

原子能知識小丛书

上海市科学技术协会主编

72.31
8718
1734

原子鍋爐

—各种反应堆—

上海科学技术出版社

原 子 鍋 炉

—各种反应堆—

鄭一善等編写

上海科学技术出版社出版

(上海南京西路2004号)

上海市书刊出版业营业许可证出093号

大众文化印刷厂印刷 新华书店上海发行所总經售

开本 787 × 1092 耗 1/42 印张 17/21 字数 16,000

1959年1月第1版 1959年3月第2次印刷

印数 10,001—21,000

統一書号: T. 13119 · 247

定 价: (七) 0.07 元

目 录

一、从原子的结构谈起.....	1
二、什么叫做原子能.....	6
三、怎样解放原子能.....	9
四、什么叫做链式反应.....	13
五、怎样使链式反应继续下去.....	15
六、原子反应堆有哪些类型?	20
1.用石墨作减速剂的反应堆	21
2.用普通水作减速剂的反应堆	23
3.用重水作减速剂的反应堆	25
4.均匀反应堆	26
5.快速分裂反应堆	29
七、反应堆的主要用途.....	31

在社会主义建設全面大跃进中，我国第一座实验性重水型原子反应堆已經正式运转；此外，迴旋加速器和高压静电加速器也已建造完成。它們的建成，标志着我国已經开始跨进了原子能的时代。本文简单地介绍原子反应堆的原理、结构和类型，以及它的主要用途。

一、从原子的结构谈起

世界上所有的物质都可以用化学方法把它们分解成为90多种基本物质，这些基本物质就称为元素。现在我们用人工的方法又陆续地发现了10多种新的元素，所以元素共有102种。

組成元素的最小单位是原子。在19世纪60年代以前，大家还认为原子是物质的最小单位。但是，近五、六十年来通过科学家们的研究，知道原子是由位在原子中心的原子核和许多围绕它旋转的电子所組成（图1,2）。原子内部很空虚，好象是一个小的太阳系，原子核好比是太阳，电子好比是行星（图3）。

