

Dupla emissão espontânea de prótons em núcleos exóticos.

Anna Paula Viana Campelo Mendes¹, Sérgio José Barbosa Duarte², Henrique Davidovich²

¹Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

²Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF)

O QUE SÃO NÚCLEOS EXÓTICOS?

- Núcleos que se encontram longe da linha de estabilidade Beta
- Possuem excesso de nêutrons ou prótons
- Instáveis
- Propriedades diferentes dos núcleos estáveis

LINHA DE ESTABILIDADE DO NÚCLEO

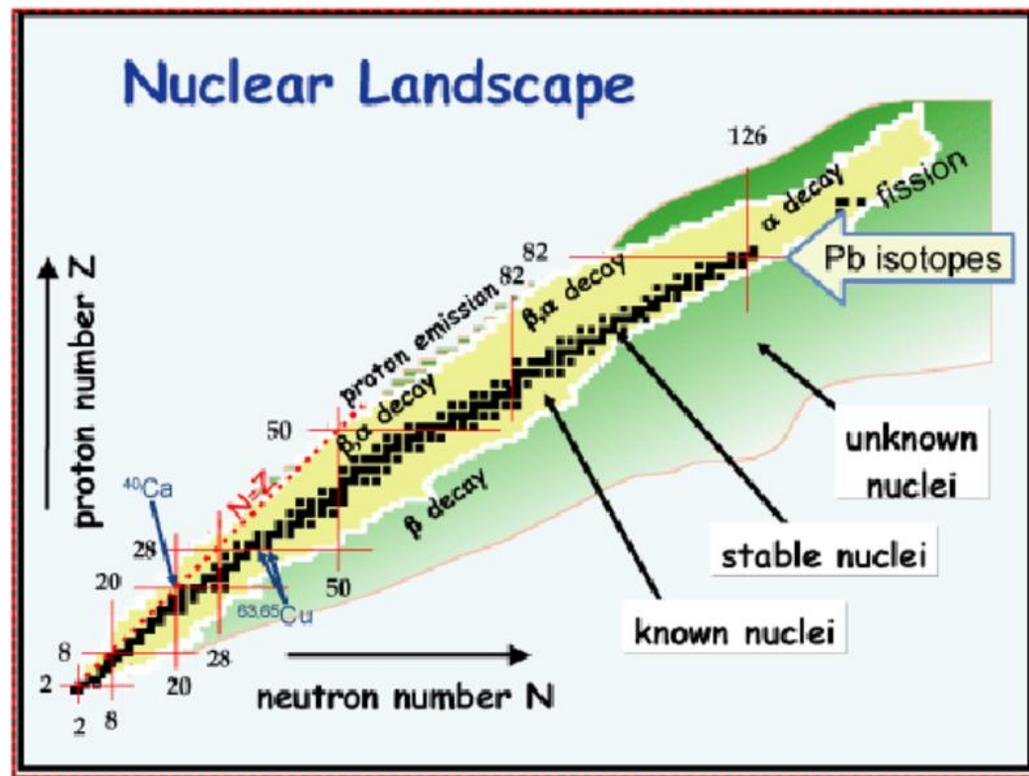


Figura 1: Linha de estabilidade nuclear.

IMPORTÂNCIA DESTE ESTUDO

- Estudar mais profundamente este mecanismo
- Estudar as propriedades do núcleo atômico
- Medir reações fora da linha de estabilidade Beta e abundâncias na nucleossíntese estelar ou primordial
- Estudo de vibrações coletivas e da matéria nuclear assimétrica

MODELOS NUCLEARES PARA DESCRIÇÃO DO DECAIMENTO

- Modelos coletivos:
 - Modelo da Gota Líquida
 - Modelo do Gás de Fermi

- Modelos que analisam partículas independentes:
 - Modelo de Camadas
 - Modelo de Nilson

