

**LABORATÓRIO ABERTO
DE FÍSICA NUCLEAR**

N°

Proposta de Experimento

Período : segundo semestre 2011

Título: Desenvolvimento de feixes radioativos para o sistema RIBRAS.

Responsável: Valdir Guimarães

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

Participantes:

Leandro R. Gasques, Gayane Karapetyan, Davi Monteiro, Valdir Scarduelli, Ernesto S. Rossi Jr, 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: Valdir Guimarães

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

Número de dias solicitados: 5 dias

Datas preferidas: a partir de maio 2011

Datas realmente impossíveis:

Canalização: 45-B - RIBRAS

Feixe	Est. Carga	I_{mínima} (alvo)	V_{min}	V_{max}	Pulsado?
⁶ Li, ⁷ Li, ¹⁰ B, ¹¹ B	3,4,5	400 nA	5	7.5	não

Alvos: ⁵⁸Ni e ¹⁹⁷Au

Pastilhas:

Características de Feixe Pulsado:

Continuação da Experiência já Aprovada N°: não

Outras informações:

Desenvolvimento de feixes radioativos para o sistema RIBRAS

Responsável: **Valdir Guimarães**

Colaboradores: Leandro R. Gasques, Davi Monteiro, Gayane Karapetyan, Valdir Scarduelli, Ernesto S. Rossi Jr, 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 Moraes e Erich Leistenschneider.

Motivação científica

Além de reações de interesse para a Astrofísica Nuclear, a investigação da estrutura nuclear de núcleos que estão longe da linha de estabilidade na tabela de nuclídeos é um dos mais ativos campos da física nuclear atualmente. Utilizando-se feixes radiativos é possível se investigar núcleos em condições extremas não apenas em termos de densidade, temperatura e momento angular mas também em termos de número de prótons e neutrons. Um sistema de duplo solenóides supercondutores RIBRAS [5] foi instalado no Laboratório Pelletron-LINAC para produção e obtenção de feixes radioativos. Com isso iniciamos no laboratório um programa de estudo da estrutura de núcleos exóticos, e astrofísica nuclear utilizando-se feixes radioativos de baixa energia.

O sistema RIBRAS foi colocado em operação em 2004 e desde então temos realizado várias experiências de espalhamento elástico e algumas reações de transferência [1, 2, 3, 4]. No entanto, para realização de experiências mais complexas que espalhamento elástico precisamos de feixes secundários mais puros. Para purificar um pouco mais os feixes radioativos secundários precisamos colocar em funcionamento o segundo solenóide do sistema RIBRAS e instalar uma nova câmara de espalhamento após o segundo solenóide. Com o trabalho e esforço do pos-doc Pedro Faria, essa câmara nova já foi instalada. Precisamos agora instalar um sistema de leitura e variação de ângulos e esfriar o segundo solenóide. Acreditamos que para o próximo semestre teremos a câmara de espalhamento após o segundo solenóide e este devidamente esfriado, terminando assim a instalação total do sistema RIBRAS.

Os solenóides supercondutores são capazes de selecionar e focalizar sobre um alvo secundário núcleos exóticos produzidos por reações de um feixe com um alvo primário. Os solenóides selecionam o feixe com o elemento de interesse através da relação de rigidez magnética $(B\rho)^2 = 2mE/q^2$, onde m , E e q são a massa, energia e estado de carga das partículas. Como os solenóides têm um alto poder de focalização e aceitação (ângulo sólido grande) é possível coletar grande parte dos núcleos produzidos e refocalizá-los em um outro alvo a uma certa distância. Devido a possibilidade de multi-configuração dos elementos ópticos desse sistema obtemos uma grande versatilidade e flexibilidade na sua utilização, o que proporciona um amplo leque de experiências que podem ser realizadas.

Contudo, é possível que partículas remanescentes do feixe primário devido a espalhamentos secundários, e/ou outros contaminantes, tenham a mesma rigidez magnética que o feixe de interesse e acabam sendo aceitas também pelo primeiro solenóide. Para eliminarmos esses contaminantes e purificar o feixe secundário podemos montar ao longo do sistema colimadores,

bloqueadores ou degradadores não. Um sistema de colimadores e bloqueadores podem bloquear feixes que tenham uma rigidez um pouco maior ou um pouco menor que o feixe de interesse, respectivamente, mas uma eliminação completa pode ser obtido com degradadores ou deflectores elétricos. Com esses elementos posicionados em diferentes pontos do sistema podemos purificar o feixe de acordo com a necessidade.

