

133

^{205}Bi 的衰变纲图编评报告

[编 评]

王 维 龙 张 阿 根

复旦大学物理二系
原子核物理教研组
1979年7月

一、半衰期 $T_{1/2}$ (见表 I)

测量 ^{209}Bi 半衰期的有三家。51年 D. G. Karraker 等、58年 A. R. Fritsch 等, 和 61年 S. H. Brummer 等。第一家用 γ -M 计数管跟踪 3 十多个半衰期。测量的数据精度不够高, 且没给出数据的误差。第三家没有详细说明测量半衰期的方法, 给出了半衰期的数据 $T_{1/2} = 15.37 \pm 0.44$ 天。从表中可见, 这是测量得更好的一份数据。76、78年 N. D. S. 编译上也推荐此数据。所以本编译也推荐此值。

二、电子俘获能值和强度 (见表 II)

电子俘获能值由 β^+ 衰变能 $Q_{\beta^+} = 2707 \pm 7 \text{ KeV}$ 和各能级的能级计算。

电子俘获强度是由各能级的强度平衡时计算的。

用 β 谱仪测得 (β^+) 正电子能值的有三家: 56 年 M. Schmorak, 62 年 E. C. O. Bonacal-a 和 62 年 C. F. Perdrisat, 他们测量到 β^+ 的能值分别为 $925 \pm 30 \text{ KeV}$ 、 $976 \pm 10 \text{ KeV}$ 和 $990 \pm 10 \text{ KeV}$ 。

三、 γ 射线的能值 (见表 III) 和强度 (见表 IV)

在 60 年代以前, γ 射线的能值用转换电子谱仪及闪烁谱仪测量。由于 Ge(Li) 探测器出现, 近年时, γ 射线的能值均由 Ge(Li) 探测器测量。故本编译仍例举近年采用 Ge(Li) 探测器测量的数据。

1977 年 Idaho 国立大学的 T. D. Rupp 等在 Los Alamos 科学实验室和国家反应堆试验站 (National Reactor Testing Station) 对 ^{209}Bi 的 γ -射线谱进行了研究。用的泥是由 Oak Ridge Cyclotron 提供的, 本周泥中的 ^{209}Bi 和 ^{208}Bi 的强度相对于 ^{209}Bi 已处于 0.2% 和 5%。在测量 γ 能谱时用了三个不同规格的 Ge(Li) 探测器: ① $2.25 \text{ cm}^2 \times 0.5 \text{ cm}$ 平皿型 Ge(Li) 探测器; ② $2.5 \text{ cm}^2 \times 0.8 \text{ cm}$ 平皿型 Ge(Li) 探测器; ③ $11.4 \text{ cm}^2 \times 2.85 \text{ cm}$ 同轴型 Ge(Li) 探测器。它们的分辨率 (对 103 KeV 的 FWHM) 分别为 0.9 KeV, 0.8 KeV, 1.8 KeV。这些探测器分别用来测量 10—800 KeV, 500—2000 KeV, 1000—3000 KeV 的 γ 射线。

1972年 Vanderbilt 大学 Lawrence Livermore 实验室 Oak Ridge National Laboratory 和 Aerospace Research Laboratories 四个单位的 J. H. Hamilton 等人分别用二种 Ge(Li) 探头测得了 ^{205}Bi 的 γ 能谱。Vanderbilt 用 35 cm^3 的 Ge(Li) 探测器，其 γ 率为 2.8 keV ，相对于 $3\text{-in} \times 3\text{-in}$ NaI 探测器在 233 MeV 的效率为 3.5% ，数据由计算机分析，较高峰强度用手标。房间本底是被仔细测量过的，以消除在长时间操作过程中出现的本底峰。能谱定标源用的是 ^{57}Co 、 ^{90}Cr 、 ^{56}Co 、 ^{137}Cs 和 ^{208}Tl 。

