

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 e c (as forças e os torques se equilibram) 3. (a) 12 kg; (b) 3 kg; 1 kg 5. (a) 1 e 3, 2; (b) todas iguais; (c) 1 e 3, 2 (zero) 7. aumenta 9. (a) em C (para eliminar da equação do torque as forças aplicadas a este ponto); (b) positivo; (c) negativo; (d) igual **PR** 1. (a) 1,00 m; (b) 2,00 m; (c) 0,987 m; (d) 1,97 m 3. 7,92 kN 5. (a) 9,4 N; (b) 4,4 N 7. (a) 1,2 kN; (b) para baixo; (c) 1,7 kN; (d) para cima; (e) o de trás; (f) o da frente 9. (a) $2,8 \times 10^2$ N; (b) $8,8 \times 10^2$ N; (c) 71° 11. 74,4 g 13. (a) 5,0 N; (b) 30 N; (c) 1,3 m 15. 8,7 N 17. (a) 2,7 kN; (b) para cima; (c) 3,6 kN; (d) para baixo 19. (a) 0,64 m; (b) aumentar 21. 13,6 N 23. (a) 1,9 kN; (b) para cima; (c) 2,1 kN; (d) para baixo 25. (a) 192 N; (b) 96,1 N; (c) 55,5 N 27. (a) 6,63 kN; (b) 5,74 kN; (c) 5,96 kN 29. 2,20 m 31. (a) $(-80 \text{ N})\hat{i} + (1,3 \times 10^2 \text{ N})\hat{j}$; (b) $(80 \text{ N})\hat{i} + (1,3 \times 10^2 \text{ N})\hat{j}$ 33. (a) 445 N; (b) 0,50; (c) 315 N 35. (a) $60,0^\circ$; (b) 300 N 37. 0,34 39. (a) desliza; (b) 31° ; (c) tomba; (d) 34° 41. (a) 211 N; (b) 534 N; (c) 320 N 43. (a) $6,5 \times 10^6 \text{ N/m}^2$; (b) $1,1 \times 10^{-5} \text{ m}$ 45. (a) 866 N; (b) 143 N; (c) 0,165 47. (a) 0,80; (b) 0,20; (c) 0,25 49. (a) $1,4 \times 10^9 \text{ N}$; (b) 75 51. (a) $1,2 \times 10^2 \text{ N}$; (b) 68 N 53. 76 N 55. (a) 8,01 kN; (b) 3,65 kN; (c) 5,66 kN 57. 71,7 N 59. (a) $L/2$; (b) $L/4$; (c) $L/6$; (d) $L/8$; (e) $25L/24$ 61. (a) $1,8 \times 10^7 \text{ N}$; (b) $1,4 \times 10^7 \text{ N}$; (c) 16 63. 0,29 65. 60° 67. (a) 270 N; (b) 72 N; (c) 19° 69. (a) 106 N; (b) $64,0^\circ$ 71. $2,4 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ 73. (a) 88 N; (b) $(30\hat{i} + 97\hat{j}) \text{ N}$ 75. (a) $a_1 = L/2, a_2 = 5L/8, h = 9L/8$; (b) $b_1 = 2L/3, b_2 = L/2, h = 7L/6$ 77. (a) BC, CD, DA; (b) 535 N; (c) 757 N 79. (a) 1,38 kN; (b) 180 N 81. (a) $\mu < 0,57$; (b) $\mu > 0,57$ 83. $L/4$ 85. (a) $(35\hat{i} + 200\hat{j}) \text{ N}$; (b) $(-45\hat{i} + 200\hat{j}) \text{ N}$; (c) $1,9 \times 10^2 \text{ N}$

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. Gm^2/r^2 , para cima 3. b e c, a (zero) 5. $3GM^2/d^2$, para a esquerda 7. (a) $+y$; (b) sim, gira no sentido anti-horário até apontar para a partícula B 9. 1, 2 e 4, 3 11. b, d e f (os três empatados) e, c, a **PR** 1. 19 m 3. $1/2$ 5. $-5,00d$ 7. $2,60 \times 10^5 \text{ km}$ 9. 0,8 m 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. $2,6 \times 10^6 \text{ m}$ 19. (a) 17 N; (b) 2,4 21. (a) $7,6 \text{ m/s}^2$; (b) $4,2 \text{ m/s}^2$ 23. $5 \times 10^{24} \text{ kg}$ 25. (a) $9,83 \text{ m/s}^2$; (b) $9,84 \text{ m/s}^2$; (c) $9,79 \text{ m/s}^2$ 27. (a) $(3,0 \times 10^{-7} \text{ N/kg})m$; (b) $(3,3 \times 10^{-7} \text{ N/kg})m$; (c) $(6,7 \times 10^{-7} \text{ N/kg} \cdot \text{m})mr$ 29. (a) 0,74; (b) $3,8 \text{ m/s}^2$; (c) 5,0 km/s 31. (a) 0,0451; (b) 28,5 33. $5,0 \times 10^9 \text{ J}$ 35. (a) 0,50 pJ; (b) $-0,50 \text{ pJ}$ 37. (a) 1,7 km/s; (b) $2,5 \times 10^5 \text{ m}$; (c) 1,4 km/s 39. (a) 82 km/s; (b) $1,8 \times 10^4 \text{ km/s}$ 41. $-4,82 \times 10^{-13} \text{ J}$ 43. $6,5 \times 10^{23} \text{ kg}$ 45. 5×10^{10} estrelas 47. (a) $6,64 \times 10^3 \text{ km}$; (b) 0,0136 49. (a) 7,82 km/s; (b) 87,5 min 51. (a) $1,9 \times 10^{13} \text{ m}$; (b) $3,6R_p$ 55. 0,71 ano 57. $5,8 \times 10^6 \text{ m}$ 59. $(GM/L)^{0,5}$ 61. (a) 2,8 anos; (b) $1,0 \times 10^{-4}$ 63. (a) $3,19 \times 10^3 \text{ km}$; (b) a energia para fazer o satélite subir 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) $4,1 \times 10^2 \text{ km}$; (d) 7,7 km/s; (e) 93 min; (f) $3,2 \times 10^{-3} \text{ N}$; (g) não; (h) sim 69. 1,1 s 71. (a) $1,0 \times 10^3 \text{ kg}$; (b) 1,5 km/s 73. $-0,044 \text{ J}$ 75. (a) $2,15 \times 10^4 \text{ s}$; (b) 12,3 km/s; (c) 12,0 km/s; (d) $2,17 \times 10^{11} \text{ J}$;

(e) $-4,53 \times 10^{11} \text{ J}$; (f) $-2,35 \times 10^{11} \text{ J}$; (g) $4,04 \times 10^7 \text{ m}$; (h) $1,22 \times 10^3 \text{ s}$; (i) a elíptica 77. $0,37 \text{ J}$ 79. 29 pN 81. $2,5 \times 10^4 \text{ km}$ 83. (a) $2,2 \times 10^{-7} \text{ rad/s}$; (b) 89 km/s 85. $3,2 \times 10^{-7} \text{ N}$ 87. (a) 0; (b) $1,8 \times 10^{32} \text{ J}$; (c) $1,8 \times 10^{32} \text{ J}$; (d) 0,99 km/s 89. $GM_T m / 12R_T$ 91. (a) $1,4 \times 10^6 \text{ m/s}$; (b) $3 \times 10^6 \text{ m/s}^2$ 93. $2\pi^{1,5} G^{-0,5} (M + m/4)^{-0,5}$ 95. $2,4 \times 10^4 \text{ m/s}$ 97. $-1,87 \text{ GJ}$ 99. (a) $GMmx(x^2 + R^2)^{-3/2}$; (b) $[2GM(R^{-1} - (R^2 + x^2)^{-1/2})]^{1/2}$ 101. (a) Gm^2/R_b (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 de energia não pode ser aplicada como no Capítulo 8. A resposta correta é do item (d). 103. (a) $1,9 \times 10^{11} \text{ m}$; (b) $4,6 \times 10^4 \text{ m/s}$

