

LABORATÓRIO ABERTO DE FÍSICA NUCLEAR

PAC 2023

Proposal	N°
Title: Estudo de grafite pirolítico para dissipação térmica de alvos nucleares	
Responsible: N.H.Medina	e-mail: medina@if.usp.br
Participants M.A. Guazzelli, L. Avanzi, S.H. Masunaga, R.B.B. dos Santos, P. Garcia, A.L. Guidi, E. Chinaglia (Centro Universitário FEI). Vitor Angelo Paulino Aguiar, Nilberto Heder Medina, Eduardo Macchione, José Roberto B. de Oliveira, Marcilei A. Guazzelli, Nemitala Added, Saulo Gabriel Pereira Nascimento Alberton (IFUSP/DFN)	
Spokepersons: M.A. Guazzelli & N.H. Medina	e-mail: marcilei@fei.edu.br
Telephone: (11)994374724	Skype:
Number of days for experiment:	16
Period planned for the experiment (is the setup ready for beam time?): After September 2023	

Technical information

Ion source			Accelerator			Experimental Area	
Beam	Cathode	I_{\min}	V_{\min}	V_{\max}	Bunched beam?	Beam line	Target
^{35}Cl		1 μA	6	7	no	0°	HOPG

Other relevant/needed information:

Estudo de grafite pirolítico para dissipação térmica de alvos nucleares

M.A. Guazzelli¹, L. Avanzi², S.H. Masunaga¹, R.B.B. dos Santos¹, P. Garcia¹, A.L. Guidi¹, E. Chinaglia¹, J.R.B. Oliveira², N. Added², E.L.A. Macchione², S.G. Alberton², V.A.P. Aguiar² e N.H. Medina².

¹ Centro Universitário FEI, S.B. do Campo, SP, Brasil

² Instituto de Física da USP, São Paulo, Brasil

Resumo

*Este projeto faz parte de uma colaboração **Nuclear Matrix Elements in Neutrinoless Double Beta Decay (NUMEN)**. O projeto NUMEN tem o objetivo específico de verificar as reações de dupla troca de cargas e também canais elásticos, inelásticos, e de transferência de carga única. Para a realização desses experimentos serão utilizados feixes muito intensos de íons pesados e, como substrato dos alvos, o grafite pirolítico, para dissipação térmica. Será realizado o estudo e caracterização das propriedades do grafite pirolítico, antes e após serem irradiados por feixes de íons pesados. Os efeitos gerados da interação de íons pesados com o material do alvo podem deteriorar as propriedades essenciais que garantem a utilização deste material na funcionalidade proposta no projeto NUMEN.*

Introdução

O projeto NUMEN foi proposto com o objetivo de investigar a resposta nuclear às reações de troca de carga dupla (Double Charge Exchange - DCE) para todos os isótopos explorados por estudos atuais e futuros do decaimento de $0\nu\beta\beta$ [1,2]. *Neutrinoless double beta decay* ($0\nu\beta\beta$) é potencialmente o melhor recurso para sondar a natureza do neutrino e, espera-se, obter sua massa efetiva, onde concorrem dois modelos, o de Majorana e o de Dirac. Espera-se então, validar um destes modelos através dos experimentos que fazem parte do projeto NUMEN. Além disso, se observado, $0\nu\beta\beta$ sinalizará que o número total de léptons não é conservado. Atualmente, esta discussão da Física é uma das pesquisas mais importantes "além do Modelo Padrão" e pode guiar o caminho em direção a uma Grande Teoria Unificada das interações fundamentais [3,4].

As características particulares do projeto NUMEN impõem algumas restrições ao desenho dos alvos utilizados nas reações nucleares a serem estudadas. Essas restrições incluem:

- 1) Eles devem ser capazes de suportar a interação com feixes de íons extremamente intensos, que consistem em um grande número de partículas com alta energia que atingem o alvo.
- 2) Além disso, os alvos devem ser suficientemente finos para minimizar a propagação de energia tanto do feixe de íons quanto dos produtos das reações nucleares.

Essas são algumas das principais considerações a serem levadas em conta ao projetar os alvos para o projeto NUMEN.

Uma das principais desvantagens do uso de feixes de íons intensos é a geração significativa de calor durante sua passagem pelo alvo. Essa produção de calor é principalmente causada pela perda de energia devido à ionização, enquanto outros processos nucleares, como espalhamento e fragmentação, contribuem com menos de 1% do calor [5]. Portanto, um dos principais desafios dos alvos selecionados é garantir uma dissipação eficiente do calor, evitando que esse calor cause alterações nas propriedades do material do alvo.

