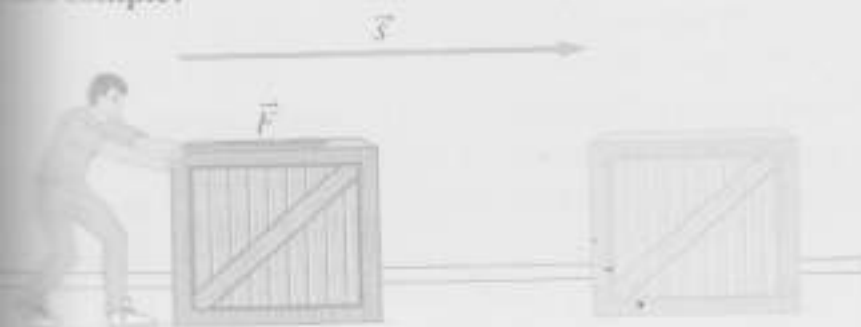


# solvi i PROBLEMI

## Lavoro di una forza costante

### PROBLEMA SVOLTO

Un uomo spinge una pesante cassa su un pavimento per 3,0 m, esercitando una forza orizzontale costante di intensità 70 N. Quale lavoro compie?



### SOLUZIONE

Un uomo spinge con una forza costante  $F$  e lo spostamento della cassa è nella stessa direzione e verso del moto. In questo caso, quindi, tutta la forza compie lavoro ed è:

$$L = Fs = (70 \text{ N})(3,0 \text{ m}) = 0,21 \text{ kJ}$$

### Lavoro in fattoria

Una contadina spinge una balla di fieno di 26,0 kg per 3,90 m sul pavimento del ficile. Se esercita una forza orizzontale di 87,0 N sul fieno, quanto lavoro compie?

[340 J]

### Il cane nel cestino

Alcuni bambini, da una casa sull'albero, sollevano di 4,70 m un piccolo cane dentro un cestino. Se per farlo compiono un lavoro di 201 J, qual è la massa totale del cane e del cestino?

[4,36 kg]

### Il lavoro sulla zucca

Un ragazzo si reca in un'azienda agricola per scegliere la sua zucca di Halloween. Nel campo sceglie una zucca di 3,2 kg, la solleva fino a un'altezza di 1,2 m, poi la trasporta per 50,0 m (in orizzontale) fino alla cassa.

- Calcola il lavoro che il ragazzo compie sulla zucca per sollevarla dal suolo.
- Calcola il lavoro che il ragazzo compie sulla zucca per trasportarla fuori dal campo, fino alla cassa.

[a) 38 J; b)  $L = 0$ , perché la forza è...]



### 5. Sposta la valigia!

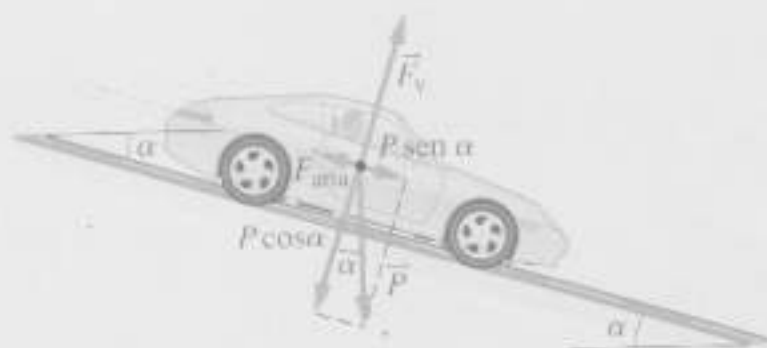
- Il coefficiente di attrito dinamico fra una valigia e il pavimento è 0,272. Se la valigia ha una massa di 71,5 kg, di quanto si sposta se viene spinta sul pavimento con un lavoro di 642 J? [3,37 m]

### 6. PROBLEMA SVOLTO

Un'automobile di massa  $m = 1550 \text{ kg}$  scende in folle lungo una strada inclinata di un angolo  $\alpha = 5^\circ$  rispetto all'orizzontale. Sull'auto agiscono tre forze: la reazione vincolare  $\vec{F}_v$ , esercitata dalla strada, la forza  $\vec{F}_{\text{aria}}$  dovuta alla resistenza dell'aria e la forza di gravità  $\vec{P}$ . Calcola il lavoro totale compiuto sull'automobile, se questa percorre un tratto di strada di lunghezza  $d = 20,4 \text{ m}$  e la resistenza dell'aria è  $F_{\text{aria}} = 15,0 \text{ N}$ .

### SOLUZIONE

Osserva la situazione schematizzata nella figura:



La componente della forza  $\vec{P}$  perpendicolare al piano,  $P \cos \alpha$ , è uguale e opposta a  $\vec{F}_v$ .

Le uniche forze che compiono lavoro sono quelle nella direzione parallela al piano, cioè  $P \sin \alpha = mg \sin \alpha$  e  $F_{\text{aria}}$ . Calcola la forza totale:

$$\begin{aligned} F_{\text{tot}} &= mg \sin \alpha - F_{\text{aria}} = \\ &= (1550 \text{ kg})(9,81 \text{ m/s}^2) \sin 5^\circ - 15,0 \text{ N} = \\ &= 1,31 \cdot 10^3 \text{ N} \end{aligned}$$

Calcola il lavoro compiuto da  $\vec{F}_{\text{tot}}$ , cioè il lavoro totale compiuto sull'automobile che si sposta di  $d = 20,4 \text{ m}$ :

$$L_{\text{tot}} = F_{\text{tot}} d = (1,31 \cdot 10^3 \text{ N})(20,4 \text{ m}) = 2,67 \cdot 10^4 \text{ J}$$

### 7. Discesa in folle

- Il lavoro totale compiuto su un'automobile di 1620 kg che viaggia in folle per 25,0 m lungo un pendio inclinato di  $6^\circ$  è  $L_{\text{tot}} = 3,75 \cdot 10^4 \text{ J}$ . Determina l'intensità della forza dovuta alla resistenza dell'aria. [161 N]

### 8. Forza parallela al piano

- Un oggetto di 1,0 kg viene trascinato in salita lungo un piano, inclinato di  $30^\circ$  rispetto all'orizzontale, da una forza costante di 10 N parallela al piano e si sposta di 0,50 m. Trascurando l'attrito e approssimando  $g$  a  $10,0 \text{ m/s}^2$ , qual è il lavoro compiuto dalla risultante delle forze che agiscono sull'oggetto? [2,5 J]

9. Forza orizzontale

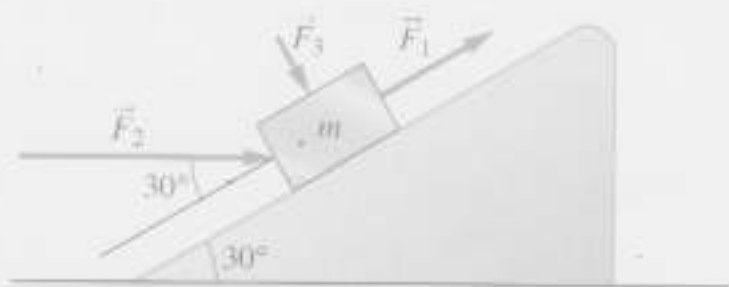
Una forza orizzontale di 40,0 N spinge una cassa di massa 5,00 kg in salita lungo un piano inclinato per un tratto di 1,60 m. Se il piano forma un angolo di  $30^\circ$  con l'orizzontale, trascurando gli attriti e approssimando  $g$  a  $10,0 \text{ m/s}^2$ , qual è il lavoro compiuto dalla forza? [55,4 J]

