

Respostas

dos Testes e das Perguntas e Problemas Ímpares

Capítulo 1

PR 1. (a) $10^9 \mu\text{m}$; (b) 10^{-4} ; (c) $9,1 \times 10^5 \mu\text{m}$ 3. (a) 160 varas; (b) 40 cadeias 5. (a) $4,00 \times 10^4 \text{ km}$; (b) $5,10 \times 10^8 \text{ km}^2$; (c) $1,08 \times 10^{12} \text{ km}^3$ 7. $1,9 \times 10^{22} \text{ cm}^3$ 9. $1,1 \times 10^3 \text{ acres-pés}$ 11. $1,21 \times 10^{12} \mu\text{s}$ 13. (a) 1,43; (b) 0,864 15. (a) 495 s; (b) 141 s; (c) 198 s; (d) -245 s 17. C, D, A, B, E; o critério importante é a constância dos resultados, e não o seu valor 19. $5,2 \times 10^6 \text{ m}$ 21. (a) $1 \times 10^3 \text{ kg}$; (b) 158 kg/s 23. $9,0 \times 10^{49}$ átomos 25. (a) $1,18 \times 10^{-29} \text{ m}^3$; (b) 0,282 nm 27. 1750 kg 29. $1,9 \times 10^5 \text{ kg}$ 31. 1,43 kg/min 33. (a) 22 pecks; (b) 5,5 Imperial bushels; (c) 200 L 35. (a) 18,8 galões; (b) 22,5 galões 37. (a) $11,3 \text{ m}^2/\text{L}$; (b) $1,13 \times 10^4 \text{ m}^{-1}$; (c) $2,17 \times 10^{-3} \text{ pés}^2/\text{galão}$; (d) número de galões para pintar um pé quadrado 39. 0,3 cord 41. (a) 293 alqueires americanos; (b) $3,81 \times 10^3$ alqueires americanos 43. $8 \times 10^2 \text{ km}$ 45. 0,12 UA/min 47. 3,8 mg/s 49. 10,7 pimentas habanero 51. (a) sim; (b) 8,6 segundos do universo 53. (a) 3,88; (b) 7,65; (c) 156 ken^3 ; (d) $1,19 \times 10^3 \text{ m}^3$ 55. 1,2 m 57. (a) $4,9 \times 10^{-6}$ parsecs; (b) $1,6 \times 10^{-5}$ anos-luz 59. (a) 3,9 m, 4,8 m; (b) $3,9 \times 10^3 \text{ mm}$, $4,8 \times 10^3 \text{ mm}$; (c) 2,2 m^3 , 4,2 m^3

Capítulo 2

T 1. b e c 2. (verifique a derivada dx/dt) (a) 1 e 4; (b) 2 e 3 3. (a) positivo; (b) negativo; (c) negativo; (d) positivo 4. 1 e 4 ($a = d^2x/dt^2$ deve ser constante) 5. (a) positivo (deslocamento para cima ao longo do eixo y); (b) negativo (deslocamento para baixo ao longo do eixo y); (c) $a = -g = -9,8 \text{ m/s}^2$

P 1. (a) todas iguais; (b) 4, 1 e 2, 3 3. (a) negativo; (b) positivo; (c) sim; (d) positiva; (e) constante 5. (a) positivo; (b) negativo; (c) 3 e 5; (d) 2 e 6, 3 e 5, 1 e 4 7. (a) 3, 2, 1; (b) 1, 2, 3; (c) todas iguais; (d) 1, 2, 3 9. (a) D; (b) E **PR** 1. (a) +40 km/h; (b) 40 km/h 3. 13 m 5. (a) 0; (b) -2 m; (c) 0; (d) 12 m; (e) +12 m; (f) +7 m/s 7. 1,4 m 9. 128 km/h 11. 60 km 13. (a) 73 km/h; (b) 68 km/h; (c) 70 km/h; (d) 0 15. (a) -6 m/s; (b) no sentido negativo; (c) 6 m/s; (d) diminuindo; (e) 2 s; (f) não 17. (a) 28,5 cm/s; (b) 18,0 cm/s; (c) 40,5 cm/s; (d) 28,1 cm/s; (e) 30,3 cm/s 19. -20 m/s^2 21. (a) m/s^2 ; (b) m/s^3 ; (c) 1,0 s; (d) 82 m; (e) -80 m; (f) 0; (g) -12 m/s; (h) -36 m/s; (i) -72 m/s; (j) -6 m/s^2 ; (k) -18 m/s^2 ; (l) -30 m/s^2 ; (m) -42 m/s^2 23. (a) +1,6 m/s; (b) +18 m/s 25. (a) $3,1 \times 10^6 \text{ s}$; (b) $4,6 \times 10^{13} \text{ m}$ 27. $1,62 \times 10^{15} \text{ m/s}^2$ 29. (a) 30 s; (b) 300 m 31. (a) 10,6 m; (b) 41,5 s 33. (a) $3,56 \text{ m/s}^2$; (b) 8,43 m/s 35. (a) $4,0 \text{ m/s}^2$; (b) positivo 37. (a) -2,5 m/s^2 ; (b) 1; (d) 0; (e) 2 39. 40 m 41. 0,90 m/s^2 43. (a) 15,0 m; (b) 94 km/h 45. (a) 29,4 m; (b) 2,45 s 47. (a) 31 m/s; (b) 6,4 s 49. (a) 5,4 s; (b) 41 m/s 51. 4,0 m/s 53. (a) 20 m; (b) 59 m 55. (a) 857 m/s^2 ; (b) para cima 57. (a) $1,26 \times 10^3 \text{ m/s}^2$; (b) para cima 59. (a) 89 cm; (b) 22 cm 61. 2,34 m 63. 20,4 m 65. (a) 2,25 m/s; (b) 3,90 m/s 67. 100 m 69. 0,56 m/s 71. (a) 82 m; (b) 19 m/s 73. (a) 2,00 s; (b) 12 cm; (c) -9,00 cm/s^2 ; (d) para a direita; (e) para a esquerda; (f) 3,46 s 75. (a) 48,5 m/s; (b) 4,95 s; (c) 34,3 m/s; (d) 3,50 s 77. 414 ms 79. 90 m 81. (a) 3,0 s; (b) 9,0 m 83. 2,78 m/s^2 85. (a) 0,74 s; (b) 6,2 m/s^2 87. 17 m/s 89. +47 m/s 91. (a) $3,1 \text{ m/s}^2$; (b) 45 m; (c) 13 s 93. (a) 1,23 cm; (b) por 4; (c) por 9; (d) por 16; (e) por 25 95. 25 km/h 97. 1,2 h 99. 4H 101. (a) 3,2 s; (b) 1,3 s 103. (a) 10,2 s; (b) 10,0 m 105. (a) 8,85 m/s; (b) 1,00 m 107. (a) 2,0 m/s^2 ; (b) 12 m/s; (c) 45 m 109. 3,75 ms 111. (a) 5,44 s; (b) 53,3 m/s; (c) 5,80 m

113. (a) 9,08 m/s^2 ; (b) 0,926g; (c) 6,12 s; (d) 15,3 T_p ; (e) ao processo de frenagem; (f) 5,56 m

Capítulo 3

T 1. (a) 7 m ($\vec{a}$ e $\vec{b}$ no mesmo sentido; (b) 1 m ($\vec{a}$ e $\vec{b}$ em sentidos opostos) 2. c, d, f (a origem da segunda componente deve coincidir com a extremidade da primeira; $\vec{a}$ deve ligar a origem da primeira componente com a extremidade da segunda) 3. (a), +; (b) +, -; (c) +, + (o vetor deve ser traçado da origem de $\vec{d}_1$ à extremidade de $\vec{d}_2$) 4. (a) 90° ; (b) 0° (os vetores são paralelos); (c) 180° (os vetores são antiparalelos) 5. (a) 0° ou 180° ; (b) 90° **P** 1. A sequência $\vec{d}_2, \vec{d}_1$ ou a sequência $\vec{d}_2, \vec{d}_3$. 3. sim, se os vetores forem paralelos 5. (a) sim; (b) sim; (c) não 7. todos, menos (e) 9. (a) +x para (1), +z para (2), +z para (3); (b) -x para (1), -z para (2), -z para (3)

