

LABORATÓRIO ABERTO DE FÍSICA NUCLEAR

Proposta de Experimento

Nº:

Período: 1 ano

Título: Reação de transferência ${}^9\text{Be}({}^{14}\text{C}, {}^{15}\text{C}){}^8\text{Be}$ para estudar reação de captura ${}^{14}\text{C}(n, \gamma){}^{15}\text{C}$.

Responsável: Valdir Guimarães e Ami Deshmukh

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), Dr. Djalma Mendes (UFF), Pedro Neto de Faria, Viviane Morcelle (UNIFEI).

Porta Voz: Valdir Guimarães

e-mail: valdirg@if.usp.br

Número de dias solicitados: 6 dias.

Datas preferidas: Maio a Julho de 2014.

Datas realmente impossíveis: Janeiro a Fevereiro 2014.

Canalização: 45° B

Feixe	Est. Carga	I _{mínima} (feixe primário)	V _{min}	V _{max}
${}^{12}\text{C}$	4	2 micro A	7 MV	8 MV
${}^{12}\text{C}$	5	1 micro A	7 MV	8 MV
${}^{13}\text{C}$	4	1 micro A	7 MV	8 MV
${}^{13}\text{C}$	5	500 n A	7 MV	8 MV

Alvos: ${}^9\text{Be}$, ${}^{18}\text{O}$, ${}^{197}\text{Au}$

Pastilhas:

Características de Feixe Pulsado: Não temos feixe pulsado

Continuação da Experiência já Aprovada Nº: não

Outras informações:

Essa é uma proposta nova. Os dados serão para o projeto de doutorado da Ami Deshmukh.

Reação de transferência ${}^9\text{Be}({}^{14}\text{C}, {}^{15}\text{C}){}^8\text{Be}$ para estudar reação de captura ${}^{14}\text{C}(n, \gamma){}^{15}\text{C}$.

Responsável: Valdir Guimarães e Ami Deshmukh (aluna doutorado)

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

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

Motivação científica.

Para entendermos melhor a nucleossíntese dos elementos no universo primordial e evolução das estrelas de nêutrons e explosões de novas e supernovas precisamos conhecer as taxas de reações de captura de nêutrons envolvendo núcleos radioativos. Núcleos radioativos ricos em nêutrons ou prótons tem uma vida média curta e, portanto, não estão presentes na composição da Terra. Por outro lado, esses núcleos tem uma participação importante em vários fenômenos e ambientes astrofísica, tanto nos fenômenos explosivos de Nova e Supernova, onde elementos mais pesados que o Ferro são sintetizados como também em processos de evolução de estrelas e no universo primordial (não-homogêneo). As explosões de Nova e Supernova e o processo de evolução de estrelas supermassivas ocorrem também em ambientes de alta densidade e alta temperatura, propícios para formação de núcleos ricos em nêutrons e prótons. Na Figura-1 apresentamos um desenho esquemático das cadeias de reações de captura de nêutrons envolvendo núcleos radioativos leves ricos em nêutrons no início do processo-r (captura rápida de nêutrons). Essas cadeias de reações são as responsáveis pela ignição do processo-r que culmina com a explosão de uma nova ou supernova. Em particular podemos destacar as capturas de nêutrons pelos isótopos ricos em nêutrons do Boro e Carbono. De uma forma mais geral, núcleos radioativos leves tem participação importante em ambientes de alta densidade de temperatura. Para entendermos melhor a nucleossíntese dos elementos no universo primordial e evolução das estrelas de nêutrons e explosões de novas e supernovas precisamos conhecer as taxas de reações de captura de nêutrons envolvendo núcleos radioativos. Investigação direta dessas reações de captura induzidas por núcleos radioativos, nas energias de interesse astrofísico, é muito difícil devido a baixa probabilidade (seção de choque) e limitada intensidade dos feixes radioativos. Em particular, reações de captura de nêutrons tem a dificuldade prática de que experimentalmente não poderemos ter a combinação feixe radioativo-alvo de nêutrons e vice-versa.

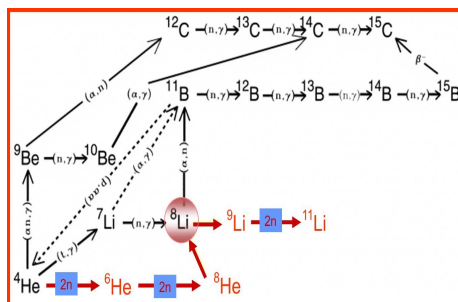


Figura-2. Cadeia de reações de captura de nêutrons que dão início a ignição do processo-r que culmina com a explosão de uma nova ou supernova.

Uma saída alternativa para se obter as seções de choque de captura de neutrons por elementos radioativos é através de métodos considerados indiretos. Podemos destacar como métodos indiretos a dissociação Coulombiana [1], que pode ser considerada a reação inversa temporal da captura ou a utilização de modelos fenomenológicos tais como o modelo de potencial [2,3], que utilizam fatores espectroscópicos e parâmetros de potencial obtidos de reações de transferência como normalização nos cálculos da parte não ressonante da seção de choque de captura. Nesse trabalho vamos utilizar a reação de transferência induzidas por feixe radioativo de ^{14}C em alvo de ^9Be para obter os fatores espectroscópicos para os sistemas $<^{14}\text{C}|^{13}\text{C}+n>$ e $<^{15}\text{C}|^{14}\text{C}+n>$. Com esses fatores espectroscópicos vamos calcular, com o modelo fenomenológico de potencial, as seções de choque de captura de nêutrons $^{13}\text{C}(n,\gamma)^{14}\text{C}$ e $^{14}\text{C}(n,\gamma)^{15}\text{C}$, que são reações importantes para a ignição do processo-r. Essas medidas e cálculos de reações de captura serão inéditas.

