torna in *F*, e parimente farà molte reciprocazioni; e nel tempo ch'io numero, verbi grazia, le prime cento grandi reciprocazioni *B C D*, *D C B* etc., un altro osservatore numera cento altre reciprocazioni per *F I G* piccolissime, e non ne numera pure una sola di più: segno evidentissimo che ciascheduna particolare di esse grandissime *B C D* consuma tanto tempo, quanto ogni una delle minime particolari *F I G*. Or se tutta la *B C D* vien passata in tanto tempo in quanto la *F I G*, ancora le loro metà, che sono le cadute per gli archi disuguali della medesima quarta, saranno fatte in tempi uguali. Ma anco senza stare a numerar altro, V. S. Ill.ma vedrà che il mobile *F* non farà le sue piccolissime reciprocazioni più frequenti che il mobile *B* le sue grandissime, ma sempre anderanno insieme.

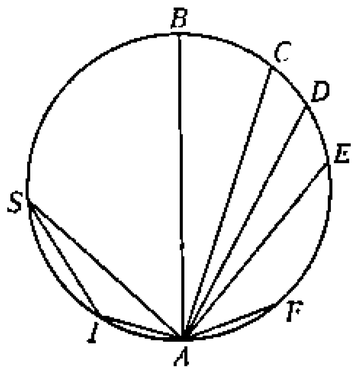
L'esperienza, ch'ella mi dice aver fatta nello scatolone, può essere assai incerta[4], sì per non esser forse la sua superficie ben pulita, sì forse per non esser perfettamente circolare, sì ancora per non si potere in un solo passaggio così bene osservare il momento stesso sul principio del moto: ma se V. S. Ill.ma pur vuol pigliare questa superficie incavata, lasci andar da gran distanza, come saria dal punto *B*, liberamente la palla *B*, la quale passerà in *D*, e farà nel principio le sue reciprocazioni grandi d'intervallo, e nel fine piccole, ma non però queste più frequenti di tempo di quelle.

Quanto poi al parere irragionevole che, pigliandosi una quarta lunga 100 miglia, due mobili uguali possino passarla, uno tutta, e l'altro un palmo solo, in tempi uguali, dico esser vero che ha dell'ammirando; ma se consideriamo che può esser un piano tanto poco declive, qual saria quello della superficie

[4] È stato già rilevato che l'incertezza dell'esperienza galileiana deriva dal fatto che egli non è riuscito a scoprire il rapporto intercorrente tra la velocità di un corpo che cade naturalmente e il tempo impiegato, mentre insiste, come risulta da un frammento relativo ai *Discorsi*, sul rapporto tra velocità e spazio (« Io suppongo – e forse potrò dimostrarlo – che il grave cadente naturalmente vada continuamente accrescendo la sua velocità secondo che accresce la distanza dal termine onde si partì », VIII, p. 373).

di un fiume che lentissimamente si muovesse, che in esso non haverà camminato un mobile naturalmente più d'un palmo nel tempo che un altro sopra un piano molto inclinato (ovvero congiunto con grandissimo impeto ricevuto, anco sopra una piccola inclinazione) haverà passato cento miglia: né questa proposizione ha seco per avventura più inverisimilitudine di quello che si habbia che i triangoli tra le medesime parallele et in basi uguali siano sempre uguali, potendone fare uno brevissimo e l'altro lungo mille miglia. Ma restando nella medesima materia, io credo haver dimostrato questa conclusione, non meno dell'altra inopinabile[5].

Sia del cerchio *B D A* il diametro *B A* eretto all'orizonte, e dal punto *A* sino alla circonferenza tirate linee *utcumque A F*, *A E*, *A D*, *A C*: dimostro, mobili uguali cadere in tempi uguali e per la perpendicolare *B A* e per piani inclinati secondo le linee *C A*, *D A*, *E A*, *F A*; sicché, partendosi nell'istesso momento dalli punti *B*, *C*, *D*, *E*, *F*, arriveranno in uno stesso momento al termine *A*, e sia la linea *F A* piccola quant'esser si voglia.



E forse anco più inopinabile parerà questo, pur da me dimostrato, che essendo la linea *S A* non maggiore della corda d'una quarta, e le linee *S I*, *I A* *utcumque*, più presto fa il medesimo mobile il viaggio *S I A*, partendosi da *S*, che il viaggio solo *I A*, partendosi da *I*.

Sin qui ho dimostrato senza trasgredire i termini mecanici; ma non posso spuntare a dimostrare come gli archi *S I A* et *I A* siano passati in tempi uguali: che è quello che cerco[6].

[5] Cfr. *Le Meccaniche*, pp. 177-78. Galilei comunicherà per la prima volta questo rapporto tra la lunghezza dei pendoli e il tempo delle oscillazioni nella lettera al Realio del 6 giugno 1637, in cui affermerà che « le lunghezze di tali pendoli mantengono tra di loro duplicata proporzione di quella de' tempi » (cfr. p. 956).

[6] Cfr. *Discorsi intorno a due nuove scienze*, vol. II, p. 752.

Al Sig.r Francesco mi farà grazia rendere il baciamano, dicendogli che con un poco d'ozio gli scriverò una esperienza, che già mi venne in fantasia, per misurare il momento della percossa [7]: perquanto al suo quesito, stimo benissimo detto quanto ne dice V. S. Ill.ma, e che quando cominciamo a concernere la materia, per la sua contingenza si cominciano ad alterare le proposizioni in astratto dal geometra considerate; delle quali così perturbate siccome non si può assegnare certa scienza, così dalla loro speculazione è assoluto il matematico.

Sono stato troppo lungo e tedioso con V. S. Ill.ma: mi perdoni in grazia, e mi ami come suo devotissimo servitore. E le bacio le mani con ogni reverenza.

Di Padova, li 29 Novembre 1602.

Di V. S. Ill.ma Serv.re Oblig.mo
Galileo Galilei.

V.

A Paolo Sarpi [1].

Padova, 16 ottobre 1604.

Molto Rev.do Sig.re et Pad.ne Col.mo,

Ripensando circa le cose del moto, nelle quali, per dimostrare li accidenti da me osservati, mi mancava principio

[7] Cfr. *Le Meccaniche* (pp. 184 segg.).

[1] Come è noto, la parte centrale della meccanica galileiana è costituita dalle ricerche intorno al movimento dei corpi, sia per la quantità e varietà degli esperimenti, sia per l'importanza che assumono per la critica delle tradizionali concezioni fisiche, e per la fondazione della scienza nuova. Abbandonata la medievale teoria dell'*impetus* (per cui cfr. vol. II, p. 186, n. 27), Galilei imprime alle sue ricerche un carattere via via più concreto e sperimentale: anche se non è del tutto attendibile la notizia secondo cui sarebbero stati ritrovati nel secolo scorso nei magazzini dell'università di Padova alcuni apparecchi per la verifica delle leggi di caduta dei gravi, è certo che in queste ricerche il ricorso alla sperimentazione acquista sempre maggior valore.

La legge attribuita in questa lettera al movimento naturalmente accelerato, tuttavia, non è esatta: Galilei fu indotto a dichiarare la velocità dei corpi cadenti con moto uniformemente accelerato proporzionale agli spazi percorsi perché questa relazione si presentava forse più immediata-

totalmente indubitabile da poter porlo per assioma, mi son ridotto ad una proposizione la quale ha molto del naturale et dell'evidente; et questa supposta, dimostro poi il resto, cioè gli spazii passati dal moto naturale esser in proporzione doppia dei tempi, et per conseguenza gli spazii passati in tempi eguali esser come i numeri impari *ab unitate*, et le altre cose. Et il principio è questo: che il mobile naturale vadia crescendo di velocità con quella proportione che si discosta dal principio del suo moto; come, v. g., cadendo il grave dal termine *a* per la linea *abcd*, suppongo che il grado di velocità che ha in *c* al grado di velocità che hebbe in *b* esser come la distanza *ca* alla distanza *ba*, et così conseguentemente in *d* haver grado di velocità maggiore che in *c* secondo che la distanza *da* è maggiore della *ca*.

mente comprensibile. Tuttavia questa soluzione non accontentò Galilei, e come risulta da una prima redazione del *De motu accelerato*, probabilmente contemporanea alla presente lettera, egli mostra ancora di ricercare l'esatta formulazione. Su questi argomenti ritornerà nel *Dialogo sopra i due massimi sistemi* (vol. II, pp. 284-85), in cui dopo aver illustrato come possano «gli spazi passati in tempi eguali esser come i numeri impari *ab unitate*», si osserva che «essendo nel moto accelerato l'agumento continuo, non si può compartire i gradi della velocità, la quale sempre cresce, in numero alcuno determinato; perché mutandosi di momento in momenti, son sempre infiniti», espone la dimostrazione dell'aumento dei gradi di velocità proporzionalmente ai tempi impiegati. Si veda anche nella giornata terza dei *Discorsi intorno a due nuove scienze*, vol. II, pp. 728 segg.

Questa lettera risponde ad un quesito proposto dal Sarpi il 9 ottobre 1604: in tale quesito, premesso che «nessun grave può esser tirato all'istesso termine in su se non con una forza, et per consequente con una velocità», l'autore asserisce, ripetendo quanto già il Galilei doveva aver detto, che il medesimo grave «per li stessi termini tornerà in giù, per quali andò in su». A questa richiesta di precisazioni, Galilei risponde enunciando il suo principio secondo cui un corpo cadendo dall'alto riceve tanta velocità quanta risulta sufficiente a farlo risalire là di dove era sceso.

Paolo Sarpi (1552-1623), frate servita e teologo della Repubblica veneta, ha legato il suo nome alla famosa controversia tra la Serenissima e la S. Sede per la competenza a giudicare due frati accusati di reati comuni, da cui ebbe occasione di scrivere la *Istoria dell'interdetto*; suoi sono anche la famosa *Istoria del Concilio di Trento*, e gli *Scritti filosofici e teologici editi ed inediti*. La sua influenza sull'ambiente culturale di Venezia fu notevole, ed un suo confratello e compagno nella vertenza giurisdizionalistica con la sede di Roma, fra Fulgenzio Micanzio, fu allievo fedelissimo di Galilei.

Haverò caro che V. S. molto R.da lo consideri un poco, et me ne dica il suo parere. Et se accettiamo questo principio, non pur dimostriamo, come ho detto, le altre conclusioni, ma credo che haviamo anco assai in mano per mostrare che il cadente naturale et il proietto violento passino per le medesime proporzioni di velocità. Imperò che se il proietto vien gettato dal termine *d* al termine *a*, è manifesto che nel punto *d* ha grado di impeto potente a spingerlo sino al termine *a*, et non più; et quando il medesimo proietto è in *c*, è chiaro che è congiunto con grado di impeto potente a spingerlo sino al medesimo termine *a*; et parimente il grado d'impeto in *b* basta per spingerlo in *a*: onde è manifesto, l'impeto nei punti *d*, *c*, *b* andar decrescendo secondo le proporzioni delle linee *da*, *ca*, *ba*; onde, se secondo le medesime va nella caduta naturale aqquistando gradi di velocità, è vero quanto ho detto et creduto sin qui.

Quanto all'esperienza della freccia, credo che nel cadere aqquisterà pari forza a quella con che fu spinta, come con altri esempi parleremo a bocca, bisognandomi esser costà avanti Ognisanti. Intanto la prego a pensare un poco sopra il predetto principio.

Quanto all'altro problema proposto da lei, credo che i medesimi mobili riceveranno ambedue la medesima virtù, la quale però non opererà in ambedue il medesimo effetto: come v. g., il medesimo huomo, vogando, communica la sua virtù ad una gondola et ad una peotta, sendo l'una et l'altra capace anco di maggiore; ma non segue nell'una et nell'altra il medesimo effetto circa la velocità o distanza d'intervallo per lo quale si muovino.

Scrivo al scuro: questo poco basti più per satisfare al debito della risposta che al debito della soluzione, rimettendomi a a parlarne a bocca in breve. Et con ogni reverenza li bacio le mani.

Di Padova, li 16 di Ottobre 1604.

Di V. S. molto R.da Ser.re Oblig.mo
Galileo Galilei.

VI.

A Leonardo Donato, doge di Venezia [1].

Padova, 24 agosto 1609.

Ser.mo Principe,

Galileo Galilei, humilissimo servo della Ser.à V.a, invigilando assiduamente et con ogni spirito per potere non sola-

[1] Con questa lettera Galilei accompagnò l'offerta al governo della Repubblica di Venezia del suo primo cannocchiale. Dichiarando di aver « cavato dalle più recondite speculazioni di prospettiva » il suo strumento e non facendo cenno alcuno alla teoria delle rifrazioni, di cui invece parlerà dieci mesi più tardi nel *Sidereus nuncius*, Galilei darà una prova della sua scarsa conoscenza delle teorie di ottica; osserva infatti il Ronchi (*Il cannocchiale di Galileo e la scienza del Seicento*, Torino, Einaudi, 1958) che se Galilei avesse fatto veramente uso di concetti rifrazionistici nella costruzione del cannocchiale, ne avrebbe certamente fatto cenno nella lettera al Doge, essendo una teoria di attualità al suo tempo. Ciò conferma che egli vi giunse non per via teorica ma bensì per via sperimentale, sulla base di notizie pervenutegli dall'Olanda e che già circolavano in Venezia.

Il successo fu enorme: il governo e i patrizi della Repubblica erano fortemente interessati ad uno strumento che prometteva di esser di giovamento inestimabile « per ogni negotio et impresa marittima o terrestre » e perciò molti notabili veneziani, benché vecchi, salirono « più d'una volta le scale de' più alti campanili di Venetia per scoprire in mare vele e vasselli tanto lontani, che venendo a tutte vele verso il porto, passavano 2 hore e più di tempo avanti che senza il mio occhiale, potessero esser veduti » (lettera a B. Landucci del 29 agosto successivo). Facendo affidamento sull'interesse sempre vivo della classe dirigente veneziana per ogni cosa che potesse favorire la propria potenza militare e la propria prosperità economica minacciata da un insieme di forze e circostanze ostili, Galilei accentuò l'importanza dello strumento e ne ottenne in compenso, oltre ad onori e fama, un significativo aumento di stipendio. Nel contempo egli pensava ad una più adeguata sistemazione personale che gli consentisse, oltre alla tranquillità economica, anche la possibilità di attendere ad un suo programma di lavoro culturale, che dopo le grandi scoperte del 1610, assumerà ai suoi occhi un'importanza decisiva: fin dal febbraio precedente aveva scritto a Belisario Vinta, segretario del Granduca Cosimo II de' Medici, nella speranza di essere chiamato a Firenze, perché, come aveva osservato, « ottenere da una Repubblica, benché splendida et generosa, stipendii senza servire il publico, non si costuma, perché per cavare utile dal publico bisogna satisfare al publico, et non ad un solo particolare »: ciò che otterrà infatti nel successivo 1610.

Leonardo Donato (1536-1612) fu uomo politico e ambasciatore della Repubblica veneta; membro di vari consigli e partecipe di varie iniziative politiche, fu eletto Doge il 10 gennaio 1606.

mente satisfare al carico che tiene della lettura di Matematica nello Studio di Padova, ma con qualche utile et segnalato trovato apportare straordinario benefizio alla S.tà V.a, compare al presente avanti di quella con un nuovo artifizio di un occhiale cavato dalle più recondite speculazioni di prospettiva, il quale conduce gl'oggetti visibili così vicini all'occhio, et così grandi et distinti gli rappresenta, che quello che è distante, v. g., nove miglia, ci apparisce come se fusse lontano un miglio solo: cosa che per ogni negozio et impresa marittima o terrestre può essere di giovamento inestimabile; potendosi in mare in assai maggior lontananza del consueto scoprire legni et vele dell'inimico, sì che per due hore et più tempo possiamo prima scoprir lui che egli scuopra noi, et distinguendo il numero et la qualità de i vasselli, giudicare le sue forze, per allestirsi alla caccia, al combattimento o alla fuga; et parimente potendosi in terra scoprire dentro alle piazze, alloggiamenti et ripari dell'inimico da qualche eminenza benché lontana, o pure anco nella campagna aperta vedere et particolarmente distinguere, con nostro grandissimo vantaggio, ogni suo moto et preparamento; oltre a molte altre utilità, chiaramente note ad ogni persona giudiziosa. Et pertanto, giudicandolo degno di essere dalla S. V. ricevuto et come utilissimo stimato, ha determinato di presentarglielo et sotto l'arbitrio suo rimettere il determinare circa questo ritrovamento, ordinando et provedendo che, secondo che parerà oportuno alla sua prudenza, ne siano o non siano fabricati.

Et questo presenta con ogni affetto il detto Galilei alla S. V., come uno de i frutti della scienza che esso, già 17 anni compiti, professa nello Studio di Padova, con speranza di essere alla giornata per presentargliene de i maggiori, se piacerà al S. Dio et alla S. V. che egli, secondo il suo desiderio, passi il resto della vita sua al servizio di V. S. Alla quale humilmente si inchina, et da Sua divina Maestà gli prega il colmo di tutte le felicità.

VII.

Ad Antonio de' Medici [1].

Padova, 7 gennaio 1610.

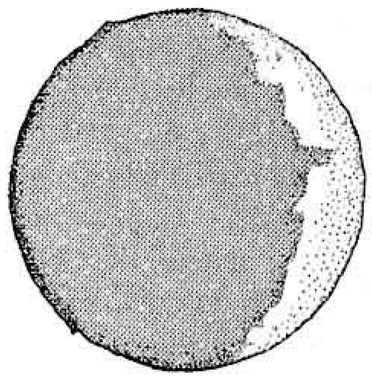
Per satisfare a V. S. Ill.ma, racconterò brevemente quello che ho osservato con uno de' miei occhiali guardando nella faccia della luna; la quale ho potuto vedere come assai da vicino, cioè in distanza minore di tre diametri della terra, essendoché ho adoprato un occhiale il quale me la rappresenta di diametro venti volte maggiore di quello che apparisce con l'occhio naturale, onde la sua superficie vien veduta 400 volte, et il suo corpo 8000. maggiore di quello che ordinariamente dimostra: siché in una mole così vasta, et con strumento eccellente, si può con gran distintione scorgere quello che vi è; et in effetto si vede apertissimamente, la luna non essere altramente di superficie uguale, liscia e tersa, come da gran moltitudine di gente vien creduto esser lei et li altri corpi celesti, ma all'incontro essere aspra et ineguale, et in somma dimonstrarsi tale, che altro da sano discorso concluder non si può, se non che quella è ripiena di eminenze et di cavità, simili, ma assai

[1] Scritta non appena il cannocchiale, puntato verso la volta celeste, gli ebbe mostrate le prime novità astronomiche, questa lettera costituisce un'interessante rivelazione non solo delle prime scoperte telescopiche di Galilei, ma anche della percezione da lui immediatamente ricevuta dell'importanza decisiva, per la scienza e la cultura, di quelle visioni. Galilei scrisse questa lettera nella notte del 7 gennaio, dopo che aveva potuto osservare, per la prima volta, i satelliti di Giove, che insieme alle novità scrutate sulla superficie della luna, dettero a lui la prova effettuale, concreta e reale della erroneità del sistema tolemaico e della validità di quello copernicano. Le notizie qui riferite saranno poi riprodotte, quasi con le stesse espressioni, nel *Sidereus nuncius*.

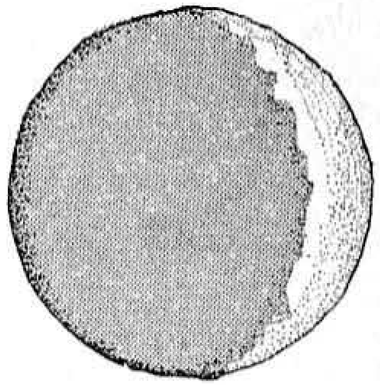
Antonio de' Medici (1576-1621), figlio naturale del granduca Francesco e di Bianca Cappello, fu educato a corte ed ebbe il marchesato di Capistrano, che gli consentì di usare il titolo di principe. Eletto granduca il cardinale Ferdinando, fu da questi nominato Priore del Santo Sepolcro di Pisa. Prese parte ad alcune spedizioni militari; si occupò di tecniche per la fusione dei metalli. Galilei indirizzò a lui un'interessante lettera sul moto dei proiettili nel 1609, e l'abbiamo in parte riportata in nota alla quarta giornata dei *Discorsi intorno a due nuove scienze* (vol. II, p. 769, n. 1).

maggiori, ai monti et alle valli che nella terrestre superficie sono sparse. Et le apparenze da me nella luna osservate, sono queste.

Prima, cominciando a rimirarla 4 o 5 giorni dopo il novilunio, vedesi il confine che è tra la parte illuminata et il resto del corpo tenebroso, esser non una parte di linea ovale pulitamente segnata, ma un termine molto confuso, anfrattuoso et aspro, nel quale molte punte luminose sporgono in fuori et entrano nella parte oscura; et all'incontro altre parti oscure intaccano, per così dire, la parte illuminata, penetrando in essa oltre il giusto tratto dell'ellipsi, come nella figura apresso si vede.

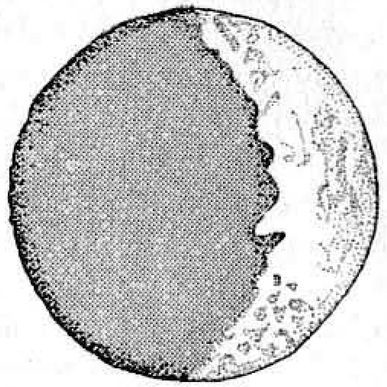


Di più, non solamente è il predetto confine e termine tra 'l chiaro e 'l tenebroso, sinuoso et ineguale, ma scorgonsi vicino ad esso diverse punte luminosissime poste nella parte oscura, et totalmente separate da le corna illuminate; le quali punte a poco a poco vanno crescendo et ampliandosi, sì che dopo qualche hora s'uniscono con la parte luminosa, divenendo lucido anco quello spatio che tra esse et la parte risplendente si fraponeva: et si veggono simili a quelle che ci rappresenta la figura apresso.

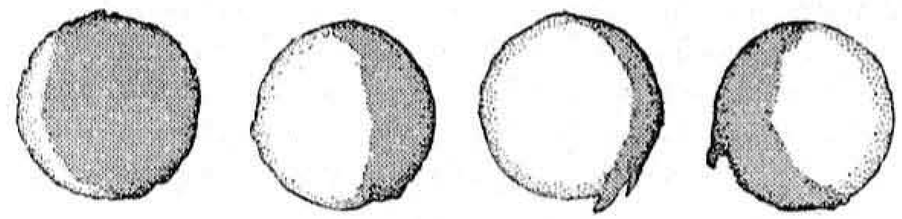


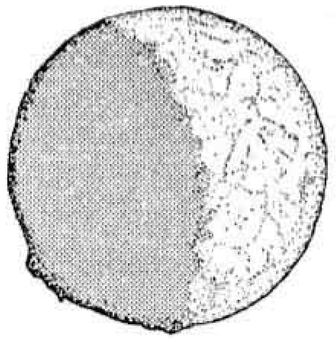
Veggonsi in oltre nella parte illuminata, et massimamente nel confine tra'l chiaro et l'oscuro, et più che altrove intorno alla punta del corno australe, moltissime macchiette oscure, et terminate con certi orli luminosi, li quali sono posti tutti verso la parte oscura della luna, restando le macchiette oscure tutte sempre verso la parte onde viene il lume del sole, della frequenza delle quali macchie viene quella parte resa simile

ad uno di quei vetri che vulgarmente si chiamano di ghiaccio. Siane un poco di essempio la figura presente. Secondo poi che il lume vien successivamente crescendo, sciemano le dette macchiette di grandezza et d'oscurità, sì che nel plenilunio poco si distinguono; nello scemar poi della luna tornasi a vederne gran moltitudine: et pure in tutte et sempre la parte oscura è verso il sole, et l'orlo illuminato risguarda la parte tenebrosa del corpo lunare. Et tutte queste apparenze sono puntualmente simili a quelle che fanno in terra le valli incoronate da i monti, come ogni sano giuditio può comprendere.



Apparendo le sopradette macchiette di diverse figure et molto irregolari, una ve ne ho io, non senza qualche meraviglia, osservata, che è posta quasi nel mezo della luna, la quale appa-





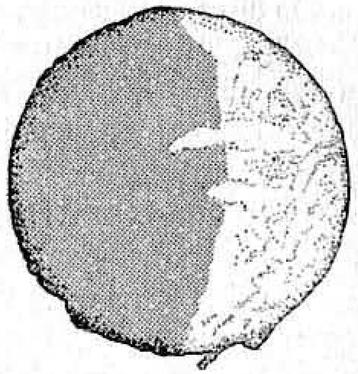
risce perfettissimamente circolare, et è tra le altre assai grande: nella quale, et quando il sole comincia ad illustrare la sua altezza, lasciando lo spatio di mezo tenebroso, et quando poi, alzandosegli maggiormente, comincia ad illuminare il fondo, et successivamente mutandosi gl'aspetti di esso sole con la luna nel crescere et nel calare di quella, si veggono le medesime apparenze a capello di lume et di ombre, che fa in terra grandissimo anfiteatro rotondo, o per meglio dire che faria la

provincia de i Boemi, quando il suo piano fusse perfettamente circolare, et da altissimi monti fusse con perfetta circonferenza abbracciata. Et i suoi aspetti avanti et dopo il plenilunio sono simili a questi, avvertendo che sempre la parte tenebrosa è verso il sole, et la chiara all'opposto; inditio certo, quella essere una grandissima cavità perfettamente rotonda et da termini eminenti circondata.

Quando la luna è intorno alla quadratura, si scorge nella parte inferiore, ciò è nella australe, un immenso seno, il quale incava la parte lucida nella maniera apresso: nella qual cavità, crescendo la parte lucida, comincia poi a sporgere, in guisa di un promontorio, un'eminenza triangulare; et nell'aqquistar più lume, se li scuoprono poco dopo intorno alcune altre punte lucide, totalmente spiccate dall'altro lume et circondate da tenebre; le quali crescendo et allargandosi, finalmente si uniscono con la parte luminosa: in quella guisa apunto che in terra gl'altissimi monti, benché molto occidentali, nell'aurora prima si illuminano che le larghe pianure, che dalle radici di quelli verso levante si distendono. Le predette disegualità si veggono solamente nella parte della luna più lucida; ma in quelle grandissime macchie le quali senza altro strumento da ogn'uno si veggono, non ci si scorge tale disegualità di chiari e di scuri, né vi produce il sole alcuna sensibile mutatione: onde si argomenta, la superficie di esse macchie essere assai più eguale, et mancare delle cavità et eminenze le quali tutta la parte più lucida ingombrano. Sì che quando alcuno volesse paragonare la luna alla terra, le macchie di quella risponderiano più ai mari, et la parte più luminosa al continente, cioè alla superficie terrena: et io ho veramente ancora per avanti hauto sempre opinione, che il globo terrestre veduto da grandissima lontananza illuminato dal sole, più lucido aspetto faria nella parte terrena, et meno risplendente apparirebbe il mare et la superficie dell'altre acque.

Vedesi tuttavia che la parte men lucida della luna, cioè quella che communemente si chiama le macchie, non è per tutto e in tutte le sue parti consimile, ma ha sparse alcune piazzette alquanto più chiare del resto di esse macchie: et una di queste

gran macchie è racchiusa di sotto et di sopra da due gioghi lunghi et molto illuminati, li quali, inclinando l'uno verso l'altro incontro all'oriente, quando la luna ha 5 o 6 giorni, sporgono mirabilmente in fuori et si distendono oltre al confine sopra la parte oscura, in questa guisa.



Ho osservato in tutto il corpo lunare essere alcuni puntini più lucidi di tutto il resto, et uno in particolare posto tra la parte orientale et la meridionale della luna, che, a guisa d'una stella, assai più risplende dell'altre parti; et all'incontro vi sono 5 o ver 6 altre macchiette piccole, più nere di tutto il resto, et una in particolare collocata sopra le macchie grandi verso settentrione, la quale par che molto resista all'illuminatione del sole.

Molte altre minutie ho osservate, e più ancora spero di essere per osservarne, sendo intorno al finire un occhiale che mi avvicinerà la luna a meno di 2 diametri della terra.

Di tutte le sopradette osservationi niuna se ne vede o può vedere senza strumento esquisito; onde possiamo credere di essere stati i primi al mondo a scuoprire da vicino et così distintamente qualche cosa dei corpi celesti.

Ed oltre all'osservationi della luna, ho nell'altre stelle osservato questo. Prima, che molte stelle fisse si veggono con l'occhiale, che senza non si discernono; et pur questa sera ho veduto Giove accompagnato da 3 stelle fisse, totalmente invisibili per la lor piccolezza, et era lor configuratione in questa forma:

* *occidens*

*

*

oriens *

né occupava non più d'un grado in circa per longitudine.

I pianeti si veggono rotondissimi, in guisa di piccole lune piene, et di una rotondità terminata et senza irradiatione; ma le stelle fisse non appariscono così, anzi si veggono folgoranti et tremanti assai più con l'occhiale che senza, et irradiate in modo che non si scuopre qual figura posseghino.

Hora mi resta, per satisfare interamente al commandamento di V. S. Ill.ma, dirli quello che si deve osservare nell'uso dell'occhiale: che insomma è che lo strumento si tenga fermo, et perciò è bene, per fuggire la titubatione della mano che dal moto dell'arterie et dalla respiratione stessa procede, fermare il cannone in qualche luogo stabile. I vetri si tenghino ben tersi et netti dal panno o nuola che il fiato, l'aria humida e caliginosa, o il vapore stesso che dall'occhio, et massime riscaldato, evapora, vi genera sopra. È ben che il cannone si possa allungare et scorciare un poco, cioè 3 o 4 dita in circa, perché trovo che per distintamente vedere gl'oggetti vicini il cannone deve esser più lungo, et per lo lontano più corto. È bene che il vetro colmo, che è il lontano dall'occhio, sia in parte coperto, et che il pertuso che si lascia aperto sia di figura ovale, perché così si vedranno li oggetti assai più distintamente.

Et tanto per hora posso dire a V. S. Ill.ma, alla quale di vivo cuore bacio le mani e dal S.re Dio prego felicità.

Di casa, li 7 Gennaro 1610.
Di V. S. Ill.ma Ser.re Aff.mo
Galileo Galilei.

VIII.

A Belisario Vinta [1].

Padova, 30 luglio 1610.

Ill.mo Sig.re et Pad.ne Col.mo,

Sarà questa solo per far reverenza a V. S. Ill.ma, et significarli come per diverse occupazioni, et tra le altre per la

[1] Dopo le prime scoperte sensazionali del gennaio 1610 Galilei iniziò un intenso periodo di investigazioni telescopiche, per confermare le prime visioni,

gravissima et finalmente mortale infirmità del mio povero Alessandro [2], non sono potuto ancora andare a Venezia, dove

per meglio conoscere i pianeti medicei e per sviluppare con altre novità la prospettiva astronomica che s'era aperta dinanzi a lui. Scrivendo questa lettera al Vinta, egli ci ha dato la possibilità di fissare al periodo che va dal 25 al 30 luglio 1610 la scoperta relativa a Saturno, che per la modestia del suo strumento si presentava a lui come composto da tre stelle; più tardi Cristiano Huygens scoprirà che si trattava di un anello attorno al corpo del pianeta; solo nel 1675 si accerterà che sono più anelli concentrici. Egli darà analoga comunicazione, in forma crittografica, a Giuliano de' Medici, ambasciatore presso la corte imperiale e quindi vicino a Keplero. La presente lettera testimonia i frequenti contatti tra Galilei e la corte granducale di Firenze, di cui Belisario Vinta era autorevole personaggio, come segretario del Granduca (cfr. *Sidereus nuncius*, p. 276, n. 6). Fin dal 1608 Galilei aveva iniziato col Vinta un'intensa corrispondenza dalla quale si può rilevare non solo il già ricordato suo interesse a mantenere con la corte granducale cordiali e sinceri rapporti, ma anche si può notare come sia venuto maturando proprio negli anni dal 1608 al 1610 il suo desiderio di essere chiamato presso quella corte. Fu il Vinta a comunicargli, l'11 giugno 1608, il desiderio del granduca Ferdinando e della granduchessa Cristina di Lorena, che Galilei, «il primo et il più pregiato matematico della Christianità», impartisse nell'estate di quell'anno lezioni di matematica al giovane principe Cosimo; più tardi, tramite il Vinta, Galilei informò il Granduca della stampa del *Sidereus nuncius* e della sua intenzione di dedicare alla casa medicea i satelliti di Giove. Al Vinta infine comunicherà il 7 maggio 1610 il suo desiderio di essere chiamato al servizio del Granduca, per dedicarsi, senza obbligo alcuno d'insegnamento, alle sue ricerche scientifiche.

Nell'agosto 1616 Galilei ritornò ad osservare Saturno e scoprì una nuova figura del pianeta. Su questa osservazione ci è rimasto un appunto autografo di Galilei che Giovanni Faber inviò da Roma il 3 settembre 1616 a Federico Borromeo: si tratta di un brano di lettera inviato al Cesi, il quale nella stessa data – 3 settembre – lo ringraziò dell'informazione. «Non voglio restare di significare a V. E. un nuovo et stravagante fenomeno osservato da me da alcuni giorni in qua nella stella di Saturno, li due compagni del quale non sono più due piccioli globi perfettamente rotondi, come erano già, ma sono di presente corpi molto maggiori et di figura non più rotonda, ma come si vede nella figura appresso cioè sue mezze ecclissi con due triangoletti oscurissimi nel mezzo di dette figure, et contigui al globo di mezzo di Saturno, il quale si vede come sempre si è veduto, perfettamente rotondo».

Belisario Vinta (1542-1613) fu dapprima funzionario della segreteria granducale e poi via via investito di varie cariche, finché divenne primo consigliere e segretario di Stato.

[2] Alessandro Piersanti, servitore fedelissimo di Galilei, morì in casa di Galilei il 22 luglio 1610. Lo scienziato lo ebbe molto caro e si preoccupò

anderò doman l'altro, et spedito di lì m'incaminerò a cotesta volta: ma prima gli scriverò ancora, et la supplicherò a impetrarmi da loro A. S.me una lettiga da Bologna a Firenze, sendomi impossibile il cavalcar per sì lunga et malagevole strada.

Ho cominciato il dì 25 stante a rivedere Giove orientale mattutino, con la sua schiera de' Pianeti Medicei, et più ho scoperto un'altra stravagantissima meraviglia, la quale desidero che sia saputa da loro A.ze et da V. S., tenendola però occulta, sin che nell'opera che ristamperò sia da me publicata: ma ne ho voluto dar conto a loro A.ze Ser.me, acciò se altri l'incontrasse, sappino che niuno la ha osservata avanti di me; se ben tengo per fermo che niuno la vedrà se non dopo che ne l'haverò fatto avvertito. Questo è, che la stella di Saturno non è una sola, ma un composto di 3, le quali quasi si toccano, né mai tra di loro si muovono o mutano; et sono poste in fila secondo la lunghezza del zodiaco, essendo quella di mezzo circa 3 volte maggiore delle altre 2 laterali: et stanno situate in questa forma ○○○, sì come quanto prima farò vedere a loro A.ze, essendo in questo autunno per haver bellissima comodità di osservare le cose celesti con i pianeti tutti sopra l'orizonte.

Non occuperò più V. S. Ill.ma; et baciandoli con ogni reverenza le mani, la supplico ad inchinarsi humilmente in mio nome a loro A.ze Ser.me il Signore la feliciti.

Di Padova, li 30 di Luglio 1610.

Di V. S. Ill.ma Ser.re Oblig.mo
Galileo Galilei.

di far intervenire in suo favore il segretario del Granduca, Belisario Vinta, perché gli fosse pagato un credito che alcuni polacchi avevano contratto con lui (cfr. X, pp. 262, 265-67).

IX.

A Giuliano de' Medici [1].

Firenze, 13 novembre 1610.

Di Firenze, li 13 di 9bre 1610.

