

LABORATÓRIO ABERTO DE FÍSICA NUCLEAR

PAC 2018

Proposal	N°
Title: Seção de choque de produção dos estados 2+ e 6+ do 44Sc através de reações de fusão-evaporação	
Responsable: Vitor Aguiar	E-mail: vitor.angelo.aguiar@usp.br
Participants: V.A.P.Aguiar, N.H. Medina, N. Added, E.L.A. Macchione, P.R.P. Allegro, J.R.B. Oliveira, R.V. Ribas, R. Escudeiro, S. Alberton, V.A.B. Zaggato, V.B. Scarduelli, G.S. Zahn, F.A. Genezini, M.A.G. Silveira.	
Spokeperson: Vitor Aguiar	e-mail: vitor.angelo.aguiar@usp.br
Telephone: (11)3091-6961	Skype:
Number of days for experiment:	10
Period planned for the experiment (are the setup ready for beam time?): Março/2019 – necessário confecção de alvos	

Technical information

Ion source			Accelerator			Experimental Area	
Beam	Cathode	I _{mínima}	V _{min}	V _{max}	Bunched beam?	Beam line	Target
19F		200nA	5	8	-	0	28Si
18O		200nA	5	8	-	0	28Si

Other relevant/needed information:

Seção de choque de produção dos estados 2+ e 6+ do ^{44}Sc através de reações de fusão-evaporação

V.A.P. Aguiar, N.H. Medina, N. Added, E.L.A. Macchione, P.R.P. Allegro, V.A.B. Zaggato, J.R.B. Oliveira, R.V. Ribas, R. Escudeiro, S. Alberton, V.B. Scarduelli

Instituto de Física da Universidade de São Paulo

M.A.G. Silveira

Centro Universitário da FEI

G.S. Zahn, F.A. Genezini

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares

1 Introdução

O conhecimento dos mecanismos de interação entre dois núcleos passa necessariamente pelas medidas de seção de choque dos diversos processos que podem ocorrer, como espalhamento elástico e inelástico, transferência, *break-up* e fusão completa e incompleta. Nos processos de fusão, as medidas normalmente são feitas para a seção de choque total, uma vez que a medida de cada um dos canais de evaporação de partículas é bastante complexa e envolve diversos detectores em coincidência.

No caso dos processos de fusão-evaporação, considera-se que ocorre a penetração do projétil do núcleo-alvo, e, dependendo da energia de excitação, nucleons podem ser emitidos imediatamente ou após a distribuição da energia do projétil para todos os nucleons do alvo. A evaporação de nucleons leva à formação de núcleos residuais em estado excitado, que decaem para o estado fundamental através da emissão de radiação gama. Todavia, a energia carregada pelas partículas evaporadas varia, de modo que o núcleo residual pode encontrar-se em diversas energias de excitação.

2 O caso do ^{44}Sc

O núcleo de ^{44}Sc pode ser produzido através de reações de fusão-evaporação de projéteis de ^{19}F e ^{18}O em alvos de ^{28}Si . O ^{44}Sc possui o estado fundamental 2+ que decai para o ^{44}Ca com meia vida de 3,97h e um estado excitado metaestável 6+ com energia de 271 keV que possui meia-vida de 58,61h e pode decair diretamente para o ^{44}Ca ou para o estado fundamental do ^{44}Sc , conforme Figuras 1 a 3.

Desta forma, a partir de sua formação, o ^{44}Sc pode decair de três formas:

1. Quando no estado fundamental, emite uma partícula $\beta+$ e com alta probabilidade (99%) decai para o estado 2+ do ^{44}Ca , que desexcita-se pela emissão de um raio gama de 1157 keV. A meia vida do núcleo-pai é de 3,97h;
2. No estado excitado, pode emitir uma partícula $\beta+$ e decair para o estado 6+ do ^{44}Ca , que desexcita-se pela emissão de três raios gama em cascata, sendo eles de 1001,8 keV, 1126,1 KeV e 1157 keV. Este processo ocorre com 1,20% de probabilidade e a meia-vida do núcleo-pai (excitado) é de 58,61h;
3. No estado excitado, pode também ocorrer a desexcitação através da emissão de um raio gama de 271 keV, processo esse com 98,8% de probabilidade e com meia-vida de 58,61h. Após este processo, obtém-se o caso 1 acima.

