

- 23** Na Fig. 7-34 um bloco de gelo escorrega para baixo em uma rampa sem atrito com $\theta = 50^\circ$ enquanto um operário puxa o bloco (através de uma corda) com uma força \vec{F}_r que tem um módulo de 50 N e aponta para cima ao longo da rampa. Quando o bloco desliza uma distância $d = 0,50$ m ao longo da rampa, sua energia cinética aumenta 80 J. Quão maior seria a energia cinética se o bloco não estivesse sendo puxado por uma corda?

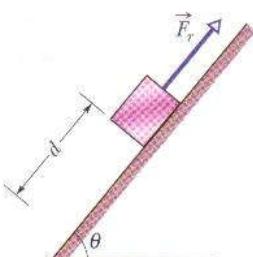


FIG. 7-34 Problema 23.

- 24** Uma equipe especializada em resgate em cavernas levanta um espeleólogo ferido com o auxílio de um cabo ligado a um motor. O levantamento é realizado em três estágios, cada um requerendo uma distância vertical de 10,0 m: (a) o espeleólogo está inicialmente em repouso e é acelerado até uma velocidade de 5,00 m/s; (b) ele é levantado com velocidade constante de 5,00 m/s; (c) finalmente, é desacelerado até o repouso. Qual é o trabalho realizado sobre o espeleólogo de 80,0 kg pela força que o levanta em cada estágio?

- 25** Na Fig. 7-35, um bloco de queijo de 0,250 kg está sobre o piso de um elevador de 900 kg que está sendo puxado para cima por um cabo, primeiro por uma distância $d_1 = 2,40$ m e depois por uma distância $d_2 = 10,5$ m. (a) No deslocamento d_1 , se a força normal exercida sobre o bloco pelo piso do elevador tem um módulo constante $F_N = 3,00$ N, qual é o trabalho realizado pela força do cabo sobre o elevador? (b) No deslocamento d_2 , se o trabalho realizado sobre o elevador pela força (constante) do cabo é 92,61 kJ, qual é o módulo de \vec{F}_N ?

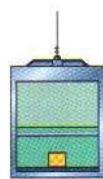


FIG. 7-35 Problema 25.

seção 7-7 Trabalho Realizado por uma Força Elástica

- 26** Durante o semestre de primavera do MIT, os estudantes de dois dormitórios vizinhos travam batalhas com grandes catapultas feitas com meias elásticas montadas nas molduras das janelas. Uma bola de aniversário cheia de corante é colocada em uma bolsa presa na meia, que é esticada até a extremidade do quarto. Suponha que a meia esticada obedeça à lei de Hooke com uma constante elástica de 100 N/m. Se a meia é esticada 5,00 m e liberada, que trabalho a força elástica da meia realiza sobre a bola quando a meia volta ao comprimento normal?

- 27** Uma mola e um bloco são montados como na Fig. 7-11. Quando o bloco é puxado para o ponto $x = +4,0$ cm devemos aplicar uma força de 360 N para mantê-lo nessa posição. Puxamos o bloco para o ponto $x = 11$ cm e o liberamos. Qual é o trabalho realizado pela mola sobre o bloco quando este se desloca de $x_i = +5,0$ cm para (a) $x = +3,0$ cm, (b) $x = -3,0$ cm, (c) $x = -5,0$ cm e (d) $x = -9,0$ cm?

- 28** Na Fig. 7-11 devemos aplicar uma força de módulo 80 N para manter o bloco em repouso em $x = -2,0$ cm. A partir dessa posição, deslocamos o bloco lentamente de tal modo que nossa força realiza um trabalho de +4,0 J sobre o sistema massa-mola; a partir daí, o bloco permanece em repouso. Qual é a posição do bloco? (Sugestão: Existem duas respostas possíveis.)

- 29** A única força que age sobre um corpo de 2,0 kg enquanto ele se move no semi-eixo positivo de um eixo x tem uma componente $F_x = -6x$ N, com x em metros. A velocidade do corpo em $x = 3,0$ m é 8,0 m/s. (a) Qual é a velocidade do corpo em $x = 4,0$ m? (b) Para que valor positivo de x o corpo tem uma velocidade de 5,0 m/s?

- 30** A Fig. 7-36 mostra a força elástica F_x em função da posição x para o sistema massa-mola da Fig. 7-11. A escala vertical do gráfico é definida por $F_s = 160,0$ N. Puxamos o bloco até $x = 12$ cm e o liberamos. Qual é o trabalho realizado pela mola sobre o bloco enquanto se desloca de $x_i = +8,0$ cm para (a) $x = +5,0$ cm, (b) $x = -5,0$ cm, (c) $x = -8,0$ cm e (d) $x = -10,0$ cm?

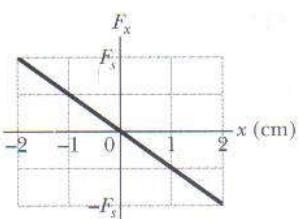


FIG. 7-36 Problema 30.

- 31** No arranjo da Fig. 7-11, puxamos gradualmente o bloco de $x = 0$ até $x = +3,0$ cm, onde fica em repouso. A Fig. 7-37 mostra o trabalho que nossa força realiza sobre o bloco. A escala vertical do gráfico é definida por $W_s = 1,0$ J. Em seguida, puxamos o bloco até $x = +5,0$ cm e o liberamos a partir do repouso. Qual é o trabalho realizado pela mola sobre o bloco quando este se desloca de $x_i = +5,0$ cm até (a) $x = +4,0$ cm, (b) $x = -2,0$ cm e (c) $x = -5,0$ cm?

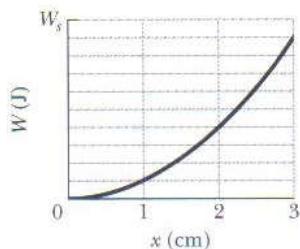


FIG. 7-37 Problema 31.

- 32** Na Fig. 7-11a, um bloco de massa m repousa em uma superfície horizontal sem atrito e está preso a uma mola horizontal (de constante elástica k) cuja outra extremidade é mantida fixa. O bloco está em repouso na posição onde a mola está relaxada ($x = 0$) quando uma força \vec{F} no sentido positivo do eixo x é aplicada. A Fig. 7-38 mostra o gráfico da energia cinética do bloco em função da posição x após a aplicação da força. A escala vertical do gráfico é definida por $K_s = 4,0$ J. (a) Qual é o módulo de \vec{F} ? (b) Qual é o valor de k ?

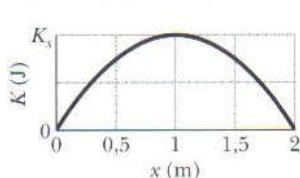


FIG. 7-38 Problema 32.

- 33** O bloco na Fig. 7-11a está sobre uma superfície horizontal sem atrito, e a constante elástica é 50 N/m. Inicialmente a mola está relaxada e o bloco está parado no ponto $x = 0$. Uma força com módulo constante de 3,0 N é aplicada ao bloco, puxando-o no sentido positivo do eixo x e alongando a mola até o bloco parar. Quando este ponto é atingido, quais são (a) a posição do bloco, (b) o trabalho realizado sobre o bloco pela força aplicada e (c) o trabalho realizado sobre o bloco pela força elástica? Durante o deslocamento do bloco, quais são (d) a posição do bloco na qual a energia cinética é máxima e (e) o valor desta energia cinética máxima?

seção 7-8 Trabalho Realizado por uma Força Variável Genérica

- 34** Um bloco de 5,0 kg se move em uma linha reta sobre uma superfície horizontal sem atrito sob a influência de uma força que varia com a posição, como mostra a Fig. 7-39. A escala vertical do gráfico é definida por $F_s = 10,0$ J. Qual é o trabalho realizado pela força enquanto o bloco se desloca da origem até $x = 8,0$ cm?

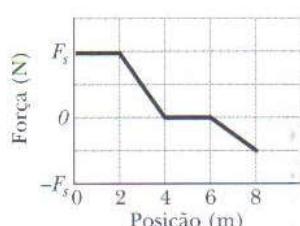


FIG. 7-39 Problema 34.

- 35** A força a que uma partícula está submetida aponta ao longo de um eixo x e é dada por $F = F_0(x/x_0 - 1)$. Determine o

trabalho realizado pela força ao mover a partícula de $x = 0$ a $x = 2x_0$ (a) a partir do gráfico de $F(x)$ e (b) integrando $F(x)$.

- 36** Um tijolo de 10 kg se move ao longo de um eixo x . A Fig. 7-37 mostra a aceleração do bloco em função da posição. A escala vertical do gráfico é definida por $a_s = 20,0 \text{ m/s}^2$. Qual é o trabalho total realizado sobre o tijolo pela força responsável pela aceleração quando o bloco se desloca de $x = 0$ a $x = 8,0 \text{ m}$?

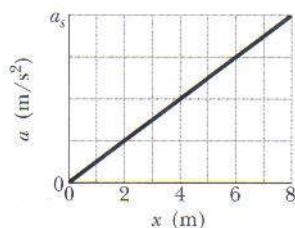


FIG. 7-40 Problema 36.

- 37** Uma única força atua sobre um objeto de 3,0 kg que se comporta como uma partícula, de tal forma que a posição do objeto em função do tempo é dada por $x = 3,0t - 4,0t^2 + 1,0t^3$, com x em metros e t em segundos. Determine o trabalho realizado pela força sobre o objeto de $t = 0$ a $t = 4,0 \text{ s}$.

- 38** Uma lata de sardinha é deslocada ao longo de um eixo x , de $x = 0,25 \text{ m}$ até $x = 1,25 \text{ m}$, por uma força cujo módulo é dado por $F = e^{-4x^2}$, com x em metros e F em newtons. Qual é o trabalho realizado pela força sobre a lata?

- 39** A Fig. 7-41 mostra a aceleração de uma partícula de 2,00 kg sob a ação de uma força F_a que desloca a partícula ao longo de um eixo x , a partir do repouso, de $x = 0$ a $x = 9,0 \text{ m}$. A escala vertical do gráfico é definida por $a_s = 6,0 \text{ m/s}^2$. Qual é o trabalho realizado pela força sobre a partícula até a partícula atingir o ponto (a) $x = 4,0 \text{ m}$, (b) $x = 7,0 \text{ m}$ e (c) $x = 9,0 \text{ m}$? Quais são o módulo e o sentido da velocidade da partícula quando ela atinge o ponto (d) $x = 4,0 \text{ m}$, (b) $x = 7,0 \text{ m}$ e (e) $x = 9,0 \text{ m}$?

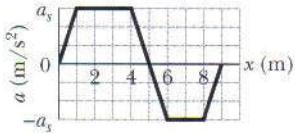


FIG. 7-41 Problema 39.

- 40** Um bloco de 1,5 kg está em repouso sobre uma superfície horizontal sem atrito quando uma força ao longo de um eixo x é aplicada ao bloco. A força é dada por $\vec{F}(x) = (2,5 - x^2)\hat{i} \text{ N}$, onde x está em metros e a posição inicial do bloco é $x = 0$. (a) Qual é a energia cinética do bloco ao passar pelo ponto $x = 2,0 \text{ m}$? (b) Qual é a energia cinética máxima do bloco entre $x = 0$ e $x = 2,0 \text{ m}$?

- 41** Uma força $\vec{F} = (cx - 3,00x^2)\hat{i}$ age sobre uma partícula enquanto a partícula se desloca ao longo de um eixo x , com \vec{F} em newtons, x em metros e c uma constante. Em $x = 0$, a energia cinética da partícula é 20,0 J; em $x = 3,00 \text{ m}$, é 11,0 J. Determine o valor de c .

- 42** A Fig. 7-42 mostra uma corda presa a um carrinho que pode deslizar sobre um trilho horizontal sem atrito ao longo de um eixo x . A extremidade esquerda da corda é puxada através de uma polia de massa e atrito desprezíveis a uma altura $h = 1,20 \text{ m}$ em relação ao ponto onde está presa no carrinho, fazendo o carrinho deslizar de $x_1 = 3,00 \text{ m}$ até $x_2 = 1,00 \text{ m}$. Durante o deslocamento, a tensão da corda se mantém constante e igual a 25,0 N. Qual é a variação da energia cinética do carrinho durante o deslocamento?

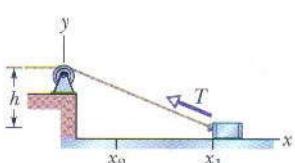


FIG. 7-42 Problema 42.

seção 7-9 Potência

- 43** Um bloco de 100 kg é puxado com velocidade constante de 5,0 m/s através de um piso horizontal por uma força de 122 N

que faz um ângulo de 37° acima da horizontal. Qual é a taxa com a qual a força realiza trabalho sobre o bloco?

- 44** Um elevador carregado tem uma massa de $3,0 \times 10^3 \text{ kg}$ e sobe 210 m em 23 s, com velocidade constante. Qual é a taxa média com a qual a força do cabo do elevador realiza trabalho sobre o elevador?

- 45** Uma força de 5,0 N age sobre um corpo de 15 kg inicialmente em repouso. Calcule o trabalho realizado pela força (a) no primeiro, (b) no segundo e (c) no terceiro segundo, assim como (d) a potência instantânea da força no fim do terceiro segundo.

- 46** Um esquiador é puxado por uma corda para o alto de uma encosta que faz um ângulo de 12° com a horizontal. A corda se move paralelamente à encosta com uma velocidade constante de 1,0 m/s. A força da corda realiza 900 J de trabalho sobre o esquiador quando este percorre uma distância de 8,0 m encosta acima. (a) Se a velocidade constante da corda tivesse sido 2,0 m/s, que trabalho a força da corda teria realizado sobre o esquiador para o mesmo deslocamento? A que taxa a força da corda realiza trabalho sobre o esquiador quando a corda se desloca com uma velocidade de (b) 1,0 m/s e (c) 2,0 m/s?

- 47** Um elevador de carga totalmente carregado tem uma massa total de 1200 kg, que deve içar 54 m em 3,0 min, iniciando e terminando a subida em repouso. O contrapeso do elevador tem uma massa de apenas 950 kg e, portanto, o motor do elevador deve ajudar. Que potência média é exigida da força que o motor exerce sobre o elevador através do cabo?

- 48** (a) Em um certo instante, um objeto que se comporta como uma partícula sofre a ação de uma força $\vec{F} = (4,0 \text{ N})\hat{i} - (2,0 \text{ N})\hat{j} + (9,0 \text{ N})\hat{k}$ quando sua velocidade é $\vec{v} = -(2,0 \text{ m/s})\hat{i} + (4,0 \text{ m/s})\hat{k}$. Qual é a taxa instantânea com a qual a força realiza trabalho sobre o objeto? (b) Em outro instante, a velocidade tem apenas a componente y . Se a força não muda e a potência instantânea é -12 W , qual é a velocidade do objeto nesse instante?

- 49** Uma máquina transporta um pacote de 4,0 kg de uma posição inicial $\vec{d}_i = (0,50 \text{ m})\hat{i} + (0,75 \text{ m})\hat{j} + (0,20 \text{ m})\hat{k}$ em $t = 0$ até uma posição final $\vec{d}_f = (7,50 \text{ m})\hat{i} + (12,0 \text{ m})\hat{j} + (7,20 \text{ m})\hat{k}$ em $t = 12 \text{ s}$. A força constante aplicada pela máquina ao pacote é $\vec{F} = (2,00 \text{ N})\hat{i} + (4,00 \text{ N})\hat{j} + (6,00 \text{ N})\hat{k}$. Para esse deslocamento, determine (a) o trabalho realizado pela força da máquina sobre o pacote e (b) a potência média dessa força.

- 50** Uma concha de 0,30 kg escorrega sobre uma superfície horizontal sem atrito presa a uma das extremidades de uma mola horizontal ($k = 500 \text{ N/m}$) cuja outra extremidade é mantida fixa. A concha possui uma energia cinética de 10 J ao passar pela posição de equilíbrio (o ponto em que a força elástica da mola é zero). (a) Com que taxa a mola está realizando trabalho sobre a concha quando esta passa pela posição de equilíbrio? (b) Com que taxa a mola está realizando trabalho sobre a concha quando a mola está comprimida de 0,10 m e a concha está se afastando da posição de equilíbrio?

- 51** Uma força $\vec{F} = (3,00 \text{ N})\hat{i} + (7,00 \text{ N})\hat{j} + (7,00 \text{ N})\hat{k}$ age sobre um objeto de 2,00 kg que se move de uma posição inicial $\vec{d}_i = (3,00 \text{ m})\hat{i} - (2,00 \text{ m})\hat{j} + (5,00 \text{ m})\hat{k}$ para uma posição final $\vec{d}_f = -(5,00 \text{ m})\hat{i} + (4,00 \text{ m})\hat{j} + (7,00 \text{ m})\hat{k}$ em 4,00 s. Determine (a) o trabalho realizado pela força sobre o objeto no intervalo de 4,00 s, (b) a potência média desenvolvida pela força nesse intervalo e (c) o ângulo entre os vetores \vec{d}_i e \vec{d}_f .

•••52 Um *funny car* acelera a partir do repouso, percorrendo uma certa distância no tempo T , com o motor funcionando com potência constante P . Se os mecânicos conseguem aumentar a potência do motor de um pequeno valor dP , qual é a variação do tempo necessário para percorrer a mesma distância?

Problemas Adicionais

53 Uma explosão no nível do solo produz uma cratera com um diâmetro proporcional à raiz cúbica da energia da explosão; uma explosão de 1 megaton de TNT deixa uma cratera de 1 km de diâmetro. Sob o lago Huron, em Michigan, existe uma cratera com 50 km de diâmetro, atribuída ao impacto de um asteroide no passado remoto. Qual é a energia cinética associada a esse impacto, em unidades (a) de megatons de TNT (1 megaton equivale a $4,2 \times 10^{15}$ J) e (b) bombas de Hiroshima (uma bomba de Hiroshima equivale a 13 quilotons de TNT)? (Impactos de meteoritos e cometas podem ter alterado significativamente o clima da Terra no passado e contribuído para a extinção de dinossauros e de outras formas de vida.)

54 Um bloco de 250 g é deixado cair em uma mola vertical, inicialmente relaxada, com uma constante elástica $k = 2,5 \text{ N/cm}$ (Fig. 7-43). O bloco fica acoplado à mola, comprimindo-a em 12 cm até parar momentaneamente. Nesta compressão, que trabalho é realizado sobre o bloco (a) pela força gravitacional e (b) pela força elástica? (c) Qual é a velocidade do bloco imediatamente antes de se chocar com a mola? (d) Se a velocidade no momento do impacto é duplicada, qual é a compressão máxima da mola?

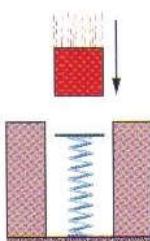


FIG. 7-43 Problema 54.

55 Qual é o trabalho realizado por uma força $\vec{F} = (2x \text{ N})\hat{i} + (3 \text{ N})\hat{j}$, com x em metros, ao deslocar uma partícula de uma posição $\vec{r}_i = (2 \text{ m})\hat{i} + (3 \text{ m})\hat{j}$ para uma posição $\vec{r}_f = -(4 \text{ m})\hat{i} - (3 \text{ m})\hat{j}$?

56 Para puxar um engradado de 50 kg sobre um piso horizontal sem atrito, um operário aplica uma força de 210 N fazendo um ângulo 20° para cima com a horizontal. Em um deslocamento de 3,0 m, qual é o trabalho realizado sobre o engradado (a) pela força do operário, (b) pela força gravitacional e (c) pela força normal do piso? (d) Qual é o trabalho total realizado sobre o engradado?

57 Na Fig. 7-44, uma corda passa por duas polias ideais. Uma lata com uma massa $m = 20 \text{ kg}$ está pendurada em uma das polias, e você pode aplicar uma força \vec{F} à extremidade livre da corda. (a) Qual deve ser o módulo de \vec{F} para que você levante a lata com velocidade constante? (b) Qual deve ser o deslocamento da corda para levantar a lata 2,0 cm? Durante esse deslocamento, qual é o trabalho realizado sobre a lata (c) pela sua força (através da corda) e (d) pela força gravitacional? (Sugestão: Quando uma corda envolve uma polia da forma mostrada na figura, puxa a polia com uma força total que é duas vezes maior que a tensão da corda.)



FIG. 7-44 Problema 57.

58 Uma força $\vec{F} = (4,0 \text{ N})\hat{i} + c\hat{j}$ age sobre uma partícula enquanto a partícula sofre um deslocamento $\vec{d} = (3,0 \text{ m})\hat{i} - (2,0 \text{ m})\hat{j}$. (Outras forças também agem sobre a partícula.) Qual é o valor de c se o trabalho realizado sobre a partícula pela força \vec{F} é (a) 0, (b) 17 J e (c) -18 J ?

59 Uma força constante de módulo 10 N faz um ângulo de 150° (no sentido anti-horário) com o sentido positivo do eixo x ao agir sobre um objeto de 2,0 kg que se move em um plano xy . Qual é o trabalho realizado pela força sobre o objeto quando ele se move da origem até o ponto de vetor cujo vetor posição é $(2,0 \text{ m})\hat{i} - (4,0 \text{ m})\hat{j}$?

60 Um objeto de 2,0 kg inicialmente em repouso acelera uniformemente na horizontal até uma velocidade de 10 m/s em 3,0 s. (a) Nesse intervalo de 3,0 s, qual é o trabalho realizado sobre o objeto pela força que o acelera? Qual é a potência instantânea desenvolvida pela força (b) no final do intervalo e (c) no fim da primeira metade do intervalo?

61 Se um elevador de uma estação de esquiagem transporta 100 passageiros com um peso médio de 660 N até uma altura de 150 m em 60,0 s, com velocidade constante, que potência média é exigida da força que realiza esse trabalho?

62 Caixas são transportadas de um local para outro de um armazém por meio de uma esteira que se move com uma velocidade constante de 0,50 m/s. Em um certo local, a esteira se move 2,0 m ao longo de uma rampa que faz um ângulo de 10° para cima com a horizontal, por 2,0 m na horizontal e, finalmente, 2,0 m ao longo de uma rampa que faz um ângulo de 10° para baixo com a horizontal. Suponha que uma caixa de 2,0 kg é transportada pela esteira sem escorregar. Com que taxa a força da esteira sobre a caixa realiza trabalho quando a caixa se move (a) para cima na rampa de 10° , (b) horizontalmente e (c) para baixo na rampa de 10° ?

63 Um cavalo puxa uma carroça com uma força de 40 lb a um ângulo de 30° para cima com a horizontal e se move com uma velocidade de 6,0 mi/h. (a) Que trabalho a força realiza em 10 min? (b) Qual é a potência média desenvolvida pela força em horsepower?

64 Um trenó a vela está em repouso sobre a superfície de um lago congelado quando um vento repentino exerce sobre ele uma força constante de 200 N, na direção leste. Devido ao ângulo da vela, o vento faz com que o trenó se desloque em linha reta por uma distância de 8,0 m em uma direção 20° ao norte do leste. Qual é a energia cinética do trenó ao final desses 8,0 m?

65 Um caixote de 230 kg está pendurado na extremidade de uma corda de comprimento $L = 12,0 \text{ m}$. Você puxa o caixote horizontalmente com uma força variável \vec{F} , deslocando-o para o lado de uma distância $d = 4,00 \text{ m}$ (Fig. 7-45). (a) Qual é o módulo de \vec{F} quando o caixote está na posição final? Neste deslocamento, quais são (b) o trabalho total realizado sobre o caixote, (c) o trabalho realizado pela força gravitacional sobre o caixote e (d) o trabalho realizado pela corda sobre o caixote? (e) Sabendo que o caixote está em repouso antes e depois do deslocamento, use as respostas dos itens (b), (c) e (d) para determinar o trabalho que sua força \vec{F} realiza sobre o caixote. (f) Por que o trabalho da sua força não é igual ao produto do deslocamento horizontal pela resposta do item (a)?

