INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

Exame de Introdução à Teoria do Campo

Curso de Física Tecnológica - 2001/2002 (30/1/2002)

I

a) Construa o Hamiltoniano H da equação de Dirac para partículas livres no espaço dos momentos.

b) Calcule o comutador $\left[H, \vec{L}\right]$, onde $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$ é o momento angular orbital.

c) Calcule o comutador $\left[H, \vec{S}\right]$, onde $\vec{S} = \frac{1}{2}\vec{\Sigma}$ é o momento angular intrínseco ou spin.

d) Use os resultados anteriores para calcular $\left[H, \vec{J}\right]$, onde $\vec{J} = \vec{L} + \vec{S}$. Comente.

II

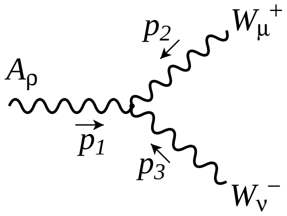
Considere o processo $t(p) \to b(q_1) + W^+(q_2) + \gamma(k)$ no quadro do modelo padrão das interacções electrofracas, onde p, q_1, q_2 e k são os momentos das partículas indicadas.

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 $k^\mu \mathcal{M}_\mu = 0$.

Nota 1: O fotão tem interacção com todas as partículas carregadas, e portanto também com o $W^\pm$. Os vértices com o t e o b estão no livro. O vértice com o $W^\pm$ é,



$$i\,e\left[g^{\mu\nu}(p_2 - p_3)^\rho + g^{\nu\rho}(p_3 - p_1)^\mu + g^{\rho\mu}(p_1 - p_2)^\nu\right]$$

Nota 2: O vector de polarização do $W^\pm$ satisfaz $q_2^\mu \epsilon_\mu(q_2) = 0$.

III

Considere o decaimento do quark **top**, $t \to b + W^+$, quadro do modelo padrão das interacções electrofracas.

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

b) Escreva a amplitude para o processo.

c) Calcule a largura de decaimento em função de m_t, m_b e m_W, no referencial em que o **top** está em repouso.

d) Calcule o tempo de vida média do **top**, no referencial em que o **top** está em repouso e noutro referencial em que tem velocidade $c/2$. **Dados:** $m_t = 175$ GeV, $m_b = 5$ GeV e $m_W = 80$ GeV.