

# LABORATÓRIO ABERTO DE FÍSICA NUCLEAR

N°

## Proposta de Experimento

Período :

**Título:** Sistemática de núcleos ímpar-ímpar de Ga na região de massa A=60

**Responsável:** Paula R. P. Allegro/ Nilberto H. Medina  
**e-mail:** allegro@dfn.if.usp.br/ medina@if.usp.br

**Participantes:** Paula R. P. Allegro, Nilberto H. Medina, José Roberto B. de Oliveira, Roberto V. Ribas, Ewa W. Cybulska, Wayne A. Seale, Vinicius A. B. Zagatto, Guilherme S. Zahn, Frederico A. Genezini, Marcilei A. G. Silveira

**Porta Voz:** Paula R. P. Allegro  
**e-mail:** allegro@dfn.if.usp.br

**Número de dias solicitados:** 6 dias

**Datas preferidas:**

**Datas realmente impossíveis:** qualquer data antes de setembro de 2011

**Canalização:** 30A

<b>Feixe</b>	<b>Est. Carga</b>	<b>I<sub>mínima</sub></b> (alvo)	<b>V<sub>min</sub></b>	<b>V<sub>max</sub></b>	<b>Pulsado?</b>
180	8+	2 nA	7,8	8,0	Não

**Alvos:** 55Mn

**Pastilhas:**

**Características de Feixe Pulsado:**

**Continuação da Experiência já Aprovada N°:**

**Outras informações:** Continuação do projeto de doutorado de sistemática dos núcleos duplamente ímpares de Ga, desenvolvido por Paula R. P. Allegro.

---

# Sistemática de núcleos ímpar-ímpar de Ga na região de massa $A=60$

P.R.P. Allegro<sup>a</sup>, N.H. Medina<sup>a</sup>, J.R.B. Oliveira<sup>a</sup>, R.V. Ribas<sup>a</sup>, E.W. Cybulska<sup>a</sup>, W.A. Seale<sup>a</sup>,  
V.A.B. Zagatto<sup>a</sup>, G.S. Zahn<sup>b</sup>, F. A. Genezini<sup>b</sup> e M.A.G. Silveira<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil

<sup>b</sup>Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, Brasil

<sup>c</sup>Centro Universitário da FEI, São Bernardo do Campo, Brasil.

## Resumo

O projeto tem como objetivo a continuação do estudo sistemático dos isótopos duplamente ímpares do Ga. A experiência consiste na medida de estados excitados dos núcleos  $^{66}\text{Ga}$ , produzido através de reação de fusão-evaporação utilizando o acelerador Pelletron. As medidas serão feitas utilizando o SACI-PERERE (Sistema Ancilar de Cintiladores – Pequeno Espectrômetro de Radiação Eletromagnética com Rejeição de Espalhamento), sistema desenvolvido para medidas de espectroscopia gama em linha.

## Abstract

The subject of this project is a systematic study of the odd-odd Ga nuclei. The experiment involves the measurement of the  $^{66}\text{Ga}$  excited states, produced by fusion-evaporation reaction using the Pelletron accelerator. Measurements will be made using the SACI-PERERE (Sistema Ancilar de Cintiladores – Pequeno Espectrômetro de Radiação Eletromagnética com Rejeição de Espalhamento), developed for in-beam gamma-ray spectroscopy studies.

## Introdução e Justificativa

Recentemente, diversos artigos vêm sendo publicados tentando entender o papel do orbital  $0g_{9/2}$  nos estados de mais alto spin para núcleos nas regiões de massa  $A=50-80$  [1 - 3]. O estudo feito por Stefanescu [4] mostrou a existência de bandas nos isótopos mais ricos em nêutrons do Ga formadas a partir da excitação de um próton para o orbital  $0g_{9/2}$  e o estudo feito por Cheal [5] revelou, a partir do estudo dos spins e momentos do estado fundamental, mudança na estrutura nuclear de isótopos ímpares do Ga entre  $N=40$  e  $N=50$ , indicando uma mudança no tamanho da diferença em energia (“gap”) existente entre o orbital  $0g_{9/2}$  e a camada pf.

O orbital  $g_{9/2}$  é importante para o entendimento de núcleos com muitos núcleons de valência ocupando a parte superior da camada  $pf$ , uma vez que os estados de alto spin com paridade negativa só podem ser explicados através da excitação de pelo menos um núcleon para o orbital  $g_{9/2}$ .

