

LABORATÓRIO ABERTO DE FÍSICA NUCLEAR

PAC 2018

Proposal	N°
Title: Estudo sistemático de espalhamento elástico e inelástico usando os feixes instáveis ^8Li, ^7Be e ^6He em alvo de ^{14}N	
Responsable: Juan Carlos Zamora Cardona	e-mail: cardona@if.usp.br
Participants: Juan Zamora, Juan Alcantara-Nunez, Osvaldo Santos, Jose Roberto Brandão de Oliveira, Leandro Gasques, Valdir Guimaraes, Alessandro Lara, Alinka Lepine-Szily, Rubens Lichtenthaler, Erick Natividade, Kelly Pires, Uiran da Silva, Valdir Scarduelli, Andres Arazi (Tandar), Marlete Assunção(UNIFESP), Adriana Barioni (UNIFESP), Djalma Mendes Junior(UFF), Pedro Neto de Faria (UFF), Roberto Linares (UFF), Vinicius Zagatto (UFF), Bruna do Rego Gonçalves(UFF),Valter Kurman,	
Spokeperson: Djalma Mendes Junior	e-mail: dmendes@if.uff.br
Telephone: (21) – 2629 5896	Skype: djalma_mendes_junior
Number of days for experiment: 17	
Period planned for the experiment (are the setup ready for beam time?):	
Julho, dezembro	

Technical information

Ion source			Accelerator			Experimental Area	
Beam	Cathode	$I_{\text{mínima}}$	V_{min}	V_{max}	Bunched beam?	Beam line	Target
7Li		500	6	8	no	45B	9Be
6Li		500	6	8	no	45B	LiF

Other relevant/needed information:

Motivação Científica

Uma das linhas de investigação em física nuclear que tem despertado grande interesse nos últimos anos é o estudo dos núcleos instáveis ricos ou deficientes em nêutrons. Alguns desses núcleos possuem propriedades diferentes dos núcleos estáveis, fazendo com que sejam denominados exóticos. Foi nos núcleos exóticos que fenômenos inesperados como longas distribuições radiais devido a efeitos de *halo* e *skin* de núcleons [1, 2] ou modificação de números mágicos devido a sua estrutura anômala [3,4] foram descobertos. Na atualidade, a informação disponível desses núcleos é ainda muito escassa, pois só uma pequena parte deles foi sintetizada e observada em laboratório. Os tempos de vida, massas e tamanhos são muitas vezes desconhecidos, raramente os seus modos de decaimento radiativo foram identificados e informação sobre os seus níveis de excitação é ainda muito limitada ou inexistente.

Uma forma bastante eficiente para se investigar as propriedades nucleares é por meio de espalhamento elástico e inelástico. Por exemplo, a seção de choque do espalhamento elástico é bastante sensível ao potencial de interação entre as partículas alvo e projétil, e à estrutura interna dos núcleos envolvidos. A partir de uma análise da distribuição angular do espalhamento elástico podemos também obter a seção total de reação e com isso ter informações de outros canais de reação como o *breakup*. O espalhamento inelástico por sua vez é uma poderosa ferramenta que permite investigar propriedades espectroscópicas e modos de excitação coletiva nos núcleos [5].

