

Reações de interesse astrofísico

- *Motivação*
- *Método do Cavalo de Tróia (THM)*
- *Experiência proposta*
- *Cronograma*



Trifid Nebula

Motivação

Astrofísica Nuclear

- Estudar **reações nucleares** é uma das maneiras de entender a evolução das estrelas e do universo através do processo da **nucleossíntese**.
- As taxas de reação a baixas energias são necessárias em vários modelos (nucleossíntese primordial, evolução estelar, supernovas,...) nos vários **processos** (canais pp, ciclos CNO, s, r, p, rp,...)

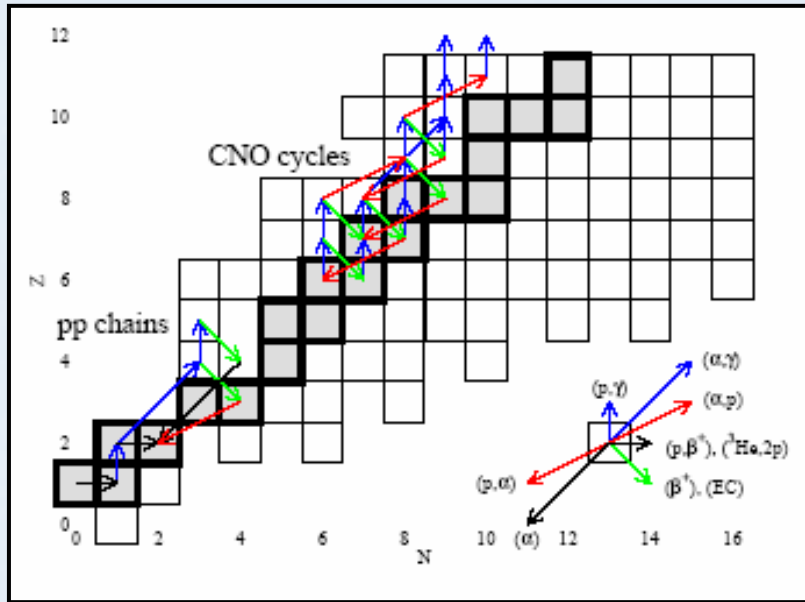
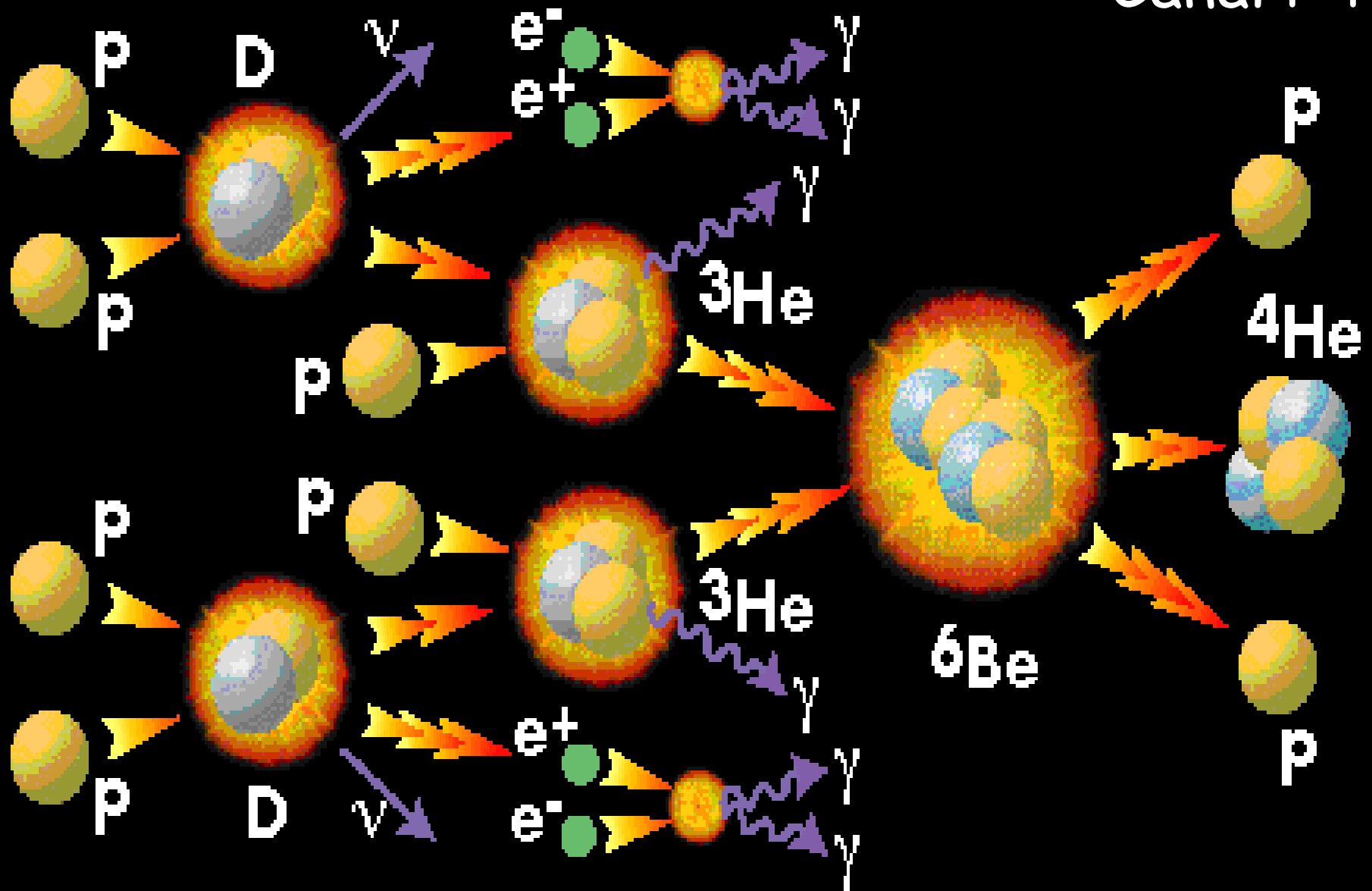