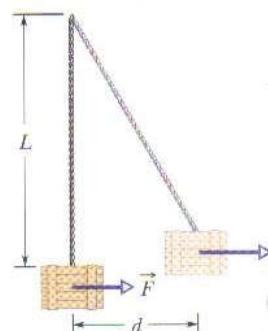


FIG. 7-45 Problema 65.

- 66** A única força que age sobre um corpo de 2,0 kg quando ele se desloca ao longo de um eixo x varia da forma indicada na Fig. 7-46. A escala vertical do gráfico é definida por $F_s = 4,0 \text{ N}$. A velocidade do corpo em $x = 0$ é 4,0 m/s. (a) Qual é a energia cinética do corpo em $x = 3,0 \text{ m}$? (b) Para que valor de x o corpo possui uma energia cinética de 8,0 J? (c) Qual é a energia cinética máxima do corpo entre $x = 0$ e $x = 5,0 \text{ m}$?

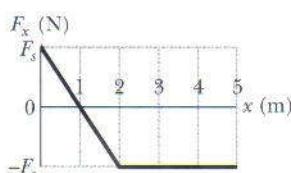


FIG. 7-46 Problema 66.

- 67** A Fig. 7-47 mostra um pacote de cachorros-quentes escorregando para a direita em um piso sem atrito por uma distância $d = 20,0 \text{ cm}$, enquanto três forças agem sobre o pacote. Duas são horizontais e têm módulos $F_1 = 5,00 \text{ N}$ e $F_2 = 1,00 \text{ N}$; a terceira faz um ângulo $\theta = 60,0^\circ$ para baixo e tem um módulo $F_3 = 4,00 \text{ N}$. (a) Qual é o trabalho total realizado sobre o pacote pelas três forças mais a força gravitacional e a força normal? (b) Se o pacote tem uma massa de 2,0 kg e uma energia cinética inicial igual a zero, qual é sua velocidade no final do deslocamento?

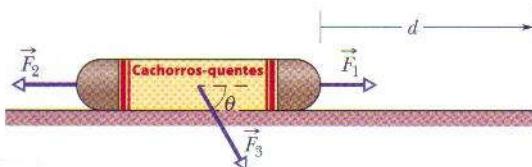


FIG. 7-47 Problema 67.

- 68** Uma criança assustada desce por um escorrega de atrito desprezível em um parque de diversões com o apoio da mãe. Se a força da mãe sobre a criança é de 100 N para cima ao longo do escorrega, a energia cinética da criança aumenta de 30 J quando ela desce uma distância de 1,8 m ao longo do escorrega. (a) Qual é o trabalho realizado sobre a criança pela força gravitacional durante a descida de 1,8 m? (b) Se a criança não tivesse o apoio da mãe, qual seria o aumento em sua energia cinética quando ela tivesse escorregado a mesma distância de 1,8 m?

- 69** Para empurrar um engradado de 25,0 kg para cima em um plano inclinado de 25° em relação à horizontal, um operário exerce uma força de 209 N paralela ao plano. Quando o engradado percorre 1,50 m, qual o trabalho realizado sobre ele (a) pela força aplicada pelo trabalhador, (b) pela força gravitacional e (c) pela força normal? (d) Qual é o trabalho total realizado sobre o engradado?

- 70** Se um carro com uma massa de 1200 kg viaja a 120 km/h em uma rodovia, qual é a energia cinética do carro medida por alguém que está parado no acostamento?

- 71** Uma mola com um ponteiro está pendurada perto de uma régua graduada em milímetros. Três pacotes diferentes são pendurados na mola, um de cada vez, como mostra a Fig. 7-48. (a) Que marca o ponteiro indica na régua quando não há nenhum pacote pendurado na mola? (b) Qual é o peso P do terceiro pacote?

- 72** Uma partícula que se move em linha reta sofre um deslocamento retilíneo $\vec{d} = (8 \text{ m})\hat{i} + c\hat{j}$ sob a ação de uma força $\vec{F} = (2 \text{ N})\hat{i} - (4 \text{ N})\hat{j}$. (Outras forças também agem sobre a partícula.) Qual é o valor de c se o trabalho realizado por \vec{F} sobre a partícula é (a) zero, (b) positivo e (c) negativo?

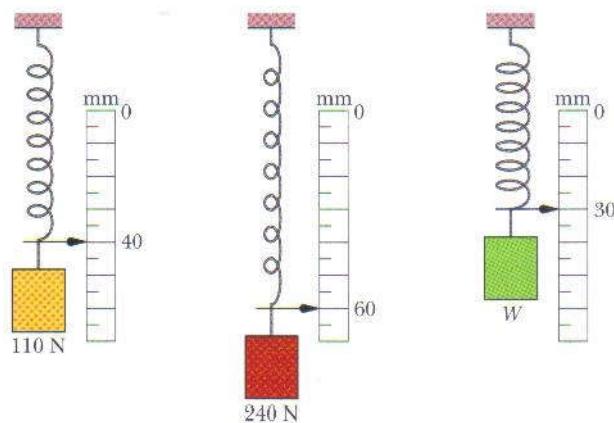


FIG. 7-48 Problema 71.

- 73** Um elevador tem uma massa de 4500 kg e pode transportar uma carga máxima de 1800 kg. Se o elevador está subindo com a carga máxima a 3,80 m/s, que potência a força que move o elevador deve desenvolver para manter essa velocidade?

- 74** Um bloco de gelo de 45 kg desliza para baixo em um plano inclinado sem atrito de 1,5 m de comprimento e 0,91 m de altura. Um operário empurra o bloco para cima com uma força paralela ao plano, fazendo o bloco descer com velocidade constante. (a) Determine o módulo da força exercida pelo operário. Qual é o trabalho realizado sobre o bloco (b) pela força do operário, (c) pela força gravitacional, (d) pela força normal do plano inclinado e (e) pela força resultante?

- 75** Uma força \vec{F} no sentido positivo de um eixo x age sobre um objeto que se move ao longo desse eixo. Se o módulo da força é $F = 10e^{-x/2.0} \text{ N}$, com x em metros, determine o trabalho realizado por \vec{F} quando o objeto se desloca de $x = 0$ a $x = 2,0 \text{ m}$ (a) plotando $F(x)$ e estimando a área sob a curva e (b) integrando $F(x)$.

- 76** Na Fig. 7-49a, uma força de 2,0 N é aplicada em um bloco de 4,0 kg fazendo um ângulo θ para baixo com a horizontal enquanto o bloco desliza 1,0 m para a direita em um piso horizontal sem atrito. Escreva uma expressão para a velocidade v_f do bloco após ser percorrida essa distância para uma velocidade inicial de (a) 0 e (b) 1,0 m/s para a direita. (c) A situação da Fig. 7-49b é semelhante à anterior, pois o bloco está inicialmente se deslocando para a direita com uma velocidade de 1,0 m/s, mas agora a força de 2,0 N está dirigida para baixo e para a esquerda. Escreva uma expressão para a velocidade v_f do bloco após ser percorrida uma distância de 1,0 m. (d) Plote as três expressões de v_f em função do ângulo θ de $\theta = 0$ a $\theta = 90^\circ$. Interprete os gráficos.

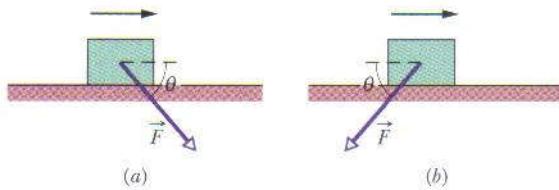


FIG. 7-49 Problema 76.

- 77** Uma merendeira de 2,0 kg escorregue em uma superfície sem atrito no sentido positivo de um eixo x . A partir do instante $t = 0$, um vento constante aplica uma força à merendeira no sentido negativo do eixo x . A Fig. 7-50 mostra a posição x da merendeira em

função do tempo t . A partir do gráfico, estime a energia cinética da merendeira (a) em $t = 1,0$ s e (b) em $t = 5,0$ s. (c) Qual é o trabalho realizado pelo vento sobre a merendeira entre $t = 1,0$ s e $t = 5,0$ s?

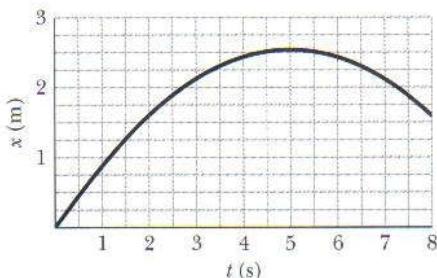


FIG. 7-50 Problema 77.

78 Integração numérica. Uma caixa é deslocada ao longo de um eixo x de $x = 0,15$ m a $x = 1,20$ m por uma força cujo módulo é dado por $\vec{F} = e^{-2x^2}$, com x em metros e F em newtons. Qual é o trabalho realizado pela força sobre a caixa?

79 Quando uma partícula se move ao longo de um eixo x , uma força atua sobre ela no sentido positivo do eixo. A Fig. 7-51 mostra o módulo F da força em função da posição x da partícula. A curva é dada por $F = a/x^2$, com $a = 9,0 \text{ N}\cdot\text{m}^2$. Determine o tra-

lho realizado pela força sobre a partícula quando a partícula se desloca de $x = 1,0$ m para $x = 3,0$ m (a) estimando o trabalho a partir do gráfico e (b) integrando a função da força.

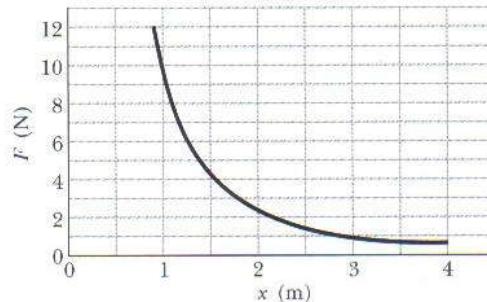


FIG. 7-51 Problema 79.

80 Uma caixa de CD escorrega em um piso no sentido positivo de um eixo x enquanto uma força aplicada \vec{F}_a age sobre a caixa. A força está orientada ao longo do eixo x , e sua componente x é dada por $F_{ax} = 9x - 3x^2$, com x em metros e F_{ax} em newtons. A caixa parte do repouso na posição $x = 0$ e se move até ficar novamente em repouso. (a) Plote o trabalho realizado por \vec{F}_a sobre a caixa em função de x . (b) Em que posição o trabalho é máximo e (c) qual é o valor deste trabalho máximo? (d) Em que posição o trabalho se torna nulo? (e) Em que posição a caixa fica novamente em repouso?

6 Na Fig. 8-26a você puxa para cima uma corda presa a um cilindro que desliza em relação a uma haste central. Como o cilindro e a haste se encaixam sem nenhuma folga, o atrito é considerável. A força que você aplica realiza um trabalho $W = +100 \text{ J}$ sobre o sistema cilindro-eixo-Terra (Fig. 8-26b). Um “inventário de energia” do sistema é mostrado na Fig. 8-26c: a energia cinética K aumenta de 50 J e a energia potencial gravitacional U_g aumenta de 20 J. A única outra variação da energia dentro do sistema é a da energia térmica E_t . Qual é a variação ΔE_t ?

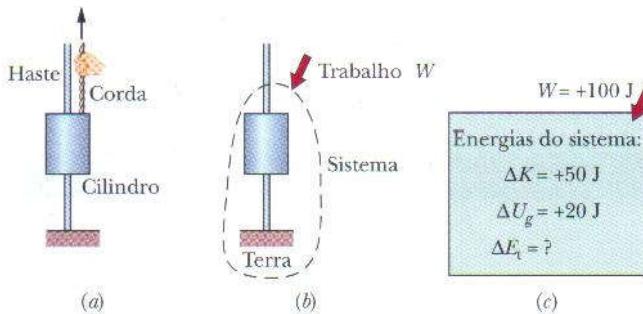


FIG. 8-26 Pergunta 6.

7 O arranjo da Fig. 8-27 é semelhante ao da pergunta 6. Agora, você puxa para baixo uma corda que está presa ao cilindro, que desliza com atrito em relação ao eixo central. Além disso, ao descer o cilindro puxa um bloco através de uma segunda corda e o faz deslizar em uma mesa de laboratório. Considere novamente o sistema cilindro-eixo-Terra, semelhante ao da Fig. 8-26b. O trabalho que você realiza sobre o sistema é 200 J. O sistema realiza um trabalho de 60 J

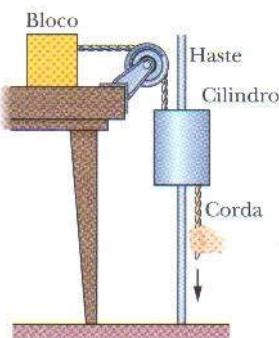


FIG. 8-27 Pergunta 7.

sobre o bloco. Dentro do sistema, a energia cinética aumenta de 130 J e a energia potencial gravitacional diminui de 20 J. (a) Escreva um “inventário de energia” para o sistema, semelhante ao da Fig. 8-26c. (b) Qual é a variação da energia térmica dentro do sistema?

8 Na Fig. 8-28 um bloco desliza em uma pista que desce uma altura h . A pista não possui atrito, exceto na parte mais baixa. Nessa parte o bloco desliza até parar, devido ao atrito, depois de percorrer uma distância D . (a) Se diminuirmos h , o bloco percorre uma distância maior, menor ou igual a D até parar? (b) Se, em vez disso, aumentarmos a massa do bloco, a distância que o bloco percorre até parar é maior, menor ou igual a D ?



FIG. 8-28 Pergunta 8.

9 Na Fig. 8-29 um bloco desliza de A para C em uma rampa sem atrito e então passa para uma região horizontal CD , onde está sujeito a uma força de atrito. A energia cinética do bloco aumenta, diminui ou permanece constante (a) na região AB , (b) na região BC e (c) na região CD ? (d) A energia mecânica do bloco aumenta, diminui ou permanece constante nessas regiões?

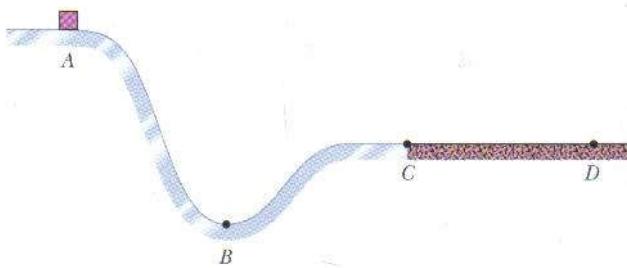


FIG. 8-29 Pergunta 9.

PROBLEMAS

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

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

seção 8-4 Determinação de Valores de Energia Potencial

- 1** Você deixa cair um livro de 2,00 kg para uma amiga que está na calçada, a uma distância $D = 10,0 \text{ m}$ abaixo de você. Se as mãos estendidas da sua amiga estão a uma distância $d = 1,5 \text{ m}$ acima do solo (Fig. 8-30), (a) qual é o trabalho W_g realizado sobre o livro pela força gravitacional até ele 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 ele chega às mãos da sua amiga? Suponha agora que o valor de U é 100 J ao nível

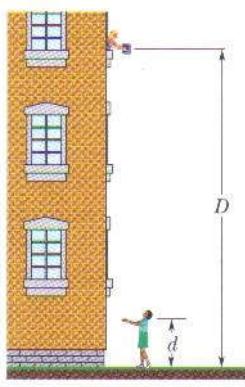


FIG. 8-30 Problemas 1 e 10.

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 chegou às mãos da sua amiga.

- 2** A Fig. 8-31 mostra uma bola de massa $m = 0,341 \text{ kg}$ presa à extremidade de uma haste fina de comprimento $L = 0,452 \text{ m}$ 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 empurrada 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

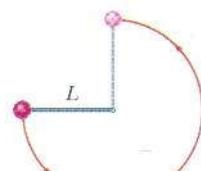


FIG. 8-31 Problemas 2 e 12.

altura que o ponto inicial? Se a energia potencial gravitacional do sistema bola-Terra é tomada como sendo 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 sido empurrada com mais força, de modo a passar 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?

- 3** Na Fig. 8-32 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 sua descida 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 sendo 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 sendo 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 permaneceriais os mesmos?

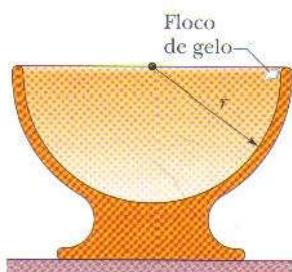


FIG. 8-32
Problemas 3 e 11.

- 4** Na Fig. 8-33 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 sendo 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?

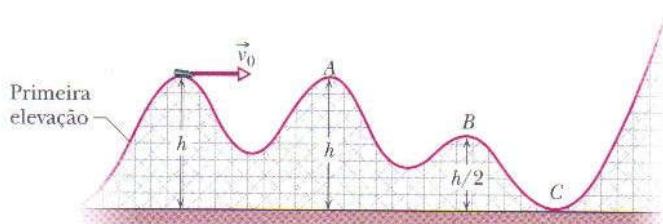


FIG. 8-33 Problemas 4 e 13.

- 5** Qual é a constante elástica de uma mola que armazena 25 J de energia potencial ao ser comprimida 7,5 cm?

- 6** Uma bola de neve de 1,5 kg é lançada de um penhasco de 12,5 m de altura. A velocidade inicial da bola de neve é 14,0 m/s, 41,0° 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 sendo nula na altura do penhasco, qual é o seu valor quando a bola de neve chega ao solo?

- 7** A Fig. 8-34 mostra uma haste fina, de comprimento $L = 2,00$ m e massa desprezível, que pode girar em torno de uma das

extremidades para descrever uma circunferência vertical. Uma bola de massa $m = 5,00$ 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 $v_0 = 0$. Quando a bola desce até o ponto mais baixo da circunferência, (a) qual é o trabalho realizado sobre ela 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 sendo 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?

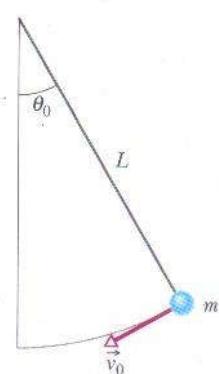


FIG. 8-34

Problemas 7, 16 e 17.

•8 Na Fig. 8-35 um pequeno bloco de massa $m = 0,032$ kg pode deslizar em uma pista sem atrito que forma um loop de raio $R = 12$ 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 enquanto 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 for tomada como nula na base do loop, quanto valerá essa energia potencial quando o bloco estiver (c) no ponto P, (d) no ponto Q e (e) no topo do loop? (f) Se, em vez de ser simplesmente liberado, o bloco recebe uma velocidade inicial dirigida para baixo ao longo da pista, as respostas dos itens de (a) até (e) aumentam, diminuem ou permanecem as mesmas?

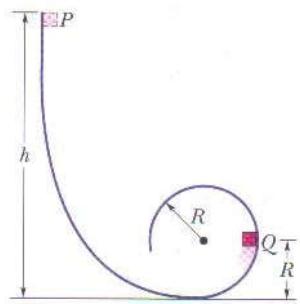


FIG. 8-35

Problemas 8 e 19.

seção 8-5 Conservação da Energia Mecânica

- 9** Na Fig. 8-36 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 $1,2 \times 10^4$ 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?

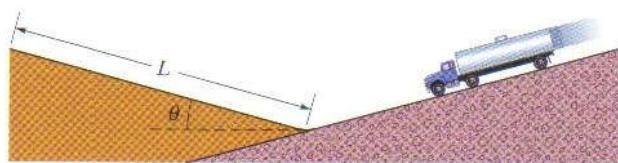


FIG. 8-36 Problema 9.

- 10** (a) No Problema 1, 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 3, 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 2, 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?

••13 No Problema 4, 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)?

••14 (a) No Problema 6, 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 kg?

••15 Uma bola de gude de 5,0 g é lançada verticalmente para cima usando uma espingarda de mola. A mola deve ser comprimida de exatamente 8,0 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?

••16 (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?

••17 A Fig. 8-34 mostra um pêndulo de comprimento $L = 1,25$ m. O peso do pêndulo (no qual está concentrada, para efeitos práticos, toda a sua 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 em sua posição mais baixa se $v_0 = 8,00$ m/s? Qual é o menor valor de v_0 para que o pêndulo oscile 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?

••18 Um bloco de 700 g é liberado a partir do repouso de uma altura h_0 acima de uma mola vertical com constante elástica $k = 400$ N/m e massa desprezível. O bloco se choca com a mola e pára momentaneamente depois de comprimir a mola 19,0 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?

••19 No Problema 8, quais são os módulos das componentes (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? (*Inimência 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 $h = 6R$.

••20 Uma única 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?

••21 A corda da Fig. 8-37, 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?

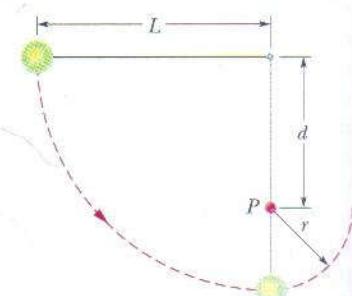


FIG. 8-37 Problemas 21 e 68.

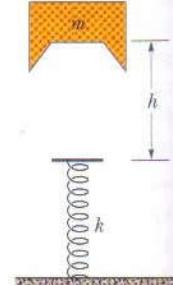


FIG. 8-38 Problema 22.

••22 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. 8-38). Determine a variação máxima de comprimento da mola ao ser comprimida.

••23 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)?

••24 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. 8-39), 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 tem 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? ~~QUESTION~~

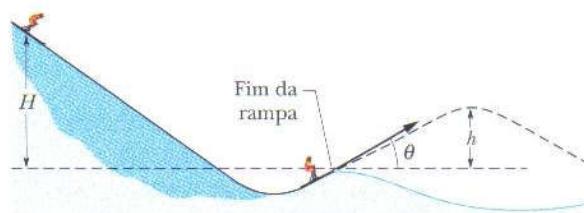


FIG. 8-39 Problema 24.

••25 Tarzan, que pesa 688 N, salta de um penhasco pendurado na extremidade de um cipó com 18 m de comprimento (Fig. 8-40). Do alto do penhasco até o ponto mais baixo de sua 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 cípó está fazendo com a vertical no momento em que se rompe?

- 26** 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 de sua 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 como sendo nula na posição mais baixa da pedra, qual é a energia mecânica total do sistema?



FIG. 8-40 Problema 25.

- 27** A Fig. 8-41 mostra uma pedra de 8,00 kg em repouso sobre uma mola. A mola é comprimida de 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?

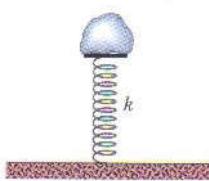


FIG. 8-41
Problema 27.

- 28** 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. 8-42. A caixa é liberada a partir do repouso quando a mola se 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 até o ponto em que pára momentaneamente, e quais são (c) o módulo e (d) o sentido (para cima ou para baixo ao longo do plano) da aceleração do bloco no instante em que pára momentaneamente?

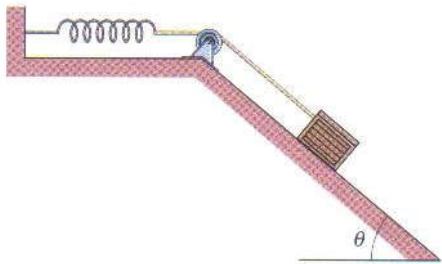


FIG. 8-42 Problema 28.

