

GALILEO E PISA

Roberto Vergara Caffarelli

Pisa 1992¹

Galileo lascia l'Università di Pisa nel settembre del 1592, concludendo un ciclo della sua vita, quella della sua preparazione e del primo sviluppo delle sue idee scientifiche più rivoluzionarie. Parlare del periodo pisano, significa ricordare le notizie più significative, la famiglia, la fanciullezza, l'iscrizione alla facoltà degli artisti che concedeva la laurea in filosofia e medicina, le sue ricerche e le sue scoperte giovanili (la bilancetta idrostatica, alcuni teoremi sui centri di gravità e soprattutto l'isocronismo del pendolo), i suoi scritti, tra i quali il più importante è il *De motu*, che molto probabilmente fu redatto durante il suo insegnamento nel nostro ateneo.

Galileo è nato a Pisa il 15 febbraio 1564, ma questa data non è conosciuta direttamente². Vincenzio, l'unico figlio maschio di Galileo, lo disse nato il 19, giorno del battesimo³.

Sono rimasti però vari documenti astrologici che lo riguardano, tra cui ben quattro "figure della natività" di Galileo, alcune delle quali portano la data del 15 febbraio e tutte sembrano accomodarsi ad essa⁴. Non sono autografi, ma lo è un'annotazione di Galileo che permette di fissare la sua data di nascita; vi si legge: «1564. 15 febr. h. 22,30», con l'ora calcolata all'italiana che inizia al tramonto del sole. Sotto la data vi è scritto: 16 febr. h. 4. p.m. La seconda nota dovrebbe indicare la stessa data con le ore computate a partire da mezzogiorno⁵. Tenendo conto della latitudine di Pisa (43° . 41') e aggiungendo

¹ *Lezione galileiana* per la serie organizzata dall'Istituto di Filosofia, Facoltà di Magistero dell'Università di Cagliari, 11 dicembre 1992.

² Archivio della Primaziale di Pisa. Libro dei Battezzati, segnato C, car. 36t. Riprodotto in facsimile nell'edizione nazionale: OPERE DI GALILEO GALILEI; Barbera, Firenze 1968; XIX, p. 25, che sarà d'ora in avanti citata con l'abbreviazione «G. G.», con il numero romano per indicare il volume. Antonio Favaro sciogliendo le abbreviazioni del testo, vi lesse: «Galileo di vincentio ghalilei fiorentino et di madonna gulia sua donna fu batezato adì 19 ditto compari e chavalieri forno el signore pompeo e misser haverardo de medici in chapella di santo andrea». Si veda il suo articolo: «*Sulla vericidità del "Racconto storico della Vita di Galileo" dettato da Vincenzio Viviani*», Archivio Storico Italiano, 1915, pp. 323-380.

³ Così risulta da «*alcune notizie intorno alla vita del Galileo, avute da Vincenzio Galilei, figliuolo et herede del Galileo*»; riportate in G. G., XIX, pp. 594-596.

⁴ ANTONIO FAVARO, *In qual giorno del febbraio '64 dovrebbe celebrarsi la ricorrenza del natalizio di Galilei?*, Atti e Memorie della R. Accademia di scienze, lettere ed arti in Padova, 1908, vol. XXIV, pp. 6-8. L'autore lasciò ai posteri il problema di decidere la data esatta «*se vorranno che nel giorno in cui stabiliranno le celebrazione siano passati esattamente quattrocento anni dall'istante in cui per la prima volta egli aperse gli occhi alla luce*».

⁵ Il 6 della seconda data è una correzione di un 5 sottostante.

10 giorni per il passaggio dal calendario giuliano a quello gregoriano, che riportò nel 1582 l'equinozio al 21 marzo, si è potuto verificare che il tramonto del sole era esattamente alle 17 e 30'. Considerando le ore trascorse dal tramonto alla nascita (22 e 30'), arriviamo esattamente alle 4 pomeridiane del giorno dopo.

Quindi ricordando come venivano indicate in Italia le ore, l'annotazione di Galileo costringerebbe a spostare al 16 la data natale. Ci sono poi i dieci giorni aggiunti e quindi dal punto di vista dell'attuale calendario l'anniversario dovrebbe ricorrere il 26 febbraio.

LA FAMIGLIA DI GALILEO.

Il padre, Vincenzo Galileo, nacque a Santa Maria a Monte intorno al 1520 e si recò giovanissimo a Firenze, città che suo nonno, Giovanni Galilei, aveva lasciato intorno al 1470 per ristrettezze economiche per andare in quel borgo fortificato, dove verso il 1478 era nato anche suo padre, Michelangelo⁶.

Vincenzo Galilei figura tra i grandi teorici della musica del secolo XVI: è autore di cinque trattati a stampa⁷ e di lui si conoscono 13 opere manoscritte conservate alla Nazionale di Firenze. Ci sono arrivate sino a noi molte composizioni musicali, soprattutto per liuto. Non si sa quando Vincenzo si trasferì a Pisa e non sono certi i motivi di questa decisione. Un documento pubblicato nel 1893 dal conte Alfredo Agostini Venerosi della Seta, tratto dal proprio archivio, dà qualche lume⁸:

Ricordo faccio io Giuseppe Bocca⁹ come hoggi questo dì IX luglio 1564 al pisano¹⁰, habbiamo appigionato a Vincenti Galilei m^o di musicha da fiorenza, la casa n[ost]ra posta nel chiaso di mercanti, per anno uno, il quale debba accominciar

⁶ GUIDO SCARAMUCCI, *Gli antenati di Galileo residenti a S. Maria a Monte*, Arch. Stor. It., vol. XVII, pp.135-147; ANTONIO FAVARO, *Ascendenti e collaterali di Galileo Galilei*, Arch. Stor. It., 1911, vol. XLVII, pp. 346-378.

⁷ *Fronimo. Dialogo di Vincentio Galileo fiorentino nel quale si contengono le vere et necessarie regole del intavolare la musica nel liuto*, Venezia 1568 e 1584. 2) *Dialogo di Vincentio Galilei nobile fiorentino. Della musica antica et della moderna*, Firenze 1581. 3) *Canto de contrappunti a due voci di Vincenzo Galilei nobile fiorentino*, Firenze 1584. 4) *Tenore de' contrappunti a due voci di Vincenzo Galilei nobile fiorentino*, Firenze 1584. 5) *Discorso di Vincenzo Galilei nobile fiorentino intorno alle opere di messer Gioseffo Zarlino da Chioggia, et altri importanti particolari attenenti alla musica, et al medesimo messer Gioseffo dedicato*, Firenze 1589.

⁸ A. AGOSTINI VENEROSI DELLA SETA, *Sulla casa ove nacque Galileo Galilei*, Pisa, 1893.

⁹ Famiglia pisana estinta nei della Seta.