Capítulo 14

T 1. são todas iguais 2. (a) são todas iguais (a força gravitacional a que o pingüim está submetido é a mesma); (b) $0,95\rho_0$; ρ_0 ; l, ρ_0 3. $13 \text{ cm}^3/\text{s}$, 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. b, a e d (zero), c 3. (a) desce; (b) desce 5. (a) desce; (b) desce; (c) permanece o mesmo 7. B, C, A 9. (a) 1 e 4; (b) 2; (c) 3 **PR** 1. $1,1 \times 10^5 \text{ Pa}$ 3. $2,9 \times 10^4 \text{ N}$ 5. 0,074 7. (b) 26 kN 9. $1,08 \times 10^3 \text{ atm}$ 11. $7,2 \times 10^5 \text{ N}$ 13. $-2,6 \times 10^4 \text{ Pa}$ 15. (a) 94 torr; (b) $4,1 \times 10^2 \text{ torr}$; (c) $3,1 \times 10^2 \text{ torr}$ 17. (a) $1,0 \times 10^3 \text{ torr}$; (b) $1,7 \times 10^3 \text{ torr}$ 19. 0,635 J 21. 44 km 23. $4,69 \times 10^5 \text{ N}$ 25. 739,26 torr 27. (a) 7,9 km; (b) 16 km 29. 8,50 kg 31. (a) $2,04 \times 10^{-2} \text{ m}^3$; (b) 1,57 kN 33. 5 35. (a) $6,7 \times 10^2 \text{ kg/m}^3$; (b) $7,4 \times 10^2 \text{ kg/m}^3$ 37. (a) 1,2 kg; (b) $1,3 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 39. (a) 0,10; (b) 0,083 41. 57,3 cm 43. 0,126 m³ 45. (a) 1,80 m³; (b) 4,75 m³ 47. (a) 637,8 cm³; (b) 5,102 m³; (c) $5,102 \times 10^3 \text{ kg}$ 49. 8,1 m/s 51. (a) 3,0 m/s; (b) 2,8 m/s 53. 66 W 55. (a) 2,5 m/s; (b) $2,6 \times 10^5 \text{ Pa}$ 57. (a) 3,9 m/s; (b) 88 kPa 59. (a) $1,6 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$; (b) 0,90 m 61. $1,4 \times 10^5 \text{ J}$ 63. (a) 74 N; (b) $1,5 \times 10^2 \text{ m}^3$ 65. (a) 35 cm; (b) 30 cm; (c) 20 cm 67. (b) $2,0 \times 10^2 \text{ m}^3/\text{s}$ 69. (a) $0,0776 \text{ m}^3/\text{s}$; (b) 69,8 kg/s 71. $1,1 \times 10^2 \text{ m/s}$ 73. 44,2 g 75. 45,3 cm³ 77. (a) 3,2 m/s; (b) $9,2 \times 10^4 \text{ Pa}$; (c) 10,3 m 79. $5,11 \times 10^{-7} \text{ kg}$ 81. $1,07 \times 10^3 \text{ g}$ 83. $6,0 \times 10^2 \text{ kg/m}^3$ 85. $1,5 \text{ g/cm}^3$

Capítulo 15

T 1. (plote x em função de t) (a) $-x_m$; (b) $+x_m$; (c) 0 2. a (F deve ter a forma da Eq. 15-10) 3. (a) 5 J; (b) 2 J; (c) 5 J 4. são todos iguais (na Eq. 15-29, I é proporcional a m) 5. 1, 2, 3 (a razão m/b faz diferença, mas não o valor de k) **P** 1. (a) 2; (b) positiva; (c) entre 0 e $+x_m$ 3. a e b 5. (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 7. (a) entre D e E ; (b) entre $3\pi/2 \text{ rad}$ e $2\pi \text{ rad}$ 9. (a) maior; (b) igual; (c) igual; (d) maior (e) maior 11. b (período infinito, não oscila), c, a **PR** 1. $37,8 \text{ m/s}^2$ 3. (a) 1,0 mm; (b) 0,75 m/s; (c) $5,7 \times 10^2 \text{ m/s}^2$ 5. (a) 0,50 s; (b) 2,0 Hz; (c) 18 cm 7. (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 9. (a) 498 Hz; (b) maior 11. (a) 3,0 m; (b) -49 m/s ; (c) $-2,7 \times 10^2 \text{ m/s}^2$; (d) 20 rad; (e) 1,5 Hz; (f) 0,67 s 13. 39,6 Hz 15. (a) 5,58 Hz; (b) 0,325 kg; (c) 0,400 m 17. 3,1 cm 19. (a) 0,18/1; (b) no mesmo sentido 21. (a) 25 cm; (b) 2,2 Hz 23. 54 Hz 25. (a) 0,525 m; (b) 0,686 s 27. 37 mJ

29. (a) 0,75; (b) 0,25; (c) $2^{-0,5}x_m$ 31. (a) 2,25 Hz; (b) 125 J; (c) 250 J; (d) 86,6 cm 33. (a) 3,1 ms; (b) 4,0 m/s; (c) 0,080 J; (d) 80 N; (e) 40 N 35. (a) 1,1 m/s; (b) 3,3 cm 37. (a) 2,2 Hz; (b) 56 cm/s; (c) 0,0 kg; (d) 20,0 cm 39. (a) 39,5 rad/s; (b) 34,2 rad/s; (c) 124 rad/s² 41. (a) 1,64 s; (b) igual 43. (a) 0,205 kg · m²; (b) 47,7 cm; (c) 1,50 s 45. 0,366 s 47. 8,77 s 49. (a) 0,53 m; (b) 2,1 s 51. 0,0653 s 53. (a) 0,845 rad; (b) 0,0602 rad 55. (a) 2,26 s; (b) aumenta; (c) permanece o mesmo 57. (a) 14,3 s; (b) 5,27 59. 6,0% 61. (a) $F_m/b\omega$; (b) F_m/b 63. 5,0 cm 65. (a) 1,2 J; (b) 50 67. 1,53 m 69. (a) 16,6 cm; (b) 1,23% 71. (a) $2,8 \times 10^3$ rad/s; (b) 2,1 m/s; (c) 5,7 km/s² 73. (a) 0,735 kg · m²; (b) 0,0240 N · m; (c) 0,181 rad/s 75. (a) 0,35 Hz; (b) 0,39 Hz; (c) 0 (não há oscilações) 77. (a) 7,90 N/m; (b) 1,19 cm; (c) 2,00 Hz 79. 1,6 kg 81. (a) 3,5 m; (b) 0,75 s 83. 7,2 m/s 85. (a) 1,23 kN/m; (b) 76,0 N 87. (a) 1,1 Hz; (b) 5,0 cm 89. (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 91. (a) 3,2 Hz; (b) 0,26 m; (c) $x = (0,26 \text{ m}) \cos(20t - \pi/2)$, com t em segundos 93. 0,079 kg · m² 95. (a) 0,44 s; (b) 0,18 m 97. (a) 245 N/m; (b) 0,284 s 99. 50 cm 101. (a) $8,11 \times 10^{-5}$ kg · m²; (b) 3,14 rad/s 103. 14,0° 105. (a) 0,30 m; (b) 0,28 s; (c) $1,5 \times 10^2$ m/s²; (d) 11 J 107. (a) 0,45 s; (b) 0,10 m acima e 0,20 m abaixo; (c) 0,15 m; (d) 2,3 J 109. 7×10^2 N/m 111. (a) F/m ; (b) $2F/mL$; (c) 0

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, 0,60, 0,45 5. (a) l; (b) 3; (c) 2 6. (a) 75 Hz; (b) 525 Hz P 1. a, para cima; b, para cima; c, para baixo; d, para baixo; e, para baixo; f, para baixo; g, para cima; h, para cima 3. (a) 1, 4, 2, 3; (b) 1, 4, 2, 3 5. (a) 0; 0,2 comprimento de onda; 0,5 comprimento de onda (zero); (b) $4P_{\text{méd},l}$ 7. intermediária (mais próxima de totalmente destrutiva) 9. c, a, b 11. d PR 1. (a) 3,49 m/s⁻¹; (b) 31,5 m/s 3. (a) 0,680 s; (b) 1,47 Hz; (c) 2,06 m/s 5. 1,1 ms 7. (a) 11,7 cm; (b) π rad 9. (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 11. (a) 3,0 mm; (b) 16 m^{-1} ; (c) $2,4 \times 10^2 \text{ s}^{-1}$; (d) negativo 13. (a) negativa; (b) 4,0 cm; (c) $0,31 \text{ cm}^{-1}$; (d) $0,63 \text{ s}^{-1}$; (e) π rad; (f) negativo; (g) 2,0 cm/s; (h) $-2,5 \text{ cm/s}$ 15. 129 m/s 17. (a) 0,12 mm; (b) 141 m^{-1} ; (c) 628 s^{-1} ; (d) positivo 19. (a) 15 m/s; (b) 0,036 N 21. (a) 5,0 cm; (b) 40 cm; (c) 12 m/s; (d) 0,033 s; (e) 9,4 m/s; (f) 16 m^{-1} ; (g) $1,9 \times 10^2 \text{ s}^{-1}$; (h) 0,93 rad; (i) positivo 23. 2,63 m 27. 3,2 mm 29. 0,20 m/s 31. $1,41y_m$ 33. (a) 9,0 mm; (b) 16 m^{-1} ; (c) $1,1 \times 10^3 \text{ s}^{-1}$; (d) 2,7 rad; (e) positivo 35. 5,0 cm 37. 84° 39. (a) 3,29 mm; (b) 1,55 rad; (c) 1,55 rad 41. (a) 7,91 Hz; (b) 15,8 Hz; (c) 23,7 Hz 43. (a) 82,0 m/s; (b) 16,8 m; (c) 4,88 Hz 45. (a) 144 m/s; (b) 60,0 cm; (c) 241 Hz 47. (a) 105 Hz; (b) 158 m/s 49. 260 Hz 51. (a) 0,25 cm; (b) $1,2 \times 10^2 \text{ cm/s}$; (c) 3,0 cm; (d) 0 53. (a) 0,50 cm; (b) $3,1 \text{ m}^{-1}$; (c) $3,1 \times 10^2 \text{ s}^{-1}$; (d) negativo 55. (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 57. 0,25 m 59. (a) 324 Hz; (b) 8 61. (a) $0,83y_i$; (b) 37° 63. (a) 0,31 m; (b) 1,64 rad; (c) 2,2 mm 65. 1,2 rad 67. (a) 3,77 m/s; (b) 12,3 N; (c) 0; (d) 46,4 W; (e) 0; (f) 0; (g) $\pm 0,50 \text{ cm}$ 69. (a) $2\pi y_m/\lambda$; (b) não 71. (a) 1,00 cm; (b) $3,46 \times 10^3 \text{ s}^{-1}$; (c) $10,5 \text{ m}^{-1}$; (d) positivo 73. (a) 75 Hz; (b) 13 ms 75. (a) 240 cm; (b) 120 cm; (c) 80 cm 77. (a) 144 m/s; (b) 3,00 m; (c) 1,50 m; (d) 48,0 Hz; (e) 96,0 Hz 79. (a) 2,0 mm; (b) 95 Hz; (c) $+30 \text{ m/s}$; (d) 31 cm; (e) 1,2 m/s 81. 36 N 83. (a) 300 m/s; (b) não 85. (a) 1,33 m/s; (b) 1,88 m/s; (c) $16,7 \text{ m/s}^2$; (d) $23,7 \text{ m/s}^2$ 87. (a) 0,16 m; (b) $2,4 \times 10^2 \text{ N}$; (c) $y(x, t) = (0,16 \text{ m}) \sin[(1,57 \text{ m}^{-1})x] \sin[(31,4$