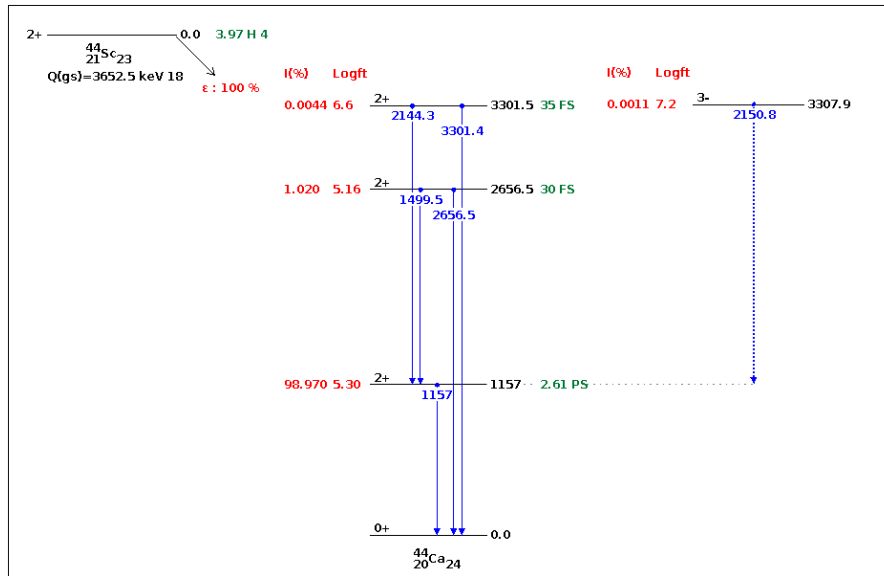


Figura 1: Decaimento do ^{44}Sc conforme o caso 1. Fonte: NUDAT [1]

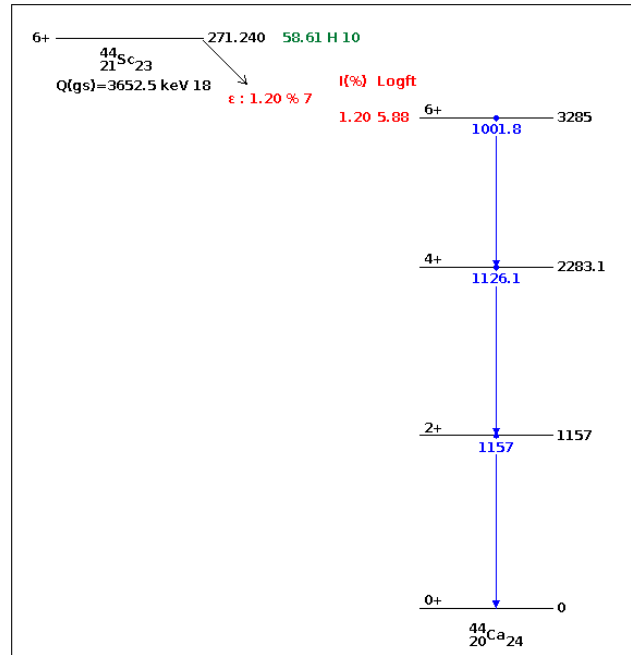


Figura 2: Decaimento do ^{44}Sc conforme o caso 1. Fonte: NUDAT [1]

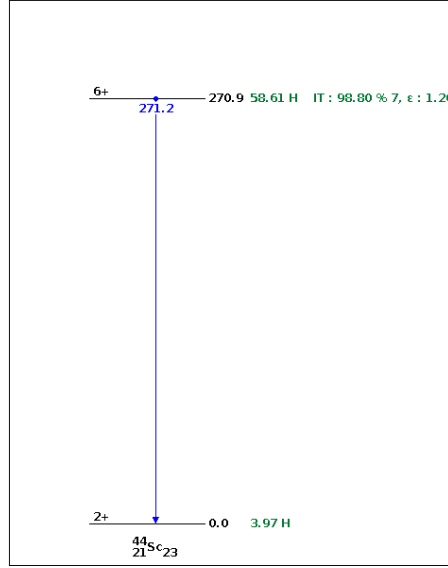


Figura 3: Decaimento do ^{44}Sc conforme o caso 1. Fonte: NUDAT [1]

