

## RELATIVIDADE

### Terceira Lista de Exercícios

- Determine a velocidade e o fator relativístico de um próton cuja energia **cinética** é: a)  $1.0\text{KeV}$ , b)  $1.0\text{MeV}$  e c)  $1.0\text{GeV}$ . A energia de repouso do próton é  $938\text{MeV}$ .
- Uma tonelada de água é aquecida à partir do ponto de fusão até o ponto de ebulição. De quanto foi o aumento de sua energia de repouso (em quilogramas)?
- Considere um fóton em dois referenciais  $S$  e  $S'$ , com  $S'$  movendo-se com velocidade  $v$  na direção  $x$  em relação à  $S$ . Em  $S$  a energia e momento do fóton são  $E$  e  $p$ , respectivamente. Em qualquer referencial inercial a relação entre a energia  $E$  e a frequência  $\nu$  do fóton é dada por  $E = h\nu$ , onde  $h$  é a constante de Planck.
  - Calcule a energia e o momento no referencial  $S'$ .
  - Calcule a velocidade do fóton no referencial  $S'$ .
  - Calcule a frequência do fóton no referencial  $S'$ .
- Uma partícula de massa de repouso  $m_0$  desintegra-se em duas outras de massas de repouso  $m_1$  e  $m_2$ . Calcule as energias  $E_1$  e  $E_2$  dessas duas partículas.
- Uma partícula de massa de repouso  $m_0$  e velocidade  $v$  colide com outra partícula idêntica que está em repouso. Após a colisão as duas partículas caminham juntas formando uma partícula composta. Calcule:
  - A massa da partícula composta.
  - a velocidade da partícula composta.
- O pión neutro  $\pi^0$  tem uma massa de repouso de  $135\text{MeV}/c^2$ . Esta partícula pode ser criada a partir de uma colisão entre dois prótons

$$p + p \rightarrow p + p + \pi^0. \quad (1)$$

Determine a menor energia cinética necessária para a criação de uma partícula  $\pi^0$  em uma colisão entre um próton em movimento e um próton estacionário.

- Uma linha de sódio, com um comprimento de onda de  $589\text{nm}$ , é emitida por uma fonte que está se aproximando da Terra com velocidade  $V$ . O comprimento de onda medido no referencial da Terra é  $600\text{nm}$ . Determine  $V$ .

8. Uma galáxia está se afastando da Terra com uma velocidade que faz com que os comprimentos de onda recebidos na Terra sejam duas vezes maiores que os emitidos pela galáxia. Determine a velocidade da galáxia em relação à Terra.
9. Que trabalhos devemos efetuar para aumentar a velocidade de um próton em repouso até: a)  $0.1c$ ; b) até  $0.5c$ ; c) até  $0.9c$ ; d) até  $0.99c$ ?

Considere uma partícula em movimento hiperbólico,

$$x(t) = \frac{c^2}{a} \sqrt{1 + \frac{a^2}{c^2} t^2}, \quad y = z = 0,$$

onde  $c$  é a velocidade da luz e  $a$  um parâmetro fixo com dimensão de  $m/s^2$ .

- (a) Faça um gráfico de  $x(t)$ .
- (b) Calcule a velocidade  $u = \frac{dx}{dt}$  como uma função de  $t$ . Quais as velocidades limites para  $t \rightarrow \pm\infty$ ?
- (c) Encontre o tempo próprio  $\tau = \tau(t)$ , assumindo que os relógios são tais que  $\tau = 0$  quando  $t = 0$ . (Dica:  $d\tau = \sqrt{1 - u^2/c^2} dt$ )
- (d) Inverta a equação do item anterior e determine  $t = t(\tau)$ .
- (e) Calcule  $x$  como uma função do tempo próprio.