

# 纪念核裂变现象发现五十周年<sup>1)</sup>

钱 三 强

(中国科学院)

核裂变是自然科学史上一件重大事件。核裂变导致原子核能的应用,使人类掌握了新的重要能源;同时由于超级大国争霸世界的意图,使第二次世界大战后四十余年全世界人民经常处于核战争的威胁中。因此,核裂变不但是科学史上的重要事件,同时也是对保卫世界和平有重大意义的事件。

现在我们来回顾一下裂变发现前后的历史。

第一次世界大战结束后,英国卢瑟福和他的同事们用镭和它的子体放出的最快的 $\alpha$ 射线去打击较轻的元素氮,发现氮能变成氧,放出质子,成功地打开了人工改造原子核的大门。这个现象叫做原子核的“人工嬗变”,是1919年发现的。

从1930—1932年,经过曲折的过程:先是德国的波特和贝克尔用 $\alpha$ 射线打击轻元素铍,可以产生穿透力极强的 $\gamma$ 射线,比已知的最强的 $\gamma$ 线都要强。1931年,法国的约里奥-居里夫妇证明这种射线能够把含氢物质中的氢原子核撞出。1932年,英国的恰德维克发现这种射线是由质量与质子差不多但不带电的中性粒子所组成,他把它们叫做“中子”。

1934年,约里奥-居里夫妇发现了“人工放射”现象。

中子提供了改变原子核的新的有力武器,人工放射提供了察觉原子核改变的灵敏手段,这样就使以后的短短几年中,能以较快的速度有系统地研究各种元素受到中子打击后所引起的变化。

1934年,意大利理论物理学家费米和几个从事实验物理和化学研究工作的同事们一同进

行了用中子打击原子核的系统的科学实验,1935年初公布了全部实验结果。从理论上考虑,中子与原子核之间没有静电排斥力,慢一点的中子进到原子核中后,与核内的粒子碰撞次数多,因而改变原子核的可能性也应该大些。实验证明,这种理论、预测是符合实际的。理论物理工作者与实验物理工作者有意识的、集体的合作,量一次很有效果的实践。自此以后,这类合作的事例越来越多了。

费米及其合作者用慢中子对从轻到重的几十种实验室里找得到的元素(包括最重的元素钍和铀)都进行了实验,证明每一种元素被慢中子打击后都改变了原子核性质,变成有放射性的核。他们找到一个普遍规律,即:每种元素若只有一种同位素,则只能找到一种放射性的核;若有两种同位素,则可找到两种放射性的核;放射性核的种类是由同位素的数目决定的。它的解释是:中子碰到原子核(A)后,即被它捕获,变成了另一个原子核(B)。原子核(B)不稳定,核中的一个中子变成了质子,放出一个电子,这个电子被人们探测出来了,结果生成新原子核(C)。新的原子核(C)的质量基本上与原子核(B)一样,核中的带电量增加了一个单位(即原子序数提高了一位)。在这普遍规律中找到了两个例外:重元素钍只有一种同位素(232),铀只有两种同位素(235和238,同位素234太少了,可以不计),但是实验结果表明从钍中找到一种以上的放射性物质,从铀中找到两种以上的放射性物质。

<sup>1)</sup> 本文是作者于1988年11月25日在中国核学会举行的“核裂变现象发现五十周年纪念大会”上所作的报告。

这些结果引起德国的哈恩等人和法国的伊莱娜·居里(即约里奥-居里夫人)等人的注意。他们都是有经验的放射化学家,开始他们思想上都受了费米的影响,希望得到比原来元素重的并且原子核带电量更多的元素。在铀的情况下,就是希望得到“超铀元素”——自然界不存在比铀更重的,在元素周期表中比第92号元素位置更高的新元素。这两个组在1935—1938年间做了很多细致而复杂的研究工作。1938年7月伊莱娜·居里和南斯拉夫的萨维奇合作找到中子打击铀或钍能产生一种化学性质类似于“镭”(第87号元素)的放射性物质,它放出 $\beta$ 射线(电子),半衰期为3.5h。如何解释,他们考虑尚不成熟。哈恩和他的同事斯特拉斯曼在同年9月看到法国的科学报告后,感到与他们想法有矛盾,立刻动手进行进一步研究,经过系统的严格的化学工作,证明他们用中子打击铀后产生的类似镭的同位素,实际上就是“钡”(第56号元素),并且证明居里与萨维奇的工作是正确的。1938年底他们宣布:“作为化学家,我们应该说这些新元素是钡、镭而不是镭、钡等。但是作为与原子核物理有密切联系的核化学家,我们还不能迈出这违反了原子核物理的已知规律的一步。”

