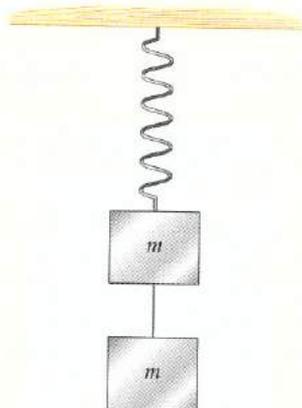


- 19 Un blocco di metallo di massa m è appeso al soffitto mediante una molla. Una corda collegata al blocco regge un secondo blocco di uguale massa m , come mostrato nella figura. Se la corda che lega i blocchi viene tagliata:
- qual è la forza risultante che agisce sul sistema dei due blocchi subito dopo che la corda è stata tagliata?
 - qual è l'accelerazione del centro di massa del sistema dei due blocchi subito dopo che la corda è stata tagliata?



Lavoro ed energia cinetica

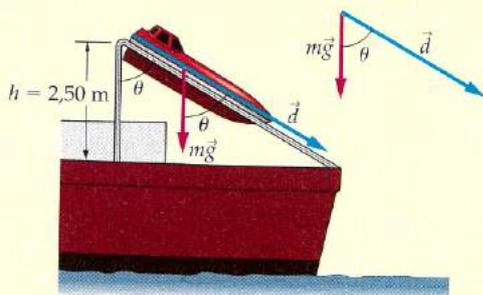
- 20 **Stazione Spaziale** La Stazione Spaziale Internazionale (ISS) ruota attorno alla Terra su un'orbita circolare a un'altezza $h = 375$ km sopra la superficie terrestre. In un'orbita completa, il lavoro eseguito dalla Terra sulla stazione spaziale è positivo, negativo o nullo? Giustifica la risposta. [nullo]

- 21 Per comprimere una molla 1 di 0,20 m si deve compiere un lavoro di 150 J. Allungare una molla 2 di 0,30 m richiede, invece, un lavoro di 210 J. Quale molla è più rigida? [$k_1 = 7500$ N/m, $k_2 = 4700$ N/m; è più rigida la molla 1]

22 PROBLEMA GUIDATO

Scialuppe di salvataggio Molte imbarcazioni sono dotate di particolari scialuppe di salvataggio, dette sistemi di salvataggio gravitazionale (GES, Gravity Escape System), che scivolano su una rampa posta fuoribordo, proseguono in caduta libera e vengono a contatto dell'acqua in un punto distante dall'imbarcazione.

Supponi che una scialuppa di 4970 kg scivoli lungo una rampa di 5,00 m per un dislivello di 2,50 m. Quanto lavoro compie la gravità sulla scialuppa?



SOLUZIONE

Dalla figura puoi notare che la forza di gravità $m\vec{g}$ e lo spostamento \vec{d} formano un angolo θ e che θ è anche l'angolo che la rampa forma con la verticale.

Il lavoro compiuto dalla gravità sulla scialuppa è:

$$W = F \cos \theta d$$

dove $F = mg$ e $d = 5,00$ m. L'angolo θ non è tra i dati espliciti del problema, ma dal triangolo rettangolo che forma la rampa puoi ricavare che $\cos \theta = h/d$.

Determina la componente di $\vec{F} = m\vec{g}$ nella direzione del moto:

$$F \cos \theta = mg \frac{h}{d} = (4970 \text{ kg})(9,81 \text{ m/s}^2) \frac{2,50 \text{ m}}{5,00 \text{ m}} = 24400 \text{ N}$$

Calcola il lavoro, moltiplicando la componente della forza per lo spostamento:

$$W = (F \cos \theta)d = (24400 \text{ N})(5,00 \text{ m}) = 122000 \text{ J}$$

- 23 **Sullo skateboard** Una ragazza su uno skateboard è trainata da una corda legata a una bicicletta. La velocità della ragazza è $\vec{v} = (4,1 \text{ m/s})\hat{x}$ e la forza esercitata su di lei dalla corda è $\vec{F} = (17 \text{ N})\hat{x} + (12 \text{ N})\hat{y}$.

- Calcola il lavoro compiuto dalla corda sulla ragazza in 25 secondi.
- Assumendo che la velocità della bicicletta sia la stessa dello skateboard, calcola il lavoro che la corda compie sulla bici in 25 secondi.

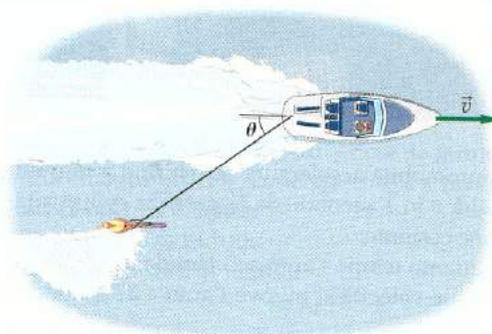
[a) 1700 J; b) -1700 J]

- 24 **Manici di scopa** Per pulire il pavimento di un'aula un bidello spinge sul manico di una scopa lavapavimenti con una forza di 50,0 N.

- Se il manico della scopa forma un angolo di 55° rispetto al pavimento, quanto lavoro deve fare il bidello per spostare la scopa di 0,50 m?
- Se l'angolo che il manico forma rispetto al pavimento aumenta a 65° , il lavoro del bidello aumenta, diminuisce o rimane lo stesso?

[a) 14 J; b) diminuisce]

- 25 **Sci d'acqua** Gli sciatori d'acqua spesso sciano in una posizione laterale rispetto alla linea centrale della barca, come mostrato nella figura. In questo caso la barca sta viaggiando a 15 m/s e la tensione nel cavo è 75 N. Se la barca compie un lavoro di 3500 J sullo sciatore in 50,0 m, qual è l'angolo θ fra il cavo di rimorchio e l'asse longitudinale della barca? [21°]



26 **Attenzione, caduta pigna!** Una pigna di 0,14 kg cade da terra da un ramo a 16 m di altezza, atterrando con una velocità di 13 m/s.

- Con quale velocità la pigna sarebbe atterrata se non ci fosse stata la resistenza dell'aria?
- La resistenza dell'aria compie sulla pigna un lavoro positivo, negativo o nullo? Giustifica la risposta.

[a] 18 m/s; b) negativo]

27 Nella situazione descritta nel problema precedente:

- quanto lavoro è stato compiuto sulla pigna dalla resistenza dell'aria?
- qual è la forza media della resistenza dell'aria esercitata sulla pigna?

[a] -10 J; b) 0,63 N verso l'alto]

28 Al tempo $t = 1,0$ s un oggetto di 0,40 kg sta cadendo con una velocità di modulo 6,0 m/s. Al tempo $t = 2,0$ s, l'oggetto ha un'energia cinetica di 25 J.

- Qual è l'energia cinetica dell'oggetto a $t = 1,0$ s?
- Qual è il modulo della velocità dell'oggetto a $t = 2,0$ s?
- Quanto lavoro è stato compiuto sull'oggetto fra il tempo $t = 1,0$ s e il tempo $t = 2,0$ s?

[a] 7,2 J; b) 11 m/s; b) 18 J]

29 **Frena!** Un ciclista di 65 kg sta viaggiando sulla sua bicicletta di 8,8 kg a una velocità di modulo 14 m/s.

- Quanto lavoro devono compiere i freni per frenare il ciclista e la bicicletta?
- Quanta strada percorre la bicicletta prima di fermarsi, se i freni agiscono per 4,0 s?
- Qual è il modulo della forza frenante?

[a] -7,2 kJ; b) 28 m; c) 260 N]

30 **Velivolo a propulsione umana** Un velivolo a propulsione umana richiede un pilota che pedali come su una bicicletta e produca una potenza, che possa essere mantenuta, di circa 0,30 hp. Il velivolo a propulsione *Gossamer Albatross* compì la traversata del Canale della Manica il 12 giugno 1979 in 2 h e 49 min. Quanta energia spese il pilota durante il volo?

[2,3 MJ]



31 Un'automobile accelera da ferma fino a raggiungere una velocità v in T secondi. Se la potenza sviluppata dall'auto rimane costante:

- in quanto tempo l'auto accelera da v a $2v$?
- a quale velocità si muove l'auto a $2T$ secondi dalla partenza?

[a] $3T$; b) $v\sqrt{2}$]

Forze conservative ed energia potenziale

32 **Prevedi/Spiega** La palla 1 viene lanciata verso terra con una velocità iniziale verso il basso; la palla 2 viene lasciata cadere a terra da ferma.

a) Assumendo che le palle abbiano la stessa massa e partano dalla stessa altezza, la variazione di energia potenziale della palla 1 è maggiore, minore o uguale a quella della palla 2?

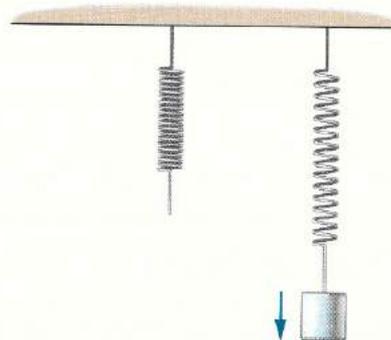
b) Quale fra le seguenti è la spiegazione migliore per la risposta?

- La palla 1 ha energia totale maggiore e quindi una maggior parte di energia può essere convertita in energia potenziale gravitazionale.
- L'energia potenziale gravitazionale dipende soltanto dalla massa della palla e dall'altezza da cui cade.
- Tutta l'energia iniziale della palla 2 è energia potenziale gravitazionale.

[a] uguale; b) la 2; la 1 è vera in parte e la 3 è vera, ma non rilevante]

33 Una massa è appesa a una molla in posizione verticale. Questo causa un allungamento della molla e la massa si muove verso il basso.

- L'energia potenziale della molla aumenta, diminuisce o rimane costante durante questo processo?
- L'energia potenziale gravitazionale del sistema massa-Terra aumenta, diminuisce o rimane costante durante questo processo?



