

**LABORATÓRIO ABERTO  
DE FÍSICA NUCLEAR**

N°

**Proposta de Experimento**

**Período :** 1 ano

**Título:** Estudo da colisão do núcleo  ${}^6\text{He}$  com alvos leves em baixas energias.

**Responsável:** Kelly Cristina Cezaretto Pires

**e-mail:** kellypires@utfpr.edu.br

**Participantes:** Kelly Cristina C. Pires, Rubens Lichtenthäler Filho, Alinka Lépine-Szily, Adriana Barioni, Djalma R. M. Junior, Erich Leistenschneider, Juan C. Zamora, Julian M. B. Shorto, Leandro Gasques, Maria Carmen Morais, Marlete Assunção, Pedro N. de Faria, Rubén P. Condori, Valdir Scarduelli, Viviane Morcelle.

**Porta Voz:** Kelly Cristina Cezaretto Pires

**e-mail:** kellypires@utfpr.edu.br

**Número de dias solicitados:** 10

**Datas preferidas:** janeiro/junho/julho/2014

**Datas realmente impossíveis:**

**Canalização:** 45-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> |
|-----------------|-------------------|--|------------------------|------------------------|-----------------|
| ${}^7\text{Li}$ | $3^+$             | 300 nA                                     | 7.5                    | 8                      |                 |
|                 |                   |  |                        |                        |                 |

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

**Pastilhas:**

**Características de Feixe Pulsado:**

**Continuação da Experiência já Aprovada N°:** E93-b

**Outras informações:** O experimento não pode ser realizado devido ao fato de eu ter sido contratada como professora adjunta na UTFPR tendo sido necessária dedicação na preparação dos cursos, e além disso neste período o acelerador também passou por várias manutenções.

---

Proposta de Experiência ao PAC  
Laboratório Pelletron - IFUSP

## Estudo da colisão do núcleo ${}^6\text{He}$ com alvos leves em baixas energias

Kelly Cristina Cezaretto Pires, Rubens Lichtenthäler Filho,  
Alinka Lépine-Szily, Adriana Barioni, Djalma R. M. Junior,  
Erich Leistenschneider, Julian M. B. Shorto, Leandro Gasques,  
Maria Carmen Morais, Marlete Assunção, Pedro N. de Faria,  
Rubén P. Condori, Valdir Scarduelli, Vinicius Zagatto,  
Viviane Morcelle.

7 de Outubro de 2013

### Resumo

Este projeto de pesquisa consiste em continuar a investigação da colisão entre o núcleo exótico  ${}^6\text{He}$  e alvos leves. Pretendemos medir distribuições angulares de espalhamento elástico, inelástico e de reações (*breakup* do projétil e do alvo) em baixas energias.

## 1 Introdução

Reações nucleares envolvendo núcleos distantes da linha de estabilidade (núcleos exóticos) constituem uma área de investigação extremamente extensa e de grande interesse por vários motivos: (i) importância na nucleossíntese primordial (elementos leves) e geração de energia em estrelas massivas ( $M > 8 M_{\text{SOL}}$ ); (ii) síntese dos elementos mais pesados que o Ferro (*processo - r*); (iii) possibilidade de estudos envolvendo sistemas de muitos corpos; entre outros.

Feixes de núcleos exóticos podem ser produzidos através da colisão entre feixes primários de elementos estáveis e alvos. Experimentos com esses feixes exóticos podem ser realizados utilizando o acelerador Pelletron em conjunto com o sistema RIBRAS (*Radioactive Ion Beams in Brasil*) do IFUSP.

As medidas da colisão  ${}^6\text{He}+{}^9\text{Be}$  realizadas em meu doutoramento [1] e pós-doutoramento, mostraram uma grande produção de partículas alfa nos espectros biparamétricos (ver Figura 1). Estas partículas podem ser provenientes de diferentes canais de reação, como, por exemplo, a quebra do

projétil  ${}^6\text{He}$ , a excitação e a quebra do alvo  ${}^9\text{Be}$ , a transferência de 2 nêutrons  ${}^9\text{Be}({}^6\text{He}, {}^4\text{He}){}^{11}\text{Be}$ , a transferência de 1 nêutron,  ${}^9\text{Be}({}^6\text{He}, {}^5\text{He}){}^{10}\text{Be}$ , na qual o núcleo  ${}^5\text{He}$  se quebra em  ${}^4\text{He}+n$ . Além destes processos diretos, podemos citar a fusão completa  ${}^6\text{He}+{}^9\text{Be} \rightarrow {}^{15}_6\text{C}$  formando o núcleo composto  ${}^{15}\text{C}$  que decai emitindo nêutrons, alfas e gamas.

