# INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

# Exame de Introdução à Teoria do Campo

## Curso de Física Tecnológica - 1999/2000 (25/2/2000)

### I

a) Considere a combinação de matrizes $\Gamma = \not{p}_1 \, (g_V - g_A \, \gamma_5) \, (\not{p}_2 - m)(g_V - g_A \, \gamma_5) \, \not{p}_3$, onde $p_i$ são 4–momentos arbitrários. Calcule $\overline{\Gamma} = \gamma^0 \Gamma^\dagger \gamma^0$.

b) Verifique a identidade $\sigma^{\mu\alpha} \, (1 + \gamma_5) \, \gamma_\mu \, (1 - \gamma_5) \, \gamma_\alpha = A + B \, \gamma_5$. Determine $A$ e $B$.

c) Verifique a identidade $\overline{v}(p_1) \, \gamma_\mu \, \gamma_\nu u(p_2) \, (a p_1 + b p_2)^\mu \, (p_1 - p_2)^\nu = A \, \overline{v}(p_1) u(p_2)$, onde $a$ e $b$ são constantes numéricas, $p_i$ são 4–momentos e os spinores $u$ e $v$ dizem respeito à mesma partícula de massa $m$. Determine $A$.

### II

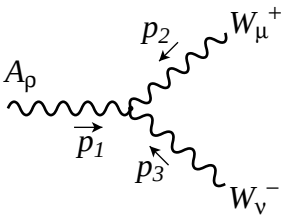
Considere o processo $e^- e^+ \to \nu_e + \overline{\nu}_e + \gamma$ no quadro do modelo padrão das interacções electrofracas.

a) Desenhe o(s) diagrama(s) que contribuem para o processo em ordem mais baixa.

b) Escreva a amplitude para o processo.

c) A amplitude é invariante de gauge, isto é, se $\mathcal{M} \equiv \epsilon^\mu(k) \, \mathcal{M}_\mu$ onde $k$ é o 4-momento do fotão, então temos $k^\mu \mathcal{M}_\mu = 0$. Mostre que isto acontece para o subconjunto de diagramas em que aparece o $W^\pm$. Pode desprezar a massa do electrão.

**Nota:** O fotão tem interacção com todas as partículas carregadas, e portanto também com o $W^\pm$. O vértice é

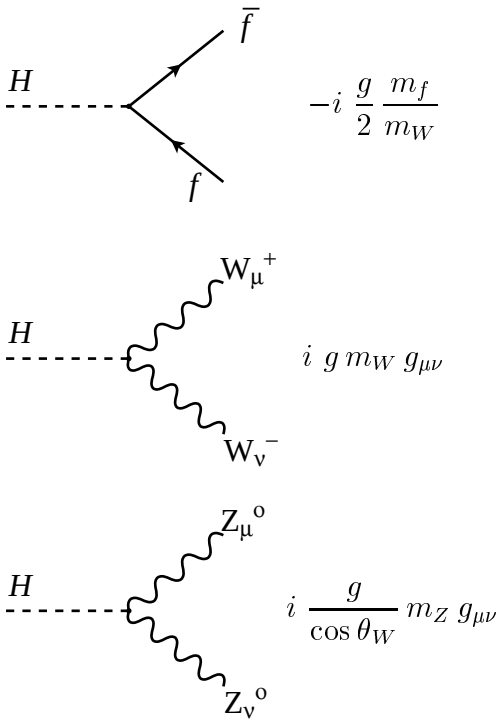



$$i\,e \, \left[ g^{\mu\nu}(p_2 - p_3)^\rho + g^{\nu\rho}(p_3 - p_1)^\mu + g^{\rho\mu}(p_1 - p_2)^\nu \right]$$

onde os momentos e as partículas são todas consideradas a entrar no vértice.

### III

Considere os processo $H \to f + \overline{f}$, $H \to W^+ W^-$, e $H \to Z^o Z^o$ no quadro do modelo padrão das interacções electrofracas, onde $H$ é um campo escalar (spin 0) neutro designado por bosão de Higgs, $f$ é qualquer fermião com massa do modelo, $W^\pm$ e $Z^o$ são os campos de vectoriais (spin 1) com massa do modelo, que juntamente com o fotão $\gamma$ são os responsáveis pelas interacções electrofracas. Sabe-se que os vértices relevantes são




a) Escreva as amplitudes para os 3 processos.

b) Calcule as larguras parciais $\Gamma(H \to f\overline{f})$, $\Gamma(H \to W^+W^-)$ e $\Gamma(H \to Z^oZ^o)$ em função das massas $m_H$, $m_f$ $m_W$ e $m_Z$.

c) Considere que $m_H = 170$ GeV. Calcule a razão de declínio (*Branching Ratio*) para o canal $H \to b\overline{b}$ definida por

$$BR(H \to b\overline{b}) = \frac{\Gamma(H \to b\overline{b})}{\Gamma(H \to \text{tudo})}$$

d) Compare o resultado obtido na alínea anterior com o que se obteria se $m_H = 100$ GeV ou $m_H = 250$ GeV.

**Dados:**

$$m_t = 175\,GeV, m_b = 4.8\,GeV, m_c = 1.4\,GeV, m_s = 170\,MeV, m_d = 10\,MeV,$$

$$m_u = 5\,MeV, m_\tau = 1.777\,GeV, m_\mu = 105.65\,MeV, m_e = 0.511\,MeV, m_\nu = 0$$

$$m_W = 80\,MeV, m_Z = 91\,GeV$$