PR 1. (a) 47,2 m; (b) 122° 3. (a) -2,5 m; (b) -6,9 m 5. (a) 156 km; (b) $39,8^\circ$ a oeste do norte 7. (a) 6,42 m; (b) não; (c) sim; (d) sim; (e) uma possível resposta: $(4,30 \text{ m})\hat{i} + (3,70 \text{ m})\hat{j} + (3,00 \text{ m})\hat{k}$; (f) 7,96 m 9. (a) $(-9,0 \text{ m})\hat{i} + (10 \text{ m})\hat{j}$; (b) 13 m; (c) 132° 11. 4,74 km 13. (a) $(3,0 \text{ m})\hat{i} - (2,0 \text{ m})\hat{j} + (5,0 \text{ m})\hat{k}$; (b) $(5,0 \text{ m})\hat{i} - (4,0 \text{ m})\hat{j} - (3,0 \text{ m})\hat{k}$; (c) $(-5,0 \text{ m})\hat{i} + (4,0 \text{ m})\hat{j} + (3,0 \text{ m})\hat{k}$ 15. (a) -70,0 cm; (b) 80,0 cm; (c) 141 cm; (d) -172° 17. (a) 1,59 m; (b) 12,1 m; (c) 12,2 m; (d) $82,5^\circ$ 19. (a) 38 m; (b) $-37,5^\circ$; (c) 130 m; (d) $1,2^\circ$; (e) 62 m; (f) 130° 21. 5,39 m e $21,8^\circ$ à esquerda ou para a frente 23. 2,6 km 25. 3,2 27. (a) 7,5 cm; (b) 90° ; (c) 8,6 cm; (d) 48° 29. (a) $8\hat{i} + 16\hat{j}$; (b) $2\hat{i} + 4\hat{j}$ 31. (a) $a\hat{i} + a\hat{j} + a\hat{k}$; (b) $-a\hat{i} + a\hat{j} + a\hat{k}$; (c) $a\hat{i} - a\hat{j} + a\hat{k}$; (d) $-a\hat{i} - a\hat{j} + a\hat{k}$; (e) $54,7^\circ$; (f) $30,5^\circ$ 33. (a) -18,8 unidades; (b) 26,9 unidades, na direção +z 35. (a) -21; (b) -9; (c) $5\hat{i} - 11\hat{j} - 9\hat{k}$ 37. (a) 12; (b) +z; (c) 12; (d) -z; (e) 12; (f) +z 39. 22° 41. $70,5^\circ$ 43. (a) 3,00 m; (b) 0; (c) 3,46 m; (d) 2,00 m; (e) -5,00 m; (f) 8,66 m; (g) -6,67; (h) 4,33 45. (a) 27,8 m; (b) 13,4 m 47. (a) 30; (b) 52 49. (a) -2,83 m; (b) -2,83 m; (c) 5,00 m; (d) 0; (e) 3,00 m; (f) 5,20 m; (g) 5,17 m; (h) 2,37 m; (i) 5,69 m; (j) 25° ao norte do leste; (k) 5,69 m; (l) 25° ao sul do oeste 51. (a) 103 km; (b) $60,9^\circ$ ao norte do oeste 53. (a) 140° ; (b) $90,0^\circ$; (c) $99,1^\circ$ 55. (a) -83,4; (b) $(1,14 \times 10^3)\hat{k}$; (c) $1,14 \times 10^3$, θ não é definido, $\phi = 0^\circ$; (d) $90,0^\circ$; (e) $-5,14\hat{i} + 6,13\hat{j} + 3,00\hat{k}$; (f) 8,54, $\theta = 130^\circ$, $\phi = 69,4^\circ$ 57. (a) $3,0 \text{ m}^2$; (b) 52 m^3 ; (c) $(11 \text{ m}^2)\hat{i} + (9,0 \text{ m}^2)\hat{j} + (3,0 \text{ m}^2)\hat{k}$ 59. (a) +y; (b) -y; (c) 0; (d) 0; (e) +z; (f) -z; (g) ab; (h) ab; (i) ab/d; (j) +z 61. (a) 0; (b) 0; (c) -1; (d) para oeste; (e) para cima; (f) para oeste 63. Walpole (onde fica a penitenciária estadual) 65. (a) $(9,19 \text{ m})\hat{i}' + (7,71 \text{ m})\hat{j}'$; (b) $(14,0 \text{ m})\hat{i}' + (3,41 \text{ m})\hat{j}'$ 67. (a) $11\hat{i} + 5,0\hat{j} - 7,0\hat{k}$; (b) 120° ; (c) -4,9; (d) 7,3 69. (a) $(-40\hat{i} - 20\hat{j} + 25\hat{k}) \text{ m}$; (b) 45 m 71. 4,1

Capítulo 4

T 1. (trace $\vec{v}$ tangente à trajetória, com a origem na trajetória) (a) primeiro; (b) terceiro 2. (calcule a derivada segunda em relação ao tempo) (1) e (3) a_x e a_y são constantes e, portanto, $\vec{a}$ é constante; (2) e (4) a_y é constante mas a_x não é constante e, portanto, $\vec{a}$ não é constante 3. não 4. (a) v_x é constante; (b) v_y é inicialmente positiva, diminui até zero e depois se torna cada vez mais negativa; (c) $a_x = 0$ sempre; (d) $a_y = -g$ sempre 5. (a) $-(4 \text{ m/s})\hat{j}$; (b) $-(8 \text{ m/s}^2)\hat{j}$ **P** 1. (a) $(7 \text{ m})\hat{i} + (1 \text{ m})\hat{j} + (-2 \text{ m})\hat{k}$; (b) $(5 \text{ m})\hat{i} + (-3 \text{ m})\hat{j} + (1 \text{ m})\hat{k}$; (c) $(-2 \text{ m})\hat{j}$

3. (a) todos iguais; (b) 1 e 2 (o foguete é disparado para cima), 3 e 4 (o foguete é disparado para baixo!) 5. diminui 7. (a) todas iguais; (b) todas iguais; (c) 3, 2, 1; (d) 3, 2, 1 9. (a) 0; (b) 350 km/h; (c) 350 km/h; (d) igual (a componente vertical do movimento seria a mesma) 11. (a) 90° e 270° ; (b) 0° e 180° ; (c) 90° e 270° 13. 2, 1 e 4, 3 PR 1. $(-2,0 \text{ m})\hat{i} + (6,0 \text{ m})\hat{j} - (10 \text{ m})\hat{k}$ 3. (a) 6,2 m 5. $(-0,70 \text{ m/s})\hat{i} + (1,4 \text{ m/s})\hat{j} - (0,40 \text{ m/s})\hat{k}$ 7. (a) 7,59 km/h; (b) $22,5^\circ$ a leste do norte 9. (a) 0,83 cm/s; (b) 0° ; (c) 0,11 m/s; (d) -63° 11. (a) $(8 \text{ m/s}^2)\hat{i} + (1 \text{ m/s})\hat{k}$; (b) $(8 \text{ m/s}^2)\hat{j}$ 13. (a) $(6,00 \text{ m})\hat{i} - (106 \text{ m})\hat{j}$; (b) $(19,0 \text{ m/s})\hat{i} - (224 \text{ m/s})\hat{j}$; (c) $(24,0 \text{ m/s}^2)\hat{i} - (336 \text{ m/s}^2)\hat{j}$; (d) $-85,2^\circ$ 15. $(32 \text{ m/s})\hat{i}$ 17. (a) $(-1,50 \text{ m/s})\hat{j}$; (b) $(4,50 \text{ m})\hat{i} - (2,25 \text{ m})\hat{j}$ 19. (a) $(72,0 \text{ m})\hat{i} + (90,7 \text{ m})\hat{j}$; (b) $49,5^\circ$ 21. (a) 3,03 s; (b) 758 m; (c) 29,7 m/s 23. 43,1 m/s (155 km/h) 25. (a) 18 cm; (b) 1,9 m 27. (a) 10,0 s; (b) 897 m 29. (a) 1,60 m; (b) 6,86 m; (c) 2,86 m 31. (a) 202 m/s; (b) 806 m; (c) 161 m/s; (d) -171 m/s 33. 3,35 m 35. $78,5^\circ$ 37. (a) 11 m; (b) 23 m; (c) 17 m/s; (d) 63° 39. 4,84 cm 41. (a) 32,3 m; (b) 21,9 m/s; (c) $40,4^\circ$ 43. (a) na rampa; (b) 5,82 m; (c) $31,0^\circ$ 45. $64,8^\circ$ 47. (a) sim; (b) 2,56 m 49. (a) $2,3^\circ$; (b) 1,4 m; (c) 18° 51. (a) 31° ; (b) 63° 53. no terceiro 55. (a) 75,0 m; (b) 31,9 m/s; (c) $66,9^\circ$; (d) 25,5 m 57. (a) 12 s; (b) $4,1 \text{ m/s}^2$; (c) para baixo; (d) $4,1 \text{ m/s}^2$; (e) para cima 59. (a) $1,3 \times 10^5 \text{ m/s}$; (b) $7,9 \times 10^5 \text{ m/s}^2$; (c) aumentam 61. (a) 7,32 m; (b) para oeste; (c) para o norte 63. $(3,00 \text{ m/s}^2)\hat{i} + (6,00 \text{ m/s}^2)\hat{j}$ 65. 2,92 m 67. 160 m/s^2 69. (a) 13 m/s^2 ; (b) para leste; (c) 13 m/s^2 ; (d) para leste 71. 1,67 73. (a) 38 nós; (b) $1,5^\circ$ a leste do norte; (c) 4,2 h; (d) $1,5^\circ$ a oeste do sul 75. 60° 77. 32 m/s 79. (a) $(80 \text{ km/h})\hat{i} - (60 \text{ km/h})\hat{j}$; (b) 0° ; (c) não 81. (a) $(-32 \text{ km/h})\hat{i} - (46 \text{ km/h})\hat{j}$; (b) $[(2,5 \text{ km}) - (32 \text{ km/h})r]\hat{i} + [(4,0 \text{ km}) - (46 \text{ km/h})r]\hat{j}$; (c) 0,084 h; (d) $2 \times 10^2 \text{ m}$ 83. (a) 2,7 km; (b) 76° no sentido horário 85. 2,64 m 87. (a) 2,5 m; (b) 0,82 m; (c) $9,8 \text{ m/s}^2$; (d) $9,8 \text{ m/s}^2$ 89. (a) -30° ; (b) 69 min; (c) 80 min; (d) 80 min; (e) 0° ; (f) 60 min 91. (a) 62 ms; (b) $4,8 \times 10^2 \text{ m/s}$ 93. (a) $6,7 \times 10^6 \text{ m/s}$; (b) $1,4 \times 10^{-7} \text{ s}$ 95. (a) 4,2 m, 45° ; (b) 5,5 m, 68° ; (c) 6,0 m, 90° ; (d) 4,2 m, 135° ; (e) 0,85 m/s, 135° ; (f) 0,94 m/s, 90° ; (g) 0,94 m/s, 180° ; (h) 0,30 m/s^2 , 180° ; (i) 0,30 m/s^2 , 270° 97. (a) 6,79 km/h; (b) $6,96^\circ$ 99. (a) 16 m/s; (b) 23° ; (c) acima; (d) 27 m/s; (e) 57° ; (f) abaixo 101. (a) 24 m/s; (b) 65° 103. (a) 1,5; (b) (36 m, 54 m) 105. (a) $0,034 \text{ m/s}^2$; (b) 84 min 107. (a) 44 m; (b) 13 m; (c) 8,9 m 109. (a) $2,6 \times 10^2 \text{ m/s}^2$; (b) 45 s; (c) aumentaria 111. (a) 45 m; (b) 22 m/s 113. (a) 2,00 ns; (b) 2,00 mm; (c) $1,00 \times 10^7 \text{ m/s}$; (d) $2,00 \times 10^6 \text{ m/s}$ 115. (a) $4,6 \times 10^{12} \text{ m}$; (b) $2,4 \times 10^5 \text{ s}$ 117. 93° em relação à direção do movimento do vagão 119. (a) 8,43 m; (b) -129° 121. (a) 63 km; (b) 18° ao sul do leste; (c) 0,70 km/h; (d) 18° ao sul do leste; (e) 1,6 km/h; (f) 1,2 km/h; (g) 33° ao norte do leste 123. $3 \times 10^1 \text{ m}$ 125. (a) 14 m/s; (b) 14 m/s; (c) -10 m ; (d) $-4,9 \text{ m}$; (e) $+10 \text{ m}$; (f) $-4,9 \text{ m}$ 127. 67 km/h 129. (a) 75° a leste do sul; (b) 30° a leste do norte. Existe uma segunda solução, com o leste substituído por oeste nas duas respostas. 131. (a) 11 m; (b) 45 m/s

