INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

Exame de Introdução à Teoria do Campo

Curso de Física Tecnológica - 2000/2001 (21/2/2001)

I

Para uma partícula descrita por um spinor $u(p,\lambda)$ podemos definir o 4-vector polarização por

$$s^\mu = \frac{1}{2m}\,\overline{u}(p,\lambda)\,\gamma^\mu\gamma_5 u(p,\lambda)$$

a) Mostre que $s \cdot p = 0$.

b) Calcule s_μ para a partícula em repouso ($\vec{p}=0$) com

$$\chi_+ = \begin{pmatrix}1\\0\end{pmatrix} \quad ; \quad \chi_- \begin{pmatrix}0\\1\end{pmatrix}$$

c) Mostre que $s^2 = -1$.

d) Suponha que para a partícula em repouso o vector polarização é dado por

$$s^\mu = (0,\vec{\eta}) \qquad \text{com} \qquad \vec{\eta}\cdot\vec{\eta} = 1$$

Mostre que no referencial onde a partícula se move com momento $\vec{p}$ o vector polarização é dado por

$$s^\mu = \left(\frac{\vec{\eta}\cdot\vec{p}}{m}, \vec{\eta} + \frac{\vec{p}\,(\vec{\eta}\cdot\vec{p})}{(E+m)\,m}\right)$$

II

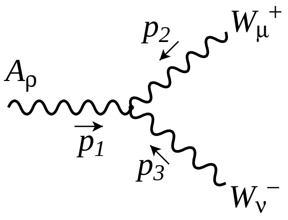
Considere o processo $\nu_\mu + e^- \to \mu^- + \nu_e + \gamma$ no quadro do modelo padrão das interacções electrofracas.

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

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 $\nu_\mu + e^- \to \mu^- + \nu_e$ no quadro do modelo padrão das interacções electrofracas mas admita que o acoplamento do W com os leptões é modificado para

$$i\frac{g}{\sqrt{2}}\gamma^\mu\frac{(1-\gamma_5)}{2} \to i\frac{g}{\sqrt{2}}\gamma^\mu\frac{(1-\epsilon\,\gamma_5)}{2}$$

a) Escreva a amplitude invariante para o processo.

b) Considere que todas as energias são muito inferiores à massa do W. Escreva a expressão para a amplitude nessa aproximação.

c) Calcule a secção eficaz diferencial $d\sigma/d\Omega$ no referencial do centro de massa (CM), no limite em que se desprezam todas as massas dos fermiões (mas sendo ainda válida a aproximação da alínea anterior). Os ângulos em $d\Omega$ são os que faz no CM a direcção do μ^- com a direcção do ν_μ incidente.

d) Calcule a secção eficaz total σ no CM. Com que precisão tinha que medir σ para ter um erro de 10% na determinação de ϵ?

Dados:

$$m_e = 0.511\,MeV, m_\mu = 105.658\,MeV, G_F = 1.16639 \times 10^{-5}.$$