Este trabalho tem como objetivo estudar o papel do orbital  $g_{9/2}$  através de um estudo sistemático dos núcleos ímpar-ímpar  $^{64,66,68,70}\text{Ga}$ , sendo que para isso serão utilizados os resultados experimentais obtidos por Singh [6] para o núcleo  $^{68}\text{Ga}$ . A escolha destes núcleos se deveu a dois fatores: ainda existem para esses núcleos algumas dúvidas em algumas propriedades nucleares, como spin e meia vida dos estados e porque núcleos duplamente ímpares são um bom teste para qualquer modelo nuclear, devido à existência da interação entre o próton e o nêutron desemparelhados. Os resultados experimentais obtidos serão comparados com as previsões do Modelo de Camadas em Larga Escala, utilizando o código Antoine [7] e as interações residuais FPG [8] e JUN45 [9].

Os núcleos  $^{64,66,70}\text{Ga}$  já foram alvos de 5 experimentos realizados recentemente pelos autores deste projeto. Foram realizados dois experimentos para o estudo do núcleo  $^{66}\text{Ga}$  utilizando o acelerador Pelletron (Modelo 8-UD, tipo TANDEM) da Universidade de São Paulo e o espectrômetro SACI-PERERE (Sistema Ancilar de Cintiladores Plásticos e Pequeno Espectrômetro de Radiação Eletromagnética com Rejeição de Espalhamento) [10], visto na Figura 1. Este espectrômetro é composto por 11 detectores telescópicos “Phoswich”, tipo  $\Delta E-E$ , para detecção de partículas carregadas e 4 detectores de GeHP com supressores Compton, com 2 tipos de detectores, com eficiências de 20 e 60% em relação a um detector de NaI(Tl). A eficiência de detecção deste sistema é de 0,5% para os detectores de GeHP e, para os detectores de partícula, igual a 30% para prótons e 15% para nêutrons. Nestes dois experimentos foram utilizadas as reações  $^{58}\text{Ni}(^{11}\text{B}, 2p)n)^{66}\text{Ga}$  e  $^{51}\text{V}(^{19}\text{F}, p3n)$  com energias de feixe incidente iguais a 44 MeV e 54 MeV, respectivamente. Cada experimento, entretanto, teve efetivamente feixe no alvo aproximadamente 3 dias, o que não possibilitou dados suficientes para determinação dos spin dos estados excitados populados.

Os outros 3 experimentos foram realizados no “*John D. Fox Superconducting Accelerator Laboratory*” pertencente à Universidade Estadual da Florida, Tallahassee, EUA. Este laboratório possui também um acelerador tipo TANDEM de 9 MV acoplado a um LINAC (*superconducting LINear ACcelerator*), além de um espectrômetro composto por 7 detectores de GeHP e 3 *Clovers* (detector composto por 4 cristais de GeHP e um único criostato), todos com supressão Compton (Figura 2). Para o estudo dos núcleos  $^{66,70}\text{Ga}$  foi utilizada a reação de fusão-evaporação  $^{55}\text{Mn}(^{18}\text{O}, xpyn\alpha)$  com energias de feixe de 67,3 MeV e 50,4 MeV, respectivamente. Para o estudo do núcleo  $^{64}\text{Ga}$  foi utilizada a reação  $^{58}\text{Ni}(^{12}\text{C}, \alpha pn)$  com energia de feixe igual a 56,2 MeV. Devido a problemas de instabilidade do acelerador, só foi possível medir o núcleo  $^{66}\text{Ga}$  durante aproximadamente 22 horas.

Neste projeto pretende-se finalizar o estudo da estrutura do núcleo  $^{66}\text{Ga}$ , utilizando a reação  $^{55}\text{Mn}(^{18}\text{O}, \alpha 3n)^{66}\text{Ga}$ , com energia de feixe igual a 70 MeV. A seção de choque prevista pelo programa PACE [11] é igual a 110 mb.

