

## RESPOSTAS

# dos Testes e das Perguntas e Problemas Ímpares

## Capítulo 1

**PR 1.** (a)  $4,00 \times 10^4$  km; (b)  $5,10 \times 10^8$  km<sup>2</sup>; (c)  $1,08 \times 10^{12}$  km<sup>3</sup> **3.** (a)  $10^9$  μm; (b)  $10^{-4}$ ; (c)  $9,1 \times 10^5$  μm **5.** (a) 160 varas; (b) 40 cadeias **7.**  $1,1 \times 10^3$  acres-pés **9.**  $1,9 \times 10^{22}$  cm<sup>3</sup> **11.** (a) 1,43; (b) 0,864 **13.** (a) 495 s; (b) 141 s; (c) 198 s; (d) -245 s **15.**  $1,21 \times 10^{12}$  μs **17.** C, D, A, B, E; o critério importante é a constância dos resultados, independentemente do valor **19.**  $5,2 \times 10^6$  m **21.**  $9,0 \times 10^{49}$  átomos **23.** (a)  $1 \times 10^3$  kg; (b) 158 kg/s **25.**  $1,9 \times 10^5$  kg **27.** (a)  $1,18 \times 10^{-29}$  m<sup>3</sup>; (b) 0,282 nm **29.**  $1,75 \times 10^3$  kg **31.** 1,43 kg/min **33.** (a) 293 alqueires americanos; (b)  $3,81 \times 10^3$  alqueires americanos **35.** (a) 22 pecks; (b) 5,5 Imperial bushels; (c) 200 L **37.**  $8 \times 10^2$  km **39.** (a) 18,8 galões; (b) 22,5 galões **41.** 0,3 cord **43.** 3,8 mg/s **45.** (a) sim; (b) 8,6 segundos do universo **47.** 0,12 UA/min **49.** (a) 3,88; (b) 7,65; (c) 156 ken<sup>3</sup>; (d)  $1,19 \times 10^3$  m<sup>3</sup> **51.** (a) 3,9 m, 4,8 m; (b)  $3,9 \times 10^3$  mm,  $4,8 \times 10^3$  mm; (c) 2,2 m<sup>3</sup>, 4,2 m<sup>3</sup> **53.** (a)  $4,9 \times 10^{-6}$  parsecs; (b)  $1,6 \times 10^{-5}$  anos-luz **55.** (a) 3 nabucodonosores e 1 matusalém; (b) 0,37 garrafa normal; (c) 0,26 L **57.** 10,7 pimentas habanero **59.** 700 a 1500 ostras

## 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 ( $a = d^2 x/dt^2$  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)  $a = -g = -9,8$  m/s<sup>2</sup> **P 1.** (a) negativo; (b) positivo; (c) sim; (d) positiva; (e) constante **3.** (a) todas iguais; (b) 4, 1 e 2, 3 **5.** (a) positivo; (b) negativo; (c) 3 e 5; (d) 2 e 6, 3 e 5, 1 e 4 **7.** (a) *D*; (b) *E* **9.** (a) 3, 2, 1; (b) 1, 2, 3; (c) todas iguais; (d) 1, 2, 3 **11.** 1 e 2, 3

**PR 1.** 13 m **3.** (a) +40 km/h; (b) 40 km/h **5.** (a) 0; (b) -2 m; (c) 0; (d) 12 m; (e) +12 m; (f) +7 m/s **7.** 60 km **9.** 1,4 m **11.** 128 km/h **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<sup>2</sup> **21.** (a) 1,10 m/s; (b) 6,11 mm/s<sup>2</sup>; (c) 1,47 m/s; (d) 6,11 mm/s<sup>2</sup> **23.**  $1,62 \times 10^{15}$  m/s<sup>2</sup> **25.** (a) 30 s; (b) 300 m **27.** (a) +1,6 m/s; (b) +18 m/s **29.** (a) 10,6 m; (b) 41,5 s **31.** (a)  $3,1 \times 10^6$  s; (b)  $4,6 \times 10^{13}$  m **33.** (a) 3,56 m/s<sup>2</sup>; (b) 8,43 m/s **35.** 0,90 m/s<sup>2</sup> **37.** (a) 4,0 m/s<sup>2</sup>; (b) positivo **39.** (a) -2,5 m/s<sup>2</sup>; (b) 1; (d) 0; (e) 2 **41.** 40 m **43.** 0,994 m/s<sup>2</sup> **45.** (a) 31 m/s; (b) 6,4 s **47.** (a) 29,4 m; (b) 2,45 s **49.** (a) 5,4 s; (b) 41 m/s **51.** (a) 20 m; (b) 59 m **53.** 4,0 m/s **55.** (a) 857 m/s<sup>2</sup>; (b) para cima **57.** (a)  $1,26 \times 10^3$  m/s<sup>2</sup>; (b) para cima **59.** (a) 89 cm; (b) 22 cm **61.** 20,4 m **63.** 2,34 m **65.** (a) 2,25 m/s; (b) 3,90 m/s **67.** 0,56 m/s **69.** 100 m **71.** (a) 2,00 s; (b) 12 cm; (c) -9,00 cm/s<sup>2</sup>; (d) para a direita; (e) para a esquerda; (f) 3,46 s **73.** (a) 82 m; (b) 19 m/s **75.** (a) 0,74 s; (b) 6,2 m/s<sup>2</sup> **77.** (a) 3,1 m/s<sup>2</sup>; (b) 45 m; (c) 13 s **79.** 17 m/s **81.** +47 m/s **83.** (a) 1,23 cm; (b) por 4; (c) por 9; (d) por 16; (e) por 25 **85.** 25 km/h **87.** 1,2 × **89.** 4H **91.** (a) 3,2 s; (b) 1,3 s **93.** (a) 8,85 m/s; (b) 1,00 m **95.** (a) 2,0 m/s<sup>2</sup>; (b) 12 m/s; (c) 45 m **97.** (a) 48,5 m/s; (b)

4,95 s; (c) 34,3 m/s; (d) 3,50 s **99.** 22,0 m/s **101.** (a)  $v = (v^2 + 2gh)^{0,5}$ ; (b)  $t = [(v^2 + 2gh)^{0,5} - v^0]/g$ ; (c) igual a (a); (d)  $t = [(v^2 + 2gh)^{0,5} + v^0]/g$ , maior que **103.** 414 ms **105.** 90 m **107.** 0,556 s **109.** (a) 0,28 m/s<sup>2</sup>; (b) 0,28 m/s<sup>2</sup> **111.** (a) 10,2 s; (b) 10,0 m **113.** (a) 5,44 s; (b) 53,3 m/s; (c) 5,80 m **115.** 2,3 cm/min **117.** 0,15 m/s **119.** (a) 1,0 cm/s; (b) 1,6 cm/s, 1,1 cm/s, 0; (c) -0,79 cm/s<sup>2</sup>; (d) 0, -0,87 cm/s<sup>2</sup>, -1,2 cm/s<sup>2</sup>

## 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;  $a$  deve ligar a origem da primeira componente com a extremidade da segunda) **3.** (a) +, +; (b) +, -; (c) +, + (o vetor deve ser traçado da origem de  $d^1$  à extremidade de  $d^2$ ) **4.** (a)  $90^\circ$ ; (b)  $0^\circ$  (os vetores são paralelos); (c)  $180^\circ$  (os vetores são antiparalelos) **5.** (a)  $0^\circ$  ou  $180^\circ$ ; (b)  $90^\circ$

**P 1.** sim, se os vetores forem paralelos **3.** A sequência  $\vec{d}_2, \vec{d}_1$  ou a sequência  $\vec{d}_2, \vec{d}_2, \vec{d}_3$  **5.** todos, menos (e) **7.** (a) sim; (b) sim; (c) não **9.** (a)  $+x$  para (1),  $+z$  para (2),  $+z$  para (3); (b)  $-x$  para (1),  $-z$  para (2),  $-z$  para (3) **11.**  $\vec{s}, \vec{p}, \vec{r}$  ou **13.** Corretas:  $c, d, f, h$ . Incorretas:  $a$  (não é possível calcular o produto escalar de um vetor por um escalar),  $b$  (não é possível calcular o produto vetorial de um vetor por um escalar),  $e, g, i, j$  (não é possível somar um escalar e um vetor).

