DEL PENDOLO

E DELLA SUA APPLICAZIONE ALL'OROLOGIO (1)

1. La prima osservazione. — 2. I predecessori. — 3. Dell'isocronismo. — 4. La seconda legge dei pendoli. — 5. L'applicazione all'orologio.

I. — La prima osservazione.

VINCENZO VIVIANI, in due suoi scritti (2), racconta che la prima osservazione delle proprietà del pendolo occorre a GALILEO in Pisa, intorno all'anno 1582, e che vi fu condotto dall'osservare le oscillazioni di una lampada nella cattedrale pisana.

Evidentemente questo fu un ricordo giovanile comunicato da GALILEO al giovane discepolo, nelle loro conversazioni di Arcetri, e dobbiamo esser grati alla filiale devozione del VIVIANI, di avercelo tramandato insieme con altre preziose notizie sulla vita e l'opera del maestro. L'episodio della lampada, interessante e bello, è diventato tradizionale e popolare, ed ha anche ispirato artisti e poeti; ma sostanzialmente è così naturale e verosimile, che se, anche senza la testimonianza del VIVIANI, ci fosse pervenuto da altra fonte meno prossima e sicura, non vi sarebbero ragioni per metterlo in dubbio.

Ma non è di questo parere l'abate CAVERNI, il quale si adopra con ogni mezzo, per togliere a GALILEO quasi ogni merito nella sco-

---

(1) Questo scritto da me annunziato e promesso nell'altro mio, sulla *Storia del metodo sperimentale* di R. CAVERNI (vedasi *Archivio*, I, p. 212), è ormai la seconda delle monografie critiche da me augurate per la rivendicazione della fama di GALILEO. La prima è stata lo studio magistrale del prof. ANTONIO FAVARO, *Galileo Galilei, Benedetto Castelli e la scoperta delle fasi di Venere*, pubblicato in questo stesso periodico (I, p. 283-323).

(2) Nel *Racconto storico* della vita di GALILEO, e nella *Lettera al Principe LEOPOLDO* sull'invenzione dell'orologio a pendolo. *Opere di G. GALILEI*. Ediz. Nazionale, vol. XIX, pp. 597 e 647. E in altre scritture inedite.

perta delle leggi del pendolo e nelle sue applicazioni; e per strappare dall'augusta fronte non soltanto l'alloro della scienza, ma anche i fiori della poesia, comincia col mettere in dubbio e in ridicolo l'episodio pisano della lampada, considerandolo come una invenzione del VIVIANI per esaltare il suo Maestro.

Nel Capitolo, *Dell'orologio a pendolo* [Tomo I, p. 303] scrive il CAVERNI: « molti affermano, senza il minimo dubbio, che l'isocronismo « del pendolo e la prima applicazione di lui (*sic*) all'orologio, sono « scoperte e invenzioni di GALILEO. Il fondamento principale di una « tale affermazione non è in altro per costoro, che nell'autorità di VIN- « CENZO VIVIANI, della quale sarà da noi lungamente discorso a suo « luogo. Ma intanto vogliamo far conoscere ai lettori altri documenti, « diversi dai già noti, per i quali ci potremo chiarire, anche meglio, « come e quanto il soverchio zelo, nel fervente ammiratore del suo « Maestro, facesse ombra a veder chiaro e a scrivere il vero ».

E dopo riportato il racconto del VIVIANI, da un frammento inedito, il CAVERNI aggiunge: « La Storia narrata in quest'abbozzo di « scrittura inedita è simile a quella che pubblicò il VIVIANI nella « *Vita di GALILEO* e che noi vedremo esaminata diligentemente a suo « luogo, dove dimostreremo la inverisimiglianza che la prima scoperta « sione di scoprire l'isocronismo del pendolo si porgesse a GALILEO « stesso nell'attendere a misurar la durata delle oscillazioni o più ampie « o più ristrette della lampada nel Duomo di Pisa ».

Il Capitolo dove il CAVERNI mantiene, a modo suo, le promesse fatte in questo, è il VII del Tomo IV, *Delle scese dei gravi per gli archi dei cerchi*, dove ritorna sull'argomento del pendolo e vi si indugia per 53 pagine, con una prolissità e confusione tali da mettere a dura prova la pazienza del lettore.

Per cominciare, dalla lettera a GUIDOBALDO DEL MONTE del 20 nov. 1602, in cui GALILEO, per la prima volta, parla del pendolo, e dice di non essere riuscito a dimostrare geometricamente l'isocronismo, il CAVERNI trae questa inaspettata e sorprendente conclusione.

« Essendosi così dunque *certificati* che l'occasione di istituire la « scienza nuova del moto venne veramente a GALILEO dall'essersi vo- « luto mettere a dimostrare l'isocronismo dei pendoli, si può dir che « la storia della Dinamica incominci dalla storia di una tale scoperta. « Una tradizione volgare avvalorata dall'autorità del VIVIANI narra « che ciò avvenne nel Duomo di Pisa etc. » [p. 384].

E qui, riportato per la seconda volta, da altro scritto del VIVIANI, il solito racconto, l'A. aggiunge: « Nella vita di GALILEO e in varie

« scritture inedite . . . ripete il VIVIANI il *medesimo commento*, che
 « tale e non altro è per noi il nome che si meritano così fatte nar-
 « razioni ». E più oltre qualifica *romantiche avventure e avventuroso*
incontro, il noto semplicissimo fatto.

Come si possa vedere un prodotto dell'adulazione in una così
 innocente narrazione che, in sostanza, non accresce in nulla i meriti
 e la fama di GALILEO, e con qual diritto, senza alcuna prova in con-
 trario, si possa accusare l'onesto VIVIANI di avere ripetutamente detta
 cosa che sapeva non esser vera, lasciamo giudicare al lettore.

In somma, il CAVERNI, smentendo il VIVIANI e meglio informato
 di lui, rifà la storia della scoperta e del pensiero di GALILEO nel se-
 guente modo [p. 385].

« Ora sembra a noi, che questa, di confutare gli errori aristote-
 « lici, fosse la più naturale e la più ragionevole occasione a GALILEO
 « di scoprire l'isocronismo dei pendoli. Come a sperimentare che i
 « gravi di qualunque materia e mole scendono egualmente veloci GA-
 « LILEO stesso . . . . . ricorresse ai pendoli, fu da noi fatto avvertire
 « altrove . . . Era perciò naturalissimo che in così fatte esperienze . .
 « si accorgesse il Sagace Sperimentatore della equiditurnità delle
 « loro vibrazioni, come ingenuamente narra di essersi ad una simile
 « occasione abbattuto il BALIANI a fare la medesima scoperta . . .

