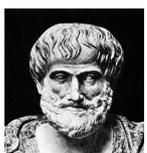


# 9

## I PRINCIPI DELLA DINAMICA



### ARISTOTELE

(384 a.C.-322 a.C.) filosofo e scienziato greco. È considerato uno dei filosofi più influenti di tutti i tempi. Anche la sua attività in ambito scientifico fu di importanza fondamentale: in particolare egli studiò le basi del ragionamento logico.

## 2. IL PRIMO PRINCIPIO DELLA DINAMICA

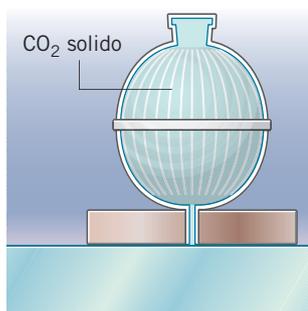
### Un falso indizio

A prima vista sembrerebbe di sì. La bicicletta si muove perché pedaliamo; se poi pedaliamo con maggiore intensità, andiamo più forte. L'intuizione sembra suggerire che ci sia un legame tra velocità e forza: maggiore è la forza, maggiore è la velocità.

Ne era convinto anche il filosofo greco Aristotele, che nella *Meccanica* affermava:

«*ciò che è mosso cessa di muoversi nel momento stesso in cui il motore che agisce su di esso smette di muoverlo*» (che significa, in linguaggio più moderno: «un corpo in moto si ferma, quando la forza che lo spinge smette di agire»).

Tuttavia, come capita nei romanzi gialli, si tratta di un *falso indizio*, che ha portato fuori strada l'umanità per diversi secoli.

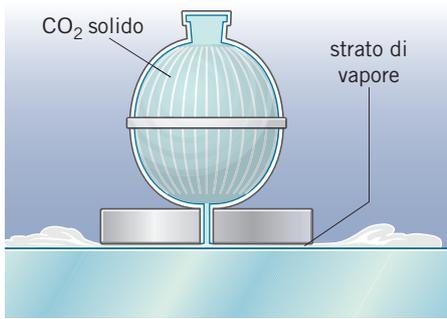


### Il disco a ghiaccio secco

Possiamo vedere in azione il primo principio della dinamica utilizzando un opportuno apparato sperimentale.

Sopra un tavolo di vetro si muove un *disco a ghiaccio secco*. Il disco è formato da una base metallica molto liscia su cui è montato un contenitore che contiene biossido di carbonio allo stato solido ([figura](#)).

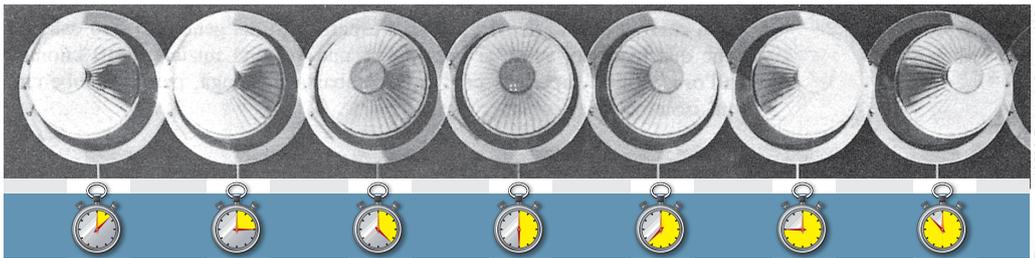
**A** A poco a poco il biossido di carbonio si trasforma in vapore che esce da un piccolo foro posto sotto la base del disco. Così, tra disco e vetro si viene a creare un sottile strato di vapore che elimina quasi completamente gli attriti.



**B** Quando è fermo, sul disco agiscono soltanto due forze (il suo peso e la spinta verso l'alto del vapore) che si annullano. Se diamo al disco una piccola spinta, esso si muove e sembra non fermarsi mai.



Il disco si muove a velocità costante mentre la forza totale applicata su di esso è nulla. Possiamo controllare il fatto che la velocità è costante registrando sulla stessa pellicola diverse fotografie del disco, a intervalli di tempo regolari.



Fisica, a cura del PSSC Zanichelli, Bologna 1995

Come si vede dalle fotografie della **figura**, il disco (che si muove verso destra) si sposta in linea retta e percorre distanze uguali in intervalli di tempo uguali. Quindi, esso descrive un moto rettilineo uniforme.

È possibile fare esperienza di un moto quasi senza attriti giocando con un disco che si muove su un tavolo a cuscino d'aria (**figura**). Come dice il nome, in questi giochi è un getto di aria compressa che viene fuori da centinaia di forellini praticati sulla superficie del tavolo.



