

Tb¹⁶⁰的衰变—希土元素大变形核的 激发能级的研究*(III)

翁培焜 严国光 朱善根 陈师平
何 宪 王淑芳 郑林生

提 要

本文叙述用双磁镜 β 谱仪、有铁双聚焦 β 谱仪和闪烁谱学技术来研究 Tb¹⁶⁰ (半衰期为 72 天)的衰变。定出了五个 β 分支,其能量、强度和 $\log ft$ 值分别为 274 千电子伏 (9%) 7.9, 464 千电子伏 (14%) 8.5, 562 千电子伏 (42%) 8.1, 868 千电子伏 (34%) 8.9, 1740 千电子伏 (0.4%) 11.9。确定了二十七条 γ 射线,其中九条高能量 γ 射线是新观察到的。按照 γ - γ 级联关系和 γ 射线的能量定出了 Dy¹⁶⁰ 的十四级激发能级,其能量、自旋和宇称分别为 86.6(2+), 283.5(4+), 965.7(2+), 1048(3+), 1198(1-), 1264(2-), 1287(3-), 1358(3-), 1398(3-), 1566, 1591, 1658, 1696, 1721 千电子伏。最后就 Dy¹⁶⁰ 核的激发能级的特性及其运动形态加以讨论。

一、引 言

半衰期为 72 天的 Tb¹⁶⁰ 的衰变,早在 1948 年就已开始研究^[1]。1957 年 Nathan^[2] 用双聚焦 β 谱仪、闪烁谱仪和 γ - γ 符合谱仪对 Tb¹⁶⁰ 的衰变进行了研究,并提出了一个较完整的 Tb¹⁶⁰ 衰变纲图。其后,Григорьев^[3,4] 等人用有铁双聚焦 β 谱仪测量了 β 射线、 γ 内转换射线和 γ 外转换射线。所定出的衰变纲图比 Nathan 纲图多三个激发能级: 1156(4+), 1200(1-) 和 1565(3) 千电子伏。1960 年 Воинова^[5] 等人用“Ритрон”和“Элотрон”谱仪测量了 γ 外转换射线和反冲电子射线。所定的纲图比 Nathan 多三个肯定的激发能级: 1156(4+), 1565(3, 4+) 和 1696(4+) 千电子伏,及三个不肯定的能级: 1200(1-), 1287(5+), 1399(3-) 千电子伏。1961 年 Ewan^[6] 等人用无铁双聚焦 β 谱仪定出了十八条 γ 射线的内转换射线谱,配合 γ 射线和 γ - e 符合射线强度的测量,定出了大部分 γ 射线辐射多极性。在此基础上提出了一个更完整的衰变纲图。但对于 1398 千电子伏以上的能级没有提及。

我们用分辨率为 1.9% 的双磁镜 β 谱仪测量了 β 连续谱和 γ 外转换电子射线谱。用分辨率为 0.5% 的有铁双聚焦 β 谱仪测量了 γ 内转换电子射线谱,特别对高能量 γ 内转换射线进行了仔细的测量。用闪烁谱学技术测量了 γ 射线谱和 γ - γ 符合谱。新观察到九条高能量 γ 射线,其能量为 1410, 1435, 1482, 1506, 1564, 1589, 1609, 1636, 1658 千电子伏。在测量结果的基础上,提出了 Tb¹⁶⁰ 衰变纲图。

* 1963 年 2 月 27 日收到。

二、 β 能 譜

光谱纯的 Tb_2O_3 放在重水型实验反应堆内照射约 150 小时, 取出“冷却”一星期左右, 用稀盐酸溶解。将溶液滴在克罗甸薄膜上, 制成直径约 1.5 毫米、强度约 50 微居里的放射源。再放置一个月左右使可能产生的短寿命杂质衰变掉。然后在分辨率为 1.9%、装有薄窗计数管的双磁镜 β 谱仪上进行测量。由测得的 β 连续谱经过 Fermi 标绘分析得出五个 β 分支, 并表示在图 1 中。

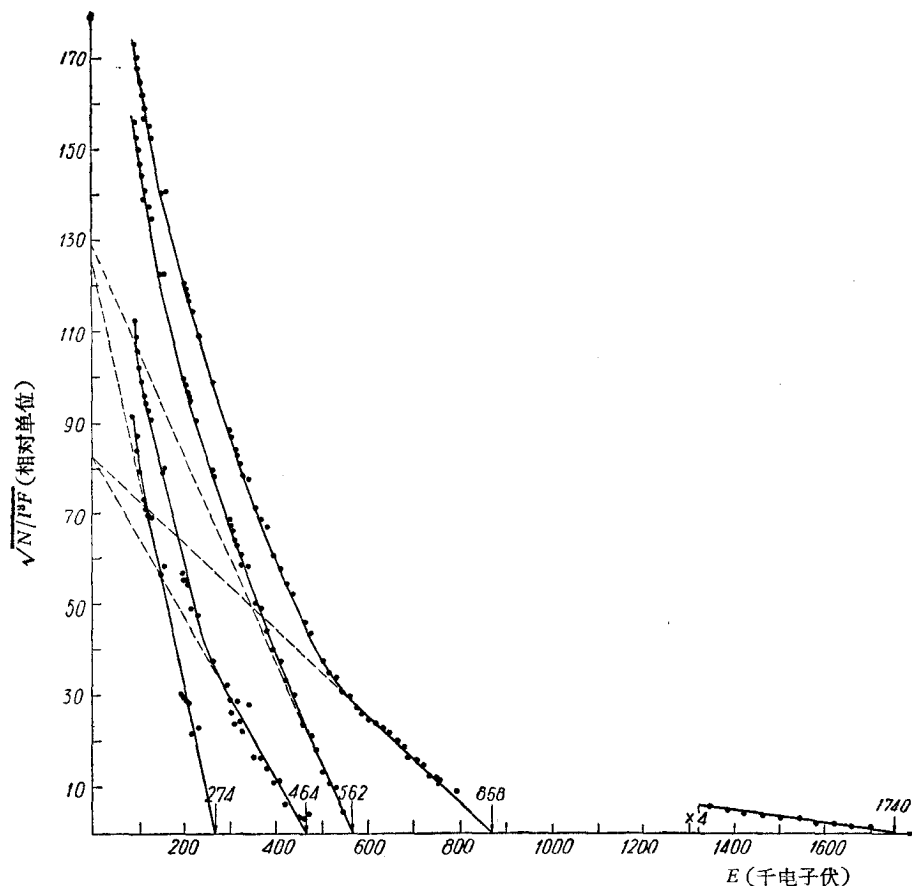


图 1 Tb^{160} β 能谱的 Fermi 标绘

我们将测量结果和其他作者的结果进行比较如表 1。

三、 γ 能 譜

1. 内转换电子谱

γ 射线内转换电子谱是用分辨率为 0.5% 的有铁双聚焦 β 谱仪测量的。放射源长 20 毫米、宽 2 毫米。测量 200 千电子伏以下电子谱时, 用强度约 100 微居里的放射源, 并用厚约 20 微克/厘米² 的克罗甸薄膜制成的薄窗计数管来探测。测量 200 千电子伏到 1310 千电子伏电子谱时, 用强度约 0.5 毫居里的放射源, 用云母窗计数管来探测。测量

