

ESTUDO ESPECTROSCÓPICO NUCLEAR DO Se^{76}

Cibele B. Zamboni
Rajendra N. Saxena

Divisão de Física Nuclear
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
Comissão Nacional de Energia Nuclear - SP
São Paulo

SUMÁRIO

A correlação angular direcional de transições-gama coincidentes no núcleo de Se^{76} foi medida a partir do decaimento β^- do As^{75} ($T_{1/2} = 26$ hs), usando espectrômetro gama HPGe-HPGe.

Foram realizadas medidas para vinte e quatro cascatas resultando na determinação de razões de mistura multipolar, $\delta(E2/M1)$, para dezessete transições.

A partir desses resultados spin e paridade, da maioria dos níveis envolvidos no estudo, ou foram estabelecidos ou confirmados.

ABSTRACT

The directional angular correlation of coincidence γ -transitions in Se^{76} have been measured following the β^- decay As^{75} ($T_{1/2} = 26$ hs) using a HPGe spectrometer.

Measurements have been carried out for twenty four gamma cascades resulting in the determination of multipole mixing ratios, $\delta(E2/M1)$, for seventeen γ -transitions.

Present results permitted definite assignments of spin and parity to the majority of levels in Se^{76} .

1. INTRODUÇÃO

Um grande número de investigações (relacionadas no Nuclear Data sheets¹), envolvendo decaimento β^- do ^{76}As , captura eletrônica do ^{76}Br e excitação coulombiana, no núcleo de Se^{76} , já foram realizadas para melhor interpretação da estrutura dos níveis de mais baixa energias, até ~ 2500 keV. Estudos mais recentes, que dizem respeito a reações nucleares, tais como: $\text{Se}^{76}(\text{p},\text{p}')^2$, $\text{Se}^{76}(\text{n},\gamma)^3$ e $\text{As}^{75}(\text{He},\text{d})^4$ por sua vez, fornecem informações para níveis de energia de até 6000 keV.

Estes trabalhos são consistentes em relação ao esquema de decaimento e as medidas de intensidade dos raios gama. Em relação a spin e paridade dos níveis excitados e multiplicitade das transições gama, as informações são ainda muito poucas e com grandes incertezas. É o caso das medidas de correlação angular realizadas por Ardisson⁵ e outros, Nagahara e mais recentemente por Kaur e outros⁷.

Com base nisto, foram realizadas medidas de correlação angular $\gamma\text{-}\gamma^8$ para 24 cascatas possibilitando o estudo de 18 transições gama. Todas as medidas foram realizadas usando dois detectores de germânio hiperpuro, o que possibilitou resultados bem mais precisos além da grande quantidade de informações adicionais.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

2.1 PREPARAÇÃO DA AMOSTRA

Utilizou-se fontes radioativas de As^{76} obtidas pela reação $\text{As}^{75}(\text{n},\gamma)\text{As}^{76}$. Assim, o decaimento β^- , do ^{76}As ($T_{1/2} = 26,3$ h), popula os vários níveis de energia do Se^{76} .

Para obtenção de cada amostra, aproximadamente 10 mg de Arsenio metálico era irradiada em um fluxo de nêutrons térmicos de $\sim 10^{13}$ n/seg. cm^{-2} , no Reator IEA-R1, por um período de 3 horas. O ^{76}As assim obtido era dissolvido em algumas gotas de ácido nítrico, gerando fontes líquidas. Posteriormente, a fonte líquida era transferida para um porta amostra de lucite e este centrado na mesa de correlação angular, ref. 9, onde eram efetuadas as medidas.

Foram utilizadas fontes líquidas para minimizar qualquer efeito de atenuação nas correlações angulares, que pudessem ser causados por campos extra nucleares e também para facilitar a estimativa da atividade inicial de cada amostra. Esta estimativa era feita por meio do acréscimo de gotas da fonte líquida e foi estabelecida em 30 μCi , para todas as medidas de coincidências.

