

LEZIONE 8

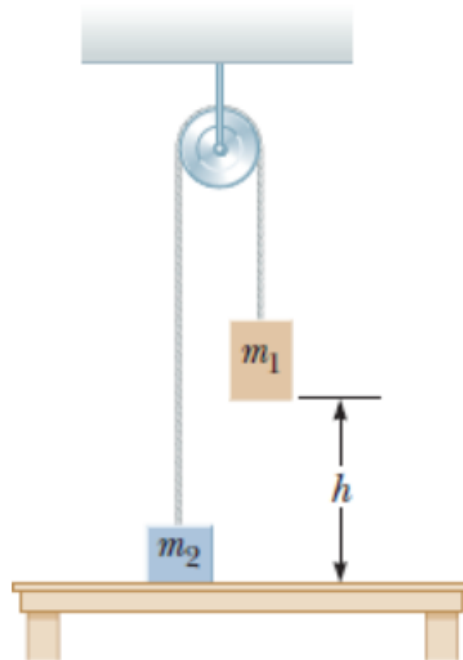
ENERGIA DI UN SISTEMA

ELISABETTA COMINI

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA –2024/25

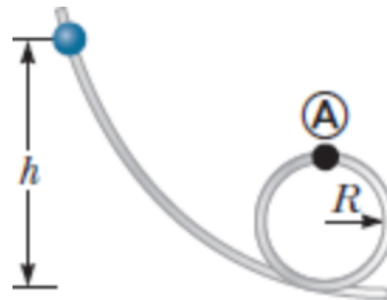
3. Un blocco di massa $m = 0.250$ kg viene posato sopra una molla verticale (priva di massa) di costante elastica $k = 5\,000$ N/m; il blocco è spinto verso il basso in modo che la molla venga compressa di 0.100 m. Dopo che è stato liberato, il blocco si muove verso l'alto e prosegue il suo moto staccandosi dalla molla. Quale altezza massima raggiunge rispetto al punto di rilascio?

7. Due masse sono collegate da una fune, di massa trascurabile, che scorre su una carrucola, anch'essa di massa trascurabile e priva di attrito, come in Figura P8.7. La massa $m_1 = 5.00$ kg viene lasciata cadere a partire dalla quiete da un'altezza $h = 4.00$ m dal tavolo. Usando il modello sistema isolato, si determinino (a) la velocità della massa $m_2 = 3.00$ kg nell'istante in cui m_1 tocca il tavolo e, (b) la massima altezza a cui salirà la massa m_2 .

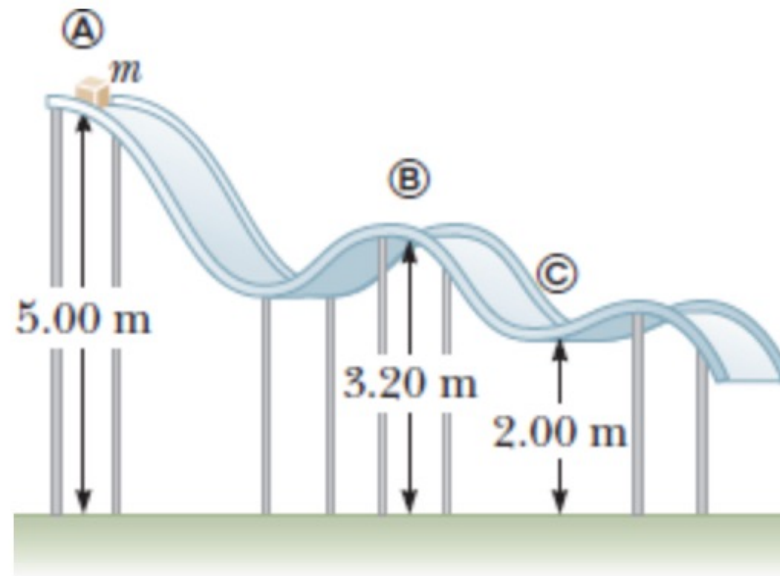


8. Due masse m_1 e m_2 sono collegate da una fune, di massa trascurabile, che scorre su una carrucola, anch'essa di massa trascurabile e priva di attrito, come in Figura P8.7. La massa m_1 viene lasciata cadere a partire dalla quiete da un'altezza h dal tavolo. Usando il modello sistema isolato, si determinino (a) la velocità della massa m_2 nell'istante in cui m_1 tocca il tavolo e (b) la massima altezza a cui salirà la massa m_2 .

5. Problema di riepilogo. Una perlina scivola senza attrito lungo una guida come quella mostrata in Figura P8.5. Sapendo che la perlina viene rilasciata, in quiete, da un'altezza $h = 3.50R$, si calcoli (a) la sua velocità quando passa dal punto A. (b) Quanto vale in quel punto la reazione normale della guida se la massa della perlina è di 5.00 g?

