
Reações Fotonucleares em Energias Intermediárias e Altas

Airton Deppmam

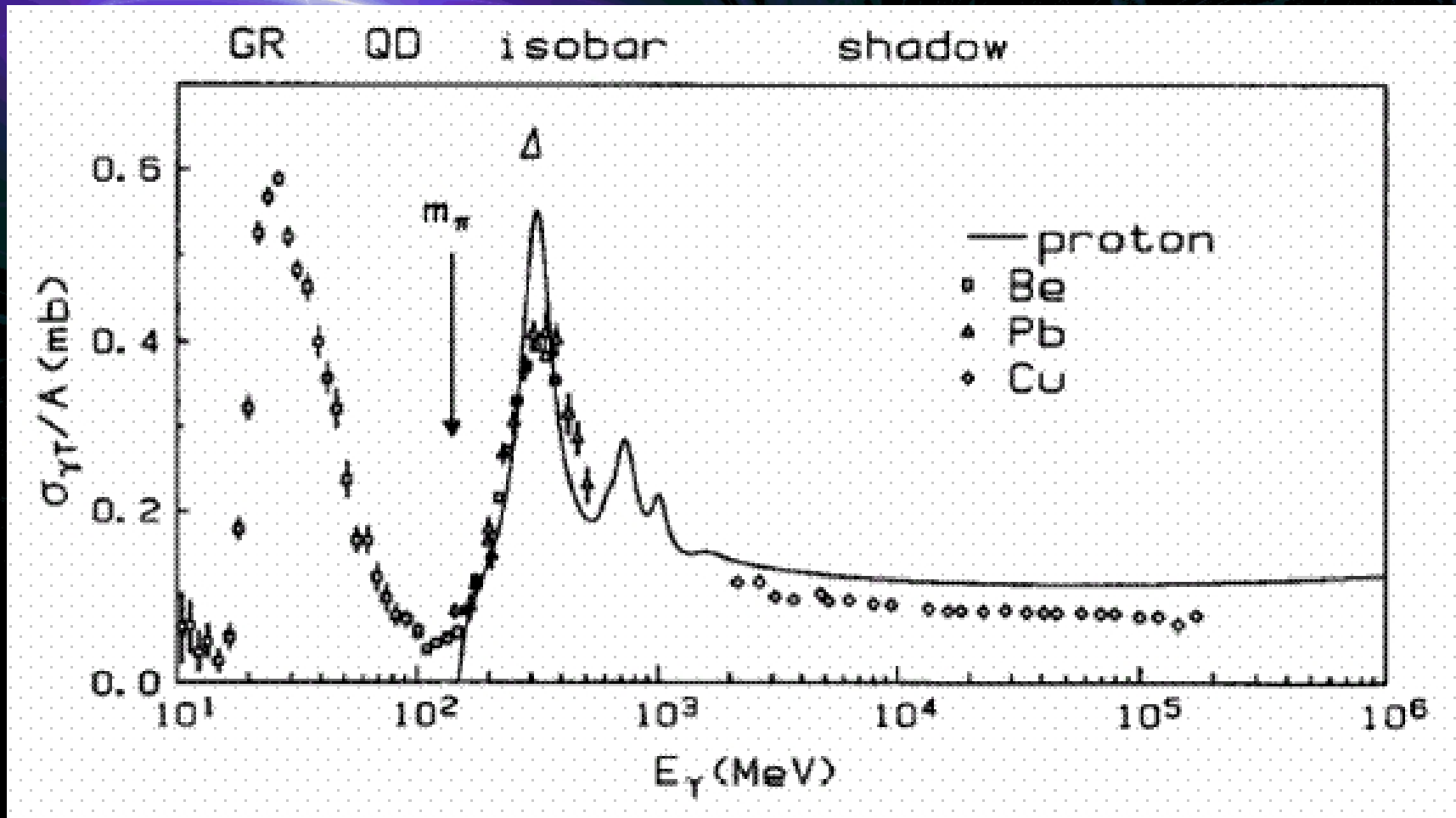
Sumário

- Introdução;
- Medidas de seção de choque de fotoabsorção total;
- Resultados experimentais e novos problemas;
- Análise dos problemas do ponto de vista fenomenológico;
- Desenvolvimento de cálculos de Monte Carlo;
- Resultados dos cálculos;
- Conclusão.

Introdução

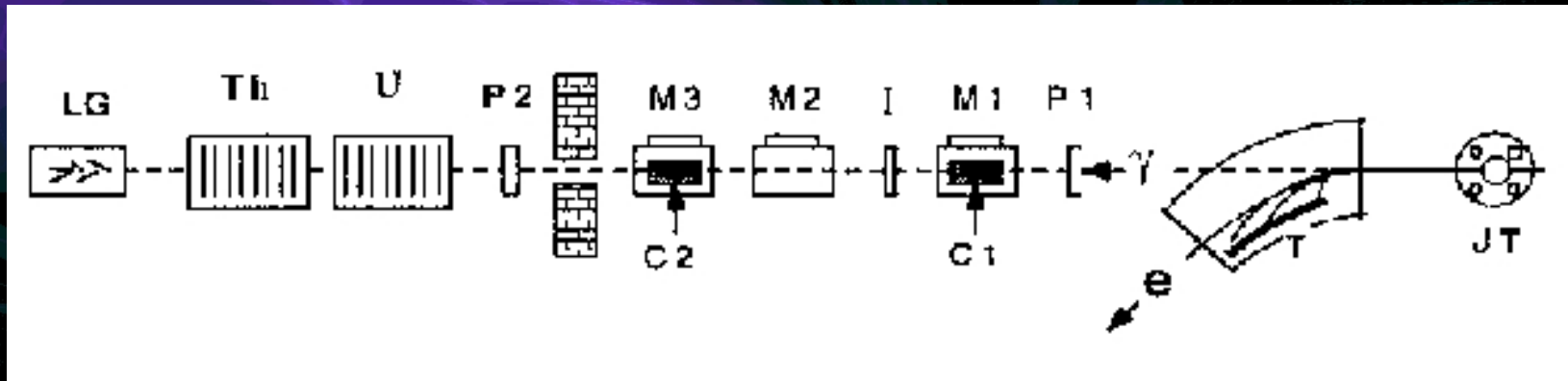
- Estudo das propriedades nucleônicas (e manifestações da estrutura a quarks) no meio nuclear através da observação das ressonâncias bariônicas (J. Ahrens, W. Weise);
- Estudo de possíveis variações de massa de mésons ρ através da observação do limiar do efeito de sombreamento;
- Verificação de regras de soma (W. Weise).

Seção de choque de Fotoabsorção



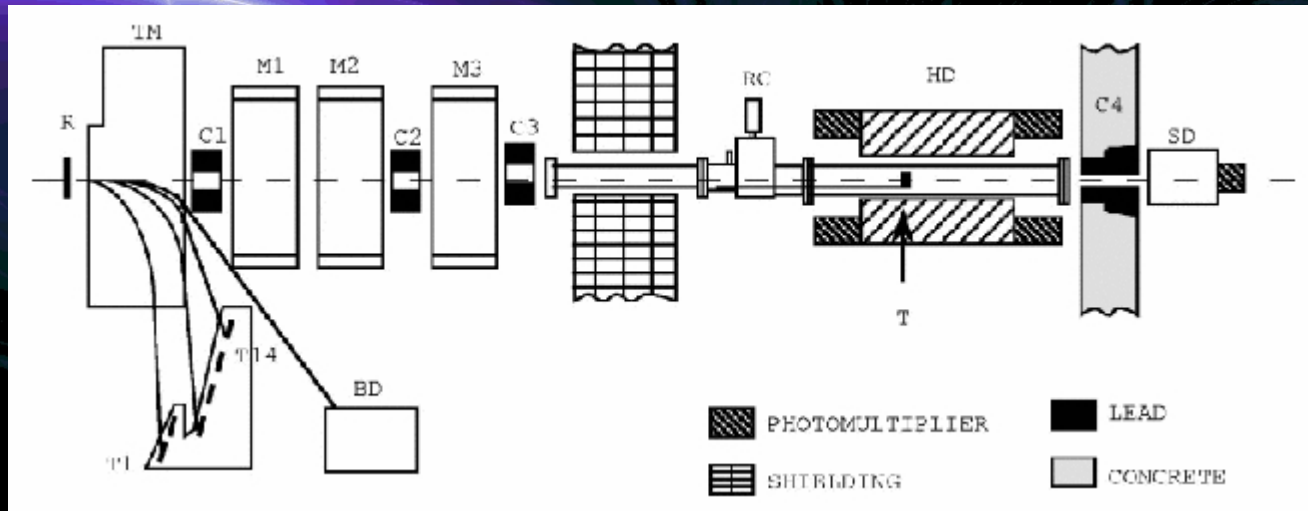
J. Ahrens, Nuc Phys A 446 (1985).