原子核带正电，电子带负电。原子核所带的电

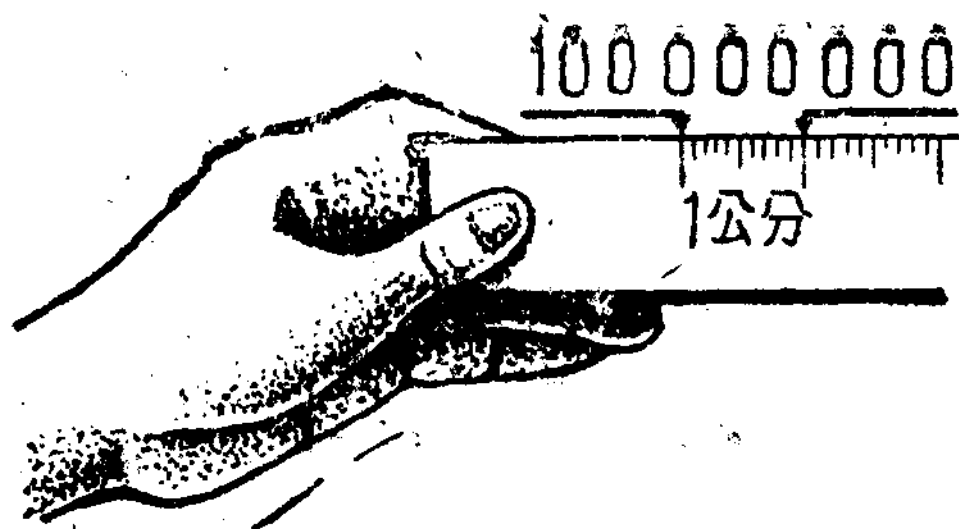


图1 原子很小，1公分可以排列1亿个原子。

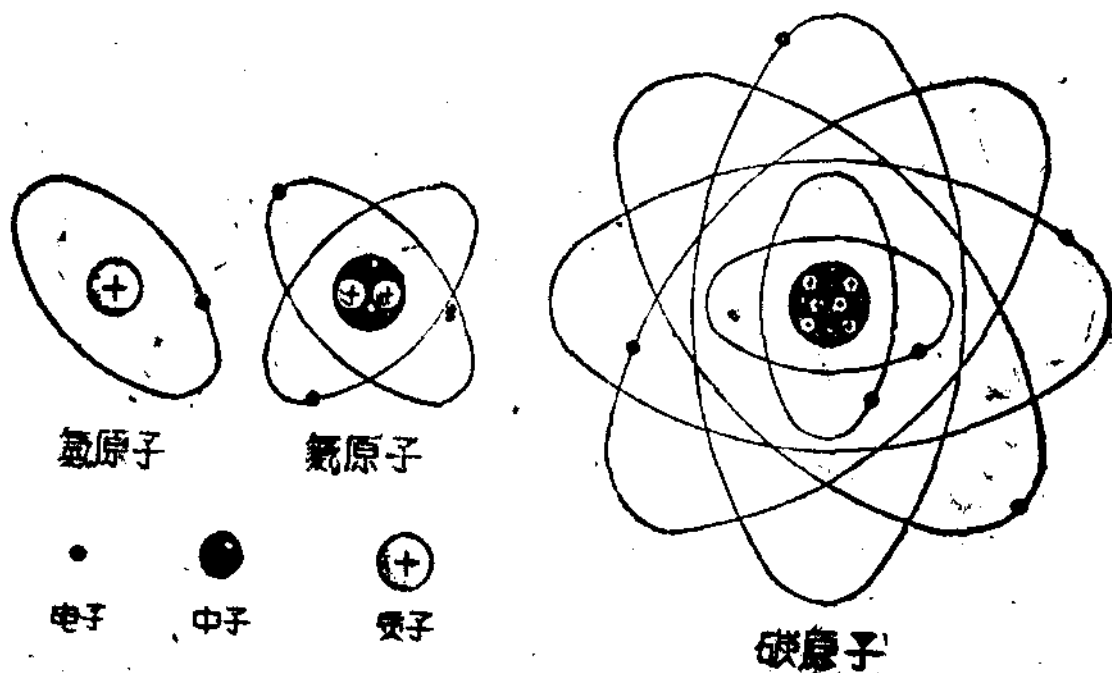


图2 原子的结构。

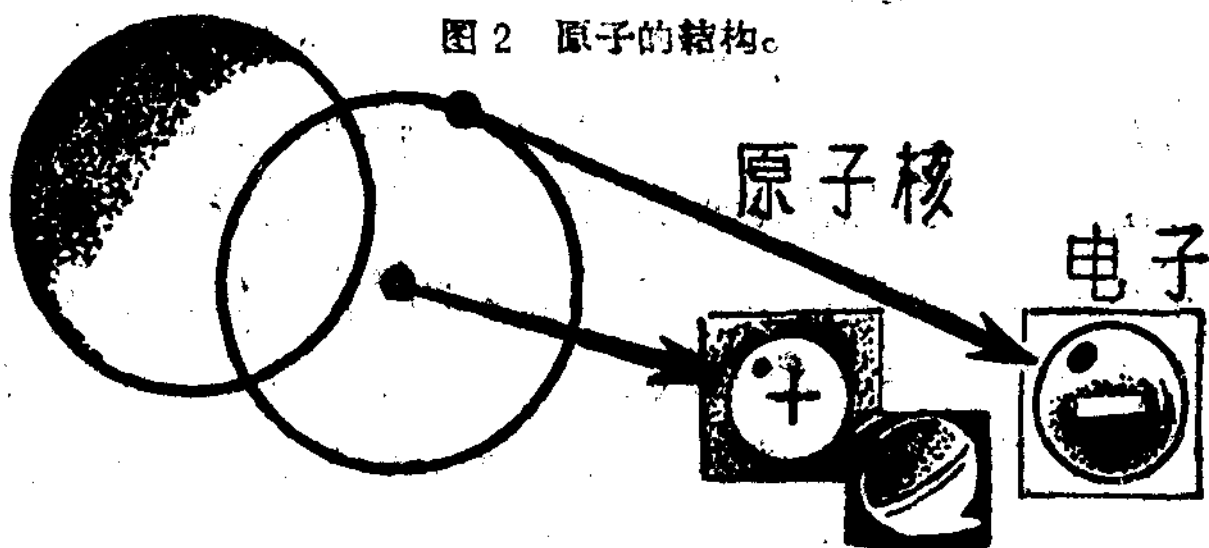


图3 原子核内很空虚，原子核比整个原子小得多，假使原子核象太阳，电子就好比是行星。

量恰好与许多核外电子所带电量的总和相等，因而从整个原子看来是中性的。原子的质量几乎全部集中在原子核里(图4)。

