INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

Exame de Introdução à Teoria do Campo

Curso de Física Tecnológica - 1999/2000 (3/2/2000)

I

a) Considere a combinação de matrizes $\Gamma = \not{p}_1 \, (\not{p}_2 + m) \, P_L \, (\not{p}_3 - m)$, onde p_i são 4–momentos arbitrários e $P_L = (1 - \gamma_5)/2$. Calcule $\overline{\Gamma} = \gamma^0 \Gamma^\dagger \gamma^0$.

b) Verifique a identidade $\gamma_\mu \, \sigma^{\mu\nu} \, (1 - \gamma_5) \sigma_{\nu\alpha} \, (1 - \gamma_5) \, \gamma^\alpha = A + B \, \gamma_5$. Determine A e B.

c) Verifique a identidade $\overline{u}(p_1) \, \gamma_\mu \, v(p_2) \, (a p_1 + b p_2)^\mu = A \, \overline{u}(p_1) v(p_2)$, onde a e b são constantes numéricas, p_i são 4–momentos e os spinores u e v dizem respeito à mesma partícula de massa m. Determine A.

II

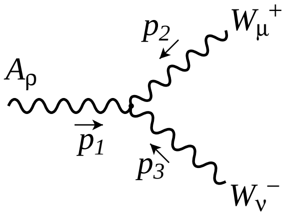
Considere o processo $W^- \to e^- + \overline{\nu}_e + \gamma$ no quadro do modelo padrão das interacções electrofracas.

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

b) Escreva a amplitude para o processo.

c) 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 $k^\mu \mathcal{M}_\mu = 0$. Considere apenas o caso em que se desprezam as massas dos leptões.

Nota: O fotão tem interacção com todas as partículas carregadas, e portanto também com o $W^\pm$. O vértice é

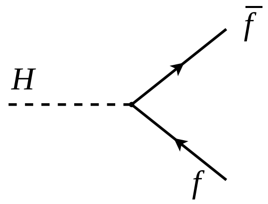


$$i \, e \, \left[g^{\mu\nu}(p_2 - p_3)^\rho + g^{\nu\rho}(p_3 - p_1)^\mu + g^{\rho\mu}(p_1 - p_2)^\nu \right]$$

onde os momentos e as partículas são todas consideradas a entrar no vértice.

III

Considere o processo $H \to f + \overline{f}$ no quadro do modelo padrão das interacções electrofracas, onde H é um campo escalar (spin 0) neutro designado por bosão de Higgs e f é qualquer fermião com massa do modelo. Sabe-se que o vértice relevante é



$$-i\,\frac{g}{2}\,\frac{m_f}{m_W}$$

a) Escreva a amplitude invariante para o processo.

b) Calcule a largura $\Gamma(H \to f\overline{f})$ em função das massas m_H e m_f.

c) Considere que $m_H = 100$ GeV. Neste caso os únicos canais de declínio são os considerados na alínea anterior. Encontre uma expressão para a razão de declínio (*Branching Ratio*) para um dado fermião f_i definida por

$$BR(H \to f_i\overline{f}_i) = \frac{\Gamma(H \to f_i\overline{f}_i)}{\sum_j \Gamma(H \to f_j\overline{f}_j)}$$

d) Determine o BR para o canal de declínio mais favorável (maior BR).

Dados:

$$m_t = 175\,GeV, m_b = 4.8\,GeV, m_c = 1.4\,GeV, m_s = 170\,MeV, m_d = 10\,MeV,$$

$$m_u = 5\,MeV, m_\tau = 1.777\,GeV, m_\mu = 105.65\,MeV, m_e = 0.511\,MeV, m_\nu = 0$$