« Vuol giustizia perciò che debbasi a lui GALILEO la precedenza
 « nel merito della scoperta, la quale non avvenne per quelle quasi ro-
 « mantiche avventure giovanili, alle quali ci fa ripensare il VIVIANI,
 « ma per i meditati esercizi dell'uomo più maturo, e della mente
 « aperta a ricevere o a risentire almeno gl'flussi delle scientifiche
 « tradizioni ».

E più oltre, a modo di conclusione, « Ravviandoci ora al nostro
 « primo ragionamento, diciamo che le considerazioni dei pendoli, in
 « mezzo alle meccaniche speculazioni, potevano naturalmente avvenire
 « a GALILEO dagli esempi degli anteriori Maestri della scienza, anche
 « senza l'*avventuroso incontro* nel Duomo di Pisa, immaginato forse
 « da chi si dette a credere che nessun altro avesse pensato mai di
 « ritrovare scienza di così fatti moti per gli archi dei cerchi, onde
 « ebbe a favoleggiarne l'origine prima dalle lampade ondegianti. Non
 « sembra che GALILEO avesse parte in ingerire una tale opinione,
 « perchè, anche là dove sarebbe caduto opportuno di accennare a ciò,
 « che dette prossima occasione alla scoperta, ne tace, e dice anzi per
 « bocca del SAGREDO che « avendo ben mille volte posto cura alle
 « vibrazioni in particolare delle lampade pendenti in alcune chiese

« da lunghissime corde. inavvertentemente mosse da alcuno, il più che
 « io cavassi da tale osservazione fu l'improbabilità dell'opinione di
 « quelli che vogliono che simili moti vengano mantenuti, e continuati
 « dal mezzo, cioè dall'aria ».

« Se la Storia dunque ha da fondarsi sui documenti, si dovrebbe
 « dire che *Galileo stesso nega di avere imparato l'isocronismo dalle*
 « *lampade oscillanti*, dalle quali solo prese occasione di riconoscere
 « l'impossibilità dell'opinione aristotelica intorno all'aria, che produce
 « e mantiene il moto ai proietti. Quanto al moto dei gravi natural-
 « mente cadenti, come i corpi appesi a un filo, piuttosto che stri-
 « scianti lungo un piano, gli servissero a sperimentar le leggi delle
 « cadute, e a scoprire non meno inverosimili opinioni del Filosofo, lo
 « dice in questo stesso Dialogo, poco avanti, quasi volesse da se me-
 « desimo GALILEO confermare che fu dall'usare i pendoli, in così fatte
 « esperienze, che gli occorse di avvertire l'ugual tempo delle loro
 « maggiori o minori oscillazioni » [pp. 386-87].

* * *

Il CAVERNI, ostinato nel suo preconconcetto, vi rigira attorno col suo fraseggiare pretenzioso e vuoto, cercando di sostenere una tesi cervelotica, con argomenti ancora meno sostenibili. Riassumiamo e concludiamo.

Secondo il VIVIANI, la prima osservazione del pendolo sarebbe fra il 1580 e il 1583, quando GALILEO, giovinetto intorno ai diciotto anni, studiava Filosofia e Medicina, digiuno affatto di studi matematici, e ben lontano ancora dal prender posizione contro la meccanica di ARISTOTILE. Che in questo tempo, con la naturale disposizione all'indagine scientifica, facesse l'osservazione dell'isocronismo del pendolo, notando, per il primo, in un fatto volgarissimo, una legge singolare è ben possibile e naturale; e il VIVIANI che dovette apprenderlo da lui ci attesta che così fu. Il pretendere, come fa il CAVERNI, che la legge dell'isocronismo, GALILEO la ricavasse per analisi e deduzione da quelle del moto dei gravi, e quindi molto più tardi, è storicamente un'idea arbitraria che nulla giustifica: razionalmente e scientificamente si può ben dire che è un'argomentazione sbagliata.

La legge fondamentale della caduta dei gravi scoperta da GALILEO, era che essi acquistano tutti la medesima velocità scendendo da una medesima altezza, qualunque sia il loro peso: e questo si

provava anche nel pendolo, e GALILEO se ne valse. Ma nel pendolo c'è, oltre a questo, un fatto nuovo, molto singolare, cioè che la durata della caduta è indipendente dall'ampiezza dell'arco e quindi anche dall'altezza da cui il grave si parte: cosa che non avviene nella caduta libera verticale o lungo piani inclinati.

Dedurre questo fatto, che è la legge dell'isocronismo, da quelle della caduta libera o lungo piani inclinati, coi metodi geometrici di GALILEO, era, più che difficile, impossibile. Prima di tutto, per la semplice ragione che quest'isocronismo non è rigorosamente vero ma soltanto approssimativo, e GALILEO che si provò a dimostrarlo, confessò di non esservi riuscito. In secondo luogo, perchè l'isocronismo o tautocronismo è un problema speciale, che non ha alcuna necessaria relazione coi teoremi fondamentali della nuova meccanica galileiana.

La legge della caduta dei gravi poteva a GALILEO far prevedere, se già non l'aveva osservato, che la durata delle oscillazioni di un pendolo è indipendente dal peso del corpo appeso; ma non che è, altresì, indipendente dall'ampiezza dell'oscillazione; ed è proprio in questa seconda indipendenza che consiste l'osservazione galileiana e la legge dell'isocronismo. Le cavillose argomentazioni del CAVERNI a questo proposito, dimostrano, o la superficialità delle sue cognizioni scientifiche, ovvero, che le ragioni scientifiche passano per lui in seconda linea quando si tratta di sostenere i suoi puntigli antigalileiani.

Non occorrono molte parole per dimostrare la futilità dell'obiezione, che GALILEO, parlando, nei Dialoghi, di pendoli e anche di lampade, non accenni alla prima sua osservazione.

La personalità di GALILEO nei suoi Dialoghi non apparisce che indirettamente, e l'episodio della lampada non aveva per lui e di fronte alla materia trattata, quell'interesse che ora ha per noi.

Che GALILEO non abbia giudicato opportuno, nella persona del SALVIATI, far menzione del fatto, si comprende facilmente; ma certamente egli se ne ricordava e ci pensava, quando scriveva quelle parole che fa dire al SAGREDO. E il commento che ne fa il CAVERNI è non soltanto capzioso, ma errato e falso.