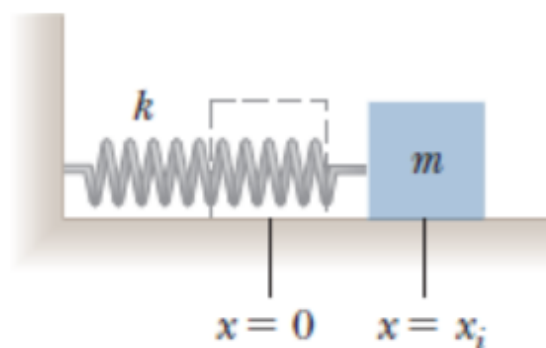


6. Un blocchetto di massa $m = 5.00 \text{ kg}$ viene rilasciato nel punto **Ⓐ** e scivola su una guida priva di attrito, come mostrato in Figura P8.6. Si determinino (a) la velocità del blocchetto nei punti **Ⓑ** e **Ⓒ** e (b) il lavoro fatto sul blocchetto dalla forza di gravità durante il suo moto dal punto **Ⓐ** al punto **Ⓒ**.



9. Una sbarra rigida, di massa trascurabile, lunga 77.0 cm è in posizione verticale con una pallina attaccata alla sua estremità più bassa; la sbarra può ruotare senza attrito intorno ad un asse orizzontale passante per la sua estremità più alta. Ad un certo istante si colpisce la pallina, impartendole una velocità orizzontale, cosicché compia un giro. Qual è la velocità minima che deve avere la pallina, subito dopo che è stata colpita, per poter raggiungere il punto più alto del suo percorso?

15. Un blocco di massa $m = 2.00$ kg è attaccato, come in Figura P8.15, ad una molla di costante elastica $k = 500$ N/m. Il blocco viene spostato nella posizione $x_i = 5.00$ cm a destra della posizione di equilibrio e rilasciato a partire dalla quiete. Si trovi la velocità del blocco quando attraversa la posizione di equilibrio nel caso in cui (a) la superficie orizzontale sia priva di attrito e (b) il coefficiente di attrito dinamico fra blocco e terreno sia $\mu_k = 0.350$.



14. Una cassa di 10.0 kg, che ha una velocità iniziale di 1.50 m/s, viene tirata su per un piano inclinato di 20.0° sull'orizzontale. La forza che tira su la cassa è parallela al piano inclinato ed ha un valore di 100 N. Il coefficiente di attrito dinamico è 0.400 e la cassa viene trascinata per 5.00 m. (a) Quanto vale il lavoro compiuto dalla forza di gravità sulla cassa? (b) Di quanto aumenta l'energia interna del sistema cassa-piano inclinato a causa dell'attrito? (c) Quanto vale il lavoro compiuto sulla cassa dalla forza di 100 N? (d) Di quanto cambia l'energia cinetica della cassa? (e) Qual è la velocità finale della cassa dopo i 5.00 m di trascinamento?

16. Una forza di 130 N spinge una cassa di 40.0 kg, inizialmente in quiete, per 5.00 m su di un piano orizzontale scabro. Il coefficiente di attrito fra cassa e terreno è 0.300. Si trovino (a) il lavoro compiuto dalla forza applicata, (b) l'aumento di energia interna del sistema cassa-terreno causato dall'attrito, (c) il lavoro della forza normale, (d) il lavoro della forza di gravità, (e) la variazione di energia cinetica della cassa e (f) la velocità finale della cassa.

12. Uno slittino di massa m , che si trova sulla superficie di uno stagno gelato, subisce un urto e parte con una velocità di 2.00 m/s . Il coefficiente di attrito dinamico fra slittino e ghiaccio è 0.100 . Con considerazioni energetiche si trovi la distanza che lo slittino avrà percorso prima di arrestarsi di nuovo.

18. Al tempo t_i l'energia cinetica di una particella è 30.0 J e l'energia potenziale del sistema a cui la particella appartiene è 10.0 J . Ad un istante successivo t_f l'energia cinetica della particella è diventata 18.0 J . (a) Nel caso in cui agiscano solamente forze conservative, quali sono i valori dell'energia potenziale e dell'energia totale al tempo t_f ? (b) Se invece all'istante di tempo t_f l'energia potenziale del sistema avesse un valore 5.00 J , vorrebbe dire che sulla particella agiscono forze non conservative? Si spieghi.

22. Il coefficiente d'attrito tra il blocco $m_1 = 3.00$ kg e la superficie della Figura P8.22 è $\mu_k = 0.400$. Il sistema parte dalla quiete. Qual è la velocità della sfera $m_2 = 5.00$ kg nell'istante in cui è scesa di $h = 1.50$ m?

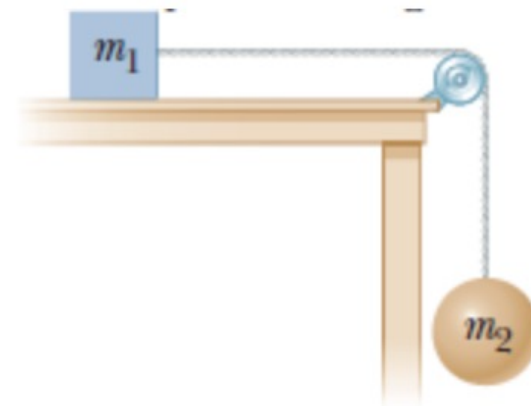


FIGURA P8.22

24. Un corpo di 1.50 kg è tenuto sospeso ad una altezza di 1.20 m sopra una molla verticale di costante elastica 320 N/m e di massa trascurabile. Se il corpo viene lasciato cadere sulla molla (a) quale sarà la compressione massima della molla? (b) **E se?** Come cambia la risposta ad (a) se il corpo, durante la caduta, è sottoposto ad una forza di 0.700 N dovuta alla resistenza dell'aria? (c) **E se?** Se l'esperimento venisse effettuato sulla Luna, dove l'accelerazione di gravità è $g = 1.63 \text{ m/s}^2$ ed è nulla la resistenza con l'aria, quale sarebbe la compressione massima della molla?

