

9 A Fig. 8-26 mostra três situações que envolvem um plano com atrito e um bloco que desliza sobre um plano. O bloco começa com a mesma velocidade nas três situações e desliza até que a força de atrito cinético o faça parar. Ordene as situações de acordo com o aumento da energia térmica devido ao deslizamento, em ordem decrescente.

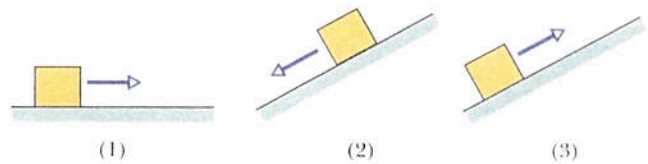


Figura 8-26 Pergunta 9.

PROBLEMAS

••• O número de pontos indica o grau de dificuldade do problema

Informações adicionais disponíveis em *O Circo Voador da Física* de Jearl Walker, LTC, Rio de Janeiro, 2008.

Seção 8-4 Cálculo da Energia Potencial

- 1 Qual é a constante elástica de uma mola que armazena 25 J de energia potencial ao ser comprimida 7,5 cm?
- 2 Na Fig. 8-27, um carro de montanha-russa de massa $m = 825$ kg atinge o cume da primeira elevação com uma velocidade $v_0 = 17,0$ m/s a uma altura $h = 42,0$ m. O atrito é desprezível. Qual é o trabalho realizado sobre o carro pela força gravitacional entre este ponto e (a) o ponto A, (b) o ponto B e (c) o ponto C? Se a energia potencial gravitacional do sistema carro-Terra é tomada como nula em C, qual é o seu valor quando o carro está (d) em B e (e) em A? Se a massa m é duplicada, a variação da energia potencial gravitacional do sistema entre os pontos A e B aumenta, diminui ou permanece a mesma?

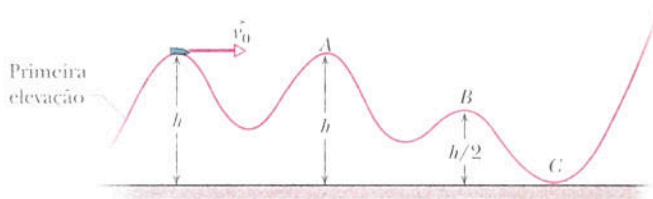


Figura 8-27 Problemas 2 e 9.

- 3 Você deixa cair um livro de 2,00 kg para uma amiga que está na calçada, a uma distância $D = 10,0$ m abaixo de você. Se as mãos estendidas da sua amiga estão a uma distância $d = 1,5$ m acima do solo (Fig. 8-28), (a) qual é o trabalho W_g realizado sobre o livro pela força gravitacional até o livro cair nas mãos da sua amiga? (b) Qual é a variação ΔU da energia potencial gravitacional do sistema livro-Terra durante a queda? Se a energia potencial gravitacional U do sistema é considerada nula no nível do solo, qual é o valor de U (c) quando você deixa cair o livro e (d) quando o livro chega às mãos da sua amiga? Suponha agora que o valor de U seja 100 J ao nível do solo e calcule novamente (e) W_g , (f) ΔU , (g) U no ponto onde você deixou cair o livro e (h) U no ponto em que o livro chegou às mãos da sua amiga.

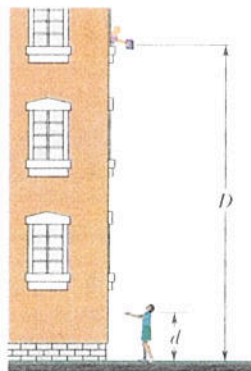


Figura 8-28 Problemas 3 e 10.

de comprimento $L = 0,452$ m e massa desprezível. A outra extremidade da haste é articulada, de modo que a bola pode se mover em uma circunferência vertical. A haste é mantida na posição horizontal, como na figura, e depois recebe um impulso para baixo com força suficiente para que a bola passe pelo ponto mais baixo da circunferência e continue em movimento até chegar ao ponto mais alto com velocidade nula. Qual é o trabalho realizado sobre a bola pela força gravitacional do ponto inicial até (a) o ponto mais baixo, (b) o ponto mais alto, (c) o ponto à direita na mesma altura que o ponto inicial? Se a energia potencial gravitacional do sistema bola-Terra é tomada como zero no ponto inicial, determine o seu valor quando a bola atinge (d) o ponto mais baixo, (e) o ponto mais alto e (f) o ponto à direita na mesma altura que o ponto inicial. (g) Suponha que a haste tenha recebido um impulso maior e passe pelo ponto mais alto com uma velocidade diferente de zero. A variação ΔU_g do ponto mais baixo ao ponto mais alto é maior, menor ou a mesma que quando a bola chegava ao ponto mais alto com velocidade zero?