$\text{s}^{-1})t]$ 89. (a) $[k \Delta \ell (\ell + \Delta \ell)/m]^{0,5}$ 91. (a) 0,52 m; (b) 40 m/s; (c) 0,40 m 93. (c) 2,0 m/s; (d) $-x$

Capítulo 17

T 1. começando a diminuir (exemplo: desloque mentalmente as curvas da Fig. 17-7 para a direita, a partir do ponto $x = 42 \text{ m}$) 2. (a) 1 e 2, 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. C e depois A e B empatados 3. (a) 0; 0,2 comprimento de onda; 0,5 comprimento de onda (zero); (b) $4P_{\text{méd},l}$ 5. 150 Hz e 450 Hz 7. E, A, D, C, B 9. 1, 4, 3, 2 PR 1. (a) 2,6 km; (b) $2,0 \times 10^2$ 3. (a) 79 m; (b) 41 m; (c) 89 m 5. 40,7 m 7. $1,9 \times 10^3 \text{ km}$ 9. (a) 76,2 μm ; (b) 0,333 mm 11. 0,23 ms 13. (a) $2,3 \times 10^2 \text{ Hz}$; (b) maior 15. 960 Hz 17. (a) 14; (b) 14 19. (a) 343 Hz; (b) 3; (c) 5; (d) 686 Hz; (e) 2; (f) 3 21. (a) 143 Hz; (b) 3; (c) 5; (d) 286 Hz; (e) 2; (f) 3 23. (a) 0; (b) totalmente construtiva; (c) aumenta; (d) 128 m; (e) 63,0 m; (f) 41,2 m 25. 15,0 mW 27. 36,8 mm 29. (a) $1,0 \times 10^3$; (b) 32 31. 0,76 μm 33. 2 μW 35. (a) $5,97 \times 10^{-5} \text{ W/m}^2$; (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) 833 Hz; (b) 0,418 m 41. (a) 2; (b) 1 43. (a) 405 m/s; (b) 596 N; (c) 44,0 cm; (d) 37,3 cm 45. (a) 3; (b) 1129 Hz; (c) 1506 Hz 47. 45,3 N 49. 12,4 m 51. 2,25 ms 53. 0,020 55. 0 57. (a) 526 Hz; (b) 555 Hz 59. 155 Hz 61. (a) 1,022 kHz; (b) 1,045 kHz 63. 41 kHz 65. (a) 485, Hz; (b) 500,0 Hz; (c) 486,2 Hz; (d) 500,0 Hz 67. (a) 2,0 kHz; (b) 2,0 kHz 69. (a) 42°; (b) 11 s 71. (a) 2,10 m; (b) 1,47 m 73. (a) 21 nm; (b) 35 cm; (c) 24 nm; (d) 35 cm 75. 0,25 77. (a) $9,7 \times 10^2 \text{ Hz}$; (b) 1,0 kHz; (c) 60 Hz, não 79. (a) $39,7 \mu\text{W/m}^2$; (b) 171 nm; (c) 0,893 Pa 81. (a) 10 W; (b) $0,032 \text{ W/m}^2$; (c) 99 dB 83. (a) 7,70 Hz; (b) 7,70 Hz 85. (a) 59,7; (b) $2,81 \times 10^{-4}$ 87. (a) 5,2 kHz; (b) 2 89. 2,1 m 91. 1 cm 93. (a) $3,6 \times 10^2 \text{ m/s}$; (b) 150 Hz 95. (a) 0; (b) 0,572 m; (c) 1,14 m 97. 171 m 99. (a) 11 ms; (b) 3,8 m 101. (a) para a direita; (b) 0,90 m/s; (c) menor 103. (a) $5,5 \times 10^2 \text{ m/s}$; (b) $1,1 \times 10^3 \text{ m/s}$; (c) 1 105. 400 Hz 107. (a) 14; (b) 12 109. (b) 0,8 a $1,6 \mu\text{s}$ 111. $4,8 \times 10^2 \text{ Hz}$

Capítulo 18

T 1. (a) são todos iguais; (b) 50°X, 50°Y, 50°W 2. (a) 2 e 3, 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 (ΔE_{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 é negativo; veja a Eq. 18-26). 7. b e d, a, c (mesmo valor de P_{cond} ; veja a Eq. 18-32) P 1. B e, em seguida, A e C empatados 3. c e, em seguida, a, b e d empatados 5. (a) ambos no sentido horário; (b) ambos no sentido horário 7. c, b, a 9. (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 11. (a) maior; (b) 1, 2, 3; (c) 1, 3, 2; (d) 1, 2, 3; (e) 2, 3, 1 PR 1. 348 K 3. 1,366 5. (a) 320°F; (b) $-12,3^\circ\text{F}$ 7. $-92,1^\circ\text{X}$ 9. 29 cm³ 11. 2,731 cm 13. 49,87 cm³ 15. 0,26 cm³ 17. 360°C 19. 0,13 mm 21. 7,5 cm 23. 94,6 L 25. 42,7 kJ 27. 160 s 29. 33 g 31. 3,0 min 33. 33 m² 35. 13,5 C° 37. 742 kJ 39. (a) 5,3°C; (b) 0; (c) 0°C; (d) 60 g 41. (a)

0°C; (b) 2,5°C **43.** -30 J **45.** (a) $1,2 \times 10^2$ J; (b) 75 J; (c) 30 J **47.** 60 J **49.** (a) 6,0 cal; (b) -43 cal; (c) 40 cal; (d) 18 cal; (e) 18 cal **51.** 1,66 kJ/s **53.** (a) 16 J/s; (b) 0,048 g/s **55.** (a) 1,23 kW; (b) 2,28 kW; (c) 1,05 kW **57.** 0,50 min **59.** (a) $1,7 \times 10^4$ W/m²; (b) 18 W/m² **61.** -4,2°C **63.** 1,1 m **65.** 0,40 cm/h **67.** 10% **69.** $4,5 \times 10^2$ J/kg·K **71.** 0,432 cm³ **73.** (a) $11p_1V_1$; (b) $6p_1V_1$ **75.** $4,83 \times 10^{-2}$ cm³ **77.** 23 J **79.** $3,1 \times 10^2$ J **81.** 10,5°C **83.** 79,5°C **85.** 8,6 J **87.** 333 J **89.** (a) 90 W; (b) $2,3 \times 10^2$ W; (c) $3,3 \times 10^2$ W **91.** (a) $1,87 \times 10^4$; (b) 10,4 h **93.** (a) -45 J; (b) +45 J **95.** (a) 80 J; (b) 80 J **97.** -6,1 nW **99.** 1,17°C