10. IN ENGLISH

Biological muscle cells can be thought of as nanomotors that use the chemical energy of ATP to produce mechanical work. Measurements show that the active proteins within a muscle cell (such as myosin and actin) can produce a force of about 7,5 pN and displacements of 8,0 nm. How much work is done by such proteins? [ $6,0 \cdot 10^{-20} \text{ J}$ ]

11. Forze su un blocco

Le forze  $F_1 = 20,0 \text{ N}$ ,  $F_2 = 40,0 \text{ N}$  ed  $F_3 = 10,0 \text{ N}$  agiscono su un blocco di massa  $m = 2,00 \text{ kg}$  che si può muovere lungo un piano inclinato liscio, come mostrato in figura. Se il blocco percorre 0,600 m, qual è il lavoro compiuto dalle tre forze? [26,9 J]



12. Sci d'acqua

Un cavo da traino, parallelo all'acqua, traina uno sciatore d'acqua, direttamente dietro la barca, con velocità costante per una distanza di 65 m prima che lo sciatore cada. La tensione nel cavo è 120 N.

- Il lavoro compiuto sullo sciatore dal cavo è positivo, negativo o nullo? Giustifica la risposta.
- Calcola il lavoro compiuto dal cavo sullo sciatore.

[b) 7,8 kJ]



13. Lavoro per spostare una cassa

Una cassa di 51 kg viene tirata con una velocità costante su un pavimento ruvido per mezzo di una corda che è inclinata di  $43,5^\circ$  rispetto all'orizzontale. Se la tensione nella corda è 115 N, quanto lavoro viene eseguito sulla cassa per spostarla di 8,0 m? [0,67 kJ]

## L'energia cinetica

14. Rientro nell'atmosfera terrestre

Quando la stazione spaziale americana Skylab rientrò nell'atmosfera terrestre, l'11 luglio 1979, si spezzò in una miriade di pezzi. Uno dei frammenti più grandi, una calotta foderata di piombo di 1770 kg, atterrò con una velocità stimata di 120 m/s. Qual era l'energia cinetica della calotta nel momento in cui toccò terra? [12,7 MJ]

15. Energia cinetica del proiettile

Un proiettile di 9,50 g ha una velocità di 1,30 km/s.

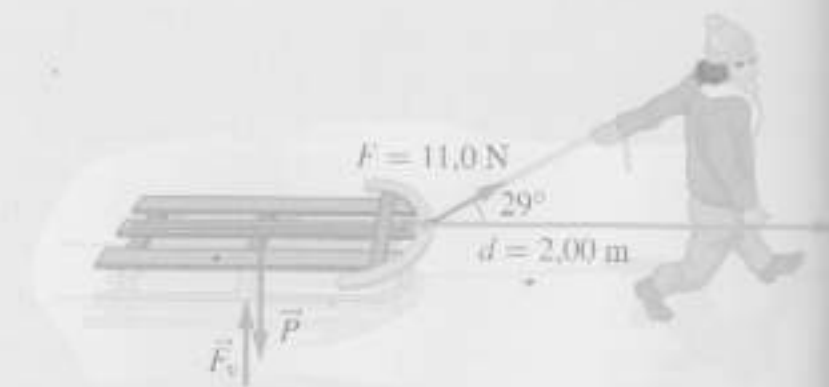
- Qual è la sua energia cinetica espressa in joule?
- Qual è l'energia cinetica del proiettile se la sua velocità è dimezzata?
- Qual è l'energia cinetica del proiettile se la sua velocità è raddoppiata?

[a)  $E_c = 8,03 \text{ kJ}$ ; b)  $E_c/4 = 2,01 \text{ kJ}$ ; c)  $4E_c = 32,1 \text{ kJ}$ ]

## 16. PROBLEMA SVOLTO

Un ragazzo esercita una forza di 11,0 N, inclinata di un angolo di  $29^\circ$  sopra l'orizzontale, su una slitta di 6,40 kg. Calcola:

- il lavoro compiuto dal ragazzo per spostare la slitta di 2,00 m;
- la velocità finale della slitta dopo 2,00 m, sapendo che il modulo della sua velocità iniziale è 0,500 m/s e che essa scivola orizzontalmente senza attrito.



### SOLUZIONE

a) La forza esercitata dal ragazzo ha una componente orizzontale che compie un lavoro positivo sulla slitta. Calcola questo lavoro:

$$L_{\text{ragazzo}} = (F \cos \theta) d = (11,0 \text{ N})(\cos 29^\circ)(2,00 \text{ m}) = 19,2 \text{ J}$$

b) Utilizza il teorema dell'energia cinetica per determinare la velocità finale:

$$L_{\text{tot}} = \Delta K = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2$$

Ricava la velocità  $v_f$  dall'equazione precedente:

$$\frac{1}{2} m v_f^2 = L_{\text{tot}} + \frac{1}{2} m v_i^2$$

$$v_f = \sqrt{\frac{2L_{\text{tot}}}{m} + v_i^2}$$

Sostituisci i valori numerici:

$$v_f = \sqrt{\frac{2(19,2 \text{ J})}{6,40 \text{ kg}} + (0,500 \text{ m/s})^2} = 2,50 \text{ m/s}$$

### La forza sulla slitta

Supponi che la slitta del problema precedente parta con una velocità di modulo  $0,500 \text{ m/s}$  e raggiunga una velocità finale di modulo  $2,50 \text{ m/s}$  dopo  $3,00 \text{ m}$ . Quale forza ha esercitato il ragazzo sulla slitta? [7,32 N]

### Corse campestre

Durante una corsa campestre un atleta di  $58 \text{ kg}$  sta correndo a velocità costante lungo il percorso. Se la sua energia cinetica è  $324 \text{ J}$ , quanti chilometri percorre in 2 ore? [24 km]

### Frenata in moto

Un ragazzo in moto, che sta viaggiando a una velocità di  $48 \text{ km/h}$ , frena in vista di un incrocio. Se la massa del ragazzo e della moto è  $135 \text{ kg}$  e la moto si ferma in  $54 \text{ m}$ , calcola:

- il lavoro compiuto dalla forza frenante, utilizzando il teorema dell'energia cinetica;
- l'intensità della forza frenante.

[a)  $50 \text{ kJ}$ ; b)  $0,93 \text{ kN}$ ]

### Partenza dai blocchi

Quanto lavoro è necessario perché un velocista di  $73 \text{ kg}$  acceleri da fermo fino a  $7,7 \text{ m/s}$ ? [2,2 kJ]



### PREDI/SPIEGA

Il lavoro  $L_0$  fa accelerare un'automobile da  $0$  a  $50 \text{ km/h}$ .

