

**LABORATÓRIO ABERTO
DE FÍSICA NUCLEAR**

N°

Proposta de Experimento

Período : 1 ano

Título: Estudo da interferência near-far na colisão entre o projétil ${}^8\text{Li}$ e alvo de ${}^9\text{Be}$

Responsável: Osvaldo Camargo Botelho dos Santos

e-mail: osvaldo.santos@usp.br

Participantes:

O. C. B. Santos, R. Lichtenthäler, K. C. C. Pires, J. R. B. Oliveira, A. Lépine-Szily
U. Umbelino, A. S. Serra, B. P. Monteiro, H. F. G. Arruda, D. A. Santana,
K. Albuquerque, G. S. Gonçalves, H. A. C. Teixeira, M. V. R. Ribeiro, I. R. Silva

Porta Voz: Osvaldo Camargo Botelho dos Santos

e-mail: osvaldo.santos@usp.br

Número de dias solicitados: 10

Datas preferidas: Setembro/Outubro/2023

Datas realmente impossíveis:

Canalização: 45-B

Feixe	Est. Carga	I_{mínima} (feixe primario)	V_{min}	V_{max}	Pulsado?
${}^7\text{Li}$	3+	500 nA	7.5	8	

Alvos: ${}^9\text{Be}$ e ${}^{197}\text{Au}$

Pastilhas:

Características de Feixe Pulsado:

Continuação da Experiência já Aprovada N°:

Outras informações:

Resumo

Nesta proposta de experimento, temos o objetivo de medir as distribuições angulares do espalhamento de ${}^8\text{Li}+{}^9\text{Be}$ em diferentes energias, visando estudar a possível influência da interferência *near-far* na colisão entre o projétil ${}^8\text{Li}$ e o alvo ${}^9\text{Be}$. Dados recentemente adquiridos [*Eur. Phys. J. A* 59, 48 (2023)] indicam uma contribuição significativa da componente *far*, resultando em um aumento da seção de choque do espalhamento elástico normalizada pela seção de Rutherford para ângulos traseiros, com um mínimo acentuado na região em que as amplitudes de espalhamento são próximas. No entanto, esses dados foram obtidos em apenas uma energia e apresentam incertezas significativas, tornando necessário realizar medidas adicionais com melhor estatística. O objetivo é verificar o efeito mencionado e estudar sua dependência com a energia, fornecendo assim uma compreensão mais detalhada desse fenômeno. Essas medidas fazem parte do projeto de mestrado do estudante Denis Apolonio Santana.

1 Introdução

Para estudar as características qualitativas do espalhamento elástico em energias acima da barreira coulombiana, a amplitude de espalhamento pode ser decomposta, segundo uma abordagem semiclassical, nas contribuições do ângulo de deflexão positivo e negativo (ver figura 1). Essa decomposição, sugerida por Fuller [1–3], divide a amplitude de espalhamento elástico em componentes do lado próximo e do lado distante, correspondendo as ondas desviadas para o lado próximo (*Nearside* ou simplesmente *Near*) e para o lado oposto (*Farside* ou simplesmente *Far*) do centro de espalhamento, respectivamente.

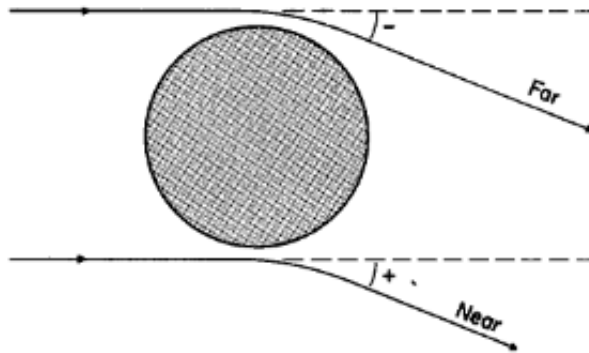


Figura 1: Representação esquemática da trajetória do lado próximo (ângulo positivo) e lado oposto (ângulo negativo).

