

¹⁵²Eu 衰变纲图编评报告

楊春祥

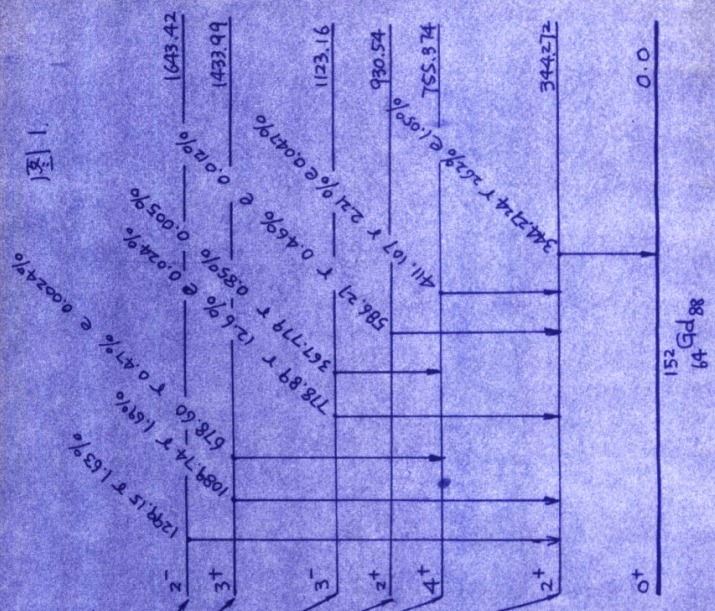
北京四〇一厂

13.2 ± 0.3 年

13.2 ± 0.3 年

$^{152}_{63}\text{Eu} 89$

E_{β^-}	$I_{\beta}(\%)$
176	1.63
385	2.16
696	13.5
884	0.47
1064	0.92
1475	8.6



$Q_{\beta} = 1819.2 \pm 3.3 \text{ keV}$

$^{152}_{64}\text{Gd} 88$

¹⁵²

Eu 衰变纲图编译报告

¹⁵²Eu 通过电子俘获和 β^+ 衰变到 ¹⁵²Sm，并通过 β 衰变到 ¹⁵²Gd，衰变纲图见图 1 和图 2。

关于 ¹⁵²Eu 衰变所放出的 γ 射线目前已知的有 120 余条，从应用目的出发，本编译只总结 3 较强的 27 条 γ 射线的能量、相对强度、绝对强度，以资有关的参考。相对强度小于 1 (15344 个电子伏 γ 射线相对强度为 100) 的未进行编译。

一. ¹⁵²Eu 的半衰期：

关于 ¹⁵²Eu 半衰期的数据见表 1。其中 Lockett^[1] 和 Gelger^[2] 两家所用的放射源是由天然钨经反应堆热中子照射获得的。由于 ¹⁵¹Eu 比 ¹⁵³Eu 热中子截面大 20 倍左右，而寿命相差不多，所以在他们的测量中忽略了 ¹⁵⁴Eu 的影响。Emery^{[3],[4]} 所用的 ¹⁵²Eu 放射源是由浓缩同位素 ¹⁵¹Eu 经反应堆热中子照射获得的。另外 Emery 是用闪烁探测器测量的，而前两家用的是电离室。从上述情况看，我们认为 Emery 的结果更可靠些。所以，我们推荐采用 Emery 的近期结果。

表 1 ^{152}Eu 的半衰期

作 者	年 代	半 衰 期 (年)	方 法
D. G. Karraker et al.	1952	13 ± 2	质谱法
E. E. Lockett et al.	1956	12.7 ± 0.2	电离室
K. W. Geiger	1957	12.2 ± 0.2	电离室
J. F. Emery et al.	1969	13.5 ± 0.5	闪烁探测器
J. F. Emery et al.	1972	13.2 ± 0.3	闪烁探测器
推荐值		13.2 ± 0.3	

二. γ 射线能量:

关于 ^{152}Eu 衰变 γ 射线能量, 虽然数据很多, 我们只收集了四家较精确的结果, 见表 2。Borchert^[6] 用单晶谱仪对十条 γ 射线进行了较精确的测量, 本编译采用了其中七条为推荐值。对 964-, 1085-, 1407- 和 4 电子伏三条 γ 射线, 我们采用了四家^[6-9] 的平均结果为推荐值。另外十七条 γ 射线, Borchert^[6] 未测, 我们采用了其它三家的平均结果。其中 1528- 4 电子伏 γ 射线能量, 从最低级取 γ 射线能量看, 显然 Backer^[8] 的结果偏高, 我们的推荐值为 1528.1 ± 0.05 4 电子伏。关于 ^{152}Gd 和 ^{152}Sm 的主要能级的推荐值见图 1 和图 2。