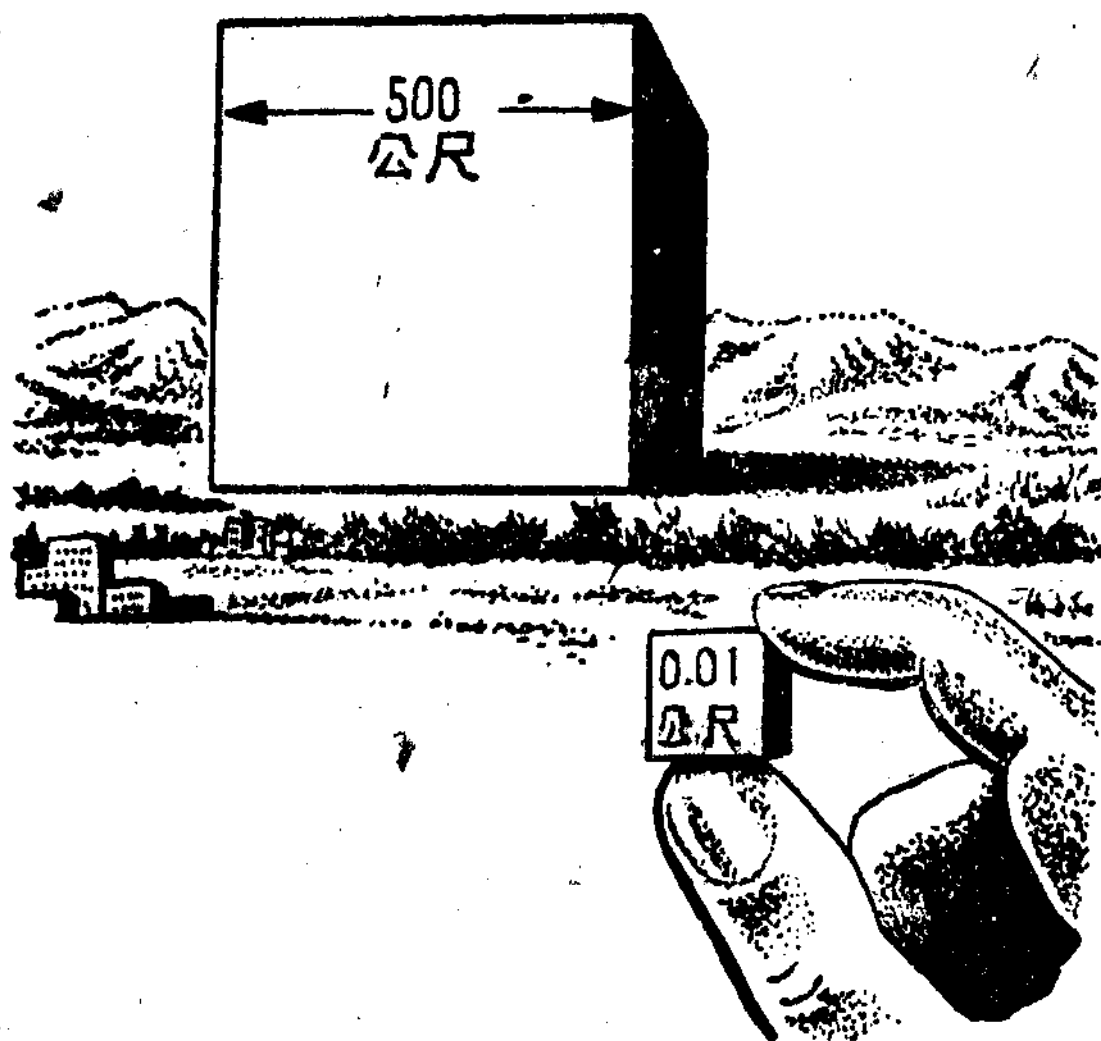


图4 原子核的密度比水的密度大116万亿倍，同样重量的水与同样重量的原子核体积的比较，假定水的每边长500公尺，原子核每边只长1公分左右。

原子核也还是一个很复杂的结构，它由中子和质子结合而成(图5)。质子就是氢原子的原子核，它比电子约重1,840倍(图6)，它带有与电子电荷相等而符号相反的正电荷。中子不带电，它的质量和质子差不多，但要稍大一些。质子与中子又统称为

