

**LABORATÓRIO ABERTO
DE FÍSICA NUCLEAR**

N°

Proposta de Experimento

Período : 1 ano

Título: Medidas do espalhamento $6\text{He}+p$ e da reação $p(6\text{He},\alpha)t$

Responsável: Rubén Pampa Condori/Rubens Lichtenthäler

e-mail: ruben.pampa@gmail.com, rubens@if.usp.br

Participantes: Rubén Pampa Condori, Rubens Lichtenthäler, Alinka Lépine-Szily, Valdir Guimarães, Pedro N. de Faria, Djalma R. Mendes Jr., Erich Leistenschneider, Valdir Brunetti Scarduelli, Viviane Morcelle de Almeida, Kelly C. Cezaretto Pires, Adriana Barioni, Juan Carlos Zamora, Maria Carmen Morais, Leandro Romero Gasques.

Porta Voz: Rubén Pampa Condori

e-mail: ruben.pampa@gmail.com

Número de dias solicitados: 21

Datas preferidas: 2° semestre

Datas realmente impossíveis: Natal e ano novo

Canalização: 45B (RIBRAS)

Feixe	Est. Carga	$I_{\text{mínima}}$ (alvo)	V_{min}	V_{max}	Pulsado?
7Li	3	300nA	6MV	7MV	Não

Alvos: CH₂, ¹⁹⁷Au

Pastilhas: LiO

Características de Feixe Pulsado: Não

Continuação da Experiência já Aprovada N°: Não

Outras informações:

Medidas do espalhamento ${}^6\text{He} + p$ e da reação $p({}^6\text{He}, \alpha)t$

Rubén Pampa Condori, Rubens Lichtenthäler Filho, Alinka Lépine-Szily
Valdir Guimarães, Pedro Neto de Faria, Djalma Rosa Mendes Jr.
Erich Leistenschneider, Valdir Brunetti Scarduelli, Viviane Morcelle de Almeida
Kelly C. Cezaretto Pires, Adriana Barioni, Juan Carlos Zamora
Maria Carmen Morais, Leandro Romero Gasques
Departamento de Física Nuclear,
Instituto de Física da USP

31 de março de 2011

Resumo

O projeto consiste na medição das distribuições angulares e a função de excitação do sistema ${}^6\text{He} + p$. O objetivo é estudar os processos periféricos de captura radiativa com núcleo halo ${}^6\text{He}$ e analisar as ressonâncias do sistema composto ${}^7\text{Li}$. Além disso se fará também medições das reações $p({}^6\text{He}, \alpha)t$ e $p({}^6\text{He}, d){}^5\text{He}$. Nesta experiência se fará uso do sistema RIBRAS[1], utilizando um alvo de CH_2 e um feixe primário de ${}^7\text{Li}$.

1 Motivação

A possibilidade da existência de núcleos fora da linha de estabilidade em ambientes estelares e no meio interestelar abriu um largo campo de investigações com conseqüências no estudo da cosmologia, evolução das estrelas, nucleossíntese no Universo [2] além de outros. Devido à baixa energia de ligação e alto isospin, os núcleos distantes da linha de estabilidade apresentam novos fenômenos como o halo de prótons e nêutrons, observado em núcleos leves como o ${}^6\text{He}$, ${}^{11}\text{Be}$, ${}^{11}\text{Li}$, ${}^8\text{B}$, com possíveis conseqüências na secção de choque total de reação e no processo de fusão nuclear em baixas energias [3, 4, 5]. Estes processos dependem tanto do estado ligado como do estado de espalhamento e o fato dos núcleons serem fracamente ligados e apresentarem um halo pode fazer com que a sua função de onda tenha um pico na região da superfície do núcleo tornando ao processo de captura periférico e pouco dependente dos detalhes do potencial nuclear na região interna do núcleo. Por outro lado, é sabido que o halo pode causar um abaixamento da barreira coulombiana e assim afetar a seção de

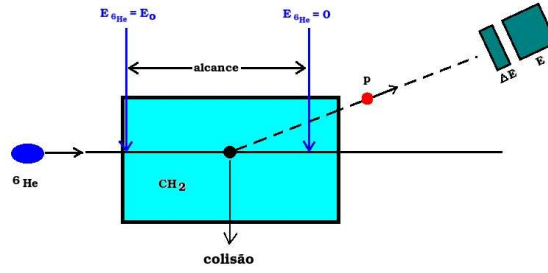


Figura 1: Desenho Esquemático do metodo de alvo grosso.