26. Un paracadutista di 80.0 kg si lancia da un pallone ae-rostatico che si trova a 1 000 m di altezza e apre il paracadute ad una altezza di 200 m. (a) Facendo l'ipotesi che la forza frenante che agisce durante la caduta sia costante e che il suo valore sia 50.0 N a paracadute chiuso e 3 600 N a paracadute aperto, si trovi la velocità del paracadutista al momento del suo contatto con il terreno. (b) Nell'atterraggio il paracadutista subirà danni fisici? Si spieghi. (c) Se il paracadutista volesse toccare il suolo con una velocità di 5.00 m/s, a quale altezza dovrebbe aprire il suo paracadute? (d) È realistica l'ipotesi che la forza frenante sia costante? Si spieghi.

27. Una bambina di massa m scende partendo da ferma lungo uno scivolo privo di attrito. Lo scivolo di altezza h finisce in una piscina (Fig. P8.27). Lo scivolo termina ad una altezza $h/5$ sopra il livello della piscina. Si determini l'altezza massima raggiunta dalla bambina durante il tuffo. (a) Il sistema bambina-Terra è isolato o non isolato? Perché? (b) Nel sistema agisce una forza non conservativa? (c) Si definisca come livello di energia potenziale gravitazionale nullo quello alla superficie della piscina. Si esprima l'energia totale del sistema quando la bambina si trova in cima allo scivolo. (d) Si esprima l'energia totale del sistema quando la bambina si stacca dallo scivolo. (e) Si esprima l'energia totale del sistema quando la bambina è nel punto più alto della traiettoria. (f) Da (c) e (d) si ricavi la velocità iniziale v_i nel punto di distacco dallo scivolo, in termini di g e h . (g) Da (d) (e) ed (f) si ricavi la massima altezza y_{\max} in termini di h e dell'angolo di lancio θ . (h) Le risposte sarebbero diverse se lo scivolo presentasse attrito? Spiegare.

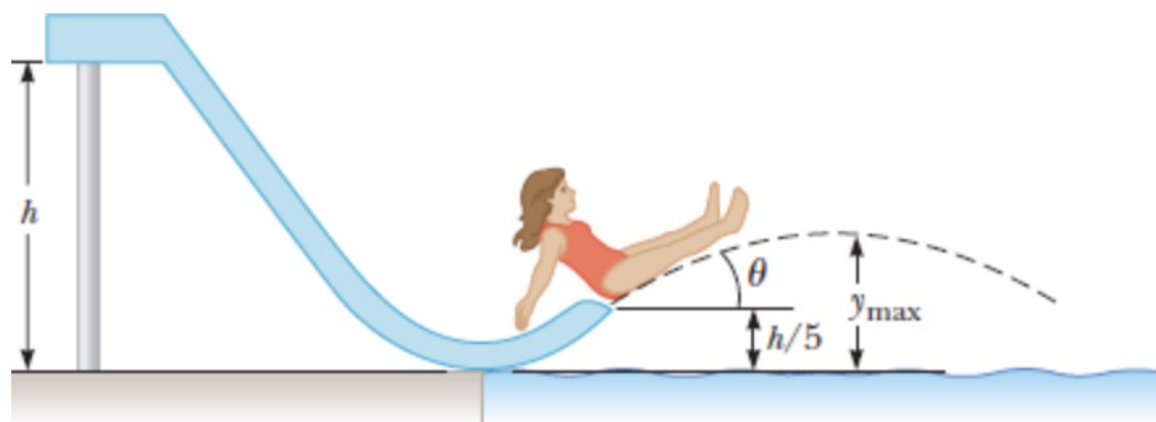
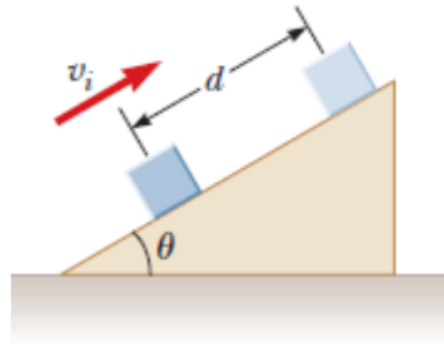


FIGURA P8.27

23. Un blocco di 5.00 kg viene lanciato verso l'alto lungo un piano inclinato con una velocità iniziale $v_i = 8.00 \text{ m/s}$ (Fig. P8.23). Il blocco si ferma dopo aver percorso $d = 3.00 \text{ m}$ lungo il piano, che ha una inclinazione di $\theta = 30.0^\circ$. Si determinino (a) la variazione di energia cinetica del blocco, (b) la variazione di energia potenziale del sistema blocco-Terra, (c) la forza d'attrito (supposta costante) risentita dal blocco. (d) Qual è il valore del coefficiente d'attrito dinamico?



