

PE
Pasta 6

ESQUEMA DE NÍVEIS DO ^{101}Ru

espectro
014

Genezini, F.A, Zamboni, C.B., *Cruz, M. T. F.
Universidade de Santo Amaro
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
*Instituto de Física - Universidade de São Paulo

O espectro de raios gama do ^{101}Ru foi estudado por meio das técnicas de espectroscopia simples e coincidências $\gamma\gamma$, acompanhando-se o decaimento β^- do ^{101}Tc . As fontes foram obtidas por meio da reação $^{100}\text{Mo}(n, \gamma)^{101}\text{Mo}$. As medidas de espectroscopia foram realizadas com um detector de Ge(Li) de 35cm^3 de alta resolução. Foram determinadas as energias e as intensidades de 32 transições gama. As medidas de coincidência $\gamma\gamma$ foram realizadas usando um espectrômetro HPGe-HPGe associado a um sistema multidetector. No esquema de decaimento proposto, 31 transições foram posicionadas em 12 níveis de energia, sendo o nível à 1218,95 keV observado pela primeira vez.

Palavras chave: rutênio, espectroscopia gama, decaimento beta, coincidências, energia.

The gamma ray spectrum of ^{101}Ru following the β^- decay of ^{101}Tc has been studied using both single and coincidence $\gamma\gamma$ spectroscopy techniques. The gamma ray spectroscopy has been carried out using a high-resolution 35cm^3 Ge(Li) detector. The energies and intensities of 32 γ -rays have been determined. Extensive $\gamma\gamma$ coincidence experiments were performed with a HPGe-HPGe spectrometer coupled to a multidetector system. In the level scheme proposed, 31 γ transitions observed have been placed in 12 levels; this include a new level at 1218,95 keV.

Keywords: Ruthenium, gamma spectroscopy, beta decay, coincidence, energy.

INTRODUÇÃO

Durante os últimos anos, núcleos com muitos nêutrons, próximos da região de massa ~ 100 , têm sido extensivamente estudados em função do comportamento transicional a eles associados. Experimentalmente estas investigações são feitas por meio do decaimento beta e por reações nucleares. Entretanto, nota-se que estas investigações resultam em uma grande quantidade de dados experimentais para núcleos par-par, sendo os núcleos com Z-ímpar pouco explorados.

Os isótopos de Rutênio com número de massa ímpar, $93 < A < 103$, pertencem a esta região transicional pois estão situados entre a camada semi completa de 40 prótons e a camada fechada de 50 nêutrons.

No presente estudo foram realizadas medidas de espectroscopia γ e de coincidências $\gamma\gamma$, a partir do decaimento β^- do ^{101}Tc , visando obter informações adicionais de como os estados excitados do ^{101}Ru estão dispostos em termos de energia, posto que trabalhos anteriores [Martin et al, 1956; O'Kelly et al, 1957; Cook et al, 1972; Wrigth et al; 1975, Hammed et al, 1993; Aras et al, 1971] apresentam muitas discrepâncias.

Procedimento Experimental

As fontes radioativas de ^{101}Tc ($T_{1/2}=14,3\text{min}$) foram obtidas por meio do decaimento β^- do ^{101}Mo . Para a obtenção da fonte de ^{101}Mo ($T_{1/2}=14,6\text{min}$), irradiou-se cerca de 5mg de ^{100}Mo , enriquecido isotopicamente a 97%, num fluxo de nêutrons térmicos de 10^{13} nêutrons $\text{cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$, no reator IEA-R1 do IPEN. Os espectros gama dos núcleos de ^{101}Mo e ^{101}Tc foram medidos por 5 meias-vidas sucessivas. Este procedimento permitiu identificar as transições γ associadas ao decaimento do β^- do ^{101}Tc . No total foram produzidas 22 fontes totalizando ~ 30 horas de contagem.