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, em seguida, 1, 2, 3 e 4 empatados 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 gás) **P** 1. 20 J 3. d, a e b, c 5. (a) 3; (b) 1; (c) 4; (d) 2; (e) sim 7. a volume constante 9. (a) 1, 2, 3, 4; (b) 1, 2, 3 **PR** 1. (a) 0,0127 mol; (b) $7,64 \times 10^{21}$ átomos 3.25 moléculas/cm³ 5.186 kPa 7. (a) 0,0388 mol; (b) 220°C 9. (a) $3,14 \times 10^3$ J; (b) cedido 11. 360 K 13. 5,60 kJ 15. (a) 1,5 mol; (b) $1,8 \times 10^3$ K; (c) 6,0 $\times 10^2$ K; (d) 5,0 kJ 17. $2,0 \times 10^5$ Pa 19. $1,8 \times 10^2$ m/s 21. (a) 511 m/s; (b) -200°C; (c) 899°C 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) 6×10^9 km 31. (a) $3,27 \times 10^{10}$ moléculas/cm³; (b) 172 m 33. (a) 420 m/s; (b) 458 m/s; (c) sim 35. (a) 6,5 km/s; (b) 7,1 km/s 37. (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 39. (a) 7,0 km/s; (b) $2,0 \times 10^{-8}$ cm; (c) $3,5 \times 10^{10}$ colisões/s 41. (a) 0,67; (b) 1,2; (c) 1,3; (d) 0,33 43. a) 0; (b) +374 J; (c) +374 J; (d) $+3,11 \times 10^{-22}$ J 45. 15,8 J/mol·K 47. (a) $6,6 \times 10^{-26}$ kg; (b) 40 g/mol 49. (a) 3,49 kJ; (b) 2,49 kJ; (c) 997 J; (d) 1,00 kJ 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. -15 J 59. -20 J 61. (a) diatômico; (b) 446 K; (c) 8,10 mol 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 m³; (n) 2,00 atm; (o) 0,0373 m³; (p) 1,00 atm 65. (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 67. 349 K 69. (a) -374 J; (b)

0; (c) +374 J; (d) $+3,11 \times 10^{-22}$ J 71. $7,03 \times 10^9$ s⁻¹ 73. (a) 2,00 atm; (b) 333 J; (c) 0,961 atm; (d) 236 J 75. (a) monoatômica; (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 77. (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 79. (a) 38 L; (b) 71 g 81. (a) $3/v_0$; (b) $0,750v_0$; (c) $0,775v_0$ 83. (a) -2,37 kJ; (b) 2,37 kJ 85. -3,0 J 87. (b) 125 J; (c) absorvida

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. a e c empatados e depois b e d empatados 3. b, a, c, d 5. permanece constante 7. A, primeira; B, primeira e segunda; C, segunda; D, nenhuma 9. (a) permanece a mesma; (b) aumenta; (c) diminui **PR** 1. 14,4 J/K 3. (a) $5,79 \times 10^4$ J; (b) 173 J/K 5. (a) 9,22 kJ; (b) 23,1 J/K; (c) 0 7. (a) 57,0°C; (b) -22,1 J/K; (c) +24,9 J/K; (d) +2,8 J/K 9. (a) -710 mJ/K; (b) +710 mJ/K; (c) +723 mJ/K; (d) -723 mJ/K; (e) +13 mJ/K; (f) 0 11. (a) 320 K; (b) 0; (c) +1,72 J/K 13. (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 15. +0,76 J/K 17. (a) -943 J/K; (b) +943 J/K; (c) sim 19. -1,18 J/K 21. (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 23. (a) 266 K; (b) 341 K 25. (a) 23,6%; (b) $1,49 \times 10^4$ J 27. 97 K 29. (a) 1,47 kJ; (b) 554 J; (c) 918 J; (d) 62,4% 31. (a) 2,27 kJ; (b) 14,8 kJ; (c) 15,4%; (d) 75,0%; (e) maior 33. (a) 33 kJ; (b) 25 kJ; (c) 26 kJ; (d) 18 kJ 35. (a) 3,00; (b) 1,98; (c) 0,660; (d) 0,495; (e) 0,165; (f) 34,0% 37. 20 J 39. 440 W 41. 2,03 43. 0,25 hp 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. (a) 87 m/s; (b) $1,2 \times 10^2$ m/s; (c) 22 J/K 51. (a) 78%; (b) 82 kg/s 53. (a) 40,9°C; (b) -27,1 J/K; (c) 30,5 J/K; (d) 3,4 J/K 55. $1,18 \times 10^3$ J/K 57. (a) 0; (b) 0; (c) -23,0 J/K; (d) 23,0 J/K 59. (a) 25,5 kJ; (b) 4,73 kJ; (c) 18,5% 61. 0,141 J/K·s 63. (a) 42,6 kJ; (b) 7,61 kJ 65. (a) 4,45 J/K; (b) não 67. (a) l; (b) l; (c) 3; (d) 10; (e) $1,5 \times 10^{-23}$ J/K; (f) $3,2 \times 10^{-23}$ J/K 69. +3,59 J/K 71. (a) 1,95 J/K; (b) 0,650 J/K; (c) 0,217 J/K; (d) 0,072 J/K; (e) diminui 73. (a) $1,26 \times 10^{14}$; (b) $4,71 \times 10^{13}$; (c) 0,37; (d) $1,01 \times 10^{29}$; (e) $1,37 \times 10^{28}$; (f) 0,14; (g) $9,05 \times 10^{58}$; (h) $1,64 \times 10^{57}$; (i) 0,018; (j) diminui

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

A

absorção de calor por sólidos e líquidos, 191-194
 aceleração. *Veja também* força; velocidade
 da gravidade (ag), 32
 variação com a altitude, 32t
 de queda livre (g) medida com um pêndulo físico, 97
 movimento harmônico simples, 89, 89
 princípio de equivalência (com a gravitação), 45
 aço
 coeficiente de dilatação térmica, 189t
 condutividade térmica, 200t
 curva tensão-deformação, 13
 inoxidável, condutividade térmica, 200t
 módulo de elasticidade volumétrico, 14
 propriedades elásticas, 14t
 velocidade do som no, 151t
 adiabática, 236, 236
 $\vec{a}_g$ (aceleração gravitacional), 32
 variação com a altitude, 32t
 água. *Veja também* gelo
 calores
 de transformação, 192, 193t
 específicos, 191t
 do mar
 calores específicos, 191t
 massa específica, 59t
 velocidade do som na, 151t
 massa específica, 59t
 módulo de elasticidade volumétrico, 14, 151
 ponto triplo, 184
 pontos de ebulição e congelamento em graus Celsius e Fahrenheit, 186t
 propriedades térmicas, 189
 velocidade
 do som na, 151, 151t
 média quadrática à temperatura ambiente, 222t
 alpinismo
 escalada de uma chaminé, 20, 20
 pinça, 21, 21, 26
 alumínio
 calores específicos, 191t
 coeficiente de dilatação linear, 189t
 condutividade térmica, 200t
 propriedades elásticas, 14t
 velocidade do som no, 151t
 ambiente, 190
 amônio, calor específico molar a volume constante, 230t
 amortecedores de massa, 94
 amplitude
 angular
 pêndulo simples, 96
 da aceleração no movimento harmônico simples, 89
 da pressão, ondas sonoras, 154, 155
 da velocidade
 movimento harmônico simples, 89
 oscilações forçadas, 103, 103
 do deslocamento
 ondas sonoras, 154, 154
 oscilações forçadas, 103, 103
 movimento harmônico simples, 88, 88
 ondas, 119, 119
 análise dimensional, 124
 anãs brancas, 39t
 massa específica do núcleo, 59t
 anel de Einstein, 46, 46
 ângulo
 de fase, movimento harmônico simples, 88, 88, 90

do cone de Mach, 170, 170
 antínos, 134, 134, 136
 aproximação de Stirling, 265
 aquecedor(es)
 de ambiente, 260
 solar, 208
 ar
 condutividade térmica, 200t
 massa específica, 59t
 módulo de elasticidade volumétrico, 151
 velocidade do som no, 151, 151t
 areia movediça, 85
 argônio, calor específico molar a volume constante, 230t
 atmosfera (atm), 60
 automóveis, pressão dos pneus. *Veja também* carros de corrida, 60t
 avalanche de areia, som produzido por uma, 179
 avião a jato, ondas de choque produzidas por um, 170

B

balanço elástico, 112
 balão
 capacidade de levantamento, 244
 variação de entropia ao encher um, 247
 barômetro de mercúrio, 60, 61, 64
 batimentos, 164, 164
 bebidas com gás, formação de névoa ao serem abertas, 215, 215
 besouros *Melanophila*, detecção de calor, 182, 182, 202
 blocos
 em equilíbrio estático estável, 2, 3, 7
 flutuantes, 69
 bola de beisebol, ponto doce, 114
 Boltzmann, Ludwig, 264
 Brahe, Tycho, 40
 British thermal unit (Btu), 191
 buracos negros, 28
 horizonte de eventos, 34
 lente gravitacional causada por, 46, 46
 miniburacos negros, 49
 superfícies, 28, 43