30. Il motore elettrico di un treno giocattolo fa accelerare il modellino per 21.0 ms e lo porta, dalla quiete, alla velocità di 0.620 m/s. La massa totale del trenino è 875 g. (a) Si calcoli la potenza minima erogata dalla trasmissione elettrica dai binari metallici durante l'accelerazione. (b) Perché tale potenza è la minima?

39. Un pianoforte di 3.50 kN viene sollevato da tre operai a velocità costante fino ad un appartamento che si trova a 25.0 m sopra la strada usando una carrucola agganciata al tetto del palazzo. Ciascun operaio può sviluppare una potenza di 165 W , e la carrucola ha un'efficienza del 75.0% (Questo significa che il 25.0% dell'energia meccanica si trasforma a causa dell'attrito). Trascurando la massa della carrucola, si trovi il tempo necessario per sollevare il pianoforte dalla strada all'appartamento.

33. Una lampadina ad alta efficienza assorbe 28.0 W di potenza e può produrre la stessa intensità luminosa di una lampadina ad incandescenza tradizionale da 100 W . La vita media della prima lampadina è $10\,000$ ore ed il suo costo è 4.50 euro, mentre la seconda ha una vita media di 750 ore e costa 0.42 euro. Si determini il risparmio complessivo che si ottiene con l'uso della lampadina ad alta efficienza, al posto di una lampadina comune. Si faccia l'ipotesi che il costo dell'energia elettrica sia di 0.200 euro per kilowattora.

37. Dal punto di vista del risparmio energetico, muoversi a piedi o in bicicletta è molto più efficiente di quanto non sia viaggiare in automobile. Per esempio, quando un ciclista pedala a 10.0 mi/h, egli consuma circa 400 kcal/h che sono molto più che stando semplicemente seduto. (Negli esercizi basati sulla fisiologia la potenza è misurata in kcal/h piuttosto che in watts. Qui 1 kcal = 1 Caloria nutrizionale = 4 186 J.) Camminando a 3.00 mi/h si consumano 220 kcal/h. È interessante confrontare questi valori con i consumi di energia richiesti viaggiando in auto. La benzina fornisce circa 1.30×10^8 J/gal (gal = gallone = 3.785 l). Si trovi il risparmio di carburante in miglia per gallone per una persona che (a) cammina e (b) va in bicicletta.

43. Una particella di massa $m = 200 \text{ g}$, inizialmente a riposo, è lasciata libera in un punto ① che si trova sul diametro orizzontale di una coppa liscia semisferica di raggio $R = 30.0 \text{ cm}$ (Fig. P8.43). Si calcolino (a) l'energia potenziale gravitazionale del sistema particella-Terra nel punto ① rispetto al punto ②, (b) l'energia cinetica della particella nel punto ②, (c) la sua velocità in ②, e (d) l'energia cinetica e potenziale nel punto ③.

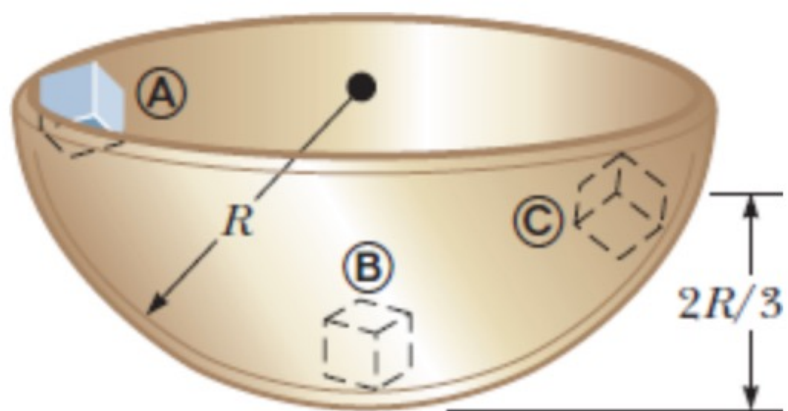


FIGURA P8.43 Problemi 43 e 44.

44. E se? La particella descritta nel problema 43 (Fig. P8.43) viene ancora lasciata libera nel punto ① ma adesso la superficie della coppa è scabra. Si sa che la velocità della particella, quando raggiunge il punto ②, è 1.50 m/s . (a) Quanto vale l'energia cinetica in ②? (b) Quanta energia meccanica si è trasformata in energia interna durante il moto da ① a ②? (c) I risultati trovati sono sufficienti per determinare il valore del coefficiente di attrito? Si spieghi la risposta (c).

54. Uno spazzaneve, che avanza in un piazzale coperto di neve, deve spingere davanti a sé una massa di neve che cresce progressivamente. Immaginiamo che lo stesso succeda ad un'automobile che avanza nell'aria; schematizziamola come un cilindro di superficie A che avanza con velocità v e che spinge in avanti una massa d'aria via via crescente. L'aria, che si trova in quiete, viene messa in moto alla velocità costante v del cilindro, come è mostrato nella Figura P8.54. In un tempo Δt una colonna di aria di massa Δm deve essere spostata di una distanza $v \Delta t$ ed avrà acquistato un'energia cinetica $\frac{1}{2}(\Delta m) v^2$. Usando questo semplice modello, si mostri che la potenza persa dall'automobile a causa della resistenza dell'aria è $\frac{1}{2}\rho A v^3$, dove ρ è la densità dell'aria e che la forza frenante agente sull'auto è $\frac{1}{2}\rho A v^2$. Si confronti questo risultato con l'espressione empirica $\frac{1}{2}D\rho A v^2$.

