

重核区一个可能的 β 延发 中子先驱核素岛*

张立

(中国科学院近代物理所, 兰州 730000)

摘 要

按照 β 延迟发射中子先驱核的系统学研究结果, 预言出在 Tl、Hg、Au 三种元素中可能的 β 延迟发射中子先驱核素。计算了其中的未知核质量和中子发射几率。

β 延迟中子发射是足够远离 β 稳定线的丰中子核的一种可能的衰变方式。一个丰中子远离核可能成为延发中子先驱核的必要条件是其子核的最后一个中子的结合能 B_n 比其总 β 衰变能要小, 即 $Q_\beta > B_n$ 。到目前为止从实验上已被确认的延发中子先驱核有一百多个^[1]。

几年前, 杨澄中先生发表了他对当时已知的延发中子先驱核所做的一个系统学分析^[2]。他发现在 $N-Z$ 平面这些先驱核形成几个岛, 它们沿 $N/Z = 1.587$ 线, 且靠近幻数

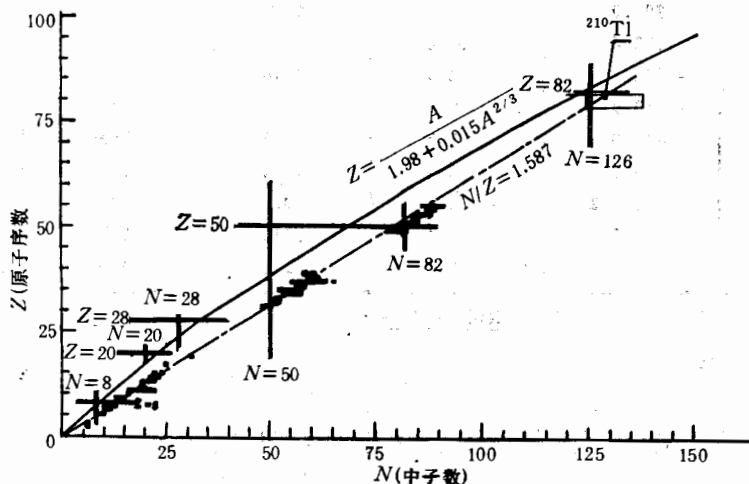


图1 已知的 β 延发中子先驱核^[1]在 $N-Z$ 平面的分布

■ ($\beta-n$) 衰变先驱核 - - - $N/Z = 1.587$ 线^[2]

本文 1990 年 3 月 3 日收到。

* 本工作得到国家自然科学基金支持。

表 1

A_{Tl}	m_{λ}^{**}	$T_{1/2}(s)^*$	Q (keV)	B_n (keV)	$P_n\%$
^{210}Tl	-9263	90	5489	5185.4	0.00704
^{211}Tl	-6325.4	54.7	4160	3812.4	0.077
^{212}Tl	-1598.0	6.69	5974	5150	0.065
^{213}Tl	1799	12.2	5029	3749	1.896
^{214}Tl	6563	2.85	6751	5009	1.378
^{215}Tl	10255	3.94	5771	3400	8.29
^{216}Tl	15144	1.40	7536	4947	6.92
^{217}Tl	19113	1.82	6675	3242	20.46
^{218}Tl	24290	0.837	8441	4661	32.3
A_{Hg}	m_{λ}^{**}	$T_{1/2}(s)^*$	Q (keV)	B_n (keV)	$P_n\%$
^{207}Hg	-16270	174	4778	6841	—
^{208}Hg	-14033	28900	2745	3801	—
^{209}Hg	-9325	41.4	4337	4955	—
^{210}Hg	-6050.4	401	3212	3672	—
^{211}Hg	-950.4	14.5	5116	4874	0.264
^{212}Hg	2578.8	39.5	4177	3594	0.997
^{213}Hg	7843.3	5.8	6074	4722	2.396
^{214}Hg	11647.4	8.9	5084	3288	8.508
^{215}Hg	17102.6	2.6	6848	4380	5.542
^{216}Hg	21131.7	3.4	5988	3182	20.64
^{217}Hg	26865.8	1.4	7753	4102	9.248
A_{Au}	m_{λ}^{**}	$T_{1/2}(s)^*$	Q (keV)	B_n (keV)	$P\%$
^{204}Au	-20220	40	4496	7495	—
^{205}Au	-19346	35.6	2983	7201	—
^{206}Au	-15008	4.9	2110	6728	—
^{207}Au	-11729.8	9.2	4540	3372	1.474
^{208}Au	-6945.5	2.3	7078	5834	0.351
^{209}Au	-3350.8	3.2	5974	3363	10.49
^{210}Au	1861.2	1.2	7911	4797	14.67
^{211}Au	5763.1	1.4	6713	2971	25.25
^{212}Au	11171.2	0.67	8592	4543	42.7

* 取自 K.TAKAHASHI 等人所给出的计算值^[9].