Vários laboratórios ao redor do mundo tem focado sua pesquisa em reações nucleares envolvendo núcleos instáveis. No Brasil, esse tipo de estudos é possível no sistema RIBRAS (Radioactive Ion Beams in Brazil) que é capaz de produzir e selecionar feixes como ${}^8\text{Li}$, ${}^6\text{He}$, ${}^7\text{Be}$ entre outros. Com o RIBRAS tem sido possível realizar múltiplos estudos de espalhamento elástico desses núcleos em alvos leves [6,7] e pesados[8], mostrando assim a grande influência do *breakup* devido a interação Coulombiana e nuclear. De igual forma, estudos de transferência com feixes radiativos tem uma grande importância devido às implicações astrofísicas como a nucleossíntese dos elementos leves nas estrelas [9,10]. Um dos problemas de grande interesse em astrofísica é a verificação experimental das taxas de reação no ciclo CNO. Portanto, medidas de transferência de um e vários nucleons usando alvos de carbono, nitrogênio e oxigênio são fundamentais para compreender, por exemplo, a nucleossíntese de elementos mais pesados. Atualmente existe uma grande variedade de estudos usando alvo de carbono. Porém, experimentos usando alvos de nitrogênio ou oxigênio são bastante escassos devido a que o estado natural desses elementos é gasoso. Em particular, espalhamento elástico e inelástico de feixes instáveis como ${}^8\text{Li}$, ${}^7\text{Be}$ e ${}^6\text{He}$ usando esses alvos ainda não foram medidos em energias mais baixas. Portanto, na experiência proposta realizaremos estudos sistemáticos de espalhamento elástico e inelástico dos feixes ${}^8\text{Li}$, ${}^7\text{Be}$ e ${}^6\text{He}$ em ${}^{14}\text{N}$. Além disso, a expansão do sistema de detecção com novos detectores multi-segmentados de silício e detectores gama como LYSO(Ce) pode trazer grandes vantagens para estudar outros canais de reação que pudessem ser observados no experimento.

Objetivos do Experimento

Estamos propondo medir espalhamento elástico e inelástico em vários sistemas: ${}^8\text{Li} + {}^{14}\text{N}$, ${}^7\text{Be} + {}^{14}\text{N}$ e ${}^6\text{He} + {}^{14}\text{N}$. Essas medidas são inéditas e com bastante relevância para entender efeitos do break-up com núcleos leves. Também é de grande interesse investigar a viabilidade de estudos de transferência de um e vários núcleons nos sistemas anteriormente mencionados. Planejamos usar um sistema de detecção que permita cobrir um maior ângulo sólido de detectores de gamas produzidos nas reações.

Detalhes experimentais

Os feixes radiativos de ${}^8\text{Li}$, ${}^7\text{Be}$ e ${}^6\text{He}$ serão criados e selecionado pelo sistema RIBRAS com energias entre 24 e 28 MeV. As intensidade esperado dos feixes será da ordem de 10^5 pps. O alvo usado neste experimento será uma folha de 2 mg/cm² de espessura de melamina (C₃H₆N₆). Os contaminantes de carbono e hidrogênio serão subtraídos usando medidas com o alvo de CH₂ e ${}^{12}\text{C}$ em runs intermediários. O alvo secundário será montado na segunda câmara de espalhamento do RIBRAS junto com um sistema de detectores de silício dE-E cobrindo ângulos entre 20 e 60 graus. Nas Figuras (na página seguinte) são mostradas previsões da distribuição angular, obtidas através do Potencial de São Paulo

Baseados nesses cálculos, o valor da seção de choque elástica, em 28 MeV, a 20 graus, para os diferentes sistemas estaria entre 160 e 1200 mb/sr. Assumindo, um ângulo sólido de 5mSr, um feixe secundário com intensidade, média, de 10^5 partículas e um alvo $5 \cdot 10^{19}$ partículas/cm² esperamos por volta de 4000 - 29000 contagens por dia. Já para 60 graus, a seção de choque estaria entre 1 - 2 mb/sr, isso corresponderia a 24 - 50 contagens por dia. Para a energia de 24 MeV, temos para 20 graus a seção de choque elástica variando entre 170 e 2000 mb/Sr, isso corresponde a 4200 - 49500 contagens por dia. Já para 60 graus, temos a seção de choque elástica variando entre 2 e 4 mb/Sr, isso corresponde a 50 - 100 contagens por dia

Assim, estamos pedindo 17 dias de feixes. Esse tempo estará dividido em 5 dias para cada feixe secundários e mais dois dias para montagem e calibração.

