

## La dinamica e i primi due principi

La dinamica si occupa dello studio delle cause del movimento dei corpi. Dall'osservazione quotidiana risulta chiaro come per mettere in moto un qualsiasi corpo abbiamo bisogno di applicargli una forza (che può essere una spinta, un lancio, ecc... a seconda delle situazioni in cui ci si trova). Ma è anche applicando una forza che riusciamo a far deviare un corpo che è già in movimento, oppure è applicando una forza che riusciamo ad arrestare tale moto (forza frenante). Tutto ciò che quindi vediamo quotidianamente può essere formalizzato in un sistema formato da tre principi fondamentali, dei quali vedremo i primi due nel dettaglio.

### Primo principio della dinamica.

È in assoluto il principio fondamentale della dinamica, detto anche *principio di inerzia*. La sua formulazione si deve al sommo Leonardo Da Vinci (erroneamente attribuito a Galileo Galilei, che invece ha avuto modo di “sperimentarlo” induttivamente).

Esso afferma che *un corpo libero persevera nel suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme finché non interviene una forza non bilanciata (dall'esterno) a mutare tale stato*.

Se interpretiamo l'inverso di questo principio, ci accorgiamo che esso coincide con la definizione operativa di forza; infatti, se il corpo è in quiete (cioè la sua velocità iniziale è nulla), per farlo muovere occorre agire dall'esterno con una forza; se è in moto, per far cambiare in direzione o intensità la velocità (che ricordiamo essere un vettore), occorre pure una forza.

La verifica di questo principio appare immediata se il corpo è in quiete. Infatti, per esempio, una sfera posta su un piano orizzontale si muove soltanto se spinta.

La verifica del principio d'inerzia per un corpo che si muove appare più complicata, poiché non sempre si può equilibrare la gravità ed è impossibile eliminare le forze che si oppongono al moto di un corpo su una superficie (**attrito**) e in determinati ambienti, come nell'acqua o nell'aria (**resistenza del mezzo**).

Una sfera lanciata su di un piano orizzontale rigido, abbandonata a se stessa, giunge a una distanza che aumenta col diminuire dell'attrito e della resistenza del mezzo, tanto che, supponendo induttivamente nulle queste forze, si può pensare che non si arresterebbe mai il suo moto (in questo esempio la forza di gravità è già di per se bilanciata dalla forza di reazione del piano). Una persona che pattina su di una pista orizzontale di ghiaccio, se non compie alcun movimento, va sempre nella stessa direzione, finché, per l'attrito dei pattini col ghiaccio (minimo ma pur sempre presente) e per la resistenza dell'aria, si arresta. Se invece vuol fermarsi bruscamente, deve agire, per esempio, inclinando le lame dei pattini così da provocare un brusco aumento di attrito.

In sostanza il principio di inerzia afferma che *la materia è inerte*, ossia da sola non può “acquistare” moto né variarlo.

Ci sono delle conseguenze particolari dell'inerzia che per semplicità non studiamo; notiamo, per esempio, che una trottola caricata tenendone l'asse di rotazione verticale tende a conservare l'asse parallelo a se stesso. Quest'osservazione permette di concepire il funzionamento degli **stabilizzatori giroscopici** delle navi, in cui un grosso anello metallico, posto in rapida rotazione intorno ad un asse, tende a conservarlo nonostante i movimenti di rullio e di beccheggio. Perciò i passeggeri subiscono meno il mal di mare.

### Massa inerziale

Dal principio di inerzia segue che se si applica ad un corpo libero una forza non bilanciata, il suo moto non è rettilineo uniforme (negazione del principio). Sperimentalmente possiamo osservare che ad ogni diversa forza non bilanciata applicata il corpo subisce un'accelerazione istantanea via via diversa. Ma ciò che osserviamo di estremamente rilevante è che il rapporto tra le varie forze e le accelerazioni corrispondenti si mantiene costante.

Matematicamente possiamo scrivere che in corrispondenza di una successione di forze applicate allo stesso corpo

$$\{f_1, f_2, \dots, f_n\}$$

otteniamo una successione di accelerazioni del corpo corrispondenti

$$\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$$

e risulta

$$\frac{f_1}{a_1} = \frac{f_2}{a_2} = \dots = \frac{f_n}{a_n} = \text{costante}$$

A questo rapporto costante diamo il nome di **massa inerziale** ( $m$ ). Essa va definita come *la tendenza di ogni corpo ad opporsi al moto*. Così un corpo di massa maggiore, a parità di forza ad esso applicata, tenderà a muoversi meno facilmente di un corpo di massa minore. Ecco perché ci basta poco per spostare un oggetto su di un tavolo, mentre dobbiamo sforzarci maggiormente per spostare l'intero tavolo.