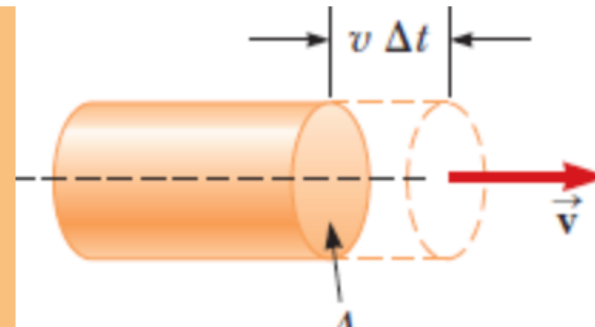
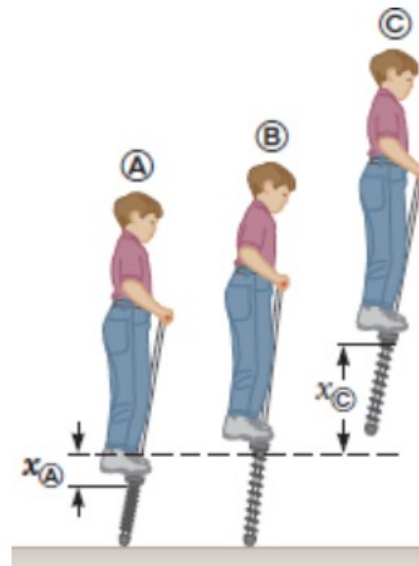


FIGURA P8.54

47. Un corpo di 4.00 kg, descrivibile come un punto materiale, si muove lungo l'asse x . La dipendenza dal tempo della sua posizione è $x = t + 2.0t^3$, dove x è espresso in metri e t in secondi. Si calcolino, ad ogni istante di tempo t , (a) l'energia cinetica, (b) l'accelerazione del corpo e la forza cui è soggetto, (c) la potenza che gli viene fornita. (d) Si trovi anche il lavoro che è stato fatto sul corpo nell'intervallo di tempo che va da $t = 0$ a $t = 2.00$ s.

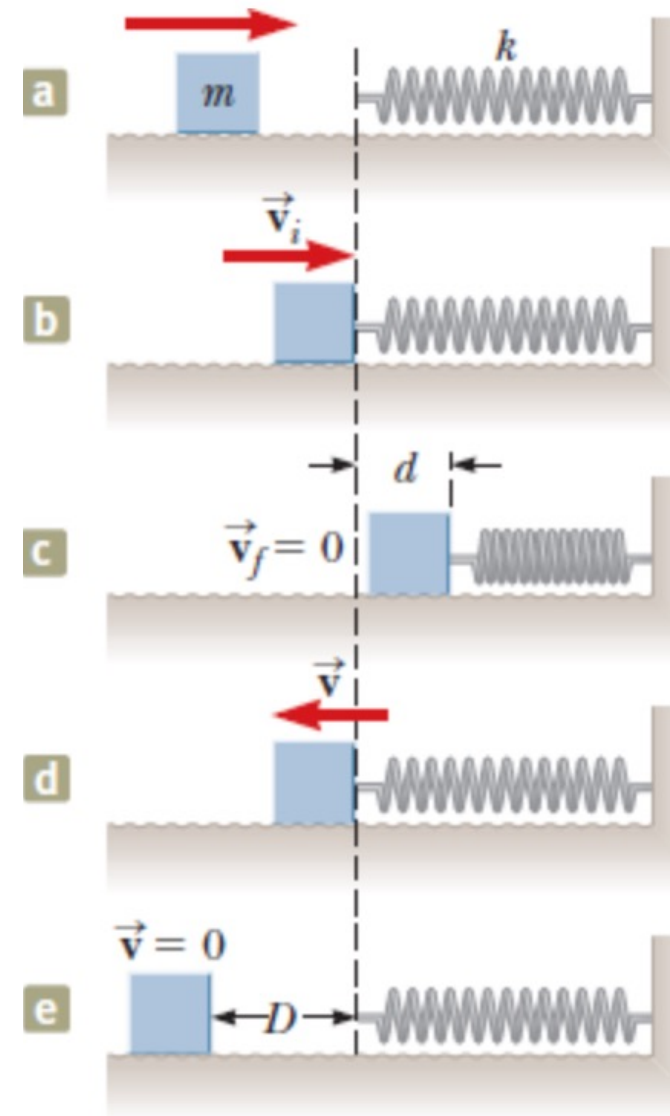
55. Le pale di un generatore eolico girano perché vengono spinte dalla forza dell'aria ad alta velocità $R = \frac{1}{2}D\rho Av^2$. La potenza disponibile è $P = Rv = \frac{1}{2}D\rho\pi r^2 Av^2$ dove v indica la velocità del vento e dove abbiamo ipotizzato che il generatore esponga al vento un'area circolare di raggio r . D è il coefficiente di trascinamento; si ponga $D = 1.00$ e si cerchi il valore della densità dell'aria in uno dei risvolti di copertina. Per un generatore che debba servire una casa, si usi $r = 1.50$ m e si calcoli la potenza disponibile se (a) $v = 8.00$ m/s e (b) $v = 24.0$ m/s. La potenza effettivamente fornita al generatore elettrico è limitata dall'efficienza di tutto il sistema che è dell'ordine del 25%. Per un confronto, si pensi che una casa tipica ha bisogno di circa 2 kW di potenza elettrica.

