LABORATÓRIO ABERTO DE FÍSICA NUCLEAR

Proposta de Experimento

Nº:

Período: 1 ano

Título: Desenvolvimento de feixes radioativos com o sistema RIBRAS.

Responsável: Valdir Guimarães

e-mail: valdirg@if.usp.br

Participantes:

Grupo: Dr. Valdir Guimarães, Dra. Gayane Karapetyan, Dr. Ernesto Silvio Rossi Jr., Dr. Nikit Deshmukh, Valdir Scarduelli, Ami Deshmukh, Luisa Brack, George Scotton.

Colaboradores: Davi da Silva Monteiro (UNILA), Alinka Lepine-Szily (IFUSP), Erich Leistenschneider (IFUSP), Djalma Mendes Jr. (UFF), Pedro Neto de Faria, Viviane Morcelle (UNIFEI).

Porta Voz: Valdir Guimarães

e-mail: valdirg@if.usp.br

Número de dias solicitados: 6 dias divididos em 2 períodos (3+3).

Datas preferidas: Um período em Novembro-Dezembro 2013 e outro em Abril-Julho de 2014.

Datas realmente impossíveis: Janeiro a Março de 2014.

Canalização: 45° B

Feixe	Est. Carga	I_{mínima} (feixe primário)	V_{min}	V_{max}
⁶ Li	3	1 micro A	7 MV	8 MV
⁷ Li	3	1 micro A	7 MV	8 MV
¹¹ B	4	1 micro A	7 MV	8 MV
¹⁰ B	4	1 micro A	7 MV	8 MV
¹² C	4	2 micro A	7 MV	8 MV
¹² C	5	1 micro A	7 MV	8 MV
¹³ C	4	1 micro A	7 MV	8 MV
¹³ C	5	500 n A	7 MV	8 MV

Alvos: ⁹Be, ⁷Li, ¹⁸O, ¹⁹⁷Au, ⁵⁸Ni

Pastilhas:

Características de Feixe Pulsado: Não temos feixe pulsado

Continuação da Experiência já Aprovada Nº: não

Outras informações:

Essa é uma nova proposta já que desenvolvimento de novos feixes estão sendo propostos.

Desenvolvimento de feixes radioativos (RIBRAS)

Responsável: Valdir Guimarães

Grupo: Valdir Guimarães, Gayane Karapetyan, Nikit Deshmukh, Ernesto Silvio Rossi, Valdir Scarduelli, Ami Deshmukh, Luisa Brack, George Scotton.

Colaboradores: Davi da Silva Monteiro (UNILA), Alinka Lepine-Szily (IFUSP), Erich Leistenschneider (IFUSP), Djalma Mendes Jr. (UFF), Pedro Neto de Faria, Viviane Morcelle (UNIFEI).

Motivação Científica.

Um sistema de duplo solenoides supercondutores RIBRAS [1] foi instalado no Laboratório Pelletron-LINAC para produção e obtenção de feixes radioativos leves de baixas energias. Esses solenoides supercondutores são capazes de selecionar e focalizar sobre um alvo secundário, núcleos radioativos produzidos por reações induzidas por feixe de elemento estável com um alvo primário, sólido ou gasoso. Os solenoides selecionam o feixe com o elemento de interesse através da relação de rigidez magnética $(B\rho)^2 = AE/Q^2$, onde A, E e Q são a massa, energia e estado de carga das partículas. Como os solenoides tem um alto poder de focalização e um grande ângulo sólido de aceitação, é possível coletar grande parte dos núcleos produzidos e refocaliza-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. Assim, com a possibilidade de produção de feixes radioativos leves de baixas energias iniciamos no laboratório um programa de estudo da estrutura de núcleos exóticos e astrofísica nuclear. Temos realizado várias experiências de espalhamento elástico e algumas reações de transferência com feixes de ${}^6\text{He}$, ${}^8\text{Li}$ e ${}^7\text{Be}$ e ${}^{10}\text{Be}$ [1,2,3]. No entanto, para realizarmos experiências mais complexas precisamos de feixes secundários mais puros. Para purificar um pouco mais os feixes radioativos secundários colocamos em funcionamento o segundo solenoide do sistema RIBRAS. Além disso, foi instalada uma nova câmara de espalhamento após o segundo solenoide com pratos giratórios independentes.

Com um sistema de bloqueadores e colimadores, posicionados em diferentes pontos do sistema podemos purificar um pouco o feixe secundário mas uma eliminação completa dos contaminantes só pode ser obtida com degradadores ou defletores elétricos. Portanto, testes de purificação, onde utilizaremos diferentes degradadores, precisam ser feitos. Para agilizar esses testes estamos também implementando o programa Geant4 para simular essas reações de produção e passagem do feixe secundários pelos diversos elementos.

Medidas propostas:

Estamos então propondo nesse projeto o desenvolvimento de alguns feixes radioativos de acordo com as seguintes propostas:

- 1) Otimizar e purificar os feixes radioativos de ${}^7\text{Be}$ com o segundo solenoide. Pretendemos fazer alguns testes com diferentes degradadores entre os dois solenoides para purificar o feixe de ${}^7\text{Be}$. O feixe radioativo de ${}^7\text{Be}$ foi até agora obtido com a reação de transferência ${}^3\text{He}({}^6\text{Li}, {}^7\text{Be})$ e recentemente utilizamos a reação ${}^7\text{Li}({}^6\text{Li}, {}^7\text{Be})$. Devido a escassez de ${}^3\text{He}$ no mercado temos que utilizar alvos de produção alternativos tais como o Deutério. Pretendemos então testar a produção de ${}^7\text{Be}$ com a reação ${}^2\text{H}({}^6\text{Li}, {}^7\text{Be})n$ $Q=+3.38$ MeV. Precisamos ainda comprar um gás de deutério.
- 2) Desenvolver feixes ricos em nêutrons tais como ${}^{14}\text{C}$ utilizando a reação de transferência de um nêutron ${}^9\text{Be}({}^{13}\text{C}, {}^{14}\text{C}){}^8\text{Be}$. A vantagem dessa reação é que devido ao fato do núcleo residual ser o ${}^8\text{Be}$, essa reação tem um $Q=+6.46$ MeV.
- 3) Desenvolver feixes ricos em nêutrons utilizando alvo de produção gasoso de ${}^{18}\text{O}$ ou sólido de ${}^7\text{Li}$ e transferência de dois nêutrons. Como esses alvos são, a princípio, bons doadores de nêutrons, podemos produzir feixes com dois nêutrons a mais do que o isótopo estável, tais como: ${}^9\text{Li}$, ${}^{11}\text{Be}$, ${}^{13}\text{B}$ e ${}^{15}\text{C}$ a partir de feixes primários de ${}^7\text{Li}$, ${}^9\text{Be}$, ${}^{11}\text{B}$ e ${}^{13}\text{C}$. Para a produção do feixe secundário de ${}^{15}\text{C}$ devemos utilizar um feixe primário de ${}^{13}\text{C}$ isotopicamente enriquecido. Vamos primeiramente testar a produção do ${}^{15}\text{C}$ com as reações ${}^7\text{Li}({}^{13}\text{C}, {}^{15}\text{C})$ $Q=-3.52$ MeV e depois com a reação ${}^{18}\text{O}({}^{13}\text{C}, {}^{15}\text{C})$ $Q=-2.79$ MeV. O gás de ${}^{18}\text{O}$ isotopicamente enriquecido está sendo importado e os alvos de ${}^7\text{Li}$ já foram confeccionados e temos material para o feixe primário de ${}^{13}\text{C}$.
- 4) Produção de feixe de ${}^{10}\text{C}$ utilizando a reação ${}^3\text{He}({}^{10}\text{B}, {}^{10}\text{C})t$. A profa. Alinka está importando uma certa quantidade de gás de ${}^3\text{He}$ a ser utilizado como alvo de produção.

O desenvolvimento desses feixes envolve a maximização da intensidade na câmara de reações através da correta escolha dos campos magnéticos e posicionamento dos colimadores e bloqueadores. Precisaremos de feixes primários de ${}^{6,7}\text{Li}$, ${}^{10,11}\text{B}$, ${}^{12,13}\text{C}$ com a máxima energia e intensidade. Já temos o material de ${}^{13}\text{C}$ um pouco enriquecido. A medida vai consistir primeiramente na obtenção de um espectro $\Delta E-E$ de identificação das partículas, onde utilizaremos apenas um telescópio do tipo $\Delta E-E$ posicionado a zero graus. A seguir mediremos uma distribuição angular com alvo de Au com 3 telescópios $\Delta E-E$ posicionados em ângulos entre 15 a 50 graus.

Resultados de testes anteriores.

No pedido de PAC anterior fizemos a proposta de desenvolvimento de alguns feixes radioativos com o sistema RIBRAS. Tínhamos a intenção de testar a purificação de alguns feixes com o segundo solenoide e produção de feixes com alvo de ^{18}O . Não pudemos realiza-los pois não tínhamos a câmara após o segundo solenoide ainda instalada e não tínhamos o alvo de produção ^{18}O . Dos testes realizados anteriormente testamos a produção do feixe radioativo de ^{12}B e ^{13}C utilizando as reações de produção de transferência de um nêutron $^9\text{Be}(^{11}\text{B},^{12}\text{B})^8\text{Be}$ $Q=+1.71$ MeV e $^9\text{Be}(^{12}\text{C},^{13}\text{C})^8\text{Be}$ $Q=+3.28$ MeV. Obtivemos uma intensidade da ordem de 10^5 pps. A obtenção do feixe de ^{13}C a partir do feixe primário de ^{12}C foi apenas um teste já que temos agora material para obter o ^{13}C diretamente da fonte de íons como feixe primário. Testamos também a utilização do alvo de produção de ^7Li para produzirmos feixes radioativos secundários de ^7Be com a reação $^7\text{Li}(^6\text{Li},^7\text{Be})$ $Q=-4.37$ MeV. A intensidade obtida foi semelhante a que seria obtida pela reação $^3\text{He}(^6\text{Li},^7\text{Be})$, mas com uma energia menor e com mais contaminantes, já que o material de ^7Li utilizado para a confecção do alvo é LIF (Fluoreto de Litio). O teste de produção de feixes de ^{13}B a partir do alvo de produção de ^7Li não foi possível porque a fonte de íons ficou sem o material de feixe primário de ^{11}B naquela oportunidade. Testamos no período de setembro de 2013 a produção do feixe radioativo de ^{14}C a partir da reação $^7\text{Li}(^{12}\text{C},^{14}\text{C})$ mas ainda não temos o resultado da análise.

Estamos então solicitando 6 dias de período de máquina a serem divididos em dois períodos de 3 dias.

References

- [1] Radioactive Ion beams in Brazil (RIBRAS).
R. Lichtenthaler, A. Lepine-Szily, V. Guimaraes, et al.,
Eur Phys JourA 25, 1, (2005) 733.
- [2] Low-energy nuclear reactions with double-solenoid based radioactive nuclear beam.
V. Guimaraes, Pramana Journal of Physics 75, 137-147 (2010).
- [3] Scientific program of the Radioactive Ion Beams Facility in Brasil (RIBRAS).
A. Lepine-Szily, R. Lichtenthaler, V. Guimaraes, et al.,
Nuc Phys A 834, 491c-494c (2010).