



INVESTIGANDO A PRODUÇÃO DE PARTÍCULAS TIPO-ÁXION NA COLISÃO DE ÍONS PESADOS

Aluna: Cristiane de Paula Oliveira (cristiane.p.oliveira@ufrgs.br)
Orientador: Magno Valério Trindade Machado (magno.machado@ufrgs.br)

INTRODUÇÃO

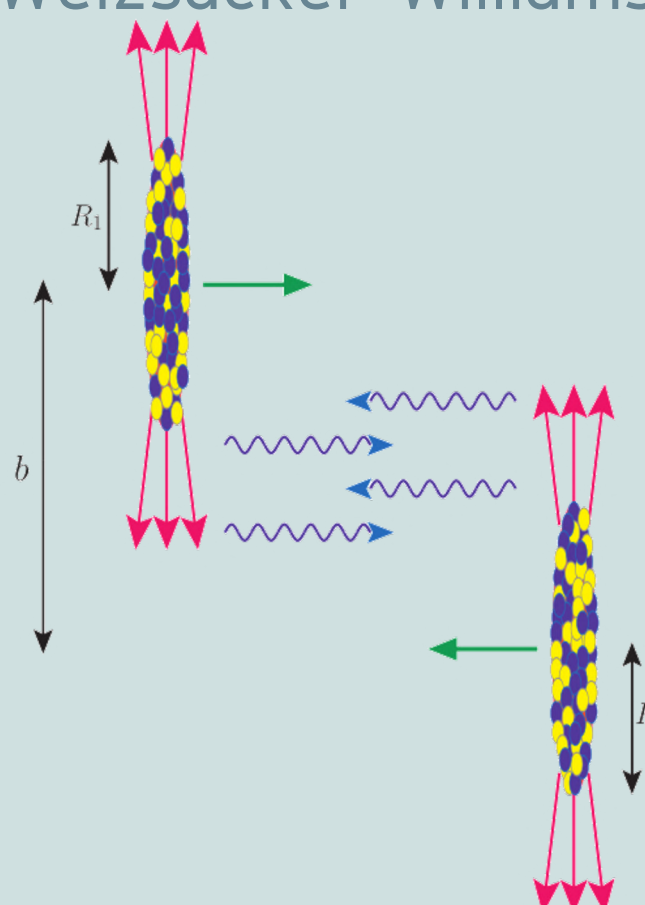
Áxions foram propostos historicamente como uma solução para o problema da simetria CP nas interações fortes fundamentais através do mecanismo de Peccei-Quinn. Weinberg e Wilczek, então, identificaram que este mecanismo dá origem a uma nova partícula pseudo-escalar, o áxion QCD. Colisões ultraperiferais de íons pesados no Large Hadron Collider (LHC) podem ser usadas para procurar partículas tipo-áxion com massa abaixo de 100 GeV. Neste trabalho, estudamos a produção dessas partículas pela fusão de fótons nessas colisões.

OBJETIVOS

Estudo teórico sobre a produção de partículas escalares e pseudo-escalares produzidas em colisões de íons pesados através de fusão de fótons, como aquelas existentes no Large Hadron Collider no modo PbPb.

METODOLOGIA

Para a descrição das colisões ultraperiferais (UPCs) na reação com íons ultrarrelativísticos, utilizamos o formalismo de fótons equivalentes, ou de Weizsäcker-Williams.



O campo elétrico em torno dos íons é muito intenso, e pode ser pensado como um pulso de fótons.

Figura 1. Diagrama esquemático mostrando o formalismo de Weizsäcker-Williams.

METODOLOGIA

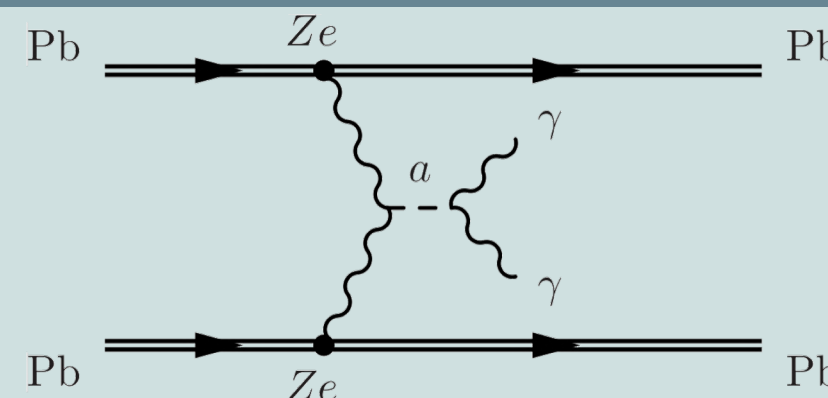


Figura 2. Produção de partículas tipo-áxion pela fusão de fótons em colisões ultraperiferais de PbPb.

Para colisões ultraperiferais, a seção de choque total para produção de partículas tipo-áxion na aproximação de Breit-Wigner é dada por

$$\sigma_a = \frac{8\pi^2}{m_a} \Gamma(a \rightarrow \gamma\gamma) \mathcal{L}_{\gamma\gamma}(m_a^2)$$

em que

$$\Gamma(a \rightarrow \gamma\gamma) = \frac{1}{64\pi} \frac{m_a^3}{\Lambda^2}$$

é a largura de decaimento do áxion em fótons.

A luminosidade fóton-fóton é dada por

$$\mathcal{L}_{\gamma\gamma}(m_a^2) = \frac{1}{m_a^2} \int dE_1 dE_2 n_\gamma \left(\frac{E_1}{E_R} \right) n_\gamma \left(\frac{E_2}{E_R} \right) \delta(m_a^2 - 4E_1 E_2)$$

em que $E_R = \gamma/R_A$.

A função de distribuição de fótons é dada por

$$n_\gamma(x) = \frac{2Z^2\alpha}{\pi} \left\{ xK_0(x)K_1(x) - \frac{x^2}{2} [K_1^2(x) - K_0^2(x)] \right\}$$

em que $x = E_{1,2}/E_R$.

Como nas UPCs o parâmetro de impacto é muito maior que o raio dos íons, podemos considerar uma aproximação de distribuição de carga pontual.

RESULTADOS

Tabela 1. Seções de choque da produção de partículas tipo-áxion de acordo com massa e constante de acoplamento para dois valores de energia do centro de massa por nucleon.

$\sigma(PbPb \rightarrow aPbPb)$ nb	m_a 15 GeV Λ 17 TeV	m_a 40 GeV Λ 8 TeV	m_a 100 GeV Λ 1 TeV
$\sqrt{s_{NN}}$ 2.76 TeV	4,9 nb	7,4 nb	107,3 nb
$\sqrt{s_{NN}}$ 5.5 TeV	8,9 nb	16,5 nb	345,3 nb

A energia de 2.76 TeV corresponde a um run do LHC já feito e a de 5.5 TeV a um run futuro. Como a seção de choque mede a probabilidade de ocorrer uma colisão, no run futuro poderá haver um maior número de eventos envolvendo a produção de partículas tipo-áxion na colisão de íons pesados.

REFERÊNCIAS

1. Knapen, S., Lin, T., Lou, H. K., Melia, T. 2017. Searching for Axionlike Particles with Ultraperipheral Heavy-Ion Collisions. Physical Review Letters 118, 171801.
2. Klusek-Gawenda, M., Szczurek, A. 2010. Exclusive muon-pair production in ultrarelativistic heavy-ion collisions: Realistic nucleus charge form factor and differential distributions. Physical Review C 82, 014904.