Método Fotofissão



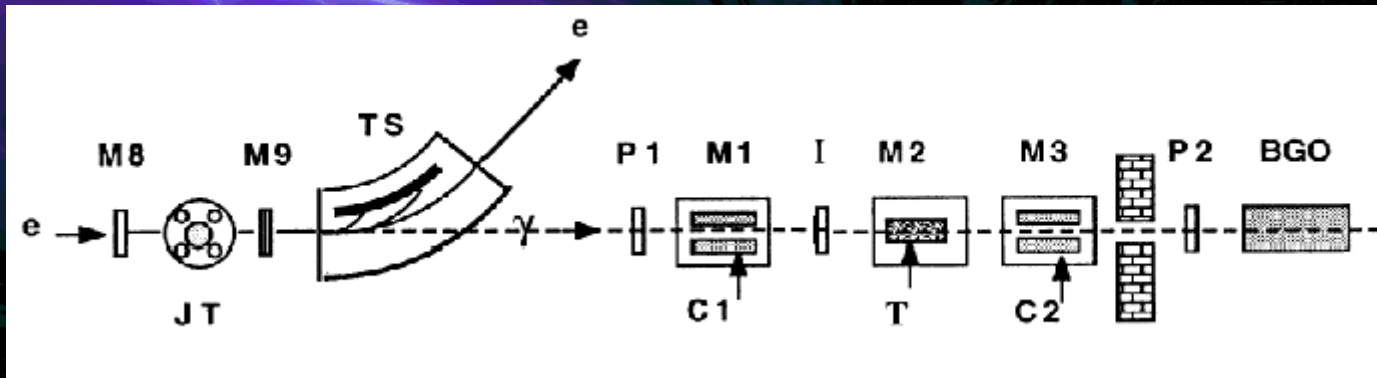
- PPAD como detector de fragmentos de fissão
- Lead-glass como monitor de feixe

Método Foto-hadrônico



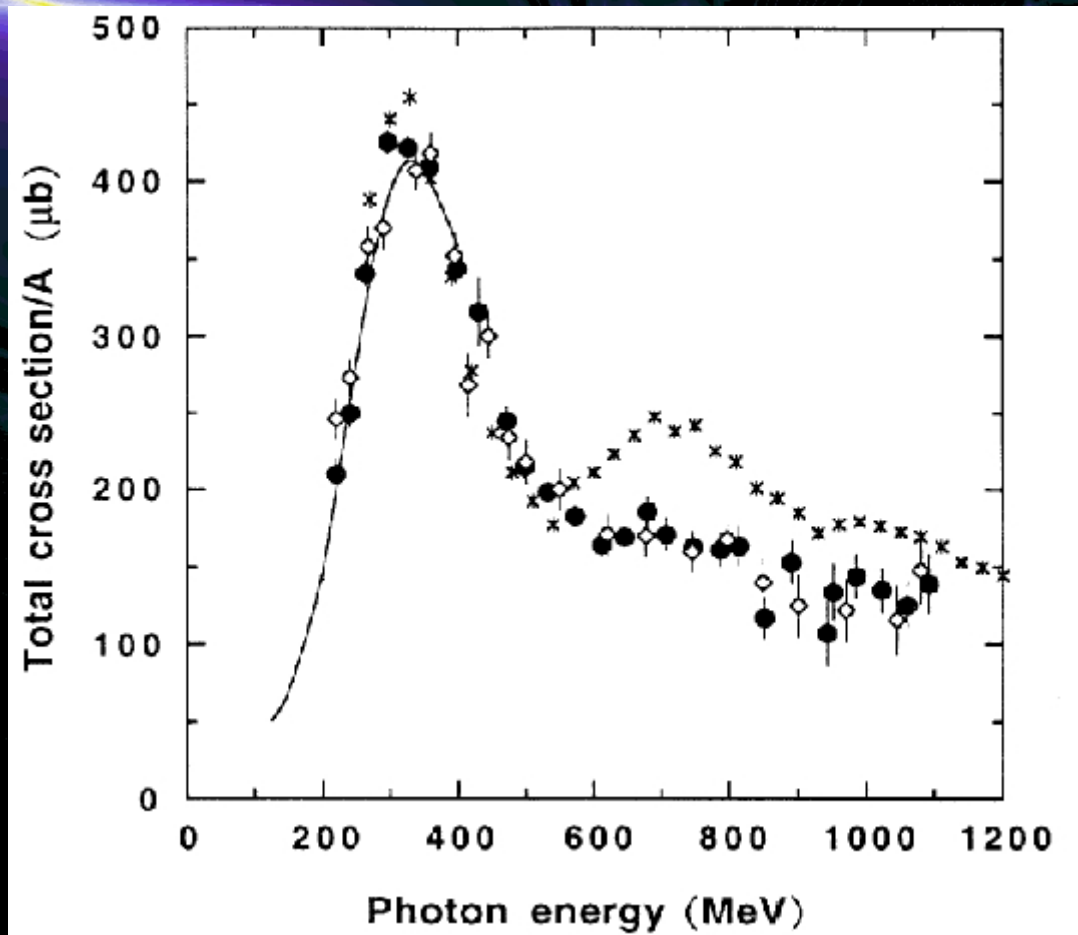
- Simulações com GEANT 3.21
- Gerador de eventos, posteriormente desenvolvido para o GENBOS, que é utilizado até hoje no JLab.

Método de Transmissão



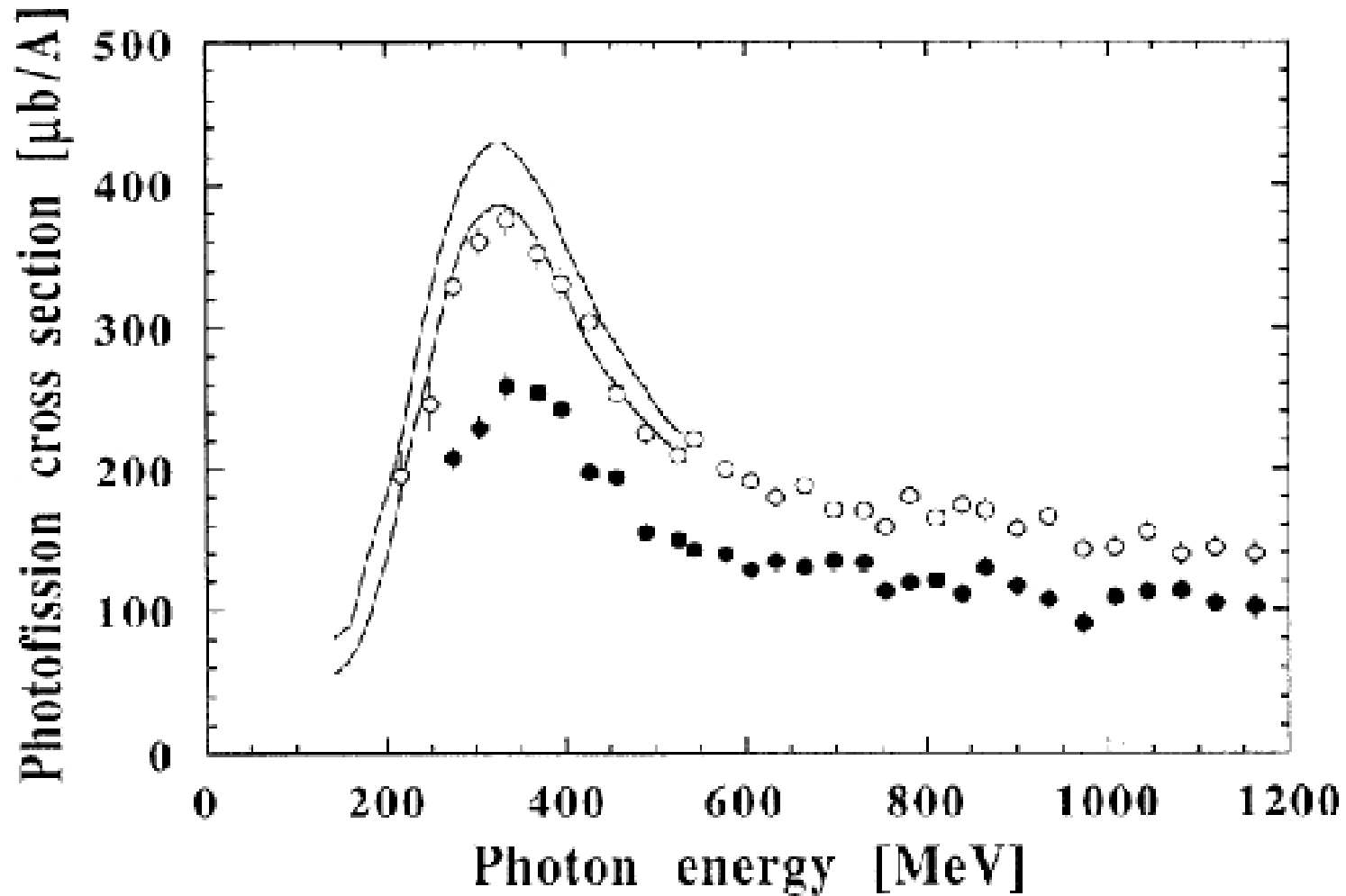
- Uso de BGO para detecção de fótons;
- Cálculos de seção de choque de interação atômica;
- Uso de LED para constante calibração do BGO.