**PR 1.** (a) -2,5 m; (b) -6,9 m **3.** (a) 47,2 m; (b)  $122^\circ$  **5.** (a) 156 km; (b)  $39,8^\circ$  a oeste do norte **7.** (a) paralelos; (b) antiparalelos; (c) perpendiculares **9.** (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)  $(-5,0 \text{ m})\hat{i} + (4,0 \text{ m})\hat{j} + (3,0 \text{ m})\hat{k}$  **11.** (a)  $(-9,0 \text{ m})\hat{i} + (10 \text{ m})\hat{j}$ ; (b) 13 m; (c)  $132^\circ$  **13.** 4,74 km **15.** (a) 1,59 m; (b) 12,1 m; (c) 12,2 m; (d)  $82,5^\circ$  **17.** (a) 38 m; (b)  $-37,5^\circ$ ; (c) 130 m; (d)  $1,2^\circ$ ; (e) 62 m; (f)  $130^\circ$  **19.** (a) 5,39 m; (b)  $21,8^\circ$  à esquerda **21.** (a) -70,0 cm; (b) 80,0 cm; (c) 141 cm; (d) -172° **23.** 3,2 **25.** 2,6 km **27.** (a)  $8\hat{i} + 16\hat{j}$ ; (b)  $2\hat{i} + 4\hat{j}$  **29.** (a) 7,5 cm; (b)  $90^\circ$ ; (c) 8,6 cm; (d)  $48^\circ$  **31.** (a) 9,51 m; (b) 14,1 m; (c) 13,4 m; (d) 10,5 m **33.** (a) 12; (b)  $+z$ ; (c) 12; (d)  $-z$ ; (e) 12; (f)  $+z$  **35.** (a) -18,8 unidades; (b) 26,9 unidades, na direção  $+z$  **37.** (a) -21; (b) -9; (c)  $5\hat{i} - 11\hat{j} - 9\hat{k}$  **39.**  $70,5^\circ$  **41.**  $22^\circ$  **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) -83,4; (b)  $(1,14 \times 10^3)\hat{k}$ ; (c)  $1,14 \times 10^3$ ,  $\theta$  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,  $\theta = 130^\circ$ ,  $\phi = 69,4^\circ$  **47.** (a)  $140^\circ$ ; (b)  $90,0^\circ$ ; (c)  $99,1^\circ$  **49.** (a) 103 km; (b)  $60,9^\circ$  ao norte do oeste **51.** (a) 27,8 m; (b) 13,4 m **53.** (a) 30; (b) 52 **55.** (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)  $25^\circ$  ao norte do leste; (k) 5,69 m; (l)  $25^\circ$  ao sul do oeste **57.** 4,1 **59.** (a)  $(9,19 \text{ m})\hat{i}' + (7,71 \text{ m})\hat{j}'$ ; (b)  $(14,0 \text{ m})\hat{i}' + (3,41 \text{ m})\hat{j}'$  **61.** (a)  $11\hat{i} + 5,0\hat{j} - 7,0\hat{k}$ ; (b)  $120^\circ$ ; (c) -4,9; (d) 7,3 **63.** (a)  $3,0 \text{ m}^2$ ; (b)  $52 \text{ m}^3$ ; (c)  $(11 \text{ m}^2)\hat{i} + (9,0 \text{ m}^2)\hat{j} + (3,0 \text{ m}^2)\hat{k}$ ; **65.** (a)  $(-40\hat{i} - 20\hat{j} + 25\hat{k}) \text{ m}$ ; (b) 45 m **67.** (a) 0; (b) 0; (c) -1; (d) para oeste; (e) para cima; (f) para oeste **69.** (a) 168 cm; (b)  $32,5^\circ$  **71.** (a) 15 m; (b) sul; (c) 6,0 m; (d) norte **73.** (a) 2k; (b) 26; (c) 46; (d) 5,81 **75.** (a) para cima; (b) 0; (c) sul; (d) 1; (e) 0 **77.** (a)  $(1300 \text{ m})\hat{i} + (2200 \text{ m})\hat{j} - (410 \text{ m})\hat{k}$ ; (b)  $2,56 \times 10^3 \text{ m}$  **79.** 8,4

## 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.** sim **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)  $-(4 \text{ m/s})\hat{i}$ ; (b)  $-(8 \text{ m/s}^2)\hat{j}$

**P 1.**  $a$  e  $b$  empatados,  $c$  3. diminui 5.  $a$ ,  $b$ ,  $c$  7. (a) 0; (b) 350 km/h; (c) 350 km/h; (d) igual (a componente vertical do movimento seria a mesma) 9. (a) todas iguais; (b) todas iguais; (c) 3, 2, 1; (d) 3, 2, 1 11. 2, depois 1 e 4 empatados, depois 3 13. (a) sim; (b) não; (c) sim 15. (a) diminui; (b) aumenta 17. no ponto em que a altura é máxima

