

# Experimento: Medidas dos produtos de fusão-evaporação na reação $^{16}\text{O} + ^{16}\text{O}$ utilizando o AMS do IF-UFF

Responsável: Roberto Linares (IF-UFF)

14 de outubro de 2013

## 1 Motivação

No modelo da nucleossíntese, o início da síntese de elementos pesados passa pela fusão de  $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$  e  $^{16}\text{O} + ^{16}\text{O}$ . Estes processos ocorrem após a queima do  $^4\text{He}$ , seguido por uma contração do caroço da estrela e a consequente conversão da energia gravitacional em térmica, atingindo temperaturas altas o suficiente para iniciar os processos com  $^{12}\text{C}$  e  $^{16}\text{O}$ . Portanto estas reações são importantes para a compreensão do processo de síntese dos nuclídeos de massa elevadas. No caso do  $^{16}\text{O} + ^{16}\text{O}$  em particular, os produtos da reação são  $^{24}\text{Mg}$ ,  $^{27}\text{Al}$ ,  $^{28}\text{Si}$  e  $^{31}\text{P}$  [Wu-84]. Resultados preliminares obtidas no LAFN-USP utilizando o sistema de detecção SACI-PERERE (Fig. 1) confirmam que estes são os principais canais de reação.

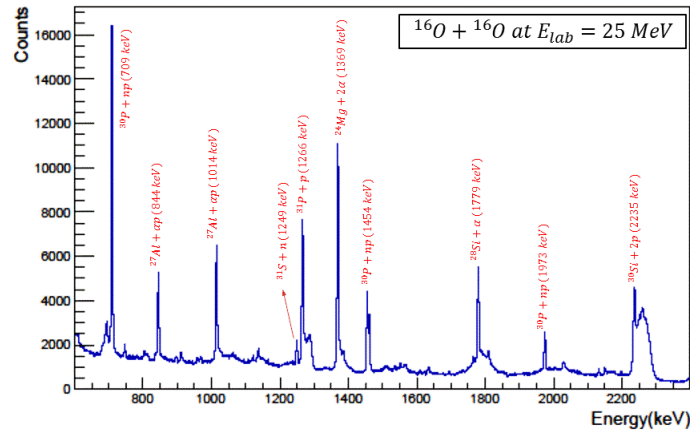


Figura 1: Espectro de raios  $\gamma$  obtidos no período de máquina do projeto E-77. Resultados preliminares.

A reação  $^{16}\text{O} + ^{16}\text{O}$  é de grande interesse astrofísico principalmente para baixas energias, entre 4 – 14MeV. A mais baixa energia estudada e de conhecimento dos proponentes é de 7 MeV no c.m. [Spinka-74]. Nessa região de energia a seção de choque de fusão é da ordem de dezenas de  $\mu\text{b}$ , o dificulta enormemente a obtenção das seções de choque com as técnicas tradicionais como on-line gamma ray analysis, por exemplo. A reação deste sistema já foi medida independentemente por Kolata et. al. [Kolata-77] e Kulke et. al. [Hulke-80]. Esta última com resultados compatíveis com os da ref. [Spinka-74]. O primeiro obteve seções de

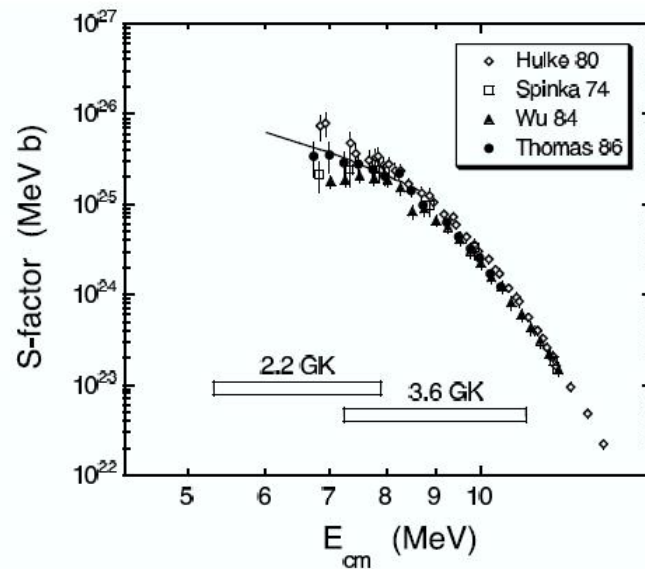


Figura 2: Fator espectroscópico para a reação  $^{16}\text{O} + ^{16}\text{O}$ . Obtido da ref. [Thomas-86].

choque sistematicamente menores. Em acréscimo, a sistemática desenvolvida por Solkstad et. al. [Stoksad-76] sugere que o fator espectroscópico  $S$ , obtido a partir das seções de choque de Spinka et. al. é elevado (ver Fig. 2). Para outros sistemas a sistemática concorda satisfatoriamente bem com dados experimentais.

