

LABORATÓRIO ABERTO DE FÍSICA NUCLEAR

N°

Proposta de Experimento

Período : 1 ano

Título: Simetria de Carga em Reações envolvendo Núcleos Exóticos

Responsável: Marlete Pereira Meira de Assunção

e-mail: massuncao@unifesp.br e marlete.assuncao@gmail.com

Participantes: Marlete Assunção (UNIFESP), Pierre Descouvemont (ULB – Bélgica), Alinka Lépine-Szilly, Mahir Salem Hussein e Colaboradores RIBRAS

Porta Voz: Marlete Pereira Meira de Assunção

e-mail: massuncao@unifesp.br e marlete.assuncao@gmail.com

Número de dias solicitados: 2 períodos de 6 dias (total: 12 dias)

Datas preferidas: primeiro semestre/2017

Datas realmente impossíveis: julho e dezembro/2016; janeiro/2017

Canalização: 30B e 45B - RIBRAS

Feixe	Est. Carga	$I_{\text{mínima}}$ (alvo)	V_{min}	V_{max}	Pulsado?
${}^7\text{Li}$ (primário)	3+	300nA	6.73MV	7.00MV	não

Alvos: ${}^{24}\text{Mg}$

Pastilhas: ${}^7\text{Li}$, ${}^6\text{Li}$

Características de Feixe Pulsado: -

Continuação da Experiência já Aprovada N°: o experimento foi aprovado no último PAC, porém não foi executada.

Outras informações: No último PAC este experimento foi contemplado com 10 dias de máquina. O experimento não ocorreu devido à falta de verba para a compra do isótopo. Atualmente, o processo de compra/importação está em andamento na UNIFESP.

Simetria de Carga em Reações envolvendo Núcleos Exóticos

Marlete Pereira Meira de Assunção¹, Pierre Descouvemont², Alinka Lépine-Szilly³, Mahir Salem Hussein⁴ e colaboradores RIBRAS³

¹Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP – campus Diadema

²Université Libre de Bruxelles –Bélgica

⁴Instituto de Física da Universidade de São Paulo

³Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo

I. Resumo

Esse projeto pretende medir o espalhamento elástico espelho ${}^7\text{Li}/{}^7\text{Be}$ em alvos com ${}^{24}\text{Mg}$ ($N=Z=12$) para investigar a simetria de carga. Este experimento é um primeiro passo na investigação de simetria de carga em reações envolvendo núcleos exóticos. Nosso objetivo no futuro é considerar os núcleos espelho ${}^8\text{Li}/{}^8\text{B}$, onde a quebra de simetria de carga poderia ser mais forte, devido à baixa energia de ligação do ${}^8\text{B}$. A obtenção de dados em diferentes energias, e em intervalos angulares, deve fornecer uma descrição precisa das interações ${}^7\text{Li}/{}^7\text{Be}-{}^{24}\text{Mg}$. Estudo simultâneo no quadro do modelo óptico e da teoria CDCC proporcionará fortes restrições na interpretação teórica de uma possível quebra de simetria de carga.

Palavras-chave: simetria de carga, núcleo exótico, espalhamento elástico.

II. Introdução e Justificativa

A simetria de carga é uma propriedade bem estabelecida na interação núcleo-núcleo e a sua medida contribui para o entendimento dos seus efeitos em colisões entre núcleos próximos à energia coulombiana.

As primeiras tentativas de testar a simetria de carga foram empregadas em colisões entre núcleos e núcleos leves. A maioria das medidas envolvia os núcleos ${}^3\text{H}(p,p){}^4\text{He}$ e ${}^3\text{He}(n,p){}^4\text{He}$ e a reação fotonuclear inversa. Entretanto, mesmo tratando-se de sistemas relativamente simples, apresentavam incoerências (ver ref. [TWG92, um artigo de revisão]). Os dados mais recentes e cálculos sobre essas reações não indicam uma significativa quebra de simetria de carga [FAF94]. Exceto com o par ${}^3\text{H}/{}^3\text{He}$, o estudo da simetria de carga a partir dos espalhamentos elásticos de sistemas espelhos apresenta dificuldades adicionais porque, para os números de massa maiores que 7, todos os pares de núcleos espelho contêm um núcleo de curta duração. Na década passada, o advento de feixes radioativos tornou possível o estudo de colisões elásticas espelhos envolvendo íons pesados. A simetria de carga deve apresentar alguma relação entre essas reações, mas não existe um modo simples para relacionar as suas seções de choque. Com efeito, a complexidade da interpretação de seções de choque aumenta consideravelmente com o aumento de A . A força de Coulomb que domina o processo de colisão abaixo da barreira de Coulomb é muito mais forte do que em sistemas muito leves. A existência de muitos canais abertos (cujo limiar de energia também