表2. ^{152}Eu 衰变 γ 射线能量

3

年代 71	72	75	76	推荐值
Barrette	Baker	Morel	Borchart	
121.78 8	121.78 4	121.78 2	121.7793 3	121.7793 3
244.66 5	244.67 4	244.69 2	244.6927 8	244.6927 8
295.97 7	295.95 4	295.94 3		295.94 2
344.31 3	344.30 4	344.28 2	344.2724 17	344.2724 17
367.80 7	367.33 9	367.76 3	367.779 4	367.779 4
411.13 5	411.09 6	411.12 2	411.107 7	411.107 7
443.98 5	444.0 5	443.89 2 444.60 1	443.979 6	443.979 6
488.72 5	488.46 12	488.68 3		488.67 4
564.08 8	563.97 10	564.01 4		564.02 3
586.34 8	586.22 10	586.26 3		586.27 3
678.61 8	678.61 10	678.60 4		678.60 4
688.68 12	688.6 2	688.66 4		688.66 5
719.34 5	719.4 6	719.36 3		719.34 4
778.87 5	778.90 9	778.92 3	778.890 9	778.890 9
810.42 10	810.51 11	810.47 6		810.47 3
867.33 5	867.39 7	867.38 3		867.37 3
919.31 10	919.40 11	919.34 4		919.34 4
964.01 5	964.0 5	964.05 3		964.03 2
1005.15 12	1005.06 8	1005.11 5		1005.11 5
1085.83 7	1085.80 9	1085.83 3	1085.793 34	1085.81 3
1089.73 7	1089.82 7	1089.72 4		1089.74 3
1112.04 5	1112.07 9	1112.06 4		1112.06 3
1212.94 7	1212.89 9	1212.94 4		1212.93 3
1299.20 7	1299.19 11	1299.13 4		1299.15 3
1408.02 5	1408.08 11	1408.04 4	1407.993 35	1408.02 2
1457.64 10	1457.95 11	1457.62 4		1457.68 8
1528.12 7	1528.65 9	1528.11 5		1528.11 5

三. γ 射线强度:

^{152}Eu 作为多 γ 峰效率刻度源, ^{152}Eu γ 射线相对强度显得更为重要, 因而我们收集了近年来较好的十二家实验结果^[7-18], 并对它们的一致性进行了析脱, 大部较好。121-4电子伏 γ 射线相对强度数据分歧较大, 由103.7到116 (114-4电子伏 γ 射线强度为100)。Meyer^[16]考虑了合峰的影响, 加大沉与探测四间的距离, 作了较精确的测量。Meyer给出的误差甚小, 如按加权平均实际上差不多相当于推荐这一家的结果。另外 Meyer的结果与其它结果相比偏低, 该文并未提及空气吸收的校正, 沉与探测四相距1米, 对121-4电子伏 γ 射线来说空气吸收已大于1%。鉴于上述情况, 我们对近期较精确的六家结果^{[9][13][15-18]}进行了等权平均, 并适当扩大了误差。关于367-4电子伏的相对强度, Daomashapta^[13]的结果与其它十家的结果相比偏离太大, 在求平均值时删去了这个结果。本编译推荐值见表3。