C

Calisto
 ângulo com Júpiter do ponto de vista da Terra, 99, 100
 parâmetros da órbita, 53t
 calor(es). *Veja também* termodinâmica, 259
 absorção por sólidos e líquidos, 191-194
 de fusão, 193
 de algumas substâncias, 193t
 de transformação, 192-194
 de algumas substâncias, 193t
 de vaporização, 193
 de algumas substâncias, 193t
 definição, 190
 e temperatura, 190
 específico, 191
 a pressão constante, 192
 a volume constante, 192
 de algumas substâncias, 191t
 molar, 192
 a pressão constante, 230-232
 a volume constante, 229
 de alguns materiais, 191t
 e graus de liberdade, 232-235, 233
 grandeza dependente da trajetória, 196

primeira lei da termodinâmica, 196
 sinal, 190
 caloria (cal), 191
 Caloria (Cal) (nutrição), 191
 calorímetro de fluxo, 214
 câmara anecóica, 180
 canhão SHARP (Super High Altitude Research Project), 56
 capacidade
 de levantamento, 244
 térmica, 191
 carros de corrida
 pegar o vácuo, 76
 sustentação negativa, 75, 76
 cascavel, sensores de radiação térmica, 202
 cauda de altas velocidades, 227
 célula de ponto triplo, 184, 185
 centro
 de gravidade, 5, 5
 de massa e centro de gravidade, 5
 de oscilação, pêndulo físico, 97, 114
 Ceres, velocidade de escape, 39t
 Chichen Itza, eco musical em, 149, 149, 153, 153
 chumbo
 calores
 de transformação, 193t
 específicos, 191t
 coeficiente de dilatação térmica, 189t
 condutividade térmica, 200t
 chuva, distribuição de velocidades das moléculas de água, 227
 ciclo
 de Carnot, 255, 256
 de um motor térmico, 255
 de um movimento harmônico simples, 88
 termodinâmico, 196, 196, 198
 cilindro, escoamento de um fluido ao redor de um, 70
 circunferência de referência, 100
 cobre
 calores
 de transformação, 193t
 específicos, 191t
 coeficiente de dilatação linear, 189t
 condutividade térmica, 200t
 coeficiente
 de desempenho de refrigeradores, 260
 de dilatação
 linear, 188
 de alguns materiais, 189t
 volumétrica, 189
 colete à prova de balas, 147, 147
 cometa de Halley, 42
 compressão
 hidrostática, 14
 isotérmica, 218
 máquina de Carnot, 255, 255
 compressibilidade, 14, 59
 comprimento de onda, 119, 119
 de uma corda esticada, 125
 sonoras, 154
 concreto
 coeficiente de dilatação linear, 189t
 propriedades elásticas, 14, 14t
 condensação, 193
 condicionadores de ar, 260
 condições iniciais, 91
 condução, 200, 200
 de calor, 200, 200
 condutividade térmica, 200
 de alguns materiais, 200t
 condutor de calor, 200
 bom, 200

mau, 200
cone de Mach, 170, 170
configuração
 em mecânica estatística, 262-264
 mais provável, 264
constante
 de amortecimento, movimento harmônico simples, 101
 de Boltzmann, 217
 de fase
 movimento harmônico simples, 88, 88
 ondas, 120, 120
 de Stefan-Boltzmann, 202
 de torção, 94
 dos gases ideais, 217
 gravitacional (G), 29
convecção, 201
 atmosférica, 201
cordas esticadas, 151
 energia e potência de ondas progressivas em, 126-127, 126
 equação de onda, 128
 harmônicas, 138
 ondas
 estacionárias, 134-136, 134, 135
 transversais em, 116, 117
 ressonância, 136-139, 136
 velocidade de onda, 124-126, 125
corpos
 de prova, 13
 elasticidade de corpos rígidos reais, 12
 elásticos, 12
crosta da Terra, 51, 51
 massa específica, 33, 59t
curvas tensão-deformação, 12, 13
curvatura do espaço, 45, 46

D

De Pólo a Pólo (George Griffith), 35
decibel, 158
defasagem
 movimento harmônico simples, 90
 ondas, 130
deformação, 12, 12, 13
densidade linear de uma corda esticada, 124, 125
derivada parcial, 123, 155
deslocamento. *Veja também* trabalho
 de fase
 movimento harmônico simples, 90
 ondas, 130
 sonoras, 156
 movimento harmônico simples, 88, 88, 89
 ondas
 em uma corda, 119, 119
 progressivas, 121
 oscilado harmônico amortecido, 101, 101
diagrama fasorial, 132-134, 133
diamante, coeficiente de dilatação linear, 189t
diferença de fase
 e o tipo de interferência resultante, 131t
 movimento harmônico simples, 90
 ondas, 130
 sonoras, 156
diferença de percurso, ondas sonoras, 156
diferenciais inexatas, 197
dilatação
 linear, 188, 189
 térmica, 188, 189
 volumétrica, 188
dióxido
 de carbono
 calor específico molar a volume constante, 230t
 velocidade média quadrática à temperatura ambiente, 222t
 de enxofre, velocidade média quadrática à temperatura ambiente, 222t
distância
 do afélio, 42
 do periélio, 42
distribuição de velocidades das moléculas, 225-228, 226
downforce, 75

E

ebulição, 192-193
eco musical, 149, 149, 153

edifícios
 frequência angular natural, 103
 que oscilam por causa do vento, 86, 86, 93, 137
efeito
 Doppler, 165-169
 detector em movimento, fonte parada, 166, 166, 167
 fonte em movimento, detector parado, 167, 168
 Leidenfrost, 211
 solo, 75
eficiência
 de máquina(s)
 de Carnot, 257
 de Stirling, 258
 térmicas reais, 258, 261
eficiência térmica
 máquina de Carnot, 257
 máquina de Stirling, 258
Einstein, Albert e a gravitação. *Veja também* relatividade, 45, 46
elasticidade, 2, 12-15, 12
 e velocidade da onda em uma corda esticada, 124
elástico, variação de entropia ao esticar um, 247, 247, 253
embolia gasosa em viagens de avião, 79
emissão otoacústica espontânea, 175
emissividade, 202
energia. *Veja também* trabalho
 de translação, gases ideais, 222
 específica, 72
 movimento harmônico simples, 93, 93
 onda progressiva em uma corda esticada, 126, 126, 127
 satélites em órbita, 44, 45
 como propriedade de estado, 249
 interna, 183
 de um gás ideal, 229
 e a primeira lei da termodinâmica, 197
mecânica
 movimento harmônico simples, 93, 93
 oscilador mecânico amortecido, 101
 satélites em órbita, 44, 44
 no movimento harmônico simples, 93, 93
 onda progressiva em uma corda esticada, 126-127, 126
potencial
 elástica, onda progressiva em uma corda esticada, 126, 126, 127
 gravitacional, 36-40, 36
 e força gravitacional, 38
 e velocidade de escape, 38
 movimento harmônico simples, 93, 93
 satélites em órbita, 44, 45
 térmica, 183
engenharia hidráulica, 58
entropia
 como função de estado, 249, 250
 e a segunda lei da termodinâmica, 253
 e probabilidade, 264
 e processos irreversíveis, 248
 força associada, 254
 máquinas térmicas, 255-259
 refrigeradores, 259
 visão estatística, 262-264
equação
 de Bernoulli, 72-76
 de continuidade, 70, 71
 de onda, 128
equilíbrio
 condições, 3
 definição, 2
 estático, 2, 2, 3
 condições, 3
 estável, 2, 3
 estruturas indeterminadas, 11, 11
 exemplos, 6-11
 fluidos, 61, 61
 instável, 2
 táticas para a solução de problemas, 10
 para rotações, 3
 para translações, 3
 térmico, 184
equipartição de energia, 233
equivalência de gravidade e aceleração, 45
escala
 Celsius de temperatura, 186, 186
 centígrada de temperatura, 186

de temperatura, 183, 183, 186
 comparação, 186
 Fahrenheit, 186, 186
Kelvin de temperatura, 183, 183, 186
escoamento
 incompressível, 69
 irrotacional, 70, 73
 laminar, 69
 não-viscoso, 69
 turbulento, 69
escorpião da areia, detecção de um besouro por ondas na superfície da areia, 141
espaço interestelar, massa específica, 59t
espaço-tempo, 45
espuma de poliuretano, condutividade térmica, 200t
estado, 192
 final, 195, 195, 229
 gasoso, 192
 inicial, 195, 195, 229
 líquido, 192
 sólido, 192
estrelas. *Veja também* buracos negros; Sol
 anãs brancas, 39t, 59t
 de nêutrons, 52
 massa específica do núcleo, 59t
 velocidade de escape, 39t
 detecção de planetas invisíveis em torno de, 53
 massa específica de algumas, 59t
 S2 no centro da Via Láctea, 27, 27, 42, 43
estrondo sônico, 170
estruturas indeterminadas, equilíbrio, 11, 11
etanol, calores específicos, 191t
Europa, parâmetros da órbita, 53t
excentricidade de órbita, 40, 41
 dos planetas do Sistema Solar, 42t
 e energia orbital, 44
expansão
 adiabática, 198, 198
 de um gás ideal, 235-238, 236
 isotérmica, 218
 máquina de Carnot, 255, 255
 variação de entropia, 250, 250
livre
 gases ideais, 237, 249-251, 249, 250
 primeira lei da termodinâmica para, 198t, 199
extensômetro, 13, 14