¹⁰ Quindi era il 1563. Come Firenze, Lucca e Siena, anche Pisa faceva iniziare l'anno con il 25 marzo, cioè *ab incanatione*, (festa dell'Annunciazione) ma al contrario di queste città lo iniziava come anno primo, quindi il suo calendario era 9 mesi e 7 giorni avanti rispetto all'anno di Roma, mentre l'anno fiorentino era di quasi tre mesi in ritardo rispetto a Roma, perché a Firenze per anno primo s'intendeva l'anno finito esenza contare l'anno che correva. Questa maniera di computare gli anni a Firenze e Pisa fu abolita dalla Legge Cesarea del 20 novembre 1749.

il primo dì d'Agosto 1564 per pregio di scudi 12 d'oro p[er] l'anno detto, de quali denari cene ha datto tre scudi d'oro innanzi et uno cene ha da dare il p.º dì d'Agosto et 2 fra sei mesi et sei alla fine dell'Anno, et M[esse]r Jacopo di philippo del Setaiolo c'è intrato mallevatore come appare per contratto rogato da ser Giuseppe di mº Simone muratore sotto dì detto.

Il prof. Giorgio Del Guerra¹¹ seguendo questa traccia ha ritrovato il contratto all'Archivio di Stato di Firenze¹². In questo documento Vincenzo viene detto *de Florentia, nunc Pisis commemoranti*. La casa aveva tre piani, cortile, pozzo, magazzino. Il contratto termina così: *Actum Pisis in residentia dicti conductoris seu scola*¹³. Dunque Vincenzo aveva un'altra abitazione al momento di firmare il contratto dove teneva già una scuola. Questo segue dal fatto che l'affitto della casa doveva cominciare il primo d'agosto e quindi il 9 luglio Vincenzo non poteva già abitarvi. Una ricerca interessante, che mi piacerebbe fare, è quella di localizzare un precedente contratto di affitto; un atto del genere porterebbe luce sulla data d'arrivo di Vincenzo a Pisa.



¹¹ GIORGIO DEL GUERRA, *La casa dove, in Pisa, nacque GALILEO GALILEI*, estratto dal n. 8 della Rassegna periodica di informazioni del Comune di Pisa, Pisa 1965.

¹² Si veda anche G. G., XIX, pp. 17-22.

¹³ Erano presenti come testimoni: *Luca magistri Pauli de Guerrazzis et Andrea Sanctis del Vecchio de Pisis Il mallevadore era Reverendus dominus Jacobus olim Filippi Del Setaiolo civis et canonicus Pisanus*. Quest'ultimo era canonico della Primaziale.

La casa dei Bocca è quella d'angolo tra Borgo Stretto e via dei Mercanti, segnalata con una lapide: essa, divenne la nuova sede della scuola¹⁴ e dell'abitazione di Vincenzo; qui probabilmente condusse la sposa. Infatti, Vincentio sposa il 5 luglio 1562 (stile comune) la bella Giulia Ammannati (*formosa puella* dice il contratto di matrimonio) e il di lei fratello Leone promette nel contratto di matrimonio di costituire per lei una dote di cento scudi d'oro, da pagarsi con moneta d'argento e con panno di lino e di lana un anno dopo il matrimonio, cioè entro il luglio 1563. Il fratello inoltre s'impegna ad assicurare le spese di vitto per un anno. Vincenzo Galileo ne darà quietanza per averla ricevuta, con atto del 22 ottobre 1563.

Con tempo più che giusto nasce Galileo il 15 febbraio 1564 (tra gennaio fino al 25 marzo lo stile pisano coincide con quello romano). Il nodo da sciogliere è l'indicazione della cappella di S. Andrea come quella del battesimo di Galileo. Infatti, le case di via Mercanti erano nella giurisdizione della chiesa di S. Michele in Borgo, come il Del Guerra¹⁵ poté verificare in altri atti di Giuseppe Bocca del notaio Mazzuoli. La cappella di S. Andrea è oltre la chiesa di S. Pierino, nelle immediate vicinanze della casa abitata dagli Ammannati, cioè le attuali case di Via Giusti con numero civico 22, 24, 26.

Una nota assai interessante del Del Guerra¹⁶ di cui non ho potuto verificare¹⁷ e la seguente: “degno di nota è il fatto che quando Galileo nacque era asfittico; e se non fosse stato il padre a insufflargli aria nelle vie aeree superiori e il dott. Francesco Viscardi a estrarne le mucosità, il neonato sarebbe morto (Pietro Manni)”.

Quattro giorni prima di questo contratto, il 5 luglio, Vincenzo aveva sposato Giulia Ammannati, ricevendo dal fratello della sposa Leone, *nunc Pisis existens*, la promessa di una dote di 100 scudi d'oro. Gli Ammannati provenivano da Pescia, ma risiedevano già da alcuni decenni a Pisa. In un elenco di acconti sulla dote si legge che il 10 novembre Vincenzo ebbe dalla cognata Dorotea, per ordine di Leone: scudi tre d'oro, per la pigione della scuola. Dal contratto con il Bocca risulta che sei mesi dopo l'inizio del contratto Vincenzo avrebbe dovuto pagare proprio tre scudi d'oro d'affitto. Dunque la casa di via Mercanti era adibita a scuola e non è la casa natale di Galileo.

Giorgio Del Guerra, dopo approfondite ricerche d'archivio, ritenne di aver localizzato il luogo dove Giulia Ammannati ha dato alla luce Galileo, identificandolo nella casa che possedettero gli Ammannati in via Giusti, che rimane di lato dell'attuale tribunale: era la casa della madre Lucrezia e della sorella Dorotea, e lì probabilmente andarono ad abitare

¹⁴ L'iscrizione della lapide è la seguente: «IN QUESTE CASE DEI NOBILI BOCCA I TRA IL VICO DEI MERCANTI E IL BORGO I VINCENZO GALILEI EBBE DIMORA I QUANDO GLI NASCEVA IL GRANDE GALILEO I NEL III CENTENARIO DELLA MORTE IL MUNICIPIO DI PISA I ANNO XX° E. F.»

¹⁵ GIORGIO DEL GUERRA, *Pisa attraverso i secoli*, Giardini ed., Pisa p. .201.

¹⁶ GIORGIO DEL GUERRA, *La casa dove, in Pisa, nacque GALILEO GALILEI*, cit., p. 8. Si veda anche dello stesso autore: *Pisa attraverso i secoli*, cit., p. 219.

¹⁷ PIETRO MANNI, *Manuale pratico per la cura degli apparentemente morti*, Firenze, 1834, p. 215 [Nota inserita successivamente alla conferenza].

i coniugi Galilei dopo sposati, giacché Leone nel contratto di matrimonio si era impegnato a dargli il vitto per un anno¹⁸.