- Il lavoro richiesto per accelerare l'automobile da  $50 \text{ km/h}$  a  $150 \text{ km/h}$  è uguale a  $2L_0$ ,  $3L_0$ ,  $8L_0$  o  $9L_0$ ?
- Quale fra le seguenti è la spiegazione migliore per la risposta?
  - Il lavoro per accelerare l'auto dipende dal quadrato della velocità.
  - La velocità finale è 3 volte la velocità prodotta dal lavoro  $L_0$ .
  - L'aumento di velocità da  $50 \text{ km/h}$  a  $150 \text{ km/h}$  è doppio rispetto a quello da  $0$  a  $50 \text{ km/h}$ .

### Percorso accidentato

Un'auto di  $1100 \text{ kg}$  viaggia su una strada orizzontale con una velocità di modulo  $19 \text{ m/s}$ . Quando l'auto incontra un tratto di strada non asfaltato e sabbioso lungo  $32 \text{ m}$ , la sua velocità si riduce a  $12 \text{ m/s}$ .

- Il lavoro totale compiuto sull'auto è positivo, negativo o nullo? Giustifica la risposta.
- Calcola il modulo della forza media risultante sull'auto nel tratto sabbioso.

[a) negativo; b)  $3,7 \text{ kN}$ ]

## Il lavoro di una forza variabile

### 23. Lavoro su una molla

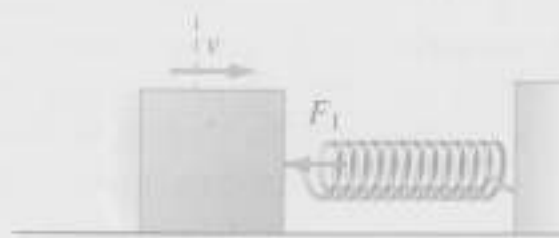
Una molla con costante elastica  $3,5 \cdot 10^4 \text{ N/m}$  è inizialmente nella sua posizione di equilibrio.

- Quanto lavoro si deve compiere per allungare la molla di  $0,050 \text{ m}$ ?
- Quanto lavoro si deve compiere per comprimerla di  $0,050 \text{ m}$ ?

[a)  $44 \text{ J}$ ; b)  $44 \text{ J}$ ]

### 24. PROBLEMA SVOLTO

Supponi che il blocco rappresentato in figura abbia una massa di  $1,5 \text{ kg}$  e si muova con una velocità iniziale di  $2,2 \text{ m/s}$ . Calcola di quanto si comprime la molla, la cui costante elastica è  $k = 475 \text{ N/m}$ , quando il blocco temporaneamente si ferma.



### SOLUZIONE

Calcola l'energia cinetica iniziale e finale del blocco:

$$E_{c,i} = \frac{1}{2} (1,5 \text{ kg}) (2,2 \text{ m/s})^2 = 3,6 \text{ J}$$

$$E_{c,f} = \frac{1}{2} (1,5 \text{ kg}) \cdot 0 = 0$$

Calcola la variazione di energia cinetica del blocco:

$$\Delta E_c = E_{c,f} - E_{c,i} = -3,6 \text{ J}$$

Scrivi l'espressione del lavoro compiuto dalla molla (ricorda che è negativo):

$$L = -\frac{1}{2} kx^2$$

Applica il teorema dell'energia cinetica:

$$-\frac{1}{2} kx^2 = \Delta E_c = -3,6 \text{ J}$$

Risolvi l'equazione rispetto alla compressione,  $x$ :

$$-\frac{1}{2} kx^2 = \Delta E_c$$

$$x^2 = \frac{2\Delta E_c}{k} \rightarrow x = \sqrt{\frac{2\Delta E_c}{k}}$$

Sostituisci i valori numerici:

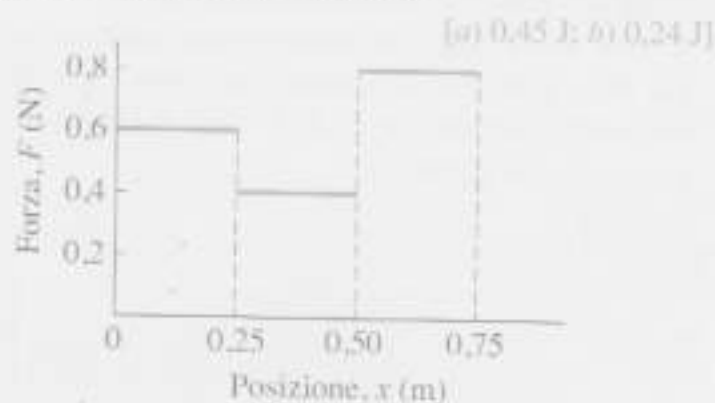
$$x = \sqrt{\frac{2(-3,6 \text{ J})}{475 \text{ N/m}}} = 0,12 \text{ m}$$

### 25. Blocco e molla 1

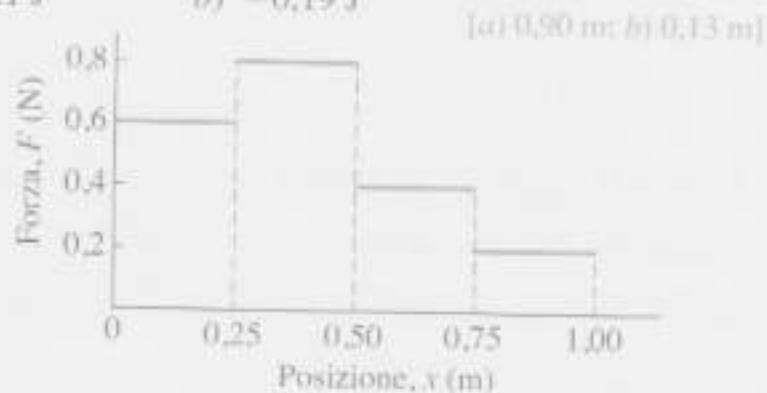
Un blocco di  $1,8 \text{ kg}$ , che scivola su un piano con velocità di modulo  $2,2 \text{ m/s}$ , colpisce una molla e la comprime di  $0,31 \text{ m}$  prima di fermarsi. Qual è la costante elastica della molla? [91 N/m]

26. **Blocco e molla 2**  
 ●● Un blocco di 1,2 kg viene spinto contro una molla di costante elastica  $1,0 \cdot 10^4$  N/m e la comprime di 0,15 m. Con quale velocità si muove il blocco dopo che è stato liberato e la molla lo ha respinto? [14 m/s]

27. **Lavoro di una forza variabile 1**  
 ●● Una forza variabile, il cui andamento rispetto alla posizione è riportato nel grafico in figura, sposta un oggetto dalla posizione  $x = 0$  alla posizione  $x = 0,75$  m.  
 a) Qual è il lavoro compiuto dalla forza?  
 b) Qual è il lavoro che compie la forza se l'oggetto si sposta da  $x = 0,15$  m a  $x = 0,60$  m?



