

Respostas

dos Testes (T) e das Perguntas (P) e Problemas Ímpares (PR)

Capítulo 21

T 1. *C* e *D* se atraem; *B* e *D* se atraem 2. (a) para a esquerda; (b) para a esquerda; (c) para a esquerda 3. (a) *a*, *c*, *b*; (b) menor 4. $-15e$ (a carga total de $-30e$ se divide igualmente) **P** 1. *a* e *b* 3. 3, 1, 2, 4 (zero) 5. *b* e *c* empatados, *a* (zero) 7. $2kq^2/r^2$, para cima 9. (a) iguais; (b) menor; (c) subtraem; (d) somam; (e) que se somam; (f) no sentido positivo de *y*; (g) no sentido negativo de *y*; (h) no sentido positivo de *x*; (i) no sentido negativo de *x* **PR** 1. 1,39 m 3. 2,81 N 5. 0,500 7. (a) $-1,00 \mu\text{C}$; (b) $3,00 \mu\text{C}$ 9. (a) 0,17 N; (b) $-0,046 \text{ N}$ 11. $-4,00$ 13. (a) 1,60 N; (b) 2,77 N 15. (a) -14 cm ; (b) 0 17. (a) 35 N; (b) -10° ; (c) $-8,4 \text{ cm}$; (d) $+2,7 \text{ cm}$ 19. (a) $3,00 \text{ cm}$; (b) 0; (c) $-0,444$ 21. (a) 0; (b) 12 cm; (c) 0; (d) $4,9 \times 10^{-26} \text{ N}$ 23. $3,8 \times 10^{-8} \text{ C}$ 25. (a) $3,2 \times 10^{-19} \text{ C}$; (b) 2 27. $6,3 \times 10^{11}$ 29. 122 mA 31. $1,3 \times 10^7 \text{ C}$ 33. (a) $-6,05 \text{ cm}$; (b) 6,05 cm 35. (a) 0; (b) $1,9 \times 10^{-9} \text{ N}$ 37. (a) ^9B ; (b) ^{13}N ; (c) ^{12}C 39. $1,31 \times 10^{-22} \text{ N}$ 41. (a) $2,00 \times 10^{10}$ elétrons; (b) $1,33 \times 10^{10}$ elétrons 43. 0,19 MC 45. 3,8 N 47. (a) $8,99 \times 10^9 \text{ N}$; (b) 8,99 kN 49. $1,7 \times 10^8 \text{ N}$ 51. (a) 0,5; (b) 0,15; (c) 0,85 53. (a) $5,7 \times 10^{13} \text{ C}$; (b) porque as distâncias se cancelam; (c) $6,0 \times 10^5 \text{ kg}$ 55. (b) 3,1 cm 57. $-1,32 \times 10^{13} \text{ C}$ 59. (a) $(0,829 \text{ N})\hat{i}$; (b) $(-0,621 \text{ N})\hat{j}$ 61. $2,2 \times 10^{-6} \text{ kg}$ 63. $-45 \mu\text{C}$ 65. (a) $5,1 \times 10^2 \text{ N}$; (b) $7,7 \times 10^{28} \text{ m/s}^2$ 67. $4,68 \times 10^{-19} \text{ N}$ 69. (a) 1,72 L; (b) 0

Capítulo 22

T 1. (a) para a direita; (b) para a esquerda; (c) para a esquerda; (d) para a direita (as cargas de *p* e *e* têm o mesmo valor absoluto e *p* está mais longe) 2. (a) sentido positivo de *y*; (b) sentido positivo de *x*; (c) sentido negativo de *y* 3. (a) para a esquerda; (b) para a esquerda; (c) diminui 4. (a) todos empatados; (b) 1 e 3 empatados, e depois 2 e 4 empatados **P** 1. *a*, *b*, *c* 3. (a) à esquerda; (b) não 5. (a) sim; (b) na direção das cargas; (c) não (os vetores não apontam na mesma direção); (d) se cancelam; (e) se somam; (f) das componentes que se somam; (g) o sentido negativo do eixo *y* 7. *e*, *b*, depois *a* e *c* empatados, *d* (zero) 9. (a) 4, 3, 1, 2; (b) 3, depois 1 e 4 empatados, 2 11. *a*, *b*, *c* **PR** 1. (a) $6,4 \times 10^{-18} \text{ N}$; (b) 20 N/C 3. 56 pC 5. (a) $3,07 \times 10^{21} \text{ N/C}$; (b) para fora 7. -30 cm 9. $(1,02 \times 10^5 \text{ N/C})\hat{j}$ 11. (a) $1,38 \times 10^{-10} \text{ N/C}$; (b) 180° 13. (a) 160 N/C; (b) 45° 15. (a) $3,60 \times 10^{-6} \text{ N/C}$; (b) $2,55 \times 10^{-6} \text{ N/C}$; (c) $3,60 \times 10^{-4} \text{ N/C}$; (d) $7,09 \times 10^{-7} \text{ N/C}$; (e) Quando o próton se aproxima do disco, o equilíbrio das forças exercidas pelos elétrons aumenta. 17. (a) -90° ; (b) $+2,0 \mu\text{C}$; (c) $-1,6 \mu\text{C}$ 19. (a) $qd/4\pi\epsilon_0 r^3$; (b) -90° 23. 0,506 25. (a) 23,8 N/C; (b) -90° 27. (a) $-5,19 \times 10^{-14} \text{ C/m}$; (b) $1,57 \times 10^{-3} \text{ N/C}$; (c) -180° ; (d) $1,52 \times 10^{-8} \text{ N/C}$; (e) $1,52 \times 10^{-8} \text{ N/C}$ 29. (a) $1,62 \times 10^6 \text{ N/C}$; (b) -45° 31. 1,57 35. 0,346 m 37. 28% 39. $3,51 \times 10^{15} \text{ m/s}^2$ 41. $6,6 \times 10^{-15} \text{ N}$ 43. (a) $1,5 \times 10^3 \text{ N/C}$; (b) $2,4 \times 10^{-16} \text{ N}$; (c) para cima; (d) $1,6 \times 10^{-26} \text{ N}$; (e) $1,5 \times 10^{10}$ 45. (a) $1,92 \times 10^{12} \text{ m/s}^2$; (b) $1,96 \times 10^5 \text{ m/s}$ 47. $-5e$ 49. (a) $2,7 \times 10^6 \text{ m/s}$; (b) 1,0 kN/C 51. 27 μm 53. (a) 0,245 N; (b) $-11,3^\circ$; (c) 108 m; (d) $-21,6 \text{ m}$ 55. (a) $2,6 \times 10^{-10} \text{ N}$; (b) $3,1 \times 10^{-8} \text{ N}$; (c) salta para o estigma 57. (a) $9,30 \times 10^{-15} \text{ C} \cdot \text{m}$; (b) $2,05 \times 10^{-11} \text{ J}$ 59. $(1/2\pi)(pE/I)^{0,5}$ 61. 1,22 $\times 10^{-23} \text{ J}$ 63. 217° 65. (a) 47 N/C; (b) 27 N/C 67. (a) 6,0 mm; (b) 180° 69. $+1,00 \mu\text{C}$ 71. (a) $8,87 \times 10^{-15} \text{ N}$; (b) 120 73. 38 N/C 75. 9 h 30 min 77. (a) $-0,029 \text{ C}$; (b) porque a esfera seria

desintegrada pela força de repulsão 79. (a) $-1,0 \text{ cm}$; (b) 0; (c) 10 pC 81. (a) $-1,49 \times 10^{-26} \text{ J}$; (b) $(-1,98 \times 10^{-26} \text{ N} \cdot \text{m})\hat{k}$; (c) $3,47 \times 10^{-26} \text{ J}$ 83. 61 N/C 85. (a) $(-1,80 \text{ N/C})\hat{i}$; (b) $(43,2 \text{ N/C})\hat{j}$; (c) $(-6,29 \text{ N/C})\hat{i}$ 87. (a) linha de cima: 4, 8, 12; linha do meio: 5, 10, 14; linha de baixo: 7, 11, 16; (b) $1,63 \times 10^{-19} \text{ C}$