Fig.1 - Carta de nuclídeos (elementos leves)

Taxa com que ocorrem as reações de nucleossíntese:

$$\langle \sigma v \rangle = \left(\frac{8}{\pi \mu} \right) \frac{1}{(kT)^{3/2}} \int_0^{\infty} \sigma(E) E \exp\left(-\frac{E}{kT}\right) dE$$

onde μ é a massa reduzida, T é a temperatura do meio, E a energia do C.M. e $\sigma(E)$ é a seção de choque da reação.



Reações com partículas carregadas

Barreira Coulombiana

A **seção de choque** $\sigma(E)$ depende fortemente da energia

As seções de choque desejadas estão a baixas energias efetivas

$$E_{eff} = 1.22 (\mu \cdot Z_1 \cdot Z_2 \cdot T_6)^{1/3} \text{ KeV}$$

onde T_6 é a temp. em unidades de 10^6 K.

Extrapolação das seções de choque medidas para baixas energias usando o

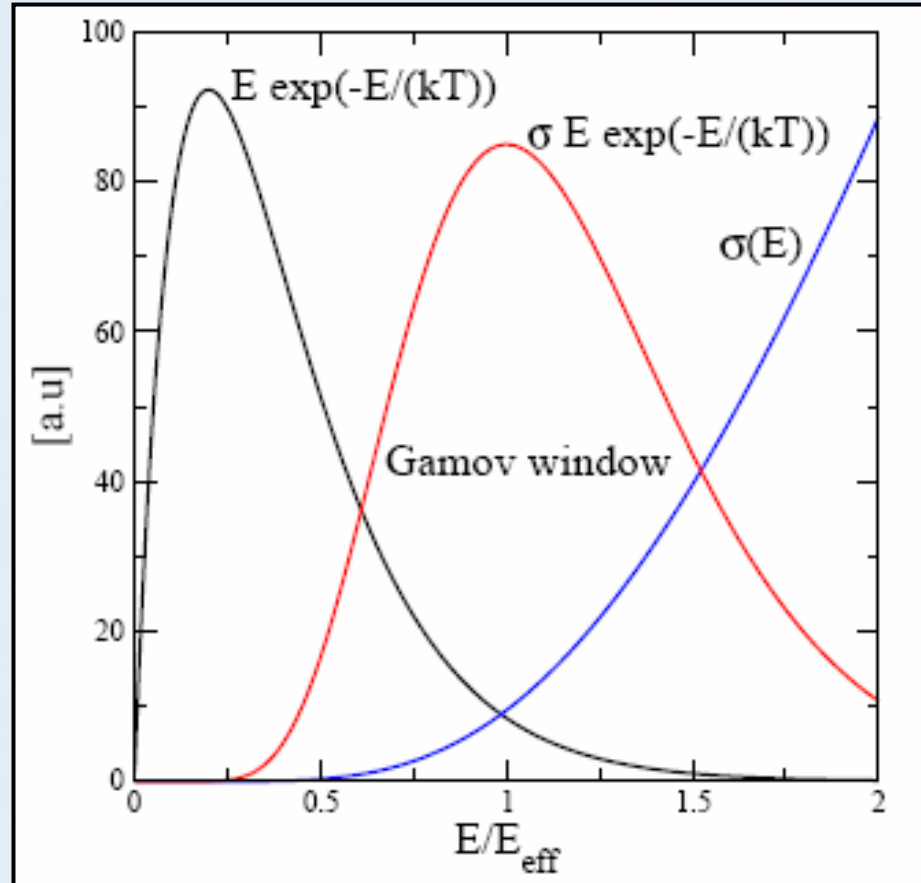
fator astrofísico

$$S(E) = \sigma(E) \cdot E \cdot \exp(2\pi\eta)$$

onde:

$$2\pi\eta = 31.29 Z_1 Z_2 (\mu/E)^{1/3}$$

E é dado em KeV



$$T_6 = 10 \text{ a } 5000$$

$$E_{eff}/E_c \sim 0.01 \text{ a } 1$$

onde E_c corresponde a barreira coulombiana da reação.

