

## RESPOSTAS

# dos Testes e das Perguntas e Problemas Ímpares

## Capítulo 12

- T** 1. c, e, f 2.(a) não; (b) no ponto de aplicação de  $\vec{F}_1$ , perpendicular ao plano da figura; (c) 45 N 3. d  
**P** 1. (a) 1 e 3, 2; (b) todas iguais; (c) 1 e 3, 2 (zero) 3. a e c (as forças e os torques se equilibram) 5. (a) 12 kg; (b) 3 kg; (c) 1 kg 7. (a) em C (para eliminar da equação do torque as forças aplicadas a esse ponto); (b) positivo; (c) negativo; (d) igual 9. aumenta 11. A e B empatadas, depois C  
**PR** 1. (a) 1,00 m; (b) 2,00 m; (c) 0,987 m; (d) 1,97 m 3. (a) 9,4 N; (b) 4,4 N 5. 7,92 kN 7. (a)  $2,8 \times 10^2$  N; (b)  $8,8 \times 10^2$  N; (c)  $71^\circ$  9. 74,4 g 11. (a) 1,2 kN; (b) para baixo; (c) 1,7 kN; (d) para cima; (e) o de trás; (f) o da frente 13. (a) 2,7 kN; (b) para cima; (c) 3,6 kN; (d) para baixo 15. (a) 5,0 N; (b) 30 N; (c) 1,3 m 17. (a) 0,64 m; (b) aumentar 19. 8,7 N 21. (a) 6,63 kN; (b) 5,74 kN; (c) 5,96 kN 23. (a) 192 N; (b) 96,1 N; (c) 55,5 N 25. 13,6 N 27. (a) 1,9 kN; (b) para cima; (c) 2,1 kN; (d) para baixo 29. (a)  $(-80 \text{ N})\hat{i} + (1,3 \times 10^2 \text{ N})\hat{j}$ ; (b)  $(80 \text{ N})\hat{i} + (1,3 \times 10^2 \text{ N})\hat{j}$  31. 2,20 m 33. (a)  $60,0^\circ$ ; (b) 300 N 35. (a) 445 N; (b) 0,50; (c) 315 N 37. 0,34 39. (a) 211 N; (b) 534 N; (c) 320 N 41. (a) desliza; (b)  $31^\circ$ ; (c) tomba; (d)  $34^\circ$  43. (a)  $6,5 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ ; (b)  $1,1 \times 10^{-5} \text{ m}$  45. (a) 0,80; (b) 0,20; (c) 0,25 47. (a)  $1,4 \times 10^9 \text{ N}$ ; (b) 75 49. (a) 866 N; (b) 143 N; (c) 0,165 51. (a)  $1,2 \times 10^2 \text{ N}$ ; (b) 68 N 53. (a)  $1,8 \times 10^7 \text{ N}$ ; (b)  $1,4 \times 10^7 \text{ N}$ ; (c) 16 55. 0,29 57. 76 N 59. (a) 8,01 kN; (b) 3,65 kN; (c) 5,66 kN 61. 71,7 N 63. (a)  $L/2$ ; (b)  $L/4$ ; (c)  $L/6$ ; (d)  $L/8$ ; (e)  $25L/24$  65. (a) 88 N; (b)  $(30\hat{i} + 197\hat{j}) \text{ N}$  67.  $2,4 \times 10^9 \text{ N/m}^2$  69.  $60^\circ$  71. (a)  $\mu < 0,57$ ; (b)  $\mu > 0,57$  73. (a)  $(35\hat{i} + 200\hat{j}) \text{ N}$ ; (b)  $(-45\hat{i} + 200\hat{j}) \text{ N}$ ; (c)  $1,9 \times 10^2 \text{ N}$  75. (a) BC, CD, DA; (b) 535 N; (c) 757 N 77. (a) 1,38 kN; (b) 180 N 79. (a)  $a_1 = L/2$ ,  $a_2 = 5L/8$ ,  $h = 9L/8$ ; (b)  $b_1 = 2L/3$ ,  $b_2 = L/2$ ,  $h = 7L/6$  81.  $L/4$  83. (a) 106 N; (b)  $64,0^\circ$  85.  $1,8 \times 10^2 \text{ N}$  87. (a)  $-24,4 \text{ N}$ ; (b) 1,60 N; (c)  $-3,75^\circ$

