

LABORATÓRIO ABERTO

DE FÍSICA NUCLEAR

Proposta de Experimento

Nº: E-86

Período: 1 ano

Título: Medidas de espalhamento elástico de $^8\text{Li} + p$

Responsável: Alinka Lépine-Szily

e-mail: alinka@if.usp.br

Participantes: Erich Leistenschneider, Alinka Lépine-Szily, Djalma R. Mendes Jr Rubens Lichtenthäler Filho, Valdir Guimarães, Pedro Neto de Faria, Kelly Cristina Cezaretto Pires, Viviane Morcelle, Ruben Pampa Condori, Maria Carmen Morais, Valdir Scarduelli, Ernesto Rossi, Andrés Arazi

Porta Voz: Alinka Lépine-Szily

e-mail: alinka@if.usp.br

Número de dias solicitados: 10 dias

Datas preferidas:

Datas realmente impossíveis:

Canalização: 45° B

Feixe	Est. Carga	I _{mínima} (feixe primário)	V _{min}	V _{max}
^7Li	3	500 nA	4 MV	8.0 MV

Alvos: CH₂, ^{197}Au

Pastilhas: óxido de ^7Li

Características de Feixe Pulsado:

Continuação da Experiência já Aprovada Nº: E-86

Outras informações:

Já foram obtidos resultados, das reações $^8\text{Li}(p,p)^8\text{Li}$ e $^8\text{Li}(p,\alpha)^5\text{He}$, medidos na segunda câmara do RIBRAS com feixe purificado, mas as estatísticas não são suficientes, principalmente no canal $^8\text{Li}(p,\alpha)^5\text{He}$ e na região de baixas energias dos prótons. Vamos usar detector de DeltaE a gás para reduzir a perda de energia dos prótons.

Medidas da reação $p(^8\text{Li},p)^8\text{Li}$

A medida da reação $p(^8\text{Li},p)^8\text{Li}$ tem interesse para estudar as ressonâncias de ^9Be e altas energias de excitação. O limiar de $p+^8\text{Li}$ se encontra a 16.8882 MeV de energia de excitação no ^9Be . Pretendemos realizar essa medida com a utilização de um alvo grosso de

7 mg/cm₂ de $(\text{C}_1\text{H}_2)_n$. Esse alvo é suficientemente grosso para o feixe de ^8Li se frear e pode-se medir uma função de excitação do espalhamento elástico ressonante sem a variação de energia do feixe incidente. Os espectros obtidos serão analisados utilizando a metodologia de matriz-R.

Sistema RIBRAS

A medida será realizada no sistema RIBRAS [1,2], com a utilização de detectores barreira de superfície ou detectores do tipo strip (sensível a posição). O sistema RIBRAS consiste em dois solenóides supercondutores que faz a seleção (focalização) em voo, dos produtos de reação provenientes da reação do feixe primário (produzido pelo acelerador Pelletron) e o alvo primário.