28. **Lavoro di una forza variabile 2**  
 ●● Su un oggetto agisce una forza variabile il cui andamento è riportato nel grafico in figura. Determina la posizione finale dell'oggetto se la sua posizione iniziale è  $x = 0,40$  m e il lavoro compiuto dalla forza su di esso è:  
 a) 0,21 J      b) -0,19 J



29. **Compressione di una molla**  
 ●● Per comprimere una molla di 0,15 m è necessario un lavoro di 180 J.  
 a) Qual è la costante elastica della molla?  
 b) Per comprimere la molla di ulteriori 0,15 m, è necessario un lavoro di 180 J, maggiore di 180 J o minore di 180 J? Verifica la risposta con i calcoli.  
 [a) 16 kN/m; b) maggiore di 180 J, perché  $L$  è proporzionale a  $x^2$ ; 540 J]

## La potenza

30. **Falco a caccia**  
 ●● Un falco pellegrino, di massa 720 g, durante la caccia impiega 4,2 s a raggiungere da fermo una velocità di 108 km/h. Calcola la potenza media sviluppata dal falco durante la fase di accelerazione. [77 W]

31. **La potenza di una mosca**  
 ●● Calcola la potenza sviluppata da una mosca di massa 1,4 g che cammina sul vetro di una finestra alla velocità di 2,3 cm/s. [0,32 mW]

32. **Record di salita delle scale**  
 ●● Il nuovo record di salita delle scale dell'Empire State Building fu stabilito il 3 febbraio 2003. Per coprire gli 86 piani, per un totale di 1576 gradini, il corridore impiegò 17 minuti e 33 secondi. Se l'altezza di ogni scalinata era di 0,20 m e la massa dell'uomo era 70 kg, quale fu la potenza media sviluppata durante la salita? [1,2 kW]



33. **La potenza del trattore**  
 ●● Un trattore sposta, a velocità costante su un terreno orizzontale con coefficiente di attrito 0,24, 10 balle di fieno di 12 kg l'una per 500 m, impiegando 2 minuti e 30 secondi. Calcola la potenza sviluppata dal trattore e l'energia impiegata in Wh. [0,94 kW;  $3,4 \cdot 10^4$  Wh]

34. **Partita di curling**  
 ●● Nel curling i giocatori lanciano, su una superficie ghiacciata molto liscia, delle pietre di granito levigato dotate di una maniglia, dette *stone*, che hanno una massa di 20 kg. Se un giocatore lancia una stone a una velocità  $v = 3,0$  m/s in un tempo di 2,0 s:  
 a) quale forza esercita sulla stone?  
 b) quale potenza applica per dare alla stone la velocità?  
 [a) 30 N; b) 45 W]



35. **Sciogliere un cubetto di ghiaccio**  
 ●● Un cubetto di ghiaccio è posto in un forno a microonde. Supponi che il forno sviluppi 105 W di potenza sul cubetto di ghiaccio e che siano necessari 32 200 J per scioglierlo. Quanto tempo è necessario per sciogliere il cubetto? [307 s = 5 min]

36. **Moto d'acqua**  
 ●● Una moto d'acqua viaggia alla velocità di 38 nodi grazie alla potenza di un motore la cui potenza è 155 hp. Calcola il valore delle forze di attrito che si oppongono al moto. (Ricorda che 1 nodo = 1,85 km/h e 1 hp = 736 W). [2,2 kN]

37. **Acqua dal pozzo**  
 ●● Sollevi un secchio d'acqua dal fondo di un pozzo profondo 10 m, utilizzando una fune. Se la potenza che sviluppi è di 108 W e la massa del secchio pieno d'acqua è 5,00 kg, a quale velocità puoi alzare il secchio? (Trascura il peso della fune.) [2,2 m/s]

### Barca che affonda

Per impedire a una barca che fa acqua di affondare è necessario pompare 5,50 kg d'acqua ogni secondo da sotto coperta fino a un'altezza di 2,00 m per farla uscire dalla barca. Qual è la minima potenza della pompa che può essere usata per salvare la barca? [108 W]

### Orologio a pendolo

Un orologio a pendolo è azionato dalla discesa di un peso di 4,35 kg.

a) Se il peso scende per una distanza di 0,760 m in 3,25 giorni, quanta potenza fornisce all'orologio?

b) Per aumentare la potenza fornita all'orologio, il tempo che la massa impiega per scendere deve essere aumentato o ridotto? Giustifica la risposta.

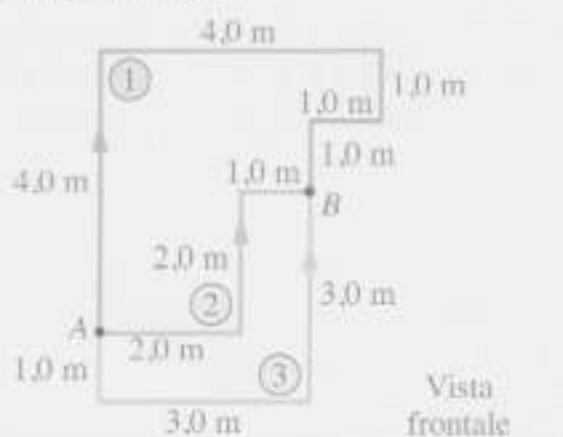
[a) 0,115 mW; b) deve essere ridotto]



## Le forze conservative ed energia potenziale

### Lavoro della gravità su percorsi diversi 1

Calcola il lavoro compiuto dalla gravità quando un oggetto di massa 3,2 kg viene spostato dal punto A al punto B lungo ciascuno dei percorsi 1, 2 e 3 disegnati in figura. Che conclusioni puoi trarre?



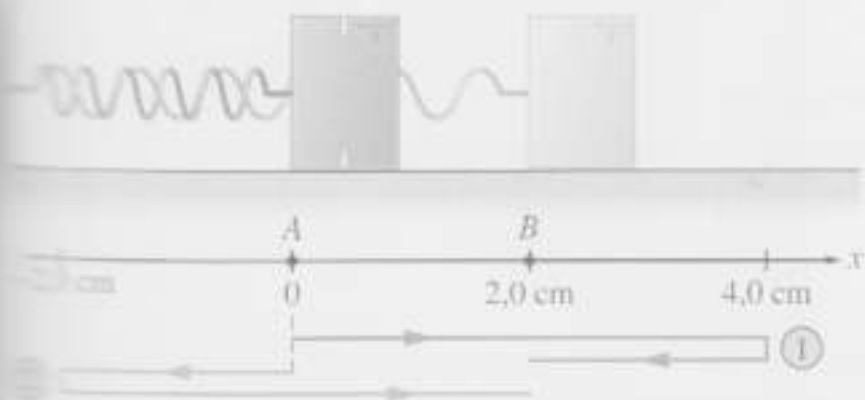
[ $L_1 = -63 \text{ J}$ ;  $L_2 = -63 \text{ J}$ ;  $L_3 = -63 \text{ J}$ ]

### Lavoro di una molla su percorsi diversi

Una cassa di 4,1 kg è attaccata a una molla di costante elastica  $k = 550 \text{ N/m}$ , come mostrato in figura.

a) Calcola il lavoro compiuto dalla molla sulla cassa quando questa si sposta dal punto A al punto B lungo ciascuno dei percorsi 1 e 2.

b) In che modo i risultati dipendono dalla massa della cassa? In particolare, se aumenta la massa, il lavoro compiuto dalla molla aumenta, diminuisce o rimane lo stesso?