Medidas de ativação de dispositivos eletrônicos com feixes de ^{19}F no contexto do experimento E-124 do PAC anterior mostraram que podem ser observados, no espectro de decaimento (Figura ??), os três casos acima, o que indica que a reação $^{28}\text{Si}(^{19}\text{F}, 2\text{pn})^{44}\text{Sc}$ produziu bandas diferentes que decaem passando pelo estado metaestável ou não (Figura 5), e as medidas realizadas permitiram estimar que o estado metaestável é 15 vezes mais provável de ser produzido do que o fundamental. Medidas e cálculos da produção dos estados metaestável e fundamental do ^{44}Sc foram realizadas através de reações de *pick-up* com feixe de ^3He por [2], utilizando procedimento semelhante ao proposto neste trabalho, obtendo-se que o estado excitado era mais populado à medida que a energia do núcleo incidente era aumentada. Como as medidas realizadas nos dispositivos do experimento E-124 foram feitas com alvo espesso no qual a energia do feixe era variável, propõe-se a medida das seções de choque de produção dos estados fundamental e metaestável do ^{44}Sc através das reações $^{28}\text{Si}(^{19}\text{F}, 2\text{pn})^{44}\text{Sc}$ e $^{28}\text{Si}(^{18}\text{O}, \text{pn})^{44}\text{Sc}$ em alvos finos. Uma medida cuidadosa do decaimento do estado metaestável permite ainda melhorar a precisão do valor de meia-vida conhecido.

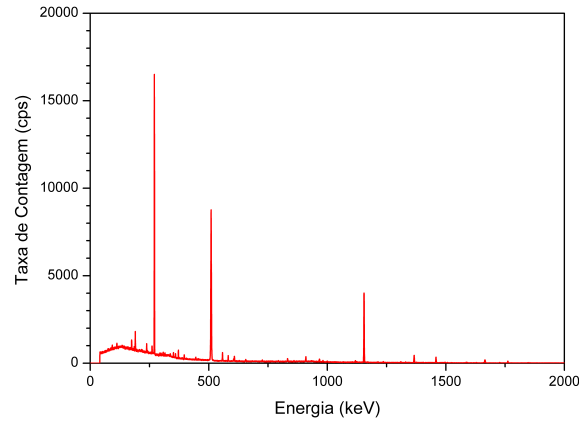


Figura 4: Espectro de raios gama medido num dispositivo eletrônico irradiado com feixe de ^{19}F , produzindo ^{44}Sc .