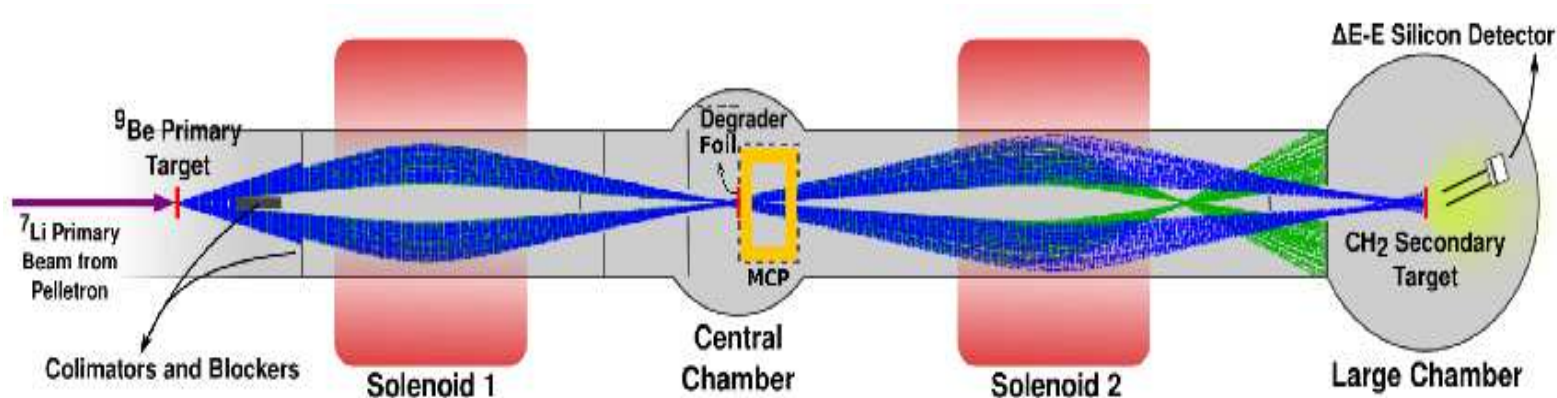


Fig. 1. Esquema de utilização do RIBRAS, com os 2 solenóides e a segunda câmara depois do segundo solenóide. Com o uso de um degradador/absorvedor na câmara central, pode se purificar o feixe secundário

Até agora a maioria dos experimentos foram realizados na câmara central, que fica entre os dois solenóides, mas a câmara de espalhamento grande, que fica após o segundo solenóide já está instalada nos trilhos com um prato onde se podem montar os detectores e com torre de alvos com movimento externo. A idéia é realizar esse experimento com a utilização dos dois solenóides e da câmara de espalhamento grande, que esta apresentada na Figura 2.



Figura 2. Foto mostrando sistema RIBRAS com a câmara de espalhamento grande

No mês de maio de 2013 tivemos 7 dias de uso do acelerador para estudar a reação $^8\text{Li}(p,p)^8\text{Li}$ usando a segunda câmara., um degradador de CH_2 de 5.2 mg/cm^2 montado na câmara central, um medidor de tempo rápido, que usa um "Microchannel Plate" (MCP) detector de tempo, também montado na câmara central. A idéia era medir o tempo de voo das partículas do feixe entre o MCP e um detector de Si localizado na segunda câmara. Este detector foi testado com partículas alfa da fonte de ^{241}Am e funcionou bem ,com resolução de tempo de 2.6 ns e eficiência de 87% . Infelizmente, os campos magnéticos dos 2 solenóides são bastante diferentes quando se usa degradador e o campo resultante desvia os elétrons sendo que poucos atingiram o MCP e a eficiência teve uma queda pronunciada. Este problema será sanado com uma blindagem de Mu-metal.

