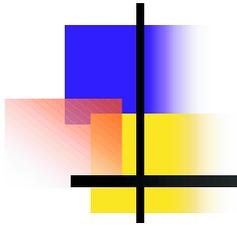


# Física Nuclear Básica e Aplicada com o Acelerador Pelletron

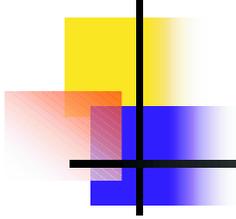


*Roberto V. Ribas*

*Laboratório Aberto de Física Nuclear*

Instituto de Física - USP

# Tópicos



---

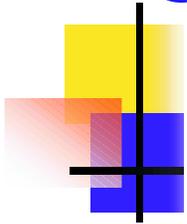
- Origens da Física Nuclear no Brasil.
- Aceleradores de partículas.
- Física Nuclear básica.
- Física Nuclear Aplicada.

# O início



- Em 1934, com a fundação da USP, o físico italiano de origem russa Gleb Wataghin, convidado para o recém criado Departamento de Física, iniciou a pesquisa em física no Brasil.

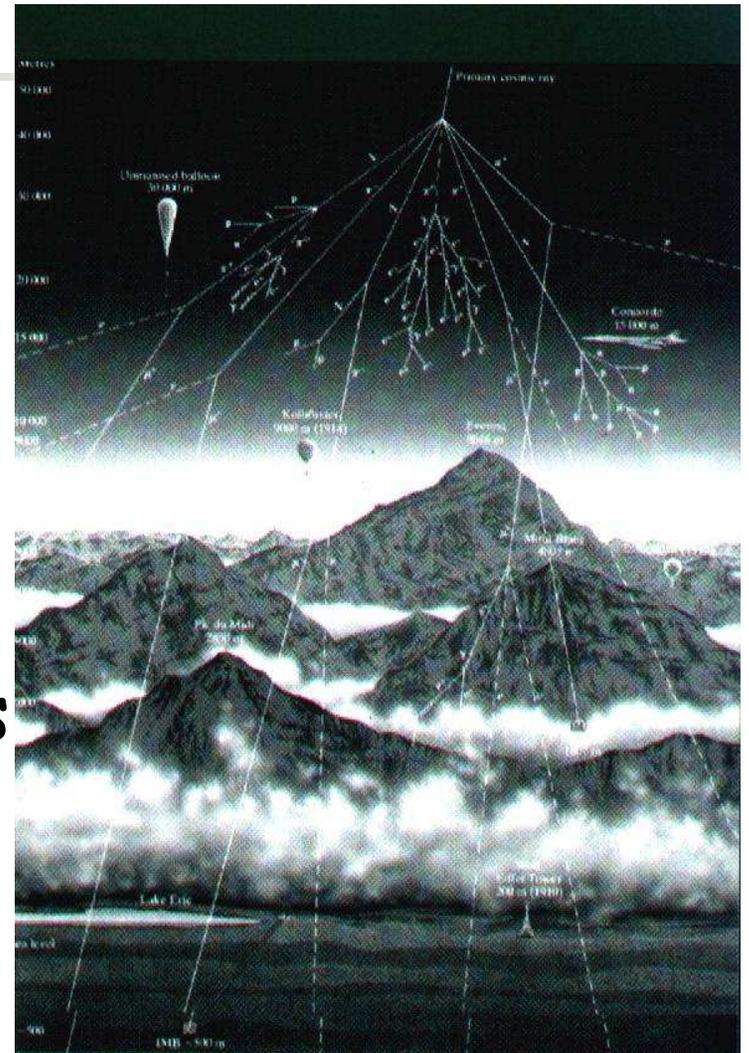
# Os Primeiros



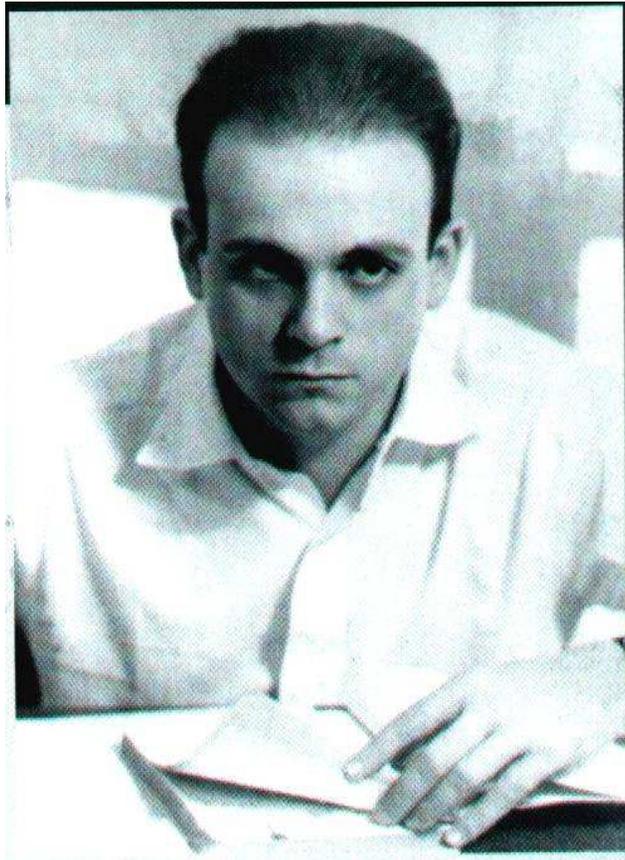
- Roberto Xavier, D. Maria, Ochialini, Marcello Damy, Seu José, Yolande Monteaux, Abraão de Moraes, Mario Schenberg, Gleb Wataghin, Bentivoglio      Curso de Verão - IFUSP 2006

# Chuveiros Penetrantes

- Alguns anos após, o grupo liderado por Wataghin, formado por Damy, Ochialini, Paulus Pompéia e outros descobria os chuveiros penetrantes de raios cósmicos.



# Cesare Giuseppe Mansueto Lattes



- Cesar Lattes iniciou o curso de física por volta de 1939. Alguns anos depois de se formar, vai a Bristol, onde juntamente com Powell e Ochialini descobre o méson  $\pi$ .

# A grande Descoberta

## As Descobertas 1947 e 1948

rio - As e os Est

*Atribui-se excepcional importancia à descoberta do fisico brasileiro Cesare Lattes no dominio atomico*

CONSIDERADA O MAIOR ACONTECIMENTO CIENTIFICO DOS ULTIMOS TEMPOS A PRODUÇÃO ARTIFICIAL DE "MESONS"

DECLARAÇÕES DOS PROFS. WATAGHIN E SOUSA SANTOS

Antes de Ce- te cientista pa- dition sua com- rio do Minister- cionou esperar u- la, porque a m- que la haviam- dionava. Depois- gente, as pesso- tonava. Depois- esforço inces- conferencista - ne absolutame- obrigou a pro- mais tarde.

[Folha da Manhã, 11-3-1948]

## CESAR LATTES DE REGRESSO AO BRASIL

Esperado na segunda semana de dezembro o famoso cientista brasileiro

Antes, porém, de detalharmos a palestra que com ele tivemos, digamos que o

[A Manhã, 28-2-1948]

## CESAR LATTES PRODUZIU O "MESON" ARTIFICIAL EM 9 DIAS DE TRABALHO

A Descoberta do Jovem Cientista Brasileiro Abriu o Caminho Para a Fisica Ultra-Nuclear — Uma Das Conquistas Mais Importantes da Ciencia Moderna — Perspectivas Ilimitadas — Fala ao DIARIO CA- RIOCA o Prof. Costa Ribeiro, Cate dratico da Nossa Escola de Filosofia

nos hu- lido desta redação, o Jor- a Robert Prescott, da

[A Manhã, 28-11-1948]

## O POVO E OS ESTUDANTES RECEBERAM COM VIVAS O DESCOBRIDOR DO MESON

Nenhum representante do governo ou do Ministerio da Educação no desembarque de Cesar Lattes — As primeiras declarações à re- portagem — A ciencia a serviço da paz — Planos para o futuro

[Acervo Folha de São Paulo, 10-12-1948]

Dr. Cesar Mansueto Lattes que descobriu a

Quando, mais tarde, nos encon- tramos com Cesar Lattes e com outro jovem fisico, o professor

se sabe que o cicotron pode pro- duzir essa usina atomica de força artificialmente, e sabe-se isto gra- ças aos estudos de Cesar Lattes e

The new milestone in fundamen- tal nuclear research was reached by two young scientists working

O jovem cientista, brasileiro Cesar Lattes, descobriu a nova usina de força nuclear, na Universidade de California, e a quem se deve a de-

TUESDAY, MARCH 9, 1948

## First Meson Cosmic In Laboratory Produced

[9-3-1948]

FOLHA DA MANHÃ

PUT IN PRODUCTION Artificial Creation in Berkeley of Cosmic Beam Held Major Key to Atom's Mysteries

ESPERADO NO BRASILEIRO

## PUT IN PRODUCTION

Artificial Creation in Berkeley of Cosmic Beam Held Major Key to Atom's Mysteries

## 2 YOUNG SCIENTISTS' WORK

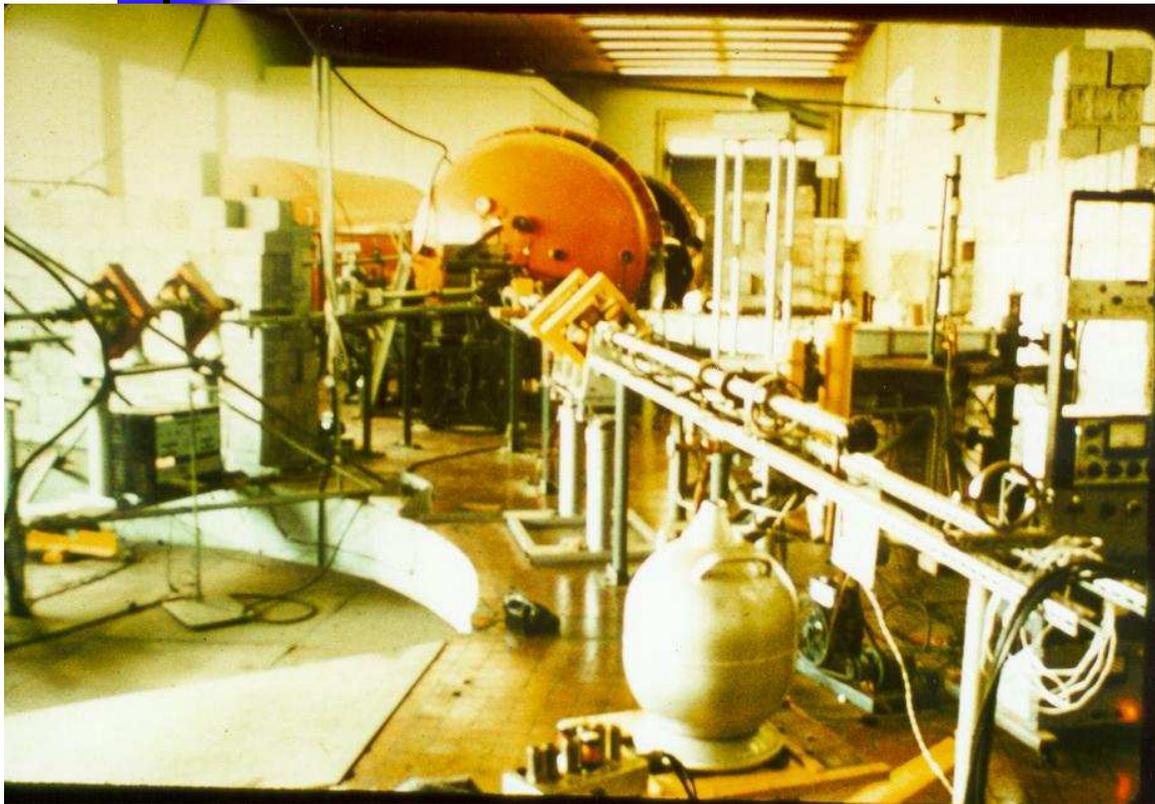
Research Means Determining of the Ultimate Particles of Matter, Why They Exist

[11-3-1948]

## Revelações sobre descoberta de

O Estado de São Paulo, 24-3-1948. In the radiation labors other veteran staff men erously gave the spotlight Gardner and Lattes at

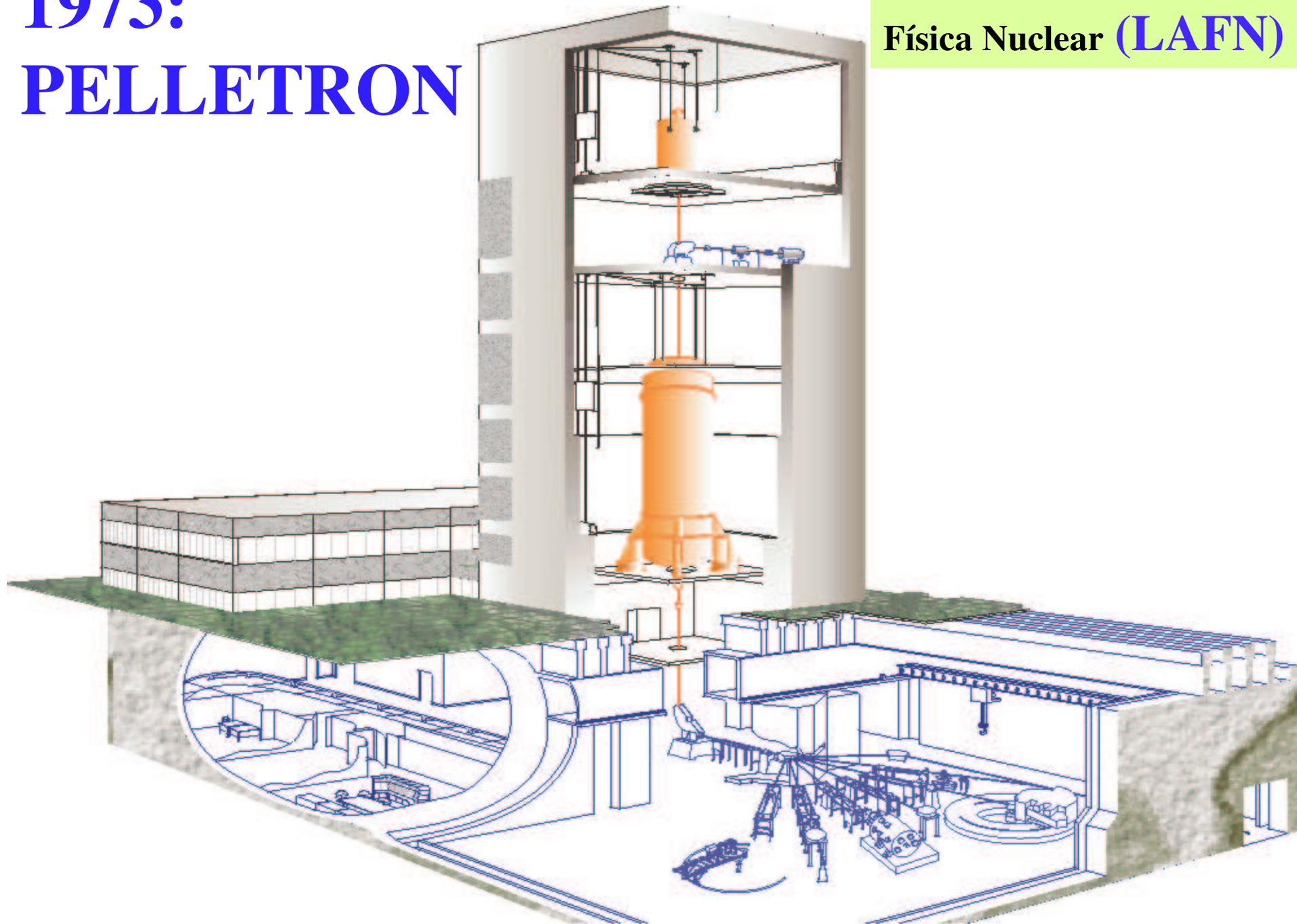
# Avanços nos anos 50



- Logo após a segunda guerra, Damy instala o Betatron e Oscar Sala inicia a construção do acelerador Van de Graaf, na Cidade Universitária.

# 1973: PELLETRON

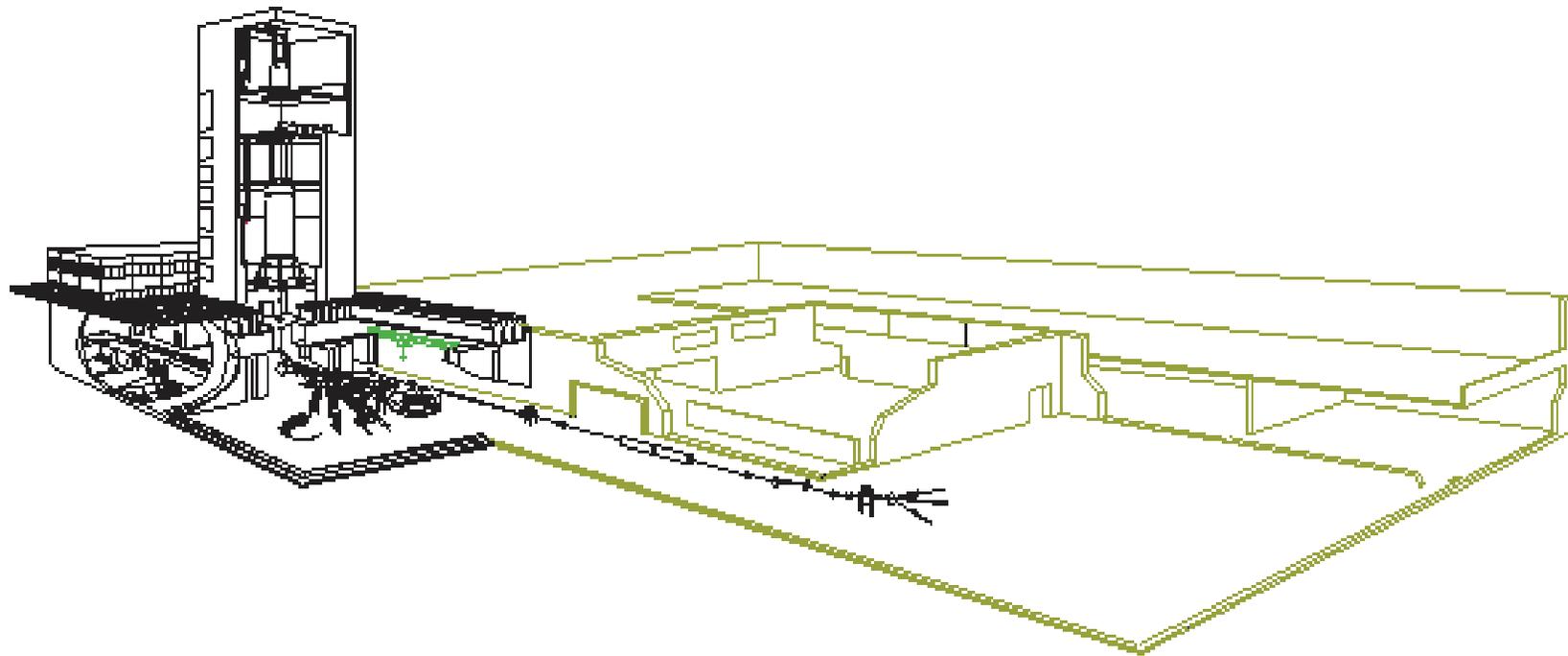
Laboratório Aberto de  
Física Nuclear (LAFN)



# PELLETRON-LINAC



- O Linac é um pós-acelerador linear. Seus ressoadores de Nióbio, são mantidos a uma temperatura de cerca de 2.5K.