Electron Screening

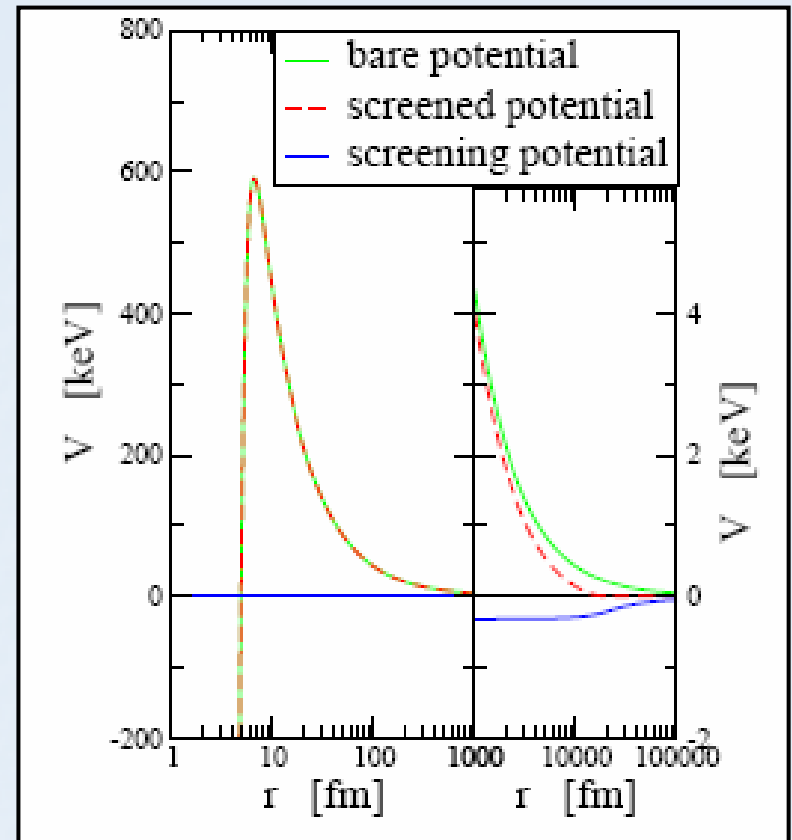
Em experimentos diretos

Aumento da seção de choque a baixas energias

$$\sigma_{\text{exp}} = \sigma_{\text{bare}} f(E)$$

$$\text{onde } f(E) = \exp(\pi\eta U_e/E)$$

Discrepância entre observações experimentais e modelos teóricos

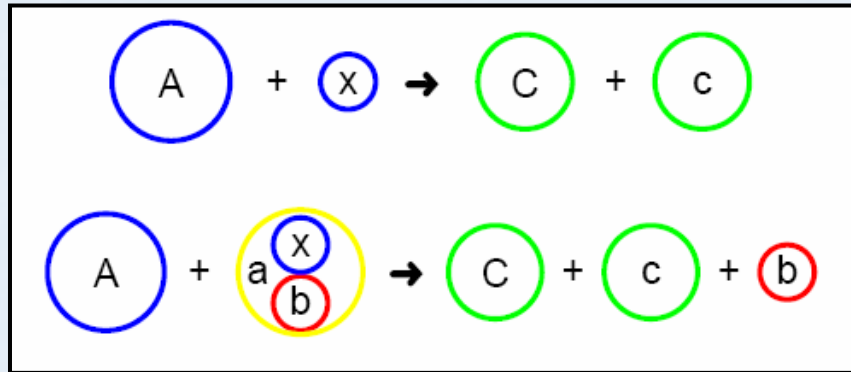


Baixas energias + Electron screening

Métodos indiretos são necessários

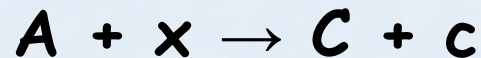


Trojan Horse Method (Método Indireto)



Idéia

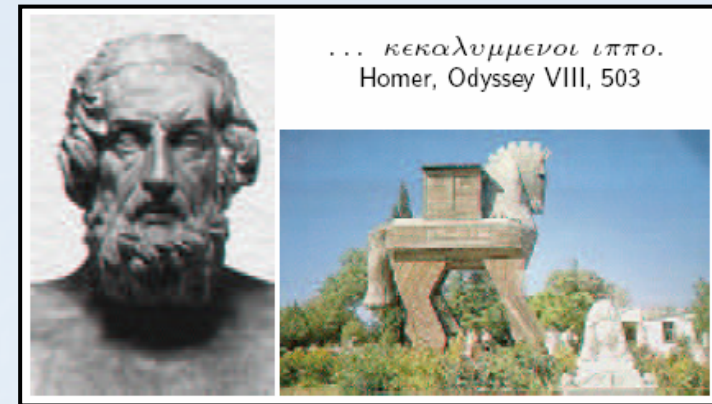
Substituir a reação de dois corpos



pela reação de três corpos



Com o cavalo de tróia $a = b + x$ e o espectador b



- Condições cinemáticas especiais : espalhamento quase livre
- Energia relativa entre $A - a$ acima da barreira coulombiana
- pequenas energias relativas entre $A - x$ acessíveis
- sem “eletron screening”