Kassimiliano Trevisan

### 3. I SISTEMI DI RIFERIMENTO INERZIALI

#### La relatività galileiana

Il ruolo privilegiato dei sistemi di riferimento inerziali fu scoperto da Galileo Galilei, che lo espone nel *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, un'opera pubblicata nel 1632. In particolare, una persona che non può guardare fuori non sa se il locale dove si trova è fermo o si sta muovendo con velocità costante. Ciò è espresso anche da Galileo nel *Dialogo*, in cui fa dire al personaggio chiamato Sagredo «mi ricordo essermi cento volte trovato, essendo nella mia camera [all'interno della nave], a domandar se la nave camminava o stava ferma».

Nei sistemi di riferimento inerziali vale il primo principio della dinamica e, allo stesso modo, valgono tutte le leggi della meccanica. Al contrario, come si è visto nel caso dell'autobus che accelera o frena, per descrivere la fisica in sistemi di riferimento non inerziali occorre modificare le leggi della meccanica introducendo forze apparenti.

#### GALILEO ED EINSTEIN

Secoli dopo, Albert Einstein, nella teoria della relatività ristretta, farà l'ipotesi che tutte le leggi della fisica, non soltanto quelle della meccanica, siano le stesse in tutti i sistemi di riferimento inerziali.

Tutto ciò è riassunto e generalizzato nel **principio di relatività galileiana**, secondo cui:

le leggi della meccanica sono le stesse in tutti i sistemi di riferimento inerziali.

## 4. L'EFFETTO DELLE FORZE

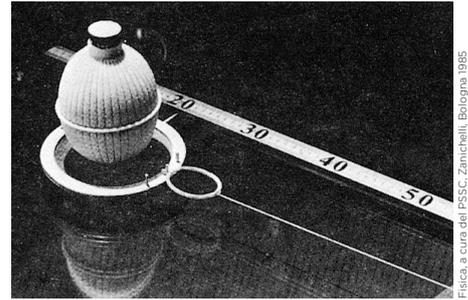
Tutti i corpi tendono, per inerzia, a muoversi con velocità costante.

Le forze provocano una variazione di velocità e, quindi, un'accelerazione.

Ci chiediamo qual è la relazione quantitativa che lega forza e accelerazione.

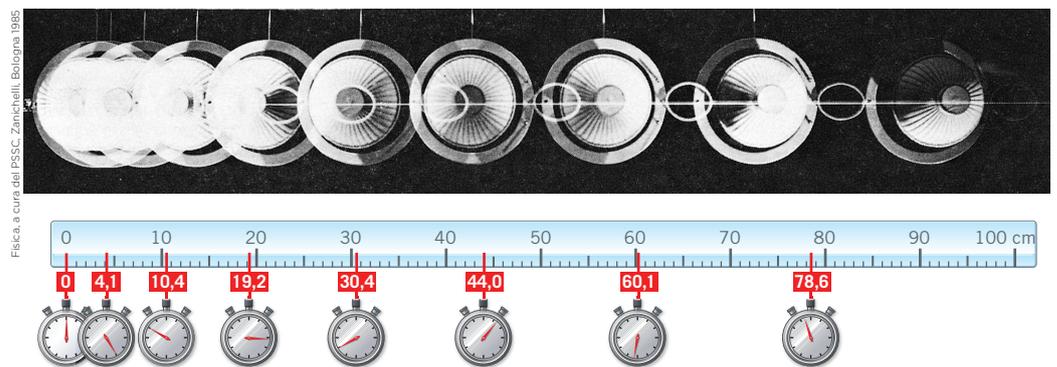
### L'effetto di una forza costante

Possiamo rispondere sperimentalmente a questa domanda trascinando, per mezzo di una cordicella, un disco a ghiaccio secco come nella **figura**. Tra il disco e la cordicella è inserito un elastico che funziona come un dinamometro. Infatti, esso «registra» l'intensità della forza con cui tiriamo il disco: se l'allungamento dell'elastico rimane sempre uguale, siamo sicuri che anche la forza sul disco è costante.



Fisica, a cura del PSSC, Zanichelli, Bologna 1985

Mentre trasciniamo il disco, fotografiamo la sua posizione a intervalli di tempo costanti, facendo lampeggiare il flash ogni 5/12 di secondo (cioè 0,42 s). Tutte le immagini sono impresse sulla stessa pellicola (**figura**). Ciò ci permette di osservare che, al trascorrere del tempo, il disco è sempre più veloce, in quanto percorre distanze maggiori in uguali intervalli di tempo.



Fisica, a cura del PSSC, Zanichelli, Bologna 1985

Costruiamo una tabella delle posizioni del disco (lette sul metro) al trascorrere nel tempo.

POSIZIONI DEL DISCO								
$t$ (s)	0	0,42	0,84	1,26	1,68	2,10	2,52	2,94
$s$ (cm)	0	4,1	10,4	19,2	30,4	44,0	60,1	78,6

Nello scrivere la tabella trascuriamo l'intervallo di tempo tra il primo e il secondo flash perché, quando il disco si mette in moto, avvengono fenomeni piuttosto complicati.