[a] aumenta; b) diminuisce]

34 **Un tuffo dalla scogliera** Juanita si tuffa coraggiosamente dalla scogliera di Acapulco alta 46 m; la sua energia potenziale diminuisce di 25 000 J. Qual è il peso di Juanita espresso in newton?

[$5,4 \cdot 10^2$ N]

35 **Sulla cima dell'Everest** Calcola l'energia potenziale gravitazionale di una persona di 88 kg che si trova sulla cima dell'Everest (8848 m). Usa come zero dell'energia potenziale il livello del mare.

[$7,6 \cdot 10^6$ J]

36 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.

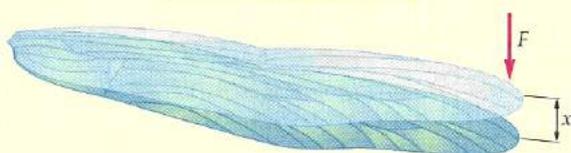
- Il lavoro necessario per aumentare l'allungamento da 5,00 cm a 6,00 cm è maggiore, minore o uguale a 30,5 J?
- Verifica la risposta alla domanda precedente calcolando il lavoro.

[a] è maggiore; b) 37,3 J]

37 PROBLEMA GUIDATO

L'ala della farfalla sfinge Esperimenti condotti sull'ala della farfalla sfinge (*Manduca sexta*) mostrano che essa deflette di una distanza $x = 4,8 \text{ mm}$ quando sulla sua estremità viene applicata una forza $F = 3,0 \text{ mN}$, come mostrato in figura. Trattando l'ala come una molla ideale determina:

- la costante elastica della molla;
- l'energia immagazzinata nell'ala.
- Quale forza dovrebbe essere applicata all'estremità dell'ala per immagazzinare il doppio dell'energia calcolata nel punto b)?



SOLUZIONE

a) Calcola la costante della molla utilizzando $F = kx$:

$$k = \frac{F}{x} = \frac{3,0 \cdot 10^{-3} \text{ N}}{4,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}} = 0,63 \text{ N/m}$$

b) L'energia immagazzinata nell'ala è energia potenziale elastica, quindi:

$$U = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}\left(\frac{F}{x}\right)x^2 = \frac{1}{2}Fx = \frac{1}{2}(3,0 \cdot 10^{-3} \text{ N})(4,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}) = 7,2 \cdot 10^{-6} \text{ J}$$

c) Il doppio dell'energia significa $U' = 2U$, cioè:

$$\frac{1}{2}kx'^2 = 2 \cdot \frac{1}{2}kx^2$$

da cui:

$$x' = \sqrt{2}x$$

Sull'ala dovrebbe dunque essere applicata una forza:

$$F' = kx' = \sqrt{2}kx = \sqrt{2}F = \sqrt{2}(3 \cdot 10^{-3} \text{ N}) = 4,2 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

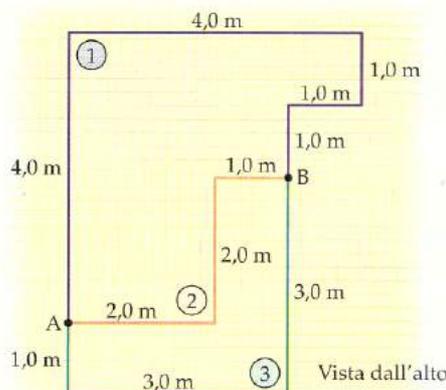
38 Una molla verticale immagazzina 0,962 J come energia potenziale elastica quando viene appesa a essa una massa di 3,5 kg.

- Se si raddoppia il valore della massa appesa, per quale fattore viene moltiplicata l'energia potenziale elastica?
- Verifica la risposta data nel punto a) calcolando l'energia potenziale elastica quando viene appesa una massa di 7,0 kg.

[a) 4; b) 3,85 J]

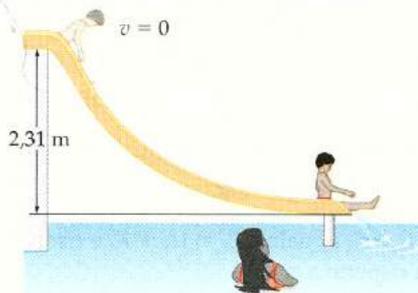
La legge di conservazione dell'energia

39 **Percorsi diversi** Calcola il lavoro compiuto dalla forza di attrito quando una scatola di massa 3,7 kg viene fatta scorrere sul pavimento dal punto A al punto B lungo ciascuno dei percorsi 1, 2 e 3 disegnati in figura. Assumi che il coefficiente di attrito dinamico tra la scatola e il pavimento sia 0,26. Che conclusioni puoi trarre?



[$W_1 = -100 \text{ J}$; $W_2 = -47 \text{ J}$; $W_3 = -66 \text{ J}$]

40 **Tuffo dallo scivolo** 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]

41 **Tuffo con rincorsa** 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]

42 **Fuoricampo** Un giocatore di basket, per ottenere qualche secondo di pausa, lancia la palla di 0,600 kg fuoricampo. La velocità della palla quando lascia le mani del giocatore è di 8,30 m/s e si riduce a 7,10 m/s nel punto di massima altezza.

- Trascurando la resistenza dell'aria, a quale altezza, rispetto al punto in cui è stata lanciata, si trova la palla quando raggiunge la sua altezza massima?
- Come varia l'altezza calcolata nel punto a) se la massa della palla raddoppia?

[a) 0,942 m; b) non varia]

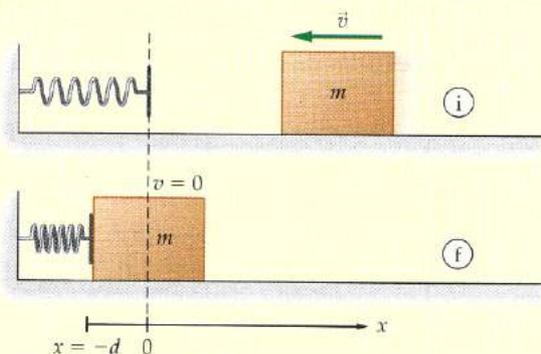
43 Un sasso di 5,76 kg viene lasciato cadere da fermo. Calcola l'energia cinetica iniziale, l'energia cinetica finale e la variazione di energia cinetica:

- per i primi 2 m di caduta;
- per i 2 m successivi di caduta.

[a) $K_i = 0$, $K_f = 113 \text{ J}$, $\Delta K = 113 \text{ J}$;
b) $K_i = 113 \text{ J}$, $K_f = 226 \text{ J}$, $\Delta K = 113 \text{ J}$]

44 PROBLEMA GUIDATO

Molla orizzontale Un blocco di 1,70 kg scivola su una superficie orizzontale priva di attrito finché incontra una molla di costante elastica 955 N/m. Il blocco si ferma dopo aver compresso la molla di 4,60 cm. Determina la velocità iniziale del blocco. (Trascura la resistenza dell'aria e l'eventuale dissipazione di energia quando il blocco urta la molla.)



SOLUZIONE

La parte in alto della figura si riferisce all'istante precedente a quello in cui il blocco viene in contatto con la molla: il blocco ha una velocità v e l'estremità della molla si trova in $x = 0$. La parte in basso si riferisce alla situazione in cui il blocco si è fermato e la molla è compressa di $x = -d = -4,60$ cm.

Scegli il centro del blocco come posizione in cui $y = 0$; con questa scelta, l'energia potenziale gravitazionale del sistema è sempre uguale a zero.

Scrivi le espressioni delle energie potenziale e cinetica iniziali:

$$U_i = \frac{1}{2}k \cdot 0^2 = 0 \quad K_i = \frac{1}{2}mv_i^2$$

Scrivi le espressioni delle energie potenziale e cinetica finali:

$$U_f = \frac{1}{2}k(-d)^2 = \frac{1}{2}kd^2 \quad K_f = \frac{1}{2}m \cdot 0^2 = 0$$

Poni $E_i = U_i + K_i$ uguale a $E_f = U_f + K_f$ e risolvi l'equazione ottenuta rispetto a v :

$$0 + \frac{1}{2}mv_i^2 = \frac{1}{2}kd^2 + 0 \rightarrow v_i = d\sqrt{\frac{k}{m}}$$

Sostituisci i valori numerici:

$$v_i = d\sqrt{\frac{k}{m}} = (0,0460 \text{ m})\sqrt{\frac{955 \text{ N/m}}{1,70 \text{ kg}}} = 1,09 \text{ m/s}$$

45 Un blocco di 2,9 kg scivola con una velocità di 1,6 m/s su una superficie orizzontale senza attrito, fino a che 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] 3200 N/m; b) 0,40 m/s]

46 Un blocco di 1,40 kg scivola con una velocità di 0,950 m/s su una superficie orizzontale senza attrito, urta una molla di costante elastica 734 N/m e si ferma dopo aver compresso la molla di 4,15 cm. Calcola l'energia potenziale U della molla, l'energia cinetica K del blocco e l'energia meccanica totale E del sistema, per ciascuna delle seguenti compressioni:

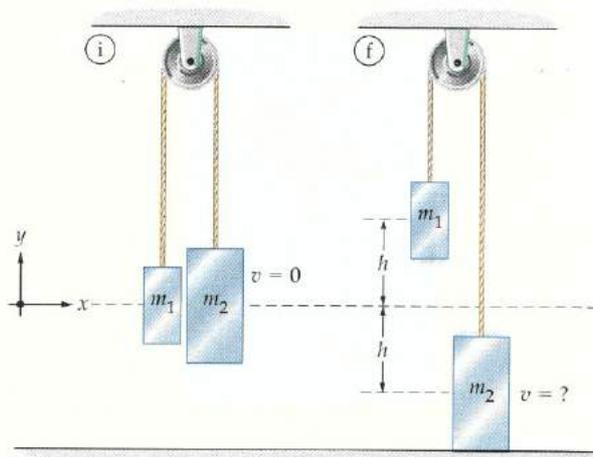
a) 0 cm b) 1,00 cm c) 2,00 cm d) 4,00 cm