Testes de produção de feixes radioativos

Pretendemos então continuar no desenvolvimento dos feixes radioativos que já estamos produzindo tais como ${}^6\text{He}$, ${}^7\text{Be}$, ${}^8\text{B}$, mas agora mais puros, bem como desenvolver novos feixes como ${}^{10}\text{Be}$ e ${}^{11}\text{C}$ utilizando o segundo solenóide. Feixes como ${}^7\text{Be}$ e ${}^8\text{B}$ foram até agora obtidos através das reações de transferência ${}^3\text{He}({}^6\text{Li}, {}^7\text{Be})$ e ${}^3\text{He}({}^6\text{Li}, {}^8\text{B})$. No entanto, com a escassez de ${}^3\text{He}$ no mercado temos que utilizar outros alvos tais como o Deutério. Na tabela I estão listados alguns dos feixes que temos intenção de desenvolver e as reações que podemos utilizar para produzi-los. O desenvolvimento desses feixes envolve a maximização da intensidade na câmara de reações (câmara montada após os dois solenóides) através da correta escolha dos campos magnéticos e posicionamento de elementos, tais como colimadores e bloqueadores. Precisaremos de feixes primários de ${}^6\text{Li}$, ${}^7\text{Li}$, ${}^{10}\text{B}$ e ${}^{11}\text{B}$ com a máxima energia e intensidade para que, com as reações de transferências listadas na Tabela-1, possamos produzir os feixes desejados. O sistema de detecção será apenas um telescópio do tipo $E - \Delta E$ posicionado a zero graus mais ou menos na posição do alvo secundário.

É importante ressaltar que mesmo com os dois solenóides atuando ainda é possível termos contaminantes do feixes mesmo que em menor intensidade. Dependendo da posição e tamanho dos colimadores e degradadores podemos ter diferentes intensidades dos contaminantes de uma forma compensatória. Uma diminuição dos contaminantes custaria intensidade do feixe de interesse. Para sermos o mais eficiente possível no desenvolvimento desses feixes, estamos trabalhando para aplicar o programa GEANT4 na simulação da produção desses feixes.

Estou solicitando 5 dias de máquina que seriam distribuídos em períodos de máquina diferentes dependendo do feixe primário a ser utilizado. Como são medidas exploratórias teremos que variar alguns parâmetros e precisamos de ao menos 1 dia para cada feixe que queremos desenvolver.

Estamos solicitando 5 dias de período de máquina.

Table 1: Feixes secundários possíveis reações para produção.

Feixe secundário	Reações de produção	Q-reação (MeV)	Status
${}^6\text{He}$	${}^9\text{Be}({}^7\text{Li}, {}^6\text{He})$	-3.39	mais puro
${}^7\text{Be}$	${}^2\text{H}({}^6\text{Li}, {}^7\text{Be})$	+3.38	nova reação
${}^{10}\text{Be}$	${}^9\text{Be}({}^{11}\text{B}, {}^{10}\text{Be})$	-4.64	mais puro
${}^{10}\text{Be}$	${}^7\text{Li}({}^7\text{Li}, {}^{10}\text{Be})$	+14.78	nova reação
${}^{11}\text{Be}$	${}^7\text{Li}({}^7\text{Li}, {}^{11}\text{Be})$	-5.29	novo feixe e reação
${}^{11}\text{C}$	${}^2\text{H}({}^{10}\text{B}, {}^{11}\text{C})$	+6.46	novo feixe e reação

References

- [1] **Low-energy nuclear reactions with double-solenoid based radioactive nuclear beam.**
V. Guimaraes
54th Annual Nuclear Physical Symposium - 08-12 December 2009 Mumbai, India.
Pramana Journal of Physics 75, 137-147 (2010).
- [2] **Scientific program of the Radioactive Ion Beams Facility in Brasil (RIBRAS).**
A. Lepine-Szily, R. Lichtenthaler, V. Guimaraes, D. R. Mendes Junior, P. N. de Faria, A. Barioni, E. A. Benjamim, K. C. C. Pires, V. Morcelle, R. Pampa Condori, M. C. Moraes, P. Descouvemont, A. M. Moro, M. Rodriguez Gallardo, I. M. M. Assuncao, J. A. Alcantara Nunez, J. M. B. Shorto, J. C. Zamora, E. Leistenschneider, and C. E. F. Lima.
Nuclear Physics A **834**, 491c-494c (2010).
- [3] **The Scientific program with RIBRAS (Radioactive Ion Beams in Brasil)**
R. Lichtenthaler, A. Lepine-Szily, v. Guimaraes, P. N. de Faria, D. R. Mendes, K. C. C. Pires, V. Morcelle, E. A. Benjamim, A. M. Moro, M. S. Hussein, A. Arazi, A. Barioni, R. P. Condori, M. C. Moraes, M. Assuncao, J. A. Nunez, I. Padron, P. R. S. Gomes, O. Camargo, Y. Otany, E. Leistenschneider, v. Scarduelli.
31st Workshop on Nuclear Physics in Brazil, 08-12 September 2008 Sao Sebastiao, Brazil.
AIP Conference Proceedings 1139, 76-83 (2009).
- [4] **Radioactive Ion beams in Brazil (RIBRAS).**
R. Lichtenthaler, A. Lepine-Szily, V. Guimaraes, C. Perego, V. Placco, O. Camargo, Jr., R. Denke, P. N. de Faria, E. A. Benjamin, N. Added, G. F. Lima, M. S. Hussein, J. Kolata, A. Arazi.
European Physical Journal A **25**, Supplement 1, (2005) 733.
- [5] R. Lichtenthaler, A. Lépine-Szily, V. Guimarães, G. F. Lima, M. S. Hussein.
Nucl. Instr. and Method. A **505** (2003) 612-615c
Brazilian. Journ. of Phys. **33** (2003) 263c.