

# Respostas

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

## Capítulo 33

**T** 1. (a) (Use a Fig. 33-5). Do lado direito do retângulo,  $\vec{E}$  aponta no sentido negativo do eixo  $y$ ; do lado esquerdo,  $\vec{E} + d\vec{E}$  é maior e aponta no mesmo sentido; (b)  $\vec{E}$  aponta para baixo. Do lado direito,  $\vec{B}$  aponta no sentido negativo do eixo  $z$ ; do lado esquerdo,  $\vec{B} + d\vec{B}$  é maior e aponta no mesmo sentido. 2. sentido positivo de  $x$  3. (a) permanece constante; (b) diminui 4. *a, d, b, c* (zero) 5. *a* **P** 1. (a) sentido positivo do eixo  $z$ ; (b)  $x$  3. (a) e (b)  $A = 1, n = 4, \theta = 30^\circ$  5. (a) permanece constante; (b) aumenta; (c) diminui 7. *a, b, c* 9. nenhuma 11. *B* **PR** 1. (a) 515 nm; (b) 610 nm; (c) 555 nm; (d)  $5,41 \times 10^{14}$  Hz; (e)  $1,85 \times 10^{-15}$  s 3. 7,49 GHz 5.  $5,0 \times 10^{-21}$  H 7. 0,10 MJ 9. (a) 6,7 nT; (b)  $y$ ; (c) no sentido negativo do eixo  $y$  11. 1,2 MW/m<sup>2</sup> 13. (a) 6,7 nT; (b) 5,3 mW/m<sup>2</sup>; (c) 6,7 W 15. (a) 1,03 kV/m; (b) 3,43  $\mu$ T 17. (a) 87 mV/m; (b) 0,29 nT; (c) 6,3 kW 19.  $5,9 \times 10^{-8}$  Pa 21.  $1,0 \times 10^7$  Pa 25. (a)  $1,0 \times 10^8$  Hz; (b)  $6,3 \times 10^8$  rad/s; (c)  $2,1 \text{ m}^{-1}$ ; (d)  $1,0 \mu\text{T}$ ; (e)  $z$ ; (f)  $1,2 \times 10^2$  W/m<sup>2</sup>; (g)  $8,0 \times 10^{-7}$  N; (h)  $4,0 \times 10^{-7}$  Pa 27. 1,9 mm/s 29. (a)  $4,68 \times 10^{11}$  W; (b) qualquer pequena perturbação tiraria a esfera da posição de equilíbrio, pois nesse caso as duas forças deixariam de atuar ao longo do mesmo eixo 31. (a) 0,17  $\mu$ m; (b) para perto do Sol 33. 4,4 W/m<sup>2</sup> 35. 3,1% 37. (a) 1,9 V/m; (b)  $1,7 \times 10^{-11}$  Pa 39. 20° ou 70° 41. 0,67 43. (a) 2 filtros; (b) 5 filtros 45. 1,48 47. 180° 49. 1,26 51. 1,07 m 53. (a) 56,9°; (b) 35,3° 57. 182 cm 59. (a) 26,8°; (b) sim 61. (a) 1,39; (b) 28,1°; (c) não 63. 23,2° 65. (a) 48,9°; (b) 29,0° 67. (a)  $(1 + \operatorname{sen}^2 \theta)^{0,5}$ ; (b)  $2^{0,5}$ ; (c) sim; (d) não 69. 49,0° 71. (c) 137,6°; (d) 139,4°; (e) 1,7° 73. 1,22 77. (a) 0,50 ms; (b) 8,4 min; (c) 2,4 h; (d) 5446 a.C. 79. (a)  $(16,7 \text{ nT}) \operatorname{sen}[(1,00 \times 10^6 \text{ m}^{-1}) z + (3,00 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}) t]$ ; (b) 6,28  $\mu$ m; (c) 20,9 fs; (d) 33,2 mW/m<sup>2</sup>; (e)  $x$ ; (f) infravermelho 81. (a) 83 W/m<sup>2</sup>; (b) 1,7 MW 83. (a)  $3,5 \mu\text{W}/\text{m}^2$ ; (b)  $0,78 \mu\text{W}$ ; (c)  $1,5 \times 10^{-17}$  W/m<sup>2</sup>; (d)  $1,1 \times 10^{-7}$  V/m; (e) 0,25 ft 85. 35° 87. (a) 55,8°; (b) 55,5° 89. (a) o eixo  $z$ ; (b)  $7,5 \times 10^{14}$  Hz; (c) 1,9 kW/m<sup>2</sup> 91. (a) branca; (b) avermelhada; (c) não há luz refra-tada 93.  $1,5 \times 10^{-9}$  m/s<sup>2</sup> 95. 0,034 97.  $9,43 \times 10^{-10}$  T 99. (a)  $-y$ ; (b)  $z$ ; (c) 1,91 kW/m<sup>2</sup>; (d)  $E_z = (1,20 \text{ kV/m}) \operatorname{sen}[(6,67 \times 10^6 \text{ m}^{-1}) y + (2,00 \times 10^{15} \text{ s}^{-1}) t]$ ; (e) 942 nm; (f) infravermelho 101. (a) 1,60; (b) 58,0°