Capítulo 5

T 1. c, d e e 2. (a) e (b) 2 N, para a esquerda (a aceleração é zero nas duas situações) 3. (a) igual; (b) maior (a aceleração é para cima e, portanto, a força resultante é para cima) 4. (a) igual; (b) maior; (c) menor 5. (a) aumentam; (b) sim; (c) permanecem os mesmos; (d) sim P 1. aumentar 3. (a) 2 e 4; (b) 2 e 4 5. (a) 2, 3, 4; (b) 1, 3, 4; (c) 1, +y; 2, +x; 3, quarto quadrante; 4, terceiro quadrante 7. (a) 20 kg; (b) 18 kg; (c) 10 kg; (d) todas iguais; (e) 3,2, 1 9. (a) aumenta a partir do valor inicial mg ; (b) diminui de mg até zero (e depois o bloco perde o contato com o piso) 11. (a) M ; (b) M ; (c) M ; (d) $2M$; (e) $3M$

PR 1. (a) 1,88 N; (b) 0,684 N; (c) $(1,88 \text{ N})\hat{i} + (0,684 \text{ N})\hat{j}$ 3. $2,9 \text{ m/s}^2$ 5. (a) $(-32,0 \text{ N})\hat{i} - (20,8 \text{ N})\hat{j}$; (b) 38,2 N; (c) -147° 7. (a) $(0,86 \text{ m/s}^2)\hat{i} - (0,16 \text{ m/s}^2)\hat{j}$; (b) $0,88 \text{ m/s}^2$; (c) -11° 9. $9,0 \text{ m/s}^2$ 11. (a) 8,37 N; (b) -133° ; (c) -125° 13. (a) 108 N; (b) 108 N; (c) 108 N 15. (a) 4,0 kg; (b) 1,0 kg; (c) 4,0 kg; (d) 1,0 kg 17. (a) $-9,80 \text{ m/s}^2$; (b) $2,35 \text{ m/s}^2$; (c) 1,37 s; (d) $(-5,56 \times 10^{-3} \text{ N})\hat{j}$; (e) $(1,333 \times 10^{-3} \text{ N})\hat{j}$ 19. (a) 42 N; (b) 72 N; (c) $4,9 \text{ m/s}^2$ 21. (a) 11,7 N; (b) $-59,0^\circ$ 23. (a) 0,022 m/s^2 ; (b) $8,3 \times 10^4 \text{ km}$; (c) $1,9 \times 10^3 \text{ m/s}$ 25. $1,2 \times 10^5 \text{ N}$ 27. (a) 494 N; (b) para cima; (c) 494 N; (d) para baixo 29. 1,5 mm 31. (a) $46,7^\circ$; (b) $28,0^\circ$ 33. (a) $0,62 \text{ m/s}^2$; (b) $0,13 \text{ m/s}^2$; (c) 2,6 m 35. (a) 1,18 m; (b) 0,674 s; (c) 3,50 m/s 37. (a) $2,2 \times 10^{-3} \text{ N}$; (b) $3,7 \times 10^{-3} \text{ N}$ 39. $1,8 \times 10^4 \text{ N}$ 41. (a) 31,3 kN; (b) 24,3 kN 43. (a) $1,4 \text{ m/s}^2$; (b) 4,1 m/s 45. (a) 1,23 N; (b) 2,46 N; (c) 3,69 N; (d) 4,92 N; (e) 6,15 N; (f) 0,250 N 47. (a) $2,18 \text{ m/s}^2$; (b) 116 N; (c) $21,0 \text{ m/s}^2$ 49. $6,4 \times 10^3 \text{ N}$ 51. (a) $0,970 \text{ m/s}^2$; (b) 11,6 N; (c) 34,9 N 53. (a) 1,1 N 55. (a) $3,6 \text{ m/s}^2$; (b) 17 N 57. (a) $4,9 \text{ m/s}^2$; (b) $2,0 \text{ m/s}^2$; (c) para cima; (d) 120 N 59. (a) $0,735 \text{ m/s}^2$; (b) para baixo; (c) 20,8 N 61. $2Ma/(a+g)$ 63. (a) $0,653 \text{ m/s}^3$; (b) $0,896 \text{ m/s}^3$; (c) 6,50 s 65. 81,7 N 67. (a) 8,0 m/s; (b) $+x$ 69. (a) 13 597 kg; (b) 4917 L; (c) 6172 kg; (d) 20,075 L; (e) 45% 71. (a) 0; (b) $0,83 \text{ m/s}^2$; (c) 0 73. (a) $0,74 \text{ m/s}^2$; (b) $7,3 \text{ m/s}^2$ 75. (a) a corda arrebenta; (b) $1,6 \text{ m/s}^2$ 77. 2,4 N 79. (a) $4,6 \text{ m/s}^2$; (b) $2,6 \text{ m/s}^2$ 81. (a) 65 N; (b) 49 N 83. (a) 11 N; (b) 2,2 kg; (c) 0; (d) 2,2 kg 85. (a) $4,6 \times 10^3 \text{ N}$; (b) $5,8 \times 10^3 \text{ N}$ 87. (a) 4 kg; (b) $6,5 \text{ m/s}^2$; (c) 13 N 89. 195 N 91. (a) 44 N; (b) 78 N; (c) 54 N; (d) 152 N 93. 16 N 95. (a) $1,8 \times 10^2 \text{ N}$; (b) $6,4 \times 10^2 \text{ N}$ 97. (a) $(5,0 \text{ m/s})\hat{i} + (4,3 \text{ m/s})\hat{j}$; (b) $(15 \text{ m})\hat{i} + (6,4 \text{ m})\hat{j}$ 99. 16 N 101. (a) 2,6 N; (b) 17° 103. (a) $4,1 \text{ m/s}^2$; (b) 836 N

