

## Estrutura da Matéria I

Lista de exercícios - 03

(1 de novembro de 2017)

- a) Após serem acelerados e alcançarem a energia de 50 MeV e a velocidade de  $0,999949c$ , os elétrons de um feixe percorrem uma distância (segundo o referencial do laboratório) igual a 1000 m, ao longo de uma trajetória retilínea. Determine a distância percorrida segundo um referencial que se desloque com a velocidade dos elétrons. (10 m)

b) Se para percorrer a mesma distância de 1000 m (segundo o referencial do laboratório), os elétrons fossem acelerados no acelerador linear de Stanford (SLAC), alcançando uma energia de 30 GeV e uma velocidade de  $0,9999999986c$ , qual seria a distância percorrida pelos elétrons segundo um referencial que se deslocasse com a velocidade dos elétrons. (1,67 cm)
- O comprimento de um foguete em movimento retilíneo e uniforme em relação a um observador na Terra é cerca de 1% menor do que quando em repouso. Determine a velocidade do foguete (para esse observador). ( $0,14c$ ) 88
- Um avião se desloca em relação ao solo com velocidade de 600 m/s. Seu comprimento próprio é igual a 50 m. Determine para um observador no solo:

  - de quanto a medida de seu comprimento em movimento diferirá de seu comprimento próprio; (0,1 nm)
  - após quanto tempo um relógio no solo e outro no interior do avião iriam diferir por  $2 \mu\text{s}$ . (11,6 dias)
- Uma barra de comprimento próprio igual a 1 m encontra-se em repouso no plano  $x'y'$  de um sistema de referência  $S'$ , e faz um ângulo de  $30^\circ$  com o eixo  $x'$ . Segundo um outro sistema de referência inercial  $S$ , a barra faz um ângulo  $30,4^\circ$  com o seu eixo  $x$ . Os eixos dos sistemas de referência  $S$  e  $S'$  são coincidentes em  $t = t' = 0$ . Determine segundo o referencial  $S$ :

  - a velocidade da barra; ( $0,18c$ )
  - o comprimento da barra. (0,9 m)
- Dois foguetes,  $A$  e  $B$ , com mesmo comprimento próprio de 100 m, se aproximam um do outro, com velocidade constante, ao longo da mesma direção. Segundo o astronauta de  $A$ , o foguete  $B$  leva  $2,5 \times 10^{-6}$  s para passar completamente por ele. Determine:

  - a velocidade relativa de um foguete em relação ao outro; ( $0,132c$ )
  - o intervalo de tempo, segundo o astronauta em  $A$ , que a frente de  $B$  leva para cruzar o foguete  $A$ ; ( $2,53 \times 10^{-6}$  s)
  - o intervalo de tempo, segundo o astronauta em  $B$ , que a frente de  $A$  leva para cruzar o foguete  $B$ . ( $2,53 \times 10^{-6}$  s)
- Dois foguetes,  $A$  e  $B$ , com mesmo comprimento próprio de 90 m, se aproximam um do outro, com velocidade constante, ao longo da mesma direção. Segundo o astronauta de  $A$ , a frente do foguete  $B$  leva  $1,5 \times 10^{-6}$  s para passar completamente por seu foguete. Determine o intervalo de tempo que um foguete passa pelo outro. ( $3,03 \times 10^{-6}$  s)

7. Dois foguetes,  $A$  e  $B$ , de comprimentos próprios iguais a 90 m e 120 m, se aproximam um do outro, com velocidade constante, ao longo da mesma direção. Segundo o astronauta de  $A$ , a frente do foguete  $B$  leva  $5 \times 10^{-7}$  s para passar completamente por seu foguete. Determine:
- a) a velocidade relativa de um foguete em relação ao outro; ( $0.6c$ )
  - b) o intervalo de tempo, segundo o astronauta em  $A$ , que o foguete  $B$  leva para passar completamente por ele; ( $10,33 \times 10^{-7}$  s)
  - c) o intervalo de tempo, segundo o astronauta em  $B$ , que o foguete  $A$  leva para passar completamente por ele. ( $10,67 \times 10^{-7}$  s)
8. Segundo um referencial  $S$ , os eventos  $A$  e  $B$  ocorreram nos pontos  $x_A = 10$  m e  $x_B = 6 \times 10^8$  m, nos instantes  $t_A = 0$  s e  $t_B = 1,8$  s. Existe algum referencial para o qual o evento  $B$  ocorreu antes do evento  $A$ ?
9. O comprimento de onda da radiação eletromagnética emitida por um átomo de uma estrela é percebido na Terra como igual a 525 nm. Se o átomo estiver na Terra o comprimento de onda é igual a 950 nm. Qual a velocidade da estrela em relação à Terra.
10. Determine:
- a) a equação de movimento de uma partícula de carga  $e$  e massa  $m$ , a partir do repouso, em um campo elétrico uniforme e independente do tempo  $E$ ;
  - b) o limite da equação de movimento pra  $t \rightarrow \infty$ , e o limite clássico ( $c \rightarrow \infty$ ).

11. Mostre que

$$\gamma(v') = \gamma(V) \gamma(v) \left( 1 - \frac{v_x V}{c^2} \right)$$

para um boost de Lorentz na direção  $x$ , onde  $V$  é a velocidade relativa entre dois referenciais inerciais  $S$  e  $S'$ , e  $v$  e  $v'$  são as velocidades de uma partícula segundo  $S$  e  $S'$ .

12. Um feixe de prótons é acelerado, a partir do repouso, por um campo uniforme e independente do tempo  $E$ , entre dois pontos (distantes  $d$ ) de um acelerador linear.
- a) Determine as expressões clássicas e relativísticas para a velocidade ( $v$ ) alcançada pelos prótons;
  - b) Compare as expressões encontradas no item (a): graficamente, e por meio de uma tabela que indique os valores de  $v/c$  em função da razão  $\frac{eV}{mc^2}$  (variando segundo  $10^{-2}, 10^{-1}, \dots, 10^4, 10^5$ ), em que  $e$  e  $m$  são a carga e a massa do próton, e  $V$  é a d.d.p entre os pontos distantes  $d$ .
13. A energia de ligação do núcleo de hélio é igual 28,336 MeV. Sabendo que as massas do próton e do nêutron são iguais a 1,00727647 u.m.a. e 1,00866490 u.m.a., e que 1 u.m.a. =  $1,66054 \times 10^{-27}$  kg, determine:
- a) a massa do núcleo de hélio; ( $6,6447 \times 10^{-27}$  kg)
  - b) a razão entre ao defeito de massa e a massa do núcleo de hélio. ( $\sim 7 \times 10^{-3}$ )

14. Um pión com velocidade  $v$  decai em um múon e um neutrino ( $\pi^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\mu$ ). Se o neutrino emerge fazendo um ângulo de  $90^\circ$  com a direção do pión, mostre que o ângulo de emergência do múon é dado por

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{1 - (m_\mu/m_\pi)^2}{2\beta\gamma^2}$$

sendo  $\beta = v/c$ , e  $\gamma(v)$  o fator de Lorentz.