**PR 1.** (a) 6,2 m 3.  $(-2,0 \text{ m})\hat{i} + (6,0 \text{ m})\hat{j} - (10 \text{ m})\hat{k}$  5. (a) 7,59 km/h; (b)  $22,5^\circ$  a leste do norte 7.  $(-0,70 \text{ m/s})\hat{i} + (1,4 \text{ m/s})\hat{j} - (0,40 \text{ m/s})\hat{k}$  9. (a) 0,83 cm/s; (b)  $0^\circ$ ; (c) 0,11 m/s; (d)  $-63^\circ$  11. (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)  $-85,2^\circ$  13. (a)  $(8 \text{ m/s}^2)t\hat{j} + (1 \text{ m/s})\hat{k}$ ; (b)  $(8 \text{ m/s}^2)\hat{j}$  15. (a)  $(-1,50 \text{ m/s})\hat{j}$ ; (b)  $(4,50 \text{ m})\hat{i} - (2,25 \text{ m})\hat{j}$  17.  $(32 \text{ m/s})\hat{i}$  19. (a)  $(72,0 \text{ m})\hat{i} + (90,7 \text{ m})\hat{j}$ ; (b)  $49,5^\circ$  21. (a) 18 cm; (b) 1,9 m 23. (a) 3,03 s; (b) 758 m; (c) 29,7 m/s 25. 43,1 m/s (155 km/h) 27. (a) 10,0 s; (b) 897 m 29.  $78,5^\circ$  31. 3,35 m 33. (a) 202 m/s; (b) 806 m; (c) 161 m/s; (d)  $-171 \text{ m/s}$  35. 4,84 cm 37. (a) 1,60 m; (b) 6,86 m; (c) 2,86 m 39. (a) 32,3 m; (b) 21,9 m/s; (c)  $-40,4^\circ$  41.  $55,5^\circ$  43. (a) 11 m; (b) 23 m; (c) 17 m/s; (d)  $63^\circ$  45. (a) na rampa; (b) 5,82 m; (c)  $31,0^\circ$  47. (a) sim; (b) 2,56 m 49. (a)  $31^\circ$ ; (b)  $63^\circ$  51. (a)  $2,3^\circ$ ; (b) 1,4 m; (c)  $18^\circ$  53. (a) 75,0 m; (b) 31,9 m/s; (c)  $66,9^\circ$ ; (d) 25,5 m 55. no terceiro 57. (a) 7,32 m; (b) para oeste; (c) para o norte 59. (a) 12 s; (b)  $4,1 \text{ m/s}^2$ ; (c) para baixo; (d)  $4,1 \text{ m/s}^2$ ; (e) para cima 61. (a)  $1,3 \times 10^5 \text{ m/s}$ ; (b)  $7,9 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ ; (c) aumentam 63. 2,92 m 65.  $(3,00 \text{ m/s}^2)\hat{i} + (6,00 \text{ m/s}^2)\hat{j}$  67.  $160 \text{ m/s}^2$  69. (a)  $13 \text{ m/s}^2$ ; (b) para leste; (c)  $13 \text{ m/s}^2$ ; (d) para leste 71. 1,67 73. (a)  $(80 \text{ km/h})\hat{i} - (60 \text{ km/h})\hat{j}$ ; (b)  $0^\circ$ ; (c) não 75. 32 m/s 77.  $60^\circ$  79. (a) 38 nós; (b)  $1,5^\circ$  a leste do norte; (c) 4,2 h; (d)  $1,5^\circ$  a oeste do sul 81. (a)  $(-32 \text{ km/h})\hat{i} - (46 \text{ km/h})\hat{j}$ ; (b)  $[(2,5 \text{ km}) - (32 \text{ km/h})t]\hat{i} + [(4,0 \text{ km}) - (46 \text{ km/h})t]\hat{j}$ ; (c) 0,084 h; (d)  $2 \times 10^2 \text{ m}$  83. (a)  $-30^\circ$ ; (b) 69 min; (c) 80 min; (d) 80 min; (e)  $0^\circ$ ; (f) 60 min 85. (a) 2,7 km; (b)  $76^\circ$  no sentido horário 87. (a) 44 m; (b) 13 m; (c) 8,9 m 89. (a) 45 m; (b) 22 m/s 91. (a)  $2,6 \times 10^2 \text{ m/s}$ ; (b) 45 s; (c) aumentaria 93. (a) 63 km; (b)  $18^\circ$  ao sul do leste; (c) 0,70 km/h; (d)  $18^\circ$  ao sul do leste; (e) 1,6 km/h; (f) 1,2 km/h; (g)  $33^\circ$  ao norte do leste 95. (a) 1,5; (b) (36 m, 54 m) 97. (a) 62 ms; (b)  $4,8 \times 10^2 \text{ m/s}$  99. 2,64 m 101. (a) 2,5 m; (b) 0,82 m; (c)  $9,8 \text{ m/s}^2$ ; (d)  $9,8 \text{ m/s}^2$  103. (a) 6,79 km/h; (b)  $6,96^\circ$  105. (a) 16 m/s; (b)  $23^\circ$ ; (c) acima; (d) 27 m/s; (e)  $57^\circ$ ; (f) abaixo 107. (a) 4,2 m,  $45^\circ$ ; (b) 5,5 m,  $68^\circ$ ; (c) 6,0 m,  $90^\circ$ ; (d) 4,2 m,  $135^\circ$ ; (e)  $0,85 \text{ m/s}$ ,  $135^\circ$ ; (f)  $0,94 \text{ m/s}$ ,  $90^\circ$ ; (g)  $0,94 \text{ m/s}$ ,  $180^\circ$ ; (h)  $0,30 \text{ m/s}^2$ ,  $180^\circ$ ; (i)  $0,30 \text{ m/s}^2$ ,  $270^\circ$  109. (a)  $5,4 \times 10^{-13} \text{ m}$ ; (b) diminui 111. (a)  $0,034 \text{ m/s}^2$ ; (b) 84 min 113. (a) 8,43 m; (b)  $-129^\circ$  115. (a) 2,00 ns; (b) 2,00 mm; (c)  $1,00 \times 10^7 \text{ m/s}$ ; (d)  $2,00 \times 10^6 \text{ m/s}$  117. (a) 24 m/s; (b)  $65^\circ$  119.  $93^\circ$  em relação à direção do movimento do vagão 121. (a)  $4,6 \times 10^{12} \text{ m}$ ; (b)  $2,4 \times 10^5 \text{ s}$  123. (a)  $6,29^\circ$ ; (b)  $83,7^\circ$  125.  $3 \times 10^1 \text{ m}$  127. (a)  $(6,0\hat{i} + 4,2\hat{j}) \text{ m/s}$ ; (b)  $(18\hat{i} + 6,3\hat{j}) \text{ m}$  129. (a) 38 ft/s; (b) 32 ft/s; (c) 9,3 ft 131. (a) 11 m; (b) 45 m/s 133. (a) 5,8 m/s; (b) 17 m; (c)  $67^\circ$  135. (a) 32,4 m; (b)  $-37,7 \text{ m}$  137. 88,6 km/h

## 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.** (a) 2, 3, 4; (b) 1, 3, 4; (c)  $1, +y$ ; 2,  $+x$ ; 3, quarto quadrante; 4, terceiro quadrante 3. aumentar 5. (a) 2 e 4; (b) 2 e 4 7. (a)  $M$ ; (b)  $M$ ; (c)  $M$ ; (d)  $2M$ ; (e)  $3M$  9. (a) 20 kg; (b) 18 kg; (c) 10 kg; (d) todas iguais; (e) 3, 2, 1 11. (a) aumenta a partir do valor inicial  $mg$ ; (b) diminui de  $mg$  até zero (e depois o bloco

perde o contato com o piso)

