INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

Exame de Introdução à Teoria do Campo

Curso de Física Tecnológica - 2006/2007 (18/7/2006)

I (4 valores)

a) Considere o processo

$$A + B \to C_1 + C_2 + \cdots + C_n$$

O feixe de partículas A tem energia E_A no referencial do **Lab**, onde a partícula B está em repouso. Escreva a expressão para a energia mínima, E_A^{min}, necessária para que a reacção possa ter lugar, em função de m_A, m_B e $M \equiv m_{C_1} + m_{C_2} + \cdots m_{C_n}$.

b) Considere uma partícula de spin $\frac{1}{2}$ com massa m. Exprima os bilineares $m\overline{\psi}\psi$, $\overline{\psi}\gamma^\mu\psi$ e $\overline{\psi}\gamma^\mu\gamma_5\psi$ em termos de $\psi_{L,R}$ definidos por

$$\psi_L = \frac{1-\gamma_5}{2}\psi, \quad \psi_R = \frac{1+\gamma_5}{2}\psi \ .$$

Que implicações tem este resultado para o Modelo Padrão onde ψ_L são dubletos de $SU(2)$ e ψ_R são singletos?

c) Considere a relação

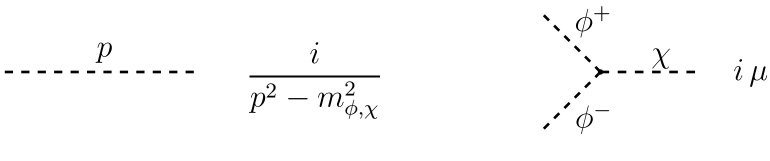
$$\varepsilon^{\mu\alpha\beta\nu}\ \gamma_\alpha\gamma_\beta\gamma_\nu = A\gamma^\mu + B\gamma^\mu\gamma_5$$

Mostre o lado direito é a forma mais geral que o tensor do lado esquerdo pode ter. Determine A e B.

Para os problemas **II**, **III**, **IV** e **V** considere a teoria descrita pelo seguinte Lagrangeano

$$\mathcal{L} = \frac{1}{2}\partial_\mu\chi\,\partial^\mu\chi + \partial_\mu\phi^+\ \partial^\mu\phi^- \ - \frac{1}{2}m_\chi^2\ \chi^2 - m_\phi^2\ \phi^+\phi^- + \mu\,\phi^+\phi^-\ \chi$$

onde χ é um campo escalar (spin 0) neutro e $\phi^\pm$ é um campo escalar (spin 0) complexo, a que corresponde uma *carga* conforme indicado. Esta *carga* diz respeito a uma simetria interna e não é a carga eléctrica, não havendo portanto interacção com os fotões. A constante μ tem a dimensão duma massa. Os propagadores e o único vértice do modelo são:



No vértice as partículas estão a entrar no vértice. Notar que $\phi^\pm$ a entrar corresponde a $\phi^\mp$ a sair.

II (4 valores)

Desenhe o(s) diagrama(s) de Feynman e calcule as respectivas amplitudes para os seguintes processos:

a) $\phi^- + \phi^+ \to \phi^- + \phi^+$

b) $\phi^- + \phi^+ \to \chi + \chi$

Não é para calcular as secções eficazes nem os quadrados dos elementos de matriz.

III (5 valores)

Considere o decaimento $\chi \to \phi^+ + \phi^-$ no mesmo modelo.

a) Escreva a amplitude invariante para o processo.

b) Calcule a largura de decaimento $\Gamma(\chi \to \phi^+ + \phi^-)$ em função dos parâmetros do modelo.

c) Qual é o tempo de vida média (em segundos) sabendo que $m_\chi = 5$ GeV, $m_\chi = 1$ GeV e $\mu = 10$ GeV.

IV (5 valores)

Considere o processo $\phi^- + \chi \to \phi^- + \chi$ 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) Considere que $\sqrt{s} \gg m_\phi, m_\chi$ e que portanto é uma boa aproximação fazer $m_\phi = m_\chi = 0$. Nestas condições calcule a secção eficaz diferencial $d\sigma/d\Omega$ no referencial do centro de massa em função da energia no CM ($\sqrt{s}$) e do ângulo de difusão θ.

d) Nas condições da alínea c) calcule a secção eficaz total no CM para $\theta > \theta^{\min}$. Que aconteceria se $\theta^{\min} = 0$? Seria um problema numa experiência real? Justifique.

V (2 valores)

Desenhe os diagramas a um *loop* para os propagadores dos campos ϕ e χ e para o vértice. Considere só os diagramas designados *One Particle Irreducible*, isto é, aqueles que não se separam em dois diagramas disjuntos pelo corte de uma só linha do diagrama. Sem calcular nada, diga quais são divergentes.

Dados

- $\hbar = c = 1$ implica:

$$1 = 3 \times 10^8 \mathrm{m\,s^{-1}},\ 1 = 197 \text{ Mev fermi},\ 1\text{fermi} = 10^{-15}\mathrm{m}$$

- $\varepsilon^{0123} = +1$, $\gamma_5 = i\,\gamma^0\gamma^1\gamma^2\gamma^3$.
- No referencial do CM temos:

$$\frac{d\Gamma}{d\Omega} = \frac{1}{32\pi^2}\frac{|\vec{p}_{\mathrm{CM}}|}{m^2}\,\overline{|M|}^2, \qquad \frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{1}{64\pi^2\, s}\frac{|\vec{p}_{3\mathrm{CM}}|}{|\vec{p}_{1\mathrm{CM}}|}\,\overline{|M|}^2$$

respectivamente para uma partícula de massa m que decai em duas, e para um processo $p_1 + p_2 \to p_3 + p_4$.