

**LABORATÓRIO ABERTO
DE FÍSICA NUCLEAR**

N°

Proposta de Experimento

Período : 1 ano

Título: Excitação Colombiana do ^8Li

Responsável: Marlete Pereira Meira de Assunção

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

**Participantes: Marlete Assunção (UNIFESP), Tatiane N. Britos (UNIFESP),
Grupo de Reações Diretas e Núcleos Exóticos e Pierre
Descouvemont (ULB – Bélgica)**

Porta Voz: Marlete Pereira Meira de Assunção

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

Número de dias solicitados: 3 períodos de 5 dias (15 dias)

Datas preferidas: abril/2011 , agosto/2011 e março/2012

**Datas realmente impossíveis: 5 a 10 junho/2011 e 15 a 25 de
julho/2011**

Canalização: 45B (RIBRAS)

Feixe	Est. Carga	$I_{\text{mínima}}$ (alvo)	V_{min}	V_{max}	Pulsado?
^7Li (primário)	3+	300nA	6.93MV	8.00MV	

Alvos: (^9Be para produção do ^8Li), ^{208}Pb e ^{197}Au

Pastilhas: ^7Li

Características de Feixe Pulsado: -

Continuação da Experiência já Aprovada N°: não

Outras informações:

Excitação Colombiana do ${}^8\text{Li}$

Profa. Dra. Marlete Pereira Meira de Assunção*, **Tatiane Nassar Britos***,
colaboradores RIBRAS⁺ e Pierre Descouvemont[&]

*Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP – campus Diadema

⁺Instituto de Física da Universidade de São Paulo

[&]Université Libre de Bruxelles –Bélgica

I. Resumo

Este projeto propõe determinar a transição eletromagnética $B(E2, 2^+ \rightarrow 1^+)$ do ${}^8\text{Li}$ através das medidas de espalhamento elástico e inelástico em ângulos traseiros empregando o alvo de ${}^{208}\text{Pb}$ em energias relativamente próximas da barreira Coulombiana. O interesse destas medidas justifica-se pela forte discrepância (de aproximadamente uma ordem de grandeza) entre os valores experimentais e teóricos. A determinação dessa transição elucidará a estrutura desse núcleo exótico. A metodologia será testada a partir da medida do sistema ${}^7\text{Li}+{}^{208}\text{Pb}$ e também favorecerá a análise dos dados do sistema ${}^8\text{Li}+{}^4\text{He}$. O feixe radioativo de ${}^8\text{Li}$ será produzido no sistema RIBRAS que utiliza o feixe primário do Acelerador PELLETRON/LINAC. A análise dos dados será feita empregando a infra-estrutura da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP) em colaboração com o Prof. Dr. Pierre Descouvemont, pesquisador do Laboratoire Physique Nucléaire Théorique et Physique Mathématique – Université Libre de Bruxelles, Bruxelas, Bélgica e também com o grupo de Reações Diretas e Núcleos Exóticos do IFUSP. Essa medida faz parte do projeto de Mestrado da estudante Tatiane N. Britos matriculada no programa de Pós-Graduação da UNIFESP.

Palavras-chave: excitação coulombiana, feixes radioativos, espalhamento elástico do ${}^8\text{Li}$, espalhamento inelástico do ${}^8\text{Li}$.

II. Introdução e Justificativa

Os feixes radioativos podem ser utilizados para elucidar problemas de estrutura nuclear e modelos nucleares. Neste sentido, alguns métodos conhecidos passaram a ser aplicados, esse foi o caso da medida de Excitação Colombiana (COULEX), ou seja, a medida da probabilidade de excitação, $P(\theta) = \sigma_{inel}(\theta) / \sigma_{el}(\theta)$, onde $\sigma_{inel}(\theta)$ e $\sigma_{el}(\theta)$ são as seções de choque de espalhamento inelástico e elástico, respectivamente. Recentemente, essa medida constitui uma novidade para núcleos radioativos [2]. Neste trabalho, o sistema

RIBRAS (Radioactive Ion Beams in Brazil) [3] produzirá o feixe radioativo de ${}^8\text{Li}$ para extrair a medida $B(E2)$ na investigação de modelos nucleares.