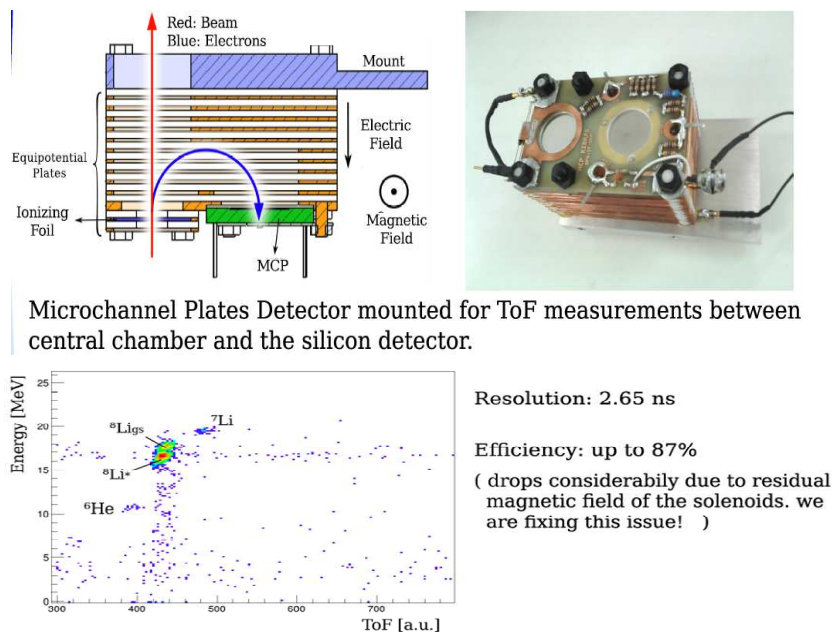
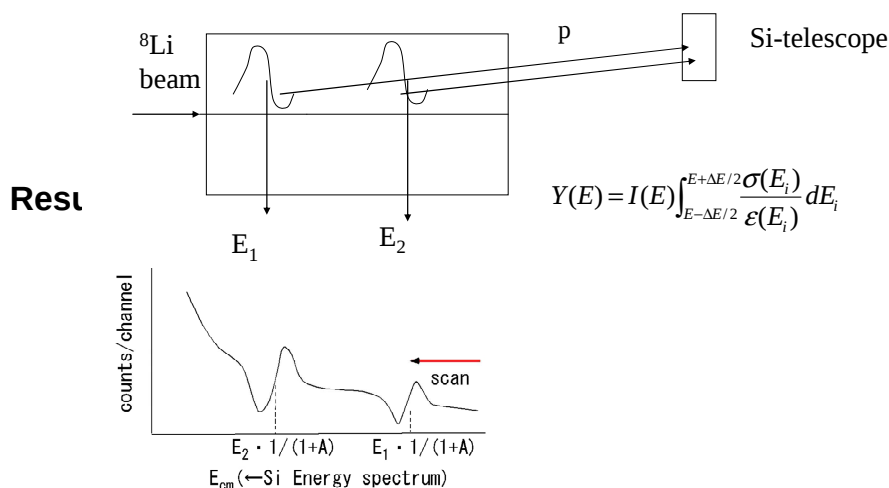


Figura 3. Esquema e foto do MCP detector e um espectro de tempo onde pode se ver a boa resolução permitindo separar ^7Li , ^8Li e ^6He .

Método do Alvo Grosso em cinemática inversa.

Cinemática inversa significa que o feixe secundário é mais pesado do que o alvo. Neste caso usamos um feixe secundário de ^8Li , que incide sobre um alvo secundário grosso de polietileno CH_2 . O método de alvo grosso [3,4,5] funciona da seguinte maneira: o feixe de ^8Li é freado, perdendo energia no alvo e produzirá a reação num dado ponto

dentro do alvo com a energia que tem naquele ponto e com a seção de choque, isto é, probabilidade característica daquela energia, e o ejetil, produto da reação (próton espalhado elasticamente) será emitido com a energia determinada pelo valor Q da reação e pela energia do ^8Li . Se a seção de choque tem um pico ou uma ressonância numa dada energia, mais reações serão realizadas naquele ponto e mais prótons serão produzidos com energia relacionada a ressonância. Os prótons perdem relativamente pouca energia no restante do alvo de C_1H_2 e são detectados em um telescópio de detectores posicionado em um ângulo bem dianteiro.



A medida da reação $p + {}^8\text{Li}$ foi realizada utilizando um alvo de $(\text{C}_1\text{H}_2)_n$ com espessura, de 7.7 mg/cm^2 . Essa espessura (bastante irregular) não foi suficiente para parar ${}^8\text{Li}$ de 18.5 MeV. Os prótons produzidos saem em ângulos dianteiros com $E < 10 \text{ MeV}$ e foram detectados, por telescópios ΔE -E. A idéia foi medir essa função de excitação detectando os prótons espalhados em ângulos bem dianteiros..Fizemos medidas em 2 energias de ${}^8\text{Li}$: 18.5 e 15.8 MeV.