## Capítulo 34

**T** 1.  $0,2d, 1,8d, 2,2d$  2. (a) real; (b) invertida; (c) do mesmo lado 3. (a)  $e$ ; (b) virtual, do mesmo lado 4. virtual, não-invertida, divergente **P** 1. (a) *a e c*; (b) três vezes; (c) você 3. (a) *a*; (b) *c* 5. *d* (infinita), *a e b* empatadas, *c* 7. convexo 9. (a) todas, exceto a combinação 2; (b) 1, 3, 4: à direita, invertida; 5, 6: à esquerda, a mesma **PR** 1. 40 cm 3. 1,5 m 5. 351 cm 7. 10,5 cm 9. (a) +36 cm; (b) -36 cm; (c) +3,0; (d) V; (e) NI; (f) O 11. (a) +24 cm; (b) +36 cm; (c) -2,0; (d) R; (e) I; (f) M 13. (a) -16 cm; (b) -4,4 cm; (c) +0,44; (d) V; (e) NI; (f) O 15. (a) -20 cm; (b) -4,4 cm; (c) +0,56; (d) V; (e) NI; (f) O 17. (b) 0,56 cm/s; (c) 11 m/s; (d) 6,7 cm/s 19. (b) positivo; (c) +40 cm; (e) -20 cm; (f) +2,0; (g) V; (h) NI; (i) O 21. (a) convexo; (b) -20 cm; (d) +20 cm; (f) +0,50; (g) V; (h) NI; (i) O 23. (a) côncavo; (c) +40 cm; (e) +60 cm; (f) -2,0; (g) R; (h) I; (i) M 25. (a) convexo; (c) -60 cm; (d) +30 cm; (f) +0,50; (g) V; (h) NI; (i) O 27. (b) -20 cm; (c) negativo; (d) +5,0 cm; (e) negativo; (f) +0,80; (g) V;

(h) NI; (i) O 29. (a) convexo; (b) negativo; (c) -60 cm; (d) +1,2 m; (e) -24/cm; (g) V; (h) NI; (i) O 31. (a) côncavo; (b) +8,6 cm; (c) +17 cm; (e) +12 cm; (f) negativo; (g) R; (i) M 33. (a) 2,00; (b) não 35. (c) -33 cm; (e) V; (f) M 37. (d) -26 cm; (e) V; (f) M 39. (c) +30 cm; (e) V; (f) M 41. (a) 45 mm; (b) 90 mm 43. 1,86 mm 45. 5,0 mm 47. 22 cm 49. (a) +40 cm; (b)  $\infty$  51. (a) -4,8 cm; (b) +0,60; (c) V; (d) NI; (e) M 53. (a) -48 cm; (b) +4,0; (c) V; (d) NI; (e) M 55. (a) +36 cm; (b) -0,80; (c) R; (d) I; (e) O 57. (a) -8,6 cm; (b) +0,39; (c) V; (d) NI; (e) M 59. (a) -30 cm; (b) +0,86; (c) V; (d) NI; (e) M 61. (a) +55 cm; (b) -0,74; (c) R; (d) I; (e) O 63. (a) +84 cm; (b) -1,4; (c) R; (d) I; (e) O 65. (a) -18 cm; (b) +0,76; (c) V; (d) NI; (e) M 67. (a) -7,5 cm; (b) +0,75; (c) V; (d) NI; (e) M 69. (a) D; (b) -5,3 cm; (d) -4,0 cm; (f) V; (g) NI; (h) M 71. (a) C; (b) positivo; (d) -13 cm; (e) +1,7; (f) V; (g) NI; (h) M 73. (a) C; (d) -10 cm; (e) +2,0; (f) V; (g) NI; (h) M 75. (a) C; (b) +80 cm; (d) -20 cm; (f) V; (g) NI; (h) M 77. (a) C; (b) +3,3 cm; (d) +5,0 cm; (f) R; (g) I; (h) O 79. (a) D; (b) negativo; (d) -3,3 cm; (e) +0,67; (f) V; (g) NI 81. (a) +3,1 cm; (b) -0,31; (c) R; (d) I; (e) O 83. (a) +24 cm; (b) +6,0; (c) R; (d) NI; (e) O 85. (a) -5,5 cm; (b) +0,12; (c) V; (d) NI; (e) M 87. (a) -4,6 cm; (b) +0,69; (c) V; (d) NI; (e) M 89. (a) 13,0 cm; (b) 5,23 cm; (c) -3,25; (d) 3,13; (e) -10,2 91. (a) 3,5; (b) 2,5 93. (a) 2,35 cm; (b) diminuir 95. (a) 3,00 cm; (b) 2,33 cm 97. (a) 6,0 mm; (b) 1,6 kW/m<sup>2</sup>; (c) 4,0 cm 99. (a) 20 cm; (b) 15 cm 101. 2,2 mm<sup>2</sup> 107. (a) 40 cm; (b) 20 cm; (c) -40 cm; (d) 40 cm 109. (a) +36 cm; (b) 1,2 cm; (c) real; (d) invertida 111. (a) -50 cm; (b) 5,0; (c) virtual; (d) invertida 113. (a) +8,6 cm; (b) +2,6; (c) R; (d) NI; (e) O 115. (a) +7,5 cm; (b) -0,75; (c) R; (d) I; (e) O 117. (a) +24 cm; (b) -0,58; (c) R; (d) I; (e) O 119. (a) 0,60 m; (b) +0,20; (c) real; (d) à esquerda; (e) não-invertida 125. (a) 8,0 cm; (b) 16 cm; (c) 48 cm 127. (a)  $\alpha = 0,500$  rad: 7,799 cm;  $\alpha = 0,100$  rad: 8,544 cm;  $\alpha = 0,0100$  rad: 8,571 cm; equação do espelho: 8,571 cm; (b)  $\alpha = 0,500$  rad: -13,56 cm;  $\alpha = 0,100$  rad: -12,05 cm;  $\alpha = 0,0100$  rad: -12,00 cm; equação do espelho: -12,00 cm 129. 42 mm 131. (b)  $P_n$  133. (a)  $(0,5)(2-n)r/(n-1)$ ; (b) do lado direito 135. 2,67 cm 137. (a) 3,33 cm; (b) à esquerda; (c) virtual; (d) não-invertida