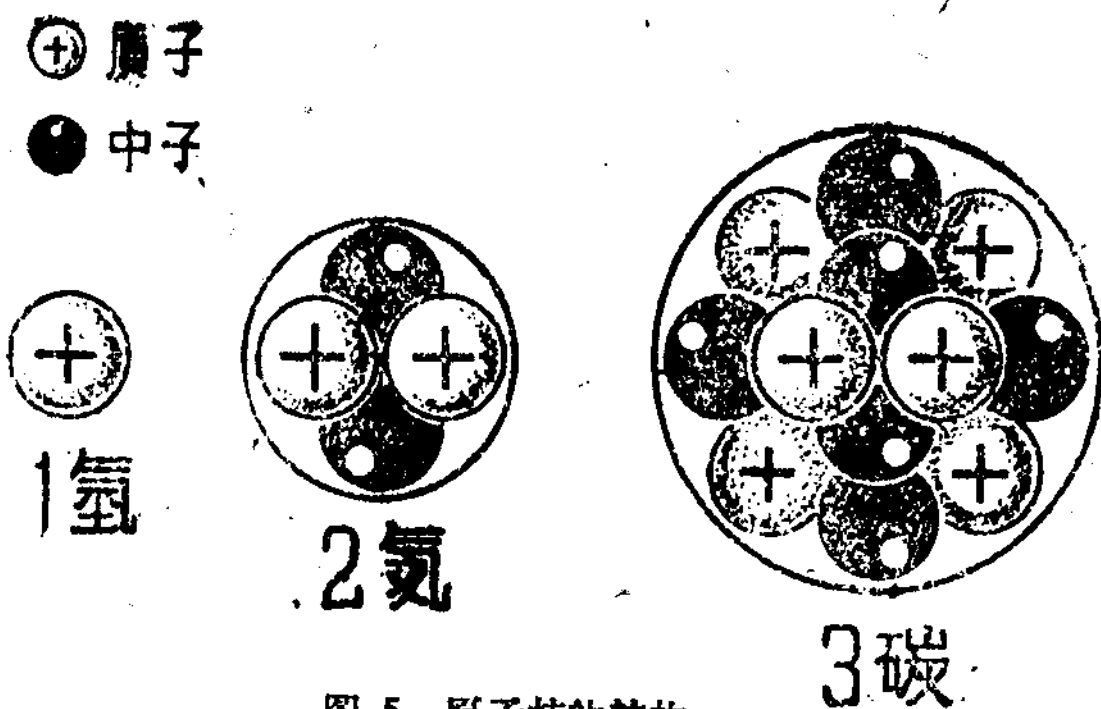


图 5 原子核的结构。

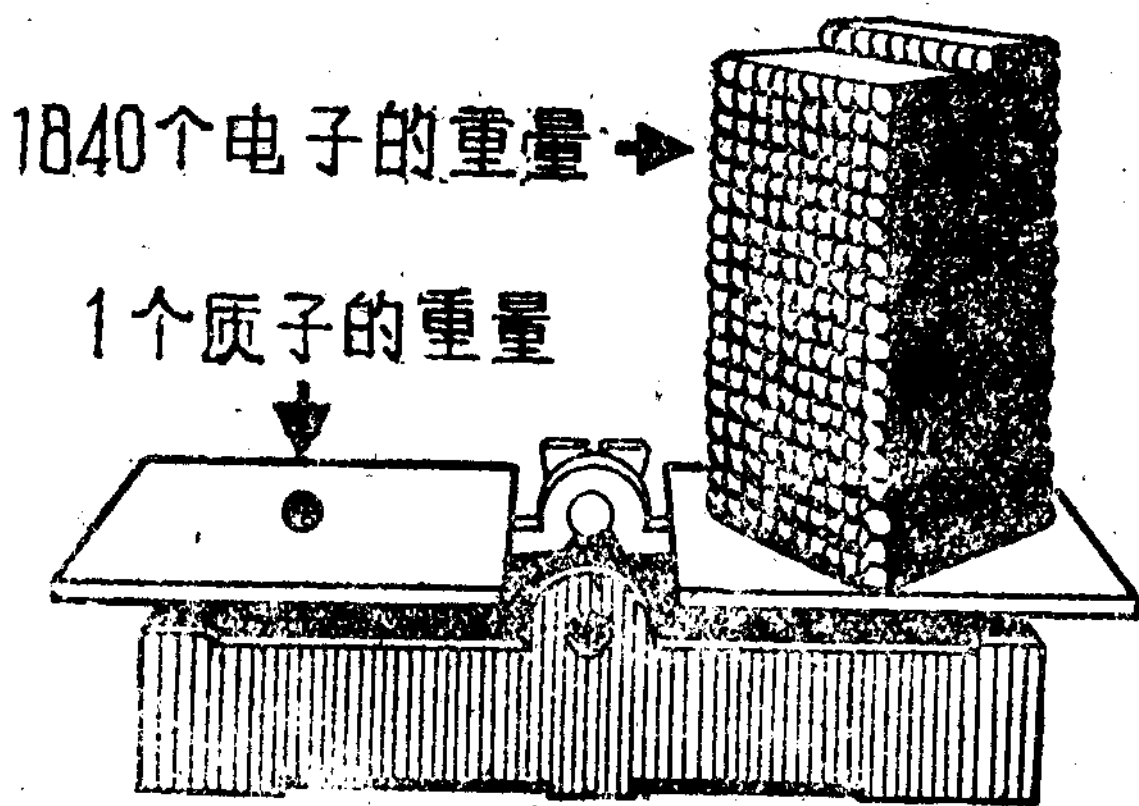


图 6 原子的质量约比电子重1840倍。

核子。例如普通的铀238的原子，有92个核外电子，它的核由92个质子和146个中子所构成。各种元素的化学和物理性质全部由原子核外电子的数目来决定。有些原子的化学和物理性质几乎完全相同，但

它們的質量不同，這是因為它們核中的質子和電子的數目相同，而其中中子數目有所不同的緣故。我們把這種重量不同的元素稱為同位素。例如氫原子除常見的以外，還有重氫（也稱為氘）和超重氫（也稱為氚）兩種。鈾原子除常見的鈾 238 以外還有鈾 235 和鈾 234 兩種。這就是說，氫和鈾都有三種同位素。現在宇宙間所發現的穩定的同位素有 300 多種，不穩定的大約有 1,000 多種。

二、什么叫做原子能

我們知道，煤的燃燒主要是其中的碳原子和空气里的两个氧原子結合成为二氧化碳的分子，同时放出一定的能量，这种原子的結合和分离叫做化学变化，放出的能量叫做化学能。在这个变化里，碳和氧的核外电子的位置和运动都起了变化，这样，我們就取得了能量(图7)。显然，我們会进一步地