[a)  $L_1 = -0,11 \text{ J}$ ;  $L_2 = -0,11 \text{ J}$ ; b) rimane lo stesso]

### 42. Lavoro della gravità su percorsi diversi 2

a) Calcola il lavoro compiuto dalla gravità quando un oggetto di 5,2 kg viene spostato dal punto A al punto B lungo ciascuno dei percorsi 1 e 2 disegnati in figura.

b) In che modo i risultati dipendono dalla massa dell'oggetto? In particolare, se aumenta la massa, il lavoro compiuto dalla gravità aumenta, diminuisce o rimane lo stesso?



[a)  $L_1 = 51 \text{ J}$ ;  $L_2 = 51 \text{ J}$ ; b) aumenta]

### 43. Energia sull'Everest

Calcola l'energia potenziale gravitazionale di una persona di 88 kg che sta in piedi sulla cima del Monte Everest, a un'altitudine di 8848 m. Considera il livello del mare come punto in cui  $y = 0$ . [7,6 MJ]

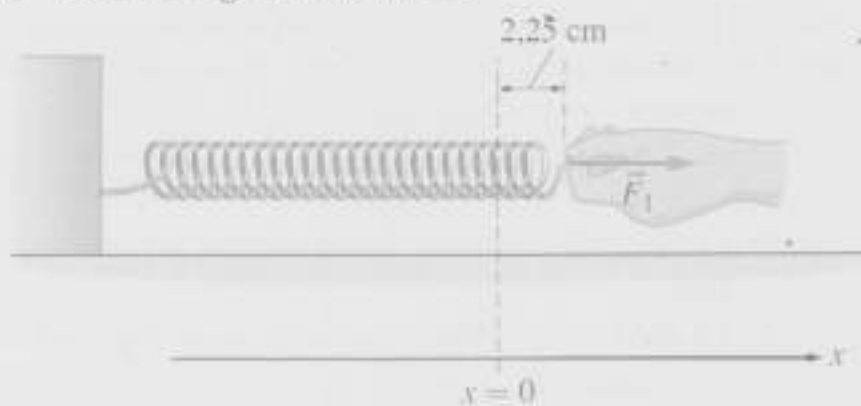
### 44. Tuffo da una scogliera

Quando un tuffatore si butta in acqua da una scogliera alta 46,0 m la sua energia potenziale gravitazionale diminuisce di 25 000 J. Quanto pesa il tuffatore? [540 N]

## 45. PROBLEMA SVOLTO

Una forza di 120,0 N viene applicata a una molla e ne causa l'allungamento di 2,25 cm. Qual è l'energia potenziale della molla quando:

- viene compressa di 3,50 cm?
- viene allungata di 7,00 cm?



### SOLUZIONE

Dalla formula  $F = kx$ , con  $F = 120,0 \text{ N}$  e  $x = 2,25 \text{ cm}$ , ricava la costante elastica  $k$ :

$$k = \frac{F}{x} = \frac{120,0 \text{ N}}{0,0225 \text{ m}} = 5330 \text{ N/m}$$

a) Sostituisci  $k = 5330 \text{ N/m}$  e  $x = -0,0350 \text{ m}$  nell'espressione dell'energia potenziale  $U = \frac{1}{2}kx^2$ :

$$U = \frac{1}{2}(5330 \text{ N/m})(-0,0350 \text{ m})^2 = 3,26 \text{ J}$$

b) Sostituisci  $k = 5330 \text{ N/m}$  e  $x = -0,0700 \text{ m}$  nell'espressione dell'energia potenziale  $U = \frac{1}{2}kx^2$ :

$$U = \frac{1}{2}(5330 \text{ N/m})(-0,0700 \text{ m})^2 = 13,1 \text{ J}$$

46. Molla verticale

- Una molla verticale immagazzina 0,962 J di energia potenziale quando a essa viene appesa una massa di 3,50 kg.
- Di quale fattore varia l'energia potenziale della molla se la massa appesa a essa viene raddoppiata?
  - Verifica la risposta alla domanda precedente calcolando l'energia potenziale della molla quando la massa appesa è di 7,00 kg.

[a] aumenta di un fattore 4; b) 3,85 J

47. Allungamento di una molla

- Il lavoro necessario per portare una molla da un allungamento di 4,00 cm a un allungamento di 5,00 cm è di 30,5 J.
- Il lavoro necessario per aumentare l'allungamento da 5,00 cm a 6,00 cm è maggiore, minore o uguale a 30,5 J?
  - Verifica la risposta alla domanda precedente calcolando il lavoro.

[a] è maggiore; b) 37,3 J

48. IN ENGLISH

- Pushing on the pump of a soap dispenser compresses a small spring. When the spring is compressed 0,50 cm, its potential energy is 0,0025 J.

- What is the force constant  $k$  of the spring?
- What compression is required for the spring potential energy to equal 0,0084 J?

[a]  $k = 200$  N/m; b)  $x = 0,92$  cm

La conservazione dell'energia meccanica

49. PREVEDI/SPIEGA

- Se una palla di massa  $m$  viene lasciata cadere da ferma da un'altezza  $h$ , la sua energia cinetica appena prima di toccare terra è  $E_c$ . Supponi che una seconda palla, di massa  $4m$ , sia lasciata cadere da ferma da un'altezza  $h/4$ .

- La seconda palla, appena prima di toccare terra ha un'energia cinetica pari a  $4E_c$ ,  $2E_c$ ,  $E_c$ ,  $E_c/2$  o  $E_c/4$ ?
- Quale fra le seguenti è la spiegazione migliore per la risposta?
  - Le due palle hanno la stessa energia potenziale iniziale.
  - La palla con la massa maggiore ha un'energia cinetica maggiore.
  - L'altezza minore determina un'energia cinetica minore.

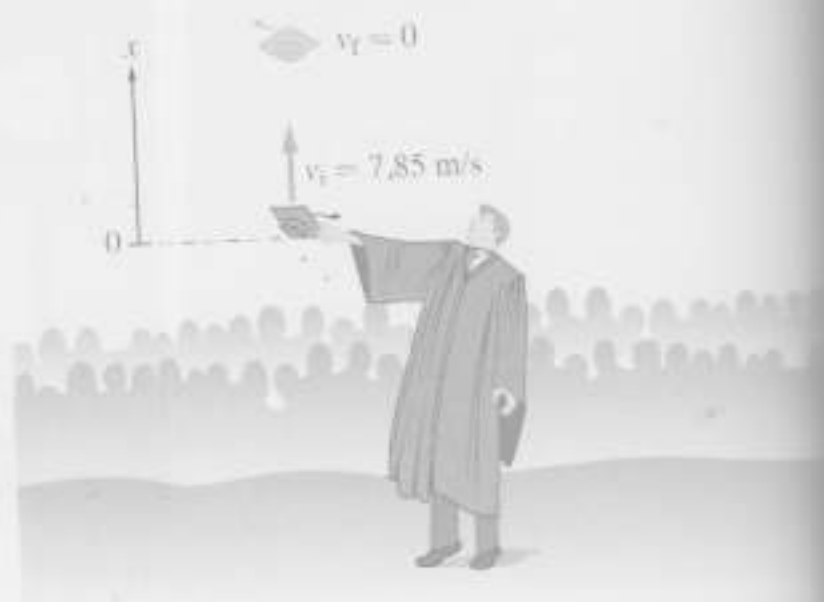
50. PREVEDI/SPIEGA

- Se una palla di massa  $m$  viene lasciata cadere da ferma da un'altezza  $h$ , la sua velocità appena prima di toccare terra è  $v$ . Supponi che una seconda palla, di massa  $4m$ , sia lasciata cadere da ferma da un'altezza  $h/4$ .