Non conosciamo i motivi che indussero Vincenzio trasferirsi di nuovo a Firenze, lasciando la moglie a Pisa, quasi certamente in casa Ammannati. Si può ipotizzare che la sua attività di insegnante di musica fosse più remunerata a Firenze, dove poteva oltretutto frequentare un ambiente più stimolante per i suoi studi musicali. Il suo ritorno a Firenze avvenne dopo i primi anni di matrimonio: il fatto che il 21 marzo 1566 Vincenzo sia stato ascritto qui a Pisa alla Compagnia o Fraternità di S. Guglielmo, che raccoglieva solo fiorentini, fa pensare a una sua presenza a Pisa abbastanza continua per i primi due anni di matrimonio.

Vincenzio ebbe sei o sette figli: il secondo Benedetto probabilmente visse poco, Virginia, la terza, nacque nel 1573, un'altra figlia, Anna, deve essere anch'essa morta presto, poi nel 1575 ebbe Michelangelo e nel 1578 Livia; forse ebbe una settima figlia Elena. Tanti figli fanno pensare che Vincenzio veniva spesso a Pisa a trovare la famiglia, che rimase a Pisa fino a tutto il 1574.

Cosa sappiamo dell'infanzia di Galileo trascorsa a Pisa? Da lui direttamente, niente. Vincenzio Viviani, che scrisse per Leopoldo de' Medici il *Racconto storico della vita del Sig. Galileo Galilei*¹⁹... ci da queste informazioni:

Cominciò questi ne' primi anni della sua fanciullezza a dar saggio della vivacità del suo ingegno, poichè nell'ore di spasso esercitavasi per lo più in fabbricarsi di propria mano vari strumenti e machinette, con imitare e porre in piccol modello ciò che vedeva d'artifizioso, come di molini, galere, et anco d'ogni altra machina ben volgare. In difetto di qualche parte necessaria ad alcuno de' suoi fanciulleschi artifizii suppliva con l'invenzione, servendosi di stecche di balena in vece di molli di ferro, o d'altro in altra parte, secondo gli suggeriva il bisogno, adattando alla macchina nuovi pensieri e scherzi di moti, purchè non restasse imperfetta e che vedesse operarla.

Uno squarcio di vita familiare è giunto sino a noi attraverso alcune lettere²⁰, scritte dal fiorentino Muzio Tedaldi, doganiere della città di Pisa, amico di Vincenzio, padrino del figlio Michelangelo. Il Tedaldi sposò una nipote di Giulia Ammannati, divenendo quindi parente di Vincenzio.

Il 13 gennaio 1574 Muzio scrive:

...Ho ricevuto lo schizatoio et il pallone per Galileo et i libri per il Corvini, che se li manderanno con la prima comodità; al quale Galileo pagai lire cinque per il mese che li portò al maestro [...] alla vostra donna [...] non gli mancherò di quanto potrò, sempre: et se non havessi M.^a Lucrezia malata, sarei stato di parere che in questi travagli la se ne fusse stata un mese in casa mia; ma non si ricerca: oltre che, la

¹⁸ «sub eodem iuramento promisit facere ipsi Vincentio et Domine Iulie sue uxoris expensas victus pro supradicto tempore unius anni».

¹⁹ G. G., XIX, p. 601.

²⁰ G. G., X, pp. 17-21.

bambina [Virginia] è tanto fantastica, che a chi non è uso pare insopportabile. Però gli ho detto che dica se la vuol nulla, che io non mancherò di far quanto potrò: perché sendo occupato sempre, non posso far di quei servizi che bisognerebbe; ma non mancherò di supplire con la borsa.

In un'altra lettera datata 9 febbraio 1574 si legge:

Credo che per questa gita non harete lettere da Galileo, perché vi scrive mercoledì, atteso che domani è S.Guglielmo, festa della nostra Compagnia: ma vi fo fede che son tutti sani et di buona voglia, et la bambina [Virginia] e tutti, eccetto vostra donna, et tutti molto vi si raccomandano. Galileo ha tramutato la maschera in un paro di pianelle, che così si è contento». In questa lettera il Tedaldi fa una lista di conti tra cui si legge: «Al maestro di Galileo, portò Galileo, lire cinque.

Val la pena sottolineare quel: *son tutti sani et di buona voglia [...] eccetto vostra donna*. Era solo la vivacità della figlia che agitava Giulia? era malata? era forse depressa? quali erano i travagli che avevano fatto venire in animo a Muzio di offrire ospitalità per un mese a casa propria?

Le difficoltà vennero superate presto, perché in un'altra lettera del Tedaldi a Vincenzio, del 10 marzo 1574, si legge: «*La vostra donna e tutti di casa stanno bene, et tutti son sani... Vi aspettiamo con desiderio*».

Altre informazioni le abbiamo da un conto di spese sostenute da Muzio Tedaldi dal quale risulta che Giulia Galilei rimase fino a tutto ottobre 1574 a Pisa²¹. Vi spogliamo quanto appare riferito a Galileo:

a dì 26 di Settembre [1573] per calisea bigia per Galileo £ 23.-.-.
a dì 9 di Novembre [1573], portò Galileo per il maestro £ 5.-.-.
a dì 27 [Novembre 1573] per fattura de' panni di Galileo £ 5.-.-.
a dì 12 [Dicembre 1573] £ cinque, portò Galileo per il maestro £ 5.-.-.
a dì 6 [Febbraio 1574] Galileo £ 5.-.-.
a dì 16 [maggio 1574] per perpignano incarnato e altro, e per il sarto
per conto di Galileo, cioè per fattura di panni e soppanni: in tutto£15.2.8.
[dopo il 15 ottobre 1574] de' dare per tanti mi fa debitore Lazero spetiale,
per medicine date a Galileo, £ 5.-.-.

Una data certa dell'avvenuta riunione della famiglia a Firenze l'abbiamo dalla lettera del Tedaldi del 4 gennaio 1575:

Ricevei la vostra con una per il Rettore, la qual detti subito; et mi rallegro del sentire che la comare e voi e 'l putto stiate tutti bene con li altri, et harò caro intender che Galileo vadi acquistando nelle virtù et nelle lettere, et che la Virginia vadi crescendo, perché tutti li amo come me stesso, sendo voi come un altro me medesimo. [...] Vostro Compare Muzio Tedaldi»

²¹ G. G., XIX, pp. 36-31.

Ma si può arricchire la biografia dell'infanzia di altre notizie sicure, anche se indirette, riflettendo sui particolari: per esempio, ci si può domandare chi fu il maestro di Galileo a Pisa e che cosa egli apprese fino a quasi undici anni?

Si sa che il Comune di Pisa ebbe sempre una particolare attenzione per l'insegnamento, scegliendo maestri abili, quasi sempre provenienti da altre città. Il maestro veniva eletto per tre anni dai Priori, in seduta di consiglio nella sala priorale, con tre scrutini alla presenza delle altre magistrature cittadine e dei dottori²².

