

## **Proposta para abertura de concurso público para cargo de professor doutor MS3**

**Área: Física Nuclear Experimental de Baixas Energias.**

À Comissão de Pesquisa do Instituto de Física da USP

Na presente data de 03 de março de 2022, os professores abaixo relacionados vêm submeter uma proposta para a abertura de uma vaga para o cargo de professor doutor MS3 na área de Física Nuclear Experimental de Baixas Energias.

Airton Deppman – Professor Associado 3 – DFE

Edilson Crema – Professor Titular – DFN

José Roberto B. de Oliveira – Professor Associado 3 – DFN

Kelly C. Cezaretto Pires – Professora Doutora 2 – DFN

Leandro Romero Gasques – Professor Associado 2 – DFN

Luiz Carlos Chamon – Professor Titular – DFN

Nilberto H. Medina – Professor Associado 3 – DFN

Renato Higa – Professor Doutor 1 – DFN

Rubens Lichtenthäler Filho. – Professor Titular – DFN

Valdir Guimarães – Professor Associado 3 – DFG

### **Justificativa científica para a área**

A área da física nuclear se propõe a investigar o cerne da matéria, os núcleos, que são sistemas quânticos complexos com estruturas intrínsecas. A ideia de lançar um núcleo contra o outro para estudar suas propriedades foi realizada pela primeira vez em 1911, com o experimento de Rutherford. Desde então, vários aceleradores foram construídos e têm sido utilizados para promover colisões, com o objetivo de estudar a estrutura dos núcleos, bem como os mecanismos de reação. Muito foi aprendido acerca das propriedades estruturais dos núcleos, tanto estáveis como radioativos, como energias de ligação, vidas médias, deformações nucleares, estados excitados, etc. No que se refere às reações, uma quantidade significativa de dados foi obtida para diversos canais de reação, como espalhamento elástico, espalhamento inelástico, reações de transferência de um ou mais núcleons, fusão nuclear, quebra, etc. Apesar do grande desenvolvimento, tanto teórico como experimental, alcançado na compreensão da estrutura nuclear e mecanismos de reações, muitas questões ainda permanecem em aberto, principalmente devido ao comportamento não trivial da força nuclear forte em baixas energias e à complexidade do sistema nuclear.

Nos últimos anos, grandes avanços têm sido feitos através dos espectrômetros de raios gama: AGATA e GRETINA, com o estudo de novos fenômenos na estrutura de núcleos, como o estudo das quebras de simetrias de isospin em núcleos espelhos. Também aumentou significativamente o interesse na investigação da estrutura de núcleos ricos em prótons ou em nêutrons, longe da linha de estabilidade, tanto teoricamente como experimentalmente. Alguns desses núcleos são chamados de “exóticos”, devido a suas estruturas anômalas de efeito *halo* e *skin*. Essas configurações exóticas interferem nos diversos mecanismos de reações. Por outro lado, a dinâmica de reação pode dar informações sobre a estrutura desses núcleos, criando uma sinergia entre estrutura nuclear e mecanismos de reação. Com o advento de equipamentos e facilidades que produzem feixes com núcleos radioativos, a investigação espectroscópica de núcleos exóticos e a investigação experimental de reações de interesse astrofísico intensificaram-se ainda mais. Há também um interesse renovado por reações de dupla troca de carga devido a sua analogia com o duplo decaimento beta, repercutindo sobre a física de neutrinos e possíveis consequências para reformulações do Modelo Padrão.

Do ponto de vista da astrofísica, reações nucleares de captura de prótons e nêutrons têm um papel determinante na síntese de elementos, produção de energia, e na existência e evolução dos diferentes entes astrofísicos. Apesar dos consideráveis esforços e progressos, tanto experimentais como teóricos, várias questões referentes à astrofísica nuclear ainda permanecem em aberto. Até o momento não dispomos de todos os dados experimentais de que precisamos, e a maioria das informações necessárias para modelos dos processos de nucleossíntese ainda são baseadas em extrapolações ou modelos teóricos sem uma firme base experimental. Necessitamos de dados nucleares (massas e informações espectroscópicas como energia e spin de ressonâncias) cada vez mais precisos, para interpretar os dados observacionais que estão sendo obtidos de sondas espaciais e observatórios terrestres. Recentemente, a explosão devido a colisão de duas estrelas de nêutrons (kilonova), cujas ondas gravitacionais foram detectadas pela coligação Ligo e Virgo, forneceu uma quantidade de dados gigantesca sobre o processo de captura rápida de nêutrons e formação de elementos pesados, abrindo uma nova era para a astrofísica nuclear.

