

Cadeira de Partículas Elementares

1º semestre 2001

SÉRIE DE PROBLEMAS

CINEMÁTICA RELATIVISTA

1. Obtenha a relação entre a rapidez no referencial do laboratório e no centro de massa.

$$\gamma = .5 \ln \frac{E + p_l}{E - p_l}$$

2. Dado o processo de decaimento:

$$M \rightarrow m_1 + m_2$$

- a) Determine a energia e a impulsão da partícula 2 vista do referencial da partícula 1.
- b) Determine as energias e impulsões das partículas 1 e 2 vistas do referencial próprio da partícula M.

Aplice ao decaimento $\mu^+ \rightarrow \mu^-$

$$m(\mu^+) = 140 \text{ MeV}, m(\mu^-) = 106 \text{ MeV}, m(\gamma) = 0$$

3. A materialização, no vácuo, do fóton num par electrão-positrão é impossível. Justifique a afirmação com base na conservação de energia e impulsão.
4. De acordo com o *modelo standard*, os neutrinos têm massa nula. Se assim não acontecer, os neutrinos do electrão, do múon e do tau podem ser combinações lineares de estados próprios de massa m_1 , m_2 e m_3 . Suponha que no decaimento $\mu^+ \rightarrow \mu^-$ o estado μ^- é uma combinação linear dos estados de massa m_1 e m_2 , com massas m_1 e m_2 . Nestas condições, a energia ou o momento do múon ao repouso deverá apresentar dois valores discretos. Assumindo que a impulsão do múon pode ser medida sem erro, mostre que a existência de tais valores discretos só pode ser demonstrada se:

$$m_2^2 - m_1^2 > 1.5 eV^2$$

Admita que m_1 e $m_2 \ll m$. Vida média do μ^- é $2.6 \cdot 10^{-8}$ s. A incerteza na massa de uma partícula relaciona-se com o tempo de vida pela relação de incerteza de Hiesenberg.

5. Deduza uma expressão para a energia de um fóton resultante do decaimento $\pi_0 \rightarrow \gamma\gamma$ em termos da massa, energia e velocidade do π_0 , e do ângulo de emissão no CM. O π_0 tem spin 0, o que implica que a distribuição em CM é isotrópica (porquê?). Obtenha uma expressão aproximada para o valor médio do ângulo de separação entre os dois gamas medidos no laboratório quando $E \gg p$.

6. O Bevatrão de Berkley foi construído para produzir $pp \rightarrow ppp\bar{p}$ em colisões de alvo fixo. Qual é a energia mínima do próton incidente para que esta reacção seja possível?

7. Piões e muões são produzidos na alta atmosfera ($\sim 10\text{km}$). Calcule:

- A energia com que deve ser produzido um μ para que este, em média, se desintegre à superfície da Terra.
- A percentagem de π^+ dessa energia que sendo produzidos à mesma altitude chegam à superfície da Terra.

$$m_\mu = 105.6\text{MeV}, \quad m_\pi = 139.6\text{MeV}, \quad \tau_\mu = 2.19 \cdot 10^{-6} \text{ s}, \quad \tau_\pi = 2.6 \cdot 10^{-8} \text{ s}$$