** 以质量亏损表示.

核附近散布。图 1 中荟集了迄今已发现的 β 延发中子先驱核，它们在 $N-Z$ 平面的分布与上述结论相符。在同一文^[2]中，作者从一个简化的结合能公式出发，加上 β^-n 衰变所需的平均能量 ΔE 对所有延发中子先驱核都是 6 MeV 的假设，证明了 $N/Z = 1.587$ 这样一条延发中子线的存在是有理论基础的。

迄今， ^{210}Tl 还是重核区唯一的已发现的延发中子先驱核。按照这种规律性，我们预计在 $N = 126, Z = 82$ 附近可能会存在一个 β 延发中子先驱核素岛。

我们就 Tl、Hg、Au 三种元素同位素链探讨了这一可能性。通过 Q_β 和 B_n 的简单比较来断定一个丰中子远离核是否可能通过 β 延迟中子发射的模式衰变, 或者说是否存在延迟中子发射的能量窗。 Q_β 和 B_n 可按下式计算:

$$Q_\beta = M(A, Z) - M(A, Z - 1), \quad (1)$$

$$B_n = M(A - 1, Z + 1) + M_n - M(A, Z + 1), \quad (2)$$

其中 $M(A, Z)$, $M(A, Z + 1)$ 及 $M(A - 1, Z + 1)$ 分别为先驱核、子核及中子发射之终了核的原子质量。 M_n 是中子质量。已知核的原子质量取自 Wapstra 和 Audi 质量表^[3]。未知核的原子质量是用 Garvey-Kelson 半经验公式估算的^[4], 误差小于 300keV。

在衰变过程中, β - γ 和 β -n- γ 两种衰变方式处于竞争之中, 竞争受到量子力学选择原则、核力、能级密度及对关联效应等因素的制约。中子发射几率 P_n 用来表示这种竞争, 它被定义为每 100 衰变中发射的中子数。我们借助于一个如文献 [5] 中所给出的系统学规律计算了 P_n :

$$\log P_n = m \log \Delta + \log c, \quad (3)$$

$$\Delta = Q_\beta - B_n, \quad (4)$$

其中 m, c 是经验参数, 依赖于被研究的先驱核之奇偶组合及其质量范围。表 1 中给出了相应于 Tl、Hg、Au 三种同位素链的计算结果。将对 ^{210}Tl 的计算结果与已有的实验结果做了比较。已有三位作者报道过有关 ^{210}Tl 的实验结果^[6-8], 其共同点都是从氡的天然于射性衰变产物 ^{214}Pb 的 β^- 衰变子体 ^{214}Bi 的 α 衰变收集反冲余核而得 ^{210}Tl 。他们所测得的 ^{210}Tl 的中子发射几率分别是每 100 衰变有 0.02, 0.007 及 0.007 个中子发射, 其中两组相同而有一个最早期的结果差别较大。本计算给出的 P_n 值为 0.00704, 与其中有相同值的两组的实验值完全一致。

从表 1 可看到 Tl 元素对 β^-n 衰变是很有利的, 这可解释为 N 和 Z 两方面的壳效应而引起的。而 Hg 与 Au 相比, Au 则较为有利, 证实了电荷对称性对奇 Z 核延迟中子发射较为有利的推论。

感谢赵之正、徐晓骥二同志对本工作的帮助。

参 考 文 献

- [1] L. Tomlinson, *Atomic Data and Nuclear Data Tables*, **12**(1973), 182—194; 及第三、四、五次远离国际会议论文集。
- [2] 杨澄中, *核物理动态*, **2**(1985), 1.
- [3] A. H. Wapstra and G. Audi, *Nucl. Phys.*, **A432**(1985), 14—54.
- [4] G. T. Garvey and I. Kelson, *Phys. Rev. Lett.*, **16**(1966), 197;
J. Janecke, *Atomic Data and Nucl. Data Tables*, **17**(1976), 455.
- [5] Y-Nir-El and S. miel, *Proceedings of 3th Inter. Conf. on Nuclei far from Stability*, Corsia (1976), 322.
- [6] A. V. Kogan and L. I. Rusinov, *Z. Eksp. Teor. Fiz.*, **32**(1957), 432; *Soviet Phys.*, JETP **5**(1957), 365.
- [7] G. Stetter, Report No. TID-14880.
- [8] P. Weinziarl, E. Ujlaki, and G. Preinreich, *Phys. Rev.*, **B257**(1964), 134.
- [9] K. TAKAHASHI et al., *Atomic Data and Nuclear Data Tables*, **12**(1973), 101—142.

A Possible Island of Beta-Delayed Neutron Precursors in Heavy Nucleus Region

ZHANG LI

(Institute of Modern Physics, Academia Sinica, Lanzhou, 730000)

ABSTRACT

The possible Beta-Delayed neutron precursors in the elements Tl, Hg, and Au were predicted following a systematic research for the known Beta-Delayed neutron precursors. The masses of the unknown nuclei and neutron emission probabilities were calculated.