Amortecimento das ressonâncias



Comportamento universal da seção de choque normalizada pelo número de massa

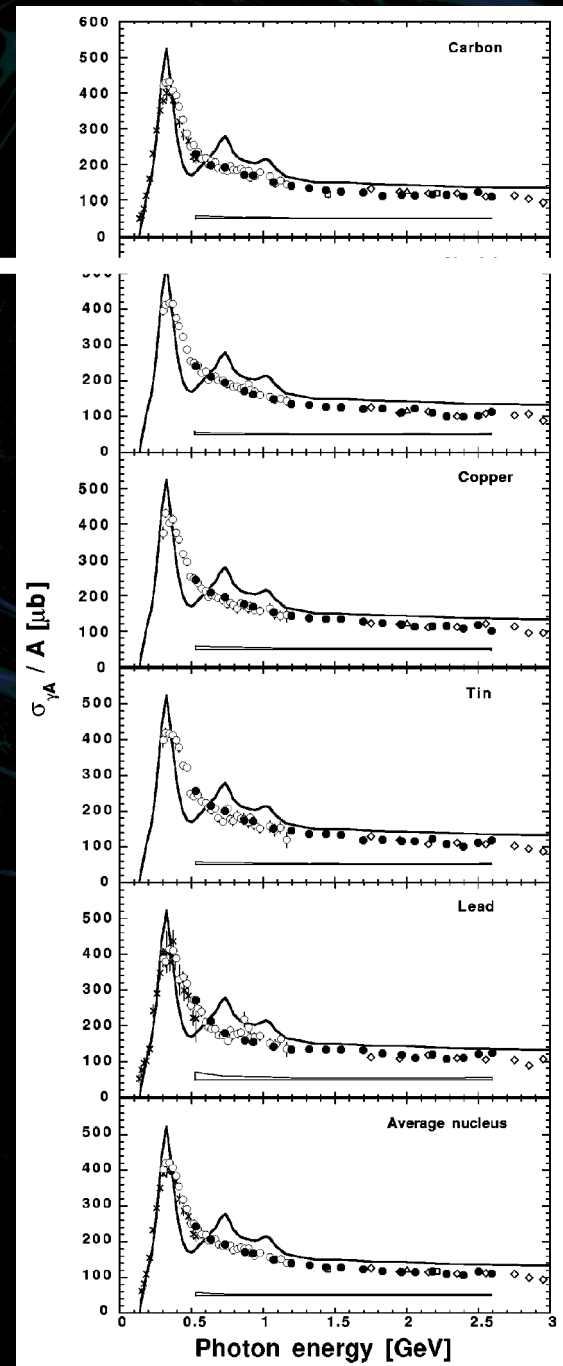
Saturação da Fissilidade



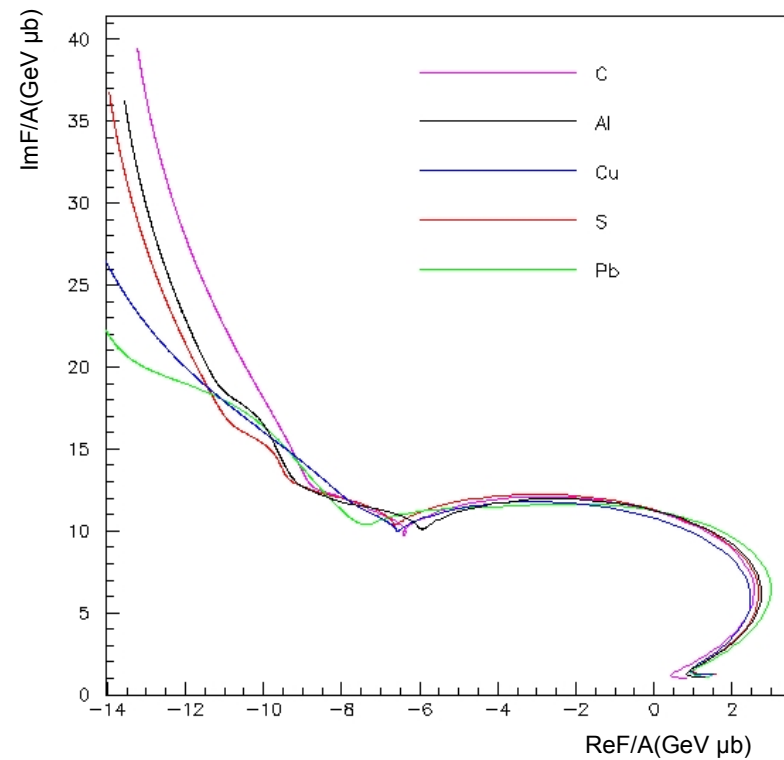
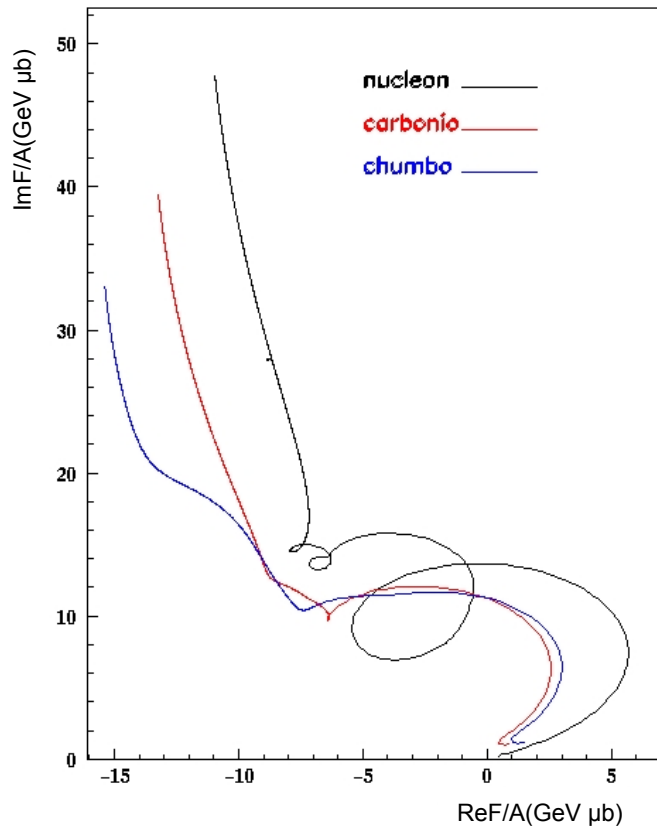
- Limiar do efeito de sombreamento

Observado pela primeira vez que o limiar do efeito ocorre já para energias em torno de 1.5 GeV