[a] 0; 0,632 J; 0,632 J; b) 0,037 J; 0,595 J; 0,632 J; c) 0,147 J; 0,485 J; 0,632 J; d) 0,587 J; 0,045 J; 0,632 J]

47 **La macchina di Atwood** Le due masse della macchina di Atwood disegnata in figura sono inizialmente ferme alla stessa altezza. Dopo che le masse sono state liberate, la più grande, m_2 , cade per un'altezza h fino al pavimento, mentre la più piccola, m_1 , sale per un'altezza h .

a) Determina la velocità delle masse un istante prima che m_2 tocchi il pavimento, in funzione di m_1 , m_2 , g e h . Assumi che la corda e la carrucola abbiano massa trascurabile e che l'attrito possa essere ignorato.

b) Calcola il valore della velocità nel caso in cui $h = 1,2$ m, $m_1 = 3,7$ kg e $m_2 = 4,1$ kg.



$$[a] v_f = \sqrt{2gh \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}}; b) 1,1 \text{ m/s}$$

48 Nel problema precedente, supponi che le due masse, anziché partire da ferme, abbiano una velocità iniziale di 0,20 m/s e che m_2 si stia muovendo verso l'alto. Di quanto sale m_2 al di sopra della sua posizione iniziale prima di fermarsi temporaneamente, se $m_1 = 3,7$ kg e $m_2 = 4,1$ kg? [4 cm]

49 Una massa di 0,40 kg è attaccata a una molla di costante elastica 26 N/m e viene rilasciata da ferma a una distanza di 3,2 cm dalla posizione di equilibrio della molla.

a) Illustra un procedimento che ti permetta di determinare il modulo della velocità della massa, quando si trova a metà strada dalla posizione di equilibrio.

b) Utilizza il procedimento illustrato per calcolare questa velocità.

$$[a] \text{ da } K = E - U \text{ si ricava } v_f = \sqrt{\frac{3kA^2}{4m}}; b) 0,22 \text{ m/s}$$

50 a) Qual è il modulo della velocità massima della massa del problema precedente?

b) A quale distanza dalla posizione di equilibrio si trova la massa nell'istante in cui il modulo della sua velocità è metà del modulo della velocità massima?

[a] 0,26 m/s; b) 2,8 cm]

51 **Il peso dell'uva** Un grappolo d'uva è posto su una bilancia a molla, la cui costante elastica è 650 N/m. Il grappolo oscilla su e giù con un periodo di 0,48 s.

a) Qual è la massa del grappolo d'uva?

b) Qual è il suo peso?

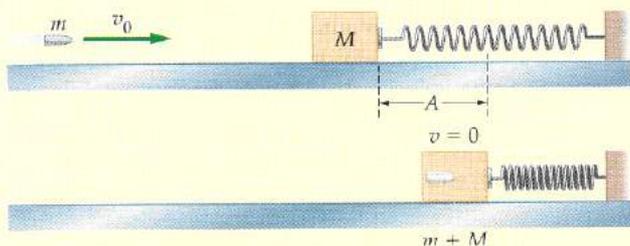
[a] 3,8 kg; b) 37 N]

52 Qual è il modulo della velocità massima del grappolo d'uva del problema precedente, se la sua ampiezza di oscillazione è 2,3 cm? [0,30 m/s]

53 PROBLEMA GUIDATO

Prove balistiche Una pallottola di massa m rimane conficcata in un blocco di massa M attaccato a una molla di costante elastica k . Se la velocità iniziale della pallottola è v_0 , determina:

- a) la massima compressione della molla;
- b) il tempo occorrente perché il sistema blocco-pallottola si fermi.



SOLUZIONE

- a) Utilizza la conservazione della quantità di moto per determinare il modulo della velocità finale v del sistema pallottola-blocco:

$$mv_0 = (m + M)v \rightarrow v = \frac{mv_0}{m + M}$$

Determina l'energia cinetica del sistema pallottola-blocco dopo l'urto:

$$K_f = \frac{1}{2}(m + M)v^2 = \frac{1}{2}(m + M)\left(\frac{mv_0}{m + M}\right)^2 = \frac{1}{2}\frac{m^2v_0^2}{m + M}$$

Poni l'energia cinetica uguale all'energia elastica $\frac{1}{2}kA^2$ per determinare la massima compressione A della molla:

$$\frac{1}{2}\frac{m^2v_0^2}{m + M} = \frac{1}{2}kA^2 \rightarrow A = \frac{mv_0}{\sqrt{k(m + M)}}$$

- b) Osserva che, per passare dalla posizione di equilibrio a quella di massima compressione, la massa impiega un quarto del periodo di oscillazione; quindi il tempo perché la pallottola si fermi è:

$$t = \frac{T}{4} = \frac{1}{4}2\pi\sqrt{\frac{m + M}{k}} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{m + M}{k}}$$

- 54 Un proiettile da 2,25 g si conficca in un blocco di 1,50 kg che è attaccato a una molla di costante elastica 785 N/m. Se la compressione massima della molla è 5,88 cm, calcola:
 - a) il modulo della velocità iniziale del proiettile;
 - b) il tempo che impiega il sistema proiettile-blocco per fermarsi. [a] 897 m/s; b) 0,0687 s]

- 55 **Il sasso sull'acqua** Un sasso di 1,9 kg viene rilasciato da fermo sulla superficie di un laghetto profondo 1,8 m. Mentre il sasso cade, la resistenza dell'acqua esercita su di esso una forza costante verso l'alto di 4,6 N. Calcola il lavoro non conservativo W_{nc} compiuto dalla resistenza dell'acqua sul sasso, l'energia potenziale gravitazionale U del sistema, l'energia cinetica K del sasso e l'energia meccanica totale E del sistema, quando il sasso si trova alle seguenti profondità:
 - a) 0 m b) 0,50 m c) 1,0 m
 Considera $y = 0$ sul fondo del laghetto.

- [a] $W_{nc} = 0$, $U = 34$ J, $K = 0$, $E = 34$ J;
- b) $W_{nc} = -2,3$ J, $U = 24$ J, $K = 7$ J, $E = 31$ J;
- c) $W_{nc} = -4,6$ J, $U = 15$ J, $K = 14$ J, $E = 29$ J]

56 PROBLEMA GUIDATO

Un blocco di 1,80 kg scorre su una superficie orizzontale ruvida. Il blocco colpisce una molla con una velocità di 2,00 m/s e la comprime di 11,0 cm prima di fermarsi. Se il coefficiente di attrito dinamico fra il blocco e la superficie è $\mu_d = 0,56$, qual è la costante elastica della molla?

SOLUZIONE

Chiamata $m = 1,80$ kg la massa del blocco, $v = 2,00$ m/s la velocità del blocco al momento del contatto con la molla, $x = 11,0$ cm la compressione della molla.

La conservazione dell'energia ti suggerisce che l'energia cinetica della massa si trasforma in parte in energia potenziale elastica della molla e in parte in energia termica generata dall'azione della forza d'attrito, che puoi esprimere come $F_{attr} = -\mu_d F_p = -\mu_d mg$. Pertanto:

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}kx^2 + \mu_d mgx$$

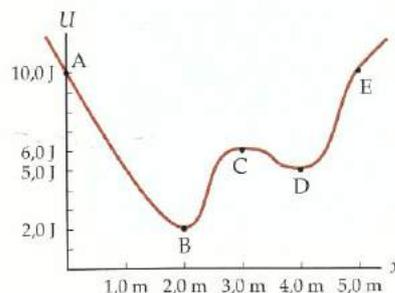
Dall'equazione precedente puoi ricavare k :

$$k = \frac{m(v^2 - 2\mu_d gx)}{x^2} = \frac{(1,80 \text{ kg})[(2,00 \text{ m/s})^2 - 2(0,56)(9,81 \text{ m/s}^2)(0,110 \text{ m})]}{(0,110 \text{ m})^2} = 415 \text{ N/m}$$

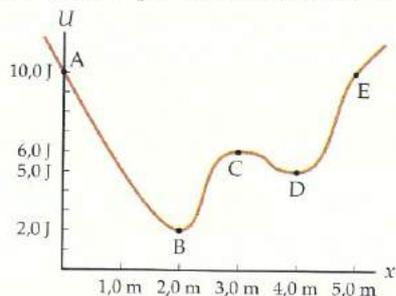
- 57 **Il percorso del pattinatore** Un pattinatore di 81,0 kg spingendo contro il suolo con i pattini compie un lavoro non conservativo di +3420 J. Inoltre, l'attrito compie un lavoro non conservativo di -715 J sul pattinatore. Le velocità iniziale e finale del pattinatore sono, rispettivamente, 2,50 m/s e 1,22 m/s.
 - a) Il pattinatore ha percorso una strada in salita, in discesa o è rimasto allo stesso livello? Motiva la risposta.
 - b) Calcola l'eventuale dislivello coperto dal pattinatore. [a] una strada in salita; b) $\Delta y = 3,65$ m]

- 58 **Strade di montagna** Un autocarro di 15 800 kg, che sta viaggiando a 12 m/s su una strada di montagna, a un'altitudine di 1630 m, affronta una discesa inclinata di $6,00^\circ$. Quando raggiunge un'altitudine di 1440 m la sua velocità è di 29,0 m/s.
 - a) Calcola la variazione dell'energia potenziale gravitazionale del sistema e la variazione dell'energia cinetica dell'autocarro.
 - b) L'energia meccanica totale del sistema si conserva? Giustifica la risposta. [a] $\Delta U = -29,4$ MJ, $\Delta K = 5,51$ MJ; b) $\Delta E = -23,9$ MJ]

- 59 **Descrivi il moto** La figura mostra una curva dell'energia potenziale in funzione di x . Descrivi qualitativamente il relativo moto di un oggetto che parte da fermo dal punto A.



- 60 Un oggetto che si muove lungo l'asse x , ha un'energia potenziale il cui andamento è riportato nella figura. L'oggetto ha massa $1,1 \text{ kg}$ e parte da fermo dal punto A.
- a) Qual è il modulo della sua velocità nei punti B, C e D?
b) Quali sono i punti di inversione del moto per l'oggetto?



