INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

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 electromagnéticas. Os acoplamentos e demais informações necessárias encontram-se no livro de texto, excepto os vértices do bosão de Higgs que estão no final do enunciado.

I

a) Calcule as larguras de decaimento, $\Gamma(H \to f\bar{f})$, $\Gamma(H \to W^+W^-)$ e $\Gamma(H \to Z^0Z^0)$ em função da massa do bosão de Higgs (m_H), da massa das partículas no estado final e da constante de Fermi G_F.

b) Para o intervalo $m_H \in \Big[100, 400\Big]$ GeV, faça um gráfico das larguras parciais nos canais,

$$H \to b\,\bar{b},\ \tau^+\tau^-,\ c\,\bar{c},\ \mu^+\mu^-,\ t\,\bar{t},\ W^+W^-,\ ZZ\ .$$

c) Considerando que naquele intervalo da massa m_H, aquelas são as únicas larguras não desprezáveis, faça um gráfico da largura total do bosão de Higgs em função da sua massa no intervalo da alínea anterior.

d) 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 bosão de Higgs num colisionador linear (neste momento em fase de projecto),

$$e^-e^+ \to ZH, \qquad e^-e^+ \to e^-e^+H, \qquad e^-e^+ \to \nu\bar{\nu}H$$

a) 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 $e^-e^+ \to ZH$ 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

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

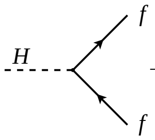
pois os neutrinos não são detectados. Desprezar as massas de todos os leptões.

b) Faça um gráfico conjunto das três secções eficazes para $\sqrt{s} \in \Big[150, 500\Big]$ GeV. Para estes gráficos tome $m_H = 120$ GeV.

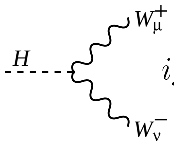
c) Estes processos estão muito bem estudados na literatura. Faça uma busca bibliográfica para encontrar um exemplo de um deles e para um ponto particular $(\sqrt{s}, m_H)$ reproduza o resultado. Entregue uma cópia do gráfico da referência que encontrar.

Notas

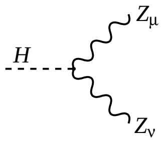
1. Vértices do bosão de Higgs.



$$-i\frac{g}{2}\frac{m_f}{m_W}$$



$$ig\, m_W\, g_{\mu\nu}$$



$$i\frac{g}{\cos\theta_W}\, m_Z\, g_{\mu\nu}$$

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 $\Gamma(H \to c\bar{c})$, 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 $e^-e^+ \to \nu_\mu\bar{\nu}_\mu H$ e $e^-e^+ \to \nu_\tau\bar{\nu}_\tau H$ são iguais (porquê?) e iguais a uma parte de $e^-e^+ \to \nu_e\bar{\nu}_e H$. Também $e^-e^+ \to e^-e^+H$ se pode escrever numa forma genérica que servirá para calcular, mudando apenas algumas constantes, a secção eficaz $e^-e^+ \to \nu_e\bar{\nu}_e H$. 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 apropriadamante. Isto simplifica bastante as contas, claro.