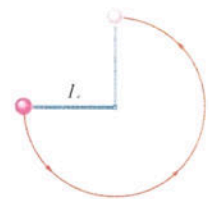


Figura 8-29 Problemas 4 e 14.

- 5 Na Fig. 8-30, um floco de gelo de 2,00 g é liberado na borda de uma taça hemisférica com 22,0 cm de raio. Não há atrito no contato do floco com a taça. (a) Qual é o trabalho realizado sobre o floco pela força gravitacional durante a descida do floco até o fundo da taça? (b) Qual é a variação da energia potencial do sistema floco-Terra durante a descida? (c) Se essa energia potencial é tomada como nula no fundo da taça, qual é seu valor quando o floco é solto? (d) Se, em vez disso, a energia potencial é tomada como nula no ponto onde o floco é solto, qual é o seu valor quando o floco atinge o fundo da taça? (e) Se a massa do floco fosse duplicada, os valores das respostas dos itens de (a) a (d) aumentariam, diminuiriam ou permaneceriam os mesmos?

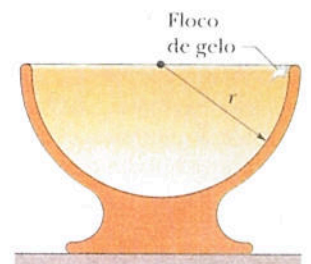


Figura 8-30 Problemas 5 e 11.

- 4 A Fig. 8-29 mostra uma bola de massa $m = 0,341$ kg presa à extremidade de uma haste fina

••6 Na Fig. 8-31, um pequeno bloco de massa $m = 0,032 \text{ kg}$ pode deslizar em uma pista sem atrito que forma um *loop* de raio $R = 12 \text{ cm}$. O bloco é liberado a partir do repouso no ponto P , a uma altura $h = 5,0R$ acima do ponto mais baixo do *loop*. Qual é o trabalho realizado sobre o bloco pela força gravitacional quando o bloco se desloca do ponto P para (a) o ponto Q e (b) o ponto mais alto do *loop*? Se a energia potencial gravitacional do sistema bloco-Terra é tomada como zero no ponto mais baixo do *loop*, qual é a energia potencial quando o bloco se encontra (c) no ponto P , (d) no ponto Q e (e) no ponto mais alto do *loop*? (f) Se, em vez de ser simplesmente liberado, o bloco recebe uma velocidade inicial para baixo ao longo da pista, as respostas dos itens de (a) a (e) aumentam, diminuem ou permanecem as mesmas?

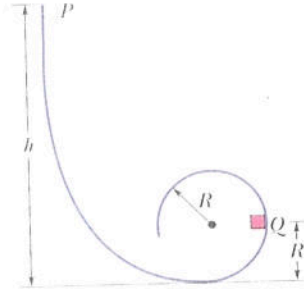


Figura 8-31 Problemas 6 e 17.

••7 A Fig. 8-32 mostra uma haste fina, de comprimento $L = 2,00 \text{ m}$ e massa desprezível, que pode girar em torno de uma das extremidades para descrever uma circunferência vertical. Uma bola de massa $m = 5,00 \text{ kg}$ está presa na outra extremidade. A haste é puxada lateralmente até fazer um ângulo $\theta_0 = 30,0^\circ$ com a vertical e liberada com velocidade inicial $\vec{v}_0 = 0$. Quando a bola desce até o ponto mais baixo da circunferência, (a) qual é o trabalho realizado sobre a bola pela força gravitacional e (b) qual é a variação da energia potencial do sistema bola-Terra? (c) Se a energia potencial gravitacional é tomada como zero no ponto mais baixo da circunferência, qual é seu valor no momento em que a bola é liberada? (d) Os valores das respostas dos itens de (a) a (c) aumentam, diminuem ou permanecem os mesmos se o ângulo θ_0 é aumentado?