- 29** Um bloco com massa $m = 2,00 \text{ kg}$ é apoiado em uma mola em um plano inclinado sem atrito de ângulo $\theta = 30,0^\circ$ (Fig. 8-43). (O bloco não está preso à mola.) A mola, de constante elástica $k = 19,6 \text{ N/cm}$, é comprimida de 20 cm e depois liberada. (a) Qual é a energia potencial elástica da

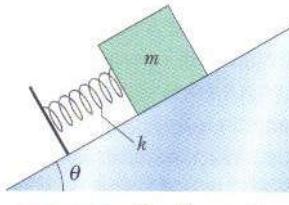
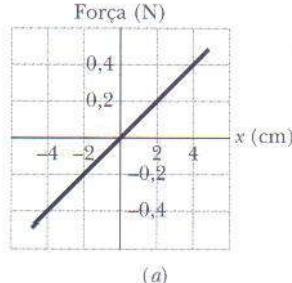


FIG. 8-43 Problema 29.

mola comprimida? (b) Qual é a variação da energia potencial gravitacional do sistema bloco-Terra quando o bloco se 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 esta altura máxima?

- 30** A Fig. 8-44a se refere à mola de uma espingarda de rolha (Fig. 8-44b); 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?



(a)

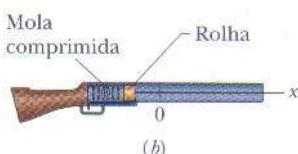


FIG. 8-44 Problema 30.

- 31** Na Fig. 8-45 um bloco de massa $m = 12 \text{ kg}$ é liberado a partir do repouso em um plano inclinado 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 pára 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 pára momentaneamente? (b) Qual é a velocidade do bloco no momento em que entra em contato com a mola?

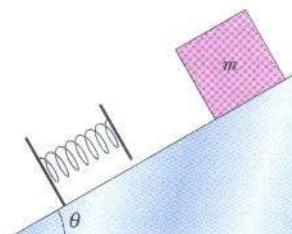


FIG. 8-45
Problemas 31 e 37.

- 32** Na Fig. 8-46 uma corrente é mantida sobre uma mesa sem atrito com um quarto do comprimento pendurado fora da mesa. Se 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?

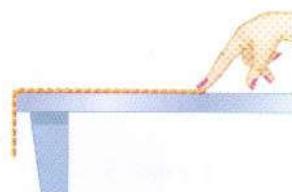


FIG. 8-46 Problema 32.

- 33** Na Fig. 8-47 uma mola com $k = 170 \text{ N/m}$ está presa no alto 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 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?

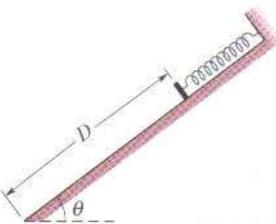


FIG. 8-47 Problema 33.

- 34** Duas crianças 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 $D = 2,20\text{ m}$ da borda da mesa; veja a Fig. 8-48. Bia comprime a mola $1,10\text{ cm}$, mas o centro da bola de gude cai $27,0\text{ cm}$ antes do centro da caixa. De que distância Rosa deve comprimir a mola para acertar a caixa? Suponha que o atrito da mola e da bola com o canhão é desprezível.

•••35 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.)

•••36 Um menino está inicialmente sentado no alto de um monte hemisférico de gelo de raio $R = 13,8\text{ m}$. Ele começa a deslizar para baixo com uma velocidade inicial desprezível (Fig. 8-49). Suponha que o atrito é desprezível. Em que altura o menino perde contato com o gelo?

•••37 Na Fig. 8-45 um bloco de massa $m = 3,20\text{ kg}$ desliza para baixo, a partir do repouso, percorre uma distância d em um plano inclinado de ângulo $\theta = 30,0^\circ$ e se choque com uma mola de constante elástica 431 N/m . Quando o bloco pára momentaneamente, a mola fica comprimida $21,0\text{ cm}$. 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?

seção 8-6 Interpretação de uma Curva de Energia Potencial

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

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

onde r é a distância entre os átomos da molécula e A e B são constantes positivas. Esta energia potencial está associada à força de ligação entre os dois átomos. (a) Determine a *distância de equilíbrio*, ou seja, a distância entre os átomos para a qual as forças a que os átomos estão submetidos é nula. A força é repulsiva ou atrativa se a distância é (b) menor e (c) maior que a distância de equilíbrio?

••39 A Fig. 8-50 mostra um gráfico da energia potencial U em função da posição x de uma partícula de $0,90\text{ kg}$ que pode se deslocar apenas ao longo de um eixo x . (Forças dissipativas não estão envolvidas.) Os três valores mostrados no gráfico são $U_A = 15,0\text{ J}$, $U_B = 35,0\text{ J}$ e $U_C = 45,0\text{ J}$. A partícula é liberada em $x = 4,5\text{ m}$ com uma velocidade inicial de $7,0\text{ m/s}$, no sentido negativo de x . (a) Se a partícula puder chegar ao ponto $x = 1,0\text{ m}$, 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 comece a se mover para a esquerda do ponto $x = 4,0\text{ m}$? 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 $x = 7,0\text{ m}$, qual será sua velocidade nesse ponto? Se não puder, qual será o ponto de retorno? Quais

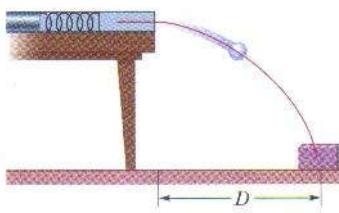


FIG. 8-48 Problema 34.

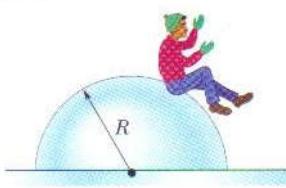


FIG. 8-49 Problema 36.

são (e) o módulo e (f) a orientação da força experimentada pela partícula quando ela começa a se mover para a direita do ponto $x = 5,0\text{ m}$?

••40 A Figura 8-51 mostra um gráfico da energia potencial U em função da posição x para uma partícula de $0,200\text{ kg}$ 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 $U_A = 9,00\text{ J}$, $U_C = 20,00\text{ J}$ e $U_D = 24,00\text{ J}$. A partícula é liberada no ponto onde U forma uma “barreira de potencial” de “altura” $U_B = 12,00\text{ J}$, com uma energia cinética de $4,00\text{ J}$. Qual é a velocidade da partícula (a) em $x = 3,5\text{ m}$ e (b) em $x = 6,5\text{ m}$? Qual é a posição do ponto de retorno (c) do lado direito e (d) do lado esquerdo?

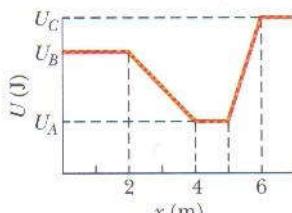


FIG. 8-50 Problema 39.

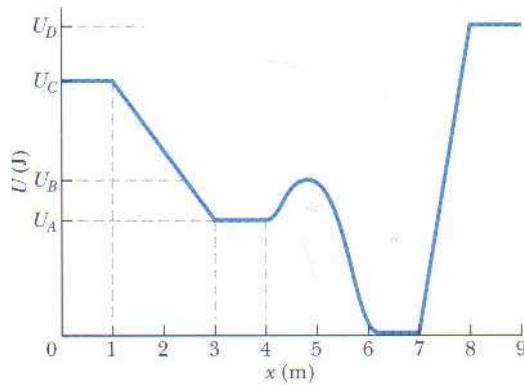


FIG. 8-51 Problema 40.

•••41 Uma única força conservativa $F(x)$ age sobre uma partícula de $1,0\text{ kg}$ que se move ao longo de um eixo x . A energia potencial $U(x)$ associada a $F(x)$ é dada por

$$U(x) = -4x e^{-x/4}\text{ J},$$

onde x está em metros. Em $x = 5,0\text{ m}$ a partícula possui uma energia cinética de $2,0\text{ J}$. (a) Qual é a energia mecânica do sistema? (b) Faça um gráfico de $U(x)$ em função de x para $0 \leq x \leq 10\text{ m}$ e plote, no mesmo gráfico, a reta que representa a energia mecânica do sistema. Use o gráfico do item (b) para determinar (c) o menor valor de x que a partícula pode atingir e (d) o maior valor de x que a partícula pode atingir. Use o gráfico do item (b) para determinar (e) a energia cinética máxima da partícula e (f) o valor de x para o qual a energia cinética atinge este valor. (g) Escreva uma expressão para $F(x)$, em newtons, em função de x , em metros. (h) $F(x) = 0$ para que valor (finito) de x ?

seção 8-7 Trabalho Realizado por uma Força Externa sobre um Sistema

•42 Um operário empurra um caixote de 27 kg , com velocidade constante, por $9,2\text{ m}$ ao longo de um piso plano, com uma força orientada 32° abaixo da horizontal. Se o coeficiente de atrito cinético entre o bloco e o piso é $0,20$, quais são (a) o trabalho realizado pelo operário e (b) o aumento da energia térmica do sistema bloco-piso?

•43 Um collie arrasta a caixa de dormir em um piso, aplicando uma força horizontal de $8,0\text{ N}$. O módulo da força de atrito cinético que age sobre a caixa é $5,0\text{ N}$. Quando a caixa é arrastada por uma distância de $0,7\text{ m}$, quais são (a) o trabalho realizado

pela força do cão e (b) o aumento de energia térmica da caixa e do piso?

••44 Uma força horizontal de módulo 35,0 N empurra um bloco de massa 4,00 kg em um piso no qual o coeficiente de atrito cinético é 0,600. (a) Qual é o trabalho realizado por essa força sobre o sistema bloco-piso quando o bloco sofre um deslocamento de 3,00 m? (b) Durante esse deslocamento, a energia térmica do bloco aumenta de 40,0 J. Qual é o aumento da energia térmica do piso? (c) Qual é o aumento da energia cinética do bloco?

••45 Uma corda é usada para puxar um bloco de 3,57 kg com velocidade constante, por 4,06 m, em um piso horizontal. A força que a corda exerce sobre o bloco é 7,68 N, 15,0° acima da horizontal. Quais são (a) o trabalho realizado pela força da corda, (b) o aumento na energia térmica do sistema bloco-piso e (c) o coeficiente de atrito cinético entre o bloco e o piso?

seção 8-8 Conservação da Energia

•46 Um esquiador de 60 kg deixa a extremidade de uma rampa de salto de esqui com uma velocidade de 24 m/s 25° acima da horizontal. Suponha que, devido ao arrasto do ar, o esquiador retorna ao solo com uma velocidade de 22 m/s, aterrissando 14 m verticalmente abaixo da extremidade da rampa. Do início do salto até o retorno ao solo, de quanto a energia mecânica do sistema esquiador-Terra é reduzida devido ao arrasto do ar?

•47 Um urso de 25 kg escorrega, a partir do repouso, 12 m para baixo em um tronco de pinheiro, movendo-se com uma velocidade de 5,6 m/s imediatamente antes de chegar ao chão. (a) Qual é a variação da energia potencial gravitacional do sistema urso-Terra durante o deslizamento? (b) Qual é a energia cinética do urso imediatamente antes de chegar ao chão? (c) Qual é a força de atrito média que age sobre o urso enquanto está escorregando?

•48 Um jogador de beisebol arremessa uma bola com uma velocidade inicial de 81,8 mi/h. Imediatamente antes de um outro jogador segurar a bola na mesma altura sua velocidade é 110 pés/s. De quanto é reduzida, em pés-libras, a energia mecânica do sistema bola-Terra devido ao arrasto do ar? (A massa de uma bola de beisebol é de 9,0 onças.)

•49 Um disco de plástico de 75 g é arremessado de um ponto 1,1 m acima do solo com uma velocidade escalar de 12 m/s. Quando o disco atinge uma altura de 2,1 m sua velocidade é de 10,5 m/s. Qual é a redução da E_{mec} do sistema disco-Terra devido ao arrasto do ar?

•50 Na Fig. 8-52, um bloco desliza para baixo em um plano inclinado. Enquanto se move do ponto A para o ponto B, que estão separados por uma distância de 5,0 m, uma força \vec{F} , com módulo de 2,0 N e dirigida para baixo ao longo do plano inclinado, age sobre o bloco. O módulo da força de atrito que age sobre o bloco é 10 N. Se a energia cinética do bloco aumenta de 35 J entre A e B, qual é o trabalho realizado pela força gravitacional sobre o bloco enquanto ele se move de A até B?

•51 Durante uma avalanche, uma pedra de 520 kg desliza a partir do repouso, descendo a encosta de uma montanha que tem 500 m de comprimento e 300 m de altura. O coeficiente de atrito cinético entre a pedra e a encosta é 0,25. (a) Se a energia potencial gravitacional U do sistema rocha-Terra é nula na base da

montanha, qual é o valor de U imediatamente antes de começar a avalanche? (b) Qual é a energia transformada em energia térmica durante a avalanche? (c) Qual é a energia cinética da pedra ao chegar à base da montanha? (d) Qual é a velocidade da pedra nesse instante?

••52 Você empurra um bloco de 2,0 kg contra uma mola horizontal, comprimindo-a 15 cm. Em seguida, solta o bloco e a mola o faz deslizar sobre uma mesa. O bloco pára depois de percorrer 75 cm a partir do ponto em que foi solto. A constante elástica da mola é 200 N/m. Qual é o coeficiente de atrito cinético entre o bloco e a mesa?

••53 Na Fig. 8-53 um bloco desliza ao longo de uma pista, de um nível para outro mais elevado, passando por um vale intermediário. A pista não possui atrito até o bloco atingir o nível mais alto, onde uma força de atrito pára o bloco em uma distância d . A velocidade inicial v_0 do bloco é de 6,0 m/s, a diferença de altura h é 1,1 m e μ_k é 0,60. Determine d.

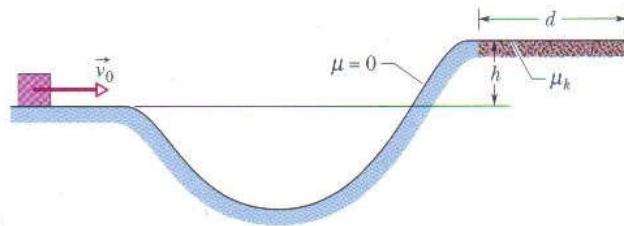


FIG. 8-53 Problema 53.

••54 Um biscoito de mentira, deslizando em uma superfície horizontal, está preso a uma das extremidades de uma mola horizontal de constante elástica $k = 400 \text{ N/m}$; a outra extremidade da mola está fixa. O biscoito possui uma energia cinética de 20,0 J ao passar pela posição de equilíbrio da mola. Enquanto o biscoito desliza, uma força de atrito de módulo 10,0 N age sobre ele. (a) Que distância o biscoito desliza a partir da posição de equilíbrio antes de parar momentaneamente? (b) Qual é a energia cinética do biscoito quando ele passa de volta pela posição de equilíbrio?

••55 Na Fig. 8-54, um bloco de 3,5 kg é acelerado a partir do repouso por uma mola comprimida de constante elástica 640 N/m. O bloco deixa a mola no seu comprimento relaxado e se desloca em um piso horizontal com um coeficiente de atrito cinético $\mu_k = 0,25$. A força de atrito pára o bloco em uma distância $D = 7,8 \text{ m}$. Determine (a) o aumento de energia térmica do sistema bloco-piso, (b) a energia cinética máxima do bloco e (c) o comprimento da mola quando estava comprimida.

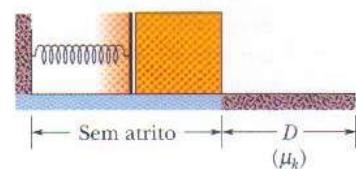


FIG. 8-54 Problema 55.

••56 Um pacote de 4,0 kg começa a subir um plano inclinado de 30° com uma energia cinética de 128 J. Que distância ele percorre antes de parar, se o coeficiente de atrito cinético entre o pacote e o plano é 0,30?

••57 Quando um besouro salta-martim está deitado de costas pode pular encurvando bruscamente o corpo, o que converte a energia armazenada em um músculo em energia mecânica, produzindo um estalo audível. O videotape de um desses pulos mostra que um besouro de massa $m = 4,0 \times 10^{-6} \text{ kg}$ se desloca 0,77 mm na vertical durante um salto e consegue atingir uma altura máxima

$h = 0,30\text{ m}$. Durante o salto, quais são os valores médios dos módulos (a) da força externa exercida pelo piso sobre as costas do besouro e (b) da aceleração do besouro em unidades de g ?

••58 Uma criança que pesa 267 N desce em um escorregador de $6,1\text{ m}$ que faz um ângulo de 20° com a horizontal. O coeficiente de atrito cinético entre o escorregador e a criança é $0,10$. (a) Qual é a energia transformada em energia térmica? (b) Se a criança começa a descida no alto do escorregador com uma velocidade de $0,457\text{ m/s}$, qual é sua velocidade ao chegar ao chão?

••59 Na Fig. 8-55 um bloco de massa $m = 2,5\text{ kg}$ desliza de encontro a uma mola de constante elástica $k = 320\text{ N/m}$. O bloco pára após comprimir a mola $7,5\text{ cm}$. O coeficiente de atrito cinético entre o bloco e o piso é $0,25$. Enquanto o bloco está em contato com a mola e sendo levado ao repouso, determine (a) o trabalho realizado pela mola e (b) o aumento da energia térmica do sistema bloco-piso. (c) Qual é a velocidade do bloco imediatamente antes de se chocar com a mola?

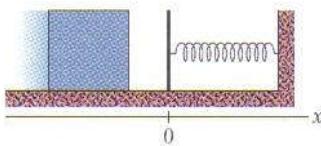


FIG. 8-55 Problema 59.

••60 Um pote de biscoitos está subindo um plano inclinado de 40° . Em um ponto a 55 cm da base do plano inclinado (medidos ao longo do plano) o pote possui uma velocidade de $1,4\text{ m/s}$. O coeficiente de atrito cinético entre o pote e o plano inclinado é $0,15$. (a) Que distância o pacote ainda sobe ao longo do plano? (b) Qual é a velocidade do bloco ao chegar novamente à base do plano inclinado? (c) As respostas dos itens (a) e (b) aumentam, diminuem ou permanecem as mesmas quando o coeficiente de atrito cinético é reduzido (sem alterar a velocidade e a posição do pote)?

••61 Uma pedra que pesa $5,29\text{ N}$ é lançada verticalmente a partir do nível do solo com uma velocidade inicial de $20,0\text{ m/s}$, e o arrasto do ar sobre ela é de $0,265\text{ N}$ durante todo o percurso. Determine (a) a altura máxima alcançada pela pedra e (b) sua velocidade imediatamente antes de se chocar com o solo.

••62 Na Fig. 8-56 um bloco é liberado a partir do repouso a uma altura $d = 40\text{ cm}$, desce uma rampa sem atrito e chega a um primeiro trecho plano, de comprimento d , onde o coeficiente de atrito cinético é $0,50$. Se o bloco ainda está se movendo desce uma segunda rampa sem atrito, de altura $d/2$, e chega a um segundo trecho plano, onde o coeficiente de atrito cinético também é $0,50$. Se o bloco ainda está se movendo sobe uma rampa sem atrito até parar (momentaneamente). Onde o bloco pára? Se a parada final é em um trecho plano, diga em qual deles e calcule a distância L que o bloco percorre a partir da extremidade esquerda desse platô. Se o bloco alcança a rampa, calcule a altura H acima do trecho plano mais baixo onde o bloco pára momentaneamente.

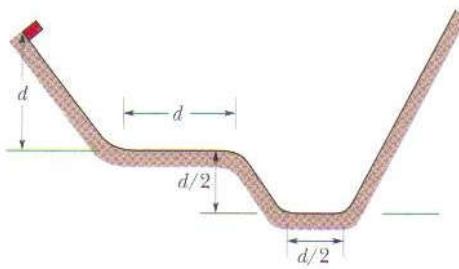


FIG. 8-56 Problema 62.

••63 Uma partícula pode deslizar em uma pista com extremidades elevadas e uma parte central plana, como mostra a Fig. 8-57. A parte plana tem um comprimento $L = 40\text{ cm}$. Os trechos curvos da pista não possuem atrito, mas na parte plana o coeficiente de atrito cinético é $\mu_k = 0,20$. A partícula é liberada a partir do repouso no ponto A , que está a uma altura $L/2$. A que distância da extremidade esquerda da parte plana a partícula finalmente pára?

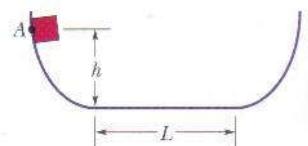


FIG. 8-57 Problema 63.

••64 Na Fig. 8-58 um bloco desliza em uma pista sem atrito até chegar a um trecho de comprimento $L = 0,75\text{ cm}$, que começa a uma altura $h = 2,0\text{ m}$ em uma rampa de ângulo $\theta = 30^\circ$. Nesse trecho o coeficiente de atrito cinético é $0,40$. O bloco passa pelo ponto A com uma velocidade de $8,0\text{ m/s}$. Se o bloco pode chegar ao ponto B (onde o atrito acaba), qual é sua velocidade nesse ponto e, se não pode, qual é a maior altura que atinge acima de A ?

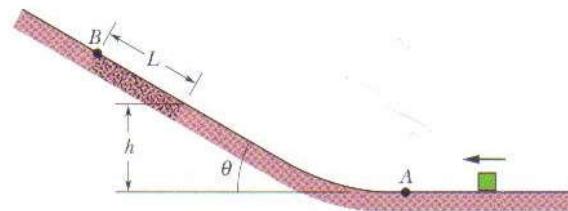
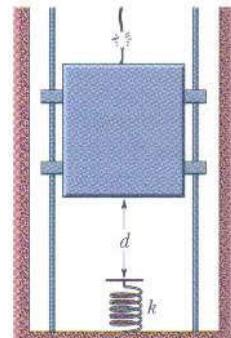


FIG. 8-58 Problema 64.

••65 O cabo do elevador de 1800 kg da Fig. 8-59 se rompe quando o elevador está parado no primeiro andar, onde o piso se encontra a uma distância $d = 3,7\text{ m}$ acima de uma mola de constante elástica $k = 0,15\text{ MN/m}$. Um dispositivo de segurança prende o elevador aos trilhos laterais, de modo que uma força de atrito constante de $4,4\text{ kN}$ passa a se opor ao movimento. (a) Determine a velocidade do elevador no momento em que se choca com a mola. (b) Determine a máxima redução x do comprimento da mola (a força de atrito continuar a agir enquanto a mola está sendo comprimida). (c) Determine a distância que o elevador sobe de volta no poço. (d) Usando a lei de conservação da energia, determine a distância total aproximada que o elevador percorre antes de parar. (Suponha que a força de atrito sobre o elevador é desprezível quando ele está parado.)

FIG. 8-59
Problema 65.

Problemas Adicionais

66 Em uma certa fábrica, caixotes de 300 kg são deixados cair verticalmente de uma máquina de empacotamento em uma esteira transportadora que se move a $1,20\text{ m/s}$ (Fig. 8-60). (Um motor mantém a velocidade da esteira constante.) O coeficiente de atrito cinético entre a esteira e cada caixote é $0,400$. Após um pequeno intervalo de tempo deixa de haver deslizamento entre a esteira e o caixote, e este passa a se

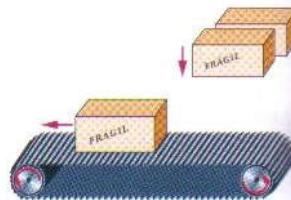


FIG. 8-60 Problema 66.

mover junto com a esteira. Durante o intervalo de tempo no qual o caixote está se movendo em relação à esteira, calcule, tomando como referência um sistema de coordenadas em repouso em relação à fábrica, (a) a energia cinética fornecida ao caixote, (b) o módulo da força de atrito cinético que age sobre o caixote e (c) a energia fornecida pelo motor. (d) Explique por que as respostas dos itens (a) e (c) são diferentes.