MODELO PARA DECAIMENTO NUCLEAR HADRÔNICO

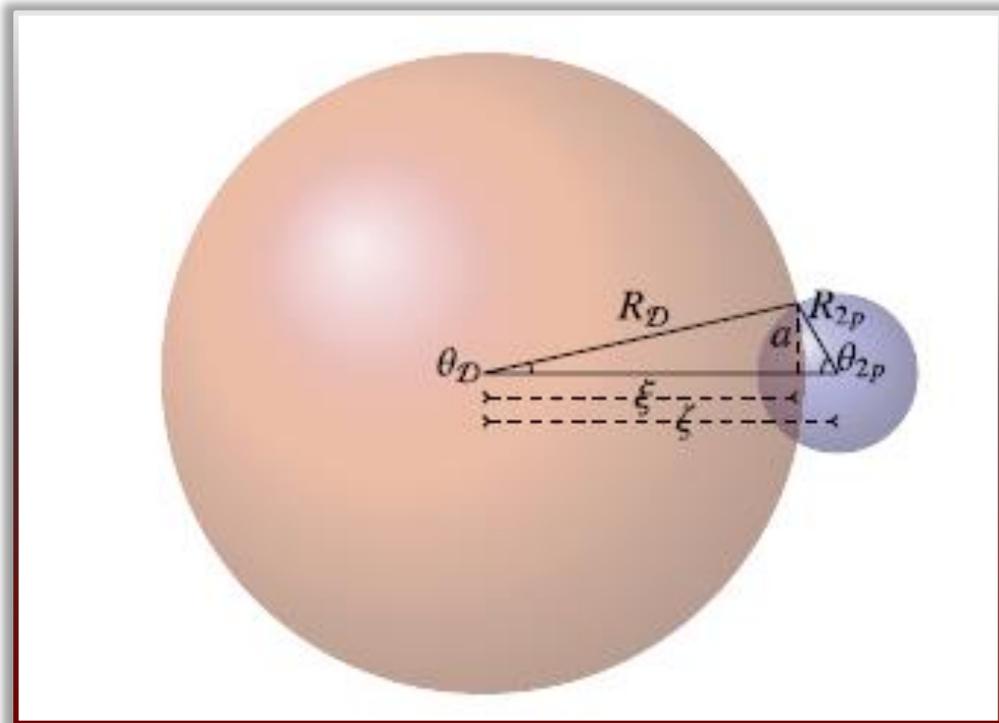


Figura 2: Modelo de Pré-Cisão para Desintegrações Nucleares Raras.

- Descreve o processo de formação de um núcleo-pai que se fragmenta em duas partes, considerando as interações coulombiana e nuclear entre os fragmentos.

TUNELAMENTO

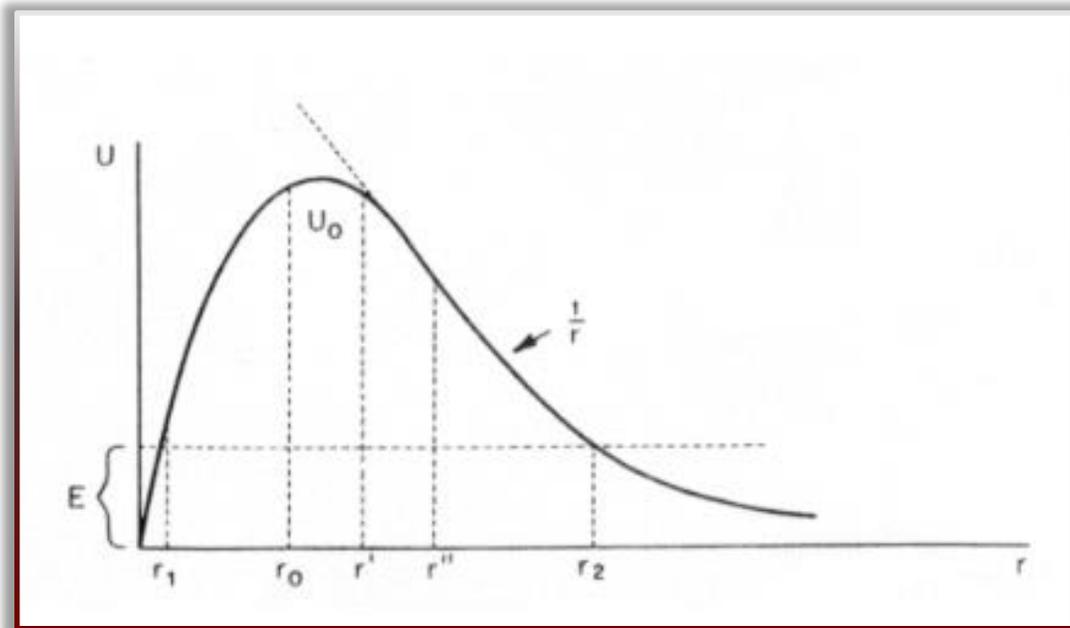


Figura 3: Barreira de Potencial.

