

**Física Nuclear e de Partículas:**  
**Lista #4 - Seções de choque**

*Prof. Tiago Nunes*

## Problema 1

Considere o decaimento a partir do repouso  $\pi^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\mu$ . Assumindo que  $m_\pi = 140$  MeV,  $m_\mu = 106$  MeV, e  $m_\nu \approx 0$ , calcule a energia do  $\mu^-$  produzido.

## Problema 2

Calcule a fração de ramificação (*branching ratio*) para o decaimento  $K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^0$ , sabendo que a amplitude de decaimento para esse processo é  $\Gamma = 1.2 \times 10^{-8}$  eV e que o tempo de meia vida do kaon é  $\tau(K^+) = 1.2 \times 10^{-8}$ s.

## Problema 3

Um múon do neutrino é disparado com energia 1 GeV contra um bloco de ferro ( ${}^{56}_{26}Fe$ ) de espessura 1 m com densidade  $\rho = 7.874 \times 10^3$  kg/m<sup>3</sup>. Se a seção de choque de interação neutrino-núcleo é  $\sigma = 8 \times 10^{-39}$  cm<sup>2</sup>, calcule a probabilidade de que o neutrino sofra interação com o bloco.

## Problema 4

a) Mostre que, para o decaimento  $a \rightarrow 1 + 2$ , o momento das partículas 1 e 2 no referencial do centro de massa é dado por

$$p^* = \frac{1}{2m_a} \sqrt{[m_a^2 - (m_1 + m_2)^2][m_a^2 - (m_1 - m_2)^2]}.$$

b) Mostre que, num processo de espalhamento entre duas partículas, o momento das partículas iniciais no centro de massa é dado por

$$p_i^{*2} = \frac{1}{4s} [s - (m_1 + m_2)^2] [s - (m_1 - m_2)^2].$$

## Problema 5

a) Utilizando a forma explícita para as matrizes  $\gamma$ , calcule explicitamente as componentes da expressão

$$\bar{\psi} \gamma^\mu \phi$$

em que  $\psi$  e  $\phi$  são espinores quaisquer.

b) Considere o diagrama de Feynman de ordem mais baixa para o processo de aniquilação  $e^- + e^+ \rightarrow \mu^- + \mu^+$ . Utilizando os resultados acima, calcule explicitamente as 4-correntes  $j_e^\mu = \bar{v}(p_2) \gamma^\mu u(p_1)$  e  $j_\mu^\nu = \bar{u}(p_3) \gamma^\nu v(p_4)$  para todas as combinações possíveis de helicidade dos estados inicial e final.

c) Utilize os resultados acima para calcular explicitamente os elementos de matriz invariantes de Lorentz para todas as combinações de helicidade dos estados inicial e final. Qual o elemento de matriz invariante de Lorentz total associado à esse diagrama?