## Capítulo 13

- T** 1. todos iguais 2. (a) 1, 2 e 4, 3; (b) da horizontal 3. (a) aumenta; (b) negativo 4. (a) 2; (b) 1 5. (a) a trajetória 1 [a redução de  $E$  (tornando-a mais negativa) reduz o valor de  $a$ ]; (b) menor (a redução de  $a$  resulta em uma redução de  $T$ )  
**P** 1.  $3Gm^2/d^2$ , para a esquerda 3.  $Gm^2/r^2$ , para cima 5. b e c, a (zero) 7. 1, 2 e 4, 3 9. (a) +y; (b) sim, gira no sentido anti-horário até apontar para a partícula B 11. b, d e f (os três empataados), e, c, a  
**PR** 1. 1/2 3. 19 m 5. 0,8 m 7.  $-5,00d$  9.  $2,60 \times 10^5 \text{ km}$  11. (a)  $M = m$ ; (b) 0 13.  $8,31 \times 10^{-9} \text{ N}$  15. (a)  $-1,88d$ ; (b)  $-3,90d$ ; (c)  $0,489d$  17. (a) 17 N; (b) 2,4 19.  $2,6 \times 10^6 \text{ m}$  21.  $5 \times 10^{24} \text{ kg}$  23. (a)  $7,6 \text{ m/s}^2$ ; (b)  $4,2 \text{ m/s}^2$  25. (a)  $(3,0 \times 10^{-7} \text{ N/kg})m$ ; (b)  $(3,3 \times 10^{-7} \text{ N/kg})m$ ; (c)  $(6,7 \times 10^{-7} \text{ N/kg} \cdot \text{m})mr$  27. (a)  $9,83 \text{ m/s}^2$ ; (b)  $9,84 \text{ m/s}^2$ ; (c)  $9,79 \text{ m/s}^2$  29.  $5,0 \times 10^9 \text{ J}$  31. (a) 0,74; (b)  $3,8 \text{ m/s}^2$ ; (c)  $5,0 \text{ km/s}$  33. (a) 0,0451; (b) 28,5 35.  $-4,82 \times 10^{-13} \text{ J}$  37. (a) 0,50 pJ; (b)  $-0,50 \text{ pJ}$  39. (a)  $1,7 \text{ km/s}$ ; (b)  $2,5 \times 10^5 \text{ m}$ ; (c)  $1,4 \text{ km/s}$  41. (a) 82 km/s; (b)  $1,8 \times 10^4 \text{ km/s}$  43. (a) 7,82 km/s; (b) 87,5 min 45.  $6,5 \times 10^{23} \text{ kg}$  47.  $5 \times 10^{10}$  estrelas 49. (a)  $1,9 \times 10^{13} \text{ m}$ ; (b)  $6,4R_p$  51. (a)  $6,64 \times 10^3 \text{ km}$ ; (b) 0,0136 ano 53.  $5,8 \times 10^6 \text{ m}$  57. 0,71 ano 59.  $(GM/L)^{0,5}$  61.

(a)  $3,19 \times 10^3$  km; (b) a energia para fazer o satélite subir **63.** (a) 2,8 anos; (b)  $1,0 \times 10^{-4}$  **65.** (a)  $r^{1,5}$ ; (b)  $r^{-1}$ ; (c)  $r^{0,5}$ ; (d)  $r^{-0,5}$  **67.** (a) 7,5 km/s; (b) 97 min; (c)  $4,1 \times 10^2$  km; (d) 7,7 km/s; (e) 93 min; (f)  $3,2 \times 10^{-3}$  N; (g) não; (h) sim **69.** 1,1 s **71.** (a)  $GMmx(x^2 + R^2)^{-3/2}$ ; (b)  $[2GM(R^{-1} - (R^2 + x^2)^{-1/2})]^{1/2}$  **73.** (a)  $1,0 \times 10^3$  kg; (b) 1,5 km/s **75.**  $3,2 \times 10^{-7}$  N **77.** 0,37 $\hat{j}$   $\mu\text{N}$  **79.**  $2\pi r^{1,5} G^{-0,5} (M + m/4)^{-0,5}$  **81.** (a)  $2,2 \times 10^{-7}$  rad/s; (b) 89 km/s **83.** (a)  $2,15 \times 10^4$  s; (b) 12,3 km/s; (c) 12,0 km/s; (d)  $2,17 \times 10^{11}$  J; (e)  $-4,53 \times 10^{11}$  J; (f)  $-2,35 \times 10^{11}$  J; (g)  $4,04 \times 10^7$  m; (h)  $1,22 \times 10^3$  s; (i) a elíptica **85.**  $2,5 \times 10^4$  km **87.** (a)  $1,4 \times 10^6$  m/s; (b)  $3 \times 10^6$  m/s<sup>2</sup> **89.** (a) 0; (b)  $1,8 \times 10^{32}$  J; (c)  $1,8 \times 10^{32}$  J; (d) 0,99 km/s **91.** (a)  $Gm^2/R_i$ , (b)  $Gm^2/2R_i$ ; (c)  $(Gm/R_i)^{0,5}$ ; (d)  $2(Gm/R_i)^{0,5}$ ; (e)  $Gm^2/R_i$ ; (f)  $(2Gm/R_i)^{0,5}$ ; (g) O referencial do centro de massa é um referencial inercial e nele a lei de conservação da energia pode ser aplicada como no Capítulo 8; o referencial ligado ao corpo A é não inercial e a lei de conservação da energia não pode ser aplicada como no Capítulo 8. A resposta correta é do item (d) **93.**  $2,4 \times 10^4$  m/s **95.**  $-0,044\hat{j}$   $\mu\text{N}$  **97.**  $GM_T m/12R_T$  **99.** (a)  $1,51 \times 10^{-12}$  N; (b) 0 **101.**  $3,4 \times 10^5$  km

## Capítulo 14

**T** 1. são todas iguais **2.** (a) são todas iguais (a força gravitacional a que o pinguim está submetido é a mesma); (b)  $0,95\rho_0$ ;  $\rho_0$ ;  $1,1\rho_0$  **3.** 13 cm<sup>3</sup>/s, para fora **4.** (a) todas iguais; (b) 1, 2 e 3, 4 (quanto mais larga, mais lenta); (c) 4, 3, 2, 1 (quanto mais larga e mais baixa, maior a pressão)

**P** 1. (a) desce; (b) desce **3.** (a) desce; (b) desce; (c) permanece o mesmo **5.** b, a e d empatados (zero), c **7.** (a) 1 e 4; (b) 2; (c) 3 **9.** B, C, A