O núcleo de ${}^8\text{Li}$ ($T_{1/2}=838\text{ms}$) possui o estado fundamental com spin $J^\pi=2^+$ e primeiro estado excitado com spin $J^\pi=1^+$. A medida de $B(E2)$ dará informações sobre a estrutura nuclear deste núcleo. Os valores experimentais da literatura [2,4-7] apresentam discrepâncias com a teoria que indicam a necessidade de investigações mais criteriosas dessa transição. Desta forma, a motivação para o experimento provém do valor de $B(E2, 2^+ \rightarrow 1^+)$ medido apresentar-se cerca de 10 vezes maior que aquele previsto por modelos teóricos [3,4].

Segundo os resultados experimentais da literatura, o decaimento γ do ${}^8\text{Li}^*$ se dá via transição M1 com um pequeno valor de $B(M1 \downarrow) \approx 3 Wu$ (unidades de Weisskopf, quadrado do momento de quadrupolo) [2]. A probabilidade de excitação de quadrupolo para o ${}^8\text{Li}$ foi medida empregando alvos de ${}^{12}\text{C}$ e ${}^{\text{nat}}\text{Ni}$. Os valores obtidos foram de $B(E2 \downarrow) = (30 \pm 15) e^2 fm^4$ ou $B(E2 \downarrow) = (28 \pm 14) Wu$ e de $B(E2 \downarrow) = (55 \pm 15) e^2 fm^4$ ou $(B(E2 \downarrow) = (52 \pm 14) Wu)$, respectivamente [4,5]. Nesses trabalhos, o espalhamento inelástico foi medido e ajustado através da análise DWBA. O que chama a atenção nos resultados é que, de acordo com os cálculos simples do modelo de camadas, a previsão é de $B(E2 \downarrow) \approx 1 Wu$, sem qualquer carga efetiva. Nos cálculos de excitação de quadrupolo, empregando o modelo de três clusters, os valores encontrados foram de $B(E2, 2^+ \rightarrow 1^+) = 2,1 e^2 fm^4$ [8]. Nas medidas realizadas com ${}^{\text{nat}}\text{Ni}$, suspeita-se que pode ter havido problemas devido as impurezas provenientes do feixe primário ou do próprio alvo que impossibilitou a separação do pico inelástico. Nesta mesma medida, J. A. Brown et al.[6] e R. J. Smith et al.[7] notaram que a contribuição de Coulomb era mais intensa para ângulos traseiros. No caso do sistema ${}^8\text{Li}+{}^{12}\text{C}$, os ângulos dianteiros também foram preteridos.

III. Detalhes Técnicos do Experimento

A medida da Excitação Coulombiana do ${}^8\text{Li}$ será realizada empregando o sistema RIBRAS [3] instalado no Laboratório Aberto de Física Nuclear da Universidade de São Paulo. Este sistema produzirá o feixe radioativo de ${}^8\text{Li}$ a partir da reação de produção ${}^9\text{Be}({}^7\text{Li}, {}^8\text{Li}){}^8\text{Be}_{\text{gs}}$ com uma energia de 14,0 - 29,0 MeV. Energias mais altas aumentarão a

eficiência na produção do feixe secundário. A medida será feita usando um alvo secundário de ^{208}Pb (abundância de 52,41%) de $\sim 175\mu\text{g}/\text{cm}^2$. A escolha do sistema $^8\text{Li}+^{208}\text{Pb}$ ($V_C\sim 37,25\text{ MeV}$) acentuará o efeito coulombiano em detrimento da contribuição nuclear e facilitará a identificação dos possíveis contaminantes provenientes do alvo primário. Os alvos serão preparados pelo Laboratório de Alvos do Acelerador Pelletron/Linac e suas espessuras serão determinadas com o auxílio de uma fonte alfa de baixa intensidade. As seções de choque serão normalizadas para o espalhamento Rutherford $^8\text{Li}+^{197}\text{Au}$ com alvos de Au de espessura conhecida.