Vi furono fino a tre maestri: il *magister grammaticae*, il *magister scribendi* ed il *magister abbaci*. Dall'ottobre del 1569 all'aprile del 1571 fu maestro a Pisa Antonio Leonardi da Castiglione, poi al suo posto venne Giacomo Marchesi da Piacenza (da maggio 1571 a maggio 1574). Dalle istruzioni date il 18 giugno 1569 al maestro Antonio Leonardi veniamo a sapere come si svolgevano le attività scolastiche:

Sia obligato fuor de giorni festivi tener li scolari tre hore la mattina et tre hore doppo desinare almeno ed il lunedì, martedì, mercoledì et giovedì legger quattro lectioni per ogni giorno, dua la mattina et dua la sera et il venerdì leggere una lectione et il sabato far leggere una lectione ad uno scolaro con farli argumentare alli altri et insomma fare che ogni sabato si legga una lectione per uno scolare del primo circolo tanto che tocchi una volta per ciascuno. Medesimamente sia obligato fare tre circoli di scolari almeno uno di epistolanti, laltro di latinanti per tutte le regole, terzo di principianti cioè delle concordanze et di quelli della prima regola. Et a epistolanti sia obligato i soprascripti giorni quattro dare ogni giorno una epistola, a latinanti dua latini et a principianti attenda il ripetitore tenendoci sopra lochio il maestro advertendo che il venerdì faccia a tutti una examine generale et il sabato oltre la lectione da leggersi per lo scolare faccia ripetere i versi imparati a mente per lo adreto²³.

Con l'attività del sabato il giovane, che era costretto ad improvvisarsi maestro, si abituava alla discussione, a contraddire, ad insistere su una opinione diversa, a mettere di fronte al giudizio altrui i propri concetti. Interessante la contemporaneità delle lezioni, che i tre circoli, cioè le tre classi, attendevano nella stessa sala, passando la loro giornata scolastica insieme. Degno di nota il fatto che Antonio Leonardi fu eletto con l'incarico di insegnare anche il greco²⁴.

Galileo inizierà un nuovo periodo di soggiorno stabile a Pisa solamente all'inizio di settembre del 1580, quando si presenterà per l'iscrizione all'Università. Dei sei anni, tra il 1575 e il 1580, anch'essi importantissimi per la sua formazione culturale e per il consolidamento del carattere, sappiamo pochissimo. Viviani ne parla così²⁵:

²² Archivio di Stato di Pisa, Comune D. 66, pp. 73^t, 74^r.

²³ N. CATUREGLI, *La scuola media in Pisa*, Bollettino Storico Pisano, 1936, pp. 17-46.

²⁴ Riassumo alcune osservazioni di N. Caturegli, di cui vedi l'articolo citato alla nota precedente.

²⁵ G. G., XIX, p. 621.

Passò alcuni anni della sua gioventù nelli studii d'umanità appresso un maestro in Firenze, di vulgar fama, non potendo 'l padre suo, aggravato da numerosa famiglia e costituito in assai scarsa fortuna, dargli comodità migliori, com'avrebbe voluto, col mantenerlo fuori in qualche collegio, scorgendolo di tale spirito e di tanta accortezza che ne sperava progresso non ordinario in qualunque professione e' l'avesse indirizzato. Ma il giovane, conoscendo la tenuità del suo stato e volendo pur sollevare, si propose di supplire alla povertà della sua sorte con la propria assiduità negli studi; che perciò dandosi alla lettura delli autori latini di prima classe, giunse da per se stesso a quella erudizione nelle lettere umane [...] In quel tempo si diede ancora ad apprendere la lingua greca, della quale fece acquisto non mediocre, conservandola e servendosene poi opportunamente nelli studi più gravi.

Galileo autodidatta? potrebbe anche darsi ch'egli stesso si sia considerato tale, ma non si può evitare di ricordare che la prima impronta, la prima spinta verso lo studio indipendente Galileo deve averla avuta proprio dalla eccellente scuola elementare e media che aveva potuto frequentare fino a quasi undici anni.

Che il maestro cui fa cenno il Viviani fosse mediocre non vi è dubbio, perché così viene descritto da Niccolò Gherardini, che raccolse molte confidenze dalla bocca stessa di Galileo: «*uomo assai dozzinale che insegnava in una casa di propria abitazione in Via de' Bardi*»; e ne fa anche il nome: Jacopo Borghini da Dicomano.

In questo periodo c'è anche un altro episodio assai oscuro. Il Viviani scrive²⁶:

Udì i precetti della logica da un padre Valombrosano; ma però que' termini dialettici, le tante definizioni e distinzioni, la molteplicità degli scritti, l'ordine et il progresso della dottrina, tutto riusciva tedioso, di poco frutto e di minor soddisfazione al suo esquisito intelletto.

Il frate Diego Franchi da Genova, che fu contemporaneo di Galileo e abate del Monastero di Santa Prassede, lasciò un manoscritto nell'Archivio di Santa Maria di Vallombrosa, in cui ricorda la dimora di Galileo in quel monastero, dove egli arrivò ad essere novizio²⁷:

Non si deve tralasciare il celebrato nome di Galileo Galilei matematico insigne. Questi fu novizio Vallombrosano, e fece i suoi primi esercizi dell'ammirabile

²⁶ G. G., XIX, p. 602.

²⁷ G. G. XIX, 46. Dei documenti attinenti ai processi per la successione di Giovambattista Ricasoli oltre agli originali vi è una copia sincrona, ove le risposte dei testimoni sono copiosamente postillate. Gli avvenimenti riguardano la primavera del 1589 e coinvolsero notevolmente Galileo. Molte volte le postille delle deposizioni di Galileo consistono in espressioni ingiuriose; tra queste si trovano affermazioni del tipo: «*Galileo..Fu frate monaco di Valombrosa, figliuolo di un maestro di sonare di liuto*». Più avanti si legge: «*Galileo, sfratato, figliuolo d'un maestro di sonare*», e poi «*Sfratato: fu monacho in S.Trinita*»; e poi «*Galileo Galilei, figliuolo d'un sonatore di liuto, povero et sfratato*». Ricorre molte volte l'epiteto di sfratato, di monaco di Valombrosa e di monaco di S.Trinita.

ingegno nella scuola di Vallombrosa. Il padre di lui, sotto pretesto di condurlo a Firenze per curarlo di una grave oftalmia, con trattenerlo assai, il traviò dalla religione in lontane parti

Il Franchi dai suoi superiori aveva avuto l'incarico di scrivere un compendio intorno agli uomini illustri della religione Vallombrosana. A questo colpo di mano sembra far cenno il Tedaldi in una lettera del 16 luglio 1578:

... Mi è grato di saper che haviate rihavuto Galileo, et che siate di animo di mandarlo qua a studio; ma questo anno sarà doloroso fare, mediante che siamo di ricolta et ci vale il grano lire 15 il sacco: pure Dio sa tutto, et a tutto provvede». Poco prima, il 29 aprile aveva scritto: «Per la vostra ho inteso quanto havete concluso con il vostro figliolo; et come, volendo cercar di introdurlo qua in Sapienza, [...] per il che a quel tempo potrete facilmente mandare il vostro Galileo a studio; et se non harete la Sapienza, harete la casa mia al vostro piacere, senza spesa nessuna, et così vi offero et prometto.

