
Estudo experimental da estrutura nuclear do ^{46}Ti no contexto do Modelo Generalizado de Rotação-Vibração.

1 Introdução

O formalismo de cálculos de canais acoplados (CA) é frequentemente empregado para descrever os diversos processos de reação envolvidos numa colisão entre núcleos pesados. Nesse contexto, existe uma forte conexão entre os mecanismos de reação e as estruturas dos núcleos interagentes. Por essa razão, análises de dados experimentais de seções choque podem fornecer importantes informações acerca da estrutura nuclear. O presente projeto tem como objetivos estudar a estrutura do ^{46}Ti e também testar um modelo teórico de estrutura nuclear, recentemente proposto, denominado Modelo Generalizado de Rotação-Vibração (MGRV) [1].

Em cálculos de CA, normalmente acoplam-se explicitamente os canais periféricos mais importantes. Dessa forma, as partes real e imaginária da contribuição diagonal da interação (nuclear + coulombiana) estão relacionadas, respectivamente, à força média entre os íons interagentes e à absorção de fluxo devido a canais não explicitamente acoplados. A parte não diagonal da interação, através dos potenciais de acoplamento, está associada às transições entre os respectivos canais.

Potenciais do tipo *foldings* são aqueles obtidos através da convolução das densidades nucleares (dos núcleos interagentes) com a interação efetiva núcleon-núcleon (tanto para a contribuição nuclear como para a coulombiana). Potenciais desse tipo têm sido desenvolvidos e amplamente utilizados para descrever a parte diagonal da interação em cálculos CA. Porém, raramente o procedimento *foldings* é utilizado para obter os potenciais de acoplamento. Em artigos recentes [2, 3, 4], mostrou-se que é possível obter potenciais de acoplamento do tipo *foldings*, dentro do contexto do MGRV, fazendo uma expansão da densidade nos parâmetros de deformação. De fato, cálculos CA já foram realizados para os sistemas $\alpha + {}^{70,72,74,76}\text{Ge}$ [4]. Nesse artigo, mostrou-se que as seções de choque dos estados do tripleto são bastante sensíveis em relação aos parâmetros de deformação. Assim, a análise de dados de excitação inelástica desses estados permite obter informações bastante acuradas sobre a estrutura dos núcleos interagentes.

A excitação dos estados do tripleto envolve termos de segunda-ordem na expansão da densidade [3, 4]. Por isso, as correspondentes seções de choque são muito pequenas. Por essa razão, dados desse tipo não têm sido obtidos experimentalmente para sistemas envolvendo núcleos pesados. Dentro do presente projeto, pretendemos obter dados experimentais para o sistema $^{16}\text{O} + ^{46}\text{Ti}$, correspondentes à excitação inelástica para vários estados (incluindo o tripleto) do ^{46}Ti . Os níveis de energia dos estados do tripleto (e também do primeiro estado 2^+) desse núcleo são descritos pelo MGRV com precisão próxima de 2%, sendo, portanto, bastante apropriado para testar o modelo. Com essas medidas, obteremos informações acerca das deformações médias e amplitudes de vibração que correspondem à estrutura desse núcleo.

2 Objetivos

Determinar experimentalmente distribuições angulares de espalhamento inelástico para a reação $^{16}\text{O}+^{46}\text{Ti}$. Planeja-se medir seções de choque de espalhamento inelástico para os estados 2_1^+ , 3_1^- e tripleto (0_2^+ , 2_2^+ , 4_2^+) do ^{46}Ti . Os resultados experimentais serão utilizados para testar o MGRV. Espera-se que, através dessas análises, informações sobre as deformações médias e amplitudes de vibração relacionadas a estrutura do núcleo ^{46}Ti sejam obtidas.