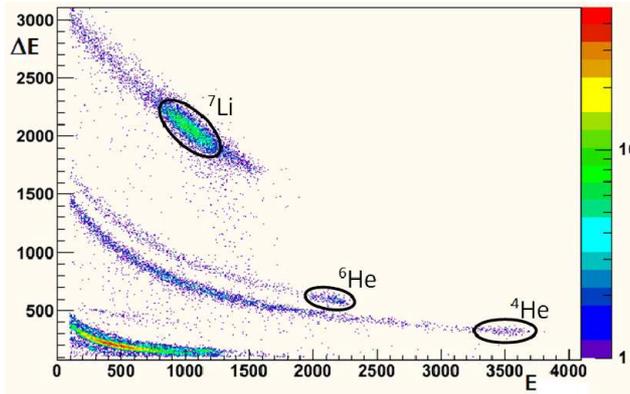


Figura 1: Exemplo de um espectro biparamétrico obtido para a colisão  ${}^6\text{He}+{}^9\text{Be}$  em  $E_{\text{lab}}=16,2$  MeV para  $\theta_{\text{lab}}=18^\circ$ .

Apesar de nessas medidas não ser possível saber qual o mecanismo responsável pela produção dessas partículas alfa, aparentemente, o *breakup* do projétil  ${}^6\text{He}$  em  $({}^4\text{He}+n+n)$  é mais importante do que o *breakup* do alvo de  ${}^9\text{Be}$  em  $({}^4\text{He}+{}^4\text{He}+n)$ .

## 2 Objetivos

Neste projeto propomos realizar uma medida da colisão  ${}^6\text{He}+{}^9\text{Be}$  em  $E_{\text{lab}} = 27,0$  MeV. Nesta energia é possível realizar medidas das partículas alfa, provenientes da quebra do núcleo  ${}^6\text{He}$ , em coincidência cinemática com o núcleo  ${}^9\text{Be}$ . Com isso, esperamos que alguns dos processos responsáveis pela quebra possam ser identificados. Além disso pretendemos investigar o comportamento da secção de choque total de reação, visto que os valores obtidos para para  $E_{\text{lab}}=16,2$  e  $21,3$  MeV, são mais altos quando comparados com valores obtidos para sistemas envolvendo núcleos fortemente e fracamente ligados, porém não halos.

Poderemos obter informações a respeito do valor da probabilidade de transição reduzida quadrupolar elétrica  $B(E2)$  do  ${}^6\text{He}$  que será importante para secção de choque de captura  ${}^4\text{He}+n+n$  de interesse astrofísico, além de informações a respeito do potencial de interação  ${}^6\text{He}+{}^9\text{Be}$ , que pode inferir a respeito da secção de choque do núcleo  ${}^6\text{He}$ . Em muitos casos não é possível a realização de medidas na região de energia de interesse astrofísico e o que

se faz é determinar o potencial numa região de energia mais alta para então extrapolá-lo para as energias astrofísicas. Estas informações podem ser úteis em cálculos de taxas de produção em modelos de nucleossíntese [2].

Vários estudos estão sendo realizados com o objetivo de se obter um potencial global para o espalhamento envolvendo partículas alfa, que é o caroço do núcleo  ${}^6\text{He}$  [3, 4]. Para sistemas envolvendo alvos pesados, como  ${}^{120}\text{Sn}$ , podemos citar o trabalho de *P.N. de Faria et al.* [5], onde foi realizada uma comparação entre os dados experimentais obtidos para  ${}^6\text{He}+{}^{120}\text{Sn}$  e  ${}^4\text{He}+{}^{120}\text{Sn}$ , que permitiu observar o efeito relacionado ao halo de 2 nêutrons do núcleo  ${}^6\text{He}$ . No sistema RIBRAS isso é facilmente obtido, pois em qualquer medida temos o feixe secundário de  ${}^4\text{He}$  presente nos espectros biparamétricos como contaminante. Assim, torna-se possível obter distribuições angulares para  ${}^6\text{He}+\text{ALVO}$  e  ${}^4\text{He}+\text{ALVO}$ , simultaneamente. O estudo proposto neste projeto, permite inclusive estender este estudo do potencial global para alvos leves onde a contribuição nuclear é dominante.

### 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  $\Delta E$  de  $20\mu\text{m}$  e  $E$  de  $1000\mu\text{m}$  de espessura.

### 4 Solicitação

Dispomos de todo material necessário para o início das medidas experimentais. Serão realizadas medidas a  $E_{\text{lab}}=27.0$  MeV, o que corresponde a  $V_{\text{term}}=8,0$  MV. **Solicitamos, 10 dias de máquina para a realização das medidas nesta energia.** A priori, é um tempo razoável devido às baixas intensidades dos feixes exóticos.

### Referências

- [1] K.C.C. Pires and *et al.*, Phys. Rev. **C83**, (2011), 064603.
- [2] P.Mohr and *et al.*, Phys. Rev. **C82**, (2010), 044606.
- [3] U. Atzrott, and *et al.*, Phys. Rev. **C53**, (1996), 1336.
- [4] P. Mohr. Phys. Rev. **C62**, (2000), 061601(R).
- [5] P.N. Faria and *et al.*, Phys. Rev. **C81**, (2010), 044605.