### **A física nuclear no mundo e no Brasil**

Com o advento de sistemas de produção de feixes radioativos, estudos da estrutura de núcleos exóticos e astrofísica nuclear se tornaram campos muito ativos da física nuclear. Laboratórios espalhados pelo mundo têm se adaptado para produzir

esses feixes radioativos. Grandes investimentos têm sido aplicados nos laboratórios para que feixes cada vez mais energéticos e cada vez mais ricos em nêutrons ou prótons possam ser produzidos. Projetos em vários países da Europa, Estados Unidos, Japão, China e Coreia do Sul estão sendo propostos ou entrando em operação para produzir esses feixes, dentre eles podemos citar: **GANIL** (*Grand Accélérateur National d'Ions Lourds*) na França, **FAIR/GSI** (*Facility for Antiprotons and Ions Research*) na Alemanha, **ISOLDE/CERN** na Suíça, **NSCL-MSU** (*National Superconducting Cyclotron Laboratory - Michigan State University*) nos Estados Unidos, RIKEN no Japão, **HIRFL** (*Heavy Ion Research Facility*) em Lanzhou na China, e laboratórios com feixes de energias mais baixas como o **Twinsol** instalado na *University of Notre Dame* e o **ISAC/Triumf** no Canadá.

O IFUSP conta com o acelerador Pelletron há várias décadas, com capacidade de aceleração de até 8MV. A utilização do acelerador é gerenciada através do Laboratório Aberto de Física Nuclear (**LAFN**) do IFUSP. Qualquer pesquisador, do Brasil ou do exterior, pode propor experimentos para serem realizados no LAFN. As propostas são analisadas periodicamente, sendo aprovadas ou não por um comitê avaliador eleito pelo Conselho do Departamento de Física Nuclear. O LAFN tem seu diretor eleito através de consulta aos seus usuários, ratificada pelo Conselho do DFN. Entre docentes, pesquisadores e estudantes, o LAFN conta, atualmente, com cerca de uma centena de usuários.

Os projetos aprovados no LAFN são desenvolvidos principalmente em quatro canalizações com diferentes câmaras de detecção experimentais. Uma linha é dedicada ao estudo de reações nucleares para sistemas envolvendo sistemas de núcleos estáveis. Uma outra canalização se dedica ao estudo da estrutura e propriedades dos núcleos. A terceira linha corresponde a um sistema para a produção de feixes radioativos, chamado **RIBRAS** (*Radioactive Ion Beam in Brasil*), que foi instalado no LAFN em 2004. O principal objetivo desse sistema é produzir feixes radioativos de baixas energias (2 a 5 MeV/núcleon), para investigar a estrutura de núcleos leves ricos em nêutrons ou prótons e medidas de taxa de reações. A quarta linha é usada para física aplicada envolvendo irradiação de dispositivos eletrônicos, e testes de detectores e equipamentos ligados, também, à pesquisa básica.

Pesquisadores na área de reações nucleares de outras instituições do Brasil e do exterior também utilizam o acelerador do IFUSP, como pesquisadores da UFF, UNIFESP, UFSC, ITA, Centro Universitário FEI, UFRGS, CTI Renato Archer, PUC/RS,

Laboratório Tandar (Argentina), Universidade de Sevilha (Espanha), Universidade de Catânia (Itália), Universidade da Costa Rica, Universidade da Colômbia, etc.

### **Atuação dos professores da área do IFUSP**

No IFUSP temos atualmente sete professores ativos (não aposentados) trabalhando efetivamente na área de física nuclear experimental de baixas energias (Edilson Crema, Jose Roberto B. de Oliveira, Kelly C. C Pires, Leandro R. Gasques, Nilberto H. Medina, Rubens Lichtenthäler Filho e Valdir Guimarães), além de três professores que atuam na área teórica (Airton Deppman, Luiz C. Chamon e Renato Higa). Há pouco mais de 10 anos, esse número era de quinze docentes somente na área experimental. No entanto, alguns professores foram trabalhar com física nuclear de altas energias, outros faleceram, alguns se aposentaram e dois professores, que foram contratados em 2011 e 2014, se desligaram do IFUSP para irem trabalhar em universidades do exterior. Em termos de publicações, os professores atuantes na área de física nuclear experimental de baixas energias no IFUSP têm publicado em torno de 20 artigos por ano, indicando que a área é bastante ativa.

### **Alunos de doutorado, pós-doutores e possíveis candidatos**

No momento, nessa área no IFUSP, temos oito alunos de doutorado (Alessandro Lara, Erick N. Zevallos, Fernando Miletto, Maria Eduarda B. A. Matos, Rafael Escudeiro, Saulo G. P. N. Alberton, Valter Kurman, Willian A. Y. Hatana) e seis pós-doutores (André Serra, Osvaldo Botelho, Paula R. P. Allegro, Uiran da Silva, Valdir Scarduelli e Vitor Aguiar). No entanto, o número de possíveis candidatos para a vaga seria maior, considerando pós-doutores e pesquisadores de outras instituições do Brasil e do exterior, como por exemplo os doutores Erick Leistenschneider (pós doutor no CERN) e Juan Zamora (pesquisador técnico no NSCL-MSU), que estavam no IFUSP há pouco tempo atrás. Acreditamos que poderemos ter em torno de dez candidatos para essa vaga.