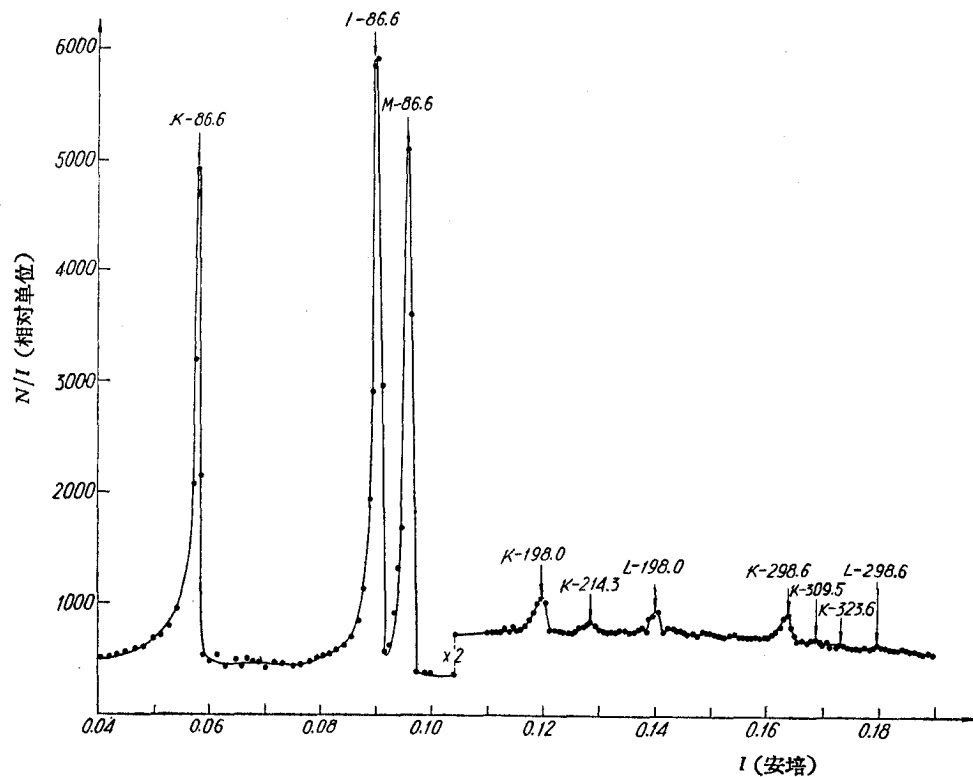


图 2a Dy^{160} 低能量 γ 射线内转换电子谱

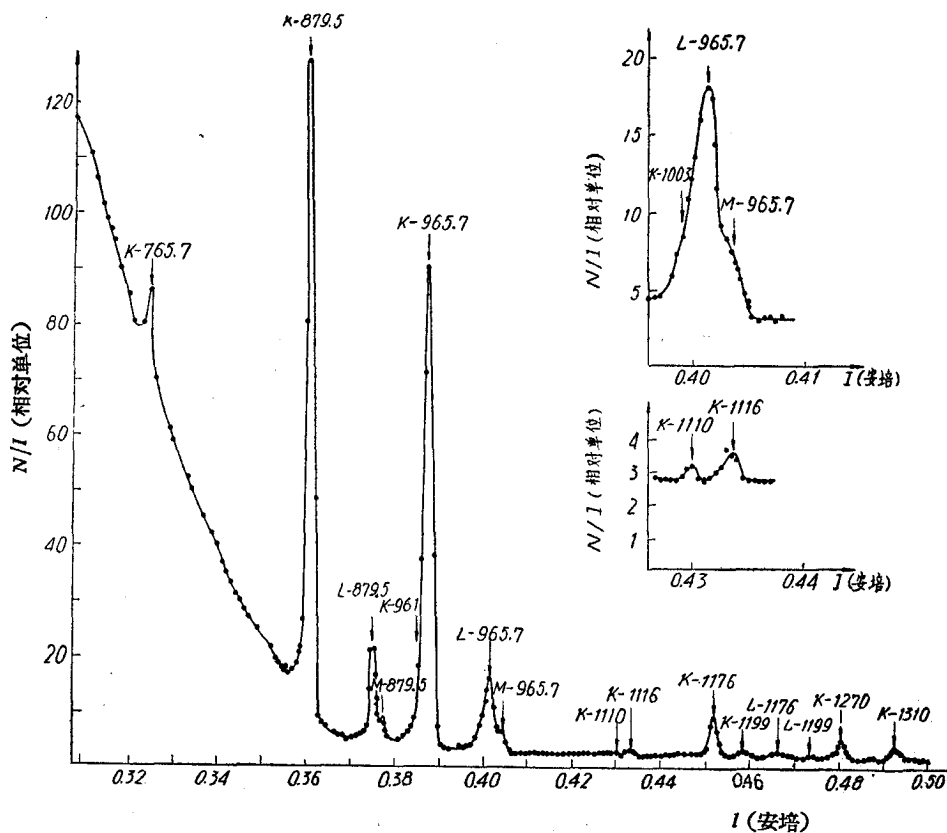


图 2b Dy^{160} 中等能量 γ 射线内转换电子谱

表 1. Tb^{160} β 能谱能量、相对强度和 $\log ft$ 值

Nathan ^[3]		Keshishian ^[7]		Григорьев ^[4]		我们的结果		
E_β 千电子伏	相对强度 %	E_β 千电子伏	相对强度 %	E_β 千电子伏	相对强度 %	E_β 千电子伏	相对强度 %	$\log ft$
		280 $\pm$ 40	19	250 $\pm$ 30	12	274 $\pm$ 30	9.0	7.9
455 $\pm$ 20	22	461 $\pm$ 20	19	460 $\pm$ 20	18	464 $\pm$ 20	14	8.5
575 $\pm$ 10	42	557 $\pm$ 15	32	565 $\pm$ 10	39	562 $\pm$ 15	42	8.1
870 $\pm$ 10	36	851 $\pm$ 10	30	858 $\pm$ 10	31	868 $\pm$ 10	34	8.9
1765 $\pm$ 30	0.4			1710 $\pm$ 30	0.4	1740 $\pm$ 30	0.4	11.9

(β 能量的误差我们采用标准误差.)

