



## Exame de Introdução à Teoria do Campo

Curso de Física Tecnológica - 2003/2004  
(Entregar até ao dia 30/7/2004 às 18 horas.)

Os problemas seguintes situam-se dentro do modelo standard das interacções fracas e electro-magnéticas. Os acoplamentos e demais informações necessárias encontram-se no livro de texto, excepto os vértices do bóson de Higgs que estão no final do enunciado.

### I

- Calcule as larguras de decaimento,  $\Gamma(H \rightarrow f\bar{f})$ ,  $\Gamma(H \rightarrow W^+W^-)$  e  $\Gamma(H \rightarrow Z^0Z^0)$  em função da massa do bóson de Higgs ( $m_H$ ), da massa das partículas no estado final e da constante de Fermi  $G_F$ .
- Para o intervalo  $m_H \in [100, 400]$  GeV, faça um gráfico das larguras parciais nos canais,  
$$H \rightarrow b\bar{b}, \tau^+\tau^-, c\bar{c}, \mu^+\mu^-, t\bar{t}, W^+W^-, ZZ.$$
- Considerando que naquele intervalo da massa  $m_H$ , aquelas são as únicas larguras não desprezáveis, faça um gráfico da largura total do bóson de Higgs em função da sua massa no intervalo da alínea anterior.
- Para cada declínio parcial define-se o *Branching Ratio (BR)* (fracção de decaimento) como a razão entre a largura parcial e a largura total. Repita o gráfico da alínea b) agora para os BR's. Por definição de BR, para cada valor da massa  $m_H$  a soma de todos os BR's será sempre 1. Verifique isso no gráfico.

### II

Considere os três processos de produção do bóson de Higgs num colisionador linear (neste momento em fase de projecto),

$$e^-e^+ \rightarrow ZH, \quad e^-e^+ \rightarrow e^-e^+H, \quad e^-e^+ \rightarrow \nu\bar{\nu}H$$

- Calcule as secções eficazes no referencial do centro de massa em função das massas das partículas e da energia do centro de massa  $\sqrt{s}$ . Para o processo  $e^-e^+ \rightarrow ZH$  é possível ter um resultado final analítico. Para os outros processos leve as contas até ao ponto de fazer numericamente as integrações que faltarem. Não esquecer que

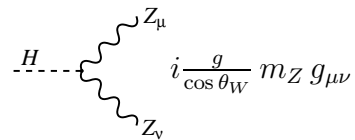
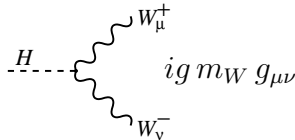
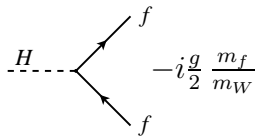
$$\sigma(e^-e^+ \rightarrow \nu\bar{\nu}H) = \sum_{i=e,\mu,\tau} \sigma(e^-e^+ \rightarrow \nu_i\bar{\nu}_iH)$$

pois os neutrinos não são detectados. Desprezar as massas de todos os leptões.

- Faça um gráfico conjunto das três secções eficazes para  $\sqrt{s} \in [150, 500]$  GeV. Para estes gráficos tome  $m_H = 120$  GeV.
- Estes processos estão muito bem estudados na literatura. Faça uma busca bibliográfica para encontrar um exemplo de um deles e para um ponto particular ( $\sqrt{s}, m_H$ ) reproduza o resultado. Entregue uma cópia do gráfico da referência que encontrar.

## Notas

1. Vértices do bóson de Higgs.



2. Não esquecer que quando há  $N$  partículas idênticas no estado final é necessário dividir a secção eficaz (ou a largura) por um factor  $N!$ .
3. Cada *sabor* dos quarks vem em 3 variedades (*cores*). Experimentalmente não são distinguidas pelo que há que multiplicar as larguras, por exemplo  $\Gamma(H \rightarrow c\bar{c})$ , por um factor  $N_c = 3$ .
4. No problema **II** há um sinal *menos* entre os diagramas em que há aniquilação do electrão e positrão (ditos canal  $s$ ) e aqueles em que não há (ditos canal  $t$ ).
5. Nos gráficos, apresente as larguras em **GeV** e as secções eficazes em fentobarns (**fb**).
6. No problema **II** repare que as secções eficazes  $e^-e^+ \rightarrow \nu_\mu\bar{\nu}_\mu H$  e  $e^-e^+ \rightarrow \nu_\tau\bar{\nu}_\tau H$  são iguais (porquê?) e iguais a uma parte de  $e^-e^+ \rightarrow \nu_e\bar{\nu}_e H$ . Também  $e^-e^+ \rightarrow e^-e^+ H$  se pode escrever numa forma genérica que servirá para calcular, mudando apenas algumas constantes, a secção eficaz  $e^-e^+ \rightarrow \nu_e\bar{\nu}_e H$ . Com estas observações só tem que calcular o quadrado de dois diagramas e a sua interferência. Todos as secções eficazes se podem escrever em termos dessas três funções mudando as constantes apropriadamente. Isto simplifica bastante as contas, claro.