F

fase (de uma onda)
 cálculo de funções trigonométricas para fases muito grandes, 113, 123
 movimento harmônico simples, 88, 88
 ondas, 119, 119
 sonoras, 157
fase (de uma substância), 193
fasores, 132-134, 133
ferro
 condutividade térmica, 200t
 massa específica, 59t
fibra de vidro, condutividade térmica, 200t
fluidos
 definição, 58
 em repouso, 61-63, 62
 equação
 de Bernoulli, 72-76
 de continuidade, 70, 71
 ideais, movimento, 69, 70
 macaco hidráulico, 65, 65
 massa específica, 58
 medida de pressão, 63, 64
 movimento de, 69, 69
 peso aparente nos, 67
 pressão, 59
 princípio
 de Arquimedes, 66-69, 66
 de Pascal, 65, 65
 reais, 69
flutuação, 66, 67
Fobos, 52
fonte
 pontual, 150
 sonora isotrópica, 158
força. *Veja também* aceleração; momento linear; trabalho
 associada à entropia, 253
 atrativa, 29
 de amortecimento, movimento harmônico simples, 101

de arrasto
movimento harmônico simples amortecido, 101
viscoso, 70

de empuxo, 66-69, 66

de tração
e elasticidade, 13
e velocidade de onda em uma corda esticada, 125

gravitacional
centro de gravidade, 5, 5
e a lei da gravitação de Newton, 28-30, 29
e energia potencial, 38
e o princípio de superposição, 30-32
pêndulos, 96, 96

formas de onda, 116, 117, 120

frentes de onda, 150, 150

frequência, 120

angular
movimento harmônico simples, 88, 88
natural, 103
ondas, 120
sonoras, 154
oscilador harmônico amortecido, 101

de ressonância, 136, 136, 137

sons musicais, 162, 162

movimento harmônico simples, 87, 88

ondas, 120, 120
em uma corda esticada, 125
sonoras, 154

fulcro, 18

função
de estado, entropia como, 250
distribuição de probabilidade, 225

fusão, 192

G

g, aceleração de queda livre, medida com pêndulo físicos, 97

G, constante gravitacional, 29

galáxias, 28
como lentes gravitacionais, 46, 46
de Andrômeda, 28, 28

Galileu, 52

Ganimedes, parâmetros da órbita, 53t

gases. *Veja também* teoria cinética dos gases, 216
como fluidos, 58
compressibilidade, 59
condutividade térmica de alguns, 200t
confinados a um cilindro com um êmbolo móvel, 195, 196

ideais, 217
calores específicos molares, 228-232
a pressão constante, 230-232
a volume constante, 229
e graus de liberdade, 232

energia
cinética de translação, 222
interna, 229

expansão
adiabática, 235-238
livre, 249-251, 249, 250

trabalho
realizado a pressão constante, 219
realizado a temperatura constante, 218, 218
realizado a volume constante, 219

velocidade
mais provável das moléculas, 227
média das moléculas, 226
média quadrática, 220-222, 220, 222t, 227
velocidade do som em alguns, 151t

gelo
coeficiente de dilatação linear, 189t
massa específica, 59t
no ponto triplo, 184
propriedades térmicas, 189

g-LOC (perda de consciência induzida por g), dos pilotos de caça, 80

Grande Atrator, 28

Grande Nuvem de Magalhães, 28

grandezas
dependentes da trajetória, 196
independentes da trajetória, energia potencial gravitacional, 37

granito
calores específicos, 191t
velocidade do som no, 151t

graus de liberdade, moléculas de um gás ideal, 233

gravitação, 28
Lei de Newton, 28-30, 29, 40
na visão de Einstein, 45, 46
nas proximidades da superfície da Terra, 32-34
no interior da Terra, 35
perto da superfície da Terra, 33

gráviton, 46

Grupo Local, 28

H

HEAR (Hearing Education and Awareness for Rockers), 161

hélio, 233
calor específico molar
a volume constante, 230t
e graus de liberdade, 233t
condutividade térmica, 200t
velocidade
do som, 151t
média quadrática à temperatura ambiente, 222t

hertz, 87

hidrogênio
calores de transformação, 193t
condutividade térmica, 200t
velocidade
do som, 151t
média quadrática à temperatura ambiente, 222t

horizonte de eventos, 34

I

icebergs, 213

intensidade de ondas sonoras, 158, 158

interferência, 130-132, 130, 131
de ondas, 130-132, 130, 131
sonoras, 156-157, 156
intermediária, 131, 131, 131t
ondas sonoras, 157
totalmente construtiva, 131, 131, 131t, 134
ondas sonoras, 156
totalmente destrutiva, 131, 131, 131t, 134
ondas sonoras, 156

Invar, coeficiente de dilatação linear, 189t

inverso do mol, 217

Io, parâmetros da órbita, 53t

isolante térmico, 200
bom, 200

isopor, massa específica, 59t

isoterma, 218, 218

J

joule (J), 191

juntas de dilatação, 188

Júpiter, 53t
anéis, 56
lei dos períodos de Kepler, 42t
parâmetros das órbitas de quatro satélites, 53t
satélites observados por Galileu, 52
velocidade de escape, 39t

K

kelvins, 183, 185, 186, 188

Kepler, Johannes, 40

L

lá
de concerto, 164
de pedra, condutividade térmica, 200t

latão
calores específicos, 191t
coeficiente de dilatação linear, 189t
condutividade térmica, 200t

lei
da gravitação de Newton, 28-30, 29, 40
das áreas (segunda de Kepler), 40, 41
das órbitas (primeira de Kepler), 40, 40
de distribuição de velocidades de Maxwell, 225-228, 226
dos gases ideais, 217
dos períodos (terceira de Kepler), 41, 41
para os planetas do Sistema Solar, 42t

zero da termodinâmica, 183, 184

lente gravitacional, 46, 46

libra por polegada quadrada (psi), 60

limiar de audição, 159t

limite
de elasticidade, de alguns materiais, 14t
de ruptura, 13, 13
de alguns materiais, 14t
elástico, 13, 13

linhas de fluxo, 70, 70
no escoamento de fluidos, 70, 70

líquidos
absorção de calor, 191-194
como fluidos, 58
compressibilidade, 14, 59
dilatação térmica, 189
massa específica de alguns, 59t
velocidade do som em, 151t

Lua, 28
possível efeito sobre seres humanos, 49
velocidade de escape, 39t

luz, 116
efeito Doppler, 165
ultravioleta, 116
visível, 116

M

macaco hidráulico, 65, 65

madeira, propriedades elásticas, 14t

manômetro de tubo aberto, 64, 64

manto (da Terra), 51, 51
massa específica, 33

máquina(s)
de Stirling, 258, 258
térmicas, 255-259
de Carnot, 255, 255, 261
eficiência, 257, 261
de Stirling, 258, 258
eficiência, 255, 257, 261
ideais, 255
perfeita, 257, 257
reais, eficiência, 257, 261

Marte
diâmetro médio, 51
distância média do Sol, 52
lei dos períodos de Kepler, 42t
movimento relativo no céu (movimento retrógrado), 40, 40

massa. *Veja também* centro de massa
e velocidade de onda em uma corda esticada, 124

molar, 216
molecular, 217

massa específica
de alguns materiais, 59t
de fluidos, 58
de materiais escolhidos, 14t
linear de uma corda esticada, 124, 125

Maxwell, James Clerk, 225, 233

mecânica estatística, 262-264

medidor
de pressão, 60
venturi, 83

membrana de um tímpano, ondas estacionárias, 137

mercúrio (metal)
calores
de transformação, 193t
específicos, 191t
massa específica, 59t

