

# 4

## LE FORZE



Shebeko/Shutterstock

### STRUMENTI TARATI

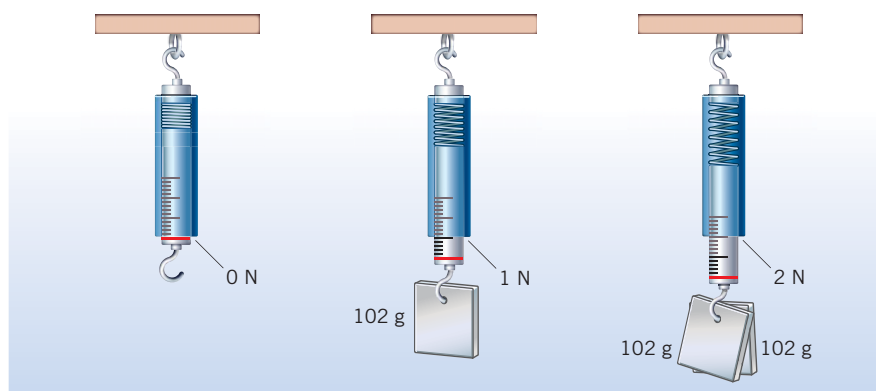
Anche l'orologio, il termometro e il tachimetro sono strumenti tarati.

## 2. LA MISURA DELLE FORZE

### La taratura del dinamometro

*Tarare* il dinamometro significa costruire una scala graduata, sulla quale leggere i valori delle forze.

- Segniamo 0 N nella posizione in cui si trova l'estremità della molla scarica.
- Dopo aver appeso alla molla una massa di 102 g, segniamo 1 N nella nuova posizione.
- Appendiamo due masse da 102 g e segniamo 2 N, poi proseguiamo sempre allo stesso modo.



Abbiamo così ottenuto una scala graduata che ci permette di misurare le forze.

## 9. LEGGI SPERIMENTALI E MODELLI

La legge di Hooke è un esempio di legge sperimentale.

Una **legge sperimentale** stabilisce una relazione tra grandezze basata su esperimenti.

Nel caso della legge di Hooke le grandezze sono la *forza* elastica e lo *spostamento* di una molla, e la relazione è espressa dalla formula

$$F = kx.$$

La legge di Hooke:

- è una legge, perché descrive una regolarità di un fenomeno naturale: le molle reagiscono in modo prevedibile quando sono accorciate o allungate;
- è sperimentale, perché è verificata da numerosi esperimenti.

## I modelli

Ci sono tanti tipi di molle con caratteristiche diverse: lunghezza, spessore, materiale di cui sono fatte. Alcune sono colorate, altre sono più lisce al tatto, ciascuna fa un particolare rumore quando è lasciata cadere per terra. Di tutte le proprietà delle molle la legge di Hooke ne descrive una sola: come varia la forza elastica al variare della lunghezza.

Scrivendo la legge di Hooke si trascurano molte delle caratteristiche di una molla sostituendola con un suo modello, cioè una sua descrizione schematica.



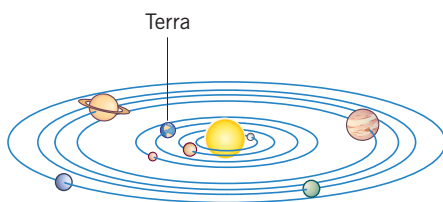
Mircea Maties/Shutterstock

Un **modello** è una descrizione semplificata di un ambito di fenomeni, che si basa su leggi sperimentali.

Il modello eliocentrico, proposto da Copernico nel 1543, descrive come si muovono i corpi del Sistema Solare: i pianeti ruotano su orbite diverse intorno al Sole. Questo modello fu perfezionato dalle leggi sperimentali di Keplero, una delle quali afferma che le orbite sono ellissi.

Un modello mette in luce alcune caratteristiche, ma ne trascura altre.