Possível efeito de variação da massa do méson ρ no meio nuclear

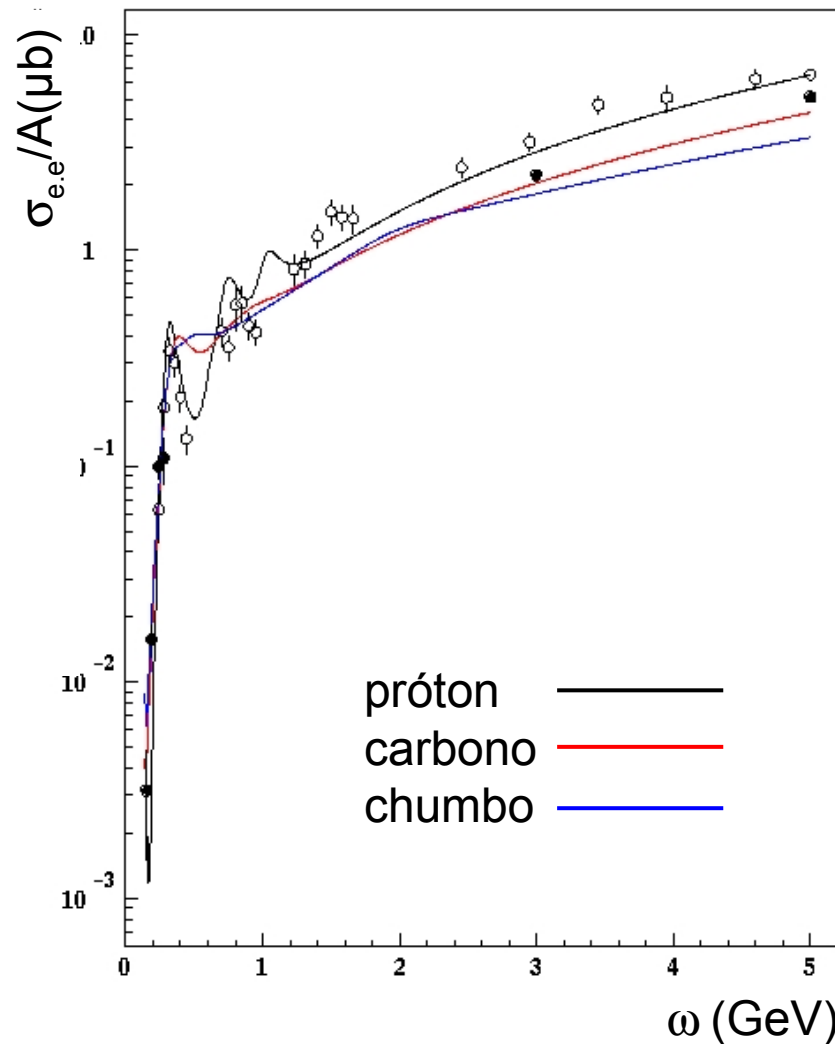


Amplitudes de Espalhamento



Espalhamento Compton

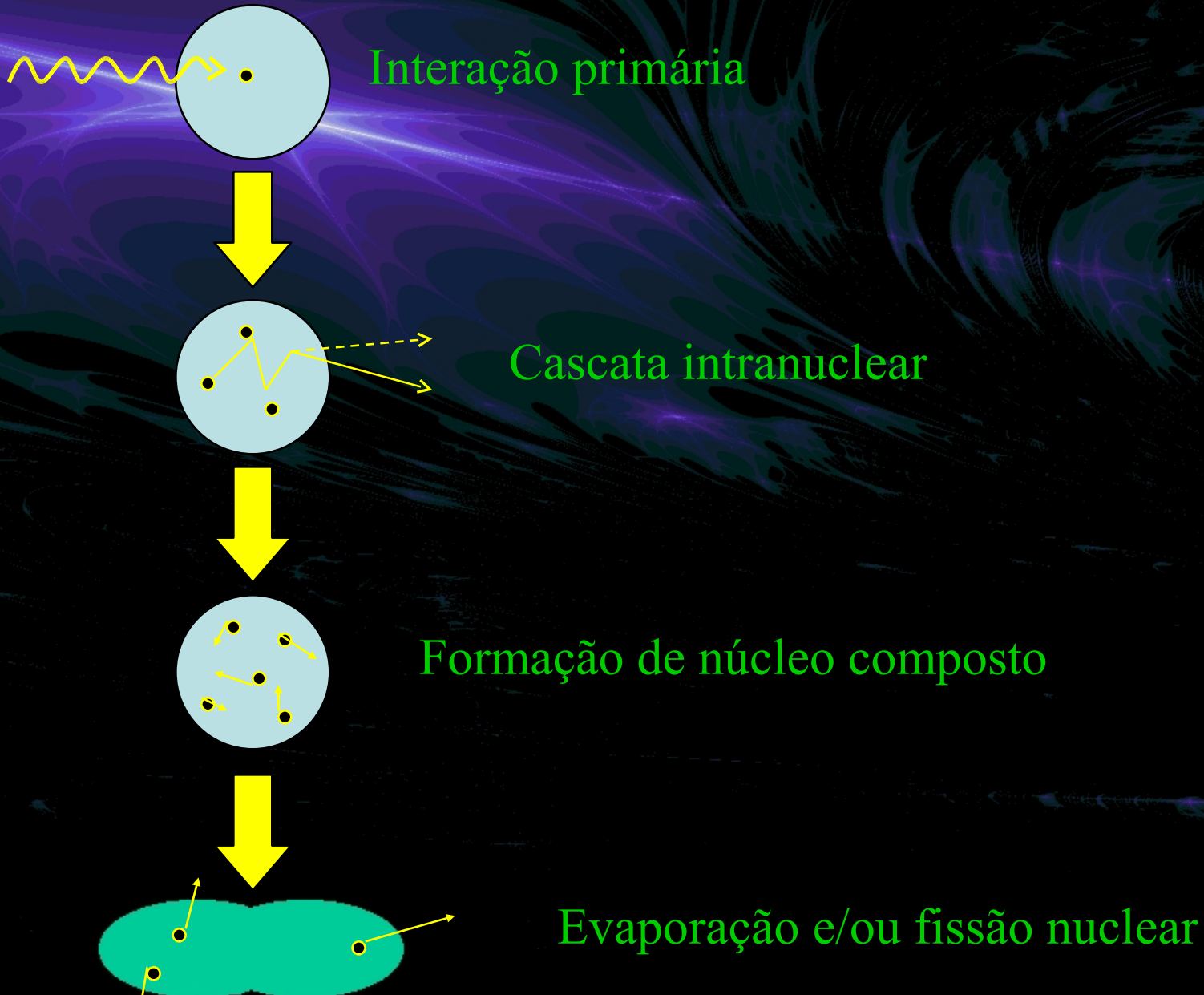
- Unitariedade
- Analiticidade
- Crossing symmetry



Cálculos de Monte Carlo

- Cascata intranuclear e competição entre evaporação e fissão nuclear;
- A complexidade do processo e multiplicidade de mecanismos diferentes favorecem o uso de Monte Carlo;
- Caráter estatístico dos processos.
- Grande número de partículas envolvidas;
- Grande número de interações durante a reação.

Processos envolvidos na reação nuclear



The evaporation-fission competing processes:

$$P_j(E_k)dE_k = \gamma_j \sigma_j E_k \left(\frac{\rho_f}{\rho_i} \right) dE_k$$

$$\left[\frac{1}{2} - \left(\frac{E_n^*}{E_n^*} \right)^{\frac{1}{2}} - \left(\frac{E_n^*}{E_n^*} \right)^{\frac{1}{2}} \right]$$