- La seconda palla, appena prima di toccare terra ha una velocità pari a  $4v$ ,  $2v$ ,  $v$ ,  $v/2$  o  $v/4$ ?
- Quale fra le seguenti è la spiegazione migliore per la risposta?
  - Il fattore 4 si semplifica e quindi la velocità delle due palle quando toccano terra è la stessa.
  - Le due palle toccano terra con la stessa energia cinetica, quindi la palla di massa  $4m$  ha velocità  $v/2$ .
  - Se si riduce l'altezza di un fattore 4, anche la velocità viene ridotta di un fattore 4.

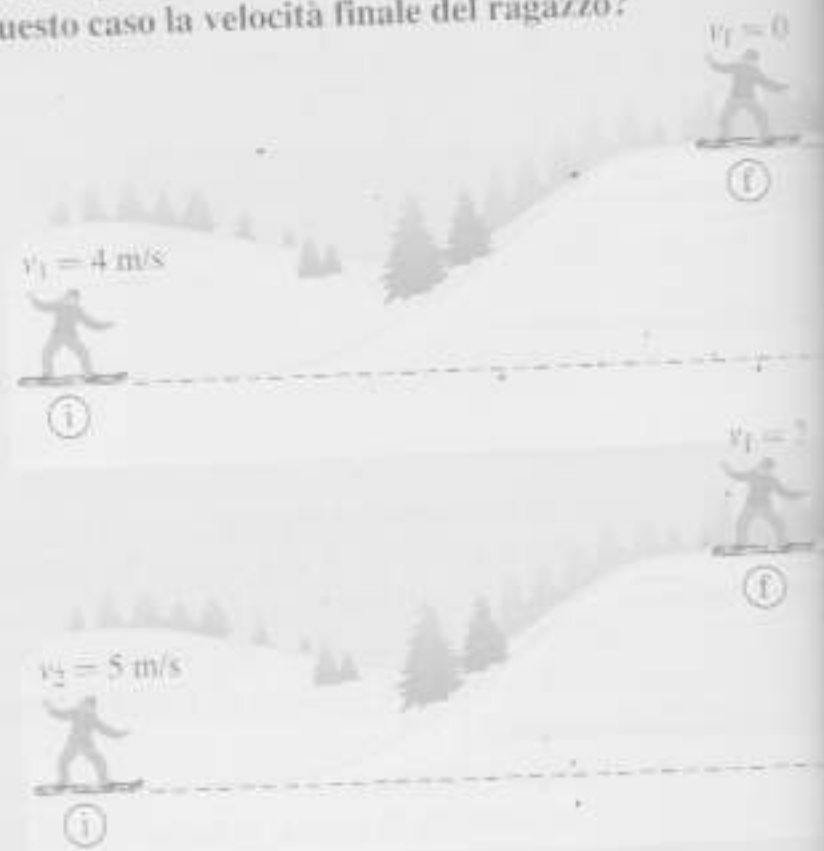
51. Il lancio del cappello

- Nei Paesi anglosassoni, alla fine della cerimonia di laurea i neolaureati lanciano in aria il loro copricapo. Supponi che un cappello sia lanciato verso l'alto in direzione verticale con una velocità iniziale di 7,85 m/s e che le forze di resistenza dell'aria possano essere trascurate. Utilizzando il principio di conservazione dell'energia meccanica calcola l'altezza massima raggiunta dal cappello rispetto al punto di lancio.



52. PROBLEMA SVOLTO

Un ragazzo sullo snowboard deve affrontare un tratto di pista liscia su una collina in salita. Se la velocità iniziale del ragazzo è 4 m/s, egli riesce a raggiungere il livello superiore e poi si ferma. Con una velocità leggermente superiore, di 5 m/s, il ragazzo raggiunge il livello superiore e poi continua a muoversi verso destra. Qual è in questo caso la velocità finale del ragazzo?



SOLUZIONE

Applica la legge di conservazione dell'energia meccanica al moto del ragazzo nel primo caso:

$$\frac{1}{2}mv_1^2 = U$$

dove  $m$  è la massa ignota del ragazzo,  $v_1 = 4$  m/s e  $U$  l'energia potenziale gravitazionale in cima alla collina.

2  
31  
280

... la legge di conservazione dell'energia meccanica al ... del ragazzo nel secondo caso, tenendo conto che in ... alla collina la velocità  $v_f$  ha un certo valore non nullo:

$$\frac{1}{2}mv_f^2 = U + \frac{1}{2}mv_i^2$$

$$v_f = 5 \text{ m/s}$$

... equazione precedente metti in evidenza l'energia cinesi-

$$\frac{1}{2}mv_f^2 = \frac{1}{2}mv_i^2 - U$$

... l'espressione di  $U$  ricavata nel primo caso:

$$\frac{1}{2}mv_f^2 = \frac{1}{2}mv_i^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$$

... entrambi i membri per il fattore  $\frac{1}{2}m$ :

$$v_f^2 = v_i^2 - v_i^2$$

... la radice quadrata per ottenere  $v_f$ :

$$v_f = \sqrt{v_i^2 - v_i^2}$$

... i valori numerici per calcolare la velocità finale ... ragazzo nel secondo caso:

$$v_f = \sqrt{(5 \text{ m/s})^2 - (4 \text{ m/s})^2} = 3 \text{ m/s}$$

### Snowboard sul pianeta Epsilon

Supponi che la situazione del ragazzo sullo snowboard analizzata nel problema precedente si ripeta su un pianeta immaginario Epsilon, nel quale l'accelerazione di gravità è minore di quella terrestre.

a) L'altezza della collina che produce una riduzione della velocità da 4 m/s a 0 sarebbe maggiore, minore o uguale alla corrispondente altezza della collina sulla Terra?

b) Considera la collina su Epsilon discussa nel punto precedente. Se la velocità iniziale alla base della collina è 5 m/s, la velocità alla sommità è maggiore, minore o uguale a 3 m/s?

Giustifica le risposte.