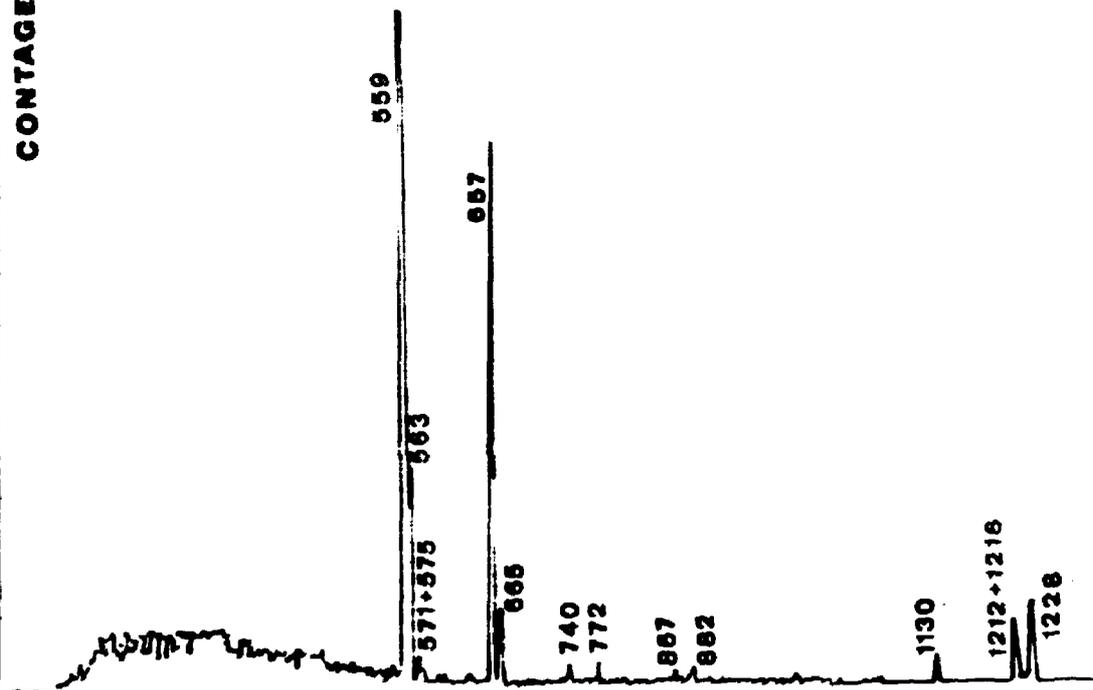
As correções devido a efeito de absorção e tamanho finito da fonte não foram necessárias devido ao tamanho pequeno da mesma.

Cada amostra foi utilizada por um período máximo de 16 horas, antes do acréscimo de mais gotas da solução ativa. Em média, cada irradiação rendia cerca de 5 fontes. No total foram feitas cerca de 100 fontes de As^{75} .

O espectro de raios gama das fontes, assim obtidas, com detector de HfGe de 115 cm^3 de volume, é apresentado na figura I. (energia em keV)

ESPECTRO DIRETO - S_{e}^{76}

CONTAGEM



X50 →

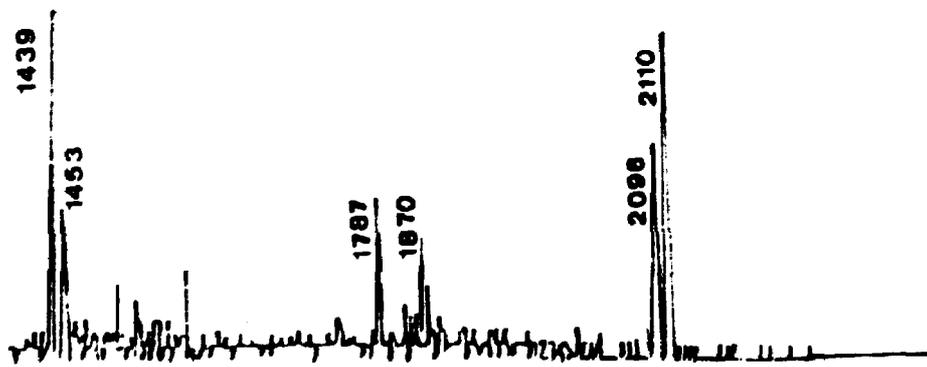


Fig. 1

CANAL

TABELA 1: COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ANGULAR DAS CASCATAS ESTUDADAS A PARTIR DO GATE DE (1212 + 1216 + 1228) keV.

cascatas $\gamma\text{-}\gamma$ (keV-keV)	A_{22}	A_{44}
571 - 1216	0.145 ± 0.022	0.048 ± 0.035
575 - 1228	0.637 ± 0.031	$- 0.019 \pm 0.052$
1212 - 657	$- 0.010 \pm 0.007$	0.020 ± 0.011
665 - 1216	$- 0.096 \pm 0.042$	0.021 ± 0.065
867 - 1228	0.133 ± 0.023	$- 0.003 \pm 0.038$
882 - 1228	0.004 ± 0.034	0.002 ± 0.055
1212 - 1216	$- 0.058 \pm 0.008$	0.013 ± 0.013
1439 - 1216	$- 0.254 \pm 0.029$	0.002 ± 0.043
1453 - 1216	0.223 ± 0.041	$- 0.040 \pm 0.067$

TABELA 2: COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ANGULAR DAS CASCATAS ESTUDADAS
A PARTIR DO GATE DE (559 + 563 + 571 + 575) keV.