$$B_f = C(0.22(A-Z) - 1.40\%) - 1$$

$$B_n = (-0.16(A-Z) + 0.25Z + 5.6)M$$

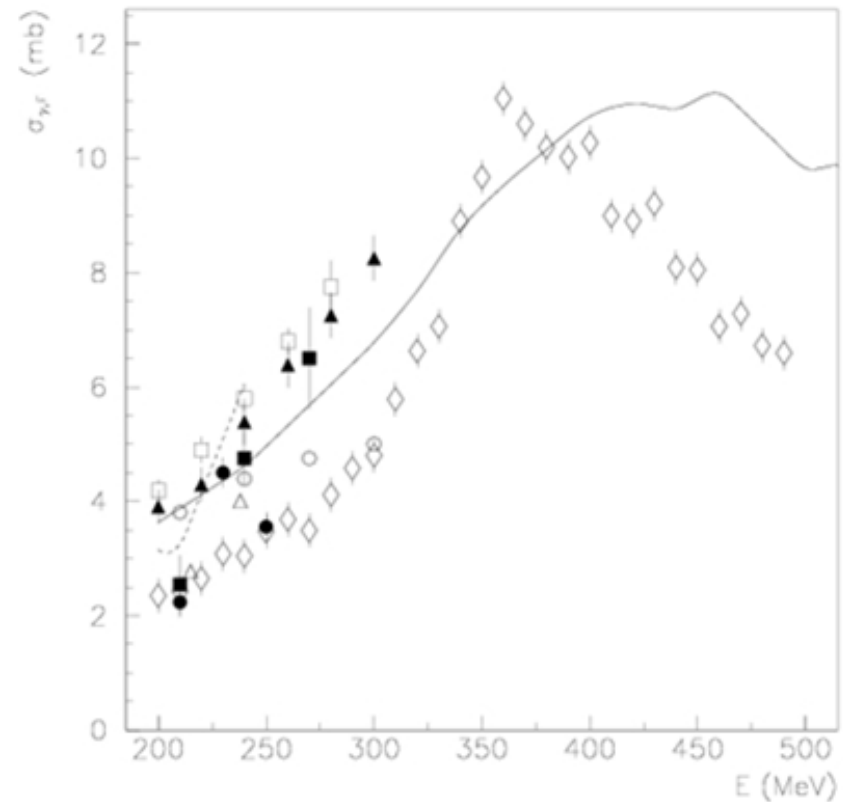
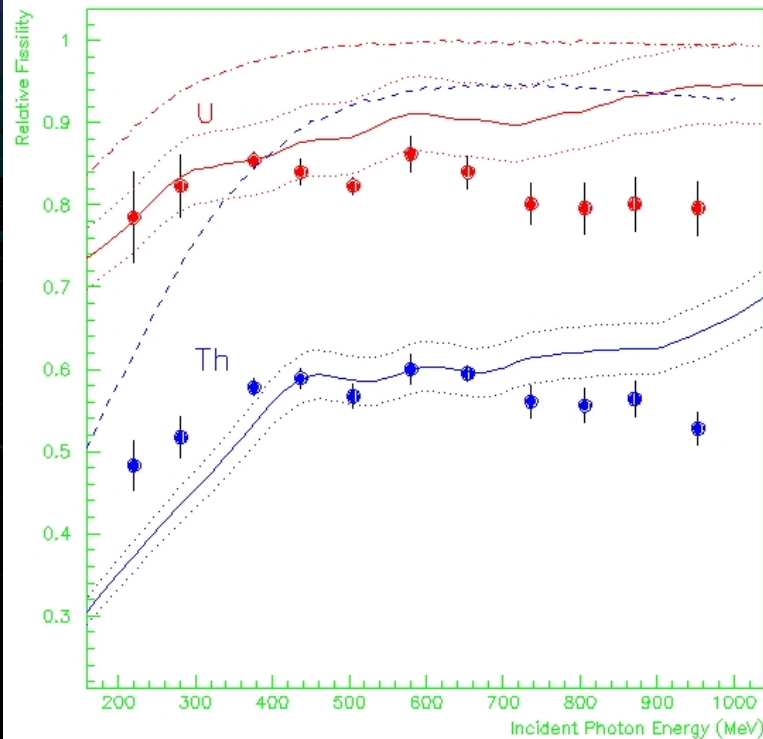
$$B_p = m_p + m(A-1, Z-1) - m(A, Z)$$

$$B_{pp} = m_{pp} + m(A-4, Z-2) - m(A, Z)$$

MCMC-MCEF

- Cascata intranuclear seguindo seqüência temporal;
- Colisões elementares calculadas caso a caso, com distribuição angular;
- Produção de ressonância Delta;
- Produção de píons através do decaimento da ressonância;
- Produção de káons.

Resultados do MCMC/MCEF



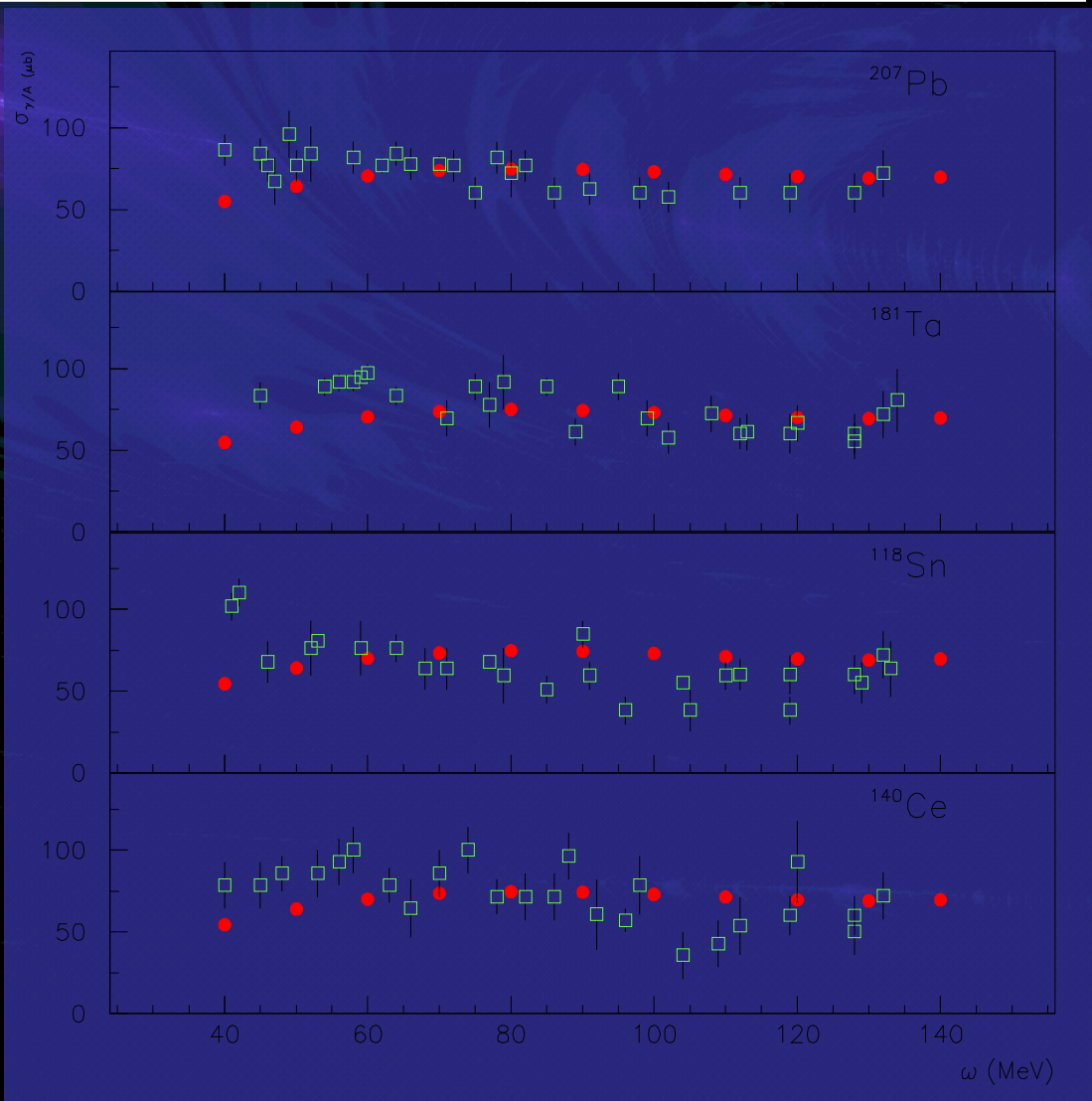
Explicada pela primeira vez a saturação da fissilidade

Desenvolvimento do CRISP

- Mecanismo de quasi-dêuteron;
- Ressonâncias nucleônicas mais pesadas do que a Delta;
- Mecanismo de bloqueio de Pauli mais realista, e baseado no modelo de gás de Fermi;
- Mecanismo de hadronização do fóton;
- Efeito de sombreamento;
- Produção direta de 1 ou 2 píons na colisão nucleon-nucleon.

