



## Exame de Introdução à Teoria do Campo

Curso de Física Tecnológica - 2004/2005 (18/7/2005)

### I

Responda às seguintes questões:

- $\gamma^\mu \gamma^\alpha \gamma^\beta \gamma^\nu \gamma_\alpha \gamma_\beta = Ag^{\mu\nu} + Bg^{\mu\nu} \gamma_5 + C\epsilon^{\mu\nu\alpha\beta} \sigma_{\alpha\beta} + D\epsilon^{\mu\nu\alpha\beta} \sigma_{\alpha\beta} \gamma_5$ . Determine  $A$ ,  $B$ ,  $C$  e  $D$ .
- Calcule a energia mínima do feixe de  $\nu_\mu$ 's no referencial do laboratório (onde o electrão está em repouso) para que o processo  $\nu_\mu + e^- \rightarrow \mu^- + \nu_e$  seja possível.
- Seja  $H$  o Hamiltoniano da equação de Dirac para partículas livres no espaço dos momentos. Calcule o comutador  $[H, \vec{J}]$ , onde  $\vec{S} = \frac{1}{2}\vec{\Sigma}$  é o momento angular intrínseco ou spin,  $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$  é o momento angular orbital e  $\vec{J} = \vec{L} + \vec{S}$ . Comente.

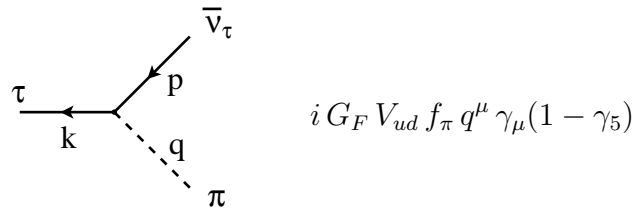
### II

Considere o processo  $\nu_e + \mu^+ \rightarrow \nu_e + \mu^+ + \gamma$  no quadro do modelo padrão das interações electrofracas.

- Desenhe o(s) diagrama(s) que contribuem para o processo em ordem mais baixa.
- Escreva a amplitude para o processo.
- Mostre que a amplitude é invariante de gauge, isto é, se  $\mathcal{M} \equiv \epsilon^\mu(k) \mathcal{M}_\mu$  onde  $k$  é o 4-momento do fóton, então temos  $k^\mu \mathcal{M}_\mu = 0$ .

### III

Considere o processo  $\tau^+ \rightarrow \pi^+ + \bar{\nu}_\tau$ . O vértice é dado por



- Escreva a amplitude invariante para o processo.
- Calcule a largura de decaimento  $\Gamma(\tau^+ \rightarrow \pi^+ + \bar{\nu}_\tau)$ . Considere nula a massa do  $\nu_\tau$  mas não a das outras partículas.
- Sabendo que o tempo de vida média do  $\tau$  é  $\tau_\tau = 2.96 \times 10^{-13} s$  calcule a fracção de decaimento (*Branching Ratio*) daquele canal.

**Dados:**

$$m_e = 0.511 \text{ MeV}, m_\mu = 105.658 \text{ MeV}, m_\tau = 1.777 \text{ GeV}$$

$$m_\pi = 139.57 \text{ MeV}, G_F = 1.16639 \times 10^{-5} \text{ GeV}^{-2}, V_{ud} = 0.975, f_\pi = 90 \text{ MeV}.$$