## Exame de Introdução à Teoria do Campo

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

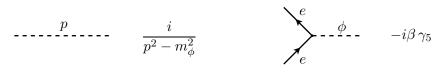
Ι

- a) Calcule a energia mínima do feixe de  $\pi^+$  no referencial do laboratório (onde o neutrão está em repouso) para que o processo  $\pi^+ + n \to K^+ + \Lambda^0$  seja possível. Dados:  $m_{\pi} = 140$  MeV,  $m_{n} = 940$  MeV,  $m_{K} = 494$  MeV,  $m_{\Lambda^0} = 1115$  MeV,
- b) Seja H o Hamiltoniano da equação de Dirac para partículas livres no espaço dos momentos. Calcule o comutador  $\left[H,\vec{J}\right]$ , 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.
- c) 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

$$\mathcal{L} = \mathcal{L}_{\mathrm{QED}} + \frac{1}{2} \partial_{\mu} \phi \, \partial^{\mu} \phi - \frac{1}{2} m_{\phi}^{2} \phi^{2} - \beta \, \overline{\psi} \gamma_{5} \psi \, \phi$$

onde  $\phi$  é um campo escalar (spin 0) neutro e  $\psi$  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.

- a) Desenhe o(s) diagrama(s) que contribuem para o processo em ordem mais baixa.
- b) Escreva a amplitude para o processo.
- c) 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 fotão, então temos  $k^{\mu}\mathcal{M}_{\mu} = 0$ .

III

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

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

IV

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

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