Capítulo 23

T 1. (a) $+EA$; (b) $-EA$; (c) 0; (d) 0 2. (a) 2; (b) 3; (c) 1 3. (a) igual; (b) igual; (c) igual 4. 3 e 4 empatados, depois 2, 1 **P** 1. todos empatados 3. (a) $8 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$; (b) 0 5. *a*, *c*, depois *b* e *d* empatados (zero) 7. (a) todos empatados ($E = 0$); (b) todos empatados 9. todos empatados **PR** 1. $-0,015 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$ 3. (a) 0; (b) $-3,92 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$; (c) 0; (d) 0 5. $2,0 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$ 7. 3,01 nN $\cdot \text{m}^2/\text{C}$ 9. 3,54 μC 11. (a) $8,23 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$; (b) 72,9 pC; (c) $8,23 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$; (d) 72,9 pC 13. (a) 0; (b) 0,0417 15. $-1,70 \text{ nC}$ 17. (a) $4,5 \times 10^{27} \text{ C/m}^2$; (b) $5,1 \times 10^4 \text{ N/C}$ 19. (a) 37 μC ; (b) $4,1 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$ 21. (a) $-3,0 \times 10^{-6} \text{ C}$; (b) $+1,3 \times 10^{-5} \text{ C}$ 23. 5,0 $\mu\text{C/m}$ 25. (a) 0,32 μC ; (b) 0,14 μC 27. (a) 0,214 N/C; (b) para dentro; (c) 0,855 N/C; (d) para fora; (e) $-3,40 \times 10^{-12} \text{ C}$; (f) $-3,40 \times 10^{-12} \text{ C}$ 29. (a) $2,3 \times 10^6 \text{ N/C}$; (b) para fora; (c) $4,5 \times 10^5 \text{ N/C}$; (d) para dentro 31. $3,8 \times 10^{-8} \text{ C/m}^2$ 33. $-1,5$ 35. (a) $5,3 \times 10^7 \text{ N/C}$; (b) 60 N/C 37. (a) 0; (b) 0; (c) $(-7,91 \times 10^{-11} \text{ N/C})\hat{i}$ 39. 0,44 mm 41. 5,00 nC/m² 43. (a) 0; (b) 1,31 $\mu\text{N/C}$; (c) 3,08 $\mu\text{N/C}$; (d) 3,08 $\mu\text{N/C}$ 45. $-7,5 \text{ nC}$ 47. (a) $2,50 \times 10^4 \text{ N/C}$; (b) $1,35 \times 10^4 \text{ N/C}$ 49. $1,79 \times 10^{-11} \text{ C/m}^2$ 51. (a) 0; (b) 56,2 mN/C; (c) 112 mN/C; (d) 49,9 mN/C; (e) 0; (f) 0; (g) $-5,00 \text{ fC}$; (h) 0 53. $6K\epsilon_0 r^3$ 55. (a) 7,78 fC; (b) 0; (c) 5,58 mN/C; (d) 22,3 mN/C 57. (a) 0,125; (b) 0,500 59. (a) $+2,0 \text{ nC}$; (b) $-1,2 \text{ nC}$; (c) $+1,2 \text{ nC}$; (d) $+0,80 \text{ nC}$ 61. (a) 5,4 N/C; (b) 6,8 N/C 63. (a) 0; (b) $2,88 \times 10^4 \text{ N/C}$; (c) 200 N/C 65. $(5,65 \times 10^4 \text{ N/C})\hat{j}$ 67. (a) $-2,53 \times 10^{-2} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$; (b) $+2,53 \times 10^{-2} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$ 69. (a) 0; (b) $q_a/4\pi\epsilon_0 r^2$; (c) $(q_a + q_b)/4\pi\epsilon_0 r^2$ 71. $-1,04 \text{ nC}$ 73. 3,6 nC 75. (a) 693 kg/s; (b) 693 kg/s; (c) 347 kg/s; (d) 347 kg/s; (e) 575 kg/s 79. (a) $+4,0 \mu\text{C}$; (b) $-4,0 \mu\text{C}$ 81. (a) 0,25 R; (b) 2,0 R

Capítulo 24

T 1. (a) negativo; (b) aumenta 2. (a) positivo; (b) aumenta 3. (a) para a direita; (b) 1, 2, 3, 5: positivo; 4, negativo; (c) 3, depois 1, 2 e 5 empatados, 4 4. todos empatados 5. *a*, *c* (zero), *b* 6. (a) 2, depois 1 e 3 empatados; (b) 3; (c) é acelerado para a esquerda **P** 1. (a) 1 e 2; (b) nenhum; (c) não; (d) 1 e 2, sim; 3 e 4, não 3. $-4q/4\pi\epsilon_0 d$ 5. (a) maior; (b) positivo; (c) negativo; (d) todas empatadas 7. (a) 3 e 4 empatados, depois 1 e 2 empatados; (b) 1 e 2, aumenta; 3 e 4, diminui 9. (a) 0; (b) 0; (c) 0; (d) as três grandezas continuam a ser 0 **PR** 1. 2,8 $\times 10^5$ 3. (a) $3,0 \times 10^5 \text{ C}$; (b) $3,6 \times 10^6 \text{ J}$ 5. 8,8 mm 7. (a) $1,87 \times 10^{-21} \text{ J}$; (b) $-11,7 \text{ mV}$ 9. $-32,0 \text{ V}$ 11. (a) $-0,268 \text{ mV}$; (b) $-0,681 \text{ mV}$ 13. (a) 3,3 nC; (b) 12 nC/m² 15. 0,562 mV 17. (a) 6,0 cm; (b) $-12,0 \text{ cm}$ 19. (a) 0,54 mm; (b) 790 V 21. 16,3 μV 23. (a) $-2,30 \text{ V}$; (b) $-1,78 \text{ V}$ 25. (a) 24,3 mV; (b) 0 27. 32,4 mV 29. 47,1 μV 31. 13 kV 33. 18,6 mV 35. $(-12 \text{ V/m})\hat{i} + (12 \text{ V/m})\hat{j}$ 37. $(-4,0 \times 10^{-16} \text{ N})\hat{i} + (1,6 \times 10^{-16} \text{ N})\hat{j}$ 39. 150 N/C 41. $-0,192 \text{ pJ}$ 43. (a) 0,90 J; (b) 4,5 J 45. (a) $+6,0 \times 10^4 \text{ V}$; (b) $-7,8 \times 10^5 \text{ V}$; (c) 2,5 J; (d) aumentar; (e) igual; (f) igual 47. 2,5 km/s 49. 22 km/s 51. (a) 0,225 J; (b) A 45,0 m/s², B 22,5 m/s²; (c) A 7,75 m/s, B 3,87 m/s 53. 0,32

km/s 55. (a) um próton; (b) 65,3 km/s 57. $1,6 \times 10^{-9}$ m 59. (a) 3,0 J; (b) -8,5 m 61. (a) 12; (b) 2 63. $2,5 \times 10^{-8}$ C 65. (a) $-1,8 \times 10^2$ V; (b) 2,9 kV; (c) -8,9 kV 67. (a) 12 kN/C; (b) 1,8 kV; (c) 5,8 cm 69. $7,0 \times 10^5$ m/s 71. (a) 1,8 cm; (b) $8,4 \times 10^5$ m/s; (c) $2,1 \times 10^{-17}$ N; (d) positivo; (e) $1,6 \times 10^{-17}$ N; (f) negativo 73. (a) $+7,19 \times 10^{-10}$ V; (b) $+2,30 \times 10^{-28}$ J; (c) $+2,43 \times 10^{-29}$ J 75. 2,1 dias 77. (a) 64 N/C; (b) 2,9 V; (c) 0 79. $2,30 \times 10^{-28}$ J 81. $2,30 \times 10^{-22}$ J 83. (a) $3,6 \times 10^5$ V; (b) não 85. -1,92 MV 87. $1,48 \times 10^7$ m/s 89. $6,4 \times 10^8$ V 93. (a) $Q/4\pi\epsilon_0 r$; (b) $(\rho/3\epsilon_0)(1,5r_2^2 - 0,50r^2 - r_1^2r^{-1})$; $\rho = Q/[(4\pi/3)(r_2^3 - r_1^3)]$; (c) $(\rho/2\epsilon_0)(r_2^2 - r_1^2)$, com ρ como em (b); (d) sim 95. $p/2\pi\epsilon_0 r^3$ 97. 2,90 kV 99. (a) 0,484 MeV; (b) 0 103. (a) 38 s; (b) 280 dias 105. -1,7 107. 1 109. (a) 1,48 nC; (b) 795 V 111. -187 V 115. (c) 4,2 V