61. Un bastone a molla per bambini (Fig. P8.61) immagazzina energia in una molla di costante elastica $2.50 \times 10^4 \text{ N/m}$. Nella posizione ① ($x_A = -0.100 \text{ m}$) la compressione della molla è massima ed il bambino è momentaneamente in quiete. Nella posizione ② ($x_B = 0$) la molla si è distesa ed il bambino si sta spostando verso l'alto. Nella posizione ③ il bambino si trova ancora momentaneamente in quiete, stavolta alla massima altezza del salto. La somma delle masse del bastone e del bambino è di 25.0 kg . Benché il bambino si sporga in avanti per mantenere l'equilibrio, l'angolo di inclinazione è piccolo per cui si può trascurare. Si faccia inoltre l'ipotesi che il bambino non pieghi le gambe durante il salto. Si determinino (a) l'energia totale del sistema bambino-bastone-Terra ponendo lo zero delle energie potenziali elastica e gravitazionale nella posizione $x = 0$, (b) il valore di x_C , (c) la velocità del bambino in $x = 0$, (d) il valore di x per il quale l'energia cinetica del sistema è massima, (e) la massima velocità verso l'alto del bambino.

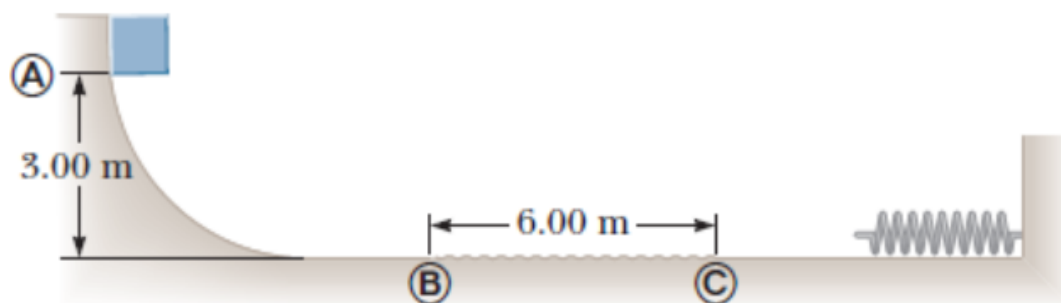


62. Un corpo di massa 1.00 kg scivola verso destra su una superficie con coefficiente di attrito di namico 0.250 (Fig. P8.62a). Il corpo, quando viene in contatto con una molla di massa trascurabile e di costante elastica $k = 50.0\text{ N/m}$, ha una velocità $v_i = 3.00\text{ m/s}$ (Fig. P8.62b). Il corpo si arresta quando ha compresso la molla di un tratto d (Fig. P8.62c). Il corpo viene allora spinto dalla molla verso sinistra (Fig. P8.62d) e continua a muoversi in quella direzione al di là della posizione di equilibrio della molla. Alla fine il corpo si ferma ad una distanza D a sinistra della posizione di equilibrio della molla (Fig. P8.62e). Si calcolino (a) il tratto d di cui è stata compressa la molla, (b) la velocità v della massa quando questa passa per la posizione di equilibrio della molla (Fig. P8.62d) (c) la distanza D a cui, alla fine, il corpo si ferma.

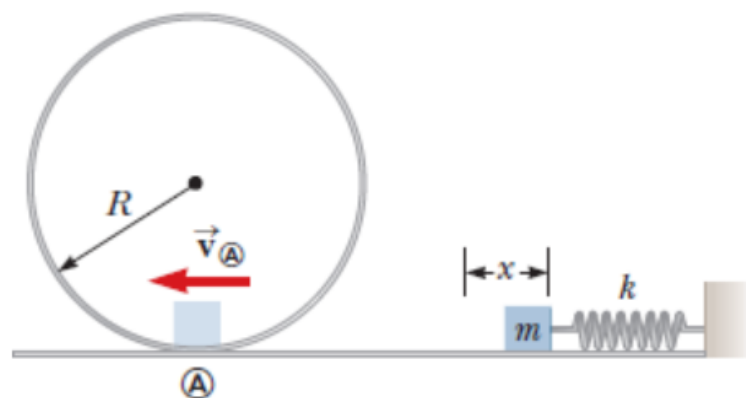
PER CASA...



63. Un blocco di 10.0 kg viene lasciato libero nel punto A della Figura P8.63. Il piano è privo di attrito, fatta eccezione per il tratto tra B e C lungo 6.00 m. Il blocco scende lungo la pista, colpisce una molla di costante elastica 2 250 N/m e la comprime di 0.300 m prima di arrestarsi momentaneamente. Si determini il coefficiente d'attrito dinamico tra superficie e blocco nel tratto scabro tra B e C.



