

LA MECCANICA DI GALILEO

di Riccardo Pratesi - Museo Galileo

INTRODUZIONE : L'umanità non progredirebbe se gli allievi non sopravanzassero mai i maestri. Il cosmo aristotelico che si proponeva al giovane Galileo era semplice: la Terra immobile al centro dell'Universo, composta di quattro elementi: aria, acqua, terra e fuoco. I cieli le girano intorno, distinti in diverse sfere, composti di etere, o "quintessenza". I corpi celesti sono eterni e incorruttibili, e sono animati da moti circolari, eternamente uguali a loro stessi. I corpi terreni, invece, sono corruttibili e soggetti a disfacimento e animati da moti rettilinei. Verso l'alto, *sursum*, il fuoco, che tende verso il suo luogo naturale che è nei cieli. Verso il basso, *deorsum*, la terra e l'acqua, che tendono verso il loro luogo naturale che è il centro della Terra e dell'Universo. L'aria non si muove (se non in orizzontale, come vento) perché si trova nel suo luogo naturale. Riguardo al modo in cui i corpi cadono verso terra, essi vanno con una velocità che è tanto più grande quanto più pesante è il corpo, e tanto più piccola quanto maggiore è la resistenza offerta al moto dal mezzo in cui il corpo cade. Dunque, un sasso cadrà nell'aria più velocemente che nell'acqua.

Nessuna di queste affermazioni rimarrà la stessa dopo Galileo. Riguardo al posto occupato dalla Terra nell'Universo, non più al centro. Riguardo alla natura dei corpi celesti, assai più simili a quelli terrestri. Riguardo al modo in cui i corpi cadono verso terra, e molto altro ancora.

UN PO' DI STORIA

Ritenuto universalmente il fondatore del metodo scientifico, Galileo fa della matematica lo strumento principe dell'indagine della natura. "La filosofia" – egli scrive in un famoso passo del Saggiatore del 1623 – "è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi a gli occhi (io dico l'Universo), ma non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua, e conoscer i caratteri, ne' quali è scritto.

Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro laberinto".

Con strumenti matematici e geometrici studia l'equilibrio dei corpi, e intorno al 1586 (a ventidue anni) scrive il piccolo trattato *La bilancetta* in cui descrive uno strumento di sua ideazione per la misura del peso specifico dei corpi solidi. Nel 1589 scrive *Le mecaniche*, forse dispense ad uso proprio o per i suoi studenti dell'Università di Pisa, in cui per primo definisce e distingue grandezze quali peso, momento, peso specifico e lavoro. Nell'ambito della meccanica il nome di Galileo è legato in particolare alla legge di caduta dei gravi.

**ESPERIENZA:
LA CADUTA
DEI GRAVI**

Sempre curioso di sottoporre a verifica matematica ogni affermazione circa i fenomeni della natura, sul comportamento dei fenomeni naturali, notò che non è vero che i corpi cadono verso terra con velocità proporzionale al loro peso – come veniva affermato dagli aristotelici – anzi, affermò che un foglio di carta se cade molto più lentamente di una palla di cannone, ciò avviene solamente in virtù della resistenza dell'aria. Intanto basta accartocciare il foglio di carta per vederlo cadere, intanto, avendo lo stesso peso di prima, insieme, o quasi insieme alla pesante palla di cannone. Ma se poi, senza neanche accartocciare il foglio, lo mettiamo sopra un libro, adagiato sopra, e lasciamo cadere il libro con il foglio sopra, vediamo il foglio rimanere adagiato sopra il libro durante tutta la caduta.

Quindi tutti i corpi pare che cadano verso terra nello stesso identico modo. Ma possiamo convincerci di ciò anche col ragionamento. Se noi colleghiamo due corpi di peso molto diverso e consideriamo il corpo complessivo costituito dai due – beh – lui dovrebbe cadere verso terra con una velocità più bassa del corpo più pesante che lo compone, perché il corpo più piccolo, che di suo cadrebbe più lentamente, lo dovrebbe frenare. D'altra parte possiamo considerare il corpo complessivo come un unico corpo di massa maggiore di ciascuno dei componenti e dunque dovrebbe cadere verso terra con una velocità maggiore di quella di ciascuno dei componenti. Dunque otteniamo una contraddizione: questo corpo composto dovrebbe cadere verso terra con una velocità che è sia maggiore che minore della velocità di ciascuno dei componenti. L'unico modo per non avere contraddizione è ammettere che tutti i corpi cadono verso terra in modo identico.