No sistema RIBRAS não se tem uma medida direta da intensidade do feixe secundário, no caso ${}^8\text{Li}$, assim utiliza-se um alvo de ${}^{197}\text{Au}$ para medir o espalhamento elástico de feixe secundário no ouro, pois nas energias nas quais fazemos medidas a secção de choque para o sistema ${}^8\text{Li} + {}^{197}\text{Au}$ é Rutherford.

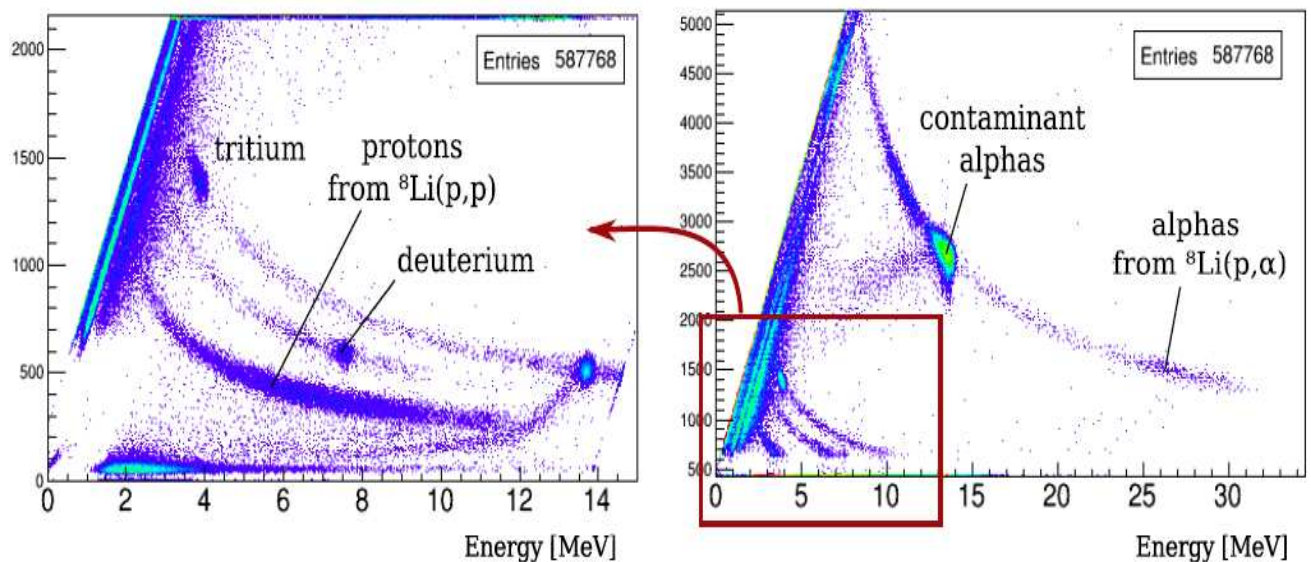


Figura 5. Espectros biparametricos DeltaE-Etotal medidos com telescópio de Silício (50 microns-1000 microns) a 10 graus, com alvo de CH2 de 7.7 mg/cm^2

Na eletrônica, usamos varias linhas de amplificação com diferentes ganhos, para poder observar os prótons (partículas com Delta E e E pequenos) ,os alfas (com energia muito mais alta devido a $Q=14.42 \text{ MeV}$) e o ${}^8\text{Li}$, medido com alvo de Au, para controlar a eficiência de produção de ${}^8\text{Li}$.

A reação ${}^8\text{Li}(p,\alpha){}^5\text{He}$, medido anteriormente (tese de Dr de Djalma R.Mendes Jr e já publicado [6]), na câmara central, com muitos feixes contaminantes, será também objeto de estudo, pois agora vemos esta reação de forma muito mais limpa (ver figura 5) . Como o feixe de ${}^8\text{Li}$ de

18.5 MeV atravessa o alvo, so populamos a parte de alta energia da função de excitação esperada. Para estudar a região de energia mais baixa usamos feixe de ^8Li de 15.8 MeV.