[a) maggiore; b) uguale a 3 m/s]

### Scivolo con partenza da fermo

In un parco acquatico un nuotatore utilizza uno scivolo per entrare nella piscina principale. Se il nuotatore parte da fermo da un'altezza di 2,31 m e scivola senza attrito, qual è la sua velocità all'estremità dello scivolo? [6,73 m/s]

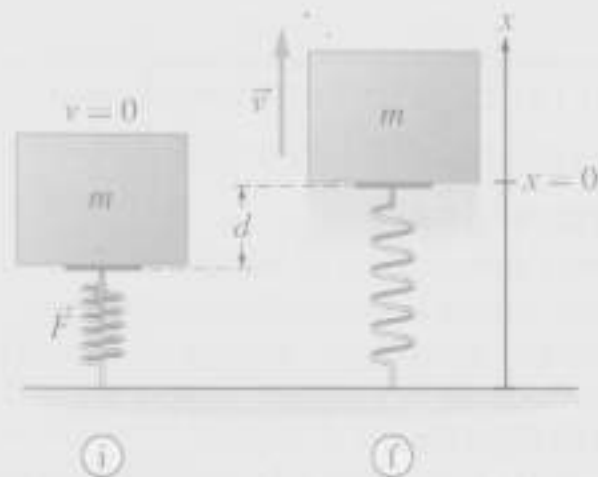


### 55. Scivolo con velocità iniziale

Con riferimento al problema precedente, calcola la velocità del nuotatore all'estremità dello scivolo se egli, anziché da fermo, parte con una velocità iniziale di modulo 0,840 m/s. [6,78 m/s]

### 56. PROBLEMA SVOLTO

Considera una molla verticale di costante elastica pari a  $k = 955 \text{ N/m}$  e un blocco di 1,70 kg disposti come mostrato in figura. Inizialmente la molla è compressa di 4,60 cm e il blocco è fermo. Quando il blocco viene rilasciato, accelera verso l'alto. Determina la velocità del blocco quando la molla è ritornata nella sua posizione di equilibrio.



#### SOLUZIONE

Scrivi l'espressione dell'energia meccanica iniziale  $E_i$ , osservando che  $E_{c,i} = 0$  e  $U_i$  è la somma dell'energia potenziale gravitazionale (negativa) ed elastica della molla:

$$E_i = U_i + E_{c,i} = -mgd + \frac{1}{2}kd^2 + 0$$

Scrivi l'espressione dell'energia meccanica finale  $E_f$  osservando che  $U_f = 0$ :

$$E_f = U_f + E_{c,f} = 0 + 0 + \frac{1}{2}mv^2$$

Poni  $E_i$  uguale a  $E_f$  e risolvi l'equazione rispetto a  $v$ :

$$-mgd + \frac{1}{2}kd^2 = \frac{1}{2}mv^2$$

$$v^2 = \frac{kd^2}{m} - 2gd \rightarrow v = \sqrt{\frac{kd^2}{m} - 2gd}$$

Sostituisci i valori numerici:

$$v = \sqrt{\frac{(955 \text{ N/m})(0,046 \text{ m})^2}{1,70 \text{ kg}} - 2(9,81 \text{ m/s}^2)(0,046 \text{ m})} = 0,535 \text{ m/s}$$

### 57. Blocco contro molla

Un blocco di 2,9 kg scivola con una velocità di 1,6 m/s su una superficie orizzontale senza attrito, fino a quando incontra una molla.

a) Se il blocco comprime la molla di 4,8 cm prima di fermarsi, qual è la costante elastica della molla?

b) Quale velocità iniziale dovrebbe avere il blocco per comprimere la molla di 1,2 cm?

[a) 3,2 kN/m; b) 0,40 m/s]

58. La molla del flipper  
 ●● La molla di un flipper ha una costante elastica di 135 N/m. A quale velocità viene lanciata una pallina di massa 100 g se la molla è compressa di 10,5 cm? [3,86 m/s]

59. Caduta sassi  
 ●● Un sasso di 5,76 kg viene lasciato cadere liberamente. Calcola l'energia cinetica iniziale, l'energia cinetica finale e la variazione di energia cinetica:  
 a) per i primi 2,00 m di caduta;  
 b) per i 2,00 m successivi di caduta.

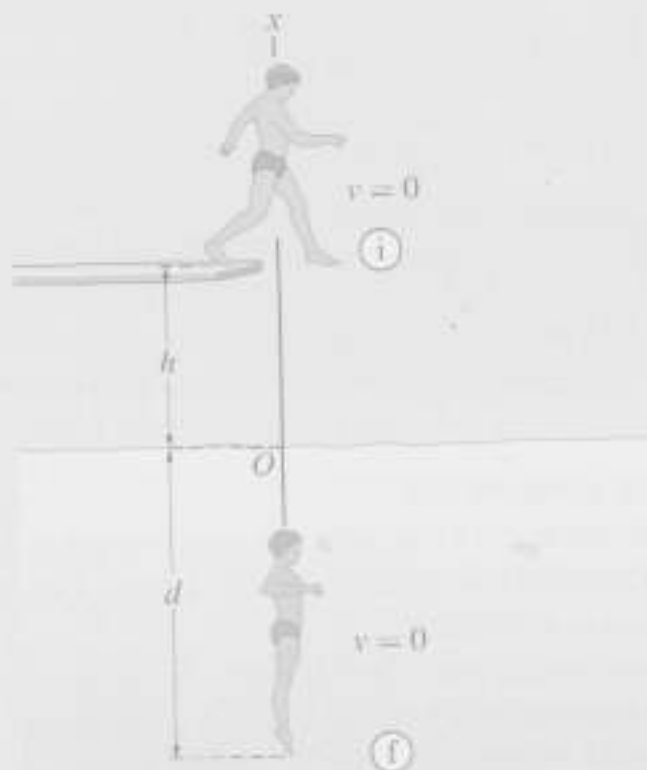
$$\begin{aligned} \text{a) } E_{c,i} &= 0, E_{c,f} = 113 \text{ J}, \Delta E_c = 113 \text{ J}; \\ \text{b) } E_{c,i} &= 113 \text{ J}, E_{c,f} = 226 \text{ J}, \Delta E_c = 113 \text{ J} \end{aligned}$$

### Lavoro di forze non conservative e conservazione dell'energia totale

60. PREVEDI/SPIEGA  
 ●● Al rientro dallo spazio, le mattonelle dello scudo protettivo dello Shuttle si surriscaldano moltissimo.  
 a) Durante l'atterraggio l'energia meccanica del sistema Shuttle-Terra è maggiore, minore o uguale rispetto a quella dello Shuttle in orbita?  
 b) Quale fra le seguenti è la spiegazione migliore per la risposta?  
 1) Quando lo Shuttle lascia l'orbita la sua energia meccanica aumenta.  
 2) La gravità è una forza conservativa.  
 3) Una parte dell'energia meccanica viene trasformata in energia termica.

### 61. PROBLEMA SVOLTO

Un tuffatore di 95,0 kg salta da un trampolino che si trova a un'altezza  $h = 3,00$  m, cade nell'acqua e si ferma a una certa profondità  $d$  sotto la superficie dell'acqua. Se il lavoro delle forze non conservative compiuto sul tuffatore è  $L_{nc} = -5120$  J, qual è la profondità  $d$ ?