3 Equipamentos disponíveis

O experimento será realizado na canalização 30B do Laboratório Aberto de Física Nuclear (LAFN) da USP, que conta com uma instrumentação moderna recentemente desenvolvida pelo nosso grupo de pesquisa (GRiPE). O arranjo experimental disponível é composto por uma câmara de espalhamento, onde se encontram dois sistemas de detecção de partículas conhecidos como SATURN (Silicon Array & Telescopes of USP for Nuclear Reactions and Nuclear applications) e STAR (Silicon Telescopes Array for Reactions). O sistema SATURN é composto com dois suportes independentes, sendo um deles montado sobre um prato giratório, com controle externo, o que possibilita posicionar os detectores em diferentes ângulos durante um experimento, sem a necessidade de quebrar o vácuo da câmara de espalhamento. Nesse suporte, até 9 detectores podem ser montados a cada 5° , no hemisfério dianteiro da câmara em relação ao feixe, cobrindo uma região angular de 40° . O segundo suporte encontra-se fixado no hemisfério traseiro da câmara de espalhamento. Nele, outros 9 detectores podem ser montados em intervalos angulares de 10° , cobrindo uma região angular de 80° . No total, o SATURN tem capacidade para abrigar até 18 detectores (singles ou telescópios), cobrindo uma região angular extensa nos hemisférios traseiros e dianteiros da câmara de espalhamento montada na canalização 30B do LAFN. O sistema STAR é composto por 3 detectores E- ΔE (telescópios) de grande área (50mm x 50mm). Um deles é formado por um detector com espessura de $20\mu\text{m}$, com 16 *strips* verticais (ΔE), e um detector de $500\mu\text{m}$ (E). Outros dois são compostos por detectores de $40\mu\text{m}$, com 16×16 *strips* (ΔE), seguidos de detectores com espessura de $1000\mu\text{m}$ (E). Esse sistema é frequentemente utilizado para separar diferentes produtos de reação, uma vez que cada partícula, ao incidir no telescópio, perde uma fração da sua energia no primeiro detector (ΔE), e o restante no segundo (E). Isso permite identificar o número de prótons do núcleo detectado. Uma foto do interior da câmara de espalhamento localizada na canalização 30B do LAFN pode ser vista na Fig. 1.

Atualmente, a canalização 30B do LAFN conta com 112 canais de ADC's (*Analogic to Digital Converter*) que operam com padrão VME (Versa Module Europa). Desde a implementação do VME, operamos com um sistema de controle e aquisição de dados de alta velocidade, com capacidade de gerenciar um grande fluxo de dados. Isso é essencial para o funcionamento adequado do sistema STAR. A utilização simultânea dos sistemas SATURN e STAR, irá resultar em um moderno arranjo experimental, com alta eficiência geométrica e boa resolução em energia, dedicado a detecção de partículas carregadas produzidas durante colisões nucleares.

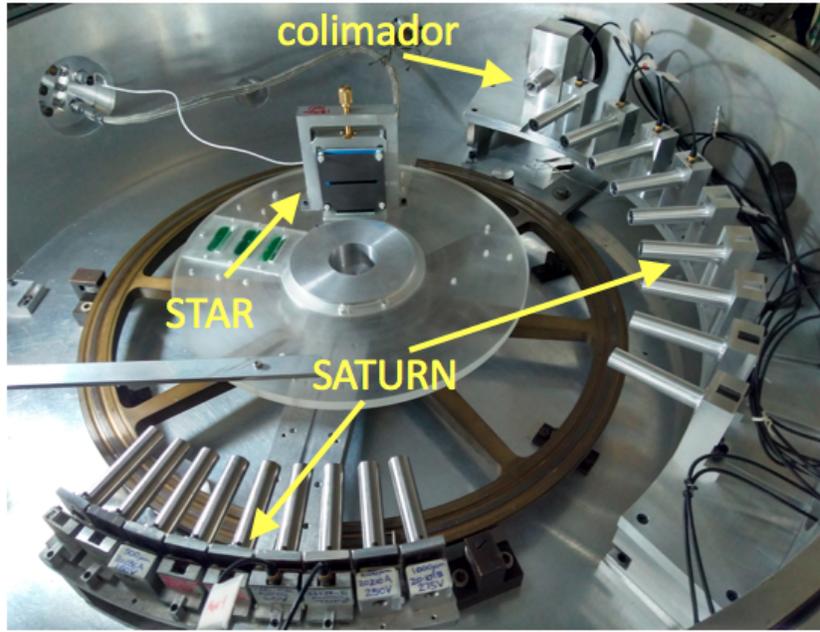


Figura 1: Vista interna da canalização 30B do LAFN utilizada para o estudo de reações nucleares envolvendo feixes fracamente ligados. Nessa montagem, apenas 1 telescópio do sistema STAR encontra-se montado.

4 Metodologia experimental

Para reações envolvendo íons pesados, existe um número limitado de dados experimentais associados à excitação do tripleto. Esse tipo de medida é bastante difícil, devido a dois principais motivos: (i) como os níveis do tripleto são muito próximos, a resolução em energia do aparato experimental deve ser suficiente para garantir a separação entre os estados; (ii) como as seções de choque são muito pequenas, é necessário um arranjo experimental com boa eficiência geométrica e um tempo elevado de aquisição para que os dados possam ser medidos com estatística suficiente.