65. Un blocco di 0.500 kg viene spinto contro una molla orizzontale, di massa trascurabile, comprimendola fino alla posizione x (Fig. P8.65). La costante elastica della molla è di 450 N/m . Il blocco viene allora lasciato libero per cui si muove lungo un piano orizzontale privo d'attrito fino a raggiungere il punto \textcircled{A} , il punto più basso di una guida circolare verticale di raggio $R = 1.00\text{ m}$, quindi continua a scivolare verso l'alto rimanendo appoggiato alla guida. La velocità del blocco nel punto \textcircled{A} è $v_A = 12.0\text{ m/s}$ e risente lungo la guida circolare di una forza d'attrito di valore medio 7.00 N . (a) Quanto vale x ? (b) Se il blocco dovesse arrivare in cima alla guida, quale sarebbe la sua velocità in quel punto? (c) Il blocco riuscirà a raggiungere la sommità della guida oppure cadrà prima?



68. Un pendolo costituito da un filo sottile di lunghezza L ed una sferetta, oscilla in un piano verticale. Il filo urta un piolo fissato ad una distanza d al di sotto del punto di sospensione (Fig. P8.68). (a) Si mostri che la sferetta, se lasciata libera da un'altezza inferiore a quella del piolo, dopo l'urto ritorna all'altezza iniziale (b) Si dimostri che affinché il pendolo, lasciato libero a partire dalla posizione orizzontale ($\theta = 90^\circ$), possa descrivere una circonferenza completa centrata sul piolo, d deve avere un valore uguale a $3L/5$ o maggiore.

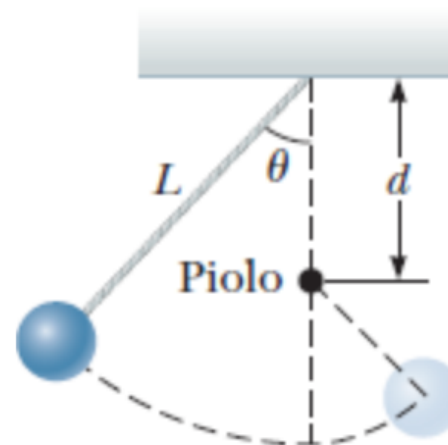
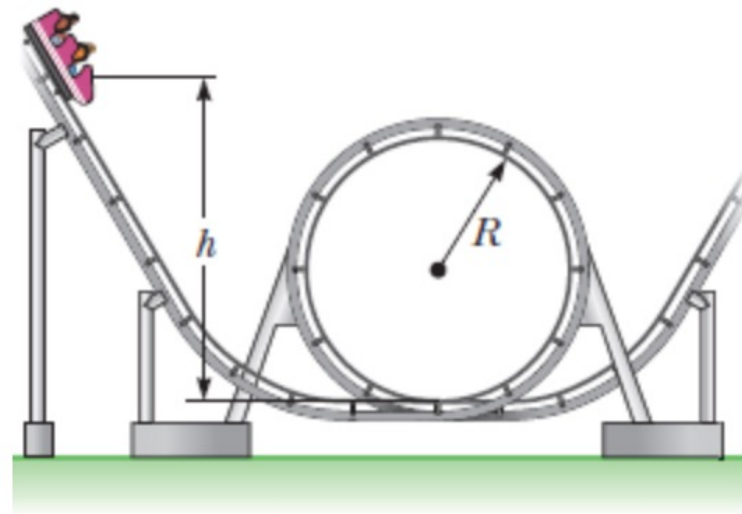
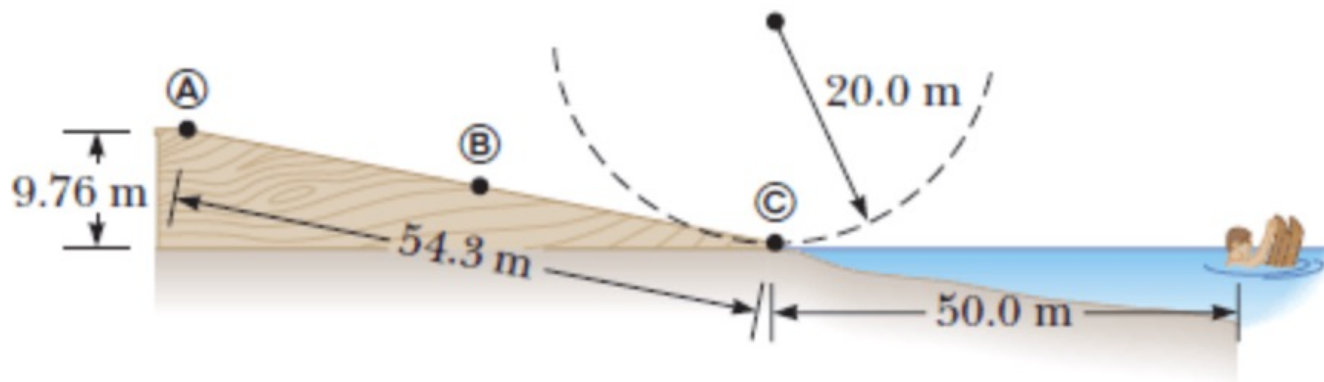


FIGURA P8.68

72. Un vagoncino viene fatto partire da un'altezza h lungo la pista delle montagne russe, come mostrato in Figura P8.72. Esso scende con attrito trascurabile. Lungo il tragitto è presente un tratto circolare disposto verticalmente e di raggio R . (a) Si faccia dapprima l'ipotesi che il vagone riesca appena a compiere il giro; nel punto più alto i passeggeri sono a testa in giù e si sentono senza peso. Si trovi l'altezza h minima necessaria in termini di R per ottenere questa condizione. (b) Si faccia ora l'ipotesi che il punto di partenza si trovi ad una quota superiore o uguale al valore minimo di h . Si mostri che la differenza tra le reazioni normali agenti sul vagoncino nel punto più basso del tratto circolare e in quello più alto è sei volte il peso del vagoncino. Lo stesso vale per la forza normale agente sui passeggeri; si tratta di una forza fastidiosa e anche pericolosa. Per questo le montagne russe non vengono costruite con tratti circolari (perfettamente) verticali. La Figura P6.17 mostra un progetto reale.