**A** Così il modello eliocentrico descrive come si muovono i pianeti intorno al Sole.



**B** Tuttavia, non si occupa di altre caratteristiche importanti; per esempio, come nasce la luce del Sole.



Four Seasons, Brand X, Culver City, 2001

Un altro modello, quello della fusione nucleare, descrive come è prodotta la luce all'interno del Sole, mediante la fusione di nuclei di idrogeno. Quindi, per descrivere un ambito di fenomeni (per esempio il Sistema Solare) occorrono più modelli, che forniscono descrizioni semplificate da punti di vista diversi.

- Un modello consente di fare delle *previsioni*. Così la meccanica di Newton, il modello che descrive come si muovono gli oggetti, permette di prevedere con estrema precisione quando avvengono le eclissi di Sole.
- Un buon modello consente anche di *progettare* dei dispositivi tecnologici. Nel 1969 siamo stati in grado di mandare un'astronave sulla Luna anche perché la

meccanica di Newton descrive in modo accurato il moto dell'astronave, della Terra e della Luna.

### Le regole del gioco della scienza

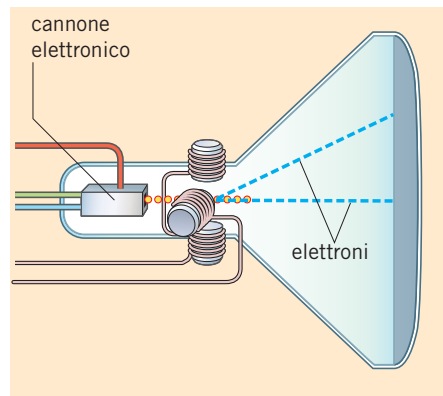
Scopo della fisica è costruire modelli di fenomeni naturali. Perché un modello sia considerato valido dagli scienziati, è indispensabile che sia in accordo con gli esperimenti.

Se un ricercatore fa un esperimento che dà un risultato diverso da quello previsto, allora il modello non è più valido nell'ambito dei fenomeni che intendeva descrivere. Gli scienziati hanno allora il compito di inventare un modello nuovo, che sia in accordo con il nuovo esperimento e con tutti gli altri fatti in precedenza. Tuttavia il vecchio modello non va scartato, perché continua a essere valido in un ambito di fenomeni più ristretto.

I modelli scientifici non sono validi per sempre; sono validi fino a prova contraria.

Fino a un secolo fa si pensava che la meccanica di Newton descrivesse bene tutti i moti. Nel 1905 Einstein scoprì che le sue previsioni erano sbagliate quando i corpi si muovono a velocità vicine a quelle della luce.

**A** La teoria della relatività è il modello che gli scienziati oggi considerano valido per descrivere tutti i moti, anche quello degli elettroni che formano l'immagine sul televisore.



**B** La meccanica di Newton resta valida nell'ambito delle velocità più piccole di quelle della luce. È il modello che si continua a usare con successo per progettare i viaggi planetari.



Le verità della scienza non sono assolute, ma provvisorie e migliorabili. I modelli scientifici devono:

- basarsi su dati sperimentali, cioè su fatti;
- essere esposti alla falsificazione, cioè contenere affermazioni che possano essere contraddette da nuovi esperimenti.

Sono queste le regole del gioco della scienza, che ne garantiscono la trasparenza, la solidità e la capacità di fare nuove scoperte.

# ESERCIZI

## 1. LE FORZE CAMBIANO LA VELOCITÀ

### DOMANDE SUI CONCETTI

- 1** La forza di un ciclista che pedala in salita è una forza a distanza o di contatto? E la forza che esercita la Terra sul ciclista?
- 2** Se dai una spinta a un'automobilina sul pavimento, essa corre per un po', ma poi rallenta fino a fermarsi perché, una volta esaurita la spinta iniziale, nessuna forza agisce su di essa.
  - ▶ È corretto?
- 3** Un lampadario si stacca improvvisamente dal soffitto.
  - ▶ Quali sono le forze applicate prima e durante la caduta?
  - ▶ Sono forze di contatto o a distanza?
- 4** Fai tre esempi per ognuna delle situazioni seguenti:
  - ▶ una forza fa muovere un oggetto che prima era fermo;
  - ▶ una forza fa fermare un oggetto che prima si muoveva;
  - ▶ una forza fa cambiare direzione a un oggetto in movimento.