A principal dificuldade na medida da reação $^8\text{Li}(p,p)^8\text{Li}$, é a baixa energia dos prótons espalhados para frente a 10 graus ($Q=0$) e a energia perdida do alvo grosso e no detector DeltaE. Na figura 5. temos um espectro típico medido com $E(^8\text{Li}) = 18.5 \text{ MeV}$ e telescópio de Si, com DeltaE de 50 microns. Pode se ver na figura 5 que não é possível detectar prótons com energia menor do que 2 MeV, em parte devido ao ruído eletrônico, em parte devido ao fato que eles param no detector DeltaE.

Para podermos detectar prótons ate energias mais baixas, fizemos medidas também com um detector DeltaE de 20 microns. Abaixo mostramos os espectros obtidos nas 2 condições.

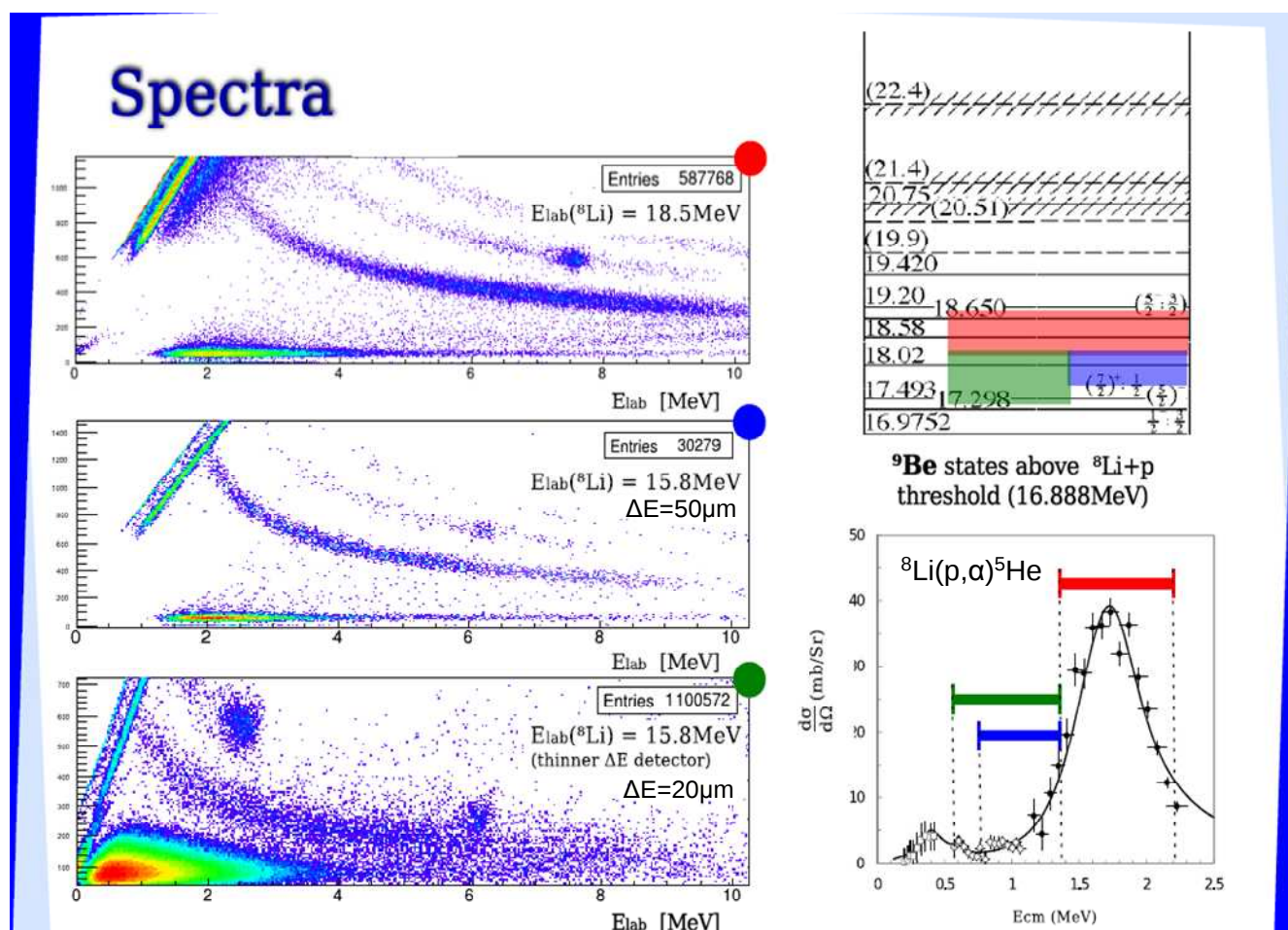
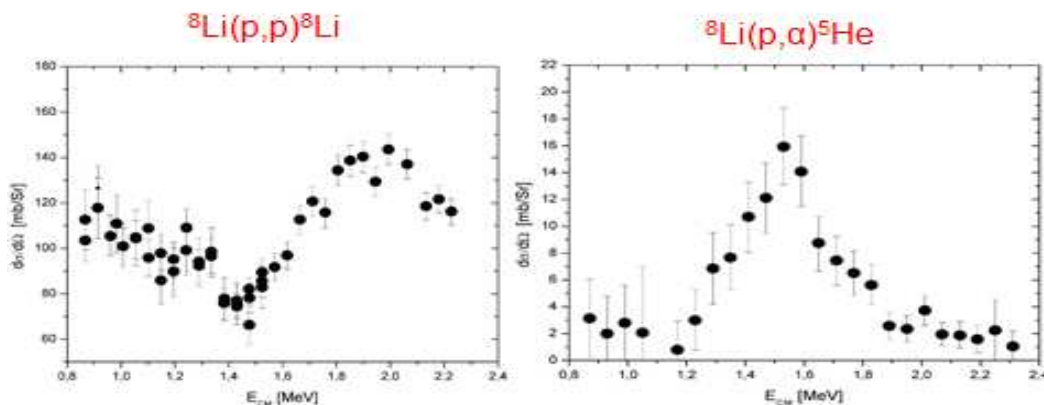