é sensível aos efeitos da força Coulombiana) pode ocultar completamente as manifestações de simetria de carga acima desta barreira. Recentemente, nessa linha, pela primeira vez, foi possível considerar os efeitos de simetria de carga em espalhamentos elásticos espelhos entre íons pesados. Um primeiro estudo foi realizado com os sistemas espelhos $^{13}\text{C}+^{12}\text{C}$ e $^{13}\text{N}+^{12}\text{C}$ [LBD95], onde o objetivo principal foi estudar a dependência da paridade decorrente das massas similares do alvo e do projétil. As conclusões dessa medida apontam para o estudo de outros sistemas espelhos envolvendo íons pesados, por exemplo, o sistema espelho $^7\text{Li}/^7\text{Be}$ em alvos de ^{24}Mg e futuramente o sistema $^8\text{Li}/^8\text{B}$. Em particular, para a interação núcleo-núcleo envolvendo um núcleo exótico espera-se que as medidas sejam sensíveis a propriedades específicas, por exemplo, ao tamanho do raio. No caso dos núcleos exóticos, o raio é anormalmente grande devido à baixa energia de ligação. Nestas condições, canais de breakup desempenham um papel importante, e podem afetar o potencial óptico através de um potencial de polarização adicional. Espera-se que a simetria de carga seja quebrada, uma vez que os canais de breakup são diferentes em sistemas espelhos. O resultado que será obtido com este método, se for satisfatório, proporcionará a confirmação da validade da simetria de carga a partir da colisão entre núcleos e núcleos pesados na medida de espalhamento elástico espelho, uma vez que a maioria dos parâmetros do potencial do sistema $^7\text{Be}+^{24}\text{Mg}$ são deduzidos a partir da reação $^7\text{Li}+^{24}\text{Mg}$.

III. Detalhes Técnicos do Experimento

A medida de espalhamento elástico em alvos de ^{24}Mg com feixes de ^7Li e ^7Be será realizada empregando o Acelerador Pelletron. No caso do ^7Be , o feixe radioativo será produzido pelo RIBRAS (Radioactive Ion Beams in Brazil) [LLG03,LLGL03], localizado na canalização 45-B, empregando a reação $^7\text{Li}(^6\text{Li},^7\text{Be})^6\text{He}$ ($Q \sim -4,37\text{MeV}$) com uma energia em torno de 27MeV. A segunda parte do experimento, o feixe de ^7Li será direcionado para a câmara de espalhamento 30B. A medida será feita usando um alvo secundário de ^{24}Mg de $\sim 1\text{ mg/cm}^2$. Entretanto, no projeto está previsto a compra do isótopo ou folhas de ^{24}Mg com alto grau de pureza. As seções de choque serão normalizadas com medidas da seção de choque Rutherford para os feixes de $^7\text{Li}/^7\text{Be}$ com alvos de ^{197}Au de espessura conhecida. Esses alvos serão produzidos pelo Laboratório de Alvos do Acelerador Pelletron/Linac.

A montagem experimental constará de conjuntos de telescópios ΔE -E com detectores de barreira de silício de pequena abertura para proporcionar uma melhor resolução em energia. As medidas de distribuição angular serão realizadas no intervalo angular de 15 a 85 graus. A estimativa é de ~ 12 (doze) dias para a medida dos sistemas $^7\text{Li}/^7\text{Be}$ em alvos de ^{24}Mg . Nesses experimentos serão feitas medidas em duas energias em torno da barreira coulombiana (acima e abaixo). As energias serão mantidas para cada um dos sistemas. Para os feixes de ^7Li e ^7Be em alvos de ^{24}Mg , as

barreiras de Coulomb são $V_{CB}^{lab} \sim 11,6$ MeV e $V_{CB}^{lab} \sim 15,5$ MeV, respectivamente. O intervalo angular será estendido para ângulos maiores (normalmente $\theta_{max} = 85$ graus) para permitir uma determinação inequívoca do potencial óptico. Espera-se uma taxa de produção de ${}^7\text{Be}$ de $\sim 10^5$ pps para uma corrente de 1 μA no copo de Faraday do RIBRAS.