Livermore 用 70 cm^3 Ge(Li) 探测器（阻挡层为 12 mm ），定标源是用 International Atomic Energy Agency 的标准源，由于应用 ^{22}Na 标准源，按高能 γ 射线的强度有了较好的效率校正。效率曲线所测用的误差对 $50\text{--}200\text{ keV}$ 为 $\pm 4\%$ ，对 $200\text{--}3000\text{ keV}$ 为 $\pm 2\%$ 。72年 S. H. Brunner 等测得数据是最全的一家。78年 N. D. S. 推荐此 γ 能谱值。本编评亦推荐此 γ 能谱值。1974年 R. L. Heath 用 $2.5\text{ cm}^2 \times 8\text{ mm}$ 的 Ge(Li) 探测器测得了 ^{205}Bi 的 γ 射线，但其测到 γ 射线不全。

本编评的 γ 射线的强度是以上三家所给出的数据加权平均后订标得出的。其中72年 S. H. Brunner 有二组数据（表中未列出）详见文献72Br）参加数据计算。所以 γ 的强度实际上是由四组数据加权平均的结果。

四、内转换系数（见表五）

由于各家测得内转换系数不全，本编评推荐78年 M. R. Schulerak 在 N. D. S. 上发表的内转换系数。

表五 半衰期

作者	半衰期	备注
51 ka	74.5 天	用 G-M 管测得了近十个半衰期
58 Fr	76.3 ± 0.7 天	
61 Br	65.31 ± 0.04 天	
编评值	75.31 ± 0.04 天	

表 II 电子俘获能量和强度

E_{ϵ} (KeV)	I_{ϵ} (%)	$I_{\epsilon} +$ (%)
100	3.689	
142	9.460	
186	0.327	
219	1.226	
455	1.337	
503	2.845	
741	0.256	
805	0.159	
931	5.598	
943	31.422	
949	0.189	
951	0.221	
1093	11.422	
1113	5.982	
1132	0.361	
1208	0.359	
1663	2.011	
1693	6.704	
2004	16.555	0.11

表 III. γ 射线的能谱表

γ 谱系	1972 年 T. H. Hamilton 等 (铀系)		1971 年 T. D. Rupp 等		1974 年 R. L. Heath	
	E (keV)	ΔE (keV)	E (keV)	ΔE (keV)	E (keV)	ΔE (keV)
1	2.34					
2	26.13					
3*	112.7	0.1				
4	115.10	0.10	115.16	0.134	115.409	0.18
5*	122.66	0.10	122.47	0.083		
6	127.0	0.2				
7	129.62	0.10	129.74	0.127	129.74	0.12
8	148.8	0.2	147.32	0.068		
			149.51	0.236		
9	164.05	0.10	167.27	0.219		
10	170.3	0.2	165.11	0.200		
11	185.22	0.1	185.27	0.116	185.29	0.11
12	205.74	0.07	205.84	0.273		
13	221.07	0.07	221.02	0.135		
14	235.07	0.06	236.00	0.047		
15	248.4	0.2				
16	259.46	0.20				
17	260.50	0.05	260.51	0.054	260.511	0.05
18	262.80	0.05	262.82	0.069	262.81	0.07
19	277.2	0.5				
20	282.38	0.07	282.26	0.104	282.26	0.10
21	284.15	0.10	284.12	0.164	284.12	0.10
22	284.26	0.10				
23	310.35	0.05	310.37	0.070	310.37	0.07
24	312.34	0.20	313.05	0.093	313.0	0.1

311.43	0.20	315.05	0.093	313.0	0.1
339.25	0.20				
347.55	0.05	347.55	0.047	347.55	0.05
354.45	0.10	354.60	0.055		
361.26	0.20	361.60	0.106		
361.85	0.20				
444.8	0.7				
476.30	0.15				
488.05	0.15	488.35	0.184		
493.65	0.05	493.70	0.039	493.70	0.035
498.40	0.15	498.84	0.154	498.84	0.15
498.87	0.20				
499.54	0.20				
503.4	0.5				
511.50	0.05	511.43	0.066		
549.84	0.04	549.86	0.127	549.855	0.02
		553.72	0.278		
561.27	0.05	561.26	0.205		
570.60	0.05	570.58	0.037	570.581	0.035
573.85	0.05	573.87	0.044		
576.30	0.10	576.21	0.46		
579.80	0.10	579.78	0.032	579.79	0.020
600.25	0.15	600.78	0.198		
625.71	0.10	626.72	0.035	626.72	0.03
646.00	0.10	646.07	0.066		
661.40	0.15				
668.5	0.5				
669.8	1.2				
683.5	0.3				
688.50	0.05	688.60			
701.18	0.20	703.40	0.040	703.401	0.028
703.45	0.05				