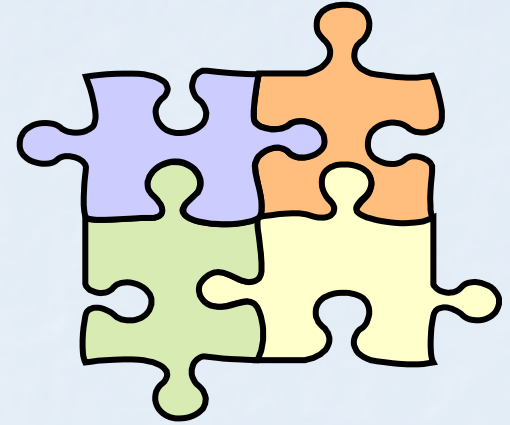
Relação entre as seções de choque

Mecânica Quântica

+

Modelo PWIA

(Plane Wave Impulse Approximation)



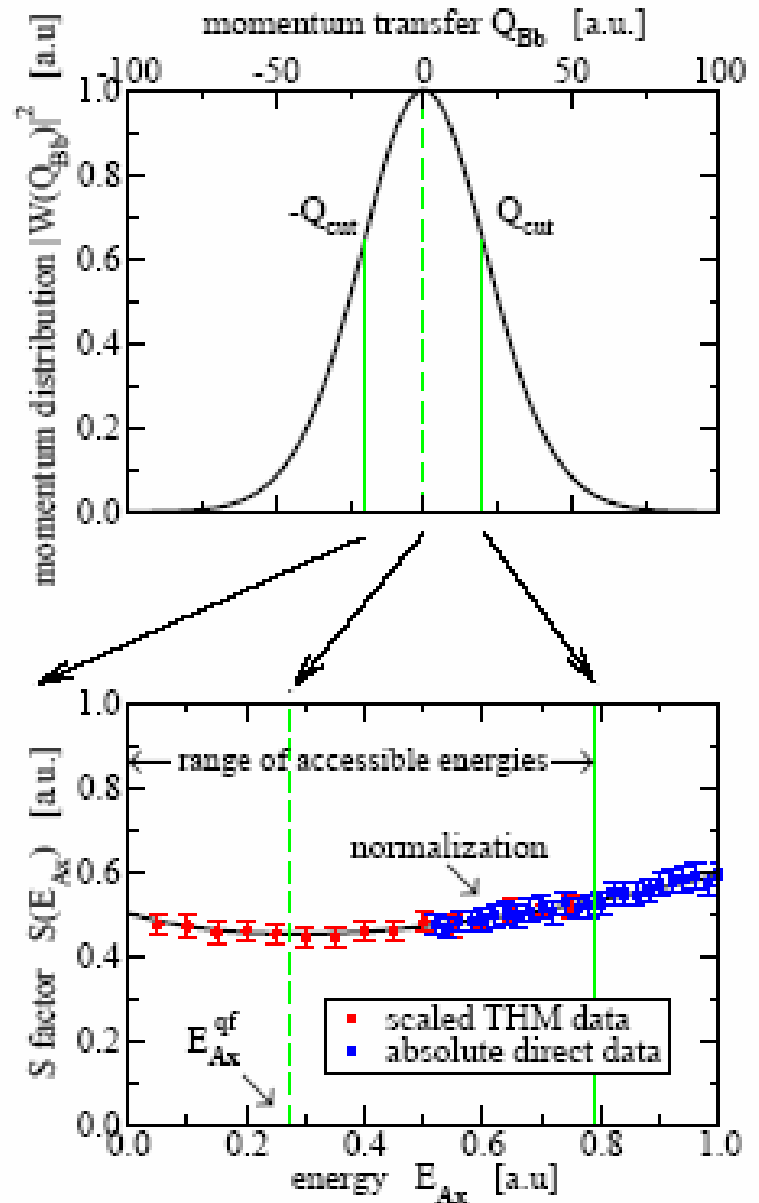
$$\frac{d^3 \sigma}{dE d\Omega_1 d\Omega_2} \propto KF \cdot \left(\frac{d\sigma}{d\Omega} \right) \cdot |\phi(p_s)|^2$$

KF é um fator cinemático

$|\Phi(p_s)|$ é a distribuição de momento da partícula x no núcleo a

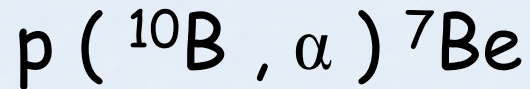
Aplicação do THM

- Escolher um cavalo de tróia com energia de ligação e **distribuição de momentos** conhecidos.
- A ou a podem ser alvo ou projétil.
- Detecção de C e c em **ângulos quase livres** (quasifree).
- Pequena transferência de momento para o espectador b .
- **Normalização** da seção de choque pelos dados diretos em altas energias.