In ogni intervallo di tempo tra due flash successivi possiamo calcolare la velocità media del disco (rapporto tra la distanza percorsa e il tempo impiegato).

Per esempio, nel secondo intervallo di tempo la distanza percorsa dal disco è  $\Delta x = 10,4 \text{ cm} - 4,1 \text{ cm} = 6,3 \text{ cm}$ ; l'intervallo di tempo trascorso è  $0,42 \text{ s}$ . Quindi la velocità media è

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{6,3 \text{ cm}}{0,42 \text{ s}} = 15 \frac{\text{cm}}{\text{s}}.$$

Se, nella stessa maniera, calcoliamo la velocità media nel terzo intervallo di tempo, troviamo il valore di  $21 \text{ cm/s}$ . Allora l'accelerazione media tra il secondo e il terzo flash è

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(21 - 15) \text{ cm/s}}{0,42 \text{ s}} = 14 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2}.$$

Otteniamo così una seconda tabella

VELOCITÀ E ACCELERAZIONI MEDIE DEL DISCO								
$t \text{ (s)}$	0	0,42	0,84	1,26	1,68	2,10	2,52	2,94
$s \text{ (cm)}$	0	4,1	10,4	19,2	30,4	44,0	60,1	78,6
$v \text{ (cm/s)}$		9,8	15	21	27	32	38	44
$a \text{ (cm/s}^2\text{)}$			12	14	14	12	14	14

Nell'ultima riga si vede che, durante il moto del disco, *la sua accelerazione si è mantenuta costante* (a parte gli errori sperimentali).

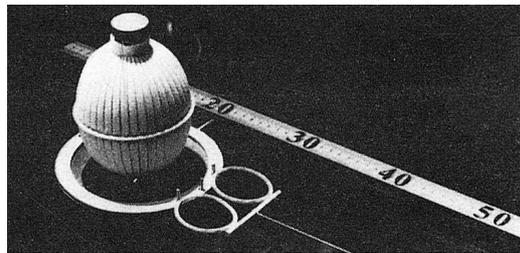
Abbiamo così ottenuto un primo risultato (**figura**):

un corpo su cui agisce una forza costante si muove con accelerazione costante.

Fino a ora ci siamo concentrati sul valore dell'accelerazione. Dobbiamo però notare che, nel corso del moto, anche la direzione e il verso del vettore accelerazione sono rimasti costanti (e uguali alla direzione e al verso del vettore forza).

### L'effetto di una forza doppia

Possiamo applicare al disco una seconda forza costante, con un valore doppio rispetto a prima. Per fare ciò, colleghiamo al disco, affiancati tra loro, due elastici uguali a quello che abbiamo usato nell'esperimento precedente, come nella **figura**.



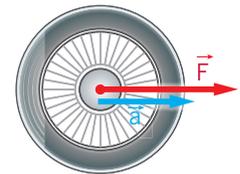
Fisica, a cura del IPSCC, Zanichelli, Bologna 1985

Quando ogni elastico ha la stessa deformazione che abbiamo visto prima, la forza che agisce sul disco ha una intensità doppia di quella dell'esperimento precedente.

In questo secondo esperimento il disco si muove ancora con un moto rettilineo uniforme, e la nuova accelerazione è esattamente il doppio di quella che avevamo misurato prima. In modo analogo, se la forza fosse triplicata anche l'accelerazione risulterebbe tre volte più grande.

Scopriamo così una seconda proprietà

l'accelerazione di un corpo è direttamente proporzionale alla forza che agisce su di esso.



## 8. ISAAC NEWTON

Ameno di un anno dalla morte di Galileo Galilei, Isaac Newton nacque il giorno di Natale del 1642 a Woolsthorpe, nell'Inghilterra centrale. Il padre morì prima che lui nascesse, e Isaac fu affidato alla nonna materna quando la madre si risposò.



Finita la scuola, che frequentò nella cittadina di Grantham, Isaac tornò a Woolsthorpe per rimanervi. Ma uno zio e il direttore della scuola convinsero la madre a mandarlo al Trinity College di Cambridge dove entrò, diciottenne, il 5 giugno 1661.

### All'università

L'evento più importante dei primi tempi di Cambridge fu l'incontro col matematico Isaac Barrow (1630-1677), che apprezzò il genio del giovane studente.

Nell'aprile del 1664 Newton ottenne una borsa di studio, che gli garantiva altri quattro anni di studio. Al principio dell'inverno 1664-5 cominciò quelle ricerche in matematica che lo avrebbero portato, nel giro di due anni, all'invenzione del calcolo infinitesimale, alla scoperta cioè dei metodi per il calcolo delle aree di figure qualsiasi (calcolo integrale), alla determinazione della retta tangente a una curva (calcolo differenziale) e, soprattutto, a capire che i due problemi sono l'uno l'inverso dell'altro. Nel 1665 conseguì il titolo di *Bachelor of Arts*.

Al principio dell'estate vi fu un'epidemia di peste, e l'Università fu chiusa, costringendo Newton a tornare a Woolsthorpe.