Capítulo 6

T 1. (a) zero (porque não há uma tentativa de deslizamento); (b) 5 N; (c) não; (d) sim; (e) 8 N 2. ($\vec{a}$ aponta para o centro da trajetória circular) (a) $\vec{a}$ aponta para baixo, $\vec{F}_N$ aponta para cima; (b) $\vec{a}$ e $\vec{F}_N$ apontam para cima P 1. (a) permanece o mesmo; (b) aumenta; (c) aumenta; (d) não 3. (a) diminui; (b) diminui; (c) aumenta; (d) aumenta; (e) aumenta 5. (a) para cima; (b) horizontal, na sua direção; (c) não varia; (d) aumenta; (e) aumenta 7. A princípio, $\vec{f}_s$ aponta para cima ao longo da rampa e seu módulo aumenta a partir de $mg \sin \theta$ até atingir $f_{s,\text{máx}}$. Daí em diante a força se torna a força de atrito cinético, que aponta para cima ao longo da rampa e cujo módulo é f_k (um valor constante menor que $f_{s,\text{máx}}$). 9. (a) todas iguais; (b) todas iguais; (c) 2, 3, 1 11. Primeiro 4, depois 3 e depois 1, 2 e 5 empatadas PR 1. (a) $2,0 \times 10^2 \text{ N}$; (b) $1,2 \times 10^2 \text{ N}$ 3. (a) $1,9 \times 10^2 \text{ N}$; (b) $0,56 \text{ m/s}^2$ 5. 36 m 7. (a) 11 N; (b) $0,14 \text{ m/s}^2$ 9. (a) 6,0 N; (b) 3,6 N; (c) 3,1 N 11. (a) $1,3 \times 10^2 \text{ N}$; (b) não; (c) $1,1 \times 10^2 \text{ N}$; (d) 46 N; (e) 17 N 13. (a) $3,0 \times 10^2 \text{ N}$; (b) $1,3 \text{ m/s}^2$ 15. 2° 17. (a) não; (b) $(-12 \text{ N})\hat{i} + (5,0 \text{ N})\hat{j}$ 19. (a) 19° ; (b) 3,3 kN 21. (a) $(17 \text{ N})\hat{i}$; (b) $(20 \text{ N})\hat{i}$; (c) $(15 \text{ N})\hat{i}$ 23. $1,0 \times 10^2 \text{ N}$ 25. 0,37 27. (a) $3,5 \text{ m/s}^2$; (b) 0,21 N 29. (a) 0; (b) $(-3,9 \text{ m/s}^2)\hat{j}$; (c) $(-1,0 \text{ m/s}^2)\hat{i}$ 31. (a) 66 N; (b) $2,3 \text{ m/s}^2$ 33. $4,9 \times 10^2 \text{ N}$ 35. 9,9 s 37. 2,3 39. (a) $3,2 \times 10^2 \text{ km/h}$; (b) $6,5 \times 10^2 \text{ km/h}$; (c) não 41. 21 m 43. 0,60 45. (a) 10 s; (b) $4,9 \times 10^2 \text{ N}$; (c) $1,1 \times 10^3 \text{ N}$ 47. $1,37 \times 10^3 \text{ N}$ 49. (a) mais leve; (b) 778 N; (c) 223 N; (d) 1,11 kN 51. 12° 53. 2,2 km 55. 1,81 m/s 57. $2,6 \times 10^3 \text{ N}$ 59. (a) 8,74 N; (b) 37,9 N; (c) 6,45 m/s; (d) na direção da haste 61. (a) 69 km/h; (b) 139 km/h; (c) sim 63. (a) $7,5 \text{ m/s}^2$; (b) para baixo; (c) $9,5 \text{ m/s}^2$; (d) para baixo 65. (a) 27 N; (b) $3,0 \text{ m/s}^2$ 67. (a) 35,3 N; (b) 39,7 N; (c) 320 N 69. $g (\sin \theta - 2^{0,5} \mu_k \cos \theta)$ 71. (a) $3,0 \times 10^5 \text{ N}$; (b) $1,2^\circ$ 73. 147 m/s 75. (a) 56 N; (b) 59 N;

(c) $1,1 \times 10^3 \text{ N}$ 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) $3,21 \times 10^3 \text{ N}$;
 (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) $3,6 \times 10^{-3} \text{ N}$; (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) $5 \times 10^{14} \text{ J}$; (b) 0,1 megaton de TNT;
 (c) 8 bombas 3. (a) $2,9 \times 10^7 \text{ m/s}$; (b) $2,1 \times 10^{-13} \text{ J}$ 5. (a) 2,4 m/s;
 (b) 4,8 m/s 7. 20 J 9. 0,96 J 11. (a) $1,7 \times 10^2 \text{ N}$; (b) $3,4 \times 10^2 \text{ m}$;
 (c) $-5,8 \times 10^4 \text{ J}$; (d) $3,4 \times 10^2 \text{ N}$; (e) $1,7 \times 10^2 \text{ m}$; (f) $-5,8 \times 10^4 \text{ J}$
 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 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 J; (d) 0,060 m; (e) 0,090 J 35. (a) 0; (b) 0
 37. $5,3 \times 10^2 \text{ J}$ 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 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) $1,0 \times 10^2 \text{ J}$; (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 J 59. -37 J
 61. 165 kW 63. (a) $1,8 \times 10^5 \text{ ft} \cdot \text{lb}$; (b) 0,55 hp 65. (a) 797 N;
 (b) 0; (c) -1,55 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 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 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 mJ; (c) 4,31 mJ; (d) -4,31 mJ;
 (e) todos aumentariam 5. 89 N/cm 7. (a) 13,1 J; (b) -13,1 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 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 m/s; (b) 2,42 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 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 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) $(3,8 \times 10^2) \text{ g}$ 59. (a) -0,90 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 J; (b) -0,80 J; (c) +1,1 J 101. (a) $2,35 \times 10^3 \text{ J}$;
 (b) 352 J 103. (a) -3,8 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 empatadas (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; $\vec{P}$ é conservado).
 (a) 0; (b) não; (c) -x 7. (a) 10 kg · m/s; (b) 14 kg · m/s;
 (c) 6 kg · m/s 8. (a) 4 kg · m/s; (b) 8 kg · m/s; (c) 3 J
 9. (a) 2 kg · m/s (conservação da componente *x* do momento)
 (b) 3 kg · 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 m; (b) -1,43 m 3. (a) -0,45 cm; (b) -2,0 cm
 5. (a) 0; (b) $3,13 \times 10^{-11} \text{ m}$ 7. (a) -6,5 cm; (b) 8,3 cm; (c) 1,4 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 kg · m/s; (b) 10 kg · m/s
 23. (a) 67 m/s; (b) -x; (c) 1,2 kN; (d) -x 25. $1,0 \times 10^3 \text{ a } 1,2 \times 10^3$
 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.** $9,9 \times 10^2$ N **39.** 3,0 mm/s
41. 55 cm **43.** (a) $-(0,15 \text{ m/s})\hat{j}$; (b) 0,18 m **45.** (a) 14 m/s;
 (b) -45° **47.** (a) $(1,00\hat{i} - 0,167\hat{j})$ km/s; (b) 3,23 MJ
49. $3,1 \times 10^2$ 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) $+2,0$ m/s; (b) $-1,3$ J;
 (c) $+40$ 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) $4,15 \times 10^5$ m/s;
 (b) $4,84 \times 10^5$ m/s **75.** 120° **77.** (a) $1,57 \times 10^6$ 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) $1,271$
 $\times 10^{10}$ J; (d) $1,275 \times 10^{10}$ J **91.** (a) 1,0 kg m/s; (b) $2,5 \times 10^2$ 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) $(-7,4 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{s})\hat{j}$; (c) $2,3 \times 10^3$ N; (d) $2,1 \times 10^4$ N;
 (e) -45° **95.** (a) 3,7 m/s; (b) 1,3 N · s; (c) $1,8 \times 10^2$ N
97. $1,18 \times 10^4$ kg **99.** $+4,4$ 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) $1,6 \times 10^{-2}$ m/s² **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) $48,4^\circ$
111. 0,22% **113.** 190 m/s **115.** (a) $4,6 \times 10^3$ km; (b) 73%
117. (a) 50 kg/s; (b) $1,6 \times 10^2$ kg/s **119.** (a) $-0,50$ m; (b) $-1,8$ cm;
 (c) 0,50 m **121.** (a) 0,800 kg · m/s; (b) 0,400 kg m/s **123.** 29 J
125. $5,0 \times 10^6$ 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) $1,8 \times 10^3$ 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) $-2,1$ s; (e) 40 s **17.** (a) $3,4 \times 10^2$ s; (b) $-4,5 \times 10^{-3}$
 rad/s²; (c) 98 s **19.** $6,9 \times 10^{-13}$ rad/s **21.** (a) 20,9 rad/s; (b) 12,5
 m/s; (c) 800 rev/min²; (d) 600 rev **23.** (a) $2,50 \times 10^3$ rad/s;
 (b) 20,2 m/s²; (c) 0 **25.** (a) 40 s; (b) 2,0 rad/s² **27.** (a) $3,8 \times 10^3$
 rad/s; (b) $1,9 \times 10^2$ m/s **29.** (a) $7,3 \times 10^{-5}$ rad/s; (b) $3,5 \times 10^2$ m/s;
 (c) $7,3 \times 10^{-5}$ rad/s; (d) $4,6 \times 10^2$ m/s **31.** (a) 73 cm/s²; (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) $1,0 \times 10^2$ min **45.** 4,6 N · m
47. $-3,85$ N · m **49.** (a) 28,2 rad/s²; (b) 338 N · m **51.** 0,140 N
53. $2,51 \times 10^{-4}$ kg m² **55.** (a) 6,00 cm/s²; (b) 4,87 N; (c) 4,54 N;
 (d) 1,20 rad/s²; (e) 0,0138 kg · m² **57.** (a) $4,2 \times 10^2$ rad/s²;
 (b) $5,0 \times 10^2$ rad/s **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. $6,16 \times 10^{-5}$ kg · m² **73.** (a) 1,57 m/s²; (b) 4,55 N; (c) 4,94 N
75. (a) $4,81 \times 10^5$ N; (b) $1,12 \times 10^4$ N · m; (c) $1,25 \times 10^6$ J **77.** 30 rev