Experiência

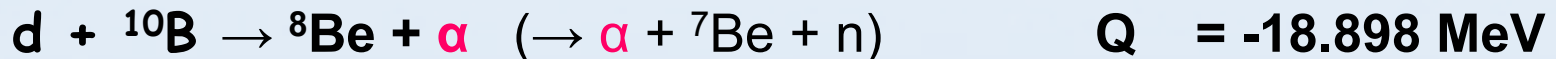
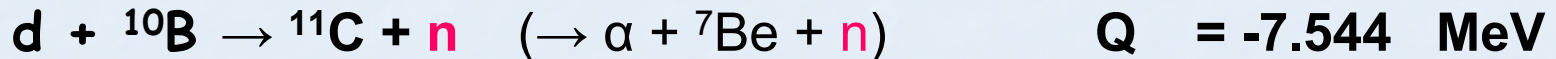
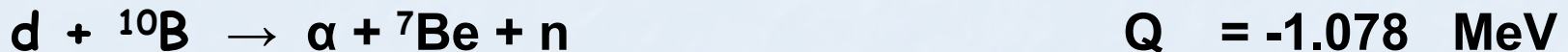
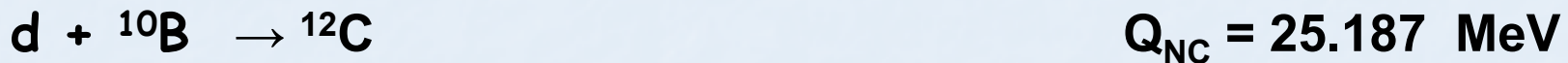
Estudo da reação



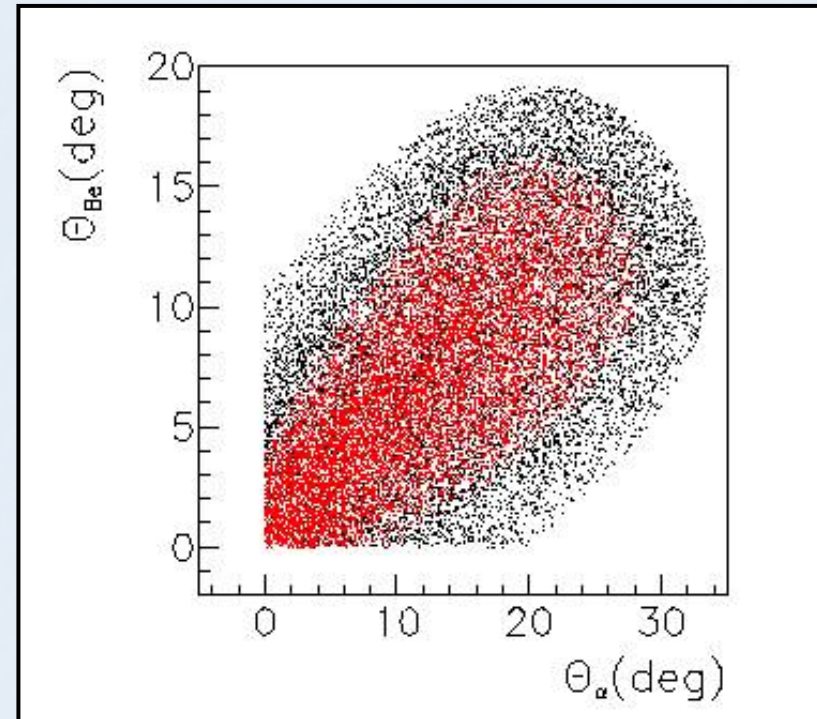
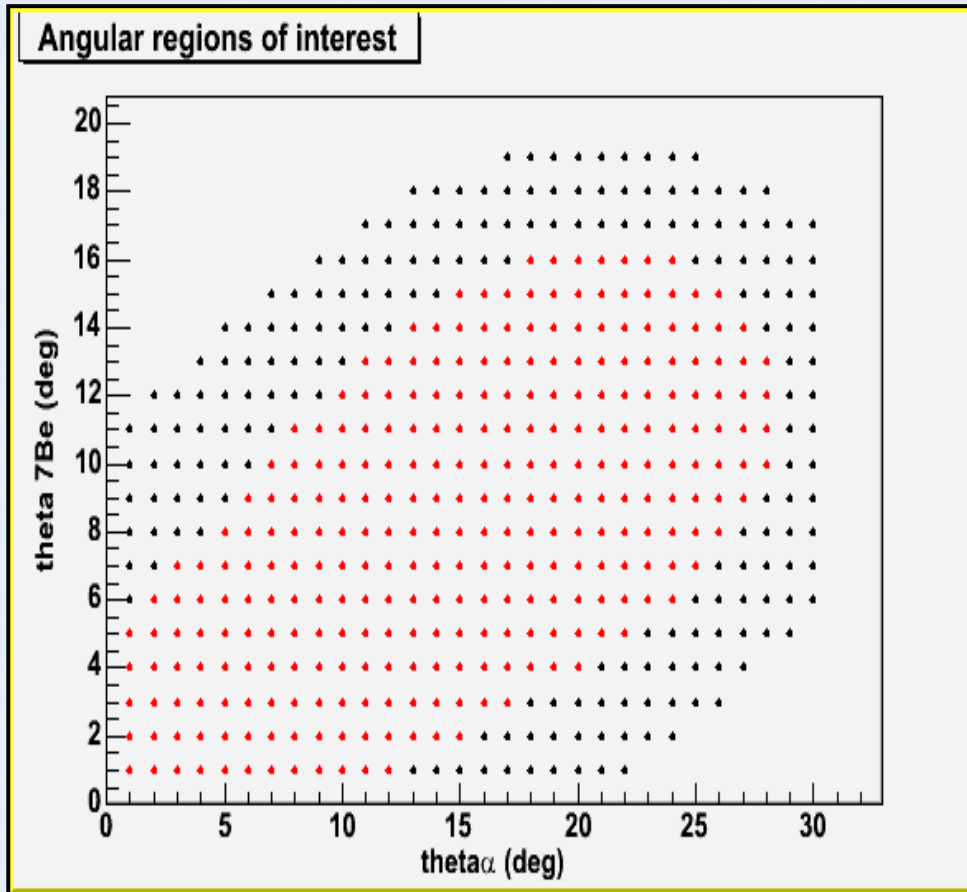
Através da reação de três corpos:



Possíveis reações:



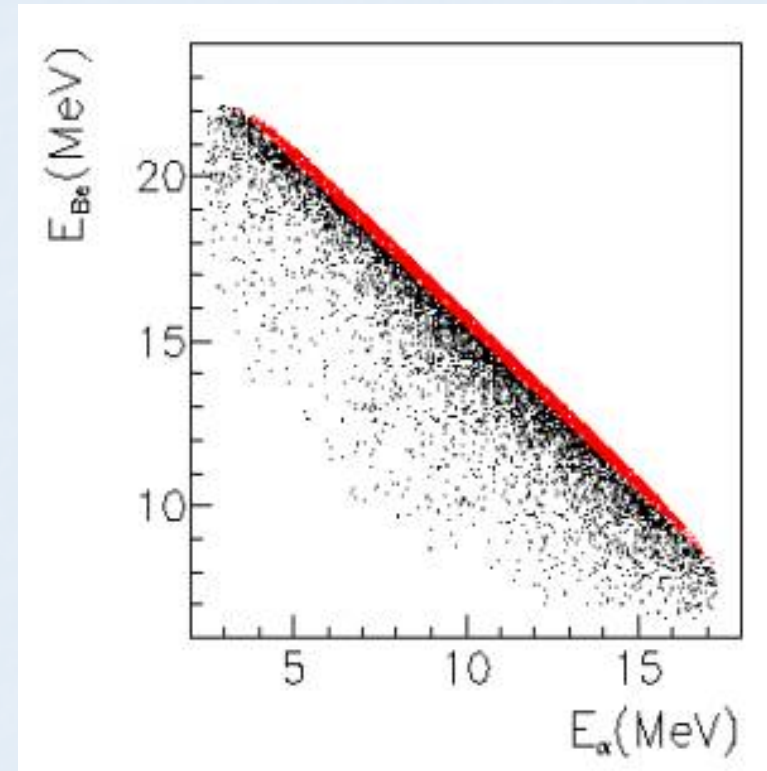
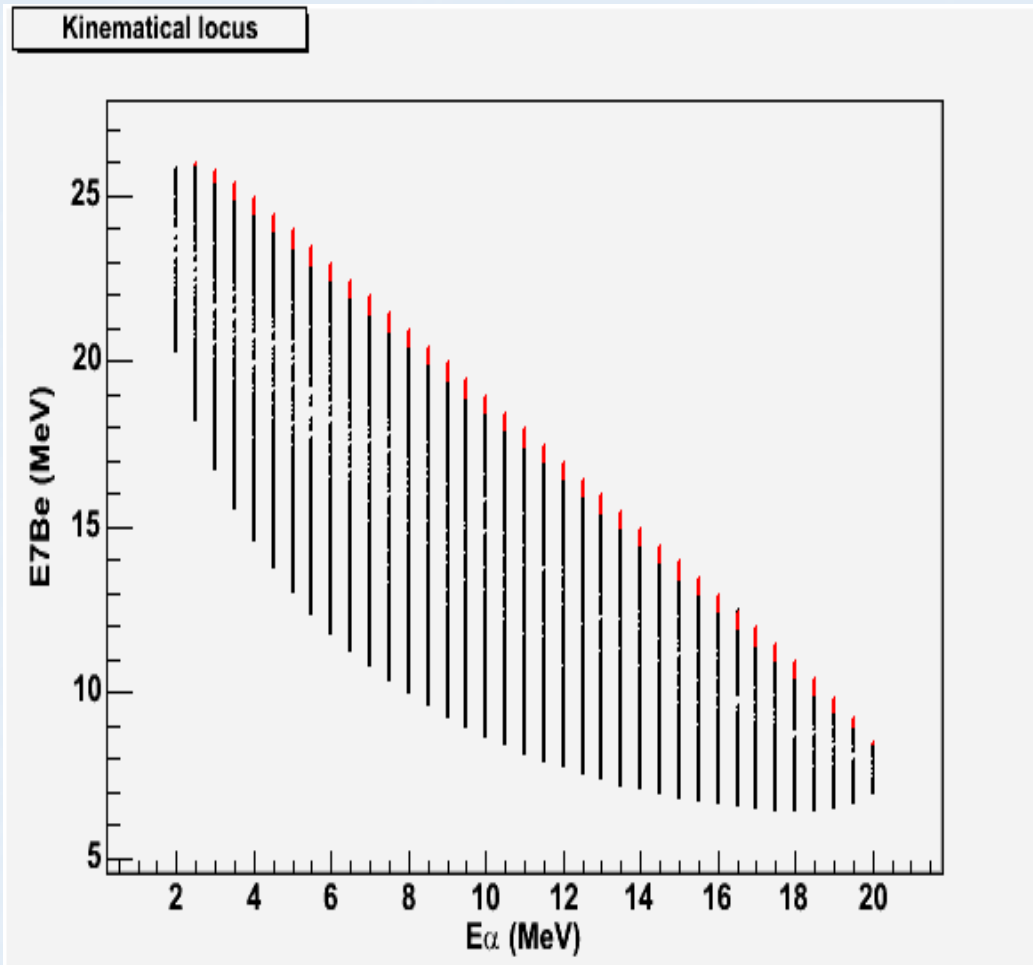
Região angular de interesse