56	704.86	0.20	703.40	0.040	703.40	0.023
57	717.37	0.05	717.35	0.008		
58	720.65	0.10	720.75	0.234		
59	723.09	0.20	} 723.07	0.122		
60	723.57	0.05				
61	729.40	0.05	729.68	0.228		
62	744.70	0.10	744.88	0.082	744.88	0.08
63	757.09	0.20				
64	757.10	0.10	759.12	0.058	757.12	0.06
65	761.35	0.10	761.47	0.104	761.17	0.10
66	754.09	0.20				
67	771.40	0.15	772.10	0.321		
68	777.85	0.15				
69	780.72	0.05	780.84	0.087	780.84	0.08
70	788.13	0.15	} 787.76	0.134		
71	789.3	0.2				
72	795.67	0.05	795.69	0.062		
73	800.80	0.05	800.92	0.145		
74	806.55	0.10	806.43	0.248		
75	813.75	0.10	813.81	0.057	813.81	0.05
76	828.22	0.05	828.21	0.130		
77	831.0	0.3				
78	842.8	0.3				
79	848.2	0.3				
80	852.90	0.05	852.78	0.258		
81	860.13	0.05	860.10	0.095	860.10	0.07
82	871.95	0.05	871.86	0.095	871.86	0.09
83	890.15	0.05	890.09	0.040	890.09	0.025
84	894.56	0.05	894.65	0.044	894.65	0.03
85	901.90	0.05	901.78	0.148		
86	910.90	0.05	910.84	0.051	910.84	0.04
87	922.15	0.10	922.05	0.166		

95	991.50	0.15	991.25	0.687		
99	950.84	0.05	950.70	0.076	950.76	0.07
99	971.56	0.05	971.49	0.152		
91	978.50	0.10	978.51	0.352		
92	987.49	0.20	987.56	0.037	987.557	0.030
93	987.66	0.05				
94	989.12	0.20				
95	989.64	0.20				
96	992.61	0.20	1001.90	0.034	1001.89	0.05
97	1001.59	0.20				
98	1001.95	0.20				
99	1003.0	0.30				
100	1013.40	0.15	1014.22	0.070	1014.22	0.07
101						
102	1013.8	0.1				
103	1014.30	0.05				
104	1031.5	0.3	1031.72	0.279		
105	1038.86	0.24	1043.66	0.095	1043.661	0.040
105	1043.75	0.05				
			1051.61	0.753		
107	1050.75	0.15	1065.95	0.112	1107.94	0.030
108	1063.90	0.15				
109	1066.30	0.13				
110	1072.40	0.10				
111	1075.10	0.10	1072.21	0.092		
112	1107.72	0.10	1107.94	0.114		
113	1100.03	0.05	1109.94	0.048	1107.94	0.030
114	1199.62	0.10	1199.61	0.214		
115	1208.70	0.05	1208.97	0.065	1208.97	0.08
116	1216.25	0.10	1216.29	0.275		
117	1256.9	0.5				
118	1261.65	0.2				

