



Exame de Introdução à Teoria do Campo

Curso de Física Tecnológica - 2005/2006 (3/7/2006)

I

- Calcule a energia mínima do feixe de π^+ no referencial do laboratório (onde o neutrão está em repouso) para que o processo $\pi^+ + n \rightarrow K^+ + \Lambda^0$ seja possível. Dados: $m_\pi = 140$ MeV, $m_n = 940$ MeV, $m_K = 494$ MeV, $m_{\Lambda^0} = 1115$ MeV,
- 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.
- Para o Hamiltoniano H da alínea b), mostre que $[\vec{p}, \vec{J}] \neq 0$ mas que $[\vec{p}, \vec{p} \cdot \vec{J}] = 0$. Comente.

Para os problemas **II**, **III** e **IV** considere a teoria descrita pelo seguinte Lagrangeano

$$\mathcal{L} = \mathcal{L}_{\text{QED}} + \frac{1}{2}\partial_\mu\phi\partial^\mu\phi - \frac{1}{2}m_\phi^2\phi^2 - \beta\bar{\psi}\gamma_5\psi\phi$$

onde ϕ é um campo escalar (spin 0) neutro e ψ é o electrão. Para além dos propagadores e vértices de QED, temos:



II

Considere o processo $e^+ + e^- \rightarrow \phi + \gamma$ no quadro do modelo acima descrito.

- 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 $e^+ + e^- \rightarrow \phi + \phi$ no quadro do modelo acima descrito.

- Desenhe o(s) diagrama(s) que contribuem para o processo em ordem mais baixa.
- Escreva a amplitude para o processo.

IV

Considere agora o processo $\phi \rightarrow e^+ + e^-$

- Escreva a amplitude invariante para o processo.
- Calcule a largura de decaimento $\Gamma(\phi \rightarrow e^+ + e^-)$ em função dos parâmetros do modelo.
- Imagine que se mede $m_\phi = 1.8$ GeV e um tempo de vida média $\tau_\phi = 8.5 \times 10^{-23}$ s. Qual o valor de β ? Dados: $m_e = 0.511$ MeV