- Devido à instabilidade do núcleo, acontece a emissão de prótons
- Efeito de túnel

EMISSÃO DOS DOIS PRÓTONS

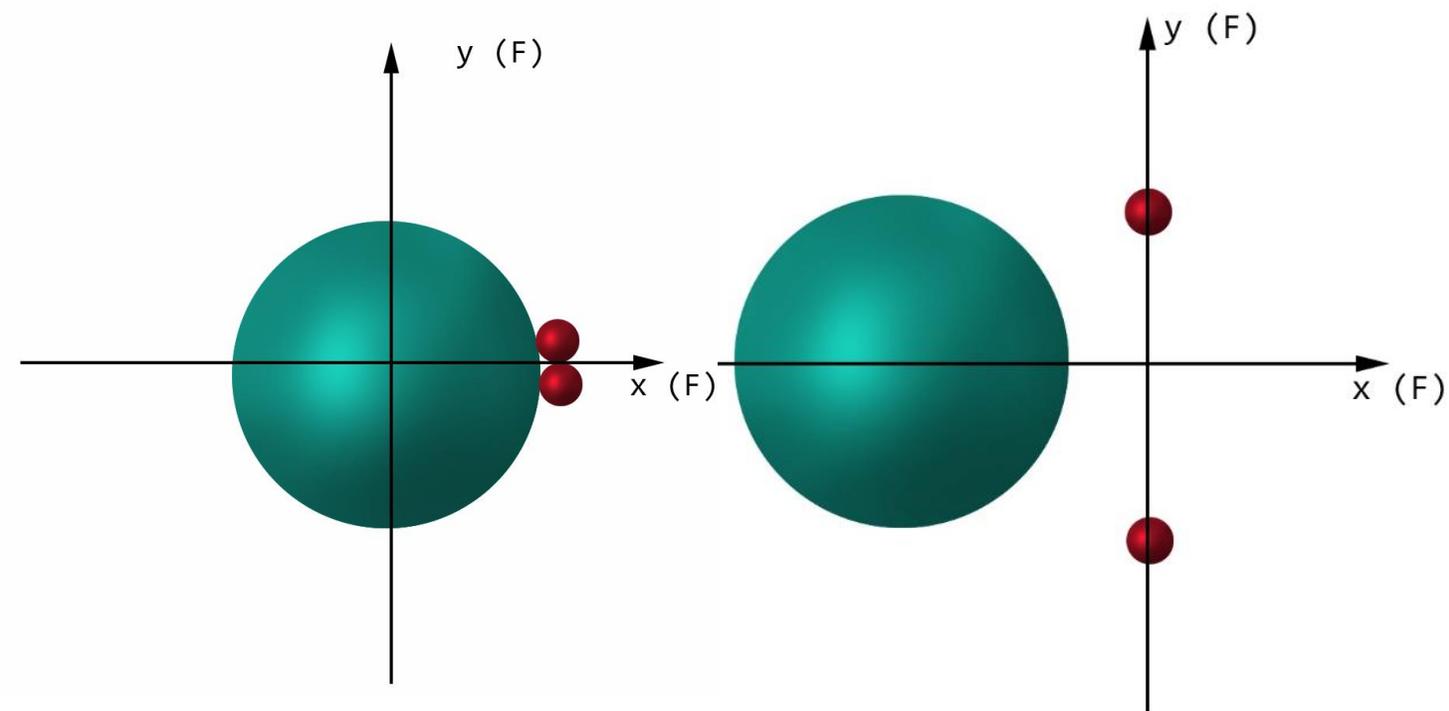


Figura 4: Emissão e separação dos prótons.

- Após o tunelamento, ocorre a emissão dos dois prótons.
- O problema passa a ser tratado como um problema de três corpos.
- A análise do problema é feita a partir do momento que há a dissociação.

ANÁLISE SEMI-CLÁSSICA

- Em se tratando de um problema de três corpos, pode-se usar as equações de movimento para estimar o comportamento destes.
- Esta análise semi-clássica permite que se possa observar o comportamento das partículas e do núcleo em cada ponto do espaço.
- Dessa forma, pode-se analisar alguns parâmetros, como a trajetória das partículas e o ângulo entre elas.

EQUAÇÕES ANÁLISE SEMI-CLÁSSICA

- $a_{yq} = \frac{K*Q*q}{m} \frac{y_q}{|\vec{r}-\vec{r}'|^3} + \frac{k*q^2}{2*m*y_q^2}$

- $a_{xq} = \frac{K*Q*q}{m} \frac{(x_q-x_Q)}{|\vec{r}-\vec{r}'|^3}$

- $a_{xQ} = - \frac{2*K*Q*q}{M} \frac{(x_q-x_Q)}{|\vec{r}-\vec{r}'|^3}$

- Velocidade em cada ponto:

- $vxq[n + 1] = vxq[n] + axq[n]*delta_t$

- Posição em cada ponto:

- $xq[n + 1] = xq[n] + vxq[n]*delta_t + (axq[n]*delta_t**2)/2$

ANÁLISE NUMÉRICA

- Tendo como base as equações de movimento para cada partícula, realizou-se uma análise numérica do movimento destas.
- Utilizando um loop de tempo, foi realizado uma análise de todos os parâmetros de aceleração, velocidade e tempo em cada ponto do espaço.
- Para isso, foram utilizadas 1.000.000 passagens de tempo para calcular a trajetória.