Ma passando ad altro, già che il S. Keplero ha in questa sua ultima Narrazione stampate le lettere che io mandai a V. S. Ill.ma trasposte, venendomi anco significato come S. M.à [2] ne desidera il senso, ecco che io lo mando a V. S. Ill.ma, per parteciparlo con S. M.à, col S. Keplero, et con chi piacerà a V. S. Ill.ma, bramando io che lo sappi ogn'uno. Le lettere dunque, combinate nel loro vero senso, dicono così:

Altissimum planetam tergeminum observavi.

Questo è, che Saturno, con mia grandissima ammiratione, ho osservato essere non una stella sola, ma tre insieme, le quali quasi si toccano; sono tra di loro totalmente immobili, et costituite in questa guisa ○○○; quella di mezzo è assai più

[1] Dopo la comunicazione al Vinta della scoperta di Saturno tricorporeo, Galilei, tramite Giuliano de' Medici, aveva informato Keplero, in forma anagrammatica della sua scoperta; fattosi prudente di fronte al pericolo che altri potesse sorprenderlo e prevenirlo nell'annuncio della scoperta, e non essendo ancora ben sicuro di essa, preferì depositarla presso una persona di grande valore scientifico, come Keplero. Questi nella *Narratio de observatis a se quatuor Iovis satellibus* (cfr. p. 269) riordinò le lettere nella seguente forma: « Salve umbistineum geminatum Martis proles ». Pubblicando nel 1611 l'opuscolo *Dioptricae seu Demonstratio eorum quae visui et visibilibus propter conspicilla ecc.*, rese noto il presente brano di lettera con la spiegazione dell'anagramma. Ad un altro anagramma ricorrerà ancora Galilei per comunicare, sempre a Giuliano de' Medici, la scoperta delle fasi di Venere.

Giuliano de' Medici, nato a Firenze nel 1574 e morto a Pisa nel 1636, fu cameriere segreto di Leone XI e poi ambasciatore del granduca di Toscana presso l'imperatore a Praga, proprio al tempo in cui Galilei gli indirizzò questa ed altre lettere successive, sicché fece da intermediario tra lui e Keplero. Dal 1626 fu arcivescovo di Pisa.

[2] Rodolfo II (1522-1612), dapprima re d'Ungheria dal 1572 e poi imperatore dal 1576; fu appassionato di astrologia e di alchimia e perciò chiamò presso di sé prima Tycho Brahe e poi Giovanni Keplero.

grande delle laterali; sono situate una da oriente et l'altra da occidente, nella medesima linea retta a capello; non sono giustamente secondo la drittura del zodiaco, ma la occidentale si eleva alquanto verso borea; forse sono parallele all'equinotiale. Se si riguarderanno con un occhiale che non sia di grandissima multiplicazione, non appariranno 3 stelle ben distinte, ma parrà che Saturno sia una stella lunghetta in forma di una uliva, così ○; ma servendosi di un occhiale che multiplichi più di mille volte in superficie, si vedranno li 3 globi distintissimi, et che quasi si toccano, non apparendo tra essi maggior divisione di un sottil filo oscuro. Hor ecco trovata la corte a Giove, et due servi a questo vecchio, che l'aiutano a camminare nè mai se gli staccano dal fianco. Intorno a gl'altri pianeti non è novità alcuna. Etc.

X.

A Giuliano de' Medici [1].

Firenze, 1º gennaio 1611.

Ill.mo et Rever.mo Sig.re mio Col.mo,

È tempo che io deciferi V. S. Ill.ma et R.ma, et per lei al S. Keplero, le lettere trasposte, le quali alcune settimane sono gli inviai: è tempo, dico, già che sono interissimamente

[1] L'11 dicembre 1610 Galilei aveva comunicato con «lettere trasposte» a Giuliano de' Medici notizia di «un altro particolare osservato da me nuovamente, il quale si tira dietro la decisione di grandissime controversie in astronomia, et in particolare contiene in sé un gagliardo argomento per la costruzione Pytagorea et Copernicana»: si trattava della scoperta delle fasi di Venere, che mutando apparenza, confermava la tesi della rivoluzione dei pianeti attorno al sole. Questa notizia dava poco più tardi, il 30 dicembre, simultaneamente al padre Benedetto Castelli e al padre Cristoforo Clavio, il quale aveva accolto con interesse, e comunque senza opposizione pregiudiziale, le sue scoperte, tanto che più tardi le approverà, con notevole soddisfazione di Galilei. «Sappia dunque, scriveva al Clavio, come nel principio della sua apparizione vespertina la cominciai ad osservare et la veddi di figura rotonda, ma piccolissima: continuando poi le osservazioni, venne crescendo in mole notabilmente, et pur mantenendosi circolare, sin che, avvicinandosi alla maxima digressione, cominciò a diminuir dalla rotondità nella parte aversa del sole, et in pochi giorni, si ridusse nella figura semicircolare, nella qual figura si è mantenuta un pezzo, ciò è sino che ha cominciato a ritirarsi verso il sole, allontanandosi pian piano dalla tangente: hora comincia a farsi notabilmente cornicolata, et così anderà assottigliandosi sin che si vedrà vespertina; et a suo tempo la vedremo mattutina, con le sue cornicelle sottilissime et averso al sole, le quali intorno alla massima digressione faranno mezzo cerchio, il quale manterranno inalterato per molti giorni. Passerà poi Venere dal mezzo cerchio al tutto tondo prestissimo; et poi per molti mesi la vedremo così interamente circolare, ma piccolina, sì che il suo diametro non sarà la sesta parte di quello che apparisce adesso. ...Hora eccoci, Signor mio, chiariti come Venere (et indubitabilmente farà l'istesso Mercurio) va intorno al sole centro senza alcun dubbio della rivoluzione di tutti i pianeti».

chiaro della verità del fatto, sì che non ci resta un minimo scrupolo o dubbio.

Sapranno dunque come, circa 3 mesi fa, vedendosi Venere vespertina, la cominciai ad osservare diligentemente con l'occhiale, per veder col senso stesso quello di che non dubitava l'intelletto. La veddi dunque, sul principio, di figura rotonda, pulita et terminata, ma molto piccola: di tal figura si mantenne sino che cominciò ad avvicinarsi alla sua massima digressione [2], tutta via andò crescendo in mole. Cominciò poi a mancare dalla rotondità nella sua parte orientale et aversa al sole, et in pochi giorni si ridusse ad essere un mezo cerchio perfettissimo; et tale si mantenne, senza punto alterarsi, sin che incominciò a ritirarsi verso il sole, allontanandosi dalla tangente. Hora va calando dal mezo cerchio et si mostra cornicolata, et anderà assottigliandosi sino all'occultazione, riducendosi allora con corna sottilissime; quindi, passando ad apparizione mattutina, la vedremo pur falcata et sottilissima, et con le corna averse al sole; anderà poi crescendo sino alla massima digressione, dove sarà semicircolare, et tale, senza alterarsi, si manterrà molti giorni; et poi dal mezo cerchio passerà presto al tutto tondo, et così rotonda si conserverà poi per molti mesi. Ma è il suo diametro adesso circa cinque volte maggiore di quello che si mostrava nella sua prima apparizione vespertina: dalla quale mirabile esperienza haviamo sensata et certa dimostrazione di due gran questioni, state sin qui dubbie tra' maggiori ingegni del mondo. L'una è, che i pianeti tutti

[2] Massima lontananza dal sole.

sono di loro natura tenebrosi (accadendo anco a Mercurio l'istesso che a Venere) [3]: l'altra, che Venere necessariissimamente si volge intorno al sole, come anco Mercurio et tutti li altri pianeti, cosa ben creduta da i Pittagorici, Copernico, Keplero et me, ma non sensatamente provata, come hora in Venere et in Mercurio. Haveranno dunque il Sig. Keplero et gli altri Copernicani da gloriarsi di havere creduto et filosofato bene, se bene ci è toccato, et ci è per toccare ancora, ad essere reputati dall'universalità de i filosofi *in libris* per poco intendenti et poco meno che stolti [4]. Le parole dunque che mandai trasposte, et che dicevano *Haec immatura a me iam frustra leguntur o y*, ordinate *Cynthiae figuras aemulatur mater amorum*, ciò è che Venere imita le figure della luna.

Osservai 3 notti sono l'eclisse, nella quale non vi è cosa notabile: solo si vede il taglio dell'ombra indistinto, confuso et come annebiato, et questo per derivare essa ombra da la terra, lontanissimamente da essa Luna.

Voleva scrivere altri particolari; ma sendo stato trattenuto molto da alcuni gentilhuomini, et essendo l'hora tardissima, son forzato a finire. Favoriscami salutare in mio nome i SS. Keplero, Asdale et Segheti [5]; et a V. S. Ill.ma con ogni reverenza bacio le mani, et dal S. Dio gli prego felicità.

Di Firenze, il primo di Gennaio, anno 1611.

Di V. S. Ill.ma et Rev.ma Ser.re Oblig.mo
Galileo Galilei.

[3] Venere viene nascosta allo sguardo dell'osservatore dai raggi del sole.

[4] I peripatetici che fondano la loro cultura sulla lettura dei libri di Aristotele e non, come dirà più volte polemicamente Galilei, sul libro della natura.

[5] Martino Hastal, nato in Germania nel 1570, fu un nobile tedesco che, venuto in Italia per motivi di studio, ebbe modo di conoscere Galilei a Padova o a Venezia; entrato a far parte della corte di Rodolfo II, appartenne al gruppo di notabili di corte che spadroneggiò approfittando delle debolezze del sovrano. Alla morte di questi, caduto in disgrazia, fu arrestato e processato. Tommaso Segeth nato in Scozia, venne a Padova e fu amico di G. Vincenzo Pinelli per mezzo del quale poté conoscere Galilei. Nell'ottobre 1603 fu arrestato e processato dal Consiglio dei Dieci. Liberato, si stabilì in Germania.

XI.

A Piero Dini [1].

Roma, 21 maggio 1611.

Ho vedute le occasioni di dubitare circa i 4 Pianeti Medicei de i Signori principali in lettere di Perugia, et conforme al comandamento di V. S. molto I. et Rev.ma, benché occupatis-

[1] Con la rovina della dottrina tolemaica, Galilei distrusse anche le basi su cui ancora si reggevano antiche convinzioni astrologiche sull'influsso degli astri sugli eventi umani: la concezione meccanica estesa dalla terra al mondo celeste eliminava una volta per sempre una maniera di intendere e di interpretare le congiunzioni astrali che per molto tempo s'era creduto influenzassero le azioni degli uomini. In questa crisi fu avvertito in modo acuto il disagio degli uomini assuefatti a quelle convinzioni: significative sono, al riguardo, le preoccupazioni espresse dal Manso nella sua lettera al Beni, da noi riportata in parte nella nota introduttiva al *Sidereus nuncius* (p. 268) per le difficoltà in cui veniva a trovarsi, con la crisi dell'astrologia, la stessa pratica medica. L'astrologo infatti parte dal convincimento che « gl'influssi astrali agiscono sulle forze profonde, che la linea di orientamento naturale, presente nel mondo ovunque, si ripercuote in una traccia sotterranea così in colui che consulta, come in lui stesso che è consultato. Sa che le forze cosmiche direttrici stanno agendo in tutto e in tutti, e che bisogna solo saper sentire la voce della stella. Ma per sentire quella voce bisogna far tacere la propria; bisogna che il limite concettuale lasci emergere i moti elementari » (E. Garin, *Medioevo e Rinascimento. Studi e ricerche*, p. 163, Bari 1954): nulla di più lontano dalla concezione della scienza e della relazione uomo-natura che ispiravano l'opera e il pensiero di Galilei.

Si spiegano così da un lato le diffidenze e le riserve sul valore reale delle scoperte telescopiche di Galilei; dall'altro, la dura ma contenuta polemica galileiana. L'introduzione della matematica nell'indagine della natura dissolve le nebulose e incerte relazioni che si vogliono ritrovare tra le disposizioni astrali e gli eventi umani: la matematica « è lo strumento capace di rendere con estremo rigore rapporti di quantità, precisando e chiarendo quanto possa esservi di indefinito, riducendo al minimo il margine del misterioso, dell'ineffabile, dell'iniziatico » (E. Garin, *La cultura filosofica del Rinascimento*, p. 462, Firenze, 1961).

In questa lettera, Galilei, mentre respinge le pregiudiziali riserve verso l'uso astronomico del cannocchiale da parte di quanti, colpiti dalla rivoluzionaria scoperta di un principio nuovo della realtà, dalle leggi meccaniche che regolano l'universo, sono spinti a chiudere gli occhi di fronte alle nuove scoperte, afferma d'altro canto la decisiva e discriminante funzione dell'esperienza per l'accertamento della verità. Mentre si tergiversa in disquisizioni astruse e capziose circa la « utilità » dei pianeti medicei, Galilei contrappone l'evidenza ineccepibile e incontrovertibile della realtà celeste e dichiara così

simo in altri affari, risponderò quanto mi occorre in questo proposito; stimando utilmente impiegata questa fatica, la quale al cenno di V. S. ubidisce, et mi dà in un tempo speranza di conciliarmi l'assenso, non pur di uno particolare, ma di una Università intera di Studio tanto celebre e famoso. Et se bene la questione è *de fatto*, la cui vera decisione dal senso et dall'esperienza doveria dependere, tutta via, poi che le dubitazioni et instanze derivano da discorsi et imaginazioni, né posso in tanta distanza dar la vera e propria satisfazione, che sarebbe la sensata, tenterò discorrendo rimuovere le cause del dubitare, quelle cioè che espressamente sono contenute nella lettera del S. Sassetti.

E prima, che possino quei Signori dubitare che nell'occhiale sia inganno[2], parmi veramente mirabil cosa: perché so che non mi negheranno che il ritrovare le decettioni e fallacie di uno strumento o altro artificio appartiene et è facoltà propria di chi sia intendente in quella arte dalla quale tale strumento depende, et in oltre che nel medesimo strumento habbia fatte molte esperienze; hora, sapendosi che et la fabrica et la teorica di questo occhiale depende dalla cognizione

incolmabile la distanza che separa la sua concezione scientifica del mondo dalla magica visione che ne avevano gli astrologi e i loro seguaci.

Piero Dini, amico fedele ed affezionato di Galilei, compiuti gli studi a Parma, a Perugia e a Bologna, fu dallo zio, cardinal Bandini, chiamato presso la corte pontificia, dove fu referendario apostolico. Più tardi fu nominato arcivescovo di Fermo. Fu membro dell'Accademia della Crusca e dell'Accademia fiorentina.

[2] Come è noto, le obbiezioni al cannocchiale giunsero da diverse parti: innanzi tutto dagli ambienti dei dotti aristotelici, che negarono ogni validità dello strumento ai fini scientifici; è noto infatti lo scandalo provocato a Bologna dall'insuccesso dell'esperimento offerto da Galilei ed i pettegolezzi che ne derivarono (cfr. pp. 268 segg.), come sono note le precauzioni che la corte granducale di Firenze mise in atto allorquando queste voci di dissenso cominciarono a circolare. In secondo luogo, si opposero alle scoperte galileiane coloro i quali si sentivano minacciati dalle conseguenze di esse: gli astrologi e i teologi pavidi. Alle obbiezioni di costoro ed ai cavilli degli invidiosi, Galilei oppone con questa lettera il valore inoppugnabile dell'esperienza chiara e certa, avallata dal ragionamento matematico: sensate esperienze e certe dimostrazioni costituiscono per lui le basi inscindibili del metodo scientifico, ed ogni altra riserva perde significato dinanzi alla convergente conclusione raggiunta per quelle due vie.

delle refrazioni, che è parte delle scienze matematiche, mia particolare professione, né si potendo dubitare che io, per lo spazio hor mai di 2 anni, habbia del mio strumento, anzi pur di decine di miei strumenti, fatte centinara di migliara di esperienze in mille e mille oggetti, et vicini e lontani, e grandi e piccoli, e lucidi et oscuri, non so vedere come ad alcuno possa cadere in pensiero che io troppo semplicemente sia rimasto nelle mie osservazioni ingannato, e che tra la perspicacità dell'ingegno di un altro e la stupidità del mio possa cader tanta discrepanza, che quelli, senza pur mai haver veduto il mio strumento, habbia in lui scoperte quelle fallacie, delle quali io, che cento mila esperienze ne ho fatte, accorto non mi sia, anzi non pure io solo, ma niuno di quelli molti che insieme meco l'hanno adoprato. Ciò sarebbe un presuppor tanto di sé stesso, e sì poco del compagno, che non credo che simil concetto caschi in mente di persona ragionevole.

Forse potrebbe dire alcuno, che io, accortomi pur troppo dell'inganno del mio strumento, non inganni me, ma mi prenda gusto di ingannare gl'altri. A questi io rispondo, dichiarandomi primieramente, protestando e confessando di non conoscere tali inganni: sì che se mai accadesse che qualche ingegno sublime facesse palesemente conoscere tali fallacie, io non intendo di separarmi dal numero degl'ingannati, né di volere col manto dell'astuzia coprire la mia ignoranza; anzi mi dichiaro in quella occasione tanto più ignorante degl'altri, quanto la continuata esperienza doveva meglio et in più breve tempo rendermi accorto. Aggiungo poi, che non è il mio solo occhiale, o gl'altri fabricati da me, che faccino vedere li 4 Pianeti Gioviali, ma tutti gl'altri, fatti in qualsivoglia luogo e da qualunque artefice, pur che siano ben lavorati et che mostrino gl'altri oggetti grandi e distinti; et con tutti questi strumenti, in ogni luogo adoprati, si veggono le medesime mutazioni di sera in sera et le medesime costituzioni a capello di essi Pianeti: tal che quelli che vorranno mantenere che pur tali fenomeni siano illusioni, haveranno gran briga in ritrovar cagioni per le quali tutti gli strumenti, e grandi e piccoli, e lunghi e corti, siano così conformi nelle fallacie, et nel mostrarle, tra l'innumerabilità degl'oggetti visibili, circa la sola stella di Giove.

E di più soggiungo, che se pure alcuno havesse ferma opinione che si potesse fabricare un occhiale di tal virtù, che intorno a qualche stella o lume o qualunque altro oggetto particolare facesse apparire per illusione altri lumi o altre multiplicazioni di specie, che poi realmente non vi fussero, et che tale apparenza accadesse intorno ad un oggetto solo et ad altri no; procuri pure di fare un tale strumento, perché io mi obligo di farglielo pagare 10000 scudi. Et se il mio occhiale havesse facultà di far vedere altro che quello che realmente è, non lo permuterei con qualsivoglia tesoro. Et questo basti haver detto circa il levar la credenza delle fallacie, la quale con una sola occhiata che si dia con lo strumento, si rimuove da ogn'uno.

Quanto all'altra parte, ciò è che tali Pianeti, quanto pur realmente siano, restino per la loro picciolezza inefficaci, ciò non veggo io come sia contro di me, il quale mai non ho mosso parola dell'efficacia o influssi loro; tal che se pure alcuno gli reputa superflui, inutili et oziosi al mondo, muovane pur lite contro la natura o Dio, et non contro di me, che non ve ne ho che fare nulla, né sin qui ho preteso altro che il mostrare, loro essere in cielo, et di movimenti proprii raggirarsi intorno alla stella di Giove. Ma se, come avvocato della natura et per servire a V. S. R.ma, io devo dir qualche cosa, dirò che io, per me, anderei molto riservato in asserire, questi Pianeti Medicei mancar di influssi, dove le altre stelle ne abbondino; et parrebbemi arditezza, per non dir temerità[3], la mia, se dentro a gl'angusti confini del mio intendere volessi circuscrivere l'intendere et l'operare della natura. Adunque dovevo io li giorni passati, quando in casa l'Ill.mo et Ecc.mo S. Marchese Cesi, mio Signore, veddi le pitture di 500 piante Indiane, affermare, o quella essere una finzione, negando tali piante ritrovarsi al mondo, o vero, se pur fossero, essere frustratorie

[3] La cautela qui espressa da Galilei non è segno d'incertezza o esitazione, ma soltanto prudente e critica riserva dello scienziato, che consapevole del valore delle scoperte scientifiche, appartenenti al mondo dell'esperienza, rinuncia per la tutela stessa delle verità conquistate, ad avventurarsi sul terreno incerto della metafisica o della magia.

et superflue, poi che né io né alcuno de i circostanti conosceva le loro qualità, virtù et effetti? Certamente che io non credo che negl'antichi e più rozzi secoli la natura si astenesse di produr l'immensa varietà di piante et di animali, di gemme, di metalli et altri minerali[4]; di fare ad essi animali ogni lor membro, muscolo et articolo; in oltre, che ella mancasse di muover le celesti sfere, et in somma di produrre et operare i suoi effetti; perchè quelle inesperte genti le virtù delle piante, delle pietre e de i fossili non conoscevano, gl'usi di tutte le parti degl'animali non intendevano, et i corsi delle stelle non penetravano: et veramente parmi che saria cosa ridicola il credere, che allora comincino ad essere le cose della natura, quando noi cominciamo a scoprirle et intenderle. Ma quando pure l'intender degl'huomini dovesse esser cagione della esistenza delle cose, bisognerebbe, o che le medesime cose fussero et insieme non fussero (fussero, per quelli che le intendono; e non fussero, per quelli che non l'intendono), o vero che l'intender di pochi, et anco di un solo, bastasse per farle essere: et in questo secondo et meno esorbitante caso, basterà che un solo intenda la proprietà de i Pianeti Medicei per fargli essere in cielo, et che gl'altri per hora si contentino del vedergli solamente.

Ma quel dire che non influischino perché sono così piccoli, per dedurne poi (per quanto mi immagino) che, come superflui, et inefficaci, non siano degni di esser considerati e stimati; parmi detto più per scusarsi dalla fatica dell'osservargli et dell'investigare i loro periodi, difficilissimi et quasi inesplicabili, che perché veramente convenga reputare opere di Dio, et opere tanto sublimi, supervacanee, oziose e contennende. Et quali regole o osservazioni et esperienze, per grazia, ci insegnano che l'efficacia, la nobiltà et l'eccellenza delle operazioni, dalla grandezza solamente de gli strumenti con i quali la natura et Iddio operano, attender si debba? Chi di sano

[4] Fondandosi sull'esperienza, sempre rinnovabile e perfettibile, il sapere scientifico non si irrigidisce in una dogmatica ed esclusiva posizione: lo spirito critico, la costante disponibilità ad ogni revisione consapevole e fondata, sono doti necessarie dello scienziato moderno.

intelletto misurerà dalla sola mole la virtù e perfezione delle cose? Io, per me, non diffiderei di poter numerare altrettante cose, nell'università della natura, piccolissime et efficacissime nel loro operare, quante alcuno ne potesse assegnar delle grandi: et sì come le arti, per la varietà delle loro operazioni, hanno bisogno non meno dell'uso di cose piccolissime che delle grandi, così la natura nella diversità de' suoi effetti ha bisogno di strumenti diversissimi, per poter quelli accomodatamente produrre; et tali operazioni con piccolissime machine si effettuano, che con maggiori, o con così bene, o pure in conto nissuno, effettuar non si potrebbono. E chi dirà che l'ancora, per esser ferramento di così vasta mole, presti uso grandissimo nella navigazione, et che all'incontro l'indice magnetico, come cosa minima, resti inutile et di niuna considerazione degno? È vero che per fermar la nave l'aiuto dell'indice è nullo; ma non meno è inutile l'ancora per drizzarla et governarla nel suo viaggio: anzi per avventura la operazione di quello è più eccellente et ammiranda che questa. Un palo di ferro, accomodato a far fosse e smuover pietre, non oscura il gentile uso dell'ago, col quale artificiosa mano di leggiadra donna lavora vaghissimi trapunti. Che se la piccolezza della mole sciemasse o togliesse l'efficacia et eccellenza nelle operazioni, quanto men nobile saria il cuore che il polmone, et le pupille de gl'occhi che altre parti del corpo molto grandi et carnose? Et chi dirà che le zucche vinchino di nobiltà il pepe o i garofani, o che le oche tolghino il pregio a i rosignuoli? Anzi pure, se noi vorremo riguardare più sottilmente gl'effetti della natura, troveremo, le più mirabili operazioni derivare et esser prodotte da mezi tenuissimi. Et discorrendo prima per le cause motrici de i nostri sensi più perfetti, quello che ci muove il senso dell'udito, et per esso trasporta in noi i pensieri, i concetti e gl'affetti altrui, che altro è che un poco di aria, sottilmente increspata dal moto della lingua et delle labbra di quello che parla? [5] et pure niuno sarà che non conceda questa leggerissima affezione dell'aria superare di gran lunga

[5] Cfr. *Il Saggiatore*, p. 777.

in eccellenza e nobiltà quella grande agitazione de i venti, che scuote le selve e spinge i navilii per l'oceano. Quale è la picciolezza e sottilità delle specie visive, che dentro all'angustissimo spazio della nostra pupilla racchiude la quarta parte dell'universo? et qual mole hanno i fantasmi che alterano il nostro cervello, hora eccitando l'imaginativa e farci presente quando haviamo veduto, sentito o inteso in vita nostra, hora svegliando la memoria a ricordarci di tante cose passate? Io potrei raccontare mille e mille grandissimi affetti et effetti, che da picciolissime cause dependono; ma credo bastar questo poco, che ho accennato, per mostrare come la sovranità della virtù non si deve solamente dalla grandezza del corpo misurare, anzi che molti et molti sono gli effetti, nella perfezzione de i quali si ricerca et è necessaria la picciolezza e tenuità delle cause efficienti: et tali par che siano i più spirituali, et in consequenza quelli che, per così dire, più della divinità sono partecipi.

Et se noi volessimo discorrere per le cause inferiori, motrici degl'affetti, delle potenze et delle virtù dell'anima nostra, non ci mancheriano mille esempi sensati e certi, come alcune facultà sono eccitate in noi da cause massime et veementi, le quali cause non solo non sono accomodate a commuovere in noi alcune altre virtù, ma totalmente le impediscono et le destruggono, né possono se non da i loro contrarii essere promosse et attuate. Ecco l'ardire nel cuore, l'animosità negli spiriti, il disprezzo dei pericoli e della morte stessa, desto prima dal vino, poi mirabilmente eccitato dallo stridore delle argute trombe et dal suono de i tamburi tra gli strepiti d'armi e di cavalli, ne i tumultuosi movimenti d'armate squadre, per l'aperte campagne, al più lucente sole; et all'incontro, eccovi nella più profonda e tenebrosa notte, dal muto silenzio di deserta solitudine soppresso l'ardire, et promosso il timore e la paura. Ma se attenderemo quali cose rischiarino, e quali perturbino, la facultà discursiva et speculativa dell'intelletto nostro, troveremo come le tenebre, la quiete, il digiuno, il silenzio et la solitudine mirabilmente la eccitano; dove che i tumultuosi movimenti, gli strepiti, et i fumi del vino l'ottenebrano e totalmente impediscono. Se dunque, tra le cause inferiori, diame-

tralmente contrarie sono quelle che l'audacia del cuore et la speculazione dell'intelletto promuovono, è ben anco ragionevole che differentissime siano le cagioni superiori (se pure operano in noi), da le quali l'ardire o la speculativa facultà dependono; et se le stelle operano et influiscono principalmente col lume, potrassi per avventura con qualche probabile coniettura dedur l'ardire et la bravura dell'animo da molto grandi et veementi stelle, et l'acutezza et perspicacità dell'ingegno da lumi sottilissimi et quasi invisibili.

Lascinsi dunque a i corpi celesti più vasti le operazioni più grandi nelle cose inferiori, come le mutazioni delle stagioni, le commozioni de i mari e de i venti, le perturbazioni dell'aria, et (se hanno operazione sopra di noi) le costituzioni e disposizioni del corpo, le generali qualità e complessioni, et simili altri influssi; ché non mancheranno in terra mille e mill'altri particolari effetti da referirsi a più sottili et spirituali influenze da quelli che vorranno in simili curiosità occuparsi. Et se pure qualche impaziente volesse stringermi a dire qualche particolare influsso che io creda da questi, nuovamente da me scoperti, Pianeti dependere; io gli risponderei, che tutti gl'influssi li quali egli sin qui ha stimati essere stati di Giove solo, sono derivati non più da Giove che da i suoi satelliti, et che l'havere egli creduto che Giove operasse solo, et il non haver saputo che havesse 4 compagni, niuna autorità ha posseduto nel fare che Giove cessasse di havergli appreso et di cooperare con loro. Distinguere più particolarmente i loro effetti non saprei io, se prima qualcuno non gli rimovesse i suoi satelliti dal fianco, et per qualche tempo lo facesse operar solo. E chi vorrà sapere se l'ira, l'amore, l'odio, et altre tali passioni, siano affezioni residenti nel cuore, o pure nel cervello, se prima non prova a viver qualche tempo senza cervello o senza cuore?

Io non voglio in questo proposito tacere a V. S. quello che li giorni passati risposi a uno di quei genetliaci, che credono che Dio, nel creare il cielo e le stelle, non pensasse a niuna cosa di più che quelle alle quali pensano loro, per liberarmi da una tediosa instanza che ei mi faceva acciò che io gli dicessi gl'effetti di tali Pianeti Medicei, protestandosi che altramente

gl'haveria rifiutati come oziosi, e perpetuamente negati come superflui (credo che questi tali, conforme alla dottrina del Sizii [6], stimino che gl'astronomi habbino conosciuto, essere nel mondo li altri 7 pianeti, non per haver veduti i lor corpi in cielo, ma solo i loro effetti in terra; in quella guisa appunto che non per mezo della vista, ma da gl'effetti stravaganti, si scuoprono alcune case essere occupate da maligni spiriti). Io gli risposi, che ritornasse a considerare quei cento o mille giudizii li quali haveva a i suoi giorni notati, et in particolare che esaminassi bene gl'eventi che da Giove haveva predetti; et se trovava che tutti precisamente fossero succeduti conforme alle sue predizioni, che seguitasse allegramente a pronosticare secondo le sue vecchie et usitate regole, ché io lo assicuravo che i Pianeti nuovi non haverebbero alterare punto le cose passate, et che egli per l'avvenire non saria men fortunato indovino di quello che stato era per il passato, ma se, all'incontro, vedesse, gl'eventi dependenti da Giove in alcune piccole cosette non havere risposto a i dogmi et aforismi prognosticali, procurasse di trovar nuovi calcoli per investigar le costituzioni de i quattro Gioviali circolatori in ogni passato momento, ché forse dalle diversità di esse habitudini potria, con accurate osservazioni et multiplicati riscontri, trovare le alterazioni et varietà di influssi da quelle dependenti: et gli soggiunsi, che non in tutti i secoli passati si erano con poca fatica imparate le scienze a spese di altri sopra le carte scritte, ma che i primi inventori trovarono et aqquistarono le cognizioni più eccellenti delle cose naturali e divine con gli studii e contemplazioni fatte sopra questo grandissimo libro [7], che essa natura continuamente tiene aperto innanzi a quelli che hanno occhi nella fronte e nel cervello; et che più honorata e lodevole impresa era il procurar con le sue proprie vigilie, studii e sudori, di ritrovare qualche cosa admiranda e nuova tra le infinite che ancora nel profondissimo abbisso della filosofia restano ascose, che, menando vita oziosa et inerte, affaticarsi solo in procurar di oscurar le laboriose invenzioni del

[6] Per il Sizi; fanatico avversario aristotelico di Galilei, cfr. p. 270.
[7] Cfr. *Il Saggiatore*, pp. 631-32.

prossimo, per escusar la propria codardia et inettezza alle speculazioni, esclamando che al già trovato non si possa aggiugner più altro di nuovo. Ma ciò sia detto come per digressione, et non come punto che direttamente appartenga alle risposte de i dubbi scritti: et perdonimi V. S. R.ma questa scorsa di penna.

Et ritornando al proposito della inefficacia attribuita ai Pianeti Medicei mediante la picciolezza loro, io soggiugnerò quell'istesso che pure con un altro astrologo qui in Roma mi occorse li giorni passati. Il quale havendo detto che loro nell'arte non tenevano un conto al mondo delle stelle dalla terza grandezza in giù, fu da me, dopo un lungo circuito di parole, interrogato, come loro facevano gran capitale delle stelle nebulose: et egli mi rispose, quelle essere di efficacia grandissima nello ottenebrare la vista, et anco offuscare l'intelletto, di coloro che nelle lor nascite le havessero haute pravamente costituite. Allora io gli replicai: Come dunque direte voi più, che le stelle minori della terza magnitudine non operino, sendosi ultimamente da me scoperto che le nebulose non sono, come si credeva per l'addietro, una sola stella ingombrata da parte di cielo alquanto più densa, et per ciò atta a rifrangere e dilatare il suo lume, ma sono una congerie di minutissime stelle, minori non solo di quelle del terzo honore, ma di quelle della sesta et anco decima grandezza? Taqque; et contro al costume di quelli che disputano, non per scoprire il vero, ma per restare nelle contese superiori, si quietò, et mostrò di restare satisfatto.

Hora io soggiungo, di più, che se è vero quello che essi astrologi et molti filosofi affermano, che le stelle operino *lumine et motu*; et più se è vero che i lumi più grandi più efficacemente influischino; doverà anco la velocità del moto et le celeri et frequenti mutazioni vantaggiarsi molto sopra la pigrizia e tardità delle stelle che lentamente caminano: et se questo è, le operazioni de i 4 nuovi Pianeti doveranno essere veementissime, sendo loro dotati di periodi così veloci, che il più tardo di essi finisce la sua revoluzione intorno a Giove in poco più di 16 giorni, et il più veloce in meno di giorni 2. Quello dunque che mancasse in loro per la tenuità del lume, può benissimo esser compensato dalla velocità del moto; et se tutti 4 insieme sono, v. g., la metà di Saturno, ei sono bene, all'incontro, mille e mille volte più veloci di lui. Quanto poi ei possino coadiuvare et alterare le operazioni dell'istesso Giove (se pure noi lo vogliamo porre per primario tra loro cinque), potrà dalle osservazioni future particolarmente esser raccolto; et al presente in generale stimato da chi può conietturare quello che importi l'haver quattro stelle, hora congiunte, hora divise, hora tutte orientali, hora tutte verso occidente, hora parte a destra e parte a sinistra, hora tutte o parte dirette, hora all'incontro retrograde, hora ripiene di luce et hora ottenebrate et eclissate; le quali tutte diversità si vanno di giorno in giorno alternando.

Ma quando pure alcuno volesse ristringersi a negare gl'influssi dove non arrivi il lume de i corpi celesti influenti, et pertanto a dire, il moto senza il lume essere inefficace ad operare, io, prima, gli domanderei che lume hanno quei luoghi del cielo, dove non è pure stella alcuna, non che suo lume; come è l'ascendente, il mezzo cielo, la parte della fortuna, et poi tutti quegl'altri luoghi che loro per direzzioni muovono, et che, senza havervi stella veruna, sono di tutti gl'effetti che seguono, per lor sentenza, operatori. Di più, doveriano le stelle sotto il nostro orizzonte mancare di effetti, non pervenendo il lor lume al nostro emisfero; o se pure sono potenti, con la lor forza, di penetrare il terrestre globo, non doverebbono le tante e così grandi fisse australi, ascose sotto il nostro orizzonte, restar neglette. In oltre, chi vorrà dire il lume de i Pianeti Medicei non arrivare in terra? Vorremo ancora far gl'occhi nostri misura dell'espansione di tutti i lumi, sì che dove non si fanno sensibili a noi le specie de gl'oggetti luminosi, là si deva affermare che non arrivi la luce di quelli? Forse tali stelle veggono le aquile o i lupi cervieri, che alla debile vista nostra rimangono occulte. Ma concedasi in grazia più che non sanno domandare gl'avversarii, né sia cosa alcuna al mondo fuori che quanto è veduto o inteso da noi: non per ciò manca di arrivare in terra il lume delle nominate stelle. Imperò che, non sendo le spezie visibili altro che luce figurata, o al meno non si diffondendo senza luce, là dove arrivano esse

specie, arriva il lume ancora: hora, se le specie de i 4 Pianeti Medicei, nel diffondersi, svanissero et si perdessero avanti che arrivassero in terra, non basteriano quanti cristalli ha Murano a renderle visibili, perché quello che non è nulla, non si può multiplicare, et la dilatazione et augumento suppongono l'esistenza di quello che si ha da dilatare et augumentare [8]: per tanto, vedendosi col telescopio le spezie de i 4 Pianeti Medicei molto grandi et luminose, non si può negare che il lume loro assai vivamente sino in terra si diffonda. Soggiungo finalmente, che quando per effettuare gl'influssi bisognasse una molto apparente et sensata illuminazione, gl'effetti di Mercurio veramente resteriano o nulli o debilissimi, poi che la luce sua il più del tempo et quasi sempre resta incospicua; e Marte vicino al sole, dove a pena è una delle 60 parti, in grandezza visuale, di quello che apparisce nella opposizione, sì che in mole cede anco all'apparente grandezza delle stelle del quarto ordine, pochissimo o niente doverebbe influire. Concludasi dunque, che se le altre stelle influiscono, le Medicee ancora non restano di operare.