Il dotto confabulatore che accoglie e fa suo il pensiero del SALVIATI, cioè di GALILEO, dopo avere appreso la più notevole fra le proprietà dei pendoli, cioè l'isocronismo, esce in quelle parole sopra riportate, che, garbatamente, suonano ammirazione ed elogio a Colui che, per il primo, in fenomeno così comune, rilevò il fatto singolare.

Difatti, il SAGREDO dice, che pur avendo le mille volte osservato lampade dondolanti nelle chiese, egli non ne aveva cavato altro

che la tendenza dei corpi a conservare il moto, e la improbabilità che potesse esser l'aria a conservarlo. Il CAVERNI, invece, legge in queste parole, che « GALILEO stesso *nega* di avere imparato l'isocronismo dalle lampade oscillanti ».

Del resto il CAVERNI, come gli accade spesso, si contraddice: scrive [p. 385] che la scoperta « non avvenne per quelle quasi ro-
« mantiche avventure giovanili alle quali ci fa ripensare il VIVIANI,
« ma per i meritati esercizi dell'uomo più maturo... », dimentican-
dosi di avere prima scritto [T. I, p. 304]: « Ma non si può negare,
in ogni modo, che verso quel tempo indicato dal VIVIANI, o poco dopo,
il gran Maestro della nuova scienza del moto non fosse veramente il
primo a notare quella insigne proprietà dei corpi oscillanti ».

In somma, le pagine polemiche scritte dal CAVERNI per il puntiglio di negare il fatto narrato dal VIVIANI, sono storicamente infondate, scientificamente errate, e quindi, come molte altre della sua opera, assolutamente inutili per la storia del metodo sperimentale.

II. — I predecessori.

L'abate CAVERNI, per ogni scoperta o invenzione di GALILEO si dà a cercare diligentemente quelli che furono i predecessori di lui in quella stessa via. Queste sottili ricerche costituirebbero veramente la parte più utile e interessante della sua storia, se egli non se ne servisse sempre, sistematicamente, a togliere o diminuire i meriti di GALILEO, con una partigianeria così ostinata e cieca, che non soltanto toglie quasi ogni valore alla parte critica e dottrinale dell'opera sua, ma lo conduce spesso a grossolani spropositi. Così procede anche per la storia del pendolo e delle sue applicazioni. Sul quale soggetto, nonostante il suo zelo, non può citare che tre autori: LEONARDO, il CARDANO, il SANTORIO.

Che LEONARDO in molti principi della meccanica abbia preceduto GALILEO è indubitato; ma è anche noto che le meravigliose speculazioni e divinazioni di LEONARDO rimasero sepolte nei suoi manoscritti, e furono assolutamente ignote non soltanto a GALILEO, ma a tutti gli studiosi del suo tempo.

LEONARDO tratta del pendolo brevemente, ma con mirabile intuizione: rileva la conservazione del moto che fa risalire il grave di quanto è sceso; che la velocità acquistata dipende dall'altezza della caduta; e anche che la caduta per l'arco di cerchio è più breve in

tempo che quella per la corda. Ma non si trova cenno, almeno in quello che fin'ora ci è noto, dell'isocronismo delle oscillazioni, nè dell'essere la durata di queste indipendente dal peso del corpo; cioè delle leggi che veramente posson dirsi galileiane.

Nell'opera *De Subtilitate* di GEROLAMO CARDANO si trovano pure alcune buone osservazioni relative ai pendoli. La più notevole è, che per smuovere di poco il corpo sospeso basta una piccolissima forza, tanto più piccola quanto più lungo è il filo; con la spiegazione giusta, che, in questo caso, il corpo si scosta meno dalla tangente e quindi meno si solleva. Il CARDANO nota anch'egli che il pendolo risale da una parte di quanto è disceso dall'altra. Niente di più; e, quindi, meno assai che in LEONARDO.

Ciò nonostante il CAVERNI non esita a sentenziare, con imperturbata sicurezza, chiedendo anche la complicità del lettore, « Si trovano in queste parole, come i nostri lettori si accorgono facilmente, incluse le fondamentali dottrine dei pendoli » (T. IV, 386).

Del SANTORIO, che fu contemporaneo di GALILEO, diremo al paragrafo IV, perchè rispetto a lui si tratta piuttosto delle applicazioni del pendolo che della scoperta delle sue leggi.

III. — Dell'isocronismo.

Il fatto caratteristico e singolare che GALILEO per il primo notò nel pendolo consiste nell'*isocronismo*; cioè, che le oscillazioni di un dato pendolo, o grandi o piccole che siano, si compiono nello stesso tempo.

Ora, noi sappiamo bene, dopo la dimostrazione dell'HUYGENS, che questo isocronismo non è esattissimo; che la durata delle oscillazioni cresce un poco con l'ampiezza di queste, e che solamente le piccole oscillazioni possono, praticamente, considerarsi come isocrone.

GALILEO su questo punto rimase incerto. Dovette sperimentalmente notare una certa piccola differenza fra le piccole e le grandi oscillazioni, ma restò in dubbio se essa fosse dovuta ad una legge meccanica, o se fosse prodotta dalla resistenza dell'aria, la quale veramente contribuisce a questa differenza, perchè nelle oscillazioni più ampie il suo effetto ritardatore è più sensibile.

Il VIVIANI nella lettera al principe Leopoldo *Sopra l'invenzione dell'orologio a pendolo*, facendo la storia della prima osservazione, scrive che GALILEO « ne inferì ugualissima esser la durazione tra

« l'andate e le tornate d'un medesimo pendolo. grandissime o piccolissime che elle fossero, o non iscorgersi almeno tra loro sensibile differenza, e da attribuirsi all'impedimento dell'aria, che fa più contrasto al grave mobile più veloce che al meno » (3).

E fu mantenuto in tale incertezza dal non essere riuscito a dimostrare geometricamente l'isocronismo nelle cadute per gli archi di cerchio, mentre lo dimostrò per le corde condotte al punto inferiore di un cerchio, e dimostrò pure che la caduta per l'arco si compie in tempo più breve che per la corda corrispondente, benchè la via percorsa sia più lunga.

Da questo isocronismo per le corde, egli pensò che dovesse derivarne l'isocronismo per gli archi, ma non l'affermò mai, in modo assoluto, essendogli mancata la desiderata dimostrazione.