cascatas γ - γ (keV-keV)	A_{22}	A_{44}
563 - 559	0.205 \pm 0.012	1.308 \pm 0.020
665 - (563) - 559	- 0.013 \pm 0.06	0.050 \pm 0.010
657 - 599	- 0.223 \pm 0.010	0.337 \pm 0.015
740 - (1130) - 559	0.146 \pm 0.019	- 0.053 \pm 0.030
772 - 559	0.105 \pm 0.019	- 0.014 \pm 0.030
867 - 1228 - 559	- 0.095 \pm 0.018	- 0.016 \pm 0.027
882 - 1228 - 559	0.010 \pm 0.025	- 0.020 \pm 0.040
1129 - 559	0.240 \pm 0.019	- 0.057 \pm 0.032
1212 - (657) - 559	- 0.051 \pm 0.008	0.081 \pm 0.012
1228 - 559	0.471 \pm 0.007	0.086 \pm 0.011
1439 - (657) - 559	- 0.028 \pm 0.019	0.010 \pm 0.031
1453 - (657) - 559	- 0.046 \pm 0.035	- 0.048 \pm 0.053
1870 - 559	0.050 \pm 0.040	- 0.008 \pm 0.064
2096 - 559	- 0.258 \pm 0.012	- 0.034 \pm 0.019
2111 - 559	0.320 \pm 0.016	- 0.047 \pm 0.026

TABELA 3: VALORES DAS RAZÕES DE MISTURA MULTIPOLAR PARA γ NO Se^{76}

casca γ - γ (keV-keV)	janela (keV)	transição γ mistura (keV)	Seqüência de Spin	Razão de Mistura $\delta(E2/M1)$	valores de δ de outros autores
657 - 559	559	657	$2^+(1,2) 2^+(2)0^+$	5.265 ± 1.733 $- 1.154$	5.2 ± 0.2 ¹¹
772 - 559	559	772	$4^+(2,3) 2^+(2)0^+$	$0.306 - 0.607$	
1130 - 559	559	1130	$3^+(1,2) 2^+(2)0^+$	1.08 ± 0.086 $- 0.110$	
1228 - 559	559	1228	$2^+(1,2) 2^+(2)0^+$	$- 0.735 \pm 0.223$ $- 0.082$	$- 0.49 \pm 0.05$ ¹¹
1870 - 559	559	1870	$3^-(1,2) 2^+(2)0^+$	0.174 ± 0.012 (*)	
2096 - 559	559	2096	$1^-(1,2) 2^+(2)0^+$	0.020 ± 0.015 (*)	
2111 - 559	559	2111	$2^-(1,2) 2^+(2)0^+$	$- 0.093 \pm 0.017$ (*)	0.0025 ± 0.0025 ⁷
867 - 1228 - 559	559	867	$1^-(1,2) 2^+(1,2) 2^+(2)0^+$	0.14 ± 0.04 (*)	
882 - 1228 - 559	559	882	$2^-(1,2) 2^+(1,2) 2^+(2)0^+$	0.21 ± 0.03 (*)	
571 - 1216	1216	571	$2^+(1,2) 2^+(2)0^+$	0.129 ± 0.012	
575 - 1228	1228	575	$3(1,2)2^+ (1,2)2^+$	$- 1.18 \pm 0.67$ $- 1.95$	
867 - 1228	1228	867	$1^-(1,2) 2^+(1,2)2^+$	$- 0.023 \pm 0.004$ (*)	
882 - 1228	1228	882	$2^-(1,2) 2^+(1,2)2^+$	0.35 ± 0.08 (*)	

- 206 -

- 206 -

Continuação da Tabela 3

1212 - 657	1212	657	$3^-(1,2) 2^+(1,2)2^+$	6.48 ± 1.21 $- 0.88$	5.2 ± 0.2	11
1212 - 1216	1216+ 1212	1212	$3^-(1,2) 2^+(2)0^+$	0.016 ± 0.005 (*)		7
1439 - 1216	1216	1439	$1^-(1,2) 2^+(2)0^+$	0.012 ± 0.013 (*)	0.015 ± 0.02 $- 0.015$	
1453 - 1216	1216	1453	$2^-(1,2) 2^+(2)0^+$	0.046 ± 0.016 (*)		

OBS.: (*) Carater E1

2.2 MEDIDAS DE CORRELAÇÃO ANGULAR

O espectrômetro $\gamma\text{-}\gamma$ consistiu em dois detectores de germânio hiperpuros, o detector fixo com volume de 115 cm^3 e o móvel com volume de 89 cm^3 . As coincidências $\gamma\text{-}\gamma$ foram registradas utilizando-se um sistema eletrônico usual de coincidências rápidas e um analisador multicanal. As medidas foram realizadas nos ângulos de 90° , 120° , 150° e 180° .