Ultimamente, a quello che soggiungono quei Signori, dicendo che di tali stelle, per loro credere, non ne manchino in cielo, non posso negare né affermare cosa alcuna, ma solamente dire che per la parte mia non ne ho sapute scoprire et osservare altre che queste quattro intorno a Giove, et le due immobilmente congiunte a Saturno; et prego che se altri ne ha scoperte altre, non gli dispiaccia farmene parte, ché gliene terrò obligo particolarissimo. Io non credo già, che quei Signori intendino di altre stelle che delle mobili et vaganti, quali sono i Pianeti Medicei, perché il parlare delle fisse innumerabili saria fuori del caso: et io già ho scritto, immensa esser la moltitudine delle fisse invisibili al semplice occhio naturale: ma queste, come che non ci inducono a por nuovi orbi et a variare

[8] L'imbarazzo provocato nelle menti degli intellettuali del tempo dalle scoperte astronomiche era tale, che essi non riuscivano a comprendere che il fatto stesso delle visioni telescopiche era di natura conoscitiva e non già costitutiva, per cui la scoperta di nuovi astri non significava affatto che essi non esistessero prima. Si veda, per una analoga discussione, *Il Saggiatore*, p. 650, n. 61.

il sistema dell'universo et a conoscere necessariamente che non un solo è il centro al quale hanno rispetto tutte le revoluzioni delle stelle, possono con meno scrupoloso esame esser trapassate. Et se, com'io pure stimo, delle erranti intendono questi Signori quando dicono credere che di tali non ne manchino, onde è che nell'istesso tempo si rendono così difficili a concedere queste quattro?

Gl'argomenti poi per confirmare le loro già prodotte et da me esaminate ragioni, tolti in grandissimo numero sin dalla creazione di Adamo, non sendo specificati, ma supposti come benissimo intesi da V. S. R.ma, et per tanto in certo modo indirizzati a lei, da lei lascierò che siano esaminati, et ponderato qual momento habbino in farle credere di non haver veduto quello che più di una volta ha visto.

Ho, per obedire al cenno di V. S. R.ma, scritto sin qui: essa, se stima questo poco discorso potente a satisfare alle dubitazioni et instanze di quei Signori, glielo invii, et con lui una spontanea esibizione della devozione e servitù mia; altramente lo doni al fuoco, né resti di scusare appresso i medesimi Signori l'impotenza mia et di fargli l'istesso dono. Et con ogni reverenza gli bacio le mani.

Di casa, li 21 di Maggio 1611.
Di V. S. molto I. et Rev.ma Ser.re Oblig.mo
Galileo Galilei.

XII.

A Gallanzone Gallanzoni [1].

Firenze, 16 luglio 1611.

Molto Ill.re Sig.re Osser.mo,

Per ubidire al cenno dell'Ill.mo et Rev.mo S. Card.le mio Padrone, et satisfare al comandamento di V. S., procurerò di rispondere quanto mi occorre in proposito del contenuto nella

[1] Oltre all'atteggiamento negativo assunto verso le nuove scoperte scientifiche e le loro implicazioni, manifestato dagli astrologi, dai curatori

lettera scritta al molto R.do Padre Clavio dal S. Lodovico dalle Colombe, della quale ella mi ha mandato copia; et questo fo io tanto più volentieri, quanto veggo, questo esser l'ultimo refugio di quei filosofi, li quali vorriano pure accomodare le opere della natura alle loro inveterate opinioni [2]. Questa nuova introduzione di uno ambiente molto perspicuo intorno al corpo lunare, per riempire et adequare le sue visibili cavità et eminenze, mi fu, molti mesi sono, scritta dall'Ill.mo S. Marco Velsero d'Augusta [3], come pensiero di alcuni filosofi di quelle

e dai maghi dell'epoca, da altri ambienti giunsero, riserve, diffidenze e critiche: le sue scoperte infatti, mentre avevano suscitato vivo interesse ed entusiasmo fra gli uomini più avanzati, avevano anche prodotto manifesti e tenaci dissensi. « Che la terra giri, scriveva il 6 maggio 1611 Paolo Gualdo, sinhora non ho trovato né filosofo né astrologo che si voglia sottoscrivere all'opinione di V. S., e molto meno lo vorranno i theologi: pensi adunque bene, prima che asseverantemente publichi questa sua opinione per vera, poiché molte cose si possono dire per modo di disputa, che non è bene asseverarle per vere, massime quando s'ha l'opinione universale di tutti contra ». Fin dal 19 aprile del 1611, il cardinale Bellarmino aveva chiesto ai matematici del Collegio romano (Cristoforo Clavio, Cristoforo Grienberger, Odo van Maelcote, G. Paolo Lembo, tutti della Compagnia di Gesù) che dichiarassero la loro opinione; questi il 24 successivo rispondevano confermando sostanzialmente le scoperte di Galilei, salvo alcune riserve non essenziali del Clavio per la forma dei cerchi di Saturno e per le scabrosità del corpo lunare, attribuite alla diversa densità del corpo lunare, e non ai dislivelli superficiali.

La notizia di questa riserva, che ripetiamo era marginale, si diffuse in modo interessato od insinuante tra i peripatetici che se ne impossessarono per un ulteriore tentativo di screditare Galilei. Fra questi, Ludovico delle Colombe, tenace quanto pedissequo aristotelico, che aveva già scritto un *Discorso contro il moto della Terra*, si affrettò ad esprimere la propria soddisfazione al padre Clavio; « il punto – egli scriveva – consiste più della differenza tra me e il sig. Galileo, ch'egli tiene ch'elle sieno in superficie, a guisa della terra ch'è circondata dall'aria; ed io tengo ch'elle siano per entro quel corpo e non nella superficie, perché sono parti più denso, e il restante del corpo sia ripieno di parti più rare ». A questa lettera fa riferimento Gallanzone Gallanzoni, cortigiano riminese del cardinale Francesco di Joyeuse, il quale, inviando copia della lettera di Ludovico delle Colombe, chiedeva spiegazioni.

[2] Smarriti ed incerti di fronte alle novità celesti, confermate anche dal giudizio insospettabile dei matematici del Collegio romano, i peripatetici cercarono di volgerle a sostegno delle teorie fisico-astronomiche di Aristotele.

[3] Marco Welser (cfr. pp. 327 segg.) il 29 ottobre 1610 inviò a Galilei uno scritto di Giorgio Brengger, il quale sollevava alcune eccezioni sulle congetture formulate da Galilei nel *Sidereus nuncius* (pp. 282 segg.) intorno all'al-

parti; io gli risposi, et forse con quietare et persuadere i suoi autori (non havendo io poi sentito replicare altro): non so quello che mi succederà in Roma, dove questo medesimo concetto trova, come bene ella mi scrive, molti che gli applaudono.

Hora, per dire brevemente quanto mi occorre, dico che io ho sin qui, insieme con tutti i filosofi et astronomi passati, chiamato Luna quel corpo, il quale, sendo per sua natura atto a ricevere et ritenere, senza trasmettere, il lume del sole, alla vista del quale egli è continuamente esposto, si rende per tanto a noi visibile sotto diverse figure, secondo che egli è in varie posizioni situato rispetto al sole et noi, le quali figure, hora falcate, hora semicircolari et hora rotonde, ci rendono sicuri, quello essere globoso et sferico: et di questo tale corpo, dal sole illuminato et da noi veduto, hanno sin qui la maggior parte de i filosofi creduto che la superficie fusse pulita, tersa et assolutissimamente sferica; et se alcuno disse di credere che ella fusse aspra et montuosa, fu reputato parlare più presto favolosamente che filosoficamente. Hora io di questo istesso corpo lunare, da noi veduto mediante la illuminazione del sole, asserisco il primo, non più per immaginazione, ma per sensata esperienza et per necessaria dimostrazione, che egli è di superficie piena di innumerabili cavità et eminenze, tanto rilevate che di gran lunga superano le terrene montuosità. Le osservazioni dalle quali io deduco le mie dimostrazioni, non occorre che in questo luogo racconti, sì per haverle io altrove scritte et in voce moltissime volte dichiarate [4], sì perché gli avversarii, con li quali si tratta al presente, non negano né quelle, né tampoco le apparenti inegualità lunari; ma vengono, in sustanza del loro discorso, a dire che la Luna sia hora non solamente quel globo che noi sensatamente con gl'occhi veggiamo et sin qui havevamo veduto, ma che, oltre al veduto da gl'huomini, vi è intorno un certo ambiente trasparentis-

tezza delle montagne lunari; Galilei rispose, tramite il Welser, l'8 novembre dello stesso anno, illustrando le sue osservazioni e le sue considerazioni (X, pp. 460, 466).

[4] Cfr. *Sidereus nuncius*, p. 283, e la lettera ad Antonio de' Medici del 7 gennaio 1610 (pp. 867-72).

simo, a guisa di cristallo o diamante, totalmente impercettibile da i sensi nostri, il quale, empiendo tutte le cavità et cimando le più alte eminenze lunari, cinge intorno intorno quel primo et visibile corpo, et termina in una liscia et pulitissima superficie sferica, non vietando in tanto il passaggio a i raggi del sole, sì che eglino possino nelle sommerse montuosità reflettere et dalle parti averse causare le proiezioni delle ombre, rendendo intanto l'antica luna al senso nostro suggetta. Veramente l'immaginazione è bella; solo gli manca il non essere né dimostrata né dimostrabile. Et chi non vede che questa è una pura ed arbitraria finzione, che nulla pone in essere, et solo propone una semplice non repugnanza? Che se il chimerizare del nostro cervello dovesse havere azione nelle determinazioni della natura, a me sarà lecito con altretanta autorità dire che la terra è di superficie perfettissimamente sferica e pulita; intendendo per *terra* non solamente questo corpo opaco dove si terminano i raggi solari, ma insieme con questo quella parte dell'ambiente diafano che riempie tutte le valli, et con altezza eguale a i più sublimi gioghi delle montagne sfericamente lo circonda. Né sia chi mi dica, che questo nostro ambiente inferiore non ha reale distinzione con quello che sopra i monti si inalza, et che però non circoscrive un globo particolare, ma che sì bene ciò fa l'ambiente della Luna; perché questo sarà un andare di difficultà in difficoltà, di finzione in finzione, anzi un introdurre inconvenienti maggiori in quella medesima filosofia con la quale si cerca di salvar la pulitezza della superficie lunare; et bisognerà già porre nel cielo almeno 4 gradi di materie differenti, ciò è li due opachi che compongono la Luna visibile, uno più splendente dell'altro, et li 2 diafani, de i quali l'uno riempie le cavità della Luna et la serra con superficie politissima, et l'altro che si diffonde pel resto degl'immensi spazii celesti. Et veramente io crederei che molto meno progiudiziale saria a quelli che della purità eccellenza et divinità della sustanza de i cieli sono così gelosi, l'ammettere qualche irregolarità nella figura, accidente molto poco essenziale, che l'introdurre tanta diversità di raro e denso, diafano et opaco; et son ben sicuro che se la sensata vista delle visibili et antiche macchie lunari non havesse

costretto a porre il denso e 'l raro nella sua materia, mai nella imaginata purità di quella non vi haverebbono i nostri filosofi riposti tali accidenti.

Ma seguitando il nostro primo proposito, se noi pur vorremo farci lecito l'imaginarci quello che ci piace, se altri dirà che la Luna è circondata sfericamente da un trasparente ma invisibile cristallo, io volentieri lo concederò, pur che con pari cortesia sia permesso a me il dire che questo cristallo ha nella sua superficie grandissimo numero di montagne immense, et trenta volte maggiori che le terrene, le quali, per esser di sustanzia diafana, non possono da noi esser vedute; et così potrò io figurarmi un'altra Luna dieci volte più montuosa della prima. Et chi vorrà giudicare questo mio assunto chimerico, senza condennare della medesima nota la posizione dell'avversario? Pare in oltre che questo diafano, nuovamente introdotto a riempire le cavità della Luna, non possa esser differente dal resto della sustanza celeste che per l'espansione del mondo superiore si diffonde; atteso che i medesimi filosofi né anco tra l'istesse stelle et il resto del cielo pongono maggiore o altra differenza che di più o meno raro e denso, più o meno diafano et opaco: hora, poiché niuna di tali differenze si scorge tra 'l prossimo ambiente lunare et il resto del cielo, adunque il termine et la distinzione tra il corpo lunare et il resto del cielo ambiente si doverà prendere dalla superficie che finisce et rinchiude il corpo della Luna tenebroso, denso et opaco, et per ciò differentissimo dall'ambiente suo raro et trasparentissimo, e non da questo nuovamente imaginato cristallo, in tutto e per tutto similissimo anzi istessissimo col resto dell'etere. Et qui si noti l'incongruenza dell'esempio addotto della palla di smalto bianco, ma di superficie montuosa, rinchiusa dentro ad un cristallo trasparente et di superficie tersa et pulita: nella quale niuno intoppo ritrova il nostro discorso, mentre dal concepito globo di smalto opaco trapassiamo al cristallo diafano, che lo circonda et con sferica et liscia superficie lo termina; il qual poi subito distinguiamo dall'altro ambiente, che è la nostra comune, familiare et notissima aria; ma dopo il passaggio dall'interno corpo lunare opaco al diafano cristallino, suo prossimo ambiente,

a quale altro terzo corpo, pur diafano, doviamo noi senza intoppo trapassare? Bisogna che avvertiamo come il globo cristallino addotto nell'esempio può benissimo esser da noi locato non solo nell'aria ma nell'aqqua, nell'olio, nel vino, nel fuoco, et in altri diafani da noi per l'esperienza conosciuti et intesi; ma in cielo, di che altro diafano haviamo noi contezza, fuori di questo solo che per quella immensità si diffonde? Hora, sì come il pigliare l'addotta palla cristallina et immergerla in un grandissimo vaso pieno di altro simile cristallo, nel confondore, anzi levare totalmente, i termini de i 2 cristalli, dico del primo, che con superficie tersa terminava la palla, e dell'altro nel quale si immerge il primo, verrebbe a fare che in verità altro non havessimo che uno smalto groppoloso, chiuso dentro una gran massa di cristallo; così non sapendo noi essere in cielo altro che una sola sustanza diafana et omogenea, che altro potremo con verità affermare, se non che il corpo lunare è opaco e montuoso, ma locato nel cielo?

Ma forse alcuno non così scrupolosamente additto ad ogni parola di Aristotile, mi potrebbe dire di non haver per inconveniente alcuno il credere che l'etere celeste sia un liquido tenue et sottile come l'aria, ma più puro et permeabile, per il quale vadino i pianeti vagando, et che la Luna che per esso discorre, sia rinchiusa dentro una corteccia cristallina solida et liscia, et per ciò distinta dal resto dell'ambiente liquido; distinta, dico, se non per la trasparenza, almeno per la solidità e durezza. A chi tale opinione producesse io potrei rispondere, che havendo egli ardito tanto, quanto è il porre il cielo fluido et permeabile, senza riguardo alcuno della impenetrabilità e impermeabilità del cielo d'Aristotile, non si peritasse in por la Luna di superficie aspra; licenza assai più tollerabile dell'altra, come quella che altera con leggerissima offesa una minima parte del cielo, e quella con gravissimo danno mette in scompiglio et in rovina tutto 'l mondo: et egli sa bene in coscienza che niun'altra cosa lo persuade a voler mantener la pulitezza della superficie lunare, fuor che un semplice detto d'Aristotile. Aggiungo di più, che se noi ci volessimo governare in cielo con l'analogia de i nostri corpi elementari, ponendo l'etere omologo alla nostra aria, et il cristallo lunare

proporzionato a qualche altro corpo solido et trasparente de i nostri, o sia vetro o gemma; noi veramente non troveremmo appresso di noi diafano alcuno, né anco l'aqqua stessa più di ogni gioia trasparente, il quale, circondando la terra et alzandosegli intorno sino alle maggiori altezze de i monti, non togliesse, a chi di lontano la riguardasse, il poter vedere tutte le particolari varietà di altezze e bassure, di lumi et di ombre et di qualunque altra cosa che dentro a tale profondità fusse contenuta. Rimirisi, per prova di ciò, da qualche eminenza qual si sia limpidissimo et tranquillo stagno o lago, che, ben che non molte braccia profondo, tutti i segreti del suo letto ci asconde: hor che faria una profondità di dieci o dodicimila braccia? Noi dunque non haviamo, dall'aria et l'etere celeste in poi, cognizione di diafano alcuno il quale oltre una piccola grossezza non impedisca il passaggio alla nostra vista, et forse anco alla illuminazione del sole. Di qual cristallo dunque riempiremo noi le cavità profondissime della Luna, il quale sia così limpido che ci lasci penetrar con l'occhio a distinguer esattamente anco minutissime inegualità? certo, s'io non m'inganno, niente altro che l'istesso tenuissimo et purissimo etere riporre vi si potrà. Et se così è, ragionevolissimamente si può concludere, la Luna esser indubitatamente di superficie ineguale et montuosa, ma circondata da purissimo et trasparentissimo etere, nella cui profondità ella et gl'altri pianeti sono contenuti.

Potranno per avventura persuadersi gl'avversarii di arrivare con l'efficacia del discorso et delle ragioni là dove il senso in modo alcuno né si conduce nè si avvicina, et credersi di poter demostrativamente concludere, esser necessario che la Luna sia di figura esattissimamente sferica, per essere ella corpo celeste et in consequenza purissimo et immisto, et per convenirsi a tali corpi perfettissimi figura perfettissima, quale tra le solide vien reputata la sferica? Il discorso è assai trito per le scuole Peripatetiche, ma dubito che la sua maggiore efficacia consista solamente nell'essere inveterato nelle menti de gl'huomini, ma non già che le sue proposizioni siano né dimostrate né necessarie; anzi crederò io che le siano molto titubanti et incerte. Et prima, che la figura sferica sia più o

meno perfetta delle altre, non veggo io che si possa assolutamente asserire, ma solo con qualche rispetto: come, per esempio, per un corpo che si habbia a poter raggirare per tutte le bande, la figura sferica è perfettissima; et però gl'occhi et i capi degl'ossi delle cosce sono stati fatti dalla natura perfettamente sferici: all'incontro, per un corpo che dovesse consistere stabile et immobile, tal figura saria sopra ogn'altra imperfettissima; e chi nella fabrica delle muraglie si servisse di pietre sferiche, faria pessimamente, et perfettissime sono le angolari. Che se assolutamente la figura sferica fusse più perfetta delle altre, et che a i corpi più eccellenti si dovessero le figure più perfette, doveva il cuore, e non gl'occhi, esser perfettamente sferico; et il fegato, membro tanto principale, doveva egli haver dello sferico, più tosto che alcune altre parti del corpo vilissime. Più, io non veggo che la inclinazione et appetito che hanno molti corpi naturali di terminarsi con figura sferica, derivi solamente da loro perfezione o purità: anzi pure vediamo, la terra et l'aqqua, corpi da i medesimi filosofi reputati impurissimi et imperfettissimi, in comparazione massime de i celesti, ridursi loro ancora sotto figura sferica, et ciò non per alcuna perfezione che sia in loro, ma solo per esser gravi et per cospirare tutte le loro parti ad un solo termine; et l'aqqua, che alla gravità aggiunge l'esser liquida et fluida, tanto più perfetta rotondità conseguisce, né dalla sua mistione et impurità (arguita dalla salsedine) vien ella punto nella sua figurazione impedita; né impedita saria quando anco ella fusse cento volte più impura, mista et imperfetta, purché gli restasse il peso et la flussibilità. Resta parimente ambiguo se sia ben detto, i corpi celesti essere così puri, immisti et eccellenti in comparazione de i nostri elementari, perché veramente questi et gl'altri attributi di inalterabili, ingenerabili, incorruttibili, impassibili etc., concessigli da i filosofi dependono tutti da un altro fonte et principio, che è l'haver loro soli da natura il muoversi di moto circolare; il che da Aristotile non è stato dimostrato, come io altrove dichiaro: sì che se alcuno sosterrà che il movimento circolare competa non meno alla terra et a gl'altri elementi che a i corpi superiori, cessano tutte le ragioni di dover porre quella quinta essenza

celeste, eterna et non generata, immortale e non caduca, impassibile, inalterabile etc., diversissima dalle nostre inferiori sustanze; et sarà dottrina non solo più salda [5], ma più conforme alla verità delle Sacre Lettere, che della creazione et mutabilità del cielo si assicurano. Lascio stare la inconvenienza grande che è nel volere che i corpi celesti siano così eccellenti et divini, et la terra, quasi feccia del mondo, imperfetta, impura et vilissima, et a canto a canto dire i movimenti et le azioni de i cieli esser solamente indirizzati alle nostre cose inferiori, senza il quale indirizzo oziosi e vani resteriano tutti i movimenti et operazioni del sole et delle stelle. Ma l'entrare in sì vasto oceano non è materia da potersi in una lettera ristrignere. Basti per hora, quanto appartiene al nostro proposito, haver mostrato di quanta poca efficacia siano quelle proposizioni, che la figura sferica sia più perfetta delle altre, che questa competa a i corpi perfetti, et che la luna, come corpo celeste et perfettissimo, deva esser di figura sferica, et non come la terra solamente, ma tanto più liscia et esquisita, quanto ella è corpo più eccellente che la terra: discorso tutto vanissimo et niuna cosa concludente, sì come pessimamente concluderebbe chi discorresse circa la terra e dicesse: La terra è sferica, ma non perfettamente, essendo di superficie aspra et ineguale; sarebbe bene la sua figura sferica perfettissima, quando ella fusse liscia, tersa et egualissima; et pertanto la terra sarebbe allora assai più perfetta di quello che l'è hora. Tal discorso è mendoso et equivoco: perché è vero che, quanto alla perfezion della figura sferica, se la terra fusse liscia, saria una sfera più perfetta che essendo aspra; ma quanto alla perfezione della terra, come corpo naturale ordinato al suo fine, non credo che sia alcuno che non comprenda quanto ella sarebbe non solo meno perfetta, ma assolutamente imperfettissima. Et che altro resterebb'ella che un immenso deserto

[5] La superiorità della forma sferica rispetto alle altre, la natura perfetta e incorruttibile dei cieli di contro alle imperfezioni della terra, l'attribuzione del moto circolare ai soli corpi celesti costituivano i capisaldi della cosmologia peripatetico-tolemaica. Cfr. *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* (vol. II, p. 9).

infelice, voto di animali, di piante, di huomini, di città, di fabriche, pieno di silenzio e di otio, senza moti, senza sensi, senza vite, senza intelletti, et in somma privo di tutti gl'ornamenti li quali così spettabile et vaga la rendono? Certo, che saria stato un discorso mirabile quello di colui, che mentre le aqque del diluvio havevano ingombrato tutta la nostra mole terrestre, adequando le cime de i più alti monti, si fosse posto a consigliare la natura che ella convertisse in ghiaccio o saldissimo cristallo tutta la aqqua, né si lasciasse fuggire sì oportuna occasione di perfezionare con una ben pulita et sferica superficie questo globo inferiore, rendendolo simile alla Luna del Sig. Colombe. È vero che la Luna saria corpo di figura sferica più perfetta se la superficie sua fusse liscia et non aspra; ma l'inferirne poi: « Adunque la Luna, come corpo naturale, saria più perfetta » è una consequenza stravolta. Et chi sa che l'inegualità della superficie lunare non sia ordinata per mille e mille meraviglie, non intese né intelligibili da noi, non imaginate né imaginabili? Altrettanto grande quanto frequente mi pare l'errore di molti, i quali vogliono fare il loro sapere et intendere misura dell'intendere et sapere di Dio, sì che solo perfetto sia quello che loro intendono esser perfetto. Ma io, per l'opposito, osservo, altre perfezioni essere intese dalla natura che noi intendere non possiamo, anzi pure che più presto per imperfezioni giudicheremmo: come, per essempio, delle proporzioni che cascano tra le quantità, alcune ci paiano più perfette, alcune meno; più perfette, quelle che tra i numeri più cogniti si ritrovano, come la dupla, la tripla, la sesquialtera, etc.; meno perfette quelle che cascano tra' numeri più lontani e contra sé primi, come di 11 a 7, 17 a 13, 53 a 37, etc.; imperfettissime, quelle delle quantità incommensurabili, da noi inesplicabili et innominate: talché quando ad un huomo fusse toccato a dovere a sua elezione stabilire et ordinare con perfette proporzioni le differenze de i prestantissimi movimenti delle celesti sfere, credo che senza dubbio gl'haverebbe moderati secondo le prime et più rationali proporzioni; ma all'incontro Iddio, senza riguardo alcuno delle nostre intese simmetrie, gli ha

ordinati con proporzioni non solamente incommensurabili et irrazionali, ma totalmente impercettibili dal nostro intelletto. Uno poco intendente di geometria si lamenterà che la circonferenza del cerchio non sia stata fatta o tripla a punto del suo diametro, o rispondentegli in qualche più conosciuta proporzione, più tosto che tale non si sia per ancora potuto esplicare qual rispetto sia tra di loro; ma uno che più intenda, conoscerà che sendo stati altramente di quello che sono, mille e mill'altre ammirabili conclusioni si sariano perdute, e che nessuna delle passioni dimostrate del cerchio saria stata vera: non la superficie della sfera sarebbe stata quadrupla del cerchio massimo, non il cilindro sesquialtero della sfera, et insomma nissun'altra cosa della geometria sarebbe stata vera e quale ella è. Uno de i nostri più celebri architetti, se havesse hauto a compartire nella gran volta del cielo la moltitudine di tante stelle fisse, credo io che distribuite le haverebbe con bei partimenti di quadrati, esagoni et ottagoni, interzando le maggiori tra le mezzane et le piccole, con sue intese corrispondenze, parendogli in questo modo di valersi di belle proporzioni; ma all'incontro Iddio, quasi che con la mano del caso le habbia disseminate, pare a noi che senza regola, simmetria o eleganza alcuna le habbia sparpagliate[6]. Et così a punto, quando noi fanciullescamente havessimo hauto a formare la Luna, galantissima ci saria parso di figurarla dandogli una rotondissima et pulitissima superficie; ma non già così ha inteso di far la natura, anzi tra quelle diversissime scabrosità è credibile che ella mille misterii, da lei sola intesi, habbia rinchiusi. Et non è dubbio alcuno, che se nella Luna fussero giudizii simili a i nostri, rimirando di là la superficie della terra, nella quale altro che la disparità de i mari et de i continenti et la inequalità della parte terrea non distinguerebbono, altrettanta ragione haveriano di nominarla

[6] Si mostra così inadeguata alla concezione galileiana l'interpretazione pitagorico-platonica della matematica, intesa come essenza della realtà naturale: qui Galilei nega che la natura sia stata composta secondo una disposizione matematica.

meno perfetta che se fusse di superficie pulitissima, quanta ha il S. Col. di desiderar che la superficie lunare sia ben tersa, per maggiore perfezione di quella; poi che tutti gl'ornamenti et vaghezze particolari, che sì mirabilmente la terra abbelliscono, resteriano di là su invisibili et inimmaginabili. Così a punto, fermandosi il nostro vedere et intendere nella sola montuosità et disegualità della luna, senza vedere o poterci immaginare quali particolari tra esse eminenze et cavità possino esser contenuti, parci che ella da una pulitissima superficie riceverebbe perfezione e bellezza.

Io credo haver a bastanza dimostrato la debolezza del discorso avversario; et se bene molte altre considerazioni potrei soggiugnere, tutta via i termini di una lettera, li quali parmi anco di haver trapassati, non permettono che io continui più la fatica di V. S. nel leggere. Solamente, per fine di questo discorso, voglio additare a V. S. a quali gradi di sconvenevolezze si lasci traportare il nostro S. C. dalla immoderata brama del contradire; dalla quale allucinato non si accorge, che mentre egli vuol trovar ripiego per mantener la equabilità et lisciezza ne i corpi celesti et rimuover l'asprezza dalla Luna, in cambio di veramente levar quest'una scabrosità che io gli attribuisco, gli n'addossa due: perché, ammettendo che la superficie della parte opaca et interiore della Luna sia aspra montuosa, di necessità bisogna che ei conceda che aspra sia parimente la superficie dell'altra parte diafana e cristallina, la quale contermina con le montuosità interiori, et a riempiere le traposte cavità si adatta. È dunque asprissima la visibil parte della Luna, densa et opaca; et tale ancora è l'invisibile, rara et trasparente.

Non voglio già passare alcuni altri particolari che nella lettera del S. Col. si contengono: l'uno de i quali è, che io non veggo sì grande occasione di rallegrarsi che il molto R. P. Clavio non approvi la montuosità della Luna, poi che il medesimo Padre è altresì molto differente da esso Col. nell'assegnare la causa della apparente inegualità, attribuendola al denso et al raro. Et se il S. Col. ha caro che il P. Clavio dissenta da me, è forza che egli habbia altrettanto discaro che gl'altri

tre Padri [7] inclinino a favor della mia opinione, benché egli di tal suo disgusto non faccia menzione. Et non sa il S. Col. che facil cosa mi saria stata, mentre fui in Roma, il persuadere et ridurre nella mia sentenza il Padre Clavio, se la gravissima età et la sua continua indisposizione havessero tollerato che noi insieme fussimo di queste materie stati in trattamento et fatte le necessarie osservazioni: ma saria stato poco meno che sacrilegio l'affaticare et molestare con discorsi et osservazioni un vecchio, per età, per dottrina et per bontà così venerando, il quale havendosi con tante et sì illustri fatiche guadagnate una fama immortale, poco importa alla sua gloria che egli in questo solo particolare trapassi e resti con opinione falsa et assai facile a convincersi.

Quello che il medesimo Colombe dice intorno a Saturno, non intendo io né punto né poco, né so che proposito vi possa cadere di denso o di raro, di moto o di altro: so ben questo, che il voler contrastar di una cosa, senza haverla mai veduta, con chi l'ha osservata mille volte, par che habbia un poco dell'arditetto. Et quanto a Saturno, V. S. lo potrà cominciar a veder comodamente; et havendo occhiale esquisito, vedrà che sono 3 stelle poste così o○o, et tra di loro immutabili.

Ultimamente, io non so vedere a qual proposito scriva nella lettera il medesimo S. Col., che io habbia veduti i suoi scritti contro di me in materia della montuosità della Luna et ancora della mobilità della terra et stabilità del sole, et che per ancora io non gli habbia risposto cosa alcuna; perché quando pure io seguissi la posizione del Copernico et dissentissi da Aristotile e Tolomeo, ragionevol cosa saria che io contro Aristotile e Tolomeo scrivessi, autori più antichi et forse più gravi et di maggiore autorità che il S. Colombe, et massime non producendo egli altre ragioni o esperienze che quelle che da i nominati autori sono prodotte: perché, se tralasciando Aristotile et Tolomeo io mi mettessi ad impugnare il S. Col.,

[7] Galilei si recò a Roma il 1° aprile 1611, accolto con grandi onori da alcuni cardinali, fra cui Maffeo Barberini, e dallo stesso pontefice Paolo V, dal principe Cesi, fondatore dell'Accademia dei Lincei, e dai gesuiti del Collegio romano che gli tributarono onoranze ufficiali.

darei al mondo occasione di dubitare, che, come inetto ad intendere le materie et questioni ne i loro gravi antichi e proprii fonti [8], mi fusse gettato a voler far (come si dice) l'huomo addosso a scrittori vulgari e di nissun grido. Di più, nelle medesime scritture del S. Col. si contengono le soluzioni delle ragioni di Aristotile e di Tolomeo, le quali, esplicate da me in diversi tempi et occasioni ad alcuni amici miei, sono a gl'orecchi, più che all'intelletto, del S. Col. pervenute; et se giá sono ne gli scritti suoi contenute, ma non da lui capite, a che proposito devo io affaticarmi in replicargliele inutilmente? et perché devo io esplicar conclusioni et dimostrazioni sottilissime, insegnar dottrina singolare et scoprir misterii admirandi della natura, a chi non gl'intende, non gl'apprezza, anzi gli deride? producendoti, all'incontro, risposte puerili, soluzioni spropositate et ragioni irragionevoli, et quello che è peggio, mordendo con inurbanità villanesca chi mai non ha pensato al caso suo, non che parlato o scrittogli contro, chiamando i seguaci del Copernico (che in mente sua sono io solo) hora huomini che sognano et che tremano a intendere Aristotile, hora mal arrivati et avvezzi a tirar linee e perdersi nelle girelle, hora insensati e scempi, et hora peggio. Questo sarebbe un giocare con uno che all'incontro de' miei scudi dal sole, mettesse su chiose di piombo, o quattrini di tacconi di scarpe vecchie.

Et finalmente, devo io prendere ad impugnare, per difesa del Copernico, uno che gli scrive contro senza haverlo inteso, letto, né pur mai veduto? et qual gloria deverei io aspettare dal convincerlo? Certo niuna. Ma acciò che V. S. non creda che io scagli o aggiunga pure un minimo che alla verità,

[8] Sul margine, e senza segno di richiamo ad alcun luogo del testo, si legge, sempre di mano di Galilei: « come a punto al medesimo Col. è accaduto, il quale, non sapendo altro della dottrina e delle ragioni del Copernico che alcune poche soluzioni che io soglio dare alle ragioni addotte da Aristotile e Tolomeo, le quali per relazione di terze persone gli sono incidentalmente pervenute all'orecchie, nel mettersi a scrivermi contro si è dichiarato di haver tolto ad impugnare l'opinione del Copernico, senza produrre pur una delle sue demostrazioni, anzi apertamente dichiarandosi di non lo haver mai letto, non che inteso, come appresso farò presente ». (Nota dell'edizione nazionale).

ecco che io gli fo toccar con mano come il nostro S. Colombe non ha pur vedute le 2 prime et più facili carte ad essere intese, dove il Copernico per sua principalissima hipotesi pone che la sfera stellata sia altissima di tutte et totalmente immobile; come anco pone stabile il sole, et all'incontro mobile la terra di due moti principalmente (lascio per hora il terzo, che niente importa al nostro proposito), ciò è del diurno in sé stessa circa il proprio centro, descrivendo l'equinoziale, et del moto annuo sotto il zodiaco. Ma il S. Col. ha creduto che il Copernico ponga che la terra sia mossa in 24 hore, rapita, insieme con la sfera stellata, dal primo mobile, e non solo questo, ma che ella possa anco, in dottrina del medesimo Copernico, ricevere il moto annuo dal ratto del medesimo mobile; scrivendo in un luogo in questa guisa:

« ..... menti e corpi resultanti da quelli, e tutti si volgono intorno al sole, come intorno a lor centro, dicono essi, portati dal moto del primo mobile o da che che altro si sia, che nulla per hora importa, con tutte le altre sfere celesti ».

Già vede V. S. come egli stima che il Copernico possa anco attribuire il moto annuo alla terra, communicatogli dal primo mobile; vede anco l'altro puerile assurdo, di credere che, posto il Sole nel centro, se gli possa egualmente far succedere intorno immediatamente tanto Mercurio quanto Venere: et come, per dichiararsi ben bene incapacissimo di ogni intelligenza, gli piace di dar il primo orbe a Venere et il secondo a Mercurio, non sapendo ancora che le digressioni di Venere, maggiori circa il doppio che quelle di Mercurio, costringono necessariamente a porre Mercurio prossimo al sole, e non Venere, non si potendo dentro di un cerchio minore descriverne un altro maggiore. Questi, come ben vede V. S., sono errori tanto grossolani, che generano meraviglia immensa come possino ritrovarsi al mondo cervelli così stolidi, che di sì solenni scempiaggini siano capaci. Et sappia V. S. di più, che questo è tutto quello che il S. Col. apporta della dottrina del Copernico, che egli prende ad impugnare. Giudichi hora V. S. se metta conto ad huomo che habbia scintilla di senso e di giudizio ingaggiar contesa, in materie tanto difficili et eccellenti, con huomini di discorso così stupido e stravolto. E da qual fine

sospinto, o da quale speranza allettato, dovevo io intraprender la briga d'insegnar l'oscurissima dottrina di Niccolò Copernico a chi, dopo il dispendio di cinquanta e tanti anni di vita, non è stato capace d'intendere i primi et semplicissimi principii et le più facili ipotesi della di lui scienza? anzi, per più ver dire, a chi mi ha reso certo, col suo passare et ammettere incompatibili contradizioni, sé esser d'ogni vero e di ogni falso, di tutti i possibili et de gl'impossibili, egualmente et indifferentemente conceditore?