[a] $v_B = 3,8 \text{ m/s}$; $v_C = 2,7 \text{ m/s}$; $v_D = 3,0 \text{ m/s}$; b) A, E

- 61 Un oggetto di $1,34 \text{ kg}$ che si muove lungo l'asse x , ha un'energia potenziale il cui andamento è riportato nella figura del problema precedente. Se il modulo della velocità dell'oggetto nel punto C è $1,25 \text{ m/s}$, dove si trovano approssimativamente i suoi punti di inversione del moto?

[in $x = 0,6 \text{ m}$ e $x = 4,6 \text{ m}$]

- 62 **L'altalena** Un bambino di 23 kg dondola avanti e indietro su un sedile sospeso a un albero mediante una corda lunga $2,5 \text{ m}$. Disegna la curva che rappresenta l'energia potenziale di questo sistema in funzione dell'angolo che la corda forma con la verticale, assumendo che l'energia potenziale sia zero nel punto in cui la corda è verticale. Considera angoli fino a 90° su entrambi i lati della verticale.

- 63 Determina gli angoli corrispondenti ai punti di inversione del moto del problema precedente nel caso in cui il bambino ha una velocità di modulo $0,89 \text{ m/s}$ quando la corda è verticale. Indica i punti di inversione sul grafico che rappresenta l'energia potenziale del sistema.

[$\theta = \pm 10^\circ$]

- 64 Un blocco di massa $m = 0,95 \text{ kg}$ è agganciato a una molla di costante elastica $k = 775 \text{ N/m}$ che oscilla su una superficie liscia orizzontale.

a) Disegna la curva dell'energia potenziale della molla tra $x = -5,00 \text{ cm}$ e $x = 5,00 \text{ cm}$.

b) Determina i punti di inversione del moto del blocco sapendo che la sua velocità in $x = 0$ è $1,3 \text{ m/s}$.

[b] punti di inversione: $\pm 4,6 \text{ cm}$

- 65 **L'energia della palla** Una palla di massa $m = 0,75 \text{ kg}$ viene lanciata verticalmente verso l'alto con una velocità iniziale di $8,9 \text{ m/s}$.

a) Disegna la curva dell'energia potenziale gravitazionale della palla dal suo punto di lancio, $y = 0$, fino all'altezza $y = 5,0 \text{ m}$. Poni $U = 0$ in $y = 0$.

b) Determina il punto di inversione del moto (altezza massima) della palla.

[b] $y_{\text{max}} = 4,0 \text{ m}$

Urti

- 66 Un carrello di massa m , che si muove con una velocità v su una rotaia a cuscino d'aria priva di attrito, urta contro un identico carrello che è in quiete. Se i due carrelli rimangono attaccati dopo la collisione, qual è l'energia cinetica finale del sistema?

[$\frac{1}{4}mv^2$]

- 67 **Pessima idea!** Un elefante di massa 5240 kg si muove diritto verso di te, in atteggiamento di carica, con una velocità di modulo $4,55 \text{ m/s}$. Tu lanci contro l'elefante una palla di gomma di $0,150 \text{ kg}$, con una velocità di modulo $7,81 \text{ m/s}$.

a) Quando la palla rimbalza indietro verso di te, qual è il modulo della sua velocità?

b) Come spieghi il fatto che l'energia cinetica della palla è aumentata?

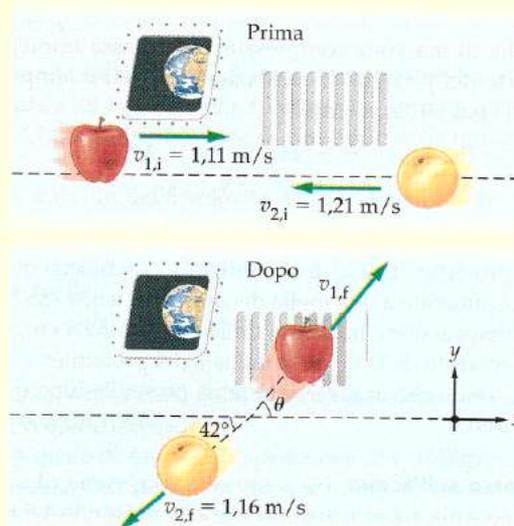
[a] $16,9 \text{ m/s}$

- 68 **Tamponamento 1** Un'automobile di 732 kg ferma a un incrocio viene tamponata da un furgone di 1720 kg che si muove a una velocità di $15,5 \text{ m/s}$. Se l'automobile era in folle e i freni non erano azionati, e quindi l'urto si può considerare approssimativamente elastico, determina la velocità finale di entrambi i veicoli dopo l'urto.

[$v_{\text{tur}} = 6,25 \text{ m/s}$, $v_{\text{auto}} = 21,7 \text{ m/s}$]

69 PROBLEMA GUIDATO

Urti elastici nello spazio Due astronauti, situati in parti opposte della navicella, confrontano il cibo del loro pranzo. Uno ha una mela, l'altro un'arancia e decidono di scambiarsela. L'astronauta 1 lancia la mela di $0,130 \text{ kg}$ verso l'astronauta 2 con una velocità di modulo $1,11 \text{ m/s}$; l'astronauta 2 lancia l'arancia di $0,160 \text{ kg}$ all'astronauta 1 con una velocità di modulo $1,21 \text{ m/s}$. Sfortunatamente i due frutti si scontrano e l'arancia viene deviata con una velocità di modulo $1,16 \text{ m/s}$ in una direzione che forma un angolo di $42,0^\circ$ rispetto a quella originale del moto. Determina il modulo e la direzione della velocità finale della mela, supponendo che l'urto sia elastico.



SOLUZIONE

Prima dell'urto la mela si muove nella direzione positiva dell'asse x con una velocità di $1,11 \text{ m/s}$ e l'arancia si muove nella direzione negativa dell'asse x con una velocità di $1,21 \text{ m/s}$; prima dell'urto non c'è quantità di moto in direzione y .

Dopo l'urto l'arancia si muove con una velocità di $1,16 \text{ m/s}$ in una direzione che forma un angolo di 42° al di sotto dell'asse x negativo e quindi ha una quantità di moto nella di-

reazione dell'asse y negativo. Per annullare questa quantità di moto in direzione y la mela si deve muovere in una direzione che forma un angolo θ al di sopra dell'asse x positivo, come mostrato in figura.

Calcola l'energia cinetica iniziale del sistema:

$$K_i = \frac{1}{2}m_1v_{1,i}^2 + \frac{1}{2}m_2v_{2,i}^2 = \\ = \frac{1}{2}(0,130 \text{ kg})(1,11 \text{ m/s})^2 + \frac{1}{2}(0,160 \text{ kg})(1,21 \text{ m/s})^2 = \\ = 0,197 \text{ J}$$

Calcola l'energia cinetica finale del sistema in funzione di $v_{1,f}$:

$$K_f = \frac{1}{2}m_1v_{1,f}^2 + \frac{1}{2}m_2v_{2,f}^2 = \\ = \frac{1}{2}(0,130 \text{ kg})v_{1,f}^2 + \frac{1}{2}(0,160 \text{ kg})(1,16 \text{ m/s})^2 = \\ = \frac{1}{2}(0,130 \text{ kg})v_{1,f}^2 + 0,108 \text{ J}$$

Poni $K_f = K_i$:

$$\frac{1}{2}(0,130 \text{ kg})v_{1,f}^2 + 0,108 \text{ J} = 0,197 \text{ J} \\ v_{1,f} = \sqrt{\frac{2(0,197 \text{ J} - 0,108 \text{ J})}{0,130 \text{ kg}}} = 1,17 \text{ m/s}$$

Poni la componente y della quantità di moto finale uguale a zero per determinare l'angolo θ :

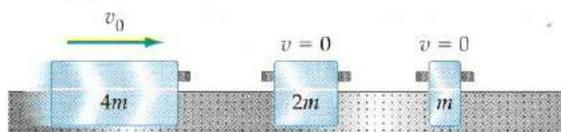
$$0 = m_1v_{1,f}(\text{sen } \theta) - m_2v_{2,f}(\text{sen } 42,0^\circ)$$

Risolvi rispetto a θ :

$$\text{sen } \theta = \frac{m_2v_{2,f}(\text{sen } 42,0^\circ)}{m_1v_{1,f}} = \\ = \frac{(0,160 \text{ kg})(1,16 \text{ m/s})(\text{sen } 42,0^\circ)}{(0,130 \text{ kg})(1,17 \text{ m/s})} = 0,817 \\ \theta = \text{sen}^{-1}(0,817) = 54,8^\circ$$

70 I tre carrelli sulla rotaia a cuscinio d'aria mostrati nella figura hanno masse rispettivamente $4m$, $2m$ ed m . Il carrello con massa maggiore ha una velocità iniziale v_0 , mentre gli altri due carrelli sono inizialmente a riposo. Tutti i carrelli sono forniti di paraurti a molla che rendono le collisioni elastiche.

- Determina la velocità finale di ciascun carrello.
- Verifica che l'energia cinetica finale del sistema è uguale a quella iniziale. (Assumi che la rotaia sia abbastanza lunga per contenere tutte le collisioni).



[a] nell'ordine: $\frac{1}{3}v_0, \frac{2}{3}v_0, \frac{16}{9}v_0$

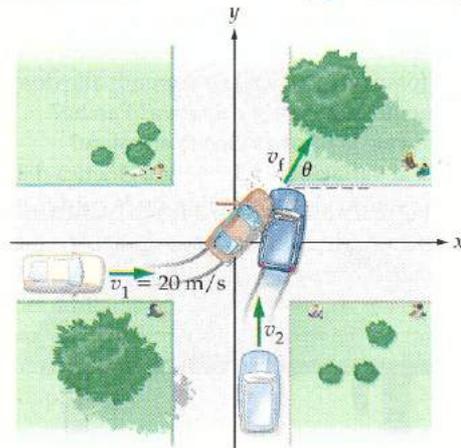
71 Tamponamento 2 Un'automobile di 1000 kg che si muove a 2,3 m/s viene tamponata da un furgone di 2200 kg che viaggia a una velocità di 5,8 m/s.