In molti passi delle opere e delle lettere, dove del pendolo si considera specialmente la sua pratica applicazione alla misura del tempo, GALILEO dice senz'altro che le oscillazioni si compiono tutte in tempi eguali. Ma in due luoghi è fatto cenno di una possibile differenza. Il primo è nella 2ª giornata del Dialogo (4), dove il SALVIATI così si esprime: « ... il medesimo pendolo fa le sue reciprocazioni sempre sotto tempi eguali, sieno quelle lunghissime o brevissime, « cioè rimuovasi il pendolo assaissimo o pochissimo dal perpendicolo; « e se pur non sono del tutto eguali, sono elleno insensibilmente differenti, come l'esperienza vi può mostrare ». Il secondo luogo è nei Dialoghi delle *Nuove scienze*, alla Prima giornata, ove si legge questo passo notevole:

« ... quanto al primo dubbio [dice il SALVIATI] che è, se veramente « e puntualissimamente l'istesso pendolo fa tutte le sue vibrazioni, « massime mediocri e minime, sotto tempi precisamente eguali, io mi « rimetto a quello che intesi già dal nostro Accademico; il quale dimostra bene, che 'l mobile che descendesse per le corde sottese a « qualsivoglia arco, le passerebbe necessariamente tutte in tempi « eguali... Circa poi i descendentì per gli archi delle medesime corde « elevati sopra l'orizzonte, e che non siano maggiori d'una quarta, « cioè di novanta gradi, mostra parimente l'esperienza, passarsi tutti « in tempi eguali, ma però più brevi de' tempi de' passaggi per le « corde » (5).

(3) *Opere* di GALILEO. Ediz. Naz., XIX, p. 649.

(4) Ediz. Naz., VII, 256.

(5) Ediz. Naz., VIII, 139.

Da queste parole si rileva che il *dubbio* c'era; il *rimettersi all'Accademico* è una frase prudente e accorta, dalla quale si intende che GALILEO non considerava la questione come risolta definitivamente, ma inclinava a credere che l'isocronismo per gli archi potesse dimostrarsi vero come conseguenza di quello per le corde. In ogni modo, dove GALILEO ammette l'isocronismo, lo ammette come fatto di esperienza e non come legge geometrica.

Sono quindi ingiusti e malevoli i giudizi del CAVERNI il quale dal confronto dei due passi sopra riportati così sentenzia:

« Quel giovane, così scrupoloso di trasgredire i termini meccanici, ora dunque da vecchio s'è fatto di più rilassata coscienza, la quale non avrebbe dovuto consentire così facile il trapasso dalle proprietà meccaniche delle corde alle analoghe proprietà meccaniche per gli archi sottesi. Che se avesse dovuto ridurlo ai termini del dovere, conveniva piuttosto suggerirgli questa per la via più sicura da tenere: ammetter cioè che, in tanto si potesser dire isocroni gli archi, in quanto si confondono con le corde, le quali solo s'è riuscito a dimostrare isocrone: e insomma non asserire così confidentemente che per tutta la quarta del cerchio, vanno le vibrazioni eguali ma quelle sole fatte per un piccolo numero di gradi. Che se non tenne GALILEO dietro alla severa logica di questo discorso, si deve alla persuasione che fossero puntualissime le sue esperienze, le quali non avendo potuto altrimenti dimostrare, e non convenendogli di dimostrare al pubblico la sua insufficienza, come avea fatto da giovane, e in privato con GUIDOBALDO, s'attenne al partito di far dell'isocronismo dei pendoli un corollario alla VI proposizione del *Il libro dei moti locali* » [IV, 389-90].

L'abate CAVERNI forte del senno di poi, vuol fare a GALILEO da maestro di morale e di geometria. Ma, quanto alla morale, l'affermare che GALILEO abbia fatto dell'isocronismo dei pendoli un *Corollario* di precedenti proposizioni geometriche, è affermare una falsità. Quanto al resto, è ben naturale che GALILEO avendo l'idea (errata ma non *a priori* ingiustificata) dell'isocronismo assoluto per tutti gli archi, non sia stato condotto a distinguere le oscillazioni piccole dalle grandi, come facciamo noi, appunto perchè sappiamo quello che egli avrebbe voluto sapere.

Ma la *severa logica* del ragionamento che il CAVERNI espone con tanta solennità, rimproverando a GALILEO di non averlo seguito, come *la via più sicura da tenere*, contiene invece un grave errore fondamentale, non perdonabile ad un geometra moderno. Il CAVERNI crede

che l'isocronismo nei piccoli archi di cerchio dipenda dal fatto che essi si confondono con le loro corde, per le quali l'isocronismo è dimostrato. Se ne dovrebbe, quindi, concludere, che il tempo delle cadute, per tali piccoli archi, tenda a diventare eguale a quello delle cadute per le corde corrispondenti. Ciò è falso. La caduta per l'arco è sempre più breve che per la corda; e anzi, il rapporto fra i due tempi *va diminuendo* con l'impiccolire dell'arco, tendendo non verso *uno* ma verso il numero $\pi/4$.

La questione dell'isocronismo assoluto o no, delle oscillazioni pendolari, continuò a discutersi fino a che l'HUYGENS nel 1673 non fece conoscere la teoria esatta del pendolo. Gli Accademici del Cimento, accertarono con varie esperienze che le oscillazioni più ampie avevano una durata un po' maggiore delle altre, ma nei *Saggi* non si leggono a tal proposito che queste parole: « Qui par luogo di dire, che l'esperienza c'avea mostrato (come fu anche avvertito dal GALILEO, dopo l'osservazione che prima d'ogni altro si fece, intorno all'anno 1583, della loro prossima ugualità) non tutte le vibrazioni del pendolo correre in tempi precisamente tra loro uguali, ma quelle che di mano in mano s'accostano alla quiete, spedirsi in più breve tempo che non fanno le prime, come si dirà a suo luogo » (6).

Dopo quanto si è esposto, apparirà ad ognuno che queste parole, siano pur deferenti verso la memoria del Maestro, da parte di quelli che si consideravano discepoli e continuatori dell'opera di lui, non sono in sostanza contrarie al vero, e non meritano l'aspro commento del CAVERNI, il quale, senza citar documenti a prova delle sue audaci asserzioni, così scrive: « la promessa però non fu mantenuta, non « facendosi del pendolo in tutto il libro altra parola. Sconsigliò dal « proposito il principe dell'Accademia e i Colleghi, il VIVIANI, tre- « pido per l'onore dell'adorato Maestro, il qual VIVIANI, costretto a « passare al Segretario quel cenno sopra trascritto, gli suggerì le pa- « role incluse fra parentesi, nelle quali, per salvare GALILEO, non per- « donò al pudore di fornicare pubblicamente con la menzogna » [IV, 400].

