

制镆故事

原文作者：

尤里·奥加涅相（Yuri Oganessian），俄罗斯杜布纳联合核子研究所，弗廖罗夫核反应实验室。



奥加涅相讲述了一个双奇数镆核的形成和衰变的故事。

第115号元素是我们在核反应中用加速的钙-48离子束合成的第一个原子序数 (Z) 为奇数的超重元素。这些实验是在首次获得第114号和116号元素 (偶原子数) 的实验结果后, 紧跟着在2003年进行的。我们毫不怀疑, 它们的奇数邻居也能以同样的方式形成, 只是, 它的衰变性质却会大相径庭。

用钙-48 ($Z=20$) 离子束轰击同位素镆-243 ($Z=95$) 标靶, 期望能发生罕见的、这两种原子核的融合反应。结果确实形成了原子核 $^{291}115$ 。在该过程中, 这一原子核被加热 (至约 4×10^{11} K), 再通过极快地释放出三个中子和伽马射线得以冷却, 形成了同位素 $^{288}115$ 。镆靶的厚度是经过仔细选择的, 允许 $^{288}115$ 原子核一旦形成, 能凭借碰撞过程中获得的反冲能量逃逸出靶。形成的原子核飞经从标靶通过分离器至探测器这一4 m长的路径所需时间只要大约 $1 \mu\text{s}$ 。分离器经过配置和调整, 能够允许形成的超重原子核通过, 同时将所有较轻的反应副产物从主轨道上清除。一旦目标原子到达检测器组件, 其衰变模式将被确定, 以此查明所形成的原子核。

超重元素的衰变类型主要有两种: 阿尔法衰变和自发裂变。前者是贝克勒尔在1898年发现的, 是一个重原子核自发放射出一个阿尔法粒子 (^4He) 的过程, 也是诸多重于铅的原子核的典型衰变特征。后者则是原子核分裂成两个碎片的过程, 由弗廖罗夫和康斯坦丁·佩特里亚克 (Konstantin Petrjak) 于1940年发现, 该过程只存在于锕系和超锕元素中, 且发生概率随原子序数的增加而迅速增加。根据经典 (宏观) 核理论, 只有比 $Z=100$ (镆) 原子序数大的元素才会发生自发裂变。

1969年, 一种新的 (微观) 理论被提出, 该理论将核物质的结构纳入考虑范围, 给出了不同的预测: 存在一个由极重、富含中子的原子核 (质量数在280~300) 组成的领域, 其间, 元素稳定性有望再次提高。在质子和中子的双幻数, $Z=114$ 和 $N=184$ 附近, 周期表上将出现一大片相对稳定的元素, 该区域被称为“稳定岛”, 第115号元素就在其中。此外, 原子核 $^{288}115$ 的内部结构——同时含有奇数个质子和中子 ($Z=115$, $N=173$) ——会在很大程度上阻止自发裂变, 因此其原子核很可能会进行阿尔法衰变。

放射出一颗阿尔法粒子后, $^{288}115$ 会形成一个具有奇数个质子、奇数个中子的第113号元素原子核, 由于同样的原因, 它也会经历阿尔法衰变。这种衰变模式下会产生第111号元素, 然后是第109号, 以此类

推。这个奇-奇阶梯的每一步中，原子核的原子序数被减掉2个，同时中子数也减掉2个，与幻数 $N=184$ 渐行渐远。因此，原子核会变得不容易进行阿尔法衰变，但更容易发生自发裂变，最终该衰变链会终止于自发裂变。究竟何时终止？恐怕只有实验才能告诉我们答案。

在我们2003年的实验中，探测器使我们能够记录所形成的原子核的整个放射性系列，并确定每个阿尔法粒子发射的能量和时间，以及自发裂变碎片的能量。我们得到了 $^{288}115$ 同位素的衰变链。在前20 s内发生了连续5次的阿尔法转换，之后出现了很长的停顿，这给我们带来了很多麻烦。链上最后一个原子核——同位素 ^{268}Db ——的自发裂变在30~40 h后的第二天才被记录下来。我们认为，同位素 ^{268}Db ($Z=105$, $N=163$)通过电子俘获的衰变方式，形成了一个具有偶-偶结构的 ^{268}Rf 核 ($Z=104$, $N=164$)，之后很快分裂成两个碎片。在我们的第一个实验中，我们总共检测到三个这样的事件。从那时起，类似的第115号元素衰变链已分别在杜布纳（俄罗斯）、达姆施塔特（德国）和伯克利（美国）被观测到，次数已超过了100多次。

我们提议为位于元素周期表15族底部，铋元素下面的第115号元素取名“moscovium”（**镆**），最后被采用了。该名字是为了纪念古俄罗斯地名——Moscovia，即莫斯科地区。首次合成并观察到**镆**自发转化成其他元素的工作人员就在此工作和生活。