Curso de Verão - IFUSP 2006



LAFN

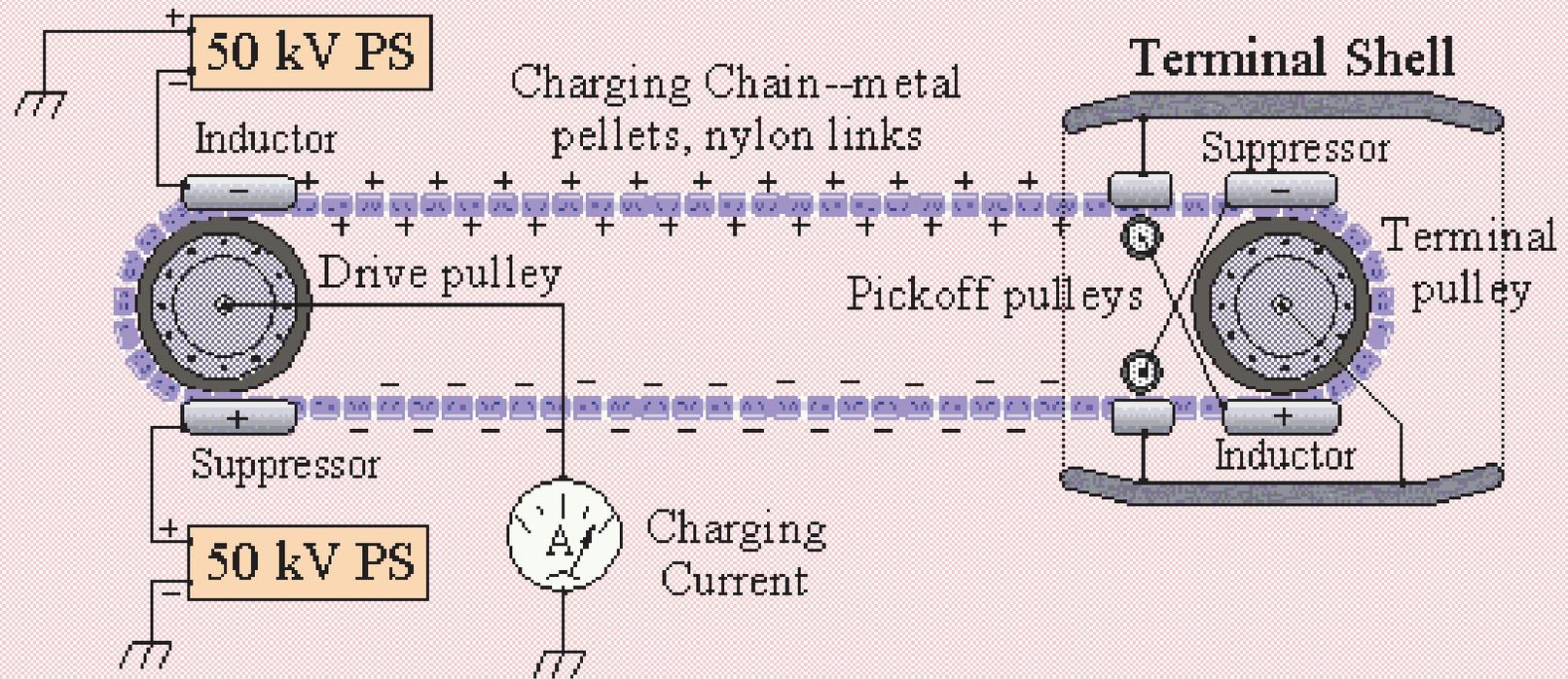
*Laboratório Aberto de Física Nuclear*

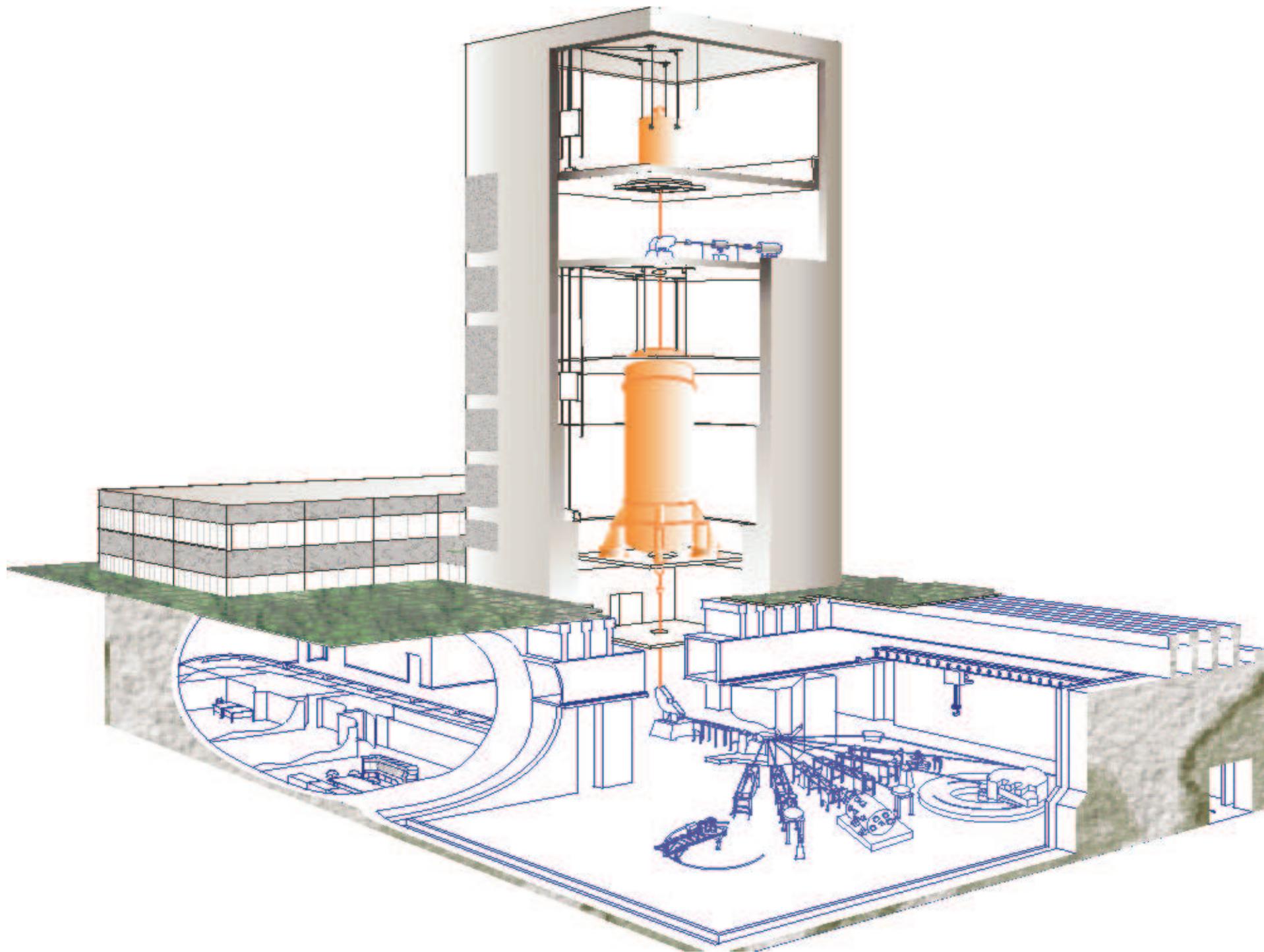


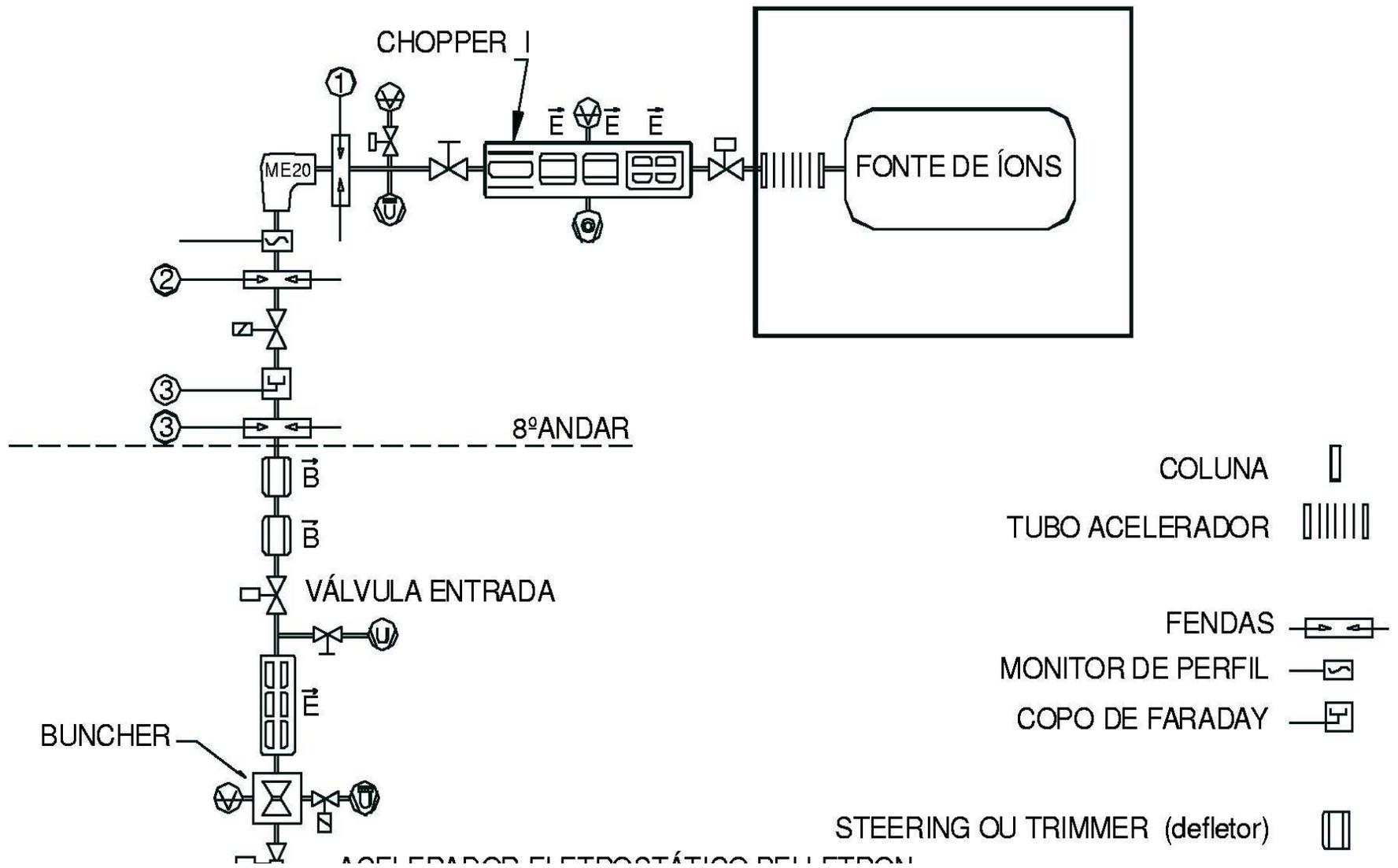
Curso de Verão - IFUSP 2006

# O Acelerador Pelletron

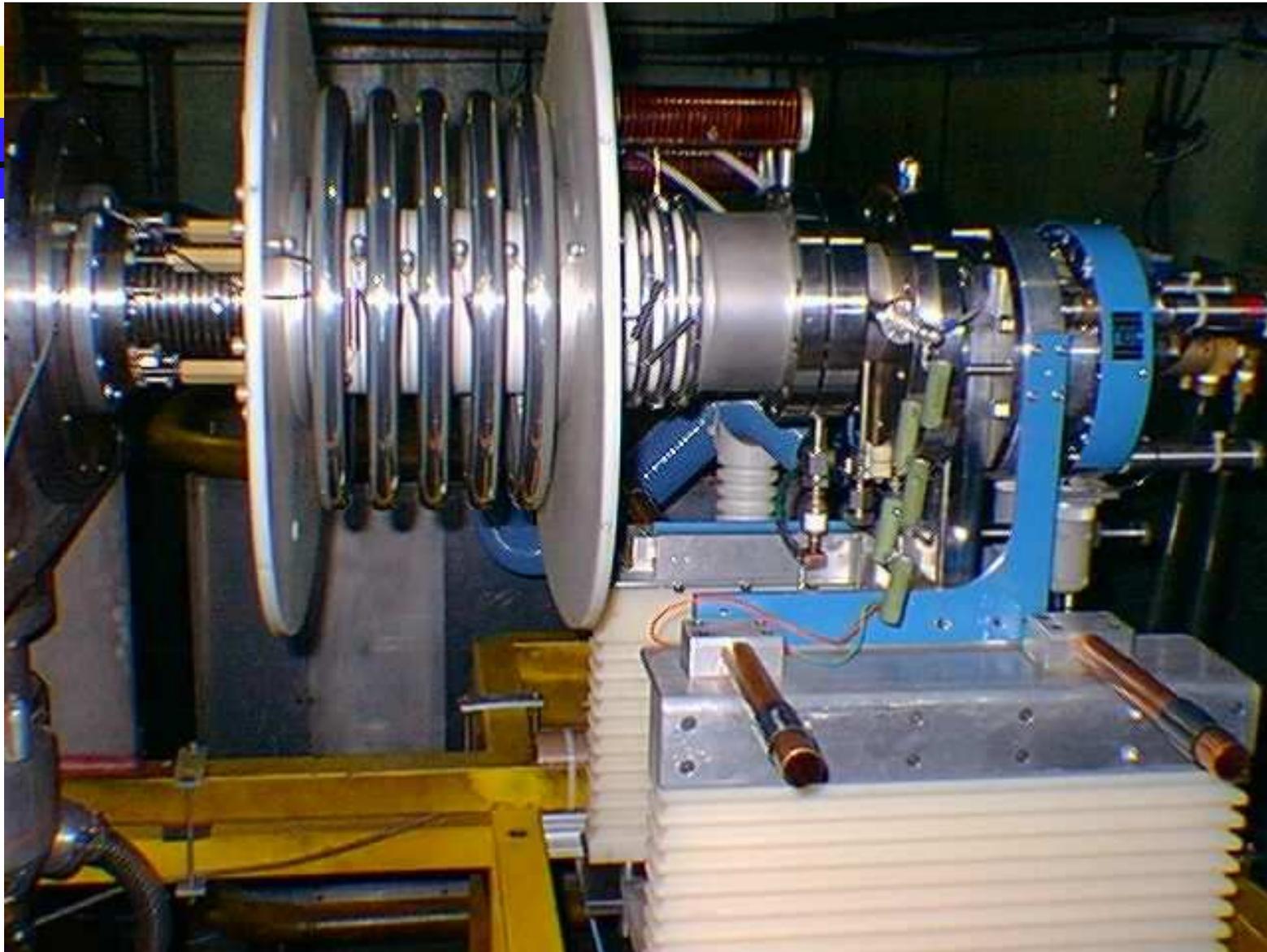
**Pelletron Charging System**  
(Positive configuration shown)



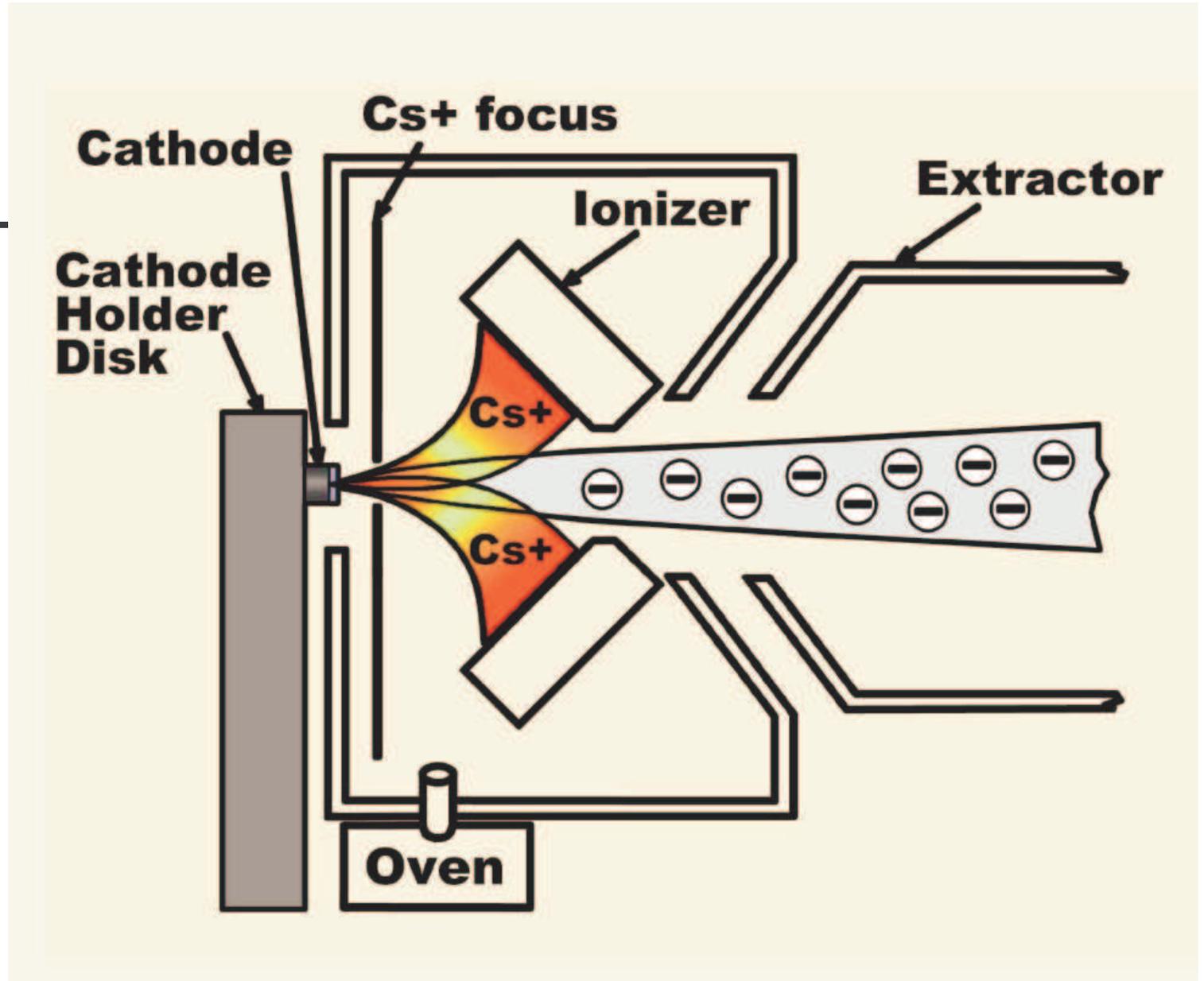
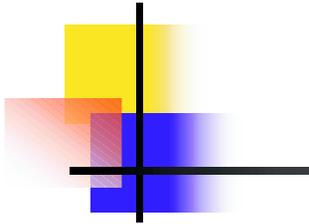