119	1264.80	0.20	}	1264.42	0.303		
120	1204.80	0.2					
121*	1265.7	0.3					
122*	1277.2	0.2					
123	1351.32	0.09		1351.47	0.108	1351.47	0.12
124*	1438.7	0.2		1438.51	0.240		
125	1499.60	0.15	}	1500.94	0.612	1500.81	0.23
126	1501.40	0.10					
127	1513.40	0.20					
128	1521.20	0.10		1522.12	1.043		
129	1548.05	0.15					
130	1551.00	0.10		1550.81	0.236		
131	1563.15	0.10		1563.11	0.137		
132	1577.30	0.15		1577.40	0.277		
133	1593.00	0.15		1594.47	2.003		
134	164.30	0.15		164.34	0.063	164.34	0.06
135	1619.10	0.15		1619.06	0.212		
136*	1676.4	0.3					
137	1706.4	0.3					
138	1760.04	0.40					
139	1764.30	0.10		1764.27	0.075	1764.274	0.063
140	1775.60	0.10		1775.80	0.099	1775.795	0.040
141	1815.6	0.4					
142	1818.0	0.2		1818.27	0.402		
				1844.73	0.403		
143	1861.70	0.10		1861.69	0.044	1861.691	0.023
44	1903.45	0.10		1903.35	0.072	1903.40	0.160
45	1965.8	0.5		1965.48	0.101		
46*	2023.3	0.5					
47	2065.10	0.15		2065.47	0.122		
48	2087.1	0.20		2087.76	0.124		

表四. Y射线强度表和内标源若干特征表

Er (keV)	^{226}Ra		^{71}Ru		^{74}Me		铀铀相对强度		铀铀相对强度		^{78}Sc	J_{α} (绝对强度)	
	Ir	ΔIr	Ir	ΔIr	Ir	ΔIr	Ir	ΔIr	Ir	ΔIr	内标源示数		
2.34							4.4	3.4	1		1.196×10^4	16630	1520
25.13	44000	4400					28	2	9	1			
112.7	28	12					297	7	75	3	6.42	481	14
$\times 115.10$	240	10	230	40	230	20	297	7	75	3			
22.83	22	2	50	10			35	20	11	6			
127.0	10	2					19	2	3	1	2.389	6	2
129.62	20	2	30	10	30	10	22	2	6	1	4.65	29	3
148.8	17	5	20	10			17	1	5	1			
164.95	50	3	50	20			50	3	10	1	2.348	37	2
170.8	13	3					13	3	4	1	0.1162	0.5	0.1
193.21	305	20	230	50	260	40	298	10	14	3	7.689	159	5
205.74	81	10	100	20			80	6	24	3	7.260	62	3
221.97	100	6	90	20			99	5	31	2	4.932	32	2
236.97	182	10	170	50			178	8	56	3	0.861	48	2
248.4	5	4					6	4	2	1			
259.46	160	80					160	80	31	23	0.0418	2	1
260.50	3500	100			3100	340	3200	100	1106	32	0.654	723	21
262.80	1170	40	1210	210	1190	170	1180	22	373	7	0.639	238	4
277.2	50	10					50	10	16	3			
282.98	1370	20	1170	120	1140	30	1250	180	346	37	0.524	209	30
294.18	3440	70			4800	340	5447	70	1719	22	0.515	885	11
284.26	100	30			760		100	30	32	9	0.5	16	5
310.35	336	10	275	50	270	40	330	13	104	3	0.598	58	2
312.84	80	30			150	20	80	30	25	9	0.596	10	4
313.43	110	30					110	30	35	9	0.394	14	4
337.25	39	5					35	5	11	2			
349.38	1310	30	1310	170	1480	80	1155	360	523	14	0.28 ± 0.05	131	28
354.42	55	5	80	10			50	7	10	2			