**PR** 1. 0,074 **3.**  $1,1 \times 10^5$  Pa **5.**  $2,9 \times 10^4$  N **7.** (b) 26 kN **9.** (a)  $1,0 \times 10^3$  torr; (b)  $1,7 \times 10^3$  torr **11.** (a) 94 torr; (b)  $4,1 \times 10^2$  torr; (c)  $3,1 \times 10^2$  torr **13.**  $1,08 \times 10^3$  atm **15.**  $22,6 \times 10^4$  Pa **17.**  $7,2 \times 10^5$  N **19.**  $4,69 \times 10^5$  N **21.** 0,635 J **23.** 44 km **25.** 739,26 torr **27.** (a) 7,9 km; (b) 16 km **29.** 8,50 kg **31.** (a)  $6,7 \times 10^2$  kg/m<sup>3</sup>; (b)  $7,4 \times 10^2$  kg/m<sup>3</sup> **33.** (a)  $2,04 \times 10^{-2}$  m<sup>3</sup>; (b) 1,57 kN **35.** cinco **37.** 57,3 cm **39.** (a) 1,2 kg; (b)  $1,3 \times 10^3$  kg/m<sup>3</sup> **41.** (a) 0,10; (b) 0,083 **43.** (a) 637,8 cm<sup>3</sup>; (b) 5,102 m<sup>3</sup>; (c)  $5,102 \times 10^3$  kg **45.** 0,126 m<sup>3</sup> **47.** (a) 1,80 m<sup>3</sup>; (b) 4,75 m<sup>3</sup> **49.** (a) 3,0 m/s; (b) 2,8 m/s **51.** 8,1 m/s **53.** 66 W **55.**  $1,4 \times 10^5$  J **57.** (a)  $1,6 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/s; (b) 0,90 m **59.** (a) 2,5 m/s; (b)  $2,6 \times 10^5$  Pa **61.** (a) 3,9 m/s; (b) 88 kPa **63.**  $1,1 \times 10^2$  m/s **65.** (b)  $2,0 \times 10^{-2}$  m<sup>3</sup>/s **67.** (a) 74 N; (b)  $1,5 \times 10^2$  m<sup>3</sup> **69.** (a) 0,0776 m<sup>3</sup>/s; (b) 69,8 kg/s **71.** (a) 35 cm; (b) 30 cm; (c) 20 cm **73.** 1,5 g/cm<sup>3</sup> **75.**  $5,11 \times 10^{-7}$  kg **77.** 44,2 g **79.**  $6,0 \times 10^2$  kg/m<sup>3</sup> **81.** 45,3 cm<sup>3</sup> **83.** (a) 3,2 m/s; (b)  $9,2 \times 10^4$  Pa; (c) 10,3 m **85.**  $1,07 \times 10^3$  g **87.** 26,3 m<sup>2</sup> **89.** (a)  $5,66 \times 10^9$  N; (b) 25,4 atm

## Capítulo 15

**T** 1. (plote x em função de t) (a)  $-x_m$ ; (b)  $+x_m$ ; (c) 0 **2.** c (*a* deve ter a forma da Eq. 15-8) **3.** a (*F* deve ter a forma da Eq. 15-10) **4.** (a) = J; (b) 2 J; (c) = J **5.** são todos iguais (na Eq. 15-29, *I* é proporcional a *m*) **6.** 1, 2, 3 (a razão *m/b* faz diferença, mas não o valor de *k*)

**P** 1. a e b **3.** (a) 2; (b) positiva; (c) entre 0 e  $+x_m$  **5.** (a) entre *D* e *E*; (b) entre  $3\pi/2$  rad e  $2\pi$  rad **7.** (a) são todas iguais; (b) 3 e depois 1 e 2 empatadas; (c) 1, 2, 3 (zero); (d) 1, 2, 3 (zero); (e) 1, 3, 2 **9.** b (período infinito, não oscila), c, a **11.** (a) maior; (b) igual; (c) igual; (d) maior; (e) maior

**PR** 1. (a) 0,50 s; (b) 2,0 Hz; (c) 18 cm **3.** 37,8 m/s<sup>2</sup> **5.** (a) 1,0 mm; (b) 0,75 m/s; (c)  $5,7 \times 10^2$  m/s<sup>2</sup> **7.** (a) 498 Hz; (b) maior **9.** (a) 3,0 m; (b)  $-49$  m/s; (c)  $-2,7 \times 10^2$  m/s<sup>2</sup>; (d) 20 rad; (e) 1,5 Hz; (f) 0,67 s **11.** 39,6

