INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

Exame de Introdução à Teoria do Campo

Curso de Física Tecnológica - 1996/97

(21/2/97)

I

Verifique explicitamente as seguintes identidades:

a) $\overline{u}(p_1)\gamma_\mu u(p_2)\,(p_1-p_2)^\mu = A\,m^2$. Determine a constante numérica (sem dimensões) A sabendo que $\overline{u}$ e u dizem respeito ao mesmo fermião.

b) $(C\sigma_{\mu\nu})^T = \epsilon_T C\sigma_{\mu\nu}$; $(C\gamma_\mu\gamma_5)^T = \epsilon_A C\gamma_\mu\gamma_5$, onde C é a matriz de conjugação de carga. Determine os sinais ϵ_T e ϵ_A.

c) $\gamma^\alpha\sigma^\mu{}_\alpha\gamma^\nu = Ag^{\mu\nu} + Bg^{\mu\nu}\gamma_5 + C\sigma^{\mu\nu}$. Determine A, B e C.

II

Considere o processo $Z^0 \to e^-e^+\gamma$ no modelo standard (use os acoplamentos dados no Cap. 5 do livro).

a) Desenhe os diagramas que contribuem para o processo em ordem mais baixa.

b) Escreva a amplitude total na forma

$$M = \epsilon^\nu(P)\epsilon^\mu(k)\ M_{\nu\mu}$$

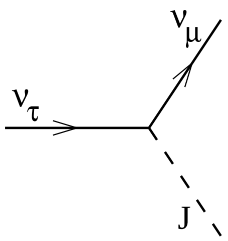
onde P e k são os 4-momentos do Z^0 e γ, respectivamente.

c) Mostre a invariância de gauge em relação ao fotão, isto é,

$$k^\mu\ M_{\nu\mu} = 0$$

III

Considere uma teoria em que existe violação de número leptónico devido à existência da interacção seguinte



$$ig(O_L P_L + O_R P_R)$$

onde g é a constante do grupo $SU(2)$ do modelo standard, isto é

$$\frac{g^2}{8\,m_W^2} = \frac{G_F}{\sqrt{2}}$$

$O_{L,R}$ são constantes sem dimensões, e J é uma partícula sem massa de spin zero.

a) Qual a energia do ν_μ em função das massas das partículas?

b) Escreva a amplitude para o processo $\nu_\tau \to \nu_\mu + J$.

c) Calcule a largura de declíneo do processo, não desprezando as massas dos neutrinos, m_{ν_τ} e m_{ν_μ}. No referencial do ν_τ qual a distribuição angular da partícula J?

d) Argumentos da astrofísica põem limites no tempo de vida média de neutrinos com massa. Esses neutrinos devem decair suficientemente depressa. O limite depende da massa do neutrino e é dado por

$$\tau_{\nu_\tau} < 1.5 \times 10^7 \left(\frac{m_{\nu_\tau}}{1\text{ keV}}\right)^{-2} \text{ anos}$$

Suponha que $O_L = -O_R$ e despreze agora a massa do ν_μ (mas não a do ν_τ, porquê?). Qual o constangimento a que $|O_L|$ tem que obedecer em função da massa do ν_τ? Faça uma tabela com os valores máximos de $|O_L|$ para $m_{\nu_\tau} = 1$ keV, 100 keV, 1 MeV e 10 MeV.

Dados: $M_W = 80$ GeV, $G_F = 1.166 \times 10^{-5}\ GeV^{-2}$ e a relação entre a largura e o tempo de vida média é

$$\Gamma(\text{MeV}) = 6.58 \times 10^{-22}\ \frac{1}{\tau(\text{ seg})}$$