67 Um escorrega de parquinho tem a forma de um arco de circunferência com 12 m de raio. A altura do escorrega é $h = 4,0$ m e o chão é tangente à circunferência (Fig. 8-61). Uma criança de 25 kg escorrega do alto do brinquedo, a partir do repouso, e ao chegar ao chão está com uma velocidade de 6,2 m/s. (a) Qual é o comprimento do escorrega? (b) Qual é a força de atrito média que age sobre a criança? Se, em vez do solo, uma reta vertical passando pelo *alto do escorrega* é tangente à circunferência, quais são (c) o comprimento do escorrega e (d) a força de atrito média que age sobre a criança?

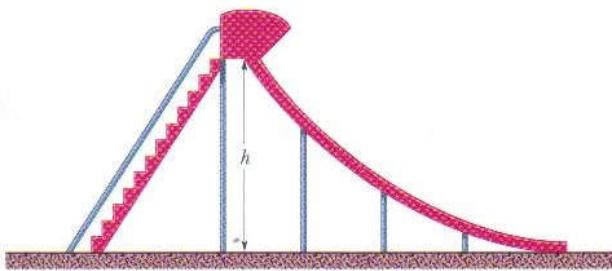


FIG. 8-61 Problema 67.

68 Na Fig. 8-37 a corda tem um comprimento $L = 120$ cm e possui uma bola presa em uma das extremidades, enquanto a outra está fixa. Existe um pino no ponto P . Liberada a partir do repouso, a bola desce até a corda tocar o pino; em seguida, a bola sobe e começa a girar em torno do pino. Qual é o menor valor da distância d para que a bola dê uma volta completa em torno do pino? (*Sugestão:* A bola deve ainda estar se movendo no ponto mais alto da volta. Você sabe por quê?)

69 Na Fig. 8-52 um bloco desce uma rampa sem atrito com uma certa velocidade inicial. Sua velocidade nos pontos A e B é de 2,00 m/s e 2,60 m/s, respectivamente. Em seguida, ele é novamente lançado para baixo, mas dessa vez sua velocidade no ponto A é 4,00 m/s. Qual é sua velocidade no ponto B ?

70 Uma certa mola *não obedece* à lei de Hooke. A força (em newtons) que ela exerce quando está distendida de um comprimento x (em metros) tem um módulo de $52,8x + 38,4x^2$ e um sentido oposto ao da força responsável pela distensão. (a) Calcule o trabalho necessário para distender a mola de $x = 0,500$ m para $x = 1,00$ m. (b) Com uma das extremidades da mola fixa, uma partícula de massa 2,17 kg é presa à outra extremidade da mola quando ela está distendida de uma distância $x = 1,00$ m. Se a partícula é liberada a partir do repouso, qual é sua velocidade no instante em que a distensão da mola é de $x = 0,500$ m? (c) A força exercida pela mola é conservativa ou não-conservativa? Justifique sua resposta.

71 Um operário de uma fábrica deixa cair acidentalmente um caixote de 180 kg que estava sendo mantido em repouso no alto de uma rampa de 3,7 m de comprimento que está inclinada 39° em relação à horizontal. O coeficiente de atrito cinético entre o caixote e a rampa e entre o caixote e o piso horizontal da fábrica é 0,28. (a) Qual é a velocidade do caixote ao chegar ao final da

rampa? (b) Que distância adicional o caixote percorre no piso? (Suponha que a energia cinética do caixote não se altera quando ele passa da rampa para o piso.) (c) As respostas dos itens (a) e (b) aumentam, diminuem ou permanecem as mesmas se a massa do caixote é reduzida à metade?

72 Na Fig. 8-62 um pequeno bloco parte do ponto A com uma velocidade de 7,0 m/s. Seu percurso é sem atrito até chegar ao trecho de comprimento $L = 12$ m, onde o coeficiente de atrito cinético é de 0,70. As alturas indicadas são $h_1 = 6,0$ m e $h_2 = 2,0$ m. Qual é a velocidade do bloco (a) no ponto B e (b) no ponto C ? (c) O bloco atinge o ponto D ? Caso a resposta seja afirmativa, determine a velocidade do bloco nesse ponto; caso a resposta seja negativa, calcule a distância que o bloco percorre na parte com atrito.

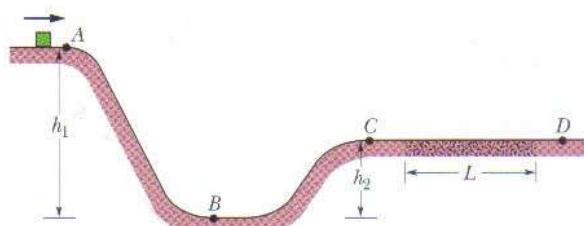


FIG. 8-62 Problema 72.

73 Uma lata de refrigerante de 2,50 kg é lançada diretamente para baixo de uma altura de 4,00 m, com uma velocidade inicial de 3,00 m/s. O arrasto do ar sobre a lata é desprezível. Qual é a energia cinética da lata (a) quando chega ao solo no final de sua queda e (b) quando se encontra a meio caminho do solo? Quais são (c) a energia cinética da lata e (d) a energia potencial gravitacional do sistema lata-Terra 0,200 s antes de a lata chegar ao solo? Tome o ponto de referência $y = 0$ como sendo o solo.

74 Uma bola de aniversário cheia d'água, com uma massa de 1,50 kg, é lançada verticalmente para cima com uma velocidade inicial de 3,00 m/s. (a) Qual é a energia cinética da bola no momento em que é lançada? (b) Qual é o trabalho realizado pela força gravitacional sobre a bola durante toda a subida? (c) Qual é a variação da energia potencial gravitacional do sistema bola-Terra durante a subida? (d) Se a energia potencial gravitacional é tomada como sendo nula no ponto de lançamento, qual é seu valor quando a bola chega à altura máxima? (e) Se a energia potencial gravitacional é considerada nula na sua altura máxima, qual é seu valor no ponto do lançamento? (f) Qual é a altura máxima?

75 Na Fig. 8-63 a polia tem massa desprezível e tanto ela como o plano inclinado não possuem atrito. O bloco A tem uma massa de 1,0 kg, o bloco B tem uma massa de 2,0 kg e o ângulo θ é 30°. Se os blocos são liberados a partir do repouso com o fio que os conecta esticado, qual é a energia cinética total após o bloco B ter descido 25 cm?

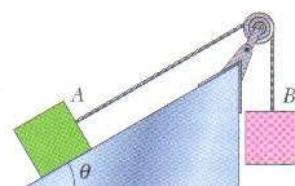


FIG. 8-63 Problema 75.

76 Um projétil de 0,55 kg é lançado da borda de um penhasco com uma energia cinética inicial de 1550 J. A maior distância vertical para cima que o projétil atinge em relação ao ponto de lançamento é +140 m. Quais são as componentes (a) horizontal e (b) vertical da velocidade de lançamento? (c) No instante em que a componente vertical da velocidade é 65 m/s, qual é o deslocamento vertical em relação ao ponto de lançamento?

77 A única força que age sobre uma partícula é a força conservativa \vec{F} . Se a partícula está no ponto A , a energia potencial do sistema associada a \vec{F} e à partícula é 40 J. Se a partícula se move do ponto A para o ponto B , o trabalho realizado por \vec{F} sobre a partícula é +25 J. Qual é a energia potencial do sistema com a partícula no ponto B ?

78 Uma força horizontal constante faz um baú de 50 kg subir 6,0 m em um plano inclinado de 30° com velocidade constante. O coeficiente de atrito cinético entre o baú e o plano inclinado é 0,20. Quais são (a) o trabalho realizado pela força e (b) o aumento da energia térmica do baú e do plano inclinado?

79 Dois blocos, de massas $M = 2,0 \text{ kg}$ e $2M$, estão ligados a uma mola de constante elástica $k = 200 \text{ N/m}$ que tem uma das extremidades fixa, como mostra a Fig. 8-64. A superfície horizontal e a polia não possuem atrito, e a polia tem massa desprezível. Os blocos são liberados a partir do repouso com a mola na posição relaxada. (a) Qual é a energia cinética total dos dois blocos após o bloco que está pendurado ter descido 0,090 m? (b) Qual é a energia cinética do bloco pendurado depois de descer 0,090 m? (c) Qual é a distância que o bloco pendurado percorre antes de parar momentaneamente pela primeira vez?

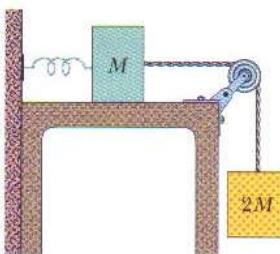


FIG. 8-64 Problema 79.

80 Uma corrente de cinzas vulcânicas está se movendo em solo horizontal quando encontra uma subida de 10° . A corrente sobe 920 m antes de parar. Suponha que os gases aprisionados fazem as cinzas flutuarem, tornando assim desprezível a força de atrito exercida pelo solo; suponha também que a energia mecânica da corrente é conservada. Qual era a velocidade inicial da corrente?

81 Uma banana de 0,50 kg é arremessada verticalmente para cima com uma velocidade inicial de 4,0 m/s e alcança uma altura máxima de 0,80 m. Qual é a variação da energia mecânica do sistema banana-Terra causada pelo arrasto do ar durante a subida?

82 Se um jogador de beisebol de 70 kg chega a uma base depois de escorregar pelo chão com uma velocidade inicial de 10 m/s, (a) qual é o decréscimo da energia cinética do jogador e (b) qual é o aumento da energia térmica do seu corpo e do chão no qual está escorregendo?

83 Uma mola ($k = 200 \text{ N/m}$) está presa no alto de um plano inclinado sem atrito com $\theta = 40^\circ$ (Fig. 8-65). Um bloco de 1,0 kg é lançado para cima ao longo do plano, de uma posição inicial que está a uma distância $d = 0,60 \text{ m}$ da extremidade da mola relaxada, com uma energia cinética inicial de 16 J. (a) Qual é a energia cinética do bloco no instante em que comprime a mola 0,20 m? (b) Com que energia cinética o bloco deve ser lançado ao longo do plano para que fique momentaneamente parado depois de ter comprimido a mola 0,40 m?

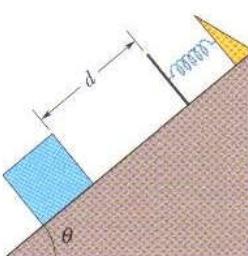


FIG. 8-65 Problema 83.

84 Uma preguiça de 3,2 kg está pendurada em uma árvore, 3,0 m acima do solo. (a) Qual é a energia potencial gravitacional do sistema preguiça-Terra se tomarmos o ponto de referência $y = 0$ como sendo o nível do solo? Se a preguiça cai da árvore e o arrasto do ar é desprezível, quais são (b) a energia cinética e (c) a velocidade da preguiça no momento em que chega ao solo?

85 Uma máquina puxa um tronco de árvore de 40 kg 2,0 m para cima em uma rampa de 40° com velocidade constante, com a força da máquina paralela à rampa. O coeficiente de atrito cinético entre o tronco e a rampa é 0,40. Quais são (a) o trabalho realizado sobre o tronco pela força da máquina e (b) o aumento da energia térmica do tronco e da rampa?

86 O transatlântico de luxo *Queen Elizabeth 2* possui uma central elétrica a diesel com uma potência máxima de 92 MW a uma velocidade de cruzeiro de 32,5 nós. Que força propulsora é exercida sobre o navio a esta velocidade? (1 nó = 1,852 km/h).

87 A temperatura de um cubo de plástico é medida enquanto o cubo é empurrado 3,0 m em um piso, com velocidade constante, por uma força horizontal de 15 N. As medidas revelam que a energia térmica do cubo aumentou 20 J. Qual foi o aumento da energia térmica do piso ao longo do qual o cubo deslizou?

88 Dois picos nevados estão $H = 850 \text{ m}$ e $h = 750 \text{ m}$ acima do vale que os separa. Uma pista de esquiagem liga os dois picos, com um comprimento total de 3,2 km e uma inclinação média $\theta = 30^\circ$ (Fig. 8-66). (a) Um esquiador parte do repouso no cume do monte mais alto. Com que velocidade ele chega ao cume do monte mais baixo se não usar os bastões para dar impulso? Ignore o atrito. (b) Qual é o valor aproximado do coeficiente de atrito cinético entre a neve e os esquis para que o esquiador pare exatamente no cume do monte mais baixo?

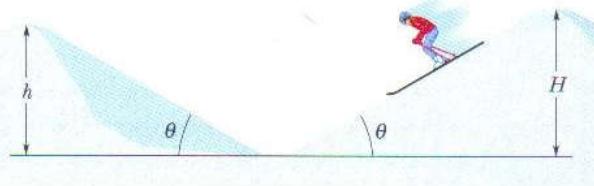


FIG. 8-66 Problema 88.

89 Um nadador se desloca na água a uma velocidade média de 0,22 m/s. A força de arrasto média é 110 N. Que potência média o nadador está desenvolvendo?

90 Um automóvel com passageiros pesa 16 400 N e está se movendo a 113 km/h quando o motorista pisca bruscamente no freio, bloqueando as rodas. A força de atrito exercida pela estrada sobre as rodas tem um módulo de 8230 N. Determine a distância que o automóvel percorre até parar.

91 Uma bola de 0,63 kg, atirada verticalmente para cima com uma velocidade inicial de 14 m/s, atinge uma altura máxima de 8,1 m. Qual é a variação da energia mecânica do sistema bola-Terra durante a subida da bola até a altura máxima?

92 O cume do monte Everest está 8850 m acima do nível do mar. (a) Qual seria a energia gasta por um alpinista de 90 kg para escalar o monte Everest a partir do nível do mar, se a única força que tivesse que vencer fosse a força gravitacional? (b) Quantas barras de chocolate, a 1,25 MJ por barra, supririam essa energia? A resposta mostra que o trabalho usado para vencer a força gravitacional é uma fração muito pequena da energia necessária para escalar uma montanha.

93 Um ciclista que pesa 670 N corre os primeiros 7,0 m de uma prova em 1,6 s, partindo do repouso e acelerando uniformemente. Quais são (a) a velocidade e (b) a energia cinética do ciclista ao final dos 1,6 s? (c) Qual é a potência média desenvolvida pelo ciclista durante o intervalo de 1,6 s?

PROBLEMAS

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

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

seção 9-2 O Centro de Massa

•1 Uma partícula de 2,00 kg tem coordenadas xy ($-1,20\text{ m}$, $0,500\text{ m}$) e uma partícula de 4,00 kg tem coordenadas xy ($0,600\text{ m}$, $-0,750\text{ m}$). Ambas estão em um plano horizontal. Em que coordenada (a) x e (b) y deve ser posicionada uma terceira partícula de 3,00 kg para que o centro de massa do sistema de três partículas tenha coordenadas ($-0,500\text{ m}$, $-0,700\text{ m}$)?

•2 A Fig. 9-37 mostra um sistema de três partículas de massas $m_1 = 3,0\text{ kg}$, $m_2 = 4,0\text{ kg}$ e $m_3 = 8,0\text{ kg}$. As escalas do gráfico são definidas por $x_s = 2,0\text{ m}$ e $y_s = 2,0\text{ m}$. Quais são (a) a coordenada x e (b) a coordenada y do centro de massa do sistema? (c) Se m_3 aumenta gradualmente, o centro de massa do sistema se aproxima de m_3 , se afasta de m_3 ou permanece onde está?

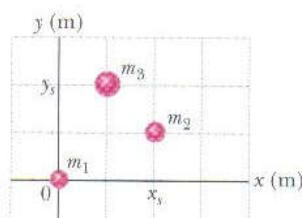


FIG. 9-37 Problema 2.

••3 Quais são (a) a coordenada x e (b) a coordenada y do centro de massa da placa uniforme da Fig. 9-38 se $L = 5,0\text{ cm}$?

••4 Na Fig. 9-39, três barras finas e uniformes, de comprimento $L = 22\text{ cm}$, formam um U invertido. Cada barra vertical tem uma massa de 14 g ; a barra horizontal tem massa de 42 g . Quais são (a) a coordenada x e (b) a coordenada y do centro de massa do sistema?

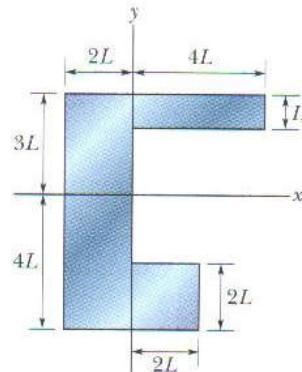


FIG. 9-38 Problema 3.

a coordenada x , (b) a coordenada y e (c) a coordenada z do centro de massa da caixa.

••7 A Fig. 9-42 mostra uma placa composta de dimensões $d_1 = 11,0\text{ cm}$, $d_2 = 2,80\text{ cm}$ e $d_3 = 13,0\text{ cm}$. Metade da placa é feita de alumínio (massa específica = $2,70\text{ g/cm}^3$) e a outra metade de ferro (massa específica = $7,85\text{ g/cm}^3$). Determine (a) a coordenada x , (b) a coordenada y e (c) a coordenada z do centro de massa da placa.

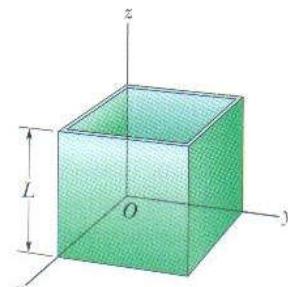


FIG. 9-41 Problema 6.

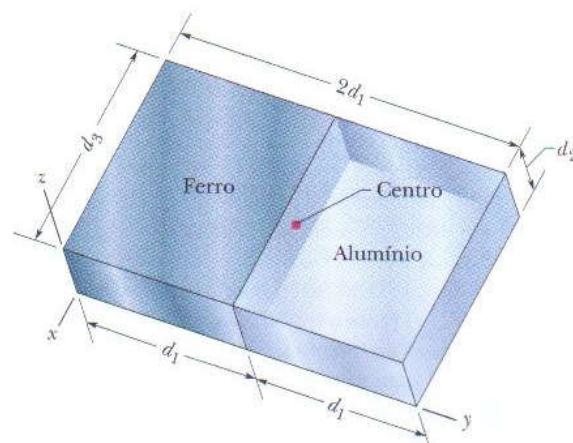


FIG. 9-42 Problema 7.

••8 Uma lata tem uma massa de $0,140\text{ kg}$, uma altura de $12,0\text{ cm}$ e contém $1,31\text{ kg}$ de refrigerante (Fig. 9-42). Pequenos furos são feitos na base e no topo (com perda de massa desprezível) para drenar o refrigerante. Qual é a altura h do centro de massa da lata e seu conteúdo (a) inicialmente e (b) após a lata perder todo o refrigerante? (c) O que acontece com h enquanto o refrigerante está sendo drenado? (d) Se x é a altura do refrigerante que ainda resta na lata em um dado instante, determine o valor de x quando o centro de massa atinge seu ponto mais baixo.

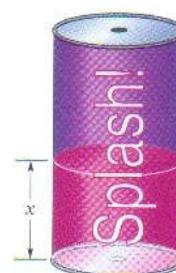


FIG. 9-43 Problema 8.

seção 9-3 A Segunda Lei de Newton para um Sistema de Partículas

•9 Uma grande azeitona ($m = 0,50\text{ kg}$) está na origem de um sistema de coordenadas xy e uma grande castanha-do-pará ($M = 1,5\text{ kg}$) está no ponto $(1,0, 2,0)\text{ m}$. Em $t = 0$ uma força $\vec{F}_o = (2,0\hat{i} + 3,0\hat{j})\text{ N}$ começa a agir sobre a azeitona e uma força $\vec{F}_n = (-3,0\hat{i} - 2,0\hat{j})\text{ N}$ começa a agir sobre a castanha. Em termos dos vetores unitários, qual é o deslocamento do centro de massa do sistema azeitona-castanha em $t = 4,0\text{ s}$ em relação à sua posição em $t = 0$?

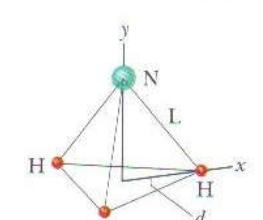


FIG. 9-40 Problema 5.

•10 Dois patinadores, um de 65 kg e outro de 40 kg, estão em uma pista de gelo e seguram as extremidades de uma vara de 10 m de comprimento e massa desprezível. Os patinadores se puxam ao longo da vara até se encontrarem. Que distância percorre o patinador de 40 kg?

•11 Uma pedra é deixada cair em $t = 0$. Uma segunda pedra, com uma massa duas vezes maior, é deixada cair do mesmo ponto em $t = 100 \text{ ms}$. (a) A que distância do ponto inicial da queda está o centro de massa das duas pedras em $t = 300 \text{ ms}$? (Suponha que as pedras ainda não chegaram ao solo.) (b) Qual é a velocidade do centro de massa das duas pedras nesse instante?

•12 Um automóvel de 1000 kg está parado em um sinal de trânsito. No instante em que o sinal abre o automóvel começa a se mover com uma aceleração constante de $4,0 \text{ m/s}^2$. No mesmo instante um caminhão de 2000 kg, movendo-se no mesmo sentido com velocidade constante de $8,0 \text{ m/s}$, ultrapassa o automóvel. (a) Qual é a distância entre o CM do sistema carro-caminhão e o sinal de trânsito em $t = 3,0 \text{ s}$? (b) Qual é a velocidade do CM nesse instante?

••13 A Fig. 9-44 mostra um arranjo com um trilho de ar no qual um carrinho está preso por uma corda a um bloco pendurado. O carrinho tem massa $m_1 = 0,600 \text{ kg}$ e seu centro está inicialmente nas coordenadas xy $(-0,500 \text{ m}, 0 \text{ m})$; o bloco tem massa $m_2 = 0,400 \text{ kg}$ e seu centro está inicialmente nas coordenadas xy $(0, -0,100 \text{ m})$. As massas da corda e da polia são desprezíveis. O carrinho é liberado a partir do repouso e o carrinho e o bloco se movem até que o carrinho atinge a polia. O atrito entre o carrinho e o trilho de ar e o atrito da polia são desprezíveis. (a) Em termos dos vetores unitários, qual é a aceleração do centro de massa do sistema carrinho-bloco? (b) Qual é o vetor velocidade do CM em função do tempo t ? (c) Plote a trajetória do CM. (d) Se a trajetória for curva, determine se apresenta um desvio para cima e para a direita ou para baixo e para a esquerda em direção a uma linha reta; se for retílinea, determine o ângulo da trajetória com o eixo x .

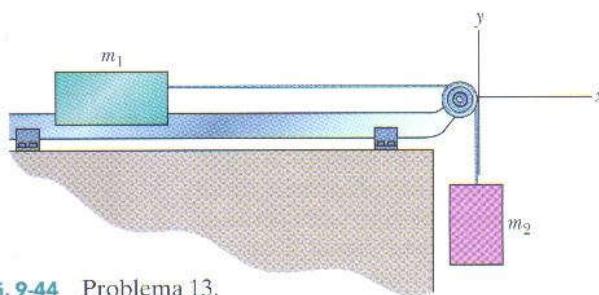


FIG. 9-44 Problema 13.