choque de fusão de sistemas carregados como o ${}^6\text{He}+p$. Além disso, a espectroscopia de núcleos leves como ${}^6,{}^7\text{Li}$ e outros no contínuo é ainda um campo relativamente pouco explorado e a possibilidade de se produzir esses núcleos a partir de canais de entrada envolvendo núcleos exóticos é interessante. Por isso é extremamente interessante a obtenção de dados de reações ressonantes envolvendo colisões com projéteis exóticos em baixas energias. No sistema RIBRAS produzimos feixes de helio-6 em intensidades suficientes para a realização destas medidas. A medida de funções de excitação do espalhamento elástico ${}^6\text{He}+p$ pode fornecer informações importantes sobre estados do sistema composto ${}^7\text{Li}$ [6] em energias de excitação na faixa de 10 – 20MeV, uma região ainda desconhecida. O $Q_{fusão}(p+{}^6\text{He}\rightarrow{}^7\text{Li})=9.97\text{MeV}$ e estados do ${}^7\text{Li}$ aparecerão como picos na função de excitação do canal elastico. Com as intensidades atuais dos feixes secundários, as medidas de funções de excitação com pequeno passo de energia seriam muito demoradas. Por isso pretendemos utilizar o metodo do alvo grosso [7, 8] que consiste em utilizar folhas de polietileno CH_2 de $6\text{mg}/\text{cm}^2$ em numero suficiente para parar o feixe de ${}^6\text{He}$ (ver Fig. 1).

Este metodo já foi utilizado inicialmente na tese de mestrado de Kelly C. C. Pires medindo o ${}^{17}\text{O}+p$ e posteriormente no doutorado de D. R. Mendes com feixe radioativo ${}^8\text{Li}$ e medindo o ${}^8\text{Li}+p\rightarrow\alpha$. A medida dos protons de recuo do espalhamento elástico do projétil no CH_2 já é uma medida direta da função de excitação elastica desde que o canal elástico seja o único canal de reação aberto. Este é o caso para o $p+{}^6\text{He}$ já que nenhum dos núcleos colidentes tem estados excitados. Os canais $p({}^6\text{He},n)$, $p({}^6\text{He},d)$, $p({}^6\text{He},t)$, $p({}^6\text{He},\alpha)$ e o breakup do ${}^6\text{He}$ são canais aberto mas não produzem protons. Os protons, deuterons, tritios e alfas provenientes da reação serão identificados por meio de telescopios $E-\Delta E$ utilizados usualmente nas experiências do RIBRAS e funções de excitação destas reações serão obtidas. O feixe de ${}^6\text{He}$ será produzido pela reação ${}^9\text{Be}({}^7\text{Li},{}^6\text{He})$ no alvo primario do RIBRAS (Fig. 2).

Utilizaremos a tensão de terminal do Pelletron em torno de 6 – 7MV que nos fornecerá feixes de ${}^6\text{He}$ de 20MeV e 24MeV respectivamente. Dispomos de todo o material e equipamentos necessarios para a realização desta experiencia.

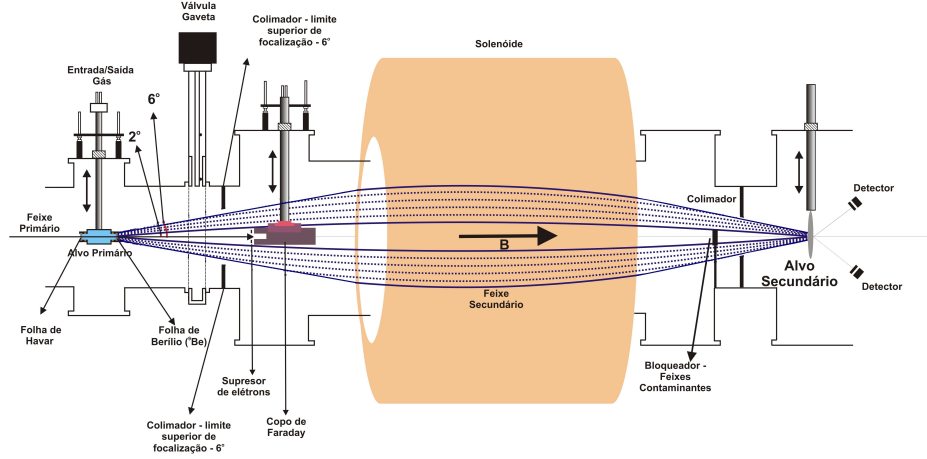


Figura 2: Desenho Esquemático do alvo primário do sistema RIBRAS [8].

Pretendemos inicialmente utilizar 1 solenoide mas em seguida fazer a experiência com 2 solenoides para purificar o feixe secundário eliminando o ${}^7\text{Li}$ e parte das partículas α 's com um absorvedor na camara intermediaria (ver Fig. 3 e 4). Mediremos também distribuições angulares ${}^6\text{He}+p$ e das reações $p({}^6\text{He},\alpha)t$ e $p({}^6\text{He},d){}^5\text{He}$ com alvo fino de CH_2 . Estas fornecerão informações sobre o potencial de espalhamento que será utilizado posteriormente nos calculos de captura.