## Capítulo 35

**T** 1. *b* (menor valor de  $n$ ), *c, a* 2. (a) o de cima; (b) um ponto claro (a diferença de fase é 2,1 comprimentos de onda) 3. (a)  $3\lambda, 3$ ; (b)  $2,5\lambda, 2,5$  4. *a e d* empatados (a amplitude da onda resultante é  $4E_0$ ), depois *b e c* empatados (a amplitude da onda resultante é  $2E_0$ ) 5. (a) 1 e 4; (b) 1 e 4 **P** 1. (a)  $2d$ ; (b) (número ímpar)  $\lambda/2$ ; (c)  $\lambda/4$  3. (a) pico; (b) vale 5. (a) diminui; (b) diminui; (c) diminui; (d) mais distante 7. (a) estado intermediário próximo de um máximo,  $m = 2$ ; (b) mínimo,  $m = 3$ ; (c) estado intermediário próximo de um máximo,  $m = 2$ ; (d) máximo,  $m = 1$  9. (a) máximo; (b) mínimo; (c) se alternam 11. *c, d* **PR** 1. 1,56 3.  $4,55 \times 10^7$  m/s 5. (a)  $3,60 \mu\text{m}$ ; (b) mais próxima de construtiva 7. (a) 155 nm; (b) 310 nm 9. (a) 1,70; (b) 1,70; (c) 1,30; (d) todas empatadas 11. (a) 1,55  $\mu\text{m}$ ; (b) 4,65  $\mu\text{m}$  13. (a) 0,833; (b) mais próxima da construtiva 15. 16 17. 648 nm 19. 2,25 mm 21. 0 23. 7,88  $\mu\text{m}$  25. 72  $\mu\text{m}$  27. 6,64  $\mu\text{m}$  29. 2,65 31.  $(17,1 \mu\text{V/m}) \operatorname{sen}[(2,0 \times 10^{14} \text{ rad/s}) t]$  33. 27  $\operatorname{sen}(\omega t + 8,5^\circ)$  35. 70,0 nm 37. (a) 0,117  $\mu\text{m}$ ; (b) 0,352  $\mu\text{m}$  39.

120 nm **41.** 509 nm **43.** 478 nm **45.** 560 nm **47.** 409 nm **49.** 161 nm **51.** 273 nm **53.** (a) 552 nm; (b) 442 nm **55.** 338 nm **57.** 329 nm **59.** 248 nm **61.** 339 nm **63.** 528 nm **65.** 455 nm **67.** 608 nm **69.** 1,89  $\mu\text{m}$  **71.** 140 **73.** 0,012° **75.**  $[(m + 1/2)\lambda R]^{0.5}$  para  $m = 0, 1, 2, \dots$  **77.** 1,00 m **79.** 588 nm **81.** 1,00030 **83.** (a) 22°; (b) a refração reduz o valor de  $\theta$  **85.** (a) 50,0 nm; (b) 36,2 nm **87.**  $x = (D/2a)(m + 0,5)\lambda$  para  $m = 0, 1, 2, \dots$  **89.** 0,23° **91.** 450 nm **93.** (a) 1,75  $\mu\text{m}$ ; (b) 4,8 mm **95.** 33  $\mu\text{m}$  **97.** (a) 1500 nm; (b) 2250 nm; (c) 0,80 **99.** 600 nm **101.** (a) 88%; (b) 94% **103.**  $I_m \cos^2(2\pi x/\lambda)$  **105.** 8,0  $\mu\text{m}$  **107.** (a) 1,80  $\mu\text{m}$ ; (b) 9 **109.** 51,6 ns **111.** (a) 1,6 rad; (b) 0,79 rad **113.** (a) escura; (b) escura; (c) 4 **115.** (a) 1; (b) 4,0 fs; (c) 7,5 **117.** (a) 48,6°; (b) se afasta; (c) 1,49 m **119.** (a) 42,0 ps; (b) 42,3 ps; (c) 43,2 ps; (d) 41,8 ps; (e) 4 **121.**  $I_0[1 + 8 \cos^2(\phi/2)]$  com  $\phi = (2\pi d/\lambda) \operatorname{sen} \theta$