**Hz 13.** (a) 0,500 s; (b) 2,00 Hz; (c) 12,6 rad/s; (d) 79,0 N/m; (e) 4,40 m/s; (f) 27,6 N **15.** (a) 0,18A; (b) no mesmo sentido **17.** (a) 5,58 Hz; (b) 0,325 kg; (c) 0,400 m **19.** (a) 25 cm; (b) 2,2 Hz **21.** 54 Hz **23.** 3,1 cm **25.** (a) 0,525 m; (b) 0,686 s **27.** (a) 0,75; (b) 0,25; (c)  $2^{-0,5}x_m$  **29.** 37 mJ **31.** (a) 2,25 Hz; (b) 125 J; (c) 250 J; (d) 86,6 cm **33.** (a) 1,1 m/s; (b) 3,3 cm **35.** (a) 3,1 ms; (b) 4,0 m/s; (c) 0,080 J; (d) 80 N; (e) 40 N **37.** (a) 2,2 Hz; (b) 56 cm/s; (c) 0,10 kg; (d) 20,0 cm **39.** (a) 39,5 rad/s; (b) 34,2 rad/s; (c) 124 rad/s<sup>2</sup> **41.** (a) 0,205 kg · m<sup>2</sup>; (b) 47,7 cm; (c) 1,50 s **43.** (a) 1,64 s; (b) igual **45.** 8,77 s **47.** 0,366 s **49.** (a) 0,845 rad; (b) 0,0602 rad **51.** (a) 0,53 m; (b) 2,1 s **53.** 0,0653 s **55.** (a) 2,26 s; (b) aumenta; (c) permanece o mesmo **57.** 6,0% **59.** (a) 14,3 s; (b) 5,27 **61.** (a)  $F_m/b\omega$ ; (b)  $F_m/b$  **63.** 5,0 cm **65.** (a)  $2,8 \times 10^3$  rad/s; (b) 2,1 m/s; (c) 5,7 km/s<sup>2</sup> **67.** (a) 1,1 Hz; (b) 5,0 cm **69.** 7,2 m/s **71.** (a) 7,90 N/m; (b) 1,19 cm; (c) 2,00 Hz **73.** (a)  $1,3 \times 10^2$  N/m; (b) 0,62 s; (c) 1,6 Hz; (d) 5,0 cm; (e) 0,51 m/s **75.** (a) 16,6 cm; (b) 1,23% **77.** (a) 1,2 J; (b) 50 **79.** 1,53 m **81.** (a) 0,30 m; (b) 0,28 s; (c)  $1,5 \times 10^2$  m/s<sup>2</sup>; (d) 11 J **83.** (a) 1,23 kN/m; (b) 76,0 N **85.** 1,6 kg **87.** (a) 0,735 kg · m<sup>2</sup>; (b) 0,0240 N · m; (c) 0,181 rad/s **89.** (a) 3,5 m; (b) 0,75 s **91.** (a) 0,35 Hz; (b) 0,39 Hz; (c) 0 (não há oscilações) **93.** (a) 245 N/m; (b) 0,284 s **95.** 0,079 kg · m<sup>2</sup> **97.** (a)  $8,11 \times 10^{-5}$  kg · m<sup>2</sup>; (b) 3,14 rad/s **99.** 14,0° **101.** (a) 3,2 Hz; (b) 0,26 m; (c)  $x = (0,26 \text{ m}) \cos(20t - \pi/2)$ , com  $t$  em segundos **103.** (a) 0,44 s; (b) 0,18 m **105.** (a) 0,45 s; (b) 0,10 m acima e 0,20 m abaixo; (c) 0,15 m; (d) 2,3 J **107.** 7  $\times 10^2$  N/m **109.** 0,804 m **111.** (a) 0,30 m; (b) 30 m/s<sup>2</sup>; (c) 0; (d) 4,4 s **113.** (a)  $F/m$ ; (b)  $2F/mL$ ; (c) 0 **115.** 2,54 m

## Capítulo 16

**T 1.** a, 2; b, 3; c, 1 (compare com a fase da Eq. 16-2 e veja a Eq. 16-5) **2.** (a) 2, 3, 1 (veja a Eq. 16-12); (b) 3 e depois 1 e 2 empatados (determine a amplitude de  $dy/dt$ ) **3.** (a) permanece igual (é independente de  $f$ ); (b) diminui ( $\lambda = v/f$ ); (c) aumenta; (d) aumenta **4.** 0,20 e 0,80 empatados; 0,60; 0,45 **5.** (a) l; (b) 3; (c) 2 **6.** (a) 75 Hz; (b) 525 Hz

**P 1.** (a) 1, 4, 2, 3; (b) 1, 4, 2, 3 **3.** a, para cima; b, para cima; c, para baixo; d, para baixo; e, para baixo; f, para baixo; g, para cima; h, para cima **5.** intermediária (mais próxima de destrutiva) **7.** (a) 0; 0,2 comprimento de onda; 0,5 comprimento de onda (zero); (b)  $4P_{\text{méd},1}$  **9.** d **11.** c, a, b