### Gli anni mirabiles

Newton meditò nella quiete di Woolsthorpe riflettendo sul rapporto tra la forza centrifuga della Luna nel moto attorno alla Terra e la forza di gravità con cui la Terra attira la Luna. Intuì che la forza con cui i pianeti sono legati al Sole varia come l'inverso del quadrato della distanza dal Sole. Fu il primo passo verso la legge di gravitazione universale.

Elaborò la teoria secondo cui la luce bianca è un miscuglio di raggi di diverso colore, deviati (rifratti) in maniera diversa se li si fa incidere su un prisma di vetro: di più l'azzurro, di meno il rosso. Fece l'esperimento di proiettare i raggi su una parete e osservò così lo spettro della luce solare. Abilissimo con le mani, preparava da solo gli strumenti che gli occorreivano. Fu il primo a realizzare un telescopio a riflessione.

Negli *anni mirabiles* tra il 1664 e il 1666 Newton pose le basi delle sue grandiose realizzazioni. Restava molta strada per giungere alle opere complete, ma poteva esser fiero di sé. Nel 1660 era un ragazzo di provincia che sognava di andare all'università. Sei anni dopo possedeva il calcolo infinitesimale ed era autore di notevoli scoperte in ottica e meccanica. Era il più grande matematico d'Europa e uno dei fisici (allora si diceva «filosofi naturali») più eminenti.



Tornato a Cambridge nel 1667, Newton divenne *Master of Arts* l'anno seguente e nel 1669 succedette a Isaac Barrow sulla cattedra di matematica, che avrebbe occupato fino al 1701.

## Alchimia e pianeti

Newton si dedicò lungamente a studi di alchimia e teologia: oggi non li considereremmo «scientifici». Gli studi di alchimia furono però importanti perché lo aiutarono a maturare una posizione filosofica secondo cui la materia non è incapace di esercitare attrazione o repulsione, come invece voleva la filosofia cartesiana. Secondo Newton le particelle di materia sono in grado di interagire tra loro con forze variabili con la distanza, una riflessione importante per la genesi della gravitazione universale.

Nell'inverno del 1679-80, stimolato da un carteggio con Robert Hooke (1635-1703), Newton considerò il moto orbitale dei pianeti dovuto a una forza centripeta che li fa deviare continuamente dalla traiettoria rettilinea. Prima di allora si guardava al problema solo dal punto di vista della forza centrifuga. Era il primo passo verso una concezione moderna della forza e della meccanica. Newton giunse anche a dimostrare che la forza necessaria a far percorrere a un corpo un'orbita ellittica deve variare come l'inverso del quadrato della distanza.

Quattro anni dopo raccontò con semplicità questa scoperta sbalordendo l'astronomo Edmund Halley (1656-1742), giunto apposta da Londra per interrogarlo sui suoi studi di meccanica.

## I Principia

Halley lo incoraggiò a proseguire: Newton era ormai arrivato alla fondazione della meccanica moderna, nella quale la forza non è più «qualcosa» che i corpi in moto posseggono (visione tipica della meccanica del Seicento) ma «qualcosa» che modifica dall'esterno il moto dei corpi. Nel 1687 vide la luce il capolavoro di Newton, i *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (Principi Matematici di Filosofia Naturale). Halley curò l'edizione e sostenne le spese di stampa. Apparvero le leggi del moto «newtoniane» (il principio di inerzia; la legge fondamentale della dinamica; il principio di azione e reazione), la legge di gravitazione universale e il «Sistema del Mondo» ovvero la descrizione dei moti dei corpi del sistema solare.

Né la meccanica, né la vita dell'autore sarebbero rimaste le stesse. Eletto deputato al Parlamento nel 1689, Newton divenne in seguito direttore e poi governatore della Zecca. Nel 1693 un grave esaurimento, dovuto all'intenso lavoro, fece temere per la sua salute: questo periodo segnò la fine dell'attività creativa di Newton.

## L'Ottica

Nel 1703 fu eletto presidente della Royal Society, carica che ricoprì fino alla morte. Nel 1704 fu pubblicata l'*Ottica*, l'altro pilastro sul quale riposa la sua fama. Se i *Principia* furono la base per la moderna fisica matematica, l'*Ottica* fu il seme da cui nacque la moderna fisica sperimentale. Newton vi espose la teoria secondo cui la luce è formata da un'infinità di particelle emesse da un corpo in tutte le direzioni. Il fascino dell'*Ottica* è accresciuto dal fatto che, nel corso delle varie edizioni, Newton vi aggiunse delle «Questioni», ovvero dei problemi aperti di scienza, in cui appare problematico e incline alle congetture.

## Newton e il suo tempo

Newton è spesso ricordato per la celebre frase «non invento ipotesi» (*hypotheses non fingo*), apparsa nell'edizione del 1713 dei *Principia*. Ma ne faceva anch'egli, come tutti



gli scienziati. Il detto ha però acquistato tale fama da far dimenticare che le ipotesi, come le prove sperimentali, sono entrambe necessarie alla scienza.