### Capítulo 36

**T** **1.** (a) se dilata; (b) se dilata **2.** (a) o segundo máximo secundário; (b) 2,5 **3.** (a) vermelha; (b) violeta **4.** mais difícil **5.** (a) esquerdo; (b) menores **P** **1.** (a)  $A, B, C$ ; (b)  $A, B, C$  **3.** (a) 1 e 3 empataos, depois 3 e 4 empataos; (b) 1 e 2 empataos, depois 3 e 4 empataos **5.** (a) o mínimo correspondente a  $m = 5$ ; (b) o máximo (aproximado) entre os mínimos correspondentes a  $m = 4$  e  $m = 5$  **7.** (a) diminui; (b) permanece constante; (c) permanecem no mesmo lugar **9.** (a) maiores; (b) vermelha **11.** (a)  $A$ ; (b) da esquerda; (c) à esquerda; (d) à direita **PR** **1.** (a) 700 nm; (b) 4; (c) 6 **3.** 60,4  $\mu\text{m}$  **5.** (a) 70 cm; (b) 1,0 mm **7.** (a) 2,5 mm; (b)  $2,2 \times 10^{-4}$  rad **9.** 1,77 mm **11.** (a) 0,18°; (b) 0,46 rad; (c) 0,93 **13.** 160° **15.** (b) 0; (c) -0,500; (d) 4,493 rad; (e) 0,930; (f) 7,725 rad; (g) 1,96 **17.** (d) 52,5°; (e) 10,1°; (f) 5,06° **19.**  $1,6 \times 10^3$  km **21.** (a)  $1,3 \times 10^{-4}$  rad; (b) 10 km **23.** 50 m **25.** (a)  $1,1 \times 10^4$  km; (b) 11 km **27.** (a) 19 cm; (b) maior **29.** (a) 0,346°; (b) 0,97° **31.** (a) 17,1 m; (b)  $1,37 \times 10^{-10}$  **33.** (a)  $8,8 \times 10^{-7}$  rad; (b)  $8,4 \times 10^7$  km; (c) 0,025 mm **35.** 3 **37.** 5 **39.** (a) 9; (b) 0,255 **41.** (a) 5,0  $\mu\text{m}$ ; (b) 20  $\mu\text{m}$  **43.** (a)  $7,43 \times 10^{-3}$ ; (b) entre o mínimo correspondente a  $m = 6$  (o sétimo) e o máximo correspondente a  $m = 7$  (o sétimo máximo secundário); (c) entre o mínimo correspondente a  $m = 3$  (o terceiro) e o mínimo correspondente a  $m = 4$  (o quarto) **45.** 3 **47.** (a) 62,1°; (b) 45,0°; (c) 32,0° **49.** (a) 2,1°; (b) 21°; (c) 11 **51.** (a) 6,0  $\mu\text{m}$ ; (b) 1,5  $\mu\text{m}$ ; (c) 9; (d) 7; (e) 6 **53.**  $1,09 \times 10^3$  ranhuras/mm **55.** (a) 470 nm; (b) 560 nm **57.** 0,15 nm **59.** (a) 0,032°/nm; (b)  $4,0 \times 10^4$ ; (c) 0,076°/nm; (d)  $8,0 \times 10^4$ ; (e) 0,24°/nm; (f)  $1,2 \times 10^5$  **61.**  $3,65 \times 10^3$  **63.** (a) 10  $\mu\text{m}$ ; (b) 3,3 mm **65.** (a) 25 pm; (b) 38 pm **67.** 0,26 nm **69.** (a) 0,17 nm; (b) 0,13 nm **71.** (a)  $0,7071a_0$ ; (b)  $0,4472a_0$ ; (c)  $0,3162a_0$ ; (d)  $0,2774a_0$ ; (e)  $0,2425a_0$  **73.** (a) 15,3°; (b) 30,6°; (c) 3,1°; (d) 37,8° **75.** 4,7 cm **77.** (a) 625 nm; (b) 500 nm; (c) 416 nm **79.** 3,0 mm **81.** (a) 13; (b) 6 **83.** 59,5 pm **85.** 4,9 km **87.**  $1,36 \times 10^4$  **89.** 36 cm **97.** 2 **99.** (a) a quarta; (b) a sétima **103.** (a) 2,4  $\mu\text{m}$ ; (b) 0,80  $\mu\text{m}$ ; (c) 2 **107.** 9

### Capítulo 37

**T** **1.** (a) igual (postulados da velocidade da luz); (b) não (o ponto inicial e o ponto final da medida não coincidem); (c) não (porque o tempo medido pelo passageiro não é um tempo próprio) **2.** (a) a Eq. 2; (b) +0,90c; (c) 25 ns; (d) -7,0 m **3.** (a) para a direita; (b) maior **4.** (a) igual; (b) menor **P** **1.** (a)  $C'_1$ ; (b)  $C'_1$ ; **3.** (a) 4 s; (b) 3 s; (c) 5 s; (d) 4 s; (e) 10 s **5.** c **7.** b **9.** (a) 3,1 e 2 empataos, 4; (b) 4,1 e 2 empataos, 3; (c) 1,4, 2,3 **11.** (a) 3,4 e 6 empataos, depois 1,2 e 5 empataos; (b) 1, 2 e 3 empataos, 4,5 e 6 empataos; (c) 1,2,3,4,5,6; (d) 2 e 4; (e) 1,2,5 **PR** **1.** 0,990 50 **3.**  $0,446 \text{ ps}$  **5.**  $2,68 \times 10^3$  anos **7.**

(a) 0,999 999 50 **9.** 1,32 m **11.** (a) 87,4 m; (b) 394 ns **13.** (a) 0,999 999 15; (b) 30 anos-luz **15.** (a) 26,26 anos; (b) 52,26 anos; (c) 3,705 anos **17.** (a) 25,8  $\mu\text{s}$ ; (b) o pequeno clarão **19.** (a) 138 km; (b) -374  $\mu\text{s}$  **21.** (a) 1,25; (b) 0,800  $\mu\text{s}$  **23.** (a) 0,480; (b) negativo; (c) o grande clarão; (d) 4,39  $\mu\text{s}$  **25.** (a)  $\gamma[1,00 \mu\text{s} - \beta(400 \text{ m})/(2,998 \times 10^8 \text{ m/s})]$ ; (d) 0,750; (e)  $0 < \beta < 0,750$ ; (f)  $0,750 < \beta < 1$ ; (g) não **27.** (a) 0,35; (b) 0,62 **29.** 0,81c **31.** (a) 1,25 anos; (b) 1,60 anos; (c) 4,00 anos **33.** 1,2  $\mu\text{s}$  **35.** 0,13c **37.** 22,9 MHz **39.** (a) 550 nm; (b) amarela **41.** (a) 1,0 keV; (b) 1,1 MeV **43.** (a) 196,695; (b) 0,999 987 **45.** 2,83mc **47.** (a) 0,222 cm; (b) 701 ps; (c) 7,40 ps **49.** (a) 0,707; (b) 1,41; (c) 0,414 **51.** 18 ums/ano **53.**  $1,01 \times 10^7$  km **55.** (a)  $\gamma(2\pi m/|qB|)$ ; (b) não; (c) 4,85 mm; (d) 15,9 mm; (e) 16,3 ps; (f) 0,334 ns **57.** 110 km **59.** (a) 2,08 MeV; (b) -1,21 MeV **61.** (a)  $vt \operatorname{sen} \theta$ ; (b)  $t[1 - (v/c) \cos \theta]$ ; (c) 3,24c **63.** (d) 0,801 **65.** (a) 1,93 m; (b) 6,00 m; (c) 13,6 ns; (d) 13,6 ns; (e) 0,379 m; (f) 30,5 m; (g) -101 ns; (h) não; (i) 2; (k) não; (l) ambos **69.** (b) +0,44c **71.**  $8,7 \times 10^{-3}$  anos-luz **73.** 2,46 MeV/c **75.** 189 MeV **77.** (a)  $5,4 \times 10^4$  km/h; (b)  $6,3 \times 10^{-10}$  **79.** 0,27c **81.** (a) 5,71 GeV; (b) 6,65 GeV; (c) 6,58 GeV/c; (d) 3,11 MeV; (e) 3,62 MeV; (f) 3,59 MeV/c **83.** (a) 256 kV; (b) 0,745c **85.** 7 **87.** 0,95c

