

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

Quarkonium 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-núcleo 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 $pA \rightarrow J/\Psi$, e o método utilizado para isso foi o CEM (color evaporation model) de acordo com Ref. [1]. 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 $g\bar{g} \rightarrow c\bar{c}$ 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 nucleon-nucleon. A seção de choque de um par $c\bar{c}$ com massa m é dada por:

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

Onde x_1 e x_2 são as frações de momentum do nucleon carregados, respectivamente, dos 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:

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

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

Devido a estrutura do nucleon o comportamento das distribuições partônicas é modificado. Devemos usar as funções de distribuição partônicas (PDF's) nucleares para o cálculo da seção de choque:

$$f_A(x, Q^2) = R \cdot A f_n(x, Q^2)$$

Onde f_A é a distribuição partônica nuclear, f_n é a distribuição partônica do nucleon, A é número de massa atômica do nucleon alvo e R é uma razão que quantifica os efeitos nucleares.

A produção de J/Ψ ainda sofre de mais um efeito. Quando o estado ligado $c\bar{c}$ passa pelo nucleon ele pode interagir com os nucleons em seu caminho, Ref. [2]. Por esse motivo há um fator de sobrevivência da partícula:

$$S_A = e^{(-n_0 \sigma_N L)}$$

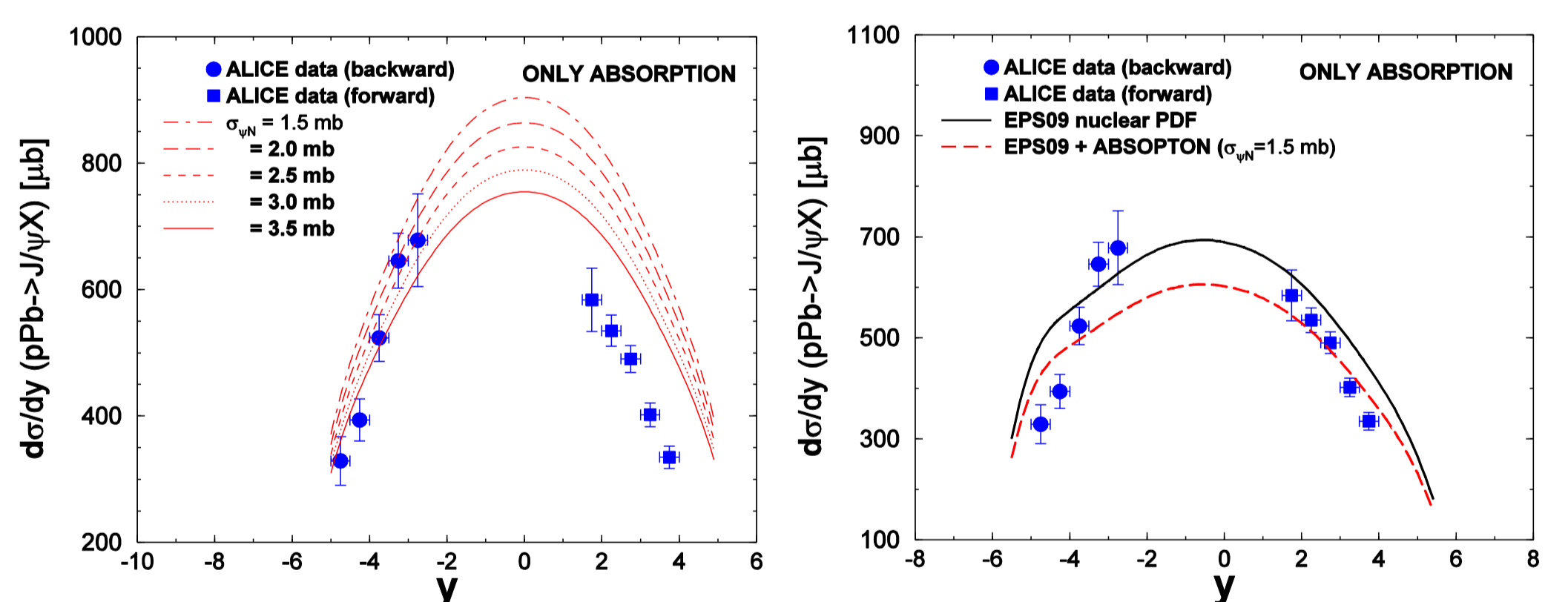
Onde L é o tamanho do caminho em meio nuclear de densidade $n_0 = 0.17 \text{ fm}^{-3}$ e σ_N é a seção de choque do estado ligado com os nucleons.

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. [4]), a partir uma relação 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 (Ref. [3]), a parametrização de PDF nuclear EPS09 foi retirada da Ref. [4] e os dados experimentais utilizados foram retirados da Ref [5].



Na primeira das figuras acima (à esquerda), comparamos os dados experimentais com a distribuição da rapidez em pA no ALICE (energia de 5TeV) usando apenas a absorção do J/Ψ , verificando como esta se comporta para diferentes valores da seção de choque.

Na outra figura comparamos os valores experimentais do ALICE com os valores da distribuição de rapidez usando as PDF's nucleares com e sem o fator de absorção, à energia de 5TeV.

A descrição é consistente mas há espaço para analisar a sensibilidade frente escolhas diferentes das escalas do problema.

Referências

- [1] M. V. T. Machado, Eur. Phys. J. C 54, 443-449 (2008)
- [2] D. Kharzeev, H. Satz, Physics Letters B 366 (1996) 316-322
- [3] A.D. Martin, R.G. Roberts, W.J. Stirling, R.S. Thorne, Eur.Phys.J.C23:73-87 (2002)
- [4] K.J. Eskola, H.Paukkunen and C.A.Salgado, JHEP 0904, 065 (2009)
- [5] Study of Jpsi production and cold nuclear matter effects in pPb collisions at 5TeV – CERN-PH-EP-156 (2013)