1310 千电子伏以上高能谱所用的放射源强度约 30 毫居里, 并经化学分离 (详见附录). 观察到的三十七条内转换电子谱分别为二十七条 γ 射线的 K, L, M 层的内转换电子谱线. 图 2 a, b, c 表示 Dy^{160} γ 射线内转换电子谱线图. 测量结果列入表 2.

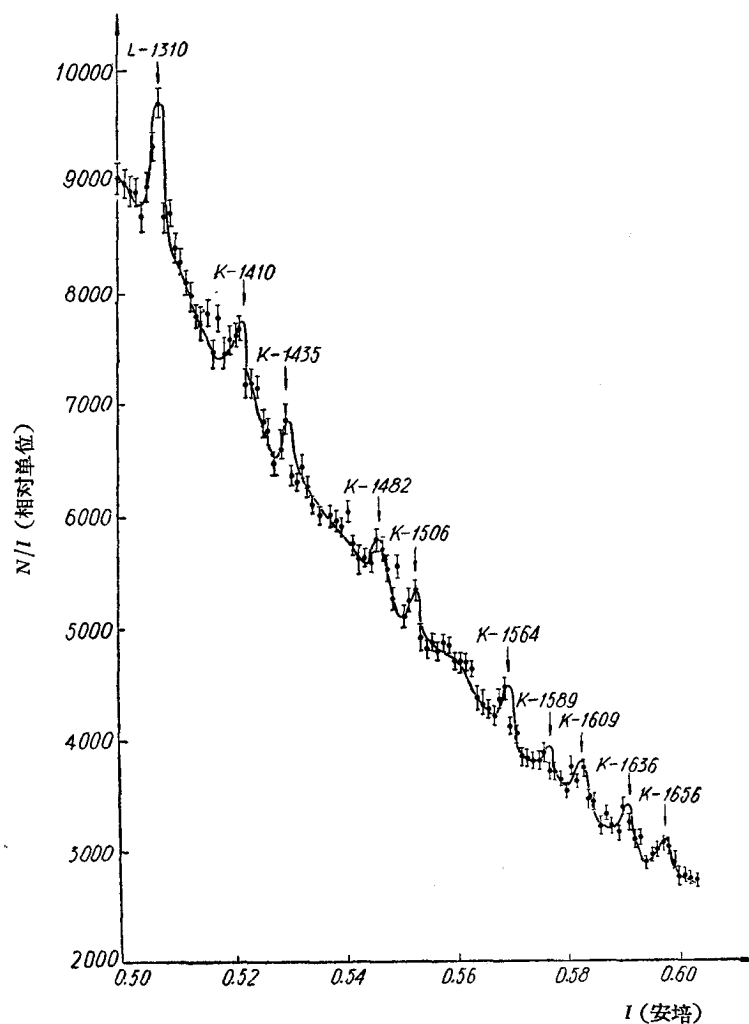
图 2c Dy^{160} 高能 γ 射线内转换电子谱

表 2 Dy¹⁶⁰ γ 射线内转换电子谱线的能量

$H\rho$ 高斯-厘米	E_e 千电子伏	壳 层	E_γ 千电子伏
620.5	32.8	K	86.6
973.9	77.5	L	86.6
1020.8	84.6	M	86.6
1368.3	144.2	K	198.0
1453.6	160.5	K	214.3
1597.5	189.3	L	198.3
1858.0	244.8	K	298.6
1906.8	255.7	K	309.5
1969.9	269.7	K	323.6
2055.9	289.6	L	298.6
3706.8	711.9	K	765.7
4121.0	825.7	K	879.5
4279.3	869.7	L	879.5
4299.9	875.4	M	879.5
4414.0	907.3	K	961.0
4430.7	911.9	K	965.7
4564.0	949.3	K	1003
4582.2	954.4	L	965.7
4909.7	962.1	M	965.7
4942.3	1056.2	K	1110
4962.5	1062	K	1116
5175.3	1122	K	1176
5251.9	1144	K	1199
5333.4	1167	L	1176
5415.1	1190	L	1199
5504.3	1216	K	1270
5643.4	1256	K	1310
5812.8	1305	L	1310
5990.6	1356	K	1410
6078.9	1381	K	1435
6239.5	1428	K	1482
6325.5	1453	K	1506
6526.2	1511	K	1564
6611.0	1535	K	1589
6681.0	1556	K	1609
6771.7	1582	K	1636
6847.4	1604	K	1658

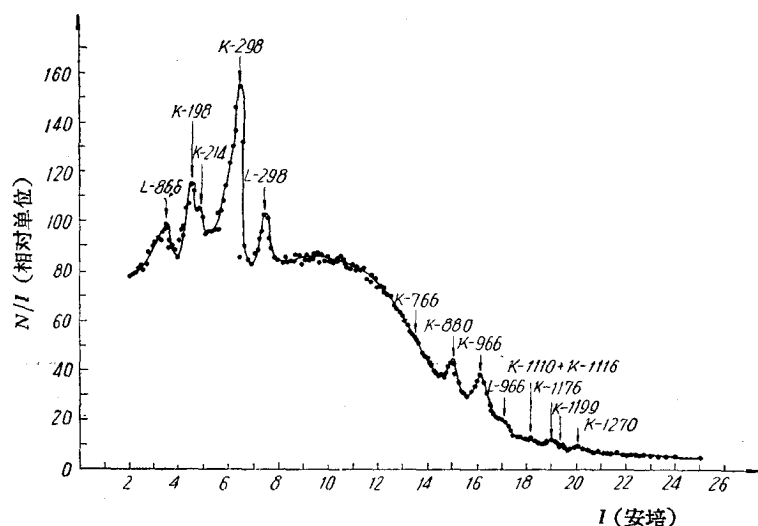
能量在 1410 千电子伏以上的九条 γ 内转换线是这次测量时新观察到的。在 γ 闪烁谱线的测量中,亦发现这些相应的 γ 射线。