CONCLUSÃO

- As trajetórias observadas numericamente mostraram-se compatíveis com o que se espera teoricamente.
- Verificou-se que quanto menor a distância de separação entre os prótons, maior será o ângulo de separação entre os mesmos.
- Pode-se concluir que o sistema proposto assemelha-se à emissão de dois prótons.

CONCLUSÃO

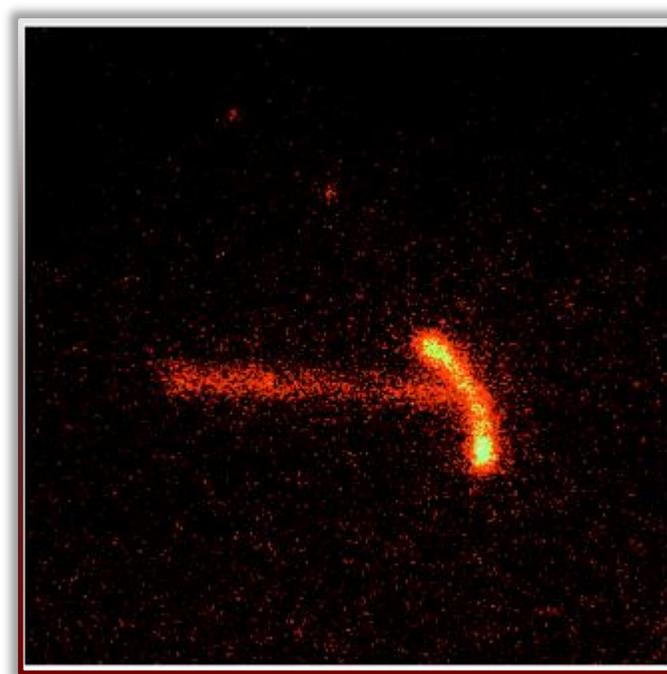


Figura 5: Resultado observado no experimento OTPC.

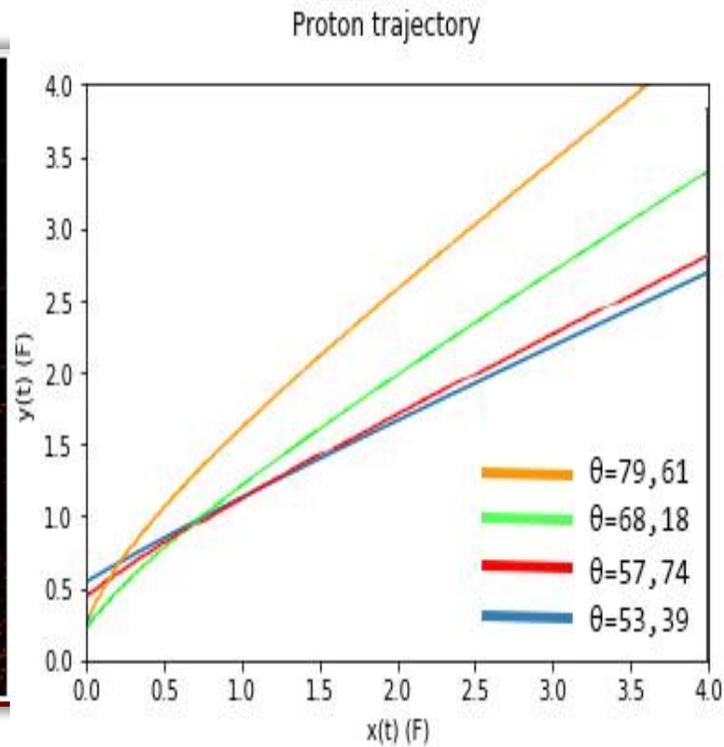


Figura 6: Ângulos observados através de simulação a partir da trajetória dos prótons.

- À esquerda, pode-se observar a emissão de dois prótons no experimento Optical Time Projection Chamber (OTPC), na Universidade de Michigan.
- À esquerda pode-se observar a simulação das trajetórias feitas numericamente e os ângulos entre as partículas.

BIBLIOGRAFIA:

- RODRIGUES, M. M. N. **Emissão Espontânea de Prótons na Região de Núcleos Pesados e de Massas Intermediárias.** Tese de Doutorado – Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, 2016.
- GAMOW, G. **Quantum Theory of The Atomic Nucleus.** 1928.
- GONÇALVES, M.; Teruya, N.; TAVARES, O.A.P.; DUARTE, S.B.; **Two-Proton Emission half-lives in the effective liquid drop model.** Physics Letters B 774 (2017) f. 14-19
- MIERNIK, K. *et al.* **Two-Proton Correlations in the Decay of ^{45}Fe .** Physical Review Letters PRL 99, 192501 (2007).