La vita di Newton fu punteggiata da numerose e veementi polemiche (in genere su questioni di priorità) che lo videro opposto, tra gli altri, a Hooke per questioni di ottica e di meccanica e a Leibniz (1646-1716) per l'invenzione del calcolo infinitesimale. Il carattere chiuso e dispotico non facilitò i rapporti col prossimo.

Morì nelle prime ore del mattino di lunedì 20 marzo 1727. Fu sepolto con grandi onori nell'abbazia di Westminster. Il suo epitaffio invita i comuni mortali a rallegrarsi che sia esistito «un tale e così grande orgoglio del genere umano».

# ESERCIZI

## 1. LA DINAMICA

### DOMANDE SUI CONCETTI

- 1** Una forza può mettere in moto un oggetto, arrestarlo o cambiarne la direzione del moto.
- ▶ Fai un esempio per ognuno dei 3 casi.
- 2** Descrivi le forze che agiscono quando un tuffatore salta dal trampolino elastico, entra in acqua e si ferma ad una certa profondità. Indica da e su chi/cosa viene esercitata ogni forza.
- 3** Un'automobile di Formula 1, che sta andando a 250 km/h, finisce fuori pista su un terreno sabbioso e si ferma.
- ▶ Quale forza ha causato il rallentamento dell'automobile?
  - ▶ Un calciatore tira un calcio di rigore: il pallone, che prima era fermo, si mette in movimento.
  - ▶ Quale forza ha causato l'accelerazione?

## 2. IL PRIMO PRINCIPIO DELLA DINAMICA

### DOMANDE SUI CONCETTI

- 5** Ti trovi in laboratorio: hai a disposizione un piano inclinato di legno e un cubetto di acciaio e vuoi ottenere un moto rettilineo uniforme.
- ▶ Di quanto devi inclinare il piano?
- 6** Il disco che si muove sul tavolo a cuscino d'aria segue un moto rettilineo uniforme perché si muove in assenza di gravità. È vero?

## 3. I SISTEMI DI RIFERIMENTO INERZIALI

### ESERCIZI NUMERICI

#### **12** FACCIAMO DUE CONTI Il moto della luce

★★★

La luce si muove nello spazio interplanetario senza subire alcuna forza, alla velocità di  $3 \times 10^8$  m/s. La luce emessa dal Sole impiega circa 8 min per arrivare alla Terra.

- ▶ Stima in metri l'ordine di grandezza della distanza Terra-Sole.

[ $1 \times 10^{11}$  m]

- 13** Una palla di gomma è legata a un filo lungo 40 cm, vincolato a un piano privo di attriti. La palla viene fatta roteare attorno al vincolo, con il filo teso, in modo da compiere 2,0 giri al secondo. Ad un certo istante il filo si spezza. Determina:

- ▶ il valore della velocità della palla nel momento in cui il filo si spezza;
- ▶ la direzione del vettore velocità;
- ▶ il tipo di moto che segue la palla dopo la rottura del filo.

[5,0 m/s; tangente alla circonferenza; rettilineo uniforme]

- 14** Un paracadutista si lancia da un'altezza di 1200 m ed apre il paracadute dopo un tratto di 125 m di caduta libera.

- ▶ Perché con il paracadute il suo moto, dopo un breve tratto iniziale trascurabile, diventa rettilineo uniforme?
- ▶ La sua velocità è di 1,75 m/s. Quanto tempo impiega il paracadutista ad arrivare a terra?

[10,2 min]

### DOMANDE SUI CONCETTI

- 20** Un'astronave si muove, rispetto al Sole, alla velocità costante di 3000 km/h. Al suo interno un astronauta salta a piedi pari verso la prua dell'astronave e compie un salto di 60 cm; poi lo stesso astronauta ripete il salto verso poppa, con la stessa forza.

- ▶ Quanto ti aspetti che sia lungo questo nuovo salto?

- 21** In un laboratorio terrestre si misura la costante elastica di una molla, che risulta  $k = 70$  N/m. La stessa molla e gli stessi strumenti sono caricati su un treno che si muove su un binario rettilineo alla velocità costante di 320 km/h.

- ▶ Quanto vale la costante elastica della molla, secondo le misure effettuate nel treno? Perché?

[70 N/m]

## 4. L'EFFETTO DELLE FORZE

### DOMANDE SUI CONCETTI

- 25** "Una forza costante applicata a un corpo determina un aumento di velocità direttamente proporzionale all'intervallo di tempo trascorso." Quest'affermazione è giusta o sbagliata? Perché?

- 26** La forza con cui spingi il carrello della spesa si dimezza. Si dimezza anche la sua velocità?

### ESERCIZI NUMERICI

- 27** La tabella riporta, in vari istanti, le posizioni di un disco a ghiaccio secco soggetto a una forza costante, come nella prima tabella del paragrafo «L'effetto delle forze».

