

## Galileo e il tempo

Pisa, 15 febbraio 1564: da un'antica famiglia fiorentina nasce Galileo Galilei, un personaggio destinato a cambiare il corso della storia ed a lasciare un segno indelebile nella Storia della Scienza. Nel corso della sua vita, Galileo apportò notevoli contributi alla scienza, primo fra tutti il metodo scientifico, seguito poi dalla sua decisiva difesa della teoria copernicana e di importanti scoperte in dinamica. Pubblicò diverse opere, delle quali le più famose e significative sono sicuramente il *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* e *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze*. In queste opere, scritte sotto forma di dialogo tra tre personaggi, Simplicio, Sagredo e Salviati, Galileo illustra e dimostra vari principi fisici della scienza moderna.

Leggendo questi dialoghi, ci si può rendere facilmente conto che tra Galileo e l'esperienza esisteva un rapporto diretto, e quest'ultima andava analizzata con strumenti matematici, per lui fondamentali per comprendere appieno il mondo che ci circonda. Proprio per questo suo attaccamento all'esperienza, intesa come esperimento, Galileo aveva bisogno di strumenti precisi per misurare grandezze fisiche, come distanza, tempo, etc. Proprio per misurare il tempo, Galileo utilizzò uno strumento inatteso: il battito del polso. Essendo il battito regolare, esso garantisce una misurazione del tempo all'incirca costante, sufficiente per i suoi esperimenti.

Di tale utilizzo si posso trovare testimonianze in entrambi i suoi dialoghi. Nel *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, per esempio, nella prima giornata Galileo fa dire a Sagredo quanto segue: “*Sin qui resto capace: tuttavia mi par gran cosa che quella palla d'artiglieria (che tal mi figuro esser il mobile cadente), che pur si vede scendere con tanto precipizio che in manco di dieci battute di polso passerà più di duecento braccia di altezza, si sia nel suo moto trovata congiunta con sì picciol grado di velocità, che, se avesse continuato di muoversi con quello senza più accelerarsi, non l'avrebbe passata in tutto un giorno.*”

Sempre nella stessa giornata, anche Simplicio fa lo stesso riferimento al battito del polso come misura del tempo: “*Di grazia, sia concesso alla mia poca pratica nelle scienze matematiche dir liberamente come i vostri discorsi, fondati sopra proporzioni maggiori o minori e sopra altri termini da me non intesi quanto bisognerebbe, non mi hanno rimosso il dubbio, o, per meglio dire, l'incredulità, dell'esser necessario che quella gravissima palla di piombo di 100 libbre di peso, lasciata cadere da alto, partendosi dalla quiete passi per ogni altissimo grado di tardità, mentre si vede in quattro battute di polso aver passato più di 100 braccia di spazio: effetto che mi rende totalmente incredibile, quella in alcuno momento essersi trovata in stato tale di tardità, che continuandosi di*



Il mobile partendosi dalla quiete passa per tutti i gradi di velocità senza dimorare in alcuno.

14

### Dialogo primo

**SAGR.** Adunque voi credete, che un sasso partendosi dalla quiete, & entrando nel suo moto naturale verso il centro della Terra, passi per tutti i gradi di tardità inferiori a qualsivoglia grado di velocità?

**SALV.** Credolo, anzi ne son sicuro, e sicuro con tanta certezza, che posso renderne sicuro voi ancora.

**SAGR.** Quando in tutto il ragionamento d'oggi io non guadagnassi altro, che una tal cognizione, me lo reputerei per un gran capitale.

**SALV.** Per quanto mi par di comprendere dal vostro ragionare, gran parte della vostra difficoltà consiste in quel dover passare in un tempo, & anco brevissimo, per quelli infiniti gradi di tardità precedenti a qual si sia velocità acquistata dal mobile in quel tal tempo: e però, prima, che venire ad altro, cercherò di rimuovervi questo scrupolo, che douerà esser ageuol cosa, mentre io vi replico, che il mobile passa per i detti gradi, ma il passaggio è fatto senza dimorare in veruno; talebe, non ricercando il passaggio più di un solo instante di tempo, e contenendo qualsivoglia piccol tempo infiniti instanti, non ce ne mancheranno per assegnare il suo a ciascheduno de gl'infiniti gradi di tardità, e sia il tempo quanto si voglia breue.

**SAGR.** Sin qui resto capace; tuttavia mi par gran cosa, che quella palla d'artiglieria (che tal mi figuro esser il mobile cadente) che pur si vede scendere con tanto precipizio, che in manco di dieci battute di polso, passerà più di dugento braccia di altezza; si sia nel suo moto trovata congiunta cō sì picciol grado di velocità, che, se haueffe continuato di muouersi con quello senza più accelerarsi, non l'haurebbe passata in tutto un giorno.

**SALV.** Dite pure in tutto un anno, nè in dieci, nè in mille, si come io m'ingegnerò di persuaderui, & anco forse senza vostra contraddizione ad alcune assai semplici interrogazioni, ch'io vi farò. Però ditemi, se voi haueate difficoltà nessuna in concedere, che quella palla, nello scendere vadia sempre acquistando maggior impeto, e velocità.

