

**LABORATÓRIO ABERTO
DE FÍSICA NUCLEAR**

N°

Proposta de Experimento

Período : 1 ano

Título: O espalhamento elástico ${}^6\text{He}+{}^9\text{Be}$ e o arco-íris nuclear

Responsável: Rubens Lichtenthäler Filho

e-mail: rubens@if.usp.br

Participantes: R. Lichtenthäler, K. C. C. Pires, O. C. B. Santos,
A. Lépine-Szily, U. Umbelino, A. Serra, B. P. Monteiro,
H. F. G. Arruda, D. A. Santana, G. S. Gonçalves, H. A.
C. Teixeira, I. R. Silva, K. Albuquerque, M. V. R.
Ribeiro

Porta Voz: Rubens Lichtenthäler Filho

e-mail: rubens@if.usp.br

Número de dias solicitados: 15

Datas preferidas: 2o semestre de 2023

Datas realmente impossíveis:

Canalização: 45-B

Feixe	Est. Carga	I_{mínima} (feixe primario)	V_{min}	V_{max}	Pulsado?
${}^7\text{Li}$	3 ⁺	300 nA	7.5	8	

Alvos: ${}^9\text{Be}$ e ${}^{197}\text{Au}$

Pastilhas:

Características de Feixe Pulsado: -

Continuação da Experiência já Aprovada N°: -

Outras informações: -

Proposta de Experiência ao PAC
Laboratório Pelletron - IFUSP

O espalhamento elástico ${}^6\text{He}+{}^9\text{Be}$ e o arco-íris nuclear

R. Lichtenthäler, K. C. C. Pires, O. C. B. Santos, A. Lépine-Szily,
U. Umbelino, A. Serra, B. P. Monteiro, H. F. G. Arruda,
D. A. Santana, G. S. Gonçalves, H. A. C. Teixeira,
I. R. Silva, K. Albuquerque, M. V. R. Ribeiro

19 de junho de 2023

Resumo

Este projeto de pesquisa tem como objetivo investigar o efeito do arco-íris nuclear na colisão entre o núcleo exótico ${}^6\text{He}$ e o alvo leve de ${}^9\text{Be}$. Nossa intenção é medir distribuições angulares de espalhamento elástico em energias mais elevadas do que as medidas realizadas até o momento (ver Ref. [1]) ou seja, acima de $E_{\text{lab}}=21$ MeV. Este trabalho fará parte da tese de doutorado do estudante Bruno Penteado Monteiro.

1 Introdução

O espalhamento elástico de projéteis leves em alvos leves nas energias do Pelletron do IFUSP pode atingir uma região de parâmetros de Sommerfeld da ordem $\eta < 1$. Nessa faixa, observa-se a ocorrência de processos difrativos do tipo Fraunhofer com interferência das amplitudes *near-far*, onde a amplitude *far-side* predomina.

Nesta região, é esperado que ocorram fenômenos como o arco-íris nuclear. O arco-íris nuclear é caracterizado por um mínimo na função de deflexão nuclear para ângulos negativos. No entanto, é necessário que haja uma absorção fraca para que as ondas parciais correspondentes não sejam totalmente absorvidas no interior do núcleo.

A figura 1 apresenta a função de deflexão (à esquerda) obtida a partir do ajuste de dados para a colisão ${}^6\text{He}+{}^9\text{Be}$ na energia de $E_{\text{lab}}=21,3$ MeV obtidos no sistema RIBRAS (à direita) [1]:

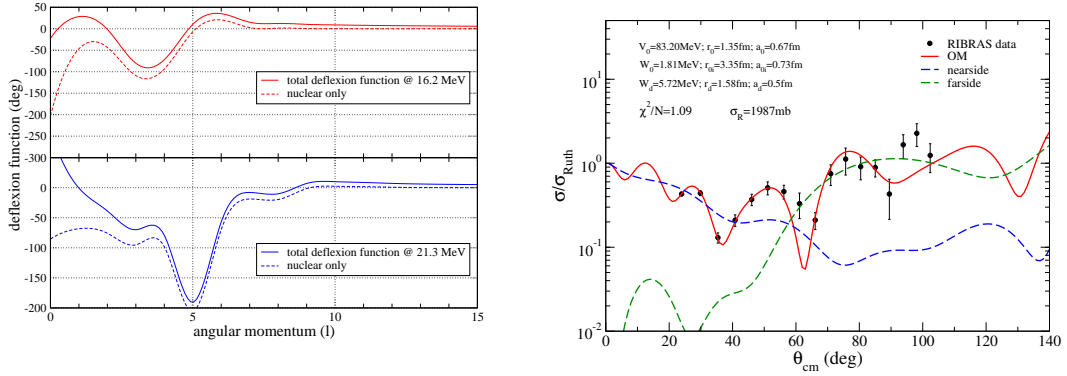


Figura 1: (direita) Distribuição angular de espalhamento elástico para ${}^6\text{He}+{}^9\text{Be}$ em $E_{\text{lab}}=21,3$ MeV, as contribuições *near* e *far* obtidas do potencial usado nos cálculos do modelo óptico (OM). (esquerda) Função de deflexão nuclear e mudança de fase nuclear para ${}^6\text{He}+{}^9\text{Be}$ a $E_{\text{lab}}=16,2$ MeV (vermelho) e 21,3 MeV (azul).