••14 Na Fig. 9-45 duas partículas são lançadas a partir da origem do sistema de coordenadas no instante $t = 0$. A partícula 1, de massa $m_1 = 5,00 \text{ g}$, é lançada no sentido positivo do eixo x sobre um piso sem atrito, com uma velocidade constante de $10,0 \text{ m/s}$. A partícula 2, de massa $m_2 = 3,00 \text{ g}$, é lançada com uma velocidade escalar de $20,0 \text{ m/s}$, com um ângulo para cima tal que se mantém sempre diretamente acima da partícula 1. (a) Qual é a altura máxima H_{\max} alcançada pelo CM do sistema de duas partículas? Em termos dos vetores unitários, quais são (b) a velocidade e (c) a aceleração do CM ao atingir a altura máxima H_{\max} ?

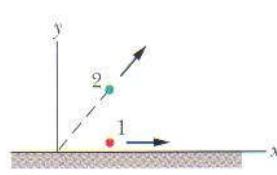


FIG. 9-45 Problema 14.

••15 Um canhão dispara um projétil com uma velocidade inicial $v_0 = 20 \text{ m/s}$ e um ângulo $\theta_0 = 60^\circ$ com a horizontal. No ponto

mais alto da trajetória o projétil explode em dois fragmentos de massas iguais (Fig. 9-46). Um fragmento, cuja velocidade imediatamente após a colisão é zero, cai verticalmente. A que distância do canhão cai o outro fragmento, supondo que o terreno é plano e que a resistência do ar pode ser desprezada?

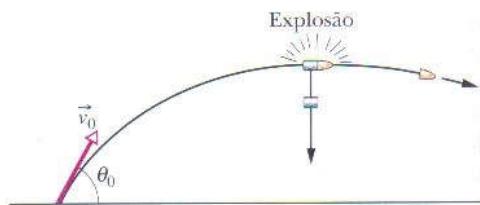
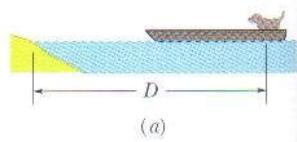


FIG. 9-46
Problema 15.

••16 Ricardo, com 80 kg de massa, e Carmelita, que é mais leve, estão apreciando o pôr-do-sol no lago Mercedes em uma canoa de 30 kg . Com a canoa imóvel nas águas calmas do lago, eles trocam de lugar. Seus assentos estão separados por uma distância de $3,0 \text{ m}$ e simetricamente dispostos em relação ao centro da embarcação. Se a canoa se desloca 40 cm em relação ao atracadouro, qual é a massa de Carmelita?



(a)

••17 Na Fig. 9-47a, um cachorro de $4,5 \text{ kg}$ está em um barco de 18 kg a uma distância $D = 6,1 \text{ m}$ da margem. Ele caminha $2,4 \text{ m}$ ao longo do barco na direção da margem e pára. Supondo que não há atrito entre o barco e a água, determine a nova distância entre o cachorro e a margem. (Sugestão: Veja a Fig. 9-47b.)

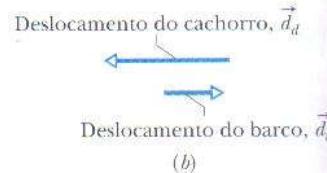


FIG. 9-47 Problema 17.

seção 9-5 O Momento Linear de um Sistema de Partículas

•18 Uma bola de $0,70 \text{ kg}$ está se movendo horizontalmente com uma velocidade de $5,0 \text{ m/s}$ quando se choca com uma parede vertical e ricocheteia com uma velocidade de $2,0 \text{ m/s}$. Qual é o módulo da variação do momento linear da bola?

•19 Um caminhão de 2100 kg viajando para o norte a 41 km/h vira para leste e acelera até 51 km/h . (a) Qual é a variação da energia cinética do caminhão? Quais são (b) o módulo e (c) o sentido da variação do momento?

••20 A Fig. 9-48 mostra uma vista superior da trajetória de uma bola de sinuca de $0,165 \text{ kg}$ que se choque com uma das tabelas. A velocidade escalar da bola antes do choque é de $2,00 \text{ m/s}$ e o ângulo θ_1 é 30° . O choque inverte a componente y da velocidade da bola, mas não altera a componente x. Determine (a) o ângulo θ_2 e (b) a variação do momento linear da bola em termos dos vetores unitários. (O fato de que a bola está rolando é irrelevante para o problema.)

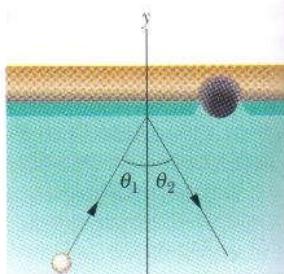


FIG. 9-48 Problema 20.

••21 Uma bola de softball de $0,30 \text{ kg}$ tem uma velocidade escalar de 15 m/s e um ângulo de 35° abaixo da horizontal imediatamente antes de ser golpeada por um taco. Qual é o módulo da

variação do momento linear da bola na colisão com o taco se ela adquire uma velocidade escalar (a) de 20 m/s, verticalmente para baixo; (b) de 20 m/s, horizontalmente na direção do lançador?

- 22 No instante $t = 0$, uma bola é lançada para cima a partir do nível do solo, em terreno plano. A Fig. 9-49 mostra o módulo p do momento linear da bola em função do tempo t após o lançamento ($p_0 = 6,0 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ e $p_1 = 4,0 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$). Determine o ângulo de lançamento.

seção 9-6 Colisão e Impulso

- 23 Uma força no sentido negativo de um eixo x é aplicada por 27 ms a uma bola de 0,40 kg que estava se movendo a 14 m/s no sentido positivo do eixo. O módulo da força é variável e o impulso tem um módulo de 32,4 N · s. Quais são (a) o módulo e (b) o sentido da velocidade da bola imediatamente após a aplicação da força? Quais são (c) a intensidade média da força e (d) a orientação do impulso aplicado à bola?

- 24 Em uma brincadeira comum, mas muito perigosa, alguém puxa uma cadeira quando uma pessoa está prestes a se sentar, fazendo com que a vítima se estatelhe no chão. Suponha que a vítima tem 70 kg, cai de uma altura de 0,50 m e a colisão com o chão dura 0,082 s. Quais são os módulos (a) do impulso e (b) da força média aplicada pelo chão sobre a pessoa durante a colisão?

- 25 Com mais de 70 anos de idade, Henri LaMothe (Fig. 9-50) assombrava os espectadores mergulhando de barriga de uma al-

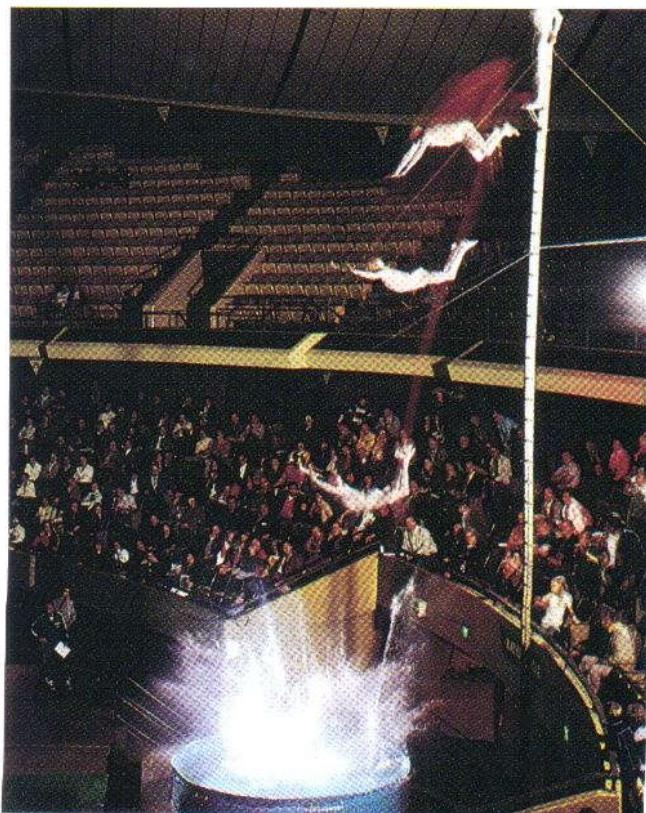


FIG. 9-50 Problema 25. Mergulho de barriga em um tanque de água com 30 cm de profundidade. (George Long/Sports Illustrated/©Time, Inc.)

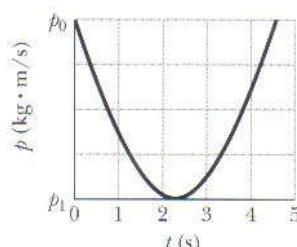


FIG. 9-49 Problema 22.

tura de 12 m em um tanque de água com 30 cm de profundidade. Supondo que ele parava quando estava prestes a chegar ao fundo do tanque e estimando sua massa, calcule o módulo do impulso que a água exerceu sobre ele em um desses mergulhos.

- 26 Em fevereiro de 1955 um pára-quedista saltou de um avião, caiu 370 m sem conseguir abrir o pára-quedas e aterrissou em um campo de neve, sofrendo apenas pequenas escoriações. Suponha que sua velocidade imediatamente antes do impacto era de 56 m/s (velocidade terminal), que sua massa (incluindo os equipamentos) era de 85 kg e que a força da neve sobre ele tenha atingido o valor (relativamente seguro) de $1,2 \times 10^5 \text{ N}$. Determine (a) a profundidade mínima da neve para que escapasse sem ferimentos graves e (b) o módulo do impulso da neve sobre ele.

- 27 Uma bola de 1,2 kg cai verticalmente em um piso com uma velocidade de 25 m/s e ricocheteia com uma velocidade inicial de 10 m/s. (a) Qual é o impulso recebido pela bola durante o contato com o piso? (b) Se a bola fica em contato com o piso por 0,020 s, qual é a força média exercida pela bola sobre o piso?

- 28 No tae kwon do, a mão de um atleta atinge o alvo com uma velocidade de 13 m/s e pára após 5,0 ms. Suponha que durante o choque a mão é independente do braço e tem uma massa de 0,70 kg. Determine os módulos (a) do impulso e (b) da força média que a mão exerce sobre o alvo.

- 29 Um bandido aponta uma metralhadora para o peito do Super-homem e dispara 100 balas/min. Suponha que a massa de uma bala é de 3 g, que a velocidade das balas é de 500 m/s e que as balas ricochetiam no peito do super-herói sem perder velocidade. Qual é o módulo da força média que as balas exercem sobre o peito do Super-homem?

- 30 Um carro de brinquedo de 5,0 kg pode se mover ao longo de um eixo x ; a Fig. 9-51 mostra a componente F_x da força que age sobre o carro, que parte do repouso no instante $t = 0$. A escala do eixo x é definida por $F_{xs} = 5,0 \text{ N}$. Em termos dos vetores unitários, determine (a) \vec{p} em $t = 4,0 \text{ s}$; (b) \vec{p} em $t = 7,0 \text{ s}$; (c) \vec{v} em $t = 9,0 \text{ s}$.

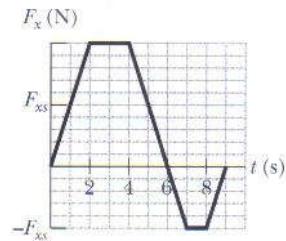


FIG. 9-51 Problema 30.

- 31 A Fig. 9-52 mostra uma bola de beisebol de 0,300 kg imediatamente antes e imediatamente depois de colidir com um taco. Imediatamente antes a bola tem uma velocidade \vec{v}_1 de módulo 12,0 m/s e ângulo $\theta_1 = 35^\circ$. Imediatamente depois a bola se move para cima na vertical com uma velocidade \vec{v}_2 de módulo 10,0 m/s. A duração da colisão é de 2,00 ms. Quais são (a) o módulo e (b) a orientação (em relação ao semi-eixo x positivo) do impulso do taco sobre a bola? Quais são (c) o módulo e (d) o sentido da força média que o taco exerce sobre a bola?

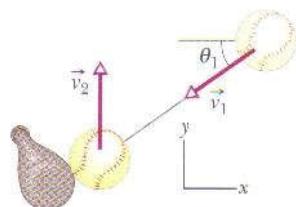


FIG. 9-52 Problema 31.

- 32 O lagarto basilisco é capaz de correr sobre a superfície da água (Fig. 9-53). Em cada passo o lagarto bate na água com a pata e a mergulha tão depressa que uma cavidade de ar se forma acima da pata. Para não ter que puxar a pata de volta sob a ação da força de arrasto da água, o lagarto levanta a pata antes que a água penetre na cavidade de ar. Para que o lagarto não afunde o impulso médio para cima exercido durante essa manobra de bater na água

com a pata, afundá-la e recolhê-la deve ser igual ao impulso para baixo exercido pela força gravitacional. Suponha que a massa de um lagarto basilisco seja de 90,0 g, a massa de cada pata seja de 3,00 g, a velocidade de uma pata ao bater na água seja de 1,50 m/s e a duração de um passo seja de 0,600 s. (a) Qual é o módulo do impulso que a água exerce sobre o lagarto quando este bate com a pata na água? (Suponha que esse impulso está orientado verticalmente para cima.) (b) Durante os 0,600 s de um passo, qual é o impulso para baixo sobre o lagarto devido à força gravitacional? (c) Existe um movimento, o de bater com a pata na água ou o de afundá-la, que é o principal responsável pela sustentação do lagarto, ou ambos contribuem igualmente?



FIG. 9-53 Problema 32. Lagarto correndo sobre a água. (Stephen Dalton/Photo Researchers)

••33 Pulando antes do choque. Quando o cabo arrebenta e o sistema de segurança falha, um elevador cai em queda livre de uma altura de 36 m. Durante a colisão no fundo do poço do elevador a velocidade de um passageiro de 90 kg se anula em 5,0 ms. (Suponha que não há ricochete nem do passageiro nem do elevador.) Quais são os módulos (a) do impulso e (b) da força média experimentados pelo passageiro durante a colisão? Se o passageiro pula verticalmente para cima com uma velocidade de 7,0 m/s em relação ao piso do elevador quando o elevador está prestes a se chocar com o fundo do poço, quais são os módulos (c) do impulso e (d) da força média (supondo que o tempo que o passageiro leva para parar permaneça o mesmo)?

••34 Duas forças médias. Uma série de bolas de neve de 0,250 kg é disparada perpendicularmente contra uma parede com uma velocidade de 4,00 m/s. As bolas ficam grudadas na parede. A Fig. 9-54 mostra o módulo F da força sobre a parede em função do tempo t para dois choques consecutivos. Os choques ocorrem a intervalos $\Delta t_r = 50,0$ ms, duram um intervalo de tempo $\Delta t_d = 10$ ms e produzem triângulos isósceles no gráfico, com cada choque resultando em uma força máxima $F_{\text{máx}} = 200$ N. Para cada choque,

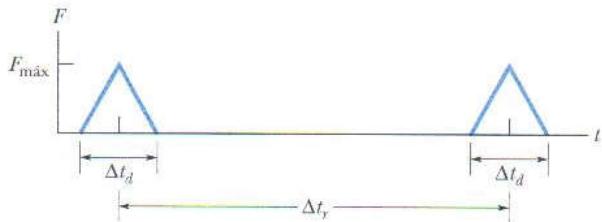


FIG. 9-54 Problema 34.

quais são os módulos (a) do impulso e (b) da força média aplicada à parede? (c) Em um intervalo de tempo correspondente a muitos choques, qual é o módulo da força média exercida sobre a parede?

••35 Um jogador de futebol chuta uma bola com massa de 0,45 kg que se encontra em repouso. O pé do jogador fica em contato com a bola por $3,0 \times 10^{-3}$ s e a força do chute é dada por

$$F(t) = [(6,0 \times 10^6)t - (2,0 \times 10^9)t^2] \text{ N}$$

para $0 \leq t \leq 3,0 \times 10^{-3}$ s, onde t está em segundos. Determine o módulo (a) do impulso sobre a bola devido ao chute, (b) da força média do pé do jogador sobre a bola durante o contato, (c) da força máxima exercida pelo pé do jogador sobre a bola durante o contato e (d) da velocidade da bola imediatamente após perder o contato com o pé do jogador.

••36 Na vista superior da Fig. 9-55, uma bola de 300 g com uma velocidade escalar v de 6,0 m/s de choca com uma parede com um ângulo θ de 30° e ricocheteia com a mesma velocidade escalar e o mesmo ângulo. A bola permanece em contato com a parede por 10 ms. Em termos dos vetores unitários, quais são (a) o impulso da parede sobre a bola e (b) a força média da bola sobre a parede?

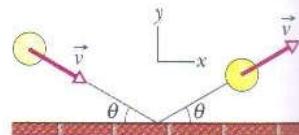


FIG. 9-55 Problema 36.

••37 A Fig. 9-56 mostra um gráfico aproximado do módulo da força F em função do tempo t para uma colisão de uma superbola de 58 g com uma parede. A velocidade inicial da bola é 34 m/s, perpendicular à parede; ela ricocheteia praticamente com a mesma velocidade escalar, também perpendicular à parede. Quanto vale $F_{\text{máx}}$, o módulo máximo da força exercida pela parede sobre a bola durante a colisão?

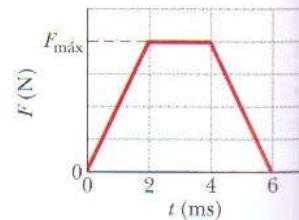


FIG. 9-56 Problema 37.

••38 Um disco de metal de 0,25 kg está inicialmente em repouso sobre uma superfície de gelo de atrito desprezível. No instante $t = 0$, uma força horizontal comece a agir sobre o disco. A força é dada por $\vec{F} = (12,0 - 3,00t^2)\hat{i}$, com F em newtons e t em segundos, e age até que seu módulo se anule. (a) Qual é o módulo do impulso da força sobre o disco entre $t = 0,500$ s e $t = 1,25$ s? (b) Qual é a variação do momento do disco entre $t = 0$ e o instante em que $F = 0$?

seção 9-7 Conservação do Momento Linear

•39 Um homem de 91 kg em repouso sobre uma superfície de atrito desprezível arremessa uma pedra de 68 g com uma velocidade horizontal de 4,0 m/s. Qual é a velocidade do homem após o arremesso?

•40 Uma nave espacial está se movendo a 4300 km/h em relação à Terra quando, após ter queimado todo o combustível, o motor do foguete (de massa $4m$) é desacoplado e ejetado para trás com uma velocidade de 82 km/h em relação ao módulo de comando (de massa m). Qual é a velocidade do módulo de comando em relação à Terra imediatamente após a separação?

•41 Na Olimpíada de 708 a.C. alguns atletas disputaram a prova de salto em distância segurando pesos chamados *halteres* para melhorar o desempenho (Fig. 9-57). Os pesos eram colocados à frente do corpo no início do salto e arremessados para trás durante o salto. Suponha que um atleta moderno de 78 kg

use dois halteres de 5,50 kg, arremessando-os horizontalmente para trás ao atingir a altura máxima, de tal forma que a velocidade horizontal dos pesos em relação ao chão seja zero. Suponha que a velocidade inicial do atleta seja $\vec{v} = (9,5\hat{i} + 4,0\hat{j}) \text{ m/s}$ com ou sem os halteres e que o terreno seja plano. Qual é a diferença entre as distâncias que o atleta consegue saltar com e sem os halteres?



FIG. 9-57 Problema 41.
(Réunion des Musées Nationaux/Art Resource)

••42 Um balde de 4 kg que está deslizando em uma superfície sem atrito explode em dois fragmentos de 2,0 kg, um que se move para o norte a 3,0 m/s e outro que se move em uma direção 30° ao norte do leste a 5,0 m/s. Qual era a velocidade escalar do balde antes da explosão?

••43 A Fig. 9-58 mostra um “foguete” de duas pontas que está inicialmente em repouso sobre uma superfície sem atrito, com o centro na origem de um eixo x . O foguete é formado por um bloco central C (de massa $M = 6,00 \text{ kg}$) e dois blocos E e D (de massa $m = 2,00 \text{ kg}$ cada um) dos lados esquerdo e direito. Pequenas explosões podem arremessar esses blocos para longe do bloco C , ao longo do eixo x . Considere a seguinte seqüência: (1) no instante $t = 0$ o bloco E é arremessado para a esquerda com uma velocidade de 3,00 m/s em relação à velocidade que a explosão imprime ao resto do foguete. (2) No instante $t = 0,80 \text{ s}$ o bloco D é arremessado para a direita com uma velocidade de 3,00 m/s em relação à velocidade do bloco C nesse momento. No instante $t = 2,8 \text{ s}$, quais são (a) a velocidade do bloco C e (b) a posição do centro do bloco C ?

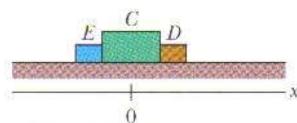


FIG. 9-58 Problema 43.

••44 Um objeto de massa m e velocidade v em relação a um observador explode em dois pedaços, um com massa três vezes maior do que o outro; a explosão ocorre no espaço sideral. O pedaço de menor massa fica em repouso em relação ao observador. Qual é o aumento da energia cinética do sistema causado pela explosão, no referencial do observador?

••45 Um copo em repouso na origem de um sistema de coordenadas xy explode em três pedaços. Logo depois da explosão um dos pedaços, de massa m , está se movendo com velocidade $(-30 \text{ m/s})\hat{i}$, e um segundo pedaço, também de massa m , está se movendo em velocidade $(-30 \text{ m/s})\hat{j}$. O terceiro pedaço tem massa $3m$. Determine (a) o módulo e (b) a orientação da velocidade do terceiro pedaço logo após a explosão.

••46 Na Fig. 9-59, um bloco inicialmente em repouso explode em dois pedaços, E e D , que deslizam sobre um piso em um trecho sem atrito e depois entram em regiões com atrito, onde acabam parando. O pedaço E , com uma massa de 2,0 kg, encontra um coeficiente de atrito cinético $\mu_E = 0,40$ e chega ao repouso em uma distância $d_E = 0,15 \text{ m}$. O pedaço D encontra um coeficiente de atrito cinético $\mu_D = 0,50$ e desliza até o repouso em uma distância $d_D = 0,25 \text{ m}$. Qual era a massa do bloco?

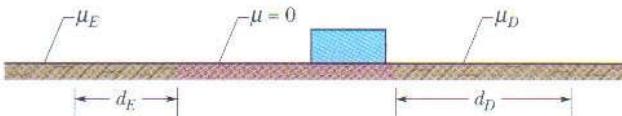


FIG. 9-59 Problema 46.

••47 Um corpo de 20,0 kg está se movendo no sentido positivo de um eixo x com uma velocidade de 200 m/s quando, devido a uma explosão interna, se quebra em três pedaços. Um dos pedaços, com uma massa de 10,0 kg, se afasta do ponto da explosão com uma velocidade de 100 m/s no sentido positivo do eixo y . Um segundo pedaço, com uma massa de 4,00 kg, se move no sentido negativo do eixo x com uma velocidade de 500 m/s. (a) Em termos dos vetores unitários, qual é a velocidade da terceira parte? (b) Qual é a energia liberada na explosão? Ignore os efeitos da força gravitacional.

••48 Uma partícula A e uma partícula B são empurradas uma contra a outra, comprimindo uma mola colocada entre elas. Quando são liberadas, a mola as arremessa em sentidos opostos. A massa de A é 2,00 vezes a massa de B , e a energia armazenada na mola era de 60 J. Suponha que a mola tenha massa desprezível e que toda a energia armazenada seja transferida para as partículas. Depois de terminada essa transferência, qual é a energia cinética (a) da partícula A e (b) da partícula B ?

seção 9-9 Colisões Inelásticas em Uma Dimensão

•49 Uma bala com 10 g de massa se choque com um pêndulo balístico com 2,00 kg de massa. O centro de massa do pêndulo sobe uma distância vertical de 12 cm. Supondo que a bala fica alojada no pêndulo, calcule a velocidade inicial da bala.