**SAGR.** Sono di questo sicurissimo.

**SALV.** E se io dirò, che l'impeto acquistato in qualsivoglia luogo del suo moto, sia tanto, che basterebbe a ricondurla a quell'altezza donde si partì; me lo concedereste?

**SAGR.** Concederilo senza contraddizione; tuttauolta, che la potesse applicar

muover con quella, non avesse né anco in mille anni passato lo spazio di mezo dito. E pure se questo è, vorrei esserne fatto capace.”

Nella seconda opera, invece, è presente lo stesso riferimento, nella quarta giornata, per bocca di Sagredo: “Mentre io mi vo figurando un mobile grave discendente partirsi dalla quiete, cioè dalla privazione di ogni velocità, ed entrare nel moto, ed in quello andarsi velocitando secondo la proporzione, che cresce il tempo dal primo instante del moto; ed avere, verbigrazia, in otto battute di polso acquistato otto gradi di velocità, della quale nella quarta battuta ne aveva già guadagnati quattro, nella seconda due, nella prima uno, essendo il tempo suddivisibile in infinito, ne seguita, che diminuendo sempre con tal ragione l'antecedente velocità, grado alcuno non sia di velocità così piccolo, o vogliamo dir di tardità così grande, nel quale non si sia trovato costituito l'istesso mobile dopo la partita dall'infinita tardità, cioè dalla quiete. Talchè se quel grado di velocità, che ebbe alle quattro battute di tempo, era tale, che mantenendola equabile avrebbe corso due miglia in un'ora, e col grado di velocità, che ebbe nella seconda battuta, avrebbe fatto un miglio per ora, convien dire, che negl'istanti del tempo più e più vicini al primo della sua mossa dalla quiete, si trovasse così tardo, che non avrebbe (seguitando di muoversi con tal tardità) passato un miglio in un'ora, né in un giorno, né in un anno, né in mille, né passato anco un sol palmo in tempo maggiore: accidente, al quale pare, che assai male agevolmente si accomodi l'immaginazione, mentre che il senso ci mostra un grave cadente venir subito con gran velocità.”

Secondo le biografie, sembra che Galileo sin da giovane utilizzasse questo tipo di misurazione, e che lo avesse usato proprio per calcolare il periodo del pendolo, scoprendone l'isocronia, quando aveva solo diciannove anni.

Ma come mai Galileo è ricorso ad un simile stratagemma per misurare il tempo? Innanzitutto, gli permetteva di misurare il tempo con maggiore di precisione di qualsiasi orologio a quell'epoca, essendo il battito cardiaco più frequente del secondo stesso. In secondo luogo, oltre ad una comodità teorica, l'utilizzo di questa tecnica aveva anche un ottimo riscontro pratico,

578 locitatis fieri juxta temporis extensionem: ex quo definitio Motus, de quo auctori fumus, talis accipi potest. Motum æquabiliter, seu uniformiter acceleratum dico illum, qui a quiete recedens temporibus æqualibus æqualia celeritatis momenta sibi superaddit.

Sagr. Io, siccome fuor di ragione mi opporrei a questa, o ad altra definizione, che da qualsivoglia Autore fosse assegnata, essendo tutte arbitrarie, così ben posso senza offesa dubitare, se tal definizione concepita, ed ammessa in attratto, si adatti, convenga, e si verifichi in quella sorta di moto accelerato, che i gravi naturalmente discendenti vanno esercitando. E perchè pare, che l'Autore ci prometta, che tale, quale egli ha definito, sia il moto naturale de i gravi, volentieri mi sentirei rimuover certi scrupoli, che mi perturbano la mente, acciò poi con maggiore attenzione potessi applicarmi alle proporzioni, e lor dimostrazioni, che si attendono.

Salv. E' bene, che V. S. ed il Sig. Simplicio vadano proponendo le difficoltà: le quali mi vo immaginando, che sieno per essere quelle stesse, che a me ancora sovvennero, quando primieramente vidi questo trattato, e che o dall' Autor medesimo ragionandone feco mi faran sopite, o taluna ancora da me stesso col pensarvi rimossa.

Sagr. Mentre io mi vo figurando un mobile grave discendente partirsi dalla quiete, cioè dalla privazione di ogni velocità, ed entrare nel moto, ed in quello andarsi velocitando secondo la proporzione, che cresce il tempo dal primo instante del moto; ed avere v. gr. in otto battute di polso acquistato otto gradi di velocità, della quale nella quarta battuta ne aveva guadagnati quattro, nella seconda due, nella prima uno, essendo il tempo suddivisibile in infinito, ne seguita, che diminuendosi sempre con tal ragione l'antecedente velocità, grado alcuno non sia di velocità così piccolo, o vogliamo dir di tardità così grande, nel quale non si sia trovato costituito l'istesso mobile dopo la partita dall'infinita tardità, cioè dalla quiete. Talchè se quel grado di velocità, che egli ebbe alle quattro battute di tempo, era tale, che mantenendola equabile avrebbe corso due miglia in un'ora, e col grado di velocità, che ebbe nella seconda battuta, avrebbe fatto un miglio per ora, convien dire, che negl'istanti del tempo più e più vicini al primo della sua mossa dalla quiete, si trovasse così tardo, che non avrebbe (seguitando di muoversi con tal tardità) passato un miglio in un'ora, né in un giorno, né in un anno, né in mille, né passato anco un sol palmo in tempo maggiore: accidente, al quale pare, che assai male agevolmente si accomodi l'immaginazione, mentre che il senso ci mostra un grave cadente venir subito con gran velocità.