79. 3,1 rad/s **81.** (a) 0,791 kg · m²; (b) $1,79 \times 10^{-2}$ N · m **83.** (a) 2,3
 rad/s²; (b) 1,4 rad/s² **85.** $1,4 \times 10^2$ N · m **87.** 4,6 rad/s²
89. (a) -67 rev/min²; (b) 8,3 rev **93.** 0,054 kg · m²
95. (a) $5,92 \times 10^4$ m/s²; (b) $4,39 \times 10^4$ s⁻² **97.** 2,6 J **99.** (a) 0,32
 rad/s; (b) $1,0 \times 10^2$ km/h **101.** (a) 7,0 kg · m²; (b) 7,2 m/s;
 (c) 71° **103.** (a) $1,4 \times 10^2$ rad; (b) 14 s **105.** (a) 221 kg · m²; (b)
 $1,10 \times 10^4$ J **107.** 0,13 rad/s **109.** $6,75 \times 10^{12}$ 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 **2.** 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 empatados **9.** (a) permanece
 o mesmo; (b) aumenta; (c) diminui; (d) 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) $1,5 \times 10^3$ m/s²; (f) $1,5 \times 10^3$ m/s²; (g) $(22 \text{ m/s})\hat{i}$;
 (h) $(44 \text{ m/s})\hat{i}$; (i) 0; (j) 0; (k) $1,5 \times 10^3$ m/s²; (l) $1,5 \times 10^3$ m/s²
3. 0,020 **5.** $-3,15$ J **7.** (a) $(-4,0 \text{ N})\hat{i}$; (b) 0,60 kg m² **9.** (a) 63
 rad/s; (b) 4,0 m **11.** 4,8 m **13.** (a) $-(0,11 \text{ m})\omega$; (b) $-2,1$ m/s²;
 (c) -47 rad/s²; (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 kg m²/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) $-22,6$ kg · m²/s; (c) $-7,84$ N · m;
 (d) $-7,84$ N · 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) $(+56 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s})\hat{k}$ **35.** (a) 48 $\hat{r}$ N · m; (b) aumentando
37. (a) 1,47 N · m; (b) 20,4 rad; (c) $-29,9$ J; (d) 19,9 W
39. (a) $4,6 \times 10^3$ kg · m²; (b) $1,1 \times 10^{-3}$ kg · m²/s; (c) $3,9 \times 10^{-3}$ kg · m²/s
41. (a) 1,6 kg · m²; (b) 4,0 kg · m²/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) $8,8 \times 10^2$ J; (f) da energia interna das patinadoras **53.** 3,4 rad/s
55. $1,3 \times 10^3$ 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) $6,65 \times 10^{-5}$ kg m²/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) $1,3 \times 10^2$ 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) $-30\hat{r}\hat{k}$ kg · m²/s; (d) $-90\hat{r}\hat{k}$
 N · m; (e) $30\hat{r}\hat{k}$ kg · m²/s; (f) $90\hat{r}\hat{k}$ N · 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

Índice

As figuras estão identificadas pelos números das páginas em *itálico*; as tabelas estão indicadas por um *t* após o número da página

A

aceleração. *Veja também* força; velocidade, 280t
angular, 262, 280t
 constante, 265
 rotação com, 265-268
 e linear, 268, 268
 em rolamento, 299, 299
 instantânea, 262
 média, 262
aplicações das leis de Newton, 108-114
centrípeta, 77
como uma grandeza vetorial, 43
constante, 23, 23-27
 movimento unidimensional, 23, 23-27
de queda livre (g), 27
do centro de massa de um sistema de partículas, 223
e a primeira lei de Newton, 96
e a segunda lei de Newton, 99-103
em queda livre (g), 27
foguetes, 242, 242
instantânea
 movimento em duas e três dimensões, 68
 movimento unidimensional, 21
integração gráfica em análise de movimentos, 29, 29
ioiô, 301
linear constante, 265
média
 movimento em duas e três dimensões, 68
 movimento unidimensional, 21
movimento
 circular uniforme, 77, 77, 134
 de projéteis, 70-76
 em duas e três dimensões, 68, 68-70
 relativo em duas dimensões, 80
 relativo em uma dimensão, 80
 unidimensional, 21-29
 negativa, 22, 29
 relação entre linear e angular, 268, 268
 rolando para baixo em uma rampa, 299, 299
 sinal da, 22, 29
 sistema de partículas, 222-224
acre-pé, 10
aderência e deslizamento, 128
alcance no movimento de projéteis, 70, 73
 horizontal, 71, 73
algarismos significativos, 4
alpinismo
 coeficiente de atrito entre um sapato de alpinismo
 e uma pedra, 129
 conservação da energia em uma descida usando
 anéis, 98, 198, 198
 energia para escalar o monte Everest, 212
alvo, colisão(ões)
 elásticas em uma dimensão com alvos em
 movimento, 240, 240
 elásticas em uma dimensão com alvos
 estacionários, 238, 238-240
 em duas dimensões, 241, 241
 em série, 228, 228
 inelásticas em uma dimensão, 235
 simples, 227
anel, momento de inércia, 272t
anestesia epidural, simulação das forças, 167, 167
ângulos, 48
 de mergulho, 143
 dos vetores, 46, 46
 graus e radianos, 48
 medida, 49
ano-luz, 13
antiderivada, 26
ar

 e força de arrasto, 132
 efeito sobre o movimento de projéteis, 73, 73
 velocidades terminais no, 133t
área da seção reta efetiva, 132
asteróide
 metálico, 290
 rochoso, 290
atrito. *Veja também* força de atrito cinético; força de
atrito estático, 105, 105, 127, 127-132
 cinético, 128, 128
 como força não-conservativa (energia
 cinética), 183
 e rolagem, 299, 299
 energia mecânica não conservada na presença
 de, 190
 soldagem a frio, 128, 128, 129
 trabalho realizado por uma força externa na
 presença de, 194, 195
automóveis. *Veja também* carros de corrida
 colisões frontais, 238
 avalanches, 180, 180, 200, 200
avião a jato, decolagem de um porta-aviões, 106

B

balança
 de braços iguais, 104, 104
 de mola, 104, 105
barra
 do metro-padrão, 5
 momento de inércia, 272t, 273
bloco(s)
 aceleração em queda, 277
 aplicações das leis de Newton, 101, 108-114
 atrito, 105, 105
 da Grande Pirâmide, 126, 126, 131
 deslizante, 109, 109
 estacionários, 127, 127
 forças normais, 104, 105
 ligados a polias sem massa e sem atrito, 105, 106,
 109, 109
 par de forças da terceira lei, 108, 108
 pendente, 109, 109
 e deslizante, 108, 109
 potência aplicada em um, 169, 169
 trabalho
 realizado para fazer subir uma rampa, 160, 161
 realizado por uma força externa com
 atrito, 195, 195
bola
 de beisebol
 colisão com o taco, 227, 227
 como o jogador sabe onde deve estar, 63, 63, 77
 resistência do ar ao movimento, 73, 73
 movimento de projétil, 70, 72
bombas vulcânicas, 92
braço de alavanca, 275, 275
brinquedos de parque de diversões
 dor de cabeça de montanha-russa, 269
 montanha-russa, 22, 95, 95, 111
 roda-gigante, 310, 310
 rotor, 138, 138, 267
bungee jump, 181, 181
Bureau Internacional de Pesos e Medidas, 5, 7

C

calculadora, 49
camarão-de-estalo, ondas sonoras produzidas por um,
259, 259, 282

carneiros monteses, forças das colisões entre, 217,
217, 229
carro(s)
 a jato Thrust SSC, 298
 de corrida
 colisão com um muro, 230, 230
 funny car, 152, 152, 170
 sustentação negativa, 138, 139
casas decimais, 4
casca esférica, momento de inércia, 272t
cavitação, 282
centro de massa
 colisões inelásticas unidimensionais, 235, 236
 corpos maciços, 219, 219-222
 roda em movimento, 296, 296
 sistema de partículas, 218, 219, 222-225
cilindro
 momento de inércia, 272t
 oco, momento de inércia, 272t
cinemática, 15
coeficiente
 de arrasto, 132
 de atrito cinético, 129, 129
colisão(ões), 227
 bidimensionais, 241, 241
 de raspão, 241, 241
 elásticas
 definição, 234
 em duas dimensões, 241, 241
 em uma dimensão, 236, 238, 238-241
 com alvo em movimento, 240, 240
 com alvo estacionário, 238, 238-240
 unidimensionais, 235
frontais, 238
impulso em colisão
 em série, 228, 228
 simples, 227, 227
inelásticas
 definição, 234
 em duas dimensões, 241
 em uma dimensão, 235, 236, 235-238
 perfeitamente, 235, 235, 236
 unidimensionais, 235, 236
momento e energia cinética, 234
 unidimensionais, 235, 235, 236
 unidimensionais elásticas, 236, 238
componente(s)
 de vetores, 45, 46, 45-49
 somas de vetores através de, 49, 49-52
escalares, 49
radial
 da aceleração linear, 268
 do torque, 275
tangencial
 da aceleração linear, 268
 do torque, 275
 x de um vetor, 46, 46
 y de um vetor, 46, 46
comprimento, unidades, 5
configuração de referência para a energia
potencial, 185
conservação
 da energia, 153, 197-202, 199
 do momento angular, 311, 312, 311-315
 do momento linear, 231-234
constante
 de força, 162
 elástica, 162
conversão em cadeia, 3
cord (unidade de madeira), 12
corda sem massa, 105, 106
corpos

extensos, 109
 maciços, centro de massa, 219-222
 rígidos
 definição, 260
 momento angular de um corpo girando em torno de um eixo fixo, 308-311, 309
 co-seno, 48
 curvas de energia potencial, 190-193, 191

