

β 延迟中子发射体岛和中子先驱核线

杨澄中

在远离β稳定线核素的研究中，用合成的丰中子核素的方法去接近核素图中的“中子下滴线”(B_n = 0)，无论用低能核物理还是高能核物理的现有实验技术，除了几种很轻的元素外，都是难以实现的。因此，如果能在丰中子区找到另外一条更感兴趣的线，能够激发人们较丰富的物理思想的话，将是很有价值的。我认为，应当仔细研究一下N/Z = 1.587的这一条线，因为在核素图上，它将通过²³⁸U 裂变后，在发射中子之前的所有裂变碎片（这些碎片的绝大部分都是β延迟中子发射体），假如在整个裂变过程中，核电荷在核物质中是均匀分布的话。我们把它称作“中子先驱核线”。图1表示出目前所得到的所有中子先驱核^[注]沿“中子先驱核线”的分布。图的下部表示出各种元素，纵坐标表示先驱核高于或低于此线的中子数ΔN，横坐标代表质子数（原子序数）。和核素图连系起来，我们可以看到，这些中子先驱核所形成的岛的形状、大小和范围，很清楚地表示核力的竞争和相互作用。这里，我想特别提出下列几点：

1, 中子先驱核线的理论基础

可以看出，所有的β延迟中子先驱核岛都位于N/Z = 1.587的线上，而且几乎都以

此线为中心。这一点可以在理论上从Weizsäcker结合能公式出发并假定(β-n)衰变所需的平均能量ΔE对所有中子先驱核是一个常数而得到证明。

取ΔE = 6MeV。在Weizsäcker公式

$$E_w(N, Z) = -a_1 A - a_2 A^{2/3} + a_3 \frac{(N-Z)^2}{A} - a_4 \frac{Z(Z-1)}{A^{1/3}} \quad \text{中}$$

系数 $a_1 = a_2 = 14 \text{MeV}$

$a_3 = 88 \text{MeV}$

$a_4 = 0.62 \text{MeV}$

我们就可以得到

$$N - (1 + 0.00939A^{2/3})Z - 0.152A + 0.0707A^{2/3} - 1.5 = 0$$

略去了ΔE = E_w(N, Z) - E_w(N-2, Z+1)中泰勒展开式的高次项差。对某些典型的A值，N和Z的理论值，用此式作了计算，并列在表1中。

在图2中，我们把这些数值沿N/Z = 1.587线划出。可以看到，在我们所作的近似下，这些值排列得相当好。

当然，如果没有量子效应，中子先驱核将会沿“中子先驱核线”均匀地分布。壳效应、对力以及库仑力与电荷对称相互作用的竞争，改变了上述的简单图象。中子先驱核集中在几个“岛”上。这可以定性地作如下的

[注]：截止1983年底，作者收到的中子先驱核

表1 用 Weiszäcker 公式计算的中子先驱核的N和Z的理论值

A	27	64	90	125	180	210	238
Z	10.45	25.07	34.84	47.55	66.71	78.79	86
N	16.55	38.93	55.16	77.45	113.29	137.21	152
N/Z	1.584	1.553	1.583	1.629	1.698	1.741	1.767

解释:

2, 壳效应

正如我们所预料的, 这些中子先驱核在 $N=8, N=20 \dots N=50, N=82$ 和 $N=126$ 等中子满壳层附近形成“岛”, 它们大都位于中子满壳层线的右边。这里, 中子壳效应对 (β^-n) 衰变是有利的 (见图1)。当然, 质子满壳的影响也参与衰变。在某些情况下, 质子壳效应和中子壳效应互相合作, 对 (β^-n) 衰变产生有利的影响 (例如 ^{210}Tl) 或产生不利的影响 (例如 ^6He 和 ^{11}Li), 而在另外一些情况下, 质子壳效应和中子壳效应则相互抵消, 这取

决于中子先驱核在核素图上所处的位置。在 $N=28$ 附近, 尚未出现中子先驱核, 原因就在于此。预计最可能出现的中子先驱核是 ^{61}K , 但目前尚未看到有文献发表。

3, 对称能和库仑能的竞争

原子核 $A(N, Z)$ 的 (β^-n) 衰变产生的子核是 $(A-1)(N-2, Z+1)$, 这样, $D=N-Z$ 减少了3, 而 Z 增加了1。因此, 电荷对称相互作用强烈地有利于轻核甚至中重核的 (β^-n) 衰变, 而库仑相互作用对很重核素的 (β^-n) 衰变是不利的, 这些相互作用的竞争很明显地表现在 ^{210}Tl 上, 它是在 $N=126$ 附近的“岛”上