碳 + 氧 \rightarrow 二氧化碳 + 能 (燃烧)

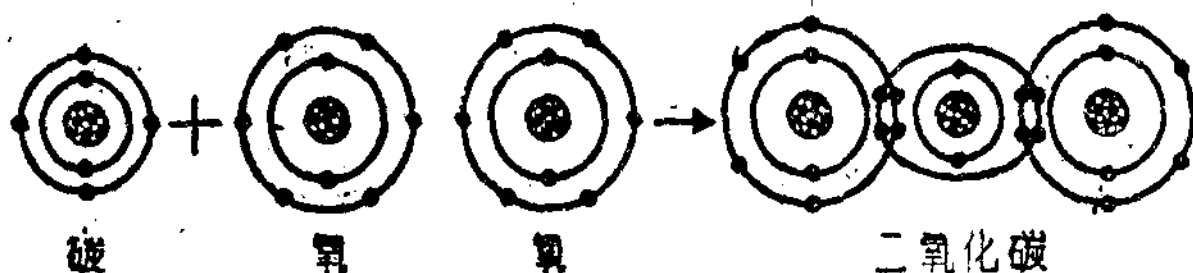


图7 原子的化学能。

問，如果設法使原子核也发生分离或結合的变化，是不是也可以使我們获得能量呢？这个問題的答案，現在大家知道是肯定的。我們就把由于原子核发生变化而放出来的能量称为“原子能”。或者更确切地称为“原子核能”。

原子核內蘊藏的能量究竟有多大，这是我們再

进一步所要問的問題。近代物理学的研究告訴我們：能量是物質的一種形态，物体的質量愈大，它所蘊藏的能量和可能利用的能量也就愈大。既然原子的質量几乎全部集中在原子核里，那么如果我們不和原子中的电子打交道而和其中的原子核打交道，就必然会获得更大的能量。例如，我們現在知道1市斤鈾就可以供給一列火車从海參崴开到莫斯科（图8）。2市斤的鈾因原子核分裂而放出的能量，几乎相当于2,500吨煤燃燒时候所发出的能量。因而我們知道利用原子核发生变化（原子核反应）时所取得的能量，要比用化学变化（化学反应）得到的大上百万倍或者千万倍（图9）。