Figura 6. Espectros biparametricos de p,d,t medidos na energia de 18.5MeV e a 15.8 MeV, com duas espessuras diferentes de DeltaE.

Verificamos que com o detector DeltaE de 20 microns é possível abaixar o limiar de detecção ate 1 MeV

Funções de excitação medidas em maio 2013



Projeto de medidas futuras.

Os resultados obtidos são bem promissores, mas infelizmente tanto as estatísticas são insuficientes, como o limiar de detecção é ainda alta.

Principalmente a reação $8\text{Li}(p,\alpha)$ apresenta estatísticas insuficientes e demanda mais tempo de máquina para acumularmos mais estatísticas. É muito importante medir simultaneamente nas mesmas condições, com mesmo alvo e mesmo detector as 2 reações para poder analisá-las também de forma complementar pelo modelo de matriz-R.

Para reduzir o limiar de detecção de prótons queremos utilizar um detector DeltaE de gás. Nosso colega do TANDAR, Andrés Arazi, construiu um detector de DeltaE gasoso, com vários detectores E, permitindo medir vários ângulos ao mesmo tempo. Agora na segunda câmara, que é bem maior que a câmara central, poderemos usar este detector.

Justificativa

Esta medida é importante, pois ela vai permitir determinar melhor as características, como spin e paridade e largura parcial de próton das ressonâncias de ${}^9\text{Be}$. Na parte superior da figura 7 podemos observar as ressonâncias determinadas no espalhamento ${}^9\text{Be}(p,p'){}^9\text{Be}$ [7]. Já na reação ${}^1\text{H}({}^8\text{Li}, {}^4\text{He}){}^5\text{He}$, por nós estudada previamente [6], obtivemos a função de excitação apresentada na parte inferior da mesma figura 7. O pequeno pico em $E^*=17.49$ MeV da reação ${}^1\text{H}({}^8\text{Li}, {}^4\text{He}){}^5\text{He}$ corresponde ao grande pico delgado a $E^*=17.49$ MeV do espalhamento ${}^9\text{Be}(p,p'){}^9\text{Be}$. A ressonância larga observada em $E^*=18.6$ MeV na reação ${}^1\text{H}({}^8\text{Li}, {}^4\text{He}){}^5\text{He}$ corresponde ao pequeno pico a ~ 18.5 MeV do espalhamento ${}^9\text{Be}(p,p'){}^9\text{Be}$. Esta comparação mostra claramente a necessidade de usar vários tipos de reação para obter informações completas sobre as características de decaimento das ressonâncias.

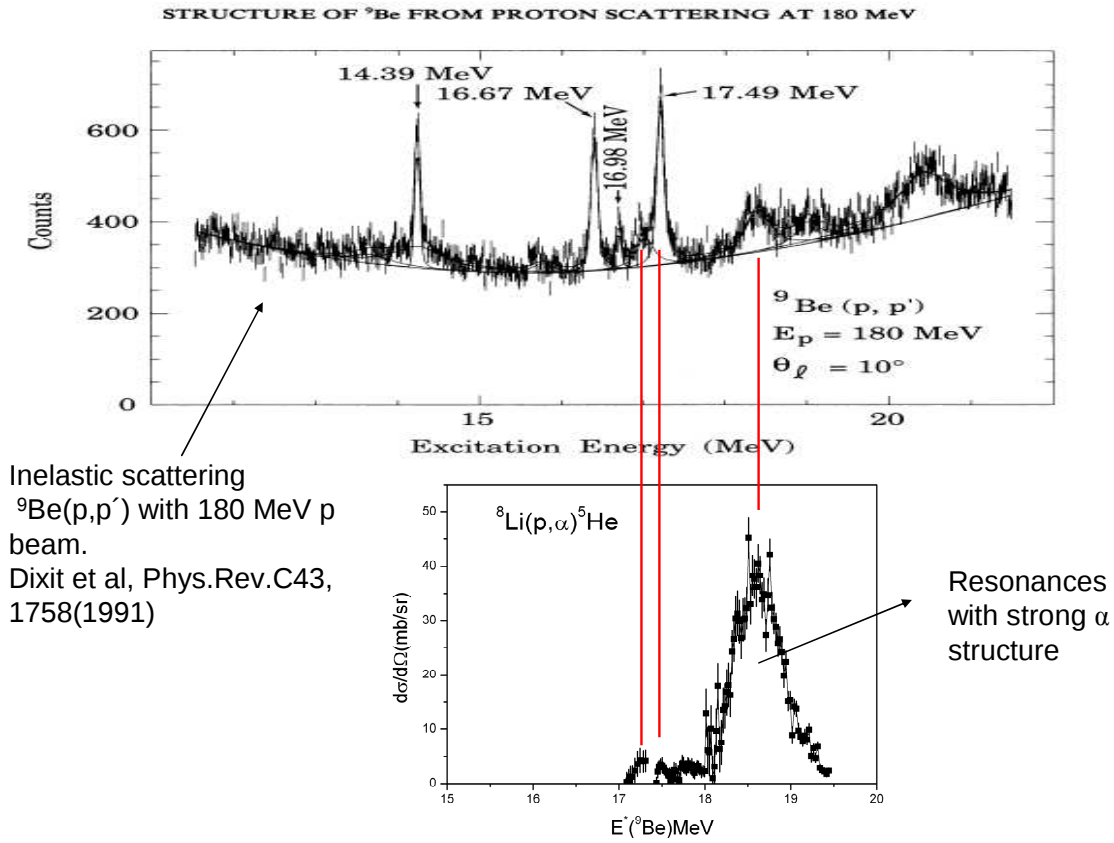


Figura 7. Comparação das ressonâncias de ^9Be , estudadas por espalhamento inelástico de prótons de 180MeV (figura acima) e pela reação $^8\text{Li}(p, \alpha)^5\text{He}$ [6] por nosso grupo (figura abaixo).