2. 外转换电子线谱

外转换电子线谱是在分辨率为 1.9% 的双磁镜 β 谱仪上测量的。用厚度 0.1 毫米的钨片做转换体,用薄窗计数管探测,共得到十二条外转换电子线,它们分别属于九条 γ 射线。图 3 表示 Dy¹⁶⁰ γ 射线外转换电子线谱。测量结果列入表 3。

表 3 Dy^{160} 外转换电子谱的能量

编 号	$H\rho$ 高斯-厘米	E_e 千电子伏	壳 层	E_γ 千电子伏
1	941	72.7	L	86.6
2	1235	120	K	198
3	1319	135	K	214
4	1739	219	K	298
5	2023	282	L	298
6	3608	688	K	766
7	4036	802	K	880
8	4344	888	K	966
9	4566	950	L	966
10	4869	1035	K	1110+1116
11	5090	1098	K	1176
		1121	K	1199
12	5432	1191	K	1270

图 3 Dy^{160} γ 射线外转换电子谱

3. γ 能谱和 γ - γ 符合能谱

γ 谱是用 2.5 厘米 $\times$ 2.5 厘米的 $\text{NaI}(\text{Tl})$ 晶体、 $\Phi 3\text{V}-19\text{M}$ 型光电倍增管和 50 道脉冲振幅分析器等组成的 γ 闪烁谱仪来探测的。谱仪的分辨率对 Cs^{137} 的 661 千电子伏 γ 射线而言为 10%。高能量 γ 射线是用 4 厘米 $\times$ 4 厘米的 $\text{NaI}(\text{Tl})$ 晶体和 Dumont 6292 型光电倍增管组成的 γ 闪烁谱仪测量的。仪器的分辨率对 Cs^{137} 的 661 千电子伏 γ 射线而言为 8%。图 4 表示 Dy^{160} γ 射线闪烁谱, 能量单位为千电子伏。

γ - γ 符合谱是用分辨时间为 5×10^{-8} 秒符合谱仪测量的。用 50 道脉冲振幅分析器作符合谱的分析道。图 5a-h 表示选择道固定在不同能量范围的 γ - γ 符合能谱, 能量单位为千电子伏。 γ 射线的符合关系列入表 4。

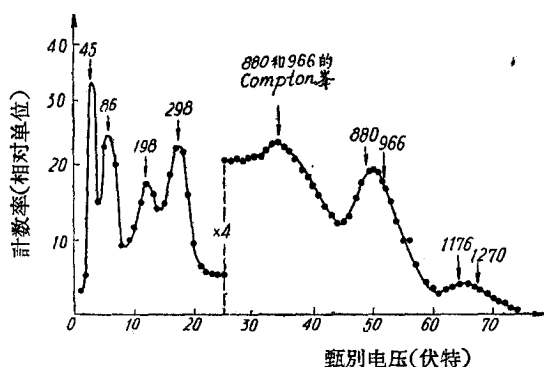
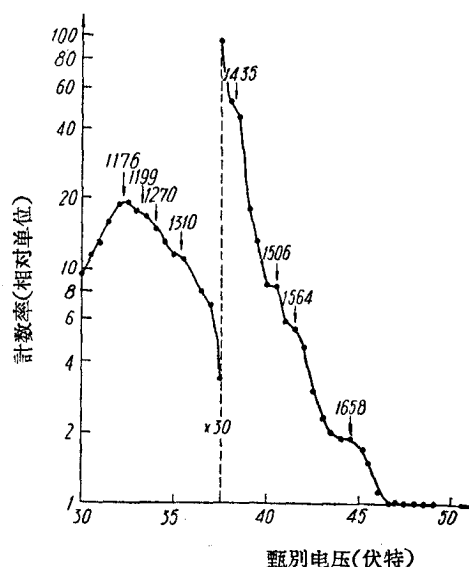


图 4a 未用鉛片吸收情况下所显示的能谱

图 4b 用 17 克/厘米² 鉛片吸收后所显示的高能 γ 能谱表 4 Dy^{160} γ 射綫的符合关系

选择道 γ 射綫 千电子伏	与它有符合关系的 γ 射綫 千电子伏							
86	94	198	214	298	683	766	880	1176
94	86	198	214	298	683	880	966	1176
198	86	94	214	298				
214	86	94	198	683	766	966		
298	86	94	198	683	880	966		
880	86	94	214	298				
1176	86	94						

从 214 千电子伏的 γ 射綫与 683 千电子伏、966 千电子伏的 γ 射綫有符合关系来看, 在 1048 千电子伏能級和 965.7 千电子伏能級間应有一条 γ 射綫能量为 82 千电子伏的跃迁, 但这条 γ 射綫由于处在 86.6 千电子伏强 γ 射綫的邻近, 所以未能在磁谱仪或閃爍谱仪中分开。

四、衰变綫图

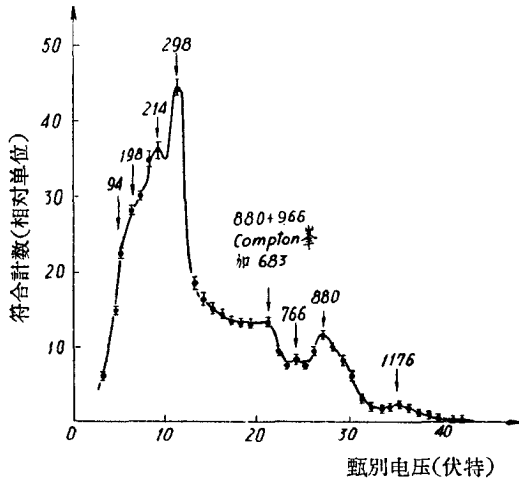
1. 內轉換系数和 γ 跃迁多极性

用 K 层和 L 层內轉換电子谱綫的强度比值与理論值^[8,9]比較来鉴定 γ 輻射多极性, 鉴定結果列入表 5。

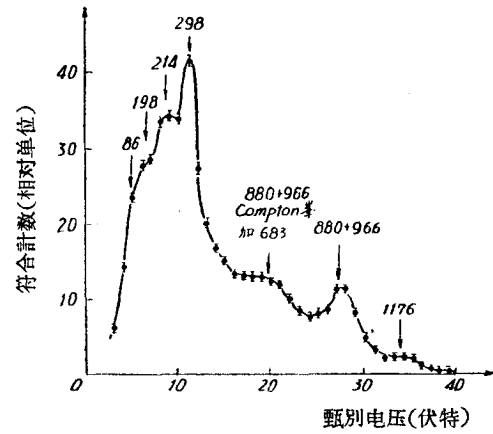
对于能量为 1116 千电子伏以上的五条 γ 射綫的輻射多极性是以 1176 千电子伏 γ 射綫的多极性为 $E1^{[6]}$ 来定出的。由双聚焦 β 谱仪测量的高能量 γ 內轉換綫和閃爍谱仪测量的 γ 谱綫强度比而定出这些 γ 射綫的內轉換系数, 将其实验值与理論值的比較列入表 6。

