

Lezione 7: Prima e seconda legge del moto

7.1. Salita, discesa, pianura...

Abbiamo visto, nella lezione precedente, che un corpo che scende per un piano inclinato acquista velocità lungo il percorso. Questo è il risultato di un esperimento vero, ma Galileo ebbe l'intuizione di utilizzarlo per costruire un nuovo esperimento ideale (► fig.7.1).

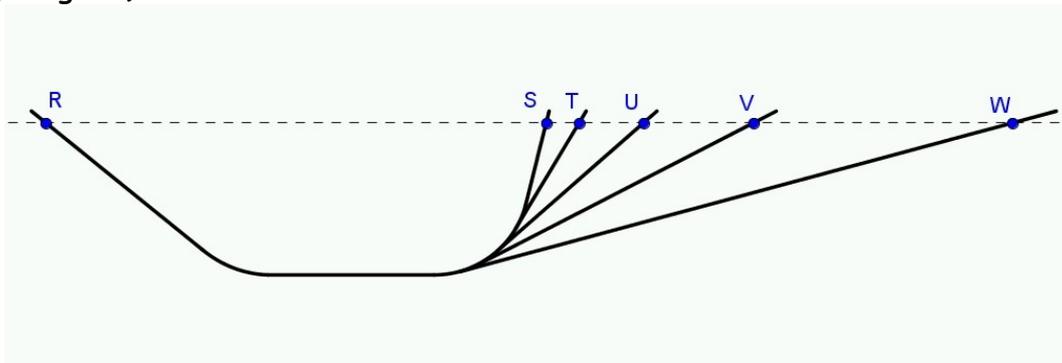


Fig. 7.1 Un altro esperimento ideale di Galileo. La pallina scende, percorre un tratto in piano, poi risale. Minore è l'inclinazione della rampa in salita, maggiore è la lunghezza del tratto percorso.

Una pallina scende, in condizioni in cui possiamo trascurare ogni influenza dell'aria o delle asperità della guida inclinata sulla quale si muove. Incontra poi un tratto di guida orizzontale, infine una rampa in ripida salita (la rampa S della figura). La pallina perde velocità lungo la salita, e si ferma quando raggiunge la stessa altezza da cui era partita (in figura è indicata dalla linea tratteggiata, ed è chiaro che se ci fossero attriti la pallina si fermerebbe prima di raggiungere quell'altezza). Cosa succede se il tratto in salita ha un'inclinazione minore? Consideriamo per esempio la rampa T: in questo caso la pallina perde velocità più lentamente, e percorre un tratto di rampa più lungo per raggiungere la stessa quota di partenza. Il tratto percorso è ancora maggiore sulle rampe U, V e W: minore è l'inclinazione, maggiore è il tratto percorso, perchè la pallina deve tornare alla stessa quota da cui era partita. Cosa succederebbe se la rampa fosse così poco inclinata da essere orizzontale? La risposta viene quasi spontanea.

In condizioni in cui possiamo trascurare ogni interazione con l'aria o con le asperità della guida orizzontale, la pallina continuerebbe a muoversi mantenendo sempre la stessa velocità, compiendo quindi quello che si chiama un moto rettilineo uniforme.

7.2. Perché le cose non vanno così nel mondo reale?

Se proviamo a realizzare in pratica l'esperimento ideale di Galileo ci accorgiamo che le cose vanno in modo un po' diverso. La pallina, lungo qualunque rampa, risale *un po' più in*

basso della quota dalla quale era partita. Per quanta cura noi possiamo mettere nel rendere liscia la guida, il moto lungo una superficie piana perde a poco a poco di velocità, fino a fermarsi.

La causa del rallentamento della pallina si chiama attrito ed è dovuto al fatto che la pallina e la guida, nonostante l'apparenza liscia, hanno in realtà un contorno finemente frastagliato (► fig.7.2).

