



## Exame de Teoria do Campo

Curso de Física Tecnológica - 2014/2015  
Entregar até ao dia 2/6/2015 às 18 horas

Os problema situam-se dentro do Modelo Standard (SM) das interações fracas e electromagnéticas. Os acoplamentos estão no livro de texto. Os valores das massas e das larguras que precisar pode encontrar no site do *Particle Data Group* em <http://pdg.lbl.gov/>.

### I

Considere o processo

$$e^-(p_1) + \bar{\nu}_e(p_2) \rightarrow \mu^-(p_3) + \bar{\nu}_\mu(p_4)$$

- Use o programa **qgraf** para encontrar o(s) diagrama(s) que contribuem para o processo ao nível árvore.
- Escreva a amplitude para o processo. Despreze todas as massas dos leptões mas não dos bosões de gauge.
- Usando a técnica que preferir (traços, spinores de helicidade ou amplitudes de helicidade (quiralidade)) faça um gráfico da secção eficaz no referencial do centro de massa para  $\sqrt{s} \in [1, 500]$  GeV. Exprima a secção eficaz em picobarn (pb).
- Use **CalcHEP** para calcular este processo e sobreponha os pontos de **CalcHEP** na sua curva. Não se esqueça de verificar que estão a usar o mesmo valor para as constantes.
- No problema 6.13 é dito que quando  $\sqrt{s} \ll M_W, M_Z$  as secções eficazes com neutrinos e electrões têm a forma

$$\sigma = \frac{\lambda}{\pi} G_F^2 s$$

onde, para o processo aqui estudado,  $\lambda = 1/3$ . Sobreponha esta curva no seu gráfico e discuta a validade da aproximação.

### II

Considere o decaimento do quark top,

$$t(p) \rightarrow b(q_1) + e^+(k) + \nu_e(q_2)$$

no SM. Em todos os cálculos neste problema despreze a massa de todas as partículas excepto a do quark top e do bosão  $W$ . Não despreze a largura do bosão  $W$ . Considere também que  $V_{CKM} = 1$ .

- Escreva a amplitude para este processo.

- 2) Calcule a largura de decaimento para este processo.
- 3) Faça um gráfico do espectro de energia do positrões, isto é

$$\frac{d\Gamma}{dE_{e^+}}$$

em função da energia do positrão  $E_{e^+}$ , no referencial em que o quark top está em repouso. Verifique que não pode desprezar a largura. Para isso sobreponha no gráfico outro usando uma largura para o  $W$  que seja 1/10 da largura que está no PDG.

- 4) Use o seu resultado para estimar a largura total do quark top e compare com o PDG.
- 5) Outra estratégia para calcular a largura total seria, calcular

$$\Gamma(t \rightarrow b + W^+)$$

Calcule esta largura e compare com o resultado que obteve na alínea anterior. Comente.

---

### NOTES

1. Não tente fazer as integrações analíticas para o espaço de fases de três partículas, faça integrações numéricas.
2. O texto <http://porthos.ist.utl.pt/CTQFT/files/RealExample.pdf> ajuda para o caso do espaço de fase de três partículas.