## 2. LA MISURA DELLE FORZE

### DOMANDE SUI CONCETTI

- 6** Per spostare un tavolo da biliardo, Luca e Giovanni applicano ciascuno una forza sullo stesso lato del tavolo, di uguale intensità e nella stessa direzione.
  - ▶ È sufficiente questa descrizione per capire come si muoverà il tavolo?
- 7** È corretto affermare che il dinamometro è uno strumento per misurare l'allungamento di una molla?
- 8** Che forza applichi al tuo zaino quando lo porti in spalla?

### ESERCIZI NUMERICI

- 9** Vogliamo migliorare la taratura di un dinamometro \*\*\* inserendo le tacche con i decimi di newton.

- ▶ Che massa deve avere un oggetto su cui si esercita una forza-peso di intensità di 0,1 N?

[1 × 10 g]

## 3. LA SOMMA DELLE FORZE

### DOMANDE SUI CONCETTI

- 13** La forza risultante di due forze  $\vec{F}_1$  e  $\vec{F}_2$  ha sempre un'intensità pari alla somma delle intensità delle due forze, purché le due forze abbiano la stessa direzione.
  - ▶ È corretto? Perché?
- 14** Maria e Paola devono spostare un baule. Maria riesce a spingere o tirare con una forza di 40 N parallela al pavimento, Paola con una forza di 45 N parallela al pavimento.
  - ▶ È più conveniente che entrambe spingano, entrambe tirino o che una spinga e l'altra tiri?

### ESERCIZI NUMERICI

- 23** Due rimorchiatori trainano una chiatta con forze di \*\*\* intensità 300 N e 400 N perpendicolari fra loro e applicate allo stesso punto.
  - ▶ Qual è il valore della forza risultante?

[500 N]

- 24** Due amici spingono un'automobile in panne con \*\*\* due forze parallele e con lo stesso verso, di intensità rispettivamente 250 N e 200 N.

- ▶ Quanto vale la forza risultante esercitata?
- ▶ Quanto varrebbe la forza risultante se le direzioni delle forze formassero un angolo di 90°?

[450 N; 320 N]

## 4. I VETTORI

### DOMANDE SUI CONCETTI

- 25** «Su un corpo di massa  $m = 102$  g la Terra esercita una forza che ha intensità  $\vec{F} = 1,00$  N.»
  - ▶ Perché questa frase non è corretta?
- 26** Forza e spostamento sono due grandezze vettoriali.
  - ▶ Si possono sommare con il metodo punta-coda?

**27** Qual è la differenza tra distanza percorsa e vettore spostamento?  
Dovendosi spostare da un punto  $A$  a un punto  $B$ , qual è il percorso più breve?

**28** Fra le seguenti grandezze, dividi quelle vettoriali da quelle scalari: forza, massa, spostamento, velocità, temperatura, densità, lunghezza, volume, peso, intervallo di tempo, carica elettrica.

**ESERCIZI NUMERICI**

**32** **SPORT** Lo spostamento del windsurf  
★★★ Per spostarsi controvento il windsurf si muove a zig-zag, in modo da formare sempre un angolo di  $45^\circ$  con la direzione del vento. Percorre un primo tratto di 100 m verso destra, poi un secondo di 200 m verso sinistra, infine uno di 100 m di nuovo verso destra.  
▶ Qual è stato lo spostamento complessivo?  
[283 m]