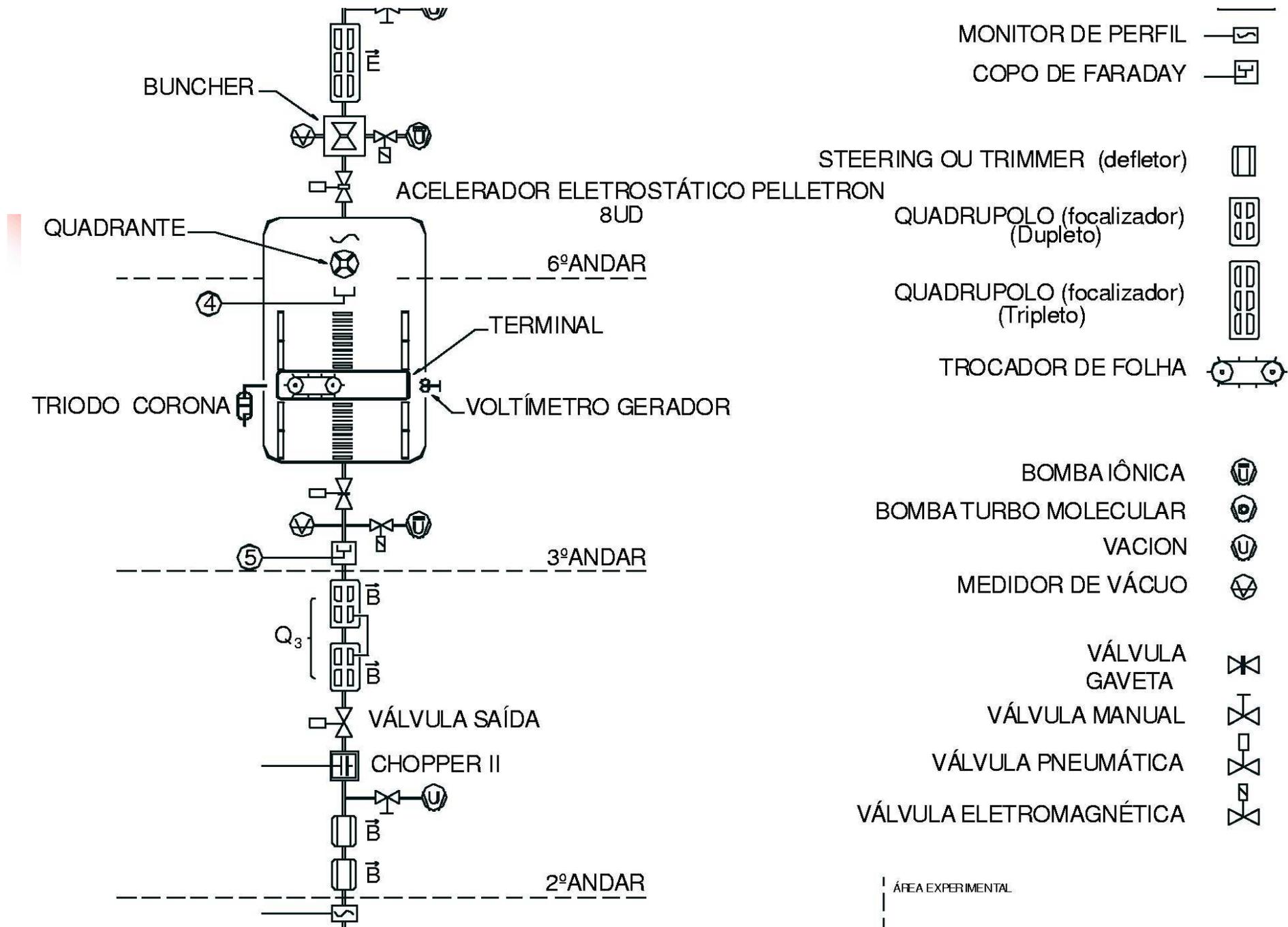


# Fonte de Íons – SNICS

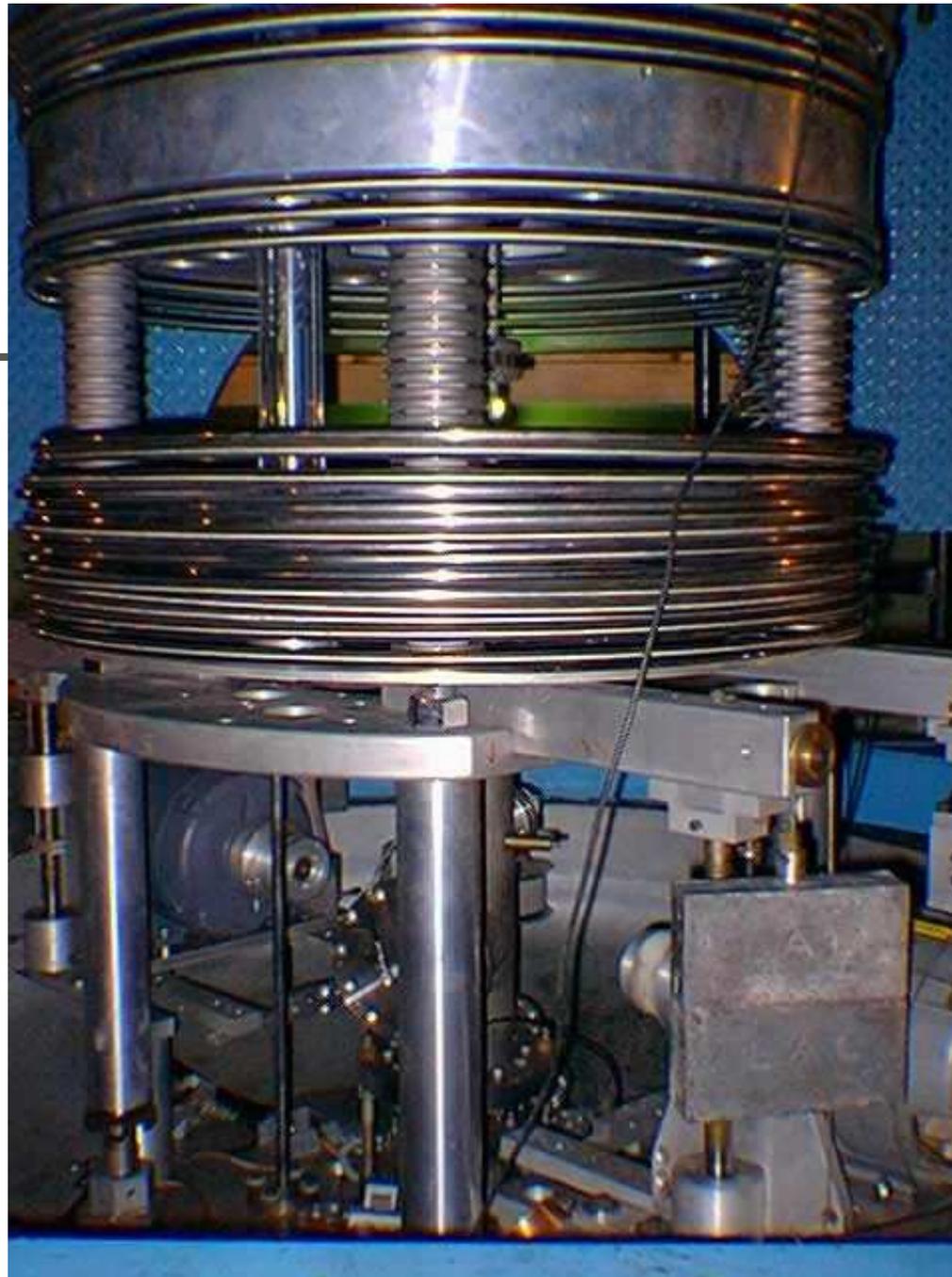
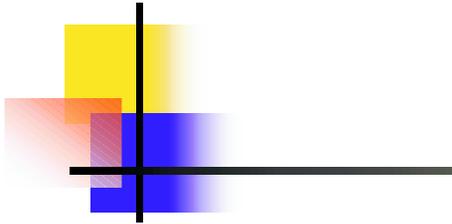


Curso de Verão - IFUSP 2006



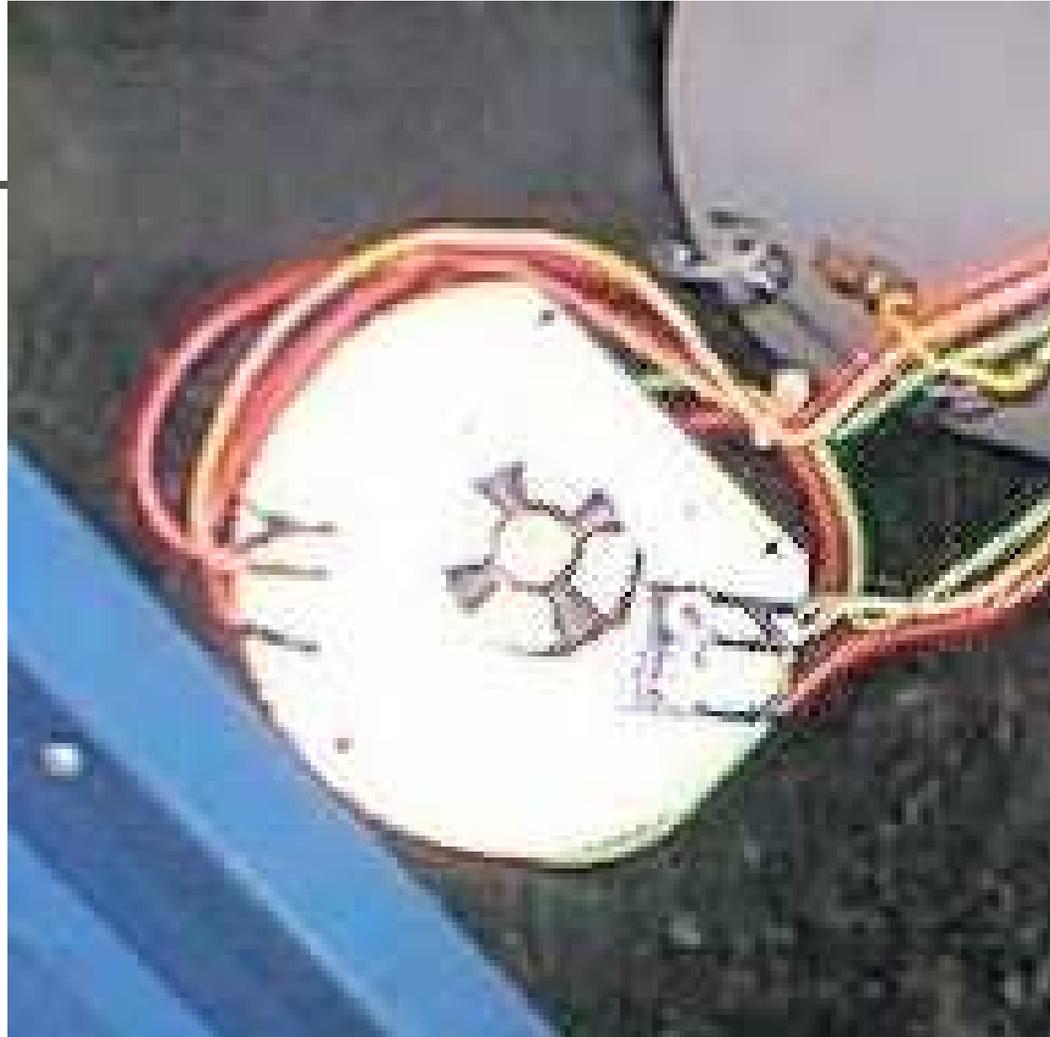
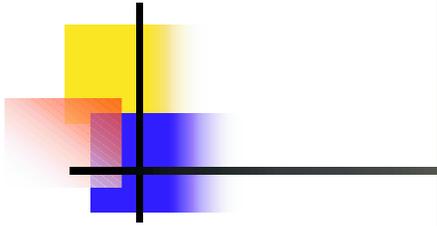




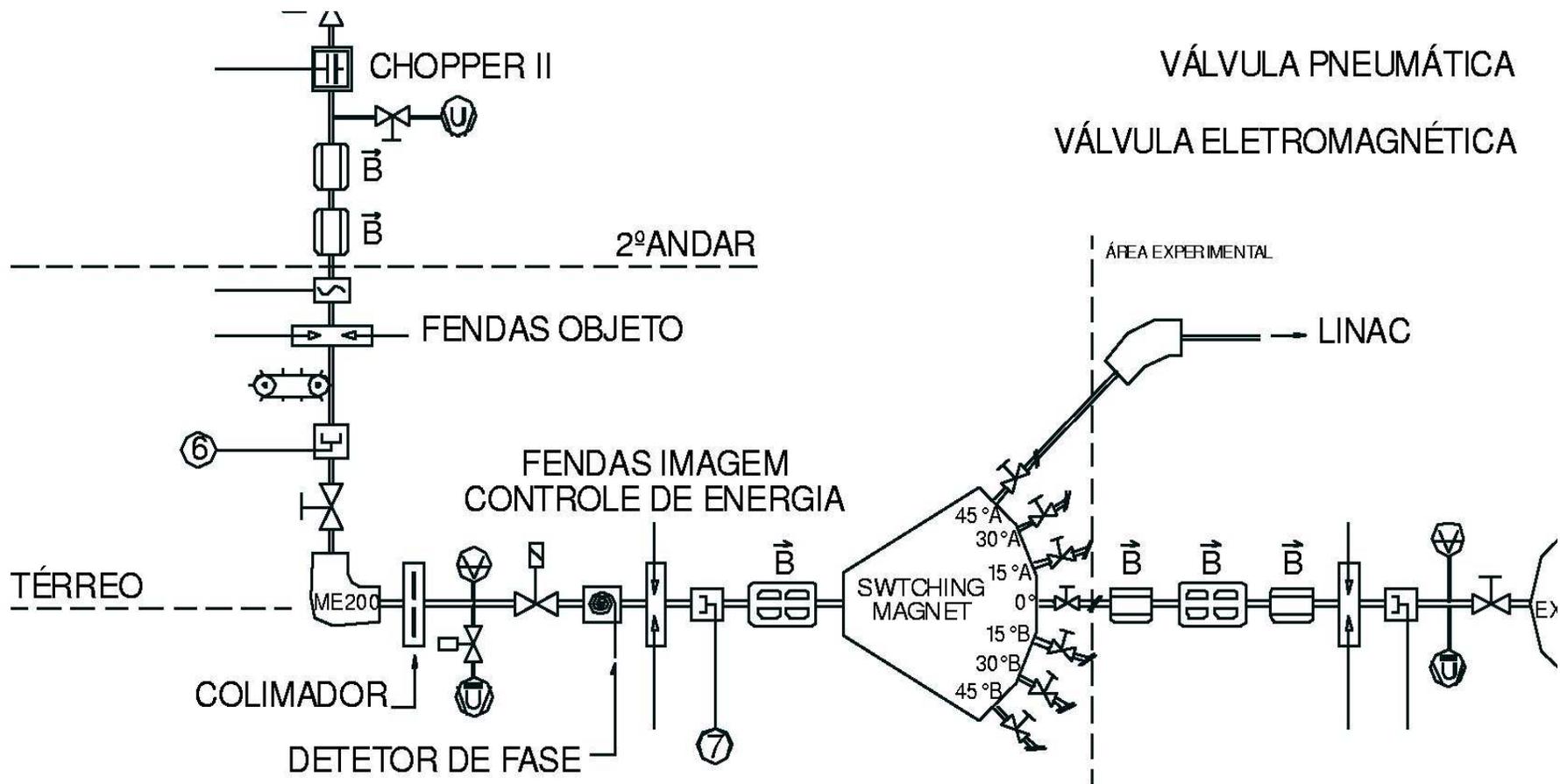


Curso de Verão - IFUSP 2006



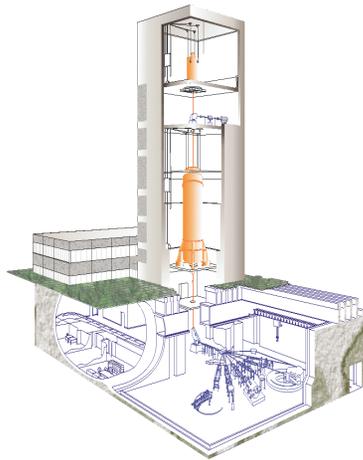


Curso de Verão - IFUSP 2006



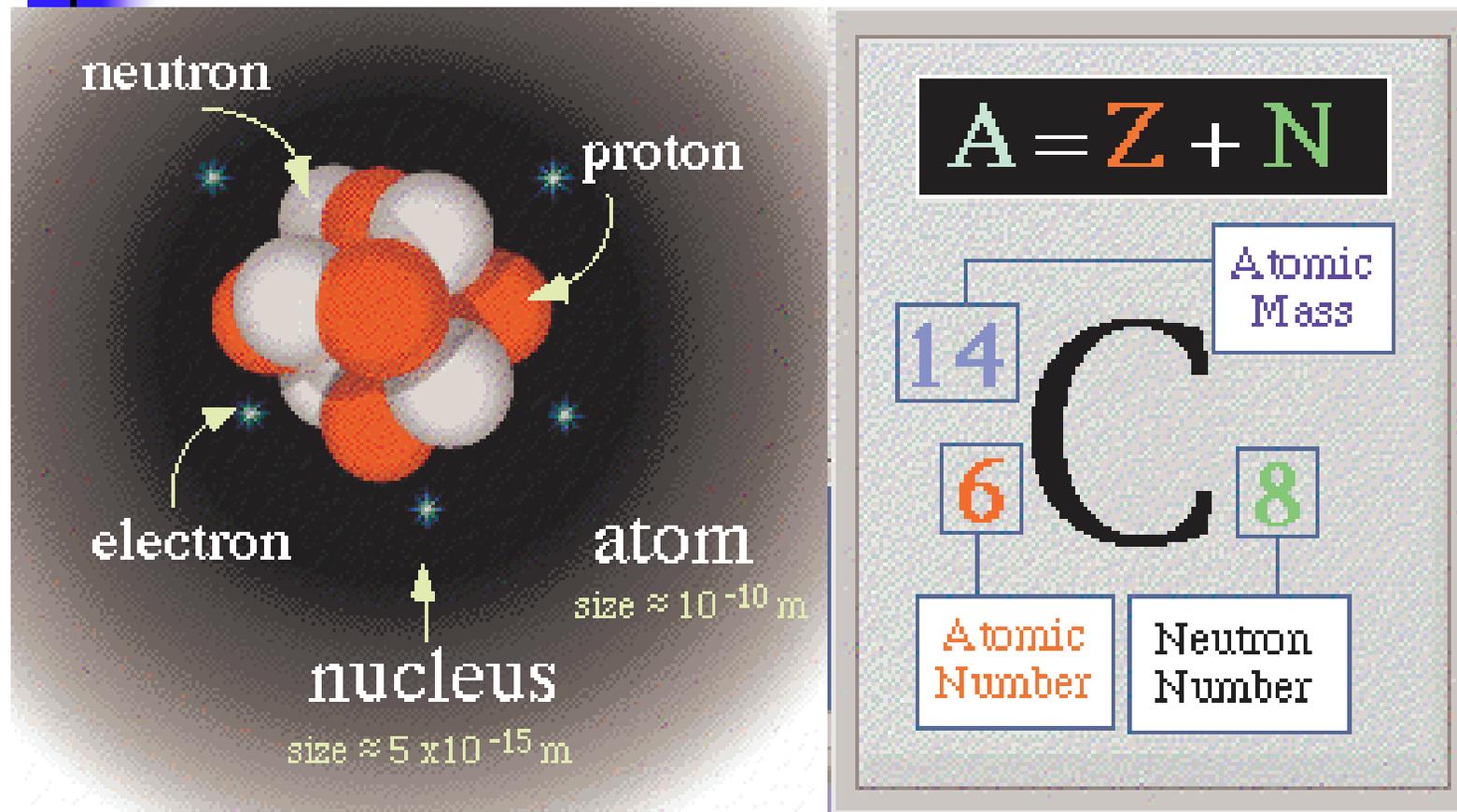


# O que estudamos do núcleo atômico?



- Reações nucleares (transferência, fusão, espalhamento, etc.)
- Estrutura Nuclear (estados nucleares, transições, vidas médias...)
- Aplicações (datação, análise de materiais, medicina etc.)