IV. — La seconda legge dei pendoli.

Questa seconda legge, cioè la relazione fra il periodo di oscillazione e la lunghezza del pendolo, essendo semplice e facile a trovarsi con l'esperienza, crediamo che dovette essere nota a GALILEO fino dalle

(6) *Saggi di naturali esperienze*. Firenze, 1667, p. 20.

sue prime osservazioni, come è anche affermato dal VIVIANI. Ma, come di altre sue scoperte, non se ne trova comunicazione pubblica che assai tardi, quando la nuova meccanica fu costituita in corpo organico di dottrina e convalidata dalle dimostrazioni geometriche.

Nella 4ª giornata del *Dialogo* si accenna incompletamente alla legge, ossia, se ne dice solo quello che serviva al soggetto in discussione, con queste parole del SALVIATI: « Suspendansi pesi eguali da corde diseguali; e rimossi dal perpendicolo lascinsi in libertà: vedremo gli appesi a corde più brevi fare lor vibrazioni sotto più brevi tempi, come quelli che si muovono per cerchi minori » (7).

Nella lettera a LORENZO REALIO del 6 giugno 1637, la legge viene enunciata completamente; e, di poi, nei *Dialoghi delle Nuove Scienze*, in questi termini: « Quanto poi alla proposizione dei tempi delle vibrazioni di mobili pendenti da fila di differente lunghezza, sono essi tempi in proporzione suddupla delle lunghezze delle fila, o vogliam dire le lunghezze esser in duplicata proporzione de i tempi, cioè son come i quadrati de i tempi: sì che volendo v.g. che 'l tempo d'una vibrazione d'un pendolo sia doppio del tempo d'una vibrazione d'un altro, bisogna che la lunghezza della corda di quello sia quadrupla della lunghezza della corda di questo » (8). E segue l'applicazione della legge alla risoluzione del problema, di trovare la lunghezza di un lungo pendolo, confrontando il numero delle sue oscillazioni, con quelle fatte, nello stesso tempo, da un altro pendolo di lunghezza conosciuta.

Il CAVERNI comincia con l'asserire che nel ritrovar questa legge GALILEO fu preceduto dal BALIANI; fondandosi sul fatto che nel libro del BALIANI, *De Motu gravium* (pubblicato l'anno stesso 1638 dei *Dialoghi delle Nuove Scienze*) la legge è pure formulata, e l'Autore dice nella prefazione di aver cominciate queste esperienze nel 1611.

Che il BALIANI, acutissimo ingegno e sagace osservatore, messosi sulla via aperta da GALILEO, abbia da sè ritrovato questa, e altre leggi meccaniche, è ben possibile: ma è verosimile che GALILEO, come ci dice il VIVIANI, l'avesse trovata molto prima e che fosse già divulgata per mezzo dei discepoli. Del resto il BALIANI, ricordando onorevolmente GALILEO, non accenna a sua propria priorità; e queste leggi dei pendoli sono premesse come *suppositiones*, cioè come postulati sperimentali.

(7) Ediz. Naz., VII, 475.

(8) Ediz. Naz., VIII, 140.

Ma dove le male arti del CAVERNI si manifestano in maniera veramente ripugnante, è nella falsa interpretazione che scientemente dà alle parole sopra citate dei *Dialoghi*, « vedremo gli appesi a corde « più brevi fare lor vibrazioni sotto più brevi tempi, come quelli « che si muovono per cerchi minori » facendo ad esse seguire questa conclusione: « Ond'è chiaro che i tempi per gli archi son, secondo « questo discorso, non proporzionali alle radici, ma alle semplici lunghezze dei raggi. Si posson di qui tutti facilmente persuadere che « colui il quale versava in così fatti errori, non era in grado di risolvere i quesiti propostigli dal BALIANI e dal PIERONI » [T. IV, p. 408].

Il CAVERNI, già insegnante di matematiche, sapeva bene che il dire, di due grandezze, che l'una cresce col crescer dell'altra non equivale punto a dire che son proporzionali; e le cento volte egli avrà corretto i suoi scolari quando credevano così definire la proporzionalità diretta. Ma ora, egli si abbassa a far suo un tale grossolano errore matematico, solo perchè gli permette, in mala fede, di leggere un errore fisico nelle parole di GALILEO!

Sulla base di questa falsata interpretazione, il CAVERNI sostiene che GALILEO nel 1632 non soltanto ignorava la 2^a legge del pendolo, ma ne aveva un'idea grossolanamente errata; e prosegue, « ... come « e a qual felice occasione si fosse GALILEO ravveduto del suo errore « non si cura di dirlo non essendo nell'indole di quell'uomo, come in « simili altri casi notammo, il far pur vista di avere sbagliato. Questo « solo ci dice che fu una tal legge scoperta e verificata per via dell' « l'esperienza: e perchè in quel tempo, cioè nel 1637, attendeva a « mettere in ordine per darlo alle stampe, il manoscritto del primo « Dialogo delle Scienze nuove, ivi ebbero solenne pubblicità i fatti « osservati, che non avevano a voler esser giusti, nessun diritto di « essere esposti al mondo, come nuovi, essendosi incontrato in essi, « infino dal 1611, il BALIANI, e avendoli il MERSENNE, in un suo libro « stampato in francese in Roma nel 1636, già divulgati » [IV, 409].

Del BALIANI si è già detto. Quanto al libro del MERSENNE (di cui il CAVERNI non dà altra indicazione) crediamo che esso sia l'opera nota, *De la nature des Sons, des Mouvements et de leurs propriétés*, stampata nel 1635 e non a Roma ma a Parigi. Nel secondo libro, *Du Mouvement* [p. 133], che è una specie di Commentario sulla meccanica galileiana del *Dialogo dei massimi sistemi*, è enunciata, senza dimostrazione, la legge dell'oscillazione del pendolo in relazione alla lunghezza, dando anche in 3 piedi e $\frac{1}{2}$ la lunghezza del pendolo che batte i

secondi. Il che conferma che queste cognizioni della scuola galileiana erano ormai note e diffuse; e l'indugio di GALILEO alla pubblicazione si deve attribuire al fatto che egli attendeva e sperava di poter presentare queste leggi sperimentali convalidate dalla dimostrazione geometrica.