1. ^{152}Eu 衰变 γ 射线绝对强度是由相对强度推

Eu	70	70	69	71	72	70	73	74	76	77	推荐值		
E _γ	Rindiger	Notus	Varmell	Barrette	Baiken	Dasmakopu	Mowatt	Dokuta	Menz	Mayer	Baba	Gelvrke	
121	105 5	113.1 32	116 4	103.7 31	112.74 31	119.6 21	105.0 21	101.2 20	106.8 24	104.3 3	107.9 11	110.5 42	106.7 16
244	28.3 14	30.7 10	29.0 9	37.99 30	28.35 23	21.1 6	27.6 6	27.9 6	28.0 7	27.7 3	28.9 7	28.5 9	28.4 11
215	151 9	185 15	16 4	163 11	151 5	166 11			164 6	164 4	170 11		163 2
544	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
347	3.15 8	2.95 28	3.16 9	3.33 12	3.18 11	3.62 11			3.18 12	3.20 4	3.20 10	3.39 5	3.25 2
411	805 40	7.91 41	8.35 16	8.46 30	8.24 31	8.37 30	7.96 24	8.41 15		8.48 6	8.32 20	8.42 12	8.43 7
444	12.07 26	12.97 26	11.5 7	11.75 32	11.6 8	12.2 5	10.9 2	11.6 16	11.68 24	11.85 9	11.65 30	11.79 13	11.48 8
489	148 9		149 4	152 10	149 5				1.52 9	1.57 4			
564	1.87 15		1.79 5	1.82 16	1.86 7				1.84 8	1.89 4			1.85 3
586	140 2		1.75 5	1.78 11	1.73 7				1.75 9	1.75 7		1.76 4	1.74 3
678	1.41 12		1.71 11	1.80 11	1.71 11				1.74 8	1.71 5		1.81 3	1.70 2
688	3.03 17		3.05 6	3.09 16	3.13 20				3.22 11	3.27 7		3.44 5	3.35 4
713	131 10		1.19 4	1.06 12	1.17 10				1.22 7	1.31 6		4.12 7	1.18 3
778	46.6 33		44.5 4	48.20 110	44.76 53		47.4 9	48.3 6	47.2 11	47.2 4		49.2 7	48.0 4
810	1.68 9		1.17 4	1.23 8	1.17 5				1.22 9	1.22 6			1.18 3
867	150 7		14.7 2	15.47 38	15.06 57				15.8 3	16.12 12		16.15 23	15.47 21
919	147 11		1.49 4	1.41 19	1.47 5				1.55 9	1.45 5			1.53 3
944	52.6 26		52.6 11	53.0 14	52.7 14		51.3 11	51.6 10	51.9 12	55.4 4		55.3 8	54.9 3
1005	2.37 24		2.31 12	2.48 38	2.34 16				2.24 12	2.47 6		2.86 6	2.50 10
1035	37.3 22		36.7 5	37.3 12	37.12 67		37.4 8	37.47 70	38.9 9	36.9 6		38.17 5	37.81 3
1089	6.34 39		6.07 21	6.6 5	6.16 29		6.42 15		6.44 34	6.3 1		6.41 4	6.44 6
1112	4.96 25		4.71 5	50.1 14	49.28 67		50.9 18	50.51 68	51.3 10	51.6 5		51.8 7	50.8 3
1212	5.11 27		5.18 18	5.56 20	5.26 20				5.27 12	5.33 9		5.18 7	5.34 5
1299	6.01 31		5.70 26	6.42 34	6.15 30				6.17 13	6.28 4		6.18 9	6.34 5
1408	72.6 37		75.97 18	80.72 210	76.02 12		80.7 16	77.9 70	78.4 16	77.5 6		78.6 11	78.7 4
1457	1.41 10		1.01 9	1.43 15	1.43 10				1.85 4	1.85 3		1.48 7	1.87 3
1528	1.30 7		1.2 1	1.0 6	1.14 7				1.81 6	1.80 2			1.87 5

表4. γ 射线、内层转换电子和总跃迁绝对强度 6

Er (Kev)	I_r^a (%)	I_e^a (%)				I_t^a (%)
		K	L	M	N	
121	27.9 5	17.7 7	13.8 7	2.4 1	0.63 5	62.4 12
244	7.4 1	0.63 3	0.15 1	0.031 8		8.2 1
295	0.43 7	0.004 1				4.3 7
344	26.2 3	0.81 8	0.20 2	0.037 8		27.9 3
367	0.85 1	0.005				0.86 1
411	2.21 2	0.639 3	0.008 1			2.26 2
444	3.06 3	0.013 1				3.07 3
488	0.40 1	0.005 1				0.41 1
564	0.49 1	0.003 0				0.49 1
586	0.46 1	0.012 2				0.47 1
678	0.47 1	0.024 3				0.47 1
688	0.83 1	0.029 3				0.86 1
719	0.31 1					0.31 1
778	12.6 2	0.021 2	0.0026 5			12.6 2
810	0.31 1					0.31 1
867	4.10 7	0.011 1	0.0021 5			4.11 7
919	0.40 1					0.40 1
964	14.38 16	0.031 2	0.005 1			14.41 16
1005	0.63 3					0.63 3
1085	9.9 1	0.019 2				9.9 1
1089	1.69 2					1.69 2
1112	13.25 15	0.023 2	0.0034 5			13.28 15
1212	1.39 2	0.003 1				1.39 2
1299	1.63 2					1.63 2
1408	20.6 2					20.6 2
1457	0.49 1					0.49 1
1528	0.28 1					0.28 1