### SOLUZIONE

Scrivi l'energia meccanica iniziale  $E_i$  e l'energia meccanica finale  $E_f$  (tieni presente che, per la scelta del livello  $x = 0$ , la distanza  $d$  è negativa):

$$E_i = mgh + 0 = mgh$$

$$E_f = mg(-d) + 0 = -mgd$$

Poni il lavoro delle forze non conservative uguale alla variazione dell'energia:

$$L_{nc} = \Delta E = E_f - E_i = -mgd - mgh$$

Risolvi l'equazione rispetto a  $d$ :

$$mgd = -L_{nc} - mgh \quad \rightarrow \quad d = \frac{-L_{nc} + mgh}{mg}$$

Sostituisci i valori numerici per calcolare la profondità:

$$d = \frac{-5120 \text{ J} + (95,0 \text{ kg})(9,81 \text{ m/s}^2)(3,00 \text{ m})}{(95,0 \text{ kg})(9,81 \text{ m/s}^2)} = 2,44 \text{ m}$$

62. Quanto lavoro sul tuffatore  
 ●● Supponi che il tuffatore del problema precedente giunga a una profondità di 3,50 m. Quanto lavoro non conservativo viene compiuto in questo caso? [-600 J]
63. Sull'onda  
 ●● Un surfista di 77 kg prende un'onda con una velocità iniziale di 1,3 m/s, scende sull'onda da un'altezza di 1,65 m e termina la discesa con una velocità di 8,2 m/s. Quanto lavoro non conservativo viene compiuto sul surfista?



64. Ai giardini  
 ●● In un giardinetto un bambino di 19 kg gioca su uno scivolo alto 2,3 m. Il bambino parte da fermo dalla cima dello scivolo e, mentre scende, lo scivolo compie su di lui un lavoro non conservativo di -361 J. Qual è la velocità del bambino alla base dello scivolo?
65. Nuoto in piscina  
 ●● Partendo da fermo dal bordo di una piscina, un nuotatore di 72,0 kg nuota lungo la superficie dell'acqua e raggiunge una velocità di 1,20 m/s compiendo un lavoro  $L_{nc1} = 100$  J. Determina il lavoro non conservativo  $L_{nc2}$  compiuto dall'acqua sull'atleta.
66. Atterraggio sulla portaerei  
 ●● Un aereo di 17000 kg atterra con una velocità iniziale di 100 m/s sul ponte di una portaerei lungo 115 m. Calcola il lavoro non conservativo compiuto dalle forze non conservative per fermare l'aereo. Qual è la forza media delle forze non conservative?



# Risolvi i PROBLEMI DI RIEPILOGO

## In cantiere

Un piccolo motore mette in moto un montacarichi che solleva un carico di mattoni, il cui peso è 836 N, fino a un'altezza di 10,7 m in 23,2 s. Assumendo che i mattoni siano sollevati con velocità costante, qual è la minima potenza che il motore deve sviluppare? [386 W]

## Pavimento con attrito

Esercitando una forza in direzione orizzontale, spingi una scatola di 67 kg su un pavimento il cui coefficiente di attrito dinamico è  $\mu_d = 0,55$ .

a) Quanta potenza devi sviluppare per spingere la scatola a una velocità di 0,50 m/s?

b) Quanto lavoro compi se spingi la scatola per 35 s?

[a) 0,18 kW; b) 6,3 kJ]

## Evviva!

Dopo una partita di calcio, per festeggiare la vittoria lanci il pallone verso l'alto in direzione verticale. L'energia cinetica iniziale del pallone è  $E_c$  e la massima altezza raggiunta è  $h$ . Qual è l'energia cinetica del pallone quando si trova all'altezza  $h/2$ ?



## Potenza del cuore

La potenza media di un cuore umano è di 1,33 W.

a) Quanta energia produce un cuore in un giorno?

b) Confronta l'energia calcolata in a) con quella necessaria per salire una rampa di scale: stima quale altezza può raggiungere una persona che sale le scale usando soltanto l'energia prodotta dal cuore in un giorno.

[a) 115 kJ; b) 170 m]



## Energia di una particella

Una particella si muove sotto l'azione di una forza conservativa. Nel punto A la particella ha un'energia cinetica di 12 J, nel punto B la particella è momentaneamente ferma e l'energia potenziale del sistema è 25 J, nel punto C l'energia potenziale del sistema è 5 J.

a) Qual è l'energia potenziale del sistema quando la particella è nel punto A?

b) Qual è l'energia cinetica della particella nel punto C?

[a) 13 J; b) 20 J]

## 72. Lavoro di una forza variabile

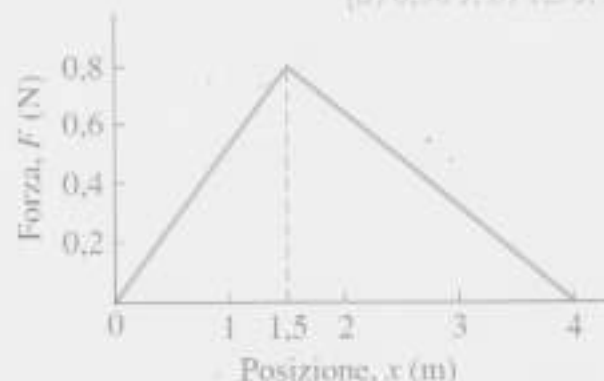
Una forza, il cui andamento è riportato nel grafico in figura, agisce su di un oggetto che si muove lungo l'asse  $x$ . Indica quanto lavoro compie la forza quando l'oggetto si muove:

a) da  $x = 0$  a  $x = 2,0$  m;

b) da  $x = 1,0$  m a  $x = 4,0$  m;

c) da  $x = 3,5$  m a  $x = 1,2$  m.

[a) 0,96 J; b) 1,3 J; c) -1,2 J]



## 73. Autunno

Una foglia cade a terra con velocità costante. In questo sistema la somma  $U_f + E_{c,i}$  è maggiore, minore o uguale di  $U_f + E_{c,f}$ ? Giustifica la risposta.

[ $U_f + E_{c,i}$  è maggiore di  $U_f + E_{c,f}$ ]

## 74. IN ENGLISH

A pitcher accelerates a 0,14 kg hardball from rest to 42,5 m/s in 0,060 s.

a) How much work does the pitcher do on the ball?

b) What is the pitcher's power output during the pitch?

c) Suppose the ball reaches 42,5 m/s in less than 0,060 s. Is the power produced by the pitcher in this case more than, less than, or the same as the power found in part b)? Explain.

[a) 0,13 kJ; b) 2,2 kW; c) the power required to accelerate the ball to the same speed in less time would be more than the previous case, because the same amount of work would have to be done in a smaller amount of time]

## 75. Discesa con la slitta

Una slitta scivola senza attrito da una piccola collina coperta di neve gelata. Se la slitta parte da ferma dalla cima della collina, la sua velocità alla base della collina è 7,50 m/s.

a) Se in una seconda corsa la slitta parte dalla cima con una velocità iniziale di 1,50 m/s, quando raggiunge la base la sua velocità è uguale a 9,00 m/s, maggiore di 9,00 m/s o minore di 9,00 m/s? Giustifica la risposta.

b) Calcola la velocità della slitta alla base della collina nella seconda corsa.

c) Qual è l'altezza della collina?

[a) minore di 9,00 m/s; b) 7,65 m/s; c) 2,87 m]