- Se, dopo la collisione, i veicoli rimangono attaccati, l'energia cinetica finale del sistema automobile-furgone è maggiore, minore o uguale alla somma delle energie cinetiche iniziali dell'auto e del furgone separatamente? Giustifica la risposta.
- Verifica la risposta alla domanda precedente calcolando l'energia cinetica iniziale e finale del sistema.

[a] minore; b) $K_i = 39,6 \text{ kJ}$, $K_f = 35,4 \text{ kJ}$

72 Incrocio pericoloso Una berlina di massa 950 kg che viaggia con una velocità di modulo $v_1 = 20 \text{ m/s}$ si avvicina a un incrocio, mentre una monovolume di 1300 kg sta sopraggiungendo da destra, come mostrato in figura. La berlina e la monovolume si urtano e rimangono attaccate insieme, in una direzione che forma un angolo θ . Determina il modulo della velocità iniziale della monovolume e della velocità finale dei due veicoli. Assumi che le forze esterne siano trascurabili.

[$v_2 = 12 \text{ m/s}$; $v_f = 11 \text{ m/s}$]



73 Giocatori di hockey Due giocatori di hockey di 72,0 kg che si muovono a 5,45 m/s si urtano e rimangono attaccati. Se l'angolo fra le loro direzioni iniziali era di 115° , qual è il modulo della loro velocità dopo la collisione?

[2,93 m/s]

74 Un blocco di legno di 0,420 kg legato a una cordicella pende dal soffitto. Una palla di stucco di 0,0750 kg viene gettata diritta verso l'alto, colpisce il fondo del blocco con una velocità di modulo 5,74 m/s e rimane appiccicata al blocco.

- L'energia meccanica del sistema si conserva?
- Di quanto sale il sistema blocco-stucco rispetto alla posizione originale del blocco?

[a] no; b) 3,86 cm]

75 Moderare un neutrone In un reattore nucleare i neutroni prodotti dalla reazione di fissione dei nuclei devono essere rallentati in modo da poter innescare ulteriori reazioni in altri nuclei. Per valutare quale tipo di materiale è più efficace per rallentare (o, come si dice in termini tecnici, "moderare") i neutroni, calcola il rapporto K_f/K_i fra l'energia cinetica finale e l'energia cinetica iniziale di un neutrone (la cui massa è $m = 1,009 \text{ u}$, dove u è l'unità di massa atomica, pari a $1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$) in un urto frontale elastico con ciascuna delle seguenti particelle bersaglio ferme:

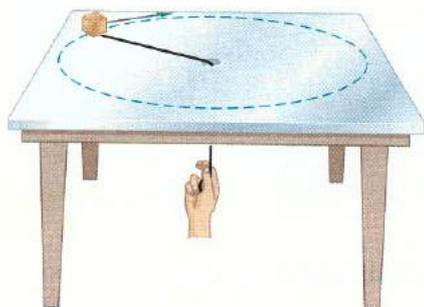
- un elettrone (la cui massa è $M = 5,49 \cdot 10^{-4} \text{ u}$);
- un protone (la cui massa è $M = 1,007 \text{ u}$);
- il nucleo di un atomo di piombo (di massa $M = 207,2 \text{ u}$).



[a] 0,9978; b) $1 \cdot 10^{-6}$; c) 0,9807; il materiale più efficace è il nucleo di piombo]

La legge di conservazione del momento angolare

- 76 Tira la corda** Un piccolo blocco di massa $0,0250 \text{ kg}$ si muove su una superficie orizzontale priva di attrito. Esso è attaccato a un filo privo di massa che passa attraverso un foro praticato nella superficie, come mostrato in figura. Il blocco inizialmente ruota a una distanza $0,300 \text{ m}$ con una velocità angolare di $1,75 \text{ rad/s}$. Il filo è successivamente tirato verso il basso, accorciando il raggio della circonferenza lungo la quale il blocco si muove a $0,150 \text{ m}$. Tratta il blocco come se fosse una particella e rispondi alle domande.
- Il momento angolare si conserva? Perché?
 - Quanto vale la nuova velocità angolare?
 - Calcola la variazione dell'energia cinetica del blocco.
 - Quanto lavoro viene fatto tirando la corda?



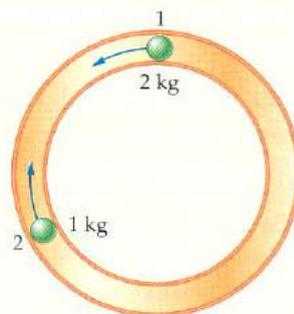
[a) sì, perché la forza è centrale; b) $\omega_f = 7,00 \text{ rad/s}$;
c) $\Delta K = 1,03 \cdot 10^{-2} \text{ J}$; d) $W = 1,03 \cdot 10^{-2} \text{ J}$]

- 77 Sedna, il decimo pianeta?** Nel novembre 2003 alcuni scienziati dell'osservatorio di Monte Palomar, in California, scoprirono un oggetto trans-nettuniano di grandi dimensioni, al momento l'oggetto più distante osservato all'interno

del Sistema solare. L'oggetto, che venne chiamato Sedna, ha un diametro approssimativamente di 1700 km , impiega $10\,500$ anni a orbitare intorno al Sole e raggiunge una velocità massima di $4,64 \text{ km/s}$. I calcoli per determinare l'orbita, basati su successive osservazioni, hanno mostrato che questa è fortemente ellittica e che la distanza dal Sole varia da 76 UA a 942 UA (1 UA è l'unità astronomica, cioè la distanza media della Terra dal Sole, pari a $1,50 \cdot 10^8 \text{ km}$).

- Qual è la velocità minima di Sedna?
- In quale punto dell'orbita si hanno la minima e la massima velocità?
- Quanto vale il rapporto tra l'energia cinetica massima di Sedna e quella minima?
[a) $0,374 \text{ km/s}$; b) la massima velocità è alla minima distanza dal Sole, la minima alla massima distanza; c) 154]

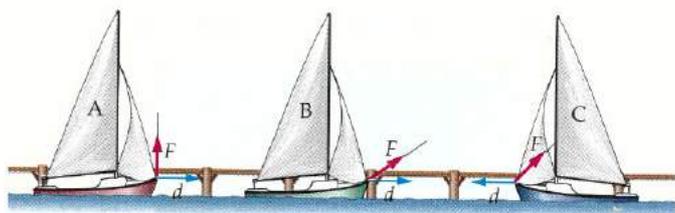
- 78 Scontro in pista** Due palle, una di massa 1 kg e l'altra di massa 2 kg , si muovono su una pista circolare con la stessa velocità scalare v in direzioni opposte. A un certo istante, le due palle si urtano tra loro e, dopo l'urto, rimangono attaccate insieme. Quali sono il modulo della velocità in funzione di v e la direzione in cui si muoveranno dopo la collisione?



[$v_f = \frac{v}{3}$; in verso antiorario]

PROBLEMI DI RIEPILOGO

- 79 Ormeggi** Per evitare che le tre piccole barche disegnate in figura vadano alla deriva a causa del vento e delle correnti d'acqua, tre ragazzi tirano delle corde legate alle prue delle barche ed esercitano forze di modulo F uguale, nella direzione e nel verso mostrati in figura. Ogni barca si muove di una stessa distanza d . Disponi le tre barche (A, B e C) in ordine crescente del lavoro compiuto dalla forza F .



- 80 Un bel morso!** Quando mordi una mela compi un lavoro di circa 19 J . Fai una stima della forza e della potenza prodotta dai muscoli della mascella durante il morso.
[se i denti mordono per una distanza di 3 cm e per un tempo di $0,25 \text{ s}$, $F = 630 \text{ N}$ e $P = 76 \text{ W}$]

- 81 Prevedi/Spiega** Un'auto è accelerata da una forza costante F che la porta da ferma a una velocità v in una distanza Δx .
- La distanza necessaria per accelerare l'auto da una velocità v a una velocità $2v$ è uguale a Δx , $2\Delta x$, $3\Delta x$ o $4\Delta x$?
 - Quale fra le seguenti è la spiegazione migliore per la risposta?
 - La velocità finale è doppia di quella iniziale.
 - L'aumento di velocità è lo stesso in entrambi i casi.
 - Il lavoro è il prodotto di una forza per una distanza e dipende dal quadrato della velocità.
- [a) $3\Delta x$; b) la 3; la 1 e la 2 sono vere, ma incomplete]

- 82 Spostamento terrestre** Un turista di $72,5 \text{ kg}$ sale le scale fino alla cima del Washington Monument, alto 170 metri. Di quanto si sposta la Terra nella direzione opposta mentre il turista sale? (La massa della Terra è $5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$)
[$2,06 \cdot 10^{-21} \text{ m}$]

83 Una massa di 1,8 kg è attaccata a una molla di costante elastica 59 N/m. Se la massa viene rilasciata con una velocità di modulo 0,25 m/s a una distanza di 8,4 cm dalla posizione di equilibrio della molla, qual è la sua velocità quando si trova a metà strada dalla posizione di equilibrio?

[0,49 m/s]

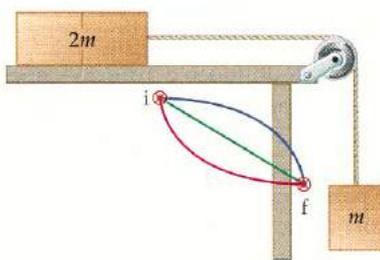
84 Prevedi/Spiega Un blocco di legno è colpito da una pallottola.

- Il blocco subisce uno spostamento maggiore se la pallottola è di metallo e si conficca nel legno oppure se è di gomma e rimbalza all'indietro?
- Quale fra le seguenti è la spiegazione migliore per la risposta?
 - La variazione della quantità di moto quando la pallottola rimbalza è maggiore di quando si conficca nel blocco e si ferma.
 - La pallottola di metallo provoca più danni sul blocco.
 - Poiché la pallottola di gomma rimbalza, ha un effetto minore.