現在我們知道，質量与能量可以相互轉化。这是爱因斯坦相对論的一个重要的貢獻。虽然我們所

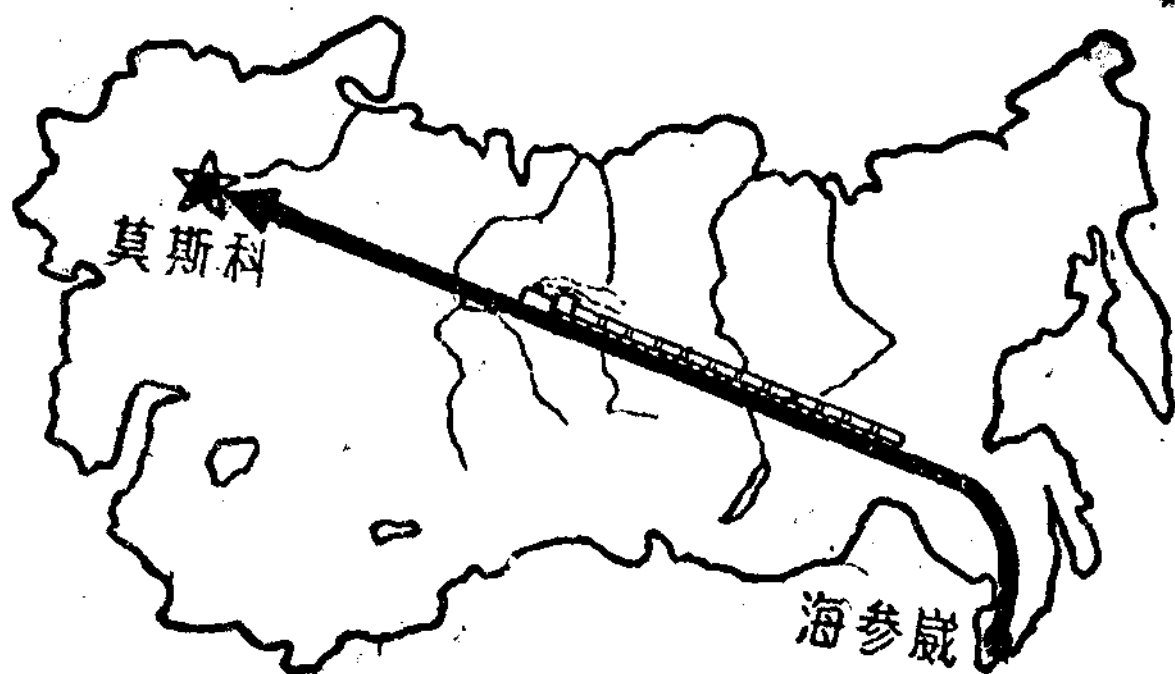


图8 1市斤鈾可供一列火車从海參崴开到莫斯科。

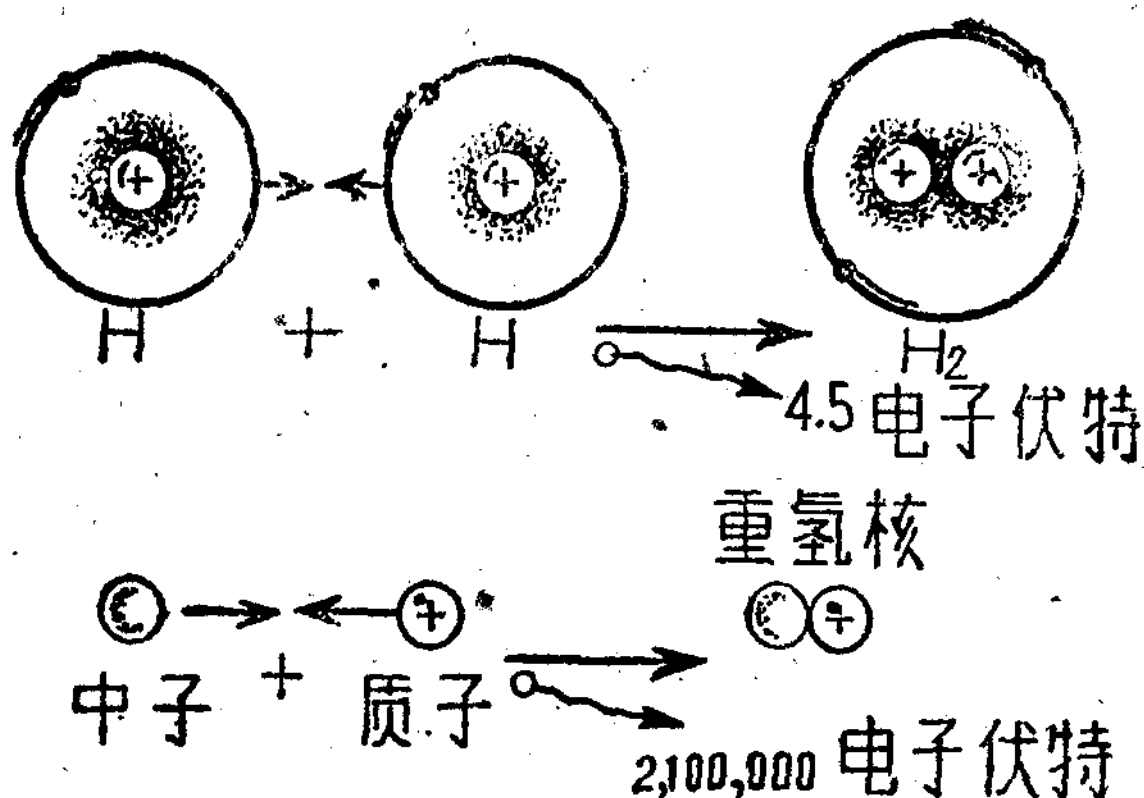


图9 两个氢原子结合为氢分子发生的能量，等于4.5 电子伏特，中子与质子结合成重氢原子核时发生的能量，等于2,100,000电子伏特。

能取得的原子能是这样的大，但这不等于说原子核里的核子已全部转化为能量，而所转化的只是其中核子质量的一小部分罢了。

但是，前面我们说过，原子核是这样的微小，质子和中子又是紧密地结合在一起，究竟用什么方法才能使原子核发生变化从而使它放出大量的能量来呢？

三、怎样解放原子能

19世纪末叶，科学家们发现了放射现象和放射性元素，证明有三种不同的射线会从铀或钍的化合物等一类的放射性物质里自动地发射出来。这三种射线分别称为甲种、乙种和丙种射线(图10)。后来