# O núcleo atômico



# Decaimento Radioativo

$\alpha$   
Alpha  
Decay



Seaborgium – Elemento super pesado (1974)

Rutherfordium – Elemento super pesado (1964)

$\beta$   
Beta  
Decay



# Fusão e Fissão

Fusion

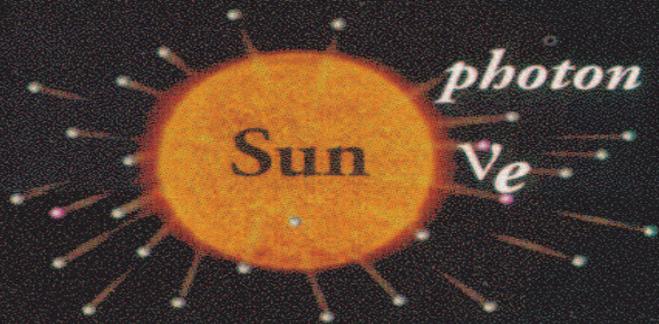
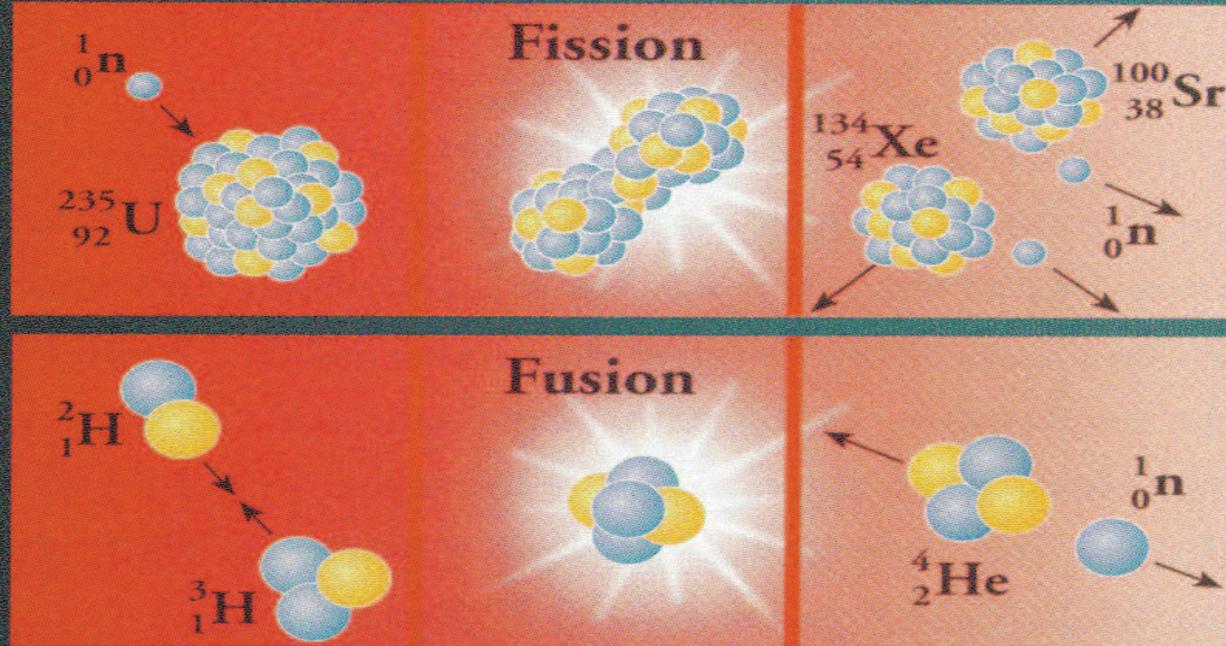


Fission



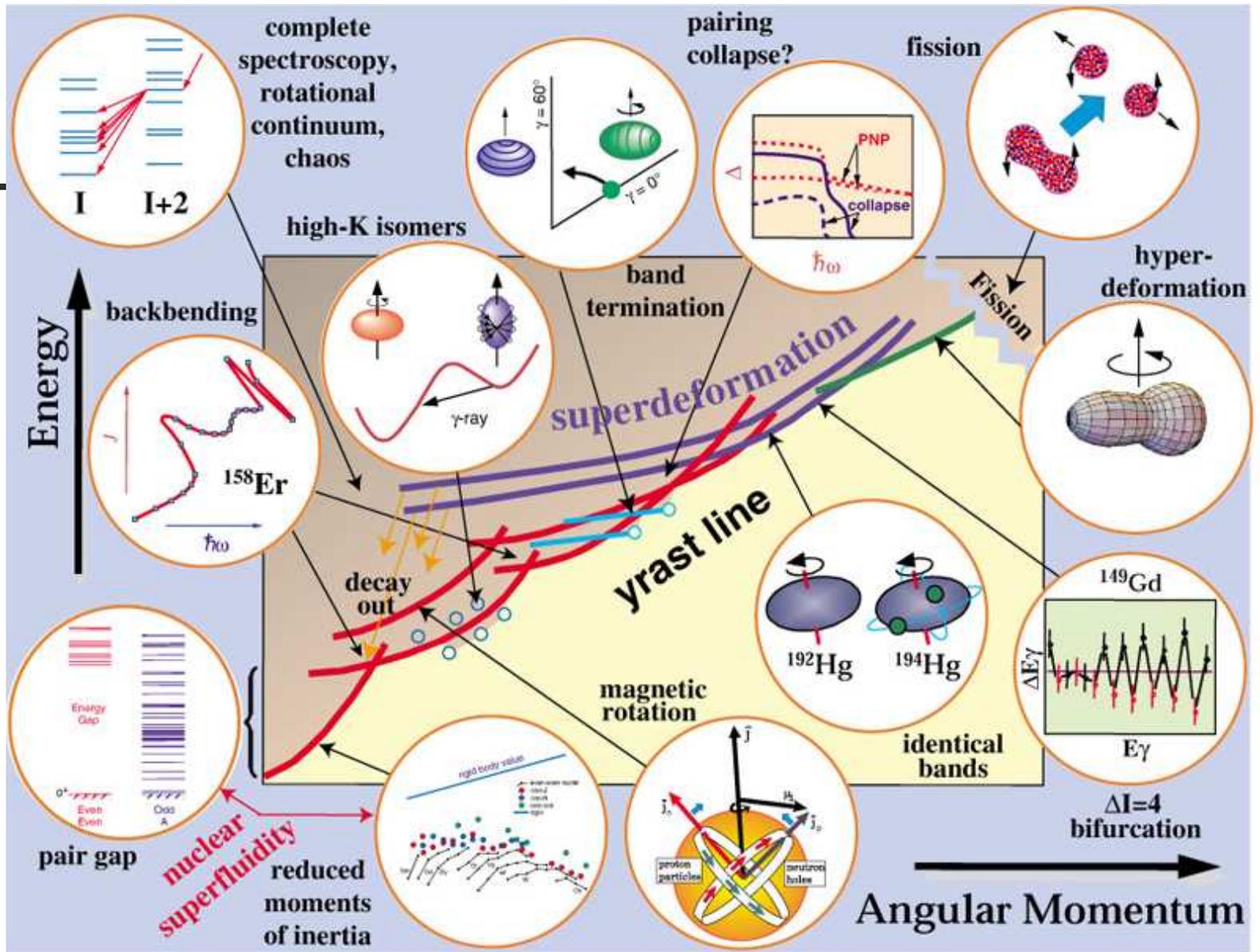
# Nuclear Energy

Nuclear reactions release energy when the total mass of the products is less than the sum of the masses of the initial nuclei. The “lost mass” appears as kinetic energy of the products ( $E = mc^2$ ). In fission, a massive nucleus splits into two major fragments that usually eject one or more neutrons. In fusion, low mass nuclei combine to form a more massive nucleus plus one or more ejected particles—neutrons, protons, photons, or alpha particles.

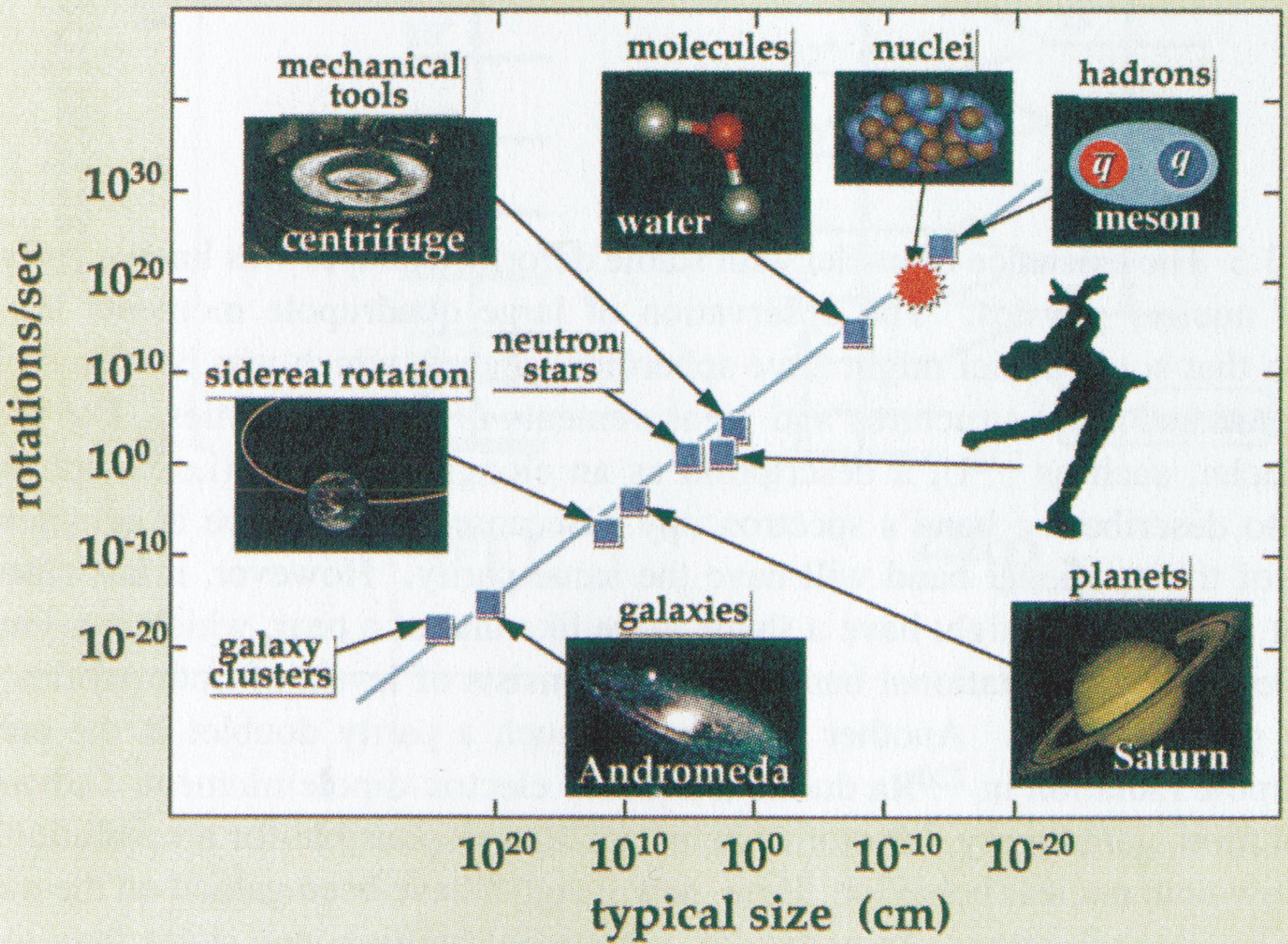


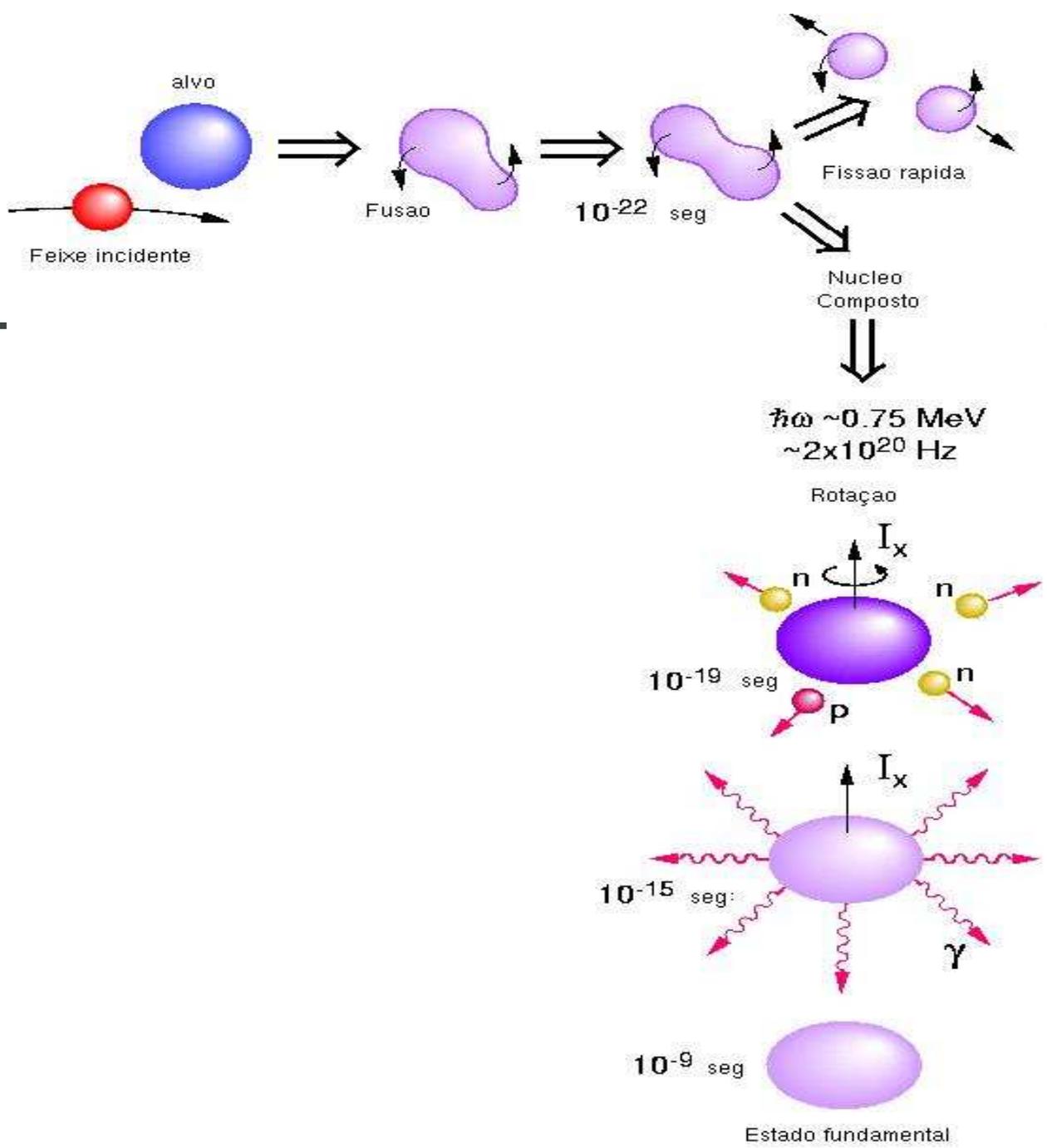
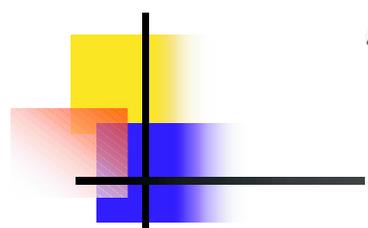
In the early stages of stellar evolution of our sun and other stars, hydrogen fuses to form helium, releasing energy in the form of photons (light) and neutrinos. During the later stages of stellar evolution, more massive nuclei up to and beyond uranium are synthesized by fusion. Current measurements show the observed solar neutrino rate is about half of what contemporary theory predicts. Ongoing experiments are trying to solve this mystery.