标的。计算中所用的内转换强度是由 G. Malmsten [19] 所测量的内转换电子强度(相对值)及 344 千电子伏跃迁内转换係的推荐值。我们取 344 千电子伏跃迁 $\alpha_K = 0.031 \pm 0.003$, 这个结果是 P. N. Mukherjee [20] 和 J. H. Hamilton [21] 两结果的不均。关于 444 千电子伏 γ 射线来源于 1529 千电子伏到 1085 千电子伏的跃迁和 810 千电子伏到 366 千电子伏的跃迁。表 3 和表 4 所给出的强度值均为两者之和。 γ 射线绝对强度值分别为 2.77% 和 0.29%。表 4 给出了 γ 射线绝对强度 I_γ^a , 内转换绝对强度 I_c^a 和总跃迁绝对强度 I_t^a 。

^{152}Eu 衰变分支比的推荐值见表 5。其中除 β_1^+ , β_2^+ (见 [22]) 外, 其它 β 和电子俘获数据都是由 γ 射线强度经内转换校正后推荐的。

表 5 ^{152}Eu 衰变分支比

衰变方式			能 量 (Kev)		分支比 (%)	
β^-	β^+	EC				
β_1^-			1475	3	8.6	4
β_2^-			1064	3	0.92	2
β_3^-			889	3	0.47	1
β_4^-			696	3	13.5	2
β_5^-			385	3	2.16	2
β_6^-			176	3	1.63	2
	β_1^+		733	1	0.015	
	β_2^+		488	1	0.006	
		EC ₁			4.2	3
		EC ₂			1.41	12
		EC ₃			1.51	2
		EC ₄			21.1	2
		EC ₅			17.0	3
		EC ₆			0.66	3
		EC ₇			24.5	2
		EC ₈			1.88	2
		EC ₉			0.77	4

北邮 74.10.2013.04.00 (1/1)

参考文献

1. E. E. Lockett et al. Nucleonics 14 No.11 127 (1956)
2. K. W. Geiger, Phys. Rev. 105, 1539 (1957)
3. J. F. Emery et al., ORNL-4466 (Uc.4-Chemistry) 74 (1969)
4. J. F. Emery et al., Nucl. Sci. Eng. 48, 319 (1972)
5. D. G. Karra kar et al., Phys. Rev. 87, 901 (1952)
6. G. L. Borchert, Z. Naturforsch, 31a, 387 (1976)
7. J. Barrett et al, Can. J. Phys. 49, 2462 (1971)
8. Back et al. Z. Phys. 256 (1972) 378.
9. J. Morel, CEA-R-4656 (Mar 1975)
10. L. L. Riedinger et al. Phys. Rev. C2 (1970) 2358
11. A. Notea et al. Nucl. Instr. Meth 86, 269 (1970)
12. L. Varnell et al. Nucl. Phys. A127, 270 (1967)
13. B. Dasmahaptra, Radiochem. Radioanal. Lett 12, 185 (1972)
14. R. S. Mowatt et al, Can. J. Phys. 48, 2606 (1970)
15. K. Debertin et al, Mitteilungen 85, 187 (1975)
16. R. A. Meyer et al., Proc. of ERDA Symp. On

X- and Gamma-Ray Sources And Applications Ann. Arbor, 1976

(U. S. ERDA Report CONF - T60539, 1976)
P. 40.

17. S. Baba et al. J. Radioanal. Chem 29, 301
(1976)
18. R. J. Gehrke, et al. Nucl. Instr. Meth 147,
(1977) 203.
19. G. Malmsten, Arkiv Fysik 33 (1967) 361
20. P. N. Mukherjee Physica 26 (1960) 179
21. J. H. Hamilton Nucl. Phys. 38 (1962) 539.
22. H. Ogata et al. Nucl. Data Sheets Vol. 5.
Set 6, 30 (1964).