- PR 1.**  $2,9 \text{ m/s}^2$  **3.** (a)  $1,88 \text{ N}$ ; (b)  $0,684 \text{ N}$ ; (c)  $(1,88 \text{ N})\hat{i} + (0,684 \text{ N})\hat{j}$  **5.** (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)  $-11^\circ$  **7.** (a)  $(-32,0 \text{ N})\hat{i} - (20,8 \text{ N})\hat{j}$ ; (b)  $38,2 \text{ N}$ ; (c)  $-147^\circ$  **9.** (a)  $8,37 \text{ N}$ ; (b)  $-133^\circ$ ; (c)  $-125^\circ$  **11.**  $9,0 \text{ m/s}^2$  **13.** (a)  $4,0 \text{ kg}$ ; (b)  $1,0 \text{ kg}$ ; (c)  $4,0 \text{ kg}$ ; (d)  $1,0 \text{ kg}$  **15.** (a)  $108 \text{ N}$ ; (b)  $108 \text{ N}$ ; (c)  $108 \text{ N}$  **17.** (a)  $42 \text{ N}$ ; (b)  $72 \text{ N}$ ; (c)  $4,9 \text{ m/s}^2$  **19.**  $1,2 \times 10^5 \text{ N}$  **21.** (a)  $11,7 \text{ N}$ ; (b)  $-59,0^\circ$  **23.** (a)  $(285 \text{ N})\hat{i} + (705 \text{ N})\hat{j}$ ; (b)  $(285 \text{ N})\hat{i} - (115 \text{ N})\hat{j}$ ; (c)  $307 \text{ N}$ ; (d)  $22,0^\circ$ ; (e)  $3,67 \text{ m/s}^2$  (f)  $22,0^\circ$  **25.** (a)  $0,022 \text{ m/s}^2$ ; (b)  $8,3 \times 10^4 \text{ km}$ ; (c)  $1,9 \times 10^3 \text{ m/s}$  **27.**  $1,5 \text{ mm}$  **29.** (a)  $494 \text{ N}$ ; (b) para cima; (c)  $494 \text{ N}$ ; (d) para baixo **31.** (a)  $1,18 \text{ m}$ ; (b)  $0,674 \text{ s}$ ; (c)  $3,50 \text{ m/s}$  **33.**  $1,8 \times 10^4 \text{ N}$  **35.** (a)  $46,7^\circ$ ; (b)  $28,0^\circ$  **37.** (a)  $0,62 \text{ m/s}^2$ ; (b)  $0,13 \text{ m/s}^2$ ; (c)  $2,6 \text{ m}$  **39.** (a)  $2,2 \times 10^{-3} \text{ N}$ ; (b)  $3,7 \times 10^{-3} \text{ N}$  **41.** (a)  $1,4 \text{ m/s}^2$ ; (b)  $4,1 \text{ m/s}$  **43.** (a)  $1,23 \text{ N}$ ; (b)  $2,46 \text{ N}$ ; (c)  $3,69 \text{ N}$ ; (d)  $4,92 \text{ N}$ ; (e)  $6,15 \text{ N}$ ; (f)  $0,250 \text{ N}$  **45.** (a)  $31,3 \text{ kN}$ ; (b)  $24,3 \text{ kN}$  **47.**  $6,4 \times 10^3 \text{ N}$  **49.** (a)  $2,18 \text{ m/s}^2$ ; (b)  $116 \text{ N}$ ; (c)  $21,0 \text{ m/s}^2$  **51.** (a)  $3,6 \text{ m/s}^2$ ; (b)  $17 \text{ N}$  **53.** (a)  $0,970 \text{ m/s}^2$ ; (b)  $11,6 \text{ N}$ ; (c)  $34,9 \text{ N}$  **55.** (a)  $1,1 \text{ N}$  **57.** (a)  $0,735 \text{ m/s}^2$ ; (b) para baixo; (c)  $20,8 \text{ N}$  **59.** (a)  $4,9 \text{ m/s}^2$ ; (b)  $2,0 \text{ m/s}^2$ ; (c) para cima; (d)  $120 \text{ N}$  **61.**  $2Ma/(a + g)$  **63.** (a)  $8,0 \text{ m/s}$ ; (b)  $+x$  **65.** (a)  $0,653 \text{ m/s}^3$ ; (b)  $0,896 \text{ m/s}^3$ ; (c)  $6,50 \text{ s}$  **67.**  $81,7 \text{ N}$  **69.**  $2,4 \text{ N}$  **71.**  $16 \text{ N}$  **73.** (a)  $2,6 \text{ N}$ ; (b)  $17^\circ$  **75.** (a)  $0$ ; (b)  $0,83 \text{ m/s}^2$ ; (c)  $0$  **77.** (a)  $0,74 \text{ m/s}^2$ ; (b)  $7,3 \text{ m/s}^2$  **79.** (a)  $11 \text{ N}$ ; (b)  $2,2 \text{ kg}$ ; (c)  $0$ ; (d)  $2,2 \text{ kg}$  **81.**  $195 \text{ N}$  **83.** (a)  $4,6 \text{ m/s}^2$ ; (b)  $2,6 \text{ m/s}^2$  **85.** (a) a corda arrebenta; (b)  $1,6 \text{ m/s}^2$  **87.** (a)  $65 \text{ N}$ ; (b)  $49 \text{ N}$  **89.** (a)  $4,6 \times 10^3 \text{ N}$ ; (b)  $5,8 \times 10^3 \text{ N}$  **91.** (a)  $1,8 \times 10^2 \text{ N}$ ; (b)  $6,4 \times 10^2 \text{ N}$  **93.** (a)  $44 \text{ N}$ ; (b)  $78 \text{ N}$ ; (c)  $54 \text{ N}$ ; (d)  $152 \text{ N}$  **95.** (a)  $4 \text{ kg}$ ; (b)  $6,5 \text{ m/s}^2$ ; (c)  $13 \text{ N}$  **97.** (a)  $(1,0\hat{i} - 2,0\hat{j}) \text{ N}$ ; (b)  $2,2 \text{ N}$ ; (c)  $-63^\circ$ ; (d)  $2,2 \text{ m/s}^2$ ; (e)  $-63^\circ$

## Capítulo 6

- T 1.** (a) zero (porque não há tentativa de deslizamento); (b)  $5 \text{ N}$ ; (c) não; (d) sim; (e)  $8 \text{ N}$  **2.** ( $\vec{a}$  sempre 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; (c) igual; (d) maior

- P 1.** (a) diminui; (b) diminui; (c) aumenta; (d) aumenta; (e) aumenta **3.** (a) permanece o mesmo; (b) aumenta; (c) aumenta; (d) não **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 o módulo aumenta a partir de  $mg \operatorname{sen} \theta$  até atingir  $f_{s,\max}$ . 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  $f_{s,\max}$ ). **9.** Primeiro 4, depois 3 e depois 1, 2 e 5 empatadas **11.** (a) todas iguais; (b) todas iguais; (c) 2, 3, 1 **13.** (a) aumenta; (b) aumenta; (c) diminui; (d) diminui; (e) diminui

- PR 1.**  $36 \text{ m}$  **3.** (a)  $2,0 \times 10^2 \text{ N}$ ; (b)  $1,2 \times 10^2 \text{ N}$  **5.** (a)  $6,0 \text{ N}$ ; (b)  $3,6 \text{ N}$ ; (c)  $3,1 \text{ N}$  **7.** (a)  $1,9 \times 10^2 \text{ N}$ ; (b)  $0,56 \text{ m/s}^2$  **9.** (a)  $11 \text{ N}$ ; (b)  $0,14 \text{ m/s}^2$  **11.** (a)  $3,0 \times 10^2 \text{ N}$ ; (b)  $1,3 \text{ m/s}^2$  **13.** (a)  $1,3 \times 10^2 \text{ N}$ ; (b) não; (c)  $1,1 \times 10^2 \text{ N}$ ; (d)  $46 \text{ N}$ ; (e)  $17 \text{ N}$  **15.**  $2^\circ$  **17.** (a)  $(17 \text{ N})\hat{i}$ ; (b)  $(20 \text{ N})\hat{i}$ ; (c)  $(15 \text{ N})\hat{i}$  **19.** (a) não; (b)  $(-12 \text{ N})\hat{i} + (5,0 \text{ N})\hat{j}$  **21.** (a)  $19^\circ$ ; (b)  $3,3 \text{ kN}$  **23.**  $0,37$  **25.**  $1,0 \times 10^2 \text{ N}$  **27.** (a)  $0$ ; (b)  $(-3,9 \text{ m/s}^2)\hat{i}$ ; (c)  $(-1,0 \text{ m/s}^2)\hat{i}$  **29.** (a)  $66 \text{ N}$ ; (b)  $2,3 \text{ m/s}^2$  **31.** (a)  $3,5 \text{ m/s}^2$ ; (b)  $0,21 \text{ N}$  **33.**  $9,9 \text{ s}$  **35.**  $4,9v10^2 \text{ N}$  **37.** (a)  $3,2 \times 10^2 \text{ km/h}$ ; (b)  $6,5 \times 10^2 \text{ km/h}$ ; (c) não **39.**  $2,3$  **41.**  $0,60$  **43.**  $21 \text{ m}$  **45.** (a) mais leve; (b)  $778 \text{ N}$ ; (c)  $223 \text{ N}$ ; (d)  $1,11 \text{ kN}$  **47.** (a)  $10 \text{ s}$ ; (b)  $4,9 \times 10^2 \text{ N}$ ; (c)  $1,1 \times 10^3 \text{ N}$  **49.**  $1,37 \times 10^3 \text{ N}$  **51.**  $2,2 \text{ km}$  **53.**  $12^\circ$  **55.**  $2,6 \times 10^3 \text{ N}$  **57.**  $1,81 \text{ m/s}$  **59.** (a)  $8,74 \text{ N}$ ; (b)  $37,9 \text{ N}$ ; (c)  $6,45 \text{ m/s}$ ; (d) na direção da haste **61.** (a)  $27 \text{ N}$ ; (b)  $3,0 \text{ m/s}^2$  **63.** (b)  $240 \text{ N}$ ; (c)  $0,60$  **65.** (a)  $69 \text{ km/h}$ ; (b)  $139 \text{ km/h}$ ; (c) sim **67.**  $g(\operatorname{sen} \theta - 2^{0,5} \mu^k \cos \theta)$  **69.**  $3,4 \text{ m/s}^2$  **71.** (a)  $35,3 \text{ N}$ ; (b)