[a] se è di gomma; b) la 1; la 2 è vera ma non rilevante, la 3 è falsa]

85 Prevedi/Spiega La figura mostra un blocco di massa $2m$ fermo su un tavolo orizzontale privo di attrito, al quale è agganciato un secondo blocco di massa m mediante una fune che passa su una puleggia. La posizione iniziale del centro di massa dei blocchi è indicata dal punto i . I blocchi vengono lasciati liberi di muoversi e di accelerare e, dopo pochi istanti, il loro centro di massa si sposta nel punto f .

- Quale, fra le linee rossa, verde o blu disegnate in figura, è la traiettoria del centro di massa?
- Quale fra le seguenti è la spiegazione migliore per la risposta?
 - Il centro di massa deve essere sempre più vicino al blocco di massa $2m$.
 - Il centro di massa parte da fermo e si muove in linea retta in direzione della forza risultante.
 - Le masse stanno accelerando e quindi il moto è parabolico.



[a] la linea verde; b) la 2; la 1 è vera, ma non permette di distinguere le traiettorie, la 3 è falsa]

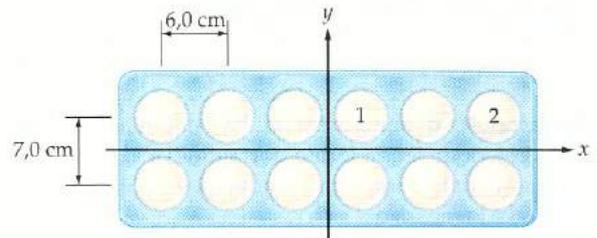
86 La velocità del fucsello Dopo un tornado, un fucsello di 0,55 g venne trovato conficcato per 2,3 cm nel tronco di un albero. Se la forza media esercitata sul fucsello dall'albero era 65 N, quale era la velocità del fucsello quando colpì il tronco dell'albero?

[74 m/s = 267 km/h]

87 Il centro di massa delle uova Nella figura è mostrata una confezione di 12 uova, ognuna di massa m . Inizialmente il centro di massa delle uova è al centro della confezione.

- La posizione del centro di massa cambia di più se viene tolto l'uovo 1 o l'uovo 2? Giustifica la risposta.

b) Verifica la risposta precedente determinando il centro di massa della confezione di uova quando viene tolto l'uovo 1 e quando viene tolto l'uovo 2.



[a] l'uovo 2; b) se si toglie l'uovo 1: $X_{CM} = -0,27$ cm e $Y_{CM} = -0,32$ cm; se si toglie l'uovo 2: $X_{CM} = -1,36$ cm e $Y_{CM} = -0,32$ cm]

88 Equilibratura delle ruote Per bilanciare la ruota di un'automobile di 35,5 kg, un meccanico deve mettere un peso di piombo di 50,2 g a 25,0 cm dal centro della ruota. Quando la ruota è bilanciata, il suo centro di massa è esattamente nel suo centro geometrico. A quale distanza dal centro della ruota era il centro di massa prima che fosse aggiunto il peso di piombo?

[0,354 mm]

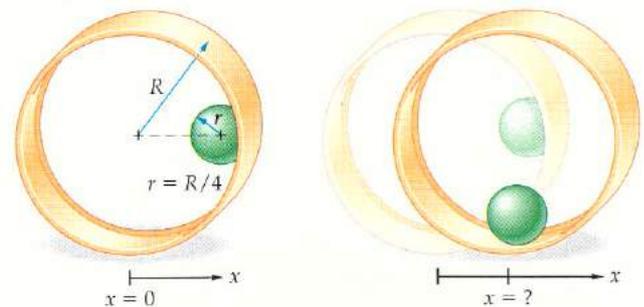
89 Lavoro sulla slitta Una slitta di massa 5,80 kg viene spinta su un piano con uno spostamento $\vec{d} = (4,55 \text{ m})\hat{x}$. (Assumi che l'asse x sia orizzontale e l'asse y verticale).

- Quanto lavoro viene compiuto sulla slitta quando la forza che agisce su di essa è $\vec{F} = (2,89 \text{ N})\hat{x} + (0,131 \text{ N})\hat{y}$?
- Quanto lavoro viene compiuto sulla slitta quando la forza che agisce su di essa è $\vec{F} = (2,89 \text{ N})\hat{x} + (0,231 \text{ N})\hat{y}$?
- Se la massa della slitta viene aumentata, il lavoro compiuto dalle due forze aumenta, diminuisce o rimane lo stesso? Giustifica la risposta.

[a] 13,1 J; b) 13,1 J; c) rimane lo stesso]

90 Un anello metallico di massa M e raggio R è fermo su una superficie piana liscia. La superficie interna dell'anello ha delle guide che formano un binario sul quale può rotolare una palla. Se una palla di massa $2M$ e di raggio $r = R/4$ viene rilasciata dalla posizione mostrata in figura, il sistema rotola avanti e indietro fino a fermarsi nella posizione in cui la palla si trova nella parte più bassa dell'anello. Quando la palla si ferma, qual è la coordinata x del suo centro?

[R/2]



91 Una pallina da giocoliere di massa m viene lanciata verso l'alto da un'altezza iniziale h , con velocità iniziale v_0 . Scrivi l'espressione del lavoro compiuto dalla gravità sulla pallina:

- quando raggiunge la massima altezza h_{max} ;
- quando cade a terra.
- Scrivi l'espressione dell'energia cinetica della pallina quando tocca terra.

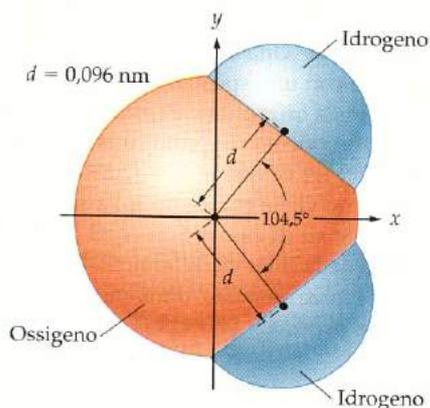
[a] $W = mg(h - h_{max})$; b) $W = mgh$; c) $K = \frac{1}{2}mv_0^2 + mgh$]

92 Sci d'acqua Il motore di una barca da sci nautico sviluppa una potenza di 36 600 W per mantenere una velocità costante di 14,0 m/s. Per tirare uno sciatore alla stessa velocità costante il motore deve sviluppare una potenza di 37 800 W. Qual è la tensione nella corda che tira lo sciatore? [86 N]

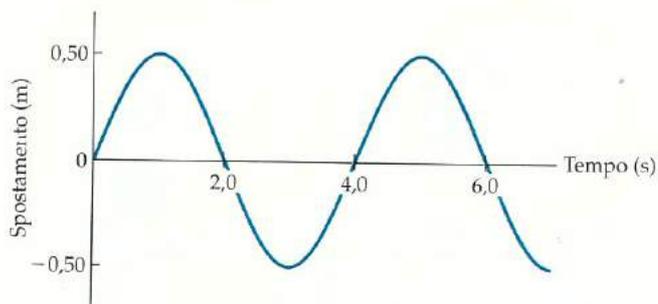
93 La catapulta di una portaerei La catapulta di una portaerei accelera un jet da fermo portandolo a 72 m/s. Il lavoro compiuto dalla catapulta durante il lancio è $7,6 \cdot 10^7$ J.
a) Qual è la massa del jet?
b) Se il jet è a contatto con la catapulta per 2,0 s, qual è la potenza della catapulta?

[a) $2,9 \cdot 10^4$ kg; b) 38 MW]

94 Il centro di massa della molecola d'acqua Determina il centro di massa della molecola di acqua, facendo riferimento alla figura per gli angoli e le distanze. La massa di un atomo di idrogeno è 1,0 u e la massa di un atomo di ossigeno è 16 u, dove $u = 1,66 \cdot 10^{-27}$ kg è l'unità di massa atomica. Assumi il centro dell'atomo di ossigeno come origine del sistema di coordinate. [$X_{CM} = 6,5 \cdot 10^{-12}$ m, $Y_{CM} = 0$]



95 La figura mostra il grafico in funzione del tempo del moto periodico di una massa di 3,8 kg attaccata a una molla.
a) Facendo riferimento alla figura, ti aspetti che la velocità massima sia maggiore, minore o uguale a 0,50 m/s? Giustifica la risposta.
b) Calcola la velocità massima della massa.
c) Quanta energia è immagazzinata in questo sistema?



[a) maggiore; b) 0,79 m/s; c) 1,2 J]

96 Un meteorite Il 9 ottobre 1992, un meteorite di 12,2 kg colpì un'automobile a Peekskill, nei pressi di New York, producendo un'ammaccatura profonda circa 22,0 cm. Se la velocità iniziale del meteorite era di 550 m/s, qual è stata la forza media esercitata sul meteorite dall'auto?

[$-8,4 \cdot 10^6$ N]

97 La striscia nasale Per flettere una striscia nasale e applicarla sul naso è necessaria una forza di 0,25 N e si immagazzina nella striscia un'energia di 0,0022 J. Considerando la striscia come una molla ideale, calcola:
a) la costante elastica della striscia;
b) l'entità della deformazione della striscia (compressione). [a) 14 N/m; b) $\Delta x = 1,8$ cm]

98 La pista di atletica Il manto di una pista di atletica è realizzato in un materiale composito di gomma e resine che ha una costante elastica $k = 2,5 \cdot 10^5$ N/m. La superficie viene compressa leggermente ogni volta che il piede di un atleta si posa su di essa. La forza esercitata dal piede di un atleta, secondo una nota casa produttrice di calzature sportive, ha un'intensità di circa 2700 N. Considerando la pista come una molla ideale, determina:
a) l'entità della compressione della pista causata dal piede dell'atleta;
b) l'energia immagazzinata dalla pista ogni volta che il piede si appoggia su di essa. [a) 1,1 cm; b) 15 J]



99 Spinte sull'altalena Un bambino su un'altalena ha una velocità di 2,02 m/s quando l'altalena è nel suo punto più basso.
a) A che altezza massima sale il bambino, assumendo che egli sieda fermo e si lasci trasportare per inerzia e trascurando la resistenza dell'aria?
b) Come cambia l'altezza massima se la velocità iniziale del bambino si dimezza? [a) 0,208 m; b) si riduce di un fattore 4]

100 Razzo Il razzo di un fuoco d'artificio viene lanciato verticalmente verso il cielo con una velocità iniziale di 44,2 m/s. Il razzo esplose 2,50 s dopo il lancio e si divide in due pezzi di uguale massa.
a) Se ogni pezzo segue una traiettoria che inizialmente è a $45,0^\circ$ dalla verticale, quale era il modulo della loro velocità immediatamente dopo l'esplosione?
b) Qual è la velocità del centro di massa del razzo prima e dopo l'esplosione?
c) Qual è l'accelerazione del centro di massa del razzo prima e dopo l'esplosione?