preto – região angular onde existe solução cinemática

vermelho – região angular onde $E_{\text{neutron}} < 0.48 \text{ MeV}$ (condição quase livre)

Cálculos cinemáticos



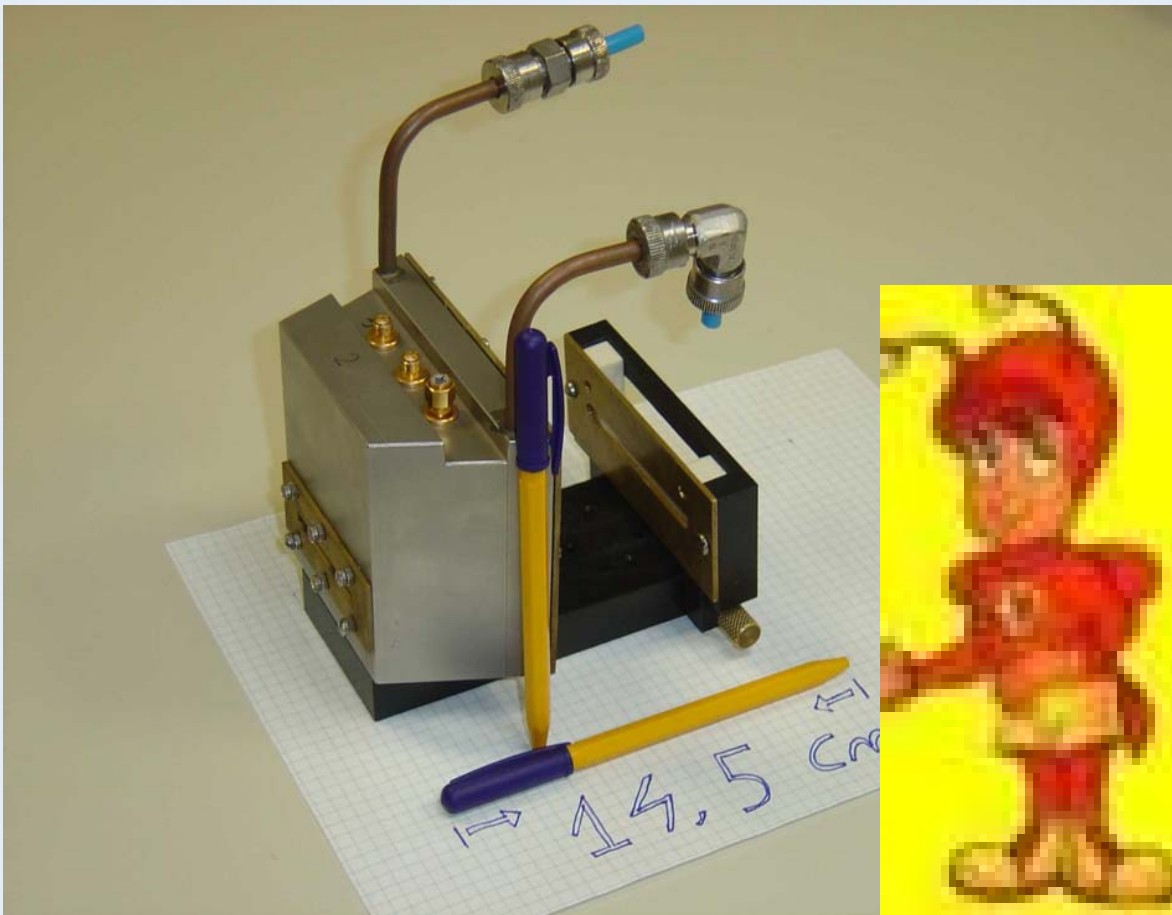
vermelho – $|p_s| < 30 \text{ MeV}/c \rightarrow E_{\text{neutron}} < 0.48 \text{ MeV}$ (condição quase livre)

E agora ?