Referencias

- [1] I. Tanihata et al., Phys. Rev. Lett. 55, 2676 (1985).
- [2] G. D. Alkharov et al., Phys. Rev. Lett. 78, 2313 (1997).
- [3] T. Otsuka et al., Phys. Rev. Lett. 95, 232502 (2005).
- [4] D. Steppenbe, et al., Nature 502, 207 (2013).
- [5] Aage Bohr, Ben R. Mottelson, *Nuclear Structure, World Scientific, 1998*
- [6] Pires, K. Physical Review. C. Nuclear Physics (Print), V. 83, P. 064603, 2011.
- [7] Zamora, J. Physical Review. C. 84, P. 034611-1-034611-7, 2011
- [8] De Faria, P. , et al., Physical Review. C. Nuclear Physics (Print), V. 82, P. 034602, 2010
- [9] Mendes, D. R. et al., Physical Review C, V. 86, P. 064321, 2012
- [10] Barioni, A. et al., Physical Review. C. Nuclear Physics (Print), V. 80, P. 034617, 2009

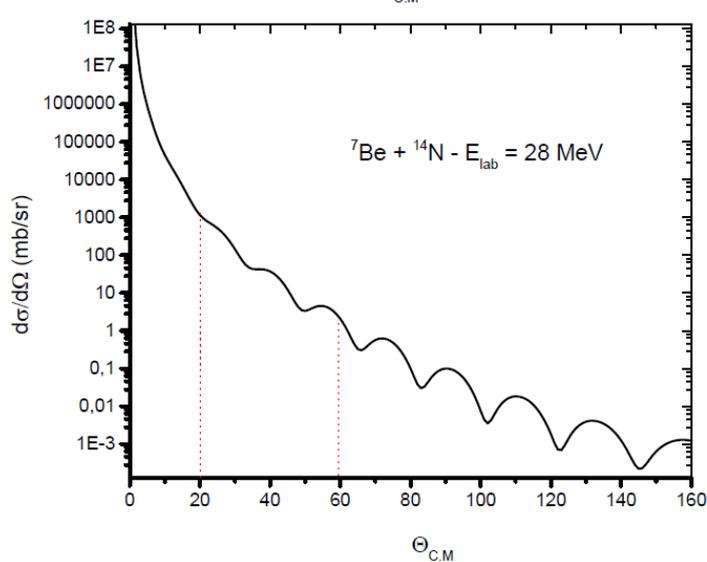
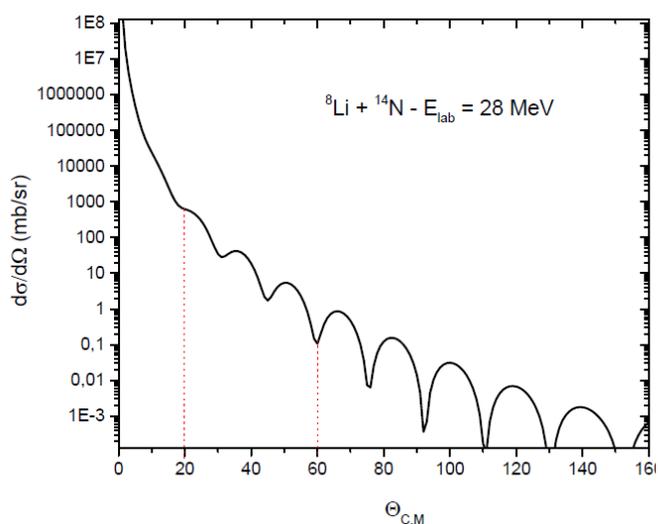
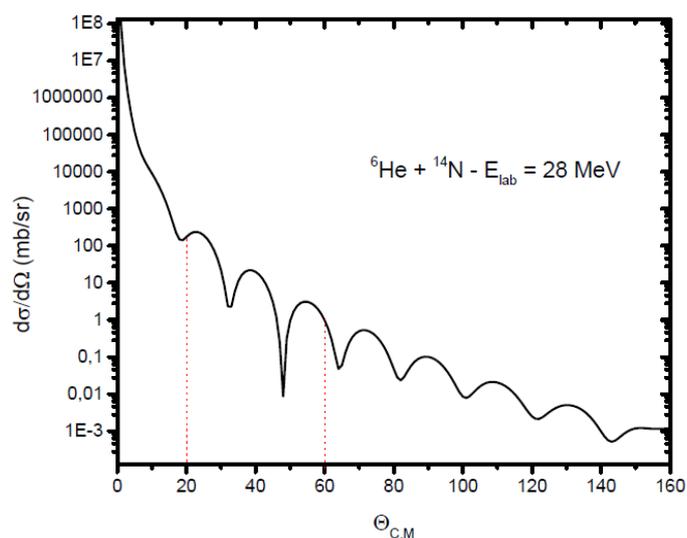
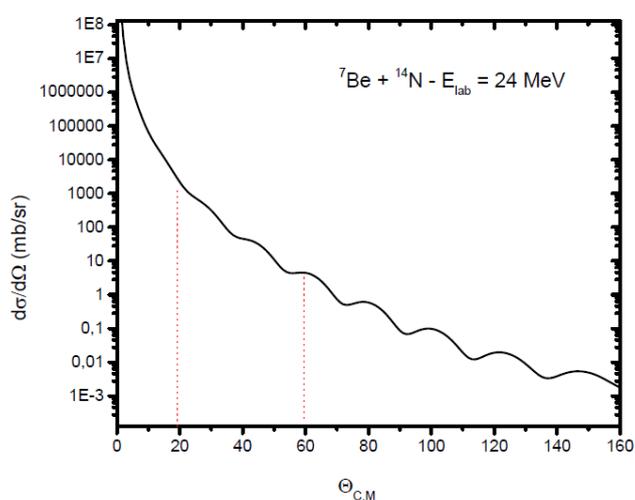
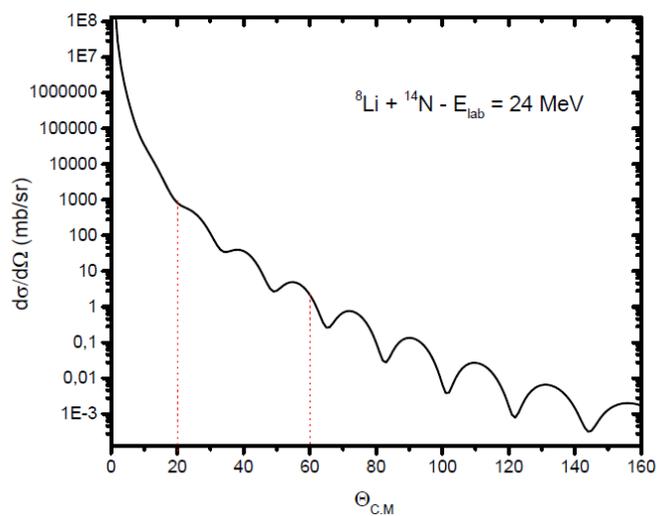
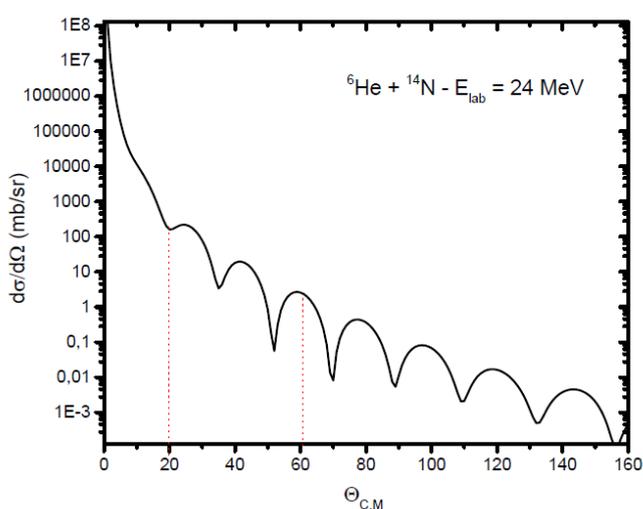


Figura: Cálculos realizados com o Potencial de São Paulo, para os diferentes sistemas e para as duas energias que são pedidas nesse projeto