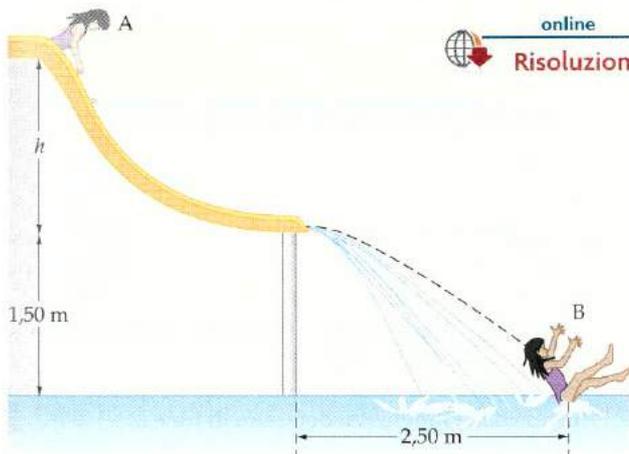
[a) 27,8 m/s; b) $\vec{V}_{CM} = (19,7 \text{ m/s})\hat{y}$ prima e dopo;
c) $\vec{A}_{CM} = (-9,81 \text{ m/s}^2)\hat{y}$]

101 Una massa di 0,363 kg scivola su un pavimento senza attrito con una velocità di modulo 1,24 m/s. La massa colpisce e comprime una molla di costante elastica 44,5 N/m.
a) Quale distanza percorre la massa prima di fermarsi, dopo aver colpito la molla?
b) Quanto tempo impiega la molla a fermare la massa? [a) 0,112 m; b) 0,142 s]

102 Quattro libri identici, ognuno di lunghezza L , sono appoggiati vicino al bordo di un tavolo, come mostrato nella figura, in modo che la distanza d fra il lato esterno del libro che si trova più in alto e il bordo del tavolo sia massima possibile. Determina la distanza d in funzione di L . In particolare, mostra che $d > L$, cioè che il libro più in alto si trova oltre il bordo del tavolo (in teoria, la distanza d può essere resa grande a piacimento, aumentando il numero di libri appoggiati l'uno sull'altro.) [25L/24]



103 **Un bel tuffo** Lo scivolo mostrato in figura finisce a un'altezza di 1,50 m dalla superficie dell'acqua. Se una persona parte da ferma dal punto A e cade in acqua nel punto B, qual è l'altezza h dello scivolo? (Assumi che lo scivolo sia privo di attriti e che la resistenza dell'aria sia trascurabile.) [1,04 m]



[online](#)
Risoluzione

104 Se l'altezza dello scivolo del problema precedente è $h = 3,2$ m e la velocità iniziale della persona nel punto A è $0,54$ m/s, a quale distanza dalla base dello scivolo la persona cadrà in acqua? [4,4 m]

105 **Altalena pericolosa** Una persona su un'altalena viene rilasciata da ferma dalla posizione in cui le corde formano un angolo di $20,0^\circ$ rispetto alla verticale. Le due logore corde dell'altalena sono lunghe 2,75 m e si romperanno se la tensione in ognuna di esse supera i 355 N.
a) Qual è il peso massimo che può avere la persona perché non si spezzino le corde?
b) Se l'altalena è rilasciata quando le corde sono inclinate di un angolo maggiore di $20,0^\circ$ rispetto alla verticale, il peso massimo aumenta, diminuisce o rimane lo stesso? Giustifica la risposta.

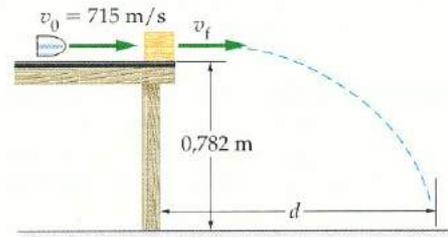
[a) 634 N; b) diminuisce]

106 **Incidente stradale** Un'auto che si muove con velocità iniziale v si scontra con una seconda auto che ha massa uguale a metà della prima ed è ferma. Dopo la collisione la prima auto si muove nella stessa direzione e nello stesso verso di prima, con velocità $v/3$.

- a) Qual è la velocità finale della seconda auto?
b) L'urto è elastico o anelastico?

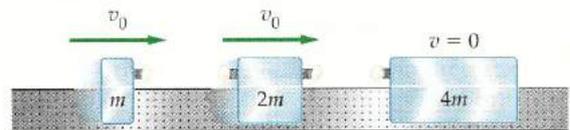
[a) $4v/3$; b) l'urto è elastico]

107 **Dove cade?** Un blocco di legno di 1,35 kg si trova sul bordo di un tavolo, 0,782 m al di sopra del pavimento. Una pallottola di 0,0105 kg che si muove orizzontalmente con una velocità di 715 m/s si conficca all'interno del blocco. Quale distanza orizzontale copre il blocco prima di toccare il pavimento? [2,20 m]



108 **Tre carrelli** I tre carrelli della rotaia a cuscinio d'aria mostrati nella figura hanno massa rispettivamente m , $2m$ e $4m$. Inizialmente il carrello a destra è fermo, mentre gli altri due si muovono verso destra con velocità v_0 . Tutti i carrelli sono dotati di un paraurti di mastice che rende gli urti completamente anelastici.

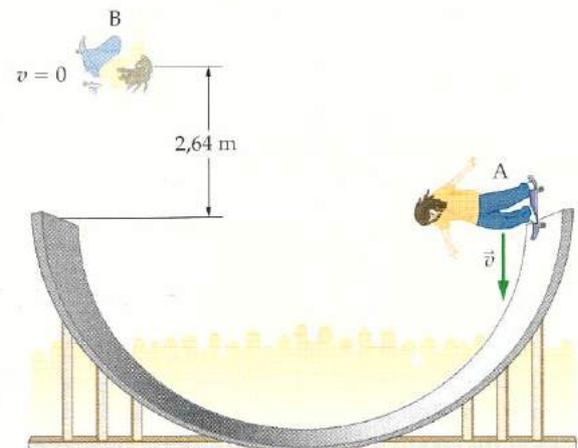
- a) Determina la velocità finale dei carrelli.
b) Calcola il rapporto fra l'energia cinetica iniziale e finale del sistema.



[online](#)
Risoluzione

[a) $\frac{3}{2}v_0$; b) $\frac{3}{2}$]

109 **Half pipe** Un ragazzo su uno skateboard parte nel punto A indicato in figura e raggiunge un'altezza di 2,64 m al di sopra dell'estremità della rampa, nel punto B. Qual era la sua velocità iniziale nel punto A? [7,20 m/s]



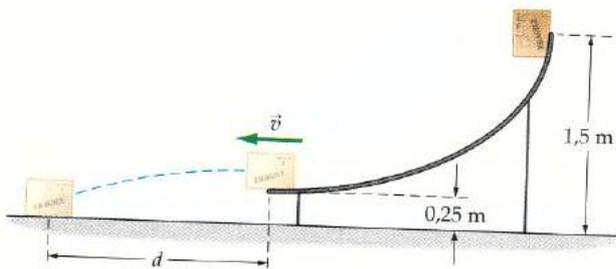
110 In una macchina di Atwood come quella del problema 47, la massa m_2 , dopo aver toccato terra, rimane ferma, ma la massa m_1 continua a muoversi verso l'alto. Di quanto prosegue la sua salita la massa m_1 dopo che m_2 ha toccato terra? Fornisci la risposta nel caso in cui $h = 1,2$ m, $m_1 = 3,7$ kg e $m_2 = 4,1$ kg. [6 cm]

111 Il blocco in salita Un blocco di 8,70 kg con una velocità iniziale di 1,56 m/s scivola verso la sommità di una rampa inclinata di un angolo di $28,4^\circ$ rispetto all'orizzontale. Il coefficiente di attrito dinamico fra il blocco e la rampa è 0,62. Usa la conservazione dell'energia per determinare la distanza che percorre il blocco prima di fermarsi. [0,121 m]

112 Il blocco in discesa Ripeti il problema precedente nel caso in cui il blocco di massa 8,70 kg scivoli con la stessa velocità iniziale verso la base della rampa. [1,8 m]

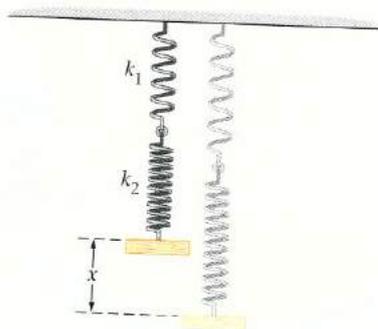
113 La tensione della liana Un orango si dondola su una liana lunga 7,6 m che inizialmente forma un angolo di 37° con la verticale. Se l'orango parte da fermo e ha una massa di 78 kg, qual è la tensione nella liana nel punto più basso della sua oscillazione? [1,1 kN]

114 Giù dalla rampa Un blocco di 1,9 kg scivola verso il basso da una rampa priva di attrito, come mostrato nella figura. La cima della rampa è a un'altezza di 1,5 m dal terreno, la base della rampa a 0,25 m dal terreno. Il blocco lascia la rampa movendosi orizzontalmente e atterra a una distanza orizzontale d dalla rampa. Determina la distanza d . [1,1 m]



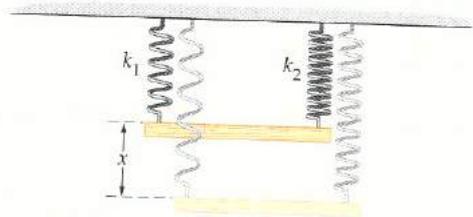
115 Supponi che la rampa del problema precedente non sia priva di attrito. Determina la distanza d nel caso in cui durante la discesa l'attrito compia sul blocco un lavoro di $-9,7$ J. [0,85 m]

116 Molle in serie Due molle, di costante elastica k_1 e k_2 , sono collegate in serie, come mostrato nella figura. Scrivi l'espressione del lavoro necessario per allungare questo sistema di una distanza x dalla posizione di equilibrio.



$$[W = \frac{1}{2}x^2 \left(\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \right)]$$

117 Molle in parallelo Due molle, di costante elastica k_1 e k_2 , sono collegate in parallelo, come mostrato nella figura. Scrivi l'espressione del lavoro necessario per allungare questo sistema di una distanza x dalla posizione di equilibrio.