Capítulo 25

T 1. (a) permanece a mesma; (b) permanece a mesma 2. (a) diminui; (b) aumenta; (c) diminui 3. (a) $V, q/2$; (b) $V/2, q$ P 1. a, 2; b, 1; c, 3 3. a, em série; b, em paralelo; c, em paralelo 5. (a) não; (b) sim; (c) todos empatados 7. (a) permanece a mesma; (b) permanece a mesma; (c) maior; (d) maior 9. em paralelo, C_1 sozinha, C_2 sozinha, em série 11. (a) aumenta; (b) permanece constante; (c) aumenta; (d) aumenta; (e) aumenta; (f) aumenta PR 1. (a) 3,5 pF; (b) 3,5 pF; (c) 57 V 3. $6,79 \times 10^{-4}$ F/m² 5. (a) 144 pF; (b) 17,3 nC 7. 0,280 pF 9. $3,16 \mu\text{F}$ 11. 315 mC 13. (a) $789 \mu\text{C}$; (b) 78,9 V 15. 43 pF 17. (a) $3,00 \mu\text{F}$; (b) $60,0 \mu\text{C}$; (c) 10,0 V; (d) $30,0 \mu\text{C}$; (e) 10,0 V; (f) $20,0 \mu\text{C}$; (g) 5,00 V; (h) $20,0 \mu\text{C}$ 19. (a) 50 V; (b) $5,0 \times 10^{-5}$ C; (c) $1,5 \times 10^{-4}$ C 21. 3,6 pC 23. (a) $4,0 \mu\text{F}$; (b) $2,0 \mu\text{F}$ 25. (a) $4,5 \times 10^{14}$; (b) $1,5 \times 10^{14}$; (c) $3,0 \times 10^{14}$; (d) $4,5 \times 10^{14}$; (e) para cima; (f) para cima 27. (a) $9,00 \mu\text{C}$; (b) $16,0 \mu\text{C}$; (c) $9,00 \mu\text{C}$; (d) $16,0 \mu\text{C}$; (e) $8,40 \mu\text{C}$; (f) $16,8 \mu\text{C}$; (g) $10,8 \mu\text{C}$; (h) $14,4 \mu\text{C}$ 29. 0,27 J 31. 72 F 33. (a) $9,16 \times 10^{-18}$ J/m³; (b) $9,16 \times 10^{-6}$ J/m³; (c) $9,16 \times 10^6$ J/m³; (d) $9,16 \times 10^{18}$ J/m³; (e) ∞ 35. (a) 16,0 V; (b) 45,1 pJ; (c) 120 pJ; (d) 75,2 pJ 37. (a) 190 V; (b) 95 mJ 39. 0,11 J/m³ 41. Pirex 43. 81 pF/m 45. 0,63 m² 47. 66 μJ 49. 17,3 pF 51. (a) 10 kV/m; (b) 5,0 nC; (c) 4,1 nC 53. (a) 0,107 nF; (b) 7,79 nC; (c) 7,45 nC 55. (a) 89 pF; (b) 0,12 nF; (c) 11 nC; (d) 11 nC; (e) 10 kV/m; (f) 2,1 kV/m; (g) 88 V; (h) -0,17 μJ 57. (a) 7,20 μC ; (b) $18,0 \mu\text{C}$; (c) A bateria fornece carga apenas às placas às quais está ligada; a carga das outras placas se deve apenas à transferência de elétrons de uma placa para outra de acordo com a nova distribuição e tensões pelos capacitores. Assim, a bateria não fornece carga diretamente ao capacitor 4. 59. (a) $10 \mu\text{C}$; (b) $20 \mu\text{C}$ 61. 45 μC 63. 16 μC 65. (a) 2,40 μF ; (b) 0,480 mC; (c) 80 V; (d) 0,480 mC; (e) 120 V 67. 40 μF 69. (a) 200 kV/m; (b) 200 kV/m; (c) $1,77 \mu\text{C}/\text{m}^2$; (d) $4,60 \mu\text{C}/\text{m}^2$; (e) $-2,83 \mu\text{C}/\text{m}^2$ 71. 4,9% 73. 1,06 nC 75. (a) 0,708 pF; (b) 0,600; (c) $1,02 \times 10^{-9}$ J; (d) atraído 77. 5,3 V

Capítulo 26

T 1. 8 A, para a direita 2. (a) -(c) para a direita 3. a e c empatados, b 4. dispositivo 2 5. (a) e (b) empatadas, depois (d), depois (c) P 1. a, b e c empatadas, d 3. A, B, e C empatados, depois A + B e B + C empatados, A + B + C 5. (a) superior-inferior, dianteira-traseira, esquerda-direita; (b) superior-inferior, dianteira-traseira, esquerda-direita; (c) superior-inferior, dianteira-traseira, esquerda-direita; (d) superior-inferior, dianteira-traseira, esquerda-direita 7. (a) C, B, A; (b) todos empatados; (c) A, B, C; (d) todos empatados 9. (a) B, A, C; (b) B, A, C PR 1. (a) 1,2 kC; (b) $7,5 \times 10^{21}$ 3. $6,7 \mu\text{C}/\text{m}^2$ 5. 0,38 mm 7. (a) $6,4 \text{ A}/\text{m}^2$; (b) norte; (c) a área da seção reta 9. 13 min 11. 18,1 μA 13. (a) 1,33 A; (b) 0,666 A;

(c) J_a 15. $2,0 \times 10^6 (\Omega \cdot \text{m})^{-1}$ 17. $2,0 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ 19. 2,4 Ω 21. 54 Ω 23. 3,0 25. $(1,8 \times 10^3)^\circ\text{C}$ 27. $3,35 \times 10^{-7}$ C 29. $8,2 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{m}$ 31. (a) 38,3 mA; (b) $109 \text{ A}/\text{m}^2$; (c) 1,28 cm/s; (d) 227 V/m 33. (a) 6,00 mA; (b) $1,59 \times 10^{-8}$ V; (c) 21,2 n Ω 35. 981 k Ω 39. (a) 1,0 kW; (b) $\$0,25$ 41. 0,135 W 43. (a) 10,9 A; (b) 10,6 Ω ; (c) 4,50 MJ 45. 150 s 47. (a) 28,8 Ω ; (b) $2,60 \times 10^{19}$ s⁻¹ 49. (a) 5,85 m; (b) 10,4 m 51. (a) $\$4,46$; (b) 144 Ω ; (c) 0,833 A 53. (a) 5,1 V; (b) 10 V; (c) 10 W; (d) 20 W 55. (a) $2,3 \times 10^{12}$; (b) $5,0 \times 10^3$; (c) 10 MV 57. (a) -8,6%; (b) menor 59. 660 W 61. (a) prata; (b) 51,6 n Ω 63. (a) 1,37; (b) 0,730 65. 28,8 kC 67. 146 kJ 69. $3,0 \times 10^6$ J/kg 71. 2,4 kW 73. 560 W 75. (a) 250°C; (b) sim

Capítulo 27

T 1. (a) para a direita; (b) todos empatados; (c) b, depois a e c empatados; (d) b, depois a e c empatados 2. (a) todas empatadas; (b) R_1, R_2, R_3 3. (a) menor; (b) maior; (c) igual 4. (a) $V/2, i$; (b) $V, i/2$ 5. (a) 1, 2, 4, 3; (b) 4, 1 e 2 empatados, 3 P 1. (a) em série; (b) em paralelo; (c) em paralelo 3. (a) igual; (b) maior 5. em paralelo, R_2, R_1 , em série 7. (a) permanece a mesma; (b) permanece a mesma; (c) menor; (d) maior 9. (a) diminui; (b) diminui; (c) aumenta 11. (a) todos empatados; (b) 1, 3, 2 PR 1. (a) 80 J; (b) 67 J; (c) 13 J 3. 11 kJ 5. (a) 14 V; (b) $1,0 \times 10^2$ W; (c) $6,0 \times 10^2$ W; (d) 10 V; (e) $1,0 \times 10^2$ W 7. (a) 0,50 A; (b) 1,0 W; (c) 2,0 W; (d) 6,0 W; (e) 3,0 W; (f) fornecendo; (g) recebendo 9. (a) 4,00 Ω ; (b) em paralelo 11. $3,6 \times 10^3$ A 13. (a) 50 V; (b) 48 V; (c) negativo 15. (a) 6,9 km; (b) 20 Ω 17. (a) 0,333 A; (b) para a direita; (c) 720 J 19. 8,0 Ω 21. (a) 0,004 Ω ; (b) 1 23. 4,50 Ω 25. 5,56 A 27. (a) 50 mA; (b) 60 mA; (c) 9,0 V 29. 3d 31. 48,3 V 33. (a) -11 V; (b) -9,0 V 35. 1,43 Ω 37. (a) 0,67 A; (b) para baixo; (c) 0,33 A; (d) para cima; (e) 0,33 A; (f) para cima; (g) 3,3 V 39. (a) 5,25 V; (b) 1,50 V; (c) 5,25 V; (d) 6,75 V 41. (a) 0,150 Ω ; (b) 240 W 43. (a) 0,709 W; (b) 0,050 W; (c) 0,346 W; (d) 1,26 W; (e) -0,158 W 45. 9 47. (a) 1,11 A; (b) 0,893 A; (c) 126 m 49. -3,0% 51. (a) 0,45 A 53. (a) 55,2 mA; (b) 4,86 V; (c) 88,0 Ω ; (d) diminui 57. 4,61 59. (a) 2,41 μs ; (b) 161 pF 61. 0,208 ms 63. 0,72 M Ω 65. (a) 1,1 mA; (b) 0,55 mA; (c) 0,55 mA; (d) 0,82 mA; (e) 0,82 mA; (f) 0; (g) $4,0 \times 10^2$ V; (h) $6,0 \times 10^2$ V 67. 411 μA 69. (a) $0,955 \mu\text{C}/\text{s}$; (b) $1,08 \mu\text{W}$; (c) $2,74 \mu\text{W}$; (d) $3,82 \mu\text{W}$ 71. (a) 3,0 kV; (b) 10 s; (c) 11 G Ω 73. (a) 24,8 Ω ; (b) 14,9 k Ω 75. (a) $1,32 \times 10^7$ A/m²; (b) 8,90 V; (c) cobre; (d) $1,32 \times 10^7$ A/m²; (e) 51,1 V; (f) ferro 77. o cabo 79. (a) 3,00 A; (b) 3,75 A; (c) 3,94 A 81. 20 Ω 83. (a) 3,00 A; (b) para baixo; (c) 1,60 A; (d) para baixo; (e) fornece; (f) 55,2 W; (g) fornece; (h) 6,40 W 85. (a) 85,0 Ω ; (b) 915 Ω 87. (a) 1,0 V; (b) 50 m Ω 89. -13 μC 91. 4,0 V 93. 3 97. (a) 1,5 mA; (b) 0; (c) 1,0 mA 99. (a) 0; (b) 14,4 W 103. (a) 60,0 mA; (b) para baixo; (c) 180 mA; (d) para a esquerda; (e) 240 mA; (f) para cima 105. (a) 4,0 A; (b) para cima; (c) 0,50 A; (d) para baixo; (e) 64 W; (f) 16 W; (g) fornecendo; (h) absorvendo 107. (a) 1,00 A; (b) 24,0 W 109. $1,00 \times 10^{-6}$ 111. (b) sim