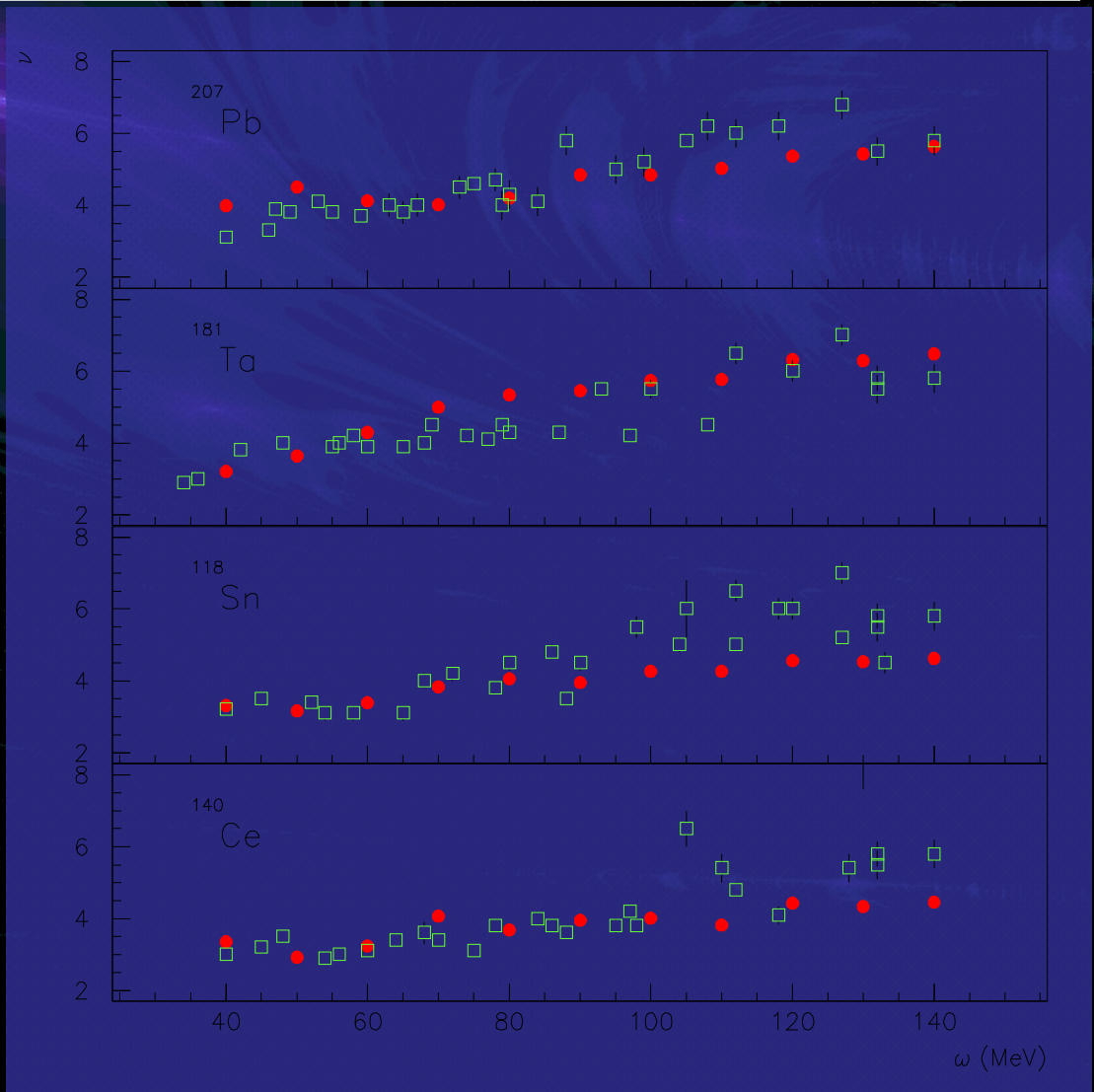
Resultados do CRISP

Seção de choque
na região do
mecanismo de
quasi-dêuteron.



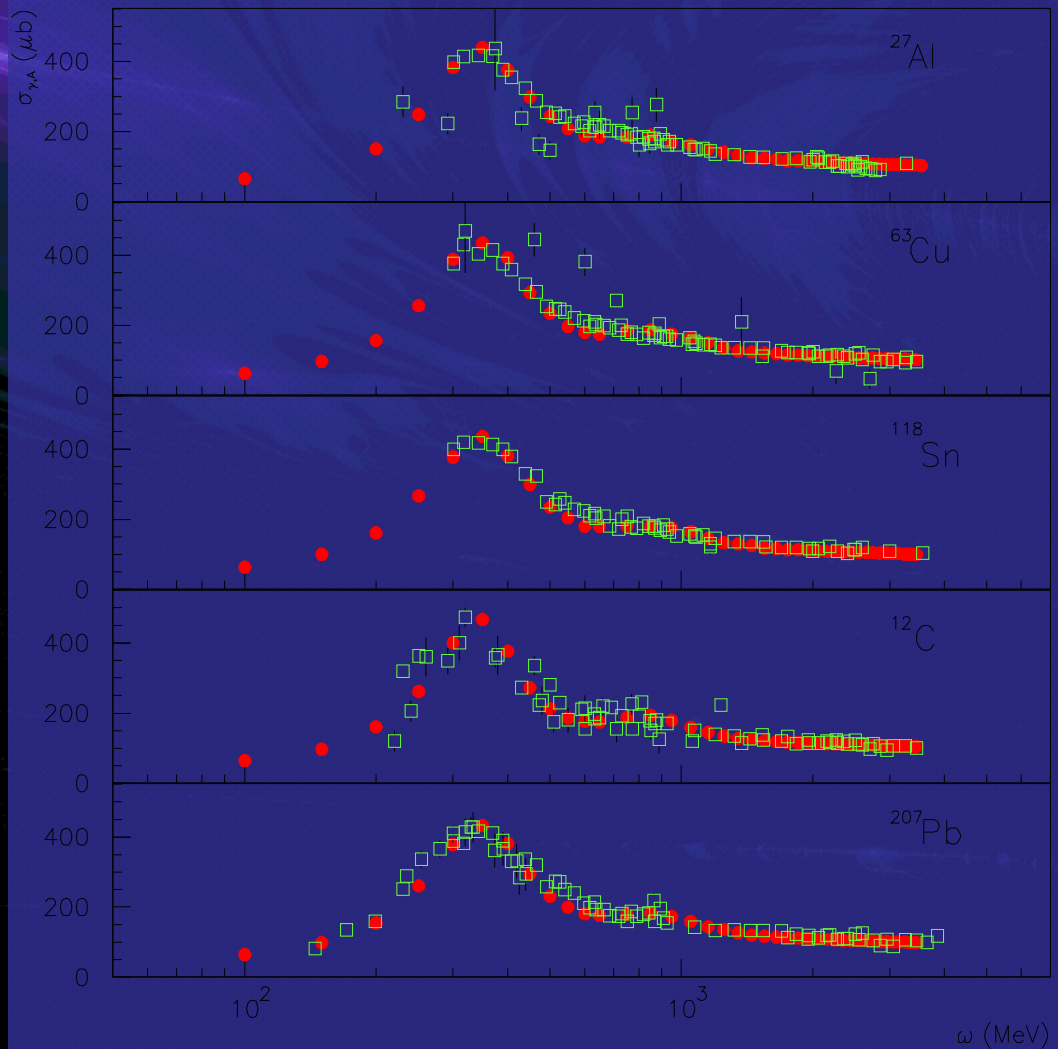
Resultados do CRISP

Multiplicidade de
nêutron emitidos
durante a reação
nuclear na região
do quase-dêuteron



