

CORRELAÇÃO ANGULAR GAMA-GAMA PARA TRANSIÇÕES NO  $^{72}\text{Ge}$ 

EDUARDO LANDULFO , CIBELE B. ZAMBONI, ANDRE L. LAPOLLI

e

RAJENDRA N. SAXENA

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR CNEN/IPEN SP

## INTRODUÇÃO :

Um grande número de investigações envolvendo o decaimento  $\beta^-$  do  $^{72}\text{Ga}$  para os estados excitados do  $^{72}\text{Ge}$  já foram realizadas<sup>1</sup> para melhor interpretação dos níveis de mais baixa energia (até aproximadamente 3000 keV). Estes trabalhos são consistentes em relação ao esquema de decaimento e as intensidades dos raios  $\gamma$  entre os níveis. Entretanto dados referentes a spins e paridades dos níveis excitados e multipolaridade das transições  $\gamma$  são ainda muito poucos e com grandes incertezas. Baseado nisto foram realizadas medidas de correlação angular  $\gamma$ - $\gamma$  para 17 cascatas, o que possibilitou resultados mais precisos dos coeficientes da função correlação angular ( $A_{kk}$ ) e as razões de mistura multipolar das transições  $\delta(E2/M1)$ .

## PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL :

## Preparação da Amostra :

Para o estudo dos níveis excitados do  $^{72}\text{Ge}$  utilizou-se fontes radioativas de  $^{72}\text{Ga}$  obtidas pela reação  $^{71}\text{Ga}(n,\gamma)^{72}\text{Ga}$ . Assim o decaimento  $\beta^-$  do  $^{72}\text{Ga}$  ( $T_{1/2} = 14.1$  h)<sup>2</sup> populava os vários níveis de energia do  $^{72}\text{Ge}$ , possibilitando a análise das cascatas  $\gamma$  neste núcleo. Para a obtenção de cada amostra, irradiou-se 5 mg de óxido de gálio natural em um fluxo de nêutrons térmicos de  $5 \times 10^{12}$  n/cm<sup>2</sup>. s, no reator IREA-1 por um período de ~ 3 minutos. Cada uma das amostras era selada em um tubo cilíndrico de sílica de diâmetro interno de 2mm. Após a irradiação o

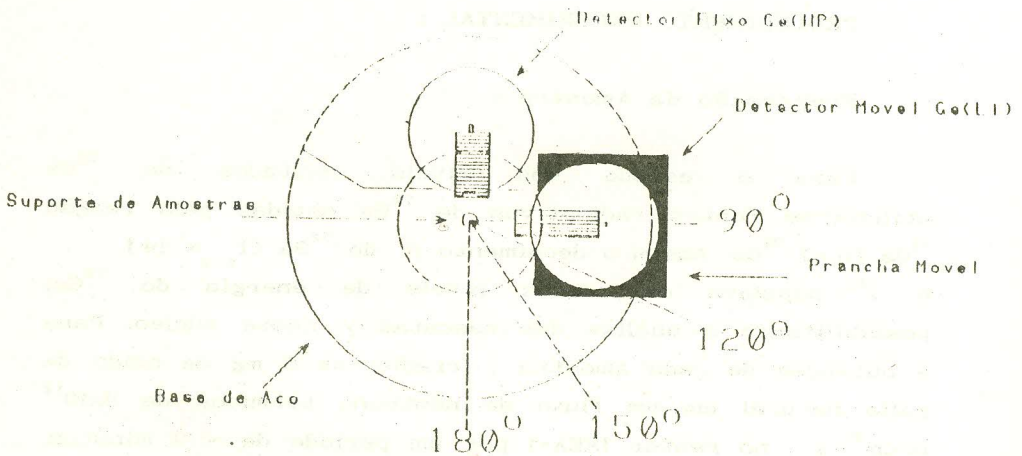
gálio radioativo era transferido para um porta amostra de lucite adaptado ao espectrômetro de correlação angular, onde foram realizadas as medidas. O tempo de espera entre o fim da produção da fonte e o início das medidas era de 2 horas, a fim de reduzir a atividade do isótopo de  $^{70}\text{Ga}$ , de meia-vida igual a 21 minutos<sup>2</sup>, posto que a composição isotópica do gálio natural é de 60% de  $^{74}\text{Ga}$  e 40% de  $^{69}\text{Ga}$ .

Cada amostra foi utilizada por um período de 12 horas, sendo sua atividade inicial da ordem de 0,5 MBq.

No total foram preparadas cerca de 70 fontes de  $^{72}\text{Ga}$ .

### Medidas de Correlação Angular :

Para a realização das medidas de correlação angular utilizou-se um espectrômetro  $\gamma\text{-}\gamma$  constituído de dois detectores semicondutores : um Ge hiperpuro de 89 cm<sup>3</sup> de alta resolução mantido fixo e um Ge(Li) de 49 cm<sup>3</sup>, móvel. O espectrômetro está descrito na figura I. As coincidências foram registradas utilizando-se um sistema eletrônico de coincidências rápidas e um analisador multicanal de 4096 canais. Todas as medidas foram feitas em 4 ângulos : 90°, 120°, 150° e 180° e contou-se por 1h30min em cada ângulo.



Espectrometro de Correlacao Angular Gama-Gama ( Vista Superior )

A janela de foi colocada no fotopico de 834 keV através do analisador monocanal, no detector móvel. Os raios  $\gamma$  coincidentes com este fotopico era registrados no detector de Ge para cada ângulo de medidas. Foram feitas correções para o decaimento da fonte, contribuição devido ao efeito Compton e coincidências acidentais. Os coeficientes da correlação angular ( $A_{kk}$ ) foram obtidos através de um ajuste de mínimos quadrados a um polinômio na forma :

$$W(\theta) = 1 + A_{22} P_2(\cos\theta) + A_{44} P_4(\cos\theta)$$

onde  $W(\theta)$  são os números de coincidências verdadeiras em cada ângulo de normalizadas em relação a  $90^\circ$ .