•50 Uma bala de 5,20 g a 672 m/s atinge um bloco de madeira de 700 g inicialmente em repouso sobre uma superfície sem atrito. A bala atravessa o bloco e emerge, viajando no mesmo sentido, com sua velocidade reduzida para 428 m/s. (a) Qual é a velocidade final do bloco? (b) Qual é a velocidade do centro de massa do sistema bala-bloco?

•51 Em Anchorage, as colisões de um veículo com um alce são tão comuns que são chamadas de CVA. Suponha que um carro de 1000 kg derrapse até atropelar um alce estacionário de 500 kg em uma estrada muito escorregadia, com o alce atravessando o pára-brisa (o que acontece muitas vezes nesse tipo de atropelamento). (a) Que porcentagem da energia cinética do carro é transformada pela colisão em outras formas de energia? Acidentes semelhantes acontecem na Arábia Saudita, nas chamadas CVC (colisões entre um veículo e um camelo). (b) Que porcentagem da energia cinética do carro é perdida se a massa do camelo é de 300 kg? (c) No caso geral, a perda percentual aumenta ou diminui quando a massa do animal diminui?

•52 Na situação “antes” da Fig. 9-60, o carro A (com uma massa de 1100 kg) está parado em um sinal de trânsito quando é atingido na traseira pelo carro B (com uma massa de 1400 kg). Os dois carros derrapam com as rodas travadas até que a força de atrito com o asfalto molhado (com um coeficiente de atrito μ_k de 0,13) os leva ao repouso depois de percorrer as distâncias $d_A =$

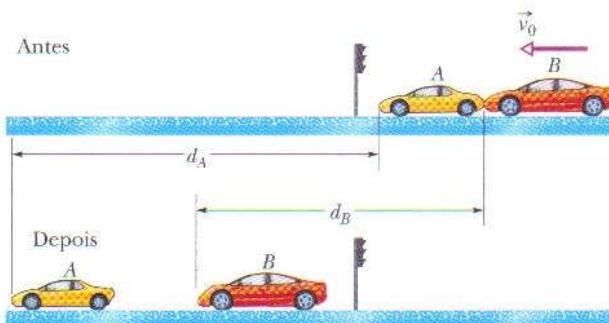


FIG. 9-60 Problema 52.

8,2 m e $d_B = 6,1$ m. Qual é a velocidade escalar (a) do carro A e (b) do carro B no início da derrapagem, logo após a colisão? (b) Supondo que o momento linear é conservado na colisão, determine a velocidade escalar do carro B pouco antes da colisão. (d) Explique por que esta suposição pode não ser válida.

••53 Na Fig. 9-61a uma bala de 3,50 g é disparada horizontalmente contra dois blocos inicialmente em repouso sobre uma mesa sem atrito. A bala atravessa o bloco 1 (com 1,20 kg de massa) e fica alojada no bloco 2 (com 1,80 kg de massa). Os blocos terminam com velocidades $v_1 = 0,630$ m/s e $v_2 = 1,40$ m/s (Fig. 9-61b). Desprezando o material removido do bloco 1 pela bala, encontre a velocidade da bala (a) ao sair do bloco 1 e (b) ao entrar no bloco 1.

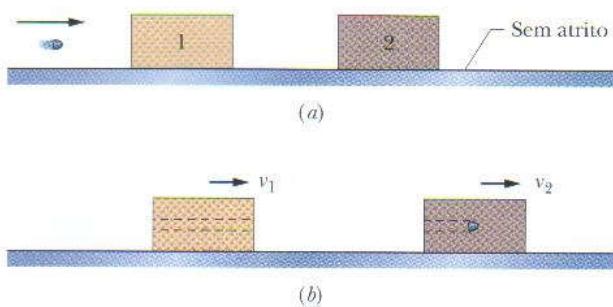


FIG. 9-61 Problema 53.

••54 Na Fig. 9-62, uma bala de 10 g que se move verticalmente para cima a 1000 m/s se choca com um bloco de 5,0 kg inicialmente em repouso, passando pelo seu centro de massa. A bala deixa o bloco movendo-se verticalmente para cima a 400 m/s. Que altura máxima o bloco atinge em relação à posição inicial?

••55 Na Fig. 9-63, uma bola de massa $m = 60$ g é disparada com velocidade $v_i = 22$ m/s para dentro do cano de um canhão de mola de massa $M = 240$ g inicialmente em repouso sobre uma superfície sem atrito. A bola fica presa no cano do canhão no ponto de máxima compressão da mola. Suponha que o aumento da energia térmica devido ao atrito da bola com o cano é desprezível. (a) Qual é a velocidade escalar do canhão depois que a bola párado dentro do cano? (b) Que fração da energia cinética inicial da bola fica armazenada na mola?

••56 Uma colisão perfeitamente inelástica ocorre entre duas bolas de massa de modelar que se movem diretamente uma contra a outra ao longo de um eixo vertical. Imediatamente antes da colisão uma das bolas, de massa 3,00 kg, está se movendo para cima a 20 m/s e a outra bola, de massa 2,0 kg, está se movendo para baixo a 12 m/s. Que altura acima do ponto de colisão as duas bolas unidas atingem? (Despreze a resistência do ar.)

••57 Um bloco de 5,0 kg, com uma velocidade escalar de 3,0 m/s, colide com um bloco de 10 kg com uma velocidade escalar de 2,00 m/s na mesma direção e sentido. Após a colisão, o bloco de 10 kg passa a se mover no mesmo sentido com uma velocidade de 2,5 m/s. (a) Qual é a velocidade do bloco de 5,0 kg imediatamente após a colisão? (b) De quanto varia a energia cinética total do

sistema dos dois blocos por causa da colisão? (c) Suponha que a velocidade do bloco de 10 kg após o choque é de 4,0 m/s. Qual é, nesse caso, a variação da energia cinética total? (d) Explique o resultado do item (c).

••58 Na Fig. 9-64 o bloco 2 (com uma massa de 1,0 kg) está em repouso sobre uma superfície sem atrito e em contato com uma extremidade de uma mola relaxada de constante elástica 200 N/m. A outra extremidade da mola está presa em uma parede. O bloco 1 (com uma massa de 2,0 kg), que se move com uma velocidade $v_1 = 4,0$ m/s, colide com o bloco 2 e os dois blocos permanecem juntos. No instante em que os blocos param momentaneamente, qual é a compressão da mola?



FIG. 9-64 Problema 58.

••59 Na Fig. 9-65, o bloco 1 (com uma massa de 2,0 kg) está se movendo para a direita a 10 m/s e o bloco 2 (com uma massa de 5,0 kg) está se movendo para a direita a 3,0 m/s. A superfície não tem atrito, e uma mola com uma constante elástica de 1120 N/m está presa no bloco 2. Quando os blocos colidem, a compressão da mola é máxima no instante em que os blocos têm a mesma velocidade. Determine a máxima compressão da mola.



FIG. 9-65 Problemas 59 e 126.

seção 9-10 Colisões Elásticas em Uma Dimensão

•60 Duas esferas de titânio se aproximam com a mesma velocidade escalar e sofrem uma colisão elástica frontal. Após a colisão, uma das esferas, cuja massa é de 300 g, permanece em repouso. (a) Qual é a massa da outra esfera? (b) Qual é a velocidade do centro de massa das duas esferas se a velocidade escalar inicial de cada esfera é de 2,00 m/s?

•61 Um carrinho com 340 g de massa, que se move em uma pista sem atrito com uma velocidade inicial de 1,2 m/s, sofre uma colisão elástica com outro carrinho inicialmente em repouso de massa desconhecida. Após a colisão o primeiro carrinho continua a se mover na mesma direção e sentido com uma velocidade escalar de 0,66 m/s. (a) Qual é a massa do segundo carrinho? (b) Qual é a velocidade do segundo carrinho após a colisão? (c) Qual é a velocidade do centro de massa do sistema dos dois carrinhos?

•62 Na Fig. 9-66, o bloco A (com uma massa de 1,6 kg) desliza em direção ao bloco B (com uma massa de 2,4 kg) ao longo de uma superfície sem atrito. Os sentidos de três velocidades antes (i) e depois (f) da colisão estão indicados; as velocidades escalares correspondentes são $v_{Ai} = 5,5$ m/s, $v_{Bi} = 2,5$ m/s e $v_{Bf} = 4,9$ m/s. Determine (a) o módulo e (b) o sentido (para a esquerda ou para a direita) da velocidade \bar{v}_{Af} . (c) A colisão é elástica?

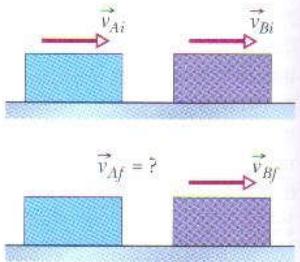


FIG. 9-66 Problema 62.

•63 Um corpo com 2,0 kg de massa sofre uma colisão elástica com outro corpo em repouso e continua a se mover na mesma direção e sentido, mas com um quarto da velocidade inicial. (a) Qual é a massa do outro corpo? (b) Qual é a velocidade do centro de massa dos dois corpos se a velocidade inicial do corpo de 2,0 kg era 4,0 m/s?

•64 Um bloco 1, de massa m_1 e velocidade 4,0 m/s, que desliza ao longo de um eixo x sobre um piso sem atrito, sofre uma colisão

elástica com um bloco 2 de massa $m_2 = 0,40m_1$, inicialmente em repouso. Os dois blocos deslizam para uma região onde o coeficiente de atrito cinético é 0,50, onde acabam parando. Que distância dentro desta região (a) o bloco 1 percorre e (b) o bloco 2 percorre?

- 65** Na Fig. 9-67, a partícula 1, de massa $m_1 = 0,30 \text{ kg}$, desliza para a direita ao longo de um eixo x sobre um piso sem atrito com uma velocidade escalar de $2,0 \text{ m/s}$. Quando chega ao ponto $x = 0$ sofre uma colisão elástica unidimensional com a partícula 2 de massa $m_2 = 0,40 \text{ kg}$, inicialmente em repouso. Quando a partícula 2 se choca com uma parede no ponto $x_p = 70 \text{ cm}$ ricocheteia sem perder velocidade escalar. Em que ponto do eixo x a partícula 2 volta a colidir com a partícula 1?

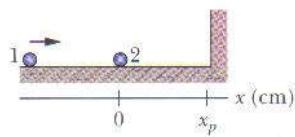


FIG. 9-67 Problema 65.

- 66** Uma bola de aço de massa $0,500 \text{ kg}$ está presa em uma extremidade de uma corda de $70,0 \text{ cm}$ de comprimento. A outra extremidade está fixa. A bola é liberada quando a corda está na horizontal (Fig. 9-68). Na parte mais baixa da trajetória a bola se choca com um bloco de metal de $2,50 \text{ kg}$ inicialmente em repouso sobre uma superfície sem atrito. A colisão é elástica. Determine (a) a velocidade escalar da bola e (b) a velocidade escalar do bloco, ambas imediatamente após a colisão.

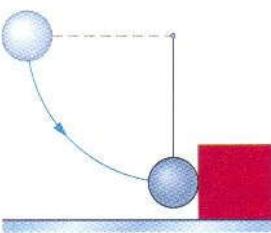


FIG. 9-68 Problema 66.

- 67** O bloco 1 de massa m_1 desliza sobre um piso sem atrito e sofre uma colisão elástica unidimensional com o bloco 2 de massa $m_2 = 3m_1$. Antes da colisão, o centro de massa do sistema de dois blocos tinha uma velocidade de $3,00 \text{ m/s}$. Quais as velocidades (a) do centro de massa e (b) do bloco 2 após a colisão?

- 68** Na Fig. 9-69, o bloco 1 de massa m_1 desliza sem velocidade inicial ao longo de uma rampa sem atrito a partir de uma altura $h = 2,50 \text{ m}$ e colide com o bloco 2 de massa $m_2 = 2,00m_1$, inicialmente em repouso. Após a colisão o bloco 2 desliza em uma região onde o coeficiente de atrito cinético μ_k é 0,500 e pára depois de percorrer uma distância d nessa região. Qual é o valor da distância d se a colisão é (a) elástica e (b) perfeitamente inelástica?

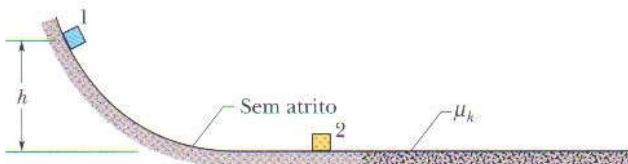


FIG. 9-69 Problema 68.

- 69** Uma pequena esfera de massa m está verticalmente acima de uma bola maior de massa $M = 0,63 \text{ kg}$ (com uma pequena separação, como no caso das bolas de beisebol e basquete da Fig. 9-70a), e as duas bolas são deixadas cair simultaneamente da altura $h = 1,8 \text{ m}$. (Suponha que os raios das bolas são desprezíveis em relação a h .) (a) Se a bola maior ricocheteia elasticamente no chão e depois a bola menor ricocheteia elasticamente na maior, que valor de m faz com que a bola maior pare no mo-

mento em que colide com a menor? (b) Nesse caso, que altura atinge a bola menor (Fig. 9-70b)?

- 70** Na Fig. 9-71 o disco 1, de massa $m_1 = 0,20 \text{ kg}$, desliza sem atrito em uma bancada de laboratório até sofrer uma colisão unidimensional com o disco 2, inicialmente em repouso. O disco 2 é arremessado para fora da bancada e vai cair a uma distância d da base da bancada. A colisão faz o disco 1 inverter o movimento e ele é arremessado para fora da extremidade oposta da bancada, indo cair a uma distância $2d$ da base oposta. Qual é a massa do disco 2? (Sugestão: Tome cuidado com os sinais.)

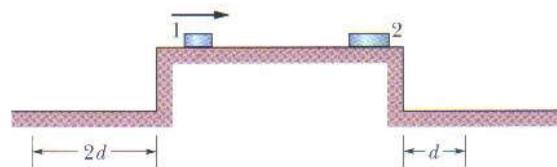


FIG. 9-71 Problema 70.

seção 9-11 Colisões em Duas Dimensões

- 71** O próton 1, com uma velocidade de 500 m/s , colide elasticamente com o próton 2, inicialmente em repouso. Depois do choque os dois prótons se movem em trajetórias perpendiculares, com a trajetória do próton 1 fazendo 60° com a direção inicial. Após a colisão, quais são as velocidades escalares (a) do próton 1 e (b) do próton 2?

- 72** Dois corpos de $2,0 \text{ kg}$, A e B , sofrem uma colisão. As velocidades antes da colisão são $\vec{v}_A = (15\hat{i} + 30\hat{j}) \text{ m/s}$ e $\vec{v}_B = (-10\hat{i} + 5,0\hat{j}) \text{ m/s}$. Após a colisão, $\vec{v}'_A = (-5,0\hat{i} + 20\hat{j}) \text{ m/s}$. Determine (a) a velocidade final de B e (b) a variação da energia cinética total (incluindo o sinal).

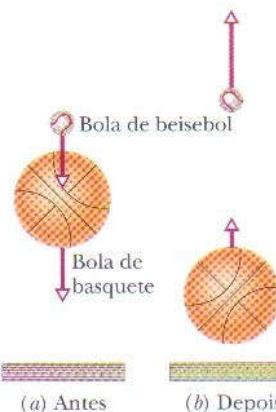
- 73** Na Fig. 9-23 a partícula 1 é uma partícula alfa e a partícula 2 é um núcleo de oxigênio. A partícula alfa é espalhada de um ângulo $\theta_1 = 64,0^\circ$ e o núcleo de oxigênio recua com velocidade $1,20 \times 10^5 \text{ m/s}$ e um ângulo $\theta_2 = 51,0^\circ$. Em unidades de massa atômica, a massa da partícula alfa é $4,00 \text{ u}$ e a massa do núcleo de hidrogênio é $16,0 \text{ u}$. Quais são as velocidades (a) final e (b) inicial da partícula alfa?

- 74** A bola B , que se move no sentido positivo de um eixo x com velocidade v , colide com a bola A inicialmente em repouso na origem. A e B têm massas diferentes. Após a colisão, B se move no sentido negativo do eixo y com velocidade escalar $v/2$. (a) Qual é a orientação de A após a colisão? (b) Mostre que a velocidade de A não pode ser determinada a partir das informações dadas.

- 75** Após uma colisão perfeitamente inelástica, dois objetos de mesma massa e mesma velocidade escalar deslocam-se juntos com metade da velocidade inicial. Determine o ângulo entre as velocidades iniciais dos objetos.

seção 9-12 Sistemas de Massa Variável: Um Foguete

- 76** Considere um foguete que está no espaço sideral e em repouso em relação a um referencial inercial. O motor do foguete



(a) Antes (b) Depois

FIG. 9-70 Problema 69.

deve ser acionado por um certo intervalo de tempo. Determine a razão de massa do foguete (razão entre as massas inicial e final) neste intervalo para que a velocidade original do foguete em relação ao referencial inercial seja igual (a) à velocidade de exaustão (velocidade dos produtos de exaustão em relação ao foguete) e (b) a duas vezes a velocidade de exaustão.

•77 Um foguete que se encontra no espaço sideral e está inicialmente em repouso em relação a um referencial inercial tem uma massa de $2,55 \times 10^5$ kg, da qual $1,81 \times 10^5$ kg são de combustível. O motor do foguete é acionado por 250 s, durante os quais o combustível é consumido à taxa de 480 kg/s. A velocidade dos produtos de exaustão em relação ao foguete é de 3,27 km/s. (a) Qual é o empuxo do foguete? Após os 250 s de funcionamento do motor, quais são (b) a massa e (c) a velocidade do foguete?

•78 Uma sonda espacial de 6090 kg, movendo-se em direção a Júpiter a uma velocidade de 105 m/s em relação ao Sol, aciona o motor, ejetando 80,0 kg de produtos de combustão a uma velocidade de 253 m/s em relação à sonda espacial. Qual é a velocidade final da sonda?

•79 Na Fig. 9-72 duas longas barcaças estão se movendo na mesma direção em águas tranqüilas, uma a 10 km/h e a outra a 20 km/h. Quando estão passando uma pela outra, operários jogam carvão da mais lenta para a mais rápida a uma taxa de 1000 kg/min. Que força adicional deve ser fornecida pelos motores (a) da barcaça mais rápida e (b) da barcaça mais lenta para que suas velocidades não mudem? Suponha que a transferência de carvão é perpendicular à direção do movimento das barcaças e que a força de atrito entre as barcaças e a água não depende de suas massas.

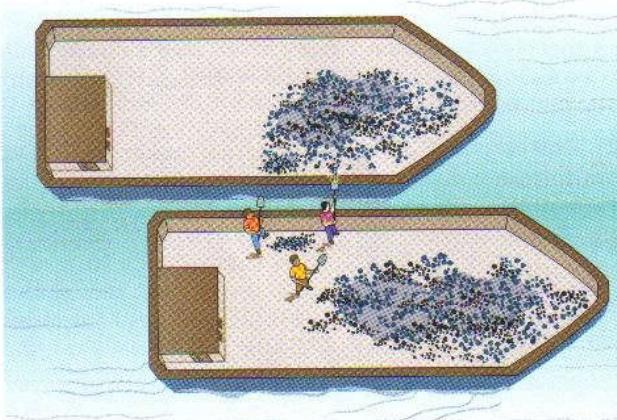


FIG. 9-72 Problema 79.

Problemas Adicionais

80 Amplificador de velocidade.

Na Fig. 9-73 o bloco 1, de massa m_1 , desliza ao longo de um eixo x sobre um piso sem atrito com uma velocidade $v_{1i} = 4,00$ m/s, até sofrer uma colisão elástica unidimensional com o bloco 2, de massa $m_2 = 0,500m_1$, inicialmente em repouso. Em seguida, o bloco 2 sofre uma colisão elástica unidimensional com o bloco 3 de massa $m_3 = 0,500m_2$, inicialmente em repouso. (a) Qual é a velocidade do bloco 3 após a colisão? (b) A velocidade, (c) a energia cinética e (d) o momento do bloco 3 são maiores, menores ou iguais aos valores iniciais do bloco 1?

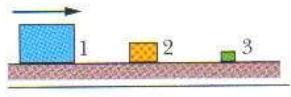


FIG. 9-73 Problema 80.

81 Redutor de velocidade. Na Fig. 9-74 o bloco 1, de massa m_1 , desliza ao longo de um eixo x sobre um piso sem atrito com uma

velocidade de 4,00 m/s, até sofrer uma colisão elástica unidimensional com o bloco 2, de massa $m_2 = 2,00m_1$, inicialmente em repouso.

Em seguida, o bloco 2 sofre uma colisão elástica unidimensional com o bloco 3, de massa $m_3 = 2,00m_2$, inicialmente em repouso. (a) Qual é a velocidade final do bloco 3? (b) A velocidade, (c) a energia cinética e (d) o momento do bloco 3 são maiores, menores ou iguais aos valores iniciais do bloco 1?

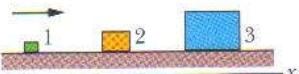


FIG. 9-74 Problema 81.

82 A Fig. 9-75 mostra uma vista superior de duas partículas deslizando com velocidade constante sobre uma superfície sem atrito. As partículas têm a mesma massa e a velocidade escalar inicial $v = 4,00$ m/s, e colidem no ponto em que suas trajetórias se interceptam. Um eixo x coincide com a bissetriz do ângulo entre as trajetórias incidentes; $\theta = 40,0^\circ$. A região à direita da colisão está dividida em quatro partes, identificadas por letras, pelo eixo x e quatro retas tracejadas numeradas.

Em que região ou ao longo de que reta as partículas viajam se a colisão é (a) perfeitamente inelástica, (b) elástica e (c) inelástica? Quais são as velocidades escalares finais das partículas se a colisão é (d) perfeitamente inelástica e (e) elástica?

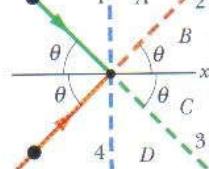


FIG. 9-75 Problema 82.

83 “Relativamente” é uma palavra importante.

Na Fig. 9-76 o bloco E de massa $m_E = 1,00$ kg e o bloco D de massa $m_D = 0,500$ kg são mantidos no lugar com uma mola comprimida entre eles. Quando os blocos são liberados a mola os impulsiona e eles passam a deslizar em um piso sem atrito. (A mola tem massa desprezível e cai no piso depois de impulsionar os blocos.) (a) Se a mola imprime ao bloco E uma velocidade de 1,20 m/s relativamente ao piso, que distância o bloco D percorre em 0,800 s? (b) Se, em vez disso, a mola imprime ao bloco E uma velocidade de 1,20 m/s relativamente ao bloco D , que distância o bloco D percorre em 0,800 s?



FIG. 9-76 Problema 83.

84 Desabamento de um edifício.

Na seção reta de um edifício que aparece na Fig. 9-77a a infra-estrutura de um andar qualquer, K , deve ser capaz de sustentar o peso P de todos os andares que estão acima. Normalmente, a infra-estrutura é projetada com um fator de segurança s e pode sustentar uma força para baixo $sP > P$. Se, porém, as colunas de sustentação entre K e L cedem bruscamente e permitem que os andares mais altos caiam em queda livre sobre o andar K (Fig. 9-77b), a força da colisão pode exceder sP e fazer com que, depois de um breve período de tempo, o andar K caia sobre o andar J , que cai sobre o andar I , e assim por diante, até o andar térreo. Suponha que a distância entre os andares é $d = 4,0$ m e que todos têm a mesma massa. Suponha também que quando os andares que estão acima do andar K caem sobre o andar K em queda livre a colisão leva 1,5 ms. Nessas condições simplificadas, que valor deve ter o coeficiente de segurança s para que o edifício não desabe?

