

**LABORATÓRIO ABERTO  
DE FÍSICA NUCLEAR**

N°

**Proposta de Experimento**

**Período :** 1 ano

**Título:** O espalhamento elástico e o *breakup* do projétil e alvo na reação  ${}^6\text{Li}+{}^9\text{Be}$

**Responsável:** Kelly Cristina Cezaretto Pires

**e-mail:** kelly@if.usp.br

**Participantes:** B. P. Monteiro, K. C. C. Pires, R. Lichtenthäler, O. C. B. Santos, A. Lépine-Szily, U. Umbelino, A. Serra, H. F. G. Arruda, D. A. Santana, G. S. Gonçalves, H. A. C. Teixeira, I. R. Silva, K. Albuquerque, M. V. R. Ribeiro, L. R. Gasques, Grupo da 30B

**Porta Voz:** Kelly Cristina Cezaretto Pires

**e-mail:** kelly@if.usp.br

**Número de dias solicitados:** 7

**Datas preferidas:** 1o semestre de 2024

**Datas realmente impossíveis:**

**Canalização:** 30-B

<b>Feixe</b>	<b>Est. Carga</b>	<b>I<sub>mínima</sub> (feixe primario)</b>	<b>V<sub>min</sub></b>	<b>V<sub>max</sub></b>	<b>Pulsado?</b>
${}^6\text{Li}$	3 <sup>+</sup>	100-300 nA	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 e o *breakup* do projétil e alvo na reação ${}^6\text{Li}+{}^9\text{Be}$

B. P. Monteiro, K. C. C. Pires, R. Lichtenthäler, O. C. B. Santos, A. Lépine-Szily, U. Umbelino, A. Serra, H. F. G. Arruda, D. A. Santana, G. S. Gonçalves, H. A. C. Teixeira, I. R. Silva, K. Albuquerque, M. V. R. Ribeiro, L. R. Gasques, Grupo da 30B

19 de junho de 2023

### Resumo

Este projeto de pesquisa tem como objetivo investigar a colisão entre o núcleo  ${}^6\text{Li}$  e o alvo leve de  ${}^9\text{Be}$ . Nosso objetivo é medir as distribuições angulares de espalhamento elástico em três energias diferentes acima da barreira Coulombiana e os procesos de dissociação (*breakup*) do projétil e do alvo. Essas medidas fazem parte do projeto de doutorado do estudante Bruno Penteado Monteiro.

## 1 Introdução

O estudo do espalhamento elástico e das reações de quebra (*breakup*) em sistemas de núcleos leves-leves desempenha um papel fundamental na compreensão da estrutura de aglomerado (*cluster*) observada em núcleos leves fracamente ligados, como o  ${}^{6,7}\text{Li}$  e o  ${}^9\text{Be}$ .

O núcleo  ${}^6\text{Li}$  é estável e é isóbaro do  ${}^6\text{He}$ . Uma comparação entre os sistemas  ${}^6\text{Li}+{}^9\text{Be}$  e  ${}^6\text{He}+{}^9\text{Be}$  é de grande interesse, sendo que o último pode ser medido utilizando o sistema RIBRAS.

Para núcleos leves fora da linha da estabilidade, como o  ${}^6\text{He}$ , é importante considerar não apenas a estrutura de *cluster* (alfa + 2 nêutrons), mas também o fenômeno do halo de nêutrons, que pode ter um impacto significativo no mecanismo de reação. Esse fenômeno de halo de nêutrons não estaria presente no caso do projétil  ${}^6\text{Li}$ . Portanto, a comparação entre os sistemas  ${}^6\text{Li}+{}^9\text{Be}$  e  ${}^6\text{He}+{}^9\text{Be}$  é de grande interesse, tanto para entender melhor os mecanismos envolvidos quanto para comparar as seções totais de reação de *breakup*.

