

- (4) S. Sirota, J. L. M. Duarte, L. B. Horodynski-Matsushigue, T. Borello-Lewin, Phys. Rev. C **40**, 1527 (1989).  
 (5) J. L. M. Duarte, T. Borello-Lewin and L. B. Horodynski-Matsushigue, Phys. Rev. C **50**, 666-681 (1994).

[24/09/2000 - Painei]

### MEDIDAS DE REAÇÕES DE TRANSFERÊNCIA ENTRE NÚCLEOS LEVES-PESADOS PRODUZINDO NÚCLEOS ISOMÉRICOS

P. N. DE FARIA, R. LICHTENTHÄLER, A. LÉPINE-SZILY, G. LIMA, V. GUIMARÃES, P. L. RIBEIRO, S. P. VILELA, W. SCIANI, J. M. OLIVEIRA JR

*Departamento de Física Nuclear, Instituto de Física da USP*

Temos estudado medidas de distribuições angulares de reações de transferência de poucos núcleons que têm núcleos isoméricos no seu estado final. O objetivo é o de produzir reações com secção de choque alta ( $\approx$  milibarns) que possam ser utilizadas na produção de feixes secundários de núcleos isoméricos em estado excitado. Estes feixes serão futuramente utilizados no sistema de solenóides supercondutores que serão instalados no Pelletron-LINAC (projeto RIBRAS). Como exemplo, temos as reações  $^{24}\text{Mg}(^{10}\text{B}, ^{12}\text{C})^{22}\text{Na}$ ,  $^{25}\text{Mg}(^{11}\text{B}, ^{12}\text{C})^{24}\text{Na}$ ,  $^{26}\text{Mg}(^{10}\text{B}, ^{12}\text{C})^{24}\text{Na}$ ,  $^{25}\text{Mg}(^7\text{Li}, ^8\text{Be})^{24}\text{Na}$ , todas com Q bastante positivo, o que deve favorecer a secção de choque. No presente, estamos realizando as reações do isótopo  $^{25}\text{Mg}$  com os feixes de  $^{10,11}\text{B}$  e  $^7\text{Li}$  interessantes para a produção de  $^{23,24}\text{Na}$ .

[24/09/2000 - Painei]

### Deconvolução de medidas de secções de choque fotonucleares com raios gama de captura de nêutrons térmicos

ODAIR LELIS GONÇALEZ

*Faculdade SENAC de Ciências Exatas e Tecnologia*

RENATO SEMMLER

*Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN-CNEN/SP e Universidade Cidade de São Paulo - UNICID/SP*

LUIZ PAULO GERALDO

*Instituto de Pesquisas Científicas / UNISANTOS*

A praticidade de se realizar medidas de secções de choque de reações fotonucleares com fótons reais de baixa energia ( $< 10$  MeV) é limitada, principalmente, pelo baixo valor da secção de choque e pela dificuldade de se obter feixes intensos de fótons monocromáticos. Uma alternativa viável tem sido o uso de reatores nucleares para a geração de radiação gama intensa ( $10^3$ - $10^6$  .cm<sup>-2</sup>. s<sup>-1</sup>) e de alta resolução em energia (5-20 eV), produzida pela captura de nêutrons térmicos em diversos materiais alvo convenientemente escolhidos para esta finalidade<sup>(1)</sup>. Entretanto as medidas experimentais das secções de choque com gamas de captura, em geral, não fornece a secção de choque num valor particular de energia de excitação, pelo fato de tais fontes não serem exatamente monocromáticas. Os alvos geradores de gamas de captura são escolhidos de modo a se aproximarem o tanto quanto possível de uma fonte monocromática, o que corresponde a apresentar um espectro de gamas de captura com uma linha mais intensa, denominada linha principal, e o menor número possível de linhas de menor intensidade e menor energia, denominadas linhas secundárias. O valor experimental diretamente obtido nesse tipo de medida é a denominada secção de choque composta,  $S_i$ , que corresponde à secção de choque diferencial em energia  $\sigma(E_{ij})$  convoluída no espectro de gamas de captura do alvo  $i$ :

$$S_i = \sum_{j=1}^n I(E_{ij})\sigma(E_{ij}) = \frac{R_i}{N_A \varepsilon \phi(E_{iP})} \quad (1)$$

onde  $R_i$  é a taxa de contagem registrada pelo detector de produtos da reação fotonuclear em estudo,  $N_A$  é o número de núcleos da amostra irradiada pelo feixe gama,  $\varepsilon$  é a eficiência do detector,  $\phi(E_{iP})$  é o fluxo gama na energia da linha principal e  $n$  é o número de linhas gama do espectro. O espectro gama é normalizado pelo fluxo da linha principal, de modo que é representado pelas intensidades relativas  $I(E_{ij})$  das linhas. No presente trabalho é apresentado um procedimento de deconvolução que permite, a partir de  $N$  valores experimentais de secção de choque composta, obter  $N$  valores da secção de choque diferencial em energia nos valores das energias das linhas

principais. O procedimento baseia-se na formulação matricial do método dos mínimos quadrados, aplicando-se a metodologia da matriz de covariância<sup>(2)</sup>, o que possibilita a avaliação precisa dos erros e correlações.