Capítulo 28

T 1. a, +z; b, -x; c, $\vec{F}_B = 0$ 2. (a) 2 e depois 1 e 3 empatadas; (b) 4 3. (a) o elétron; (b) no sentido horário 4. -y 5. (a) todas empatadas; (b) 1 e 4 empatadas e depois 2 e 3 empatadas P 1. (a) $\vec{F}_E$; (b) $\vec{F}_B$ 3. (a) não, porque $\vec{v}$ e $\vec{F}_B$ devem ser perpendiculares; (b) sim; (c) não, porque $\vec{B}$ e $\vec{F}_B$ devem ser perpendiculares 5. (a) +z e -z empatadas, depois +y e -y empatadas, depois +x e -x empatadas (zero); (b) +y 7. (a) negativa; (b) igual; (c) igual; (d)

semicircunferência 9. (a) $\vec{B}_1$; (b) $\vec{B}_1$ para dentro do papel, $\vec{B}_2$ para fora do papel; (c) menor 11. (a) positivo; (b) $2 \rightarrow 1$ e $2 \rightarrow 4$ empatados, $2 \rightarrow 3$ (que é zero) **PR** 1. (a) $(6,2 \times 10^{-14} \text{ N})\hat{k}$; (b) $(-6,2 \times 10^{-14} \text{ N})\hat{k}$ 3. (a) 400 km/s; (b) 835 eV 5. $-2,0 \text{ T}$ 7. $-(0,267 \text{ mT})\hat{k}$ 9. $(-11,4 \text{ V/m})\hat{i} - (6,00 \text{ V/m})\hat{j} + (4,80 \text{ V/m})\hat{k}$ 11. 0,68 MV/m 13. 7,4 μV 15. (a) $(-600 \text{ mV/m})\hat{k}$; (b) 1,20 V 17. (a) $2,05 \times 10^7 \text{ m/s}$; (b) 467 μT ; (c) 13,1 MHz; (d) 76,3 ns 19. 21,1 μT 21. (a) 0,978 MHz; (b) 96,4 cm 23. $1,2 \times 10^{-9} \text{ kg/C}$ 25. (a) $2,60 \times 10^6 \text{ m/s}$; (b) 0,109 μs ; (c) 0,140 MeV; (d) 70,0 kV 27. 65,3 km/s 29. (a) 0,358 ns; (b) 0,166 mm; (c) 1,51 mm 31. (a) 495 mT; (b) 22,7 mA; (c) 8,17 MJ 33. 5,07 ns 35. $2,4 \times 10^2 \text{ m}$ 37. (a) 200 eV; (b) 20,0 keV; (c) 0,499% 39. (a) 467 mA; (b) para a direita 41. (a) 28,2 N; (b) horizontal, para oeste 43. $(-2,50 \text{ mN})\hat{j} + (0,750 \text{ mN})\hat{k}$ 45. (a) 0,10 T; (b) 31° 47. $(-4,3 \times 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m})\hat{j}$ 49. 0,60 μN 51. (a) 542 Ω ; (b) em série; (c) 2,52 Ω ; (d) em paralelo 53. 2,45 A 55. (a) 12,7 A; (b) 0,0805 N $\cdot$ m 57. (a) 0,30 A $\cdot$ m²; (b) 0,024 N $\cdot$ m 59. (a) $2,86 \text{ A} \cdot \text{m}^2$; (b) 1,10 A $\cdot$ m² 61. (a) $-(9,7 \times 10^{-4} \text{ N} \cdot \text{m})\hat{i} - (7,2 \times 10^{-4} \text{ N} \cdot \text{m})\hat{j} + (8,0 \times 10^{-4} \text{ N} \cdot \text{m})\hat{k}$; (b) $-6,0 \times 10^{-4} \text{ J}$ 63. (a) 90° ; (b) 1; (c) $1,28 \times 10^{-7} \text{ N} \cdot \text{m}$ 65. (a) $-72,0 \mu\text{J}$; (b) $(96,0\hat{i} + 48,0\hat{k}) \mu\text{N} \cdot \text{m}$ 67. 127 u 69. (a) 20 min; (b) $5,9 \times 10^{-2} \text{ N} \cdot \text{m}$ 71. 8,2 mm 73. $(-500 \text{ V/m})\hat{j}$ 75. (a) 0,50; (b) 0,50; (c) 14 cm; (d) 14 cm 77. -40 mC 79. (a) $(12,8\hat{i} + 6,41\hat{j}) \times 10^{-22} \text{ N}$; (b) 90° ; (c) 173° 81. (a) $6,3 \times 10^{14} \text{ m/s}^2$; (b) 3,0 mm 83. (a) 1,4; (b) 1,0 85. $(0,80\hat{j} - 1,1\hat{k}) \text{ mN}$

Capítulo 29

T 1. b, c, a 2. d, depois a e c empatados, b 3. d, a, b e c empatados (zero) **P** 1. c, d, depois a e b empatados (zero) 3. a, c, b 5. c, a, b 7. (a) 1, 3, 2; (b) menor 9. c e d empatados, depois b, a 11. b, a, d, c (zero) **PR** 1. (a) 16 A; (b) leste 3. (a) 3,3 μT ; (b) sim 5. (a) 0,102 μT ; (b) para fora 7. (a) opostos; (b) 30 A 9. (a) 4,3 A; (b) para fora 11. (a) 1,0 mT; (b) para fora; (c) 0,80 mT; (d) para fora 13. $(-7,75 \times 10^{-23} \text{ N})\hat{i}$ 15. 2,00 rad 17. 50,3 nT 19. $(80 \mu\text{T})\hat{j}$ 21. 132 nT 23. (a) 1,7 μT ; (b) para dentro do papel; (c) 6,7 μT ; (d) para dentro do papel 25. 61,3 mA 27. 5,0 μT 29. 256 nT 31. $(22,3 \text{ pT})\hat{j}$ 33. (a) 20 μT ; (b) para dentro do papel 35. 88,4 pN/m 37. 800 nN/m 39. $(-125 \mu\text{N/m})\hat{i} + (41,7 \mu\text{N/m})\hat{j}$ 41. $(3,20 \text{ mN})\hat{j}$ 43. (a) $-2,5 \mu\text{T} \cdot \text{m}$; (b) 0 45. (a) 0; (b) 0,850 mT; (c) 1,70 mT; (d) 0,850 mT 47. (a) 0; (b) 0,10 μT ; (c) 0,40 μT 49. 0,30 mT 51. (a) 533 μT ; (b) 400 μT 53. (a) 4,77 cm; (b) 35,5 μT 55. 0,272 A 57. 0,47 A $\cdot$ m² 59. (a) $2,4 \text{ A} \cdot \text{m}^2$; (b) 46 cm 61. (a) $(0,060 \text{ A} \cdot \text{m}^2)\hat{j}$; (b) $(96 \text{ pT})\hat{j}$ 63. (a) 79 μT ; (b) $1,1 \times 10^{-6} \text{ N} \cdot \text{m}$ 65. (a) 15,3 μT 67. (a) 15 A; (b) $-z$ 69. 7,7 mT 71. (a) $(0,24\hat{i}) \text{ nT}$; (b) 0; (c) $(-43\hat{k}) \text{ pT}$; (d) $(0,14\hat{k}) \text{ nT}$ 73. 1,28 mm 77. $(-0,20 \text{ mT})\hat{k}$ 85. (a) 4,8 mT; (b) 0,93 mT; (c) 0 93. (a) $\mu_0 i r / 2\pi c^2$; (b) $\mu_0 i l / 2\pi r$; (c) $\mu_0 i (a^2 - r^2) / 2\pi (a^2 - b^2) r$; (d) 0

Capítulo 30

T 1. b, depois d e e empatados, depois a e c empatados (zero) 2. a e b empatados, c (zero) 3. c e d empatados, depois a e b empatados 4. b, para fora; c, para fora; d, para dentro; e, para dentro 5. d ou e 6. (a) 2, 3, 1 (zero); (b) 2, 3, 1 7. a e b empatados, c **P** 1. (a) todas empatadas (zero); (b) 2, depois 1 e 3 empatadas (zero) 3. para fora 5. d e c empatadas, b, a 7. (a) todos empatados (zero); (b) 1 e 2 empatados, 3; (c) todos empatados (zero) 9. (a) maior; (b) igual; (d) igual (zero) **PR** 1. (a) 31 mV; (b) para a esquerda 3. 0,198 mV 5. 30 mA 7. 0 9. 0 11. (a) 21,7 V; (b) o sentido anti-horário 13. (b) 0,796 m² 15. (a) 40 Hz; (b) 3,2 mV 17.