2. Dy^{160} 激发能級自旋和宇称的确定

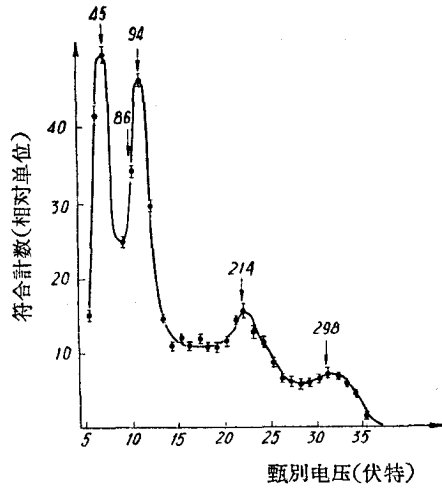
根据上面定的各 γ 射綫能量和輻射多极性, (个别数据参考文献 [6]), 我們确定了



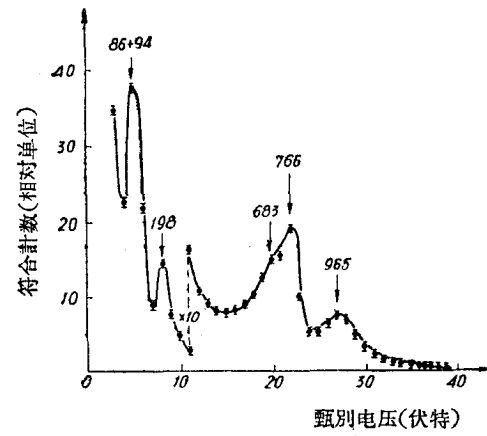
a. 选择道固定在 86(79—86) 千电子伏



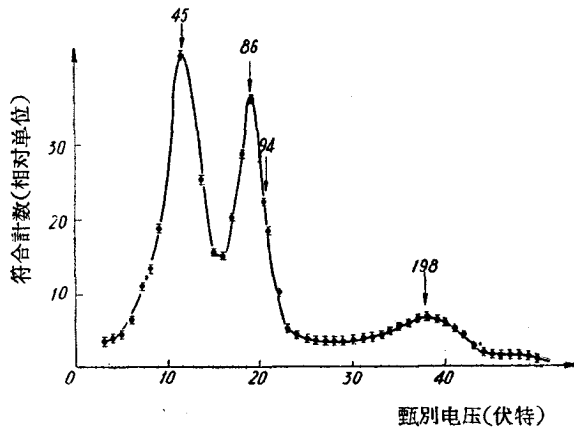
b. 选择道固定在 94(93—100) 千电子伏



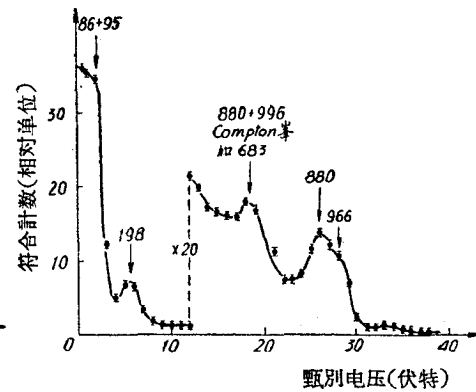
c. 选择道固定在 198(193—205) 千电子伏



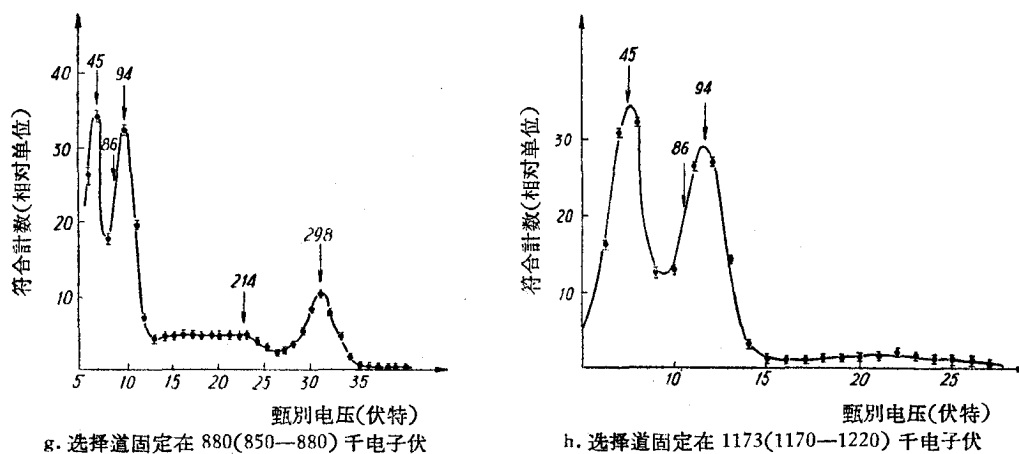
d. 选择道固定在 214(212—224) 千电子伏



e. 选择道固定在 298(300—314) 千电子伏



f. 选择道固定在 298(287—300) 千电子伏

图 5 Dy^{160} 的 γ 射线符合能谱表 5 应用 γ 射线内转换线 K/L 值鉴定辐射多极性

γ 射线 千电子伏	理 论 值 ^[8]			实 验 值	多 极 性
	E1	E2	M1		
86.6	6.2	0.6	6.7	0.8 ± 0.1	E2
198.0	6.8	2.5	6.7	2.4 ± 0.5	E2
298.6	7.0	3.7	6.8	7.2 ± 1.0	E1
879.5	7.2	6.1	6.8	6.2 ± 0.5	E2
965.7	7.2	6.3	6.8	6.3 ± 0.5	E2