39,7 N; (c) 320 N **73.** (a) 7,5 m/s<sup>2</sup>; (b) para baixo; (c) 9,5 m/s<sup>2</sup>; (d) para baixo **75.** (a)  $3,0 \times 10^5$  N; (b)  $1,2^\circ$  **77.** 147 m/s **79.** (a) 13 N; (b) 1,6 m/s<sup>2</sup> **81.** (a) 275 N; (b) 877 N **83.** (a) 84,2 N; (b) 52,8 N; (c) 1,87 m/s<sup>2</sup> **85.** 3,4% **87.** (a)  $3,21 \times 10^3$  N; (b) sim **89.** (a) 222 N; (b) 334 N; (c) 311 N; (d) 311 N; (e) c, d **91.** (a)  $v^2 / (4g \sin \theta)$ ; (b) não **93.** (a) 0,34; (b) 0,24 **95.** (a)  $\mu^k mg / (\sin \theta - \mu^k \cos \theta)$ ; (b)  $\theta^0 = \tan^{-1} \mu^s$  **97.** 0,18 **99.** (a) 56 N; (b) 59 N; (c)  $1,1 \times 10^3$  N **101.** 0,76 **103.** (a) no ponto mais baixo; (b) 9,5 m/s **105.** 0,56

## Capítulo 7

**T 1.** (a) diminui; (b) permanece a mesma; (c) negativo, nulo **2.** (a) positivo; (b) negativo; (c) nulo **3.** nula **P 1.** são todas iguais **3.** (a) positivo; (b) negativo; (c) negativo **5.** *b* (trabalho positivo), *a* (trabalho nulo), *c* (trabalho negativo), *d* (trabalho mais negativo) **7.** são todos iguais **9.** (a) *A*; (b) *B* **11.** 2, 3, 1

**PR 1.** (a)  $2,9 \times 10^7$  m/s; (b)  $2,1 \times 10^{-13}$  J **3.** (a)  $5 \times 10^{14}$  J; (b) 0,1 megaton de TNT; (c) 8 bombas **5.** (a) 2,4 m/s; (b) 4,8 m/s **7.** 0,96 J **9.** 20 J **11.** (a)  $62,3^\circ$ ; (b)  $118^\circ$  **13.** (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 **15.** (a) 1,50 J; (b) aumenta **17.** (a) 12 kJ; (b) -11 kJ; (c) 1,1 kJ; (d) 5,4 m/s **19.** 25 J **21.** (a)  $-3Mgd/4$ ; (b)  $Mgd$ ; (c)  $Mgd/4$ ; (d)  $(gd/2)^{0,5}$  **23.** 4,41 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) 0,90 J; (b) 2,1 J; (c) 0 **31.** (a) 6,6 m/s; (b) 4,7 m **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.** (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 **39.** 4,00 N/m **41.**  $5,3 \times 10^2$  J **43.** (a) 0,83 J; (b) 2,5 J; (c) 4,2 J; (d) 5,0 W **45.**  $4,9 \times 10^2$  W **47.** (a)  $1,0 \times 10^2$  J; (b) 8,4 W **49.**  $7,4 \times 10^2$  W **51.** (a) 32,0 J; (b) 8,00 W; (c)  $78,2^\circ$  **53.** (a) 1,20 J; (b) 1,10 m/s **55.** (a)  $1,8 \times 10^5$  ft·lb; (b) 0,55 hp **57.** (a) 797 N; (b) 0; (c) -1,55 kJ; (d) 0; (e) 1,55 kJ; (f) *F* varia durante o deslocamento **59.** (a) 11 J; (b) -21 J **61.** -6 J **63.** (a) 314 J; (b) -155 J; (c) 0; (d) 158 J **65.** (a) 98 N; (b) 4,0 cm; (c) 3,9 J; (d) -3,9 J **67.** (a) 23 mm; (b) 45 N **69.** 165 kW **71.** -37 J **73.** (a) 13 J; (b) 13 J **75.** 235 kW **77.** (a) 6 J; (b) 6,0 J **79.** (a) 0,6 J; (b) 0; (c) -0,6 J **81.** (a) 3,35 m/s; (b) 22,5 J; (c) 0; (d) 0; (e) 0,212 m **83.** (a)  $-5,20 \times 10^{-2}$  J; (b) -0,160 J **85.** 6,63 m/s

## 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* (com base nas inclinações); (b) o sentido positivo de *x* **5.** são todas iguais

**P 1.** (a) 3, 2, 1; (b) 1, 2, 3 **3.** (a) 12 J; (b) -2 J **5.** (a) aumenta; (b) diminui; (c) diminui; (d) permanece constante em *AB* e *BC* e diminui em *CD* **7.** +30 J **9.** 2, 1, 3 **11.** -40 J

