

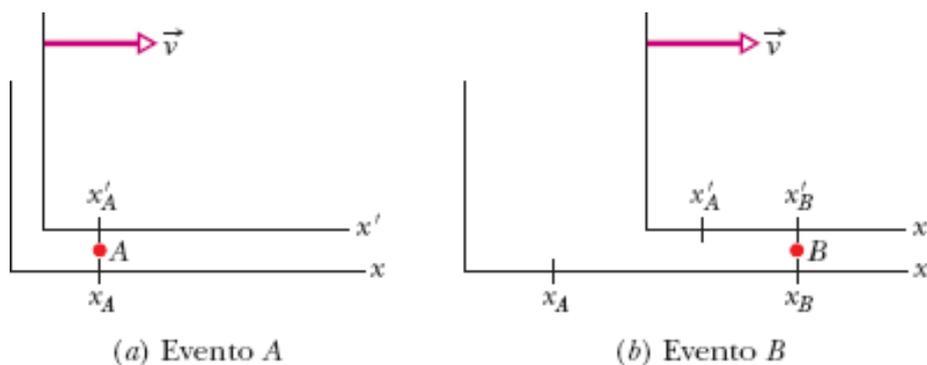
**LISTA 4 FÍSICA IV**  
**Relatividade EXERCÍCIOS ADICIONAIS (9 edição do Halliday)**  
**Respostas no final**  
**Gabaritos na página do professor**

Capítulo 37

- 4 Suponha que um astronauta é 20,00 anos mais velho que a filha. Depois de passar 4.000 anos (no seu referencial) viajando pelo universo com velocidade constante, em uma viagem de ida e volta, descobre, ao chegar à Terra, que está 20,00 anos mais moço que a filha. Determine o parâmetro de velocidade  $\beta$  da nave do astronauta em relação à Terra.
- 15 O centro da Via Láctea fica a cerca de 23.000 anos-luz de distância da Terra. (a) Qual é, com oito algarismos significativos, o parâmetro de velocidade de uma espaçonave que viaja esses 23.000 anos-luz (medidos no referencial da galáxia) em 30 anos (medidos no referencial da espaçonave)? (b) Qual é distância percorrida, em anos-luz, no referencial da espaçonave?
- 21 Inversão relativística da ordem de dois eventos. As figuras abaixo mostram a situação (usual) em que um referencial  $S'$  passa por um referencial  $S$ , na direção positiva comum dos eixos  $x$  e  $x'$ , movendo-se com velocidade constante  $v$  em relação a  $S$ . O observador 1 está em repouso no referencial  $S$  e o observador 2 está em repouso no referencial  $S'$ . As figuras também mostram eventos  $A$  e  $B$  que ocorrem nas seguintes coordenadas espaçotemporais, expressas nos dois referenciais:

Evento	Em $S$	Em $S'$
A	$(x_A, t_A)$	$(x'_A, t'_A)$
B	$(x_B, t_B)$	$(x'_B, t'_B)$

No referencial  $S$ , o evento  $A$  ocorre antes do evento  $B$ , com uma distância temporal  $\Delta t = t_B - t_A = 1,00 \mu s$  e uma distância espacial  $\Delta X = X_B - X_A = 400 \text{ m}$ . Seja  $\Delta t'$  a distância temporal dos eventos de acordo com o observador 2. (a) Escreva uma expressão para  $\Delta t'$  em termos do parâmetro de velocidade  $\beta (= v/c)$  e dos dados do problema. Faça um gráfico de  $\Delta t'$  em função de  $\beta$  para os seguintes intervalos: (b)  $0 \leq \beta \leq 0,01$  (baixas velocidades,  $0 \leq v \leq 0,01c$ ) e (c)  $0,1 \leq \beta \leq 1$  (altas velocidades,  $0,1c - v - c$ ). (d) Para que valor de  $\beta$  a distância temporal  $\Delta t'$  é nula? Para que faixa de valores de  $\beta$  a sequência dos eventos  $A$  e  $B$  para o observador 2 (e) é a mesma que para o observador 1 e (f) não é a mesma que para o observador 1? (g) O evento  $A$  pode ser a causa do evento  $B$  ou vice-versa? Justifique sua resposta.



- 33 Uma esquadilha de espaçonaves com 1,00 ano-luz de comprimento (no seu referencial de repouso) está se movendo com uma velocidade de  $0,800c$  em relação a uma base espacial. Uma nave mensageira viaja da retaguarda à vanguarda da esquadilha com uma velocidade de  $0,950c$  em relação à base espacial. Quanto tempo leva a viagem (a) no referencial da nave mensageira, (b) no referencial da esquadilha e (c) no referencial da base espacial?
- 39 Uma espaçonave está se afastando da Terra a uma velocidade de  $0,20c$ . Uma fonte luminosa na popa da nave emite luz com um comprimento de onda de  $450\text{ nm}$  de acordo com os passageiros. Determine (a) o comprimento de onda e (b) a cor (azul, verde, amarela ou vermelha) da luz emitida pela nave do ponto de vista de um observador terrestre.

