

**LABORATÓRIO ABERTO
DE FÍSICA NUCLEAR**

N°

Proposta de Experimento

Período : segundo semestre 2011

Título: Perda de energia com feixes radioativos e alvo gasoso.

Responsável: Ernesto S. Rossi e Valdir Guimarães

e-mail: valdirg@dfn.if.usp.br

Participantes:

Leandro R. Gasques, Gayane Karapetyan, Davi Monteiro, Valdir Scarduelli, Adriana Barioni, Alinka Lepine-Szily, Rubens Lichtenthaler, Pedro Neto de Faria, Djalma Mendes Jr., Viviane Morcelle, Kelly C. C. Pires, Ruben Pampa Condori, Maria Carmem Moraes e Erich Leistenschneider.

Porta Voz: Ernesto S. Rossi

e-mail: Ernesto.rossi@dfn.if.usp.br

Número de dias solicitados: 5 dias

Datas preferidas: segundo semestre 2011

Datas realmente impossíveis:

Canalização: 45-B - RIBRAS

Feixe	Est. Carga	I_{mínima} (alvo)	V_{min}	V_{max}	Pulsado?
⁶ Li, ⁷ Li	3	400 nA	5	7.5	não

Alvos: ⁴He e ¹⁹⁷Au

Pastilhas:

Características de Feixe Pulsado:

Continuação da Experiência já Aprovada N°: não

Outras informações:

Perda de energia com feixes radioativos e alvo gasoso.

Responsável: **Ernesto Silvio Rossi Jr. e Valdir Guimarães**

Colaboradores:, Leandro Romero Gasques, Valdir Scarduelli, Adriana Barioni, Alinka Lepine-Szily, Rubens Lichtenthaler, Pedro Neto de Faria, Djalma Mendes Jr., Viviane Morcelle e Kelly C. C. Pires, Ruben Pampa Condori, Maria Carmem Morais e Erich Leistenschneider.

Introdução

Um método bastante utilizado para se estudar espalhamento ressonante de feixes radioativos é a utilização de alvo gasoso grosso em cinemática inversa, onde o feixe de um elemento mais pesado incide sob um alvo de um elemento leve. Nessas medidas, o alvo gasoso deve ser espesso o bastante para frear o feixe do elemento pesado mas fino o suficiente para permitir a passagem das partículas leves de recuo. Conforme o feixe vai sendo freado dentro do alvo gasoso, a partir de uma energia incidente inicial, as partículas leves terão energia menor. Picos no espectro de energia das partículas leves corresponderiam exatamente as ressonâncias formadas pelos núcleos feixe e alvo. Para realizarmos esse tipo de medidas de espalhamento ressonante com feixes radioativos e no futuro para medidas diretas de reações (α,p) e (α,n) induzidas por feixes radioativos com interesse para a astrofísica, estamos construindo um alvo gasoso refrigerado de ^4He .

Um dos projetos que estamos também submetendo para o PAC é exatamente medidas de espalhamento ressonante de feixes radioativos em alvo de ^4He . Nesse tipo de espalhamento, para obtermos a energia correta das alfas de recuo, é preciso levar em conta a cinemática de dois corpos e a perda de energia do projétil antes e do recuo depois da interação. E, para tanto, precisamos ter uma boa idéia da do *poderdefreamento* desses feixes em alvo de ^4He . Ainda não foi testado se as extrapolações para perdas de energia, baseadas nas equações de Ziegler [2, 3] obtidas com núcleos estáveis e normais, funcionam para os núcleos exóticos. Uma medida

direta dessa perda de energia de núcleos radioativos em alvo de Hélio seria inédita e útil para nos fornecer informações sobre a perda da energia desses núcleos exóticos nesses alvos leves.

Diferentemente das partículas leves, núcleos mais pesados não podem ser aproximados por partículas pontuais, e a estrutura do núcleo deve ser levada em consideração na interação com a matéria. Em particular, para uma descrição realística do freamento de núcleos radioativos não apenas a sua geometria e tamanho mas efeitos como skin de neutrons ou prótons, ou efeito halo, que aparecem nesses núcleos devem ter algum efeito.

Estamos então propondo investigar o poder de freamento de alguns núcleos exóticos e radioativos em alvo de ^4He . Essas medidas serão realizadas ao mesmo tempo que iremos desenvolver o alvo gasoso refrigerado. Iremos comparar os resultados com os cálculos baseados nas fórmulas de Ziegler mas também com modelos de monte carlo como SRIM [4].

De uma forma geral, o estudo da perda de energia é de interesse para diversas áreas da ciência, como por exemplo, na análise e modificação de materiais por feixe iônico e em pesquisa com medicina nuclear.

Aparato experimental

Para essas medidas precisaremos construir um alvo gasoso refrigerado com um sistema de controle de pressão. Vamos construir dois alvos gasosos. Um mais fino que deverá ser utilizado com a técnica de alvo fino e outro mais grosso e refrigerado a temperatura de Nitrogênio Líquido. Esses alvos serão projetados e confeccionados nas oficinas mecânicas do Instituto de Física. Precisaremos também comprar equipamentos para controle da pressão e medida de temperatura. Entre esses equipamentos estão: um medidor de pressão positiva e negativa de até 3 atm, válvulas de controle de entrada e saída de gás, um controlador de fluxo de gás, sensores para medidas de temperatura de Nitrogênio Líquido e um multímetro. Além disso, precisaremos comprar gás hiperpuro de Hélio e folhas de Havar para as janelas do alvo gasoso.