### Capítulo 38

**T** **1.** b, a, d, c **2.** (a) lítio, sódio, potássio, célio; (b) todos empataos **3.** (a) são iguais; (b), (c), (d) raios X **4.** (a) o próton; (b) são iguais; (c) o próton **5.** igual **P** **1.** é maior para o alvo de potássio **3.** só depende de  $e$  **5.** (a) maior; (b) menor **7.** (a) é dividido por  $\sqrt{2}$ ; (b) é dividido por 2 **9.** 0 **11.** elétron, nêutron, partícula alfa **13.** todas empataadas **15.** porque a amplitude da onda refletida é menor que a da onda incidente **PR** **1.**  $1,0 \times 10^{45}$  fôtons/s **3.** 2,047 eV **5.** (a) 2,1  $\mu\text{m}$ ; (b) infravermelho **7.** (a) a infravermelha; (b)  $1,4 \times 10^{21}$  fôtons/s **9.**  $4,7 \times 10^{26}$  fôtons **11.** (a)  $2,96 \times 10^{20}$  fôtons/s; (b)  $4,86 \times 10^7$  m; (c)  $5,89 \times 10^{18}$  fôtons/m<sup>2</sup> · s **13.**  $1,1 \times 10^{-10}$  W **15.** 676 km/s **17.** 170 nm **19.** (a) 382 nm; (b) 1,82 eV **21.** (a) 2,00 eV; (b) 0; (c) 2,00 V; (d) 295 nm **23.** (a) 1,3 V; (b)  $6,8 \times 10^2$  km/s **25.** (a) 3,1 keV; (b) 14 keV **27.** (a)  $8,57 \times 10^{18}$  Hz; (b)  $3,55 \times 10^4$  eV; (c) 35,4 keV/c **29.** (a) 2,73 pm; (b) 6,05 pm **31.** (a)  $-8,1 \times 10^{-9}\%$ ; (b)  $-4,9 \times 10^{-4}\%$ ; (c)  $-8,9\%$ ; (d)  $-66\%$  **33.** (a) 2,43 pm; (b) 1,32 fm; (c) 0,511 MeV; (d) 939 MeV **35.** (a) 2,43 pm; (b)  $4,11 \times 10^{-6}$ ; (c)  $-8,67 \times 10^{-6}$  eV; (d) 2,43 pm; (e)  $9,78 \times 10^{-2}$ ; (f) -4,45 keV **37.** 300% **39.** (a) 41,8 keV; (b) 8,2 keV **41.** 44° **43.** 7,75 pm **45.** (a) 1,24  $\mu\text{m}$ ; (b) 1,22 nm; (c) 1,24 fm; (d) 1,24 fm **47.** (a)  $1,9 \times 10^{-21}$  kg · m/s; (b) 346 fm **49.** 4,3  $\mu\text{eV}$  **51.** nêutron **53.** (a) 15 keV; (b) 120 keV **55.** (a)  $3,96 \times 10^6$  m/s; (b) 81,7 kV **63.**  $2,1 \times 10^{-24}$  kg · m/s **67.** (a) -20%; (b) -10%; (c) +15% **69.** (a)  $9,02 \times 10^{-6}$ ; (b) 3,0 MeV; (c) 3,0 MeV; (d)  $7,33 \times 10^{-8}$ ; (e) 3,0 MeV; (f) 3,0 MeV **73.** (a) 73 pm; (b) 3,4 nm; (c) sim, porque o comprimento de onda média de de Broglie é menor que a distância média entre eles **75.** 5,9  $\mu\text{eV}$  **77.**  $1,7 \times 10^{-35}$  m **79.** 0,19 m

### Capítulo 39

**T** **1.** b, a, c **2.** (a) todos empataos; (b) a, b, c **3.** a, b, c, d **4.**  $E_{1,1}$  ( $n_x$  e  $n_y$  não podem ser zero) **5.** (a) 5; (b) 7 **P** **1.** (a) 18; (b) 17 **3.** a, c, b **5.** c **7.** igual **9.** b, c e d **11.**  $n = 1, n = 2, n = 3$  **13.** (a) diminui; (b) aumenta **15.** (a)  $n = 3$ ; (b)  $n = 1$ ; (c)  $n = 5$  **PR** **1.** 0,65 eV **3.** 0,85 nm **5.** 1,9 GeV **7.** 1,41 **9.** (a) 13; (b) 12 **11.** (a) 72,2 eV; (b) 13,7 nm; (c) 17,2 nm; (d) 68,7 nm; (e) 41,2 nm; (g) 68,7 nm; (h) 25,8 nm **13.** (a) 0,050; (b) 0,10; (c) 0,0095 **15.** (a) 0,020; (b) 20 **17.** 5,6 eV **21.** 109 eV **23.** 3,21 eV **25.** (a) 8; (b) 0,75; (c) 1,00; (d) 1,25; (e)