**PR 1.** 1,1 ms **3.** (a)  $3,49 \text{ m}^{-1}$ ; (b) 31,5 m/s **5.** (a) 0,680 s; (b) 1,47 Hz; (c) 2,06 m/s **7.** (a) 64 Hz; (b) 1,3 m; (c) 4,0 cm; (d)  $5,0 \text{ m}^{-1}$ ; (e)  $4,0 \times 10^2 \text{ s}^{-1}$ ; (f)  $\pi/2$  rad; (g) negativo **9.** (a) 3,0 mm; (b)  $16 \text{ m}^{-1}$ ; (c)  $2,4 \times 10^2 \text{ s}^{-1}$ ; (d) negativo **11.** (a) negativa; (b) 4,0 cm; (c)  $0,31 \text{ cm}^{-1}$ ; (d)  $0,63 \text{ s}^{-1}$ ; (e)  $\pi$  rad; (f) negativo; (g) 2,0 cm/s; (h)  $-2,5 \text{ cm/s}$  **13.** (a) 11,7 cm; (b)  $\pi$  rad **15.** (a) 0,12 mm; (b)  $141 \text{ m}^{-1}$ ; (c)  $628 \text{ s}^{-1}$ ; (d) positivo **17.** (a) 15 m/s; (b) 0,036 N **19.** 129 m/s **21.** 2,63 m **23.** (a) 5,0 cm; (b) 40 cm; (c) 12 m/s; (d) 0,033 s; (e) 9,4 m/s; (f)  $16 \text{ m}^{-1}$ ; (g)  $1,9 \times 10^2 \text{ s}^{-1}$ ; (h) 0,93 rad; (i) positivo **27.** 3,2 mm **29.** 0,20 m/s **31.**  $1,41y_m$  **33.** (a) 9,0 mm; (b)  $16 \text{ m}^{-1}$ ; (c)  $1,1 \times 10^3 \text{ s}^{-1}$ ; (d) 2,7 rad; (e) positivo **35.** 5,0 cm **37.** (a) 3,29 mm; (b) 1,55 rad; (c) 1,55 rad **39.** 84° **41.** (a) 82,0 m/s; (b) 16,8 m; (c) 4,88 Hz **43.** (a) 7,91 Hz; (b) 15,8 Hz; (c) 23,7 Hz **45.** (a) 105 Hz; (b) 158 m/s **47.** 260 Hz **49.** (a) 144 m/s; (b) 60,0 cm; (c) 241 Hz **51.** (a) 0,50 cm; (b)  $3,1 \text{ m}^{-1}$ ; (c)  $3,1 \times 10^2 \text{ s}^{-1}$ ; (d) negativo **53.** (a) 0,25 cm; (b)  $1,2 \times 10^2 \text{ cm/s}$ ; (c) 3,0 cm; (d) 0 **55.** 0,25 m **57.** (a) 2,00 Hz; (b) 2,00 m; (c) 4,00 m/s; (d) 50,0 cm; (e) 150 cm; (f) 250 cm; (g) 0; (h) 100 cm; (i) 200 cm **59.** (a) 324 Hz; (b) oito **61.** 36 N **63.** (a) 75 Hz; (b) 13 ms **65.** (a) 2,0 mm; (b) 95 Hz; (c) +30 m/s; (d) 31 cm; (e) 1,2 m/s **67.** (a) 0,31 m; (b) 1,64 rad; (c) 2,2 mm **69.** (a)  $0,83y_1$ ; (b)  $37^\circ$  **71.** (a) 3,77 m/s; (b) 12,3 N; (c) 0

(d) 46,4 W; (e) 0; (f) 0; (g)  $\pm 0,50$  cm **73.** 1,2 rad **75.** (a) 300 m/s; (b) não **77.** (a)  $[k \Delta\ell(\ell + \Delta\ell)/m]^{0,5}$  **79.** (a) 144 m/s; (b) 3,00 m; (c) 1,50 m; (d) 48,0 Hz; (e) 96,0 Hz **81.** (a) 1,00 cm; (b)  $3,46 \times 10^3$  s $^{-1}$ ; (c) 10,5 m $^{-1}$ ; (d) positivo **83.** (a)  $2\pi y_m/\lambda$ ; (b) não **85.** (a) 240 cm; (b) 120 cm; (c) 80 cm **87.** (a) 1,33 m/s; (b) 1,88 m/s; (c) 16,7 m/s $^2$ ; (d) 23,7 m/s $^2$  **89.** (a) 0,52 m; (b) 40 m/s; (c) 0,40 m **91.** (a) 0,16 m; (b)  $2,4 \times 10^2$  N; (c)  $y(x, t) = (0,16 \text{ m}) \sin[(1,57 \text{ m}^{-1})x] \sin[(31,4 \text{ s}^{-1})t]$  **93.** (c) 2,0 m/s; (d)  $-x$  **95.** (a)  $\infty$ ; (b) 1,0; (c) 40%

## Capítulo 17

**T** 1. começando a diminuir (por exemplo: desloque mentalmente as curvas da Fig. 17-6 para a direita a partir do ponto  $x = 42$  m) **2.** (a) 1 e 2 empatados, 3 (veja a Eq. 17-28); (b) 3 e depois 1 e 2 empatados (veja a Eq. 17-26) **3.** o segundo (veja as Eqs. 17-39 e 17-41) **4.** *a*, maior; *b*, menor; *c*, indefinido; *d*, indefinido; *e*, maior; *f*, menor

**P** 1. (a) 0; 0,2 comprimento de onda; 0,5 comprimento de onda (zero); (b)  $4P_{\text{méd},1}$  **3.** *C* e depois *A* e *B* empatados **5.** *E, A, D, C, B* **7.** 1, 4, 3, 2 **9.** 150 Hz e 450 Hz **11.** 505, 507, 508 Hz ou 501, 503, 508 Hz