## 2 Proposta e Justificativa

Trabalhos recentes tem demonstrado o sucesso da técnica AMS para a determinação da concentração isotópica em alvos irradiados. Com isso é possível extrair a secção de choque de reação com boa precisão e, principalmente, com alta sensibilidade. A técnica até agora foi explorada para os isótopos que tradicionalmente já são utilizados em AMS, como  $^{26}\text{Al}$  [Arazi-06] e  $^{10}\text{Be}$  [Wallner-08]. Para estes elementos e para o  $^{14}\text{C}$  a técnica permite determinar concentrações da ordem de  $1:10^{+15}$ , que é além da sensibilidade de técnicas com feixe iônico como PIXE e PIGE.

Nesta proposta de experimento pretendemos quantificar os principais isótopos estáveis do processo de fusão-evaporação do  $^{16}\text{O} + ^{16}\text{O}$  utilizando o acelerador SSAMS do IF-UFF. Para o experimento, utilizando o acelerador Pelletron 8-UD, do LAFN-USP, desejamos contar com a canalização 30B, com feixe de  $^{16}\text{O}$  de 20MeV e de pelo menos 300nA mensurados no alvo. Como alvo será utilizado uma folha auto-portante de  $\text{Mo}_2\text{O}_5$  de  $1\text{mg}/\text{cm}^2$ . Com esta configuração estimamos que a perda de energia do feixe de  $^{16}\text{O}$  no alvo será de aproximadamente 30% da sua energia inicial. Assim, dentro do alvo, estaremos sondando as seções de choque de fusão entre a região 7 a 10 MeV (no c.m.).

O núcleo composto ( $^{32}\text{S}$ ) terá energia cinética suficiente para emergir do alvo e ser implantando em “catchers” de Au. Para preservar a informação sobre a energia cinética inicial do núcleo composto, utilizaremos até 10 catchers de Au de  $0,5\text{ mg}/\text{cm}^2$  cada. Núcleos compostos de distintas energias cinéticas iniciais serão completamente freados em catchers distintos.

Para a subtração do background, necessário em medidas com AMS, utilizaremos regiões não implan-

tadas dos próprios catchers. Para normalização dos dados também será necessária a implantação, a taxa controlada, do  $^{28}\text{Si}$ . Para isso será necessário o feixe de  $^{28}\text{Si}$  a ser espalhado pelo próprio alvo de  $\text{Mo}_2\text{O}_5$  ou outro alvo pesado e catchers de Au posicionados em ângulos convenientes para coletar o feixe espalhado.

Estas medidas serão preliminares e servirão para avaliar os seguintes pontos:

1. Técnicas de tratamento químico do alvo irradiado para posterior utilização na fonte de ions MC-SNICS do SSAMS, IF-UFF.
2. Avaliação da sensibilidade do SSAMS, do IF-UFF, para determinação dos isótopos de massa 30, uma vez que este acelerador operar normalmente em massas 12, 13 e 14.
3. Averiguar o uso dos catchers de Au no tangente a possibilidade de extrair informações de seções de choque de fusão em diversas energia e com relação ao sputtering, que tende a arrancar elementos previamente implantados nos catchers.

Com base no exposto aqui, considerando seções de choque da ordem de  $10\mu\text{b}$ , a espessura do alvo de  $\text{Mo}_2\text{O}_5$  ( $1\text{mg}/\text{cm}^2$ ), intensidade de feixe de pelo menos  $300\text{nA}$  e a sensibilidade da técnica AMS (1 parte para cada  $10^{+15}$ ), **solicitamos 6 dias de maquina.**

## Referências

- [Wu-84] S.C. Wu and C.A. Barnes, *Nuclear Physics A* **422** (1984) 373-396.
- [Spinka-74] H. Spinka and H. Winkler, *Nuclear Physics A* **233** (1974) 456-494.
- [Kolata-77] J.J. Kolata et. al. *Physical Review C* **16** (1977) 891.
- [Hulke-80] G. Hulke et. al. *Z. Phys. A* **297** (1980) 161.
- [Stoksad-76] R.G. Stokstad et. al. *Physical Review Letters* **37** (1976) 888.
- [Thomas-86] J. Thomas et. al. *Physical Review C* **33** (1986) 1679.
- [Arazi-06] A. Arazi et. al. *Physical Review C* **74** (2006) 025802.
- [Wallner-08] A. Wallner et. al. *Journal of Physics G: Nuclear Particle Physics* **35** (2008) 014018.