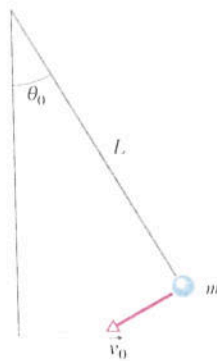


Figura 8-32 Problemas 7, 18 e 21.

••8 Uma bola de neve de $1,50 \text{ kg}$ é lançada de um penhasco de $12,5 \text{ m}$ de altura. A velocidade inicial da bola de neve é $14,0 \text{ m/s}$, $41,0^\circ$ acima da horizontal. (a) Qual é o trabalho realizado sobre a bola de neve pela força gravitacional durante o percurso até um terreno plano, abaixo do penhasco? (b) Qual é a variação da energia potencial do sistema bola de neve-Terra durante o percurso? (c) Se a energia potencial gravitacional é tomada como nula na altura do penhasco, qual é o seu valor quando a bola de neve chega ao solo?

Seção 8-5 Conservação da Energia Mecânica

•9 No Problema 2, qual é a velocidade do carro (a) no ponto A , (b) no ponto B e (c) no ponto C ? (d) Que altura o carro alcança na última elevação, que é alta demais para ser transposta? (e) Se o carro tivesse uma massa duas vezes maior, quais seriam as respostas dos itens (a) a (d)?

•10 (a) No Problema 3, qual é a velocidade do livro ao chegar às mãos da sua amiga? (b) Se o livro tivesse uma massa duas vezes maior, qual seria a velocidade? (c) Se o livro fosse arremessado para baixo, a resposta do item (a) aumentaria, diminuiria ou permaneceria a mesma?

•11 (a) No Problema 5, qual é a velocidade do floco de gelo ao chegar ao fundo da taça? (b) Se o floco de gelo tivesse o dobro da massa, qual seria a velocidade? (c) Se o floco de gelo tivesse uma velocidade inicial para baixo, a resposta do item (a) aumentaria, diminuiria ou permaneceria a mesma?

•12 (a) No Problema 8, usando técnicas de energia em vez das técnicas do Capítulo 4, determine a velocidade da bola de neve ao chegar ao solo. Qual seria essa velocidade (b) se o ângulo de lançamento fosse mudado para $41,0^\circ$ abaixo da horizontal e (c) se a massa fosse aumentada para $2,50 \text{ kg}$?

•13 Uma bola de gude de $5,0 \text{ g}$ é lançada verticalmente para cima usando uma espingarda de mola. A mola deve ser comprimida de exatamente $8,0 \text{ cm}$ para que a bola alcance um alvo colocado 20 m acima da posição da bola de gude na mola comprimida. (a) Qual é a variação ΔU_g da energia potencial gravitacional do sistema bola de gude-Terra durante a subida de 20 m ? (b) Qual é a variação ΔU_s da energia potencial elástica da mola durante o lançamento da bola de gude? (c) Qual é a constante elástica da mola?

•14 (a) No Problema 4, qual deve ser a velocidade inicial da bola para que ela chegue ao ponto mais alto da circunferência com velocidade escalar zero? Nesse caso, qual é a velocidade da bola (b) no ponto mais baixo e (c) no ponto à direita na mesma altura que o ponto inicial? (d) Se a massa da bola fosse duas vezes maior, as respostas dos itens (a) a (c) aumentariam, diminuiriam ou permaneceriam as mesmas?

•15 Na Fig. 8-33, um caminhão perdeu os freios quando estava descendo uma ladeira a 130 km/h e o motorista dirigiu o veículo para uma rampa de emergência sem atrito com uma inclinação $\theta = 15^\circ$. A massa do caminhão é $1,2 \times 10^4 \text{ kg}$. (a) Qual é o menor comprimento L que a rampa deve ter para que o caminhão pare (momentaneamente) antes de chegar ao final? (Suponha que o caminhão pode ser tratado como uma partícula e justifique essa suposição.) O comprimento mínimo L aumenta, diminui ou permanece o mesmo (b) se a massa do caminhão for menor e (c) se a velocidade for menor?

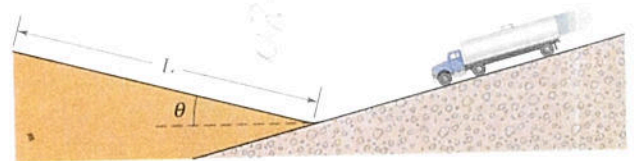


Figura 8-33 Problema 15.