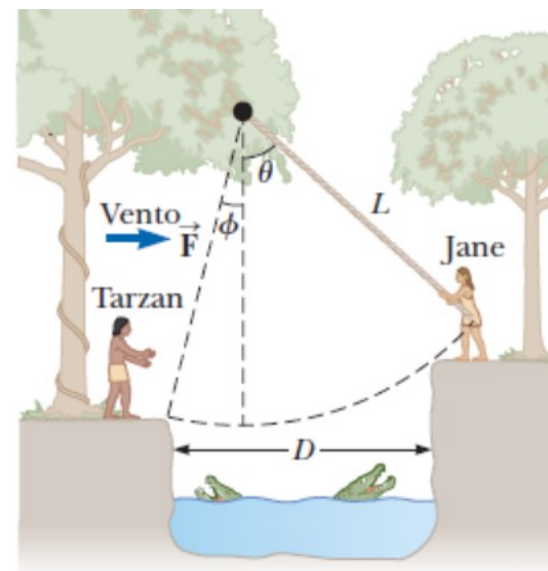


77. Problema di riepilogo. Nel 1887 C.J. Belknap costruì a Bridgeport nel Connecticut lo scivolo acquatico mostrato nella Figura P8.77. Un utente con uno slittino, per un totale di 80.0 kg, si lanciò dal punto più alto (punto ①) con una velocità di 2.50 m/s. La discesa, lunga 54.3 m, era alta 9.76 m alla cima. Lungo la canaletta 725 rotelle rendevano trascurabile l'attrito. Una volta usciti in orizzontale dalla canaletta nel punto più basso (punto ③), si riusciva a pattinare sull'acqua del Long Islans Sound per una distanza anche di 50.0 m "saltando come un sasso piatto" prima di fermarsi e infine nuotare fino a terra tirandosi dietro lo slittino. (a) Si trovi la velocità dello slittino nel punto ③. (b) Si schematizzi la forza di attrito dell'acqua come una forza frenante costante che agisce su un punto materiale. Si trovi il modulo della forza che l'acqua esercita sullo slittino. (c) Si trovi il modulo della forza che la canaletta esercita sullo slittino nel punto ②. (d) Nel punto ③ lo scivolo è orizzontale ma possiede anche una curvatura di raggio 20.0 m in un piano verticale. Si trovi la forza che lo scivolo esercita sullo slittino nel punto ③.



71. Correndo una persona trasforma circa 0.600 J di energia chimica in energia meccanica per ogni passo e per chilogrammo di massa corporea. Se un corridore di 60.0 kg trasforma energia con la potenza di 70.0 W durante una corsa, che velocità sta tenendo? Si ipotizzi che un passo sia lungo 1.50 m .

81. Jane, la cui massa è 50.0 kg , per salvare Tarzan che è in pericolo, deve saltare sull'altra sponda di un fiume (di larghezza D) pieno di coccodrilli. È presente un vento, contrario alla direzione del moto, che esercita su Jane una forza orizzontale e costante \vec{F} . La liana, di lunghezza L , forma inizialmente un angolo θ con la verticale (Fig. P8.81). Si ponga $D = 50.0 \text{ m}$, $F = 110 \text{ N}$, $L = 40.0 \text{ m}$ e $\theta = 50.0^\circ$. (a) Qual è la velocità minima che deve avere Jane all'inizio della sua oscillazione per arrivare sull'altro lato del fiume? (b) Una volta insieme, Tarzan e Jane devono tornare indietro riattraversando il fiume. Qual è la velocità minima che devono avere all'inizio della loro oscillazione? Si supponga che Tarzan abbia una massa di 80.0 kg .



82. Una sfera di massa $m = 300 \text{ g}$, collegata ad un perno da una robusta corda di lunghezza $L = 80.0 \text{ cm}$, è tenuta ferma in posizione verticale. È presente un vento che soffia da sinistra verso destra, il cui effetto complessivo è una forza costante F sulla sfera come mostrato in Figura P8.82. La sfera, inizialmente ferma, viene lasciata libera di muoversi ed il vento la spinge verso l'alto, fino a farle raggiungere una altezza massima H da cui poi ripartirà verso il basso. (a) Si esprima H in funzione di F . Si calcoli il valore di H per (b) $F = 1.00 \text{ N}$ e per (c) $F = 10.0 \text{ N}$. Come si comporta H per (d) F tendente a zero e per (e) F tendente all'infinito? (f) Si consideri adesso una possibile altezza di equilibrio quando il vento soffia. Si esprima l'altezza di equilibrio in funzione di F e se ne calcoli il valore per (g) $F = 10.0 \text{ N}$ e per (h) F tendente all'infinito.