GALILEO rispetto a questa 2^a legge dei pendoli, dovette trovarsi nella stessa incertezza che per l'isocronismo. Non essendo riuscito a trovare la legge rigorosa delle oscillazioni, non poteva enunciare come proposizione geometricamente dimostrata, quello che, l'esperienza gli aveva subito appreso, cioè che i tempi delle oscillazioni stanno come le radici quadrate delle lunghezze. Se le cadute per gli archi, come egli supponeva, erano in rapporto costante con le cadute per le corde, dovevano esse pure stare come le radici delle lunghezze: ma, essendogli mancata la prima desiderata e cercata dimostrazione, con l'onesta scrupolosità del geometra, indugiò a pronunziarsi, e poi si contentò di enunciare la legge come legge sperimentale.

Ma che GALILEO fosse incapace, come il CAVERNI afferma, di ricavare da questa legge la regola per trovare la lunghezza del pendolo che batte i secondi, incapace cioè di risolvere la proporzione $x:l = N^2:n^2$ (dove x è la cercata lunghezza, e N il numero delle vibrazioni fatte da un pendolo di lunghezza l in n secondi), è una impudente stoltezza. Nella lettera al BALIANI del 1^o ag. 1639, e nell'altra del 1^o sett., GALILEO dice chiarissimamente, che, conosciuto il numero delle oscillazioni fatte da un pendolo qualsiasi in 24 ore, si avrà la lunghezza del pendolo *aggiustato a fare le sue vibrationi in un minuto secondo ... con la semplice operatione della regola aurea*, cioè della proporzione.

La difficoltà, tutta di ordine sperimentale, consisteva nel misurare esattamente la lunghezza l , e (con gli orologi che allora si avevano) il tempo di n secondi. GALILEO malato e ormai quasi cieco, si trovava in condizioni ben difficili per una siffatta operazione.

Dei pendoli, che all'ingrosso, segnassero il minuto secondo si sapevan certo costruire, perchè si usavano anche dai medici per l'osservazione del polso, e bastava regolarsi con un polso normale. Abbiamo già visto che il MERSENNE fino dal 1635 indicava, come lunghezza del pendolo a secondi, 3 piedi e $\frac{1}{2}$, cioè circa 98 centimetri. Quello che si domandava a GALILEO era la soluzione rigorosa del problema, riferendosi alla misura esatta astronomica del tempo invece che a quella incerta degli orologi di allora. E GALILEO rispondendo al BALIANI la indica con precisione: "... si ricerca, *pro una vice*

« *tantum*, che due tre o quattro amici curiosi e pazienti, avendo apposta una stella fissa, che risponde contro a qualche segno stabile, preso un pendolo di qualsivoglia lunghezza, vadano numerando le sue vibrazioni per tutto il tempo del ritorno della medesima fissa al primo luogo . . . », e nelle *Operazioni astronomiche* entra in maggiori particolari suggerendo l'uso del cannocchiale (9).

Il CAVERNI mette in ridicolo, come inattuabile, la proposta di GALILEO [IV, 412]; ma poco dopo è costretto a narrare che il RICCIOLI, dopo aver provati altri metodi più spicciativi ma meno esatti, dovette ricorrere proprio a quello suggerito da GALILEO, ritrovando la lunghezza del pendolo a secondi, con precisione maggiore di tutti i suoi predecessori.

Il BALIANI non sentendosi disposto a fare da sè quello che GALILEO avevagli indicato, si rivolse, dandogli le necessarie comunicazioni, al padre CABEO da Ferrara: e soddisfatto da questo, così ne informava GALILEO: « perchè è cosa che richiede diligenza e pazienza, pregai il padre NICOLÒ CABEO, che mi pareva atto a ciò et a molto maggior cosa, che volesse cercarlo, et esso mi scrisse di haverlo fatto, e me ne mandò da Ferrara la misura, che è come questa che è qui in margine: ove dice che il filo ha da esser lungo quanto ED, e nel D sia il centro della palla grave da applicarvisi, dicendo che in un secondo ritorna la palla nel luogo di dove partì » (10). La lunghezza ED segnata nella lettera è di 223 millimetri, cioè circa $\frac{1}{4}$ di quello che ci saremmo aspettati.

« *L'enorme sbaglio* (commenta il CAVERNI [IV, 415]) che non potea solo dipendere dalla poco esatta misura dell'ora, presa forse dagli orologi scioterici o dalle clessidre, farebbe credere che dipendesse piuttosto dalla mala corrispondenza di quei tentativi, ai quali era, secondo GALILEO, necessario si riducesse l'osservatore per conseguire il suo intento . . . Tale fu la cultura e tali furono i frutti che raccolse il CABEO dal suo pertinace lavoro, dai consigli del BALIANI, e dagli insegnamenti di GALILEO ».

L'enorme sbaglio non è del CABEO ma proprio dell'abate CAVERNI, il quale non ha letto o non ha capito le parole contenute nella lettera del BALIANI « *in un secondo ritorna la palla nel luogo di dove partì* », le quali fanno intendere chiaramente che il CABEO contava le oscillazioni intere, mentre gli altri, come di solito si fa ancora,

(9) Ediz. Naz., XVIII, 75. VIII, 454.

(10) Ediz. Naz., XVIII, 87.

contavano le oscillazioni semplici ossia le mezze. Quindi le oscillazioni semplici del suo pendolo erano non di 1 secondo, ma di mezzo secondo, ed è quindi naturale che la lunghezza del pendolo da lui misurata fosse pressappoco un quarto di quella trovata dagli altri. Così, il ridicolo che l'abate CAVERNI vuole ingiustamente gettare sul povero CABEO traviato dagli errori di GALILEO, ricade tutto sopra di lui, traviato davvero dai preconcetti di una cieca partigianeria.

V. — L'applicazione all'orologio.

Fu pensiero costante di GALILEO, espresso da lui in più modi e in varie circostanze, che il pendolo costituisse il più semplice e perfetto misuratore del tempo. Si confermò in quell'idea e la volse alla pratica attuazione negli ultimi anni, quando trattò, col governo di Olanda, delle longitudini, per la cui determinazione era necessario un esatto misuratore del tempo.

Nella lettera a LORENZO REALIO in Amsterdam, del giugno 1637, GALILEO scriveva: « 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 soggetto ad alterazione alcuna, si contiene il modo di mantenere sempre egualissime le misure del tempo » (11).