5,50 kV 19. 29,5 mC 21. (a) $\mu_0 i R^2 \pi r^2 / 2x^3$; (b) $3\mu_0 i \pi R^2 r^2 v / 2x^4$; (c) anti-horário 23. (a) $1,26 \times 10^{-4} \text{ T}$; (b) 0; (c) $1,26 \times 10^{-4} \text{ T}$; (d) sim; (e) $5,04 \times 10^{-8} \text{ V}$ 25. (a) 80 μV ; (b) horário 27. (a) 13 $\mu\text{Wb/m}$; (b) 17%; (c) 0 29. 3,68 μW 31. (a) 48,1 mV; (b) 2,67 mA; (c) 0,129 mW 33. (a) 0,60 V; (b) para cima; (c) 1,5 A; (d) horário; (e) 0,90 W; (f) 0,18 N; (g) 0,90 W 35. (a) 240 μV ; (b) 0,600 mA; (c) 0,144 μW ; (d) $2,87 \times 10^{-8} \text{ N}$; (e) 0,144 μW 37. (a) 71,5 $\mu\text{V/m}$; (b) 143 $\mu\text{V/m}$ 39. 0,15 V/m 41. (a) 2,45 mWb; (b) 0,645 mH 43. 1,81 $\mu\text{H/m}$ 45. (a) aumentando; (b) 0,68 mH 47. (b) $L_{eq} = \sum L_j$, de $j = 1$ a $j = N$ 49. 59,3 mH 51. 6,91 53. 46 Ω 55. (a) 8,45 ns; (b) 7,37 mA 57. (a) 1,5 s 59. (a) $i[1 - \exp(-Rt/L)]$; (b) $(L/R) \ln 2$ 61. 25,6 ms 63. (a) 97,9 H; (b) 0,196 mJ 65. (a) 18,7 J; (b) 5,10 J; (c) 13,6 J 67. $1,5 \times 10^8 \text{ V/m}$ 69. (a) 34,2 J/m³; (b) 49,4 mJ 71. (a) 1,0 J/m³; (b) $4,8 \times 10^{-15} \text{ J/m}^3$ 73. (a) 1,67 mH; (b) 6,00 mWb 75. (b) enrolando as espiras dos dois solenóides em sentidos opostos 77. 13 μH 79. (a) $(4,4 \times 10^7 \text{ m/s}^2)\hat{i}$; (b) 0; (c) $(-4,4 \times 10^7 \text{ m/s}^2)\hat{i}$ 81. (a) 0,40 V; (b) 20 A 83. 1,15 W 85. (a) 2,0 A; (b) 0; (c) 2,0 A; (d) 0; (e) 10 V; (f) 2,0 A/s; (g) 2,0 A; (h) 1,0 A; (i) 3,0 A; (j) 10 V; (k) 0; (l) 0 87. 0,520 ms 89. 12 A/s 91. (a) 10 A; (b) $1,0 \times 10^2 \text{ J}$ 93. (a) 20 A/s; (b) 0,75 A 95. (a) 0; (b) $8,0 \times 10^2 \text{ A/s}$; (c) 1,8 mA; (d) $4,4 \times 10^2 \text{ A/s}$; (e) 4,0 mA; (f) 0 97. (a) 10 μT ; (b) para fora; (c) 3,3 μT ; (d) para fora 99. (a) 3,28 ms; (b) 6,45 ms; (c) ∞ ; (d) 0; (e) 3,00 ms 101. (a) 400 A/s; (b) 200 A/s; (c) 0,600 A 103. 21 mA

Capítulo 31

T 1. (a) $T/2$; (b) T ; (c) $T/2$; (d) $T/4$ 2. (a) 5 V; (b) 150 μJ 3. (a) permanece a mesma; (b) permanece a mesma 4. (a) C, B, A; (b) 1, A; 2, B; 3, S; 4, C; (c) A 5. (a) permanece a mesma; (b) aumenta 6. (a) 1, atrasada; 2, adiantada; 3, em fase; (b) 3 ($\omega_d = \omega$ para $X_L = X_C$) 7. (a) aumentar (o circuito é mais capacitivo que indutivo; devemos aumentar C para diminuir X_C e aproximar o circuito da ressonância, na qual P_{med} é máxima); (b) aproxima 8. (a) maior; (b) elevador **P** 1. (a) $T/4$; (b) $T/4$; (c) $T/2$; (d) $T/2$ 3. b, a, c 5. c, b, a 7. a, indutor; b, resistor; c, capacitor 9. (a) para a direita, maior (X_L aumenta, o circuito se aproxima da ressonância); (b) para a direita, aumenta (X_C diminui, o circuito se aproxima da ressonância); (c) para a direita, aumenta (ω_d/ω aumenta, o circuito se aproxima da ressonância) 11. (a) positiva; (b) diminuir (para diminuir X_L e aproximar o circuito da ressonância); (c) diminuir (aumentar X_C e aproximar o circuito da ressonância) **PR** 1. (a) 6,00 μs ; (b) 167 kHz; (c) 3,00 μs 3. 45,2 mA 5. (a) 1,17 μJ ; (b) 5,58 mA 7. (a) 1,25 kg; (b) 372 N/m; (c) $1,75 \times 10^{-4} \text{ m}$; (d) 3,02 mm/s 9. $7,0 \times 10^{-4} \text{ s}$ 11. (a) 275 Hz; (b) 365 mA 13. (a) 3,0 nC; (b) 1,7 mA; (c) 4,5 nJ 15. (a) 6,0; (b) 36 pF; (c) 0,22 mH 17. (a) 356 μs ; (b) 2,50 mH; (c) 3,20 mJ 19. (a) 1,98 μJ ; (b) 5,56 μC ; (c) 12,6 mA; (d) $-46,9^\circ$; (e) $+46,9^\circ$ 21. (a) 0,180 mC; (b) 70,7 μs ; (c) 66,7 W 25. 8,66 m Ω 29. (a) 0,65 kHz; (b) 24 Ω 31. (a) 95,5 mA; (b) 11,9 mA 33. (a) 6,73 ms; (b) 11,2 ms; (c) um indutor; (d) 138 mH 35. (a) 267 Ω ; (b) $-41,5^\circ$; (c) 135 mA 37. (a) 218 Ω ; (b) $23,4^\circ$; (c) 165 mA 39. (a) 206 Ω ; (b) $13,7^\circ$; (c) 175 mA 41. 7,61 A 43. 89 Ω 45. (a) 224 rad/s; (b) 6,00 A; (c) 219 rad/s; (d) 228 rad/s; (e) 0,040 47. (a) sim; (b) 1,0 kV 51. (a) 796 Hz; (b) permanece a mesma; (c) diminui; (d) aumenta 53. 1,84 A 55. (a) 12,1 Ω ; (b) 1,19 kW 57. (a) 0,743; (b) adiantada; (c) capacitivo; (d) não; (e) sim; (f) não; (g) sim; (h) 33,4 W; (i) porque, como são dados os valores da tensão e da corrente da fonte, a reatância da carga é conhecida 59. (a) 117 μF ; (b) 0; (c) 90,0 W; (d) 0; (e) 1; (f) 0; (g) -90° ; (h) 0 61. (a) 2,59 A; (b) 38,8 V; (c) 159 V; (d) 224 V; (e) 64,2 V; (f) 75,0 V; (g) 100 W; (h) 0; (i) 0 63. (a) 2,4 V; (b) 3,2 mA; (c) 0,16 A 65. (a) 1,9 V; (b) 5,9 W;

(c) 19 V; (d) $5,9 \times 10^2$ W; (e) 0,19 kV; (f) 59 kW 69. (a) 39,1 Ω ; (b) 21,7 Ω ; (c) capacitivo 71. (a) 45,0°; (b) 70,7 Ω 73. (a) 0,689 μ H; (b) 17,9 pJ; (c) 0,110 μ C 75. (a) 2,41 μ H; (b) 21,4 pJ; (c) 82,2 nC 77. (a) 64,0 Ω ; (b) 50,9 Ω ; (c) capacitivo 79. (a) -0,405 rad; (b) 2,76 A; (c) capacitivo 81. 1,84 kHz 83. (a) 0,577 Q; (b) 0,152 87. (a) 6,73 ms; (b) 2,24 ms; (c) um capacitor; (d) 59,0 μ F 91. (a) 165 Ω ; (b) 313 mH; (c) 14,9 μ F 93. (a) 168 Ω ; (b) diminuir; (c) diminuir; (d) diminuir 95. 7,08 mH 97. (a) 4,00 μ F, 5,00 μ F, 5,00 μ F, 5,00 μ F; (b) 1,78 kHz, 1,59 kHz, 1,59 kHz, 1,59 kHz; (c) 12,0 Ω , 12,0 Ω , 6,00 Ω , 4,00 Ω ; (d) 19,8 Ω , 22,4 Ω , 19,9 Ω , 19,4 Ω ; (e) 0,605 A, 0,535 A, 0,603 A, 0,619 A

Capítulo 32

T 1. d, b, c, a (zero) 2. a, c, b, d (zero) 3. b, c e d empatados, a 4. (a) 2; (b) 1 5. (a) afastá-las; (b) na direção oposta; (c) menor 6. (a) aproximá-las; (b) na direção do ímã; (c) menor **P** 1. a, diminuindo; b, diminuindo 3. 1 a, 2 b, 3 c e d 5. (a) a e b empatados, c, d; (b) nenhuma (a placa não possui simetria circular); (c) nenhuma 7. (a) 1 para cima, 2 para cima, 3 para baixo; (b) 1 para baixo, 2 para cima, 3 nula 9. ganha energia 11. (a) 1, 3, 2; (b) 2 **PR** 1. +3 Wb 3. (a) 47,4

