

Produção inclusiva de quarkonium para as energias do Large Hadron Collider

G. H. I. Machado ¹, M. V. T. Machado ²

¹ Gabriela H. I. Machado, Física – Pesquisa Básica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

² Magno V. T. Machado, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul



Introdução

Quarkônio é o nome dado aos estados ligados de quarks pesados de configuração quarks-antiquark. O estado ligado estudado é o J/Ψ , formado por um quark charm e o seu antiquark. Para estudar a produção desse méson fazemos uma análise da seção de choque do mesmo em colisões próton-próton e então, com um código numérico, podemos fazer previsões teóricas para comparação com os dados obtidos pelos experimentos realizados no Large Hadron Collider

Cálculo da seção de choque

A seção de choque a ser calculada é a da reação $pp \rightarrow J/\Psi$, e o método utilizado para isso foi o CEM (color evaporation model) de acordo com Ref. [1] e [2]. O modelo teórico utilizado é baseado em métodos de QCD perturbativa e uma abordagem simplificada para o processo de hadronização. Em ordem dominante a seção de choque é computada com o uso de QCD perturbativa para os diagramas dos processos elementares $q\bar{q} \rightarrow c\bar{c}$ e $g\bar{g} \rightarrow c\bar{c}$ (reações que fazem parte do processo de produção do quarkonium em questão) convolucionadas com as densidades de pártons no projétil e no alvo. Chamamos x_f de fração de momentum do par produzido e \sqrt{s} de energia do centro de massa de uma colisão de núcleon-núcleon. A seção de choque de um par $c\bar{c}$ com massa m é dada por

$$\begin{aligned} \frac{d\sigma^{pp \rightarrow c\bar{c}}}{dx_f dm^2} &= \int_0^1 dx_1 dx_2 \delta(x_1 x_2 - m^2) \times \delta(x_f - x_1 + x_2) H(x_1, x_2; m^2) \\ &= \frac{1}{s \sqrt{x_f^2 + 4m^2/s}} H(x_{01}, x_{02}; m^2); x_{01,02} \\ &= \frac{1}{2} \left(\pm x_f + \sqrt{x_f^2 + 4m^2/s} \right) \end{aligned}$$

Onde x_1 e x_2 são as frações de momentum do núcleon carregados, respectivamente, pelos pártons do projétil e do alvo.

A função $H(x_1, x_2; m^2)$, a qual representa a convolução dos elementos da seção de choque e as densidades dos pártons, é dada por

$$\begin{aligned} H(x_1, x_2; m^2) &= f_g(x_1, m^2) f_g(x_2, m^2) \sigma_{gg}(m^2) \\ &+ \sum_{q=u,d,s} [f_q(x_1, m^2) f_q^-(x_2, m^2) \\ &+ f_q^-(x_1, m^2) f_q(x_2, m^2)] \sigma_{q\bar{q}}(m^2) \end{aligned}$$

Com as densidades de pártons $f_i(x, m^2)$ no núcleon computadas na escala $m^2 = x_1 x_2 s$.

As seções de choque elementares (em ordem dominante) em termos do par de massa invariante m são dadas por

$$\sigma_{gg}(m^2) = \frac{\pi \alpha_s^2(m^2)}{3m^2} \left\{ \left(1 + \frac{4m_c^2}{m^2} + \frac{m_c^4}{m^4} \right) \ln \left[\frac{1+\lambda}{1-\lambda} \right] \right\},$$

$$\sigma_{q\bar{q}}(m^2) = \frac{8\pi \alpha_s^2(m^2)}{27m^2} \left(1 + \frac{2m_c^2}{m^2} \right) \lambda;$$

$$\lambda = \left[1 - \frac{4m_c^2}{m^2} \right]^{1/2}$$

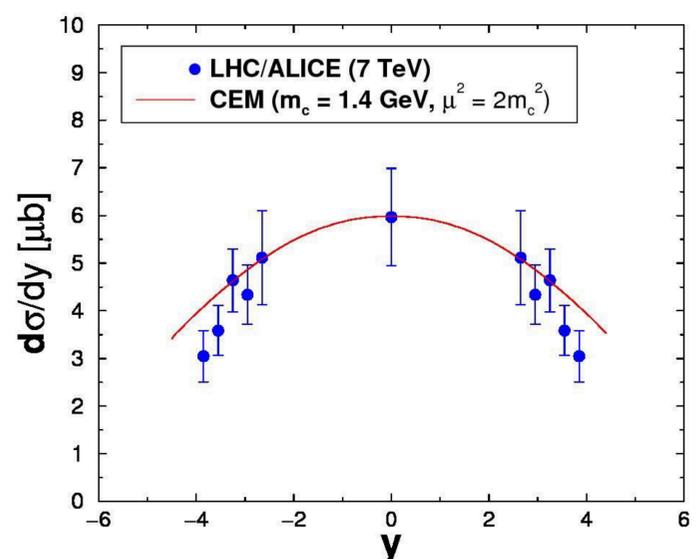
Onde m_c é a massa do quark charm.

Resultados e conclusão

Desenvolvemos um código em linguagem Fortran 95 para calcular a rapidez da partícula, que está relacionada a seção de choque diferencial $d\sigma/dy$, para energias do LHC. Podemos obter facilmente (Ref. [3]), a partir uma relação simples com o x_f , a rapidez :

$$y^{J/\Psi} = \text{arcsenh} \left(\frac{x_f \sqrt{s}}{2m_{J/\Psi}} \right)$$

Os parâmetros de entrada utilizados para o modelo foram a massa do quark charm $m_c = 1.4 \text{ GeV}$ e a escala de fatorização $\mu = \mu_f = 2m_c$. Usamos o pacote de PDF's MRST 2001 LO e os dados experimentais utilizados foram retirados da Ref [4].



Na figura acima, comparamos os dados da Ref. [4] com a previsão do CEM model em ordem dominante. Os dados referem-se àqueles determinados pela colaboração ALICE no LHC para a energia de centro de massa de 7 TeV. A transição do estado ligado de charm-anticharm para o estado de méson J/Ψ é dado por um fator numérico dado na Ref. [1]. A descrição é razoável mas há espaço para analisar a sensibilidade a escolhas diferentes da escalas do problema.

Referências

- [1] F. O. Durães, F. S. Navarra, and M. Nielsen, Phys.Rev.C68, 044904 (2003)
- [2] M. V. T. Machado, Eur. Phys. J. C 54, 443-449 (2008)
- [3] F. Arleo, P. B. Gossiaux, and J. Aichelin, Phys. Rev. C65 054911 (2002)
- [4] K. Aamodt *et al* (ALICE Coll.), Phys Lett. B 704, 442 (2011)