# Estrutura Nuclear

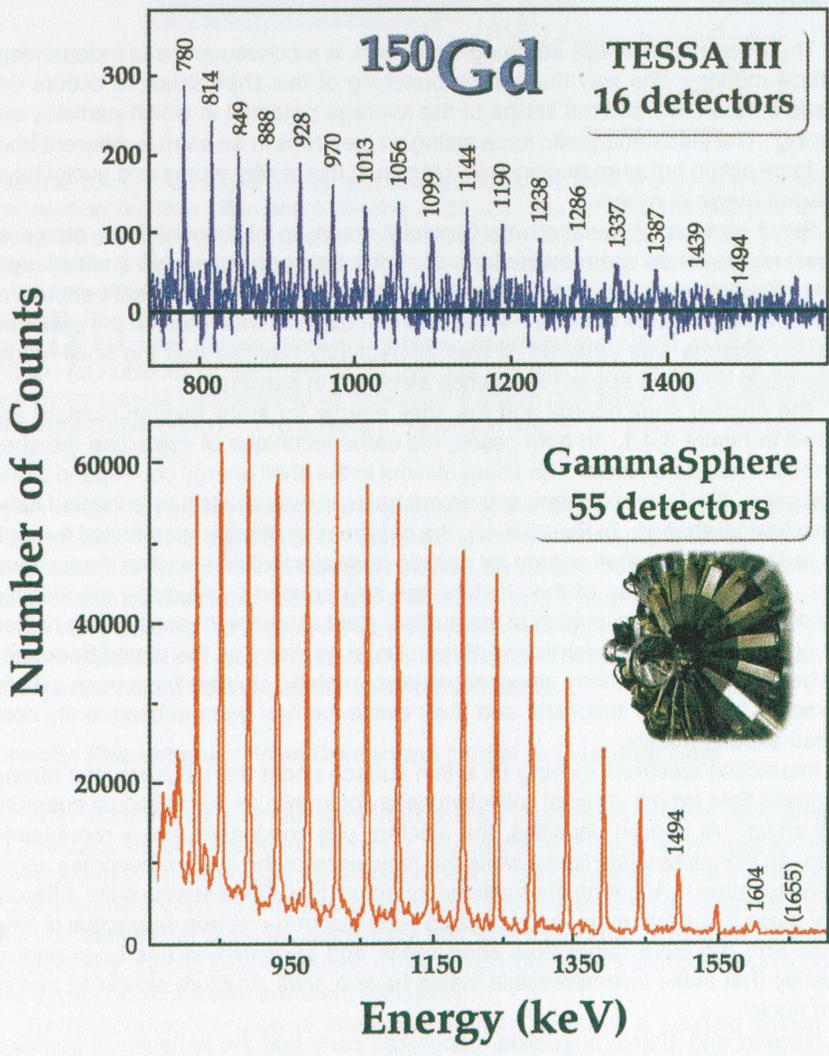
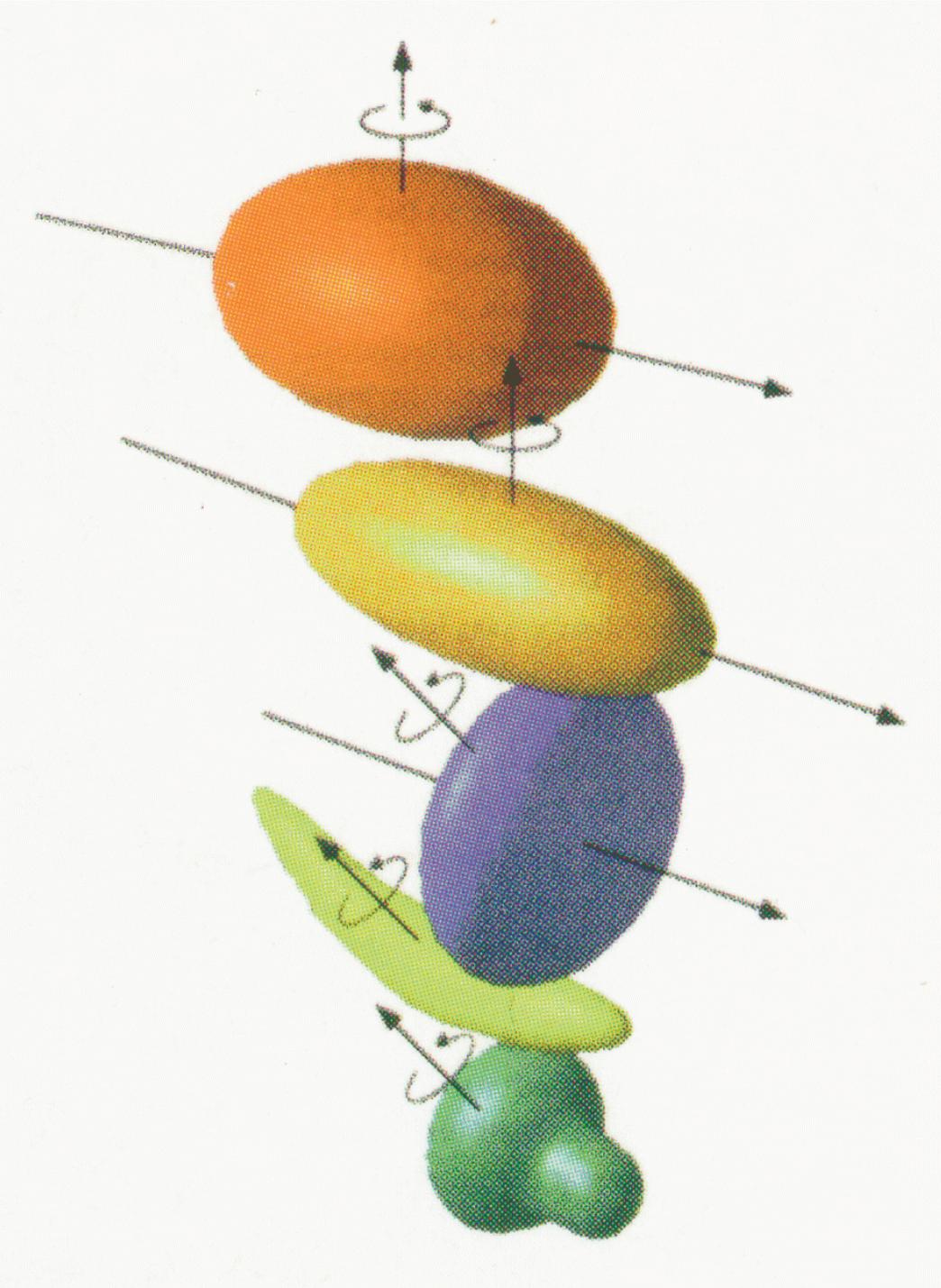


# rotations in the universe





# Superdeformação



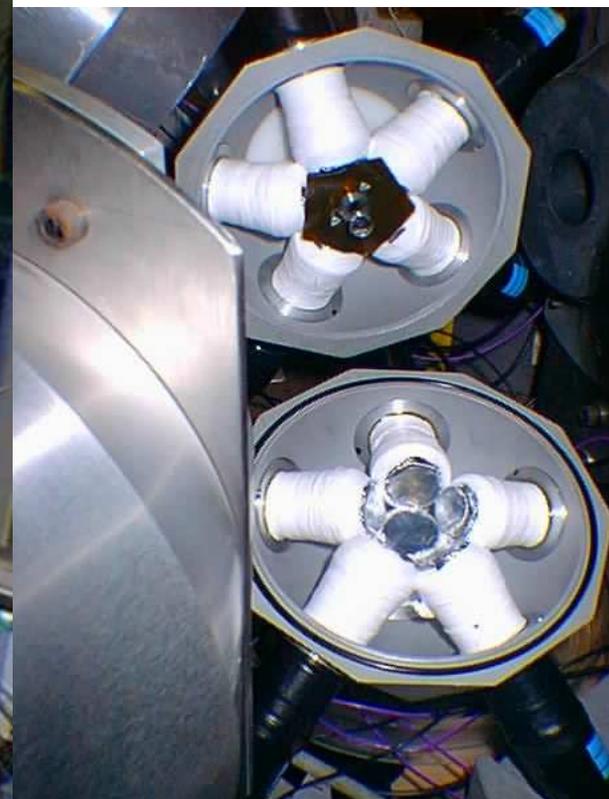
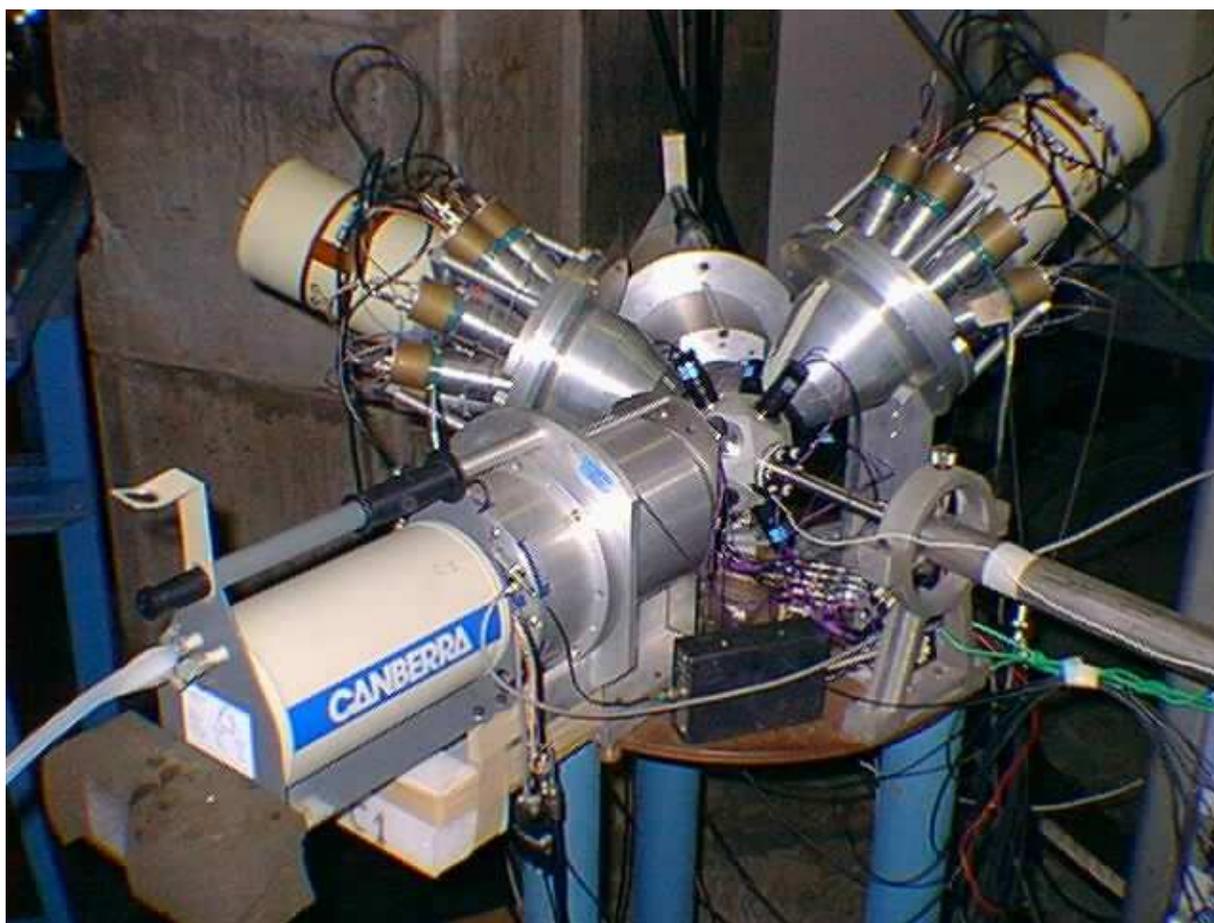
# Espectrômetro Saci - Pererê

**Pererê:** 4 Detectores HPGe com supressores Compton

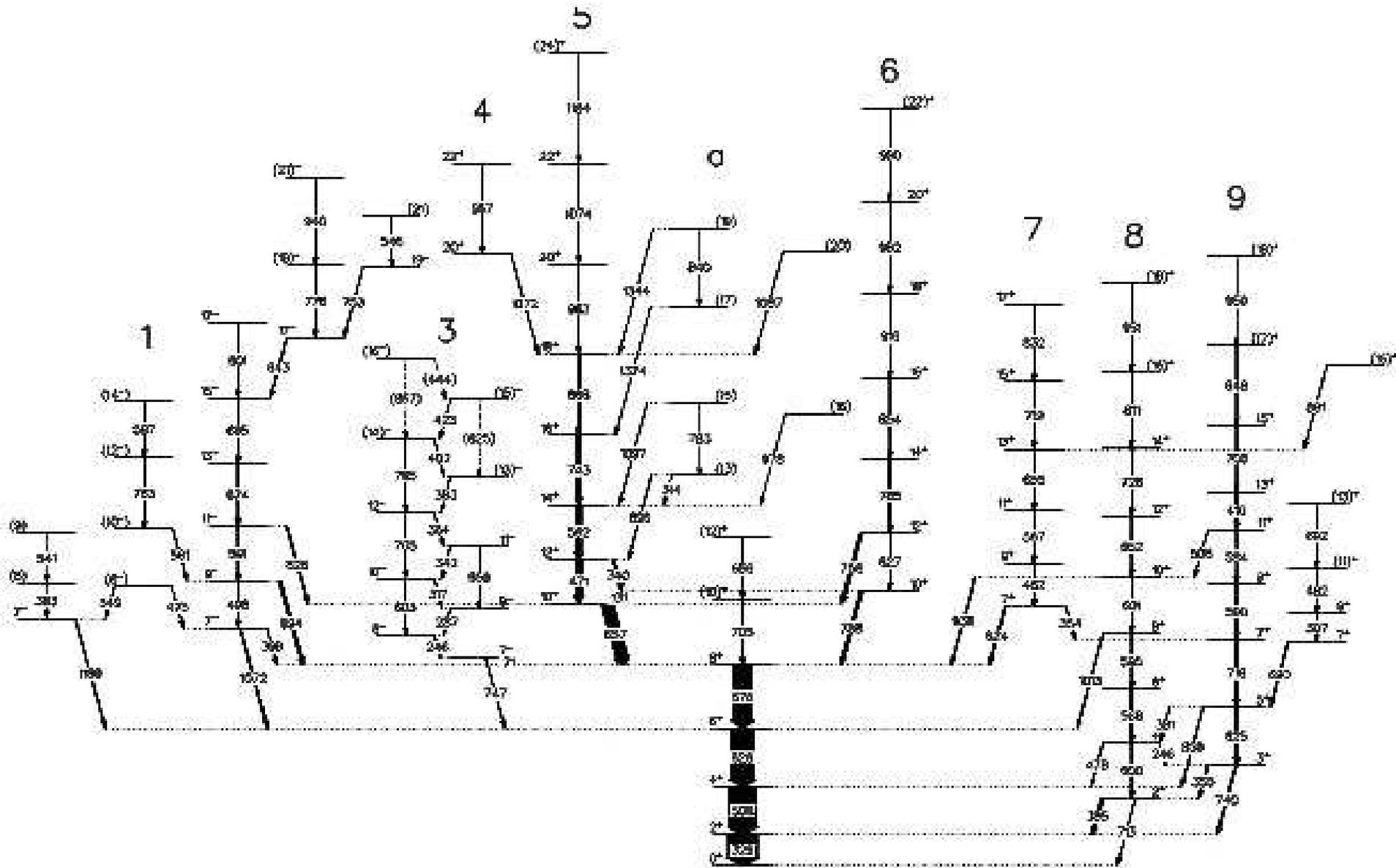
Pequeno Espectrômetro de Radiação Eletromagnética com Rejeição de Espalhamento

**Saci:** 11 telescópios  $\Delta E$ -E compostos por cintiladores plásticos.

Sistema Ancilar de Cintiladores

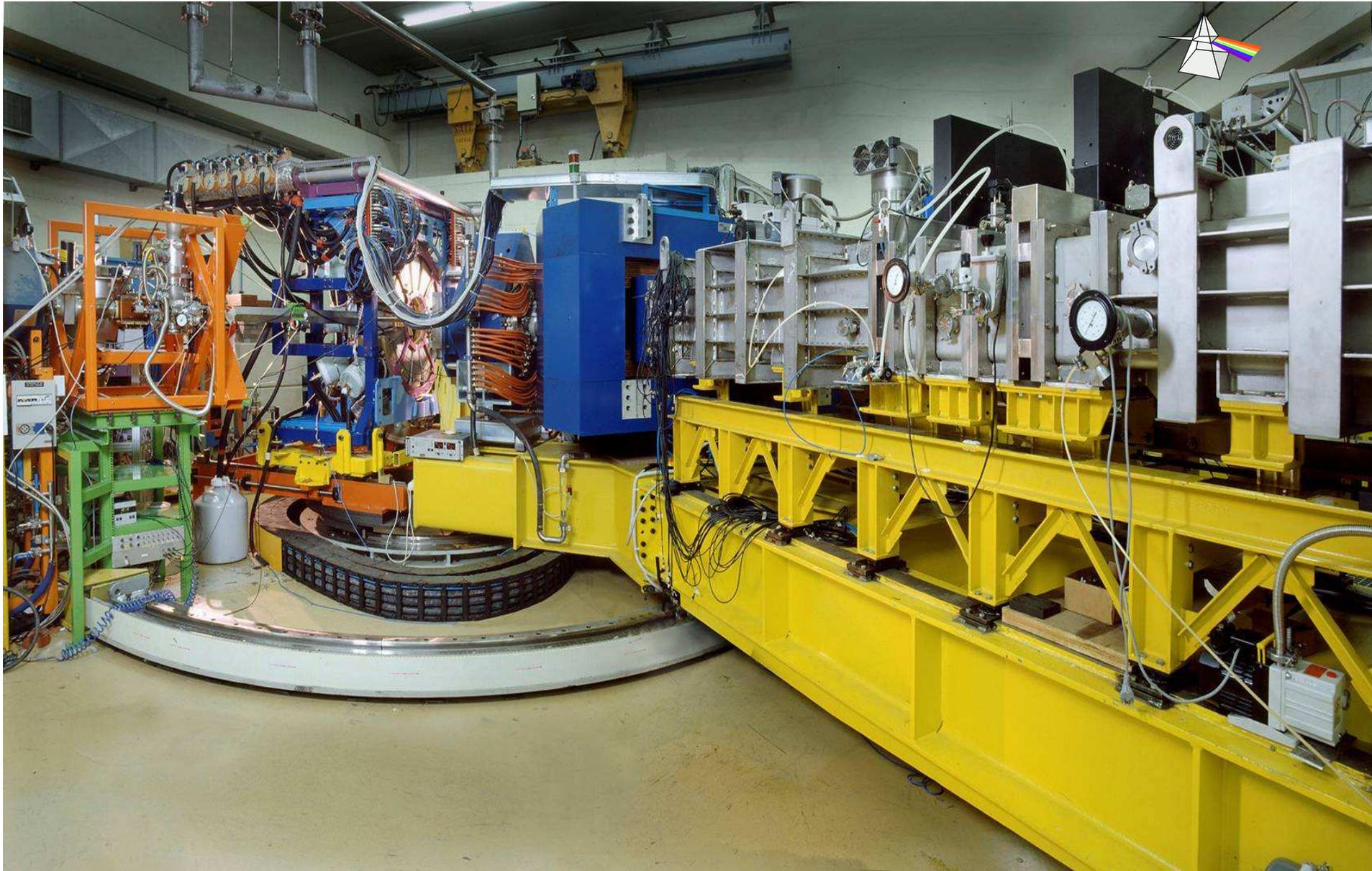


$^{140}\text{Gd}$



Curso de Verão - IFUSP 2006

# The CLARA-PRISMA Project

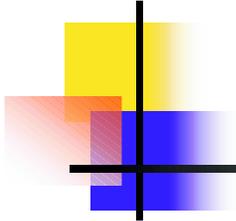


Curso de Verão - IFUSP 2006

# Espectrógrafo Magnético



Curso de Verão - IFUSP 2006



# Mecanismos e dinâmica das reações nucleares

---

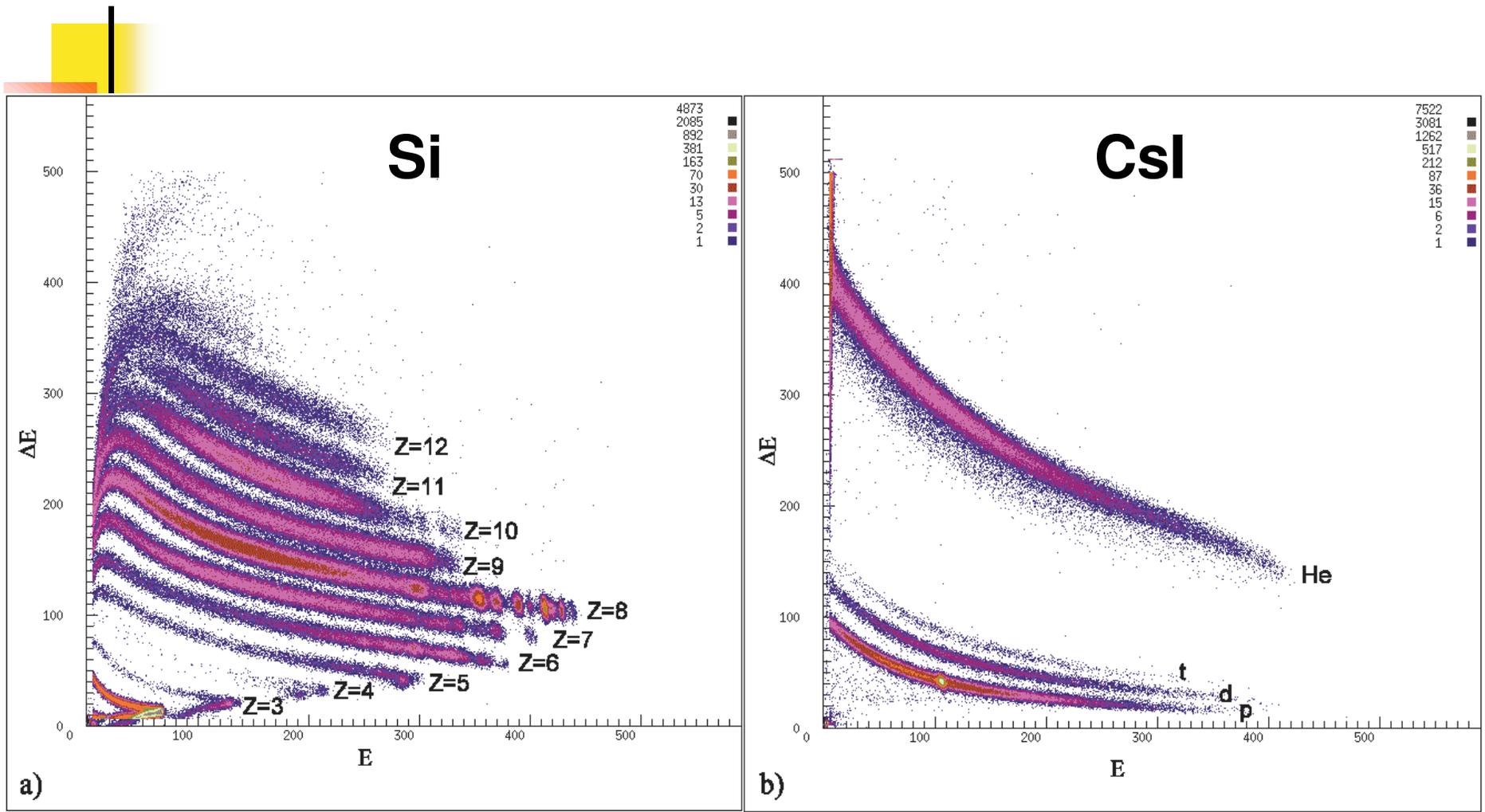
- Fusão de núcleos pesados
- Transferência
- Fusão abaixo da barreira coulombiana
- Reações diretas
- Reações induzidas por feixes radioativos