As razões de mistura multipolar  $\delta$  foram calculadas através de um ajuste usando o teste de  $\chi^2$  usual, dado por:

$$\chi^2 = \sum \left[ \frac{W^{\text{teor}}(\theta_j) - W^{\text{exp}}(\theta_i)}{\sigma(\theta_j)} \right]^2$$

onde  $W^{\text{teor}}$  é o valor teórico de coincidências que depende da sequência de spins apropriada e o correspondente valor de  $\delta$ , quando o  $\chi^2$  é mínimo.

## RESULTADOS :

Os coeficientes de correlação angular  $A_{22}$  e  $A_{44}$  são apresentados na tabela I juntamente com os resultados de outras medidas <sup>3,4,5</sup> de correlação angular para comparação.

As razões de mistura multipolar  $\delta$  (E2/M1), das transições  $\gamma$  com as sequências de spin mais consistentes com as medidas de correlação angular direcional e outros resultados são apresentados na tabela II.

A figura II mostra o esquema parcial de decaimento dos níveis excitados do <sup>72</sup>Ge, onde só as transições e os níveis de interesse deste trabalho são apresentados.

No total 17 cascatas  $\gamma$  foram estudadas, das quais cinco pela primeira vez, sendo 10 triplas e 9 diretas. Através dos resultados obtidos neste trabalho junto com os



CASCATAS (keV)	A22	A44	REF.
600-834	-0.102(11)	0.308(16)	
	-0.002(9)	0.311(12)	3
	-0.075(12)	0.225(18)	4
	-0.145(40)	0.314(65)	5
894-834	0.116(19)	0.023(29)	
	0.125(5)	-0.005(7)	3
	0.046(16)	-0.012(13)	4
1230-834	-0.548(41)	0.069(53)	
1681-834	0.156(58)	-0.005(90)	
2109-834	0.057(58)	-0.068(88)	
2202-834	0.269(19)	-0.022(29)	
	0.283(28)	0.002(42)	4
2491-834	-0.058(30)	-0.005(44)	
	0.040(32)	-0.003(49)	4
2508-834	0.206(23)	-0.001(35)	
	0.181(21)	-0.057(33)	4
600-630-834	0.004(32)	-0.007(48)	
	0.047(6)	-0.020(8)	3
	0.045(50)	-0.092(75)	4
736-894-834	0.117(97)	-0.005(146)	
786-894-834	-0.090(29)	-0.035(44)	4
1000-630-834	-0.035(40)	0.029(59)	
	-0.19(17)	-0.22(25)	4
1050-630-834	0.072(17)	-0.004(26)	
	0.064(6)	-0.006(8)	3
	-0.039(55)	-0.069(84)	4
1215-894-834	-0.051(49)	0.016(72)	
	-0.28(19)	-0.06(28)	4
1572-894-834	0.160(69)	-0.048(109)	
1596-894-834	-0.054(24)	0.098(37)	
	-0.182(50)	0.081(76)	4
1860-630-834	0.005(27)	0.013(41)	
	0.058(91)	0.14(14)	4

TABELA I

TABELA II.

NÍVEL	TRANSIÇÃO keV	$I_i - I_f$	$\delta$	REF. 1
1464	630	$2^+ \rightarrow 2^+$	$24.1 \begin{matrix} + 2.8 \\ - 3.5 \end{matrix}$	-10.3(1.3)
1728	894	$4^+ \rightarrow 2^+$	E2	
2065	600	$3^+ \rightarrow 2^+$	$0.08$ (2) $4.0$ (5)	4(16)
	1230	$3^+ \rightarrow 2^+$	$-0.93 \begin{matrix} + 0.21 \\ - 0.57 \end{matrix}$	-2 + 15 - 25
2464	736	$4^+ \rightarrow 4^+$	-1.6 (2)	0.0(1)
	1000	$4^+ \rightarrow 2^+$	0.11 (9)	-0.1(1)
2515	786	$3^- \rightarrow 4^+$	-0.05 (1)	0.02(5)
	1050	$3^- \rightarrow 2^+$	-0.38 (2)	-0.01(16)
	1681	$3^- \rightarrow 2^+$	$0.39 \begin{matrix} + 0.06 \\ - 0.05 \end{matrix}$	
2944	1215	$3^- \rightarrow 2^+$	-0.1 (1)	
	2109	$3^- \rightarrow 2^+$	0.17 (2)	
3035	1572	$2^- \rightarrow 2^+$	$1.42 \begin{matrix} + 1.90 \\ - 0.66 \end{matrix}$	
	2202	$2^- \rightarrow 2^+$	-0.030 (7)	-0.05(4)
3325	1860	$3^- \rightarrow 2^+$	0.07 (2)	
	1596	$3^- \rightarrow 2^+$	-0.11 (2)	0.05(6)
	2491	$3 \rightarrow 2$	0.00 (1)	0.05(6)
3341	2508	$2^- \rightarrow 2^+$	0.06 (5)	0.09(5)

**REFERÊNCIAS :**

1. NDS 56,1 1989
2. NUCL. PHYS. A162 1971
3. NUCL. PHYS. A219 1974
4. PHYS. REV. 184 1969
5. PHYS. REV. 112 1958
6. PHYS. REV. C 22,4 1980
7. PHYS. LETT. B 150,5 1985