Io mi sono lasciato trasportare in tanta lunghezza, che non so se mai l'Ill.mo et Rev.mo S. Car.le haverà tanto di ozio di poter sentire queste mie ciancie: quando V. S. non possa fargli sentire il tutto, al meno non gli taccia l'ultima conclusione, che è il ricordare a S. S. Ill.ma et Rev.ma la devotissima et humilissima servitù mia, con la quale reverentemente l'inchino, et a V. S. di cuore bacio le mani.

Di Firenze, li 16 di Luglio 1611 [9].

XIII.

A Tolomeo Nozzolini [1].

Gennaio 1613.

Molto Illustre e Molto Reverendo Signore,

Sendomi occorso alli giorni passati venire a Firenze per servizio particulare del Gran Duca mio Signor, mi sono incontrato in una costituzione di aria tanto nimica alla mia com-

[9] Poiché, come avverte una nota dell'edizione nazionale, è stata tagliata, nell'originale, la carta al di sotto della data, a questa lettera manca la firma.

[1] Nella polemica sollevata dal *Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua* intervenne, con una critica alle tesi espresse da Arturo d'Elci nelle *Considerazioni di Accademico Ignoto*, anche Tolomeo Nozzolini (1569-1643) già lettore di logica nello Studio pisano e dal 1606 pievano di S. Agata in Mugello. Questi indirizzò il 22 settembre 1612 a mons. Alessandro Marzimedici una lettera nella quale mostrò di accogliere molte argomentazioni del *Discorso* galileiano, mentre muoveva alcune riserve su alcuni passi par-

plessione, che mi è stato forza, in capo a 4 giorni, mettermi in letto con acerbissimi dolori di gambe, cagionatimi da freddure ed umidità. Questi, cessati in gran parte, pur mi vanno trattenendo in letto, debole ancora per la febbre che in lor compagnia mi assalì. In tanto mi è accaduto, nell'esser visitato da alcuni gentil'uomini amici miei, sentir leggere la copia di una lettera scritta più tempo fa da V. S. all'Illustrissimo e Reverendissimo Monsignore Arcivescovo nostro [2], in proposito di certe scritture uscite fuori in contradizione al mio trattato Delle cose che stanno su l'acqua etc.: la qual lettera mi è piaciuta assai, essendo scritta da persona che tanto intende e da me per lunghissimi tempi molto stimata; e tanto più ne ho sentito piacere, quanto ella, con quella libertà che mai non doverebbe separarsi dal vero modo di filosofare, approva quello che gli par degno di assenso, e reprova il contrario. La qual maniera, da me amatissima, mi ha porto ardire di scrivere a V. S. queste poche righe con simile libertà, stimando che ella sia per gradirle e forse per aderire più interamente alla mia opinione, dopo che meglio averò aperto il senso de' miei concetti in quei pochi particolari ne' quali ella dissente da me; se bene, come ella benissimo nota, quando bene fossero miei

ticolari. Al Nozzolini Galilei rispose nel gennaio 1613; l'originale della lettera è quasi tutto di pugno d'un amanuense (fino alla p. 308, 10); per il resto è scritta da Galilei, e ciò conferma le ragioni della ritardata risposta al Nozzolini.

La lettera documenta che fin dal 1611-12 aveva compiuto esperimenti per misurare la pesantezza dell'aria, esperimenti da lui ritenuti probanti per la conferma del principio d'Archimede. Essi si ricollegano alla polemica sollevata dal *Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua*: l'Accademico Ignoto era intervenuto respingendo le spiegazioni date da Galilei per il galleggiamento di una tavoletta d'ebano sull'acqua (cfr. IV, p. 108, 32-35); Galilei rispose con una dimostrazione contenuta in un frammento in appendice alle *Considerazioni* dell'Accademico Ignoto in cui la dimostrazione è svolta per mezzo di due ragionamenti: nel primo si vuol delineare un'applicazione del principio di Archimede, e nel secondo si ricorre all'azione del calore (VI, pp. 182-84). Galilei ritornerà sul problema del peso specifico dell'aria nella lettera al Baliani del 12 marzo 1614, che verrà più tardi ripreso nei *Discorsi intorno a due nuove scienze* (vol. II, p. 652).

[2] Mons. Alessandro Marzimedici (1563-1650) arcivescovo di Firenze, il quale nel 1606, come abbiamo già detto, nominò il Nozzolini pievano di S. Agata.

errori, poco aiuto apporterebbono alla avversa lega, sendo cose né essenziali né principali nella quistione che si tratta. E come quello che bisogna che io legga con gli occhi di un altro e scriva con l'altrui mano, non potendo ordinare discorso molto metodico, mi governerò con l'andar toccando quei dubbi che V. S. promuove, e quelle cose nelle quali io mi conosco bisognoso di un poco più manifesta esplicazione, seguendo quell'ordine che tali dubbi tengono nella sua giudiziosa lettera.

E prima, V. S. nomina come mia introduzione certa virtù calamitica, colla quale io voglia che l'aria, aderendo all'assicella d'ebano, la sostenga senza lasciarla sommerger sotto l'acqua. Ora, in questo particolare è bene che V. S. sappia che questo termine di virtù calamitica non è mio, ma di uno cavaliere principale, discorde dalla mia oppinione ed aderente alli avversari [3]: il quale, trovandosi presente in certa occasione che piaqque a queste Altezze Serenissime di vedere alcune esperienze in questo proposito, dove assistevano alcuni altri de i miei avversari, mentre io mostrava come una sottil falda d'argento notava tra gli arginetti dell'acqua, e di tal effetto attribuivo la cagione all'aria contenuta dentro ad essi argini e contigua alla falda, avvegnaché quello che si trovava sotto il livello dell'acqua era una mole non più grave di altretanta mole di acqua; né sendo, per quello che io stimo, restato il detto cavaliere ben capace della maniera con la quale io dicevo esser l'aria di ciò cagione, proruppe a dirmi, presenti Loro Altezze e molti altri signori: Adunque voi vorrete dare all'aria una virtù di calamita, con la quale ella possa col semplice toccamento reggere i corpi a sé contigui? Onde poi, venendomi nel trattato occasione di far menzione del modo col quale l'aria cagioni la quiete alle falde gravi più dell'acqua, dissi, volgendomi agli avversari, de' quali, come ho detto, più

[3] È probabile che Galilei voglia riferirsi al cav. Ludovico delle Colombe, per cui cfr. la nota introduttiva al *Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua*. Vincenzo di Grazia, nelle sue *Considerazioni*, commentando tutto questo passo ritenne che Galilei volesse « attribuire all'aria superiore quasi una virtù calamitica », sostenendo così facilmente che « per esperienza è manifesto che le piastre del ferro e del piombo non son sostenute dall'aria, e che l'aria agevolmente si separa con l'acqua » (IV, pp. 410-11).

d'uno assistevano in contraddizione alle sopradette esperienze: « e questa, signori avversari, è quella virtù calamitica, con la quale l'aria *etc.* [4] » alludendo a quell'attributo di virtù calamitica, stato già profferito alla presenza di Loro Altezze. Ma che più? se io in quel luogo, esplicando assai diffusamente la causa di tal aderenza dell'aria con la falda, la referisco sempre al solo contatto esquisito, e ne adduco esempi di altri corpi di superficie terse e che esattamente si combacino, senza mai nominar virtù di calamita, perché deve essermi attribuito quel che io non dico? e perché si deve pospor quel ch'io dico in termini proprii chiari ed amplamente diffusi, a una parola sola metaforicamente detta? detta, dico, per rammentarla a i suoi introduttori, acciò conoschino come ella non è da me reputata per vera, ed acciò essi ancor possino restar come ella non è da me reputata per vera, ed acciò essi ancora possino restar di ciò capaci, considerando quello che nelle parole immediatamente precedenti ho detto. Ma i medesimi avversari, come poverissimi anzi ignudi totalmente di niuna difesa, s'inducono, astretti da estrema miseria, a confessare per errori e fallacie le loro medesime proposizioni, non potendo trovarne tra le mie, pur che resti loro un poco di speranza di poterle far credere per cose mie, facendo sovvenire al lettore lo strano partito del rival di Grifone alla cena di Norandino [5].

La principal radice di tutti gli errori de i miei avversari e contradittori depende dal non aver loro mai potuto intendere il modo col quale io dico che l'aria, contenuta dentro a gli arginetti, è cagione del galleggiare della falda: il qual modo non è né per attrazione, né per virtù calamitica, ed in somma non è per niuno nuovo accidente o affezione, oltre alla prima unica e sola cagione del galleggiare di tutte l'altre cose che galleggiano; la quale, perché è una sola, vera, propria, conosciuta ed intesa da me e da altri, non ammette distinzion veruna di *per se* o *per accidens, proprie vel improprie, absolute vel respec-*

[4] Cfr. IV, p. 102.

[5] L. Ariosto, *Orlando furioso*, XVIII. Martano, uomo vile e disonesto, aveva sottratto a Grifone l'armatura e le insegne; presentatosi a Damasco dinanzi al re Norandino, era stato da questi scambiato per l'autentico Grifone.

tive, alle quali distinzioni sono necessitati di ricorrere per aiuto quelli che non conseguiscono l'intera cognizione delle cause vere proprie ed immediate de i loro filosofici problemi. Ogni solido che si ponga nella acqua, descenderà sin tanto che il luogo che da sé verrà occupato sotto 'l livello dell'acqua sarà capace di tanta acqua, che assolutamente pesi quanto il medesimo solido: onde, semplicemente ed universalmente considerata qualunque mole che galleggi e la buca che da essa mole vien fatta nell'acqua, sempre, senza bisogno mai di eccezzione alcuna, accade ed è vera questa proposizione, che tanta acqua, quanta anderebbe a riempiere quella buca, pesa a capello quanto tutta quella mole che galleggia [6]; né mai accade altramente, né mai si trova cosa alcuna che galleggi e faccia altro che questo unico solo e semplice effetto. Che se la mole posta nell'acqua sarà di tanto peso, che già mai accader non possa che l'acqua contenuta nella buca che detta mole farà nell'acqua pesi quanto tutta la detta mole, ella già mai non galleggerà, ma indubitabilmente e senza alcun rimedio descenderà in fondo. E queste due conclusioni torno ancora a replicare che non ricevono eccezzione alcuna, ed abbracciano tutti i possibili casi di tutte le moli le quali galleggino o vadino al fondo, senza aver bisogno di altre considerazioni di figure, di siccità, di *per se*, di *per accidens*, di *simpliciter*, di *respective*, ed in somma di nessun altra cosa. Un'oncia di piombo figurato in una palla solida e posto nell'acqua con qual si voglia diligenza, non resterà mai a galla. Perché? perché mai non può accadere che nella buca, che mediante la sua imposizione si fa nell'acqua, possa capire tant'acqua, che pesi quanto quell'oncia di piombo. La medesima palla di piombo, schiacciata e ridotta in una falda sottile come una carta, posata leggiermente per piatto sopra l'acqua, si ferma galleggiando e non va in fondo. Perché? perché la detta falda fa nell'acqua una buca capace di tanta acqua, che pesa quanto lei e niente meno. E quale è questa buca? Non già il solo spazio occupato dal piombo; perché tant'acqua, quant'è quel piombo, non pesa né anco la duodecima parte di

[6] Cfr. *Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua*, p. 479.

quello che egli stesso pesa. Ma se si considererà l'effetto della detta falda nell'acqua, si vedrà lei essere molto inferiore alla superficie dell'acqua, ed aver fatto in essa una buca capace di più di do[di]ci di tali falde: sì che, in somma ed in effetto, l'imposizione di questa falda di piombo si vede aver incavato nell'acqua una buca giustamente capace di tant'acqua, che peserebbe quanto l'istessa falda; onde, conforme alla universale regola posta di sopra, ella non si affonda più, ma si ferma e galleggia. La buca si vedrà considerando diligentemente intorno intorno al perimetro della falda, dove si vedranno gli arginetti declivi descendenti dalla universale superficie dell'acqua sino alla superficie della falda, la quale, come ho detto, resta inferiore alla superficie di essa acqua. Che poi questi argini aquei non si rompino, scorrendo l'acqua ad ingombrar la detta buca e cavità, io poco mi curerò (come bene nota anco V. S.) che altri lo ascriva o a desiderio che abbino le parti dell'acqua di stare unite, o alla siccità della falda che contrasti con l'umido dell'acqua, o alla aderenza dell'aria alla falda, che per un poco resista all'impulso che gli fa l'acqua circunfusa, perché ciò niente importa alla nostra principal questione; per la quale solamente basta verificarsi questo, che l'imposizione della falda di piombo fa nell'acqua tanta buca, che capisce tant'acqua che pesa quanto la falda, per lo che ella non può più descendere. Ma quando io dovessi *ex professo* trattare 'l problema, onde avvenga che tali arginetti si sostenghino, come anco sopra una superficie asciutta si mantengono eminenti gocciole di acqua in figura di prozione di sfera, ed anco falde larghissime di acqua, profonde quanto è la costa di un coltello, pur si mantengano sanza spianarsi interamente; quando, dico, io dovessi di tali effetti assegnar ragioni, veramente non ricorrerei a por desiderii di conservarsi o di altro nelle cose inanimate, né meno a nimicizia che abbia l'umido col secco [7], perché non mancano esperienze demostranti tutto l'opposito, ciò è che l'arditezza e siccità mostra di tirare a

[7] La fisica qualitativa degli aristotelici ammetteva la contrarietà dell'acqua e della terra, escludendo perciò l' « amicizia ». Si veda il passo già citato del Di Grazia (cfr. nota 3).

sé le cose umide; e più presto ne attribuirei la cagione, come ho fatto, all'ambiente, e tenterei di stabilir la mia opinione più diffusamente con ragioni ed esperienze.

Ma seguendo i particolari della lettera di V. S., ella avvedutamente nota qualmente gli avversari, nel volere confermare come la figura larga sia bastante a proibire il moto a quei corpi che rispetto alla maggior o minor gravità si moverebbono, hanno tralasciato il provare con ragioni o esperienze come l'istesso effetto accaggia nelle materie men gravi dell'acqua, le quali (se vera fosse la loro opinione) devrebbono, qualunque volta fosser fatte in figura stretta, per la strettezza della figura descendere, ed, all'incontro, fatte in figura larga, devrebbono non ascendere dal fondo in su: il che, come ella ben nota, non mostreranno mai. E questo luogo di V. S. mi ha fatto sovvenire il modo di ordinare uno argomento solo potente a convincere qual si voglia repugnante, e mostrare speditamente come né anco ne i corpi più gravi dell'acqua la figura non opera niente nel loro galleggiamento. Niuno negherà essere ne i corpi naturali una qualità, mediante la quale alcuni di loro descendino nell'acqua, ed altri ascendino e galleggino: e questa è la maggiore o minore gravità di esso corpo rispetto all'acqua; sì che, assolutamente, i corpi più gravi dell'acqua, per quello che depende dalla loro gravità, vanno al fondo, ed i men gravi vengono a galla. Si muovono alcuni e dicono esserci un altro accidente, il quale, aggiunto a tali materie, è bastante a fare che esse contrariamente operino, ciò è che quelle, benché più gravi dell'acqua, non descendino, e queste, benché men gravi non ascendino; e questo accidente dicono essere la figura. Io soggiungo e domando, se per fare che corpi più gravi dell'acqua, e però (per quanto depende dalla gravità) disposti al descendere, non si profondino, ogni sorte di figura è bastante, o pure tal proibizione depende non da qualunque figura in universale, ma da alcune particolari solamente. Non mi può esser risposto, tale impedimento dependere da ogni figura indifferentemente, perché a questo modo niun corpo più grave dell'acqua si profonderebbe, non si dando corpo che di qualche figura non sia figurato: adunque è necessario dire, che tale proibizione alla scesa dependa solamente da

alcune figure particolari. Ora, se così è, resta necessario che tra le figure ve ne sieno alcune le quali non impedischino i corpi più gravi dell'acqua, sì che essi non esercitino quello puro e semplice talento che depende dalla loro gravità: onde io, passando un poco più avanti, domando che mi sia assegnata alcuna di quelle figure le quali non alterano l'assoluta inclinazione ed operazione che dependa dalla semplice gravità del mobile. Mi viene, per esempio, risposto, una di tali figure essere la sferica. Adunque, soggiungo io, se la figura sferica non altera niente l'inclinazione e l'effetto dependente dalla semplice ed assoluta gravità del mobile, impossibil cosa sarà il formare di alcuna materia più grave dell'acqua una sfera, la quale per causa della gravità vadia al fondo, e che poi anco la medesima galleggi, in quella maniera che fa l'assicella o falda degli a[vversarii]; perché non esercitando ella altra operazione che quella che depende dalla gravità, impossibil cosa è che in virtù di essa medesima gravità galleggi ed anco vadia al fondo. Ma io ho dimostrato con ragioni e con esperienze, potersi fare una palla ed ogn'altra sorte di figura la quale galleggi e vadia al fondo, nel modo medesimo che la falda degli avversarii: adunque tale effetto non si può né si deve in conto alcuno attribuire alla figura.

Ma passando più oltre ne' particolari contenuti nella lettera di V. S., ed ammettendo quello che ella prudentemente dice, che mai non si vede fare attrazione di cosa alcuna contro alla sua natural propensione, se non per causa di fuggire il vacuo, alla qual cosa soggiugne non potersi ridurre il nostro caso; rispondo che io non ho mai auta altra intenzione circa il modo col quale l'aria sia causa del galleggiar della falda, se non perché, seguendo l'aria la falda descendente sotto il livello dell'acqua, ella insieme con la falda è causa che si alzi tant'acqua, che più non può esserne alzata dal peso di essa falda; sì che la causa prossima ed immediata di tal galleggiamento è la unica e sola già dichiarata, ciò è la gravità dell'acqua e suoi momenti superiori alla gravità e momenti della falda: e se attentamente si considererà ciò che io ho scritto, credo che finalmente apparirà, il tutto risolversi in questo concetto. Non voglio già restare di dichiararmi meglio

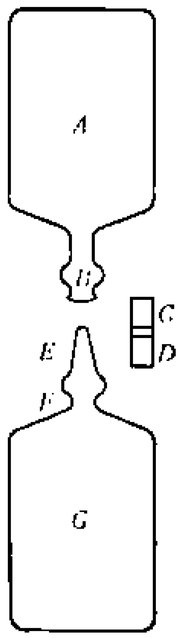
intorno al modo col quale la palla di cera si solleva dal fondo dell'acqua, in virtù dell'aria che se gli manda col bicchiero inverso: il quale modo non è altramente per attrazione di vacuo, mentre che il bicchiere con velocità si alzasse; anzi è necessario sollevare il bicchiere lentissimamente, dando tempo che l'acqua possa subintrare a suo bell'agio a proibire il vacuo: ma la causa del sormontare la palla è la aria che gli resta contigua. Però noti V. S. come procede l'esperienza. Fassi una palla di cera, grande come una noce in circa, e si proccura farla di superficie liscia al possibile, che si farà con l'andarla ammaccando leggiermente con un vetro terso e lustro; di poi si librerà con un poco di piombo postovi dentro, sì che sommersa sotto l'acqua descenda, ma con poca forza, al fondo: questa medesima palla, posata leggiermente nell'acqua, farà (la sua superficie di sopra mentre sia asciutta) i suoi arginetti, i quali, per l'aria in essi contenuta, la sosterranno; ma rompendo detti argini, descenderà in fondo, come più grave dell'acqua, e vi resterà: ma spingendogli sopra il bicchiere inverso pieno di aria, come prima detta aria arriva alla palla, l'acqua scacciata dall'aria cede, lasciando parte della palla scoperta e totalmente asciutta, per essere la cera ben tersa e per natura alquanto untuosa; il che V. S. potrà vedere per la trasparenza del vetro: onde intorno a quella parte di superficie rimasta, come io dico, asciutta, e circondata dall'aria che è nel bicchiere, tornano a farsi li suoi arginetti; per lo che, ritirando in su pian piano il bicchiere, l'acqua stessa che lo séguita riconduce in su la palla galleggiante, e sostenuta non per attrazione di vacuo o di altro, ma dall'aria contenuta dentro a gli arginetti nel m[o]do dichiarato; ed usando diligenza nel separar il bicchiere dall'acqua, sì che ella [non] si agiti né ondeggi, la palla resta come prima a galla. Questo, dunque, è il m[o]do col quale l'aria concorre al galleggiamento de i corpi più gravi dell'acqua. [E] di qui si potrà raccòrre quanto semplice cosa sia quella che propone l'Incognito [8] per destruggere l'operazione che io attribuisco all'aria, mentre

[8] Per Arturo d'Elci e le sue *Considerazioni di Accademico Ignoto*, cfr. p. 414.

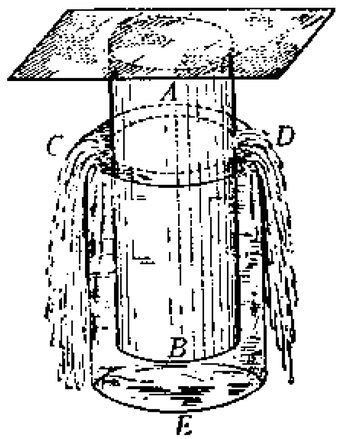
che egli vuol[e], con l'occupar lo spazio compreso tra gli arginetti, scacciarne l'aria, ed, in conseg[uen]za, rimuovere, come egli si persuade, la sua operazione: e non è potuto restar cap[a]ce come io non attribuisco la causa del galleggiare all'aria solamente, congiunta co[n] l'assicella o falda di piombo, in modo tale che io escluda da tal operazione tutte l'altre materie; anzi do io tal facoltà ad ogn'altro corpo legg[ie]ro, il quale, congiunto con la falda di piombo, cagioni, nel descender di lei nell'acqua, u[na] buca tanto capace, che l'acqua che bisognasse per riemperla non pes[as]se meno della mole del piombo ed altra materia sua aderente, contenuta nella detta buca sotto il livello dell'acqua. E se io ho nominato più l'aria che altra mat[e]ria, è stato perché nell'esperienze prodotte dagli avversari, di falde e di assicel[le], il corpo leggiero ad esse congiunto è stata aria; ma il medesimo accaderà se, in ca[m]bio di aria, si accoppierà con la falda di piombo suvero o materia leggerissima: t[al] che l'Incognito, per quello che io comprendo, non ha avvertito che, mentre egli rimuove dall'assicella l'aria contenuta tra gli arginetti con l'occupare quello spazio con una piastra di piombo poco minore di esso spazio ma sostenuta con la mano, sì che ella non tocchi né gli argini né la assicella, non ha, dico, avvertito [che] nel levargli l'aiuto dell'aria gliene sostituisce un altro maggiore o egual[e] a quello ch'e' gli toglie; imperò che, rimovendo l'aria, sostituisce in suo luogo altrettanto spazio vacuo, che sicuramente pesa meno dell'aria rimossa; onde se tal ari[a] in virtù della sua leggerezza sosteneva la falda, che farà altrettanto vacuo, più leggiero di quella? Ma che in luogo dell'aria (per quello che appartiene all'assicella) se gli contribuisca altrettanto vacuo, è manifesto: perché quel corpo solido che altri sostien con mano sopra l'assicella senza che' la tocchi, non pesa punto sopra di quella, onde resta un semplice spazio senza gravezza alcuna; e pur séguita di mantenere l'istessa buca nell'acqua, capace di tant'acqua che peserebbe non meno di essa falda. Onde l'Incognito più apparente ragione avrebbe di meravigliarsi come per tale rimozione d'aria la detta assicella non galleggiasse meglio e, come si dice, respirasse alquanto, che egli non ha di meravigliarsi come ella non si profondi.

Io devo restar con obligo a questo Incognito, poi che con questa sua fallace sottigliezza mi ha dato occasione di trovarne una altra non minore, ma vera, per la quale io posso dimostrare come il rimuovere nel modo esposto dall'Incognito l'aria contenuta dentro a gli arginetti non opera niente circa l'apportare cagione di profondarsi più o meno l'assicella: anzi dico di più che, galleggiando qualunque grandissimo vaso di rame o di altra materia più grave dell'acqua in virtù dell'aria contenutavi dentro, di rimuoverla con l'imposizione di un corpo, ma che però non tocchi il vaso, non opera parimente niente. Ma che dirà V. S. se io mostrerò che un vaso che galleggi sendo anco ripieno di acqua, non farà mutazione alcuna se con l'imposizione di un solido nel modo detto si scaccierà quasi tutta l'acqua che in esso vien contenuta [9]? Ma per ben dichiarare il tutto, ed insieme accrescer la meraviglia, intendasi un cilindro solido *A B*, fermato immobilmente e sostenuto

[9] « Per pesar l'aria, io piglio un fiasco di vetro *A B*, grande come la testa d'un huomo in circa, il quale nel collo habbia la strozzatura *B*, per potervi legare fortemente un ditale di cuoio *C D*; il qual ditale nel mezzo habbia un'animella da pallone ben fermata, per la quale con uno schizzatoio caccio molt'aria nel fiasco *A B*, havendolo prima pesato in una bilancia esatta; e dopo havervi compressa molt'aria per forza, la quale in virtù dell'animella resta carcerata, torno a pesare il fiasco e trovolo notabilmente più grave: e però salvo appartatamente il peso che bisogna aggiunger di più, il quale vien a esser il peso dell'aria straniera. E per assicurarmi che non ne vada traspirando punto, metto innanzi nel fiasco un poco d'acqua, e tenendolo sempre con la bocca in giù m'assicuro che l'aria non può uscire, perché prima caccerebbe l'acqua, et io la vedrei gocciolare. Resta ora che io misuri l'aria estranea. Però piglio un altro simil fiasco *E F G* col collo strozzato in *F* e con un piccolo foro in *G*, e con la bocca che termina sottile, come si vede in *E*, dove è il foro assai stretto. Questo lo lego nella parte inferiore del ditale, cioè verso *D*, sì che la punta *E* risponda incontro al foro dell'animella; e dopo haverlo saldamente legato, spingo la punta *E* contro al coperchietto che serra l'animella; e apertolo, l'aria compressa nel vaso *A B* fa impeto e caccia fuora l'acqua dell'altro vaso e per il foro *G*, e seguita di cacciarne tanta, quanta è la mole dell'aria che esce dal vaso *A B*: e questa è tutta quella che v'era compressa oltre alla costituzione naturale. Salvando dunque



in *A*; di poi intendasi il vaso *C D E*, capace della mole *A B* e di un poco più, il qual vaso, sendo separato e allontanato da esso cilindro *A B*, sia ripieno di acqua, della quale ne capisca, per esempio, 100 libre; di poi posto sotto 'l solido fisso *A B*, lentamente s'innalzi verso esso solido, in guisa che, entrandovi egli dentro, faccia a poco a poco traboccar fuori l'acqua, secondo che esso vaso *C D E* si anderà elevando. Ora io dico, che quella persona che anderà alzando detto vaso contro al solido *A B*, sempre sentirà il medesimo peso, ben che di mano in mano vadia uscendo fuori l'acqua; né meno si sentirà aggravare doppo che nel vaso non sarà rimasto più di due o tre libbre d'acqua, di quello che egli sentisse gravarsi quando era del tutto pieno, ancor che il solido *A B* non tocchi il vaso, ma sia, come si è supposto, fissamente ed immobilmente sostenuto in *A*. Ciò potrà per l'esperienza esser fatto manifesto ad ogn'uno, ma oltre all'esperienza non ci manca la ragione. Imperò che considerisi come la potenza sostenente il solido in *A*, mentre esso era fuori di acqua sentiva maggior peso che dopo che il solido si è immerso nell'acqua; perché non è dubbio alcuno che se io reggerò in aria una pietra legata ad una corda, sentirò maggior peso che se alcuno mi vi sottoponesse un vaso pieno di acqua, nel quale detta pietra restasse sommersa: scemandosi, dunque, la fatica nella virtù che sostiene il solido *A B*, mentre e' si va immergendo nell'acqua del vaso *C D E* che lo va ad incontrare, né potendo il peso di questo andare in niente, è forza che si appoggi nell'acqua, ed, in conseguenza, nel vaso *C D E* ed in colui che lo sostiene: e perché noi sap-

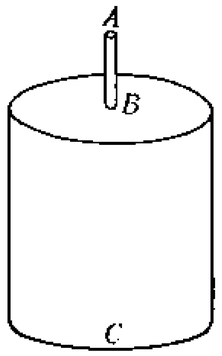


l'acqua che verrà fuori dal foro *G*, lo peso poi diligentemente, e trovo quanto ella sia multiplice in peso all'aria che fu pesata nel vaso primo: la quale per quanto mi ricordo, pesava circa 460 volte più; ma non me n'assicuro. Si può reiterar l'operazione molte volte, per venirne in certezza ». (Lettera a G. B. Baliani del 12 marzo 1614, XII, pp. 35 segg.).

piamo che ogni solido che si demerge nell'acqua va di mano in mano perdendo di peso tanto, quanto è il peso di una mole di acqua eguale alla mole del solido demersa, facilmente intenderemo tanto andare scemando la fatica della virtù sostenente il solido *A B* in *A*, quanto l'acqua va scemando la gravità di esso solido; adunque il solido *A B* va gravando sopra la forza sostenente il vaso *C D E* tanto, quant'è il peso di una mole di acqua eguale alla mole del solido demersa: ma alla mole del solido demersa è di mano in mano eguale la mole dell'acqua che si spande fuor del vaso; adunque per tale effusion di acqua non si scema punto il peso che grava sopra la virtù che sostiene il vaso, ed è manifesto che il solido *A B*, se bene scaccia l'acqua del vaso, niente di meno, con l'occuparvi il luogo dell'acqua scacciata, vi conserva tanto di gravità, quanta appunto è quella dell'acqua che si versa. Sul fondamento di tal verità, chi facesse un vaso di legno simile al *C D E* e l'empiesse d'acqua totalmente e lo mettesse poi in altra maggior conca d'acqua, nella quale e' galleggiasse, potrebbe, con l'immergervi un solido simile all'*A B*, sostenuto con mano sì che non toccasse il vaso *C D E*, scacciarne quasi tutta l'acqua senza veder far[e] una minima mutazione ad esso vaso circa 'l demergersi più o meno: e così verrebbe in certezza che 'l solido *A B*, se bene scaccia l'acqua del vaso, niente di meno, col solo occuparvi il luogo dell'acqua scacciata, vi conserva tanto di gravità, quanta appunto è quella dell'acqua scacciata.

Se questo fosse stato saputo dall'Incognito, arebbe altresì compreso come il solido di piombo, che e' colloca nella cavità degli arginetti, scaccia ben l'aria ch'e' vi trova, ma egli stesso conferisce a quella che vi resta tanto appunto de' suoi proprii momenti, quant'era il momento dell'aria discacciata. Bisognava che l'Incognito, se desiderava veder ciò che operi l'aria accoppiata con un solido, gliel'unisse prima, e poi la rimovesse, ma senza sostituire, in luogo di quella, altra cosa che potesse far l'effetto stesso che ella faceva prima. Ed un modo assai spedito per veder ciò, sarebbe per avventura questo. Facciasi un vaso di vetro, simile all'*A B C*, di qualsivoglia grandezza, con il collo *A B* lunghetto alquanto, ma stretto: e nel fondo *C* se gli attacchi tanto piombo o altro peso, che messo poi

in acqua quasi si sommerga, sì che solo avanzi fuori dell'acqua una parte del collo *A B*, nel qual collo si noti con diligenza, col legarvi un filo sottile, sino a qual parte e' si demerge: di poi scaldisi sopra le bracie accese il vaso, in guisa che il fuoco scacci o tutta o la maggior parte dell'aria in esso contenuta, e prima che rimuoverlo dal fuoco serrisi esquisitamente la bocca *A*, sì che non vi possa rientrar aria: levisi poi dal fuoco e lascisi stare sin che si freddi, partendosi per la porosità del vetro quella esalazione ignea che vi penetrò e scacciò l'aria; di poi tornisi a metter nell'acqua, e vedrassi galleggiar notabilmente più che prima, restando del collo assai maggior parte fuori, e ciò per essergli stata rimossa o tutta o parte dell'aria che prima lo riempieva, senza che in luogo di quella sia succeduto altro corpo. Ma che altro corpo rientrato non vi sia, manifestamente si vedrà se, tuffando tutto 'l vaso sott'acqua e tenendolo sommerso, si aprirà il foro *A*; perché per esso, senza che niente venga fuori, si vedrà entrar l'acqua con grand'impeto, a riempier quel tanto di spazio che l'aria nel partirsi lasciò vacuo di sé. Avertiscasi però nel far l'esperienza, che quel poco di cera o altra materia con la quale si serrerà il foro *A*, vi si tenga anco avanti che col fuoco si scacci l'aria, ma tengavisi in modo che non turi il foro; perché, aggiugnendovela solamente dopo lo scacciamento dell'aria, potrebbe col suo nuovo peso aggravar più che non faceva l'aria contenuta nel vaso, per lo che l'esperienza mostrerebbe il contrario. Ma se il vaso *B C* fusse tutto aperto di sopra, ed aggiustato col piombo sì, che galleggiasse bene, ma fosse ridotto vicino al sommergersi, se alcuno scacciasse l'aria col porvi dentro, conforme all'invenzione dell'Incognito, un solido poco minor del suo vano, sostenendo tal solido con la mano, non aspetti di veder respirar il vaso, né punto sollevarsi sopra 'l livello dell'acqua, come nell'altra esperienza accadeva: perché il solido postovi scaccia ben l'aria, ma vi mette altrettanto del suo momento.



Quanto poi appartiene al dubbio che V. S. pone intorno alla verità di quel ch'io dimostro de' coni e piramidi [10], ciò è che si possino fabbricar in maniera che galleggino in virtù degli arginetti senza bagnarsi altro di loro che la sola base, non risponderò altro che quello che 'l senso e l'esperienza stessa ci mostra, ciò è che la declività degli arginetti non descende in figura di mezo cerchio, come V. S. mostra aver creduto, ma è più presto meno che più ei un quadrante, sì che l'angolo contenuto da essa declività e dalla superficie della falda è sempre ottuso; ed essendo acuto quello di tutti i coni retti, séguita di necessità che il lato del cono sfugga e si allontani da gli arginetti. Anzi dirò di più, che le gocciole e altre piccole quantità d'acqua che sopra una superficie piana si sostengono senza spianarsi, si figurano sempre in forma di emisferio o di minor porzione, e non mai di maggiore, se già la quantità dell'acqua non fusse piccolissima in estremo, come le minutissime stille della rugiada che si vede tal volta sopra le foglie o attaccata a quei fili di ragni che si traversano tra le stoppie e pruni, dove le dette stille si veggono di figura sferica, come minutissime perlette. Però quando ella si compiaccia di guardar attentamente i detti arginetti, credo che né anco in queste proposizioni, che ora mette in dubbio, dissentirà da me.

Nel sentir l'argomento che V. S. forma contro al Sig. Coresio in proposito dell'incorrer nell'infinito [11], non fu bastante la mia malattia a reprimermi le risa, ma risa di meraviglia cagionatami dalla leggiadrissima maniera, con la quale V. S. ritorce verso di lui le sue proprie arme.

