

形状同质异能素与超重元素*

楊 福 家

(复旦大学)

近年来,理论和实验分别地预言和发现了很多重原子核存在形状同质异能素,即,这些原子核存在一个激发的亚稳态,它与基态的不同主要是形状的不同.例如,基态可以是略为形变的椭球,长半轴比短半轴大 25%,而这一亚稳态可形变得较厉害,长半轴比短半轴大 80%.与此相应的理论还预言,原子序数在 11. 附近存在一个稳定的超重元素岛,不过,到目前为止还没有在实验上找到这样的超重元素.由于超重元素具有比现有核燃料铀和钚更为优越的特性,因此,对超重元素的寻找不仅有理论上的兴趣,而且有实际上的要求.

一、形状同质异能素^[1]

到目前为止,已在锕系区域发现近 30 个重元素存在形状同质异能素,寿命从几十毫秒到几个毫微秒.解释形状同质异能素的基础是:原子核存在双峰裂变位垒.今年最重要的实验是:发现了第二个位垒内的转动能谱,从而开创了形状同质异能素的能谱研究工作.实验结果见图 1 (Heunemann, Konecny Specht 和 Weber).

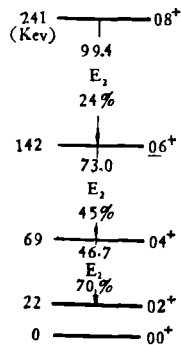


图 1 建于 ^{240}Pu 自发裂变形状同质异能素 (4 毫微秒) 上的转动带

今年内第二个重要实验结果是:发现在第二个位垒内,与第一个位垒一样,同样存在 K 禁戒同质异能素,并定出了它的位置 (1.3 ± 0.3) Mev 与寿命 5ns. 见图 2 (Sletten 和 Limkilde).

形状同质异能素的能谱研究,迫切需要实验测定:

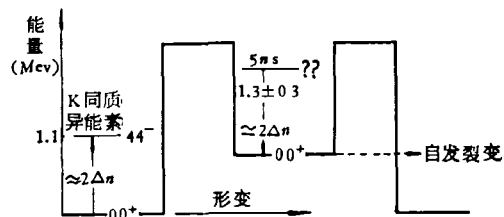


图 2 在 ^{238}Pu 第二位垒内发现的 K 同质异能素

双偶核: 1. 同质异能素的电四极矩; 2. 除 ^{240}Pu 以外的同质异能素的转动带; 3. 寻找更多的 K 禁戒同质异能素,最可能的对象是: ^{236}Pu , ^{242}Cm 和 ^{244}Cm . 找出它们的位置,测出它们衰变的方式,是 γ 跃迁还是自发裂变; 4. 精确测定振动共振态的自旋、宇称数值.

奇 A 核: 1. 在 ^{237}Pu 内存在两个形状同质异能素,其能量差别多大? 2. 在奇中子核内,除 ^{237}Pu 外,是否还存在另外的核,也有两个形状同质异能素? 对奇质子核,能否也找

* 1972 年 11 月 22 日收到.

到? 从理论上, 回答是肯定的。3. 可考虑应用扰动角关联技术, 以决定能级的磁矩, 也可能决定电四极矩。

双奇核: 1. 在 ^{232}Pa 核内已找到振动型共振, 但至今未能定出其量子数; 2. 也有可能找到双裂变同质异能素。

除锕系区外, 是否可考虑在其他区域找到形状同质异能素。最可能的区域是在 $N = 118$ 及 $Z = 84$ 附近。

二、超重元素的寻找^[2]

到目前为止, 在实验上寻找超重元素的途径有:

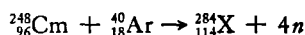
1. 在宇宙线中找。P. Fowler, Price, Walker 和 Fleischer 在美国 Texax 三万米上空放气球, 内有乳胶及塑料探测器。假如超重元素寿命大于 10 万年, 那么就有可能测量到。

2. 在矿中找。苏联的 Flerov 等人, 德国的 Hermann 等人, 美国的 Thompson 等人, 从金、铂、铅、铋诸矿内寻找。假如超重元素寿命大于 10 亿年, 那么就有可能找到。据分析, 114 号元素的化学性质应与铅相似。

3. 还有一些人 (Anders 等人), 企图在陨石、月球岩石内寻找。假如超重元素寿命大于一千万年, 那么就有可能找到。

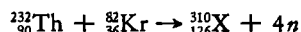
4. 利用加速器制造:

(1) 美苏曾企图利用反应(氙离子能量为 220Mev)



制造超重元素, 结果是否定的, 只能把此反应的合成截面的上限定为 10^{-30} — 10^{-31} 厘米²。利用这类反应的明显弊病是: 产物缺中子缺得太厉害, 以致寿命极短。

(2) 有理论预言, 反应



的截面可大到 62 毫靶。去年法国 Orsay 加速成功 Kr 离子 (~ 500 Mev), 即做此反应^[3], 发现在反应产物中有 13—15 Mev 的 α 放射性, 寿命在毫秒到一分之间, 究竟从什么核放射出来的, 目前还未搞清。但似乎可以肯定, 理论计算有明显错误。

(2) 苏联杜布纳, 理论计算 Xe + U, U + U 合成 114 元素的截面分别为 3.5×10^{-29} , 8×10^{-30} 厘米²。最近已获得了 900 Mev Xe 束, 准备做 Xe + Au, Xe + Pb, Xe + U, 尚未获得结果。

(4) W. J. Swiatecki 从理论上预言^[4], 诸如 $^{232}\text{Th} + ^{76}\text{Ge}$, $^{238}\text{U} + ^{64}\text{Ni}$, $^{248}\text{Cm} + ^{48}\text{Ca}$ 等反应的截面可为 10^{-28} — 10^{-29} 厘米²。美国 Berkeley 的 Ghio 和 Seaborg 将进行这些反应的试验。

不论那一种方法至今都未成功, 不过, 无论是理论还是实验, 目前都在进行大量的工作。

参 考 资 料

[1] Sven Björnholm, 1972 年 6 月在法国全欧核物理会议上的报告, 即将出版。

[2] 除特别指明外, 本节材料均由 S. Björnholm 提供。

[3] *Science News*, 100 (1971), 373.

[4] W. J. Swiatecki and S. Björnholm, 将发表于 *Physics Reports (Section C of Physics Letters)* 1972.