**PR** 1. (a) 79 m; (b) 41 m; (c) 89 m **3.** (a) 2,6 km; (b)  $2,0 \times 10^2$  **5.**  $1,9 \times 10^3$  km **7.** 40,7 m **9.** 0,23 ms **11.** (a) 76,2  $\mu\text{m}$ ; (b) 0,333 mm **13.** 960 Hz **15.** (a)  $2,3 \times 10^2$  Hz; (b) maior **17.** (a) 143 Hz; (b) 3; (c) 5; (d) 286 Hz; (e) 2; (f) 3 **19.** (a) 14; (b) 14 **21.** (a) 343 Hz; (b) 3; (c) 5; (d) 686 Hz; (e) 2; (f) 3 **23.** (a) 0; (b) construtiva; (c) aumenta; (d) 128 m; (e) 63,0 m; (f) 41,2 m **25.** 36,8 nm **27.** (a)  $1,0 \times 10^3$ ; (b) 32 **29.** 15,0 mW **31.** 2  $\mu\text{W}$  **33.** 0,76  $\mu\text{m}$  **35.** (a)  $5,97 \times 10^{-5}$  W/m $^2$ ; (b) 4,48 nW **37.** (a) 0,34 nW; (b) 0,68 nW; (c) 1,4 nW; (d) 0,88 nW; (e) 0 **39.** (a) 405 m/s; (b) 596 N; (c) 44,0 cm; (d) 37,3 cm **41.** (a) 833 Hz; (b) 0,418 m **43.** (a) 3; (b) 1129 Hz; (c) 1506 Hz **45.** (a) 2; (b) 1 **47.** 12,4 m **49.** 45,3 N **51.** 2,25 ms **53.** 0,020 **55.** (a) 526 Hz; (b) 555 Hz **57.** 0 **59.** (a) 1,022 kHz; (b) 1,045 kHz **61.** 41 kHz **63.** 155 Hz **65.** (a) 2,0 kHz; (b) 2,0 kHz **67.** (a) 485,8 Hz; (b) 500,0 Hz; (c) 486,2 Hz; (d) 500,0 Hz **69.** (a) 42°; (b) 11 s **71.** 1 cm **73.** 2,1 m **75.** (a) 39,7  $\mu\text{W}/\text{m}^2$ ; (b) 171 nm; (c) 0,893 Pa **77.** 0,25 **79.** (a) 2,10 m; (b) 1,47 m **81.** (a) 59,7; (b)  $2,81 \times 10^{-4}$  **83.** (a) para a direita; (b) 0,90 m/s; (c) menor **85.** (a) 11 ms; (b) 3,8 m **87.** (a)  $9,7 \times 10^2$  Hz; (b) 1,0 kHz; (c) 60 Hz, não **89.** (a) 21 nm; (b) 35 cm; (c) 24 nm; (d) 35 cm **91.** (a) 7,70 Hz; (b) 7,70 Hz **93.** (a) 5,2 kHz; (b) 2 **95.** (a) 10 W; (b) 0,032 W/m $^2$ ; (c) 99 dB **97.** (a) 0; (b) 0,572 m; (c) 1,14 m **99.** 171 m **101.** (a)  $3,6 \times 10^2$  m/s; (b) 150 Hz **103.** 400 Hz **105.** (a) 14; (b) 12 **107.** 821 m/s **109.** (a) 39,3 Hz; (b) 118 Hz **111.**  $4,8 \times 10^2$  Hz

## Capítulo 18

**T** 1. (a) são todos iguais; (b) 50°X, 50°Y, 50°W **2.** (a) 2 e 3 empatados, 1, 4; (b) 3, 2 e, em seguida, 1 e 4 empatados (por analogia com as Eqs. 18-9 e 18-10, suponha que a variação da área é proporcional à área inicial) **3.** *A* (veja a Eq. 18-14) **4.** *c* e *e* (maximizam a área limitada por um ciclo no sentido horário) **5.** (a) são todas iguais ( $\Delta E_{\text{int}}$  não depende da trajetória, mas apenas de *i* e *f*); (b) 4, 3, 2, 1 (comparando as áreas sob as curvas); (c) 4, 3, 2, 1 (veja a Eq. 18-26) **6.** (a) nula (ciclo fechado); (b) negativa ( $W_{\text{tot}}$  é negativo; veja a Eq. 18-26) **7.** *b* e *d* empatados, *a*, *c* (mesmo valor de  $P_{\text{cond}}$ ; veja a Eq. 18-32)

**P** 1. *c*, e depois, *a*, *b* e *d* empatados **3.** *B* e depois, *A* e *C* empatados **5.** (a) *f*, porque a temperatura do gelo não pode aumentar até o ponto de congelamento e depois diminuir; (b) *b* e *c* no ponto de congelamento da água, *d* acima, *e* abaixo; (c) em *b*, o líquido congela parcialmente e o gelo não derrete; em *c*, o líquido

não congela e o gelo não derrete; em *d*, o líquido não congela e o gelo derrete totalmente; em *e*, o líquido congela totalmente e o gelo não derrete **7.** (a) ambos no sentido horário; (b) ambos no sentido horário **9.** (a) maior; (b) 1, 2, 3; (c) 1, 3, 2; (d) 1, 2, 3; (e) 2, 3, 1 **11.** *c, b, a*