D

decomposição de vetores, 46
 desabamento de um edifício, 254
 desaceleração, 21, 22
 deslocamento. *Veja também* deslocamento angular; trabalho
 angular, 261, 216
 natureza não-vetorial, 265
 como uma grandeza vetorial, 16, 43
 movimento em duas e três dimensões, 64-66, 65
 movimento unidimensional, 15
 diagonal do cubo, 60
 diagramas de corpo livre, 100, 101
 aplicações das leis de Newton, 108-144
 táticas para a solução de problemas, 102
 disco, momento de inércia, 272t
 distância de equilíbrio, átomos em moléculas diatômicas, 208
 dor de cabeça de montanha-russa, 269
 duração, 6

E

E (expoente de 10), 3
 edifícios que afundam por causa de terremotos, 1, 1, 8
 efeito chicote, 30
 Einstein, Albert. *Veja também* relatividade, 96
 eixo
 de rotação, 260, 260, 261, 261
 fixo, 260
 momento angular de um corpo rígido girando em torno de um, 308-311, 309
 elevadores, 20, 21, 113
 trabalho realizado contra a força gravitacional, 161, 161
 empuxo, 243
 energia. *Veja também* trabalho
 cinética. *Veja também* colisões; teorema do trabalho e; velocidade, 280t
 colisões, 234
 de rolamento, 297, 298
 de rotação, 270, 271
 e rolagem, 298
 e trabalho, 279-283
 ioiô, 301
 de translação
 ioiô, 301
 no rolamento, 298
 definição, 153
 e conservação da energia mecânica, 187-190
 total, 197-202
 e trabalho, 154, 154-158
 ioiô, 301
 conservação, 153, 197-202, 199
 definição, 153
 interna
 e conservação da energia total, 197
 e forças externas, 198
 mecânica
 conservação da, 187-190
 e conservação da energia total, 197
 natureza escalar da, 43
 potencial
 definição, 181
 determinação, 184-187
 e conservação da energia mecânica, 187, 187-190, 189
 total, 197-202
 e trabalho, 181, 181
 elástica, 181
 determinação, 185
 gravitacional, 181
 determinação, 185
 ioiô, 301
 térmica, 182
 e conservação da energia total, 197

equação(ões)
 de movimento
 aceleração constante, 24, 25t
 para aceleração linear constante e aceleração angular constante, 266t
 queda livre, 27
 vetorial, 44
 equilíbrio, 100
 estável, curvas de energia potencial, 192
 indiferente, curvas de energia potencial, 192
 instável, 192
 curvas de energia potencial, 192
 escalares, 43
 multiplicação de vetores por, 53
 esfera, momento de inércia, 272t
 esquiadores, posição de ovo, 132, 132
 estado relaxado de uma mola, 162, 162
 estátuas da ilha da Páscoa, 196, 196
 estrelas de nêutrons, 88
 Evento de Tunguska, 290
 explosões
 bidimensionais, 233, 233
 unidimensionais, 232, 232

F

falhas, 60
 fatores de conversão, 3
 fluidos, 132
 foguetes, 242-244, 242
 força(s). *Veja também* aceleração; atrito; colisão; momento linear; torque; trabalho, 309t
 aplicações das leis de Newton, 108-114
 centrípetas, 134-140, 135
 com apenas uma componente, 97
 como grandeza vetorial, 97
 conservativas, 182-184, 183
 independência da trajetória, 182-184, 183
 de arrasto, 132-134
 como força não-conservativa, 183
 energia mecânica não conservada na presença de, 190
 de atrito
 cinético, 127, 128
 como força não-conservativa, 183
 em uma roda, 299
 estático, 127, 128
 roda, 299
 de tração, 105, 105
 definição, 96
 do rolamento, 299-301, 299
 e a primeira lei de Newton, 96
 e a segunda lei de Newton, 99-103
 e a terceira lei de Newton, 107
 e movimento, 15
 e peso, 103
 elástica, 162
 como força conservativa, 182, 182
 trabalho executado por uma, 162-165, 162
 equilíbrio, 100
 externas. *Veja também* colisões, 101
 e transferências internas de energia, 198
 sistema de partículas, 223, 223, 224, 226
 trabalho
 realizado na ausência de atrito, 194
 realizado na presença de atrito, 194
 gravitacional, 103
 trabalho realizado por uma, 158-162, 159
 independência da trajetória de uma, 182-184, 183
 conservativa, 182-184, 183
 internas, 101
 sistema de partículas, 223, 223, 224
 não-conservativa, 183
 normal, 104-106, 105
 princípio de superposição, 97
 restauradora, 162
 resultante, 101, 101
 táticas para solução de problemas, 102
 tensão, 105, 106
 unidade de, 97, 98
 variável
 trabalho executado por uma, 165-168, 166
 elástica, 162-165, 162
 unidimensional, 165, 166
 formiga do deserto, 42, 42, 51
 função(ões)
 energia
 cinética, 192

potencial, 191, 191
 trigonométricas, 48, 48
 inversas, 48, 48
funny car, 152, 152, 170

G

g, aceleração de queda livre, 27
 gato, velocidade terminal, 133, 133
 g-LOC (perda de consciência induzida por g), 78
 golpe de judô, 278, 278
grand jeté, 223, 224
 Grande Pirâmide, construção da, 126, 126, 131
 grandezas
 fundamentais, 2
 independentes da trajetória, forças conservativas, 182-184, 183
 vetoriais, 16, 43
 graus, 48

H

halteres, 250, 251
 Hooke, Robert, 162
 Hora Coordenada Universal (UTC), 7
horse power, 169

I

impulso, 227
 colisão simples, 227, 227
 colisões em série, 228, 228
 inclinação de uma reta, 17, 17
 índice de vazios, 8
 integração gráfica para o movimento unidimensional, 29, 29
 integral indefinida, 26
 interação forte, 124
 interpretação de gráficos, 18
 intervalos de tempo, 6, 6t
 ioiô, 301, 301

J

joule (J), 154
 junta em uma montanha, 143

L

lagarto basilisco, 249, 250
 lance livre, 64
 lei
 de conservação da energia, 153, 197-202, 198
 mecânica, 187
 de conservação do momento angular, 311-315, 311, 313
 linear, 231-234
 de Hooke, 162, 191
 de Newton, 96
 aplicação à solução de problemas, 108-114
 linha de ação do torque, 275, 275
 liquefação do solo causada por terremotos, 8
loop vertical pedalando uma bicicleta, 137, 137

M

marcas de derrapagem, 129, 130
 massa. *Veja também* centro de massa, 280t
 de alguns objetos, 8t
 definição, 97, 98
 e peso, 104
 específica
 definição, 8
 uniforme de corpos maciços, 219
 natureza escalar da, 43, 99
 unidades, 8
 mecânica
 newtoniana, 96
 quântica, 96
 medições, 2
 metro (m), 2, 5
 módulo
 da aceleração
 em queda livre, 27

no movimento em duas e três dimensões, 68
no movimento unidimensional, 21
da velocidade no movimento
em duas ou três dimensões, 67
unidimensional, 17
de vetores, 44, 44
do deslocamento no movimento
unidimensional, 16
notação módulo-ângulo, 46
mola
ideal, 163
sem massa, 163
moléculas diatômicas, energia potencial, 208
momento, 225
angular, 304, 304, 309t
conservação do, 311-315, 311, 312
de um sistema de partículas, 307
forma angular da segunda lei de
Newton, 305
rotação de um corpo rígido girando em torno
de um eixo fixo, 308-311, 309
de inércia, 270, 280t
cálculo, 271-275
linear, 225, 309t
colisões
conservação do, 231-234
elásticas em duas dimensões, 241
elásticas em uma dimensão com um alvo
em movimento, 240
elásticas em uma dimensão com um alvo
estacionário, 238-240
inelásticas em duas dimensões, 241
inelásticas em uma dimensão, 235-238,
235, 236
perfeitamente inelásticas em uma
dimensão, conservação do, 235
e impulso
em colisões em série, 228
em uma colisão simples, 227
sistema de partículas, 226
montanha-russa, 95, 96, 111
aceleração máxima, 22
movimento. *Veja também* aceleração; colisão;
deslocamento; força; posição; velocidade, 15
angular, 260
bidimensional
aceleração, 68-70, 68
posição e deslocamento, 64-66, 64
relativo, 80, 80
velocidade, 66-68, 66, 67
circular uniforme, 77, 77
força centrípeta, 134-140, 135
de projétil, 70-76, 70, 72
horizontal, 72, 73
vertical, 72, 73
em duas e três dimensões, 64-66
integração gráfica, 29, 29
linear, 260
relativo
em duas dimensões, 80, 80
em uma dimensão, 79, 79
tridimensional
aceleração, 68-70, 68
posição e deslocamento, 64-66, 64
velocidade, 66-68, 66, 67
unidimensional, 15
aceleração, 21-29
constante, 23-27, 23
em queda livre, 27
instantânea, 21
média, 21
deslocamento, 15
integração gráfica, 29, 29
posição, 15, 15
relativa, 79, 79
velocidade, 19
escalar, 19
escalar média, 17
instantânea, 19
média, 17
multiplicação de vetores, 53-56, 53