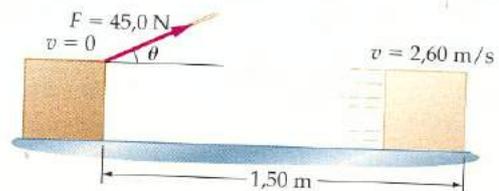


$$[W = \frac{1}{2}(k_1 + k_2)x^2]$$

118 Un blocco è fermo su una superficie orizzontale priva di attrito. Una corda è attaccata al blocco e viene tirata da una forza di 45,0 N in una direzione che forma un angolo θ al di sopra dell'orizzontale, come mostrato in figura. Dopo che il blocco ha percorso una distanza di 1,50 m, la sua velocità è 2,60 m/s e su di esso è stato compiuto un lavoro di 50,0 J.

- a) Qual è l'ampiezza dell'angolo θ ?
b) Qual è la massa del blocco?

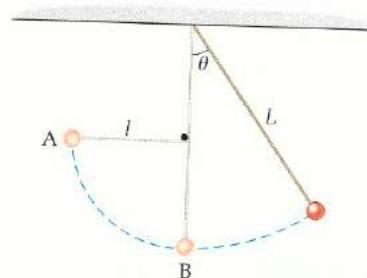
online
Risoluzione



[a) $42,2^\circ$; b) 14,8 kg]

119 La tensione nella corda Una palla di massa m appesa a una corda di lunghezza L viene rilasciata da ferma nel punto A, come mostrato in figura.

- a) Dimostra che la tensione nella corda quando la palla raggiunge il punto B è $3mg$.
b) Spiega perché la tensione nella corda nel punto B non dipende dalla lunghezza del tratto di fune l .



120 Con riferimento alla figura del problema precedente, supponi che $L = 0,652$ m e $l = 0,325$ m.

- a) Determina il massimo angolo che la corda forma con la verticale quando la massa è rilasciata dal punto A e oscilla verso destra.
b) Calcola a quale altezza si trova la palla rispetto al punto B quando la corda forma l'angolo massimo con la verticale. Spiega il significato fisico del risultato trovato.
c) Scrivi una relazione generale che fornisca l'angolo trovato in a) come funzione di L ed l .

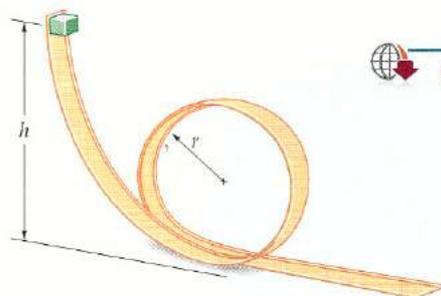
[a) $59,9^\circ$; b) $y = l = 0,325$ m; si conserva l'energia meccanica;
c) $\theta = \cos^{-1}(1 - l/L)$

121 Il giro della morte Un blocco di massa m scivola da fermo sulla pista priva di attrito disegnata in figura.

a) Qual è la minima altezza h da cui può essere liberato il blocco perché mantenga il contatto con la pista in ogni momento del suo percorso? Fornisci h in funzione del raggio r del cerchio.

b) Spiega perché l'altezza ottenuta nella parte a) è indipendente dalla massa del blocco.

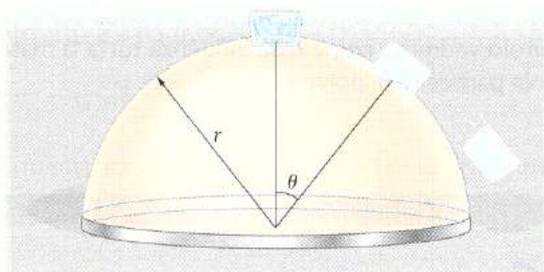
[$\frac{3}{2}r$]



online
Risoluzione

122 Il cubetto di ghiaccio sulla ciotola Un cubetto di ghiaccio è posto sulla sommità della superficie sferica di una ciotola capovolta di raggio r , come mostrato in figura. Se il cubetto di ghiaccio inizia a scivolare partendo da fermo dal punto più alto della superficie, a quale angolo θ rispetto alla verticale si stacca dalla superficie della ciotola? In altri termini, a quale angolo la forza normale fra il cubetto e la superficie diventa uguale a zero?

[$48,2^\circ$]

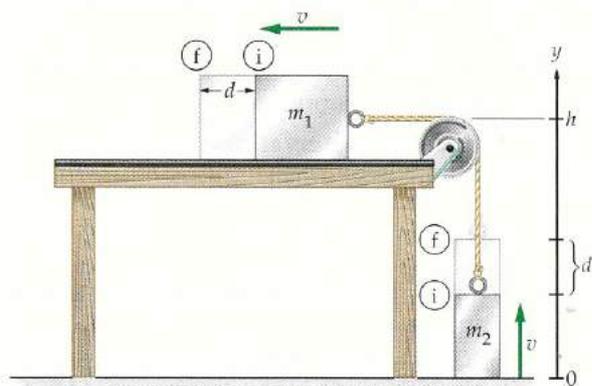


123 I due blocchi disegnati in figura si stanno muovendo con velocità iniziale di modulo v .

a) Se il sistema è senza attrito, determina la distanza d che percorrono i blocchi prima di fermarsi. (Considera $U = 0$ nella posizione iniziale del blocco 2).

b) Il lavoro compiuto sul blocco 2 dalla fune è positivo, negativo o nullo? Giustifica la risposta.

c) Determina il lavoro compiuto dalla fune sul blocco 2.



[a] $d = \frac{(m_1 + m_2)v^2}{2m_2g}$; b) è positivo; c) $W = \frac{1}{2}m_1v^2$

124 Considera il sistema del problema precedente.

a) Assumendo che il coefficiente di attrito dinamico fra il blocco 1 e la superficie del tavolo sia $\mu_d = 0,25$, quale velocità iniziale è necessaria se i blocchi di massa $m_1 = 2,4$ kg e $m_2 = 1,1$ kg devono percorrere una distanza $d = 6,5$ cm prima di fermarsi?

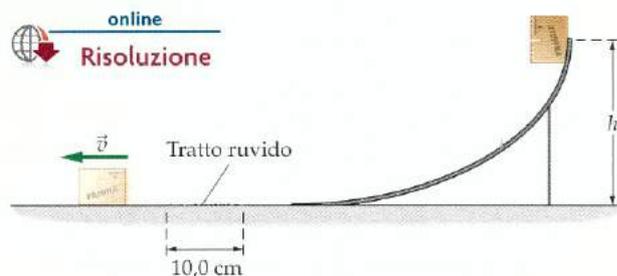
b) Il lavoro compiuto sul blocco 2 dalla fune è positivo, negativo o nullo? Giustifica la risposta.

c) Calcola il lavoro compiuto dalla fune sul blocco 2.

[a] $0,79$ m/s; b) positivo; c) $W_{nc} = 0,36$ J]

125 La figura mostra un blocco di $1,75$ kg fermo su una rampa a un'altezza h . Quando viene lasciato libero, il blocco scivola senza attrito fino alla base della rampa e poi continua a muoversi su una superficie orizzontale priva di attrito, tranne che in un tratto ruvido di $10,0$ cm che ha un coefficiente di attrito dinamico $\mu_d = 0,640$. Determina l'altezza h per la quale la velocità del blocco, dopo aver attraversato il tratto ruvido, è $3,50$ m/s.

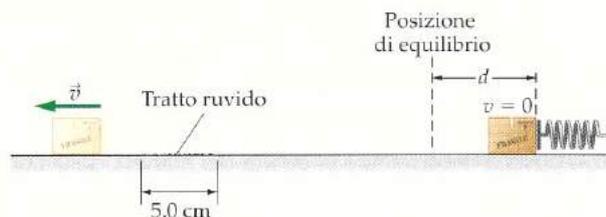
[$0,688$ m]



online
Risoluzione

126 Un blocco di $1,2$ kg è mantenuto fermo contro una molla di costante elastica $k = 730$ N/m, come mostrato in figura. Inizialmente la molla è compressa di un tratto d . Quando il blocco viene lasciato libero, scivola su una superficie orizzontale priva di attrito, tranne che in un tratto ruvido di lunghezza $5,0$ cm che ha un coefficiente di attrito dinamico $\mu_d = 0,44$. Determina quale deve essere la compressione d perché la velocità del blocco, dopo che ha attraversato il tratto ruvido, sia $2,3$ m/s.

[$0,097$ m]



127 Un oggetto si muove di moto armonico semplice di ampiezza A e pulsazione ω attorno al punto di equilibrio $x = 0$. Usa la conservazione dell'energia per dimostrare che la velocità dell'oggetto nella generica posizione x è data dalla seguente espressione:

$$v = \omega \sqrt{A^2 - x^2}$$

128 Un oggetto di massa m subisce un urto elastico non frontale con un oggetto identico a riposo. Dimostra che l'angolo fra i vettori velocità dei due oggetti dopo l'urto è di 90° .