**PR 1.** 89 N/cm **3.** (a) 167 J; (b) -167 J; (c) 196 J; (d) 29 J; (e) 167 J; (f) -167 J; (g) 296 J; (h) 129 J **5.** (a) 4,31 mJ; (b) -4,31 mJ; (c) 4,31 mJ; (d) -4,31 mJ; (e) todos aumentariam **7.** (a) 13,1 J; (b) -13,1 J; (c) 13,1 J; (d) todos aumentam **9.** (a) 17,0 m/s; (b) 26,5 m/s; (c) 33,4 m/s; (d) 56,7 m; (e) continuariam as mesmas **11.** (a) 2,08 m/s; (b) 2,08 m/s; (c) aumentaria **13.** (a) 0,98 J; (b) -0,98 J; (c) 3,1 N/cm **15.** (a)  $2,6 \times 10^2$  m; (b) permanece o mesmo; (c) diminui **17.** (a) 2,5 N; (b) 0,31 N; (c) 30 cm **19.** (a) 784 N/m; (b) 62,7 J; (c) 62,7 J; (d) 80,0 cm **21.** (a) 8,35 m/s; (b) 4,33 m/s; (c) 7,45 m/s; (d) diminuem **23.** (a) 4,85 m/s; (b) 2,42 m/s **25.**  $-3,2 \times 10^2$  J **27.** (a) não; (b)  $9,3 \times 10^2$  N **29.** (a) 35 cm; (b) 1,7 m/s **31.** (a) 39,2 J; (b) 39,2 J; (c) 4,00 m **33.** (a) 2,40 m/s; (b) 4,19 m/s **35.** (a) 39,6 cm; (b) 3,64 cm **37.** -18 mJ **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)  $4,0 \text{ m}$  **43.** (a)  $5,6 \text{ J}$ ; (b)  $3,5 \text{ J}$  **45.** (a)  $30,1 \text{ J}$ ; (b)  $30,1 \text{ J}$ ; (c)  $0,225 \text{ J}$  **47.**  $0,53 \text{ J}$  **49.** (a)  $-2,9 \text{ kJ}$ ; (b)  $3,9 \times 10^2 \text{ J}$ ; (c)  $2,1 \times 10^2 \text{ N}$  **51.** (a)  $1,5 \text{ MJ}$ ; (b)  $0,51 \text{ MJ}$ ; (c)  $1,0 \text{ MJ}$ ; (d)  $63 \text{ m/s}$  **53.** (a)  $67 \text{ J}$ ; (b)  $67 \text{ J}$ ; (c)  $46 \text{ cm}$  **55.** (a)  $-0,90 \text{ J}$ ; (b)  $0,46 \text{ J}$ ; (c)  $1,0 \text{ m/s}$  **57.**  $1,2 \text{ m}$  **59.** (a)  $19,4 \text{ m}$ ; (b)  $19,0 \text{ m/s}$  **61.** (a)  $1,5 \times 10^{-2} \text{ N}$ ; (b)  $(3,8 \times 10^2)g$  **63.** (a)  $7,4 \text{ m/s}$ ; (b)  $90 \text{ cm}$ ; (c)  $2,8 \text{ m}$ ; (d)  $15 \text{ m}$  **65.**  $20 \text{ J}$  **67.** (a)  $7,0 \text{ J}$ ; (b)  $22 \text{ J}$  **69.**  $3,7 \text{ J}$  **71.**  $4,33 \text{ m/s}$  **73.**  $25 \text{ J}$  **75.** (a)  $4,9 \text{ m/s}$ ; (b)  $4,5 \text{ N}$ ; (c)  $71^\circ$ ; (d) permanece a mesma **77.** (a)  $4,8 \text{ N}$ ; (b)  $+x$ ; (c)  $1,5 \text{ m}$ ; (d)  $13,5 \text{ m}$ ; (e)  $3,5 \text{ m/s}$  **79.** (a)  $24 \text{ kJ}$ ; (b)  $4,7 \times 10^2 \text{ N}$  **81.** (a)  $5,00 \text{ J}$ ; (b)  $9,00 \text{ J}$ ; (c)  $11,0 \text{ J}$ ; (d)  $3,00 \text{ J}$ ; (e)  $12,0 \text{ J}$ ; (f)  $2,00 \text{ J}$ ; (g)  $13,0 \text{ J}$ ; (h)  $1,00 \text{ J}$ ; (i)  $13,0 \text{ J}$ ; (j)  $1,00 \text{ J}$ ; (l)  $11,0 \text{ J}$ ; (m)  $10,8 \text{ m}$ ; (n) volta para  $x = 0$  e para **83.** (a)  $6,0 \text{ kJ}$ ; (b)  $6,0 \times 10^2 \text{ W}$ ; (c)  $3,0 \times 10^2 \text{ W}$ ; (d)  $9,0 \times 10^2 \text{ W}$  **85.**  $880 \text{ MW}$  **87.** (a)  $v^0 = (2gL)^{0,5}$ ; (b)  $5mg$ ; (c)  $-mgL$ ; (d)  $-2mgL$  **89.** (a)  $109 \text{ J}$ ; (b)  $60,3 \text{ J}$ ; (c)  $68,2 \text{ J}$ ; (d)  $41,0 \text{ J}$  **91.** (a)  $2,7 \text{ J}$ ; (b)  $1,8 \text{ J}$ ; (c)  $0,39 \text{ m}$  **93.** (a)  $10 \text{ m}$ ; (b)  $49 \text{ N}$ ; (c)  $4,1 \text{ m}$ ; (d)  $1,2 \times 10^2 \text{ N}$  **95.** (a)  $5,5 \text{ m/s}$ ; (b)  $5,4 \text{ m}$ ; (c) permanecem as mesmas **97.**  $80 \text{ mJ}$  **99.**  $24 \text{ W}$  **101.**  $-12 \text{ J}$  **103.** (a)  $8,8 \text{ m/s}$ ; (b)  $2,6 \text{ kJ}$ ; (c)  $1,6 \text{ kW}$  **105.** (a)  $7,4 \times 10^2 \text{ J}$ ; (b)  $2,4 \times 10^2 \text{ J}$  **107.**  $15 \text{ J}$  **109.** (a)  $2,35 \times 10^3 \text{ J}$ ; (b)  $352 \text{ J}$  **111.**  $738 \text{ m}$  **113.** (a)  $-3,8 \text{ kJ}$ ; (b)  $31 \text{ kN}$  **115.** (a)  $300 \text{ J}$ ; (b)  $93,8 \text{ J}$ ; (c)  $6,38 \text{ m}$  **117.** (a)  $5,6 \text{ J}$ ; (b)  $12 \text{ J}$ ; (c)  $13 \text{ J}$  **119.** (a)  $1,2 \text{ J}$ ; (b)  $11 \text{ m/s}$ ; (c) não; (d) não **121.** (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)  $6,7 \text{ km}$  **123.**  $54\%$  **125.** (a)  $2,7 \times 10^9 \text{ J}$ ; (b)  $2,7 \times 10^9 \text{ W}$ ; (c)  $2,4 \times 10^8 \text{ dólares}$  **127.**  $5,4 \text{ kJ}$  **129.**  $3,1 \times 10^{11} \text{ W}$  **131.** porque a força que você exerce sobre o repolho (ao baixá-lo) realiza trabalho. **135.** (a)  $8,6 \text{ kJ}$ ; (b)  $8,6 \times 10^2 \text{ W}$ ; (c)  $4,3 \times 10^2 \text{ W}$ ; (d)  $1,3 \text{ kW}$

## 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, que continua 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;  $\vec{r}$  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)  $3 \text{ J}$  **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.** b, c, a **5.** (a)  $x$  sim,  $y$  não; (b)  $x$  sim,  $y$  não; (c)  $x$  não,  $y$  sim **7.** (a)  $c$ , a energia cinética não pode ser negativa;  $d$ , a energia cinética total não pode aumentar; (b)  $a$ ; (c)  $b$  **9.** (a) um dos corpos estava em repouso; (b) 2; (c) 5; (d) igual (como o choque de duas bolas de sinuca) **11.** (a) C; (b) B; (c) 3