N

National Institute of Standards and Technology
(NIST), 7
newton (N), 97
Newton, Isaac, 96

notação
científica, 3
de componentes, 46

O

ordem de grandeza, 5
origem, 15

P

padrão(ões), 2
do metro baseado no criptônio, 5
fundamentais, 2
secundários, 5
par de forças da terceira lei, 107
para-quedismo
força de arrasto e velocidade terminal, 133, 133
sobrevivência a uma queda na neve, 249
partículas, 15
passos de balé
grand jeté, 223, 224
tour jeté, 295, 295, 313, 313
patinação artística, 260, 260
conservação de energia, 198
pedras que migram, 142
pêndulo como oscilador harmônico simples angular
balístico, 236, 237
conservação de energia mecânica, 188, 189
percurso fechado, 182, 183
período de revolução, 77
peso, 103
aparente, 104
ausência, 135
pica-pau, aceleração do bico, 14, 14, 25
placa(s)
fina, momento de inércia, 272t
tectônicas, 15
plano de simetria, centro de massa de corpos maciços
com um, 220
poço de potencial, 192
polia sem massa e sem atrito, 105, 106
aplicações das leis de Newton, 109, 109
ponto(s)
de equilíbrio em curvas de energia
potencial, 191, 192
de referência para a energia potencial, 185
de retorno em curvas de energia
potencial, 191, 192
de simetria, centro de massa de corpos maciços
com um, 220
posição. *Veja também* deslocamento, 280t
angular, 260, 261, 280t
e linear, 267
zero, 260
movimento
em duas e três dimensões, 64-66, 64
unidimensional, 15, 15
relação entre posição linear e angular, 267
potência, 168-170, 169, 199, 280t
instantânea, 168, 199
média, 168, 199
no movimento de rotação, 279
precessão de um giroscópio, 315-316, 315
prefixos das unidades do SI, 3t
pressão, natureza escalar da, 43
primeira lei de Newton, 96
princípio de superposição, 97
produto escalar, 53, 53
produto vetorial, 53, 55, 55, 56, 56
projétil, colisões, 70
elásticas em uma dimensão
com um alvo em movimento, 240
com um alvo estacionário, 238-240
em série, 228
inelásticas em uma dimensão, 235
simples, 227
pulsar(es), 287
da nebulosa do caranguejo, 287
padrão de tempo para o segundo baseado em, 10

Q

quilograma, 7
quilograma-padrão, 7, 7
quilowatt-hora, 169

R

radianos, 48, 260, 270
rampa
rolando para baixo em uma, 299, 299
trabalho realizado fazendo um bloco subir
uma, 160, 161
referenciais, 79
inerciais, 98
não-inerciais, 98
regra da mão direita, 264, 265
grandezas angulares, 264, 264
para produtos vetoriais, 55, 55
régua, 2
rejeito
de mergulho, 61
horizontal, 61
relatividade, teoria da, restrita, 96
relógio(s), 7
atômicos, 7
de quartzo, 6
respostas inesperadas ao resolver problemas de física,
29
resultante de uma soma de vetores, 44
reta
de referência, 260, 261
de simetria, centro de massa de corpos maciços
com uma, 220
roda-gigante, 310, 310
rodas de bicicleta
rolando, 296, 297, 297
com atrito, 299, 299
rolagem
atrito durante, 299, 299
como rotação pura, 297, 297
como uma combinação de translação e rotação,
296, 297
energia cinética de, 297, 298
forças de, 299-301, 299
ioiô, 301, 301
para baixo em uma rampa, 299, 299
rotação. *Veja também* rolagem; torque, 260
aceleração angular constante, 265-268
conservação do momento angular, 311-315, 311,
312
energia cinética de, 270, 271
momento angular de um corpo rígido girando em
um eixo fixo, 308-311, 309
na rolagem, 296, 297
relação entre variáveis lineares e angulares, 268,
268
segunda lei de Newton para, 276-279
rotor (brinquedo de parque de diversões), 138, 138,
267

S

saltos
de trampolim, posição grupada e posição
esticada, 312, 312
em distância, conservação do momento
angular, 312, 313
segunda lei de Newton, 99-103
aplicação à solução de problemas, 108-114
correspondências entre os movimentos de
translação e rotação, 280t, 309t
em termos de momento, 226
forma angular, 305
para rotações, 276-279
sistema de partículas, 222-225, 223
unidades na, 100
Segway, 296, 296
seno, 48, 48
sentido
da aceleração no movimento
em duas e três dimensões, 68
unidirecional, 21
da velocidade no movimento
em duas e três dimensões, 66
unidimensional, 17, 18
das componentes de um vetor, 46
do deslocamento no movimento unidirecional, 15
dos vetores, 44, 44
negativo, 15, 15
positivo, 15, 15
shake (unidade), 13
sinal(is)
da aceleração, 22, 29

da velocidade, 22, 29
de tempo, 7
do United States Naval Observatory, 7
do deslocamento, 16
do trabalho, 156
negativo, significado em problemas de física, 29
sistema(s), 101
bloco-mola
energia cinética, 162-165, 162, 165
energia potencial, 182, 182, 185
de coordenadas dextrogiro, 48, 48
de ensaio de rotação, 274
de massa variável, 242-244, 242
de partículas
centro de massa, 218, 219
momento angular, 308
momento linear, 226
segunda lei de Newton para, 222-225, 223
de Posicionamento Global (GPS), 2
fechado(s), 223, 234
conservação do momento linear, 231, 234
e isolado, 234
Internacional de Unidades, 2
isolado, 187, 190
conservação da energia total, 198
conservação do momento linear, 231, 234
métrico, 3
skatista, movimento de um, 72
soldagem a frio, 128, 128
marcas de derrapagem, 129
soma
de vetores por componentes, 49-52
geométrica de vetores, 43-45, 43, 44
vetorial (resultante), 43, 44
subtração de vetores
geometricamente, 44, 44
por componentes, 50
superfície sem atrito, 96, 105
supernova, 88
sustentação negativa em carros de corrida, 138, 139

T

tangente, 48, 48
temperatura, natureza escalar da, 43
tempo
de reação, 41
natureza escalar do, 43
unidades, 6
teorema
do momento linear e impulso, 228
do trabalho e energia cinética, 156-158, 280t
com uma força variável, 166-168
dos eixos paralelos, 271-275, 271
teoria da relatividade restrita, 96
terceira lei de Newton, 107
Terra
ausência de peso em órbita, 135
efeito do derretimento das calotas polares sobre o
momento angular, 325
variações da duração do dia em um período de 4
anos, 7
terremotos, afundamento de edifícios, 1, 1, 8
teste do percurso fechado para forças
conservativas, 182

TGV (*Train à Grande Vitesse*), 91
tonelada, 12
torque, 275, 309t
de uma partícula em relação a um ponto fixo,
302-304, 302
e conservação do momento angular, 311
e momento angular de um sistema de
partículas, 308
e precessão do giroscópio, 315, 315
externo, 308
e a lei de conservação do momento
angular, 311, 312
forma angular da segunda lei de Newton, 305
interno e externo, 308
resultante, 276, 276
rolando para baixo em uma rampa, 299
total (resultante), 276
tour jeté, 295, 295, 313, 313
trabalho, 280t
definição, 154
e a conservação da energia
mecânica, 187-190
total, 197-202, 198
e energia
cinética, 155-158, 154, 156
de rotação, 279-283
potencial, 181, 181
e potência, 168-170, 169
independência da trajetória para o trabalho de
forças conservativas, 182-184, 183
realizado
para levantar e baixar um objeto, 159, 159
por uma força
gravitacional, 158-162, 159
elástica, 162-165, 162
externa na ausência de atrito, 194
externa na presença de atrito, 194
externa sobre um sistema, 194-197
variável, 165-168, 166
sobre um sistema por uma força
externa, 194, 195
sinal do, 156
total, 156
trajetória
de um projétil, 73
em queda livre, 27
translação. *Veja também* movimento unidimensional;
movimento bidimensional, 260
no rolamento, 296, 297
trebuchet, 86
trenó a jato, 21, 23