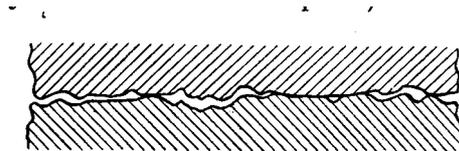


Fig.7.2 Come nasce l'attrito tra due superfici Un ingrandimento delle superfici a contatto mostra delle irregolarità che ostacolano il moto

7.3. La prima legge della dinamica

Dopo Galileo, fu lo scienziato inglese Isaac Newton che contribuì in modo importante allo studio del moto dei corpi. Egli introdusse il concetto di forza:

si chiama forza la causa che provoca l'allontanarsi del corpo dallo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme.

Inoltre formulò il seguente principio, che spiega quanto abbiamo osservato per la pallina, all'inizio di questa lezione:

ogni corpo persevera nel suo stato di quiete o di moto uniforme e rettilineo, se ad esso non è applicata alcuna forza .

Questo enunciato viene chiamato *Prima legge della dinamica*, o *Prima legge di Newton*. A volte lo si chiama anche *Legge d'inerzia*, perché si definisce inerzia la tendenza che i corpi hanno a perseverare nel loro stato di quiete o di moto uniforme.

La forza, cioè la causa che provoca variazioni della velocità con cui il corpo si muove, nasce dall'interazione (cioè dell'azione reciproca) che il corpo in moto ha con altri corpi intorno ad esso.

Per esempio, quando la pallina scende lungo una guida, una qualche attrazione esercitata dalla Terra (per ora non sappiamo dire di più) la costringe ad aumentare la propria velocità. La stessa attrazione la costringe a rallentare quando la guida è in salita. Nei tratti in piano l'attrazione esercitata dalla terra non produce alcun effetto, ma è l'interazione con la superficie della guida (l'attrito) a provocare un rallentamento della pallina.

7.4. La seconda legge della dinamica

Abbiamo visto che l'effetto di una forza applicata su un corpo è quello di farlo allontanare dallo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme, cioè di provocare un'accelerazione. Ma quanto è grande l'effetto, cioè l'accelerazione prodotta?

Tutti quanti abbiamo provato a mettere in moto un oggetto fermo, cioè a farlo passare dalla quiete al moto: sappiamo che dobbiamo applicare una forza. Più grande è la forza che applichiamo, più grande sarà l'effetto.

D'altra parte sappiamo bene che la stessa forza, applicata su oggetti differenti, non produce sempre lo stesso effetto. Se proviamo a calciare con uguale intensità un pallone da calcio e una palla medica da palestra, ci accorgiamo che gli effetti sono molto diversi: il pallone da calcio subisce una grande accelerazione, e dal suo stato di quiete schizza via a grande velocità, mentre la palla medica accelera assai poco, passando dalla quiete ad uno stato di velocità molto piccola. Diciamo allora che la palla medica ha una *massa* maggiore rispetto al pallone da calcio.

Fu proprio Newton a dare la definizione di massa:

*si chiama massa l'attitudine che i corpi hanno a resistere
alle variazioni di velocità.*

La Seconda legge della dinamica traduce nel linguaggio della matematica le osservazioni che abbiamo fatto fin qui:

*l'accelerazione che un corpo subisce è direttamente proporzionale alla
forza risultante che agisce su di esso, e inversamente proporzionale
alla massa del corpo stesso.*

Quindi se due forze, una doppia dell'altra, agiscono sullo stesso corpo, la più grande produce un'accelerazione doppia. Se la stessa forza agisce su due corpi, il primo con massa doppia del secondo, il primo corpo subisce un'accelerazione che è la metà di quella subita dal secondo.

7.5. Che cosa vuol dire forza risultante?

Avrete notato che, nell'enunciare la seconda legge della dinamica, abbiamo parlato di "forza risultante". Sul corpo che consideriamo, infatti, possono agire più forze simultaneamente:

poiché le forze sono vettori, si tratterà di sommare le forze che agiscono contemporaneamente su uno stesso corpo (la somma si deve fare usando le regole valide per i vettori) per calcolare la forza complessiva, chiamata spesso forza risultante.