# RESPOSTAS (numeração da 9 edição Halliday)

7.  $2,68 \times 10^3$  anos
8. 1,53 cm
9. (a) 87,4 m; (b) 394 ns
10. 0,63 m
11. 1,32 m
12. (a) 0,866; (b) 2,00
13. (a) 26,26 anos; (b) 52,26 anos; (c) 3,705 anos
14. 0,25 m
15. (a) 0,999 999 15; (b) 30 anos-luz
16. (a) 0; (b) 2,29 s; (c)  $6,54 \times 10^8$  m; (d) 3,16 s
17. (a) 138 km; (b)  $-374 \mu\text{s}$
18. (a) 0; (b)  $-2,5 \mu\text{s}$ ; (c) não
19. (a)  $25,8 \mu\text{s}$ ; (b) o pequeno clarão
20.  $0,63 \mu\text{s}$
21. (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
22. (a)  $\gamma[400 \text{ m} - \beta c(1,00 \mu\text{s})]$ ; (d) 0,750; (e) 265 m
23. (a) 1,25; (b)  $0,800 \mu\text{s}$
24. (a) 0,500 m; (b) 1,00 m; (c) 1,00 m; (d) 19,2 m; (e) 35,5 ns; (f) o evento 2
25. (a) 0,480; (b) negativo; (c) o grande clarão; (d)  $4,39 \mu\text{s}$
26.  $2,40 \mu\text{s}$
27.  $0,81c$
28. (a)  $0,84c\hat{i}$ ; (b)  $1,1c\hat{i}$ ; (c)  $0,21c\hat{i}$ ; (d)  $0,15c\hat{i}$
29. (a) 0,35; (b) 0,62
30. 0,588
31.  $1,2 \mu\text{s}$
32. (a)  $-0,36c$ ; (b)  $-c$
33. (a) 1,25 ano; (b) 1,60 ano; (c) 4,00 anos
34. 2,97 nm
35. 22,9 MHz
36. (a)  $1 \times 10^6$  m/s; (b) se afastando
37.  $0,13c$
38. (a) 7000 km/s; (b) se afastando
39. (a) 550 nm; (b) amarela
40. (a) 79,1 keV; (b) 3,11 MeV; (c) 10,9 MeV
41. (a) 196,695; (b) 0,999 987
42. 7,28 MeV
43. (a) 1,0 keV; (b) 1,1 MeV
44. 8,12 MeV
45. 110 km
46. (c) 207
47.  $1,01 \times 10^7$  km
48. (a) 0,948; (b) 226 MeV; (c) 314 MeV/c
49. (a) 0,222 cm; (b) 701 ps; (c) 7,40 ps
50. (a) 20,57; (b) 0,9988; (c) 1,011; (d) 0,1448; (e) 1,003; (f)  $7,310 \times 10^{-2}$
51.  $2,83mc$
52. (a)  $mv^2/2 + 3mv^4/8c^2$ ; (b)  $1,0 \times 10^{-16}$  J; (c)  $1,9 \times 10^{-19}$  J; (d)  $2,6 \times 10^{-14}$  J; (e)  $1,3 \times 10^{-14}$  J; (f) 0,37
53. (a)  $\gamma(2\pi ml/q|B|)$ ; (b) não; (c) 4,85 mm; (d) 15,9 mm; (e) 16,3 ps; (f) 0,334 ns
54. (a) 0,943; (b) 0,866
55. (a) 0,707; (b) 1,41; (c) 0,414
56. (a)  $1,2 \times 10^8$  N; (b) seria necessário usar um caminhão; (c) 25 N; (d) pode ser carregado em uma mochila

## Capítulo 37

1. 0,990 50
2. (a) 0,140 370 76; (b) 0,994 987 44; (c) 0,999 950 00; (d) 0,999 999 50
3. (a) 0,999 999 50
4. 0,9959
5. 0,446 ps
6. 40 s

57. 18 ums/ano  
58. (a) 1,001 957 0; (b)  $6,246\ 954\ 2 \times 10^{-2}$ ; (c) 2,956 951 4;  
(d) 0,941 079 24; (e)  $1,957\ 951\ 4 \times 10^3$ ; (f) 0,999 999 87  
59. (a) 2,08 MeV; (b) -1,21 MeV  
60. (a)  $\gamma[1,00\ \mu\text{s} - \beta(240\ \text{m})/(2,998 \times 10^8\ \text{m/s})]$ ; (d) 0,801;  
(e)  $0,599\ \mu\text{s}$ ; (f) sim  
61. (d) 0,801  
62. (a)  $-0,86c$ ; (b)  $-c$   
63. (a)  $vt\ \text{sen}\ \theta$ ; (b)  $t[1 - (v/c)\ \text{cos}\ \theta]$ ; (c)  $3,24c$   
64. 0,79 m  
65. ---  
66. (a) 1/9; (b) +0,80; (c) +0,80c  
67. (b) +0,44c  
68. (a)  $2,59\ \mu\text{s}$ ; (b)  $0,572\ \mu\text{s}$ ; (c)  $2,59\ \mu\text{s}$ ; (d)  $16,0\ \mu\text{s}$   
69. (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  
70. (a)  $2,21 \times 10^{-12}$ ; (b) 5,25 d  
71. (a)  $5,4 \times 10^4\ \text{km/h}$ ; (b)  $6,3 \times 10^{-10}$   
72. 0,75  
73. 189 MeV  
74. 55 m  
75.  $8,7 \times 10^{-3}$  anos-luz  
76. 0,999 90  
77. 7  
78. (a)  $1,87 \times 10^4\ \text{km/s}$ ; (b) se afastando  
79.  $2,46\ \text{MeV}/c$   
80. 6,4 cm  
81.  $0,27c$   
82. (a)  $2,24 \times 10^{-13}\ \text{s}$ ; (b)  $64,4\ \mu\text{m}$   
83. (a) 5,71 GeV; (b) 6,65 GeV; (c)  $6,58\ \text{GeV}/c$ ;  
(d) 3,11 MeV; (e) 3,62 MeV; (f)  $3,59\ \text{MeV}/c$   
84. (a)  $\tau_0(1 - v^2/c^2)^{-0,5}$   
85.  $0,95c$   
86. (a)  $2,7 \times 10^{14}\ \text{J}$ ; (b)  $1,8 \times 10^7\ \text{kg}$ ; (c)  $6,0 \times 10^6$   
87. (a) 256 kV; (b)  $0,745c$   
88.  $0,678c$