## 2 Objetivos

Neste projeto, propomos realizar medidas de espalhamento entre o núcleo  ${}^6\text{Li}$  e o alvo  ${}^9\text{Be}$ , além de investigar o processo de *breakup* tanto do alvo quanto do projétil. Essas medidas serão realizadas em quatro energias diferentes:  $E_{\text{lab}} = 22, 26, 29$  e  $32$  MeV. Para a coleta de dados, utilizaremos o sistema de detectores STAR, que está instalado na linha 30B do Laboratório de Física Nuclear (LAFN) do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP). O sistema de detectores STAR proporcionará uma capacidade de detecção eficiente e precisa para registrar os eventos de espalhamento e *breakup*, permitindo uma análise detalhada desses processos em diferentes energias.

### 3 Materiais e Métodos

O sistema de detectores *double sided* (STAR), atualmente instalado na linha 30B, é adequado para as medidas propostas. O sistema STAR é composto por detectores *strips* de grande área, com dimensões de 5 cm x 5 cm. Nesses detectores é possível utilizar uma configuração com um Delta E de 20  $\mu\text{m}$  e um E de 300  $\mu\text{m}$  de espessura, permitindo a identificação eficiente de partículas leves, como partículas alfa e o núcleo de recuo  $^9\text{Be}$ . É importante ressaltar que o núcleo  $^6\text{Li}$  quebra em alfa+deuteron, com uma energia de *breakup* de 1,47 MeV.

A montagem de detectores de grande área dos 2 lados do feixe permitirá a detecção do projétil espalhado  $^6\text{Li}$  e dos produtos do *breakup* (alfa e d), ao mesmo tempo em que o outro detector detecta o  $^9\text{Be}$  de recuo ou seu *breakup* em 2 alfas e 1 nêutron, em coincidência cinemática.

A montagem dos detectores de grande área em ambos os lados do feixe proporcionará a detecção simultânea do feixe de  $^6\text{Li}$  espalhado e dos produtos do *breakup* (partículas alfa e deuteron) ou de um  $^6\text{Li}$  em coincidência com partículas-alfa (*breakup* do alvo). Ao mesmo tempo, o outro detector será capaz de detectar o  $^9\text{Be}$  de recuo ou o seu *breakup* em duas partículas alfa e um nêutron, em coincidência cinemática.

Conforme proposto anteriormente, planejamos realizar medidas em três energias específicas: 22, 26 e 32 MeV. A região angular para essas medidas é determinada pela cinemática da reação entre  $^6\text{Li}$  e  $^9\text{Be}$  nessas energias. Estima-se que o detector do  $^6\text{Li}$  deva estar posicionado entre 10 e 60 graus, enquanto o detector do  $^9\text{Be}$  de recuo deve estar posicionado entre 10 e 45 graus no hemisfério oposto.

Temos alvos de  $^9\text{Be}$  de  $\approx 10$  microns ( $1,8 \text{ mg/cm}^2$ ) de espessura. Secções de choque de *breakup* na faixa de 10-100 mb/sr foram medidas para o sistema  $^6\text{Li}+^{58}\text{Ni}$ , conforme mencionado na referência [1]. Essa secção de choque parece ser factível de ser alcançada com um feixe primário de  $^6\text{Li}$  com uma intensidade de 300 nA.

### 4 Solicitação

Propomos realizar as medidas utilizando a linha 30B com feixe de  $^6\text{Li}$  com intensidades em torno de 100 a 300 nAe no alvo. Dispomos de todo material necessário para o início das medidas experimentais.

Planejamos realizar as medidas em quatro energias específicas: Elab = 23,0 MeV, 26,0 MeV, 29 MeV e 32,0 MeV, correspondendo a  $V_{\text{term}} = 5 \text{ MV}$ , 6 MV, 7 MV e 8 MV, respectivamente. **Estima-se que um período de 7 dias de operação seja suficiente para concluir todas as medidas planejadas.**

### Referências

- [1] K. O. Pfeiffer, E. Speth and K. Bethge, Nucl. Phys. A206, 545, (1973).  
[https://doi.org/10.1016/0375-9474\(73\)90084-5](https://doi.org/10.1016/0375-9474(73)90084-5)