Forse non verremo mai a conoscere i motivi, le persone, le circostanze che spinsero il giovane Galileo a questa vocazione, poi rientrata per l'intervento del padre; ma possiamo facilmente comprendere la reazione di Vincenzio che aveva visto svanire d'un tratto tutte le speranze concepite sulla carriera del suo primogenito. Dato che allora non vi erano preconcetti a seguire la carriera ecclesiastica, e certamente molti primogeniti l'abbracciarono, l'intervento di Vincenzio potrebbe essere un segno che il padre aveva intuito le capacità e le inclinazioni vere del figlio, anche se le avrebbe voluto indirizzare verso la medicina.

La notizia dei tentativi di farlo entrare nel collegio di Sapienza è molto interessante e dà occasione per una ulteriore considerazione: se Vincenzio fosse riuscito a farlo entrare in Sapienza, ebbene avrebbe fatto di lui un ottimo medico, perché Galileo si sarebbe certamente laureato, non fosse altro che per non dover restituire le spese di mantenimento al collegio. Sappiamo invece che le cose andarono diversamente e che il grande scienziato trovò la sua strada proprio in quei cinque anni che rimase a studiare all'Università di Pisa, senza – verrebbe da dire: per fortuna - laurearsi in medicina. Studi che però costarono al padre²⁸:

A dì 29 di Xmbre 1584. Io Bast.^{no} di Vin.^o Ferrini ho riscieuto da Mess. Vinc.^o Galilei → £ diciotto piccioli contanti, per conto del vitto per Galileo suo figliuolo, che tiene per Mess. Mutio Tedaldi in Pisa a sue spese. £ 18

E a dì 26 di Gen.^o da detto Mess. Vinc.^o £ diciotto piccioli, recò contanti. £ 18

E a dì 27 di Febbraio dal detto Mess. Vinc.^o diciotto piccioli a me Lorenzo Sermini per il medesimo conto. £ 18

²⁸ G.G. XIX, 35. Vi si leggono le spese quietanzate per il mantenimento di Galileo a Pisa.

Io Cosimo q. Lioni ho ric.^o questo di 6 d'Aprile £ diciotto piccioli da Vinc.^o Galilei, quali mi pagha per Mutio Tedaldi. £ 18

Io Ulivieri Ulivieri ho r.^o questo di 4 di maggio £ diciotto.

E ricevo da Vinc.^o Galilei, r.^{to} Cosimo Lott.ni £ 18

Vorrei aggiungere alcune annotazioni spicciole sul Collegio della Sapienza, che fu istituito da Cosimo I de' Medici il 9 febbraio 1543. In esso era stato stabilito dal Granduca che

Senza alcuna spesa sieno raccettati, e muniti tutti quelli buoni Ingegneri, che oppressi dalla Povertà domestica, non potrebbero senza simile aiuto, attendendo alle lettere mostrare l'eccellenza, e la nobiltà degl'animi loro²⁹.²¹

Il collegio fu aperto nel 1544 con trenta scolari e l'anno seguente ebbe assegnata

la rendita delle case e botteghe che erano in Pisa dal ponte di mezzo dell'Arno insino alla Fortezza nella via de Setaioli, che appartenevano al Patrimonio pubblico e che poi furono demolite per migliorare il prospetto dell'Arno, e addossata la spesa del Collegio alla Dogana di Pisa.

Sappiamo che:

la domanda di ammissione veniva presentata anche cinque o sei anni di seguito, nonostante il ripetuto esito negativo. [...] Il tempo di permanenza era rigidamente fissato in sei anni, previsti del resto dallo statuto dello Studio per potersi addottorare: chi si fosse ritirato dal collegio o fosse stato espulso per qualsivoglia motivo e non avesse conseguito la laurea nel periodo suddetto doveva restituire quanto gli era stato dato per il mantenimento negli anni della permanenza [...] Vi erano disposizioni minuziosissime sull'abito degli scolari :veste nera lunga sino ai piedi, con cappuccio sopra la spalla sinistra di panno nero applicato con l'uncino solo³⁰.

Il 5 settembre 1580 Galileo si iscrive all'Università di Pisa³¹. Con questa data concludo le note più strettamente biografiche sulla prima giovinezza di Galileo a Pisa.

²⁹ *Legislazione Toscana raccolta e illustrata dal Dottor Lorenzo Cantini*, Firenze, 1800, pp. 221-226.

³⁰ M. C. TONIOLO FASCIONE, *Aspetti di politica culturale e scolastica nell'età di Cosimo I: l'istituzione del Collegio della Sapienza di Pisa*.

³¹ Arch. di Stato di Pisa, Università, *Liber Matriculae*, car. 52r. Vi si legge: «1881. 5 7b 81 Galileus Vinc.ii Galilei flor.s 1.a art.a». Il mese di settembre del 1581 secondo lo stile pisano corrisponde al settembre 1580 del calendario romano e fiorentino. Sciogliendo le abbreviazioni :

Certamente avrò un'altra occasione per approfondire la memoria degli anni successivi, fino all'andata a Padova. Dedico invece l'ultima parte di questo scritto alla discussione dei possibili esperimenti galileiani dalla torre di Pisa, con la presentazione di quanto Galileo ha lasciato scritto sulla caduta dei gravi in una veduta interpretativa possibilmente nuova.

Vincenzio Viviani che, ospite di Galileo, visse ad Arcetri per oltre due anni, fino alla morte del Maestro, racconta che quando Galileo era ancora studente all'Università di Pisa

inventò quella semplicissima e regolata misura del tempo per mezzo del pendolo non prima da alcuno avvertita". e l'applicò "all'uso della medicina per la misura della frequenza de' polsi

Il Viviani fa risalire al 1585 l'invenzione della bilancia idrostatica e gli studi intorno al centro di gravità dei solidi,

e ne' ventuno anni di sua età con due anni soli di studio di geometria inventò quello ch'in tal materia si vede scritto nell'appendice impressa alla fine de' suoi Dialogi delle due Nuove Scienze della meccanica e del moto locale.

A soli 25 anni ottenne *la cattedra delle matematiche* allo Studio pisano, insegnamento che lasciò dopo tre anni per quella di Padova, a cui era stato chiamato con uno stipendio più che duplicato³².