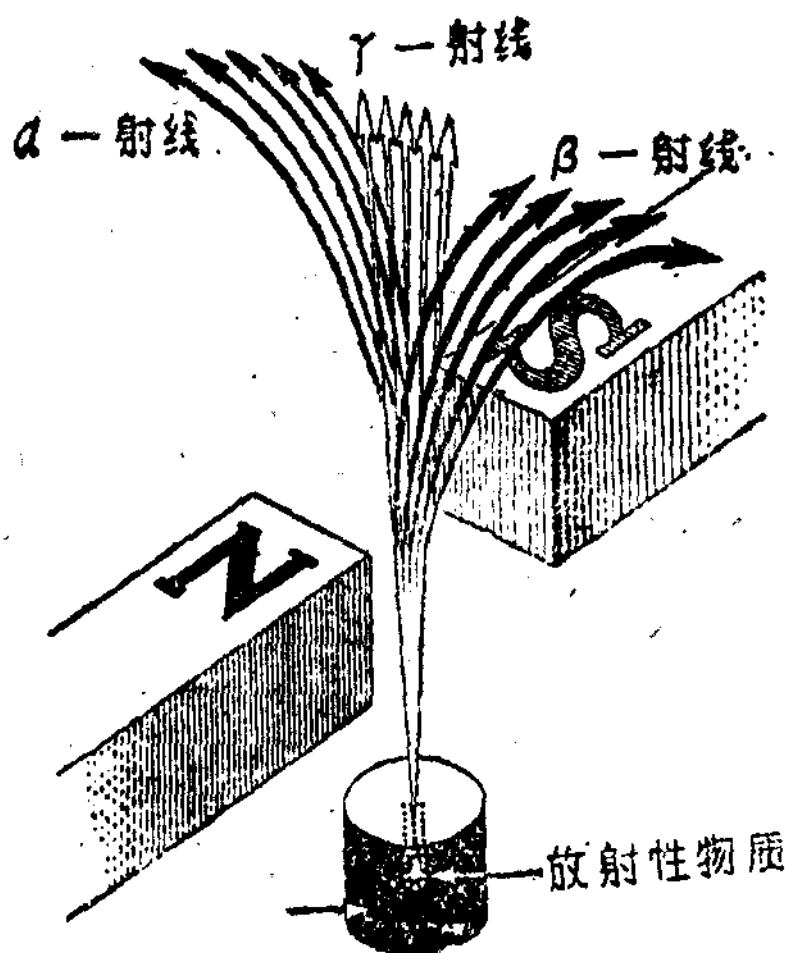


图10 放射性物质放出来的射线，在强有力的磁极之间，被分裂成为向左、向前和向右的三种射线，这就是 α 射线(又叫甲种射线)、 β 射线(又叫乙种射线)和 γ 射线(又叫丙种射线)。

知道甲种射线（又叫 α 射线）是由高速度的氦原子核所组成，乙种射线（又叫 β 射线）是由速度很大的电子所组成，而丙种射线（又叫 γ 射线）就是一种贯穿本领比X射线还强的电磁波。另外还知道这三种射线都是从原子核里发射出来的，因而知道原子核的内部也会发生变化，并且他们还希望把这种自然放射过程中所放出的能量来加以利用。可是这种自然蜕变进行得非常缓慢，放出功率很小，没有实用价值。

到了1919年，英国科学家卢瑟福在把镭所放出的氦核（就是甲种射线）打击氮的原子核时，发现氮核能把氦核吸收进去，并立即放出速度很大的质子，而氮核也就转变成为氧的原子核。这个发现使人们开始知道原子核是可以人工方法使它发生变化的。随后，科学家们就用氦核以及在粒子加速器中所产生的各种高速的较轻的原子核（包括质子在內）去打击其他的各种原子核。他们希望从这样的核反应中取得原子能。

1930年，当科学家们在用高速的氦核打击铍的原子核时发现了中子。中子的质量与质子的质量差不多，但不带电荷，因而它可以打进任何带正电的原子核。由于中子的发现，科学家们就得到了一种效率更高的打击原子核的子弹。

1934年，法国科学家约里奥·居里夫妇又进一

步发现，当用氦核打击铝原子核时，不但有中子放出，而且铝还变成了磷的一种带有放射性的同位素。这个现象称为人工放射现象。这种现象的发现，使我们对新形成的带有放射性的原子核进行研究时带来了便利，因为我们很容易用仪器来找到它。这样才积累起许多有关原子核方面的知识。

尤其重要的是，每一种元素，在受中子打击后大多变成了一种放射性同位素。在1938年底，又发现了另一种变化，就是当中子打击铀235原子以后，铀并不形成放射性同位素，而分裂成两个大小差不多的碎块，同时放出大量能量(图11)。并且新