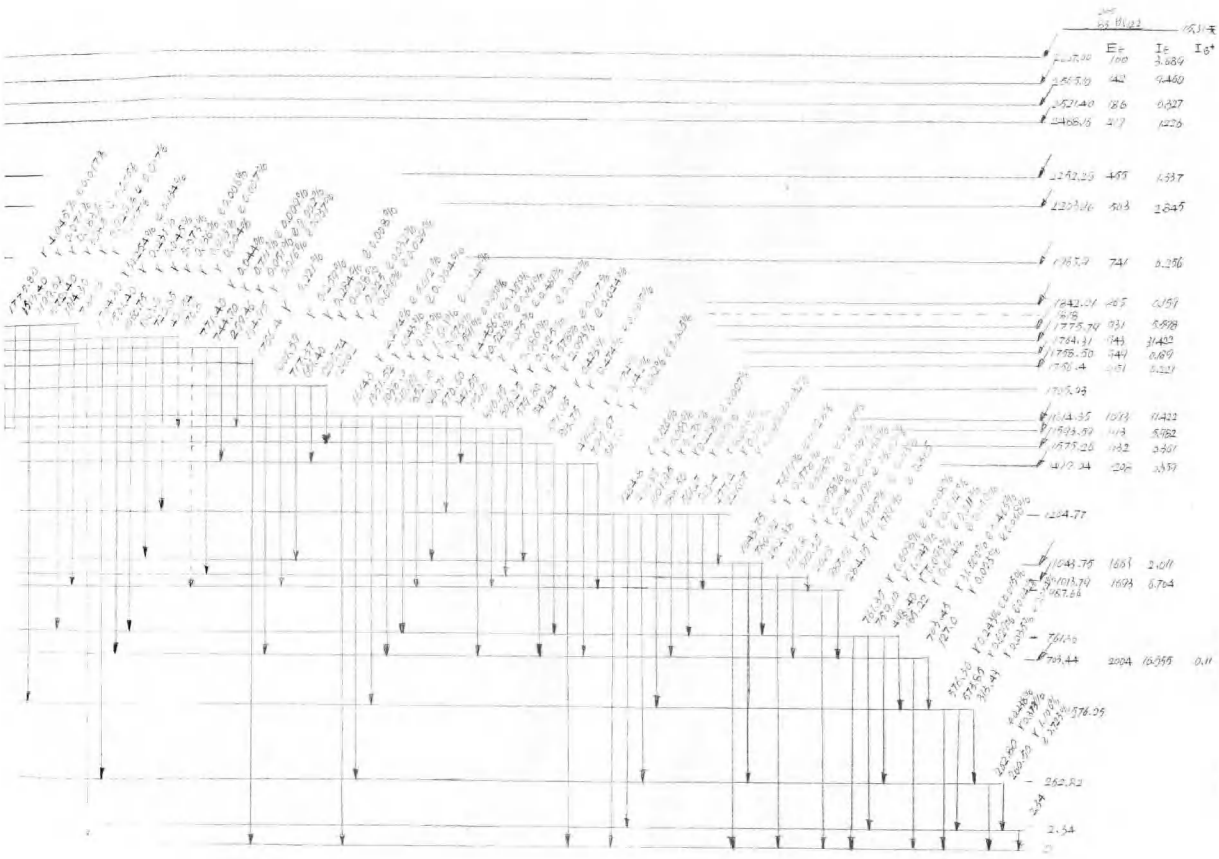
161.20	100	10	180	40			100	30	32	19			
161.85	98	30					78	30	31	19			
444.3	44	20					44	20	14	6			
476.30	73	70					75	10	24	3			
438.05	125	15	120	60			124	12	42	4			
413.95	1200	13	1300	140			1130	46	467	14			
410.40	300	30	560	130	550	110	360	50	45	10	0.1138	11	2
410.87	130	80					130	50	41	25			
498.54	200	50					200	50	63	16	0.1131	7	2
503.4	25	15					25	15	8	5			
511.90	2750	50	3300	350			2700	50	882	14	0.096	85	2
549.84	6400	100	8030	940			8880	240	6470	440	2093	44	0.00741
551.27	170	15	200	60			168	11	53	3			
570.60	13940	200	13450	1540			13220	720	14110	130			
574.35	2000	40	1760	380			1810	40	524	13	0.087 ± 0.009	42	1
578.30	605	20	1110	130			770	600	243	140	2.06	15	11
579.80	17500	200	17070	1780			17430	170	5378	54	0.02097	117	1
608.45	80	13	80	13			23	4					
626.71	1880	20	1810	200	1780	60	1870	20	591	0	0.051 ± 0.012	30	1
646.00	210	10	200	40			200	8	63	3			
661.40	10	15	90	15			28	5					
669.6	60	40	60	40	19	13							
681.3	30	40	30	40	9	13							
683.5	85	10	85	10	27	3							
688.50	730	35	640	40	720	20	228	6	0.03 ± 0.03	7			
701.15	500	200	500	200	810	220	158	63					
703.45	100000		100000		100000	5000	100000		31630		0.0147	465	
704.56	122.0	300			1220	300	386	45					
717.37	10110	20	760	170	990	20	284	6					
720.65	463	30	330	100	430	100	136	32	0.0435	6	1		
723.09	90	40	740	110			90	40	28	13			
723.57	490	40					490	40	185	13			