U

unidade(s), 2
astronômica, 13
de comprimento, 5
de massa, 8
atômica, 8
de tempo, 6
derivadas, 3
do SI, 2
g, 22
mudança de, 3
verificar se são compatíveis as, 18

V

variáveis
da rotação, 260-264, 309t
natureza vetorial, 264
unidades, 270
de translação, 309t
veleiro solar, 119
velocidade. *Veja também* aceleração; força; energia
cinética, 280t
angular, 261, 262, 280t
escalar, 262, 262
e linear, 268
no rolamento, 296, 297
instantânea, 261
média, 261
natureza vetorial da, 264, 264
como uma grandeza vetorial, 43
de precessão de um giroscópio, 315
do ar, 92
e a primeira lei de Newton, 96
e a segunda lei de Newton, 99-103
e rolagem, 296, 297
escalar média, movimento unidimensional, 16
foguetes, 242
instantânea
movimento em duas e três dimensões, 66
movimento unidimensional, 19
integração gráfica na análise de movimento, 29
linear e angular, 268
média
aceleração constante, 24
movimento em duas e três dimensões, 66
movimento unidimensional, 17
movimento
circular uniforme, 77, 77
de projéteis, 70-76
em duas e três dimensões, 66-68, 66, 67
relativo em duas dimensões, 80
relativo em uma dimensão, 79
unidimensional, 16-19
sinal, 22, 29
terminal, 132-134, 132
vetor(es)
aceleração, 43
decomposição, 46
definição, 43-45, 43, 44
deslocamento, 43, 43
e as leis da física, 52
e dimensões, 102
multiplicação, 53-56, 53
posição, 64, 64
produto
escalar, 53, 53
vetorial, 53, 55, 56
soma
geométrica, 43-45, 43, 44
por componentes, 49-52
unitários, 49, 49
velocidade, 43

W

watt (W), 3, 169
Watt, James, 169



1010766847

530

H155f

8. ed. v.1 / IFGW

HALLIDAY, D.

Fundamentos de física.

530/H155f/8.ed.v.1.e.17

(766847)

Algumas Propriedades Físicas

Ar (seco, a 20°C e 1 atm)

Massa específica	1,21 kg/m ³
Calor específico a pressão constante	1010 J/kg · K
Razão entre os calores específicos	1,40
Velocidade do som	343 m/s
Rigidez dielétrica	3×10^6 V/m
Massa molar efetiva	0,0289 kg/mol

Água

Massa específica	1000 kg/m ³
Velocidade do som	1460 m/s
Calor específico a pressão constante	4190 J/kg · K
Calor de fusão (0°C)	333 kJ/kg
Calor de vaporização (100°C)	2260 kJ/kg
Índice de refração ($\lambda = 589$ nm)	1,33
Massa molar	0,0180 kg/mol

Terra

Massa	$5,98 \times 10^{24}$ kg
Raio médio	$6,37 \times 10^6$ m
Aceleração de queda livre na superfície da Terra	9,8 m/s ²
Atmosfera-padrão	$1,01 \times 10^5$ Pa
Período de um satélite a uma altitude de 100 km	86,3 min
Raio da órbita geossíncrona	42 200 km
Velocidade de escape	11,2 km/s
Momento dipolar magnético	$8,0 \times 10^{22}$ A · m ²
Campo elétrico médio na superfície	150 V/m, para baixo

Distância até

A Lua	$3,82 \times 10^8$ m
O Sol	$1,50 \times 10^{11}$ m
A estrela mais próxima	$4,04 \times 10^{16}$ m
O centro da nossa galáxia	$2,2 \times 10^{20}$ m
A galáxia de Andrômeda	$2,1 \times 10^{22}$ m
O limite do universo observável	$\sim 10^{26}$ m

Alfabeto Grego

Alfa	A	α	Iota	I	ι	Rô	P	ρ
Beta	B	β	Capa	K	κ	Sigma	Σ	σ
Gama	Γ	γ	Lambda	Λ	λ	Tau	T	τ
Delta	Δ	δ	Mi	M	μ	Ípsilon	Y	υ
Epsilon	E	ϵ	Ni	N	ν	Fi	Φ	ϕ, φ
Zeta	Z	ζ	Csi	Ξ	ξ	Qui	X	χ
Eta	H	η	Ômicron	O	o	Psi	Ψ	ψ
Teta	Θ	θ	Pi	Π	π	Ômega	Ω	ω

Algumas Constantes Físicas*

Velocidade da luz	c	$2,998 \times 10^8 \text{ m/s}$
Constante gravitacional	G	$6,673 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$
Constante de Avogadro	N_A	$6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Constante universal dos gases	R	$8,314 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$
Relação entre massa e energia	c^2	$8,988 \times 10^{16} \text{ J/kg}$ $931,49 \text{ MeV/u}$
Permissividade elétrica do vácuo	ϵ_0	$8,854 \times 10^{-12} \text{ F/m}$
Permeabilidade magnética do vácuo	μ_0	$1,257 \times 10^{-6} \text{ H/m}$
Constante de Planck	h	$6,626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ $4,136 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$
Constante de Boltzmann	k	$1,381 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ $8,617 \times 10^{-5} \text{ eV/K}$
Carga elementar	e	$1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$
Massa do elétron	m_e	$9,109 \times 10^{-31} \text{ kg}$
Massa do próton	m_p	$1,673 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Massa do nêutron	m_n	$1,675 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Massa do dêuteron	m_d	$3,344 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Raio de Bohr	a	$5,292 \times 10^{-11} \text{ m}$
Magnéton de Bohr	μ_B	$9,274 \times 10^{-24} \text{ J/T}$ $5,788 \times 10^{-5} \text{ eV/T}$
Constante de Rydberg	R	$1,097\,373 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$

*Uma lista mais completa, que mostra também os melhores valores experimentais, está no Apêndice B.

Alguns Fatores de Conversão*

Massa e Massa Específica

1 kg = 1000 g = $6,02 \times 10^{26}$ u
 1 slug = 14,59 kg
 1 u = $1,661 \times 10^{-27}$ kg
 1 kg/m³ = 10^{-3} g/cm³

Comprimento e Volume

1 m = 100 cm = 39,4 in = 3,28 ft
 1 mi = 1,61 km = 5280 ft
 1 in = 2,54 cm
 1 nm = 10^{-9} m = 10 Å
 1 pm = 10^{-12} m = 1000 fm
 1 ano-luz = $9,461 \times 10^{15}$ m
 1 m³ = 1000 L = 35,3 ft³ = 264 gal

Tempo

1 d = 86 400 s
 1 ano = 365 d 6 h = $3,16 \times 10^7$ s

Ângulos

1 rad = 57,0° = 0,159 rev
 π rad = 180° = $\frac{1}{2}$ rev

Velocidade

1 m/s = 3,28 ft/s = 2,24 mi/h
 1 km/h = 0,621 mi/h = 0,278 m/s

Força e Pressão

1 N = 10⁵ dina = 0,225 lb
 1 lb = 4,45 N
 1 t = 2000 lb
 1 Pa = 1 N/m² = 10 dina/cm²
 = $1,45 \times 10^{-4}$ lb/in²
 1 atm = $1,01 \times 10^5$ Pa = 14,7 lb/in²
 = 76,0 cm Hg

Energia e Potência

1 J = 10⁷ erg = 0,2389 cal = 0,738 ft · lb
 1 kW · h = $3,6 \times 10^6$ J
 1 cal = 4,1868 J
 1 eV = $1,602 \times 10^{-19}$ J
 1 hp** = 746 W = 550 ft · lb/s

Magnetismo

1 T = 1 Wb/m² = 10⁴ gauss

*Uma lista mais completa está no Apêndice D.

**A unidade de potência hp é uma abreviatura do inglês *horsepower*, que não corresponde exatamente ao cavalo-vapor (cv), que é igual a 735,5 W (N.T.).

Sobre a capa

A capa é uma imagem de Eric J. Heller que mostra as trajetórias de elétrons em uma superfície com irregularidades microscópicas. Os 100.000 elétrons partem do canto superior direito e se espalham para formar um desenho complexo ao se dirigirem para o canto inferior esquerdo.

O movimento dos elétrons é tratado em vários capítulos deste livro, e é especialmente importante na discussão sobre centelhas elétricas. Algumas centelhas são inofensivas, como os clarões azuis produzidos quando alguém mastiga uma pastilha de gaultéria em um quarto escuro (Capítulo 21). Outras centelhas podem ser muito perigosas, como as descargas eletrostáticas que podem causar a explosão de um pó industrial (Capítulo 25).

Ocupe Seu Lugar — O Espetáculo Vai Começar!

Esta 8ª edição de **Fundamentos de Física** contém centenas de exemplos interessantes extraídos da vida real, no espírito do livro de Jearl Walker **O Circo Voador da Física**. A primeira edição de **O Circo Voador da Física**, no mercado há mais de 30 anos em 10 idiomas, tornou-se um clássico para estudantes de física, professores de física e o público em geral. A segunda edição, lançada nos Estados Unidos em 2007, foi publicada recentemente em português pela LTC — Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., uma editora integrante do GEN | Grupo Editorial Nacional.



LTC
www.ltceditora.com.br

ISBN 978-85-216-1605-4



9 788521 616054