••16 Um bloco de 700 g é liberado a partir do repouso de uma altura h_0 acima de uma mola vertical com constante elástica $k = 400 \text{ N/m}$ e massa desprezível. O bloco se choca com a mola e para momentaneamente depois de comprimir a mola $19,0 \text{ cm}$. Qual é o

trabalho realizado (a) pelo bloco sobre a mola e (b) pela mola sobre o bloco? (c) Qual é o valor de h_0 ? (d) Se o bloco fosse solto de uma altura $2,00h_0$ acima da mola, qual seria a máxima compressão da mola?

••17 No Problema 6, qual é o módulo da componente (a) horizontal e (b) vertical da força *resultante* que atua sobre o bloco no ponto *Q*? (c) De que altura h o bloco deveria ser liberado, a partir do repouso, para ficar na iminência de perder contato com a superfície no alto do *loop*? (*Iminência de perder o contato* significa que a força normal exercida pelo *loop* sobre o bloco é nula nesse instante.) (d) Plote o módulo da força normal que age sobre o bloco no alto do *loop* em função da altura inicial h , para o intervalo de $h = 0$ a $h = 6R$.

••18 (a) No Problema 7, qual é a velocidade da bola no ponto mais baixo? (b) Essa velocidade aumenta, diminui ou permanece a mesma se a massa aumenta?

••19 A Fig. 8-34 mostra uma pedra de 8,00 kg em repouso sobre uma mola. A mola é comprimida 10,0 cm pela pedra. (a) Qual é a constante elástica da mola? (b) A pedra é empurrada mais 30 cm para baixo e liberada. Qual é a energia potencial elástica da mola comprimida antes de ser liberada? (c) Qual é a variação da energia potencial gravitacional do sistema pedra-Terra quando a pedra se desloca do ponto onde foi liberada até a altura máxima? (d) Qual é essa altura máxima, medida a partir do ponto onde a pedra foi liberada?

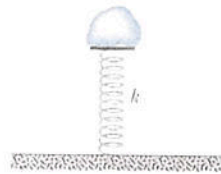


Figura 8-34 Problema 19.

••20 Um pêndulo é formado por uma pedra de 2,0 kg oscilando na extremidade de uma corda de 4,0 m de comprimento e massa desprezível. A pedra tem uma velocidade de 8,0 m/s ao passar pelo ponto mais baixo da trajetória. (a) Qual é a velocidade da pedra quando a corda forma um ângulo de 60° com a vertical? (b) Qual é o maior ângulo com a vertical que a corda assume durante o movimento da pedra? (c) Se a energia potencial do sistema pêndulo-Terra é tomada sendo nula na posição mais baixa da pedra, qual é a energia mecânica total do sistema?

••21 A Fig. 8-32 mostra um pêndulo de comprimento $L = 1,25$ m. O peso do pêndulo (no qual está concentrada, para efeitos práticos, toda a massa) tem velocidade v_0 quando a corda faz um ângulo $\theta_0 = 40,0^\circ$ com a vertical. (a) Qual é a velocidade do peso quando está na posição mais baixa se $v_0 = 8,00$ m/s? Qual é o menor valor de v_0 para o qual o pêndulo oscila para baixo e depois para cima (b) até a posição horizontal e (c) até a posição vertical com a corda esticada? (d) As respostas dos itens (b) e (c) aumentam, diminuem ou permanecem as mesmas se θ_0 aumentar de alguns graus?

••22 Um esquiador de 60 kg parte do repouso a uma altura $H = 20$ m acima da extremidade de uma rampa para saltos de esqui (Fig. 8-35) e deixa a rampa fazendo um ângulo $\theta = 28^\circ$ com a horizontal. Despreze os efeitos da resistência do ar e suponha que a rampa não tenha atrito. (a) Qual é a altura máxima h do salto em relação à extremidade da rampa? (b) Se o esquiador aumentasse o próprio peso colocando uma mochila nas costas, h seria maior, menor ou igual?



Figura 8-35 Problema 22.

••23 A corda da Fig. 8-36, de comprimento $L = 120$ cm, possui uma bola presa em uma das extremidades e está fixa na outra extremidade. A distância d da extremidade fixa a um pino no ponto *P* é 75,0 cm. A bola, inicialmente em repouso, é liberada com o fio na posição horizontal, como mostra a figura, e percorre a trajetória indicada pelo arco tracejado. Qual é a velocidade da bola ao atingir (a) o ponto mais baixo da trajetória e (b) o ponto mais alto depois que a corda encosta no pino?