«7b» sta per setembris mentre «1.a art.a» si deve leggere «legista artista» cioè viene indicato in successione l'iscrizione al collegio dei legisti e a quello degli artisti, cosa del tutto inconsueta nel *Liber Matriculae*. Il libro delle matricole serviva allo scopo di evitare che qualcuno potesse fraudolentemente godere dei privilegi riconosciuti agli scolari, spacciandosi per tale. Si legge nel secondo articolo dell'antico statuto dell'Università, risalente a Cosimo I, che gli studenti erano tenuti a farsi descrivere dal notaio dell'Università nel libro delle matricole, destinato a questo scopo, «sub illa natione, in qua ... originem duxerint; solvat autem depositario prefatae Universitatis pro simplicibus descriptione solidos decem». Chi si iscriveva doveva inoltre pagare quattro soldi al notaio e altri quattro per le lettere credenziali munite di sigilli dell'Università, con cui si potevano prendere le proprie cose alla Dogana, infine due soldi ai bidelli per la descrizione. Gli scolari erano divisi in due corpi: Transalpini e Cisalpini; a loro volta suddivisi in quattordici regioni, tre per i Transalpini (Natio Germanorum, Hispanorum et Gallorum) e undici per i Cisalpini (Natio Siculorum, Pedemontaneorum, Regni Neapolitani, Marchionum, Venetorum, Longobardorum, Romanorum, Ligurum, Natio Romandiola, Florentinorum, Tuscorum, natio Sardinea). Notevole la divisione tra Nazione Fiorentina e Nazione Toscana: «Decima tertia sit Florentinorum Florentinos cives et Incolas continens. Decima quarta sit Tuscorum totam continens Etruriam et totum districtum Civitatis Florentiae, ipso Urbis corpore excepto». Facevano parte dell'Etruria le città di Pistoia e Arezzo e le terre di Pescia e Prato. Vi era inoltre una ulteriore separazione in: Tuscia pro civitatibus e Tuscia pro terris. Galileo perciò dichiarandosi fiorentino non compiva un abuso, perché la famiglia era tornata ad abitare a Firenze, anche se ne aveva perduto la cittadinanza. Lo statuto è stato pubblicato da F. Buonamici in «Annali delle Università Toscane» vol XXX, pp.1-80.

³² Si veda *Il compasso geometrico e militare di Galileo Galilei. Testi, annotazioni e disputa negli scritti di G. Galilei, M. Bernegger e B. Capra*, a cura di R. Vergara Caffarelli. Edizioni ETS, Pisa 1992. Lo stipendio di Galileo che a Pisa era di 60 ducati pari a 420 lire fiorentine, a Padova salì a

Ricordiamo che il Viviani fa risalire al periodo pisano anche i primi studi sul moto: fu allora che

con grande sconcerto di tutti i filosofi, furono da esso convinte di falsità, per mezzo d'esperienze e con salde dimostrazioni e discorsi, moltissime conclusioni dello stesso Aristotele intorno alla materia del moto, sin a quel tempo tenute per chiarissime e indubitabili; come, tra l'altre, che le velocità de' mobili dell'istessa materia, disegualmente gravi, movendosi per un istesso mezzo, non conservano altrimenti la proporzione delle gravità loro, assegnatagli da Aristotele, anzi che si muovon tutti con pari velocità, dimostrando ciò con replicate esperienze fatte dall'altezza del campanile di Pisa con l'intervento delli altri lettori e filosofi e di tutta la scolaresca.

Avendo acquistato tanta fama "*molti filosofastri suoi emuli, fomentati da invidia, gli si eccitarono contro*" e seppero con maligne impressioni provocargli l'odio di un eminente soggetto³³ così Galileo decise "*di mutar clima, avanti che i suoi avversarii avessero a godere del suo precipizio*".

Che Galileo abbia eseguito esperimenti a Pisa «*ex alta turri*» non c'è alcun dubbio. Richiamo in particolare l'attenzione su alcuni passi del suo «*de motu*», quando affronta il problema delle sfere di ugual mole ma di gravità una doppia dell'altra³⁴. Galileo riesce a spiegare perché la più leggera preceda la più pesante, nell'ambito della teoria della virtù impressa³⁵. Galileo, infatti, già d'allora aveva posto a base della sua teoria il principio che "*ogni grave discendente abbia da natura determinati gradi di velocità, e che [...] la naturale velocità non può esser accresciuta se non per violenza*".

180 fiorini, equivalenti a 900 lire veneziane. Le lire erano monete di conto e al tempo di Galileo la lira fiorentina corrispondeva a 4,46 grammi d'argento, quella veneziana a 4,31 grammi, circa il 3% meno.

³³ Giovanni, figlio naturale di Cosimo I de' Medici.

³⁴ G. G., I, p. 267: «Sed hic maxima insurgit difficultas: videmus enim experientia, duorum globorum mole aequalium, quorum alter altero duplo sit gravior, ex turri demissorum, graviorem non duplo citius terram pertingere; ; quin imo etiam levior in principio motus praeibit graviorem, eoque velocius per aliquod spacium fertur».

G. G., I, p. 273: «Sed animadvertendum est, quod magna hic oritur difficultas: quod proportiones istae, ab eo qui periculum fecerit, non observari comperientur. Si enim duo diversa mobilia accipiet, quae tales habeant conditiones ut alterum altero duplo citius feratur, et ex turri deinde demittat, non certe velocius, duplo citius terram pertinet: quin etiam, si observetur, id quod levius est, in principio motus praeibit gravius et velocius erit». si veda anche G.G. I, p. 326, 329 e 426.

³⁵ G. G., I, p. 334: «Experientia tamen contrarium ostendit: verum enim est, lignum in principio sui motus ocius ferri plumbo; attamen paulo post adeo acceleratur motus plumbi, ut lignum post se relinquat, et, si ex alta turri demittantur, per magnum spatium praecedat: et de hoc saepe periculum feci».

Da questo principio, usato prima di lui allo stesso scopo da Giovan Battista Benedetti³⁶, deduceva che le parti e il tutto dovevano cadere con ugual velocità, purché la suddivisione in parti non aumentasse l'attrito con l'aria: ad esempio quando le parti sono una dietro l'altra o se la loro separazione è secondo la verticale. È per questo che Galileo dice che “*prima fui persuaso dalla ragione che assicurato dal senso*”.

Per Galileo non era una scoperta clamorosa l'aver verificato sperimentalmente la proprietà che il moto naturale dei corpi non cambia per aumento della materia e quindi del peso: se fosse stata una novità, una notizia del genere avrebbe fatto scalpore³⁷. Infatti gli scritti di Benedetti avevano già fatto il giro del mondo: Simon Stevin in un'opera in olandese del 1586³⁸ descrive un esperimento in cui due sfere di piombo differenti dieci volte in dimensione e peso, lasciate cadere allo stesso tempo da poco più di nove metri urtano una tavola di legno allo stesso tempo cosicché si ascolta un colpo unico. La stessa cosa, dice Stevin, avviene quando si fanno cadere corpi di uguali dimensioni ma di peso specifico molto diverso.