# Câmara de Espalhamento





Curso de Verão - IFUSP 2006

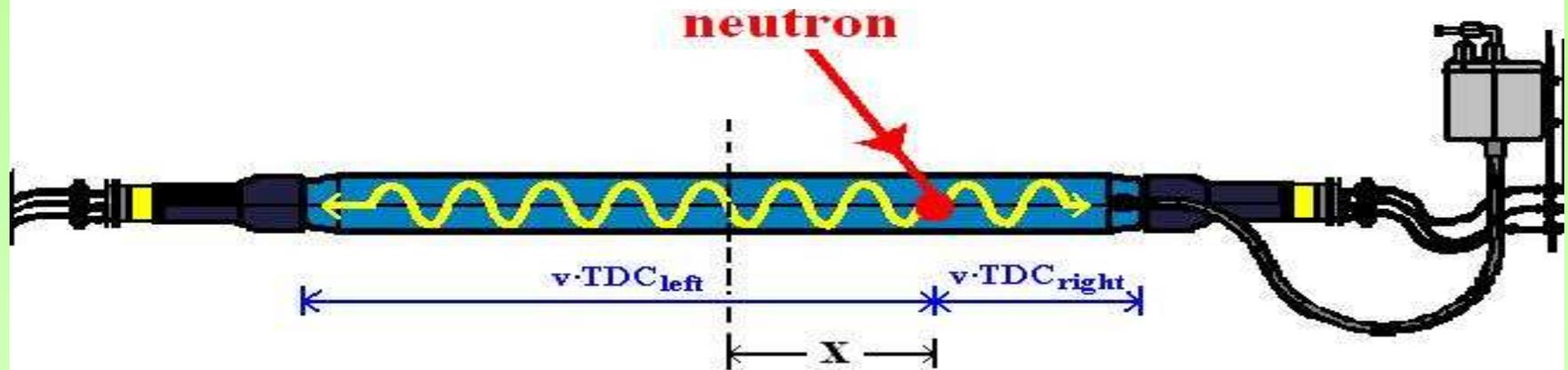


# Position sensitive neutron detector



# Position

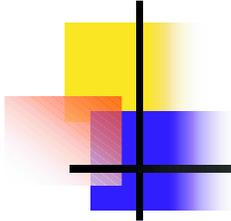
- The position of the neutron incident in the detector is given by the time difference between the TDC signals of the two photomultipliers of the cell.



$$x = v \cdot (TDC_{\text{left}} - TDC_{\text{right}})$$

where:

$v = 1.44 \times 10^8$  m/s is the effective velocity of the light inside the cell



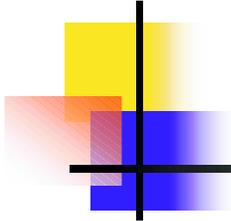
# Astrofísica Nuclear

---

- Como foram formados os elementos?
- Porque a diferente abundância de elementos?
- Quanto tempo leva o processo evolutivo, na formação dos elementos químicos.
- Como as estrelas produzem energia?





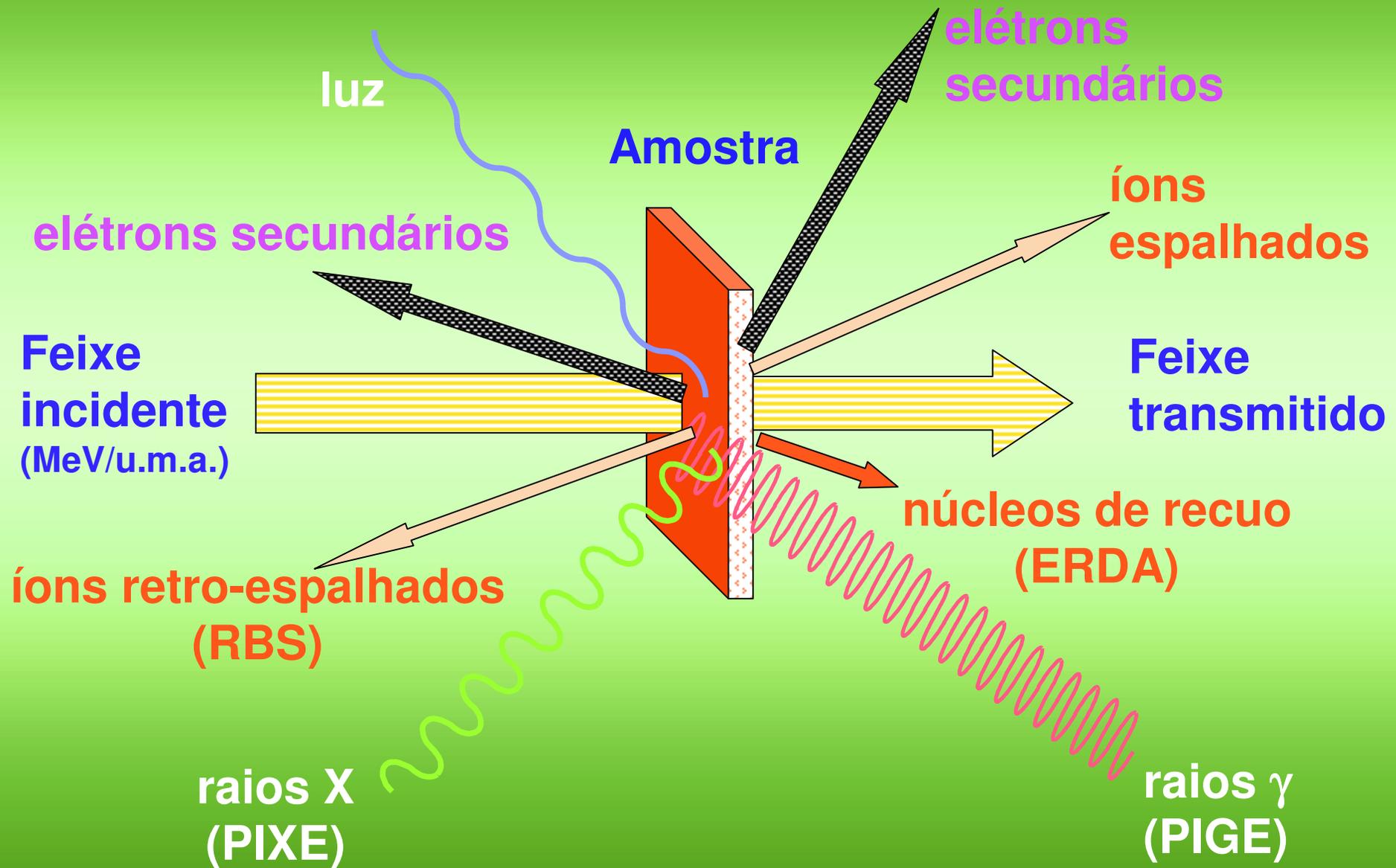


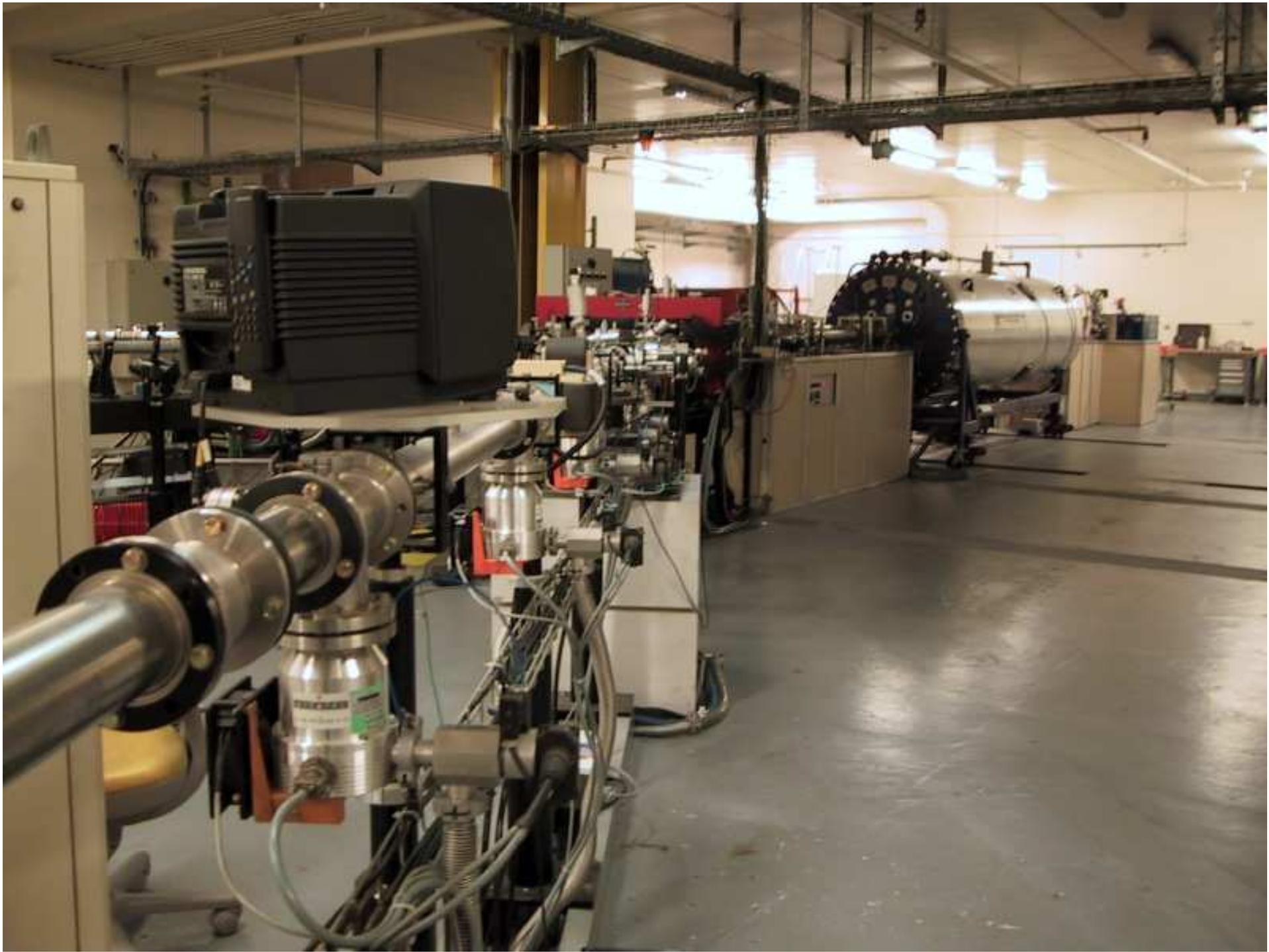
# Aplicações

---

- Análise e modificação de materiais: RBS, ERDA, Implantação Iônica, AMS.
- Conservação de alimentos, esterilização de instrumentos cirúrgicos.
- Medicina nuclear: radiodiagnósticos (traçadores), radioterapia, proton-terapia
- Biologia

# Interação de Feixes de Íons com a Matéria

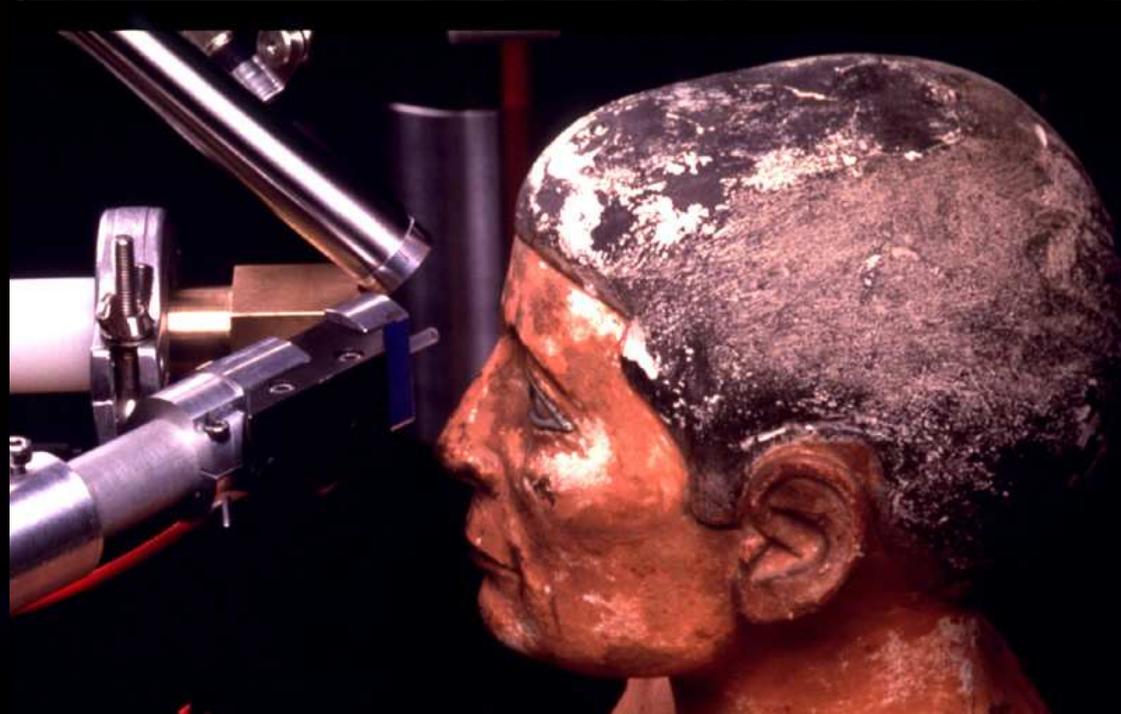
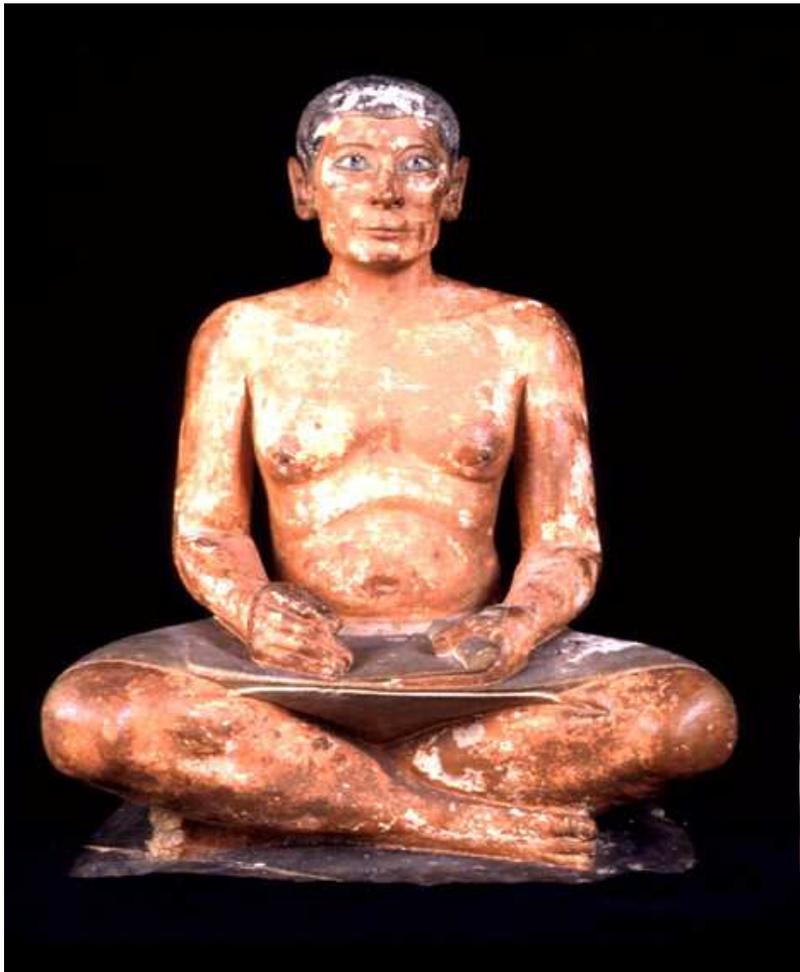