$t(s)$	0,00	0,30	0,60	0,90	1,20
$s(m)$	0,10	0,12	0,19	0,31	0,48
$v(m/s)$					
$a(m/s^2)$					

- Completa la tabella secondo il modello fornito nel testo, calcolando le velocità medie e le accelerazioni medie.
  - Rappresenta poi i rispettivi grafici spazio-tempo e velocità-tempo.
- 28** Una slitta è trascinata su un lago ghiacciato da una muta di cani. Nel suo insieme, la muta esercita una forza costante di valore pari a 1400 N.



La slitta acquista velocità con un'accelerazione pari a  $0,72 \text{ m/s}^2$ .

- Determina l'accelerazione che subirebbe la slitta se la forza costante esercitata dalla muta fosse ridotta a due terzi di quella precedente.

[ $0,48 \text{ m/s}^2$ ]

- 29** Un uomo pratica lo sci d'acqua trainato da un motoscafo. Parte da fermo, e il motoscafo esercita una forza costante; l'attrito degli sci sull'acqua è trascurabile. Le posizioni dell'uomo agli istanti 0 s e 1,4 s sono rispettivamente 0 m e 0,34 m.

- Determina la posizione dell'uomo dopo 0,50 min.

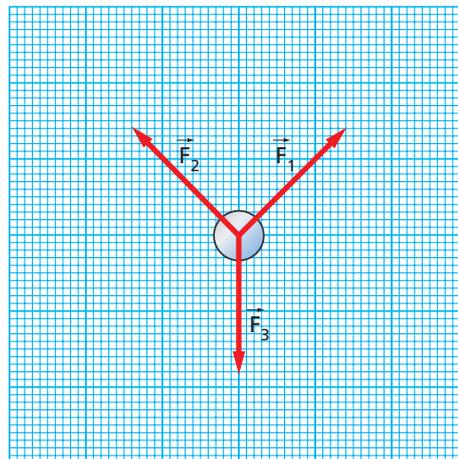
[ $1,6 \times 10^2 \text{ m}$ ]

## 5. IL SECONDO PRINCIPIO DELLA DINAMICA

### ESERCIZI NUMERICI

- 35** La figura seguente rappresenta un corpo soggetto a tre forze. Nella scala del disegno, un vettore forza

di 1 mm corrisponde a una forza di valore 1 N. La massa del corpo è di 2,1 kg. I vettori  $\vec{F}_1$  e  $\vec{F}_2$  sono perpendicolari.



- Determina la forza totale agente sul corpo e misurane il valore.
- Calcola l'accelerazione con cui si muove il corpo.

[10 N;  $4,8 \text{ m/s}^2$ ]

- 36** Un carrello di massa 140 g è appoggiato contro una molla la cui costante elastica vale  $40 \text{ N/m}$ . La molla viene compressa per 5,0 cm; quando è lasciata libera, esercita sul carrello una forza orizzontale.

- Determina la forza che agisce inizialmente sul carrello.
- Calcola l'accelerazione iniziale del carrello.

[ $2,0 \text{ N}$ ;  $14 \text{ m/s}^2$ ]

- 37** Un'automobile ha una massa di 900 kg e sta trainando un piccolo rimorchio. Il suo motore le imprime un'accelerazione pari a  $2,4 \text{ m/s}^2$ . A un dato istante il rimorchio si stacca e l'accelerazione passa bruscamente al valore di  $3,3 \text{ m/s}^2$ .

- Qual è la massa del rimorchio?

[ $3,4 \times 10^2 \text{ kg}$ ]

## 7. IL TERZO PRINCIPIO DELLA DINAMICA

### DOMANDE SUI CONCETTI

- 54** Un cavallo esercita una forza su un calesse. Ma anche il calesse esercita una forza sul cavallo, di uguale valore e di verso opposto. Questo vuol dire che il calesse non si sposta?
- 55** Una biglia rimbalza urtando contro un mobile. Perché il mobile non si sposta? Cosa accadrebbe invece se la biglia e il mobile fossero posti entrambi su un piano a cuscino d'aria compressa?

## ESERCIZI NUMERICI

**62** ★★★ Uno studente si trova su una bilancia in un ascensore al 64mo piano di un grattacielo di New York per fare un esperimento. La bilancia segna una forza-peso di 836 N.

- ▶ L'ascensore sale accelerando e la bilancia segna un valore maggiore, pari a 936 N. Calcola l'accelerazione dell'ascensore.
- ▶ L'ascensore si sta avvicinando al 74mo piano e il valore sulla bilancia scende a 782 N. Con che accelerazione sta rallentando l'ascensore?

[1,17 m/s<sup>2</sup>, -0,633 m/s<sup>2</sup>]

**63** ★★★ Un bambino di 31 kg sta in piedi su un materasso a molle. Le molle hanno costante elastica  $k=3500$  N/m e il bambino ne comprime otto sotto la superficie dei suoi piedi.