[10] « Entrando poi in altro ragionamento intorno a questi arginetti, mi assicurerei quasi a dire che il sig. Galilei si possa in parte essere ingannato in quelle demostrazioni ch'e' fa fac. 47 (p. 486), dove mostra che si possino fare piramidi e coni, che, posti nell'acqua, bagnino solamente la superficie della base; il che io stimo non esser interamente vero, e tutto penso che proceda da questo, perché egli dice che gli arginetti si reggono talmente sopra l'assicella che lasciano non solo asciutta, ma ancora libera e scoperta tutta la sua superficie » (T. Nozzolini a mons. Marzimedici, IV, pp. 291-92).

[11] Replicando alle obbiezioni di Giorgio Coresio alla teoria galileiana sui galleggianti, Nozzolini pose in ridicolo il metodo del ragionamento del Coresio e dell'Accademico Ignoto, con espressioni efficaci e colorite (IV, p. 293).

XIV.

A Curzio Picchena [1].

Pisa, 22 marzo 1617.

Ill.mo Sig.re e Pad.n mio Col.mo,

Fui a Livorno, e perché non vi era alcun vassello fuori del molo, non potetti veder l'effetto dell'occhiale se non sopra una navetta dentro del molo, dove il moto dell'acqua era poco, benché il vento fusse gagliardissimo, e quel poco movimento non apportava impedimento alcuno all'uso di esso occhiale: dico, senza nissuno aiuto di strumento che ovviasse ad esso moto, onde maggiormente vengo in confidenza di havere a superar tutte le difficoltà con l'aiuto delle machine da me imaginate, delle quali ne è di già fatta una [2] qui nell'arsenale, e quanto prima ne farò l'esperienza. Questa che ho fatta, non è veramente quella delle due nella quale conietturalmente ho più speranza che sia per servire in nave per la longitudine; ma l'ho voluta fare, perché credo che sia per servire molto bene

[1] Questa lettera indirizzata al segretario granducale Curzio Picchena si riferisce ad alcuni esperimenti da Galilei tentati nel porto di Livorno per adattare il telescopio alle esigenze della navigazione. Da questi esperimenti egli ricavò un nuovo metodo di applicazione del cannocchiale sulle navi per l'investigazione del mare; la difficoltà che s'opponeva ad un uso dello strumento era data « dalla continua agitazione della galera », ma « dopo i discorsi fatti – egli scrisse a Orso d'Elci nel giugno 1617 (XII, p. 322) – m'appressai alla speculazione intorno a questo servizio, e finalmente ho ritrovato una maniera d'occhiale differente dall'altra, col quale si trovano gli oggetti coll'istessa prestezza che coll'occhio libero, e trovati, si seguitano quanto ci piace senza perdergli, sicché si ha tempo di numerargli e riconoscergli benissimo con grandissimo nostro vantaggio ». Spiegava poi che con questo adattamento si potevano « scoprire vascelli senza nessuna fatica e dispendio di tempo, sapere immediatamente la lontananza tra loro e noi ». La lettera al Picchena, come quella all'Elci, attestano che anche dopo le scoperte celesti, Galilei non ignorò le esigenze della tecnica e continuò ad avvertire il dovere di risolvere quei problemi con l'aiuto della scienza. Curzio Picchena (1553-1626), funzionario della segreteria granducale, poi segretario di ambasciate toscane in Francia, in Spagna e a Praga, divenne primo segretario alla morte di Belisario Vinta nel 1613; venne poi in urto con il Cioli, suo successore, sicché dopo la morte di Cosimo II che lo apprezzava molto, fu allontanato dalla corte, e si dedicò a studi eruditi.

[2] È una forma di casco, che permette di fissare saldamente il cannocchiale all'occhio dell'osservatore.

anco per le galere di S. A. S.ma, per scoprire e conoscer vasselli in mare navigando, nella quale speranza è venuto anco il S. Cav. Barbavara [3] e M.ro Lorio, con i quali ho discorso a lungo et esaminato minutissimamente questo negozio. Et havendo da loro inteso di quanto gran benefizio sarebbe al corseggiare delle nostre galere il potersi nelle occasioni servire dell'occhiale, mi sono applicato con ogni spirito a proccurar di superar tutte le difficoltà et ridurre il suo uso proporzionato alla capacità di questi marinari; e mi rendo quasi sicuro di esser per conseguirlo, pur che questi che l'hanno a maneggiare voglino applicarsi per otto o 10 giorni alla disciplina e pratica che io gli darò: nel che è necessario che quelli che hanno l'autorità gli comandino, poi che è servizio di tanto momento che maggiore non si può desiderare. Però già che il S. Ammiraglio [4] si ritrova costà, saria forse bene che V. S. Ill.ma procurasse che loro AA. Ser.me se gli mostrassero desiderose che si tentasse, con l'occasione che io son qua, ciò che si può fare in questa materia, acciò che io havesse anco da S. Sig.a comodità di fare esperienze sopra qualche galera, nelle quali esperienze il S. C. Barbavara mi si è prontamente offerto di venire meco a Livorno e travagliare quanto sia possibile. Tanto mi è parso di significare a V. S. Ill.ma, rimettendo il tutto alla sua prudenza; et inchinandomi humilmente a loro AA. S.me, et augurandogli la buona Pasqua, come anco a V. S. Ill.ma et alla sua dilettissima S. figliuola [5], me gli raccomando in grazia e ricordo servitore devotissimo.

Di Pisa, li 22 di Marzo 1617.

Di V. S. Ill.ma Dev. mo et Oblig.mo Ser.re
Galileo Galilei.

[3] Marco Barbavara fu cavaliere e poi capitano dell'ordine cavalleresco di Santo Stefano istituito da Ferdinando I per la difesa delle coste toscane dalle incursioni barbaresche. In séguito fu provveditore dell'arsenale di Pisa. L'altro personaggio è Lorio Lorii.

[4] Jacopo Inghirami (1565-1621), cavaliere di S. Stefano, fu nominato ammiraglio nel 1602; nel 1616 fu governatore della città e del porto di Livorno. Per questa carica è qui citato da Galilei. Nel 1621 tornò, come generale, al comando delle galere, seminando il terrore tra i turchi.

[5] Caterina Picchena.

XV.

Ad Orso d'Elci [1].

Firenze, 25 dicembre 1617.

Avrà forse V. Ecc. ricevuta sin ora un poco di scritturetta, che repentinamente mandai all'Illustriss. Sig. Picchena dopo che mi ebbe fatta parte di quanto V. Ecc. gli scriveva nell'ultima sua de' 30 di Novembre [2], dove per la strettezza del

[1] Quando Galilei scoprì i satelliti di Giove e successivamente ne determinò i tempi delle conversioni, non mancò di studiare il modo di trarre da queste scoperte qualche vantaggio immediato per le esigenze umane, in conformità con le richieste della società del tempo e con l'atteggiamento del suo pensiero. Ritenne che i calcoli che si potevano ricavare dalle posizioni precedentemente studiate dai satelliti potessero agevolare notevolmente la navigazione nei grandi oceani, stabilendo criteri utili per la determinazione della longitudine e quindi della rotta delle singole navi, con grande vantaggio per la sicurezza e rapidità dei traffici marittimi. Si fa risalire l'inizio di queste prime applicazioni al 1612, quando il governo toscano del Granduca offrì al re di Spagna l'invenzione di Galilei; l'offerta fu fatta in un momento propizio poiché il governo spagnolo nel giugno precedente aveva chiesto a quello granducale di esercitare un servizio di vigilanza armata lungo le coste toscane, per difenderle dai corsari. Ma l'offerta toscana, fatta per il tramite dell'ambasciatore a Madrid, conte Orso d'Elci, non fu raccolta dagli spagnoli, perché, come precisò in una sua comunicazione lo stesso conte d'Elci, quel governo era già in trattativo per una simile proposta con uno scienziato spagnolo.

Alcuni anni più tardi, precisamente nel 1616, quando Galilei si trovava a Roma per le vicende del primo processo al copernicanesimo, ebbe contatti col segretario del conte di Lemmos, Pietro di Castro, presidente del Supremo Consiglio delle Indie e gran dignitario spagnolo; sperava Galilei che, caduta la ragione del primo rifiuto, si potessero vincere le resistenze e le diffidenze degli ambienti scientifici e del governo della Spagna, e per questo fece riprendere ufficialmente le trattative tra il governo toscano e quello spagnolo. Fu il Picchena, primo segretario granducale, ad impartire nuovamente istruzioni all'ambasciatore, che era sempre il conte d'Elci, assicurando che «l'operazione è infallibile e sicura, dependendo dai movimenti particolari di alcune stelle vaganti» e ritenendola utile ad emendare carte geografiche e nautiche. Lo stesso Granduca dette l'ordine ufficiale delle trattative all'ambasciatore; questi prese subito contatti sia col conte di Lemmos che col duca di Lerma e, d'accordo con questi, sollecitò Galilei a presentare loro una relazione della sua invenzione, che fu inviata il 15 novembre; di essa non ci è rimasto il testo autografo, ma solo una copia del secolo XVII.

Tuttavia da parte spagnola vennero sollevati molti dubbi, che la proposta fosse effettivamente utile; si eccepì che, fondandosi il procedimento

tempo, poiché un'ora dopo doveva partire un corriere per costà in diligenza, non potetti se non brevissimamente accennare alcuno particolare intorno le difficoltà che promuove V. Ecc. circa la mia proposta; intorno alle quali ora più posatamente le dirò quanto mi occorre, sebbene simili discorsi doveriano veramente esser fatti presenzialmente, per la comodità del rispondere all'altre instanze che successivamente vanno nascendo.

Se bene comprendo, le difficoltà che perturbano V. E. si riducono a due capi: l'uno è che la mia operazione non si possa praticare in ogni tempo e a tutte le ore e da ogni sorta di persona, come, secondo che ella accenna, ricerca la necessità della navigazione; l'altra è che l'uso dell'instrumento in nave, per la continua agitazione dell'acque, resti impedito e nullo.

suggerito sui satelliti di Giove, fosse già questo un ostacolo, trattandosi di stelle non visibili ad occhio nudo; inoltre, durante le notti buie e tempestose, oppure durante il giorno, il progetto era evidentemente inattuabile; infine si muovevano difficoltà perché solo persone esperte di calcoli astronomici potevano definire la longitudine, ed a quei tempi non si poteva certo dire che, non le ciurme, ma gli stessi ufficiali e i capitani di galere fossero esperti conoscitori di questa materia. Galilei tuttavia insistette ed anzi, per rassicurare la corte regale, offrì un altro adattamento del cannocchiale per il suo uso sulle navi (cfr. la lettera precedente). Per queste ragioni egli scrisse la presente lettera, nella quale respinse le obbiezioni sollevate dagli spagnoli. Tuttavia, le trattative furono interrotte dopo qualche tempo e Galilei, vent'anni dopo, offrirà la sua invenzione al governo dei Paesi Bassi (cfr. più avanti pp. 948 segg.). Orso Pannocchieschi dei conti d'Elci, nipote di Belisario Vinta, fu al séguito del papa Leone XI (Alessandro de' Medici) a Roma; poi dal 1608 al 1618 fu ambasciatore in Spagna; fu quindi membro del Consiglio di reggenza, durante la minore età di Ferdinando II; da questi poi fu nominato maestro di Camera. Morì nel 1636.

[2] La « scritturetta » cui Galilei fa cenno non è stata reperita; si sa tuttavia che l'Elci aveva scritto al Picchena il 30 novembre, che per conoscere la longitudine e individuare la posizione sulle carte di città e luoghi « è cosa forzosa e necessaria veder prima le suddette stelle et i loro aspetti, la qual cosa non so come si potrà far in mare, almeno tanto spesso e tanto prontamente quanto la necessità di chi naviga ha bisogno; perciò lasciando a parte che l'uso del telescopio non potrà haver luogo nelle navi per il movimento loro, ma quando anche ve lo potesse havere, non potrebbe egli servire né di giorno né in un tempo serrato di notte che non appariscono le stelle », ed aggiungeva: « questo è quanto dubbio mi s'offerisce nella materia ».

Quanto al primo, fondandomi sopra quello che, parte per mia coniettura, parte per esperienza, e parte per informazione di persone che hanno lungamente viaggiato per l'Oceano alle une ed all'altre Indie e diligentemente osservate le pratiche e maneggi marinareschi, dico primieramente che il prender la longitudine non può aver bisogno di maggior frequenza di quel che s'abbia l'osservazione della latitudine, la quale, facendosi per via di strumenti mattematici, come l'astrolabio e la balestriglia[3], non si può fare né in tempi nuvolosi né nelle gran commozioni del mare; né perciocché ella non possa ad ogn'ora esercitarsi, vien disturbata e messa in disuso. Ma più parmi che non solo non sia assolutamente necessario d'ora in ora, ma né anco di giorno in giorno, osservare né la longitudine né la latitudine; perché se, v. g., fatta in questa ora l'osservazione, ci troveremo, per esempio, lontano venti gradi dalla linea, sapendo poi che ogni sessanta miglia ci danno un grado di latitudine, e più conoscendo i marinari esperti assai aggiustatamente quanto cammino per ora con questo e con quel vento si faccia, e vedendo dalla bussola verso che parte si muovono, poco potranno deviare dal vero in un giorno o due nel prescrivere la latitudine; anzi di presente, non potendo loro prender giammai la longitudine, si regolano in questo solo colla coniettura, che pigliano da una diligente osservazione del viaggio che d'ora in ora fanno colla qualità de' venti che gli sopraggiungono; la qual coniettura siccome in due o tre giorni non devierebbe esorbitantemente dalla vera precisione, così nel corso di settimane o mesi l'errore si fa notabile grandissimo: e però nel Mediterraneo, dove i vascelli non restano mai molti giorni senza scoprire terreno cognito, si naviga anco senza l'uso della latitudine, coll'uso della bussola solamente e col coniettural viaggio che si fa colle diversità de i venti che vanno spirando. Concludo per tanto, che quando anco non si potesse prendere la longitudine se non ogni due o tre giorni,

[3] L'astrolabio è uno strumento per la rilevazione della posizione degli astri; la balestriglia è uno strumento astronomico-nautico, usato per puntare gli astri ed è composto di due regoli a croce latina, scorrevoli su un terzo regolo graduato, perpendicolare rispetto agli altri.

tanto basterebbe e sarebbe d'estrema utilità, perché ne i tempi tramezzi la consueta osservazione del cammino ci manterrebbe in cognizione propinqua e bastante del vero sito in che ci troviamo. Ora, come altra volta ho scritto a V. Ecc., nel mio trovato noi abbiamo in ciascuna notte due, tre, quattro, ed anco talvolta più, aspetti accomodati per prendere la longitudine, e questo per dieci mesi dell'anno. Ma che più? se il mondo è stato sin ora senza potere avere cognizione alcuna delle longitudini, fuor che nelle ore degli eclissi lunari [4], che, ragguagliato, non danno appena una volta l'anno tal notizia, né però si è restato di navigare per i mari vastissimi, ne i quali per tal mancamento spesso si smarriscono i vascelli, come non ci sarà d'infinita utilità l'averla mille volte in ciascheduno anno, e molto più precisa che dagli eclissi lunari? Perché possa accadere una volta in cento che né anco dal mio trovato si ottenga il desiderato comodo, non dee indurci nel disprezzo di tutte le volte che trar ne lo potremo, poiché tante e tant'altre arti pur si esercitano, benché molto più frequentemente ci defraudino; né disprezziamo la medicina, benché non guarisca tutti gl'infermi, né depongono le navi l'artiglierie, ancorché de' cento tiri novanta sieno fallaci, né si lascia l'istessa navigazione, perché alcuni vascelli periscono; anzi, se noi considereremo bene, troveremo in ciascheduno esercizio farsi gran capitale d'ogni minima aggiunta di perfezione, perché in simili civanzi finalmente si fanno gli acquisti grandi. E se i marinari non si potranno prevalere di tal uso nelle fortune di mare, non perciò l'hanno a rifiutare, perchè in tali accidenti non solamente perdono anco la latitudine, ma bene spesso le mercanzie, le navi e lor medesimi, e pure non si dismette il navigare. Io non solamente diffiderei di poter trovar cosa che totalmente soddisfacesse a i desiderî umani, sicché non lasciasse luogo alla curiosità di desiderare più oltre, ma mi pare che né anco la natura stessa l'abbia saputo o almeno voluto fare; perché, sebbene ella per l'essere e il mantenimento nostro

[4] Il criterio di Galilei si fondava sulla sostituzione dei pianeti medicei nella rilevazione della longitudine agli ecclissi lunari, su cui si basava il criterio allora praticato per la conoscenza della longitudine.

ci ha ordinato il sole, le piogge, le vicissitudini de' tempi e delle stagioni, senza le quali né io né altra cosa necessaria al nostro mantenimento si produrrebbe, contuttociò non passa mai anno né mese che alcuno non si lamenti o della troppa pioggia o della aridità o del caldo o del freddo, ed in somma non desideri miglioramento nel corso della natura. Ed in qual cosa in questo mondo troviamo compita soddisfazione?

Vengo all'altro capo: nel quale primieramente ammetto a V. Ecc. che l'uso del telescopio in nave ne' tempi procellosi sia impossibile; ma considero che allora mancano parimente tutti gli altri usi necessari: ma all'incontro, se in una burrasca di quattro o sei giorni si confondono in modo tutte le cose che resta il legno del tutto perduto, quanto si dovrà stimar più il poter nella prima seguente serenità ritrovarsi con molta giustezza? Concedo anco che nelle tranquillità il medesimo uso sarebbe difficile, quando io non avessi pensato al modo di spogliarsi di quella universal commozione che vien partecipata da tutte le cose che sono in nave: ma a questo ho io trovato rimedio, come V. Ecc. a suo tempo intenderà [5]. Che poi questa operazione debba esser tale che ogni sorta di persona la possa eseguire, io veramente non vedo tal necessità; e parmi che quando uno o due per nave la possano fare, tanto basti, perché non credo che anco negli altri usi principali della bussola, del carteggiare e della balestriglia, s'impieghi maggior numero di persone, anzi per avventura può essere che un solo basti per tutti; e se si trova sufficiente numero di uomini per queste nominate operazioni, si troverà anco per questa, non più difficile di quelle, come mi pare altra volta aver significato a V. E.; anzi i medesimi potranno fare e quelle e queste: oltre che io non credo che al genere vile, rustico o plebeo manchi altro che l'occasione dell'applicarsi agli esercizi di giudizio e d'ingegno, il mancamento della quale applicazione faccia loro apparir poi di cervello meno svegliato che i nobili. L'operazione dunque sarà senza fallo praticabile ancora in nave e da' marinari, oltre a gli altri due notabilissimi usi che ne trarremo in terra ferma:

[5] Cfr. il passo della lettera del giugno 1617 al conte d'Elci, citata da noi a p. 923, n. 1.

l'uno de' quali è l'emendazione ed aggiustamento puntualissimo di tutte le carte nautiche e geografiche, sicché assolutamente le massime lontananze non svarieranno dal vero pure una lega; e per gli scoprimenti nuovi si terre incognite, il vero sito delle quali in una sola notte si averà.

Quello in che principalmente bisogna che noi insistiamo è in persuadere a i principali, come questa è una arte intera e pur ora nascente, fondata su principî e mezzi nuovi, ma degni e nobilissimi, ed ha bisogno di essere abbracciata, coltivata e favorita, acciocché con l'esercizio e col tempo se ne traggano quei frutti de i quali ella ha in sé i semi e le radici. E credami pure V. E. che se questa fusse impresa che io per me solo potessi condurre a fine, non sarei mai andato mendicando i favori esterni: ma in camera mia non sono né mari, né Indie, né isole, né porti, né scogli, né navi, onde mi conviene participarla con personaggi grandi, e durar fatica per fare accettare quello che con istanza mi doverebbe essere domandato. Ma mi consolo col vedere di non esser solo, e che sempre è accaduto che, da un poco di gloria in poi, anco bene spesso offuscata e denigrata dall'invidia, la minima parte dell'utile è stata quella de' primi ritrovatori delle cose, le quali hanno poi apportato ad altri onori, ricchezze e comodità immense. Contuttociò io non resterò dal canto mio di fare ogn'opera possibile, e lasciar qua tutti i miei comodi e la patria e gli amici ed i parenti, trasferendomi in Spagna per fermarmi quanto bisognerà in Siviglia o in Lisbona o dove sarà opportuno per piantare questa disciplina, purché dalla parte di chi la dee ricevere e di chi la dee fomentare e sollecitare non si manchi delle debite diligenze e d'aiuti [6].

[6] Le precisazioni, non prive di intenzione polemica, contenute nella presente lettera, non servirono a rimuovere le diffidenze spagnole; l'Elci, infatti, ricevuta la lettera, avvertì il Picchena in data 11 gennaio 1618 che le giustificazioni di Galilei apparivano poco solide: « mi pare che egli dica tutto quel che si può dire in risposta delle obiezzioni », ed aggiungeva: « Però se qui scuoprino che cotesta arte di graduar la longitudine non può servire se non di notte, quando è sereno e non tira vento, non parrà loro di quel profitto che haverebbono bisogno, perché, se bene la suddetta notizia è necessaria alle navi che vanno e tornano dall'Indie, in tutta la loro navigazione, per sapere di mano in mano in che parage si trovano, tuttavia è molto più necessaria, in tempi di burasca, rotti e fortunosi ».

XVI.

A Giovanfrancesco Buonamici [1].

Firenze, 19 novembre 1629.

Molto Ill.re Sig.re e Pad.n Col.mo,

Dal S. Carlo Bocchineri [2] mi vien significato, come a V. S. molto I. da uno amico suo gli vien domandato uno de' miei telescopii più esquisiti, essendogli di propria bocca stato da S. M.à [3] ordinato che egli gliene faccia procaccio; e più sento che il detto amico di V. S. ha dato comessione qua ne i Medici e Segni, di ricevere e mandargli il detto telescopio, con pagarne a me quel prezzo che io ne domanderò, non intendendo egli di volerlo in altra maniera. Circa questo mi occorre dire a V. S., che mi faccia grazia di fare intendere all'amico suo come io veramente non ho mai venduto alcuno de' miei strumenti né meno intendo di far ciò di presente né per l'avvenire; tal che, già che egli si è protestato non lo volere in altro modo,

[1] Convinto che la prova decisiva a favore della teoria copernicana dovesse essere fornita da una interpretazione meccanicistica delle maree, Galilei, che l'aveva già esposta nel *Discorso del flusso e reflusso del mare* del 1616, pensò di inserirla nel *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, dove si può leggere nella quarta giornata (vol. II, pp. 498 segg.). Perciò mentre si accingeva ad esporla, si preoccupò di reperire conferme effettuali della sua tesi e prove pratiche, non ritenendo sufficienti le conclusioni puramente razionali. Per questo scrisse al Buonamici (1592-1669), diplomatico toscano, che, avendo sposato Alessandra Bocchineri, la cui sorella Sestilia era moglie del figlio di Galilei, era in relazione col nostro scienziato. Il Bocchineri, passato al servizio dell'arciduca d'Austria Carlo, era allora in Spagna.

Alle richieste di Galilei il Bocchineri rispose il 1° febbraio 1630, ricordando che intorno al flusso e reflusso non conosceva nessuno « che ne discorra meglio di Lodovico Guicciardini nella *Descritione de' Paesi Bassi*, nel capitolo del mare »; e poi aggiungeva: « Antonio de Herrera, chronichista dell'Indie occidentali, dice che questo [certe brezze che soffiano nelle zone dei tropici] è cagionato dal moto del primo mobile che sforza col suo rapto così l'elemento dell'aria »; ricordava quindi che i mari del levante sono colpiti in quegli stessi giorni dagli *uracanes* e questo glielo avevano confermato alcuni « huomini di esperienza ».

[2] Carlo Bocchineri (1569-1632) medico, uomo politico e membro della Accademia della Crusca.

[3] Filippo IV, re di Spagna.

potrà ricever a grado la mia scusa, se in questo particolare non lo servo: che se in altra occasione vorrà servirsi dell'opera mia, mi troverà pronto al servirlo. Et avvenga che in questa domanda si comprende il servizio di Sua M.tà e la grazia e favor mio supremo, in questo sarò io prontissimo a esequire il suo cenno, come se direttamente mi fusse comandato, e porrò ogni industria e diligenza di condurre a perfezzion cosa degna della mano di chi deve riceverla; e son sicuro che non sarà inferiore a quello che detti al Ser.mo Arciduca Carlo [4] di f. m., mentre era qua, e forse V. S. lo potette vedere.

Ho letta con mio gusto e meraviglia insieme la bellissima scrittura di V. S. in materia della navigazione [5]; la qual lettura mi ha commosso assai con la rimembranza del gran negozio che havevo attaccato costà mentre vi era il S. Conte Orso [6], che era di dare a S. M.à il mio trovato per graduar la longitudine, punto massimo et che solo resta per l'ultima perfezzione dell'arte nautica; invenzione cercata in tutti i secoli decorsi, ma non trovata da alcuno, ancor che promessa da molti, tratti dal premio insigne che vien promesso all'inventore. Io l'ho trovata con mezi ammirabili; e gli esalto, perché non son miei, ma della natura: et il negozio era ridotto a segno, che veniva dato commissione al S. Duca d'Ussona [7] in Napoli di sentirmi; et io ho ancora le lettere che di costà mi vennero per presentarle al detto S. Duca. Ma occorse, che avanti la mia andata a Napoli, S. Ecc. fu richiamato costà. Successe poi in Napoli il S. Card.l Borgia [8]; ma avanti che di

[4] L'arciduca Carlo d'Austria (1590-1624) protettore del Buonamici; era fratello dell'imperatore Ferdinando II e fu anche gran maestro dell'Ordine teutonico.

[5] *Scrittura in materia di navigazione* fatta dal cav. Giovan Francesco Buonamici, 1629.

[6] Cfr. p. 923, n. 1.

[7] Il re Filippo III di Spagna in data 28 gennaio 1620 informò Pedro Teller y Giron, duca di Ossuna, di aver ricevuto per mezzo dell'ambasciatore toscano a Madrid, una proposta di Galilei per misurare la longitudine e rendere agevole la navigazione delle galere. Si veda la precedente lettera al conte Orso d'Elci.

[8] Gasparo Borgia (1589-1645), teologo e canonico di Toledo, fu da Paolo V nominato nel 1611 cardinale di S. Susanna e poi di S. Croce in Gerusalemme e quindi di Albano. Fu ambasciatore di Spagna.

costà venissero nuove lettere, si partì S. S. Ill.ma. Di poi ritornò qua il S. Cont'Orso, e venendo in suo luogo Mons. Giuliano Medici, si cominciò a ritrattarne [9]. Sua S. Rev.ma ci stette poco: sì che in somma il filo si interroppe del tutto, né io ho poi più cercato di rattaccarlo, essendomi mancati costà li 2 sopranominati ambasciadori, mia affezionati padroni.

Già che siamo in cose di mare, deve V. S. sapere come sono sul finire alcuni Dialogi [10] ne i quali tratto la costituzione dell'universo, e tra i problemi principali scrivo del flusso e reflusso del mare, dandomi a credere d'haverne trovata la vera cagione, lontanissima da tutte quelle cose alle quali è stato sin qui attribuito cotale effetto. Io la stimo vera, e tale la stimano tutti quelli con i quali io l'ho conferita. E già che io non posso andare attorno, o la copia delle particolari osservazioni conferisce assai alla confermazione di quello che tratto, voglio pregar V. S. a procurar di abboccarsi con qualcuno che habbia navigato assai e che nel navigare sia stato curioso del far qualche osservazione delle cose naturali; et in particolare desidererei d'essere assicurato della verità di un effetto che molto accomodatamente risponderebbe a i miei pensieri: e questo è, se è vero che navigando all'Indie Occidentali, quando si è dentro a i tropici, cioè verso l'equinoziale, si habbia un vento perpetuo da levante, che conduca facilmente le navi; onde poi per il ritorno sia di mestiero far altro viaggio et andar con più lunghezza di tempo ricercando venti da terra, sì che in somma il ritorno sia assai più difficile. Sentirei anco volentieri quello che accaggia nel passare lo stretto di Magaglianes circa le correnti, come ancora quello che si osservi nello stretto di Gibilterra, pur nell'ingresso e regresso dell'Oceano. Nel Faro di Messina le correnti sono di 6 hore in 6 ore veementissime. Sentirei volentieri qualche osservazione che fusse stata fatta nello stretto tra l'isola di San Lorenzo e la costa d'Affrica opposta; et in somma quanti più particolari io potessi sapere, più mi sarebbono grati, perché l'istorie, cioè le cose sensate, sono i principii sopra i quali si stabiliscono le scienze.

[9] Cfr. p. 875, n. 1.

[10] È il *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*.

L'haver conosciuto V. S. per ingegno singolare e molto sequestrato da gl'intendimenti popolari, mi dà ardire di ricercarla di tali curiosità, sperando che ella sia per fare ogn'opera acciò io conseguisca, almeno in parte, il mio intento. Da questa mia libertà ritragga in tanto una certa sicurezza di potersi prevaler di me con assoluta autorità; e però, deposte tutte le sorti di cerimonie, alienissime dalle scuole filosofiche, vegga in quello che io fussi buono a servirla, e liberamente mi comandi, mentre io affettuosamente, insieme con la sposa e mio figliuolo, gli bacio le mani e gli prego felicità.

Di Firenze, li 19 di 9mbre 1629.

Di V. S. molto Ill.re Ser.re Parat.mo
Galileo Galilei.

XVII.

A Gio. Battista Baliani [1].

Firenze, 6 agosto 1630.

Ill.mo Sig.re e Pad.n Col.mo,

La cortesissima lettera di V. S. Ill.ma mi è stata soprammodo grata, scorgendo in essa la continuazione dell'affetto verso di me, che è un capitale sommamente desiderato e ap-

[1] Il carteggio tra Galilei e Giovan Battista Baliani (1582-1666) fisico e ingegnere genovese, autore del *De motu naturali gravium solidorum* (1638) contiene interessanti notizie sulle riflessioni scientifiche di Galilei, sul metodo di applicazione di principi scientifici, oltre a notevoli osservazioni critiche sulle stesse opere galileiane. Gli interessi del Baliani erano insieme scientifici e tecnici: egli non separava questi due aspetti e perciò fu portato a studiare con interesse profondo le opere e i procedimenti scientifici di Galilei. Fu il Salviati che lo presentò allo scienziato pisano, con una lettera del 27 dicembre 1613 da Genova, dove si trovava durante il suo viaggio per la Spagna; il Salviati rimase colpito dall'acutezza e dall'intelligenza del Baliani e scrisse di lui: « Ho trovato qua un filosofo alla usanza nostra, garbatissimo gentil huomo, nominato il Sig. Gio. Batista Baliano. Lui filosofa sopra la natura, si ride di Aristotile et di tutti i peripatetici ». Il primo scambio di lettere fu dovuto alla richiesta del Baliani di informazioni sui criteri galileiani per stabilire il peso dell'aria (cfr. p. 916, n. 9); poiché il Salviati era già partito

prezzato. Mi dispiace bene che ella non mi habbia domandato il mio parere circa l'esito del sifone prima che la spesa fusse fatta, perché glie l'haverei potuta risparmiare col mostrare (s'io non m'inganno) l'impossibilità del quesito; la quale depende da un mio problema, più tempo fa esaminato e che veramente ha del meraviglioso assai [2].

L'acqua si può far salire per un cannone o sifone per attrazzione e per impulso. Per attrazzione, intendo quando l'ordigno (qualunque si sia) che lavora, sarà posto nella parte superiore *A* del cannone *A B*; per impulso, si fa montar l'acqua, tuttavolta che l'ordigno impellente sia accomodato da basso in *B*. Quando l'acqua si habbia a cacciar per impulso, si potrà sollevare e spignere a qualsivoglia altezza, anco di 1000 braccia, purché il cannone sia saldo e forte, siché non crepi: ma nell'alzarla per attrazzione ci è una determinata altezza e lunghezza di canna, oltre alla quale è impossibile far montare l'acqua un sol dito, anzi un sol capello; e tale altezza parmi che sia circa 40 piedi, e credo anco meno. La cagione di tale effetto mi travagliò assai, prima che io l'investigassi; ma finalmente m'accorsi che non doveva essere così recondita, anzi assai manifesta: ché così avviene delle cause vere, dopo che sono ritrovate.

da Genova, Galilei rispose egli stesso il 12 marzo 1614. Dopo molti anni, il Baliani sottopose a Galilei, con una lettera del 27 luglio 1630, alcune difficoltà incontrate per spingere attraverso un sifone l'acqua ad una altezza di 70 piedi geometrici; il Baliani indicava anche i tentativi per eliminare l'inconveniente: « Abbiam fatto un sifone di rame, conforme al disegno inchiuso, ove *C A* è il livello: *A* ove piglia l'acqua, *B* ove ha da uscire, *C* l'imbottaio per dove si empie il sifone. *D E* l'altezza a piombo che l'acqua ha da salire. Però questo sifone non fa l'effetto desiderato; anzi, aperto, ancorché chiuso dal di sopra, l'acqua esce da tutte le parti, e se si tien chiuso da una parte, aprendo dall'altra, ad ogni modo da questa esce l'acqua ». Al quesito del Baliani, Galilei rispose con la presente lettera, nella quale il problema dell'attrazione dell'acqua viene accostato alla resistenza di una corda tirata, come dirà anche nella giornata prima dei *Discorsi*, dove riprenderà questo questo problema (vol. II, p. 585).

[2] Galilei nel 1594 ottenne, con deliberazione del Senato veneto il privilegio per « usar un edificio da alzar acque et adacquar terreni » (cfr. *Scrittura attenente all'idraulica*, pp. 809 segg.).

So che V. S. non dubita che quando *A B* fosse una gomona di nave, e fermata in *A*, si può attaccargli in *B* un peso sì grave, che finalmente la strapperà; e non solamente ciò accaderà di un canapo, ma quando la medesima *A B* fusse una corda di rame o d'acciaio, grossa anco quanto il braccio d'un huomo, pur si strapperà con l'attaccarvi peso immenso, Ma se si rompono corde di canapa e d'acciaio, mentre debbano reggier soverchio peso, che dubbio doviamo noi havere che non si sia per strappare anco una corda d'acqua? anzi si strapperà questa tanto più facilmente, quanto le parti dell'acqua, nel separarsi l'una dall'altra, non hanno da superare altra resistenza che quella del vacuo succedente alla divisione; che nel ferro o altra materia solida, oltre alla resistenza del vacuo[3], vi è quella grandissima del tenacissimo attaccamento delle parti, del quale mancano le parti dell'acqua. Si strappa dunque il ferro *A B*, fermato in *A*, mentre in *B* se gl'attacchi, v. g., un peso di 100^{m} libre; adunque quando esso ferro *A B* fusse tanto lungo che pesasse 100^{m} libre, non potrebbe regger sé stesso, ma si strapperebbe. Se dunque (e sia un problema annesso a questo, ma però degno d'esser saputo) noi volessimo sapere sino a quanta lunghezza si potesse estendere un fil di ferro, sì che, attaccato in alto, reggesse sé stesso, ma non in lunghezza maggiore; preso 2 o 3 palmi di esso filo, qual sia, per esempio, *A B*, attaccheremo in *B* un peso, e questo andremo continuamente accrescendo, sì che esso filo *A B* si strappi; e trovato che si è rotto per il peso, v. g., di cento libre e non prima, si dirà tal filo poter sostenere sino a 100

[3] A. Crombie, *Augustine to Galileo. The History of Science. 400-1650*, Londra, 1952, p. 348 osserva che Galilei, a differenza degli aristotelici non ha mai considerato il vuoto come impossibile. L'esperimento per accertare che l'aria è pesante è ritenuto dallo studioso inglese come il primo procedimento per la determinazione del vuoto artificiale. Egli accosta queste ricerche galileiane alle esperienze di Egidio Colonna (1247-1316), sostenitore della teoria atomistica e antiaristotelico, il quale ritenne che il *tractatus a vacuo* (attrazione per mezzo del vuoto) fosse una forza universale capace di mantenere i corpi in contatto ed impedirne la discontinuità. Riferendosi alla presente lettera il Crombie osserva che, quando Galilei «apprese che una pompa non poteva sollevare l'acqua a più di 32 piedi, egli suppose che questo fosse il limite di questa forza».

libre di sé stesso: e perché la parte *B A* è, per esempio, lunga un braccio, e pesandola troviamo che pesa un'oncia, e le 100 libre contengono 1200 once, adunque il fil del ferro *A B* sosterrà 1200 braccia, meno un momento della sua propria lunghezza. E qui noti V. S. Ill.ma che l'esperienza fatta una volta con un filo di qualsivoglia grossezza ci mostra la gagliardia di tutte le corde fatte del medesimo metallo: sì che se, v. g., una corda da cetera d'ottone regge 10 libre di peso per appunto, e se 10 libre di tal corda sono un filo lungo 3000 braccia, tutte le corde del medesimo ottone, di qualunque grossezza, sosterranno sé stesse sino alla lunghezza di 3000 braccia e non più; avvenga che la corda 4 volte più grossa di un'altra non è altro che 4 di tali corde più sottili, onde conviene che possa reggere il quadruplo dell'altra per appunto.