As trajetórias periféricas com ângulos positivos são predominantemente influenciadas pela repulsão Coulombiana e contribuem principalmente para o espalhamento elástico em ângulos dianteiros (*nearside*). Por outro lado, as trajetórias com ângulos negativos são dominadas pelo potencial nuclear atrativo e contribuem para o aumento da seção de choque de espalhamento elástico em ângulos traseiros (*farside*).

O aumento na seção de choque em ângulos traseiros é um efeito observado em sistemas que possuem um potencial atrativo de longo alcance. Esse fenômeno já foi observado em núcleos que possuem halos de nêutrons [4–7]. Quanto mais forte for o espalhamento em ângulos traseiros, mais informações podem ser deduzidas sobre o potencial óptico núcleo-núcleo por meio de uma análise de Modelo Óptico utilizando dados de espalhamento elástico.

Durante o meu doutorado, foi realizado um experimento com o projétil ${}^8\text{Li}$ em alvos de ${}^{120}\text{Sn}$, ${}^{58}\text{Ni}$ e ${}^9\text{Be}$, este último na energia de $E_{\text{lab}} = 23,8$ MeV. Nessa medida, foi observado um fenômeno típico de interferência *near/far*, em que a seção de choque, normalizada por

Rutherford, tende a aumentar para ângulos traseiros [8], conforme apresentado na Figura 2. Para confirmar esse efeito, propomos realizar mais experimentos em outras energias e com uma maior estatística.

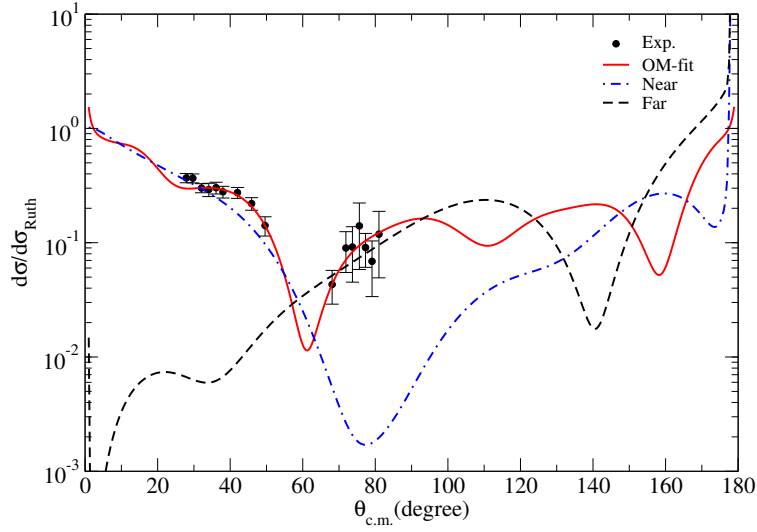


Figura 2: Medida do espalhamento elástico do ${}^8\text{Li}+{}^9\text{Be}$ na energia $E_{\text{lab}} = 23,8$ MeV obtida no RIBRAS. A curva contínua vermelha representa o cálculo de modelo óptico, a curva preta tracejada e azul pontilhada-tracejada representam as decomposições *near/far side*, respectivamente [8].

2 Objetivos

Realizar medidas de espalhamento elástico para o sistema ${}^8\text{Li} + {}^9\text{Be}$, com boa estatística, para verificar o comportamento da interferência *near-far* em função da energia na colisão entre o projétil ${}^8\text{Li}$ e alvo de ${}^9\text{Be}$.

3 Materiais e Métodos

O feixe de ${}^8\text{Li}$ será produzido por meio da reação de transferência ${}^9\text{Be}({}^7\text{Li}, {}^8\text{Li})$ na primeira câmara central de espalhamento do sistema RIBRAS (Radioactive Ion Beams in Brasil). Mediremos o espalhamento elástico ${}^9\text{Be}({}^8\text{Li}, {}^8\text{Li})$. A espessura do alvo secundário é de $1,93$ mg/cm². Para medir as partículas espalhadas na câmara central de espalhamento do RIBRAS, utilizaremos sistemas telescópicos de detecção compostos por cinco telescópios com detectores de barreira de superfície de silício e eletrônica digital. Esses sistemas já estão montados e operando, aguardando apenas o resfriamento do primeiro solenoide. A fim de melhorar a estatística dos dados, serão instalados detectores fixos em ângulos traseiros, enquanto os ângulos dianteiros serão cobertos com o auxílio do prato giratório disponível no RIBRAS.