Mercúrio (planeta), lei dos períodos de Kepler, 42t

metais
coeficientes de dilatação linear, 189t
condutividade térmica de alguns, 200t
rede cristalina, 12, 12
velocidade do som em, 151t

metano, 233
calor específico molar e graus de liberdade, 233t

microestados, 262-264

microondas, 116
efeito Doppler, 165

milímetro de mercúrio (mm Hg), 60

miniburacos negros, 49

modo
de oscilação, 136, 137
fundamental, 137, 162

módulo
de cisalhamento, 14
de elasticidade, 13

volumétrico, 14, 151
 de Young, 13
 de alguns materiais, 14t
 moléculas
 diatômicas, 230
 calores específicos molares a volume constante, 230t
 graus de liberdade, 232, 233t, 233
 monoatômicas, 229
 calores específicos molares a volume constante, 230t
 graus de liberdade, 232, 233t, 233
 poliatômicas, 230
 calores específicos molares a volume constante, 230t
 graus de liberdade, 232, 233t, 233
 momento
 angular no equilíbrio, 2
 linear em equilíbrio, 2
 montanhas
 efeito da atração gravitacional, 50
 raízes que penetram no manto, 80
 morcegos, uso de ondas ultra-sônicas, 169
 movimento
 circular uniforme e movimento harmônico simples, 100, 100
 harmônico, 88
 simples, 87-90, 87, 88
 aceleração, 89, 89
 amortecido, 101, 101, 102
 angular, 94, 94
 e movimento circular uniforme, 100, 100
 energia, 93, 93
 identificação, 92
 lei do, 90-92
 ondas produzidas por um, 117
 pêndulos, 95-99, 96
 velocidade, 88, 88, 89, 89
 longitudinal, 117
 periódico, 88
 transversal, 117
 mudança de fase, 193
 multiplicidade de configurações na mecânica estatística, 263

N

Netuno
 lei dos períodos de Kepler, 42t
 sistema de anéis, 56
 Newton, Isaac, 28, 40
 nitrogênio
 calor específico molar a volume constante, 230t
 velocidade média quadrática à temperatura ambiente, 222t
 nível
 de compensação, 80
 sonoro, 159
 alguns níveis sonoros, 159t
 nós, 134, 134, 136
 núcleo
 da Terra, 51, 51
 massa específica, 33, 59t
 pressão, 60t
 do Sol
 distribuição de velocidade dos fótons no, 227
 massa específica, 59t
 pressão, 60t
 número
 de Avogadro, 216
 de Loschmidt, 246
 de Mach, 170
 de onda, 119
 ondas sonoras, 154
 harmônico, 137
 sons musicais, 162, 162

O

oceano, pressão na fossa mais profunda, 60t
 onda(s)
 adiantadas, 133
 atrasadas, 133
 comprimento de onda e frequência, 119
 de choque, 170, 170
 de matéria, 116
 de radar, 116

de rádio, 116
 efeito Doppler, 165
 de televisão, 116
 do mar, 116
 eletromagnéticas, 116
 velocidade de propagação, 116
 em fase, 130, 132
 esféricas, 150
 estacionárias, 134
 e ressonância, 136-139, 136
 reflexões em uma interface, 135, 135
 fasores, 132-134, 133
 longitudinais, 116-118, 117, 150
 mecânicas, 116
 P, 173, 173
 planas, 150
 princípio de superposição para, 129, 129
 progressivas, 117
 energia e potência, 126-127, 126
 sonoras, 153-156, 153
 velocidade, 121-123, 120
 pulsada, 116, 116
 resultante, 129, 130
 S, 173, 173
 senoidais, 120, 120
 sísmicas, 116
 produzidas por explosões no Kursk, 117, 118
 sonoras, 116, 117
 batimentos, 164, 164
 efeito Doppler, 165-169, 166, 167, 168
 em fase, 156
 fontes de ondas sonoras musicais, 161-164, 161, 162
 interferência, 156-157, 156
 ondas progressivas, 153-156, 153
 velocidade, 150-153, 151t
 velocidade supersônica, 170, 170
 tipos de, 116
 total, 129
 transversais, 116, 116
 transversais e longitudinais, 116, 117, 150
 órbita geostacionária, 52
 oscilações. *Veja também* pêndulos; movimento harmônico simples; ondas, 87
 forçadas, 103
 livres, 103
 osciladores
 forçados, 103, 103
 harmônicos simples. *Veja também* pêndulos
 amortecido, 101, 101
 angulares, 94, 94
 lineares, 90-92, 90
 osso, propriedades elásticas, 14t
 oxigênio, 233
 calor específico molar a volume constante, 230t
 calor específico molar e graus de liberdade, 233t
 calores de transformação, 193t
 distribuição de velocidades moleculares a 300 K, 225
 velocidade média quadrática à temperatura ambiente, 222t

P

partícula de referência, 100
 pascal (Pa), 60, 151
 pêndulo como oscilador harmônico simples angular, 94, 94
 de torção, 94, 94
 debaixo d'água (amortecido), 101
 físico, 97, 97
 simples, 95-99, 96
 perda de audição, 161
 período
 movimento harmônico simples, 88, 88, 89
 ondas, 120, 120
 sonoras, 154
 oscilador harmônico simples linear, 90
 peso
 aparente em fluidos, 67
 do pêndulo, 95
 piche, 58
 pico
 central, 264
 de ressonância, 103
 pinho, condutividade térmica, 200t
 pistas de dança, oscilações ressonantes, 137
 placa composta, condução através de uma, 200, 201

planetas
 detecção de planetas invisíveis, 53
 leis de Kepler, 40-42
 Plutão, lei dos períodos de Kepler, 42t
 polias, estruturas fibrosas, 26, 26
 poliestireno, propriedades elásticas, 14t
 Ponte do Milênio, oscilações, 115, 115, 137
 ponto
 de congelamento, 187
 de ebulição, 192-193
 de algumas substâncias, 193t
 de fusão, 192
 de algumas substâncias, 193t
 doce no beisebol e outros esportes, 114
 triplo da água, 184
 posição. *Veja também* deslocamento de equilíbrio, pêndulo simples, 96
 movimento harmônico simples, 87
 postulado da entropia, 248
 potência
 média
 de máquinas térmicas, 258
 de uma onda progressiva em uma corda esticada, 127
 onda progressiva em uma corda esticada, 126-127, 126
 prata
 calores
 de transformação, 193t
 específicos, 191t
 condutividade térmica, 200t
 pressão(ões)
 absoluta, 62
 arterial, sistólica normal, 60t
 atmosférica, 60t
 como propriedade de estado, 249
 e a lei dos gases ideais, 217-220
 e a velocidade média quadrática de um gás ideal, 220-222
 fluidos, 58, 59
 hidrostáticas, 61-63
 medida, 63, 64
 monométrica, 62
 ponto triplo da água, 184
 trabalho realizado por um gás ideal a pressão constante, 219
 primeira lei
 da termodinâmica, 196
 casos especiais, 198-200, 197t
 de Kepler (lei das órbitas), 40, 41
 primeiro harmônico, 137
 sons musicais, 162, 162
 princípio
 de Arquimedes, 66-69, 66
 de equivalência, 45
 de Pascal, 65, 65
 de superposição
 para a gravitação, 30-32
 para ondas, 129, 130
 probabilidade e entropia, 264
 processos
 a pressão constante, 195, 195
 resumo, 238, 238t
 trabalho realizado por gases ideais, 219
 a temperatura constante
 resumo, 238, 238t
 trabalho realizado por gases ideais, 218, 218
 a volume constante, 196, 196
 primeira lei da termodinâmica para, 198, 198t
 resumo, 238, 238t
 trabalho realizado por gases ideais, 219
 adiabáticos
 primeira lei da termodinâmica para, 198, 198t
 resumo, 238, 238t
 cíclicos, primeira lei da termodinâmica para, 198, 198t
 irreversíveis. *Veja também* entropia, 248
 e a segunda lei da termodinâmica, 253
 isobáricos, resumo, 238, 238t
 isocóricos, resumo, 238, 238t
 isotérmicos, resumo, 238, 238t
 reversíveis, 249-251
 termodinâmicos, 195, 195
 resumo gráfico, 238
 unidirecionais, 248
 propriedades
 de estado, 249
 elásticas de alguns materiais, 14t
 prospecção sísmica, 150

Q

quartz fundido, coeficiente de dilatação linear, 189t
quasars, 46

R

radiação térmica, 202
radiador de corpo negro, 202
raios, 150, 150
raios X, 116
Rana catesbeiana (rã-touro), gritos de acasalamento emitidos pelos tímpanos, 175
rede cristalina, 12, 12
reflexão(ões)
 dura, de ondas progressivas em uma interface, 136, 136
 em uma interface, 135, 135
refrigeradores, 259, 260
 de Carnot, 260, 261
 ideais, 260
 perfeitos, 260, 261
relatividade, teoria da, geral, 45
reservatório térmico, 195, 195
resistência térmica, 200
ressonância
 e ondas estacionárias, 136-139, 136
 oscilações forçadas, 103