O espectro de raios γ foi investigado utilizando-se um espectrômetro γ constituído por um detector de Ge(Li) de 35cm^3 (FWHM de 1,89 keV para a transição 1,32 MeV do ^{60}Co). O espectrômetro foi montado no interior de uma de blindagem de chumbo visando minimizar a incidência de radiação de fundo. Um suporte circular de lucite foi montado, circundando o detector, para sustentar a fonte a uma distância de 15cm e garantir sua centralização. Ao detector foi associado um amplificador com saída para rejeição de empilhamento, sendo os espectros adquiridos em 4096 canais.

7738

As energias foram obtidas através da calibração dos detectores usando-se fontes padrão [IAEA, 1991], e as intensidades relativas foram obtidas levando-se em conta a eficiência do detector. Para este cálculo considerou-se a transição γ de 306,78 keV como 1000%. Os valores de energia e intensidade das transições foram calculados por meio de um tratamento estatístico que considera as covariâncias entre os dados [KENCHIAN, 1996].

As medidas de coincidências $\gamma\gamma$ foram realizadas utilizando-se um espectrômetro constituído por dois detectores de HPGe, de 90cm³ e 45cm³. A eletrônica utilizada é do tipo "fast-slow" associada a um controlador multidetector [GUIMARÃES, 1998]. Para a realização destas medidas foram produzida 60 fontes de ¹⁰¹Mo

resultando na aquisição de 100 espectros multiparamétricos. A análise dos espectros de coincidência foi realizada com o programa BIDIM [GUIMARÃES, 1998].

Resultados e Discussão

Os valores de energia e intensidade relativa de todas as transições γ foram determinados com melhor precisão quando comparados aos trabalhos anteriores. Uma transição com 695,92 keV foi observada pela primeira vez e três transições, sugeridas por reações nucleares, por decaimento β^- e Captura Eletrônica [FIRESTONE *et al*, 1996], foram confirmadas. Esses resultados são apresentados na Tabela I, juntamente com os dados mais recentes da literatura [HAMMED *et al*, 1993], para comparação.

Tabela 1 : Energia e intensidade relativa dos raios γ do núcleo de ¹⁰¹Ru

Presente Estudo		Hammed <i>et al</i>	
Energia (keV)	Intensidade (%)	Energia (keV)	Intensidade (%)
-	-	72,5 (1)	0,11 (6) ^{1a)}
-	-	84,8 (1)	0,47 (7) ^{1a)}
127,120 (21)	31,37 (38)	127,2	29,5 (12)
175,032 (234)	0,28 (6)	174,9	0,39 (9) ^{1b)}
179,359 (20)	6,73 (15)	179,7	6,5 (5)
183,944 (20)	19,90 (23)	184,1	18,1 (9)
233,39 (4)	2,74 (19)	233,7	3,01 (25)
238,487 (26)	3,664 (20)	238,3	3,5 (3)
281,75 (35)	0,31 (8)	281,6	0,30 (8)
295,27 (4)	1,22 (13)	295,3	0,83 (20)
306,782 (13)	1000,0 (11)	306,8	1000
311,60 (9)	2,82 (8)	311,3	2,5 (5)
321,67 (22)	0,32 (7)	322,1	0,41 (9)
351,05 (31)	0,28 (9)	351,9	0,9 (2) ^{1c)}
383,86 (29)	0,60 (12)	383,8	0,47 (14)
393,34 (5)	1,23 (11)	393,3	1,23 (22)
-	-	413,0 (5)	0,22 (5) ^{1a)}
422,6 (6)	0,28 (8)	422,4	0,36 (10)
489,05 (15)	0,696 (35)	489,1	0,52 (14)
516,0 (6)	1,21 (13)	516,1	1,19 (18)
531,602 (15)	11,69 (11)	531,4	11,5 (8)
545,271 (9)	66,57 (22)	545,1	67,8 (24)
-	-	602,8 (5)	0,11 (6) ^{1a)}
617,40 (13)	0,85 (5)	616,3	0,63 (5)
622,45 (9)	1,18 (6)	621,9	0,99 (11)
627,058 (21)	1,62 (6)	627,1	5,1 (4)
631,74 (20)	0,48 (6)	631,7	0,49 (7)
673,62 (35)	0,30 (7)	673,4	0,45 (10)
-	-	694,3	13,0(41) ^{1c)}
695,92 (9)	2,14 (19)	-	-
715,746 (27)	8,07 (15)	715,6	7,4 (6)
720,16 (4)	2,54 (7)	720	2,52 (23)
810,57 (32)	0,51 (12)	811,2	0,78 (20)
842,83 (4)	2,61 (14)	842,8	2,54 (16)
912,14 (12)	1,2 (5)	911,6	0,91 (22)
928,93 (10)	1,40 (10)	928,6	1,40 (18)
938,62 (14)	1,16 (9)	938,7	1,06 (13)