O sistema $^{16}\text{O}+^{46}\text{Ti}$ foi escolhido levando em consideração os seguintes critérios: (i) a energia do primeiro estado excitado do ^{16}O (6.05 MeV) é suficientemente alta para que eventos provenientes da excitação do projétil não se confundam energeticamente com a excitação dos estados de interesse do ^{46}Ti ; (ii) separação em energia dos estados excitados do núcleo alvo. Distribuições angulares de espalhamento inelástico serão obtidas para a reação $^{16}\text{O}+^{46}\text{Ti}$ em energias acima da barreira coulombiana ($V_b \sim 34$ MeV). Essa região de energia é compatível com a região de operação do acelerador Pelletron do LAFN. Planejamos utilizar alvos de ^{46}Ti bem finos ($\sim 50\mu\text{g}/\text{cm}^2$), os quais serão produzidos no Laboratório de Alvos do LAFN. A Fig. 2 mostra previsões teóricas para as seções de choque de espalhamento inelástico obtidas em 38.0 MeV ($\sim 10\%$ acima da barreira coulombiana) com o modelo MGRV. As seções de choque correspondentes ao primeiro estado excitado 2_1^+ do ^{46}Ti (linha preta no painel superior) apresentam valores tipicamente 100 vezes menores que as seções de choque de espalhamento elástico. Por sua vez, as seções de choque dos estados do tripleto são pelo menos uma ordem

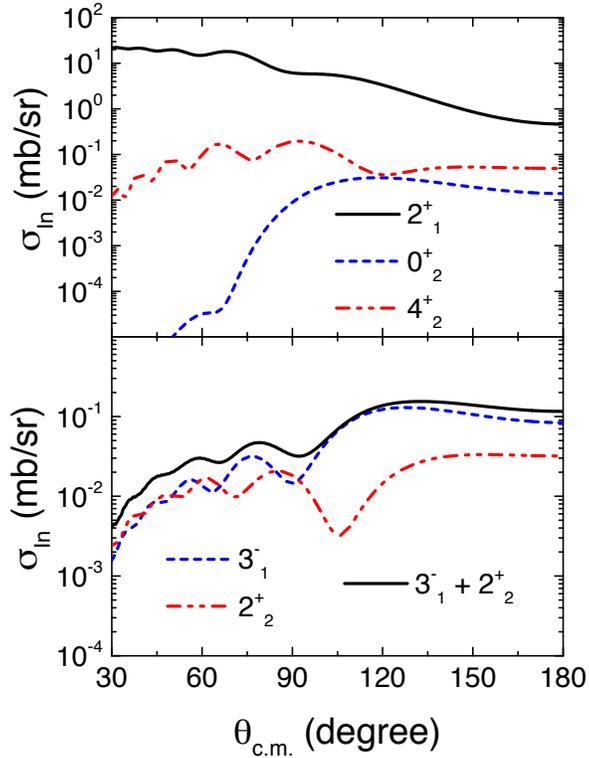


Figura 2: Seções de choque de espalhamento inelástico obtidas com o modelo MGRV a 38.0 MeV.

de grandeza menores do que as do estado 2_1^+ . Esse fato, combinado com a necessidade de utilizar alvos finos, impõe um desafio experimental enorme para esse tipo de medida. Uma vez que nosso arranjo experimental tem boa eficiência geométrica e os detectores tem boa resolução em energia, as medidas propostas podem ser realizadas com sucesso. Solicitamos duas semanas de máquina para a realização desse experimento.

Referências

- [1] L. C. Chamon and B. V. Carlson, Nucl. Phys. A846, 1 (2010).
- [2] D. F. Morales Botero, L. C. Chamon and B. V. Carlson, J. Phys. G41, 055114 (2014).
- [3] D. F. Morales Botero, L. C. Chamon and B. V. Carlson, J. Phys. G44, 105102 (2017).
- [4] L. C. Chamon and D. F. Moraled Botero, J. Phys. G45, 034104 (2018).
- [5] V. A. B. Zagatto et al., Phys. Rev. C95, 064614 (2017).

LABORATÓRIO ABERTO DE FÍSICA NUCLEAR
PAC 2018

Proposal	N°
Title: Estudo experimental da estrutura nuclear do ^{46}Ti no contexto do Modelo Generalizado de Rotação-Vibração	
Responsable: Leandro Gasques	e-mail: lgasques@if.usp.br
Participants: Luiz Chamon, Alinka Lépine, Valdir Scarduelli, Vinicius Zagatto, Juan Jamaica, Marcos Alvarez, Juan Pablo García, Andrés Arazi	
Spokeperson: Leandro Gasques	e-mail: lgasques@if.usp.br
Telephone: 3091-7071	Skype:
Number of days for experiment:	10
Period planned for the experiment (are the setup ready for beam time?): Primeiro semestre de 2019. Sim, o setup está pronto.	

Technical information

Ion source			Accelerator			Experimental Area	
Beam	Cathode	$I_{\text{mínima}}$	V_{min}	V_{max}	Bunches d beam?	Beam line	Target
16O		300 nA	5,5 MV	7,5 MV	Nao	30B	^{46}Ti

Other relevant/needed information: