Teoria do Campo – Série 2

Curso de Engenharia Física Tecnológica – 2014/2015

`Entregar até 22/5/2015`

`Versão de 20/04/2015`

2.1 Mostrar que para o declínio $P \to q_1 + q_2$ a expressão para a largura se escreve no referencial da partícula que decai

$$\frac{d\Gamma}{d\Omega} = \frac{1}{32\pi^2}\,\frac{|\vec{q}_{1\text{cm}}|}{M^2}\,\overline{|M_{fi}|^2}$$

onde $P^2 = M^2$.

2.2 Calcule os traçoes do efeito de Compton (Eqs. (5.11), (5.12) e (5.13)

$$\begin{aligned}
\sum_{s,s'} |M_1|^2 =& \text{Tr}\left[(\not p' + m)\Gamma_1(\not p + m)\overline{\Gamma}_1\right] \\
\sum_{s,s'} |M_2|^2 =& \text{Tr}\left[(\not p' + m)\Gamma_2(\not p + m)\overline{\Gamma}_2\right] \\
\sum_{s,s'} (M_1 M_2^\dagger + M_1^\dagger M_2) =& \text{Tr}\left[(\not p' + m)\Gamma_1(\not p + m)\overline{\Gamma}_2\right] \\
&+ \text{Tr}\left[(\not p' + m)\Gamma_2(\not p + m)\overline{\Gamma}_1\right]
\end{aligned}$$

e mostre que o resultado final, Eq. (5.52) se pode escrever

$$\frac{1}{4}\sum_{s,s'}\sum_{\lambda,\lambda'}\{|M_1|^2 + |M_2|^2 + M_1 M_2^\dagger + M_1^\dagger M_2\} = 2e^4\left[\left(\frac{k}{k'}\right) + \left(\frac{k'}{k}\right) - \sin^2\theta\right]$$

Use o FeynCalc para calcular estes traços.

2.3 Considere em QED o processo $e^+(p_1)e^-(p_2) \to \gamma(k_1)\gamma(k_2)$.

a) Escreva a amplitude para o processo,

$$\mathcal{M} = \mathcal{M}_{\mu\nu}\epsilon^\mu(k_1)\epsilon^\nu(k_2)$$

b) Mostre que esta amplitude é invariante de gauge, isto é,

$$k_1^\mu \mathcal{M}_{\mu\nu} = k_2^\nu \mathcal{M}_{\mu\nu} = 0$$

Basta mostrar para um caso

2.4 Considere o modelo padrão das interacções electrofracas. Para os processos seguintes

i) $e^+e^- \to \nu_e\overline{\nu}_e$

ii) $e^+e^- \to \nu_\mu \overline{\nu}_\mu$

iii) $e^+e^- \to \nu_e \overline{\nu}_e \gamma$

iv) $e^-e^- \to e^-e^-$

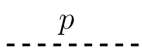
a) Use o programa QGRAF para encontrar o(s) diagrama(s) que contribuem em ordem mais baixa de teoria de perturbações.

b) **Desenhe** os diagramas (não é para fazer nenhumas contas) e explicite eventuais sinais entre os diagramas.

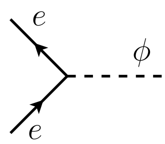
2.5 Considere a teoria descrita pelo seguinte Lagrangeano

$$\mathcal{L} = \mathcal{L}_{\rm QED} + \frac{1}{2}\partial_\mu\phi\, \partial^\mu\phi\ - \frac{1}{2}m_\phi^2 - \beta\, \overline{\psi}\gamma_5\psi\, \phi$$

onde ϕ é um campo (pseudo)-escalar (spin 0) neutro e ψ é o electrão. A constante β não tem dimensões (no sistema $\hbar = c = 1$). Os novos propagadores e vértices são:



$$\frac{i}{p^2 - m_\phi^2}$$



$$-i\,\beta\gamma_5$$

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

a) Escreva a amplitude invariante para o processo.

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

c) Imagine que se mede $m_\phi = 5$ GeV e um tempo de vida média $\tau_\phi = 2 \times 10^{-22}$ s. Qual o valor de β?