Egyptian scribe:  
nature of eye

components

*(Jean-Claude Dran)*

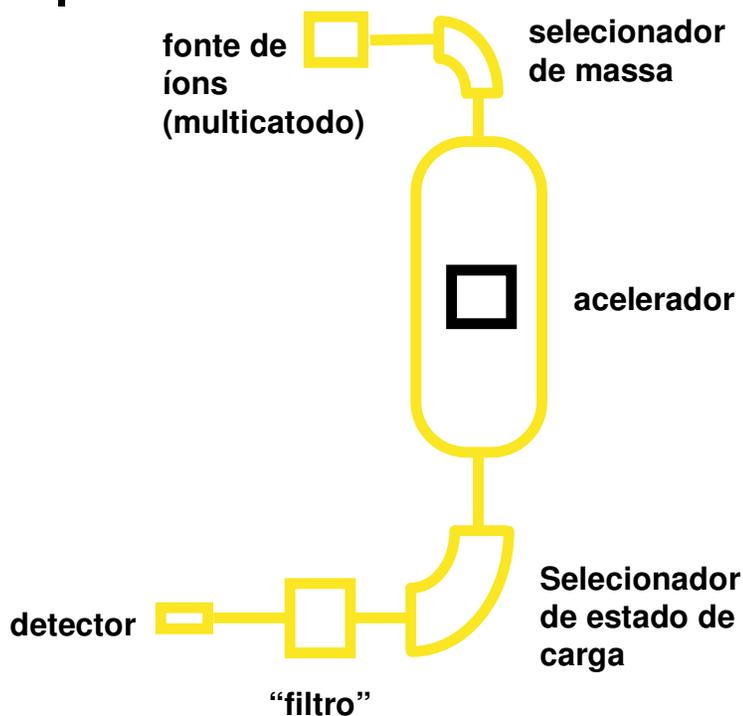


# Irradiação de Alimentos Esterilização

Raios  $\gamma$ , elétrons, nêutrons, prótons



# AMS - Accelerator Mass Spectroscopy

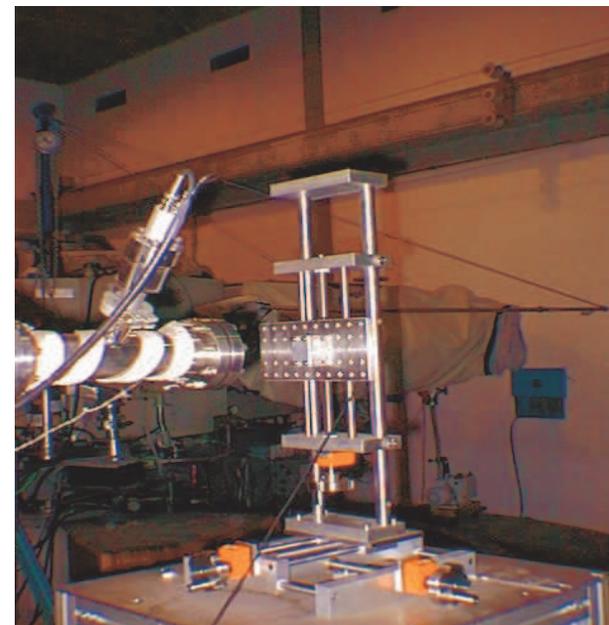
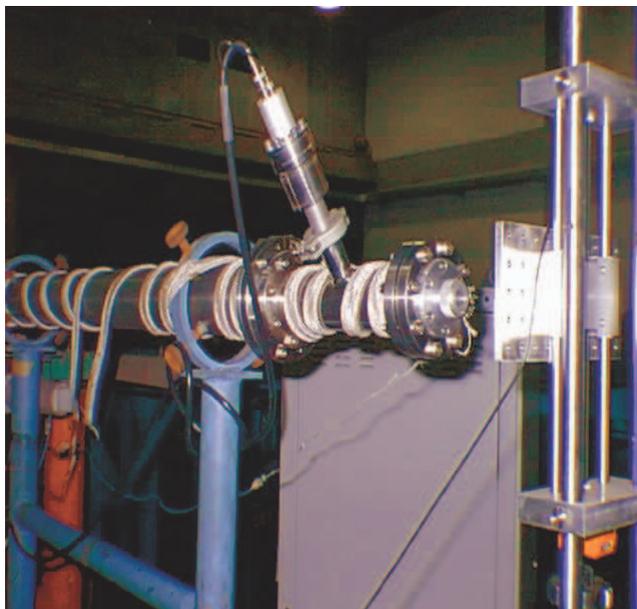
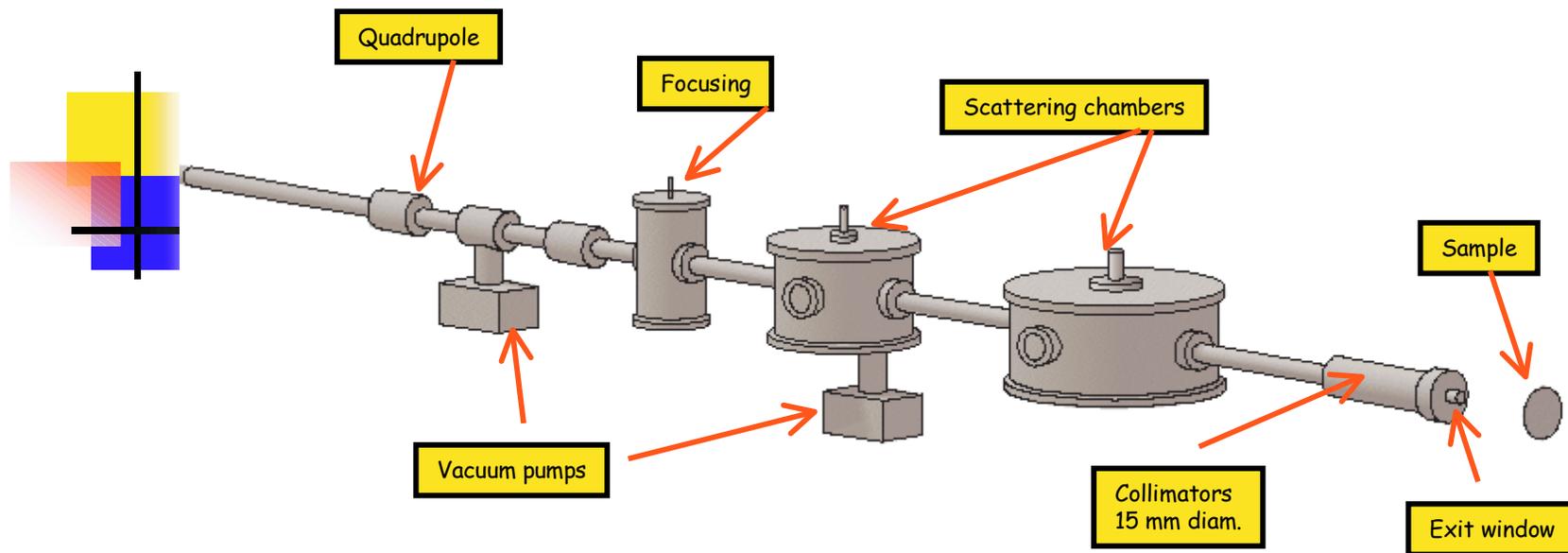


## ISÓTOPOS E APLICAÇÕES:

$^{14}\text{C}$ ( $6 \cdot 10^3$ a)	Arqueologia, Geologia, Medicina
$^{36}\text{Cl}$ ( $3 \cdot 10^5$ a)	Geologia, Oceanografia, Climatologia, Arqueologia
$^{10}\text{Be}$ ( $2 \cdot 10^5$ a)	Hidrologia
$^{26}\text{Al}$ ( $7 \cdot 10^5$ a)	Medicina
$^{41}\text{Ca}$ , $^{59}\text{Ni}$ , $^{60}\text{Fe}$ , $^{129}\text{I}$ , $^{238}\text{U}$	

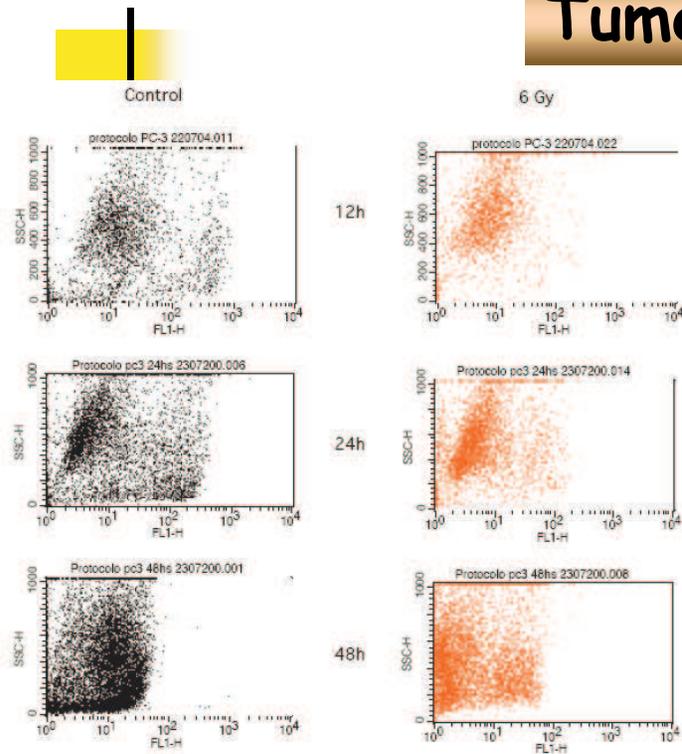
Concentrações relativas e medidas absolutas

# Radiobiology and Molecular Biophysics



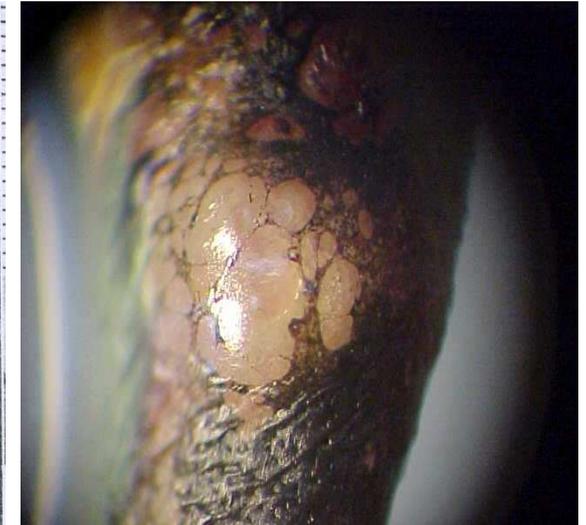
# Some results

## Tumor cells irradiation

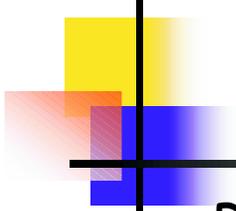


## Salamander irradiation

Cancer  
×  
Regeneration

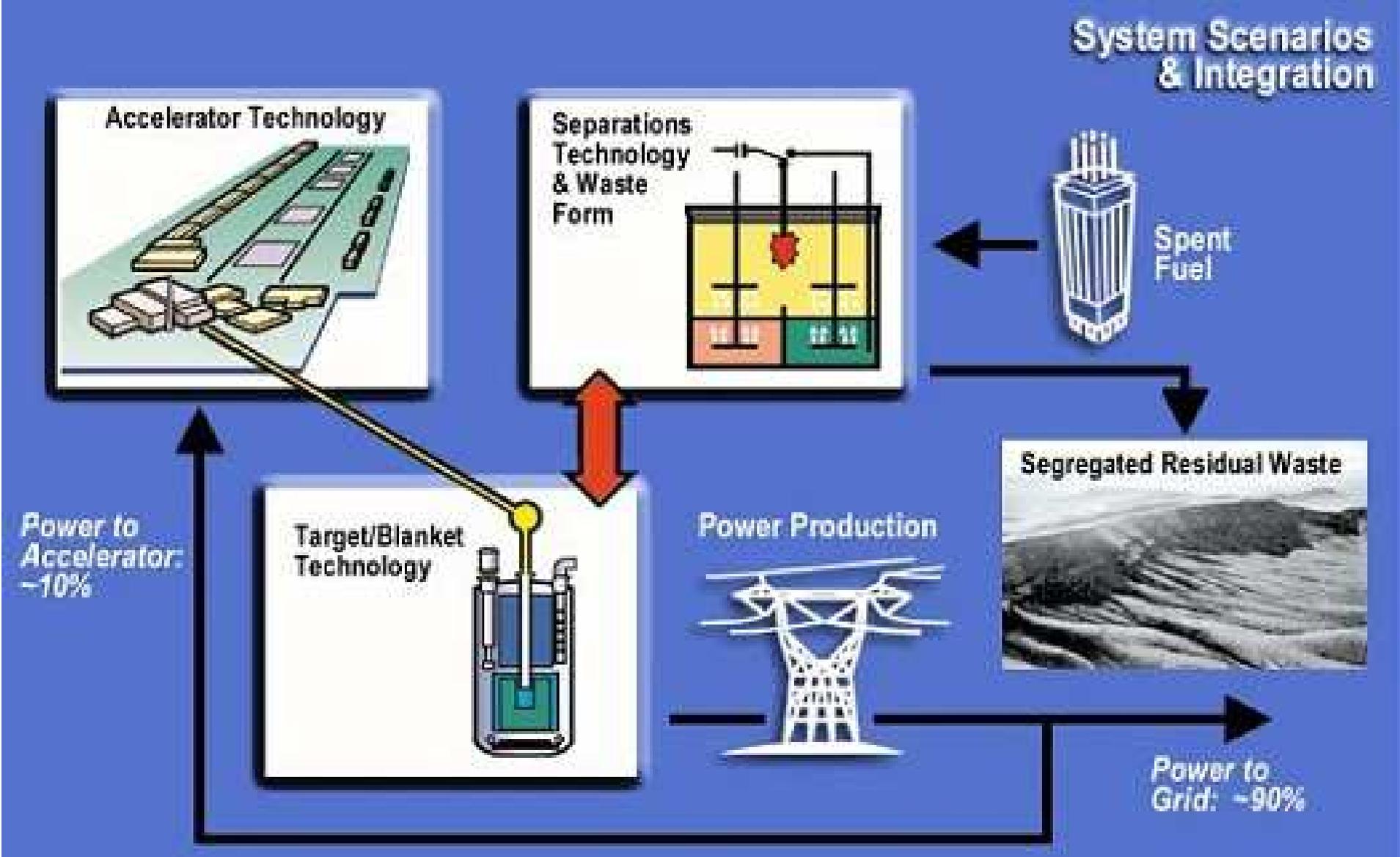


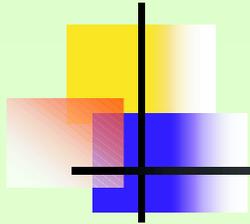
# ADS: Accelerator Driven Systems



---

- Produção intensa de nêutrons com aceleradores, para "queimar" o lixo produzido por reatores nucleares.
- Esse lixo, que precisaria ser guardado por períodos de milhares de anos, depois da queima se tornaria de baixa toxicidade em cerca de 300 anos.
- O processo de queima produz também produz energia.
- Reatores produzidos com este processo são sub-críticos, isto é são intrinsecamente seguros, não podendo produzir acidentes como a da fusão do núcleo.





# RESUMO

---

- Aceleradores são atualmente utilizados em inúmeras aplicações, em ciências básicas e aplicadas.
- No LAFN, utilizamos o Acelerador Pelletron para pesquisa em muitas dessas áreas.
- Acesse nossas páginas:  
[www.dfn.if.usp.br](http://www.dfn.if.usp.br)