579 Salv. Questa è una delle difficoltà, che a me ancora fu il principio dette che pensare, ma non molto dopo la rimossi; ed il rimuoverla fu effetto della medesima esperienza, che di presente a voi la suscita. Voi dite parervi, che l'esperienza moitri, che appena partitosi il grave dalla quiete, entri in una molto notabile velocità; ed io dico, che questa medesima esperienza ci chiarisce i primi impeti del cadente, benchè gravissimo, esser lentissimi e tardissimi. Posate un grave sopra una materia cedente, lasciandovelo fin che prema, quanto egli può colla sua semplice gravità: è manifesto, che alzandolo un braccio, o due, lasciandolo poi cadere sopra la medesima materia, farà colla percossa nuova pressione, e maggiore, che la fatta prima col solo peso; e l'effetto farà cagionato dal mobile cadente congiunto colla velocità guadagnata nella caduta, il quale effetto farà più e più grande, secondo che da maggiore altezza verrà la percossa, cioè secondo che la velocità del percuziente farà maggiore. Quanta dunque sia la velocità di un grave cadente, lo potrete noi senza errore conghietturare dalla qualità, e quantità della percossa. Ma ditemi, Signori, quel mazzo, che

permettendogli di osservare il fenomeno e di misurare il tempo impiegato in contemporanea, dato che utilizzava il senso del tatto, facendo rimanere libero quello della vista. A quei tempi non esistevano cronometri: il pendolo, per intendersi, verrà costruito soltanto nella seconda metà del seicento, partendo proprio dagli studi di Galileo sul suo movimento.

Nemmeno un orologio poteva aiutare, dato che a quell'epoca non arrivavano neanche a misurare il secondo. Per cui come poteva Galileo misurare grandezze fisiche, come velocità ed accelerazione, senza nessuno strumento adeguato per misurare il tempo? Non poteva, e dato che ad un individuo come lui non sarebbe mai piaciuta un approssimazione fatta "ad occhio", ecco che utilizzò l'unica cosa che avesse a disposizione: il corpo umano. Avendo iniziato l'università studiando medicina, conosceva a sufficienza le sue meccaniche per sapere come funzionasse il battito cardiaco. Se poi aggiungiamo anche l'influenza del padre che, essendo un musicologo ed un ottimo suonatore di liuto, conosceva senz'altro l'importanza della misurazione del tempo nella musica, si capisce come Galileo abbia trovato facilmente il modo di calcolare il tempo in intervalli più piccoli del secondo (in un adulto, la frequenza cardiaca a riposo è di circa 70 bpm).

Tuttavia, misurare il tempo di un fenomeno non era sufficiente: doveva creare delle circostanze ideali per poter studiare il fenomeno con maggiore facilità. Prendiamo per esempio l'accelerazione di un grave in caduta libera: esso è soggetto all'accelerazione di gravità e, partendo da un'altezza di dieci metri, arriverà al suolo in poco più di un secondo. Un fenomeno alquanto veloce da misurare e da analizzare, non trovate? Ecco che allora Galileo utilizzò un nuovo strumento, che gli facilitò alquanto le cose: il piano inclinato. In un piano inclinato, infatti, basta aumentare o diminuire l'angolo di inclinazione per far variare l'accelerazione, che sarà sempre minore di quella di gravità. Ricorrerà poi anche all'utilizzo di "esperimenti mentali" (il più famoso è quello della caduta delle sfere dalla torre di Pisa), per comprovare le sue ipotesi.

Sta qui la grandezza di Galileo, quella di aver per primo capito il rapporto diretto tra esperienza e conoscenza, di aver per primo considerato il tempo come grandezza oggettiva, quantitativamente misurabile e di aver applicato queste teorie alla pratica, effettuando esperimenti, analizzando dati e formulando nuove teorie e principi (si deve a lui la formulazione, seppur approssimata, dei primi due principi della dinamica). È stato un genio in tutte le cose? Probabilmente no, vista la sua teoria errata sull'origine delle maree, ma ciò non toglie che Galileo fu il primo a compiere esperimenti del genere, e fu senz'altro il primo a misurare il tempo in relazione ai fenomeni studiati.

Luigi Chiocci IVb Is  
IIS Mazzatinti Gubbio – a.s. 2016-17