Quem poderá nos defender ?

Detetor

Não contavam com minha astúcia !!!
Chapolin !!!



1 **Telescópio E-DE**
sensível a posição
para detecção do
 ${}^7\text{Be}$

entre **7°** e **16°**

1 **Detetor PSD**
sensível a posição
para detecção da
alpha

entre **-8°** e **-28°**

Fig. : Câmara de ionização detetor DE (isobutano) e PSD

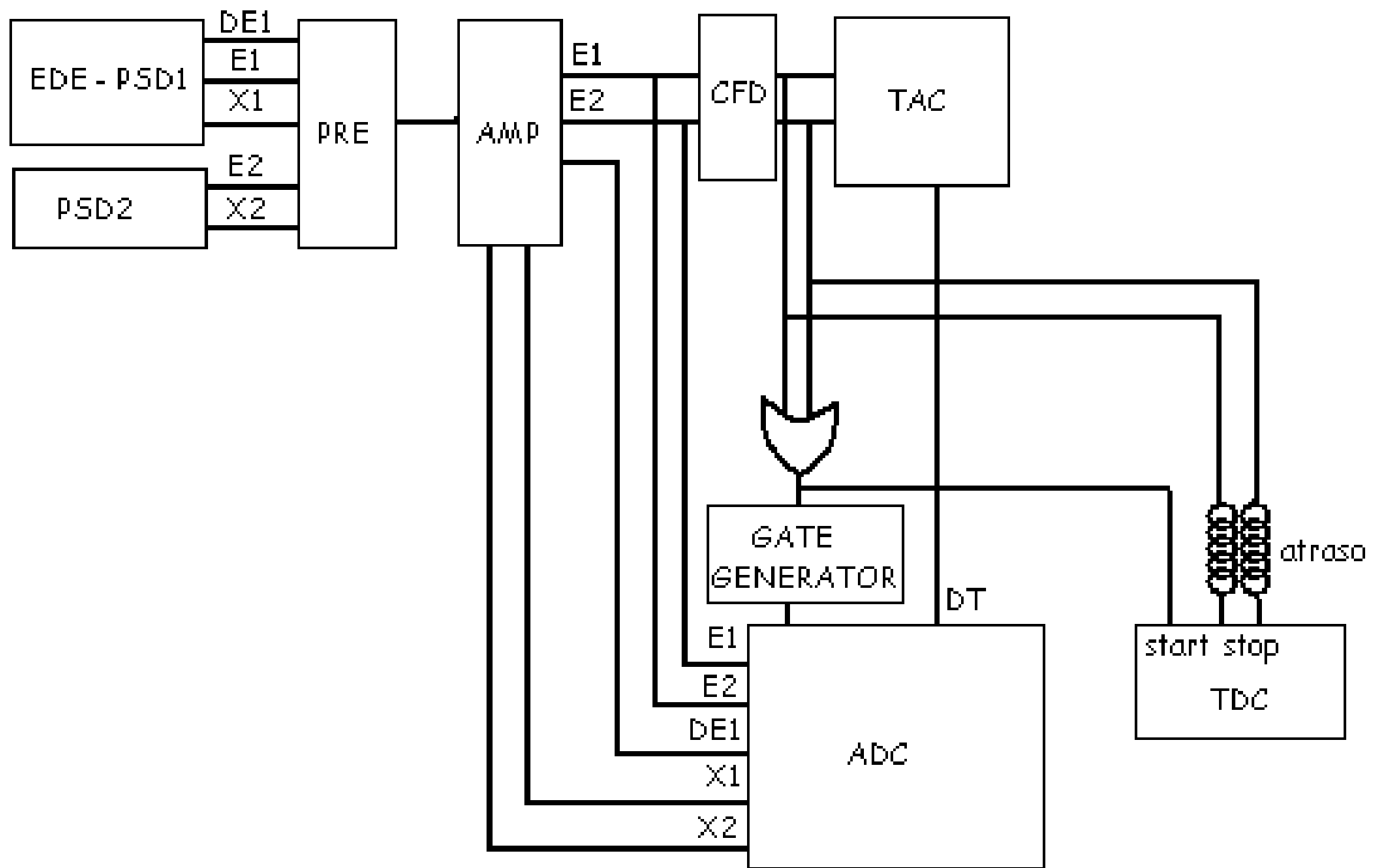


Fig. : Esquema do processamento dos sinais

Cronograma

- Sábado (02/04): início da preparação da 15B
- Domingo (03/04): continuação da montagem (se necessário)
- Seg - Sab (04/04-09/04) - Tomada de dados