μ Wb; (b) para dentro 5. $2,4 \times 10^{13}$ V/m $\cdot$ s 7. (a) 1,9 pT 9. (a) $1,18 \times 10^{-19}$ T; (b) $1,06 \times 10^{-19}$ T 11. (a) $5,01 \times 10^{-22}$ T; (b) $4,51 \times 10^{-22}$ T 15. $7,5 \times 10^5$ V/s 17. (a) 0,63 μ T; (b) $2,3 \times 10^{12}$ V/m $\cdot$ s 19. (a) 0,71 A; (b) 0; (c) 2,8 A 21. (a) 2,0 A; (b) $2,3 \times 10^{11}$ V/m $\cdot$ s; (c) 0,50 A; (d) 0,63 μ T $\cdot$ m 23. (a) 0,324 V/m; (b) $2,87 \times 10^{-16}$ A; (c) $2,87 \times 10^{-18}$ 25. (a) 75,4 nT; (b) 67,9 nT 27. (a) 27,9 nT; (b) 15,1 nT 29. (a) 7,60 μ A; (b) 859 kV $\cdot$ m/s; (c) 3,39 mm; (d) 5,16 pT 31. 55 μ T 33. (a) $-9,3 \times 10^{-24}$ J/T; (b) $1,9 \times 10^{-23}$ J/T 35. (a) 0; (b) 0; (c) 0; (d) $\pm 3,2 \times 10^{-25}$ J; (e) $-3,2 \times 10^{-34}$ J $\cdot$ s; (f) $2,8 \times 10^{-23}$ J/T; (g) $-9,7 \times 10^{-25}$ J; (h) $\pm 3,2 \times 10^{-25}$ J 37. (b) +x; (c) horário; (d) +x 39. 20,8 mJ/T 41. sim 43. (b) K/B; (c) -z; (d) 0,31 kA/m 47. (a) 3,0 μ T; (b) $5,6 \times 10^{-10}$ eV 49. $5,15 \times 10^{-24}$ A $\cdot$ m² 51. (a) 0,14 A; (b) 79 μ C 53. (a) $1,8 \times 10^2$ km; (b) $2,3 \times 10^{-5}$ 57. (a) $6,3 \times 10^8$ A; (b) sim; (c) não 59. (a) 27,5 mm; (b) 110 mm 61. (a) 7; (b) 7; (c) $3h/2\pi$; (d) $3eh/4\pi m$; (e) $3,5h/2\pi$; (f) 8 63. (a) 9; (b) $3,71 \times 10^{-23}$ J/T; (c) $+9,27 \times 10^{-24}$ J; (d) $-9,27 \times 10^{-24}$ J 65. 0,84 kJ/T 67. (a) $-8,8 \times 10^{15}$ V/m $\cdot$ s; (b) $5,9 \times 10^{-7}$ T $\cdot$ m 69. (a) $(1,2 \times 10^{-13} \text{ T}) \exp[-t/(0,012 \text{ s})]$; (b) $5,9 \times 10^{-15}$ T 71. 8,0 A 73. (b) -x; (c) anti-horário; (d) -x 75. (b) negativo; (c) não, porque existe um fluxo positivo penetrando na base do cilindro mais próxima do ímã

Índice

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

- A**
- Ação à distância, 24
 - Aceleradores de partículas, 214
 - Água, 125
 - destilada, 3
 - Alumínio, 148
 - Ampère, 7, 157
 - André-Marie, 241
 - lei de, 241
 - Amperímetro, 182
 - Amplitudes, 305
 - de corrente, 321
 - exponencialmente decrescentes, 313
 - Analogia eletromecânica, 308
 - Anel
 - de cargas positivas, 30
 - de Rowland, 360
 - Ângulo de rotação, 316
 - Aniquilação, processo de, 14
 - Antera, flor, 37
 - Ar, 125
 - Arco de circunferência, 238
 - Atividade
 - cerebral, campo magnético produzido pela, 237
 - solar, 331
 - Atração, 3
 - Aurora, 201
 - oval de, 212
 - Auto-indução, 279
- B**
- Bateria, 112, 121, 167
 - Berílio, 215
 - Biot-Savart, lei de, 234
 - Bloco-mola, oscilador, 309
 - Bobina
 - campo magnético de uma, 248
 - de N espiras, 266
 - percorrida por corrente, 247, 248
 - plana, 220
 - Bohr, magneton de, 353
 - Borracha, 3
 - Bússola de inclinação, 351
- C**
- Câmara hiperbárica, 123
 - Campo(s)
 - cruzados
 - descoberta do elétron, 206
 - efeito Hall, 208
 - de pressão, 24
 - de temperatura, 24
 - de velocidades, 53
 - através da espira, 53
 - declinação de, 351
 - elétricos, 23-50
 - alguns, 24
 - cálculo, 113
 - carga pontual em um, 35
 - energia armazenada em um, 121
 - externo, 60, 96
 - fluxo de um, 53
 - induzidos, 274
 - lei de Gauss para, 344
 - não-uniforme, 55
 - uniforme, 26
 - escalares, 24
 - externo, 35
 - linhas de, 25
 - magnético(s), 201-232
 - alguns, 204
 - B , 203
 - ciclotrons e sincrotrons, 214
 - cruzados, 206
 - descoberta do elétron, 206
 - efeito Hall, 208
 - da Terra, 342, 361
 - energia
 - armazenada em, 284
 - densidade de, 286
 - força magnética em um fio percorrido por
 - corrente, 216
 - induzidos, 345, 348
 - intrínseco, 202
 - lei de Gauss para, 343
 - linhas de, 205
 - momento magnético dipolar, 221
 - o que produz um, 202
 - partícula carregada em movimento
 - circular, 210
 - produzido
 - pela atividade cerebral, 237
 - por correntes, 233-262
 - bobina percorrida por corrente como um
 - dipolo magnético, 247
 - cálculo, 234
 - forças entre duas correntes paralelas, 240
 - lei de Ampère, 241
 - solenóides e toróides, 245
 - torque em uma espira percorrida por
 - corrente, 218
 - radial, 220
 - total, 238
 - vetorial, 24
 - Canhão
 - de elétrons, 210
 - eletromagnético, 241
 - Capacitância, 110-139
 - cálculo, 113
 - capacitores
 - com um dielétrico, 124
 - em paralelo, 116
 - em série, 116
 - dielétricos
 - e a lei de Gauss, 128
 - uma visão atômica, 127
 - energia armazenada em campo elétrico, 121
 - equivalente, determinação da, 119
 - Capacitor(es)
 - carga de um, 111, 112
 - carregamento de um, 183
 - cilíndrico, 114, 115
 - de placas paralelas, 111, 128, 345
 - descarga de um, 184
 - em paralelo, 116, 117
 - em série, 116, 117
 - equivalente, 116
 - esférico, 115
 - tipos de, 111
 - Carga(s)
 - "bombeamento" de, 167
 - capacitiva, 317
 - pura, 318
 - contínuas, 30
 - de equilíbrio, 182
 - de mesmo sinal, 3
 - de prova positiva, 24
 - de sinais opostos, 3
 - de um capacitor, 111, 112
 - elementar, medindo a, 35
 - equipamento usado por Millikan, esquema, 36
 - elétricas, 1-22
 - acúmulo de, 2
 - conservação da, 13
 - medidas de, algumas, 30
 - quantizada, 12
 - indutiva, 319
 - induzida, 4
 - linha de, 89
 - negativas, 1
 - placa de, 63
 - pontual, 26, 56
 - em um campo elétrico, 35
 - negativa, 61
 - potencial produzido por uma, 84
 - portadores de, 142
 - anel de, 30
 - positivas, 1, 144
 - resistiva, 315
 - símbolos que representam, 10
 - total, 2
 - Carregamento
 - de um capacitor, 183
 - equação de, 183
 - Casca esférica, 65, 66
 - Célula(s)
 - de combustível, 167
 - solares, 167
 - Centelhamento, 36
 - de um condutor carregado, 95
 - Cérebro, ativação do, 233
 - Ciclotrons, 214
 - Cinturões de radiação de Van Allen, 211
 - Circuito(s), 166-200
 - análise de, 181
 - aterrando um, 174
 - "bombeamento" de cargas, 167
 - com mais de uma malha, 176
 - de corrente alternada, potência em, 326
 - de uma malha, 182
 - cálculo da corrente, 169
 - elétrico, 112
 - simples, 168
 - em vários capacitores, 121
 - fechado, 171
 - LC , oscilações, 305
 - análise quantitativa, 309
 - mais capacitivo que indutivo, 323
 - mais indutivo que capacitivo, 323
 - puramente
 - capacitivo, 324
 - indutivo, 324
 - RC , 182
 - RL , 281, 283
 - RLC , 307
 - em série, 321
 - oscilações amortecidas em um, 312
 - simples, 315
 - trabalho, energia e força eletromotriz, 168
 - Cobre, 148
 - neutro, 4
 - propriedades elétricas, 156
 - resistividade do, 149
 - Coefficiente de temperatura da resistividade, 149
 - Condutor(es), 3
 - carregado, 59
 - centelhamento de um, 95
 - com uma cavidade interna, 59
 - potencial de um, 94
 - descarregado, 96
 - em um campo elétrico externo, 96