Ancora prima di Stevin, Girolamo Borro, che fu a Pisa professore di Filosofia dal 1575 al 1586, descrive un esperimento di caduta di gravi³⁹. Averroè nel suo commento al *De caelo* di Aristotele aveva sostenuto che l'aria pesa nel suo luogo, cioè nell'aria. Il Borro, intransigente aristotelico fino ad essere più volte inquisito per sospetti di eresia, era della stessa opinione e trovandosi a discutere della questione con alcuni presenti con cui soleva conversare a casa sua, e non riuscendo a convincerli decise “*di ricorrere all'esperienza maestra di tutte le cose, come ad una venerata ancora di salvezza*”. La

³⁶ G.B.BENEDETTI: «*Demonstratio proportionum motuum localium contra Aristotilem et omnes philosophos*», Venetiis 1554. A pag. 4 vi si legge: «Nunc autem demonstrabo quo pacto corpora unius et eiusdem speciei, itidem et figura, aequalia invicem et inaequalia, in eodem medio per aequale spatium in eodem tempore ferentur».

³⁷ RAFFAELLO CAVERNI nella sua «*Storia del metodo sperimentale in Italia*» Vol. 4, pp.271-274 trascrive parte di un dialogo di Giuseppe Moletto, datato 1576, in cui uno dei personaggi ad un certo punto afferma che Aristotele è in errore in quanto più volte ha fatto la prova di gettare due sfere di piombo, una del peso di venti.... l'altra del peso di una.... ed anche una sfera di legno dello stesso diametro e di aver visto che arrivavano nello stesso tempo.

³⁸ La descrizione può essere letta in “*Les oeuvres mathématique de Simon Stevin de Bruges... reveu, corrigé & augmenté par Albert Girard*” Leyden 1634. «Qu'on prenne deux balles de plomb (comme le tres-docte Jean Grotius, grand rechercheur des secrets de Nature, & moy avons fait) l'une decuple à l'autre en grandeur & pesanteur, les laissant cheoir ensemble en mesme temps d'environ 30 pieds de haut, sur une planche ou sur quelque autre chose où on puisse aisement entendre la cheute, là on pourra voir manifestement que le plus leger ne demeurera pas 10 fois plus long temps au chemin que le plus pesant, mais qu'ils tomberont si également sur la planche qu'il semble que ce ne soit qu'un seul coup. De mesme en est-il de deux corps egaux en grandeur, mais decuples en quantigravité». L'opera originale ha per titolo “*De Beghinselen des Watherwichts beschreven duer...*” Leyden 1586. ove, (C.Maccagni: *Le speculazioni giovanili «de motu» di Giovan Battista Benedetti*, Pisa 1967) la descrizione si trova alle pp. 66-67.

³⁹ L'opera da me consultata ha per titolo: HIERONYMUS BORRIUS ARRETINUS *De motu gravium et levium...* FLORENTIAE, IN OFFICINA GEORGII MARESCOTTI, MDLXXVI. La prima edizione è però del 1575.

maniera di provarlo fu questa: presi due pezzi, uno di legno ed uno di piombo approssimativamente dello stesso peso, con uguale impulso e allo stesso tempo furono gettati dalla finestra più alta di casa. L'esperimento fu ripetuto più volte e sempre il legno arrivò prima del piombo. Ed ecco la sua spiegazione: siccome il legno ha più aria del piombo, mentre il piombo ha più acqua e terra del legno, il peso dell'aria agisce più intensamente degli altri due. Quindi l'aria pesa nell'aria.

Se ci siamo attardati sul Borro è perché Galileo, che lo ebbe tra i suoi professori, si preoccupò abbastanza dei risultati di questo esperimento. Abbiamo visto che lo volle rifare lasciando cadere da una torre⁴⁰ due sfere di ugual volume, una pesante il doppio dell'altra: anch'egli osservò che la più leggera all'inizio precede la più pesante, ma poi la sfera di piombo accelera e supera quella di legno. La sua spiegazione è abbastanza complessa. Per il giovane Galileo infatti i corpi dovrebbero cadere con velocità costante, proporzionale al loro peso specifico, a cui però va sottratto il peso specifico del mezzo in cui si muovono (la spinta di Archimede). Questa velocità naturale, non viene però raggiunta istantaneamente perché al moto verso il basso fa contrasto quella che Galileo chiama "la virtù contraria" acquisita dal movimento che li ha portati in alto, e che è maggiore per i corpi più pesanti. Oggi la considereremmo una specie di anti-gravità non permanente, che dipende dalla posizione raggiunta. E' per questo che all'inizio si vede aumentare progressivamente la velocità, perché contemporaneamente diminuisce la virtù contraria.

Se il moto avviene nell'acqua il processo è rapido e la velocità limite è presto raggiunta, nell'aria occorre un lungo percorso, e un'alta torre non è sufficiente per far acquisire la velocità propria. Dato che i corpi più pesanti perdono più lentamente la virtù impressa ecco spiegato anche perché il legno precede all'inizio il piombo.

Chi legge ora queste discussioni potrebbe non credere che la sfera di legno all'inizio preceda quella di piombo, ma le cose stanno proprio così. La spiegazione l'ha trovata Thomas Settle recentemente. L'esperimento è stato ripetuto da 51 studenti i cui movimenti venivano registrati con una cinepresa: analizzando i fotogrammi si è potuto constatare che la mano che regge il peso più leggero si apre quasi sempre prima di quella che regge il peso più pesante⁴¹, anche se lo sperimentatore ha tutta l'intenzione di lasciar cadere i due corpi simultaneamente.

La prima notizia esplicita di un esperimento dalla torre di Pisa si trova in una "*Operetta intorno al galleggiare de corpi solidi*" del 1612, di Giorgio Coresio, professore di lingua greca nello Studio Pisano, scritta contro Galileo⁴². Il Coresio dice di aver fatto

⁴⁰ G. G., I, pp. 267 e 334.

⁴¹ Solo in 12% dei casi la sfera più pesante precede o almeno cade parallela a quella più leggera, nelle altre cadute la sfera più leggera precede chiaramente la più pesante. L'esperimento, realizzato da D.R. Miklich, coinvolse 51 studenti che eseguirono il rilascio delle sfere due volte, tenendo una volta la sfera più pesante con la mano destra e poi con la sinistra. Le due sfere, una di ferro e l'altra di legno, avevano circa 51 mm di diametro; in una seconda serie di lanci vennero utilizzate due sfere di diametro minore. Per l'esperimento vedere T. B. SETTLE, *Galileo and Early Experimentation*, pubblicato in *Springs of Scientific Creativity. Essays on Founders of Modern Science* a cura di R. ARIS, H. T. DAVIS, R. H. STUEWER, pp. 3-20, Minneapolis, 1983.

⁴² G. G., IV, p. 197.

l'esperienza "di cima al campanile del Duomo di Pisa, sperimentando vero il detto d'Aristotile [...] che 'l corpo maggiore si muove più velocemente del minore della medesima materia e nel medesimo modo che cresce la gravità, cresce ancora la velocità"⁴³.

Secondo Benedetto Castelli, che per conto di Galileo aveva preparato un commento sugli errori del Coresio, costui "inconsideratamente ed arrogantissimamente si mette a voler esporre le parole d'Aristotile ed a mostrarne il senso, dall'intendimento del quale è più lontano il suo intelletto, che un'incudine dal poter volare"⁴⁴.