729.40	210	12	200	170			210	10	66	3			
744.70	2240	50	2370	280	2330	150	2250	35	711	11	0.01219	9	1
757.09	400	150	3710	480	3730	20	400	150	126	47			
758.10	3300	150					3300	150	1043	47	0.01171	12	1
761.35	2200	100	2210	330	2180	220	2210	80	698	25	0.01164	8	1
764.99	10	12					30	12	9	4			
771.40	150	12	110	10			140	10	44	3			
777.85	235	30					235	30	74	9			
780.42	1840	30	1590	120	1500	270	1830	35	578	11			
782.14	320	30	370	00			340	30	107	9			
787.3	60	30					60	30	10	9			
795.67	450	20	440	40			450	15	142	5			
800.80	610	20	410	80			590	40	186	13			
806.55	510	40	640	180			520	90	154	18			
813.75	1510	40	1520	290	1480	200	1500	20	474	6	0.01016	3	
828.22	930	40	980	140			910	29	288	8			
831.0	130	30					130	30	41	9			
842.8	70	20					70	20	22	6			
848.2	85	12					85	12	27	4			
852.00	232	15	230	50			232	15	73	5			
856.13	1400	25	1420	32	1400	270	1400	10	442	3			
871.95	1340	30	1340	190	1320	130	1340	25	423	8			
890.15	2180	30	2100	240	2050	130	2170	35	686	11	0.00310	2	
894.96	2000	30	2750	360	2690	210	2360	170	746	370	0.01664	12	6
901.90	415	15	430	80			412	13	130	4			
910.00	9280	100	9340	980	9250	200	9230	70	1581	22	0.02375	40	1
922.15	170	10	200	40			165	10	62	3			
931.50	125	15	180	20			140	17	44	5			
950.84	1280	30	1300	150	1270	80	1250	25	395	8			
971.50	900	20	910	180			890	20	264	6			
978.50	130	10	120	30			118	16	37	5			
987.49	300	100	3120	3350	3360	1200	300	100	95	12			

987.86	300	100	54200	550	53400	1200	51880	800	76425	15	200890	118	1
986.12	51880	500											
985.84	<100						<100		<32				
972.65	190	100					240	80	76	25			
1001.59	820	40					280	100	88	32			
1001.95	880	140	1820	200	1780	200	820	140	259	44			
1003.0	230	100								880	140	278	44
1013.40	265	50					240	100	73	32			
1013.8	185	40	3150	410			205	60	84	10	0.01895	2	1
1014.30	2940	60								185	40	58	13
1031.5	110	35	190	30	1250	200	1940	60	929	10	0.01602	17	1
1038.86	365	30					122	23	30	7			
1043.75	2450	300	24280	2770	24470	1420	305	30	115	9			
1060.75	142	15					24110	240	7619	76	0.01674	128	2
1064.90	80	15					42	19	45	5			
1096.03	352	15	350	50			30	15	25	5			
1071.40	972	20	1020	160			353	15	112	5			
1075.10	35	15					975	40	308	5	0.01563	5	0.1
1107.72	518	30	380	40			35	15	11	5			
1193.04	7270	200	7470	820	7340	350	360	12	114	4			
1197.82	610	40	540	120			7350	25	2423	30	0.01200	20	1
1208.70	1645	30	1160	210	1650	110	780	25	563	8			
1216.25	324	15	240	50			845	30	520	10			
1256.4	70	35					320	15	101	5			
1261.65	198	20					70	35	22	11			
1264.80	160	70	850	130			98	20	53	6			
1264.80	400	70								60	70	71	12
1289.90	152	40					400	70	26	23			
1277.20	122	14					150	40	47	13			
1351.52	3400	100					112	4	31	4			
1438.70	375	20	350	70	3600	400	3300	39	1043	17	3784/10 ⁻⁴	4	
1479.00	650	45					367	20	110	6			
							553	45	173	4			