- ▶ Disegna il diagramma delle forze sul bambino.
- ▶ Disegna il diagramma delle forze su ciascuna molla compressa dal bambino.
- ▶ Di quanto si comprime ogni molla?

[1,1 cm]

## PROBLEMI GENERALI

**64** ★★★ Un locomotore di massa pari a  $3,6 \times 10^4$  kg traina un vagone di massa pari a un terzo della propria. Esso esercita sui binari una forza di valore pari a 6,4 kN, producendo un'accelerazione dell'intero sistema locomotore + vagone.

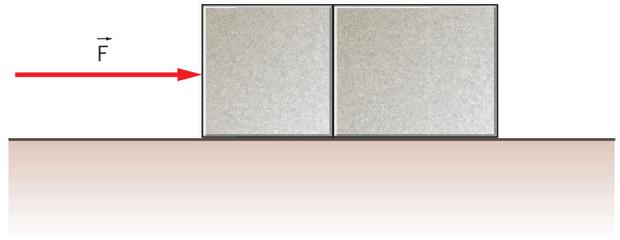


Thomas Norb/Shutterstock

- ▶ Qual è l'accelerazione del sistema e quindi di ognuna delle sue parti?
- ▶ Qual è il valore della forza esercitata dal locomotore sul vagone?
- ▶ Qual è il valore della forza esercitata dal vagone sul locomotore?
- ▶ Qual è il valore totale della forza sul locomotore e da quale somma vettoriale è data?

[0,13 m/s<sup>2</sup>; 1,6 kN; 1,6 kN; 4,8 kN]

**65** ★★★ Due blocchi di masse 4,3 kg (blocco 1) e 5,4 kg (blocco 2) sono posti a contatto e sono spinti su una superficie priva di attrito da una forza orizzontale di 25 N come mostra la figura.



- ▶ Quanto vale l'accelerazione dei due blocchi?
- ▶ Quanto vale la forza che il blocco 1 esercita sul blocco 2?
- ▶ Quanto vale la forza del blocco 2 sul blocco 1?

[2,6 m/s<sup>2</sup>; 14 N a destra; 14 N a sinistra]

**66** ★★★ Un cubo di plastica di lato 12 cm viene immerso in acqua. Secondo la legge di Archimede, ogni oggetto immerso in un liquido riceve una spinta verso l'alto pari al peso del volume di fluido spostato.

A causa della spinta di Archimede, all'equilibrio il cubo galleggia ed emerge parzialmente dall'acqua: l'altezza della parte emersa misura 4,3 cm.

Calcola:

- ▶ il valore della forza che il cubo esercita sull'acqua;
- ▶ la densità della plastica.

**Suggerimento:** utilizza il terzo principio della dinamica applicato alla forza-peso di tutto il cubo e alla spinta di Archimede che agisce sulla parte immersa.

[11 N;  $6,4 \times 10^2$  kg/m<sup>3</sup>]

**67** **FISICA DEL CITTADINO** Senza cintura di sicurezza

★★★

Nel paese di Zedlandia il Codice della strada non obbliga coloro che viaggiano nei sedili posteriori delle auto ad indossare la cintura di sicurezza. Esaminiamo il caso di un'automobile che viaggia alla velocità iniziale di 47 km/h e, a causa di un incidente, si ferma contro un muro. In quel tipo di automobile, la distanza tra i sedili posteriori e il parabrezza anteriore è 1,4 m.

Una persona che occupa il sedile posteriore dell'auto si muove, rispetto al terreno, alla stessa velocità iniziale dell'auto.

**Domanda 1:**

Per il primo principio della dinamica, qual è il moto di quella persona durante la collisione tra l'auto e il muro?

Un bambino che occupa il sedile posteriore può essere abbastanza piccolo da «volare» sopra i poggiatesta anteriori o da passare nello spazio tra i due sedili anteriori.

#### Domanda 2:

Quanto dura il moto del bambino prima di arrestarsi contro il parabrezza anteriore dell'auto?

La massa del bambino è 12 kg e, nell'urto con il parabrezza, la sua velocità si riduce a zero in 0,15 s.

#### Domanda 3:

Quanto vale il valore assoluto dell'accelerazione del bambino per effetto del parabrezza? Per il secondo principio della dinamica, qual è il valore della forza che agisce su di esso nell'urto?

Nel paese di Zedlandia molti adulti viaggiano in auto con i bambini che siedono sulle loro ginocchia.

#### Domanda 4:

Sulla base delle risposte alle domande 2 e 3, è verosimile che l'adulto: a) abbia la prontezza di riflessi sufficiente a proteggere il bambino durante un incidente? b) Sia in grado di esercitare una forza sufficiente ad evitare l'urto tra il bambino e il parabrezza?