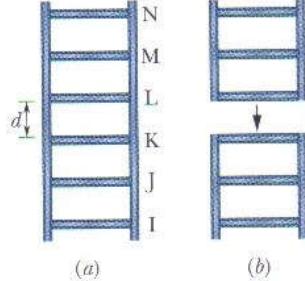


FIG. 9-77 Problema 84.

85 Um vagão de trem se move sob uma esteira transportadora de grãos com uma velocidade de 3,20 m/s. Os grãos caem no vagão a uma taxa de 540 kg/min. Qual é o módulo da força neces-

sária para manter o vagão em movimento com velocidade constante se o atrito é desprezível?

86 O *Tiranossauro rex* deve ter aprendido com a experiência a não correr muito depressa por causa do risco de tropeçar, situação na qual as curtas patas dianteiras não seriam de muita ajuda para amortecer a queda. Suponha que um *T. rex* de massa m tropece ao caminhar, tombando de modo que seu centro de massa desça em queda livre uma distância de 1,5 m. O centro de massa desce mais 0,30 m quando o corpo do animal é comprimido contra o solo. (a) Qual é, aproximadamente, o módulo da força vertical média exercida sobre o dinossauro durante a colisão com o chão (na descida de 0,30 cm), em múltiplos do peso do dinossauro? Suponha agora que o dinossauro está correndo com uma velocidade de 19 m/s (bem depressa) quando tropeça, cai no chão e desliza até parar com um coeficiente de atrito cinético de 0,6. Suponha também que a força vertical média na colisão e durante o deslizamento é a que foi calculada no item (a). Quais são, aproximadamente, (b) o módulo da força média total exercida pelo chão sobre o dinossauro (novamente em múltiplos do seu peso) e (c) a distância que ele desliza? Os módulos das forças calculados em (a) e (b) sugerem que a colisão produziria ferimentos no tronco do dinossauro. A cabeça, que percorreria uma distância maior na queda, estaria sujeita a ferimentos ainda mais graves.

87 Um homem (com 915 N de peso) está em pé em um vagão de trem (com 2415 N de peso) enquanto este se move a 18,2 m/s no sentido positivo de um eixo x , com atrito desprezível. O homem começa a correr no sentido negativo do eixo x a 4,00 m/s em relação ao vagão. Qual é o aumento na velocidade do vagão?

88 A Fig. 9-78 mostra uma placa quadrada uniforme de lado $6d = 6,0\text{ m}$ da qual um pedaço quadrado de lado $2d$ foi retirado. Quais são (a) a coordenada x e (b) a coordenada y do centro de massa da parte restante?

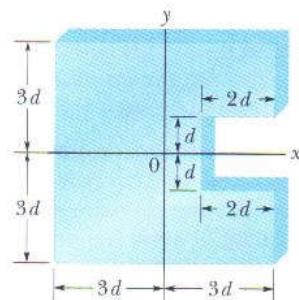


FIG. 9-78 Problema 88.

89 O último estágio de um foguete, que está viajando a uma velocidade de 7600 m/s, é composto de duas partes presas por uma trava: o invólucro do foguete, com uma massa de 290,0 kg, e uma cápsula de carga, com uma massa de 150,0 kg. Quando a trava é aberta uma mola inicialmente comprimida faz as duas partes se separarem com uma velocidade relativa de 910,0 m/s. Quais são as velocidades (a) do invólucro do foguete e (b) da cápsula de carga depois de separados? Suponha que todas as velocidades estão ao longo de uma mesma linha reta. Determine a energia cinética total das duas partes (c) antes e (d) depois de separadas. (e) Explique a diferença.

90 Um objeto é rastreado por uma estação de radar, e se verifica que seu vetor posição é dado por $\vec{r} = (3500 - 160t)\hat{i} + 2700\hat{j} + 300\hat{k}$, com \vec{r} em metros e t em segundos. O eixo x da estação de radar aponta para leste, o y para o norte e o z verticalmente para cima. Se o objeto é um foguete meteorológico de 250 kg, quais são (a) o momento linear do foguete, (b) a direção do movimento do foguete e (c) a força que age sobre o foguete?

91 Uma metralhadora de chumbinho dispara dez balas de 2,0 g por segundo com velocidade de 500 m/s. As balas são paradas por uma parede rígida. Quais são (a) o módulo do momento de cada bala, (b) a energia cinética de cada bala e (c) o módulo da força média exercida pelas balas sobre a parede? (d) Se cada bala per-

manece em contato com a parede por 0,60 ms, qual é o módulo da força média exercida por uma bala sobre a parede? (e) Por que essa força média é tão diferente da força média calculada em (c)?

92 Um corpo está se movendo a 2,0 m/s no sentido positivo de um eixo x ; nenhuma força age sobre o corpo. Uma explosão interna separa o corpo em duas partes, ambas de 4,0 kg, e aumenta a energia cinética em 16 J. A parte da frente continua a se mover na mesma direção e sentido que o corpo original. Qual é a velocidade escalar (a) da parte de trás e (b) da parte da frente do corpo?

93 Um carro de 1400 kg está se movendo inicialmente para o norte a 5,3 m/s, no sentido positivo de um eixo y . Depois de fazer uma curva de 90° para a direita em 4,6 s, o motorista desatenta bate em uma árvore, que pára o carro em 350 ms. Na notação de vetores unitários, qual é o impulso sobre o carro (a) devido à curva e (b) devido à colisão? Qual é o módulo da força média que age sobre o carro (c) durante a curva e (d) durante a colisão? (e) Qual é a direção da força média que age sobre o carro durante a curva?

94 Uma espaçonave é separada em duas partes pela detonação dos rebites explosivos que as mantêm unidas. As massas das partes são 1200 kg e 1800 kg; o módulo do impulso que a explosão dos rebites exerce sobre cada parte é 300 N·s. Com que velocidade relativa as duas partes se separam?

95 Uma bola com uma massa de 150 g se choca com uma parede a uma velocidade de 5,2 m/s e ricocheteia com apenas 50% da energia cinética inicial. (a) Qual é a velocidade escalar da bola imediatamente após o choque? (b) Qual é o módulo do impulso da bola sobre a parede? (c) Se a bola permanece em contato com a parede por 7,6 ms, qual é o módulo da força média que a parede exerce sobre a bola durante esse intervalo de tempo?

96 Um velho Chrysler com 2400 kg de massa está viajando em uma estrada retilínea a 80 km/h. Ele é seguido por um Ford com 1600 kg de massa a 60 km/h. Qual é a velocidade do centro de massa dos dois carros?

97 Uma locomotiva com uma massa de $3,18 \times 10^4$ kg colide com um vagão inicialmente em repouso. Eles permanecem juntos após a colisão e 27% da energia cinética inicial são transformados em energia térmica, sons, vibrações, e assim por diante. Determine a massa do vagão.

98 Dois blocos de massas 1,0 kg e 3,0 kg estão ligados por uma mola e reposam em uma superfície sem atrito. Eles adquirem velocidades um em direção ao outro de modo que o bloco de 1,0 kg viaja inicialmente a 1,7 m/s em direção ao centro de massa, que permanece em repouso. Qual é a velocidade inicial do outro bloco?

99 Um homem de 75 kg está andando em um carrinho de golfe de 39 kg a 2,3 m/s. Ele pula do carrinho com velocidade horizontal nula em relação ao chão. Qual é a variação da velocidade do carrinho, incluindo o sinal?

100 Um certo núcleo radioativo (pai) se transforma em um núcleo diferente (filho) emitindo um elétron e um neutrino. O núcleo-pai estava em repouso na origem de um sistema de coordenadas xy . O elétron se afasta da origem com um momento linear $(-1,2 \times 10^{-22} \text{ kg} \cdot \text{m/s})\hat{i}$; o neutrino se afasta da origem com momento linear $(-6,4 \times 10^{-23} \text{ kg} \cdot \text{m/s})\hat{j}$. Quais são (a) o módulo e (b) a orientação do momento linear do núcleo-filho? (c) Se o núcleo-filho tem uma massa de $5,8 \times 10^{-26}$ kg, qual é sua energia cinética?

101 No arranjo da Fig. 9-23 a bola de sinuca 1, que se move a $2,2 \text{ m/s}$, sofre uma colisão oblíqua com a bola de sinuca 2, que está inicialmente em repouso. Após a colisão a bola 2 se move com uma velocidade escalar de $1,1 \text{ m/s}$ e um ângulo $\theta_2 = 60^\circ$. Quais são (a) o módulo e (b) a orientação da velocidade da bola 1 após a colisão? (c) Os dados fornecidos mostram que a colisão é elástica ou inelástica?

102 Um foguete está se afastando do sistema solar com uma velocidade de $6,0 \times 10^3 \text{ m/s}$. Ele aciona o motor, que ejeta produtos de combustão com uma velocidade de $3,0 \times 10^3 \text{ m/s}$ em relação ao foguete. A massa do foguete neste momento é $4,0 \times 10^4 \text{ kg}$ e a aceleração é de $2,0 \text{ m/s}^2$. (a) Qual é o empuxo do motor do foguete? (b) A que taxa, em quilogramas por segundo, os produtos de combustão são ejetados?

103 As três bolas vistas de cima na Fig. 9-79 são iguais. As bolas 2 e 3 estão se tocando e alinhadas perpendicularmente à trajetória da bola 1. A velocidade da bola 1 tem módulo $v_0 = 10 \text{ m/s}$ e está dirigida para o ponto de contato das bolas 2 e 3. Após a colisão, quais são (a) o módulo e (b) a orientação da velocidade da bola 2, (c) o módulo e (d) a orientação da velocidade da bola 3 e (e) o módulo e (f) a orientação da velocidade da bola 1? (Sugestão: Sem atrito, cada impulso está dirigido ao longo da reta que liga os centros das bolas envolvidas na colisão e é perpendicular às superfícies que se tocam.)

104 Em um jogo de sinuca a bola branca se choca com outra bola inicialmente em repouso. Após o choque, a bola branca se move a $3,50 \text{ m/s}$ ao longo de uma reta que faz um ângulo de $22,0^\circ$ com a direção do movimento da bola branca antes do choque, e a segunda bola tem uma velocidade escalar de $2,00 \text{ m/s}$. Determine (a) o ângulo entre a direção do movimento da segunda bola e a direção do movimento da bola branca antes do choque e (b) a velocidade escalar da bola branca antes do choque. (c) A energia cinética (dos centros de massa, não considere as rotações) é conservada?

105 Na Fig. 9-80, dois balde com açúcar estão ligados por uma corda que passa por uma polia sem atrito. A corda e a polia têm massas desprezíveis, cada balde tem uma massa de 500 g (incluindo o açúcar), os centros dos balde estão separados por uma distância de 50 mm e os balde são mantidos à mesma altura. Qual é a distância horizontal entre o centro de massa do balde 1 e o centro de massa do sistema de dois balde (a) inicialmente e (b) após 20 g de açúcar serem transferidos do balde 1 para o balde 2? Após a transferência e após os balde serem liberados a partir do repouso, (c) em que sentido e (d) com que aceleração o centro de massa se move?

106 Uma bola de $0,15 \text{ kg}$ se choca com uma parede com uma velocidade de $(5,00 \text{ m/s})\hat{i} + (6,50 \text{ m/s})\hat{j} + (4,0 \text{ m/s})\hat{k}$. Ela ricocheteia na parede e passa a ter uma velocidade de $(2,00 \text{ m/s})\hat{i} + (3,50 \text{ m/s})\hat{j} + (-3,20 \text{ m/s})\hat{k}$. Determine (a) a variação do momento da bola, (b) o impulso exercido pela parede sobre a bola e (c) o impulso exercido pela bola sobre a parede.

107 No instante $t = 0$ a força $\vec{F}_1 = (-4,00\hat{i} + 5,00\hat{j}) \text{ N}$ age sobre uma partícula de massa $2,00 \times 10^{-3} \text{ kg}$, inicialmente em repouso, e a força $\vec{F}_2 = (2,00\hat{i} - 4,00\hat{j}) \text{ N}$ age sobre uma partícula

de massa $4,00 \times 10^{-3} \text{ kg}$, também inicialmente em repouso. Do instante $t = 0$ ao instante $t = 2,00 \text{ ms}$ quais são (a) o módulo e (b) o ângulo (em relação ao semi-eixo x positivo) do deslocamento do centro de massa do sistema das duas partículas? (c) Qual é a energia cinética do centro de massa em $t = 2,00 \text{ ms}$?

108 Uma bola de $0,550 \text{ kg}$ cai verticalmente sobre um piso de concreto, atingindo-o com uma velocidade escalar de $12,0 \text{ m/s}$ e ricocheteando verticalmente para cima com uma velocidade escalar de $3,00 \text{ m/s}$. Defina um eixo y vertical, com o sentido positivo para cima. Em termos dos vetores unitários, quais são (a) a variação do momento da bola, (b) o impulso que o piso exerce sobre a bola e (c) o impulso que a bola exerce sobre o piso?

109 Uma colisão ocorre entre um corpo de $2,00 \text{ kg}$ que se move com uma velocidade $\vec{v}_1 = (-4,00 \text{ m/s})\hat{i} + (-5,00 \text{ m/s})\hat{j}$ e um corpo de $4,00 \text{ kg}$ que se move com uma velocidade $\vec{v}_2 = (6,00 \text{ m/s})\hat{i} + (-2,00 \text{ m/s})\hat{j}$. Os dois corpos permanecem unidos após a colisão. Determine a velocidade comum dos dois corpos apóis a colisão (a) em termos dos vetores unitários e como (b) um módulo e (c) um ângulo.

110 Um núcleo atômico em repouso na origem de um sistema de coordenadas xy se transforma em três partículas. A partícula 1, de massa $16,7 \times 10^{-27} \text{ kg}$, se afasta da origem com uma velocidade de $(6,00 \times 10^6 \text{ m/s})\hat{i}$; a partícula 2, de massa $8,35 \times 10^{-27} \text{ kg}$ se afasta com uma velocidade de $(-8,00 \times 10^6 \text{ m/s})\hat{j}$. (a) Qual é o momento linear da terceira partícula, de massa $11,7 \times 10^{-27} \text{ kg}$, em termos dos vetores unitários? (b) Qual é o aumento de energia cinética associado a esta transformação?

111 Um elétron sofre uma colisão elástica unidimensional com um átomo de hidrogênio inicialmente em repouso. Que porcentagem da energia cinética inicial do elétron é transferida para a energia cinética do átomo de hidrogênio? (A massa do átomo de hidrogênio é 1840 vezes maior que a massa do elétron.)

112 O roteiro de um filme de ação requer que um pequeno carro de corrida (com uma massa de 1500 kg e um comprimento de $3,0 \text{ m}$) acelere ao longo de uma barcaça (com uma massa de 4000 kg e um comprimento de 14 m), de uma extremidade a outra da embarcação, e salte para um cais um pouco mais abaixo. Você é o consultor técnico do filme. No momento em que o carro entra em movimento o barco está encostado no cais, como na Fig. 9-81; o barco pode deslizar na água sem resistência significativa; a distribuição de massa do carro e da barcaça pode ser considerada uniforme. Calcule qual será a distância entre o barco e o cais no instante do salto.



FIG. 9-80 Problema 105.

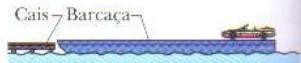


FIG. 9-81 Problema 112.

113 Um trenó-foguete com uma massa de 2900 kg se move a 250 m/s sobre dois trilhos. Em um certo ponto um tubo a bordo do trenó é mergulhado em um canal situado entre os trilhos e passa a transferir água para um tanque do trenó, inicialmente vazio. Aplicando a lei de conservação do momento linear, determine a velocidade do trenó depois que 920 kg de água são transferidos do canal para o trenó. Ignore o atrito do tubo com a água do canal.

114 Uma bola de 140 g com uma velocidade escalar de $7,8 \text{ m/s}$ se choca perpendicularmente com uma parede e ricocheteia no sentido oposto com a mesma velocidade escalar. O choque dura $3,80 \text{ ms}$. Quais são os módulos (a) do impulso e (b) da força média que a bola exerce sobre a parede?

115 (a) A que distância do centro da Terra se encontra o centro de massa do sistema Terra-Lua? (O Apêndice C fornece as mas-

- (c) $1,1 \times 10^3$ N **77.** (a) 275 N; (b) 877 N **79.** (b) 240 N; (c) 0,60
81. (a) 13 N; (b) $1,6 \text{ m/s}^2$ **83.** 0,76 **85.** (a) $3,21 \times 10^3$ N;
(b) sim **87.** $3,4 \text{ m/s}^2$ **89.** (a) 84,2 N; (b) 52,8 N; (c) $1,87 \text{ m/s}^2$
91. (a) 222 N; 334 N; (c) 311 N; (d) 311 N; (e) c, d **93.** (a) 6,80 s;
(b) 6,76 s **95.** 3,4% **97.** (a) $\mu_k mg / (\sin \theta - \mu_k \cos \theta)$;
(b) $\theta_0 = \tan^{-1} \mu_s$ **99.** (a) $v_0^2 / (4g \sin \theta)$; (b) não **101.** (a) 30 cm/s;
(b) 180 cm/s^2 ; (c) para dentro; (d) $3,6 \times 10^{-3}$ N; (e) para dentro;
(f) 0,37 **103.** (a) 0,34; (b) 0,24 **105.** 0,18 **107.** 0,56
109. (a) $2,1 \text{ m/s}^2$; (b) para baixo; (c) 3,9 m; (d) permanece em
repouso

Capítulo 7

- T** **1.** (a) diminui; (b) permanece a mesma; (c) negativo, nulo
2. (a) positivo; (b) negativo; (c) nulo **3.** nula
P **1.** (a) positivo; (b) negativo; (c) negativo **3.** são todas
iguais **5.** são todos iguais **7.** b (trabalho positivo), a (trabalho
nulo), c (trabalho negativo), d (trabalho mais negativo)
9. (a) A; (b) B **PR** **1.** (a) 5×10^{14} J; (b) 0,1 megaton de TNT;
(c) 8 bombas **3.** (a) $2,9 \times 10^7$ m/s; (b) $2,1 \times 10^{-13}$ J **5.** (a) 2,4 m/s;
(b) 4,8 m/s **7.** 20 J **9.** 0,96 J **11.** (a) $1,7 \times 10^2$ N; (b) $3,4 \times 10^2$ m;
(c) $-5,8 \times 10^4$ J; (d) $3,4 \times 10^2$ N; (e) $1,7 \times 10^2$ m; (f) $-5,8 \times 10^4$ J
13. (a) 1,50 J; (b) aumenta **15.** (a) $62,3^\circ$; (b) 118° **17.** (a) 12 kJ;
(b) -11 kJ ; (c) 1,1 kJ; (d) $5,4 \text{ m/s}$ **19.** (a) $-3Mgd/4$; (b) Mgd ;
(c) $Mgd/4$; (d) $(gd/2)^{0.5}$ **21.** 4,41 J **23.** 25 J **25.** (a) 25,9 kJ;
(b) 2,45 N **27.** (a) 7,2 J; (b) 7,2 J; (c) 0; (d) -25 J **29.** (a) 6,6
m/s; (b) 4,7 m **31.** (a) 0,90 J; (b) 2,1 J; (c) 0 **33.** (a) 0,12 m;
(b) 0,36 J; (c) $-0,36 \text{ J}$; (d) 0,060 m; (e) 0,090 J **35.** (a) 0; (b) 0
37. $5,3 \times 10^2$ J **39.** (a) 42 J; (b) 30 J; (c) 12 J; (d) 6,5 m/s, eixo $+x$;
(e) 5,5 m/s, eixo $+x$; (f) 3,5 m/s, eixo $+x$ **41.** $4,00 \text{ N/m}$ **43.** $4,9 \times$
 10^2 W **45.** (a) 0,83 J; (b) 2,5 J; (c) 4,2 J; (d) 5,0 W **47.** $7,4 \times 10^2$
W **49.** (a) $1,0 \times 10^2$ J; (b) 8,4 W **51.** (a) 32,0 J; (b) 8,00 W;
(c) $78,2^\circ$ **53.** (a) 1×10^5 megatons de TNT; (b) 1×10^7 bombas
55. -6 J **57.** (a) 98 N; (b) 4,0 cm; (c) 3,9 J; (d) $-3,9 \text{ J}$ **59.** -37 J
61. 165 kW **63.** (a) $1,8 \times 10^5 \text{ ft lb}$; (b) 0,55 hp **65.** (a) 797 N;
(b) 0; (c) $-1,55 \text{ kJ}$; (d) 0; (e) 1,55 kJ; (f) F varia durante o
deslocamento **67.** (a) 1,20 J; (b) 1,10 m/s **69.** (a) 314 J;
(b) -155 J ; (c) 0; (d) 158 J **71.** (a) 23 mm; (b) 45 N **73.** 235 kW
75. (a) 13 J; (b) 13 J **77.** (a) 0,6 J; (b) 0; (c) $-0,6 \text{ J}$ **79.** (a) 6 J;
(b) 6,0 J

Capítulo 8

- T** **1.** não (em duas trajetórias de *a* a *b*, o trabalho é -60 J ;
na terceira, é 60 J) **2.** 3, 1, 2 (veja a Eq. 8-6) **3.** (a) todas
iguais; (b) todas iguais **4.** (a) CD, AB, BC (0) (com base nas
inclinações); (b) o sentido positivo de *x* **5.** são todas iguais
P **1.** (a) 12 J; (b) -2 J **3.** (a) 3, 2, 1; (b) 1, 2, 3 **5.** 2, 1, 3
7. $+30 \text{ J}$ **9.** (a) aumenta; (b) diminui; (c) diminui; (d) permanece
constante em AB e BC e diminui em CD **PR** **1.** (a) 167 J;
(b) -167 J ; (c) 196 J; (d) 29 J; (e) 167 J; (f) -167 J ; (g) 296 J;
(h) 129 J **3.** (a) 4,31 mJ; (b) $-4,31 \text{ mJ}$; (c) 4,31 mJ; (d) $-4,31 \text{ mJ}$;
(e) todos aumentariam **5.** 89 N/cm **7.** (a) 13,1 J; (b) $-13,1 \text{ J}$;
(c) 13,1 J; (d) todos aumentam **9.** (a) $2,6 \times 10^2 \text{ m}$; (b) permanece
o mesmo; (c) diminui **11.** (a) 2,08 m/s; (b) 2,08 m/s;
(c) aumentaria **13.** (a) 17,0 m/s; (b) 26,5 m/s; (c) 33,4 m/s;
(d) 56,7 m; (e) continuariam as mesmas **15.** (a) 0,98 J;
(b) $-0,98 \text{ J}$; (c) 3,1 N/cm **17.** (a) 8,35 m/s; (b) 4,33 m/s; (c) 7,45
m/s; (d) diminuem **19.** (a) 2,5 N; (b) 0,31 N; (c) 30 cm
21. (a) $4,85 \text{ m/s}$; (b) $2,42 \text{ m/s}$ **23.** $-3,2 \times 10^2 \text{ J}$ **25.** (a) não; (b)
 $9,3 \times 10^2 \text{ N}$ **27.** (a) 784 N/m; (b) 62,7 J; (c) 62,7 J; (d) 80,0 cm
29. (a) 39,2 J; (b) 39,2 J; (c) 4,00 m **31.** (a) 35 cm; (b) 1,7 m/s
33. (a) 2,40 m/s; (b) 4,19 m/s **35.** -18 mJ **37.** (a) 39,6 cm;
(b) 3,64 cm **39.** (a) 2,1 m/s; (b) 10 N; (c) $+x$; (d) 5,7 m;

