



Comune di Pisa



L'ENERGIA CHE TI ASCOLTA.



Vladimir Skoda

Riflessi celesti e meccaniche galileiane

MAZZOTTA

Il pendolo

Roberto Vergara Caffarelli



Il pendolo di Galileo Galilei, ricostruzione

Io ho ben mille volte posto cura alle vibrazioni, in particolare, delle lampade pendenti in alcune chiese da lunghissime corde, inavvertentemente state mosse da alcuno; ma 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, perché mi parrebbe bene che l'aria avesse un gran giudizio, ed insieme una poca faccenda, a consumar le ore e le ore di tempo in sospignere con tanta regola in qua e in là un peso pendente: ma che io fossi per apprendere che quel mobile medesimo, appeso a una corda di cento braccia di lunghezza, slontanato dall'imo punto una volta novanta gradi ed un'altra un grado solo o mezzo, tanto tempo spendesse in passar questo minimo, quanto in passar quel massimo arco, certo non credo che mai l'avrei incontrato, ché ancor ancora mi par che tenga dell'impossibile¹.

Una lampada di chiesa che oscilla è anche *un peso pendente*, che con il suo continuo vibrare mostra all'osservatore di ogni tempo l'assurdità della spiegazione aristotelica del moto.

Non a caso, però, il saggio Giovan Francesco Sagredo, al quale Galileo ha posto in bocca il discorso appena letto, dichiara che mai avrebbe potuto scoprire l'isocronismo, che per tre secoli permetterà di regolare *il tempo* degli orologi di tutto il mondo.

Impossibile per l'uomo comune, fondamentale punto di partenza per il giovane scienziato pisano nella costruzione di una Scienza nuova.

Pazientemente, con il pendolo, Galileo misura lo spazio percorso durante le successive sue oscillazioni, e – provando e riprovando – scopre la prima legge della scienza, che legherà spazio e tempo per sempre.

Intravista dalla fantasia visionaria di Kepler, le infinite possibili suddivisioni del tempo permettono oggi di intuire la musicale armonia dell'universo come una collezione cosmica di orologi: galassie, stelle e pianeti che ruotano perennemente; cronometri dal vibrante cuore di quarzo, *clock* atomici che regolano – via internet – il procedere di milioni di calcolatori sparsi sulla terra; *pacemaker* per il muscolo cardiaco di milioni di esseri umani. Tutti i tempi del mondo.

Esattissimo compartitore, in minutissime particelle, del tempo è un pendolo appeso a un sottil filo di qualsivoglia grandezza; il qual pendolo essendo di materia grave, rimosso dal perpendicolo e lasciato liberamente scorrere, fa

le sue reciprocazioni, o vogliam dir vibrazioni, siano pur grandi o piccole, perpetuamente sotto tempi ugualissimi².

Il pendolo percepisce l'alternarsi delle stagioni: rallenta il suo procedere d'estate e lo affretta d'inverno; ma, l'ingegno di un artefice lo rinsalda in nuova struttura³ per compensare gli effetti del caldo e del freddo e così restituisce il ritmo costante alle ruote degli orologi.

Il pendolo rivela il moto di rotazione della terra: tre secoli dopo la morte di Galileo, Foucault⁴ ha convinto anche gli ultimi discepoli di Tolomeo e di Urbano VIII, ed essi fanno colpa a Galileo per non essersene servito a questo scopo.

Il pendolo misura la sfericità della terra⁵ e, come la bacchetta del raddomante, esplora le sue viscere per stabilire quanto siamo lontani dal mitico centro del mondo. Il pendolo rivela come si propagano i terremoti⁶ ma anche la velocità dei proiettili.

Trovavasi il Galileo, in età di venti anni in circa, intorno all'anno 1583 nella città di Pisa, dove per consiglio del padre s'era applicato agli studi della filosofia e della medicina; et essendo un giorno nel Duomo di quella città, come curioso ed accortissimo che egli era, caddegli in mente d'osservare dal moto d'una lampana, che era stata allontanata dal perpendicolo, se per avventura i tempi delle andate e tornate di quella, tanto per gli archi grandi che per i mediocri e per i minimi, fossero uguali, parendogli che il tempo per la maggiore lunghezza dell'arco grande potesse forse restar contraccambiato dalla maggior velocità con che per esso vedeva muoversi la lampana, come per linea nelle parti superiori più declive. Sovvennegli dunque, mentre questa andava quietamente movendosi, di far di quelle andate e tornate un esame, come suol dirsi, alla grossa per mezzo delle battute del proprio polso e con l'aiuto ancora del tempo della musica, nella quale egli già con gran profitto erasi esercitato; e per allora da questi tali riscontri parsegli non aver falsamente creduto dell'egualità di quei tempi⁷.

Le battute del proprio polso: di tutti i polsi, regolati con la radice quadrata della lunghezza di un filo immaginario che si allunga o si accorcia con le nostre emozioni, e che un giorno si spezzerà, certamente.

¹ *Le Opere di Galileo Galilei*, Barbera, Firenze 1968, vol. VIII, p. 141.

² *Ibidem*, p. 453.

³ John Harrison (1693-1776) inventò il pendolo con compensazione a graticola, in cui si utilizzano i diversi coefficienti di dilatazione dell'acciaio e dell'ottone per mantenere costante la lunghezza effettiva del pendolo.

⁴ Jean-Bernard Foucault (1819-1868) attaccò un pendolo lungo 67 metri in cima alla cupola del Pantheon di Parigi. La sfera di bronzo pesava 28 kg. Il piano di oscillazione del pendolo sembrava ruotare apparentemente in un tempo: $T = 24h / \sin j$ dove j è la latitudine del luogo. Ma era l'orologio-terra che ruotava sotto di lui.

⁵ Nel 1671 una spedizione di astronomi francesi

arrivò all'isola delle Cayenne (5° nord). Il capo del gruppo, Jean Richer, aveva portato un orologio a pendolo di precisione. Si accorse che alle Cayenne l'orologio aveva un ritardo di 21.1 minuti al giorno rispetto a Parigi (situata a 45° nord). Più tardi Newton considerò questo risultato come prova dell'esistenza del rigonfiamento equatoriale, che, provocando una maggior distanza dal centro della terra, ridurrebbe la forza di gravità. Dopo che le spedizioni in Perù e in Lapponia ebbero confermato la teoria di Newton, un membro della spedizione in Lapponia, il matematico francese Alexis Claude Clairaut, elaborò dei metodi per calcolare lo schiacciamento della terra in base alle oscillazioni di un pendolo.

⁶ Nicola Cirillo (1671-1735), medico, botanico

e naturalista napoletano, in occasione dei terremoti che devastarono la Capitanata nel marzo del 1731, si servì di due pendoli uguali fissati su semicerchi graduati per misurare l'ampiezza delle oscillazioni. Ne sistemò uno ad Ascoli Satriano, più vicino all'epicentro del sisma, e l'altro a Giovinazzo, quattro volte più distante. La differenza delle oscillazioni provarono la propagazione ondulatoria dei movimenti sismici.

⁷ *Le Opere di Galileo Galilei*, cit., vol. XIX, p. 648. Lettera di Vincenzo Viviani al principe Leopoldo de' Medici il 20 agosto 1659.