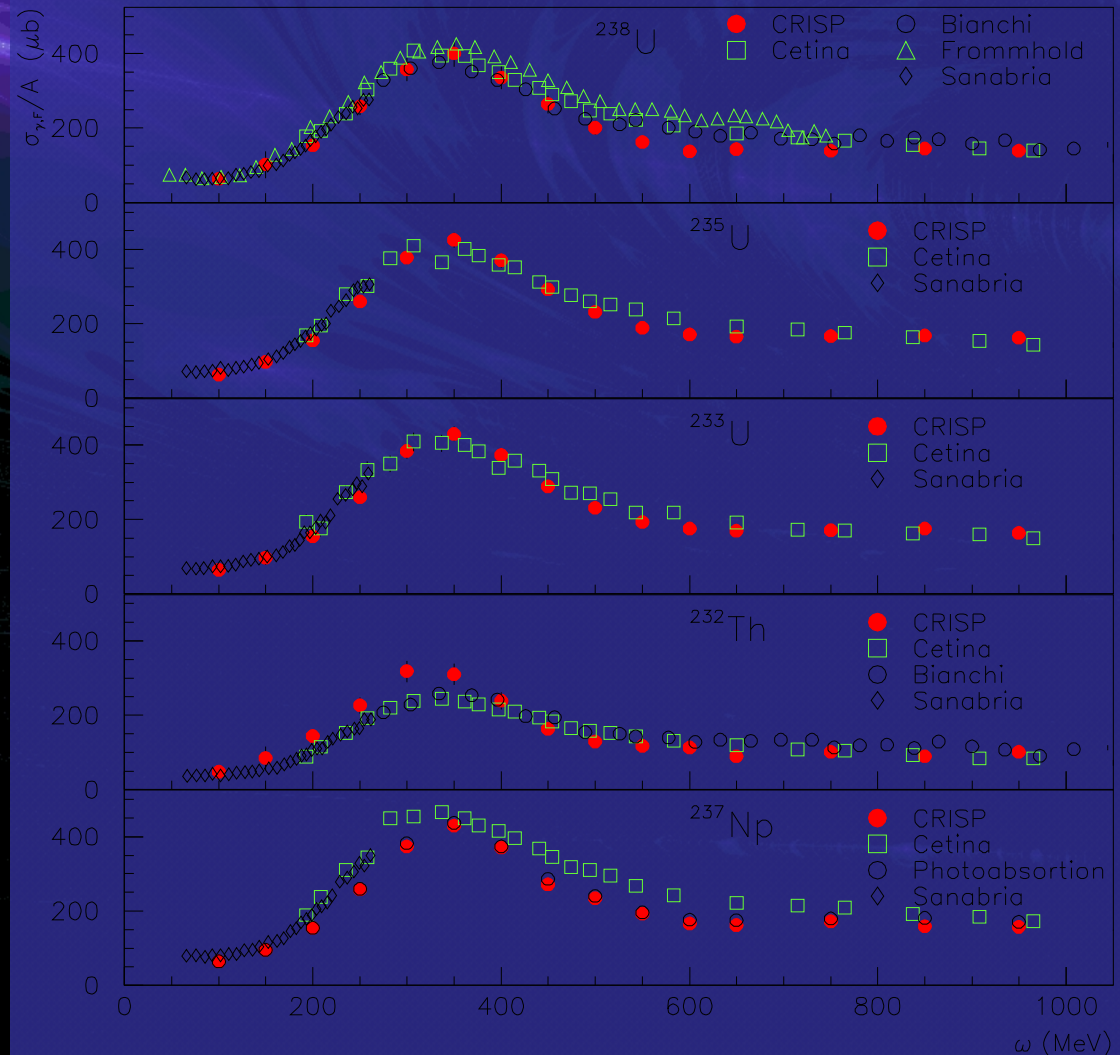
Resultados do CRISP

Seção de choque
de fotoabsorção
total entre 100
MeV e 3.5 GeV.



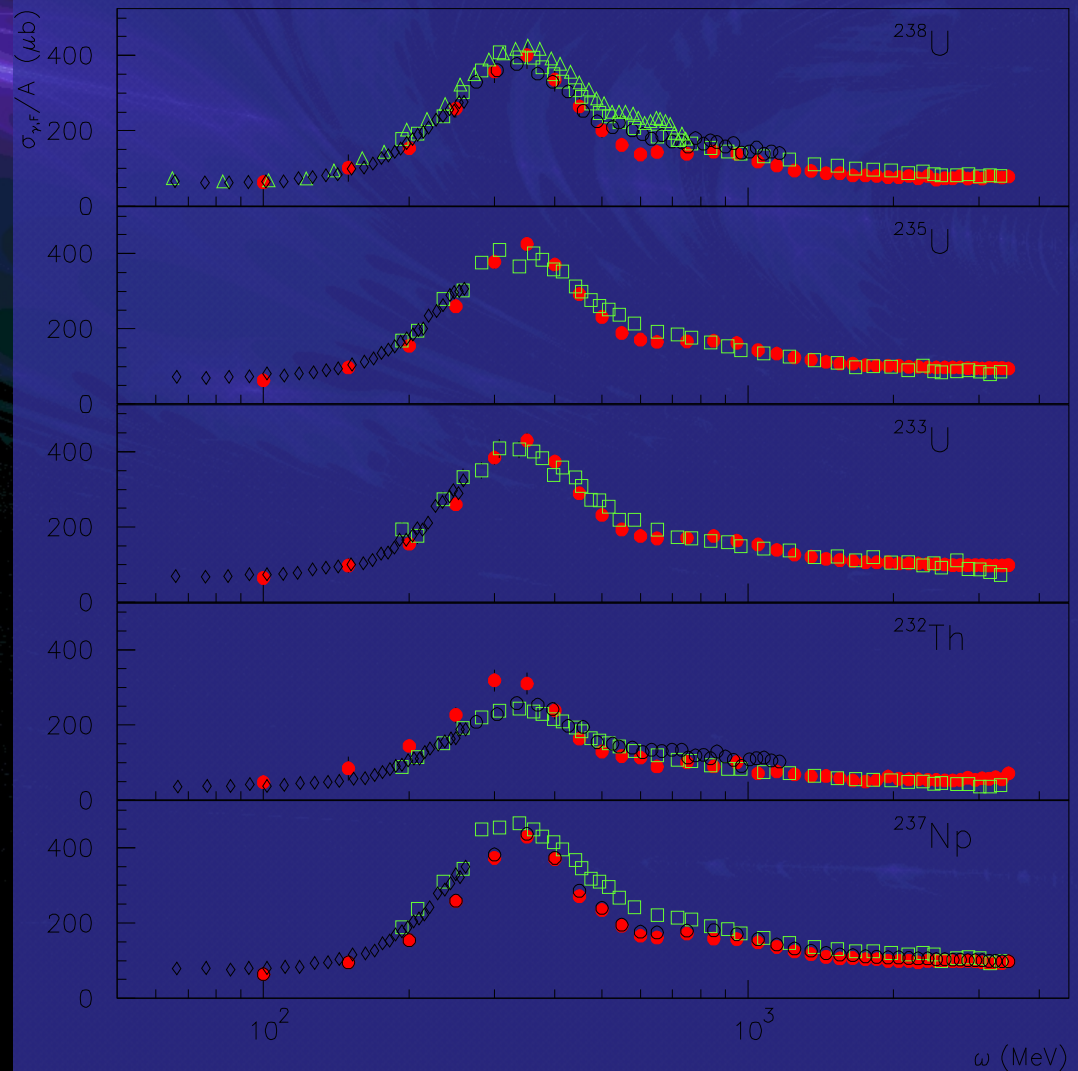
Resultados do CRISP

Seção de choque de fotofissão de actinídeos entre 60 MeV e 1.0 GeV.



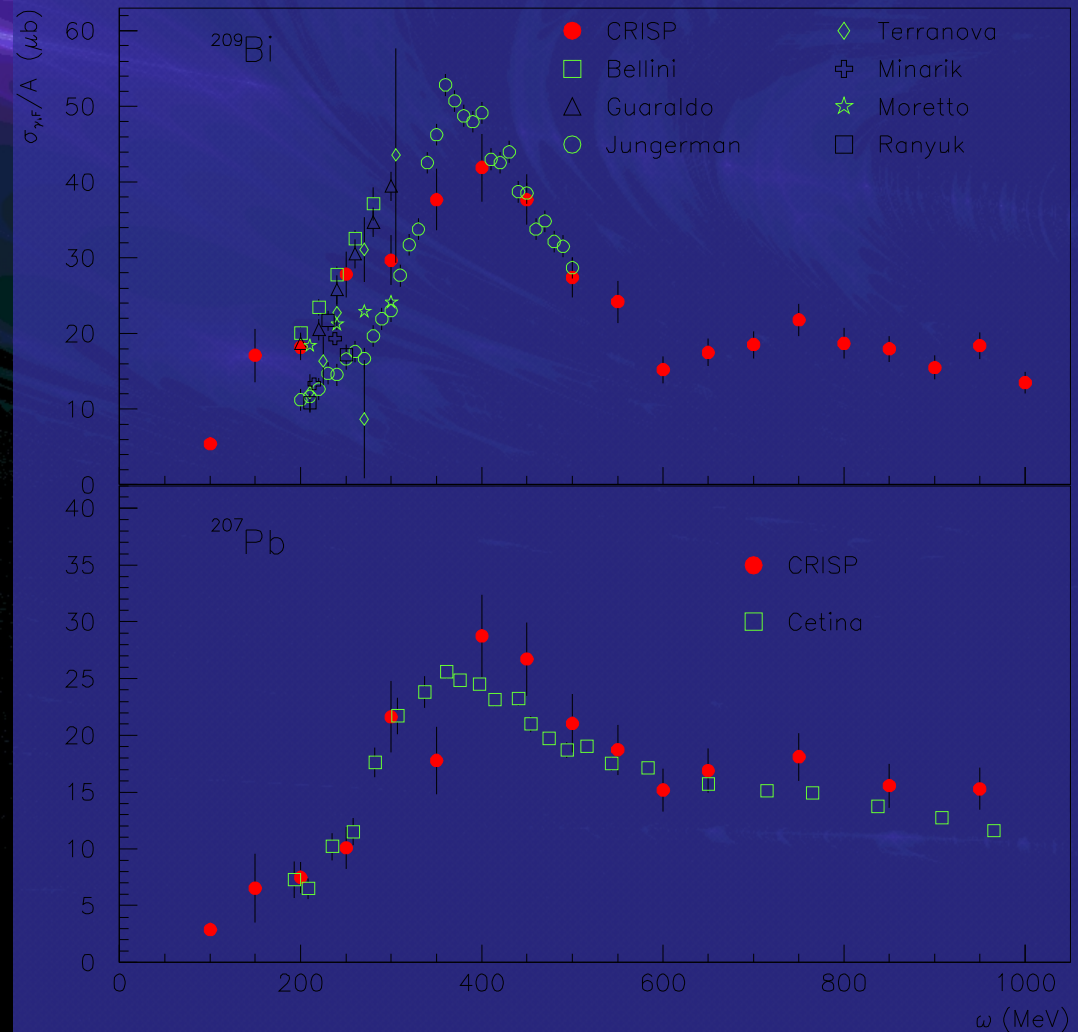
Resultados do CRISP

Seção de choque de fotofissão para actinídeos entre 60 MeV e 3.5 GeV.