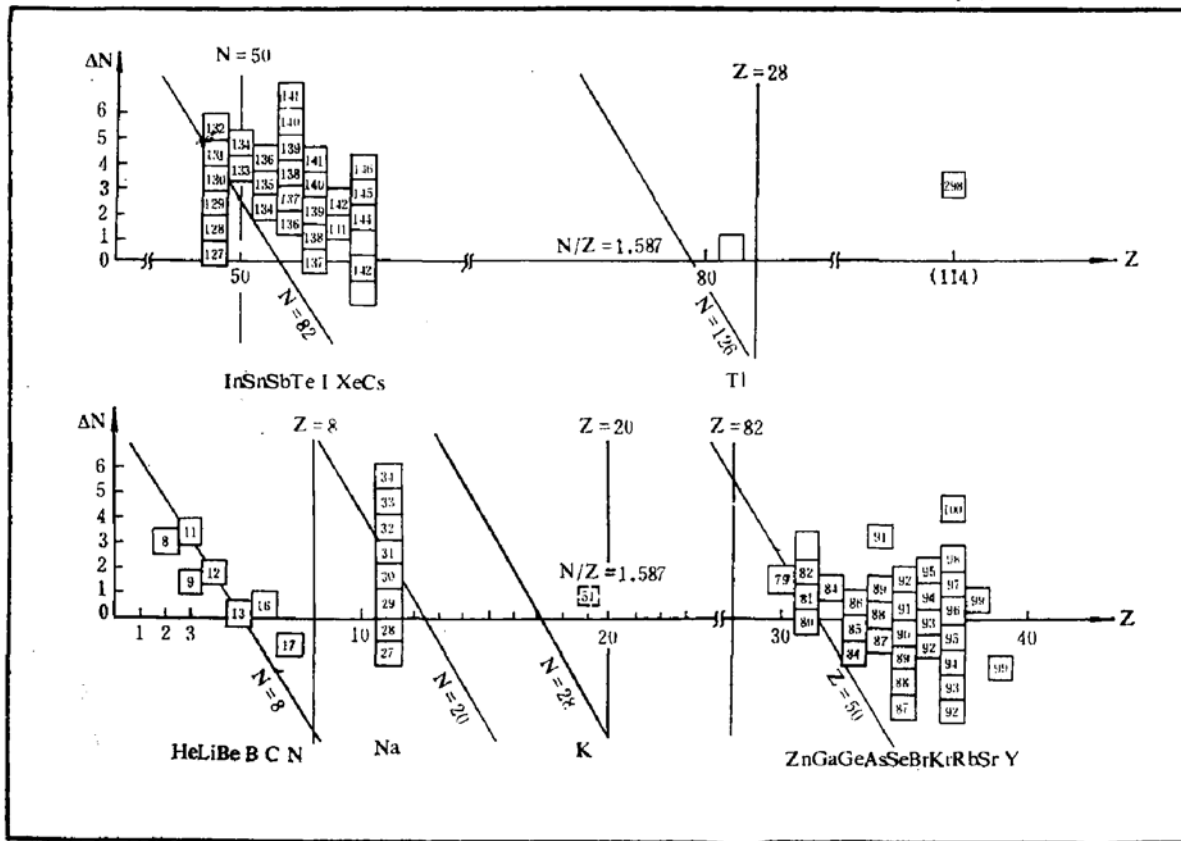


图1 β 延迟中子发射体岛

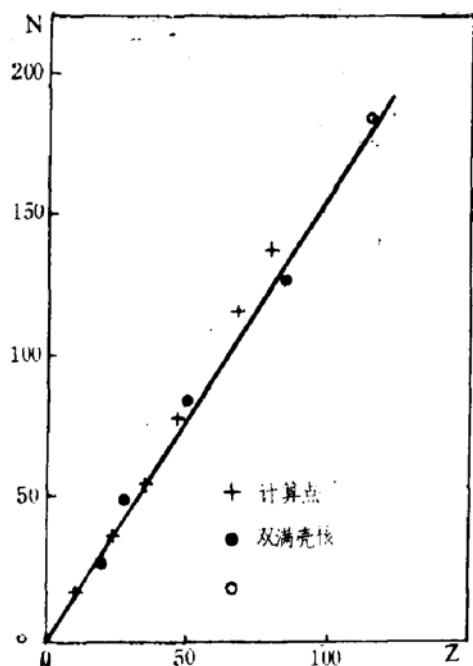


图2 中子先驱核的N和Z的理论计算值与 $N/Z = 1.587$ 线的比较

目前发现的唯一的一个中子先驱核，比Pb更重的中子先驱核还没有发现过。

4, 质子的奇偶效应

对力对奇Z核的(β^-n)衰变是有利的。这一点也在图1上通过奇Z和偶Z元素的先驱核数目交替起伏和“岛”延伸到中子满壳线的左边，如Na, Ga和In的中子先驱核素明显地表现出来。

要定量地说明上面所描述的 β 延迟中子先驱核沿 $N/Z = 1.587$ 线(中子先驱线)分布的图象，还有许多实验的和理论的研究工作要做。我想在此提及的一点是，沿着这一条不稳定的线，核力的竞争和相互作用变得非常尖锐和临界。因此，通过这些核素的研究，我们可以以很高的精度来检验现有的关于基态和低激发态的核结构理论的正确性，它不仅最终说明丰中子核素性质的研究，也有利于缺中子核素性质的研究。

人物

瑞典皇家科学院10月17日宣布：1984年诺贝尔物理学奖授予现在欧洲核子研究中心工作的瑞士科学家卡洛·鲁比亚教授和西蒙·范德美尔博士，以表彰他们在发现传递弱作用的W和Z粒子中的重大贡献。

※ ※ ※

著名理论物理学家，量子力学建立者之一，保罗·狄拉克已于1984年10月20日逝世，终年82岁。他曾在1933年与薛定谔一起获得诺贝尔物理学奖。

(持平摘译自CERN Courier, 1984年12月号)

书刊简介

《Physics today》1984年第8期上刊登了“首次年度采购指南”，分三部分：

1. 供应厂商栏中刊出全世界供应物理研究用商品的1600多家制造厂和批发商的目录。
2. 出版商栏中刊出美国有关物理学书刊出版商社目录。
3. 产品栏中刊出约1000种物理研究用设备、材料的综合商品目录。每种商品名目下列出供应厂商名。目录均按词典排列法。“指南”中附述怎样利用指南查找产品和供应厂商的方法。

(持平)