表 6 高能 γ 射线多极性的鉴定

γ 射线 千电子伏	α_k 理 论 值 ^[7]			I_e 相对单位	I_r 相对单位	α_k 实 验 值	多 极 性
	E1(10^{-4})	E2(10^{-3})	M1(10^{-3})				
1116	9.0	2.0	3.3	9.4	14	6×10^{-4}	E1
1176	8.3	1.8	2.8	100	100	8.3×10^{-4}	E1
1199	8.1	1.8	2.8	14	17	7×10^{-4}	E1
1270	7.3	1.5	2.5	38	48	7×10^{-4}	E1
1310	6.8	1.5	2.3	16	19	7×10^{-4}	E1

Dy^{160} 的十四个激发能级, 它们的能量、自旋和宇称分别为 86.6(2+), 283.5(4+), 965.7(2+), 1048(3+), 1198(1-), 1264(2-), 1287(3-), 1358(3-), 1398(3-), 1566, 1591, 1658, 1696, 1721 千电子伏。能量在 1048 千电子伏以下各能级的自旋、宇称与其他作者^[2,6] 确定的相同, 所以不另叙述。对于 1048 千电子伏能级以上的自旋和宇称的确定讨论于下:

1264 千电子伏能级: 由 1264 千电子伏能级跃迁到 86.6 千电子伏能级的 1176 千电子伏 γ 辐射多极性为 E1, 由 1264 千电子伏能级跃迁到 965.7 千电子伏能级的 298 千电子伏 γ 辐射多极性为 E1, 且 214.3 千电子伏 γ 射线的强度较大, 其多极性我们虽未定出, 但不会是 M2 或 E3 的跃迁, 所以 1264 千电子伏能级的自旋、宇称可能为 2- 或 3-。

1287 千电子伏能级: 由 1287 千电子伏能级跃迁到 86.6 千电子伏能级的 1199 千电子伏的 γ 辐射多极性为 $E1$, 跃迁到 283.5 千电子伏能级的 1003 千电子伏的 γ 辐射多极性为 $E1$ ^[6], 所以 1287 千电子伏能级的自旋、宇称为 $3-$ 。

1358 千电子伏能级: 由 1358 千电子伏能级跃迁到 86.6 千电子伏能级的 1270 千电子伏的 γ 辐射多极性为 $E1$, 由 Tb^{160} 基态有一羣相当强(14%)的 β 射线增殖到这能级。 Tb^{160} 基态的自旋和宇称用原子束^[10]方法测量、结果定为 $3-$, 所以 1358 千电子伏能级的自旋和宇称可能为 $2-$ 或 $3-$ 。从文献[6]知道, 309.5 千电子伏和 392 千电子伏的 γ 射线的约化跃迁几率比值约为 1.3, 这与 1358 千电子伏能级的自旋为 3、 $K=2$ 的理论值 1.4 相符合, 故定此能级的自旋和宇称为 $3-$ 。

1398 千电子伏能级: 由 1398 千电子伏能级跃迁到 86.6 千电子伏能级的 1310 千电子伏 γ 辐射多极性为 $E1$, 由 1398 千电子伏能级跃迁到 283.5 千电子伏能级的 1116 千电子伏 γ 辐射多极性为 $E1$, 所以 1398 千电子伏能级的自旋和宇称为 $3-$ 。由此能级到 1198 千电子伏能级的 200 千电子伏 γ 辐射因其强度很弱, 被 198 千电子伏辐射所掩盖。

对于 1398 千电子伏能级以上的五个激发能级, 由于能级间的 γ 射线较弱, 其强度难以可靠地确定, 故未定其多极性, 能级的自旋和宇称也不能确定。

上面说明的各激发能级间 γ 射线的级联关系, 除大部分由 $\gamma-\gamma$ 符合谱确定外, 是按照测量的各 γ 射线间能量和(或称 Ritz 法则)关系而建立的。由于高能量 γ 射线强度很弱, 进行 $\gamma-\gamma$ 符合或者 $\beta-\gamma$ 符合测量是困难的。由此而确定的能级关系还有待于实验来进一步验证。在上面测量结果的基础上, 我们提出了 Tb^{160} 衰变纲图(见图 6)。

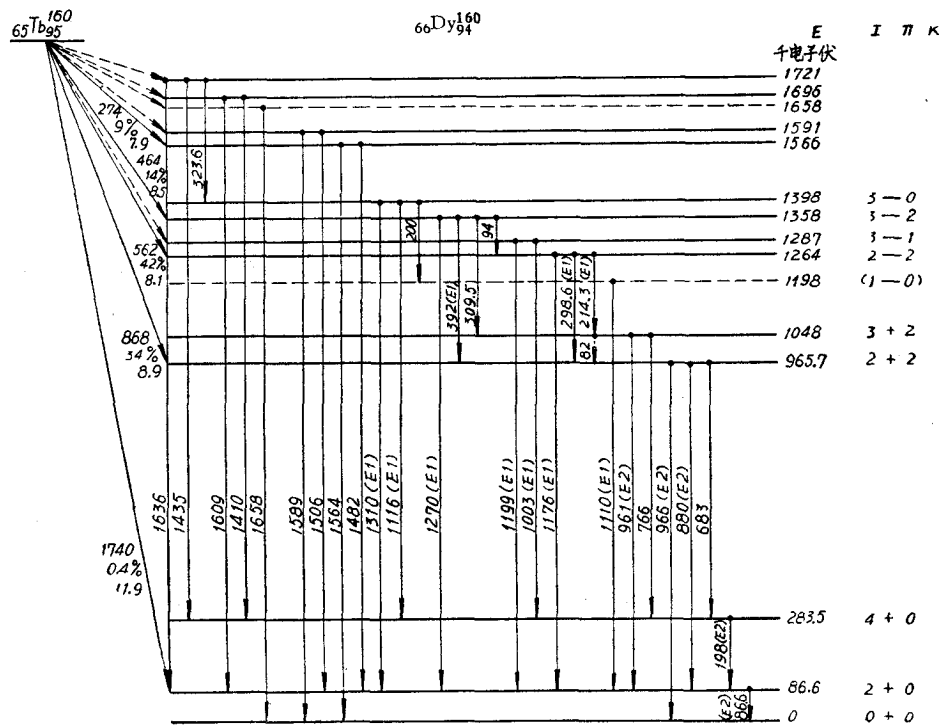


图 6 Tb^{160} 的衰变纲图

五、討 論

1. 高能量 γ 射线实验结果的讨论

对大于 1410 千电子伏的九条 γ 射线, 我們曾进行过仔细的观察, 认为它们是属于 Dy^{160} 激发能级的 γ 跃迁, 理由如下:

- (1) 放射源经过离子交换方法处理(詳見附录);
- (2) 用放置不同时间(相隔约三个月)的两个放射源和用经过化学分离与未经过分离的两个放射源进行了 γ 闪烁能谱的多次测量, 所得到的 γ 能谱是一致的;
- (3) 重复进行多次内转换电子能谱的测量证明, 这些能谱总是存在的;
- (4) 在 Tb^{160} 核邻近原子核中未发现半衰期相近而能量又这样高的 γ 射线;
- (5) 由 Ho^{160} 的 β^+ 衰变达到的 Dy^{160} 的激发能级表明, 有相对应的能级存在^[11].

