



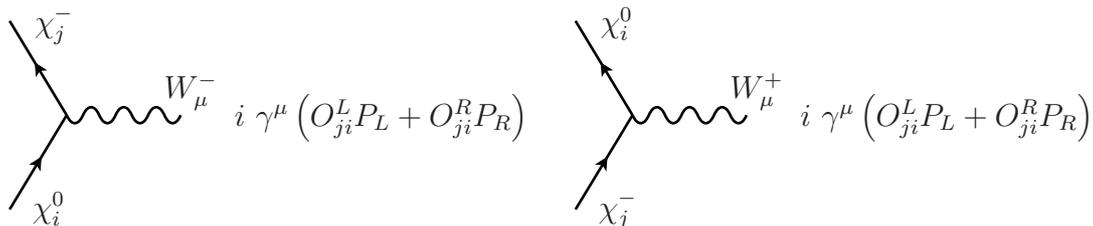
## Exame de Introdução à Teoria do Campo

Curso de Física Tecnológica - 2006/2007  
(Entregar até ao dia 2/7/2007 às 12 horas.)

O problema I situa-se dentro do Modelo Standard (SM) das interações fracas e electro-magnéticas. Os acoplamentos e demais informações necessárias encontram-se no livro de texto. O problema II situa-se no quadro da extensão supersimétrica do *modelo standard* (SM) das interações fracas e electromagnéticas designada por *Minimal Supersymmetric Standard Model* (MSSM). Para esse problema é suficiente saber que para além das partículas do SM existem muitas outras, ditas parceiros supersimétricos, entre as quais dois fermiões carregados, designados por charginos  $\chi_i^-$  ( $i = 1, 2$ ) e quatro fermiões neutros, designados por neutralinos  $\chi_j^0$  ( $j = 1, 4$ ). O vértice entre os charginos e os neutralinos pode-se ler do lagrangeano de interação

$$\mathcal{L} = W_\mu^- \left[ \overline{\chi_j^-} \gamma^\mu \left( O_{ji}^L P_L + O_{ji}^R P_R \right) \chi_i^0 \right] + W_\mu^+ \left[ \overline{\chi_i^0} \gamma^\mu \left( O_{ji}^L P_L + O_{ji}^R P_R \right) \chi_j^- \right]$$

a que correspondem os vértices seguintes:



I

Considere o seguinte processo num colisionador linear,

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

Despreze as massas de todas as partículas.

- Utilize o programa **qgraf** para verificar que ao nível árvores há dois diagramas e que o sinal relativo é negativo.
- Utilize a técnica dos *spinor products* para escrever as amplitudes de helicidade do processo.
- Usando as amplitudes de helicidade, calcule a secção eficaz no referencial do centro de massa, para  $\sqrt{s} \in [40, 300]$  GeV. Faça o respectivo gráfico com a secção eficaz em picobarns.

## II

- a) Diga quais são **todos** os canais de decaimento para o chargino mais leve,  $\chi_1^-$  admitindo que se tem sempre,  $m_{\chi_i^-} < m_{\chi_j^-}$  e  $m_{\chi_i^0} < m_{\chi_j^0}$  para  $i < j$  e que além disso se tem  $m_{\chi_1^-} > m_{\chi_1^0}$ , mas sempre com  $m_{\chi_1^-} < m_{\chi_2^0}$ . Para analisar as várias possibilidades admita que se tem  $m_{\chi_1^-} > 100$  GeV e que  $m_{\chi_1^-}$  é menor que todas as massas de todas as partículas supersimétricas (selectrões, squarks...), com excepção do  $m_{\chi_1^0}$ .
- b) Calcule a largura de decaimento em **todos** os canais acessíveis nas condições da alínea anterior. Notar que  $m_{\chi_1^-} \geq m_W$  e portanto não se pode desprezar o momento que flui no denominador do  $W$ .
- c) Faça um gráfico da variação da largura total do  $\chi_1^-$  em função da sua massa. Para isso utilize o ficheiro de dados `home2007.dat` que se encontra em:

<http://porthos.ist.utl.pt/~romao/ensino/itc/ano0607/exames/home2007.dat>

Esse ficheiro corresponde a uma solução possível do MSSM e contém 150 pontos com  $100 \text{ GeV} < m_{\chi_1^-} < 250 \text{ GeV}$ . Cada linha tem os valores

$$m_{\chi_1^-}, m_{\chi_1^0}, m_{\chi_2^0}, O_{11}^L, O_{11}^R$$

Verifique que os pontos estão dentro das condições do problema.

- d) Faça um gráfico da variação dos *Branching Ratio* para os processos

$$\chi_1^- \rightarrow \chi_1^0 + \sum_{\text{todos}} \text{quarks}$$

e

$$\chi_1^- \rightarrow \chi_1^0 + \sum_{\text{todos}} \text{leptões}$$

com a massa do  $\chi_1^-$ . Estes *Branching Ratios* são definidos da seguinte forma

$$BR(\chi_1^- \rightarrow \chi_1^0 + \sum_{\text{todos}} \text{quarks}) = \frac{\Gamma(\chi_1^- \rightarrow \chi_1^0 + \sum_{\text{todos}} \text{quarks})}{\Gamma(\chi_1^- \rightarrow \text{tudo})}$$

e

$$BR(\chi_1^- \rightarrow \chi_1^0 + \sum_{\text{todos}} \text{leptões}) = \frac{\Gamma(\chi_1^- \rightarrow \chi_1^0 + \sum_{\text{todos}} \text{leptões})}{\Gamma(\chi_1^- \rightarrow \text{tudo})}$$