S

S2, estrela no centro da Via Láctea, 27, 27, 42, 43
Sagittarius A*, 42, 43
sangue, massa específica, 59t
satélites
 energia potencial gravitacional, 36
 leis de Kepler, 40-42
 órbita(s)
 e energia, 43-45, 44
 geoestacionária, 52
Saturno
 lei dos períodos de Kepler, 42t
 sistema de anéis, 56
segunda lei
 da termodinâmica, 253
 de Kepler (lei das áreas), 40, 41
segundo harmônico, 137
 sons musicais, 162, 162
semi-eixo maior de órbitas, 40, 41
 planetas do Sistema Solar, 42t
série harmônica, 137
sinal do calor, 190
Sirius B, velocidade de escape, 39t
sistema(s), 190
 asteróide-satélite, 53, 53
 bloco-mola
 sistemas oscilatórios, 90-92, 90
 amortecidos, 101, 101
 fechados, entropia, 253
sobrepressão, pressão manométrica, 64
Sol
 células de convecção, 202
 distribuição de velocidades dos fótons no núcleo, 227
 massa específica no centro do, 59t
 período de revolução em torno do centro da galáxia, 52
 pressão no centro do, 60t
 velocidade de escape, 39t
solidificação, 192
sólidos
 absorção de calor, 191-194
 calores específicos de alguns, 191t
 compressibilidade, 14
 condutividade térmica de alguns, 200t
 dilatação térmica, 188, 189
 velocidade do som nos, 151t
som(ns)
 emitidos pelos pinguins, 165
 musicais, 161-164
 produzido pelos cachalotes, 178, 179
sonar, 150
submarinos
 Kursk, 117, 118
 sonar, 150
substância de trabalho, 255
Superaglomerado Local, 28
supernova, 39t
super-resfriamento, 269
surfe, 57, 57, 68, 68
sustentação negativa em carros de corrida, 75, 76

T

taxa de condução, 200
temperatura, 183
 como propriedade de estado, 249
 de gás ideal, 186
 definição, 184
 e a lei dos gases ideais, 217-220
 e a lei zero da termodinâmica, 183, 184
 e a velocidade média quadrática de um gás ideal, 220-222
 e calor, 190
 medida, 184-186
 trabalho realizado por um gás ideal a temperatura constante, 218, 218
tempos, 255
 natureza direcional, 248
tensão, 12, 13
 compressiva, 13
 de cisalhamento, 12, 13, 14
 hidrostática, 12, 13, 14
 trativa, 12, 13
teorema das cascas, 29
teoria
 cinética dos gases. *Veja também* gases
 calor específico molar e graus de liberdade, 233
 distribuição de velocidades das moléculas, 225-228, 226
 e a teoria quântica, 233, 235
 e o número de Avogadro, 216
 energia cinética de translação, 222
 livre caminho médio, 223, 223
 velocidade
 mais provável das moléculas, 227
 média das moléculas, 226
 média quadrática, 220-222, 220, 222t, 227
 da relatividade geral, 45
 quântica, 233, 235
terceira lei de Kepler (lei dos períodos), 41, 41
para os planetas do Sistema Solar, 42t
terceiro harmônico, 137
 sons musicais, 162, 162
termodinâmica. *Veja também* entropia; processos irreversíveis, 183
 lei zero, 183, 184
 linguagem da, 259
 primeira lei, 196-200
 segunda lei, 253
termômetro(s), 183, 184
 clínicos e meteorológicos, 188
 de gás a volume constante, 185, 185
 de mercúrio, 188
termoscópio, 183, 183
Terra. *Veja também* crosta; manto; núcleo, 28
 diâmetro médio, 51
 distribuição não-uniforme de massa, 33, 33, 34
 excentricidade da órbita, 40
 forma elipsoidal, 33
 gravitação nas proximidades da superfície, 32-34, 33
 interior da, 51, 265
 lei de Kepler dos períodos, 42t
 massa específica
 em função da distância do centro, 33
 média, 59t
 nível de compensação, 80
 órbitas e energias dos satélites, 43-45, 43
 rotação, 33, 34
 velocidade de escape, 38, 39t
terremotos
 frequência angular natural de edifícios, 103, 103
 ondas S e P, 173
 oscilações de edifícios, 87
tira bimetalica, 188, 188
torr, 60
Torre de Pisa, 1, 1, 10
trabalho
 como grandeza que depende da trajetória, 196
 definição, 259
 e calor, 191, 195
 líquido por ciclo, máquina de Carnot, 256
 máquina de Carnot, 256
 primeira lei da termodinâmica, 196

realizado por um gás ideal
 a pressão constante, 219
 a temperatura constante, 218, 218
 a volume constante, 219

traçador para observar o escoamento de um fluido, 70, 70
transferência de calor, 200-204
 por radiação, 202
tubo
 de fluxo, 71, 71
 de Pitot, 84
tungstênio, calores específicos, 191t
turbina a jato, nível sonoro, 159t

U

ultra-som
 medida da velocidade do sangue, 180
 uso pelos morcegos, 169
ultra-sonografia, 150, 150
universo, temperatura logo após o Big Bang, 183
urânio, massa específica do núcleo, 59t
Urano, lei dos períodos de Kepler, 42t

V

vácuo
 massa específica do melhor vácuo em laboratório, 59t
 pegar o, 76
 pressão do melhor vácuo em laboratório, 60t
valor de R, 200, 201
vaporização, 192
variação(ões)
 de entropia, 249-251, 248
 máquina de Carnot, 256
 máquina de Stirling, 258
 de temperatura, 187
vazão, 71
 mássica, 71
velocidade(s). *Veja também* aceleração; força; energia cinética
 ao longo da linha de visada, 53
 das moléculas, distribuição de Maxwell de, 225-228, 226
 de escape, 38
 para alguns astros, 39t
 de onda, 121-123, 120
 em uma corda esticada, 124-126, 125
 ondas sonoras, 154
 do som, 150-153
 e velocidade média quadrática em um gás, 222
 em vários meios, 151t
 mais provável das moléculas de um gás, 227
 média
 de moléculas de gás, 226
 quadrática de um gás ideal, 220-222, 220, 227
 de algumas substâncias, 222t
 e a distribuição de velocidades das moléculas, 227
 movimento harmônico simples, 88, 88, 89, 89
 ondas progressivas, 121-123
vento
 adiabático, 244
 chinook, 244
Vênus, lei dos períodos de Kepler, 42t
Vespa mandarinia japonica, 210
Via Láctea, 28
 indícios de um buraco negro no centro da, 27, 42, 43
vidro
 calores específicos, 191t
 coeficiente de dilatação térmica, 189t
 condutividade térmica, 200t
 de janela, condutividade térmica, 200t
 propriedades elásticas, 14t
 Pyrex, coeficiente de dilatação linear, 189t
 quebrado por ondas sonoras, 158
volume
 como uma propriedade de estado, 249
 e a lei dos gases ideais, 217-220
 trabalho realizado por um gás ideal a volume constante, 219

Z

zero absoluto, 183



Gráfica e editora Ltda.

Impressão e acabamento

Rua Ulian, 307 - Vila Ema

03283-000 - São Paulo - SP

Tel/Fax: (011) 6104-1176

Email: adm@cromosete.com.br

2494,00

Prior 8982/09

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	ν
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

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

Comprimento e Volume

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

Tempo

$1 \text{ d} = 86\,400 \text{ s}$
 $1 \text{ ano} = 365 \text{ d} = 3,16 \times 10^7 \text{ s}$

Ângulos

$1 \text{ rad} = 57,0^\circ = 0,159 \text{ rev}$
 $\pi \text{ rad} = 180^\circ = \frac{1}{2} \text{ rev}$

Velocidade

$1 \text{ m/s} = 3,28 \text{ ft/s} = 2,24 \text{ mi/h}$
 $1 \text{ km/h} = 0,621 \text{ mi/h} = 0,278 \text{ m/s}$

Força e Pressão

$1 \text{ N} = 10^5 \text{ dina} = 0,225 \text{ lb}$
 $1 \text{ lb} = 4,45 \text{ N}$
 $1 \text{ t} = 2000 \text{ lb}$
 $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 = 10 \text{ dina/cm}^2$
 $= 1,45 \times 10^{-4} \text{ lb/in}^2$
 $1 \text{ atm} = 1,01 \times 10^5 \text{ Pa} = 14,7 \text{ lb/in}^2$
 $= 76,0 \text{ cm Hg}$

Energia e Potência

$1 \text{ J} = 10^7 \text{ erg} = 0,2389 \text{ cal} = 0,738 \text{ ft} \cdot \text{lb}$
 $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$
 $1 \text{ cal} = 4,1868 \text{ J}$
 $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$
 $1 \text{ hp}^{**} = 746 \text{ W} = 550 \text{ ft} \cdot \text{lb/s}$

Magnetismo

$1 \text{ T} = 1 \text{ Wb/m}^2 = 10^4 \text{ gauss}$

*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-va-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 978-85-216-1606-1