因此, 我們认为这些 γ 射线的存在较可靠, 但由于其强度很弱, 进行实验较困难, 故尚待今后进一步地肯定.

2. β 谱线跃迁几率的讨论

Tb^{160} 的 β -衰变的五个分支能谱的能量、相对强度已在图中表出. Tb^{160} 基态的自旋和宇称为 3^- ^[10]. 如假定其基态 K 量子数为 3 或 2, 则 β 跃迁的相对强度可由量子数 K 的选择定则得到定性的解释. 由 Tb^{160} 基态到 1198 千电子伏的 1^- 能级 ($K=0$) 和 1398 千电子伏的 3^- 能级 ($K=0$) 的两条 β 射线很弱, 在 β 谱测量中未能观察到. 跃迁到 86.6 千电子伏的 2^+ 能级 ($K=0$) 的强度也较弱 (0.4%), 跃迁到 965.7 千电子伏的 2^+ 能级 ($K=2$), 1264 千电子伏的 2^- 或 3^- 能级 ($K=2$) 和 1358 千电子伏能级的 3^- 能级 ($K=2$) 的 β 跃迁强度都较大.

3. 激发能级运动形态的讨论

Tb^{160} 同位素是稀土大变形核, 核的形变参数 $\beta = 0.35$. 因此 Dy^{160} 的激发能谱应该显示出完整的转动和振动的能级特性. Nathan^[2] 已指出: 由 $0(0^+)$, 86.6(2^+), 283.5(4^+) 千电子伏能级构成 $K=0$, 自旋和宇称分别为 0^+ , 2^+ , 4^+ 的基态转动带; 由 965.7 和 1048 千电子伏能级构成 $K=2$, 自旋和宇称分别为 2^+ 和 3^+ 的 γ 四极振动转动带. 其后 Ewan^[6] 等人又指出 965.7 和 1048 千电子伏两个能级的 K 量子数, 除主要成分是 $K=2$ 外, 还混合 $K=0$ 的态. 他们还详细计算了 K 值的混合比, 所以对于这些能级的运动形态有了较充分的讨论, 故不再赘述. 对于 1048 千电子伏以上能级的运动形态, 现分述如下:

- (1) 1198 千电子伏和 1398 千电子伏能级:

1198 千电子伏能级和 1398 千电子伏能级的自旋和宇称分别为 1^- 和 3^- , 按照 Bohr 和 Mottelson^[12] 综合模型理论计算, 由这些能级跃迁到基态转动带的 γ 射线, 对于不同 K 值的约化跃迁几率是不同的, 现把理论值和实验值加以比较, 列表如下 (由于 γ 射线强度不够精确, 故我们没有考虑具有不同 K 值的转动带之混合).

从表 7 可看出, 1398 千电子伏能级的 K 量子数应为 0.

1198 千电子伏能级和 1398 千电子伏能级可能属于 $K=0$, 宇称为负, 自旋顺序为 $I=1, 3, 5, \dots$ 的八极振动的“ b 振动转动带”的运动形态^[13].

表 7 1398 千电子伏能级的
 γ 约化跃迁几率比

E1 約化跃迁几率比	理論値	実験値
$B(I = 3, K = 0 \rightarrow I = 4, K = 0)$	1.33	1.2
$B(I = 3, K = 0 \rightarrow I = 2, K = 0)$		
$B(I = 3, K = 1 \rightarrow I = 4, K = 0)$	0.75	
$B(I = 3, K = 1 \rightarrow I = 2, K = 0)$		

表 8 1264 千电子伏能级的
 γ 约化跃迁几率比

E1 約化跃迁几率比	理論值	实验值
$B(I=2, K=1 \rightarrow I=3, K=2)$	2.0	0.53
$B(I=2, K=1 \rightarrow I=2, K=2)$		
$B(I=2, K=2 \rightarrow I=3, K=2)$	0.5	
$B(I=2, K=2 \rightarrow I=2, K=2)$		

(2) 1264 千电子伏和 1358 千电子伏能级:

1264 千电子伏能级的自旋和宇称为 2-, 1358 千电子伏能级的自旋和宇称为 3-。将 1264 千电子伏能级的 γ 射线的 E1 约化跃迁几率比列入表 8 (没有考虑具有不同 K 值的转动带之混合)。

把实验值和理论值的结果相比较,可看出 $K=2$ 是较接近的。

前面已指出, 1358 千电子伏能级的自旋和宇称为 3-, K 量子数等于 2, 故 1264 和 1358 千电子伏能级可能属于 $K=2$, 宇称为负, 自旋顺序为 $I=2, 3, \dots$ 的八极振动的“g 振动转动带”的运动形态^[13]。

Dy^{160} 的五个负宇称能级的性质是个有意思的问题, 需要今后从实验上和理论上进一步探讨。

4. 各个能带转动惯量的比较

我们把上面所定的各转动带的转动惯量和基态转动带的转动惯量加以比较, 其结果如表 9 所示。

表 9 各转动带转动惯量的比较

运 动 形 态	$\frac{\hbar^2}{2J}$, 千电子伏	$\frac{J}{J_{基态}}$
基态转动带 $K=0+$ $I=0+(0), 2+(86.6 \text{ 千电子伏}), 4+(283.5 \text{ 千电子伏})$	14.5	1.00
γ 振动转动带 $K=2+$ $I=2+(966 \text{ 千电子伏}), 3+(1048 \text{ 千电子伏})$	13.7	1.06
b 振动转动带 $K=0-$ $I=1-(1198 \text{ 千电子伏}), 3-(1398 \text{ 千电子伏})$	20.0	0.73
g 振动转动带 $K=2-$ $I=2-(1264 \text{ 千电子伏}), 3-(1358 \text{ 千电子伏})$	15.6	0.93