A medida do espalhamento elástico $^8\text{Li}(p, p)^8\text{Li}$ imporá vínculos adicionais na análise de matriz-R. Adicionalmente, ele também permitira a população de estados com $T=3/2$ que não puderam ser acessados pela reação de transferência $^1\text{H}(^8\text{Li}, ^4\text{He}) ^5\text{He}$ devido a regras de seleção de isospin. Se as reações: $^8\text{Li}(p, p)^8\text{Li}$, $^8\text{Li}(p, p')^8\text{Li}^*$ forem medidas simultaneamente no mesmo experimento, novas informações poderão ser obtidas sobre os estados do núcleo ^9Be , como estados de cluster $^8\text{Li}+p$, com ^8Li excitado, por exemplo.

Na experiência em que havíamos estudado as ressonâncias de ^9Be usando a reação $^1\text{H}(^8\text{Li}, ^4\text{He}) ^5\text{He}$ [7], havíamos feito somente medidas das alfas geradas na reação, pois infelizmente os prótons não puderam ser bem separados do ruído no detector Delta-E. Atualmente conseguimos reduzir bastante o ruído eletrônico melhorando a terra e levando toda eletrônica e aquisição de dados para a sala experimental. Com estas melhorias, muito necessárias, pudemos detectar os prótons como pode se observar nas figuras 5 e 6.

O numero de dias solicitado (10) é justificado, pois a medida é realizada com um feixe radioativo, no caso ^8Li , que tem uma intensidade usualmente 10^7 vezes menor do que a de um

feixe estável. Assim uma intensidade de 500 nA de feixe primário corresponderia a 5×10^5 partículas/s chegando no alvo secundário.

Referências

- [1] LICHTENTHÄLER, R., LÉPINE-SZILY, A. , GUIMARÃES, V., ET ALL.: **Radioactive Ion Beams in Brazil (RIBRAS)**. The European Physical Journal A - Hadrons and Nuclei, v. **25**, n. s01, p. 733-736, 2005.
- [2] LEPINE-SZILY, A., LICHTENTHALER, R., RIBRAS COLLABORATION.: **First Results of the Radioactive Ion Beam Facility in Brasil (RIBRAS): Elastic Scattering of ^6He and ^8Li Beams on Light and Medium Mass Targets**. Nuclear Physics A, vol.**787**, p.94-101, 2007
- [3] J. Gómez del Campo et al.: **Decay of a Resonance in ^{18}Ne by the Simultaneous Emission of Two Protons**. Physical Review Letters, vol.**86**, p.43-46, 2001
- [4] T. Teranishi et al.: **Study of Resonance States in ^{12}N using a radioactive ion beam of ^{11}C** . Physics Letters B, vol.556, p.27-32, 2003
- [5] T. Teranishi et al.: **Single-particle resonance levels in ^{14}O examined by $^{13}\text{N} + p$ elastic resonance scattering**. Physics Letters B, vol.650, p.129-134, 2007
- [6] D.R.Mendes Jr, A. Lépine-Szily, P. Descouvemont et al., **The $^8\text{Li}(p,\alpha)^5\text{He}$ reaction at low energies and the ^9Be spectroscopy around the proton threshold**. Phys. Rev. C 86 (2012) 064321.
- [7] S. Dixit, W. Bertozzi et al, **Structure of ^9Be from proton scattering at 180 MeV**. Phys. Rev. C, vol. **43**, p.1758, 1991.
- [8] D.R.Tilley et al Nucl. Phys. A.vol.**745**, 155 (2004).