**PR** **1.** 1,366 **3.** 348 K **5.** (a) 320°F; (b) -12,3°F **7.** -92,1°C **9.** 2,731 cm **11.** 49,87 cm<sup>3</sup> **13.** 29 cm<sup>3</sup> **15.** 360°C **17.** 0,26 cm<sup>3</sup> **19.** 0,13 mm **21.** 7,5 cm **23.** 160 s **25.** 94,6 L **27.** 42,7 kJ **29.** 33 m<sup>2</sup> **31.** 33 g **33.** 3,0 min **35.** 13,5°C **37.** (a) 5,3°C; (b) 0; (c) 0°C; (d) 60 g **39.** 742 kJ **41.** (a) 0°C; (b) 2,5°C **43.** (a)  $1,2 \times 10^2$  J; (b) 75 J; (c) 30 J **45.** 230 J **47.** (a) 6,0 cal; (b) -43 cal; (c) 40 cal; (d) 18 cal; (e) 18 cal **49.** 60 J **51.** (a) 1,23 kW; (b) 2,28 kW; (c) 1,05 kW **53.** 1,66 kJ/s **55.** (a) 16 J/s; (b) 0,048 g/s **57.** (a)  $1,7 \times 10^4$  W/m<sup>2</sup>; (b) 18 W/m<sup>2</sup> **59.** 0,50 min **61.** 0,40 cm/h **63.** -4,2°C **65.** 1,1 m **67.** 10% **69.** (a) 80 J; (b) 80 J **71.**  $4,5 \times 10^2$  J/kg · K **73.** 0,432 cm<sup>3</sup> **75.**  $3,1 \times 10^2$  J **77.** 79,5°C **79.** 23 J **81.** (a)  $11p_1V_1$ ; (b)  $6p_1V_1$  **83.**  $4,83 \times 10^{-2}$  cm<sup>3</sup> **85.** 10,5°C **87.** (a) 90 W; (b)  $2,3 \times 10^2$  W; (c)  $3,3 \times 10^2$  W **89.** (a)  $1,87 \times 10^4$ ; (b) 10,4 h **91.** 333 J **93.** 8,6 J **95.** (a) -45 J; (b) +45 J **97.**  $4,0 \times 10^3$  min **99.** -6,1 nW **101.** 1,17°C **103.**  $8,0 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup> **105.** (a) adianta; (b) 0,79 s/h **107.** 1,9

## Capítulo 19

**T** **1.** todos, menos *c* **2.** (a) são todos iguais; (b) 3, 2, 1 **3.** o gás *A* **4.** 5 (a maior variação de *T*) e depois, 1, 2, 3 e 4 empataados **5.** 1, 2, 3 ( $Q_3 = 0$ ,  $Q_2$  é produzido pelo trabalho  $W_2$ , mas  $Q_1$  é produzido por um trabalho maior  $W_1$  e aumenta a temperatura do

**P** **1.** *d*, depois *a* e *b* empataados, depois *c* **3.** 20 J **5.** (a) 3; (b) 1; (c) 4; (d) 2; (e) sim **7.** (a) 1, 2, 3, 4; (b) 1, 2, 3 **9.** a volume constante

**PR** **1.** 0,933 kg **3.** (a) 0,0388 mol; (b) 220°C **5.** 25 moléculas/cm<sup>3</sup> **7.** (a)  $3,14 \times 10^3$  J; (b) cedido **9.** 186 kPa **11.** 5,60 kJ **13.** (a) 1,5 mol; (b)  $1,8 \times 10^3$  K; (c)  $6,0 \times 10^2$  K; (d) 5,0 kJ **15.** 360 K **17.**  $2,0 \times 10^5$  Pa **19.** (a) 511 m/s; (b) -200°C; (c) 899°C **21.**  $1,8 \times 10^2$  m/s **23.** 1,9 kPa **25.** (a)  $5,65 \times 10^{-21}$  J; (b)  $7,72 \times 10^{-21}$  J; (c) 3,40 kJ; (d) 4,65 kJ **27.** (a)  $6,76 \times 10^{-20}$  J; (b) 10,7 **29.** (a)  $6 \times 10^9$  km **31.** (a)  $3,27 \times 10^{10}$  moléculas/cm<sup>3</sup>; (b) 172 m **33.** (a) 6,5 km/s; (b) 7,1 km/s **35.** (a) 420 m/s; (b) 458 m/s; (c) sim **37.** (a) 0,67; (b) 1,2; (c) 1,3; (d) 0,33 **39.** (a)  $1,0 \times 10^4$  K; (b)  $1,6 \times 10^5$  K; (c)  $4,4 \times 10^2$  K; (d)  $7,0 \times 10^3$  K; (e) não; (f) sim **41.** (a) 7,0 km/s; (b)  $2,0 \times 10^{-8}$  cm; (c)  $3,5 \times 10^{10}$  colisões/s **43.** (a) 3,49 kJ; (b) 2,49 kJ; (c) 997 J; (d) 1,00 kJ **45.** (a)  $6,6 \times 10^{-26}$  kg; (b) 40 g/mol **47.** (a) 0; (b) +374 J; (c) +374 J; (d)  $+3,11 \times 10^{-22}$  J **49.** 15,8 J/mol · K **51.** 8,0 kJ **53.** (a) 6,98 kJ; (b) 4,99 kJ; (c) 1,99 kJ; (d) 2,99 kJ **55.** (a) 14 atm; (b)  $6,2 \times 10^2$  K **57.** (a) diatômico; (b) 446 K; (c) 8,10 mol **59.** -15 J **61.** -20 J **63.** (a) 3,74 kJ; (b) 3,74 kJ; (c) 0; (d) 0; (e) -1,81 kJ; (f) 1,81 kJ; (g) -3,22 kJ; (h) -1,93 kJ; (i) -1,29 kJ; (j) 520 J; (k) 0; (l) 520 J; (m) 0,0246 m<sup>3</sup>; (n) 2,00 atm; (o) 0,0373 m<sup>3</sup>; (p) 1,00 atm **65.** (a) monoatômico; (b)  $2,7 \times 10^4$  K; (c)  $4,5 \times 10^4$  mol; (d) 3,4 kJ; (e)  $3,4 \times 10^2$  kJ; (f) 0,010 **67.** (a) 2,00 atm; (b) 333 J; (c) 0,961 atm; (d) 236 J **69.** 349 K **71.** (a) -374 J; (b) 0; (c) +374 J; (d)  $+3,11 \times 10^{-22}$  J **73.**  $7,03 \times 10^9$  s<sup>-1</sup> **75.** (a) 900 cal; (b) 0; (c) 900 cal; (d) 450 cal; (e) 1200 cal; (f) 300 cal; (g) 900 cal; (h) 450 cal; (i) 0; (j) -900 cal; (k) 900 cal; (l) 450 cal **77.** (a)  $3/v_0^3$ ; (b)  $0,750v_0$ ; (c)  $0,775v_0$  **79.** (a) -2,37 kJ; (b) 2,37 kJ **81.** (b) 125 J; (c) absorvida **83.** (a) 8,0 atm; (b) 300 K; (c) 4,4 kJ; (d) 3,2 atm; (e) 120 K; (f) 2,9 kJ; (g) 4,6 atm; (h) 170 K; (i) 3,4 kJ **85.** (a) 38 L; (b) 71 g **87.** -3,0 J **89.** 22,8 m **95.** 1,40 **97.** 4,71