- esféricos, 7
 - metálicos, 37
 - elétrons de condução em, 141
 - perfeitos, 4
 - remoção do, 59
 - Constante
 - de fase, 323
 - de tempo, 183
 - capacitiva, 183
 - indutiva, 282
 - dielétrica, 125
 - eletrostática, 6
 - Contaminação
 - bacteriana, 5
 - onde está a fonte de?, 1
 - Corrente(s), 140
 - alternada, 310
 - oscilações eletromagnéticas e, 304-341
 - contínua, 314
 - de deslocamento, 347
 - de magnetização, 330
 - de terra, perigos, 140
 - definição, 142
 - densidade de, 143
 - elemento de, 234
 - elétrica, 6, 7, 141
 - estacionária, 323
 - fase e amplitude para, 320
 - induzida, 264
 - paralelas, 240
 - forças entre duas, 240
 - parasitas, 273, 274
 - resistência e, 140-165
 - densidade de corrente, 143
 - lei de Ohm, 151
 - visão microscópica da, 152
 - potência em circuitos elétricos, 154
 - resistividade e, 147
 - semicondutores, 155
 - supercondutores, 157
 - sentido de, 142
 - transitória, 323
 - Coulomb
 - Charles-Augustin de, 6
 - lei de, 3, 6
 - Curie
 - Pierre, 358
 - temperatura de, 60
 - Curva
 - amperiana, 242
 - de magnetização, 358-360, 362
 - de ressonância, 325
 - fechada, 242
- D**
- Decaimento radiativo, 13
 - Densidade
 - de cargas, 33
 - de corrente, 143
 - de energia, 122, 123
 - de energia de um campo magnético, 286
 - linear de cargas, 30
 - superficial de cargas, 30
 - volumétrica de cargas, 30
 - Deriva, velocidade de, 144
 - Descarga
 - de um capacitor, 184
 - equação de, 184
 - lateral, 189
 - para cima, 62
 - Deslocamento
 - corrente de, 347
 - elétrico, 128
 - Dêuterons, 215
 - Diamagnetismo, 356
 - Dielétrico(s)
 - apolar, 127
 - capacitor com um, 124
 - lei de Gauss e, 128
 - polares, 127
 - propriedades de alguns, 125
 - uma visão atômica, 127
 - Diferença de potencial
 - de Hall, 208
 - de uma fonte real, 173
 - entre dois pontos, 173
 - Dipolo
 - elétrico, 26, 221
 - campo elétrico produzido por um, 28
 - centro, 28
 - eixo, 28
 - em campo elétrico, 38
 - energia potencial, 39
 - torque de um, 38
 - magnético, 205, 343
 - Disco carregado, 90
 - campo elétrico produzido por um, 34
 - Distribuição esférica, 66
 - Domínios magnéticos, 360
 - Dopagem, 156
- E**
- Efeito
 - de borda, 64
 - Hall, 208
 - Elemento
 - de corrente, 234
 - neutro, 1
 - Eleticidade, gerador de, 167
 - Eletroímã, 202
 - Eletrojoato, 331
 - Eletromagnetismo, 2, 234
 - Eletromecânica, analogia, 308
 - Elétron(s)
 - a descoberta do, 206
 - canhão de, 210
 - circulando em uma câmara com gás, 210
 - de condução, 4, 141
 - em condutores metálicos, 141
 - livres, 59, 141
 - modelo de, 152
 - Elétron-volt, 80
 - Eletroplacas, 180
 - Eletrostática, 3, 36
 - Energia
 - armazenada em campo
 - magnético, 284
 - elétrico, 121
 - densidade de, 122
 - elétrica
 - da Terra, sistema de distribuição, 304
 - redes de transmissão de, 331
 - sistema de transmissão de, 328
 - eletromagnética total, 312
 - método da, 169
 - potencial
 - de referência, 78
 - de um sistema de cargas pontuais, 92
 - elétrica, 78
 - magnética, 221
 - por unidade de carga, 79
 - térmica dissipada, 155
 - transferências de, 271
 - Enlaçamento de fluxo magnético, 278
 - Enrolamento compacto, 266
 - Equação(ões)
 - de carregamento, 183
 - de descarga, 184
 - de Maxwell
 - magnetismo da matéria, 342-372
 - campos magnéticos induzidos, 345
 - corrente de deslocamento, 347
 - diamagnetismo, 356
 - ferromagnetismo, 360
 - ímãs permanentes, 350
 - lei de Gauss para campos magnéticos, 343
 - magnetismo e elétrons, 352
 - o que é física?, 343
 - paramagnetismo, 358
 - propriedades magnéticas dos materiais, 356
- Equilíbrio, 1
 - carga de, 182
 - eletrostático, 59
- Esfera isolada, 115, 116
- Espectrômetro de massa, 213
- Espira(s)
 - cerradas, 245
 - circular, 249
 - para órbitas eletrônicas, modelo de, 354
 - percorrida por corrente, 248, 354
 - torque em uma, 218
 - retangular, 219
- Estigma, flor, 37
- E**
- Etanol, 125
 - Explosões de nuvens de pó, 122
- F**
- Faraday
 - lei de indução de, 264
 - Michael, 1, 124
 - equipamento usado por, 125
 - Fator de potência, 327
 - Ferro, 148
 - Ferromagnetismo, 360
 - Fio
 - em forma de arco de circunferência, 236
 - retilíneo
 - longo, 235, 243
 - semi-infinito, 236
 - Física, o que é?, 2, 24, 52, 78, 111, 202, 234, 343
 - Fluidos clássicos, 12
 - Fluxo, 52, 53
 - de água, 141
 - de um campo elétrico, 53
 - elétrico através de uma superfície gaussiana, 54
 - líquido de cargas, 141
 - magnético, 265
 - enlaçamento de, 278
 - para dentro, 56
 - para fora, 56
 - volumétrico, 53
 - Fonte(s), 167
 - real, diferença de potencial de uma, 173
 - regra das, 170
 - Força(s)
 - aplicada, 81
 - elétrica, 3, 202
 - eletromotriz, 167, 168
 - auto-induzida, 279
 - induzida, 264
 - polaridade da, 280
 - eletrostática(s), 3, 5, 25
 - vetores das, como desenhar, 11
 - entre duas correntes paralelas, 240
 - magnética, 202
 - determinação da, 203
 - em um fio percorrido por corrente, 216
 - sobre uma corrente, 217
 - Forno
 - de indução, 274
 - de microondas, 40
 - Franklin, Benjamin, 3
 - Frequência angular, 211, 310, 314
 - de excitação, 315
- G**
- Galvanômetro, 220
 - Garrafa magnética, 211, 212
 - Gauss
 - Carl Friedrich, 52
 - lei de, 51-76, 343
 - Germânio, 125
 - Grandezas elétricas, valores instantâneos das, 305
 - Guitarras elétricas, 268
- H**
- Hall
 - diferença de potencial de, 208
 - Edwin H., 208
 - efeito, 208
 - Henry, unidade, 278
 - Histerese, 362
- I**
- Ímã(s)
 - em forma de
 - barra, 205, 343
 - de C, 205
 - ferradura, 205
 - em pedaços, 343
 - natural, 1
 - pequeno, 221
 - permanentes, 202, 350
 - “ímã de vaca”, 205
 - Impedância, 323

casamento de, 331
 Impressoras jato de tinta, 36
 Inclinação, bússola de, 351
 Indução
 forno de, 274
 indutância e, 263-303
 auto-indução, 279
 campos elétricos induzidos, 274
 circuitos *RL*, 281
 densidade de energia de um campo magnético, 286
 dois experimentos, 264
 energia armazenada em um campo magnético, 284
 indutores e, 278
 lei
 de indução de Faraday, 265
 de Lenz, 267
 o que é física?, 264
 mútua, 288
 transferências de energia e, 271
 Indutância
 de um solenóide, 279
 definição, 278
 indução e, 263-303
 Indutor(es), 278, 320, 322
 ideal, 280
 Interação forte, 13
 Íons de condução, 4
 Isolantes, 3
 típicos, 148

J

Joseph Henry, 278

K

Kirchhoff
 lei de, 170
 malhas de, lei das, 170

L

Lei
 das correntes de Kirchhoff, 176
 das malhas de Kirchhoff, 170
 das tensões de Kirchhoff, 170
 de Ampère, 241
 aplicação, 242
 para determinar campo magnético, 243
 de Ampère-Maxwell, 346
 de Biot-Savart, 234
 de Coulomb, 3, 6
 lei de Gauss e, 58
 de Gauss, 57-76
 aplicando a
 simetria esférica, 65
 simetria planar, 63
 com dielétrico, 128
 fluxo, 52
 de um campo elétrico, 53
 lei de Coulomb e, 58
 para campos
 elétricos, 344
 magnéticos, 343
 um condutor carregado, 59
 reformulação da, 275
 de indução de Faraday, 264-266, 345
 de Lenz, 267
 aplicação, 268
 de Maxwell, 345
 de Newton, 6
 de Ohm, 151
 visão microscópica da, 152
 dos nós de Kirchhoff, 176
 segunda de Newton, 37
 Lenz, lei de, 267
 Limalha de ferro, 235
 Linha(s)
 de campo
 elétrico, 25, 26, 82
 magnético, 205, 235
 de cargas, 62, 89
 como lidar, 33
 de força, 25