Figura 8-36 Problemas 23 e 70.

••24 Um bloco de massa $m = 2,0$ kg é deixado cair de uma altura $h = 40$ cm sobre uma mola de constante elástica $k = 1960$ N/m (Fig. 8-37). Determine a variação máxima de comprimento da mola ao ser comprimida.

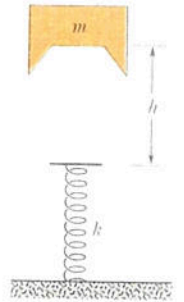


Figura 8-37 Problema 24.

••25 Em $t = 0$, uma bola de 1,0 kg é atirada de uma torre com $\vec{v} = (18 \text{ m/s})\hat{i} + (24 \text{ m/s})\hat{j}$. Quanto é ΔU do sistema bola-Terra entre $t = 0$ e $t = 6,0$ s (ainda em queda livre)?

••26 Uma força conservativa $\vec{F} = (6,0x - 12)\hat{i}$ N, onde x está em metros, age sobre uma partícula que se move ao longo de um eixo x . A energia potencial U associada a essa força recebe o valor de 27 J em $x = 0$. (a) Escreva uma expressão para U como uma função de x , com U em joules e x em metros. (b) Qual é o máximo valor positivo da energia potencial? Para que valor (c) negativo e (d) positivo de x a energia potencial é nula?

••27 Tarzan, que pesa 688 N, salta de um penhasco pendurado na extremidade de um cipó com 18 m de comprimento (Fig. 8-38). Do alto do penhasco até o ponto mais baixo da trajetória, ele desce 3,2 m. O cipó se romperá se a força exercida sobre ele exceder 950 N. (a) O cipó se rompe? Se a resposta for negativa, qual é a maior força a que

é submetido o cipó? Se a resposta for afirmativa, qual é o ângulo que o cipó está fazendo com a vertical no momento em que se rompe?



Figura 8-38 Problema 27.

••28 A Fig. 8-39a se refere à mola de uma espingarda de rolha (Fig. 8-39b); ela mostra a força da mola em função da distensão ou compressão da mola. A mola é comprimida 5,5 cm e usada para impulsionar uma rolha de 3,8 g. (a) Qual é a velocidade da rolha se ela se separa da mola quando esta passa pela posição relaxada? (b) Suponha que, em vez disso, a rolha permaneça ligada à mola e a distenda 1,5 cm antes de ocorrer a separação. Qual é, nesse caso, a velocidade da rolha no momento da separação?

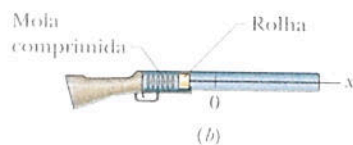
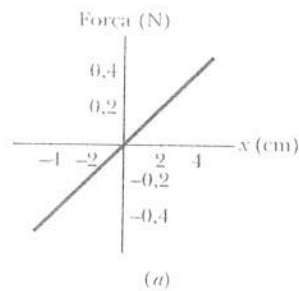


Figura 8-39 Problema 28.

••29 Na Fig. 8-40, um bloco de massa $m = 12 \text{ kg}$ é liberado a partir do repouso em um plano inclinado sem atrito de ângulo $\theta = 30^\circ$. Abaixo do bloco há uma mola que pode ser comprimida 2,0 cm por uma força de 270 N. O bloco para momentaneamente após comprimir a mola 5,5 cm. (a) Que distância o bloco desce ao longo do plano da posição de repouso inicial até o ponto em que para momentaneamente? (b) Qual é a velocidade do bloco no momento em que entra em contato com a mola?

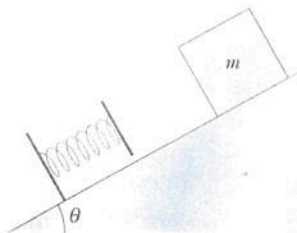


Figura 8-40 Problemas 29 e 35.