A taxa de produção do ${}^8\text{Li}$ no RIBRAS é da ordem de $I \approx 5 \times 10^{-7}$ que em termos de partículas por segundo considerando 300 nA de feixe primário de ${}^7\text{Li}$ resultaria algo em torno de 3×10^5 pps. Com o cálculo da figura 2 a seção de choque em 80° no CM, que seria algo em torno de 43° no laboratório é de 1mb/sr . Os telescópios que vamos usar tem ângulo sólido de 14 msr. Dessa forma seria necessário aproximadamente 10 dias para ter uma incerteza estatística de 5% .

4 Solicitação

Solicitamos 10 dias de máquina na linha 45B RIBRAS com feixe primário de ${}^7\text{Li}$ de energia de 28 MeV e intensidade mínima de 300 nAe.

Referências

- [1] R. Fuller, “Positive and negative deflection-angle coulomb scattering,” *Physics Letters B*, vol. 57, no. 3, pp. 217–219, 1975.
- [2] R. Fuller and K. McVoy, “Regge-pole dominance in a heavy-ion dwba calculation,” *Physics Letters B*, vol. 55, no. 2, pp. 121–124, 1975.
- [3] R. C. Fuller, “Qualitative behavior of heavy-ion elastic scattering angular distributions,” *Phys. Rev. C*, vol. 12, pp. 1561–1574, Nov 1975.
- [4] M. Milin, S. Cherubini, T. Davinson, A. Di Pietro, P. Figuera, D. Miljanic, A. Musumarra, A. Ninane, A. Ostrowski, M. Pellegriti, A. Shotter, N. Soic, C. Spitaleri, and M. Zadro, “The ${}^6\text{He}$ scattering and reactions on ${}^{12}\text{C}$ and cluster states of ${}^{14}\text{C}$,” *Nuclear Physics A*, vol. 730, no. 3, pp. 285–298, 2004.
- [5] F. Michel and S. Ohkubo, “Airy minima in the scattering of weakly bound light heavy ions,” *Phys. Rev. C*, vol. 72, p. 054601, Nov 2005.
- [6] V. Lapoux, N. Alamanos, F. Auger, V. Fékou-Youmbi, A. Gillibert, F. Marie, S. Ottini-Hustache, J.-L. Sida, D. T. Khoa, Y. Blumenfeld, F. Maréchal, J.-A. Scarpaci, T. Suomijärvi, J. H. Kelley, J.-M. Casandjian, M. Chartier, M. D. Cortina-Gil, M. Mac Cormick, W. Mittig, F. de Oliveira Santos, A. N. Ostrowski, P. Roussel-Chomaz, K. W. Kemper, N. Orr, and J. S. Winfield, “Coupling effects in the elastic scattering of ${}^6\text{He}$ on ${}^{12}\text{C}$,” *Phys. Rev. C*, vol. 66, p. 034608, Sep 2002.
- [7] J. J. Kolata, M. Zahar, R. Smith, K. Lamkin, M. Belbot, R. Tighe, B. M. Sherrill, N. A. Orr, J. S. Winfield, J. A. Winger, S. J. Yennello, G. R. Satchler, and A. H. Wuosmaa, “Quasielastic scattering of ${}^{11}\text{Li}$ and ${}^{11}\text{C}$ from ${}^{12}\text{C}$ at 60 MeV/nucleon,” *Phys. Rev. Lett.*, vol. 69, pp. 2631–2634, Nov 1992.
- [8] O. C. B. Santos, R. Lichtenthäler, K. C. C. Pires, and et al, “One-neutron stripping from ${}^8\text{Li}$ projectiles to ${}^9\text{Be}$ target nuclei,” *Submitted to European Physical Journal A*, vol. 59, 2022, , REF: EPJA-107073.