#### Referências:

- (1) R. Semmler and L. P. Geraldo, Nucl. Instr. and Meth., A336(1993)171-175
- (2) L. P. Geraldo and D. L. Smith., Nucl. Instr. and Meth., A299(1990)499-508

[24/09/2000 - Painel]

### CRONÔMETROS DE RAIOS CÓSMICOS: $^{102}\text{Ru}^m$

P. PERSO, J. C. O. MOREL, J. Y. ZEVALLOS-CHÁVEZ, M. N. MARTINS, V. P. LIKHACHEV, N. ADDED, M. T. F. DA CRUZ, V. R. VANIN

*Instituto de Física da Universidade de São Paulo, Rua do Matão, Travessa R, 187, 05508-900 São Paulo, SP*

C. B. ZAMBONI, F. A. GENEZINI, J. A. G. MEDEIROS, I. M. M. MEDEIROS

*Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN/CNEN-SP, Rua do Matão, Travessa R, 400, 05508-900 São Paulo, SP*

E. B. NORMAN

*Lawrence Berkeley National Laboratory 1 Cyclotron Road, CA 94720 Berkeley, U.S.A.*

Isótopos radioativos que decaem essencialmente por captura de elétron,  $\epsilon$ , mas com disponibilidade energética para sofrerem decaimento  $\beta^+$  podem pertencer à categoria denominada *cronômetros de raios cósmicos*, dependendo da sua meia-vida no laboratório e da intensidade do decaimento  $\beta^+$ . A abundância isotópica destes cronômetros nos raios cósmicos permite que conheçamos detalhes da composição isotópica na fonte, ou seja, nas supernovas e na poeira interestelar. Também se tornam possíveis cálculos de difusão para se tratar a propagação dos raios cósmicos, testando-se modelos para sua origem e para os processos de aceleração, revelando valores para os seus tempos de confinamento no volume galáctico.

Os isótopos que, no laboratório, possuem meias-vidas para captura de elétron na faixa de anos podem ter as extremamente aumentadas durante os processos de formação e aceleração no espaço interestelar, devido ao fato de que acima de determinada energia cinética, tipicamente  $>1$  GeV/nucleon, os processos costumam deixar os núcleos totalmente ionizados ou com poucos elétrons em suas corças eletrônicas. Nessas circunstâncias, o único decaimento possível é aquele via  $\beta^+$ , puramente nuclear, onde um espaço de fase reduzido para os momentos dos produtos, aliado a uma proibição elevada (momento angular carregado pelo par pósitron-neutrino) acabam por elevar a meia-vida parcial ( $\beta^+$ , que no meio estelar será a única) a valores da ordem de  $10^6$  anos, o suficiente para que tenhamos um cronômetro de raios cósmicos.

O caso em estudo é o  $^{102}\text{Rh}$ , cujas características são:

- um estado fundamental de meia-vida 207 dias, que decai para o  $^{102}\text{Ru}$  e  $^{102}\text{Pd}$  via  $\beta^+$  e  $\epsilon$  (80%) e  $\beta^-$  (20%) respectivamente;
- um estado metaestável de meia-vida 2,9 anos, que decai para o  $^{102}\text{Ru}$  e  $^{102}\text{Rh}^f$  por captura de elétron (100%) e por transição isomérica (0,23%) respectivamente, não havendo indícios de decaimentos  $\beta^+$  ou  $\beta^-$ . A transição isomérica (de multipolaridade M4), que poderia ser uma das formas de "vazamento" dos decaimentos, é extremamente convertida ( $\alpha \cong 300$ ), o que novamente indica a necessidade da presença da coroa eletrônica para se concretizar.

A fonte radioativa foi preparada através da reação  $^{102}\text{Ru}(p, n)^{102}\text{Rh}$ , com o feixe externo de prótons de 15 MeV do Acelerador Pelletron do Laboratório Aberto do IFUSP. O decaimento  $\beta^+$  mais provável do  $^{102}\text{Rh}^m$  formado se dá para o estado excitado de 1106 keV do  $^{102}\text{Ru}$ , que é desexcitado por uma transição gama de 631 keV. Assim, a marcação do evento procurado, após as devidas correções, é uma coincidência tripla entre os fótons de aniquilação do pósitron, com o gama de 631 keV, ou seja, uma coincidência tripla, 511-511-631 keV, que estamos procurando detectar no Sistema Multi-Detector do Laboratório do Acelerador Linear, onde temos quatro detectores de Ge em geometria adequada para a coleção dos fótons de aniquilação juntamente com o gama. Dados preliminares, interferências, correções e cálculos de eficiência são discutidos no painel.