FI-140 - prova 2, 11/10/2017

nome RA assinatura

.

1ª. questão: Conside o espalhamento elástico de elétrons com múons, $e^- + \mu^- \to e^- + \mu^-$, no referencial de CM.
a) Escreva o gráfico de Feynmann correspondente e mostre que a amplitude de probabilidade pode ser escrita como:

$$\mathcal{M}_{fi} = -\frac{e^2}{(p_1 - p_3)^2} g_{\mu\nu} [\bar{u}(p_3)\gamma^\mu u(p_1)][\bar{u}(p_4)\gamma^\nu u(p_2)]$$

b) Supondo que podemos preparar nosso elétron inicial na helicidade positiva, escreva os espinores iniciais e finais (espinor adjunto) do elétron em termos de autoestados de chiralidade.
c) Verifique explicitamente a partir dos espinores encontrados no item anterior que a quiralidade se conserva em cada vértice da interação.

2ª. questão: Considere um espalhamento elástico entre um elétron e um próton inicialmente em repouso. Neste espalhamento, a relação entre o ângulo do elétron espalhado e a sua energia, e a seção de choque de espalhamento são dadas por, respectivamente:

$$\frac{E_1 - E_3}{E_1} = \frac{1 - \cos\theta}{m_p/E_1 + (1 - \cos\theta)}$$

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{\alpha^2}{4E_1 \sin^4(\theta/2)} \frac{E_3}{E_1} \left(\cos^2 \frac{\theta}{2} + \frac{Q^2}{2m_p^2} \sin^2 \frac{\theta}{2} \right)$$

A medida que a energia do elétron aumenta, considerar o próton como uma partícula pontual deixa de ser uma boa aproximação. Quais destas duas relações deve ser corrigida, e de que forma?

3ª. questão: Considere um espalhamento inelástico entre um elétron de energia E_1 e um próton. As seguintes variáveis cinemáticas são úteis para descrever o fenômeno:

$$X = \frac{Q^2}{2p_2.q} \quad ; \quad W^2 = p_4^2 \quad ; \quad y = \frac{p_2.q}{p_2.p_1}$$

a) Encontre os intervalos numéricos que estas quantidades podem assumir, e os seus valores no limite onde o espalhamento é elástico.
b) Em um experimento de espalhamento deste tipo, o próton, inicialmente em repouso, é convertido em um estado excitado denominado Δ^+, que posteriormente decai na forma $\Delta^+ \rightarrow p\pi^0$. Encontre a diferença entre a energia do elétron espalhado e o valor desta energia no caso de espalhamento elástico, em função das massas das partículas produzidas e do ângulo de espalhamento.

4ª. questão: Simetrias são ingredientes fundamentais na física de partículas, descrevendo por exemplo a formação de bárions ou mésons através de uma simetria $SU(2)$ entre os quarks u e d, ou $SU(3)$ entre os quarks u, d e s, ou a composição de cores dos quarks e glúons em uma simetria $SU(3)$ de cor.
a) Descreva a notação $SU(n)$, identificando o significado de S, U e n.
a) O píon neutro é formado pela combinação $\pi^0 = (u\bar{u} - d\bar{d})/\sqrt{2}$. Verifique que o píon faz parte de um tripleto de isospin em SU(2) considerando o sabor dos quarks.
c) Os gluóns, assim como os méson, carregam uma cor e uma anticor. A combinação das cores nos glúons e nos mésons devem formar singletos ou parte de um multipleto? Justifique.

Sumário de Fórmulas

Autoestados de helicidade para partículas:

$$u_\uparrow = \sqrt{E+m}\begin{pmatrix} c \\ se^{i\phi} \\ kc \\ kse^{i\phi} \end{pmatrix} \quad ; \quad u_\downarrow = \sqrt{E+m}\begin{pmatrix} -s \\ ce^{i\phi} \\ ks \\ -kce^{i\phi} \end{pmatrix}$$

onde $k = p/(E+m)$, $c = \cos(\theta/2)$ e $s = \sin(\theta/w)$.

Operador de Quiralidade:

$$P_R = \frac{1}{2}(1+\gamma^5) = \frac{1}{2}\begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad ; \quad P_L = \frac{1}{2}(1-\gamma^5) = \frac{1}{2}\begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

Fórmula de Rosenbluth:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{\alpha^2}{4E_1 \sin^4(\theta/2)}\frac{E_3}{E_1}\left(\frac{G_E^2 + \tau G_M^2}{(1+\tau)}\cos^2\frac{\theta}{2} + 2G\tau G_M^2 \frac{Q^2}{2m_p^2}\sin^2\frac{\theta}{2}\right)$$

onde $\tau = Q^2/4m_p^2$ e G_E e G_M são fatores de forma.

ação de operadores de isospin:

$$T_+\phi(I, I_3) = \sqrt{I(I+1) - I_3(I_3+1)}\,\phi(I, I_3+1)$$

$$T_-\phi(I, I_3) = \sqrt{I(I+1) - I_3(I_3-1)}\,\phi(I, I_3-1)$$