

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 coróas 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  $^{102}\text{Rh}^J$  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 coróa 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.