2 Solicitação

Solicitamos um tempo de maquina minimo de 21 dias de feixe de ${}^7\text{Li}$ no pelletron com $V_{term}=6-7\text{MV}$ e ${}^6\text{He}$ fornecido pelo sistema RIBRAS a energias no intervalo de $20 - 24\text{MeV}$. O tempo de maquina solicitado está baseado em calculos feitos para obter um numero de contagens $N^{count}=100$ em 0.25mg/cm^2 de CH_2 supondo o espalhamento Rutherford de ${}^6\text{He}+p$ obtem-se uma seção de choque diferencial $\sigma_{ruth}(180^\circ)$ de 1.4mb/sr , utilizando este valor na eq. 1, estes calculos nos deram uma estimativa de tempo de maquina não menor a 21 dias para obter aproximadamente bins de 250KeV na função de excitação e ter uma estatistica aceitavel para o análise.

$$N^{count} = \frac{N_{feixe} N_{alvo} \Delta\Omega \sigma}{Jac} \quad (1)$$

Na eq. 1 utilizou-se valores de $N_{feixe} = 2 \times 10^4 \text{pps}$, $N_{alvo} = 2.1 \times 10^{19} \text{p/cm}^2$, $\Delta\Omega = 20 \times 10^{-3} \text{sr}$, e $Jac = 0.26$. Onde σ é a seção de choque diferencial, $\Delta\Omega$ é o ângulo solido do detector e Jac é fator de conversão geométrica do sistema de laboratório para o sistema de centro de massa.

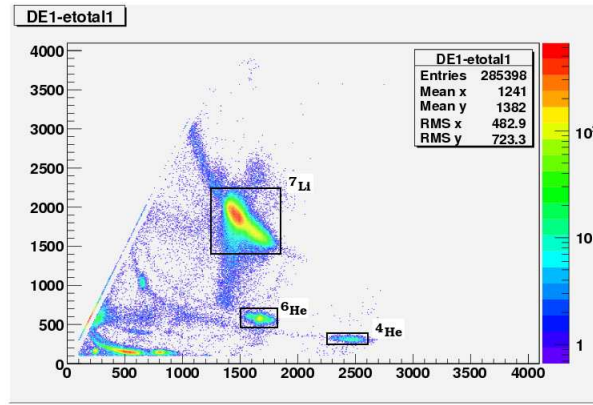


Figura 3: Espectro biparametrico do espalhamento elástico de ${}^6\text{He}+{}^{197}\text{Au}$ mostrando os feixes contaminantes[9]

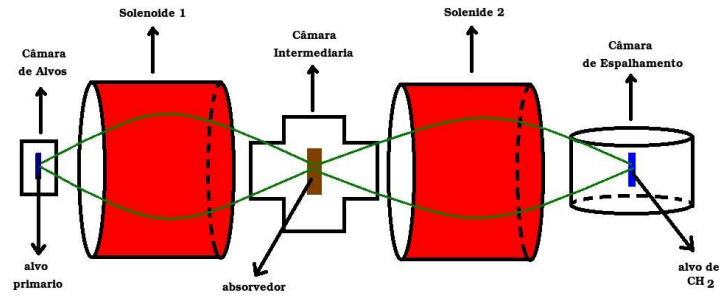


Figura 4: Desenho Esquématico do sistema RIBRAS para a presente experiência. Fazendo uso dos dois solenóides e um degradador(absorvedor) no “crossing point”(câmara intermediária) esperamos ter um feixe de ${}^6\text{He}$ quase 100% puro

Referências

- [1] Radioactive Ion Beams in Brazil (RIBRAS)
R. Lichtenthäler, Lépine-Szily, V. Guimarães, et al.
EPJ, v25,733(2005)
- [2] S. Kubono
Nucl. Phys. **A693**,221(2001)
- [3] ENAM2004, The 4th International Conference on Exotic Nuclei and Atomic Masses, Pine Mountain, Georgia, USA, 12-16 September, 2004
Springer, conference proceedings pgs. 233, 273, 293-299, 623 EXON2004, International Symposium on Exotic Nuclei, Peterhof, Russia, 5-12 July,2004, World Scientific
- [4] T. Aumann et al.
Phys. Rev. **C59**,1252(1999)
- [5] J. Görres, H. Herndl, I.J. Thompson, M. Wiescher, Phys. Rev. **C52**,2231 (1995)
- [6] G.V. Rogachev et al, Phys. Rev. Lett. 92, 232502 (2004).
- [7] Tese de mestrado de Kelly Cristina Cezareto Pires, IFUSP, 2006
- [8] Tese de doutoramento de Djalma Rosa Mendes Jr., IFUSP, 2009
- [9] Tese de doutoramento de Kelly Cristina Cezareto Pires, IFUSP, 2011