**PR 1.** (a)  $-1,50 \text{ m}$ ; (b)  $-1,43 \text{ m}$  **3.** (a)  $-6,5 \text{ cm}$ ; (b)  $8,3 \text{ cm}$ ; (c)  $1,4 \text{ cm}$  **5.** (a)  $-0,45 \text{ cm}$ ; (b)  $-2,0 \text{ cm}$  **7.** (a) 0; (b)  $3,13 \times 10^{-11} \text{ m}$  **9.** (a)  $28 \text{ cm}$ ; (b)  $2,3 \text{ m/s}$  **11.**  $(-4,0 \text{ m})\hat{i} + (4,0 \text{ m})\hat{j}$  **13.**  $53 \text{ m}$  **15.** (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  $34^\circ$  para baixo **17.**  $4,2 \text{ m}$  **19.** (a)  $7,5 \times 10^4 \text{ J}$ ; (b)  $3,8 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ ; (c)  $39^\circ$  ao sul do leste **21.** (a)  $5,0 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ ; (b)  $10 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$  **23.**  $1,0 \times 10^3$  a  $1,2 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$  **25.** (a)  $42 \text{ N} \cdot \text{s}$ ; (b)  $2,1 \text{ kN}$  **27.** (a)  $67 \text{ m/s}$ ; (b)  $-x$ ; (c)  $1,2 \text{ kN}$ ; (d)  $-x$  **29.**  $5 \text{ N}$  **31.** (a)  $2,39 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{s}$ ; (b)  $4,78 \times 10^5 \text{ N}$ ; (c)  $1,76 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{s}$ ; (d)  $3,52 \times 10^5 \text{ N}$  **33.** (a)  $5,86 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ ; (b)  $59,8^\circ$ ; (c)  $2,93 \text{ kN}$ ; (d)  $59,8^\circ$  **35.**  $9,9 \times 10^2 \text{ N}$  **37.** (a)  $9,0 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ ; (b)  $3,0 \text{ kN}$ ; (c)  $4,5 \text{ kN}$ ; (d)  $20 \text{ m/s}$  **39.**  $3,0 \text{ mm/s}$  **41.** (a)  $-(0,15 \text{ m/s})\hat{i}$ ; (b)  $0,18 \text{ m}$  **43.**  $55 \text{ cm}$  **45.** (a)  $(1,00\hat{i} - 0,167\hat{j}) \text{ km/s}$ ; (b)  $3,23 \text{ MJ}$

- 47.** (a) 14 m/s; (b)  $-45^\circ$  **49.**  $3,1 \times 10^2$  m/s **51.** (a) 721 m/s; (b) 937 m/s **53.** (a) 33%; (b) 23%; (c) diminui **55.** (a) +2,0 m/s; (b) -1,3 J; (c) +40 J; (d) o sistema recebeu energia de alguma fonte, como, uma pequena explosão **57.** (a) 4,4 m/s; (b) 0,80 **59.** 25 cm **61.** (a) 99 g; (b) 1,9 m/s; (c) 0,93 m/s **63.** (a) 3,00 m/s; (b) 6,00 m/s **65.** (a) 1,2 kg; (b) 2,5 m/s **67.** -28 cm **69.** (a) 0,21 kg; (b) 7,2 m **71.** (a)  $4,15 \times 10^5$  m/s; (b)  $4,84 \times 10^5$  m/s **73.**  $120^\circ$  **75.** (a) 433 m/s; (b) 250 m/s **77.** (a) 46 N; (b) nenhuma **79.** (a)  $1,57 \times 10^6$  N; (b)  $1,35 \times 10^5$  kg; (c) 2,08 km/s **81.** (a) 7290 m/s; (b) 8200 m/s; (c)  $1,271 \times 10^{10}$  J; (d)  $1,275 \times 10^{10}$  J **83.** (a) 1,92 m; (b) 0,640 m **85.** (a) 1,78 m/s; (b) menor; (c) menor; (d) maior **87.** (a) 3,7 m/s; (b)  $1,3 \text{ N} \cdot \text{s}$ ; (c)  $1,8 \times 10^2 \text{ N}$  **89.** (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)  $(-7,4 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{s})\hat{i} + (7,4 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{s})\hat{j}$ ; (c)  $2,3 \times 10^3 \text{ N}$ ; (d)  $2,1 \times 10^4 \text{ N}$ ; (e)  $-45^\circ$  **91.** +4,4 m/s **93.**  $1,18 \times 10^4$  kg **95.** (a) 1,9 m/s; (b)  $-30^\circ$ ; (c) elástica **97.** (a) 6,9 m/s; (b)  $30^\circ$ ; (c) 6,9 m/s; (d)  $-30^\circ$ ; (e) 2,0 m/s; (f)  $-180^\circ$  **99.** (a) 25 mm; (b) 26 mm; (c) para baixo; (d)  $1,6 \times 10^{-2} \text{ m/s}^2$  **101.** 29 J **103.** 2,2 kg **105.** 5,0 kg **107.** (a) 50 kg/s; (b)  $1,6 \times 10^2 \text{ kg/s}$  **109.** (a)  $4,6 \times 10^3$  km; (b) 73% **111.** 190 m/s **113.** 28,8 N **115.** (a) 0,745 mm; (b)  $153^\circ$ ; (c) 1,67 mJ **117.** (a)  $(2,67 \text{ m/s})\hat{i} + (-3,00 \text{ m/s})\hat{j}$ ; (b) 4,01 m/s; (c)  $48,4^\circ$  **119.** (a) -0,50 m; (b) -1,8 cm; (c) 0,50 m **121.** 0,22% **123.** 36,5 km/s **125.** (a)  $(-1,00 \times 10^{-19})\hat{i} + (0,67 \times 10^{-19})\hat{j}$  kg · m/s; (b)  $1,19 \times 10^{-12}$  J **127.**  $2,2 \times 10^{-3}$

## 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 e depois b e d empatados; (b) b, depois a e c empatados, depois d **3.** todas iguais **5.** (a) diminuir; (b) horário; (c) anti-horário **7.** aumentar **9.** c, a, b **11.** menor

