

LABORATÓRIO ABERTO
DE FÍSICA NUCLEAR

N°

Proposta de Experimento

Período : 1 ano

Título: Medidas de seções de choque de fusão de núcleos radioativos fracamente ligados através do método de detecção de raios X-K.

Responsável: Viviane Morcelle de Almeida
e-mail: valmeida@dfn.if.usp.br

Participantes:

Viviane Morcelle, Paulo Roberto Gomes, Rubens Lichtenthäler, Alinka Lépine-Szily, Valdir Guimarães, Ivan Padron, Andres Arazi, Roberto Linares, Adriana Barioni, Pedro N. Faria, Djalma R. M. Jr, Leandro R. Gasques, Ruben Pampa, Maria C. Morais, Juan C. Zamora, Julian M. B. Shorto, Kelly C. C. Pires, Valdir Scarduelli¹, Erich Leistenschneider¹.

Porta Voz: Viviane Morcelle
e-mail: valmeida@dfn.if.usp.br

Número de dias solicitados: 15
Datas preferidas: a partir de setembro
Datas realmente impossíveis:
Canalização: 45B

Feixe	Est. Carga	I_{mínima} (alvo)	V_{min}	V_{max}	Pulsado?
7Li	3+	300 nA	4.3 MV	5.5 MV	não

Alvos: ^{64}Zn

Pastilhas:

Características de Feixe Pulsado:

Continuação da Experiência já Aprovada N°: Não

Outras informações:

Medidas de seções de choque de fusão de núcleos radioativos fracamente ligados através do método de detecção de raios X-K.

Viviane Morcelle¹, Paulo Roberto Gomes², Rubens Lichtenthäler Filho¹, Alinka Lépine-Szily¹, Valdir Guimarães¹, Ivan Padron³, Andres Arazi⁴, Roberto Linares², Adriana Barioni¹, Pedro N. Faria¹, Djalma R. M. Jr¹, Leandro R. Gasques¹, Ruben Pampa¹, Maria C. Moraes¹, Juan C. Zamora¹, Kelly C. C. Pires¹, Julian M. B. Shorto⁵, Valdir Scarduelli¹, Erich Leistenschneider¹.

¹ Universidade de São Paulo – São Paulo, Brasil

² Universidade Federal Fluminense – Rio de Janeiro, Brasil

³ Ctr Aplicac Tecnol & Desarrollo Nucl, Havana, Cuba.

⁴ Laboratório Tandem – Buenos Aires, Argentina.

⁵ Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen) – São Paulo, Brasil.

Resumo

Um dos temas mais atuais em Reações nucleares a baixas energias é a investigação de mecanismos de reação induzidos por projéteis fracamente ligados, especialmente radioativos [1]. Estuda-se principalmente a influência do canal de quebra (breakup) em outros mecanismos de reação, como a fusão e espalhamento elástico. Trabalhos recentes [2-3] que tentam sistematizar os dados existentes mostram a grande necessidade de obtenção de mais dados de seções de choque de fusão com tais projéteis e alvos leves. No entanto, há dificuldades experimentais para detectar os resíduos de evaporação destes sistemas a baixas energias, como é o caso de energias próximas à da barreira Coulombiana.

A presente proposta é de que seja utilizado o método experimental da detecção de raios X-K de decaimento [4], produzidos quando os núcleos residuais decaem por captura eletrônica. Será utilizado o sistema RIBRAS [5].

1- Influência do Breakup na Fusão de núcleos fracamente ligados

Atualmente, o estudo de sistemas pesados envolvendo projéteis fracamente ligados demonstra um aumento da seção de choque de fusão abaixo da barreira Coulombiana, e supressão da mesma acima da barreira, em relação aos resultados apresentados por sistemas estáveis [2-3]. Entretanto, devido ao número limitado de dados disponíveis na literatura e sua grande imprecisão, principalmente na região dos sistemas leves e de massa intermediária, é prematuro aventurar-se em desenhar conclusões acerca das reações envolvendo núcleos radioativos. Desse modo, medidas de fusão em energias em torno da barreira são cruciais e fornecerão uma contribuição importante nesse campo.

A detecção direta dos produtos de fusão e sua conseqüente evaporação não é uma tarefa fácil, devido à perda de energia dos produtos pesados nas janelas do detetor e à baixa velocidade desses núcleos. Alternativamente, pode-se medir a fusão através de métodos indiretos, tais como a detecção de produtos dos decaimentos dos núcleos residuais, como partículas alfa, radiação gama e raios X. Este último método é excelente para certos tipos de sistemas, mas não foi muito explorado na literatura. No entanto, pesquisadores participantes da presente proposta tem ampla experiência na utilização desse método, desde os anos 80, para estudar fusão sub-Coulombiana de sistemas fortemente ligados e recentemente com projéteis fracamente ligados [6-8].

2 – O método de detecção de raios X de decaimento para medir seções de choque de fusão.