Hora tornando al sifone di V. S., nel quale l'acqua deve salire per attrazzione a perpendicolo sino all'altezza di 84 palmi, per perpendicolo dico ciò essere impossibile, perché la sua corda non è sì gagliarda, ma si strappa anco in assai minor lunghezza. Né ci è di sollevamento l'essere il sifone non eretto a perpendicolo, ma inclinato, essendo che la lunghezza dell'inclinato, et in conseguenza la quantità dell'acqua in esso contenuta, è tanto maggiore, che ricompensa appunto la resistenza maggiore nell'esser alzato a perpendicolo. E qui parimenti noti V. S. che l'essere i sifoni più longhi o più stretti non diversifica nulla circa 'l potersi attrarre a minore o maggiore altezza; e se, v. g., in un sifone largo come una paglia, attraendo, non si può far salir l'acqua se non all'altezza di 20 braccia, in nessun altro sifone, di qualsivoglia larghezza, si farà montare ad altra altezza: ma di tutti i sifoni è determinata la lunghezza medesima, possibile per l'attrazione; perché delle corde (per così dire) d'acqua tanto cresce la robustezza, cioè la loro grossezza, quanto il peso da reggersi, cioè la quantità dell'acqua[4]. Ma di questo e d'altri problemi intenderà V. S. in altro tempo.

[4] Il Baliani non rimase del tutto convinto della spiegazione di Galilei e in una sua lettera del 24 ottobre successivo, pur non respingendo la realtà del vuoto, si richiamò a quanto sedici anni prima lo stesso Galilei gli aveva

Sono stato li mesi passati a Roma, per licenziare i Dialogi che scrivo esaminando allungo i 2 sistemi massimi Tolemaico e Copernicco in grazia del flusso e reflusso; et havendo finalmente superate alcune difficoltà, li ho hauti licenziati e sottoscritti dal Rev.mo Padre Mostro, Maestro del Sacro Palazzo [5]; et se era altra stagione, mi sarei fermato lì e fatti stampare, o vero gl'haverei lasciati in mano dell'Ecc.mo S. Pri.e Cesi, il quale si sarebbe presa tal cura, come ha fatto di altre mie opere; ma S. Ecc.za si sentiva indisposta, e, quello che è peggio, hora s'intende che sia in estremo. Per questo andava cercando di stampargli qui, ma non vi sono caratteri né compositori da niente; et i tempi tanto fortunosi non mi lasciano applicar l'animo a Venezia. Favoriscami in grazia V. S. Ill.ma dirmi come stanno costì in questa materia, acciò possa pigliar qualche resoluzione, che di tanto gli terrò obbligo particolare.

Quanto poi a quello che ella dice del lungo silenzio, non veggo che la nostra corrispondenza ricerchi il pigliarsi altra

scritto ritenendo che la causa dell'inconveniente da lui lamentato fosse la pesantezza dell'aria, ed osserva: « Io mi figuro di esser nel fondo del mare, ove sia l'acqua profonda dieci mila piedi, e se non fusse il bisogno di rifiatare, io credo che vi starei, ancorché io mi sentirei più compresso e premuto da ogni parte di quel che io mi sia nel presente... Ma se io fussi entro l'acqua che mi preme da ogni parte, e che fussi, non dico in vacuo, ma nell'aria, e che dalla mia testa in su vi fusse l'acqua, allora io sentirei il peso, il quale io non potrei sostenere, solo se havessi forza a lui proporzionata... lo stesso mi è aviso che avvenga a noi nell'aria, che siamo nel fondo della sua immensità, né sentiamo né il suo peso che la compressione ci fa d'ogni parte... ». In questa lettera egli dimostrò di conoscere sia il vuoto barometrico, sia la spinta dei fluidi in ogni senso, sia la misura della pressione atmosferica calcolata dalla colonna d'acqua. Spetterà tuttavia solo a quel grande allievo di Galilei che fu Evangelista Torricelli, compiere per primo una vera esperienza barimetrica; anche se di questi problemi non risulta che egli abbia mai trattato col vecchio Galilei, è certo che le sue esperienze presuppongono l'esame sia del fenomeno dell'*horror vacui* sia del peso dell'aria.

[5] Il padre Niccolò Riccardi (1585-1639), chiamato padre « Monstro » dal re di Spagna non si sa se per le sue doti di cultura o per la sua straordinaria grossezza, fu il revisore del manoscritto del *Dialogo*; egli rivelò in quest'attività di essere abbastanza favorevole a Galilei, ma incertezze e dubbi non potettero non assalirlo per le forti preoccupazioni religiose che suscitava un'opera in cui si parlava del copernicanesimo, condannato nel 1616; tuttavia, dopo molte esitazioni si decise a concedere nel luglio 1631 *l'imprimatur*, a condizione che fosse ritrascritto, secondo linee precise che egli suggerì, il proemio e l'ultima parte.

briga, salvo che quando ci nasca scambievole bisogno in cose di lettere, dalle quali sono molto diverse e separate le cerimonie; et a me solamente tocca a domandarne dispensa da V. S. Ill.ma e me la prometto dalla sua benignità, pronto a compensarla con altrettanta prontezza in eseguire i suoi comandi, qualunque volta ella si degnerà di onorarmene, sì come istantemente ne la supplico. Et reverentemente gli bacio le mani, e la prego con occasione a ricordarmi servitore devotissimo alli Ill.mi SS.ri Bartolomeo Imperiali e Andrea Spinola il filosofo [6].

Di Firenze, li 6 di Agosto 1630.

Di V. S. Ill.ma Dev.mo et Obblig.mo Ser.re
Galileo Galilei.

XVIII.

Ad Antonio de Ville [1].

Arcetri, marzo 1635.

Molt'Ill. Sig. e Pad. Colend.,

In risposta delle obbiezioni di V. S. dirò brevemente quello che mi occorre.

[6] Bartolomeo Imperiali, genovese, fu conte delle Malle. Andrea Spinola, (1562-1640) genovese anche egli, fu detto per antonomasia « il filosofo », perché autore di un voluminoso « Dizionario filosofico » rimasto manoscritto alla sua morte.

[1] Le vicende che precedettero la stampa dei *Discorsi intorno a due nuove scienze* furono, fra l'altro, occasione di nuovi intensi contatti fra lo scienziato, confinato nella villa d'Arcetri, e i gruppi di scolari, di scienziati moderni e di ammiratori che discussero con lui problemi particolari illustrati nei *Discorsi*, offrendo così nuova materia per le sue riflessioni scientifiche. Come il Baliani, così Antonio de Ville, ingegnere e architetto militare della Repubblica veneta, autore di un trattato *Les fortifications* (Lione, 1628) e amico di frate Fulgenzio Micanzio, indirizzò a Galilei il 3 marzo 1635 una lunga lettera di rilievi e considerazioni sui *Discorsi*; il primo argomento da lui trattato riguarda il confronto fra macchine similari di diversa grandezza, che è esposto all'inizio dell'opera e che introduce alle indagini sulla resistenza dei metalli. Altri argomenti trattati sono: il problema dei numeri infinitesimali

E quanto alla prima, ella dice parergli che nel principio del mio discorso io voglio affermare *che le macchie che riescono in piccolo, riusciranno anche in grande, purché si osservi nelle moltiplicazioni la proporzione che si dee, nello strumento e nelle sue parti* [2], *e che l'affezione che si trova sempre nella materia non è argomento buono per provare il contrario, essendo che essa affezione è eterna e sempre l'istessa, della quale si può dar regola quanto si dà delle figure astratte.* Sin qui son parole di V. S.: in risposta delle quali conviene che io confessi di non aver saputo spiegare il mio concetto con quella evidenza che è necessaria per ben dichiararsi, e massime quando si arrecano proposizioni remote dalle opinioni comuni. Dico per tanto che l'intenzion mia fu molto diversa, anzi del tutto contraria dal senso che V. S. ne ha cavato; avvengaché è falso che io abbia stimato che le macchine che riescano in piccolo debbano ancora riuscire in grande, tuttavolta che si osserverà le medesime proporzioni ec., anzi ho voluto dire che non possono in verun conto riuscire. Soggiugne V. S. appresso, che io ho detto che l'imperfezione della materia non è argomento buono per provare il contrario, cioè per provare che in grande non possano riuscire quelle macchine che riescono in piccolo. Anzi per l'opposito affermo che di questo non poter riuscire la cagione risiede nella materia, soggetta a mille imperfezioni [3], alterazioni, mutazioni e tutti quelli altri accidenti che V. S. va con esquisita particolarità connumerando, de' quali io non ho mai preteso, né, credo, dato segno di pretendere, che se ne possa dare scienza; ma la cagione che io referisco e ripongo nella materia, è diversissima da tutte queste, e non è soggetta a variazione alcuna, ma è eterna, immutabile, e però atta ad essere sotto necessarie dimostrazioni compresa, ma, per quanto io credo, non avvertita da altri. E per meglio dichiarmi seco, piglio il suo medesimo esempio di un ponte per passare un fosso, largo, v. g., venti piedi, il quale si trovi esser riuscito potente a sostenere e dare il transito a peso di mille libbre, e non più: cercasi ora se per passare un fosso largo quattro volte tanto, un altro ponte, contesto del medesimo legname, ma in tutti i suoi membri accresciuto in quadrupla proporzione, tanto in lunghezza quanto in larghezza ed altezza, sarà potente a reggere il peso di 4000 libre. Dove io dico di no; e talmente dico di no, che potrebbe anco accadere che e' non potesse regger sé stesso, ma che il peso proprio lo fiaccasse: avendo io con necessaria dimostrazione meccanica provato, esser impossibile che due figure solide fatte dell'istessa materia, e che tra di loro sieno simili e diseguali, sieno simili nella robustezza, ma che sempre a proporzione saranno le maggiori più deboli; di modo che, se averemo, v. g., un'asta di legno di tal grossezza e lunghezza, che fitta in un muro, parallela all'orizonte, resti senza fiaccarsi dal proprio peso, ma che una grossezza di capello che fusse più lunga si rompesse, dico tale asta, tra le infinite che si possono fare simili a lei del medesimo legno, esser unica che resti sul confine tra il sostenersi e il rompersi; sicché nessuna delle maggiori di lei potranno reggersi, ma necessariamente si fiaccheranno; ma le minori reggeranno sé stesse, e qualche altro peso di più: talché se vorremo pigliare un'asta, più lunga della detta e che sia potente a reggere sé stessa, bisogna alterare la proporzione, e farla più grossa di quel che ricercherebbe la similitudine delle figure. Ora, della cagione per la quale la resistenza al rompersi ne' solidi simili non cresca secondo le grandezze loro, io lo provo con necessaria dimostrazione; dimostro ancora, qual proporzione è quella che la robustezza osserva nell'accrescimento delle figure; e finalmente dimostro, nell'allungare la figura, quanto si debba alterare ed accrescere più la grossezza che la lunghezza, acciò la robustezza si augumenti ancora nelle figure maggiori a proporzione delle minori. Ma che io ricorra mai a dire che queste varietà dependano dalle diversità di materie, non solo differenti di specie, come legno, ferro, marmo, ma anco della medesima specie, essendo tante diversità di saldezza tra una sorta di legno ed un'altra, ed anco nel-

e degli indivisibili, il problema della ruota, osservazioni di geometria fra cui il teorema detto della « scodella ». Ci è pervenuta solo la presente lettera di risposta, che si riferisce solo al primo argomento. In essa Galilei chiarisce il senso delle sue considerazioni e rettifica alcune inesatte interpretazioni del de Ville.

[2] Cfr. *Discorsi* cit., vol. II, pp. 571-72.

[3] Cfr. *Discorsi* cit., vol. II, pp. 681 segg.

l'istesso legno, secondo che è tagliato dal tronco o dal ramo, di una stagione o di un'altra, vicino alla radice o alla vetta; sarei veramente troppo debole a volere arrecar queste notissime contingenze per ragione di effetti necessari e forse fin ora non perfettamente penetrati dalli artisti scientifici. Di queste resistenze de' corpi solidi all'essere spezzati parlo io nel secondo Dialogo, dimostrando molte conclusioni utili e dirò anco necessarie da esser sapute dal meccanico teorico, delle quali sono per additarne alcuna: qual proporzione abbiano tra di loro le resistenze di due prismi o cilindri solidi, egualmente lunghi, all'essere spezzati; e finalmente qual sia quella de' diseguali in lunghezza e grossezza: sicché conosciuta la resistenza di un picciol chiodo, o di una piccola caviglia di legno o di qualsivoglia altra materia, io potrò dimostrativamente sapere le resistenze di tutti i chiodi, di tutti i pali, di tutte le catene di ferro, di tutte le travi, travicelli, antenne, alberi, ed in somma di tutti i solidi di qualsivoglia materia, rimossi però gl'impedimenti accidentari, di nodo, tarli, ec. In oltre, essendo noto per l'esperienza che la medesima trave o catena di ferro è meno atta a reggere un peso che gli sia attaccato nel mezzo che verso l'estremità, si cerca qual sia la proporzione che abbiano fra loro le resistenze di tutti i punti, più o meno lontani dal mezzo; e trovata qual sia tal proporzione, passo a dimostrare quanto si potrebbero andare assottigliando detti travamenti o catene, acciò fussero in tutte le loro parti egualmente resistenti, e dimostro qual figura doverebbero avere con alleggierimento notabile del lor proprio peso. Osservo appresso e dimostro, come, e per qual ragione e con che proporzione, canne, lance ed altri strumenti simili, essendo voti dentro, sono più gagliardi che altri della medesima materia, lunghezza e peso, che fussero massicci e sodi. Altre notizie arreco, che servono a gustare delle maraviglie delle fabbriche artifiziali e più di quelle della natura, la quale, intendendole tutte, tanto mirabilmente se ne serve nelle sue strutture, facendo, per esempio, l'ossa delli uccelli vote assai dentro, acciò sieno leggiere ed insieme gagliardissime, quali non sarebbero se, ritenendo il medesimo peso, fussero massicce, perché sarebbero sottili e grandemente più deboli.

XIX.

A Pietro Carcavy [1].

Arcetri, 5 giugno 1637.

Ill.mo Sig.re e Pad.n mio Col.mo,

Alle ultime 2 lettere di V. S. Ill.ma [2] sono in obbligo di rispondere, le quali mi son pervenute nell'istesso tempo;

[1] Dopo la condanna al carcere a vita, comminata dal Sant'Uffizio, scolari, amici ed estimatori dell'opera e del pensiero del grande scienziato stabilirono con lui, nei modi che a ciascuno fu possibile, incontri, visite contatti personali e relazioni epistolari, attraverso cui la voce di Galilei poté varcare i confini del carcere in cui s'era voluto rinchiudere la persona e il suo pensiero. Fu per questa spontanea organizzazione voluta dagli amici che il manoscritto dei *Discorsi intorno a due nuove scienze* poté essere stampato a Leida. Pietro di Carcavy, nato tra la fine del sec. XVI e l'inizio del successivo e morto nel 1684, fu consigliere del Parlamento di Tolosa e uomo di vasti interessi culturali e scientifici; egli si interessò per la pubblicazione di tutte le opere galileiane in Francia e in questa sua iniziativa va collocata la presente lettera; la quale risponde ad alcune obbiezioni sollevate dal grande matematico Francesco Pietro Fermat (1601-1665) a quel passo della giornata seconda del *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* (vol. II, pp. 209-10), dove, parlando della composizione dei due movimenti, uno rettilineo e uniformemente accelerato e l'altro circolare uniforme, considera il movimento del grave simile a quello di una spirale, mentre secondo la legge di Keplero, accolta dal Fermat, si tratta di una curva ellittica. Il movimento del grave è qui collegato come già nel *Dialogo* al principio dell'accrescimento continuo della velocità di un corpo che passa, per gradi infiniti di velocità progressiva dalla quiete al movimento. Nei *Discorsi* – il libro *sub praelo*, in stampa, cui qui si fa cenno – Galilei sosterrà che per comprendere questa legge bisogna avere la nozione della velocità istantanea. Questa lettera contiene una dichiarazione del metodo seguito da Galilei nell'indagine sul movimento del grave, che ha suscitato l'interesse di quegli studiosi che hanno sostenuto il carattere platonico della concezione galileiana della matematica e della fisica e quindi del suo metodo scientifico; l'asserzione che il movimento a spirale del grave è stato definito in base ad argomentazioni puramente razionali e non sperimentali, tuttavia non concorda con le ripetute affermazioni dell'esigenza di un metodo sperimentale e con gli apprezzamenti dell'esperienza per la conquista della verità. Si tratta piuttosto di dichiarazioni non riferibili ad un consapevole e conseguente atteggiamento filosofico, quanto piuttosto a circostanze particolari, determinate piuttosto dai limiti delle indagini scientifiche e dei mezzi a disposizione. Questo medesimo atteggiamento si ritroverà enunciato nella lettera al Baliani del 1639 (p. 962) e sembra costituire più un ripiego occasionale e transitorio che un atteggiamento costante e meditato.

[2] Il Carcavy con due lettere da Parigi, una del 22 febbraio 1637 e l'altra del 3 marzo successivo, aveva riferito a Galilei sulla situazione delle trattative

del quale perché ne ho grandissima scarsità, trapasserò i complimenti che si ricercherebbero per corrispondere a i molti che sono nelle sue, pieni di cortesia, assicurandola solamente che, giusta mia possa, non mancherò mai a quello che al mio debito s'aspetta.

Che ella continui nel pensiero di voler far ristampare tutte l'opere mie in un volume solo, mi piace assai, perché è gran tempo che non se ne trovano più alle librerie, et hanno continua chiesta, sì che l'esito sarà grande e sicuro, con grosso guadagno del libraro, il quale V. S. potrà assicurare che gl'ultimi esemplari che si trovarono furon pagati il quadruplo e 'l sescuplo più del prezzo corrente ordinario; e dei miei miserabili Dialogi so che ascosamente ne sono stati venduti 4 e 6 scudi la copia. Quanto poi al facilitare il privilegio [3], non mi mancherà da aggiugnervi alcuna cosa non più stampata, e da me al pari o più di altre mie fatiche stimata. Però concluda V. S. Ill.ma col libraro, e faccia metter mano all'impresa, ché non mancherà d'esser all'ordine, in tempo oportuno, quanto basterà per cavare il privilegio. E per mio parere l'opera dovrebbe esser fatta in foglio.

Vengo hora alle opposizioni che l'amico di V. S. fa ad alcune delle mie proposizioni; le quali opposizioni io ammetto, trattone una, per vere e concludenti, ma non già per non prevedute e da me inopinate, perché è gran tempo che, havendo con estrema ammirazione veduta e studiata la spirale d'Archimede, la quale egli compone di 2 moti equabili, uno retto et l'altro circolare, mi cadde in pensiero la spirale composta del circolare equabile e del retto accelerato secondo la proporzione dell'accelerazione de i gravi naturalmente descendenti, la quale io mi persuado haver dimostrato esser in dupli-

per la progettata pubblicazione delle sue opere in Francia; nella prima lettera aveva esposto le riserve mosse dal Fermat alla teoria galileiana sul movimento dei gravi in caduta libera.

[3] Nella lettera del 22 febbraio il Carcavy aveva fatto sapere che il libraio che doveva stampare l'opera galileiana « non potendo havere un privilegio per le opere già stampate (ché si tratta così in Francia) aveva desiderato che lei mandasse alcuno nuovo trattato, per cagion del quale si potesse havere el detto privilegio ».

cata proporzione di quella del tempo: e questa è la spirale dell'amico di V. S.; e sebene nel Dialogo vien detto, poter esser che mescolato il retto del cadente con l'equabile circolare del moto diurno si componesse una semicirconferenza che andasse a terminar nel centro della terra, ciò fu detto per scherzo, come assai manifestamente apparisce, mentre vien chiamato un capriccio et una bizzarria, cioè *iocularis quaedam audacia*. Desidero per tanto in questa parte esser dispensato, e massime tirandosi dietro questa, dirò, poetica finzione quelle 3 inaspettate conseguenze: cioè, che il moto del mobile sarebbe sempre circolare; secondariamente, sempre equabile; 3°, che in questo apparente moto *deorsum* niente si moveva di più di quello che si faceva mentre era in quiete. Aggiungo hora, che sebene dalla composizione del moto equabile orizontale col retto perpendicolarmente descendente, con l'accelerazione fatta nella proporzione da me assegnata, si descriverebbe una una linea che andando a terminar nel centro sarebbe spirale, niente di meno sin che noi ci trattenghiamo sopra la superficie del globo terrestre, io non mi perito di assegnare a tal composizione una linea parabolica, asserendo tali esser le linee che da i proietti vengono descritte: la qual mia asserzione potrà somministrar materia d'impugnarmi assai maggiore del moto di mezo cerchio, il quale almeno facevo pure andare a terminar nel centro, dove anco son sicuro che andrebbero a terminare i proietti; e pur la linea parabolica si va sempre più e più slargando dall'asse, che è la perpendicolare al centro. Hora qui potrà V. S. e l'amico suo maggiormente maravigliarsi di me, che, conoscendo e confessando l'error mio, pur vi vo perseverando. Tutta via spero d'impetrar perdono dalla loro benignità, e tanto più me lo prometto, quanto comprendo che gl'avvertimenti loro derivano dal desiderio di farmi cauto, acciò che io non incorra in quelli errori nei quali incorrono e sono incorsi tutti i più intelligenti mecanici, e l'istesso Archimede, massimo ingegno e sovrumano; il quale supponendo, come egli fa ne' suoi Equeponderanti e nella Quadratura mecanica della parabola, e come fanno tutti gl'ingegneri e architetti, supponendo, dico, che i gravi descendano per linee parallele, danno occasione di dubitare che gli sia stato ignoto come

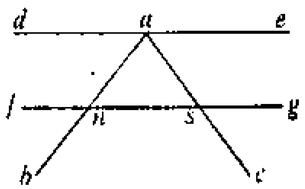
tali linee non sono altramente equidistanti, ma vanno a concorrere nel centro comune delle cose gravi. Da questa veramente falsa supposizione traggono origine, s'io non erro, le obbiezzioni fattemi dall'amico di V. S., le quali nell'avvicinarsi al centro della terra aqquistano tanta forza et energia, e tanto variano da quello che noi in superficie con errore, benché leggiero, supponghiamo, che quelli che qua su noi chiamiamo piani orizontali, finalmente nel centro doventano linee perpendicolari, e di linee non inclinate degenerano in linee totalmente inclinate. Aggiungo di piú, come V. S. e l'amico suo in breve potrà vedere dal mio libro che già *stat sub praelo*, che io argomento *ex suppositione*, figurandomi un moto verso un punto, il quale partendosi dalla quiete vadia accelerandosi, crescendo la sua velocità con la medesima proporzione con la quale cresce il tempo; e di questo tal moto io dimostro concludentemente molti accidenti; soggiungo poi, che se l'esperienza mostrasse che tali accidenti si ritrovassero verificarsi nel moto dei gravi naturalmente descendenti, potremmo senza errore affermare questo essere il moto medesimo che da me fu definito e supposto [4]; quando che no, le mie dimostrazioni, fabricate sopra la mia supposizione, niente perdevano della sua forza e concludenza; sì che come niente progiudica alle conclusioni dimostrate da Archimede circa la spirale il non ritrovarsi in natura mobile che in quella maniera spiralmente si muova. Ma nel moto figurato da me è accaduto che tutte le passioni, che io ne dimostro, si verificano nel moto dei gravi naturalmente descendenti: si verificano, dico, in maniera, che mentre noi ne facciamo esperienze sopra la terra, et in altezze e lunghezze da noi praticabili, non s'incontra niuna sensibile diversità; la qual però diversità, sensibile, grande et immensa si farebbe nell'avvicinarsi e grandemente approssimarsi al centro. Et ancorché l'amico suo ammetta che nel farne esperienze riescano senza errore, ma che con tutto ciò vuole anteporre la ragione al senso, che può ingannarsi, io gli mostrerò qualche esperienza che pure dovrebbe farsi sensibile e senza inganno del senso. Pendano da due fili egualmente lunghi due gravi, quali sarebbero, per esempio, due palle d'archibuso; e l'uno di questi fili sia attaccato nella più sublime altezza che haver si possa, e l'altro nella più bassa, posto la lor lunghezza essere di 4 o 5 piedi; e stando 2 osservatori, l'uno nel luogo altissimo, e l'altro nell'infimo, allarghino dallo stato perpendicolare esse palle, e dato loro l'andare libero nell'istesso momento di tempo, vadano numerando le loro vibrazioni, continuando la moltitudine di quelle per molte centinara; ché troveranno riscontrarsi talmente i numeri di quelle, che né in molte centinara, né anco migliara, si troverà lo svario di una sola: argomento necessariamente concludente, che ciascheduna di esse si fa sotto tempi eguali [5]. E perché quello che accade in questi movimenti per archi di cerchi accade ancora nelle corde a quelli suttese, casca a terra tutto quello che l'amico di V. S. dice accadere deve sopra piani inclinati, paralleli tra di loro et egualmente lunghi, dei quali l'uno fusse più vicino al centro della terra che l'altro; cade, dico, assolutissimamente, mentre siano posti amendue fuori della superficie del globo terrestre. Quello poi che dovesse accadere tra due simili piani, de i quali l'uno fusse fuora della superficie terrestre, e l'altro tanto adentro che andasse a terminare anco nell'istesso centro, io per adesso non voglio dire quello che me ne creda; ma non ho sin ora ragione che necessariamente mi convinca ad ammettere che il mobile che va a terminare nel centro passasse il suo spazio in tempo più breve che quell'altro mobile il suo. Ma più dirò, che appresso di me non è bene risoluto e chiaro che un mobile grave arrivasse più presto al centro della terra partendosi in lontananza da quello di un sol braccio, che altro simile che si partisse da lontano mille miglia. Questo non affermo, ma lo propongo come paradosso, per la destruzzione del quale

[4] Questa affermazione appare discordante da tutte le circostanze in cui Galilei ha esposto i suoi procedimenti scientifici: sempre infatti la verifica sperimentale è stata ritenuta necessaria per la conclusione valida e per l'accertamento delle ipotesi.

[5] Si veda la lettera del 29 novembre 1602 a Guidobaldo del Monte, pp. 857-62.

forse l'amico suo haverà o troverà dimostrazione necessariamente concludente.

A quello poi che ei produce per destruzione del mio asserto, cioè che il grave partendosi dalla quiete passi necessariamente per tutti i gradi di tardità [6], non so veramente applicare il suo postulato, mentre domanda che li sia conceduto, non darsi moto senza velocità: dove mi pare che tale proposizione importi quel medesimo che se altri dicesse, non darsi linea senza lunghezza; e sì come ... partirsi dal punto, che manca di lunghezza, non si può entrare nella linea senza passare per tutte le infinite linee, minori e minori, che si comprendono tra qualsivoglia linea segnata e 'l punto, così il mobile che si parte dalla quiete, che non ha velocità alcuna, per conseguire qualsivoglia grado di velocità deve passare per gl'infiniti gradi di tardità compresi tra qual si sia velocità e l'altissima et infinita tardità. Sia l'angolo compreso dalle linee *a b*, *a c*, e passi per il punto *a* la linea *d e*, la quale si intenda descendere in *f g*, mantenendosi sempre parallela a sé stessa: è manifesto che di essa linea *d e* nell'angolo *a* non ve ne è parte che habbia lunghezza alcuna [7]; ma nel descendere e trasferirsi in *f g* vengono di lei intercette tra le *a b*, *a c* parti maggiori e maggiori, secondo che maggiore si fa lo spazio della scesa; et in questo esempio la parte intercetta è la *n s*. Ora è manifesto, nissuna linea potersi assegnare di così poca lunghezza, sì che altre infinite minori e minori non ne siano state comprese tra le *a n*, *a s* verso l'angolo *a*; onde l'asserire, nel moto della traversale *f g* essersi passato per tutte le immaginabili lunghezze comprese tra la *n s* e l'angolo *a*,



[6] Cfr. *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, vol. II, p. 36.

[7] Come ebbe ad osservare Bonaventura Cavalieri nella lettera a Galilei del 2 ottobre 1634 a proposito del cosidetto «problema della scodella» (cfr. *Discorsi* cit., vol. II, p. 598) – a conclusione del quale Galilei giungeva alla paradossale affermazione che «la circonferenza di un cerchio immenso possa chiamarsi eguale a un sol punto» – questo risultato si raggiunge solo assegnando al punto che non ha dimensioni la capacità di essere confrontato ad una linea che invece è estesa.

sì che nissuna se ne sia lasciata in dietro, mi pare proposizione lontana da ogni dubbio. E così, mentre io stabilisco uno instante di tempo, nel quale partendosi il mobile dallo stato di quiete, nel quale si trovò nell'assegnato instante, et entrando in moto, il quale debba andarsi accelerando con quella proporzione che cresce la quantità del tempo, la quale nel detto instante era nulla; sì come non si può assegnare così piccolo spazio di tempo che di minori non ne siano decorsi dopo il primo instante segnato, così partendosi il mobile dalla quiete non trapassa quantità alcuna di velocità segnata, che per minori ancora non si sia ritrovato. Vorrei che V. S. proponesse all'amico, se egli ammette meco che un mobile che vadia perdendo continuamente di velocità, come, per esempio, fa un grave proietto perpendicolarmente in su, passi ad un tal grado di velocità poco minore della sua più tosto che a uno minore assai; come, per esempio, una palla di piombo, che tirata in alto va continuamente perdendo di velocità, sia per trapassare prima da 10 gradi a 9, che a 6 o 4. Credo che egli concederà, non essere ragione alcuna di trapassare immediatamente da 10 a 6, saltandone e interponendone li gradi 9, 8, 7, sì come stimo io e credo che egli ancora concederà. Consideri adesso che quella palle, andando continuamente et successivamente perdendo di forza e di velocità, si riduce finalmente allo stato di quiete, tra 'l quale e qualsivoglia assegnato grado di tardità ne sono altri et altri maggiori. Quando dunque ei sarà giunto, per esempio, a 100 gradi di tardità, che ragione si potrà egli addurre ch'ei faccia passaggio da i cento gradi di tardità alla quiete, cioè alla tardità infinita, tralasciando di passare per li 120, per li 200, per li 1000, che pur sono al 100 più propinqui che l'infinito? E così convertendo il suo movimento dal punto altissimo verso il basso, arbitrario più che ragionevole sarebbe, per mio parere, il discorso di colui che volesse negare ch'ei ripassasse conversamente, cioè con ordine prepostero, quei medesimi gradi per i quali passò nella salita.

Questo è quanto per ora voglio dire a V. S. Ill.ma in questo proposito, aggiugnendo solamente il rendergli le debite grazie del geloso offizio che gli è piaciuto di fare per conservazione

della mia reputazione. E per non tediarla più lungamente, con riverente affetto gli bacio le mani e li prego da Dio il colmo di felicità.

D'Arcetri, li 5 Giugno 1637.

Di V. S. Ill.ma Dev.mo et Obb.mo S.re
Galileo Galilei.

XX.

A Lorenzo Realio.

Arcetri, giugno 1637.

Dalla Villa d'Arcetri, 5 Giugno 1637.

Insieme colla cortesissima e benignissima lettera di V. S. Illustriss.[1] ne ricevo una del molt'Ill. e dottissimo Sig. Martino Ortensio, inviatemi ambedue dal mio carissimo, confi-

[1] Dopo il fallimento delle trattative col governo spagnolo per la vendita del progetto per la misurazione della longitudine, trascorsero vent'anni prima che Galilei tornasse ad offrire il risultato delle sue ricerche ad un altro governo; tuttavia ci pare significativo che a così grande distanza egli, dopo le burrascose vicende successive al 1632, insista ancora, con fiducia immutata nelle sue scoperte, perché questa sua applicazione del telescopio venga apprezzata.

Già dall'agosto 1636, per mezzo del suo amico Elia Diodati residente a Parigi, aveva rivolto ufficialmente agli Stati generali delle Provincie Unite dei Paesi Bassi la sua proposta con una bella e chiara lettera nella quale, fissate quattro condizioni preliminari per la misurazione della longitudine (la conoscenza teorica dei tempi di conversione dei satelliti di Giove, il possesso e l'uso di telescopi di perfezione, l'eliminazione del disturbo del rullio e beccheggio delle navi, la misurazione del tempo durante la notte), esponeva il suo progetto che appareva migliorato e rinnovato rispetto a quello del 1612-13. Egli si rivolse a Lorenzo Realio (1583-1637), che per la sua qualità di alto esponente politico di quello Stato e perché ammiraglio era la persona più indicata a valutare la proposta sotto tutti gli aspetti; ma è pur notevole per la conoscenza del costume intellettuale dell'epoca, per il senso di colleganza che si pensava potesse unire i dotti più avanzati del tempo, che Galilei fra gli altri si rivolse, e per la prima volta scrisse, a Ugo Grozio perché « voglia interporre ed impiegare quella autorità che la sua condizione gli concede appresso i più grandi della sua patria ». Ci sembra infatti interessante segno della modernità e della grande ampiezza di vedute che Galilei, pur vecchio

dentissimo ed officiosissimo amico il molt'Ill. Sig. Elia Diodati da Parigi. Queste mi sono pervenute in tempo che non ne ho potuto leggere pure una sillaba, mediante una flussione nell'occhio destro, che mi toglie l'uso della vista non meno che se io fussi del tutto cieco; onde mi è stato forza servirmi degli occhi altrui. E siccome tale mia passione mi è stata cagionata dallo scriver molto da tre mesi in qua, così mi toglie al presente il potere scrivere pure una parola; onde per dare quella maggior soddisfazione, che il mio sinistro accidente mi permette, a V. S. Illustriss. ed al Sig. Ortensio, ho preso partito di scrivere a lei sola, in modo però che la mia risposta serva per ambedue le Signorie loro. E questo torna tanto opportuna-

e separato dal mondo, vedesse nel giovane Stato olandese, giunto a indipendenza dopo una dura lotta contro l'oppressione spagnola, una speranza per il progresso non solo delle libertà politiche e giuridiche, di cui il pensiero del Grozio è testimonianza alta e solenne, ma anche delle scienze, per quella esigenza di fervida e libera attività mercantile che erano lì altamente apprezzate, come nella repubblica veneta, tra il sec. XVI e il XVII, l'utilità derivante alle arti e ai mestieri e ai commerci dal libero progresso del pensiero scientifico. Nel sottolineare sotto l'aspetto storico e politico il significato del gesto di Galilei, che si rivolse a un governo di uno Stato giovane e per di più non cattolico, modernamente costruito su una società in espansione, non si può non considerare che Galilei potè aver riflettuto, dopo le amare esperienze personali, che la libertà scientifica esigeva soprattutto, come condizione per la propria tutela, la libertà di pensiero e di azione, che nelle condizioni dell'epoca solo una società liberale e mercantile quale infatti il pensiero giusnaturalistico del Grozio intendeva, poteva assicurare.