- (e) 30 N; (f) $-x$ **41.** (a) $-3,7 \text{ J}$; (c) 1,3 m; (d) 9,1 m; (e) 2,2 J;
(f) 4,0 m; (g) $(4 - x) e^{-x/4}$; (h) 4,0 m **43.** (a) 5,6 J; (b) 3,5 J
45. (a) 30,1 J; (b) 30,1 J; (c) 0,225 **47.** (a) $-2,9 \text{ kJ}$; (b) $3,9 \times 10^2 \text{ J}$;
(c) $2,1 \times 10^2 \text{ N}$ **49.** 0,53 J **51.** (a) 1,5 MJ; (b) 0,51 MJ; (c) 1,0 MJ;
(d) 63 m/s **53.** 1,2 m **55.** (a) 67 J; (b) 67 J; (c) 46 cm
57. (a) $1,5 \times 10^{-2} \text{ N}$; (b) $(3,8 \times 10^2) g$ **59.** (a) $-0,90 \text{ J}$; (b) 0,46 J;
(c) 1,0 m/s **61.** (a) 19,4 m; (b) 19,0 m/s **63.** 20 cm **65.** (a) 7,4
m/s; (b) 90 cm; (c) 2,8 m; (d) 15 m **67.** (a) 10 m; (b) 49 N;
(c) 4,1 m; (d) $1,2 \times 10^2 \text{ N}$ **69.** 4,33 m/s **71.** (a) 5,5 m/s; (b) 5,4 m;
(c) permanecem as mesmas **73.** (a) 109 J; (b) 60,3 J; (c) 68,2 J;
(d) 41,0 J **75.** 3,7 J **77.** 15 J **79.** (a) 2,7 J; (b) 1,8 J; (c) 0,39 m
81. 80 mJ **83.** (a) 7,0 J; (b) 22 J **85.** (a) $7,4 \times 10^2 \text{ J}$; (b) $2,4 \times 10^2 \text{ J}$
87. 25 J **89.** 24 W **91.** -12 J **93.** (a) 8,8 m/s; (b) 2,6 kJ;
(c) 1,6 kW **95.** (a) 300 J; (b) 93,8 J; (c) 6,38 m **97.** 738 m
99. (a) $-0,80 \text{ J}$; (b) $-0,80 \text{ J}$; (c) $+1,1 \text{ J}$ **101.** (a) $2,35 \times 10^3 \text{ J}$;
(b) 352 J **103.** (a) $-3,8 \text{ kJ}$; (b) 31 kN **105.** (a) $2,1 \times 10^6 \text{ kg}$;
(b) $(100 + 1,5t)^{0.5} \text{ m/s}$; (c) $(1,5 \times 10^6)/(100 + 1,5t)^{0.5} \text{ N}$; (d) 6,7 km
107. (a) 5,6 J; (b) 12 J; (c) 13 J **109.** (a) 4,9 m/s; (b) 4,5 N; (c) 71° ;
(d) permanece a mesma **111.** (a) 1,2 J; (b) 11 m/s; (c) não;
(d) não **113.** 54% **115.** (a) $2,7 \times 10^9 \text{ J}$; (b) $2,7 \times 10^9 \text{ W}$; (c) $2,4 \times$
 10^8 dólares **117.** (a) 5,00 J; (b) 9,00 J; (c) 11,0 J; (d) 3,00 J; (e) 12,0
J; (f) 2,00 J; (g) 13,0 J; (h) 1,00 J; (i) 13,0 J; (j) 1,00 J; (l) 11,0 J;
(m) 10,8 m; (n) volta para *x* = 0 e pára. **119.** (a) 3,7 J; (b) 4,3 J;
(c) 4,3 J **121.** (a) 4,8 N; (b) $+x$; (c) 1,5 m; (d) 13,5 m; (e) 3,5 m/s
123. (a) 24 kJ; (b) $4,7 \times 10^2 \text{ N}$ **125.** (a) 3,0 mm; (b) 1,1 J; (d) sim;
(e) $\approx 40 \text{ J}$; (f) não **127.** (a) 6,0 kJ; (b) $6,0 \times 10^2 \text{ W}$; (c) $3,0 \times 10^2 \text{ W}$;
(d) $9,0 \times 10^2 \text{ W}$ **129.** $3,1 \times 10^{11} \text{ W}$ **131.** 880 MW **133.** (a) $v_0 =$
 $(2gL)^{0.5}$; (b) 5 mg; (c) $-mgL$; (d) $-2mgL$ **135.** porque a força
que você exerce sobre o repolho (para fazê-lo descer) realiza
trabalho

Capítulo 9

- T** **1.** (a) na origem; (b) no quarto quadrante; (c) no eixo *y*,
abaixo da origem; (d) na origem; (e) no terceiro quadrante;
(f) na origem **2.** (a)–(c) no centro de massa, ainda na origem
(as forças são internas ao sistema e não podem deslocar o centro
de massa) **3.** (Considere as inclinações e a Eq. 9-23). (a) 1,
3 e depois 2 e 4 empata das (força nula); (b) 3 **4.** (a) mantém
inalterado; (b) mantém inalterado (veja a Eq. 9-32); (c) diminui
(Eq. 9-35) **5.** (a) nula; (b) positiva (inicial para baixo, final para
cima); (c) $+y$ **6.** (Não há força externa; *P* é conservado).
(a) 0; (b) não; (c) $-x$ **7.** (a) $10 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$; (b) $14 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$;
(c) $6 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ **8.** (a) $4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$; (b) $8 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$; (c) 3 J
9. (a) $2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ (conservação da componente *x* do momento)
(b) $3 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ (conservação da componente *y* do momento)
P **1.** (a) 2 N, para a direita; (b) 2 N, para a direita; (c) maior que
2 N, para a direita **3.** (a) *x* sim, *y* não; (b) *x* sim, *y* não; (c) *x* não,
y sim **5.** b, c, a **7.** (a) um estava em repouso; (b) 2; (c) 5; (d)
igual (como o choque de duas bolas de sinuca) **9.** (a) *C*; (b) *B*;
(c) 3 **11.** (a) *c*, a energia cinética não pode ser negativa; *d*,
a energia cinética total não pode aumentar; (b) *a*; (c) *b*
PR **1.** (a) $-1,50 \text{ m}$; (b) $-1,43 \text{ m}$ **3.** (a) $-0,45 \text{ cm}$; (b) $-2,0 \text{ cm}$
5. (a) 0; (b) $3,13 \times 10^{-11} \text{ m}$ **7.** (a) $-6,5 \text{ cm}$; (b) $8,3 \text{ cm}$; (c) $1,4 \text{ cm}$
9. $(-4,0 \text{ m})\hat{i} + (4,0 \text{ m})\hat{j}$ **11.** (a) 28 cm; (b) 2,3 m/s
13. (a) $(2,35\hat{i} - 1,57\hat{j}) \text{ m/s}^2$; (b) $(2,35\hat{i} - 1,57\hat{j})t \text{ m/s}$, com *t*
em segundos; (d) retilínea, fazendo um ângulo de 34° para
baixo **15.** 53 m **17.** 4,2 m **19.** (a) $7,5 \times 10^4 \text{ J}$; (b) $3,8 \times 10^4$
kg · m/s; (c) 39° ao sul do leste **21.** (a) $5,0 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$; (b) $10 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
23. (a) 67 m/s; (b) $-x$; (c) 1,2 kN; (d) $-x$ **25.** $1,0 \times 10^3$ a $1,2 \times 10^3$
kg · m/s **27.** (a) 42 N · s; (b) 2,1 kN **29.** 5 N **31.** (a) 5,86 kg · m/s;
(b) $59,8^\circ$; (c) 2,93 kN; (d) $59,8^\circ$ **33.** (a) $2,39 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{s}$; (b) $4,78 \times$
 10^5 N ; (c) $1,76 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{s}$; (d) $3,52 \times 10^5 \text{ N}$ **35.** (a) 9,0 kg · m/s;

- (b) 3,0 kN; (c) 4,5 kN; (d) 20 m/s **37.** $9,9 \times 10^2 \text{ N}$ **39.** 3,0 mm/s
41. 55 cm **43.** (a) $-(0,15 \text{ m/s})\hat{i}$; (b) 0,18 m **45.** (a) 14 m/s;
(b) -45° **47.** (a) $(1,00\hat{i} - 0,167\hat{j}) \text{ km/s}$; (b) 3,23 MJ
49. $3,1 \times 10^2 \text{ m/s}$ **51.** (a) 33%; (b) 23%; (c) diminui **53.** (a) 721 m/s;
(b) 937 m/s **55.** (a) 4,4 m/s; (b) 0,80 **57.** (a) $+2,0 \text{ m/s}$; (b) $-1,3 \text{ J}$;
(c) $+40 \text{ J}$; (d) o sistema recebeu energia de alguma fonte,
como, por exemplo, uma pequena explosão **59.** 25 cm
61. (a) 99 g; (b) 1,9 m/s; (c) 0,93 m/s **63.** (a) 1,2 kg; (b) 2,5 m/s
65. -28 cm **67.** (a) 3,00 m/s; (b) 6,00 m/s **69.** (a) 0,21 kg;
(b) 7,2 m **71.** (a) 433 m/s; (b) 250 m/s **73.** (a) $4,15 \times 10^5 \text{ m/s}$;
(b) $4,84 \times 10^5 \text{ m/s}$ **75.** 120° **77.** (a) $1,57 \times 10^6 \text{ N}$; (b) $1,35 \times 10^5$
kg; (c) 2,08 km/s **79.** (a) 46 N; (b) nenhuma **81.** (a) 1,78 m/s;
(b) menor; (c) menor; (d) maior **83.** (a) 1,92 m; (b) 0,640 m
85. 28,8 N **87.** 1,10 m/s **89.** (a) 7290 m/s; (b) 8200 m/s; (c) $1,271 \times 10^{10} \text{ J}$; (d) $1,275 \times 10^{10} \text{ J}$ **91.** (a) 1,0 kg/m/s; (b) $2,5 \times 10^2 \text{ J}$;
(c) 10 N; (d) 1,7 kN; (e) porque a resposta do item (c) inclui o
tempo entre as colisões **93.** (a) $(7,4 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{s})\hat{i} - (7,4 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{s})\hat{j}$;
(b) $(-7,4 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{s})\hat{i}$; (c) $2,3 \times 10^3 \text{ N}$; (d) $2,1 \times 10^4 \text{ N}$;
(e) -45° **95.** (a) 3,7 m/s; (b) 1,3 N · s; (c) $1,8 \times 10^2 \text{ N}$
97. $1,18 \times 10^4 \text{ kg}$ **99.** $+4,4 \text{ m/s}$ **101.** (a) 1,9 m/s; (b) -30° ;
(c) elástica **103.** (a) 6,9 m/s; (b) 30° ; (c) 6,9 m/s; (d) -30° ; (e) 2,0
m/s; (f) -180° **105.** (a) 25 mm; (b) 26 mm; (c) para baixo;
(d) $1,6 \times 10^{-2} \text{ m/s}^2$ **107.** (a) 0,745 mm; (b) 153° ; (c) 1,67 mJ
109. (a) $(2,67 \text{ m/s})\hat{i} + (-3,00 \text{ m/s})\hat{j}$; (b) 4,01 m/s; (c) 48,4°
111. 0,22% **113.** 190 m/s **115.** (a) $4,6 \times 10^3 \text{ km}$; (b) 73%
117. (a) 50 kg/s; (b) $1,6 \times 10^2 \text{ kg/s}$ **119.** (a) $-0,50 \text{ m}$; (b) $-1,8 \text{ cm}$;
(c) 0,50 m **121.** (a) $0,800 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$; (b) $0,400 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ **123.** 29 J
125. $5,0 \times 10^6 \text{ N}$ **127.** (a) 1; (b) $1,83 \times 10^3$; (c) $1,83 \times 10^3$;
(d) continuam as mesmas **129.** 5,0 kg **131.** 2,2 kg
133. (a) 11,4 m/s; (b) $95,1^\circ$ **135.** (a) 0; (b) 0; (c) 0

Capítulo 10

- T** **1.** b e c **2.** (a) e (d) ($\alpha = d^2\theta/dt^2$ deve ser constante)
3. (a) sim; (b) não; (c) sim; (d) sim **4.** são todos iguais
5. 1, 2, 4, 3 (veja a Eq. 10-36) **6.** (veja a Eq. 10-40) 1 e 3, 4,
2 e 5 (zero) **7.** (a) para baixo na figura ($\tau_{\text{res}} = 0$); (b) menor
(considere os braços de alavanca) **P** **1.** (a) c, a, b e d
empatados; (b) b, a e c, d **3.** c, a, b **5.** aumentar
7. (a) diminuir; (b) horário; (c) anti-horário **9.** todas
iguais **PR** **1.** 14 rev **3.** 11 rad/s **5.** (a) 4,0 rad/s; (b) 11,9
rad/s **7.** (a) 4,0 m/s; (b) não **9.** (a) 30 s; (b) $1,8 \times 10^3 \text{ rad}$
11. (a) 3,00 s; (b) 18,9 rad **13.** 8,0 s **15.** (a) 44 rad; (b) 5,5 s;
(c) 32 s; (d) $-2,1 \text{ s}$; (e) 40 s **17.** (a) $3,4 \times 10^2 \text{ s}$; (b) $-4,5 \times 10^{-3}$
rad/s²; (c) 98 s **19.** $6,9 \times 10^{-13} \text{ rad/s}$ **21.** (a) 20,9 rad/s; (b) 12,5
m/s; (c) 800 rev/min²; (d) 600 rev **23.** (a) $2,50 \times 10^3 \text{ rad/s}$;
(b) $20,2 \text{ m/s}^2$; (c) 0 **25.** (a) 40 s; (b) $2,0 \text{ rad/s}^2$ **27.** (a) $3,8 \times 10^3$
rad/s; (b) $1,9 \times 10^2 \text{ m/s}$ **29.** (a) $7,3 \times 10^{-5} \text{ rad/s}$; (b) $3,5 \times 10^2 \text{ m/s}$;
(c) $7,3 \times 10^{-5} \text{ rad/s}$; (d) $4,6 \times 10^2 \text{ m/s}$ **31.** (a) 73 cm/s^2 ; (b) 0,075;
(c) 0,11 **33.** 12,3 kg · m² **35.** 0,097 kg · m² **37.** (a) 1,1 kJ;
(b) 9,7 kJ **39.** (a) 0,023 kg · m²; (b) 11 mJ **41.** $4,7 \times 10^{-4}$
kg · m² **43.** (a) 49 MJ; (b) $1,0 \times 10^2 \text{ min}$ **45.** 4,6 N · m
47. $-3,85 \text{ Nm}$ **49.** (a) 28,2 rad/s²; (b) 338 N · m **51.** 0,140 N
53. $2,51 \times 10^{-4} \text{ kg m}^2$ **55.** (a) 6,00 cm/s²; (b) 4,87 N; (c) 4,54 N;
(d) $1,20 \text{ rad/s}^2$; (e) 0,0138 kg · m² **57.** (a) $4,2 \times 10^2 \text{ rad/s}^2$;
(b) $5,0 \times 10^2 \text{ rad/s}^2$ **59.** (a) 19,8 kJ; (b) 1,32 kW **61.** 396 N · m
63. 5,42 m/s **65.** 9,82 rad/s **67.** (a) 5,32 m/s²; (b) 8,43 m/s²;
(c) $41,8^\circ$ **69.** (a) 314 rad/s²; (b) 7,54 m/s²; (c) 14,0 N; (d) 4,36 N
71. $6,16 \times 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ **73.** (a) $1,57 \text{ m/s}^2$; (b) 4,55 N; (c) 4,94 N
75. (a) $4,81 \times 10^5 \text{ N}$; (b) $1,12 \times 10^4 \text{ N} \cdot \text{m}$; (c) $1,25 \times 10^6 \text{ J}$ **77.** 30 rev

- 79.** 3,1 rad/s **81.** (a) $0,791 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; (b) $1,79 \times 10^{-2} \text{ N} \cdot \text{m}$ **83.** (a) 2,3
rad/s²; (b) $1,4 \text{ rad/s}^2$ **85.** $1,4 \times 10^2 \text{ N} \cdot \text{m}$ **87.** 4,6 rad/s²
89. (a) -67 rev/min^2 ; (b) 8,3 rev **93.** 0,054 kg · m²
95. (a) $5,92 \times 10^4 \text{ m/s}^2$; (b) $4,39 \times 10^4 \text{ s}^{-2}$ **97.** 2,6 J **99.** (a) 0,32
rad/s; (b) $1,0 \times 10^2 \text{ km/h}$ **101.** (a) $7,0 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; (b) 7,2 m/s;
(c) 71° **103.** (a) $1,4 \times 10^2 \text{ rad}$; (b) 14 s **105.** (a) $221 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; (b)
 $1,10 \times 10^4 \text{ J}$ **107.** 0,13 rad/s **109.** $6,75 \times 10^{12} \text{ rad/s}$ **111.** (a) $1,5 \times$
 10^2 cm/s ; (b) 15 rad/s; (c) 15 rad/s; (d) 75 cm/s; (e) 3,0 rad/s
113. 18 rad **115.** (a) 10 J; (b) 0,27 m
- Capítulo 11**
- T** **1.** (a) igual; (b) menor (considere a transferência
de energia como de energia cinética de rotação para energia
potencial gravitacional) **3.** (desenhe os vetores e use a regra
da mão direita) (a) $\pm z$; (b) $\pm y$; (c) $-x$ **4.** (veja a Eq. 11-21)
(a) 1 e 3; 2 e 4,5 (zero); (b) 2 e 3 **5.** (veja as Eqs. 11-23 e 11-16)
(a) 3, 1; 2 e 4 (zero); (b) 3 **6.** (a) todos iguais (mesmo τ , mesmo t
e, portanto, mesmo ΔL); (b) esfera, disco, anel (ordem inversa de
I) **7.** (a) diminui; (b) permanece o mesmo ($\tau_{\text{res}} = 0$ e, portanto,
L é conservado); (c) aumenta **P** **1.** (a) 1, 2, 3 (zero);
(b) 1 e 2, 3; (c) 1 e 3, 2 **3.** (a) fica girando no mesmo lugar;
(b) rola na sua direção; (c) rola para longe de você **5.** *a, b e c, e, d* (zero)
7. *D, B e depois A e C empata* **9.** (a) permanece o mesmo;
diminui, aumenta **PR** **1.** (a) 0; (b) $(22 \text{ m/s})\hat{i}$; (c) $(-22 \text{ m/s})\hat{i}$;
(d) 0; (e) $1,5 \times 10^3 \text{ m/s}^2$; (f) $1,5 \times 10^3 \text{ m/s}^2$; (g) $(22 \text{ m/s})\hat{i}$;
(h) $(44 \text{ m/s})\hat{i}$; (i) 0; (j) 0; (k) $1,5 \times 10^3 \text{ m/s}^2$; (l) $1,5 \times 10^3 \text{ m/s}^2$
3. 0,020 **5.** $-3,15 \text{ J}$ **7.** (a) $(-4,0 \text{ N})\hat{i}$; (b) $0,60 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ **9.** (a) 63
rad/s; (b) 4,0 m **11.** 4,8 m **13.** (a) $-(0,11 \text{ m})\omega$; (b) $-2,1 \text{ m/s}^2$;
(c) -47 rad/s^2 ; (d) 1,2 s; (e) 8,6 m; (f) 6,1 m/s **15.** 0,50 **17.** (a) 13
cm/s²; (b) 4,4 s; (c) 55 cm/s; (d) 18 mJ; (e) 1,4 J; (f) 27 rev/s
19. (a) $(6,0 \text{ N} \cdot \text{m})\hat{j} + (8,0 \text{ N} \cdot \text{m})\hat{k}$; (b) $(-22 \text{ N} \cdot \text{m})\hat{i}$ **21.** $(-2,0 \text{ N} \cdot \text{m})\hat{i}$ **23.** (a) $(50 \text{ N} \cdot \text{m})\hat{k}$; (b) 90° **25.** (a) $(-1,5 \text{ N} \cdot \text{m})\hat{i} -$
 $(4,0 \text{ N} \cdot \text{m})\hat{j} - (1,0 \text{ N} \cdot \text{m})\hat{k}$; (b) $(-1,5 \text{ N} \cdot \text{m})\hat{i} - (4,0 \text{ N} \cdot \text{m})\hat{j} - (1,0 \text{ N} \cdot \text{m})\hat{k}$ **27.** (a) $9,8 \text{ kg m}^2/\text{s}$; (b) $+z$ **29.** (a) 0; (b) $(8,0 \text{ N} \cdot \text{m})\hat{i} +$
 $(8,0 \text{ N} \cdot \text{m})\hat{k}$ **31.** (a) 0; (b) $-22,6 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$; (c) $-7,84 \text{ N} \cdot \text{m}$;
(d) $-7,84 \text{ N} \cdot \text{m}$ **33.** (a) $(-1,7 \times 10^2 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s})\hat{k}$; (b) $(+56 \text{ N} \cdot \text{m})\hat{k}$;
(c) $(+56 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2)\hat{k}$ **35.** (a) $48 \text{ fm N} \cdot \text{m}$; (b) aumentando
37. (a) 1,47 N · m; (b) 20,4 rad; (c) $-29,9 \text{ J}$; (d) 19,9 W
39. (a) $4,6 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; (b) $1,1 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$; (c) $3,9 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$
41. (a) $1,6 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; (b) $4,0 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$ **43.** (a) 3,6 rev/s; (b) 3,0;
(c) a força que o homem exerce sobre os tijolos converte energia
interna do homem em energia cinética **45.** (a) 267 rev/min;
(b) 0,667 **47.** (a) 750 rev/min; (b) 450 rev/min; (c) horário
49. 0,17 rad/s **51.** (a) 1,5 m; (b) 0,93 rad/s; (c) 98 J; (d) 8,4 rad/s;
(e) $8,8 \times 10^2 \text{ J}$; (f) da energia interna das patinadoras **53.** 3,4 rad/s
55. $1,3 \times 10^3 \text{ m/s}$ **57.** 11,0 m/s **59.** (a) 18 rad/s; (b) 0,92
61. 1,5 rad/s **63.** (a) 0,180 m; (b) horário **65.** 0,070 rad/s
67. (a) 0,148 rad/s; (b) 0,0123; (c) 181° **69.** 0,041 rad/s **71.** 39,1 J
73. (a) $6,65 \times 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$; (b) não; (c) 0; (d) sim **75.** (a) 0,333;
(b) 0,111 **77.** (a) 58,8 J; (b) 39,2 J **79.** (a) 0,81 mJ; (b) 0,29;
(c) $1,3 \times 10^2 \text{ N}$ **81.** (a) $mR^2/2$; (b) um cilindro circular
maciço **83.** a velocidade de rotação ficaria menor; o dia ficaria
cerca de 0,8 s mais longo **85.** (a) 149 kg · m²; (b) 158 kg · m²/s;
(c) 0,744 rad/s **87.** (a) 0; (b) 0; (c) $-30r^2\hat{k} \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$; (d) $-90r^2\hat{k}$
N · m; (e) $30r^2\hat{k} \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$; (f) $90r^2\hat{k} \text{ N} \cdot \text{m}$ **89.** (a) 61,7 J; (b) 3,43 m;
(c) não **91.** (a) 12,7 rad/s; (b) horário **93.** (a) $mvR/(I + MR^2)$;
(b) $mvR^2/(I + MR^2)$ **95.** (a) 1,6 m/s²; (b) 16 rad/s²; (c) $(4,0 \text{ N})\hat{i}$
97, 0,47 kg · m²/s