a - [Aras, 1971], b - [Cook & Jonhs, 1972], c - [Wright & Talbert JR, 1975], d - [Heath, 1974]

O esquema de decaimento β^- do ^{101}Tc proposto por este trabalho é apresentado na figura 1. Na elaboração deste esquema levou-se em consideração as informações já estabelecidas para spin e paridade dos níveis [FIRESTONE, *et al*, 1996].

Os valores de ramificação beta e de $\log ft$, associados aos níveis de energia, foram calculados utilizando-se tabelas [GOVE, *et al*, 1971] e as regras de seleção do decaimento beta e gama, e são apresentados na tabela II.

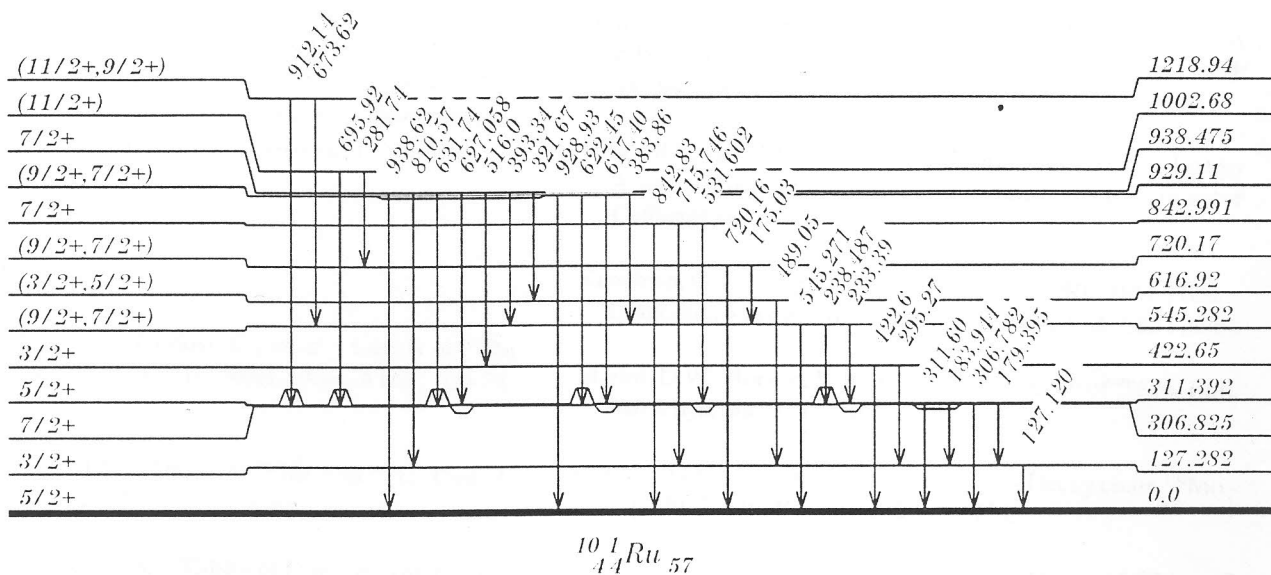
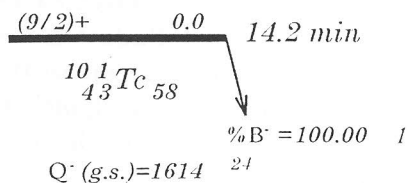