# Grupos de pesquisa

## Física Nuclear Experimental

Espectroscopia de Raios Gama - Gama

Reações com Íons Pesados - GRIP

Dinâmica de Reações Nucleares com Íons Pesados-Leves - IPL

Reações Diretas e de Núcleos Exóticos - Exóticos

Fusão de Núcleos Pesados - FNP

Íons Pesados Relativísticos - IPR

## Física Aplicada

Laboratório de Dosimetria da Radiação - Dosimetria

Laboratório de Cristais Iônicos, Filmes Finos e Datação - Lacifid

Física Aplicada com Aceleradores - GFAA

Biofísica Molecular com Aceleradores - BMA

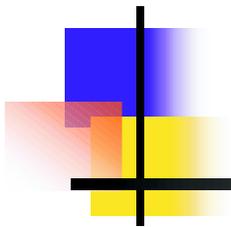
## Física Teórica

Física de Hádrons - Grhafite

Teoria Quântica Relativística - Quanta

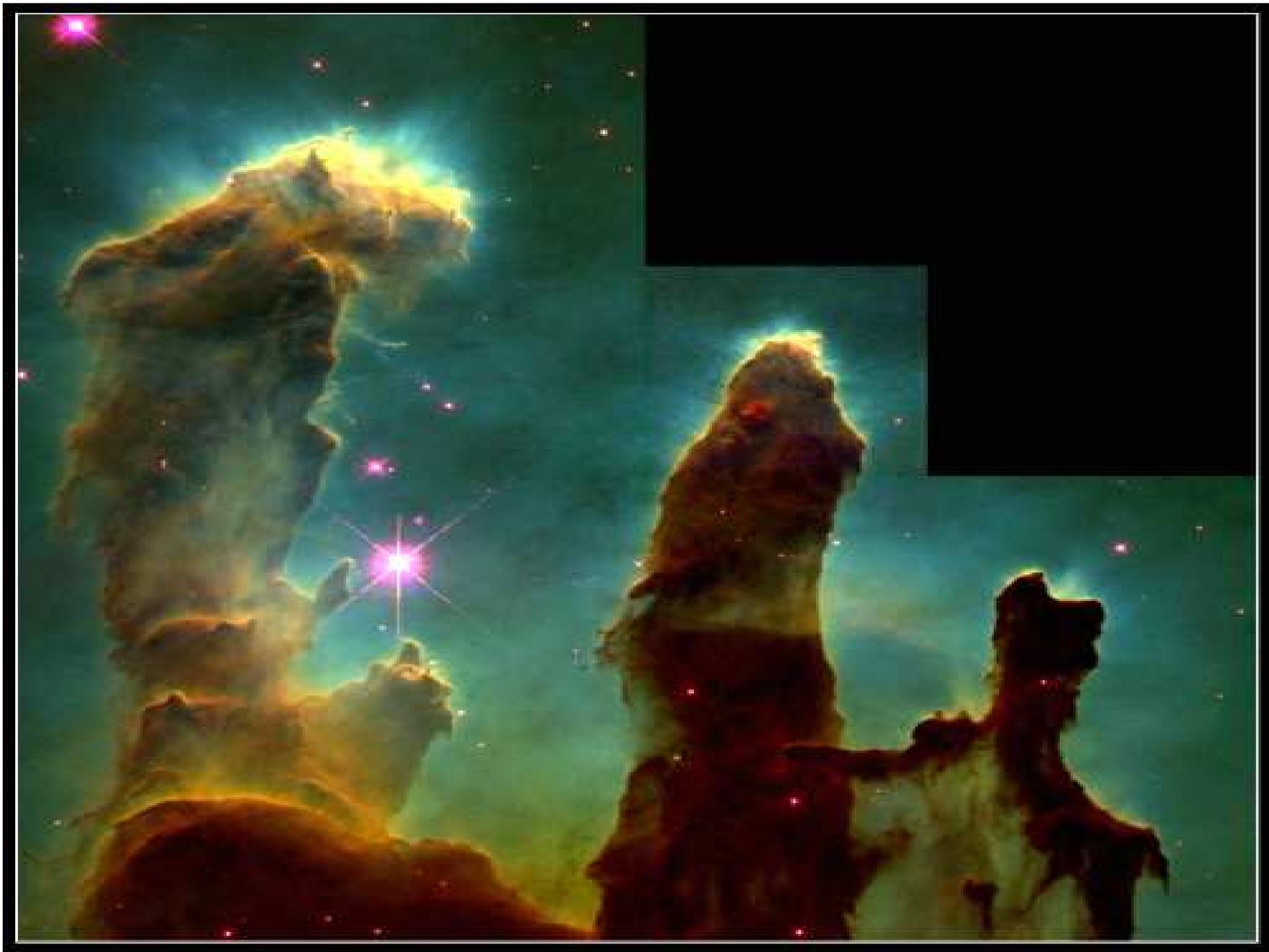
## Ensino

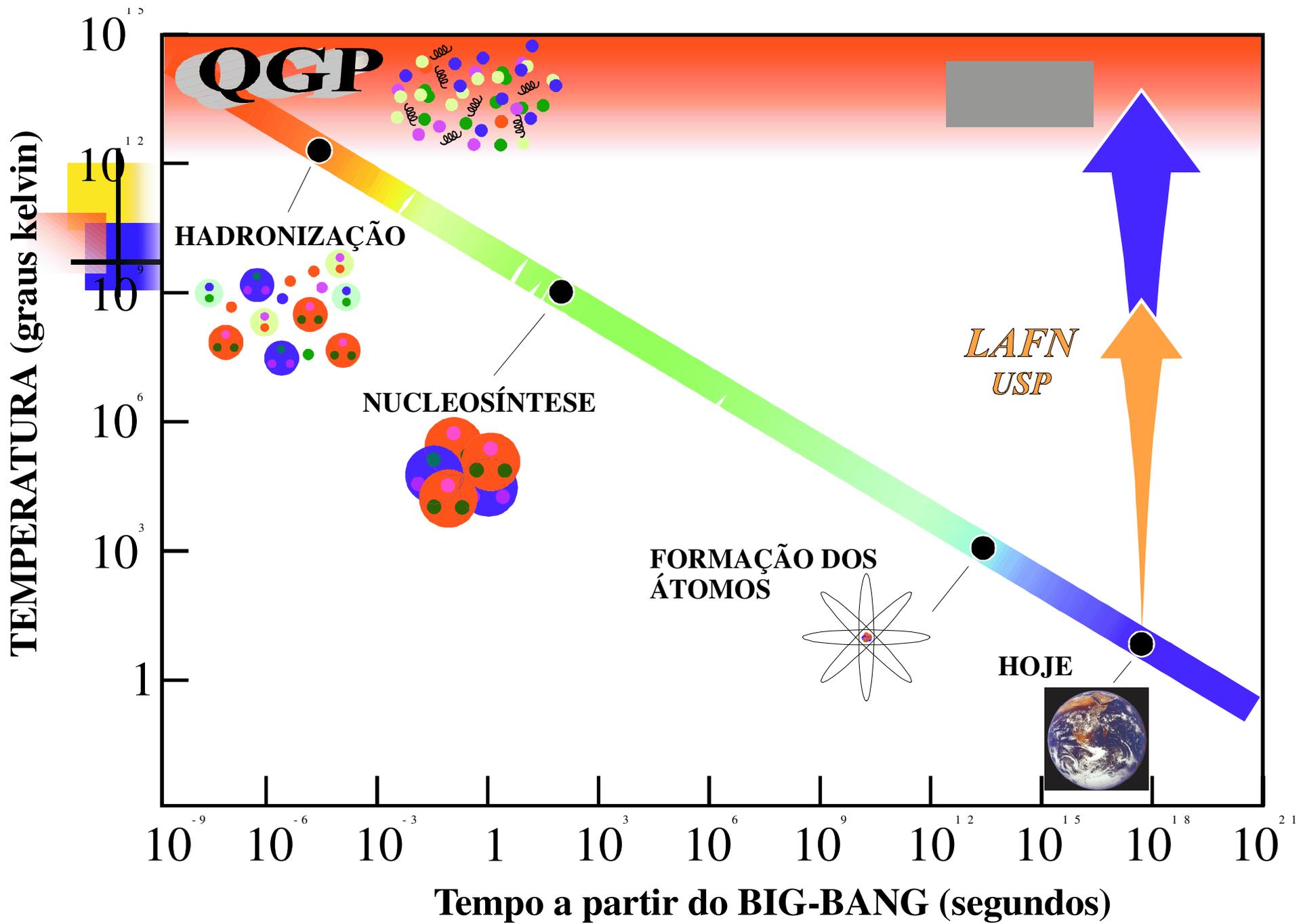
Ensino de Física - GEF

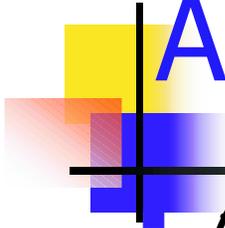


Muito Obrigado!

---





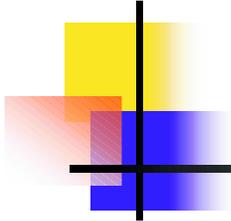


# Antes das Estrelas

---

Após o big-bang, o Universo expande e esfria. Durante o processo, prótons e nêutrons se agrupam formando deutério, núcleos de hélio e de lítio. Não há como formar elementos mais pesados.

- Com o esfriamento, elétrons são capturados por prótons e núcleos de hélio, formando átomos nêutros. Isso possibilita o surgimento de estrelas



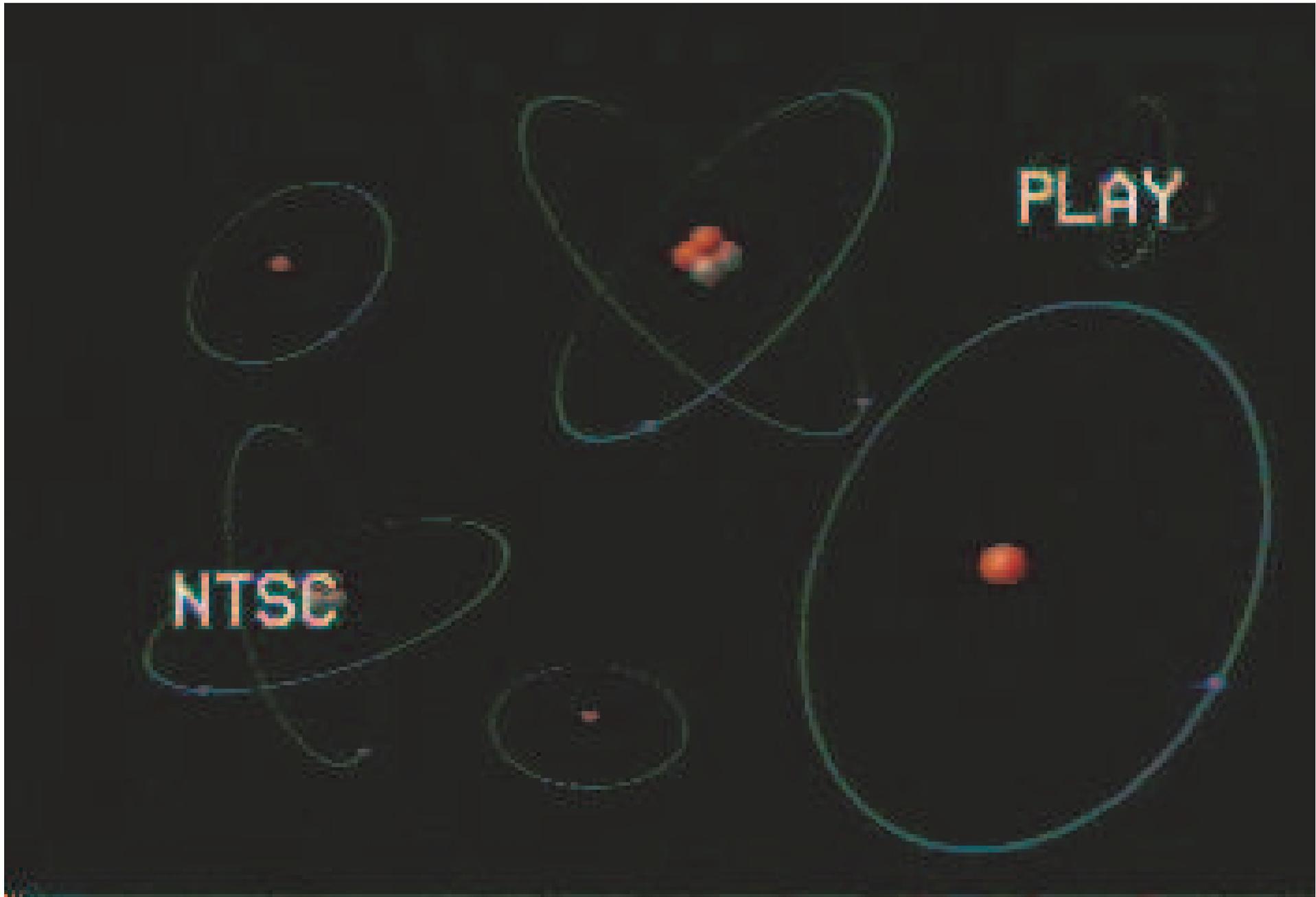
# A síntese dos elementos

---

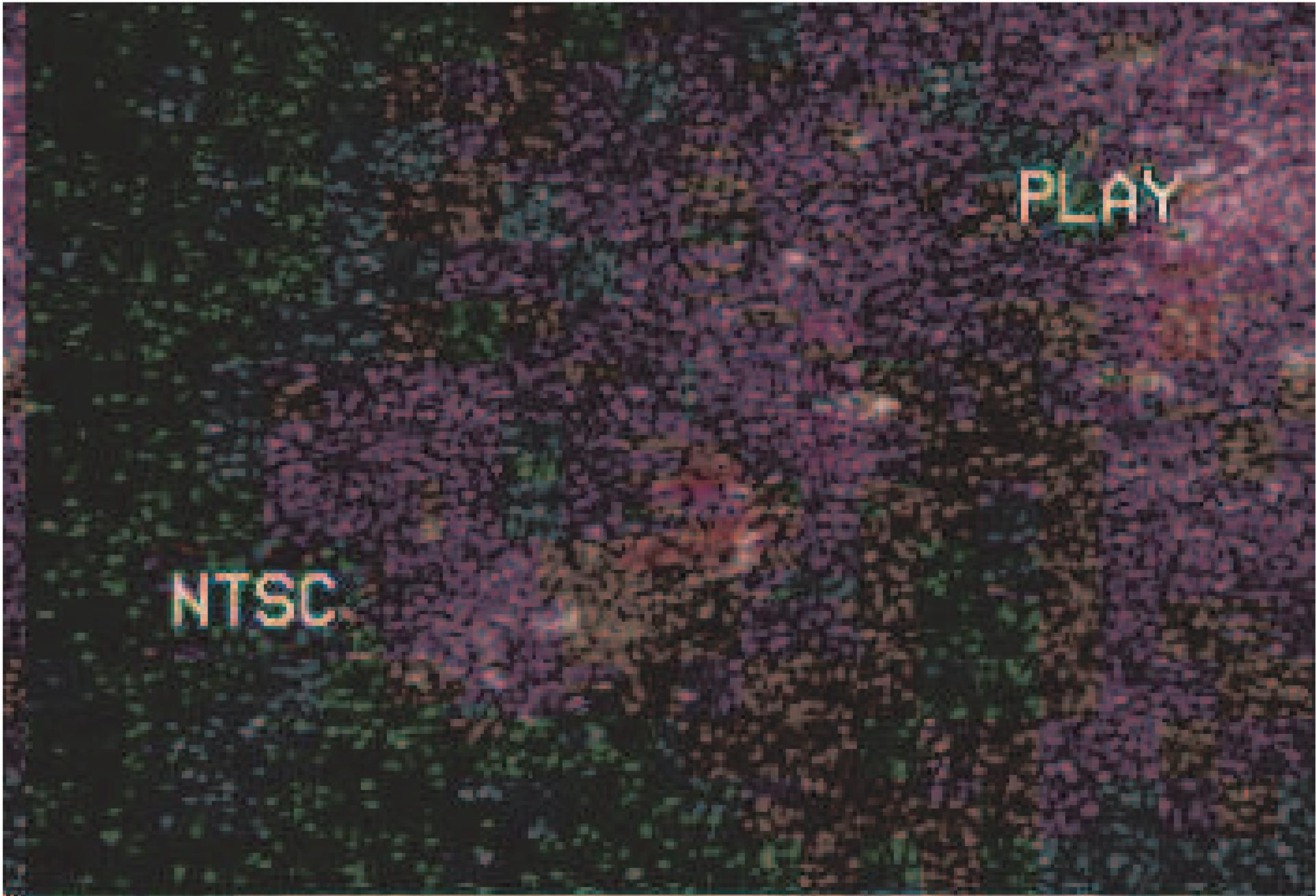
- Nas estrelas, os processos de fusão de hélio e *deutério* continuam, formando o lítio, como no Universo primordial. No núcleo da estrela entretanto, a densidade é muito maior, permitindo a formação de elementos mais pesados.
- Uma estrela como o Sol, morre quando grande parte de sua massa é transformada em oxigênio e nitrogênio.
- A formação de elementos mais pesados se dá em estrelas muito maiores que o sol.



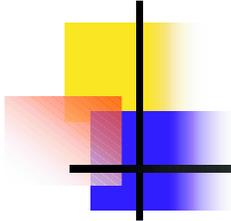
Curso de Verão - IFUSP 2006



Curso de Verão - IFUSP 2006



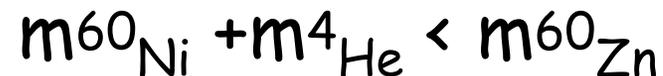
Curso de Verão - IFUSP 2006

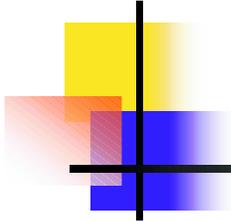


## O processo-s

---

- A fusão nuclear, só pode sintetizar elementos até o ferro/níquel. Para elementos mais pesados como o Zn:





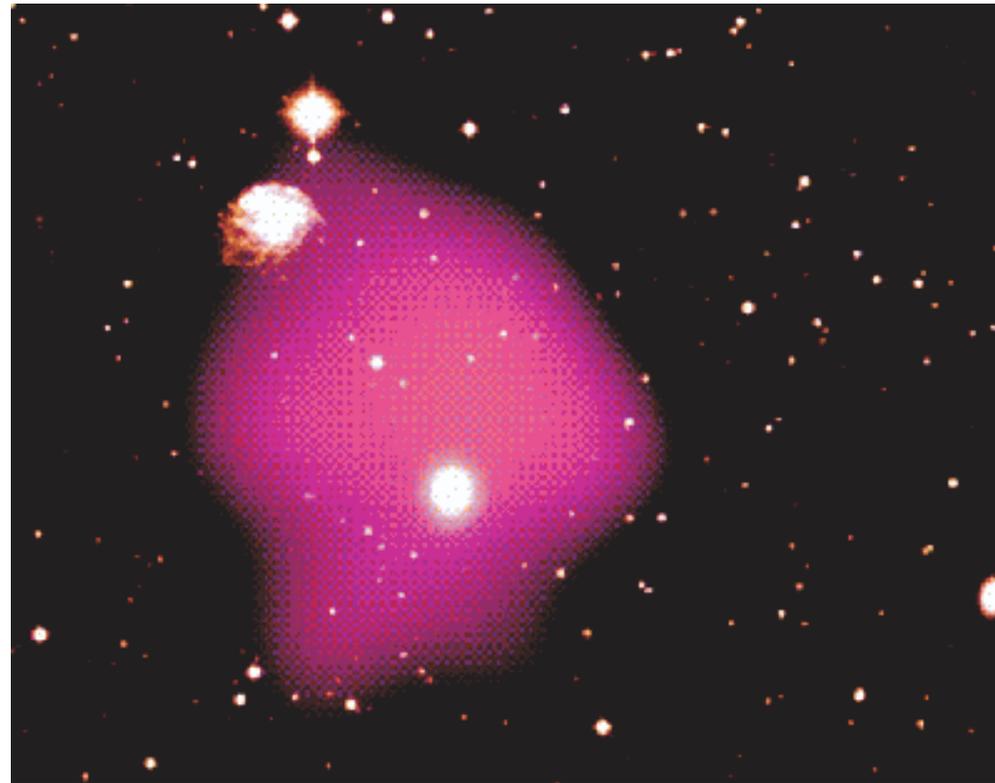
# Urânio & Radio

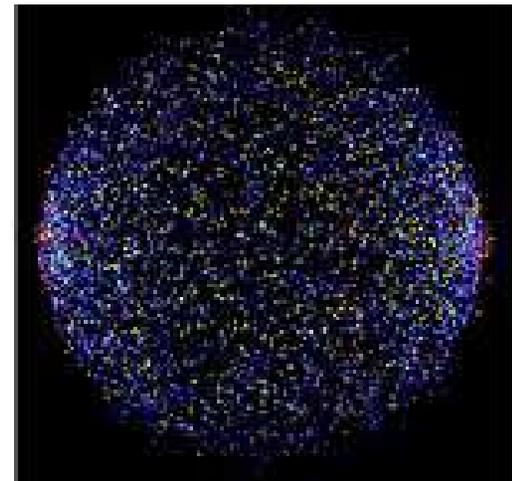
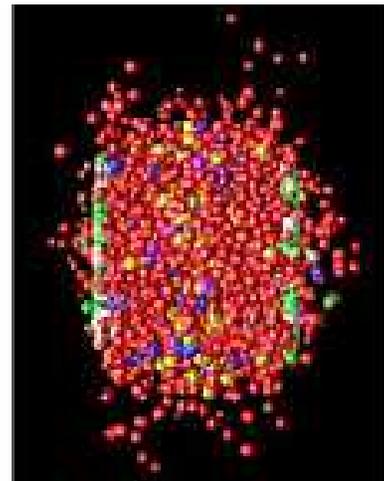
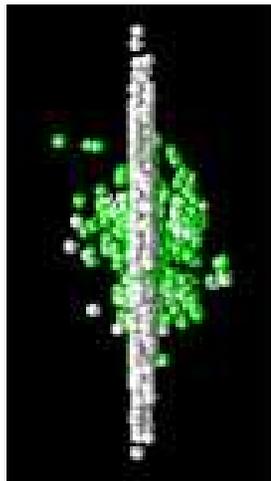
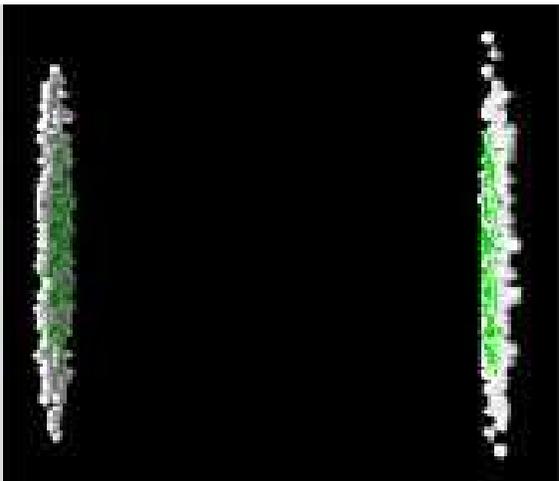
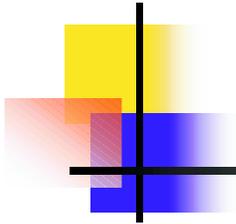
---

- Nada acima do Bismuto pode ser construído, com o processo lento de captura de nêutrons (s-process).
- Para que esses elementos sejam formados, há necessidade de absorção seqüencial de nêutrons por elementos instáveis, antes que esses decaiam.
- Isso é possível se a densidade de nêutrons for muito grande.

# Matéria Escura

- Cerca de 90 a 95% da matéria do universo é ainda de origem desconhecida.
- Não é nenhuma das partículas que conhecemos.
- Superposto à fotografia de um grupo de galáxias, a imagem de raios-X de uma massa de gás quente. Somente a gravitação do grupo de galáxias não pode manter a massa de gás confinada.





# Laboratório de Análise Materiais com Feixes Iônicos



curso de verão - IFUSP 2006