- 3,75; (f) 3,00; (g) 2,25 **27.** (a) 7; (b) 1,00; (c) 2,00; (d) 3,00; (e) 9,00; (f) 8,00; (g) 6,00 **29.**  $1,4 \times 10^{-3}$  **31.** (a)  $291 \text{ nm}^{-3}$ ; (b)  $10,2 \text{ nm}^{-1}$  **35.** (a) 12,1 eV; (b)  $6,45 \times 10^{-27} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ ; (c) 102 nm **37.** 4,0 **39.** (a) 13,6 eV; (b) 3,40 eV **41.** 0,68 **45.** (a) 13,6 eV; (b) -27,2 eV **49.** (a)  $(r^4/8a^5)[\exp(-r/a)]\cos^2\theta$ ; (b)  $(r^4/16a^5)[\exp(-r/a)]\sin^2\theta$  **51.** (a) 0,0037; (b) 0,0054 **53.**  $4,3 \times 10^3$  **57.** (b)  $(2\pi/h)[2m(U_0 - E)]^{0,5}$  **59.** (a)  $n$ ; (b)  $2\ell + 1$ ; (c)  $n^2$  **63.** (b) metro $^{-2,5}$

## Capítulo 40

- T** **1.** 7 **2.** (a) diminui; (b), (c) permanece constante **3.** *A, C, B* **P** **1.** 2; -1,0 e 1 **3.** o mesmo número (10) **5.** (a) 2; (b) 8; (c) 5; (d) 50 **7.** são todas verdadeiras **9.** (a)  $n$ ; (b)  $n$  e  $\ell$  **11.** Além da energia quantizada, o átomo de hélio possui energia cinética; a energia total pode ser igual a 20,66 eV. **13.** (a) 2; (b) 3 **PR** **1.** (a) 4; (b) 5; (c) 2 **3.** (a) 3; (b) 3 **5.** (a)  $3,65 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ; (b)  $3,16 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$  **7.**  $24,1^\circ$  **11.** (a) 3,46; (b) 3,46; (c) 3; (d) 3; (e) -3; (f)  $30,0^\circ$ ; (g)  $54,7^\circ$ ; (h)  $150^\circ$  **13.** (a)  $54,7^\circ$ ; (b)  $125^\circ$  **15.**  $72 \text{ km/s}^2$  **17.** 5,35 cm **19.** 19 mT **21.** 44 **23.** (a) 51; (b) 53; (c) 56 **25.** 42 **27.** g **29.** (a) 4p; (b) 4; (c) 4p; (d) 5; (e) 4p; (f) 6 **31.** (a)  $(2,0,0,+1/2)$ ,  $(2,0,0,-1/2)$ ; (b)  $(2,1,1,+1/2)$ ,  $(2,1,1,-1/2)$ ,  $(2,1,0,+1/2)$ ,  $(2,1,0,-1/2)$ ,  $(2,1,-1,+1/2)$ ,  $(2,1,-1,-1/2)$  **33.** 12,4 kV **35.** (a) 49,6 pm; (b) 99,2 pm **37.** (a) 35,4 pm; (b) 56,5 pm; (c) 49,6 pm **41.** 0,563 **43.** 80,3 pm **45.** (a) 69,5 kV; (b) 17,8 pm; (c) 21,3 pm; (d) 18,5 pm **47.** (a) 3,60 mm; (b)  $5,24 \times 10^{17}$  **49.**  $9,0 \times 10^{-7}$  **51.**  $7,3 \times 10^{15} \text{ s}^{-1}$  **53.**  $2 \times 10^7$  **55.**  $2,0 \times 10^{16} \text{ s}^{-1}$  **57.** 3,0 eV **59.** (a)  $3,03 \times 10^5$ ; (b) 1,43 GHz; (d)  $3,31 \times 10^{-6}$  **61.** (a) 0; (b) 68 J **63.** (a) 2,13 meV; (b) 18 T **65.** (a) não; (b) 140 nm **67.** 186 **71.** (a) 6,0; (b)  $3,2 \times 10^6$  anos **73.** argônio **77.**  $n > 3$ ;  $m_\ell = +3, +2, +1, 0, -1, -2, -3$ ;  $m_s = +1/2, -1/2$