A técnica de dissipação de calor explorada no experimento NUMEN leva em consideração apenas o calor da ionização. A energia perdida devido à ionização por uma única partícula carregada é determinada pela fórmula de Bethe-Bloch [6]. A taxa de calor produzida por um feixe de íons depende linearmente da intensidade do feixe, da razão Z/A do alvo, da densidade e , para alvos finos, da espessura. Para as energias intermediárias dos experimentos a serem realizados no NUMEN, a perda de energia é inversamente proporcional à energia do íon, e depende do número atômico Z do projétil, com Z^2 . A taxa de produção de calor para as várias combinações de feixes, alvos e energias, que variam de 0,03 a 0,14 J / s $\mu\text{m } \mu\text{A}$. Além disso, devido à espessura muito pequena dos alvos, a taxa de perda de energia é constante e, portanto, a energia total perdida é proporcional à espessura dos alvos [5, 7].

A utilização de um alvo composto por um material depositado em um substrato apresenta desafios no que diz respeito à detecção dos produtos da reação. De fato, a precisão na medição da energia dos íons resultantes da reação é afetada pela perda de energia e possível dispersão nuclear no substrato, especialmente se estiver localizado na direção do fluxo do feixe. Podem ocorrer também a geração de produtos espúrios devido à interação do feixe com o substrato, no entanto, esses produtos podem ser identificados e rejeitados através de procedimentos de identificação de partículas. Por outro lado, se o substrato estiver posicionado na direção do fluxo do feixe, ocorrerá uma dispersão na forma espacial e na distribuição de energia do feixe, resultando em aumentos nos erros de medição.

Diante do exposto, é justificada a escolha do material de grafite pirolítico como material de substrato para deposição do alvo. Este material apresenta alta condutividade térmica, alta resistência mecânica e é flexível. A alta condutividade térmica permite que o calor possa fluir do ponto do feixe para a estrutura fria [5, 7]. No entanto, é crucial que as propriedades do grafite pirolítico não sejam significativamente afetadas pela intensa geração de calor durante as irradiações. Devido à importância do uso do substrato de grafite pirolítico e à necessidade de preservar suas propriedades, é essencial conduzir um estudo detalhado sobre o comportamento desse material quando exposto a feixes de íons. Isso é fundamental para verificar se o grafite pirolítico é realmente adequado como um dissipador térmico para os alvos a serem utilizados no projeto NUMEN

Utilização do acelerador Pelletron

Para o estudo dos efeitos causados por íons pesados, serão utilizadas as instalações da canalização SAFIIRA, instalada a zero graus no acelerador Pelletron de 8 MV do Laboratório Aberto de Física Nuclear (LAFN) do Instituto de Física da USP. Neste

laboratório serão acelerados feixes de ^{35}Cl em energias de $E = 49$ MeV, com tensões da ordem de 7,0 MV. Os feixes ^{35}Cl nessas energias serão utilizados para provocar ionizações que devem aquecer o alvo e causar danos por radiação, reproduzindo as mesmas condições experimentais que devem ocorrer nos alvos durante os estudos das reações nucleares dos experimentos a serem realizados no projeto NUMEN para o estudo de reações de dupla troca de carga.

Solicitação de dias de máquina

O tempo de máquina solicitado é dividido em três períodos. O primeiro período de 2 dias será utilizado para testes iniciais com feixe de ^{35}Cl ($E = 49$ MeV), a fim de verificar a adequação da montagem da câmara de espalhamento, montagem da câmara Infravermelha, para a medida da temperatura do grafite pirolítico durante a irradiação, e montagem do sistema de medida da condutividade térmica. Solicitamos outros 2 períodos de 7 dias cada, com o mesmo feixe e energia com uma intensidade de feixe da ordem de 1 a 10 pA, para que seja possível irradiar as folhas de grafite pirolítico e atingir a mesma fluência das medidas a serem realizadas pelo projeto NUMEN.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] F. Cappuzzello et al., J. Phys.: Conf. Ser. 630, 012018, (2015).
- [2] C. Agodi et al., Nucl. Part. Phys. Proc. 265-266, 28, (2015).
- [3] Cappuzzello, F., Agodi, C., Cavallaro, M. et al. *The NUMEN project: NUclear Matrix Elements for Neutrinoless double beta decay*, Eur. Phys. J. A (2018) 54: 72.
- [4] C. Agodi, et al., *Determining the Nuclear Matrix Elements of Neutrinoless Double Beta Decays by Heavy-Ion Double Charge Exchange Reactions*.
<https://web.infn.it/NUMEN/images/Documents/NUMEN-Lol.pdf>.
- [5] F. Iazzi, et al., *A new cooling technique for targets operating under very intense beam*, WIT Trans. Eng. Sci. (ISSN: 1746-4471) 1 (2017) 61–70.
- [6] K.A. Olive and Particle Data Group 2014. Chinese Phys. C 38 090001
- [7] V. Capirossi, D. Calvo, F. Delaunay, M. Fisichella, F. Iazzi, R. Introzzi, F. Pinna, *Study, fabrication and test of a special cooling system for targets submitted to intense ion beams*. Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A 954 (2020) 161122