O método de espectroscopia de Raios X para medir fusão pode ser utilizado quando os núcleos residuais decaem por captura eletrônica com meias vidas entre alguns minutos até algumas horas, ou poucos dias, incluindo de preferência, pelo menos duas gerações de decaimento. Esse método está descrito em detalhes na referência [4].

Do ponto de vista experimental, uma folha de alumínio (catcher foil) é colocada atrás do alvo. A folha tem espessura tal que consegue parar os produtos de fusão, mas deixa escapar os produtos de espalhamento elástico. Durante a irradiação, a intensidade do feixe deve ser contabilizada em intervalos de cerca de 1 minuto cada. Um detector de barreira de superfície é colocado em ângulo dianteiro, para fins de normalização. O tempo típico de irradiação depende das meias vidas dos resíduos de evaporação. Depois de cada irradiação, o alvo e o catcher foil são removidos da câmara e levados para a frente do detector de raio X.

Esse tempo morto é, tipicamente, de 5 minutos. Para a detecção de raios $K_{\alpha}X$ será usado um detector de germânio do tipo LEP (Low Energy Photon), com resolução da ordem de $\Delta E_{FWHM} = 600$ eV na faixa de energia dos raios $K_{\alpha}X$. As linhas analisadas são $K_{\alpha 1}$ e $K_{\alpha 2}$ originárias dos decaimentos dos núcleos residuais, tipicamente na faixa de 20 a 50 keV. Desta forma, é possível separar as linhas. Além disto, como as relações entre as linhas $K_{\alpha 1}$ e $K_{\alpha 2}$ de cada elemento são bem conhecidas, as quais são usadas para checar a consistência do ajuste de picos. Como é necessário separar meias vidas correspondentes a diferentes isótopos produzindo os mesmos raios X, deve ser programado um conjunto de runs consecutivos, com durações em função das meias vidas envolvidas. Havendo canais com meias vidas de muitas horas ou mesmo alguns dias, runs levando algumas horas também devem ser acumulados. Isto normalmente é feito em períodos em que não se está irradiando o alvo. A calibração em energia e a eficiência do detector são determinadas usando fontes radioativas padrão, na faixa de 30 a 300 keV, como por exemplo, ^{152}Eu , ^{133}Ba , ^{137}Cs , ^{241}Am e ^{57}Co .

3- Experimento proposto

Dentre as possibilidades de projéteis radioativos disponíveis e alvos de massa leve - intermediária que gostaríamos de investigar, o sistema $^8\text{Li} + ^{64}\text{Zn}$ mostrou-se o que melhor se enquadra nas características do método de raios X. Sua barreira Coulombiana é 14.2 MeV no laboratório. Portanto, para medidas entre 0.9 VB e 1.5 VB, necessitamos de $13 \text{ MeV} < E_{\text{lab}} < 21 \text{ MeV}$, correspondendo a tensões entre 4.3 MV a 5.5 MV para estados de carga +2 e/ou +3. O núcleo composto é ^{72}As . Previsões de códigos de evaporação mostram que os principais canais são os 2n ($^{70}\text{As} - T_{1/2} = 53 \text{ min}$), p2n ($^{69}\text{Ge} - T_{1/2} = 39 \text{ h}$), alfa ($^{68}\text{Ga} - T_{1/2} = 68 \text{ min}$) e alfa-n ($^{67}\text{Ga} - T_{1/2} = 78 \text{ h}$), que podem ser medidos por esta técnica, pois decaem por captura eletrônica. Os canais pn (^{70}Ge) e 2pn (^{69}Ga) também são previstos, mas por serem estáveis não poderão ser medidos e dependeremos de correções baseadas em códigos de evaporação. O sistema de detecção off-line é bastante simples: um detector de Ge LEP, já existente. Como os fundos dos espectros de raios X de decaimento são reduzidíssimos, seremos capazes de medir seções de choque baixas e/ou com baixa intensidade de feixe.

4- Solicitação

Solicitamos 15 dias de máquina, englobando alguns dias de testes do método e as medidas definitivas. Será utilizado o sistema RIBRAS com feixe de ^8Li de 13 a 21 MeV.

Referências

- [1] L.F. Canto et al; Physics Reports 424, 1 (2006).
- [2]- L.F. Canto et al., Nucl. Physics A 821 (2009), 51; Journal of Physics G36 (2009), 015109
- [3]- P.R.S. Gomes et al., Phys. Rev. C 79 (2009), 027606; Physics Letters B 695, 320 (2011)
- [4] P.R.S. Gomes et al., X-Ray Spectrometry 37, 512 (2008).
- [5] Lichtenthäler R et al., European Phys. Journal A25, 733 (2005).
- [6] - D. Di Gregório et al., Phys. Lett. B 176 (1986), 322; Phys. Rev. C. 39 (1989) , 516
- [7] - P.R.S. Gomes et al., Phys. Rev. C. 49, (1994), 245
- [8]- P.R.S. Gomes et al., Phys. Lett. B. 634 (2006), 356; Phys. Rev. C.73 (2006), 064606.