In particolare, se sul corpo che consideriamo agiscono due forze uguali ed opposte, allora la forza risultante è zero, e il corpo si comporta esattamente come se nessuna forza agisse: non subisce alcuna accelerazione.

Quando la risultante delle forze che agiscono su un corpo è zero, diciamo che il corpo è in equilibrio.

7.6. La massa e la sua unità di misura

Abbiamo visto che la massa è la grandezza che descrive l'attitudine che i corpi hanno a resistere alle variazioni di velocità che si tenta di provocare applicando loro una forza. È noto che quest'attitudine a resistere è tanto più grande quanto più è grande la quantità di materia da cui è costituito il corpo: per allontanare dalla quiete una sfera di metallo ci vuole una certa forza, se fondo insieme dieci di queste sfere identiche la massa che ottengo è dieci volte più grande, cioè ci vuole una forza dieci volte più grande per allontanarla ugualmente dalla quiete.

Come si fa a confrontare tra di loro le masse di due oggetti? Bisogna prima di tutto scegliere una massa campione e darle un nome, così come abbiamo scelto un campione di lunghezza e l'abbiamo chiamato metro, o un campione di tempo e l'abbiamo chiamato secondo.

Il campione di massa è un cilindro di platino - iridio che si chiama kilogrammo.

Per confrontare la massa di un oggetto qualsiasi con quella del campione, dovremmo applicare ad entrambi la stessa forza e confrontare le accelerazioni che subiscono. Se l'oggetto subisce un'accelerazione che è la metà di quella del campione, allora vuol dire che la sua massa è di 2 kg. Come potete ben immaginare, questo metodo per misurare le masse sarebbe molto complicato da utilizzare. Gli strumenti che misurano la massa, cioè le bilance, funzionano infatti in tutt'altro modo.

7.7. Le bilance

Esistono bilance di molti tipi differenti, qui ne descriveremo soltanto due:

- la bilancia a due piatti
- la bilancia a molla

La bilancia a due piatti è costituita da due bracci uguali, che sostengono ciascuno un piatto. Quando i piatti sono scarichi i due bracci sono orizzontali, ma se mettiamo il

corpo di massa incognita in uno dei due piatti, allora l'equilibrio si rompe e quel piatto scende.

Nell'altro piatto mettiamo masse campione fino a quando non si raggiunge di nuovo l'equilibrio. La massa incognita si ottiene allora sommando le masse campione che abbiamo messo sull'altro piatto.

La bilancia a molla (sono di questo tipo la maggior parte delle bilance pesa persone) è costituita da una robusta molla collegata ad un indice. Se mettiamo la massa campione sulla bilancia, la molla si deforma e l'indice si sposta. Se mettiamo una massa doppia di quella campione, la molla subisce una deformazione doppia, e l'indice subisce uno spostamento doppio.

7.8. L'unità di misura della forza

Ora che abbiamo definito l'unità di misura per la massa, usiamo la seconda legge della dinamica per definire l'unità di misura della forza. Per farlo dobbiamo scrivere la legge sotto la forma di un'equazione:

$$\text{accelerazione} = \text{costante} \cdot \frac{\text{forza}}{\text{massa}} \quad \text{cioè} \quad a = k \cdot \frac{F}{m}$$

La costante k ha un valore che dipende dall'unità di misura che scegliamo per la forza. La scelta più semplice è porre $k=1$, in modo che un'unità di forza, applicata all'unità di massa, produca l'accelerazione di 1 m/s^2 .

L'unità di misura della forza si ricava allora dalla relazione $F = m \cdot a$, si chiama newton (il simbolo è N), ed è la forza che applicata ad un corpo di massa 1 kg gli imprime un'accelerazione di 1 m/s^2 :

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m/s}^2$$

Misurando la forza in newton, la massa in kilogrammi e l'accelerazione in m/s^2 , la seconda legge può essere espressa semplicemente dalla formula $F = m \cdot a$.