

FFI 265: Exercícios (Lista 4)

1 Diagramas de Feynman

- (i) Verificar que não é possível a conservação de energia e momento no vértice do diagrama para o processo $e^+ e^- \rightarrow \gamma$ (analogamente para o processo $\gamma \rightarrow e^+ e^-$) se as três partículas envolvidas forem reais. Isto demonstra que tais vértices ocorrem somente como parte de diagramas mais complexos.
- (ii) Escrever os dois principais diagramas de Feynman para o processo $\gamma \rightarrow e^+ e^-$ em presença de um campo elétrico produzido por um núcleo de carga Ze .

2 Equação de Dirac

- (i) Verificar a equação da continuidade

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot \vec{J} = 0$$

para a equação de Schrödinger, usando

$$\rho \equiv \psi^* \psi, \quad \vec{J} \equiv \frac{\hbar}{2mi} [\psi^* \nabla \psi - (\nabla \psi^*) \psi].$$

- (ii) idem para a equação de Klein-Gordon, usando

$$\rho \equiv i \left[\psi^* \frac{\partial \psi}{\partial t} - \left(\frac{\partial \psi^*}{\partial t} \right) \psi \right], \quad \vec{J} \equiv \frac{c^2}{i} [\psi^* \nabla \psi - (\nabla \psi^*) \psi].$$

- (iii) idem para a equação de Dirac, usando

$$\rho \equiv \psi^\dagger \psi, \quad \vec{J} \equiv c \psi^\dagger \vec{\alpha} \psi.$$

(Note que neste caso ψ é um vetor com quatro componentes, e cada componente de $\vec{\alpha}$ é uma matriz 4×4 .)

- (iv) Verificar para as matrizes de Pauli as relações

$$\sigma_i \sigma_j = \delta_{ij} + i \epsilon_{ijk} \sigma_k.$$

3 Decaimento Beta e Teoria de Fermi

(i) Escreva os diagramas de Feynman para os seguintes decaimentos

- a) $\tau^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\tau$
- b) $K^0 \rightarrow \pi^- + e^+ + \nu_e$
- c) $D^+ \rightarrow \bar{K}^0 + \mu^+ + \nu_\mu$
- d) $\tau^+ \rightarrow \pi^+ + \bar{\nu}_\tau$

considerando trocas de partículas W^+, W^- . Nota: leve em conta os conteúdos de quarks dos mésons acima, dados por

$$K^0 = \bar{s}d, \quad \pi^- = \bar{u}d, \quad D^+ = \bar{c}d.$$

(ii) Considere os seguintes decaimentos devidos à força fraca

- a) ${}^{14}_8O \rightarrow {}^{14}_7N^* + e^+ + \nu_e, \quad E_f = 1.81 \text{ MeV}, \quad W = 5.04 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$
- b) $\Sigma^+ \rightarrow \Lambda + e^+ + \nu_e, \quad E_f = 73 \text{ MeV}, \quad W = 2.53 \times 10^5 \text{ s}^{-1}$
- c) $\pi^+ \rightarrow \pi^0 + e^+ + \nu_e, \quad E_f = 4.083 \text{ MeV}, \quad W = 0.39 \text{ s}^{-1}$
- d) $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e, \quad E_f = 0.782 \text{ MeV}, \quad W = 1.14 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$

onde E_f é a diferença entre a massa da partícula inicial e a soma das massas dos produtos finais e W é a probabilidade total de reação por unidade de tempo. Verifique se os resultados acima estão de acordo com as previsões dadas pela teoria de Fermi para o decaimento beta.

Exercícios do Capítulo 5 do Griffiths: 1, 4, 8, 9, 10, 12, 13, 14 (segunda edição).

Exercícios do Capítulo 6 do Griffiths: 5, 7, 8, 12a (segunda edição).

Exercícios do Capítulo 7 do Griffiths: 1, 3, 5, 6 (segunda edição).