## Capítulo 41

- T** **1.** (a) maior; (b) igual **2.** a, b e c **P** **1.** menor **3.** aumenta **5.** 8 **7.** muito menor **9.** b, c, d (a última devido à dilatação térmica) **11.** b e d **PR** **1.** (a) 0; (b) 0,0955 **3.** (b)  $6,81 \times 10^{27} \text{ m}^{-3} \text{ eV}^{-3/2}$ ; (c)  $1,52 \times 10^{28} \text{ m}^{-3} \text{ eV}^{-1}$  **5.**  $8,49 \times 10^{28} \text{ m}^{-3}$  **9.** (a) 6,81 eV; (b)  $1,77 \times 10^{28} \text{ m}^{-3} \text{ eV}^{-1}$ ; (c)  $1,59 \times 10^{28} \text{ m}^{-3} \text{ eV}^{-1}$  **11.** (a)  $2,50 \times 10^3 \text{ K}$ ; (b)  $5,30 \times 10^3 \text{ K}$  **13.** (a) 1,0; (b) 0,99; (c) 0,50; (d) 0,014; (e)  $2,4 \times 10^{-17}$ ; (f)  $7,0 \times 10^2 \text{ K}$  **15.** (a)  $1,36 \times 10^{28} \text{ m}^{-3} \text{ eV}^{-1}$ ; (b)  $1,68 \times 10^{28} \text{ m}^{-3} \text{ eV}^{-1}$ ; (c)  $9,01 \times 10^{27} \text{ m}^{-3} \text{ eV}^{-1}$ ; (d)  $9,56 \times 10^{26} \text{ m}^{-3} \text{ eV}^{-1}$ ; (e)  $1,71 \times 10^{18} \text{ m}^{-3} \text{ eV}^{-1}$  **17.** (a)  $5,86 \times 10^{28} \text{ m}^{-3}$ ; (b) 5,49 eV; (c)  $1,39 \times 10^3 \text{ km/s}$ ; (d) 0,522 nm **19.** 3 **23.** 57,1 kJ **25.** (a)  $1,31 \times 10^{29} \text{ m}^{-3}$ ; (b) 9,43 eV; (c)  $1,82 \times 10^3 \text{ km/s}$ ; (d) 0,40 nm **27.** (a) 0,0055; (b) 0,018 **29.** (a) 19,7 kJ; (b) 197 s **31.** (a) 226 nm; (b) ultravioleta **33.** (a)  $1,5 \times 10^{-6}$ ; (b)  $1,5 \times 10^{-6}$  **35.** (a)  $4,79 \times 10^{-10}$ ; (b) 0,0140; (c) 0,824 **37.** 0,22  $\mu\text{g}$  **39.**  $6,0 \times 10^5$  **41.** 4,20 eV **43.** 13  $\mu\text{m}$  **45.** (a)  $109,5^\circ$ ; (b) 238 pm **47.** (b)  $1,8 \times 10^{28} \text{ m}^{-3} \text{ eV}^{-1}$  **51.** 3,49  $\times 10^3$  atm

## Capítulo 42

- T** **1.**  ${}^{90}\text{As}$  e  ${}^{158}\text{Nd}$  **2.** um pouco maior que 75 Bq (o tempo transcorrido é um pouco menor que três meias-vidas) **3.**  ${}^{206}\text{Pb}$  **P** **1.** (a) menor; (b) maior **3.**  ${}^{240}\text{U}$  **5.** (a)  ${}^{196}\text{Pt}$ ; (b) não **7.** sim **9.** sim **11.** permanece a mesma **13.** d **15.** (a)

- todos, exceto  ${}^{198}\text{Au}$ ; (b)  ${}^{132}\text{Sn}$  e  ${}^{208}\text{Pb}$  **PR** **1.**  $1,3 \times 10^{13} \text{ m}$  **3.** (a) 0,390 MeV; (b) 4,61 MeV **5.** 46,6 fm **7.** (a) 6; (b) 8 **9.** 13 km **11.** (a)  $2,3 \times 10^{17} \text{ kg/m}^3$ ; (b)  $2,3 \times 10^{17} \text{ kg/m}^3$ ; (d)  $1,0 \times 10^{25} \text{ C/m}^3$ ; (e)  $8,8 \times 10^{24} \text{ C/m}^3$  **13.** (a) 6,2 fm; (b) sim **15.** (a) 9,303%; (b) 11,71% **19.** (b) 7,92 MeV/núcleon **23.** 1,0087 u **25.** (a)  $7,5 \times 10^{16} \text{ s}^{-1}$ ; (b)  $4,9 \times 10^{16} \text{ s}^{-1}$  **27.** (a) 64,2 h; (b) 0,125; (c) 0,0749 **29.** (a) 0,250; (b) 0,125 **31.**  $5,3 \times 10^{22}$  **33.**  $9,0 \times 10^8 \text{ Bq}$  **35.** (a)  $2,0 \times 10^{20}$ ; (b)  $2,8 \times 10^9 \text{ s}^{-1}$  **37.** (a)  $3,2 \times 10^{12} \text{ Bq}$ ; (b) 86 Ci **39.**  $1,12 \times 10^{11} \text{ anos}$  **41.** 265 mg **45.** (a)  $8,88 \times 10^{10} \text{ s}^{-1}$ ; (b)  $1,19 \times 10^{15}$ ; (c)  $0,111 \mu\text{g}$  **47.**  $1 \times 10^{13} \text{ átomos}$  **49.** (a)  $1,2 \times 10^{-17}$ ; (b) 0 **51.** 4,269 MeV **53.** 0,783 MeV **55.** 1,21 MeV **57.** (b) 0,961 MeV **59.** 78,3 eV **61.** (a)  $1,06 \times 10^{19}$ ; (b) 0,624  $\times 10^{19}$ ; (c)  $1,68 \times 10^{19}$ ; (d)  $2,97 \times 10^9 \text{ anos}$  **63.** 1,7 mg **65.** 2,50 mSv **67.** 1,02 mg **69.** (a)  $6,3 \times 10^{18}$ ; (b)  $2,5 \times 10^{11}$ ; (c) 0,20 J; (d) 2,3 mGy; (e) 30 mSv **71.** (a) 6,6 MeV; (b) não **73.** (a) 25,4 MeV; (b) 12,8 MeV; (c) 25,0 MeV **75.**  $730 \text{ cm}^2$  **77.** (a) 59,5 d; (b) 1,18 **79.**  ${}^{225}\text{Ac}$  **81.** 13 mJ **83.** 30 MeV **85.**  $3,2 \times 10^4 \text{ anos}$  **87.**  ${}^{7\text{Li}}$  **93.** (a) 11,906 83 u; (b) 236,2025 u **95.** 27 **97.** 600 keV