Os feixes radioativos de ^6He e ^7Be serão produzidos com o sistema RIBRAS [5] com energias em torno de 15 a 25 MeV e com intensidades da ordem de 10^5 pps para o ^6He e 10^4 pps para o ^7Be .

Utilizaremos como sistema de detecção, detectores do tipo barreira de superfície formando um telescópio $E - \Delta E$. Utilizaremos um desses telescópios montado a zero graus para as medidas

com alvo grosso e 4 telescópios em diferentes ângulos para as medidas de alvo fino. Existe a possibilidade de utilizarmos detectores pixels (strip detectors) que já foram comprados mas ainda não testados.

Experiências e medidas

Pretendemos medir o poder de freamento de feixes radioativos por alvo de ^4He e testar o alvo gasoso para medidas com o método de alvo grosso.

1) - Medidas do poder de freamento.

Técnicas baseadas no retroespalhamento de íons por um substrato são bastante utilizadas nas medidas de freamento de íons. A perda de energia é determinada a partir das bordas das distribuições de energia do íon retro-espalhado na superfície de um substrato sem e com o filme freador (material que se deseja determinar a perda de energia). O íon deve ter energia suficiente para atravessar a camada do filme freador e depois ser retroespalhado pelo substrato e atravessar novamente a camada do filme freador. Estamos propondo algo parecido mas utilizando o alvo gasoso. Nesse caso, o feixe radioativo de ^6He e ^7Be de energia fixa deve atravessar o alvo gasoso, que deve ser fino. Variamos a espessura do alvo através da variação da pressão e medimos o feixe de ^7Be ou ^6He . Podemos testar medidas de coincidência medindo também as partículas de recuo de ^4He . Tanto o feixe quando a partícula de recuo seriam detectadas por telescópios do tipo $E - \Delta E$. Os feixes radioativos deverão ter energias em torno de 10 a 15 MeV para o ^6He e entre 15 e 20 MeV para o ^7Be . A partir da curva da espessura do alvo em função da energia residual do ^7Be e ^6He poderemos obter o poder de freamento. Lembrando que a energia média incidente do feixe E_0 e a energia residual final E após passar pelo alvo gasoso e a espessura do alvo é dada por:

$$d = \int_E^{E_0} \frac{1}{S(E')} dE' \quad (1)$$

A idéia seria medir duas energias para cada feixe e variarmos a pressão num intervalo de 100 a 760 torr.

2) - Medidas com alvo gasoso grosso.

Com essa técnica, o alvo gasoso deve ser espesso o bastante para frear o feixe do elemento pesado mas fino o suficiente para permitir a passagem das partículas leves de recuo, como as alfas. Conforme o feixe vai sendo freado dentro do alvo gasoso, a partir de uma energia incidente inicial, os prótons as alfas terão energia menor. Picos nesse espectro de energia das alfas correspondem exatamente as ressonâncias formados pelo núcleos feixe e alvo. Pretendemos medir as alfas de recuo por um telescópio ($\Delta E - E$) composto por detectores de barreira de superfície colocado a zero grau, atrás do alvo. Com o espectro de energia dessas alfas teremos a variação da probabilidade da reação (no caso espalhamento) em função da energia (função de excitação). Além disso, a utilização de feixe pesado e alvo leve (cinemática inversa) permite a medida em energias bastante baixas no sistema do centro de massa, e portanto mais próximas das energias astrofísicas. Este método de alvo grosso já vem sendo aplicado em outros laboratórios [6] e tem se mostrado extremamente útil para fornecer informações sobre ressonâncias do sistema composto acima do limiar de captura alfa. A dificuldade dessas medidas será devido aos contaminantes do feixe secundário. Ao produzirmos o feixe secundário de ${}^7\text{Be}$ podemos ter contaminantes de elementos mais leves que possuem a mesma rigidez magnética tais como o ${}^6\text{Li}$ e ${}^4\text{He}$. Utilizando os dois solenóides e um degradador na câmara central esperamos poder eliminar os contaminantes. Estamos iniciando simulações do efeito desses degradadores para verificar qual seria o mais eficiente. Pretendemos também testar a possibilidade de utilizarmos medidas de tempo de voo com *'parallel-plateavalanchecounter* (PPAC). Com esse parâmetro extra poderemos identificar e separar na análise off-line a contribuição de cada dos feixes contaminantes no espectro de alfas.

Estamos solicitando 5 dias de máquina, sendo que os 3 primeiros dias seriam para medirmos a perda de energia com a técnica de alvo fino com os feixes de ${}^7\text{Be}$ e ${}^6\text{He}$. Normalmente gastamos 4 a 5 horas apenas para otimizarmos o feixe no alvo secundário. Os outros dois dias seriam para as medidas com alvo grosso. Como estaremos na fase de testes desse novo alvo gasoso esse dias seriam importantes.

Estamos solicitando 5 dias de período de máquina.

References

- [1] M. Zadro et al. Nucl. Phys. A 259, 836 (2007).
- [2] J. F. Ziegler, *Journal of Applied Physics* **85**, 1249-1272 (1999).
- [3] J. F. Ziegler, J. P Biersack, U. Littmark, *The stopping and ranges of ions in matter*, volume 1, Pergamon Press, 1a. ed. (1985).
- [4] <http://www.srim.org/SRIM>
- [5] R. Lichtenthaler, A. Lepine-Szily, V. Guimaraes, G. F. Lima, M. S. Hussein. *Nucl. Instr. and Method.***A 505** (2003) 612.
- [6] M. Notani, *et al.*, Nucl. Phys. **A738** (2004) 411.