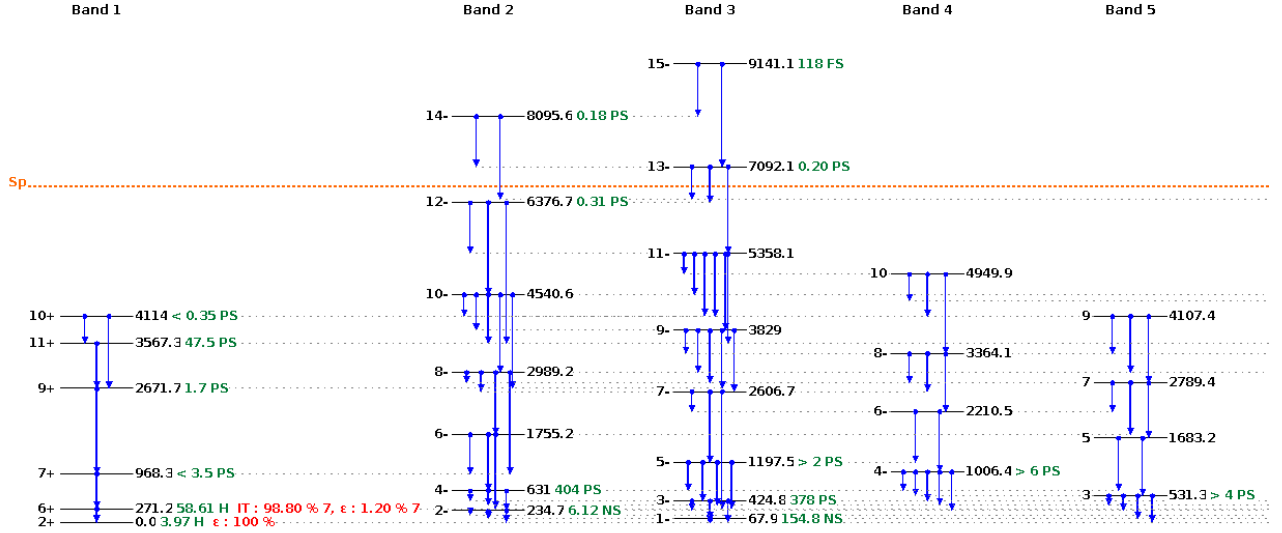


Figura 5: Esquema de níveis do ^{44}Sc . Fonte: NUDAT [1]

3 Metodologia e proposta de uso do acelerador

Serão feitas irradiações de alvos finos de ^{28}Si no SAFIIRA (canalização zero graus do acelerador Pelletron) com feixes de ^{19}F e ^{18}O . Após cada etapa de irradiação, o alvo será levado ao Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares para medida da ativação *off-line* de cada estado produzido utilizando um detector de germânio hiperpuro. A Figura 6 mostra a função de excitação das duas reações escolhidas calculadas utilizando o código PACE4. Com os valores de seção de choque calculados, utilizando alvos de cerca de $0,1 \text{ mg/cm}^2$ de ^{28}Si (ainda não produzidos) e considerando uma corrente mínima de feixe de 2 nA no alvo (para os estados de carga menos prováveis), é possível obter número suficiente de núcleos ativados (cerca de 10^8) para as medidas de seção de choque com cerca de 10 horas de irradiação. Desta forma, solicitam-se 10 dias de uso do acelerador para as medidas em diversas energias (mínimo de 8 energias por feixe), incluindo-se o tempo de ajustes do experimento.

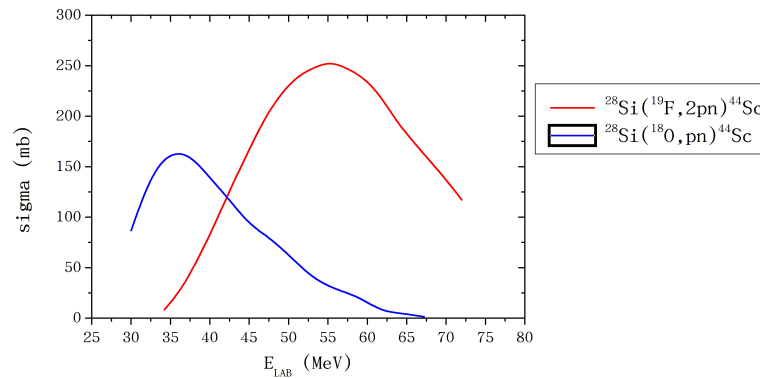


Figura 6: Funções de excitação calculadas para a produção de ^{44}Sc através das reações $^{28}\text{Si}(^{19}\text{F}, 2\text{pn})^{44}\text{Sc}$ e $^{28}\text{Si}(^{18}\text{O}, \text{pn})^{44}\text{Sc}$, com o código PACE4.

Referências

[1] <https://www.nndc.bnl.gov/nudat2/chartNuc.jsp>. Ultimo acesso: 18/09/2018.

N.K. Skobelev et al., Cross sections of ^{43}Sc , ^{44}Sc , ^{46}Sc isotopes formed in the $^{45}\text{Sc} + ^3\text{He}$ reactions, Bulletin of the Russian Academy of Sciences Physics, 2013