La lettera al Realio, che di tutto il carteggio con gli Olandesi abbiamo creduto di pubblicare, è interessante perché documenta il primo tentativo compiuto da Galilei di applicare la legge sulle oscillazioni pendolari ad un meccanismo capace di misurare il tempo e la sua applicazione ai comuni « oriuoli ». L'invenzione dell'orologio a pendolo, in effetti, non fu soltanto progettata ma anche messa in pratica da Galilei e dal figlio Vincenzo, come scrisse infatti il Viviani, nella sua lettera del 20 agosto 1653 al principe Leopoldo, intitolata appunto *Dell'invenzione dell'orologio a pendolo*. In essa si legge infatti che verso il 1641 Galilei iniziò la costruzione dell'orologio: « ma perché l'esser privo di vista gli toglieva di poter far disegni e modelli a fine d'incontrare quell'artificio che più proporzionato fosse all'effetto concepito, venendo un giorno di Firenze in Arcetri il detto sig. Vincenzio suo figlio, gli conferì Galileo il suo pensiero ». Dice anche che, volendo Vincenzo Galilei costruirlo personalmente, senza ricorrere ad artefici allo scopo di mantenere il segreto, si rimandò tutto, finché poi sopravvenne la morte dello scienziato.

mente, quanto le domande contenute nelle lettere loro sono l'istesse.

Mi avvisa V. S. Illustriss., aver presentata la mia proposta a gl'Illustriss. e Potentiss. Ordini delle Provincie Unite [2], e quella essere stata gratamente e benignamente ricevuta e di più averne sopra di essa decretato, e che per mano del Sig. Ortensio riceverei copia della risoluzione di essi Signori Illustriss. e Potentissimi [3], la quale però non mi è pervenuta, mancandoci l'autenticazione del Sig. Cornelio Musch, di cotesti Pontentissimi Signori degno Grafiario, cioè (come credo in nostra lingua) Cancelliere: contuttociò non voglio restar di dare quella maggior soddisfazione, che al presente mi sarà conceduto, alle domande e a i dubbi che mi vengono promossi sopra la pratica usuale della mia invenzione sopra il ritrovamento delle longitudini tanto in mare quanto in terra.

Il dubbio che principalmente vien promosso da V. S. Illustriss., per quanto mi significa il Sig. Ortensio, è circa il potersi adoperare il telescopio in nave, la quale per le fluttuazioni dell'onde non sia per permettere di poter fare le debite osservazioni intorno a i satelliti di Giove. La seconda difficultà, pure del medesimo Sig. Ortensio addotta, è il mancare in coteste parti telescopi di tanta perfezione, che basti per ben distinguere le piccoline stelle concomitanti il pianeta di Giove. Domanda l'istesso Sig. Ortensio tavole e modo di usarle per poter esattamente calculare di tempo in tempo i movimenti, ed in conseguenza gli aspetti, delle medesime piccole stelle. Richiede, oltre a ciò, la fabbrica dell'orologio da me proposto, di tanta esquisitezza che basti per numerare le parti del tempo, ancorché menomissime, senza errore alcuno in tutti i luoghi ed in tutte le stagioni dell'anno.

[2] È la proposta del 15 agosto 1636 per cui cfr. la nota precedente.

[3] Martino van den Hove (1605-1639) era stato incaricato dal governo olandese di venire in Italia per trattare con Galilei; ma morì mentre si accingeva a partire. È noto tra l'altro che, non appena il Sant'Uffizio fu avvertito che Galilei era in trattative con un governo non cattolico, sconsigliò energicamente lo scienziato dal continuare le trattative e oppose molte difficoltà all'arrivo in Italia di un emissario olandese.

Quanto alla prima difficultà, non è dubbio che si rappresenta essere la maggiore, alla quale però credo aver posto rimedio, nelle mediocri commozioni della nave; e tanto dee bastare, attesoché nelle grandi agitazioni e tempeste, che il più delle volte tolgono anco la vista del sole, non che dell'altre stelle, cessano tutte l'altre osservazioni, anzi pure tutti gli offizi marinareschi. Però nelle mediocri agitazioni penso potersi ridurre lo stato di quello che dee fare l'osservazioni ad una placidità simile alla tranquillità e bonaccia del mare; e per conseguire un tal benefizio ho pensato di collocare l'osservatore in luogo talmente preparato nella nave, che non solamente le commozioni da prua a poppa, ma né anco le laterali delle bande, sieno punto sentite: ed il mio pensiero ha tal fondamento. Se la nave stesse sempre in acqua placidissima e nulla fluttuante, non è dubbio che l'uso del telescopio sarebbe egualmente facile che in terra ferma. Ora io voglio costituire l'osservatore in una piccola nave collocata nella nave grande, la quale piccola nave abbia dentro una quantità d'acqua, conforme al bisogno che appresso dirò. Qui primieramente è manifesto, che l'acqua nel piccolo vaso contenuta, ancorché la gran nave inclini o reclini a destra ed a sinistra, innanzi e indietro, si conserverà sempre equilibrata, senza mai alzarsi o abbassarsi in alcuna delle sue parti, ma si conserverà sempre parallela all'orizonte [4]; di modo che se in questa piccola nave noi ne costituissimo un'altra minore, galleggiante nell'acqua contenuta, verrebbe a ritrovarsi in un mare placidissimo, ed in conseguenza starebbe senza fluttuare: e questa seconda navicella ha da essere il luogo dove l'osservatore dee collocarsi. Voglio per tanto che il primo vaso, che dee contenere l'acqua, sia come un gran catino in forma di mezzo orbe sferico, e che simile a questo sia il vaso minore, e solamente tanto più piccolo, che tra la convessa superficie sua e la concava del con-

[4] L'interesse per la statica dei fluidi si allargò poi allo studio del mare. Con le considerazioni riportate in questo passo, circa l'opportunità che il telescopio non venga turbato dal movimento della nave, Galilei sembra precedere l'invenzione dei moderni accorgimenti tecnici ora in uso per evitare il minimo inconveniente alle bussole sulle navi.

tenente non rimanga spazio maggiore della grossezza del dito pollice; pel che accaderà che pochissima quantità d'acqua basterà per reggere il vaso interiore, non meno che se fusse costituito nell'ampio oceano, siccome io dimostro nel mio trattato delle cose che galleggiano nell'acqua; che veramente nel primo aspetto ha del maraviglioso e dell'incredibile. La grandezza di questi vasi dee essere tale, che l'interiore e più piccolo possa sostenere senza sommergersi il peso di colui che ha da fare l'osservazioni, ed insieme il sedile e gli altri ordigni accomodati alla collocazione del telescopio. Ed acciò che il vaso contenuto sia sempre separato dalla superficie del contenente senza toccarla mai, sicché non possa esso ancora esser commosso nel modo che esso contenente vien commosso dall'agitazione della nave, voglio che nella superficie interna e concava del vaso contenente, ovvero nella convessa del contenuto, si fermino alcune molle, in numero d'otto o dieci, le quali impediscano l'accostamento tra gli due vasi, ma non tolgano all'interiore il non ubbidire a gli alzamenti ed abbassamenti delle sponde del contenente: e se in cambio d'acqua volessimo porvi olio, tanto ed anco meglio servirebbe, né la quantità sarebbe molta, perché due o al più tre barili sarebbero a bastanza. Potrebbe V. S. Illustriss. ed il Sig. Ortensio farne un poco d'esperienza con due piccoli catini di rame, mettendo nel minore una quantità d'arena, purché galleggiasse nell'acqua, e fermato uno stilo eretto dentro ad essa arena commuovere il vaso esterno, inclinandolo ora da questa ed ora da quella parte: vedranno mantenersi sempre detto stile nella medesima positura senza punto inclinare, e massime se le inclinazioni del vaso contenente si faranno tarde e con notabile intervallo di tempo tra l'una e l'altra, quali finalmente sono quelle delle gran navi. Ma V. S. Illustriss. tenga pure per fermo, che quando si cominci a porre studio nel praticare simili operazioni, non ci mancheranno uomini di tal destrezza, che col tempo si avvezzeranno a praticare queste operazioni senza altri artifiziosi preparamenti. Io feci già sul principio, per l'uso delle nostre galere, certa cuffia in forma di celata [5], che

[5] È quel celatone di cui si parla nella lettera al Picchena del 1617 (p. 921).

tenendola in capo l'osservatore, ed avendo a quella affisso un telescopio, aggiustato in modo che rimirava sempre l'istesso punto, al quale l'altro occhio libero indirizzava la vista, senza farci altro, l'oggetto che egli riguardava coll'occhio libero si trovava sempre in contro al telescopio. Una macchina simile si potrebbe comporre, la quale non sopra il capo solo, ma sopra le spalle e il busto del riguardante immobilmente si fermasse, nella qual fusse affisso un telescopio della grandezza necessaria per ben discernere le piccole stelle Gioviali, e fusse talmente accomodato, rispondente all'uno degli occhi, che andasse a ferire nell'oggetto veduto dall'altro occhio libero, che col semplice dirizzar la vista al corpo di Giove l'altro occhio l'andasse ad incontrare col telescopio, ed in conseguenza vedesse le stelle a lui propingue.

Quanto al secondo punto, che è del trovarsi telescopi di maggior efficacia di quelli che si fabbricano costì, mi pare d'avere scritto altra volta, la facoltà di quello che ho adoprato io esser tale, che mostra, primieramente, il disco di Giove non irsuto, ma terminatissimo, non meno che l'occhio libero scorga il lembo della luna; e così terminati mostra ancora i satelliti di quello, e di grandezza tale, che all'occhio libero non si mostrano più grandi e distinte le fisse della seconda grandezza; e di più, seguitando col telescopio il movimento di Giove, essi satelliti si vedono, la sera, innanzi, e la mattina, dopo, all'apparire o sparire delle fisse, e l'istesso Giove, seguitandolo col medesimo telescopio, si vede tutto il giorno, come anco Venere e gli altri pianeti e buona parte delle fisse: e qui giudichi V. S. Illustriss. ed il Sig. Ortensio, quale immenso benefizio sia quello che questo mirabile strumento arreca alle scienze astronomiche. Io non mancheró di mandare i vetri a V. S. Illustriss., e forse verranno colla presente, se però il mio artefice [6], che gli lavora, averà il comodo di fabbricarmene uno: e questo dico, perché il Serenissimo Gran Duca mio Signore, invaghito di tali strumenti, tiene continuamente questo mio uomo appresso di sé, conducendolo sempre seco per tutte le terre e ville dove

[6] Fu detto il Tordo; di lui si sa solo che era un valentissimo meccanico.

S. A. si trasferisce. Sicché non mettano dubbio sopra la fabbrica e riuscita di tali ordigni.

Vengo ora al secondo artifizio per accrescere in immenso le puntualissime osservazioni astronomiche. Parlo del mio misuratore del tempo, la precisione del quale è tanta e tale, che non solamente ci darà la quantità esatta delle ore e minuti primi e secondi ed anco terzi, se la frequenza loro fusse da noi numerabile; e la giustezza è tale, che fabbricati due, quattro o sei di tali strumenti, cammineranno tra di loro tanto giustamente, che l'uno non differirà dall'altro, non solamente in un'ora, ma in un giorno né in un mese do tempo, pure d'una pulsazione di polso. Ed il fondamento di tal fabbrica traggo io da una ammirabile proposizione, che io dimostro nel mio libro *de motu* che ora *est sub prelo* de i Sig. Elzeviri in Leida [7]; e la proposizione è tale: Se in un cerchio eretto all'orizonte s'ecciterà dal toccamento la perpendicolare, che in conseguenza sarà diametro del cerchio, e dal punto del contatto, ovvero dal termine sublime del diametro, si tireranno quante si vogliono corde, sopra le quali s'intendano scendere mobili come sopra piani inclinati, i tempi de i loro passaggi sopra tali corde e sopra il diametro stesso saranno tutti eguali; sicché se, v. gr., dal contatto imo si tireranno sino alla circonferenza le suttese di 1, 4, 10, 30, 50, 100, 160 gr., il mobile sopra tali inclinazioni e lunghezze scenderà per tutte in tempi eguali, ed anco in tutto il diametro perpendicolare. E questo accade ancora nelle parti delle circonferenze de i due quadranti inferiori, nelle quali, come se fussero canali ne i quali scendesse un globo grave, in tanto tempo passerà tutta la circonfernza dell'intero quadrante, quanto se incominciasse a muoversi 60, 40, 20, 10, 4, 2 o un sol grado lontano dall'imo punto del contatto. Accidente in vero pieno di maraviglia, e del quale ciascheduno si può render sicuro col sospendere da un filo, legato in alto, un globetto di piombo o d'altra materia grave, e quello allontanando dallo stato perpendicolare, sin che si elevi per una quarta; lasciatolo poi in libertà, si vedrà andare e ritornare, facendo moltissime reciprocazioni, grandi le prime, e poi diminuendole continuamente, sin che si riduca a non si allontanare più d'un sol grado di qua e di là dallo stato perpendicolare; e camminando sempre per là medesima circonferenza, si vedrà le vibrazioni grandi, mezzane, piccole e piccolissime, farsi sempre sotto tempi eguali. E volendone più ferma esperienza, sospendansi due simili globetti da due fili d'eguale lunghezza, e slargato ed allontanatone uno per un arco grandissimo di 80 o più gradi dal perpendicolo, e l'altro due o tre gradi solamente, e lasciatili in libertà, numeri uno le vibrazioni dell'uno de i penduli, ed un altro le vibrazioni dell'altro pendulo, ché si troveranno congiuntissimamente numerarne un cento, per esempio, delle grandi, quando appunto averà l'altro numerato cento delle piccolissime.

[7] Sono i *Discorsi intorno a due nuove scienze*, che gli impedimenti e divieti del Sant'Uffizio non consentirono che si stampassero in Italia.

Da questo verissimo e stabile principio traggo io la struttura del mio numeratore del tempo, servendomi non d'un peso pendente da un filo, ma di un pendulo di materia solida e grave, qual sarebbe ottone o rame; il qual pendulo fo in forma di settore di cerchio di dodici o quindici gradi, il cui semidiametro sia due o tre palmi; e quanto maggiore sarà, con minor tedio se gli potrà assistere. Questo tal settore fo più grosso nel semidiametro di mezzo, andandolo assottigliando verso i lati estremi, dove fo che termini in una linea assai tagliente, per evitare quanto si possa l'impedimento dell'aria, che sola lo va ritardando. Questo è perforato nel centro, per quale passa un feretto in forma di quelli sopra i quali si voltano le stadere; il qual ferretto, terminando nella parte di sotto in un angolo, e posando sopra due sostegni di bronzo, acciò meno si consumino pel lungo muovergli il settore, rimosso esso settore per molti gradi dallo stato perpendicolare (quando sia bene bilicato), prima che si fermi anderà reciprocando di qua e di là numero grandissimo di vibrazioni; le quali per poter andare continuando secondo il bisogno, converrà che chi gli assiste gli dia a tempo un impulso gagliardo, riducendolo alle vibrazioni ample: e fatta, per una volta tanto, con pazienza la numerazione delle vibrazioni che si fanno in un giorno naturale, misurato colla revoluzione d'una stella fissa, s'averà il numero

delle vibrazioni d'un'ora, d'un minuto e d'altra minor parte. Potrassi ancora, fatta questa prima esperienza col pendulo di qualsivoglia lunghezza, crescerlo o diminuirlo, sicché ciascheduna vibrazione importi il tempo di un minuto secondo; imperocché le lunghezze di tali penduli mantengono fra di loro duplicata proporzione di quella de i tempi, come per esempio: Posto che un pendulo di lunghezza di quattro palmi faccia in un dato tempo mille vibrazioni, quando noi volessimo la lunghezza d'un altro pendulo che nell'istesso tempo facesse duplicato numero di vibrazioni, bisogna che la lunghezza del pendulo sia la quarta parte della lunghezza dell'altro; ed in somma, come si può vedere coll'esperienza, la moltitudine delle vibrazioni de i pendoli da lunghezze diseguali è sudduplicata di esse lunghezze.

Per evitar poi il tedio di chi dovesse perpetuamente assistere a numerare le vibrazioni, ci è un assai comodo provvedimento, in questo modo: cioè facendo che dal mezzo della circonferenza del settore sporga in fuora un piccolissimo e sottilissimo stiletto, il quale nel passare percuota in una setola fissa in una delle sue estremità, la qual setola posi sopra i denti d'una ruota leggierissima quanto una carta, la quale sia posta in piano orizontale vicina al pendolo, ed avendo intorno denti a guisa di quelli d'una sega; cioè con uno de i lati posto a squadra sopra il piano della ruota, e l'altro inclinato obliquamente, presti questo offizio, che nell'urtare la setoletta nel lato perpendicolare del dente, lo muova, ma nel ritorno poi la medesima setola sopra il lato obliquo del dente non lo muova altrimenti, ma lo vadia strisciando e vadia ricadendo a piè del dente susseguente: e così nel passaggio del pendolo si muoverà la ruota per lo spazio d'uno de' suoi denti, ma nel ritorno del pendulo essa ruota non si muoverà punto; onde il suo moto ne riuscirà circolare sempre per l'istesso verso, ed avendo contrassegnati con numeri i denti, si vedrà ad arbitrio nostro la moltitudine de i denti passati, ed in conseguenza il numero delle vibrazioni e delle particelle del tempo decorse. Si può ancora intorno al centro di questa prima ruota adattarne un'altra di piccolo numero di denti, la quale tocchi un'altra maggior ruota dentata, dal moto della quale potremo

apprendere il numero dell'intere revoluzioni della prima ruota, compartendo la moltitudine de i denti in modo che, per esempio, quando la seconda ruota avrà dato una conversione, la prima ne abbia date 20, 30 o 40 o quante più ne piacesse. Ma il significar questo alle SS. loro, che hanno uomini esquisitissimi ed ingegnosissimi in fabbricare orologi ed altre macchine ammirande, è cosa superflua, perché essi medesimi sopra questo fondamento nuovo, di sapere che il pendulo, muovasi per grandi o per brevi spazi, fa le sue reciprocazioni egualissime, troveranno conseguenze più sottili di quelle che io possa immaginarmi. E siccome la fallacia degli orologi consiste principalmente nel non s'essere sin qui potuto fabbricare quello che noi chiamiamo il tempo dell'orologio, tanto aggiustatamente che faccia le sue vibrazioni eguali; così in questo mio pendolo semplicissimo, e non suggetto ad alterazione alcuna, si contiene il modo di mantenere sempre egualissime le misure del tempo. Ora intende V. S. Illustriss., insieme col Sig. Ortensio, quale e quanto sia il benefizio nelle osservazioni astronomiche, per le quali non è necessario far andare perpetuamente l'orologio, ma basta, per l'ore da numerarsi *a meridie* ovvero *ab occasu*, sapere le minuzie del tempo sino a qualche eclisse, congiunzione o altro aspetto ne i moti celesti.

Quanto alle tavole de i movimenti de i satelliti di Giove ed al modo che io ho tenuto per calculare e fabbricare l'effemeridi, io non posso di presente interamente soddisfarle, attesoché mi trovo talmente impedito da una flussione nell'occhio destro, che mi toglie con mio grandissimo dispiacere il poter né scrivere né leggere pur una sola parola; ed avendo bisogno, in grazia del Signor Ortensio, per stabilire le radici di tali movimenti, di rivedere le presenti costituzioni, per poter raggiustare i loro movimenti medi, ed oltre a questo riscontrare numero grande d'osservazioni fatte in molti anni continuamente da me, non potendo prevalermi né punto né poco della vista, è forza che io aspetti quanto piacerà alla mia mala sorte, che forse non potrebbero passar molti giorni.

Quanto a quella parte che mi tocca il dottissimo Sig. Ortensio, cioè di poter cominciare a praticare il mio trovato in terra, per raggiustare le carte e stabilire con somma preci-

sione le longitudini dell'isole, porti ed altri luoghi fermi; in questo fatto non ci è bisogno di tavole né d'altre effemeridi, ma si ricercano due osservatori, uno fermo nel primo meridiano, che pongo esser cotesto d'Amsterdam, e l'altro che vadia di luogo in luogo facendo, per tre, quattro o sei notti, le osservazioni delle congiunzioni, separazioni ed altri aspetti, tenendo esatto conto del tempo che casca tra il loro mezzo giorno e l'incidenze di tali aspetti; i quali, mandati e riscontrati con i medesimi accaduti ed osservati, daranno la diffefenza de i meridiani, cioè la cercata longitudine. Converrà dunque avanti ogni altra cosa, che gl'Illustrissimi e Potentissimi Signori Ordini commettano che in Amsterdam sia assegnato e preparato un osservatorio con gl'instrumenti necessari per fare continue osservazioni, e che a questa carica sia eletto uomo scienziato in astronomia, diligente e paziente, quale sono stato io per molti anni per ritrovare quello che con fatiche veramente atlantiche ho conseguito. Per tale offizio so che in coteste parti non sono per mancare uomini idonei: io però, per quello che ho potuto penetrare del valore del Sig. Martino Ortensio, stimo ch'egli sarebbe non solamente attissimo per questo servizio, ma senza pari, o almeno senza superiore. Quando dunque questo Signore non recusi d'applicarsi all'impresa, io ad esso invierò tutto quello che resta per pienamente e liberamente scuoprire a gl'Illustrissimi e Potentissimi Sig. ogni mia invenzione. E perché quello che appresso voglio soggiungere è il primo principalissimo di tutta questa impresa, non resterò di replicarlo, benché già ne abbia scritto con grande esagerazione.

Comporti dunque V. S. Illustriss. che io replichi, che non solamente dell'imprese ed arti magne i principii sono stati tenui, e bisognosi che la solerzia e continuo studio d'ingegni perspicaci vadia superando col tempo le prime apparenti difficultà, ma questo medesimo è accaduto nell'arti minime e basse. Voglio per questo inferire, che non avendo io potuto comparire con un'arte già stabilita e perfezionata, poiché né sono stato marinaro né anco ricercatore di luoghi remoti, però bisogna che gl'Illustriss. e Potentiss. SS. si rimettano al giudizio di persone intelligenti, e volendo conseguire il desiderato fine, comandino che si dia principio ad una tanta impresa, senza interromperla o ritardarla per quelle difficultà che da principio s'incontrassero, imperocché tutte si supereranno, non se ne potendo incontrare alcuna della quale molto maggiori non ne abbia l'umana industria superate.

Io ho fatto elezione di presentare a cotesti Illustriss. e Potentiss. SS. il mio trovato più che a qualsivoglia altro principe assoluto, imperocché quando il principe solo non sia bastante a capacitare tutta questa macchina, siccome quasi sempre avviene, dovendosi rimettere al consiglio di altri e ben spesso non molto intelligenti, quello affetto che rare volte si separa dalle menti umane, cioè di non vedere con buon occhio esaltare altri sopra di sé stesso, cagiona che il principe, mal consigliato, disprezza l'offerte, e l'oblatore, in vece di premio e di grazie, ne riporta disturbo e vilipendio; ma in una repubblica, dove le deliberazioni dipendono dalla consulta di molti, piccol numero ed anco un solo de i potenti, e mezzanamente intelligente delle materie proposte, può fare animo a gli altri SS. di prestare il loro assenso, e concorrere all'abbracciamento dell'imprese. Questo aiuto ho io sperato dal favore e dall'autorità di V. S. Illustriss.; e quando succeda che per suo consiglio si ponga mano all'impresa, io ne sentirò contento grande, benché la mia gravissima età, non mi lasci speranza di poter vedere, i miei studi e le mie fatiche aver prodotto e maturato il frutto che per me ne è per risultare al genere umano in queste due grandissime e nobilissime arti, nautica ed astronomica.

Ho soverchiamente tenuta occupata V. S. Illustriss.: la prego a scusarmi ed a communicare quanto scrivo col Sig. Ortensio ed al Sig. Blauvio, eletto pel terzo de' SS. Commissari, salutandogli con riverente affetto per mia parte: mentre umilmente a V. S. Illustriss. m'inchino, e le prego da Dio il colmo d'ogni felicità.

XXI.

A Gio. Battista Baliani [1].

Firenze, 7 gennaio 1639.

Ill.mo Sig.re e P.ron mio Col.mo,

La gratissima lettera di V. S. Ill.ma mi fu resa hieri, insieme col suo libro *Del moto*, dal molto Rev. P. D. Clemente di S. Carlo delle Scole Pie [2], compagno del Rev. P. Francesco di S. Giuseppe [3]: o perché il mio infortunio di esser cieco del tutto da circa due anni in qua non mi permette il poter vedere né anche il sole, non che oggetti tanto minori e privi di luce quali sono le scritture e le figure geometriche, ho ottenuto

[1] Il 1639 segna un frequente scambio di lettere tra Galilei ed il Baliani: questi aveva da poco pubblicato il *De motu naturali gravium solidorum* e il 17 dicembre 1638 ne inviò copia a Galilei, pregandolo di « legerla a corregerla e dirmene il suo parere ». L'opera del Baliani svela le doti scientifiche dell'autore: egli mostra di avere fin dal 1611 raggiunto per via sperimentale la determinazione della legge che regola la velocità di caduta dei gravi. Si può così intendere il tono della risposta di Galilei il quale sottolinea l'« aggressione diversa » con cui ha affrontato l'indagine sui moti, e cioè mediante un'argomentazione *ex suppositione*, per via dimostrativa, alla quale le eccezioni particolari non arrecano, a suo dire, alcun disturbo. Sembra che qui – come nella lettera al Carcavy del 1637 (pp. 941-48) – Galilei assuma un atteggiamento difensivo e giustificativo di fronte alle argomentazioni del Baliani; non manca infatti di notare che c'è corrispondenza tra « il moto dei gravi et i suoi accidenti » e « gli accidenti dimostrati da me nel moto da me definito »: pare quindi che egli non respinga l'esperienza, ma le assegni un ruolo subalterno e surrettizio rispetto al ragionamento.

Nella lettera successiva del 1° luglio 1639, il Baliani, con molto rispetto, insiste nella valorizzazione dell'esperienza, secondo la lezione che deriva non tanto da questa lettera, quanto da tutta l'opera di Galilei: « Io in vero ho giudicato che l'esperienze si debbano por per principii della scienza, quando son sicure, e che dalle cose note per lo senso sia parte della scienza condurci in cognizione delle igniote » (XVIII, p. 69).

[2] Clemente Settimi, nato a Camerino nel 1612 ed entrato nella Congregazione delle scuole Pie col nome di Clemente di S. Carlo, fu insegnante privato di geometria ed ebbe fra i suoi allievi anche Vincenzio Viviani. Fu denunziato al Sant'Uffizio perché amico e seguace di Galilei; prosciolto fu ancora perseguitato, finché non fu mandato in Sicilia.

[3] Famiano Michelini (1600-1666) entrò nella congregazione delle Scuole Pie col nome di Francesco di S. Giuseppe; lettore di matematica a Pisa dopo il Renieri, fu uno dei più illustri studiosi di idraulica.

questo giorno che il sopradetto P. D. Clemente sia venuto a trattenersi da me per molte hore, nel qual tempo haviamo di compagnia scorso il detto suo libro, veramente con mio gusto particolare, ancorché io non habbia potuto intendere distintamente le dimostrazioni, non potendo incontrarle con le figure; ma per la pratica che ho della materia, e per sentire buona parte delle sue propositioni incontrarsi con le mie già scritte, ho penetrato i suoi sensi e concetti.

Io ho trattato la medesima materia, ma alquanto più diffusamente e con aggressione diversa; imperoché io non suppongo cosa nessuna se non la diffinitione del moto, del quale io voglio trattare e dimostrarne gl'accidenti, imitando in questo Archimede nelle Linee Spirali [4], dove egli, essendosi dichiarato di quello che egli intenda per moto fatto nella spirale, che è composto di due equabili, uno retto e l'altro circolare, passa immediatamente a dimostrare le sue passioni. Io mi dichiaro di volere esaminare quali siano i sintomi che accaggiono nel moto di un mobile il quale, partendosi dallo stato di quiete, vada movendosi con velocità crescente sempre nel medesimo modo, cioè che gl'acquisti di essa velocità vadano crescendo non a salti, ma equabilmente secondo il crescimento del tempo; siché il grado di velocità acquistato, per esempio, in due minuti di tempo sia doppio dell'acquistato in un minuto, e l'acquistato in tre minuti, e poi in quattro, triplo, e poi quadruplo, del medesimo che fu acquistato nel primo minuto; e non premettendo altra cosa nessuna, vengo alla prima dimostrazione, nella quale provo, gli spatii passati da cotal mobile essere in dupplicata proportione di quella de' tempi, e séguito poi a dimostrare buon numero di altri accidenti [5]. De' quali ella ne tocca alcuni, ma io molti più ve ne aggiungo, e per avventura più pellegrini, come V. S. Ill.ma potrà vedere nel mio Dialogo di tal materia, già due anni fa stampato in Amsterdam: del quale non me ne è venuto, salvo che di foglio in foglio mandato di là per le correttioni e per fabbricarne una tavola delle cose più notabili; di poi non me ne è pervenuto pur uno,

[4] Archimede, *De spiralibus*.

[5] Cfr. *Discorsi intorno a due nuove scienze*, vol. II, p. 741.

e tuttavia so che ne sono stati sparsi per tutte le provincie settentrionali, e, quello che è più, intendo che in Roma ve ne sono capitati e che vi si vendono tre scudi l'uno; e questi per avventura possono essere quegli che, essendo pervenuti in Praga, furono immediatamente raccolti tutti da' PP. Gesuiti, sicché né l'Imperatore istesso potette ottenerne una copia, havendo mandato il S.r Francesco Piccolomini [6], suo cameriere, per haverle, come l'istesso S.r Piccolomini, tornato qua circa due mesi sono, a bocca mi replicò. Se mai me ne perverranno, non mancherò di inviarne uno a V. S. Ill.ma; intanto starò aspettando con desiderio di sentire i suoi pensieri intorno alli liquidi, materia alla mia mente molto oscura e piena di difficultà.

Ma tornando al mio trattato del moto, argomento *ex suppositione* sopra il moto, in quella maniera diffinito; siché quando bene le conseguenze non rispondessero alli accidenti del moto naturale de' gravi descendenti, poco a me importerebbe, siccome nulla deroga alle dimostratione di Archimede il non trovarsi in natura alcun mobile che si muova per linee spirali. Ma in questo sono io stato, dirò così, avventurato, poiché il moto dei gravi et i suoi accidenti rispondono puntualmente alli accidenti dimostrati da me del moto da me definito. Tratto anco del moto de' proietti, dimostrandone diverse passioni [7]: tra le quali è quasi che principale il dimostrare come il proietto cacciato dal proiciente, qual sarebbe la palla cacciata dal fuoco per l'artiglieria, fa la sua massima volata, cadendo cioè nella massima lontananza, mentre il pezzo sia elevato a mezo angolo retto, cioè a gradi 45; e più, che gli altri tiri, fatti da maggiore o minore elevatione, riescono fra di loro eguali, quando il pezzo per eguali gradi si eleva hora sopra et hor sotto li detti gradi 45.

Vedrà anche V. S. Ill.ma nel medesimo mio Dialogo un trattato della resistenza de' corpi solidi all'essere spezzati,

[6] Francesco Piccolomini, conte d'Appiano e cavaliere di S. Giacomo, fu nel 1638 cavaliere segreto dell'imperatore Ferdinando II, che lo nominò poi capitano delle sue guardie svizzere.

[7] Cfr. la lettera ad Antonio de' Medici del febbraio 1609, da noi in parte riportata nel vol. II, p. 769, n. 1.

materia molto utile nell'arte mecanica. Io havrei nella fantasia buon numero di problemi e questioni spezzate, parte del tutto nuove e parte diverse o contrarie dalle communemente ricevute [8], e se ne potria fare un libro più curioso degli altri da me scritti; ma il mio stato, pieno, oltre alla cecità, di molte altre gravissime indispositioni, aggiunte alla età decrepita di 75 anni, non mi permettono di potere occuparmi in veruno studio. Tacerò dunque, e sotto silentio passerò quel che mi resta di questa mia vita travagliosa, appagandomi del gusto che sentirò dai trovati di altri ingegni pellegrini, et in particolare da quello di V. S. Ill.ma; alla quale intanto mi confermo suo devotissimo servitore, e con reverente affetto gli bacio le mani e li prego intera felicità.

Di Firenze, il 7 di Gennaio 1639.

Di V. S. Ill.ma Dev.mo et Obblig.mo Ser.re
Galileo Galilei.

XXII.

A Gio. Battista Baliani [1].

Arcetri, 1° agosto 1639.

Ill.mo Sig.r e P.ron mio Col.mo,

Altra prosperità di corpo ed altra tranquillità di mente, che quella che a me vien conceduta, mi bisognarebbe per condegnamente rispondere alla lettera di V. S. Ill.ma [2], piena di cortesi affetti e di non meritate lodi. Differirò per tanto in altro tempo a satisfare a quella parte che è piena di benignità,

[8] Cfr. *Discorsi* cit., giornata prima e seconda.

[1] Nella lettera del 1° luglio Baliani, che aveva ricevuto e letto i *Discorsi intorno a due nuove scienze*, rivolge a Galilei una serie di osservazioni e di considerazioni; fra l'altro ricorda a Galilei il passo delle *Mecaniche* dove contesta alcune proposizioni delle *Collezioni matematiche* di Pappo e chiede maggior chiarimenti sulle vibrazioni pendolari e sul moto dei gravi.

[2] In una lettera del 23 aprile 1632 (XVI, p. 343) Baliani aveva per la prima volta chiesto questi chiarimenti.

e solo per hora dirò, et anco con brevità, alcuna cosa intorno alli particolari scientifici che ella mi tocca.

V. S. Ill.ma mi dice che volentieri harebbe sentito l'artificio col quale io mi sia potuto assicurare che il grave descendente a perpendicolo, partitosi dalla quiete, passi cento braccia di altezza in cinque minuti secondi. Qui due cose si cercano: la prima è il tempo della scesa per le cento braccia, la seconda è il trovare qual parte sia questo tempo delle 24 hore del primo mobile. Quanto alla prima operatione, la scesa di quella palla che io fo scendere per quel canale ed arbitrio nostro inclinato, ci darà tutti i tempi non solo delle cento braccia, ma di qualsivoglia altra quantità di caduta perpendicolare, atteso che, come ella medesima sa e dimostra, la lunghezza del detto canale, o vogliamo dire piano inclinato, è media proporzionale tra la perpendicolare elevatione di detto piano e la lunghezza di tutto lo spazio perpendicolare che nel medesimo tempo si passerebbe dal mobile cadente: come, per essempio, posto che il detto canale sia lungo 12 braccia, e la sua perpendicolare elevazione sia mezo braccio, un braccio o due, lo spazio passato nella perpendicolare sarà braccia 288, 144 o 72, come è manifesto. Resta hora che troviamo la quantità del tempo delle scese per il canale. Ciò otterremo dalla ammirabile proprietà del pendolo, che è di fare tutte le sue vibrationi, grandi o piccole, sotto tempi eguali. Si ricerca, *pro una vice tantum*, che dua, tre o quattro amici curiosi e pazienti, havendo appostata una stella fissa che risponda contro a qualche segno stabile, preso un pendolo di qualsivoglia lunghezza, si vadano numerando le sue vibrationi per tutto il tempo del ritorno della medesima fissa al primo luogo; e questo sarà il numero delle vibrationi di 24 hore. Dal numero di queste potremo ritrovare il numero delle vibrationi di; qualsivoglino altri pendoli minori e minori a nostro piacimento, siché se, v. g., le numerate da noi nelle 24 hore, fossero state, v. g., 234 567, pigliando un altro pendolo più breve col quale uno numeri, per esempio, 800 vibrationi mentre che l'altro numerasse 150 delle maggiori, già haveremo per la regola aurea il numero delle vibrationi di tutto il tempo delle 24 hore: e se con queste vibrationi vorremo sapere il tempo della

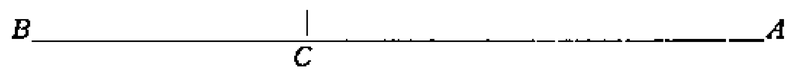
scesa per il canale, potremo con la medesima agevolezza ritrovare non solo i minuti primi, secondi e terzi, ma quarti e quinti, e quanto più ci piacerà. Vero è che noi potremo passare a più esatte misure con havere veduto et osservato qual sia il flusso dell'acqua per un sottile cannello, perché raccogliendola, et havendo pesata quanta ne passa, v. g., in un minuto, potremo poi, col pesare la passata nel tempo della scesa per il canale, trovare l'esattissima misura e quantità di esso tempo, servendoci massime di una bilancia così esatta che tira ad un sessantesimo di grano[3]. Questo è quanto all'artificio; il quale penso che ella stimerà esquisitissimo, ancorché poi volendo sperimentare se quello che io scrissi delle 100 braccia in cinque secondi sia vero, lo trovasse falso, perché per manifestare la estrema gofferia di quello che scriveva et assegnava il tempo della caduta della palla d'artiglieria dall'orbe lunare, poco importa che i cinque minuti delle 100 braccia siano o non siano giusti.