Observa-se na figura 1 que, aparentemente, o arco-íris nuclear está começando a surgir em $l = 5$, próximo a 180 graus. Caso esse efeito seja real, espera-se que ele seja mais proeminente em energias mais altas, com o deslocamento do arco-íris para ângulos mais dianteiros e para valores maiores dos parâmetros de impacto.

Essa abordagem representa uma perspectiva diferente em relação aos estudos anteriores na física de núcleos exóticos em baixas energias. Até o momento, as medidas experimentais têm sido comparadas com cálculos de CDCC de 3 e 4 corpos, que geralmente apresentam um excelente acordo com os dados experimentais quando se trata de alvos pesados, nos quais a interação coulombiana é dominante. Nesses cálculos, não existem parâmetros livres e os resultados são comparados diretamente aos dados experimentais, sem a necessidade de ajuste de parâmetros. No entanto, no caso de alvos leves, tem sido observado um acordo menos satisfatório entre os cálculos de CDCC e os dados experimentais, indicando que a descrição teórica pode estar inadequada ou incompleta. A abordagem proposta aqui segue um caminho oposto. É realizado um ajuste do modelo óptico de excelente qualidade nos dados experimentais, buscando extrair informações físicas dos resultados obtidos. A partir dessa abordagem, surge a possibilidade de identificar um fenômeno tipo arco-íris nuclear, o qual não era esperado em sistemas exóticos e não teria sido observado por meio de uma comparação direta entre os dados experimentais e os cálculos de CDCC. Esse resultado induz para a realização de uma nova medida experimental em uma energia mais alta, com o objetivo de confirmar ou refutar a hipótese do arco-íris nuclear.

2 Objetivos

Neste projeto, propomos realizar uma medida da colisão ${}^6\text{He}+{}^9\text{Be}$ em uma energia mais alta, especificamente em $E_{\text{lab}}=27,0$ MeV. No RIBRAS [2–5], temos a capacidade de produzir um feixe de ${}^6\text{He}$ nessa energia, o que nos permite investigar se o efeito do arco-íris nuclear aumenta com o aumento da energia de colisão. O esperado é que, com o aumento da energia, o mínimo da função de deflexão se desloque para a direita, indicando um momento angular mais alto, e para um ângulo menor.

3 Materiais e Métodos

Utilizaremos o sistema RIBRAS para seleção e focalização dos feixes radioativos. Para a produção do feixe exótico de ${}^6\text{He}$ utilizaremos ${}^9\text{Be}({}^7\text{Li}, {}^6\text{He})$ como reação de produção. O sistema de detecção que pretendemos utilizar consiste em telescópios $\Delta E - E$ formados por detectores de barreira de superfície de silício com ΔE de $20\mu\text{m}$ e E de $1000\mu\text{m}$ de espessura. No projeto, utilizaremos o sistema RIBRAS para a seleção e focalização dos feixes radioativos. Para a produção do feixe exótico de ${}^6\text{He}$, utilizaremos a reação ${}^9\text{Be}({}^7\text{Li}, {}^6\text{He})$. Quanto ao sistema de detecção, pretendemos utilizar telescópios $\Delta E - E$, compostos por detectores de barreira de superfície de silício com ΔE de $20\mu\text{m}$ e E de $1000\mu\text{m}$ de espessura.

4 Solicitação

Para a realização das medidas utilizaremos a câmara central do sistema RIBRAS (linha 45B), com um feixe primário de ${}^7\text{Li}$ de 32 MeV ($V_{\text{term}} = 8$ MV) e uma intensidade mínima de 300 nAe. O feixe secundário de interesse é o ${}^6\text{He}$ será produzido a uma energia de 27 MeV. Dispomos de todo o material necessário para dar início às medidas experimentais. Além disso, o sistema de telescópios que será utilizado já está montado e pronto para uso. **Estima-se que 15 dias de máquina sejam suficientes para a realização das medidas.** A priori, este é um tempo razoável considerando as baixas intensidades dos feixes exóticos. Portanto, assim que o RIBRAS tiver hélio líquido disponível para operar, planejamos realizar o experimento. Espera-se que isso ocorra no segundo semestre de 2023.

Referências

- [1] K.C.C. Pires and *et al.*, Phys. Rev. **C83**, (2011), 064603.
- [2] A. Lépine-Szily, R. Lichtenthaler, and V. Guimarães, Eur. Phys. J. A. 50, 128 (2014).
- [3] R. Lichtenthäler and *et al.* The Eur. Phys. Journal A25, suppl. 1, (2005), 1773.
- [4] A. Lépine-Szily and *et al.* Nuclear Physics News, v23, n3, 5-11 (2013).
- [5] R. Lichtenthäler and *et al.* Eur. Phys. J. A, v57, 92, (2021).