••30 Uma caixa de pão de 2,0 kg sobre um plano inclinado sem atrito de ângulo $\theta = 40,0^\circ$ está presa, por uma corda que passa por uma polia, a uma mola de constante elástica $k = 120 \text{ N/m}$, como mostra a Fig. 8-41. A caixa é liberada a partir do repouso quando a mola encontra relaxada. Suponha que a massa e o atrito da polia sejam desprezíveis. (a) Qual é a velocidade da caixa após percorrer 10 cm? (b) Que distância o bloco percorre do ponto em que foi liberado ao ponto em que para momentaneamente e quais são (c) o módulo e o sentido (para cima ou para baixo ao longo do plano) da aceleração do bloco no instante em que para momentaneamente?

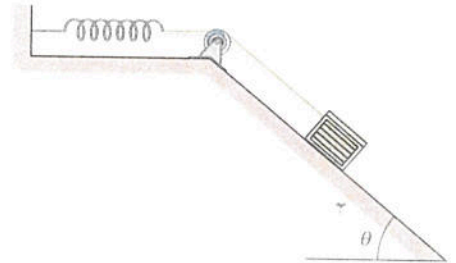


Figura 8-41 Problema 30.

••31 Um bloco de massa $m = 2,00 \text{ kg}$ é apoiado em uma mola sobre um plano inclinado sem atrito de ângulo $\theta = 30,0^\circ$ (Fig. 8-42). O bloco não está preso à mola. A mola, de constante elástica $k = 100 \text{ N/cm}$, é comprimida 20 cm e depois liberada. (a) Qual é a energia potencial elástica da mola comprimida? (b) Qual é a variação da energia potencial gravitacional do sistema bloco-Terra quando o bloco move do ponto em que foi liberado até o ponto mais alto que atinge no plano inclinado? (c) Qual é a distância percorrida pelo bloco ao longo do plano inclinado até atingir a altura máxima?

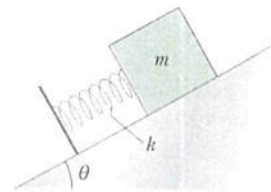


Figura 8-42 Problema 31.

••32 Na Fig. 8-43, uma corrente é mantida sobre uma mesa sem atrito com um quarto do comprimento pendurado fora da mesa. A corrente tem um comprimento $L = 28 \text{ cm}$ e massa $m = 0,012 \text{ kg}$. Qual é o trabalho necessário para puxar a parte pendurada de volta para cima da mesa?



Figura 8-43 Problema 32.

•••33 Na Fig. 8-44, uma mola com $k = 170 \text{ N/m}$ está presa no topo de um plano inclinado sem atrito de ângulo $\theta = 37,0^\circ$. A extremidade inferior do plano inclinado está a uma distância $D = 1,00 \text{ m}$ da extremidade da mola, a qual se encontra relaxada. Uma lata de 2,00 kg é empurrada contra a mola até a mola ser comprimida 0,200 m e depois liberada a partir do repouso. (a) Qual é a velocidade da lata

no instante em que a mola retorna ao comprimento relaxado (que é o momento em que a lata perde contato com a mola)? (b) Qual é a velocidade da lata ao atingir a extremidade inferior do plano inclinado?

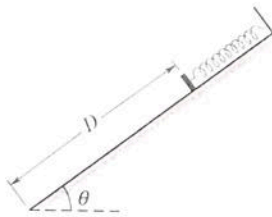


Figura 8-44 Problema 33.

•••34 Um menino está inicialmente sentado no alto de um monte hemisférico de gelo de raio $R = 13,8$ m. Ele começa a deslizar para baixo com uma velocidade inicial tão pequena que pode ser desprezada (Fig. 8-45). Suponha que o atrito com o gelo seja desprezível. Em que altura o menino perde contato com o gelo?



Figura 8-45 Problema 34.

•••35 Na Fig. 8-40, um bloco de massa $m = 3,20$ kg desliza para baixo, a partir do repouso, percorre uma distância d em um plano inclinado de ângulo $\theta = 30,0^\circ$ e se choca com uma mola de constante elástica 431 N/m. Quando o bloco para momentaneamente, a mola fica comprimida $21,0$ cm. Quais são (a) a distância d e (b) a distância entre o ponto do primeiro contato do bloco com a mola e o ponto onde a velocidade do bloco é máxima?