### **Área estratégica**

A área de física nuclear é estratégica devido à ampla gama de aplicações que ela proporciona, como produção de energia, medicina nuclear, diagnóstico de doenças, aplicações em agricultura, museologia, indústria, etc. Assim, é importante para o país que possamos ter o domínio do conhecimento e das técnicas nucleares. Nesse sentido, o IFUSP tem sido a grande instituição formadora de mão de obra qualificada nessa área. Os professores atuantes na área no IFUSP e alguns pesquisadores de outras instituições realizam experiências no Laboratório Aberto de Física Nuclear instalado no

IFUSP. Esse é o único laboratório de física nuclear básica e aplicada com aceleradores no Brasil. O laboratório tem formado em média dois alunos de doutorado por ano nos últimos 10 anos. Vários desses doutores foram contratados em instituições públicas, dentre elas universidades federais e o IPEN (Instituto de Pesquisa Energética e Nucleares). Os alunos formados no IFUSP nessa área experimental têm formação relevante para trabalhar não apenas em pesquisa básica, mas também em física nuclear aplicada e nos reatores que estão sendo instalados no Brasil.

### **Interface com grupos do IFUSP**

A interface com grupos no IFUSP se dá através de colaborações com professores teóricos da área de Física Nuclear. Dentre eles podemos citar os professores Luiz C. Chamon e Renato Higa do Departamento de Física Nuclear e Airton Deppman do Departamento de Física Experimental. Existe também uma interface de alguns dos professores da área de física nuclear experimental com os grupos de física nuclear aplicada, utilizando o laboratório LAMFI ou mesmo o Pelletron para pesquisas em física nuclear aplicada. O conhecimento e o treinamento dado para alunos nas pesquisas de física nuclear básica são fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa em física nuclear aplicada.

### **Colaborações internacionais**

Todos os professores da área mantem colaborações internacionais com os maiores laboratórios de física nuclear no mundo. Dentre os laboratórios com os quais os professores dessa área têm colaborações ativas, destacamos: Laboratório Tandem na Argentina, GANIL na França, projeto NUMEN/LNS/Catânia, Padua e LNL/Legnaro na Itália, Texas A&M University nos Estados Unidos, Riken no Japão, Universidade de Sevilha na Espanha. Além disso esses professores também têm colaborado com pesquisadores teóricos do Brasil e do exterior para auxiliar na análise de seus dados. Vários dos pós-doutores da área no Brasil, e potenciais candidatos para a vaga, têm experiência internacional e já mantêm colaborações internacionais.

### **Comentários finais**

Com o que foi exposto, acreditamos que seria interessante para o IFUSP abrir uma vaga para a área de física nuclear experimental de baixas energias. Essa área tem uma enorme tradição no nosso instituto, tendo formado gerações de pesquisadores que trabalham ou trabalharam em diversas instituições no Brasil e no exterior. Não é demais enfatizar a importância estratégica da física nuclear para nosso país. A quase totalidade dos professores ativos na área de física nuclear experimental de baixas energias no

IFUSP são professores titulares ou associados, em nível intermediário da carreira, sendo que temos apenas uma professora doutora, que foi contratada em 2014. É importante que essa área seja constantemente renovada, visto que ingressantes podem trazer novas ideias e técnicas. Também é importante comentar que um laboratório como o acelerador Pelletron, de grande porte em comparação a outras instalações experimentais do IFUSP, necessita de uma certa “massa crítica” de docentes experimentais para continuar atuando com eficiência. O atual número de docentes do IFUSP na área já é bem pequeno em comparação com o que foi no passado. A perspectiva a médio prazo é bastante preocupante, já que pelo menos dois dos pesquisadores atuais já têm tempo para se aposentar ou terão brevemente. Portanto, novas contratações são cruciais para que a área possa se manter renovada e revigorada.

Além disso, há vários candidatos extremamente qualificados e interessados. Este é um ponto importante a ser considerado, levando em conta a crescente fuga de cérebros e talentos que o Brasil sofre atualmente. Essa é uma oportunidade de contratarmos pesquisadores de excelente nível e que desejam ficar no Brasil. Essa oportunidade não deve perdurar por muito tempo, pois alguns desses candidatos, no momento, são pós-doutores em alguns dos melhores laboratórios do mundo e estão publicando em revistas de excelência como *Physical Review Letters* e *Nature*. O desenvolvimento de novos projetos de pesquisa em áreas de fronteira da física nuclear de baixas energias depende de pessoas jovens e atuantes como essas.