E GALILEO non intende qui parlare del solito dondolo, fatto di una pallina attaccata ad un filo, ma di « un pendolo di materia solida e grave qual sarebbe ottone o rame », ossia, come diremo ora noi, di un pendolo rigido e composto. In questa stessa lettera dà precisi e squisiti particolari di costruzione, per la sua forma fatta in modo da « evitare quanto si possa l'impedimento dell'aria », e per la sospensione su prismi o coltelli da bilancia. Passa poi a descrivere il contatore, che mosso dal pendolo stesso registra le oscillazioni per evitare la noia e la fatica di numerarle. Abbiamo in somma, qui la prima descrizione di un vero cronometro a pendolo bene adatto all'uso astronomico.

Questo cronometro non è ancora automatico perchè è necessario « che chi gli assiste gli dia a tempo un impulso gagliardo riducendolo

---

(11) Ediz., Naz., XVII, 96.

alle vibrazioni ampie », ma GALILEO pensava anche all'automatismo, cioè all'ultimo perfezionamento per rendere completo l'orologio. E dopo avere tracciato ad altri la via, benchè malato e cieco, riuscì a percorrerla da sè, arrivando al termine desiderato, proprio nell'ultimo anno della vita gloriosa. Quando GALILEO moriva, lo scappamento a pendolo, l'organo essenziale dell'orologio, era definito, disegnato e pronto per la costruzione.

Ma quest'ultima grande invenzione galileiana per trascuratezza o indolenza di chi doveva occuparsene, rimase abbandonata: ripresa e condotta a compimento, dal figlio VINCENZO nel 1649, e morto esso pure in questo anno, restò nel cerchio intimo degli amici del Maestro e disgraziatamente non fu resa pubblica. Solamente quando l'HUYGENS nel 1658 ebbe pubblicata la descrizione del suo orologio, si svegliarono gli amici di GALILEO, e il VIVIANI, per invito del principe LEOPOLDO, espose a lui, nella notissima lettera del 20 agosto 1659, la storia dell'orologio galileiano, rivendicando al Maestro la priorità dell'invenzione, con documenti e testimonianze di assoluto valore.

Ne derivò una vivace discussione per corrispondenza fra l'HUYGENS, il principe LEOPOLDO, il BULLIAUD e altri: ma l'HUYGENS finì col riconoscere lealmente di essere stato preceduto da GALILEO.

Tale è in brevissime linee la storia della prima applicazione del pendolo all'orologio: storia che resta semplice e chiarissima, sebbene invidiosa malevolenza e ignoranza di stranieri abbiano ripetutamente cercato di imbrogliarla e falsarla. Per maggiori particolari rimandiamo allo studio del prof. FAVARO, *G. Galilei e C. Huygens* nella « Riv. di Fisica, Matem. e Scienze nat. », Pisa, luglio 1912, in cui sono citati altri lavori dello stesso Autore sul medesimo argomento: e anche al nostro *Galileo e l'orologio a pendolo*, nella « Riv. d'ottica e meccanica di precisione », Firenze, nov.-dic. 1919.

* * *

Per il CAVERNI, il primo che abbia adoperato il pendolo come misuratore del tempo, è stato il SANTORIO, che nei suoi *Commentari*, descrive uno strumento da lui detto *Pulsilogium*, destinato come si intende a misurare la frequenza del polso. E descrive anche, o meglio presenta il disegno di un altro strumento che chiama *Cotyla*, e che il CAVERNI riporta in due forme poco diverse, con tanta compiacenza che crediamo opportuno riportarlo anche qui.

« Non sembra a noi poter esservi dubbio — scrive il CAVERNI —
 « che questa cosiddetta *Cotyla*, descrittaci o mostrataci sotto velo dal
 « SANTORIO, non sia un vero e proprio orologio a pendolo... In che
 « propriamente consistesse un tal congegno, e come fosse connesso
 « con gli stessi moti vibratorî, non possiamo noi dirlo con certezza, ma è
 « facile indovinare che consistesse tutto in ruote dentate, a somiglianza
 « di quell'altro orologio a pendolo, che per uso di trovar le longitu-
 « dini fu proposto da GALILEO » [I, 302].

E più avanti, dopo aver riportata parte della lettera di GALILEO al REALIO, si ripete e conferma così: « Si dovrebbe dir senza dubbio, questo immaginato da GALILEO, il primo macchinamento adattabile all'orologio, quando non ci si rappresentasse scolpito nella *mémoria* il disegno di quella *Cotyla* santoriana; disegno impresso nelle pagine di un libro che vide la pubblica luce dodici anni prima che GALILEO scrivesse quella privata lettera a LORENZO REALIO. L'indice, la mostra divisa in 12 parti, la maglietta e il chiodo che lo rappresentano appeso ad una parete, fanno immaginar che l'orologio santoriano non differisse, almeno esteriormente, da uno di questi dell'uso moderno. È vero che non vi è rappresentato nè accennato in disegno il macchinamento interiore, nè con parole ci vien dall'Autore in alcun modo descritto; ma è pure una ragionevole congettura quella di creder che il pendolo comunicasse il moto circolare all'indice per mezzo di ruote dentate, e così venisse a rassomigliarsi ad un vero orologio a pendolo *meglio* di quello che GALILEO progettò all'ammiraglio olandese » [I, 309].

È innegabile che, a prima vista, questo disegno della *Cotyla* ricorda anche a noi i vecchi orologi olandesi col cuccù; ma pensare che un orologio a pendolo fosse venuto fuori completo dal cervello del SANTORIO, come MINERVA dalla testa di GIOVE, e che un'invenzione di tale portata, resa pubblica per la stampa in Venezia, nel 1625, fosse rimasta sterile e ignorata da tutti quelli che dopo si occuparono di questo problema, è una tale prova di leggerezza, che è incredibile ci venga così solennemente da un uomo di ingegno e di coltura.

Fra i molti granchi antigalileiani presi dal CAVERNI questo è uno dei più fenomenali e risibili. Ma, per rendergli giustizia, dobbiam dire che,

avvertitone forse da qualche amico, riconobbe e confessò lo sproposito, ritornando sull'argomento dei pendoli nel Tomo IV, dove, a p. 406, scrive: « Facemmo a pp. 301, 302 del nostro I Tomo, avvertire che « primo a servirsi del pendolo per uso cronometrico, fu il SANTORIO, « e non avremmo risospinta indietro la vista così lontano, se non ci « promesse di confessare ai lettori l'errore in cui allora cademmo in « dar lo strumento santoriano denominato *Cotyla*, per un automa: « mentre era il dito che movendo da una parte o da un'altra l'indice « per un certo numero di gradi, faceva rotare, ora a destra ora a sinistra un cilindro, da cui svolgendosi o su cui avvolgendosi il filo « del pendolo, si poteva a piacere aggiustarlo alla misura corrispondente « al numero, segnato dalla punta dell'indice stesso, sopra la mostra ».