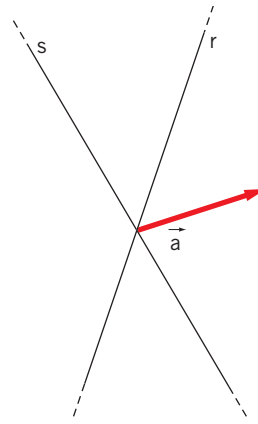


**33** Un cane legato con una catena lunga 6,0 m corre lungo il percorso circolare con raggio maggiore possibile, compiendo una mezza circonferenza.  
★★★  
▶ Calcola la lunghezza percorsa e il modulo del vettore spostamento.  
▶ Calcola il modulo del vettore spostamento nel caso compia due giri completi.  
[19 m, 12 m; 0 m]

**5. LE OPERAZIONI CON I VETTORI**

**ESERCIZI NUMERICI**

**42** Scomponi il vettore  $\vec{a}$  della figura seguente lungo le due rette  $r$  e  $s$ .



**43** Su un foglio a quadretti disegna il vettore  $\vec{v}$ , orizzontale, di lunghezza 4 quadretti.  
★★★

▶ Trova i vettori:  $2\vec{v}$ ,  $-\vec{v}/2$ ,  $-3\vec{v}$ .

**44** Su un foglio a quadretti disegna i vettori  $\vec{a}$  e  $\vec{b}$  che sono lunghi 6 e 8 quadretti e sono perpendicolari fra loro.  
★★★

▶ Trova i vettori  $\vec{a} - \vec{b}$  e  $\vec{b} - \vec{a}$ .

▶ Che cosa puoi dire di questi vettori?

**45** La forza  $\vec{F}_1$  agisce nella direzione Nord-Sud, rivolta verso Sud, e ha un modulo 30 N. Una seconda forza  $\vec{F}_2$  è descritta dalla formula  $\vec{F}_2 = -2,5\vec{F}_1$ .  
★★★

▶ Quali sono la direzione e il verso di  $\vec{F}_2$ ?

▶ Quanto vale il modulo di  $\vec{F}_2$ ?

[75 N]

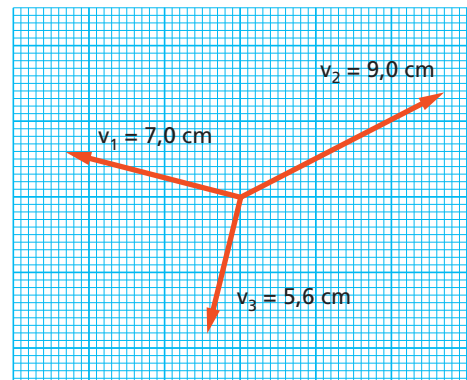
**46** Disegna due vettori  $\vec{u}$  e  $\vec{v}$  che formano tra loro un angolo di  $120^\circ$ .  
★★★

▶ Disegna i vettori  $\vec{w}_1 = \vec{u} - \vec{v}$  e  $\vec{w}_2 = \vec{u} + \vec{v}$ .

▶ Qual è il modulo di  $\vec{w}_2 - \vec{w}_1$ ?

[2v]

**47** Ricalca con un foglio trasparente i tre vettori della figura seguente. Prova a sommare i vettori in quest'ordine con il metodo del parallelogramma:  
★★★



- ▶  $(\vec{v}_1 + \vec{v}_2) + \vec{v}_3$ , cioè somma prima  $\vec{v}_1$  con  $\vec{v}_2$  e poi il risultato con  $\vec{v}_3$ ;
- ▶  $\vec{v}_1 + (\vec{v}_2 + \vec{v}_3)$ .
- ▶ I due vettori somma ottenuti sono uguali?

▶ Quale peso segnerebbe? Perché?

**56** Un astronauta si trova nello spazio a metà strada fra due stelle di uguale massa. Immagina che tutti gli altri oggetti celesti siano a distanza infinita.

▶ Quanto vale il peso (in newton) dell'astronauta?

## 6. LA FORZA-PESO E LA MASSA

### DOMANDE SUI CONCETTI

**54** Quanto vale il tuo peso (in newton) sulla Terra? E su Marte ( $g = 3,74 \text{ N/kg}$ )?

**55** Immagina di poter andare nello spazio in un punto lontanissimo da qualunque corpo celeste e di portare con te un dinamometro per pesarti.