Experiências Propostas

Estamos então propondo investigar reações de espalhamento elástico e transferência induzidas por feixe radioativo de ^{14}C em alvo de ^9Be . Vamos medir distribuições angulares para as reações de espalhamento elástica e transferência de um nêutron $^9\text{Be}(^{14}\text{C},^{14}\text{C})^9\text{Be}$, $^9\text{Be}(^{14}\text{C},^{15}\text{C})^8\text{Be}$ e $^9\text{Be}(^{14}\text{C},^{13}\text{C})^{10}\text{Be}$. Com as distribuições angulares das reações de transferência poderemos obter os fatores espectroscópicos para os sistemas $<^{14}\text{C}|^{13}\text{C}+n>$ e $<^{15}\text{C}|^{14}\text{C}+n>$. A reações de transferência de *pickup* de um nêutron em alvos de ^9Be são particularmente interessantes do ponto de vista experimental porque resultam num ^8Be no canal de saída. Com isso o Q-de-reação é positivo fornecendo uma energia cinética extra para os núcleos residuais, facilitando as suas detecções. Recentemente utilizamos com sucesso essa reação de transferência com feixe radioativo de ^8Li para estudar a reação de captura $^8\text{Li}(n,\gamma)^9\text{Li}$ [4].

A medida de espalhamento elástico de ^{14}C em alvo leve vai fazer parte de um estudo sistemático que estamos realizando. Recentemente realizamos uma série de medidas de espalhamento elástico de ^7Be , ^8Li e ^{10}Be em alvo de Carbono [5,6] e ^8Li em ^9Be [7]. Dessas medidas obtivemos várias informações sobre raio, densidade e configuração de *cluster* desses núcleos, bem como informações sobre potencial de interação, acoplamento com o contínuo através

do *breakup* e efeito de decaimento no espalhamento elástico puderam ser investigados. Seria interessante verificar se haveria alguma influência da reação de *breakup* no espalhamento elástico desses isotopos ricos em nêutrons em alvo leve.

Pretendemos medir simultaneamente uma distribuição angular para cada uma das reações de transferência $\text{Be}(^{14}\text{C}, ^{15}\text{C})^8\text{Be}$ e $^9\text{Be}(^{14}\text{C}, ^{13}\text{C})^{10}\text{Be}$, onde iremos detectar os produtos das reações ^{13}C e ^{14}C . Simultaneamente vamos detectar as partículas de ^{14}C espalhadas elasticamente e com isso termos também distribuições angulares para o espalhamento elástico de ^{14}C em alvo de ^9Be . O feixe secundário radioativo de ^{14}C , pode ser produzidos pelo sistema RIBRAS instalado em São Paulo com as reações de produção: $^9\text{Be}(^{13}\text{C}, ^{14}\text{C})$, $^7\text{Li}(^{12}\text{C}, ^{14}\text{C})$ e $^{18}\text{O}(^{12}\text{C}, ^{14}\text{C})$. Vamos testar qual a melhor reação de produção em termos de intensidade e energia com que o feixe é produzido já que as reações tem diferentes Q-de-reação. As distribuições angulares serão medidas entre 15 e 60 graus em intervalos de 5 graus. As partículas de interesse serão detectadas com um sistema de detectores formados por 3 telescópios, sendo que cada um terá um par de detectores planares de silício $\Delta E-E$ de 25 e 400 μm de espessura, respectivamente. A identificação das partículas será feita então por uma combinação dos sinais desses detectores. Esses detectores, bem como os alvos de berílio de produção e de reação já estão disponíveis no laboratório.

Essas medidas fazem parte de um programa mais amplo de investigação de estrutura de núcleos ricos em nêutrons através de medidas de reações diretas induzidas por feixes radioativos que o grupo está iniciando. Estamos testando novos feixes de elementos ricos em nêutrons como por exemplo ^{15}C e propondo novas experiências. Baseado nas medidas que já realizamos com feixe de ^8Li [4] esperamos conseguir separar os isótopos de carbono e uma intensidade do feixe de ^{14}C suficiente para medir uma distribuição angular em 6 dias de máquina. Estamos solicitando tempo de máquina apenas para iniciar o projeto medindo uma distribuição angular. Pediremos mais tempo de máquina no próximo PAC.

Estamos pedindo 6 dias de máquina.

References

- [1] G. Baur C. A. Bertulani and H. Rebel, Nucl. Phys. A 458, 188 (1986).
- [2] V. Guimarães and C. A. Bertulani, AIP conference proceedings CP1245, 30 (2010).
- [3] J. T. Huang, C. A. Bertulani, V. Guimarães, At. Data and Nucl. Data Table, 96, 824-847 (2010).
- [4] V. Guimarães, *et al.*, Phys. Rev. C 75, 054602 (2007).
- [5] A. Barioni, V. Guimarães, *et al.*, Phys. Rev. C 80, 034617 (2009).
- [6] J. C. Zamora, V. Guimarães, *et al.*, Phys. Rev. C 84, 034611 (2011).
- [7] S. Mukherjee, N. N. Deshmukh, V. Guimarães, *et al.*, Eur. Phys. J. A 45, 23 (2010).