Tabela II. Razão de ramificação do decaimento beta e $\log ft$ do núcleo de ^{101}Ru

Energia do Nível (keV)	Log ft *	Razão de ramificação beta		
		Presente Estudo	Wright <i>et al</i>	Hammed <i>et al</i>
1218.95 (11)	3.5	0.0122 (9)	-	-
1001.2(2)	6.6	0.000835(10)	0.012(4)	0.00082(8)
938.47(10)	5.8	0.00763(2)	0.0081(5)	0.0085(2)
928.72(10)	6.2	0.00305(2)	0.0031(2)	0.0028(1)
842.78(10)	5.6	0.01822(2)	0.0194	0.0191(5)
720.0(1)	6.9	0.0018(1)	0.0014(2)	0.0019(1)
616.3(3)	6.2	0.00997(3)	-	-
545.08(5)	5.5	0.0579(1)	0.064(4)	0.0644(16)
422.3(3)	-	-	~ 0	-
311.33(4)	7.3	0.00211(2)	~ 0	0.0014(7)
306.85(3)	4.7	0.824(1)	0.89(6)	0.903(2)
127.23(3)	~ 0	-	~ 0	-

* calculado usando $Q_{\beta} = 1614 (24) \text{ keV}$

CONCLUSÃO

Neste trabalho foram realizadas medidas de espectroscopia e coincidências de transições γ do decaimento β^- do ^{101}Tc com o objetivo de estabelecer o esquema de níveis de energia do ^{101}Ru . Foram determinadas as energias das transições γ , suas intensidades, bem como as intensidade de alimentação beta dos níveis. Todos os cálculos foram realizados utilizando-se métodos estatísticos que levam em conta as covariâncias entre dados experimentais. Os parâmetros nucleares obtidos são, na maioria dos casos, mais precisos do que os anteriormente apresentados na literatura.

BIBLIOGRAFIA

- Aras, N.K.; Fettweis, P.; Chilosì, G.; *et al.* - Levels in ^{101}Ru populated by the decay of ^{101}Tc . **Nucl. phys.** **A169**: 209-24, 1971.
- Cook, W.B.; Johns, M.W. - Decay of ^{101}Mo and ^{101}Tc . **Can. J. Phys.** **50**: 1957-77, 1972.
- Firestone, R. B.; Shirley, V. S., - **Tables of Isotopes, vol. I**, 8^o ed. New York, Wiley, 1996.
- Gove, N.B.; Martin, M. J. - Log *fi* Tables. **Nuclear Data Tables**, **A10**: 206-25, 1971.
- Guimarães, Z. O. - Medidas Precisas de Energias de Transições Gama em Coincidência: Espectroscopia das Séries do ^{232}U e ^{233}U , 1998 [Tese – Mestrado – Instituto de Física, Universidade de São Paulo].
- Hammed, M.A.; Mac Mahon, T.D.; Nabouli, A.H. - Decay scheme data for ^{101}Mo and ^{101}Tc . **Nucl. Instr. Meth.** **A334**: 485-94, 1993.
- Heath, R.L.; **ANCR-1000-2**, 1974. Internacional Atomic Energy Agency, **X-ray and Gamma-ray Standards for Detector Calibration**, 1991.
- Kenchian, G. O. - Espectroscopia Gama do ^{100}Rh , 1996 [Tese – Doutorado – Instituto de Física, Universidade de São Paulo].
- Martin, D.W.; Burson, S. B.; Crok, J.M. - Decay of ^{101}Mo . **Bull. Am. Phys. Soc.** **1**: 329, 1956.
- O'Kelly, G.D.; Larson, Q.V.; Boyd, G.E.. - Decay chain ^{101}Mo - ^{101}Tc . **Bull. Am. Phys. Soc.** **2**: 24, 1957.
- Wright, J.F.; Talbert Jr., W. L.; Vorght, A. - Decay of ^{101}Mo and ^{101}Tc . **Phys. Rev. C.** **12(2)**: 572-81, 1975.