### ESERCIZI NUMERICI

**59** Sulla Terra, un astronauta ha una massa  $m = 70 \text{ kg}$  e un peso  $P = 687 \text{ N}$ .

▶ Se non dimagrisce e non ingrassa, quale sarà la sua massa una volta in orbita?

▶ Cosa puoi dire del suo peso?

[ $m = 70 \text{ kg}$ ]

### 60 PROBLEMA SVOLTO

★★★

#### Come cambia il peso

Un ragazzo di massa di  $68,0 \text{ kg}$  si trova al mare nei pressi dell'equatore, dove  $g_1 = 9,78 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ , e si pesa su una bilancia. Poi si reca sulla cima di una montagna alta circa  $2000 \text{ m}$ , senza cambiare latitudine, dove  $g_2 = 9,77 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ , e controlla nuovamente il suo peso.

▶ Di quanto è cambiato?

#### DATI E INCOGNITE

	GRANDEZZE	SIMBOLI	VALORI	COMMENTI
DATI	Massa	$m$	$68,0 \text{ kg}$	
	Costante di proporzionalità tra peso e massa al mare	$g_1$	$9,78 \text{ N/kg}$	
	Costante di proporzionalità tra peso e massa in montagna	$g_2$	$9,77 \text{ N/kg}$	
INCOGNITE	Differenza di peso	$\Delta F_p = F_{p2} - F_{p1}$	?	

#### RAGIONAMENTO

- Al mare la forza-peso dipende dalla costante  $g_1$ , in montagna dipende da  $g_2$ .
- Conoscendo la massa, che non cambia, si calcolano le due forze-peso e quindi la loro differenza:  $\Delta F_p = F_{p2} - F_{p1}$ .

#### RISOLUZIONE

Il peso nelle due situazioni si calcola con la formula della forza-peso:

$$F_{p1} = mg_1 = 68,0 \text{ kg} \times 9,78 \text{ N/kg} = 665 \text{ N}$$

$$F_{p2} = mg_2 = 68,0 \text{ kg} \times 9,77 \text{ N/kg} = 664 \text{ N}$$

La differenza è:

$$\Delta F_p = F_{p2} - F_{p1} = 664 \text{ N} - 665 \text{ N} = -1 \text{ N}$$

#### CONTROLLO DEL RISULTATO

$\Delta F_p$  è negativa poiché il peso è diminuito. In effetti, la forza-peso diminuisce quando si sale rispetto al livello del mare.

**61** Sulla Terra, dove  $g = 9,80 \text{ N/kg}$ , un coniglio ha una massa di 3,80 kg. Se potesse viaggiare su Nettuno, il suo peso aumenterebbe di 4,56 N.

- ▶ La costante di proporzionalità  $g_N$  tra peso e massa su Nettuno è maggiore o minore rispetto alla Terra?
- ▶ Quanto vale  $g_N$ ?

[11,0 N/kg]

**62 SPAZIO** I satelliti di Giove

**62** Giove è stato studiato da vicino dalla sonda "Galileo", di massa 2564 kg. Il pianeta è circondato da almeno 67 satelliti naturali, di varie forme e dimensioni, tra i quali sono famosi in particolare Io ed Europa, dove la sonda avrebbe un peso rispettivamente di 4615 N e 3333 N.

- ▶ Quanto vale  $g$  su questi due satelliti?

[1,80 N/kg; 1,30 N/kg]

**63 SPAZIO** Curiosity alla scoperta di Marte

**63** La sonda "Curiosity" è stata inviata su Marte per prelevare dei campioni di roccia. Il suo peso sulla Terra è di 8820 N mentre su Marte è di 3366 N.

- ▶ Qual è la massa della sonda?
- ▶ Quanto vale  $g$  su Marte?