**ESPERIENZA:
IL PIANO
INCLINATO**

Stabilito che tutti i corpi cadono verso terra nello stesso modo, occorre capire di che tipo di moto si tratti. Che la velocità non fosse costante ma andasse aumentando durante la caduta, era già stato notato: era esperienza comune nei cantieri l'uso del battipalo, strumento costituito da un peso che veniva lasciato cadere su un palo per piantarlo a terra; per avere una percossa maggiore, si faceva cadere il peso da un'altezza maggiore. Dunque la velocità non è costante, perché altrimenti la percossa sarebbe la stessa da qualunque altezza cadesse il peso.

Per meglio analizzare il moto di caduta dei gravi, Galileo pensò che bisognava anzitutto rallentarlo. E per rallentarlo realizzò il piano inclinato, in cui il moto di caduta avviene nello stesso modo della caduta verticale, ma tanto più rallentato quanto meno inclinato è il piano.

Poté così stabilire la cosiddetta "legge dei numeri dispari", secondo la quale un corpo che in caduta percorra una spanna nel primo intervallo di tempo, ne percorre tre nel secondo intervallo, cinque nel terzo, sette nel quarto e così via.

Lo possiamo verificare facendo cadere questa pallina e sentendo che il ritmo con cui suonano questi campanelli, disposti secondo i numeri dispari crescenti, è un ritmo costante.

IL PRINCIPIO DI INERZIA

Una proprietà dei numeri dispari è che la somma di n numeri dispari dà per risultato il quadrato di n . infatti $1+3$ fa 4, quadrato di 2; $+5$ fa 9, quadrato di 3; $+7$ fa 16, quadrato di 4; più 9 fa 25 quadrato di 5 e così via. Dunque il corpo che percorre una spanna nel primo intervallo di tempo, ne percorre 4 in due intervalli, 9 in tre intervalli, 16 in quattro intervalli e rimane così stabilita la legge di caduta dei gravi: un corpo in caduta percorre spazi proporzionali ai quadrati dei tempi impiegati a percorrerli.

Un'altra legge che possiamo ascrivere a Galileo è il principio di inerzia. Si riteneva comunemente che i corpi tendessero naturalmente verso uno stato di quiete. Ogni movimento doveva quindi essere il prodotto di una causa, cioè di una forza, e tale moto proseguiva solo fintanto che si manteneva l'azione della forza.

Questa argomentazione dimostrava l'impossibilità del moto della Terra, ché altrimenti un oggetto che cadesse dalla cima di una torre non giungerebbe ai suoi piedi ma rimarrebbe indietro, cadendo verso occidente, e ogni cosa volante sarebbe inesorabilmente anch'essa rimasta indietro chissà dove. In un passo del Dialogo sui massimi Sistemi Galileo immagina di essere nella cabina di una nave che viaggia dolcemente senza scosse. Si convince che nessuna osservazione potrebbe fargli capire se la nave è ferma o si sta muovendo: le gocce che cadono da un vaso seguirebbero sempre una traiettoria perpendicolare e non piegherebbero da una parte; le mosche non si troverebbero tutte addossate a una parete ma svolazzerebbero tranquillamente qua e là. Isaac Newton, nei *Philosophiæ naturalis principia mathematica* formulerà il primo principio della dinamica nel modo che oggi suona così: un corpo non soggetto a forze, o soggetto a forze a risultante nulla, persevera nel suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme.

Quando in una lettera a Robert Hooke lo stesso Newton dirà di essere riuscito a guardare più lontano per essere montato come un nano sulle spalle dei giganti, possiamo ben immaginare che fra questi giganti ci fosse proprio Galileo.