Che V. S. Illustrissima, benché approvi quelle sottigliezze che io arreco, in proposito di quei vacui disseminati, per la esplicatione della condensatione e rarefatione senza la necessità di introdurre la penetratione dei corpi o gli spatii quanti vacui, soggiunga poi di non restare intieramenre appagato, io non me ne maraviglio, dovendo noi con l'intelletto fare una mescolanza di infiniti e di indivisibili, quelli per la troppa grandezza, e questi per la piccolezza, soverchiamente sproporzionati all'intelletto nostro, terminato e finito: e bene a me sarebbe carissimo il sentire qualche sua contemplatione in proposito di questi due effetti, ché sono sicuro che sentirei concetti molto più rationabili di quelli che sono stati sin qui arrecati da gl'altri filosofi[4].

[3] Cfr. lettera a Guidobaldo del Monte, pp. 857-62.

[4] « Mi par benissimo provato – aveva scritto il Baliani – ove consista non solo la resistenza al rompersi delle corde legne pietre e metalli, ma anche dell'acqua, in occasione di che io le domandai aiuto in un sifone alto circa 40 braccia, che non riuscì: e tutti i discorsi in tal materia, che V.S. fa delle particelle di vacuo, ancorché io non ne sia totalmente sodisfatto, ad ogni modo le conosco per cose sottili e molto a proposito ».

Quanto al desiderare che ella fa di essere assicurata che nella mia propositione prima del secondo Dialogo [5] la forza della resistenza habbia la medesima proportione che *C B* alla metà di *B A*, mi pareva che fusse assai chiaro, mentre che si parlava di prismi o di cilindri, intorno al centro de' quali siano circunfuse resistenze di eguali momenti: nella quale operatione casca il medesimo accidente che interviene nel vette *A B*, il cui sostegno sia in *C*, dove posti nella minore



distanza *C B* quantisivogliano pesi eguali, pendenti da distanze eguali, faranno la medesima resistenza alla forza posta in *A*, che se tutti i detti pesi, ridotti in un solo, pendessero dal mezo di *B C*. E quando sopra di ciò gli restasse pure qualche dubbio (il che non credo), tenterò con più distinta dimostrazione di rimoverlo.

Che poi l'impeto della palla descendente dalla altezza dove dalla forza del fuoco fu cacciata, non racquisti, tornando indietro, giunta le dieci braccia vicina all'archibugio, che ella ebbe quando da principio fu scaricata, da me è tenuto per effetto verissimo; ma questo non altera punto la mia propositione, nella quale io dico che il grave descendente da alto racquista, nei medesimi luoghi della scesa, della forza che era bastante a rispingerlo in su, quando ne' medesimi luoghi si ritrovò salendo [6]. Ma questo effetto niente deroga dalla mia prima opinione e proposta, e forse da quello che già si legge nei luoghi da lei citati raccor si potrebbe; ma è vero che, senza aggiungere io alcune nuove osservationi, forse non potrebbe agevolmente esser compreso. Ma il produrle ricerca un poco più di ozio e di quiete di mente di quella che di

[5] Cfr. *Discorsi* cit., vol. II, p. 687.

[6] Un'interessante legge di Galilei aveva mostrato che un corpo lasciato cadere dall'alto acquista tanta velocità da poter risalire fino al punto da cui era disceso (cfr. *Discorsi* cit., vol. II, p. 731).

presente io posseggo: lo farò altra volta, quando ella pure me lo richiegga.

Che poi il principio che io suppongo, come V. S. nota, a faccie 166, non gli paia di quella evidenza che si ricercherebbe ne' principii [7] da supporsi come noti, gli lo voglio concedere per hora, ancorché ella medesima faccia l'istessa suppositione, cioè che i gradi di velocità acquistati sopra l'orizonte da' mobili descendenti per diversi piani dalla medesima altezza siano eguali. Hor sappia V. S. Ill.ma, che doppo haver perso la vista, e per conseguenza la facoltà di potere andare internando in più profonde propositioni e dimostrazioni che non sono le ultime da me trovate e scritte, mi sono andato nelle tenebre notturne occupando intorno alle prime e più semplici propositioni, riordinandole e disponendole in miglior forma et evidenza; tra le quali mi è occorso di dimostrare il sopradetto principio nel modo che a suo tempo ella vedrà, se mi succederà di havere tanto di forze che io possa migliorare et ampliare lo scritto e publicato da me sin qui intorno al moto con aggiungervi altre speculationcelle et in particolare quella attenente alla forza della percossa, nell'investigatione della quale ho consumate molte centinaia e migliaia di hore, e finalmente ridottala ad assai facile esplicatione, siché altri in manco di mez'hora di tempo potrà restarne capace. E qui voglio tornare a dirgli che non ho memoria alcuna di quelle scritture che ella dice essergli state mandate già come pensieri del Viette [8], da me affermatogli essere miei; e però desiderarei di rinfrescarne, col suo favore, la memoria, et in particolare dello scritto intorno alla percossa, il quale non può essere se non imperfetto, essendoché quello nel quale io mi

[7] Cfr. *Discorsi* cit., vol. II, p. 737.

[8] Francesco Vieta (1540-1603), avvocato e uomo politico, fu uno dei più grandi matematici, anche se esercitò altre professioni. Dotto conoscitore di Diofanto e Cardano, scrisse un importante opuscolo, *In artem analyticam isagoge* (1591). Si occupò anche di geometria. Nell'algebra, sono legate al suo nome alcune importanti innovazioni: la legge di omogeneità e il sistema notazionale. Tratta equazioni algebriche con coefficienti letterali: il tutto con un rigore formale eccezionale.

quieto non è stato da me ritrovato salvo che da pochi anni in qua, né io so d'haverne dato fuora intiera notitia. E qui con reverente affetto gli bacio le mani.

Di Arcetri, il primo d'Agosto 1639.

Di V. S. Ill.ma Dev.mo et Obblig.mo Ser.re
Galileo Galilei.

XXIII.

A Gio. Battista Baliani [1].

Arcetri, 1° settembre 1639.

Ill.mo Sig.re e P.ron Colend.mo,

In risposta alla gratissima sua delli 19 del passato, dico che quanto al misurare il tempo con un pendulo aggiustato a fare le sue vibrazioni in un minuto secondo, si avanza la fatica del fare il calculo con la semplice operatione della regola aurea, havendo una volta tanto tenuto conto del numero delle vibrationi di qualsivoglia pendolo fatte in 24 ore: la quale osservatione è necessario che il Padre Cabeo [2] habbia fatta con un

[1] Dopo la lettera del 1° agosto, Baliani rispose con una sua del 19 agosto chiedendo altre spiegazioni sulle misurazioni delle vibrazioni pendolari, che pure avevano costituito oggetto della prima parte dello scritto galileiano del 1° agosto. In particolare egli osservava: « Vedo ciò che mi dice del modo di assicurarsi che il grave discenda per conto braccia in cinque secondi, il che tutto camina benissimo. Io hebbi tal pensiero per altra strada, e stimai che a questo dovesse giovare il ritrovar un pendolo di tal lunghezza che facesse le vibrationi precisamente in un minuto secondo; e perché è cosa che richiede diligenza e patienza, pregai il Padre Nicolò Cabeo, che mi pareva atto a ciò et a molto maggior cosa, che volesse cercarlo, et esso mi scrisse da Ferrara di haverlo fatto, e me ne mandò la misura, ed è come questa che vi è in margine [in margine è segnata una linea lunga mm. 223 ai cui estremi superiore e inferiore sono segnate rispettivamente le lettere *E* e *D*]: ove dice che il filo ha da essere longo quanto *E D* e nel *D* sia il centro della palla grave da applicarvisi dicendo che in un secondo ritorna la palla nel luogo di dove partì. Questa come V. S. vede, serve per un horologgio da misurar molte cose che richiedono tempo breve, e particolarmente servirebbe a questi (*sic*) di misurare la scesa del grave, ove fosse una torre altissima... ».

[2] Il Cabeo (1855-1650), gesuita, fu insegnante di matematica a Genova.

pendulo di qualsisia lunghezza, e da esso cavatane, con l'inventione delle medie, la lunghezza del pendolo di un minuto secondo; la quale inventione è sottoposta a qualche errore, il quale, benché piccolo, multiplicato secondo il numero delle molte vibrationi, può partorire notabile errore, il che non accade nelle vibrationi non obbligate alla lunghezza del filo che, molte centinaia di volte replicate, ci deve dare la misura del tempo, siché ogni piccolo errore preso nella lunghezza del pendulo va molte centinaia di volte multiplicato: mentre nell'altra mia operazione l'errore non può nascere, salvo che nel numerare le vibrazioni, delle quali una sola parte di una sola vibratione può esser presa più o meno del giusto. Dove accade (per dichiararmi con un esempio) il medesimo che avverrebbe a quello che volesse assegnare la lunghezza dell'anno da due ingressi del sole nell'equinoziale, presi con l'intervallo di un solo anno tra ingresso et ingresso; dove l'errore di un quarto o di una mez'ora casca tutto sopra la determinazione della quantità dell'anno, la qual quantità ritenuta come giusta con tale errore, volendo assegnare la quantità del tempo di cento, 200 e più anni, partorisce errore di 100 o 200 volte maggiore di quello che cadde nella determinazione di un solo anno: ma se si piglierà l'ingresso del sole nell'equinoziale accaduto et osservato 1000 o 1500 anni fa, e si prenderà simile ingresso al presente, posto che da gli antichi si fusse errato di una meza ora, e che non meno anco da noi si incorresse in simile errore questo, compartito nelle quantità dei 1000 o 1500 anni, al più che mi possa ingannare nell'assegnare la quantità del tempo di un anno, non può partorirmi maggior errore di quello che importi la millesima parte o 1500ma di tutto l'errore intrapreso.

Che l'uso del pendolo per misuratore del tempo sia cosa esquisitissima, ho io detto molte volte; anzi ho raccolte insieme diverse operazioni astronomiche [3], nelle quali col benefizio di tal misuratore trovo io precisioni infinitamente più esatte che quelle che si traggono da qualsivogliono strumenti astronomici, quando anco i quadranti e sestanti, armille o altri tali,

[3] Cfr. *Le operazioni astronomiche, VIII*, pp. 453-56.

havessero i lati o i diametri lunghi non solo le dua o tre braccia di quelli di Ticone, ma né 20, 30, o 50, divisi anco non solo in gradi e minuti, ma in parti di minuti ancora. E l'haver trovato modo di misurare esattamente il diametro di una stella, oltreché per sé stessa è operazione bellissima, tanto è più da stimarsi, quanto io trovo, gli astronomi che tali grandezze hanno voluto determinare si sono ingannati non dirò di 20 o 30, ma di venti o trenta mila, per cento [4].

Quanto a quello che ella mi dice della opinione sua circa alla condensazione e rarefazione, cioè che ammette la penetrazione dei corpi l'uno con l'altro, già ho io scritto (come ella può vedere) che chiunque tale operazione volesse ammettere, io gli concedo quanto li piace, non havendo io hauto intenzione di scrivere quanto in tal proposito ho scritto se non in grazia di quelli che negano la penetrazione e gli spazii vacui potersi dare in natura.

Quello che ella dice intorno alla proposizione prima del mio secondo Dialogo [5], se si dovea apprendere per principio o pure dimostrarlo, io l'ho passato come cosa per sé stessa assai chiara: perché, che nel vette la forza alla resistenza risponda reciprocamente alle distanze dal punto del sostegno, sicome è stato dimostrato da altri nelle Mecaniche, dependentemente da quello che dimostra Archimede negli Equeponderanti, può prendersi come di già conclusione nota; e che poi, piegata ad angoli retti la minor distanza sopra la maggiore, trovi la forza il medesimo contrasto dalla resistenza non mi pare che deva esser messo in dubbio, e tanto più che, se bene ho in memoria, credo che il Sig.r Guidobaldo [6] nelle sue Mecaniche ponga questa medesima conclusione e che la dichiari assai a bastanza.

Che una palla cacciata da grandissima altezza dall'archibuso o dall'arco all'ingiù possa perdere del primo impeto conferitogli, credo che l'esperienza lo mostrerebbe senz'altro, e V. S. lo concede; ma soggiugne poi, poter essere che quello che

[4] Cfr. *Discorsi* cit., vol. II, pp. 631-32.
[5] Si veda la lettera precedente nonché il vol. II, p. 682 dei *Discorsi* cit.
[6] Su Guidobaldo del Monte cfr. p. 857, n. 1.

ella ha perso da principio per l'impedimento del mezo, lo possa poi per sé stessa andar racquistando nel medesimo mezo. Questo veramente a me sarebbe duro a concedere, quando io non havessi esperienza o dimostrazione in contrario.

Due altri particolari che ella tocca nella sua lettera, non ho potuto riscontrarli in quello che scrivo, intervenendovi figure lineari e rincontri di caratteri, impossibili essere da me fatti, come per mia infelicità resto privo di poter mai più intender le mie medesime dimostrazioni, dove intervengono figure e calculi; ma perché ella medesima me le ammette, io volentieri le trapasso. Solo gli dico che quello che posi per principio, cioè che i gradi di velocità acquistati da i cadenti sopra qualsivoglino piani, dei quali la elevazione sia la medesima, giunti che siano all'orizonte siano pari, lo ho poi dimostrato apertissimamente; e quando li piaccia, glie ne manderò la dimostrazione.

La scrittura intorno alla percossa è assolutamente mia, fatta già più di 40 anni sono [7]; ma poi l'ho ampliata assai assai, e esplicata molto più diffusamente. E tanto basti haverla tediata per ora: gli bacio con reverente affetto le mani e li prego da Dio felicità.

D'Arcetri, il dì p.o di 7mbre 1639.

Di V. S. Ill.ma Dev.mo et Obblig.mo Serv.
Galileo Galilei.

XXIV.

A Benedetto Castelli [1].

Arcetri, 3 dicembre 1639.

Molt'Illustre e Rever. Sig. e Patron Colendiss.,

È manifesto pur troppo, Sig. mio Reverendiss., che il dubitare in filosofia è padre dell'inventione, facendo strada

[7] Cfr. *Le Mecaniche* p. 184.

[1] Il riconoscimento che Galilei fa delle continue possibilità di aggiornamento e di sviluppo del sapere, anche in età avanzata quale la sua, e del valore

allo scoprimento del vero. L'oppositioni fattemi, son già molti mesi, da questo giovane, al presente mio ospite et discepolo, contro a quel principio da me supposto nel mio trattato del moto accelerato, ch'egli non molta applicazione andava allora studiando, mi necessitarono in tal maniera a pensarvi sopra, a fine di persuadergli tal principio per concedibile e vero, che mi sortì finalmente, con suo e mio gran diletto, d'incontrarne, s'io non erro, la dimostrazione concludente, che da me fin ora è stata qui conferita a più d'uno. Di questa egli ne ha fatto adesso un disteso per me, che, trovandomi affatto privo degli occhi, mi sarei forse confuso nelle figure e caratteri che vi bisognano. È scritta in dialogo, come sovvenuta al Salviati, acciò si possa, quando mai si stampassero di nuovo i miei *Discorsi e Dimostrazioni*, inserirla immediatamente doppo lo scolio della seconda propositione del suddetto trattato, a faccie 177 di questa impressione, come teorema essentialissimo allo stabilimento delle scienze del moto da me promosse, Questo lo comunico a V. S. per lettera, prima che ad alcun altro, con attenderne principalmente il parer suo, e dopo quello de' nostri amici di costì, con pensiero d'inviarne poi altre copie ad altri amici d'Italia e di Francia, quando io ne venga da lei consigliato. E qui, pregandola a farci parte d'alcuna delle sue peregrine speculationi, con sincerissimo affetto la reverisco, e gli ricordo il continuare l'orationi

che acquista il dubbio nella ricerca della verità, costituiscono in questa lettera un riconoscimento non convenzionale della indefinibilità delle vedute scientifiche e filosofiche, del carattere progressivo, perfettibile e anche collaborativo che ha il sapere umano. L'apprezzamento dei rilievi e delle osservazioni del giovane Viviani da parte di uno scienziato qual era Galilei, sono la conferma di una nuova etica scientifica che trae motivo dal consapevole riconoscimento che la verità della scienza non è gratuita rivelazione a privilegiati, ma risultato dell'intelligente e costante opera di ricerca degli uomini. Il contenuto di questa lettera è provocato dalle obbiezioni sollevate dal giovane Viviani che allora lo assisteva come scrivano, intorno al principio galileiano secondo cui due corpi discendenti lungo piani di diversa inclinazione ma di pari altezza raggiungono pari velocità. Le osservazioni del Viviani, stese in forma di dialogo come era la forma espositiva dei *Discorsi*, fu inserita nella giornata terza (vol. II, pp. 745-47) al luogo indicato nella presente lettera.

appresso Dio di misericordia e di amore per l'estirpatione di quelli odii intestini de' miei maligni infelici persecutori.

D'Arcetri, li 3 Decembre 1639.

Di V. S. molt'Illust. e Rever.

Affetionatiss. Serv. Obbligatiss.
Galileo Galilei Linceo cieco.

XXV.

A Fortunio Liceti[1].

Arcetri, 15 settembre 1640.

Molto Ill.re et Eccel.mo Sig.r et P.ron Osse.mo,

La gratissima di V. S. molto Ill.re et Eccel.ma delli 7 stante, piena di termini cortesi et affettuosissimi, mi è stata resa questo giorno; e non havendo io altro tempo di risponderli fuorché poche ore che restano sino a notte, per non differire la risposta una settimana più in là, cerco di satisfare a questo obligo benché succintamente, ma però con pure e semplici parole.

A quello che V. S. Eccel.ma insieme meco grandemente desidera, cioè che in dispute di scienze si osservino quei più cortesi e modesti termini che in materia sì veneranda, quale è la sacra filosofia, si convengono, li do parola di non mi separare pure un dito dal suo ingenuo et onorato stile: per il che fare userò li stessi titoli, attributi et encomii di onorevolezza

[1] Fortunio Liceti (1577-1657), professore di filosofia nello Studio di Padova e aristotelico rigoroso, aveva scritto nel 1640 un'opera (*Litheosphorus, sive de lapide bononiensi*) in cui criticava la teoria della luce cinerea che Galilei aveva esposto nel *Sidereus nuncius*; poiché il principe Leopoldo di Toscana, figlio di Cosimo II, aveva chiesto a Galilei un parere, questi aveva risposto con una lunga lettera del 31 marzo, che, conosciuta dal Liceti, aveva aperto fra i due una lunga ma cortese polemica epistolare, che culmina con la presente lettera, nella quale la discussione si eleva a confronto tra il pensiero di Galilei e la filosofia aristotelica, e con quella del gennaio 1641, da noi pure riportata per le dichiarazioni galileiane sul concetto scientifico della natura.

verso la persona sua, che ella verso di me ha humanamente adoperati, benché molto più a lei che a me, e molto più eccellenti, si converrebbero; ma la sua singolar cortesia non me ne ha lasciati di potere usarne maggiori.

Mi giunge grato il sentire che V. S. Eccel.ma, insieme con molti altri, sì come ella dice, mi tenga per avverso alla peripatetica filosofia, perché questo mi dà occasione di liberarmi da cotal nota (ché tale la stimo io) e di mostrare quale io internamente sono ammiratore di un tanto huomo quale è Aristotile. Mi contenterò bene in questa strettezza di tempo accennare con brevità quello che penso, con più tempo, di poter più diffusamente e manifestamente dichiarare e confermare.

Io stimo (e credo che essa ancora stimi) che l'esser veramente Peripatetico, cioè filosofo Aristotelico, consista principalissimamente nel filosofare conforme alli Aristotelici insegnamenti, procedendo con quei metodi e con quelle vere supposizioni e principii sopra i quali si fonda lo scientifico discorso, supponendo quelle generali notizie il deviar delle quali sarebbe grandissimo difetto [2]. Tra queste supposizioni è tutto quello che Aristotele ci insegna nella sua Dialettica, attenente al farci cauti nello sfuggire le fallacie del discorso, indirizzandolo et addestrandolo a bene silogizzare e dedurre dalle premesse concessioni la necessaria conclusione; e tal dottrina riguarda alla forma del dirittamente argumentare. In quanto a questa parte, credo di havere appreso dalli innumerabili progressi matematici, puri, non mai fallaci, [tal] sicurezza nel dimostrare, che, se non mai, almeno rarissime volte io sia nel mio argumenta[re] cascato in equivoci. Sin qui dunque io sono Peripatetico.

Tra le sicure maniere per conseguire la verità è l'anteporre l'esperienze a qualsivoglia discorso [3], essendo noi sicuri che in

[2] Cfr. *Discorsi intorno a due nuove scienze*, vol. II, p. 707, in cui la funzione della logica viene ridotta a quello di riordinare i pensieri già scoperti e non a scoprirne di nuovi.

[3] Galilei ha sempre ritenuto che il significato più genuino del metodo aristotelico si fondasse sulla preliminare operazione di conoscenza sensibile: come scrisse nel *Dialogo sopra i due massimi sistemi* (vol. II, pp. 72-73) Aristotele cercava « prima per via de' sensi, dell'esperienze e delle osservazioni, di assicurarsi quanto fusse possibile della conclusione, e che dopo andasse ricercando i mezzi da poterla dimostrare ».

esso, almanco copertamente, sarà contenuta la fallacia, non sendo possibile che una sensata esperienza sia contraria al vero: e questo è pure precetto stimatissimo da Aristotile e di gran lunga anteposto al valore et alla forza dell'autorità di tutti gli huomini del mondo, la quale V. S. medesima ammette che non pure non doviamo cedere alle autorità di altri, ma doviamo negarla a noi medesimi, qualunque volta incontriamo il senso mostrarci il contrario. Or qui, Eccel.mo Sig.r, sia detto con buona pace di V. S., mi par d'esser giudicato per contrario al filosofar peripatetico da quelli che sinistramente si servono del sopradetto precetto, purissimo e sicurissimo, cioè che vogliono che il ben filosofare sia il ricevere e sostenere qual si voglia detto e proposizione scritta da Aristotele, alle cui assoluta autorità si sottopongono, e per mantenimento della quale si inducono a negare esperienze sensate o a dare strane interpretazioni a' testi di Aristotele, per dichiarazione e limitazione de i quali bene spesso farebbero dire al medesimo filosofo altre cose non meno stravaganti e sicuramente lontane dalla sua imaginazione. Non repugna che un grande artefice habbia sicurissimi e perfettissimi precetti nell'arte sua, e che talvolta nell'operare erri in qualche particolare; come, per esempio, che un musico o un pittore, possedendo i veri precetti dell'arte, faccia nella pratica qualche dissonanza, o inavvertentemente alcuno errore in prospettiva. Io dunque, perché so che tali artefici non pure possedevano i veri precetti, ma essi medesimi ne erano stati li inventori, vedendo qualche mancamento in alcuna delle loro opere, devo riceverlo per ben fatto e degno di esser sostenuto et imitato, in virtù dell'autorità di quelli? Qui certo non presterò io il mio assenso. Voglio aggiugnere per ora questo solo: che io mi rendo sicuro che se Aristotele tornasse al mondo, egli riceverebbe me tra i suoi seguaci, in virtù delle mie poche contradizioni, ma ben concludenti, molto più che moltissimi altri che, per sostenere ogni suo detto per vero, vanno espiscando da i suoi testi concetti che mai non li sariano caduti in mente. E quando Ari-

stotele vedesse le novità scoperte novamente in cielo, dove egli affermò quello essere inalterabile et immutabile, perché niuna alterazione vi si era sino allora veduta, indubitamente egli, mutando oppinione, direbbe ora il contrario; ché ben si raccoglie, che mentre ei dice il cielo esser inalterabile, perché non vi si era veduta alterazione, direbbe ora essere alterabile, perché alterazioni vi si scorgono. Si fa l'o[ra] tarda, et io entrerei in un pelago larghissimo se io volessi produr tutto quello che in tale occasione mi è passato più volte per la mente; però mi riserverò ad altra occasione.

Quando all'havermi V. S. Eccel.ma attribuito oppinioni non mie, ciò [può] essere accaduto che ella ne habbia prese alcune attribuitemi da altri, ma non già scritte da me: come, per esempio, che, per detto del filosofo Lagalla [4], io tenga la luce esser corporea, mentre che nel medesimo autore e nel medesimo luogo si scrive, haver io sempre ingenuamente confessato di non saper che cosa sia la luce; e così il pren[der] come risolutamente primarii miei pensieri alcuni portati dal Sig.r Mario Guiducci, potrebbe esser che io non ci havessi havuto parte, benché io mi reputi a onore che si creda tali concetti esser mia, stimandoli io veri e nobili.

Circa l'e[sser] per avventura parso prolisso nel rispondere alle sue obiezioni, non lo ascrivo io a minimo neo, né pur ombra di indignazione in V. S. Eccel.ma, sì come né anco in me mancamen[to], se non in quanto con minor tedio del lettore haverei potuto esprimere i miei sensi; ma la mia natural durezza nel dichiararmi mi fa tal volta traboccare dove io non vorrei: oltreché, sia per la nostra concertata filosofica et amichevole libertà lecito di piacevolmente dire, quando ella paragonassi la multiplicità e lunghezza delle opposizioni che ella fa alla unica mia proposizione del candore lunare, distesa in pochissimi versi, paragonasse, dico, con la lunghezza delle mie risposte, forse ella non troverebbe la proporzione de i suoi detti a' miei minore della proporzione de i versi della mia lettera a i versi che le sue instanze contengono. Ma queste son coserelle da non prenderle altro che per ischerzo.

[4] Giulio Cesare Lagalla (1576-1624), lettore di logica a Roma, autore del *De phenomenis in orbe lunae novi telescopii usu a D. Galilei Galileo* (1612). Sul Guiducci, cfr. *Il Saggiatore*, pp. 595 segg.

Piacemi grandemente che ella applauda al mio pensiero di ridur in altra testura le mie risposte, inviandole a lei medesima; dove haverò campo di non mi lasciar vincere in usar termini di reverenza al suo nome, benché io sia certo di dover esser di lunga mano superato in dottrina dal suo elevato ingegno. Potrebbe bene accadere che il mio infortunio di havere a servirmi delli occhi e della penna di altri [5], con troppo tedio dello scrittore, prolungasse qualche giorno di più quello che in altri tempi per me stesso haverei spedito in pochi giorni, et ella, per la prontezza e vivacità del suo ingegno, in poche ore.

Viva felice e mi continui la sua buona grazia, da me per favorevole fortuna stimata e pregiata; et il Signor la prosperi.

D'Arcetri, li 17 7bre 1640.

XXVI.

A Fortunio Liceti [1].

Arcetri, gennaio 1641.

Molto Ill.re et Eccel.mo Sig.r mio Osser.mo,

Per diligenza fatta usare, non mi è succeduto di risquotere le 3 opere, da lei inviatemi, prima che tre giorni fa. Ricevutole, mi son fatto leggere assai correntemente et alla spezzata le

[5] Negli ultimi anni della sua vita, Galilei fu assistito da Vincenzio Viviani e da Evangelista Torricelli.

[1] La polemica con i peripatetici, di cui il Liceti era uno dei più intelligenti rappresentanti, spinse Galilei ad oltrepassare i limiti di una disputa relativa al valore e all'estensione dei singoli risultati scientifici e ad imprimerle un carattere generale, metodologico e filosofico; come in diversi luoghi delle sue opere, anche, e forse in modo più vivo, nelle lettere, questa polemica assume, assieme a toni di estrema vivacità, espressioni chiaramente programmatiche, che esprimono la sua concezione razionalistica e meccanicistica della natura. Il richiamo, in questa lettera, al motivo del « libro della natura », già esposto nel *Saggiatore* e più volte ripetuto, mostra qui il collegamento con le circostanze polemiche che lo hanno provocato, e in-

cose contenute ne i dua trattati, l'uno del centro dell'universo, e l'altro attenente alla controversia tra V. S. Eccel.ma et il Sig.r Chiaramonte, intorno al luogo de i nuovi fenomeni che appariscono nelle parti sublimi del mondo. Il problema o questione del centro dell'universo, e se in esso sia collocata la terra, è dello meno considerabili in astronomia, avvenga che a gli astronomi principali basta il supporre che il globo terrestre sia come di insensibil grandezza in comparazione dell'orbe stellato, e, quanto al sito, che egli sia o nel centro della rivoluzion diurna di tale orbe, o vero da quello remoto per distanza non curabile. Tuttavia non è da affaticarsi in creder di poter dimostrare, né che le stelle fisse siano collocate in uno spazio circonscritto da una sferica superficie, più che immense lontananze tra di loro in questo et in quel luogo situate. Parimente il voler assegnar centro a quello spazio che non si sa né si puó sapere quale sia la sua figura, né pure se egli di qualche figura sia figurato, è impresa, al mio parere, supervacanea e vana; onde il creder che la terra possa esser costituita in un centro, il quale non si sa se sia al mondo, è impresa, come ho detto, frustratoria. Ma se poi noi vogliamo considerare i corpi celesti inferiori, de i quali possiamo asserire i loro movimenti esser circolari, e perciò aver centri delle lor conversioni, il voler por la terra per comun centro di questi, è pensiero non solo vano, ma assolutamente fallace, essendo manifesto che ciascheduno di tali corpi mobili ha suo centro particolare e tra di loro differentissimi, in niuno de' quali si può costituire la terra; anzi essa terra non pure non è centro di alcuno de i lor circolari movimenti, ma è per grande spazio fuora ancora de i cerchi et orbi loro, come è manifesto in Mercurio e Venere: e de gli altri, essa terra è tanto da i centri loro remota, che, per esempio, Marte camminando intorno nel suo cerchio, alcuna delle sue parti si trova così vicina alla terra e l'opposta così lontana, che questa è otto volte più remota dalla terra che quella. Or vegga V. S. che

dica nel contempo una prospettiva razionalistica dell'opera della scienza, la quale deve assicurare all'uomo non solo vantaggi materiali e progresso intellettuale, ma deve garantire libertà e indipendenza di pensiero.

impresa intraprenderanno quelli che volessero costituirla nel centro di tal circulazioni: e questo che io dico di Marte, accade ancora di Giove e di Saturno, se bene non con tanta differenza. Un luogo che quasi per centro si potesse costituire a tutti i pianeti, trattone la luna, conviene più al sole che ad altri; ma non però che al centro di esso conspirin puntualmente i centri de i detti pianeti, anzi sono eglino *hinc inde* locati intorno al sole, ma con esorbitanza infinitamente minore di quella che essi hanno in rispetto alla terra. Però quanto a questo capo, Eccel.mo mio Signore, può, per mia oppinione, ritrarsi dal volere, o con testi o con autorità d'Aristotele, cercare di persuadere dottrina troppo manifestamente falsa: e per intendere e farsi possessore della scienza astronomica bisogna studiare altri che Aristotele, dalli scritti del quale non si comprende che egli ne possedesse niente più di quello che ne intenda ogni ben semplice huomo.

Quanto alla controversia col Cavalier Chiaramonti, potrebbe facilmente V. S. restare informata del valore di tutta la sua dottrina, se vedesse quello che in esaminandola ho scritto nel mio Dialogo sfortunato, dove chiaramente gli mostro la sua impresa essere stata vanissima, mentre che ei si persuadeva, contro all'oppinione di molti astronomi moderni, di confermare la oppinione di Aristotele dell'esser le comete sublunari, dimostrandolo in virtù delle medesime osservazioni di tali astronomi, con le quali essi le provavano esser celesti; dove io in generale dimostro, niente di vero né di necessario potersi raccorre dalle medesime osservazioni di essi circa il luogo di simili fenomeni: la qual mia conclusione è tanto vera e manifesta, quanto che, non potendo un tal particolar fenomeno esser se non in un sol luogo et in una sola distanza dalla terra, con i calculi fabbricati sopra le dette loro osservazioni si raccoglie, ora il medesimo fenomeno esser distante dua semidiametri terrestri, ora 10, ora 30, ora 600, ora esser nella sfera stellata, e talhora ancora sopra. Or vegga V. S. qual fede si deve prestare sopra alla diligenza di tali astronomiche osservazioni. Ma dell'essersene osservati alcuni di tali fenomeni altissimi e forse tra le stelle fisse, il mantenere essi la medesima vicinanza ad una fissa lor prossima in tutto

il lor tempo ce ne rende più che sicuri. Ma di questo non è tempo di discorrerne a lungo al presente: concluderò solamente, che avendo V. S. Eccel.ma per suo scopo il voler mantenere per vero ogni detto di Aristotele, e sostenere che le esperienze non mostrino cosa alcuna che ad Aristotele sia stata incognita, ella fa quello che molti altri Peripatetici insieme forse far non potrebbero; e quando la filosofia fosse quella che ne i libri di Aristotele è contenuta, V. S. per mio parere sarebbe il maggior filosofo del mondo, tanto mi par che ella habbia alle mani et in pronto tutti i luoghi di quello. Ma io veramente stimo, il libro della filosofia esser quello che perpetuamente ci sta aperto innanzi a gli occhi; ma perché è scritto in caratteri diversi da quelli del nostro alfabeto, non può esser da tutti letto: e sono i caratteri di tal libro triangoli, quadrati, cerchi, sfere, coni, piramidi et altre figure matematiche, attissime per tal lettura.

Riceverà con questa la mia lettera riformata, se bene, quanto alla dottrina, poco o niente alterata dall'altra che già le mandai. Di questa ne disponga a suo beneplacito; e risolvendosi a rispondergli e stamparla, sarà necessario che ella faccia aggiugnervi innanzi copia del capitolo L del quale io non noto se non le prime parole di ciascuna delle sue obiezioni.

INDICE DEL VOLUME

Introduzione . . . . . *p.* 7

Nota bibliografica . . . . . » 35
Nota biografica . . . . . » 42

La bilancetta (1586) . . . . . » 49

Trattato di fortificazione (1592-3) . . . . . » 59

Le Mecaniche (1593) . . . . . » 137

Le operazioni del compasso geometrico e militare (1606) » 189

Sidereus Nuncius (1610) . . . . . » 263

Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari e loro accidenti (1612) . . . . . » 321

Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua o che in quella si muovono (1612) . . . . . » 409

Lettere copernicane (1613-5) . . . . . » 519
A Benedetto Castelli . . . . . » 525
A Piero Dini . . . . . » 534
A Piero Dini . . . . . » 540
A Cristina di Lorena granduchessa di Toscana » 551

Il Saggiatore (1623) . . . . . » 595

Scrittura attenente all'idraulica (1631) . . . . . » 809

Dall'epistolario . . . . . » 839
A Giacomo Contarini . . . . . » 845
A Jacopo Mazzoni . . . . . » 848
A Giovanni Keplero . . . . . » 855
A Guidobaldo del Monte . . . . . » 857

A Paolo Sarpi . . . . . p. 862
A Leonardo Donato, doge di Venezia . . . . . » 865
Ad Antonio de' Medici . . . . . » 867
A Belisario Vinta . . . . . » 872
A Giuliano de' Medici . . . . . » 875
A Giuliano de' Medici . . . . . » 876
A Piero Dini . . . . . » 879
A Gallanzone Gallanzoni . . . . . » 891
A Tolomeo Nozzolini . . . . . » 906
A Curzio Picchena . . . . . » 921
Ad Orso d'Elci . . . . . » 923
A Giovanfrancesco Buonamici . . . . . » 929
A Gio. Battista Baliani . . . . . » 932
Ad Antonio de Ville . . . . . » 937
A Pietro Carcavy . . . . . » 941
A Lorenzo Realio . . . . . » 948
A Gio. Battista Baliani . . . . . » 960
A Gio. Battista Baliani . . . . . » 963
A Gio. Battista Baliani . . . . . » 968
A Benedetto Castelli . . . . . » 971
A Fortunio Liceti . . . . . » 973
A Fortunio Liceti . . . . . » 977

STAMPATO PER CONTO
DELLA CASA EDITRICE
UTET
CON I TIPI DELLA
TIPOGRAFIA TORINESE S.P.A.