- PR 1.** 14 rev **3.** (a) 4,0 rad/s; (b) 11,9 rad/s **5.** 11 rad/s **7.** (a) 4,0 m/s; (b) não **9.** (a) 3,00 s; (b) 18,9 rad **11.** (a) 30 s; (b)  $1,8 \times 10^3$  rad **13.** (a)  $3,4 \times 10^2$  s; (b)  $-4,5 \times 10^{-3}$  rad/s<sup>2</sup>; (c) 98 s **15.** 8,0 s **17.** (a) 44 rad; (b) 5,5 s; (c) 32 s; (d) -2,1 s; (e) 40 s **19.** (a)  $2,50 \times 10^{-3}$  rad/s; (b) 20,2 m/s<sup>2</sup>; (c) 0 **21.**  $6,9 \times 10^{-13}$  rad/s **23.** (a) 20,9 rad/s; (b) 12,5 m/s; (c) 800 rev/min<sup>2</sup>; (d) 600 rev **25.** (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 **27.** (a) 73 cm/s<sup>2</sup>; (b) 0,075; (c) 0,11 **29.** (a)  $3,8 \times 10^3$  rad/s; (b)  $1,9 \times 10^2$  m/s **31.** (a) 40 s; (b)  $2,0 \text{ rad/s}^2$  **33.**  $12,3 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$  **35.** (a) 1,1 kJ; (b) 9,7 kJ **37.** 0,097 kg·m<sup>2</sup> **39.** (a) 49 MJ; (b)  $1,0 \times 10^2$  min **41.** (a) 0,023 kg · m<sup>2</sup>; (b) 1,1 mJ **43.**  $4,7 \times 10^{-4}$  kg · m<sup>2</sup> **45.** -3,85 N · m **47.** 4,6 N · m **49.** (a) 28,2 rad/s<sup>2</sup>; (b) 338 N · m **51.** (a) 6,00 cm/s<sup>2</sup>; (b) 4,87 N; (c) 4,54 N; (d) 1,20 rad/s<sup>2</sup>; (e) 0,0138 kg · m<sup>2</sup> **53.** 0,140 N **55.**  $2,51 \times 10^{-4}$  kg · m<sup>2</sup> **57.** (a)  $4,2 \times 10^2$  rad/s<sup>2</sup>; (b)  $5,0 \times 10^2$  rad/s **59.** 396 N · m **61.** (a) -19,8 kJ; (b) 1,32 kW **63.** 5,42 m/s **65.** (a) 5,32 m/s<sup>2</sup>; (b) 8,43 m/s<sup>2</sup>; (c)  $41,8^\circ$  **67.** 9,82 rad/s **69.**  $6,16 \times 10^{-5}$  kg · m<sup>2</sup> **71.** (a) 31,4 rad/s<sup>2</sup>; (b) 0,754 m/s<sup>2</sup>; (c) 56,1 N; (d) 55,1 N **73.** (a)  $4,81 \times 10^5$  N; (b)  $1,12 \times 10^4$  N · m; (c)  $1,25 \times 10^6$  J **75.** (a) 2,3 rad/s<sup>2</sup>; (b) 1,4 rad/s<sup>2</sup> **77.** (a) -67 rev/min<sup>2</sup>; (b) 8,3 rev **81.** 3,1 rad/s **83.** (a) 1,57 m/s<sup>2</sup>; (b) 4,55 N; (c) 4,94 N **85.** 30 rev **87.** 0,054 kg · m<sup>2</sup> **89.**  $1,4 \times 10^2$  N · m **91.** (a) 10 J; (b) 0,27 m **93.** 4,6 rad/s<sup>2</sup> **95.** 2,6 J **97.** (a)  $5,92 \times 10^4$  m/s<sup>2</sup>; (b)  $4,39 \times 10^4$  s<sup>-2</sup> **99.** (a) 0,791 kg · m<sup>2</sup>; (b)  $1,79 \times 10^{-2}$  N · m **101.** (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 **103.** (a) 7,0 kg · m<sup>2</sup>; (b) 7,2 m/s; (c)  $71^\circ$  **105.** (a) 0,32 rad/s; (b)  $1,0 \times 10^2$  km/h **107.** (a)  $1,4 \times 10^2$  rad; (b) 14 s.

## Capítulo 11

- T 1.** (a) igual; (b) menor **2.** menor (considere a transferência de energia de energia cinética de rotação

para energia potencial gravitacional) **3.** (desenhe os vetores e use a regra da mão direita) (a)  $\pm z$ ; (b)  $+y$ ; (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  $\tau$ , mesmo  $t$  e, portanto, mesmo  $\Delta L$ ); (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.**  $a$ , depois  $b$  e  $c$  empatados, depois  $e$ , depois  $d$  (zero) **3.** (a) fica girando no mesmo lugar; (b) rola na sua direção; (c) rola para longe de você **5.** (a) 1, 2, 3 (zero); (b) 1 e 2 empatados, depois 3; (c) 1 e 3 empatados, depois 2 **7.** (a) permanece o mesmo; (b) aumenta; (c) diminui; (d) permanece o mesmo, diminui, aumenta **9.**  $D, B$  e depois  $A$  e  $C$  empatados **11.** (a) ao mesmo tempo; (b) igual

**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)  $(22 \text{ m/s})\hat{j}$ ; (h)  $(44 \text{ m/s})\hat{j}$ ; (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.** -3,15 J **5.** 0,020 **7.** (a) 63 rad/s; (b) 4,0 m **9.** 4,8 m **11.** (a)  $(-4,0\text{N})\hat{i}$ ; (b)  $0,60 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$  **13.** 0,50 **15.** (a)  $-(0,11 \text{ m})\omega$ ; (b)  $-2,1 \text{ m/s}^2$ ; (c)  $-47 \text{ rad/s}^2$ ; (d) 1,2 s; (e) 8,6 m; (f)  $6,1 \text{ m/s}$  **17.** (a)  $13 \text{ cm/s}^2$ ; (b) 4,4 s; (c) 55 cm/s; (d) 18 mJ; (e) 1,4 J; (f) 27 rev/s **19.**  $(-2,0 \text{ N} \cdot \text{m})\hat{i}$  **21.** (a)  $(6,0 \text{ N} \cdot \text{m})\hat{j} + (8,0 \text{ N} \cdot \text{m})\hat{k}$ ; (b)  $(-22 \text{ N} \cdot \text{m})\hat{i}$  **23.** (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)  $(-1,5 \text{ N} \cdot \text{m})\hat{i} - (4,0 \text{ N} \cdot \text{m})\hat{j} - (1,0 \text{ N} \cdot \text{m})\hat{k}$  **25.** (a)  $(50 \text{ N} \cdot \text{m})\hat{k}$ ; (b)  $90^\circ$  **27.** (a) 0; (b)  $(8,0 \text{ N} \cdot \text{m})\hat{i} + (8,0 \text{ N} \cdot \text{m})\hat{k}$  **29.** (a)  $9,8 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$ ; (b)  $+z$  **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)  $48 \text{ t}\hat{k} \text{ N} \cdot \text{m}$ ; (b) aumentando **37.** (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)  $3,9 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$  **39.** (a) 1,47 N · m; (b) 20,4 rad; (c) -29,9 J; (d) 19,9 W **41.** (a)  $1,6 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ ; (b)  $4,0 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$  **43.** (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 **45.** (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 **47.** 0,17 rad/s **49.** (a) 750 rev/min; (b) 450 rev/min; (c) horário **51.** (a) 267 rev/min; (b) 0,667 **53.**  $1,3 \times 10^3 \text{ m/s}$  **55.** 3,4 rad/s **57.** (a) 18 rad/s; (b) 0,92 **59.** 11,0 m/s **61.** 1,5 rad/s **63.** 0,070 rad/s **65.** (a) 0,148 rad/s; (b) 0,0123; (c)  $181^\circ$  **67.** (a) 0,180 m; (b) horário **69.** 0,041 rad/s **71.** (a)  $1,6 \text{ m/s}^2$ ; (b)  $16 \text{ rad/s}^2$ ; (c)  $(4,0 \text{ N})\hat{i}$  **73.** (a) 0; (b) 0; (c)  $-30t^3 \hat{k} \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$ ; (d)  $-90t^2 \hat{k} \text{ N} \cdot \text{m}$ ; (e)  $30t^3 \hat{k} \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$ ; (f)  $90t^2 \hat{k} \text{ N} \cdot \text{m}$  **75.** (a) 149 kg · m<sup>2</sup>; (b) 158 kg · m<sup>2</sup>/s; (c) 0,744 rad/s **77.** (a)  $6,65 \times 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$ ; (b) não; (c) 0; (d) sim **79.** (a) 0,333; (b) 0,111 **81.** (a) 58,8 J; (b) 39,2 J **83.** (a) 61,7 J; (b) 3,43 m; (c) não **85.** (a)  $mvR/(I + MR^2)$ ; (b)  $mvR^2/(I + MR^2)$

## FÓRMULAS MATEMÁTICAS\*

---

### Equação do Segundo Grau

Se  $ax^2 + bx + c = 0$ ,  $x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$

### Teorema Binomial

$$(1+x)^n = 1 + \frac{nx}{1!} + \frac{n(n-1)x^2}{2!} + \dots \quad (x^2 < 1)$$