A montagem experimental constará de conjuntos de telescópios $\Delta E-E$ com detectores de barreira de superfície de silício de pequena abertura para proporcionar uma melhor resolução em energia e também da presença de um telescópio fixo (monitor). As medidas serão realizadas preferencialmente em ângulos traseiros (em torno de $\theta_{\text{lab}}=55^\circ$), visando à identificação dos picos correspondentes ao $^8\text{Li}_{\text{gs}}$ e $^8\text{Li}^*$. A estimativa de ~ 4 dias de medida (tempo necessário para acumular 100 contagens no pico correspondente ao $^8\text{Li}^*$) foi obtida considerando a seção de choque para o espalhamento Rutherford e uma taxa de produção de ^8Li de $\sim 2,0 \cdot 10^5$ pps para uma corrente de 300nA no copo de Faraday no. 3 do Acelerador Pelletron ($V_T=7,23\text{MV}$) [4].

Um problema a ser contornado durante a execução do experimento diz respeito aos contaminantes de ^8Li provenientes do feixe primário de ^7Li . Neste sentido, a utilização de bloqueadores do tipo *lollipops* e de degradadores na linha do feixe deverá diminuir estas contribuições. Outras impurezas podem estar presentes durante a medida. Espera-se, entretanto, que grande parte delas possa ser reduzida com a utilização do solenóide supercondutor do sistema RIBRAS.

A probabilidade de excitação, $P(\theta)$ em relação ao ângulo no centro de massa, será obtida empregando os programas usuais para análise de espalhamento. Recentemente, F. Delaunay and F. M. Nunes F. Nunes [10] observaram a possibilidade de considerar efeitos de canais acoplados nesse tipo de análise. Por outro lado, a medida de $^7\text{Li}+^{208}\text{Pb}$ que será tomada simultaneamente é interessante não apenas para testar a metodologia com um feixe estável, mas também permitirá obter os valores dos potenciais elástico para o sistema $^7\text{Li}+^{208}\text{Pb}$.

IV. Resultados Esperados

Neste experimento, espera-se obter a probabilidade de excitação do ${}^8\text{Li}$ que possa confirmar as previsões teóricas do modelo de cluster (8). A escolha do sistema ${}^8\text{Li}+{}^{208}\text{Pb}$ facilitará a observação do estado excitado de ${}^8\text{Li}$ para ângulos traseiros. Esta observação é o principal obstáculo para a obtenção da probabilidade de excitação $P(\theta)$. A utilização do sistema RIBRAS para a extração do feixe de ${}^8\text{Li}$ também permitirá a redução sensível de possíveis contaminantes desta reação, inclusive contribuições provenientes do feixe primário de ${}^7\text{Li}$. Neste trabalho, a medida de ${}^7\text{Li}+{}^{208}\text{Pb}$ poderá servir de verificação do método e para a confirmação dos cálculos teóricos. Para as normalizações, serão empregadas as medidas de ${}^8\text{Li}+{}^{197}\text{Au}$ que serão realizadas sistematicamente durante o experimento.