最后,我们对苏宏渊同志在放射源的化学分离和制备方面所作的工作,季秉堂、谢葆珍、张瑞增、杨永堂、段维丽、张明义、田家琪等同志先后在测量上所给予的协助,以及罗兴华同志的绘图表示感谢。

附录 化学分离*

为了提高在测量高能 γ 射线所用放射源的纯度,我们将放射源用离子交换法进行处

* 此工作为苏宏渊同志所作。

理。采用 Dowex-50 阳离子交换树脂,并用乳酸铵溶液作为洗脱剂。离子交换柱的式样与 Thompson, Harvey, Choppin and Seaborg^[14] 所描述的相近似,分离过程中交换柱的温度保持在 87°C。其过程如下:

光谱纯的 Tb_2O_3 在重水型实验反应堆中照射约 1000 小时,“冷却”二星期后,溶于稀盐酸中,再用浓氢氧化铵使它沉淀,并在热水浴中使沉淀凝聚。离心分离后,用重蒸馏水洗滌沉淀 2—3 次。以最少量的稀盐酸溶解沉淀。把此溶液先与少量的 Dowex-50 树脂混合,搅匀。小心地把它转移到树脂层的顶部,加入乳酸铵溶液开始流洗,流洗速率为 0.7 厘米/分。洗出的溶液用编有号码的小皿接受,并测量其放射性。把流洗溶液的滴数对其放射性强度作图,得出流洗曲线如图 7 所示。图中只观察到一个属于 Tb^{160} 的峰,由此表明,除了 Tb^{160} 放射性外,不存在其他可以被观察到的放射性杂质。

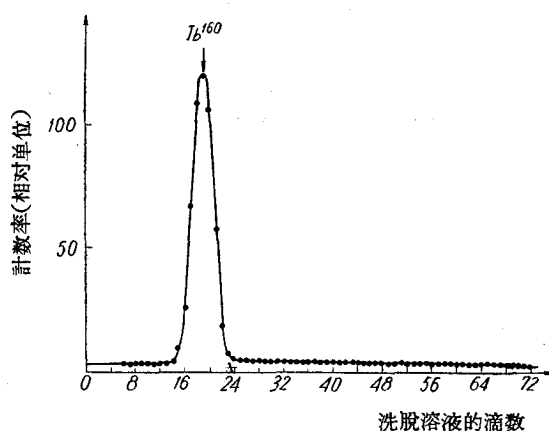


图 7 流洗曲线图

从洗出液中把含有 Tb^{160} 放射性的溶液收集在一起,逐滴加入浓氢氧化钠溶液,使它沉淀。离心分离和洗滌后,把沉淀溶于少量的稀盐酸中,用此溶液来制备放射源。

参 考 文 献

- [1] Cork, J. M., Shreffer, R. G. and Fowler, C. M., *Phys. Rev.*, **74** (1948), 240.
- [2] Nathan, O., *Nuclear Physics*, **4** (1957), 125.
- [3] Григорьев, Е. П., Джелепов, Б. С., Золотавин, А. В., Крафт, О. Е. Крацк, Б. и Пекер, Л. К., *Изв. АН СССР (сер. физ.)*, **22** (1958), 101.
- [4] Григорьев, Е. П., Золотавин, А. В. и Крацк, Б., *Изв. АН СССР (сер. физ.)*, **23** (1959), 191.
- [5] Войнова, Н. А., Джелепов, Б. С., Жуковский, Н. Н. и Холонов, Ю. В., *Изв. АН СССР (сер. физ.)*, **24** (1960), 852.
- [6] Ewan, G. T., Graham, R. L. and Geiger, J. S., *Nuclear Physics*, **22** (1961), 610.
- [7] Keshishian, V., Kruse, H. W., Klotz, R. J., Fowler, C. M., *Phys. Rev.*, **96** (1954), 1050.
- [8] Слив, Л. А. и Банд, И. М., Таблица коэффициентов внутренних конверсий гамма-излучения, АН СССР, 1958.
- [9] Siegbahn, K., *Beta- and gamma-ray spectroscopy*, Amsterdam (1955), 906.
- [10] Amodo, Y., Cabezas, Ingvar Lindgren and Richard Marruo, *Phys. Rev.*, **122** (1961), 1796.
- [11] Джелепов, Б. С., Звольский, И. и Сергиенко, В. А., *Изв. АН СССР (сер. физ.)*, **25** (1961), 1228.
- [12] Bohr, A., and Mottelsen, B. R., *Dan. Mat. Fys. Medd.*, **27** (1953), № 16.
- [13] Lipao, P. O. and Davidson, J. P., *Nuclear Physics*, **26** (1961), 80.
- [14] Thompson, S. G., Harvey, B. G., Choppin, R. G. and Seaborg, G. T., *J. Am. Chem. Soc.*, **76** (1954), 6229.

РАСПАД Tb^{160} — ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗБУЖДЕННЫХ УРОВНЕЙ СИЛЬНО ДЕФОРМИРОВАННЫХ ЯДЕР РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (III)

Вун Пэй-кунь Янь Го-гуань Чжу Шань-гэнь Чэнь Ши-пин
Хоэ Сень Ван Шу-фан Чжэн Линь-шэн

Резюме

В настоящей работе исследован радиоактивный распад ядра Tb^{160} ($T_{1/2} = 72$ д.) при помощи двухлинзового магнитного β -спектрометра, магнитного β -спектрометра с двойной фокусировкой (с железом) и сцинтилляционной методики. Определено пять β -ветвей. Их граничные энергии, интенсивности и величины $lg ft$:

274 Kev (9%) 7.9, 464 Kev (14%) 8.5, 562 Kev (42%) 8.1,
868 Kev (34%) 8.9 и 1740 Kev (0.4%) 11.9.

Определено также двадцать семь γ -переходов. Среди них девять с более высокой энергией обнаружено впервые. По данным о γ - γ -каскадной корреляции и энергиях γ -переходов установлено четырнадцать возбужденных состояний в ядре Dy^{160} . Их энергии, спины и четности:

86.6 (2+), 283.5 (4+), 965.7 (2+), 1048 (3+), 1198 (1-),
1264 (2-), 1287 (3-), 1358 (3-), 1398 (3-), 1566, 1591,
1658, 1696 и 1721 Kev.

В заключение обсуждены характеристики и природы возбужденных состояний в ядре Dy^{160} .