[900 kg; 3,74 N/kg]

## 7. LE FORZE DI ATTRITO

### DOMANDE SUI CONCETTI

**68** Quali forze di attrito (radente, volvente, viscoso) intervengono nelle seguenti situazioni?

- ▶ Sciatore in discesa libera.
- ▶ Automobile che accelera.
- ▶ Stazione spaziale fuori dall'atmosfera.
- ▶ Alpinista in spaccata fra due pareti di roccia.

### ESERCIZI NUMERICI

**80** Gianni ha caricato una slitta con le scorte di legna per l'inverno. Per mettere in movimento la slitta esercita una forza di 64 N. I coefficienti di attrito statico e dinamico tra la slitta e la neve ghiacciata sono rispettivamente 0,10 e 0,050.

- ▶ Qual è la massa della slitta carica?
- ▶ Quale forza è necessaria per mantenerla in moto una volta partita?
- ▶ Per riportare nella rimessa la slitta vuota è suffi-

ciente mantenere una forza di 3,4 N. Quanti kg di legna ha trasportato Gianni?

[65 kg; 32 N; 58 kg]

**81** Vuoi tenere sollevato un libro premendolo con la testa contro un muro. Il coefficiente di attrito statico tra il libro e il muro è di 0,55 e il libro ha una massa di 800 g.

- ▶ Qual è la forza premente in questa situazione?
- ▶ Quale forza deve essere applicata perpendicolarmente al libro affinché stia fermo?

**Suggerimento:** il libro sta fermo se la forza-peso che lo tira verso il basso uguaglia la forza d'attrito che si oppone al moto.

[14 N]

## 8. LA FORZA ELASTICA

### ESERCIZI NUMERICI

**93** Un bambino gioca con il suo nuovo tappeto elastico che ha una costante elastica di 2400 N/m e la cui membrana, in una situazione di equilibrio, si trova a 30 cm da terra. Salendo, il bambino preme con il suo peso e il tappeto si abbassa di 15,0 cm.

- ▶ Quanto pesa il bambino?
- ▶ Il papà del bambino ha una massa di 85 kg. Potrà giocare con il tappeto?

[360 N; no]

**94** Una molla con costante elastica pari a 80,0 N/m ha una lunghezza di 13,6 cm mentre su di essa è applicata una forza di 2,30 N.

- ▶ Quanto è lunga la stessa molla nella sua posizione di riposo (cioè quando nessuna forza la deforma)?

[10,7 cm]

### PROBLEMI GENERALI

**12** Un vecchio orologio a pendolo ha la lancetta delle ore lunga 11,5 cm e la lancetta dei minuti lunga 14,5 cm, se misurate a partire dal centro dell'orologio. Calcola quanto distano tra loro le punte delle due lancette:

- ▶ alle 12 in punto;
- ▶ alle 18 in punto;
- ▶ alle 3 e 3'.

[3,0 cm; 26 cm; 16 cm]

**13** ★★★ Una molla di costante elastica  $2,3 \times 10^2 \text{ N/m}$  è fissata a un muro per un estremo ed è appoggiata sul pavimento. Viene compressa di 14 cm e le viene appoggiato davanti un vaso. Appena la molla viene rilasciata, essa spinge il vaso che rimane però fermo. Il coefficiente d'attrito statico tra il vaso e il pavimento è 0,45.

- ▶ Quanto pesa come minimo il vaso?

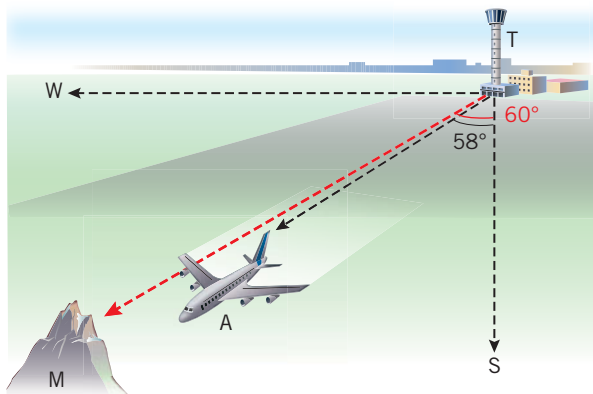
$$[F_p > 72 \text{ N}]$$

**14** ★★★ Mario deve tenere sollevato un grosso scatolone pieno di libri, di massa totale pari a 16 kg. Pensa che gli possa essere d'aiuto appoggiare lo scatolone al muro e spingere con una forza perpendicolare al muro.