Sperimentalmente possiamo convenire che *la massa inerziale coincide con la massa gravitazionale*, che è la responsabile delle interazioni gravitazionali, ed è meglio conosciuta come *quantità di materia contenuta in un corpo*.

### Secondo principio della dinamica

Il secondo principio della dinamica asserisce che *una forza non bilanciata applicata a un corpo libero produce un'accelerazione proporzionale all'intensità della forza e avente la stessa direzione e lo stesso verso di essa*.

Ma ora andiamo con ordine e cerchiamo di capire cosa succede. In precedenza abbiamo utilizzato la negazione del principio di inerzia per definire la forza, dicendo che essa provoca la variazione del moto di un corpo a cui essa stessa è applicata, variazione che si esprime in termini di variazione della velocità vettoriale del corpo stesso (per variazione vettoriale intendiamo anche, per esempio, il solo cambiamento della direzione, o dell'intensità, o di entrambi).

Quindi, se una forza costante (che non varia nel tempo) è applicata ad un corpo libero per un certo tempo  $\Delta t$ , il corpo subisce una variazione di velocità  $\Delta v$  che dipende dalla sua massa inerziale  $m$ .

In formule abbiamo

$$\vec{f} \Delta t = m \overline{\Delta v}$$

Se la forza  $\vec{f}$  è mantenuta costante, essendo ovviamente la massa  $m$  anch'essa costante, otteniamo che la variazione di velocità  $\overline{\Delta v}$  dipende dal tempo  $\Delta t$  per il quale il corpo è soggetto alla forza, ossia la grandezza scalare  $\Delta v$  è direttamente proporzionale al tempo  $\Delta t$ . Ne consegue che il moto del corpo risultante, sotto la forza costante  $\vec{f}$ , è uniformemente accelerato (non necessariamente rettilineo), con accelerazione vettoriale

$$\vec{a} = \frac{\overline{\Delta v}}{\Delta t},$$

il cui modulo vale

$$a = \frac{f}{m}, \text{ ossia } f = ma.$$

Da quest'ultima relazione segue:

1. Se  $f = 0$ , allora  $a = 0$  (non potendo annullarsi  $m$ ); il corpo risulta in quiete o in moto rettilineo uniforme per il principio di inerzia.
2. Se  $f$  è costante in direzione, lo è anche  $a$ . Quando il corpo inizialmente è in quiete o in moto in quella direzione, si ha moto rettilineo.
3. Se  $f$  è costante in direzione e intensità, si ha moto rettilineo uniformemente accelerato, e in particolare, se si parte dalla quiete, l'accelerazione è naturalmente positiva.
4. Detto  $p$  il peso di un corpo e  $g$  la corrispondente accelerazione (di gravità), risulta  $p = mg$ . L'esperienza prova che  $p$ , in un determinato luogo, non varia nel tempo e per spostamenti verticali non troppo grandi; ne segue che anche  $g$  è, per quel corpo, costante.
5. Se due forze di intensità  $f_1$  e  $f_2$ , applicate a due corpi di massa  $m_1$  e  $m_2$ , imprimono accelerazioni di ugual valore  $a$ , risulta

$$f_1 = m_1 a ; f_2 = m_2 a$$

quindi

$$f_1 : f_2 = m_1 : m_2 .$$

Se due forze di intensità uguale  $f$ , applicate a due corpi di masse  $m_1$  e  $m_2$ , imprimono accelerazioni  $a_1$  e  $a_2$ , risulta

$$f = m_1 a_1 ; f = m_2 a_2$$

quindi

$$a_1 : a_2 = m_2 : m_1 .$$

*Dunque forze che producono accelerazioni uguali sono direttamente proporzionali alle masse dei corpi su cui agiscono, e accelerazioni prodotte da forze uguali sono inversamente proporzionali alle forze stesse.*

Un corpo di piccola massa si mette in moto o si arresta con facilità, applicando una forza modesta; l'opposto accade se la massa è grande; uno sforzo muscolare capace di spostare di molto una sedia, sposta quasi insensibilmente un tavolo massiccio. Ne segue che la massa, oltre che consentire la valutazione della quantità di materia, piccola o grande, del corpo, indica la minore o maggiore resistenza opposta alla variazione di velocità, ossia *ne misura l'inerzia*.