As janelas no analisador monocanal foram colocadas para fotopicos de $(559 + 563 + 571 + 575)\text{keV}$ e $(1212 + 1216 + 1226)\text{keV}$ no detector móvel. As intensidades de raios gamas coincidentes foram determinadas através de espectros registrados no detector de 115 cm^3 para cada ângulo e corrigidos para decaimento de fonte durante medidas, coincidências acidentais e contribuição de Compton. Os coeficientes de correlações angulares, A_{kk} foram calculados através de um ajuste por mínimos quadrados dos dados com polinômio $W(\theta) = 1 + A_{22}P_2\text{Cos}(\theta) + A_{44}P_4\text{Cos}(\theta)$.

2.3 RESULTADOS E CONCLUSÃO

Os coeficientes de correlação angular A_{kk} para as diversas cascatas gama são apresentados nas tabelas 1 e 2. A partir destes dados foi possível calcular as razões de misturas multipolares $\delta(E2/M1)$ das diversas transições gama e determinar os prováveis spins para os vários níveis de energia no ^{76}Se . Os resultados estão na tabela 3. Uma análise dos resultados do presente trabalho junto com os resultados de outros trabalhos¹ sobre o núcleo ^{76}Se , mostra que os estados de mais baixa energia (até 1300 keV) neste núcleo apresentam características que podem ser descritas pelo modelo simples vibracional¹⁰. Entretanto, para os níveis de energia mais alta, os estudos de excitação coulombiana e reações nucleares que envolvem transferência de nêutrons sugerem que este núcleo é levemente deformado, portanto, efeitos coletivos devem ser levados em consideração em cálculos teóricos que venham ser realizados por nós. Esperamos que nossos resultados sobre $\delta(E2/M1)$, sejam úteis também para os demais futuros cálculos teóricos para ^{76}Se .

REFERÊNCIAS

1. Nuclear Data Sheets, 42, nº 3, 1984.
2. DELAROCHE, J.P.; VARNEK, R.L.; CLEGG, T.B.; ANDERSON, R.E.; BURKS, B. L.; LUDWIG, E.J.; WEKERSON, J.F.. Structure of low-lying states of $^{76,78,80,82}\text{Se}$ deduced from $(p(\text{pol})p')$ scattering at 16 MeV.
IN: Nucl. Phys. A414, 113 1984.
3. TOKUNGA, Y.; SEYFARTH, H.; SCHULT, O.W.; BORNER, H.G.; HOLFMEYER, CH.; BARREAU, G.; BRISSOT, R.; KAUP, U.; MONKEMEYER, CH. The $^{75}\text{Se}(n,\gamma)^{76}\text{Se}$ Reaction and the low-lying level Structure of ^{76}Se .
IN: Nucl. Phys. A411, 209 1983.
4. ARDOUIN, D.; TAMISIER, R.; VERGNES, M.; ROTBARD, G.; KALEFA, J.; BARRIER, G.; GRAMMATICOS, B.; Systematics of the proton stripping reaction on $^{69,71}\text{Ga}$, ^{75}As , $^{79,81}\text{Br}$ isotopes and nuclear structure of the Ge-Se isotopes.
IN: Phys. Rev. C12, 1745 1975.

5. ARDISSON, G.; MARSOL, C.; RAHMOUNT, O.; ARGUER, P. Etude du Schema de Desintegration de ^{76}As .
IN: Nucl. Phys. A179, 545 1972.
6. NAGAHARA, T. Energy levels in ^{76}Se from the decay of ^{75}As .
IN: J. Phys. Soc. Jap. 34, 579 1973.
7. KAUR, R.; SHARMA, A.K.; SOOCH, S.S.; VERMA, H.R.; YREHAN, P.N. Level structure studies in ^{76}Se .
IN: J. Phys. Soc. Jpn. 49, 1214 1980.
8. HAMILTON, D.R. On directional correlation of successive quanta.
IN: Phys. Rev. 58, 122 1940.
9. MARISTELA, O.M.D.S. Correlação angular γ - γ para transições nos núcleos de Te^{127} e Te^{129} .
Tese de Doutorado IPEN 1984.
10. LIE, S.G. and HOLZWARTH, G. Applications of the Boson-Expansion Method to even Se and Ru isotopes.
IN: Phys. Rev. C12, 1035 1975.
11. BARCLAY, J.A.; ROSENBLUM, S.S.; STEYERT, W.A.; KRANE, K.S. Nuclear orientation of ^{76}As .
IN: Phys. Rev. C13, 1991 1976.