- ▶ Ha ragione?
- ▶ Quale coefficiente d'attrito statico deve esserci tra scatolone e muro affinché sia conveniente usare questo stratagemma?

$$[\mu_s > 1]$$

**15** ★★★ Un piccolo velivolo si sta muovendo in una fitta nebbia. Dalla torre di controllo lo vedono a una distanza di 60 km a un angolo di  $58^\circ$  verso Ovest rispetto alla direzione Sud. Si accorgono che si sta dirigendo a Ovest verso una parete rocciosa, nascosta dalla nebbia, che si innalza per altri 380 m. Potrebbe schiantarsi a un angolo di  $65^\circ$  verso Ovest rispetto alla torre di controllo. Avvisano il pilota di aumentare la sua quota innalzandosi di un angolo pari a  $2,0^\circ$ .



- ▶ A quale distanza dalla torre di controllo rischia di schiantarsi il velivolo?
- ▶ Riesce il velivolo a oltrepassare la parete rocciosa?

$$[76 \text{ km; sì}]$$

**16 LA FISICA DEL CITTADINO** Arriva l'imbianchino

★★★ Bisogna liberare alcune pareti che devono essere ridipinte. Un metodo per spostare gli armadi consiste nel prendere dei vecchi panni di lana e inserirli sotto i piedi del mobile.



Massimiliano Trevisan

**Domanda 1:**

Anche dopo avere tolto dall'armadio gli oggetti più pesanti, spingere il mobile in modo da spostarlo dalla parete è quasi impossibile.

- ▶ Perché l'inserimento del panno di lana semplifica il compito di spostare l'armadio?

**Domanda 2:**

Con un po' di fatica riusciamo a mettere in moto l'armadio. Poi, spingerlo fino all'altra parte della stanza è decisamente più facile.

- ▶ Come si spiega questa esperienza dal punto di vista fisico?

**Domanda 3:**

La serratura di casa è rotta e non si riesce a chiudere la porta a chiave. Per passare la notte in maggiore sicurezza spingi l'armadio contro la porta (che si apre verso l'interno).

- ▶ Pensi sia più sicuro lasciare i panni di lana o toglierli?

**GIOCHI DI ANACLETO**

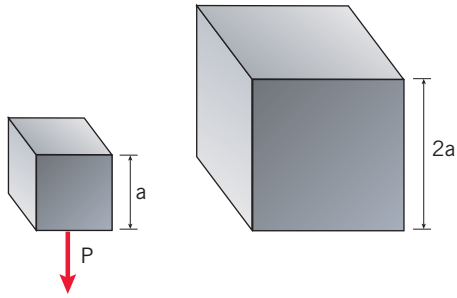
**9** Sulla superficie della Luna il campo gravitazionale vale  $1,6 \text{ N/kg}$ . Quale coppia di valori può andar bene per un oggetto che si trova sulla superficie della Luna?

	MASSA (kg)	PESO (N)
A	10	1,6
B	10	16
C	16	10
D	16	160

(Tratto dai *Giocchi di Anacleto*, anno 2002)



- 10** In figura sono rappresentati due cubi: il più piccolo ha peso  $P$  e spigolo  $a$  che è la metà di quello del cubo più grande.



- Se i cubi sono fatti del medesimo materiale, il peso del cubo più grande è:
- a.  $2 P$ .
  - b.  $4 P$ .
  - c.  $8 P$ .
  - d.  $16 P$ .

(Tratto dai *Giochi di Anacleto*, anno 2002)