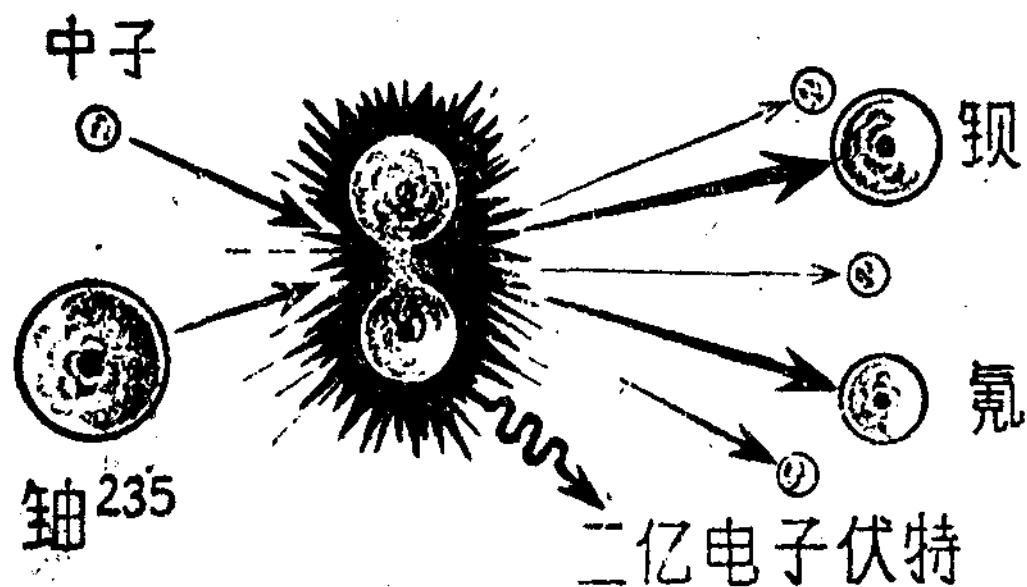


图11 铀235受中子撞击后分裂成两碎片(产生两新元素) 放出二、三个中子，同时放出巨大能量。

形成的碎块都是放射性同位素，碎块的大小也不一律，因而新形成的同位素也不止两种。这种现象叫做原子核分裂，或简称为裂变。

紧接着又发现，当铀235分裂时还有两、三个

速度很大的中子随同一起发射出来。这桩事情使科学家们很快地感觉到，已找到了解放原子能的钥匙。

四、什么叫做鏈式反应

显然，如果一个中子打进了鈾 235 使它分裂，随后，几乎是同时又放出了两、三个中子，那末由于这两、三个中子有可能继续引起其他鈾 235 的分裂，也就有可能产生更多的中子，从而引起更多的鈾原子核的分裂。如果这种过程能继续进行下去，那么就可以使大量的鈾 235 在很短的时期里连续分裂，从而放出大量的能量。我们现在称这种不断分裂的核反应过程叫做鏈式反应(图12)。当我们发现

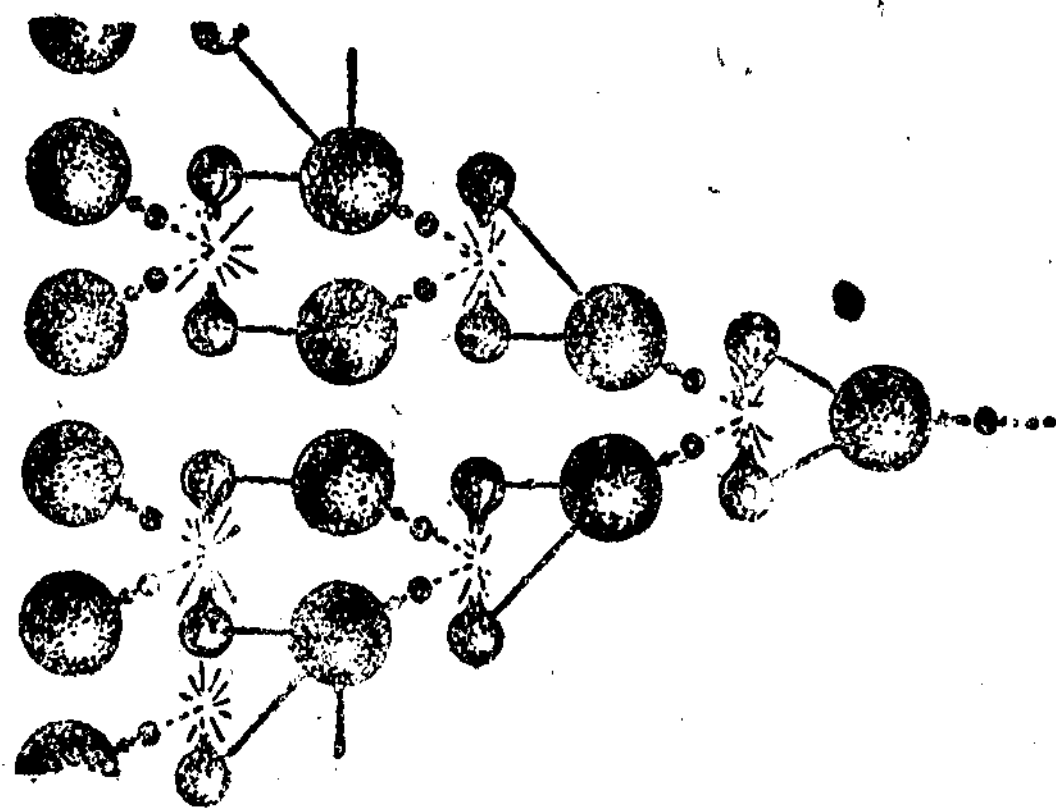


图12 鏈式反应。

了并且能够控制了这种鏈式反应，原子能的利用就成了可能的事。

裂变鏈式反应有两种：一种是可以控制的反应，在这个反应里，中子的数目到了一定的程度以后，就保持不变，反应堆就是这样的一个例子。另外一种爆炸性的反应，在这个反应里，中子的数目一任其无限制地增加，原子彈就屬於这样的例子。