1501.40	730	45																		
1513.40	225	40						730	45	231	24									
1521.20	540	40	650	150				225	40	71	13									
1548.65	900	50						540	22	202	7									
1551.00	320	80			2540	650		900	50	284	16									
1553.15	530	30	740	160				320	70	986	22									
1577.50	535	30	520	100				516	35	163	11									
1593.00	370	25	340	160				532	25	168	8									
1614.30	7320	120			6360	510		364	25	115	8									
1619.10	1180	50	770	100				7260	120	2294	38	93 X 10 ⁻⁴	12	0.2						
1675.4	105	20						1043	300	330	95									
1758.4	700	40						105	20	33	6									
1760.04	400	100						700	40	221	13									
1764.30	104400	2000			93050	4000		400	100	126	32									
1775.80	12820	250			11100	800		98900	4600	31254	4614	43 X 10 ⁻⁴	134	20						
1815.6	44	15						12800	290	4045	92	42 X 10 ⁻⁴	17	1						
1818.0	152	12	170	40				44	15	14	5									
1861.70	19840	300			17440	900		167	10	53	3									
1903.45	7930	120			5710	150		19880	610	6252	193	9.1 X 10 ⁻⁴	6	0.2						
1963.8	26	5	50	20				7800	120	2484	38	8.5 X 10 ⁻⁴	2							
2003.3	12	5						27	5	9	2									
2565.10	135	7	160	60				12	5	4	2									
2607.1	60	6	70	20				137	6	43	2									
								70	8	22	3									





1951年

层	Et	Ic	Ig
1700.00	170	3.889	
1685.00	142	4.460	
1670.00	116	6.027	
1655.00	91	7.226	
1242.29	455	4.337	
1227.06	503	2.645	
1187.7	741	0.296	
1042.01	1085	0.759	
1027.74	1331	0.998	
1013.47	1443	1.432	
1000.00	1649	0.669	
986.53	1851	0.521	
770.94			
613.35	1033	0.422	
599.59	1173	0.582	
585.83	1322	0.907	
479.34	1506	0.559	
1204.77			
1043.78	1683	2.011	
1013.70	1693	0.704	
967.84			
791.10			
709.44	2004	10.095	0.11
577.10			
575.57			
574.04			
262.82			
2.54			

参考文献

1. ^{51}Kd D. G. Karraker et al Phys. Rev. 81, 510 (1951)
2. ^{56}Sc M. Schmorak et al Nucl Phys. 2, 193 (1956)
3. ^{58}Fr A. R. Fritsch et al J. Inorg. Nucl. Chem. 6, 165
(1958)
4. ^{51}Br J. H. Brunler et al Helv. Phys. Acta 34, 472
(1961)
5. ^{71}Ru T. D. Rupp et al Nucl Phys A 163, 545 (1971)
6. ^{72}Ha J. H. Hamilton et al Phys Rev C 6, 1265 (1972)
7. ^{74}He R. L. Heath ANCR-1000-2 (1974)
8. ^{78}Sc M. R. Schmorak N. D. S. 23, 330 (1978)
9. ^{62}Fe C. F. Perdriat et al Helv Phys Acta 35, 175
(1962)
10. ^{62}Bo E. C. O. Bomralza et al Arkiv Pysik 22, 111
(1962)