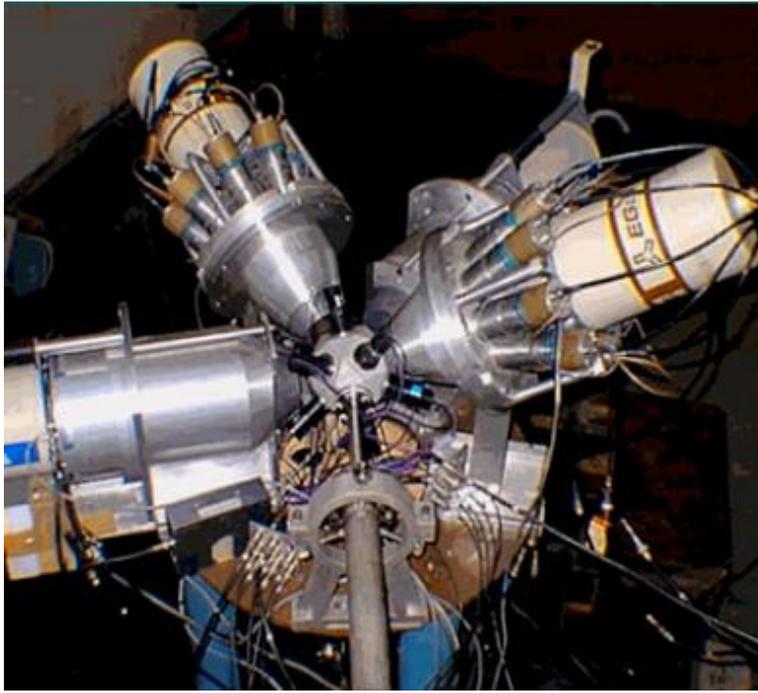


Figura 1: Espectrômetro SACI-PERERE, composto por uma câmara em forma de poliedro semi-regular, 11 detectores plásticos cintiladores do tipo “Phoswich” (“*phosphor sandwich*”), para detecção de partículas carregadas e 4 detectores de GeHP com supressores Compton.

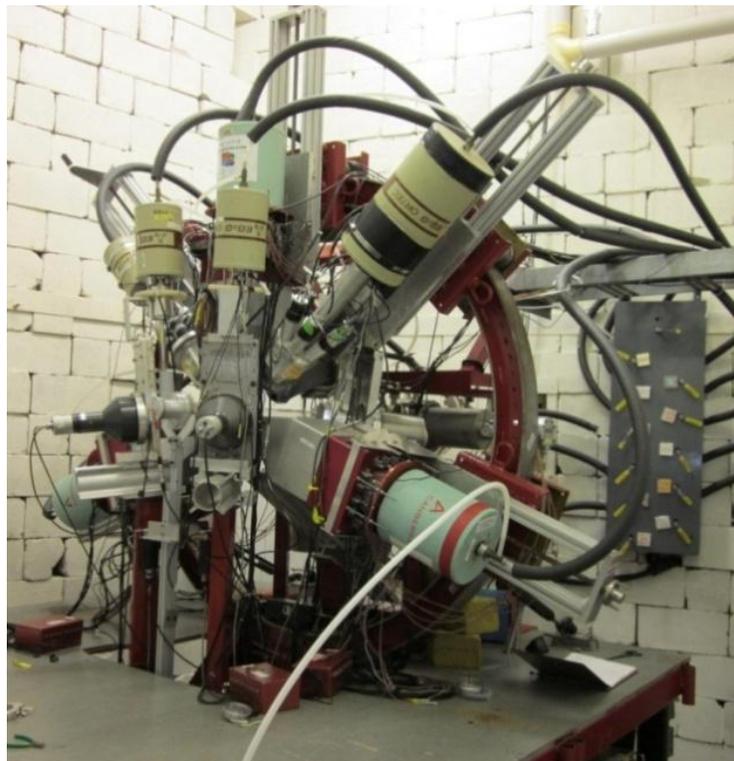


Figura 2: Clover array disponível no “John D. Fox Superconducting Accelerator Laboratory”, pertencente à Universidade Estadual da Flórida, Tallahassee, EUA. Este array é composto por 7 detectores de GeHP e 3 Clovers, todos com supressores Compton.

## Solicitação de Dias de Máquina

Para a medida da estrutura do  $^{66}\text{Ga}$  com uma corrente de 2 nA no alvo, estima-se uma taxa de detecção de coincidência entre dois raios gama em aproximadamente 250 contagens/hora. Para se ter uma quantidade suficiente de dados, solicita-se **6 dias de máquina**.

**Total de dias solicitados: 6 dias.**

## Referências

- [1] DEACON, A. N. et al, **Phys. Rev. C**, v. 76, p. 054303, 2007.
- [2] YOSHINAGA, N., HIGASHIYAMA, K., REGAN P.H., **Phys. Rev. C**, v.78, p. 044320, 2008.
- [3] SUGAWARA, M. et al., **Phys. Rev. C**, v. 81, p. 024309, 2010.
- [4] STEFANESCU, I et al, **Phys. Rev. C**, v. 79, p. 064302, 2009.
- [5] CHEAL B. et al., **Phys. Rev. Letters**, v.104, p. 252502, 2010.
- [6] SINGH, A. K. et al., **Eur. Phys. J. A**, v.9, p. 197, 2000.
- [7] CAURIER, E.; NOWACKI, F., **Acta Phys. Polonica B**, v. 30, p. 705, 1999.
- [8] SORLIN, O. et. al., **Phys. Rev. Letters**, v. 88, p. 092501, 2002.
- [9] HONMA, H. et al., **Phys. Rev. C**, v. 80, p. 064323, 2009.
- [10] ALCÁNTARA-NÚÑEZ, J.A. et al., **Nucl. Inst. Meth. A**, v. 497, p. 429, 2003.
- [11] GRAVON, A., **Phys. Rev. C**, v.21, p. 230, 1980