•••36 Duas meninas estão disputando um jogo no qual tentam acertar uma pequena caixa no chão com uma bola de gude lançada por um canhão de mola montado em uma mesa. A caixa está a uma distância horizontal $D = 2,20$ m da borda da mesa; veja a Fig. 8-46. Lia comprime a mola $1,10$ cm, mas o centro da bola de gude cai $27,0$ cm antes do centro da caixa. De quanto Rosa deve comprimir a mola para acertar a caixa? Suponha que o atrito da mola e da bola com o canhão seja desprezível.

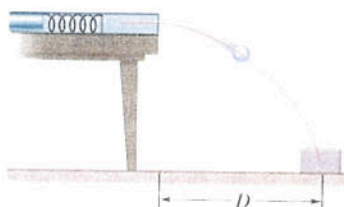


Figura 8-46 Problema 36.

•••37 Uma corda uniforme com 25 cm de comprimento e 15 g de massa está presa horizontalmente em um teto. Mais tarde, é pendurada verticalmente, com apenas uma das extremidades presa no teto. Qual é a variação da energia potencial da corda devido a esta mudança de posição? (Sugestão: considere um trecho infinitesimal da corda e use uma integral.)

Seção 8-6 Interpretação de uma Curva de Energia Potencial

••38 A Fig. 8-47 mostra um gráfico da energia potencial U em função da posição x para uma partícula de $0,200$ kg que pode se deslocar apenas ao longo de um eixo x sob a influência de uma força conservativa. Três dos valores mostrados no gráfico são $U_A = 9,00$ J, $U_C = 20,00$ J e $U_D = 24,00$ J. A partícula é liberada no ponto onde U forma uma “barreira de potencial” de “altura” $U_B = 12,00$ J, com uma energia cinética de $4,00$ J. Qual é a velocidade da partícula (a) em $x = 3,5$ m e (b) em $x = 6,5$ m? Qual é a posição do ponto de retorno (c) do lado direito e (d) do lado esquerdo?

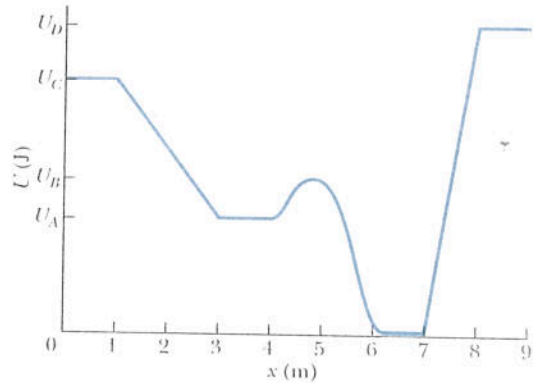


Figura 8-47 Problema 38.

••39 A Fig. 8-48 mostra um gráfico da energia potencial U em função da posição x para uma partícula de $0,90$ kg que pode se deslocar apenas ao longo de um eixo x . (Forças dissipativas não estão envolvidas.) Os três valores mostrados no gráfico são $U_A = 15,0$ J, $U_B = 35,0$ J e $U_C = 45,0$ J. A partícula é liberada em $x = 4,5$ m com uma velocidade inicial de $7,0$ m/s, no sentido negativo de x . (a) Se a partícula puder chegar ao ponto $x = 1,0$ m, qual será sua velocidade nesse ponto? Se não puder, qual será o ponto de retorno? Quais são (b) o módulo e (c) a orientação da força experimentada pela partícula quando ela começa a se mover para a esquerda do ponto $x = 4,0$ m? Suponha que a partícula seja liberada no mesmo ponto e com a mesma velocidade, mas o sentido da velocidade seja o sentido positivo de x . (d) Se a partícula puder chegar ao ponto $x = 7,0$ m, qual será sua velocidade nesse ponto? Se não puder, qual será o ponto de retorno? Quais são (e) o módulo e (f) a orientação da força experimentada pela partícula quando ela começa a se mover para a direita do ponto $x = 5,0$ m?

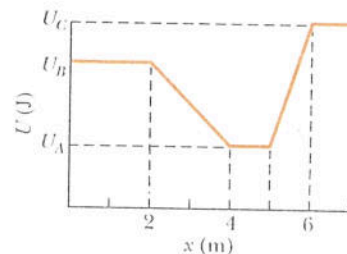


Figura 8-48 Problema 39.

••40 A energia potencial de uma molécula diatômica (um sistema de dois átomos, como H_2 ou O_2) é dada por

$$U = \frac{A}{r^{12}} - \frac{B}{r^6}$$