M

Magnetencefalografia, 237
 Magnetismo, 352
 da Terra, 350
 Magnetita, 350
 Magnetização, curva de, 358, 359
 Magnetômetros, 351
 Magneton de Bohr, 353
 Make-before-break, 283
 Malha(s)
 cálculo da corrente em um circuito de uma, 169
 regra das, 170
 Manganin, 148
 Massa
 espectrômetro de, 213
 número de, 13
 Material(is)
 condutores, 3
 diamagnético, 356
 ferromagnético, 356
 isolantes, 3
 isotrópicos, 148
 magnético, 356
 não-condutores, 3
 paramagnético, 356
 propriedades magnéticas dos, 356
 semicondutores, 4
 supercondutores, 4
 Maxwell
 equações de, 342
 James Clerk, 2
 Mercúrio, resistência do, 157
 Método
 da energia, 169
 do potencial, 169
 Mica rubi, 125
 Millikan, Robert A., 35, 36
 Modelo
 da espira
 em um campo não-uniforme, 355
 para órbitas eletrônicas, 354
 de elétrons livres, 152
 Moléculas com um momento dipolar, 127
 Momento(s)
 angular orbital, 353
 dipolar
 alguns, 221
 elétrico, 28
 magnético
 de spin, 352
 orbital, 353
 moléculas com um, 127
 magnético dipolar, 221
 orbital, 353
 magnéticos, 361
 Monopolos magnéticos, 202
 Movimento circular, partícula carregada em, 210
 Multímetros, 182

N

Nêutrons, 4
 Newton, lei de, 6
 Nós, regra dos, 176
 Número(s)
 atômico *Z*, 13
 de massa, 13
 quântico magnético
 de spin, 352
 orbital, 354

O

Ohm-metro, 147
 Ohmímetro, 147, 182
 Óleo de transformador, 125
 Oscilação(ões)
 amortecidas em um circuito *RLC*, 312
 de carga e de corrente, 310
 de energia elétrica e magnética, 311
 eletromagnéticas, corrente alternada e, 304-341
 em um circuito *LC*
 análise qualitativa, 305
 análise quantitativa, 309
 Oscilador
 bloco-mola, 309

LC, 309

Ouro, 148
 Oval de auroras, 212
 Oxímetro de pulso, 273

P

Papel, 125
 Par, produção de um, 14
 Paramagnetismo, 358
 Partícula(s)
 alfa, 11
 aceleradores de, 214
 Pastilhas de gaulteria, 4, 5
 Perdas ôhmicas, 329
 Permeabilidade do vácuo, 234
 Permissividade do vácuo, 7
 Pirex, 125
 Placa(s)
 condutoras, 63
 de cargas, 63
 infinita não-condutora, 25
 não-condutora, 63
 paralelas, capacitor com, 111, 114
 Plástico(s), 3
 carregado, 4
 Platina, 148
 Polaridade, 151, 351
 Poliestireno, 125
 Polinização, 36
 Pólo(s)
 geomagnéticos, 205
 magnéticos, 205
 norte, 205
 de inclinação, 351
 sul, 205
 geomagnético, 351
 Porcelana, 125
 Pósitron, 14
 Potência
 dissipada na fonte, 174
 em circuito de corrente alternada, 326
 em circuitos elétricos, 154
 fator de, 327
 fornecida pela fonte, 174
 média, 326
 Potencial elétrico, 77-109
 cálculo
 a partir do campo, 82
 do campo elétrico a partir do, 90
 problemas com sinais no, 90
 de ruptura, 125
 de um campo carregado, 94
 definição, 80
 diferença de, 80, 150
 cálculo, 113
 determinação de uma, 86
 do lado de fora de uma distribuição de cargas, 85
 energia potencial elétrica, 78
 de um sistema de cargas pontuais, 92
 entre dois pontos, diferença de, 173
 na superfície de uma distribuição de cargas, 85
 nova visão, 276
 produzido
 por um dipolo elétrico, 87
 por um grupo de cargas pontuais, 86
 por uma carga pontual, 84
 por uma distribuição contínua de cargas, 88
 superfícies equipotenciais, 81
 Potenciômetro, 126
 Prata, 148
 Pressão, campo de, 24
 arranjos de dois, 86
 Prótons, 4, 221

Q

Quartzo fundido, 148
 Queimaduras durante exame de ressonância magnética, 273

R

Raios gama, 14
 Reatância indutiva, 319
 Redes de transmissão de energia elétrica, 331

- Referência
configuração de, 78
energia potencial de, 78
- Regime estacionário, 142
- Regra(s)
da mão direita, 222, 235
para magnetismo, 240
para produtos vetoriais, 239
das fontes, 170
das malhas, 170, 176
das resistências, 170
dos nós, 176, 179
- Relâmpago, 140
- Repulsão, 3
- Resistência(s)
cálculo da, 148
condição de, 215
corrente e, 140-165
de um condutor, 158
do mercúrio, 157
em paralelo, 176
em série, 172
interna, 171
regra das, 170
resistividade e, 147
- Resistividade, 147
de alguns materiais à temperatura ambiente, 148
de um metal, 158
do cobre, 149
e resistência, 147
temperatura da, coeficiente, 149
variação da, 149
- Resistor(es), 147, 322
em paralelo, 177
em série, 177
- Ressonância, 324
curvas de, 325
magnética, queimaduras durante exame de, 273
- Rigidez dielétrica, 125
- Rochas magnéticas, 351
- Rowland, anel de, 360
- Ruptura dielétrica, 36
- S**
- Saturação, 358
- Semicondutor(es), 155
típicos, 148
- Silício, 125, 148
propriedades elétricas, 156
puro, 156
- Simetria
cilíndrica, 61
esférica, 65
planar, 63
rotacional, 26
- Síncrotrons, 214
- Sistema(s)
bloco-mola, 308
de cargas pontuais, 92
de transmissão de energia elétrica, 328
oscilador *LC*, 308
oscilantes, comparação das energias em dois, 308
- Solenóide(s), 245
"esticado", 246
ideal, 246
linhas de campo magnético em um, 246
indutância de um, 279
vertical, 357
- Spin
momento dipolar magnético de, 352
número quântico magnético de, 352
- Sprite*, 29
- Supercondutividade, 157
- Supercondutores, 157
- Superfície(s)
condutora, 60
equipotenciais, 81, 91
fechada, 344
gaussiana, 52, 53, 58, 114, 128
- T**
- Taxa
de transferência de energia elétrica, 154
 di/dt , 280
- Temperatura
campo de, 24
de Curie, 360
- Tempestade elétrica, 51
- Tempo, constante de, 183
- Tensão(ões)
amplitude, 320
fonte, 169
rms, 327
transformador de, 330
ideal, 168
real, 168
- Termopilhas, 167
- Terra, 221
campo magnético da, 342
magnetismo da, 350
perigos das correntes de, 140
sistema de distribuição de energia elétrica na, 304
- Tesla, 204
- Titanato de estrôncio, 125
- Titânia, 125
- Toner, 3
- Toróide(s), 245
campo magnético de um, 247
- Torque
de um dipolo, 38
em uma espira percorrida por corrente, 218
- Trabalho, 168
- Trajetórias helicoidais, 211
- Transferências de energia, 271
- Transformador(es), 328
abaixador de tensão, 330
de tensão, 330
ideal, 329
- Trechos retilíneos, 238
- Tubo de raios catódicos, 206
- Tungstênio, 148
- U**
- Unidade henry, 278
- V**
- Vácuo
permeabilidade do, 234
permissividade do, 7
- Valor(es)
absoluto, 112
de carga, 52
instantâneos das grandezas elétricas, 305
médio quadrático, 326
rms, 326
- Van Allen, cinturões de radiação de, 211
- Vazão, 52
- Velocidade(s)
angular, 316
campos de, 53
de deriva, 144
- Vetores, 24
área *A*, 53
componentes de, 89
comprimento, 217
determinação de, 239
soma de, 239
- Vidro, 3, 148
- Voltímetro, 182



A marca FSC é a garantia de que a madeira utilizada na fabricação do papel com o qual este livro foi impresso provém de florestas gerenciadas, observando-se rigorosos critérios sociais e ambientais e de sustentabilidade.

Serviços de impressão e acabamento
executados, a partir de arquivos digitais fornecidos,
nas oficinas gráficas da EDITORA SANTUÁRIO
Fone: (0XX12) 3104-2000 - Fax (0XX12) 3104-2016
<http://www.editorasantuario.com.br> - Aparecida-SP



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

Comprimento e Volume

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

Tempo

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

Ângulos

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

Velocidade

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

Força e Pressão

1 N = 10⁵ dina = 0,225 lb
 1 lb = 4,45 N
 1 t = 2000 lb
 1 Pa = 1 N/m² = 10 dina/cm²
 $= 1,45 \times 10^{-4} \text{ lb/in}^2$
 1 atm = $1,01 \times 10^5 \text{ Pa} = 14,7 \text{ lb/in}^2$
 $= 76,0 \text{ cm Hg}$

Energia e Potência

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

Magnetismo

1 T = 1 Wb/m² = 10⁴ gauss

*Uma lista mais completa está no Apêndice D.

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

Sobre a capa

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

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

Ocupe Seu Lugar — O Espetáculo Vai Começar!

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



LTC

www.ltceditora.com.br

ISBN 978-85-216-1607-8



9 788521 616078