## Capítulo 20

**T** 1. a, b, c 2. menor ( $Q$  é menor) 3. c, b, a 4. a, d, c, b 5. b

**P** 1.  $b, a, c, d$  3. permanece constante 5.  $a$  e  $c$  empatados e depois  $b$  e  $d$  empatados 7. (a) permanece a mesma; (b) aumenta; (c) diminui 9. A, primeira; B, primeira e segunda; C, segunda; D, nenhuma

**PR** 1. (a) 9,22 kJ; (b) 23,1 J/K; (c) 0 3. 14,4 J/K 5. (a)  $5,79 \times 10^4$  J; (b) 173 J/K 7. (a) 320 K; (b) 0; (c) +1,72 J/K 9. +0,76 J/K 11. (a) 57,0°C; (b) -22,1 J/K; (c) +24,9 J/K; (d) +2,8 J/K 13. (a) -710 mJ/K; (b) +710 mJ/K; (c) +723 mJ/K; (d) -723 mJ/K; (e) +13 mJ/K; (f) 0 15. (a) -943 J/K; (b) +943 J/K; (c) sim 17. (a) 0,333; (b) 0,215; (c) 0,644; (d) 1,10; (e) 1,10; (f) 0; (g) 1,10; (h) 0; (i) -0,889; (j) -0,889; (k) -1,10; (l) -0,889; (m) 0; (n) 0,889; (o) 0 19. (a) 0,693; (b) 4,50; (c) 0,693; (d) 0; (e) 4,50; (f) 23,0 J/K; (g) -0,693; (h) 7,50; (i) -0,693; (j) 3,00; (k) 4,50; (l) 23,0 J/K 21. -1,18 J/K 23. 97 K 25. (a) 266 K; (b) 341 K 27. (a) 23,6%; (b)  $1,49 \times 10^4$  J 29. (a) 2,27 kJ; (b) 14,8 kJ; (c) 15,4%; (d) 75,0%; (e) maior 31. (a) 33 kJ; (b) 25 kJ; (c) 26 kJ; (d) 18 kJ 33. (a) 1,47 kJ; (b) 554 J; (c) 918 J; (d) 62,4% 35. (a) 3,00; (b) 1,98; (c) 0,660; (d) 0,495; (e) 0,165; (f) 34,0% 37. 440 W 39. 20 J 41. 0,25 hp 43. 2,03 47. (a)  $W = N!/(n_1!n_2!n_3!)$ ; (b)  $[(N/2)!(N/2)!]/[(N/3)!(N/3)!(N/3)!]$ ; (c)  $4,2 \times 10^{16}$  49. 0,141 J/K · s 51. (a) 87 m/s; (b)  $1,2 \times 10^2$  m/s; (c) 22 J/K 53. (a) 78%; (b) 82 kg/s 55. (a) 40,9°C; (b) -27,1 J/K; (c) 30,5 J/K; (d) 3,4 J/K 57. 13,59 J/K 59.  $1,18 \times 10^3$  J/K 63. (a) 0; (b) 0; (c) -23,0 J/K; (d) 23,0 J/K 65. (a) 25,5 kJ; (b) 4,73 kJ; (c) 18,5% 67. (a) 1,95 J/K; (b) 0,650 J/K; (c) 0,217 J/K; (d) 0,072 J/K; (e) diminui 69. (a) 4,45 J/K; (b) não 71. (a)  $1,26 \times 10^{14}$ ; (b)  $4,71 \times 10^{13}$ ; (c) 0,37; (d)  $1,01 \times 10^{-9}$ ; (e)  $1,37 \times 10^{-8}$ ; (f) 0,14; (g)  $9,05 \times 10^{58}$ ; (h)  $1,64 \times 10^{57}$ ; (i) 0,018; (j) diminui 73. (a) 42,6 kJ; (b) 7,61 kJ 75. (a) l; (b) l; (c) 3; (d) 10; (e)  $1,5 \times 10^{-23}$  J/K; (f)  $3,2 \times 10^{-23}$  J/K 77.  $e = (1 \ 1 \ K)^{-1}$  79. 6,7

## FÓRMULAS MATEMÁTICAS\*

### Equação do Segundo Grau

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

### Teorema Binomial

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

### Produtos de Vetores

Seja  $\theta$  o menor dos dois ângulos entre  $\vec{a}$  e  $\vec{b}$ . Nesse caso,