Una osservazione più seria verrà fatta quasi trent'anni dopo. In una lettera del 13 marzo 1641 Vincenzio Renieri, che dall'anno prima leggeva le matematiche nello Studio di Pisa, fa sapere a Galileo: "habbiamo qui avuto occasione di far un'esperienza di due gravi cadenti da alto di diversa materia, cioè uno di legno et uno di piombo, ma dell'istessa grandezza; perché un tal Gesuita scrive che scendono nello stesso tempo [...]. Ma finalmente habbiamo trovato il fatto in contrario, perché dalla cima del campanile del Duomo tra la palla di piombo e quella di legno vi corrono tre braccia almeno di differenza. Si fecero anche esperienze di due palle di piombo, una della grandezza eguale a un'ordinaria d'artiglieria e l'altra da moschetto, e si vedeva tra la più grossa e la più piccola, dall'altezza dello stesso campanile, esservi un buon palmo di differenza, del quale la più grossa anticipava la più piccola"⁴⁵. I corpi che cadono dall'altezza di 50 metri arrivano a terra con la velocità di circa 30 metri al secondo (110 km all'ora!) e la differenza di tre braccia (1,75 metri) corrisponde a un ritardo di 6 centesimi di secondo. Con questa velocità la resistenza dell'aria è molto importante. Galileo sa che tutti i mobili si muoverebbero con i medesimi gradi di velocità se non ci fosse purtroppo l'impedimento del mezzo, "che si oppone con resistenza or minore ed or maggiore, secondo che lentamente o velocemente ei deve aprirsi per dare il transito al mobile; il quale, perché come ho detto, si va per sua natura continuamente accelerando, vien per conseguenza ad incontrar continuamente resistenza maggiore nel mezzo [...] sì che finalmente la velocità perviene a tal segno, e la resistenza del mezzo a tal grandezza, che bilanciandosi tra loro, levano il più accelerarsi e riducono il mobile in un moto equabile ed uniforme"⁴⁶.

La grande idea di Galileo consiste nel servirsi del piano inclinato, ma non di molto, sopra l'orizzonte in maniera da avere moti con velocità sufficientemente basse per le quali "manco lavora la resistenza del mezzo in alterar l'effetto che dipende dalla semplice gravità". Misurando il tempo con il pendolo e con l'orologio ad acqua, preciso fino ad un decimo di secondo, Galileo riuscì a stabilire con grande esattezza la legge di caduta dei gravi. Perché sono sicuro che Galileo non ha verificato la sua legge del moto naturale dei gravi con esperimenti di caduta libera e con misure quantitative? Questa

⁴³ G. G., IV, p. 242.

⁴⁴ G. G., IV, p. 285.

⁴⁵ G. G., XVIII, p. 305.

⁴⁶ G. G., VIII,

certezza è una conseguenza delle sue ripetute affermazioni che un grave cade dall'altezza di 100 braccia in 5 secondi.

Galileo sa mettere in relazione lo spazio percorso da un corpo in caduta libera con quello percorso *nello stesso tempo* lungo un piano inclinato, perché conosce il rapporto tra le forze che muovono il corpo lungo i differenti percorsi. Secondo un teorema di statica da lui dimostrato, se h è l'altezza sull'orizzonte del piano inclinato e L è la sua lunghezza, la forza necessaria a sostenere un peso sul piano inclinato è solo la frazione h/L di quella necessaria per sostenerlo senza appoggio.

Per analogia ritiene che lo stesso rapporto vale per le forze che muovono il corpo rispettivamente lungo il piano inclinato e lungo la verticale e quindi anche per le accelerazioni. Per Galileo tra lo spazio H percorso cadendo liberamente lungo la verticale e lo spazio S percorso lungo il piano inclinato *nello stesso tempo* vale la relazione:

$$S = H (h/L)$$

Perché sia valida la relazione Galileo sa che in ambedue i moti il corpo deve partire dalla quiete, ma non sa che lungo il piano inclinato il moto deve essere di puro slittamento; perciò quando usa nei suoi esperimenti una sfera, non considera gli effetti della rotazione sul suo moto traslatorio.

Se la sfera rotola senza slittare, toccando in un sol punto, allora sappiamo che lo spazio percorso è dato da

$$S = (1/2) g t^2 (h/L) \frac{5}{7}$$

Se invece la sfera scende lungo un canale e se “ d ” è il diametro della sfera e “ c ” è la larghezza della scanalatura o, più esattamente, la distanza tra i due punti di contatto della sfera con la scanalatura, allora la relazione corretta tra spazio e tempo è:

$$S = (1/2) g t^2 (h/L) [1 - (c/d)^2] [7/5 - (c/d)^2]^{-1}$$

Come abbiamo ricordato, Galileo afferma ripetutamente che un corpo cadendo dalla quiete da una altezza H uguale a 100 braccia, impiega un tempo t uguale a 5. secondi⁴⁷, e spiega a Giovan Battista Baliani⁴⁸ che questi valori sono stati ottenuti non direttamente ma dallo studio del moto lungo il piano inclinato. Mettendo insieme la formula vera e quella a cui crede Galileo possiamo trovare una relazione tra H e t . Se la sfera tocca in un punto, abbiamo:

$$S = H (h/L) = (1/2) g t^2 (h/L) \frac{5}{7}$$

da cui si ha

⁴⁷ G. G., VII, p. 250; G. G., VII, p. 729.

⁴⁸ G. G., VII, p. 250; G. G., VII, p. 729.

$$H = (1/2) g t^2 \quad 5/7$$

Questa formula dovrebbe essere esatta per i valori galileiani di t ed s, dando a g il valore della accelerazione di gravità a Padova: $g = 9,806 \text{ m/s}^2 = 16,8 \text{ braccia/s}^2$. (braccio = 0,5836 metri)

Introducendo i valori galileiani, se $t = 5''$ si ha:

$$H = 150 \text{ braccia} (= 87,55 \text{ metri}).$$

Se si pone $H = 100$ braccia, otteniamo

$$t = 4,08 \text{ secondi}$$

Davanti a questa inconsistenza si deve scartare l'ipotesi che la sfera rotoli toccando in un solo punto, e si è costretti a proporre la seconda formula, quella con la scanalatura in cui la sfera tocca in due punti. Si ha un grado di libertà in più, il rapporto (d/c), che permette di eliminare la contraddizione dei dati galileiani

$$(d/c)^2 = [gt^2 - 2H]/[gt^2 - (14/5) H]$$

Se usiamo il valore di $H = 100$ braccia = 58,36 metri, $t = 5$ secondi e $g = 9,806 \text{ metri/s}^2$ si ottiene per d/c il valore seguente

$$d/c = 1,25$$

Con la larghezza della scanalatura di circa un dito, $c = 25$ mm, perché appoggi sui bordi la sfera deve avere un diametro $\varnothing = 31,25$ mm.