[rettilineo uniforme con la stessa velocità iniziale dell'auto; 0,11 s; 87 m/s<sup>2</sup>, 1,0 × 10<sup>3</sup> N; no, no]

### GIOCHI DI ANACLETO

**3** Un grosso camion urta frontalmente una piccola auto. Durante la collisione:

- il camion esercita sull'auto una forza di intensità maggiore di quella che l'auto esercita sul camion.
- l'auto esercita sul camion una forza di intensità maggiore di quella che il camion esercita sull'auto.
- il camion esercita una forza sull'auto ma l'auto non esercita una forza sul camion.
- il camion esercita sull'auto una forza di intensità uguale a quella che l'auto esercita sul camion.

(Tratto dai Giochi di Anacleto, anno 2010)

**4** Un ragazzo sta su una bilancia pesa persone con in mano un bastone che tiene sollevato in modo da non toccare nulla con esso. La bilancia indica 65 kg.

Poi, restando sempre sulla bilancia, preme sul soffitto con il bastone e la bilancia indica 80 kg. Se successivamente preme sul piatto della bilancia con la stessa intensità con cui prima ha premuto sul soffitto la bilancia indicherà

- 15 kg
- 50 kg
- 65 kg
- 80 kg

(Tratto dai Giochi di Anacleto, anno 2008)

**5** Un rimorchio di 1200 kg viene accelerato da fermo alla velocità di 15 m·s<sup>-1</sup> in 5 secondi. La forza di attrito media sul rimorchio è 800 N.



► Quanto vale la forza media applicata al rimorchio attraverso il gancio?

- 800 N
- 2800 N
- 3600 N
- 4400 N

(Tratto dai Giochi di Anacleto, anno 2007)

**6** Quando un ascensore è in funzione, le due forze principali sono la trazione ↑ del cavo, dovuta principalmente all'azione del motore, e il peso ↓ della cabina e della gente, dovuto alla gravità.

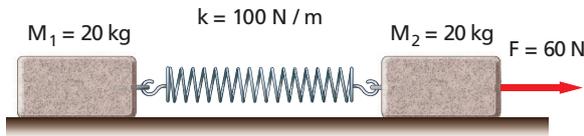
► Scegli tra le seguenti affermazioni quella che si applica correttamente ad un ascensore che sta muovendosi verso l'alto e sta rallentando prima di raggiungere il piano più alto di un edificio.

- La trazione ↑ è minore del peso ↓.
- La trazione ↑ è maggiore del peso ↓.
- La trazione ↑ è uguale al peso ↓.
- La trazione ↑ è maggiore, minore o uguale al peso ↓ a seconda del numero di persone presenti nella cabina.

(Tratto dai Giochi di Anacleto, anno 2006)

**7** Due blocchi identici di massa  $M_1 = M_2 = 20$  kg sono collegati tra loro tramite una molla di massa trascurabile e costante  $k = 100$  N/m. I blocchi stanno scorrendo da sinistra a destra su una superficie priva di

attrito sotto l'azione di una forza  $F = 60 \text{ N}$  applicata al blocco di destra, come schematizzato nella figura seguente.



- Di quanto si è allungata la molla rispetto alla sua lunghezza a riposo?
- 0,3 m
  - 0,6 m
  - 0,2 m
  - 0,5 m

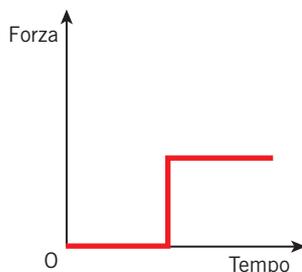
(Tratto dai *Giochi di Anacleto*, anno 2006)

**8** Un astronauta tenta il recupero di un satellite danneggiato: per farlo, esce dalla propria nave e dà una spinta al satellite.

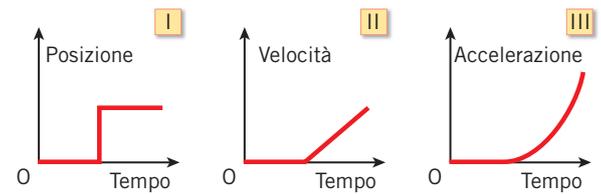
- Quale delle seguenti affermazioni su ciò che avviene quando l'astronauta non spinge più il satellite è corretta?
- Il satellite si avvicina alla nave sempre più velocemente.
  - L'astronauta si muove verso la nave insieme al satellite.
  - L'astronauta rimane fermo rispetto alla nave.
  - Il satellite si ferma.
  - L'astronauta si allontana dalla nave.

(Tratto dai *Giochi di Anacleto*, anno 1995)

**9** Un guidatore, appena il semaforo diventa verde, preme sull'accelerazione: nel grafico si vede schematizzato l'andamento della forza impressa all'automobile.



- Osserva i seguenti grafici della posizione, velocità e accelerazione della macchina nel tempo.



► Quali grafici sono corretti?

- Tutti e tre.
- Solamente il I e il III.
- Solamente il II e il III.
- Solamente il I.
- Solamente il II.

(Tratto dai *Giochi di Anacleto*, anno 1995)