## Capítulo 43

- T** **1.** c e d **2.** e **P** **1.**  ${}^{140}\text{I}$ ,  ${}^{105}\text{Mo}$ ,  ${}^{152}\text{Nd}$ ,  ${}^{123}\text{In}$ ,  ${}^{115}\text{Pd}$  **3.** aumenta **5.** (a) 101; (b) 42 **7.**  ${}^{239}\text{Np}$  **9.** continua igual a 1 **11.** menor **P** **1.** -23,0 MeV **3.**  $3,31 \times 10^{10} \text{ s}^{-1}$  **5.** (a)  $2,6 \times 10^{24}$ ; (b)  $8,2 \times 10^{13} \text{ J}$ ; (c)  $2,6 \times 10^4 \text{ anos}$  **7.** (a)  $16 \text{ d}^{-1}$ ; (b)  $4,3 \times 10^8$  **9.** 4,8 MeV **11.**  $1,3 \times 10^3 \text{ kg}$  **13.** (a)  ${}^{153}\text{Nd}$ ; (b) 110 MeV; (c) 60 MeV; (d)  $1,6 \times 10^7 \text{ m/s}$ ; (e)  $8,7 \times 10^6 \text{ m/s}$  **15.** (a) 84 kg; (b)  $1,7 \times 10^{25}$ ; (c)  $1,3 \times 10^{25}$  **17.** (a) 251 MeV; (b) a energia liberada em um evento de fissão típico é 200 MeV **19.** 557 W **23.** (b) 1,0; (c) 0,89; (d) 0,28; (e) 0,019; (f) 8 **25.** 0,99938 **27.** (a) 75 kW; (b) 5,8  $\times 10^3 \text{ kg}$  **29.**  $1,7 \times 10^9 \text{ anos}$  **31.** 170 keV **33.** 1,41 MeV **35.** (a)  $4,3 \times 10^9 \text{ kg/s}$ ; (b)  $3,1 \times 10^{-4}$  **39.**  $10^{-12} \text{ m}$  **41.** (a)  $1,8 \times 10^{38} \text{ s}^{-1}$ ; (b)  $8,2 \times 10^{28} \text{ s}^{-1}$  **43.** (a) 4,1 eV/átomo; (b) 9,0 MJ/kg; (c)  $1,5 \times 10^3 \text{ anos}$  **45.**  $1,6 \times 10^8 \text{ anos}$  **47.** (a) 24,9 MeV; (b) 8,65 megatons **49.** 14,4 kW **51.** (a)  $3,1 \times 10^{31} \text{ prótons/m}^3$ ; (b)  $1,2 \times 10^6$  **53.**  ${}^{238}\text{U} + \text{n} \rightarrow {}^{239}\text{U} \rightarrow {}^{239}\text{Np} + \text{e} + \nu, {}^{239}\text{Np} \rightarrow {}^{239}\text{Pu} + \text{e} + \nu$

## Capítulo 44

- T** **1.** (a) à família dos muôns; (b) uma partícula; (c)  $L_\mu = +1$  **2.** b e e **3.c** **P** **1.** (a) 1; (b) positiva **3.d** **5.** b, c, d **7.** a, b, c, d **9.** (a) lepton; (b) antipartícula; (c) férmion; (d) sim **11.** c **PR** **1.** 2,4 pm **3.** 2,4  $\times 10^{-43}$  **5.**  $\pi^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}$  **7.** 2,7 cm/s **9.** 769 MeV **11.** (a) do momento angular e do número leptônico eletrônico; (b) da carga e do número leptônico muônico; (c) da energia e do número leptônico muônico **13.** (a) sim; (b), (c), (d) não **15.** (a) 0; (b) -1; (c) 0 **17.** (a) da energia; (b) da estranheza; (c) da carga **21.** (a)  $\text{K}^+$ ; (b)  $\bar{\text{n}}$ ; (c)  $\text{K}^-$  **23.** (a)  $\Xi^0$ ; (b)  $\Sigma^-$  **25.**  $s\bar{d}$  **27.** (a)  $u\bar{u}d\bar{d}$ ; (b)  $u\bar{u}\bar{d}\bar{d}$  **29.** (a) não é possível; (b)  $uuu$  **31.** 668 nm **33.**  $1,4 \times 10^{10} \text{ anos-luz}$  **35.**  $2,77 \times 10^8 \text{ anos-luz}$  **37.** (b) 0,934; (c)  $1,28 \times 10^{10} \text{ anos-luz}$  **39.** (a) 0,26 meV; (b) 4,8 mm **41.** (a) 121 m/s; (b) 0,00406; (c) 248 anos **43.** (a) 2,6 K; (b) 976 nm **47.**  $1,08 \times 10^{42} \text{ J}$  **49.** (a) 0,785c; (b) 0,993c; (c) C2; (d) C1; (e) 51 ns; (f) 40 ns **51.** (c)  $r\alpha/c + (r\alpha/c)^2 + (r\alpha/c)^3 + \dots$ ; (d)  $r\alpha/c$ ; (e)  $\alpha = H$ ; (f)  $6,5 \times 10^8 \text{ anos-luz}$ ; (g)  $6,9 \times 10^8 \text{ anos}$ ; (h)  $6,5 \times 10^8 \text{ anos}$ ; (i)  $6,9 \times 10^8 \text{ anos-luz}$ ; (j)  $1,0 \times 10^9 \text{ anos-luz}$ ; (k)  $1,1 \times 10^9 \text{ anos}$ ; (l)  $3,9 \times 10^8 \text{ anos-luz}$