Numa etapa seguinte, as seções de choque elásticas serão analisadas de duas maneiras: (i) O modelo do potencial óptico será usado com um potencial real de “Double Folding”. Nossa proposta é usar o Potencial São Paulo (SPP) [CCG02] e o de interação nucleon-nucleon (DDM3Y) [KBH82] para testar a sensibilidade dos potenciais nucleares para o sistema ${}^7\text{Li}/{}^7\text{Be}-{}^{24}\text{Mg}$, por exemplo; (ii) O cálculo de canais acoplados incluindo o contínuo (Continuum Discretized Couple Channel - CDCC, ver Ref. [YIK86]) será aplicado a ambos os sistemas. Nesta abordagem, canais de breakup são levados em conta de forma explícita. Alguns sistemas são descritos a partir de potenciais núcleo-núcleo disponíveis na literatura [PP76, BGY67].

IV. Resultados Esperados

Neste experimento, espera-se obter uma medida de qualidade das distribuições angulares elásticas dos sistemas espelhos ${}^7\text{Li}/{}^7\text{Be}$ sobre ${}^{24}\text{Mg}$ ($N=Z=12$). A partir da análise simultânea dos espalhamentos elásticos, descrever precisamente a interação ${}^7\text{Li}/{}^7\text{Be}-{}^{24}\text{Mg}$ e concluir confiavelmente sobre uma possível quebra de simetria de carga. A medida proporcionará as bases experimentais e teóricas para que o sistema ${}^8\text{Li}/{}^8\text{B}$ possa ser investigado no futuro.

Tratando-se de tema importante na área de Física Nuclear espera-se a produção de artigos conjuntos bem como a participação em eventos nacionais e internacionais e consequente publicação de proceedings. Na medida em que estudantes se interessem pelo tema será possível a participação na preparação/execução dos experimentos e também da análise de dados.

V. Equipe Executora (Colaboradores)

A proposta é medir o espalhamento elástico em alvos de ${}^{24}\text{Mg}$ com feixes de ${}^7\text{Li}$ e ${}^7\text{Be}$ em energias abaixo e acima da barreira coulombiana. Essa medida foi discutida com o Prof. Descouvemont na ocasião de sua estadia de 4 meses no Instituto Estudos Avançados da USP e também com o Prof. Hussein em 2013. Aspectos experimentais foram discutidos com a Profa. Dra. Alinka Lépine-Szily do Laboratório Pelletron/Linac. A preparação/execução do experimento conta com a ajuda do grupo de “Núcleos Exóticos e Reações Diretas” do IFUSP e demais membros da colaboração RIBRAS.

V. Cronograma

No segundo semestre de 2016 espera-se a concluir a compra do isótopo de ${}^{24}\text{Mg}$ que está sendo efetuada pelo setor de importação da UNIFESP. A previsão é que as medidas

possam ser feitas no primeiro semestre de 2017. Inicialmente, pretende-se medir e analisar o sistema ${}^7\text{Li}/{}^{24}\text{Mg}$ e em seguida efetuar a medida do sistema ${}^7\text{Be}/{}^{24}\text{Mg}$. Cada medida será feita em duas energias diferentes (acima e abaixo da barreira coulombiana).

Referências

- [BJY67] F. Brady, J. Jungerman and J. Young, Nucl. Phys. A98 (1967) 241
- [BZG11] A. Barioni et al., Phys. Rev. C 84 (2001) 014603
- [CCG02] L.C. Chamon et al., Phys. Rev. C 66 (2002) 014610
- [CH13] L. F. Canto and M. S. Hussein, “Scattering Theory of Molecules, Atoms and Nuclei”, World Scientific (2013).
- [FAF94] R.E.J. Florizone, J. Asai, G. Feldman, E.L. Hallin, D.M., J.M. Vogt, R.C. Haight, and S.M. Sterbenz, Phys. Rev. Lett. 72, 3476 (1994)
- [KBH82] A. Kobos et al., Nucl. Phys. A 384 (1982) 65
- [KKR02] N. Keeley, K. Kemper, and K. Rusek, Phys. Rev. C66 (2002) 044605
- [LBD95] E. Liénard et al., Phys. Rev. C52 (1995) 775
- [LLG03] R. Lichtenthäler, A. Lépine-Szily, V. Guimarães, G. F. Lima and M. S. Hussein, *Braz. J. Phys.*, 33, 2, 2003
- [LLGL03] R. Lichtenthäler, A. Lépine-Szily, V. Guimarães, G. F. Lima and M. S. Hussein, *Nucl. Instrum. Meth. in Phys., Res A*505,612-615, 2003
- [PP76] C.M. Perey and F.G. Perey, At. Data Nucl. Data Tables 17 (1976) 1
- [TWH92] D.R. Tilley, H.R. Weller, and G.M. Hale, Nucl. Phys. A541, 1 (1992)
- [YIK86] M. Yahiro et al., Prog. Theor. Phys. Suppl. 89 (1986) 32