



Exame de Introdução à Teoria do Campo

Curso de Física Tecnológica - 2005/2006
(Entregar até ao dia 28/7/2006 às 18 horas.)

O problema situa-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.

Considere o seguinte processo de produção do bosão de Higgs num colisionador linear (neste momento em fase de projecto),

$$e^-(p_1) + e^+(p_2) \rightarrow Z(q_1) + Z(q_2) + H(k)$$

- Calcule a secção eficaz no referencial do centro de massa em função das massas das partículas e da energia do centro de massa \sqrt{s} .
- Faça um gráfico conjunto da secção eficaz para três valores da massa do bosão de Higgs, $m_H = \{90, 120, 150\}$ para $\sqrt{s} \in [m_H + 2m_Z + 10, 2000]$ GeV. O valor de $m_H = 90$ GeV está excluído experimentalmente. No entanto para comparação, (ver alínea c)) é útil calculá-lo.
- Este processo está muito bem estudado na literatura. Faça uma busca bibliográfica para encontrar um exemplo e para um ponto particular (\sqrt{s}, m_H) reproduza o resultado. Entregue uma cópia do gráfico da referência que encontrar. Compare com os resultados apresentados no gráfico da Figura 1.
- Mostre que as interferências com os diagramas que resultam da troca das partículas idênticas são cruciais para que a secção eficaz decresça com a energia, não violando o limite da unitariedade. Para isso reproduza o gráfico da Figura 2 onde se omitiram os diagramas de interferência. Notar a diferença de escalas.

Notas

- Desprezar as massas do electrão e positrão.
- O único vértice do bosão de Higgs (com $m_e = 0$) é:

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

3. Não esquecer que há duas partículas idênticas no estado final.
4. A alínea d) mostra que os sinais são cruciais para se obter o resultado correcto. Para isso é conveniente fazer os traços usando o `mathematica`. Poderá ser útil notar que as amplitudes se podem todas escrever na forma (com Γ_i apropriados):

$$M_i = \bar{v}(p_2)\Gamma_i u(p_1)$$

5. Nos gráficos, apresente as secções eficazes em fentobarns (**fb**).

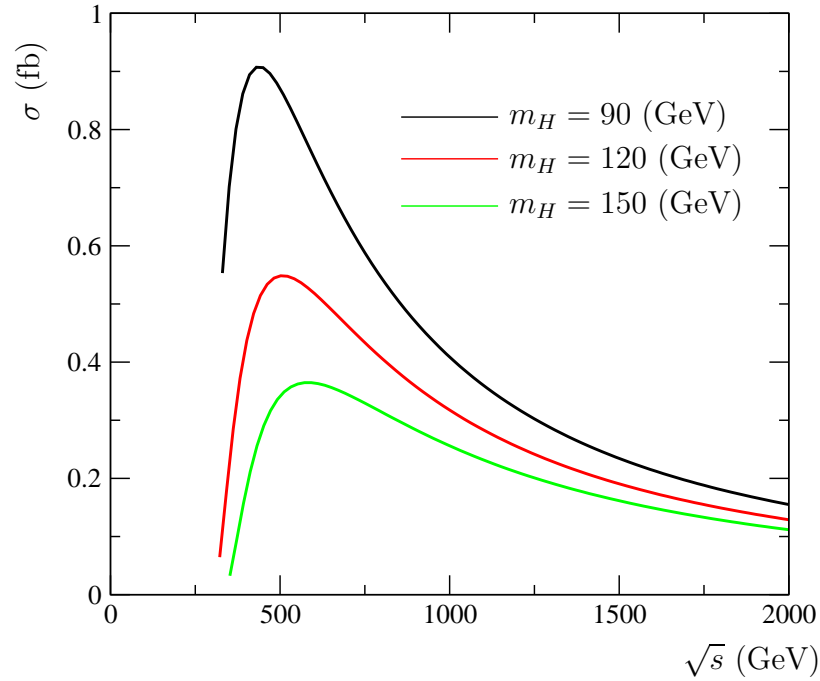


Figura 1 Secção eficaz $\sigma(e^+e^- \rightarrow HZZ)$ com todos os diagramas.

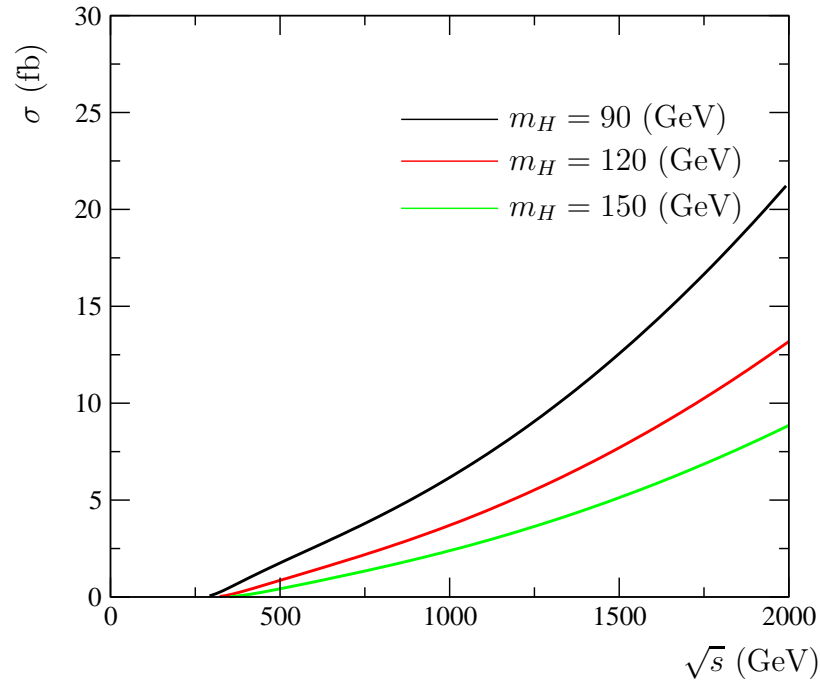


Figura 2 Secção eficaz $\sigma(e^+e^- \rightarrow HZZ)$ sem os diagramas de interferência.

6. Para fazer as integrações numéricas poderá ser útil usar, com as adaptações resultantes de aqui termos dois bosões Z com massa e não neutrinos sem massa, os métodos explicados na resolução do trabalho de 2000:

<http://porthos.ist.utl.pt/~romao/ensino/itc/ano9900/index.html>

7. Neste problema parte-se do princípio que a técnica a usar é transformar as somas de spin em traços. No entanto há uma outra maneira de resolver o problema usando as técnicas das amplitudes de helicidade descritas em [1, 2]. Este método tem algumas vantagens pois não há traços. No entanto, para bosões de gauge com massa resulta em mais integrações. Se quiser pode resolver o problema usando estas técnicas de amplitudes de helicidade.

References

- [1] J. C. Romao and A. Barroso, Phys. Lett. **B185**, 195 (1987).
- [2] R. Kleiss and W. J. Stirling, Nucl. Phys. **B262**, 235 (1985).