V. Equipe Executora (Colaboradores)

A proposta deste experimento é o resultado de discussões com o Prof. Descouvemont por ocasião da Escola de Física Nuclear “XIV Escola de Verão Jorge André Swieca de Física Nuclear Teórica” de 2009. Aspectos experimentais foram discutidos com a Profª. Dra. Alinka Lépine-Szily do Laboratório Pelletron/Linac. A preparação do experimento e execução da medida será compartilhada com o grupo de “Núcleos Exóticos e Reações Diretas” do IFUSP. Esse experimento faz parte do projeto de Mestrado da aluna Tatiane Nassar Britos matriculada no programa de Pós-Graduação da UNIFESP que participará de todas as etapas da medida. A análise dos dados será efetuada nas dependências da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), que possui os recursos computacionais necessários para a redução, tratamento e análise dos dados. A discussão dos resultados será feita em parceria com Université Libre de Bruxelles (Prof. Dr. Pierre Descouvemont), grupo da UNIFESP e os colaboradores do IFUSP. Neste sentido, o projeto prevê a cooperação científica entre o CNPq (Brasil) e F.R.S. – FNRS (submetido em 01/10/2010 no Edital MCT/CNPq no. 53/2010- Projetos Conjuntos de Pesquisa Científica, tecnológica e de Inovação/Bélgica – CNPq/FNRS). Neste projeto foi previsto a compra de três cargas de gás Hélio Ultra Puro (90m^3) que servirá para manter o resfriamento dos solenóides supercondutores do sistema RIBRAS nas três etapas do experimento.

VI. Cronograma

A proposta é dividir o experimento em três etapas considerando o tempo de preparação do experimento. Tratando-se de uma medida que faz parte do projeto de Mestrado da aluna Tatiane Nassar Britos matriculada no programa de Pós-Graduação da UNIFESP espera-se que as três etapas da medida sejam concluídas no máximo em 18 meses.

- (i) Primeira Etapa (5dias) consistirá da medida do sistema ${}^8\text{Li}+{}^{208}\text{Pb}$, onde as medidas de ${}^7\text{Li}+{}^{208}\text{Pb}$ servirão para testar a metodologia para um valor de $B(E2)$ conhecido.
- (ii) Segunda Etapa (5dias) objetiva a correção de eventuais problemas com o sistema experimental e acumular estatística.
- (iii) Terceira Etapa (5dias) consistirá da medida do sistema ${}^8\text{Li}+{}^{208}\text{Pb}$ visando o aumento da contribuição inelástica.

Referências

- [1] J. C. T. Oliveira, H. Rodrigues, S. B. Duarte, *Phys. Rev. D* 78, 123008 (2008).
- [2] K. Alder and A. Winther, *Electromagnetic Excitation*, North-Holland, New York, 1975.
- [3] R. Lichtenhaler, A. Lépine-Szily, V. Guimarães, G. F. Lima and M. S. Hussein, *Braz. J. Phys.*, 33, 2, 2003, *Nucl. Instrum. Meth. in Phys., Res A*505,612-615, 2003.
- [4] F. Ajzenberg-Selove, *Nucl. Phys.*, A413,1,1984.
- [5] T. Glasmacher, *Annu. Rev. Nucl. Part. Sci.*, 48, 1, 1998.
- [6] J. A. Brown, F. D. Becchetti, J. W. Janecke, K. Ashktorab, and D. A. Roberts, J. J. Kolata, R. J. Smith, and K. Lamkin, R. E. Warner, *Phys. Rev. Letts.*, 66, 19, 1991.
- [7] R. J. Smith, J. J. Kolata, K. Lamkin and A. Morsard, F. D. Becchetti, J. A. Brown, W. Z. Liu, J. W. Janecke, and D. A. Roberts, R. E. Warner, *Phys. Rev. C*, 43, 5, 1991.
- [8] P. Descouvemont and D. Baye, *Phys. Letts. B* 292, 235-238, 1992.
- [9] D. Mendes Junior, “*Estudo da Reação ${}^8\text{Li}(p, \text{alfa}){}^5\text{He}$ com Feixe Radiativo de ${}^8\text{Li}$ ”*, tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, (2009).
- [10] F. Delaunay and F. M. Nunes, *J. Phys. G: Nucl. Part. Phys.*, 34, 2207-2213, 2007.