Ma, purtroppo, alla confessione non segue il ravvedimento, perchè le parole sopra riportate si continuano con queste altre: « Il SANTORIO « in somma apparisce nella storia il primo che applicasse il pendolo « agli usi pratici, mentre GALILEO si tratteneva sterilmente a contemplarne la teoria. Ma perchè, da chi tutto vuole attribuire a « quell'uomo, adorato come divino, anche questa distinzione è negata, « è ben lasciare i rettorici discorsi a chi se ne diletta, per ridurre « alla severa e schietta conclusione dei fatti ». *La severa e schietta conclusione dei fatti* si svolge poi nel modo che abbiamo esaminato nei paragrafi precedenti di questo scritto.

Quanto all'applicazione del pendolo alla medicina, ci riferiamo alle parole seguenti tratte dal noto *Racconto storico* del VIVIANI, relative alla prima osservazione del pendolo: « ... e per allora sovvenne di adattarlo all'uso della Medicina per la misura della frequenza dei polsi, con stupore e diletto dei medici di que' tempi e come pure oggi si pratica volgarmente ... ». E in un manoscritto del VIVIANI, da cui riporta un passo il CAVERNI, si legge la stessa notizia con particolari maggiori, e queste altre parole: « Di tal semplicissimo strumento, benchè dai più fosse poco apprezzato, non mancarono però dei più docili che ne fecero conto, e di qui è che spargendosi l'uso per l'Italia e oltre i monti, vi fu chi se ne appropriò « l'invenzione, senza neppure far parola del suo primo e vero Autore » [I, 304].

Fra questi più o meno scrupolosi divulgatori e applicatori delle scoperte di GALILEO, pare, dunque, si debba porre anche il medico SANTORIO, che fu collega di GALILEO a Padova. Ma quel suo, dal CAVERNI tanto magnificato, Pulsilogio, non è altro che un semplice pendolo con qualche artificio di poca importanza per regolare la lun-

ghezza del filo. E niente altro che una forma del Pulsilogio è la famosa *Cotyla*, che la fantasia del CAVERNI trasfigura in un orologio a pendolo.

Quanto all'orologio di GALILEO, il CAVERNI, bontà sua, non osa dire questa volta che si tratta di una favola del VIVIANI. Troppo precisa è questa sua narrazione e troppe altre e alte persone vi sono collegate. Ma non potendo negare la priorità di GALILEO, cerca di svalutare la sua invenzione; che, invece, a chi consideri le infelici condizioni in cui era ridotto il povero vecchio, apparisce mirabile. Ecco le sprezzanti, cattive parole, con che il CAVERNI illustra il disegno dell'orologio galileiano [I, 313].

« Chi attentamente fissa lo sguardo sopra questo disegno, e si mette a considerar quelle ruote e que' pironi, quelle codette e quegli scatti, ci vede la laboriosità dell'ingegno, ma non ci sente l'ispirazione del genio... Il VIVIANI ci fa sapere... che VINCENZIO di GALILEO conosceva troppo bene l'imperfezione di quel macchinamento e le difficoltà che si presentavano nel sollecito studio di migliorarlo... In qualunque modo gli orologi di GALILEO rimanevano sterili progetti e infecondi di ogni utilità per la vita civile o domestica e per la scienza ».

La verità è, invece, che a GALILEO spetta non soltanto la priorità sull'HUYGENS, ma anche la superiorità per ciò che concerne l'applicazione del pendolo all'orologio. L'HUYGENS non fece che adattare il pendolo, come regolatore del tempo, in luogo dell'antico bilanciante: il suo sistema presenta notevoli inconvenienti e non fu più seguito dopo che fu immaginato lo scappamento ad ancora.

Il sistema di GALILEO, originalissimo, è assai migliore, ed è somigliante molto a quelli detti dai francesi *à chevilles*. Un compatriotta dell'HUYGENS, il dott. SCHAIK di Rotterdam, avendo studiato l'orologio di GALILEO, concluse che il suo sistema di scappamento, benché meno semplice, non è inferiore a quelli moderni (12).

Il CAVERNI invece di disprezzare l'ultima mirabile opera di GALILEO come *sterili progetti e infecondi di ogni utilità* avrebbe dovuto dire quello che egli non poteva e doveva ignorare; cioè, che a Firenze, nel R. Museo di Fisica, vi è un orologio fatto costruire nel 1877 da FERDINANDO MEUCCI, il cui meccanismo è la riproduzione esattissima di quello proposto da GALILEO; e che questo orologio cammina

(12) Zeitschrift für Instrumentenkunde. Berlin, 1887, pp. 350 e 428.

benissimo e regolarmente da molti anni, come un buon orologio moderno.

Il merito grande dell'HUYGENS, più che nell'applicazione del pendolo all'orologio, consiste nell'aver dato la teoria esatta del moto pendolare, dimostrando non nel cerchio ma nella cicloide la curva tautocrona; e anche nell'aver immaginato il pendolo cicloidale, genialissimo benchè senza pratica utilità.

E benemerito è pure il nostro VIVIANI, prima per aver conservato e documentato la storia di questa invenzione galileiana, poi per diligenti studi e ricerche sull'applicazione dei pendoli. Forse si deve a lui, come suppone il CAVERNI, quell'elegante cronometro a pendolo e a molla, disegnato, ma non descritto, nei *Saggi* dell'Accademia del Cimento: il quale doveva essere un contatore di brevi intervalli di tempo, per esperienze di Fisica, variabili a volontà con l'adattarvi pendoli di diversa lunghezza.

Ma ancora esagerata e partigiana è la conclusione a cui arriva il CAVERNI, il quale, eliminando addirittura GALILEO, dice che nella storia dell'orologio a pendolo « Egli [cioè il VIVIANI] piuttosto che GALILEO, e l'HUYGENS si può dire che sieno i due competitori. Ma pure è cosa notevole che il discepolo di GALILEO non si fosse punto rimosso da quelle sue prime persuasioni, in cui *la verità storica riman così spesso sopraffatta dai pregiudizi* ».

E vogliamo terminare con questa sentenza che pare proprio scritta per colui che l'ha scritta.

Firenze, giugno 1920.

CARLO DEL LUNGO.