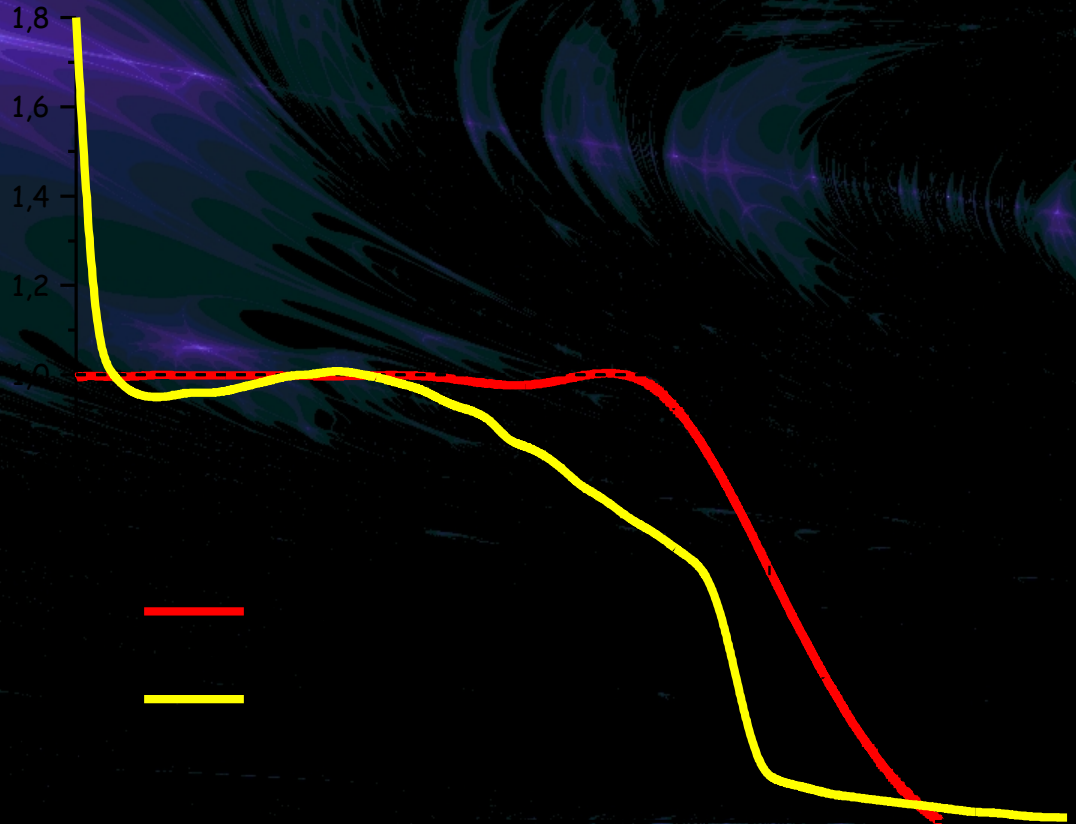


Resultados do CRISP

Seção de choque de fotofissão para pré-actinídeos entre 150 MeV e 1 GeV.



Outros códigos



Número de
ocupação por
núcleo no final da
cascata
intranuclear.

Outros códigos

Fissilidade relativa de actinídeos e pré-actinídeos.

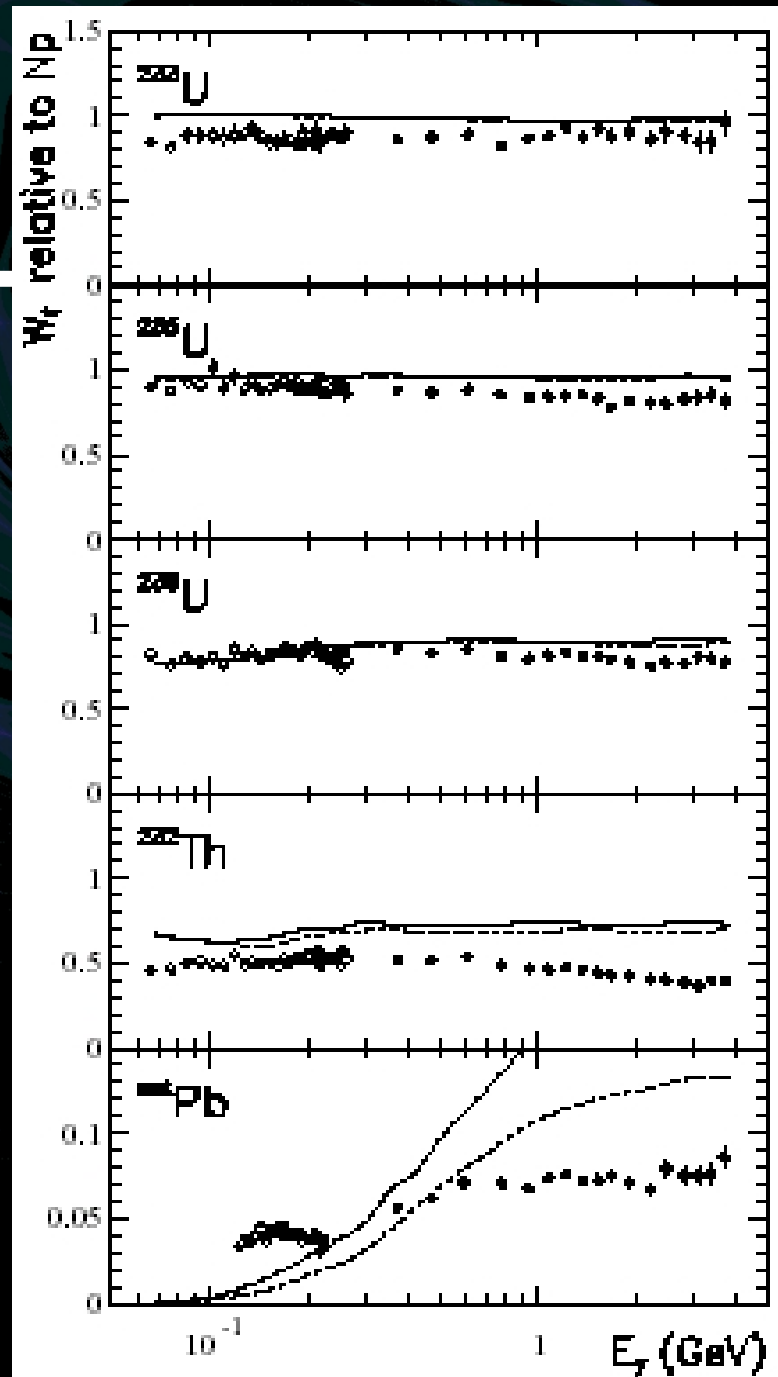
Código RELDIS

L.A. Pshenichnov, B.L.

Berman et al.

arXiv:nucl-th/0303070v1

2003



Conclusões

- Contribuímos para o estudo de reações fotonucleares em energias intermediárias e altas;
- Trabalhos experimentais e fenomenológicos;
- Desenvolvimento de Cálculo de Monte Carlo;
- Novas linhas de pesquisa podem ser trilhadas;

Próximos desenvolvimentos

- Aplicação para estudos de Accelerator Driven Systems (incorporação do CRISP no MCNP-X);
- Aplicação para próton-terapia;
- Extensão para energias mais altas para reações fotonucleares;
- Inclusão de fragmentação de quarks;
- Aplicação para estudos de atenuação de hádrons no núcleo.