哈恩在公布科学报告前,把这结果写信告诉在瑞典政治避难的他的长期合作者实验物理学家梅特纳(她因是犹太族,被希特勒驱逐出德国)。她与在丹麦玻尔研究所工作的外甥弗里士一起讨论了哈恩得到的结果,很快就利用玻尔的核液滴模型,从物理概念上为这一新现象给出了清晰合理的解释:铀、钍核受中子打击后,分裂为大小差不多的两个碎片,分裂方式不完全一样,产生了多种放射性原子核,钡、镭等就是其中的一部分。梅特纳等借用生物学中的细胞分裂的概念,把这种核现象称之为“裂变”,1939年1月初他们发表了科学报告。铀裂变的一种方式与钍裂变的另一种方式,可以产生同样的碎片,从而顺理成章地解释了居里等用中子打击钍与铀得到同一的镭的同位素。

裂变现象发表后,世界上十个以上实验室

很快就用不同的物理方法证明铀受中子打击后,确实是分为两个向相反方向飞开的核,并且与理论的估计很接近,放出的能量,比已知原子核嬗变放出的能量大几十倍。1939年1月,约里奥发表了用可变压力云雾室拍摄到一个裂变碎片的痕迹,它比 $\alpha$ 射线游离度强得多,痕迹也粗得多,尾端还有核碰撞的痕迹。这是一张证实铀核裂变的直观照片。

在研究铀受中子打击时,原来费米等人期望得到超铀元素,但经过曲折复杂的过程,发现了裂变现象。那么是不是就没有超铀元素了呢?实际上中子打击铀主要是产生了裂变,但也产生了超铀元素,不过后者在大量裂变产物的放射性中不容易觉察罢了。1940年,美国的麦克米伦等用中子打击很薄的氧化铀层,发生裂变的铀核的碎片都向两面飞走了,但是最后氧化铀层上还带有放射性。进一步研究表明,它是由下面方式产生的:铀(238)被中子打击后,先形成一种新的铀同位素铀(239),它以半衰期为23min的方式衰变,放出 $\beta$ 射线,自己变成一个新的第93号元素,叫做“镎”,这是第一次发现的真正的“超铀元素”。镎(239)本身又不稳定,会再放出 $\beta$ 射线,半衰期是2.3d,变成了另一种新的第94号元素,叫做“钚”。钚(239)具有相对稳定性,它放出 $\alpha$ 射线,半衰期很长,有24,000a。钚(239)是在1941年被美国的西博格等发现的。后来的实验证明钚(239)若是受到中子打击,它也可以产生裂变现象,也会放出很大的能量。

裂变的发现给人们提供了放出巨大能量的可能性。超铀元素的发现,自然界中不存在的元素的产生,特别是其中的具有相对稳定性的钚的产生,为人们提供了新的重要的可裂变的物质。但如何把释放巨大能量的可能性变成现实,还需要探索。

根据当时人们掌握的原子核的知识,可以把一个重原子核比作一个水珠,铀核的裂变可以比作大水珠分裂为两个小水珠。水珠分裂时可能溅出几个小水点来,原子核裂变时溅出的东西应该是原来就存在于原子核里面的东西。

那就是中子与质子。在这样一种比喻下，约里奥等人和在美的费米等人在前后十天左右的时间内用不同方式去探测铀裂变时是否能放出中子。结果证明确实能放出中子，每次裂变放出中子的数目平均是两个到三个。这个重要发现使人们看到：解放原子核能的钥匙即将找到。这是1939年春天的事情。

我们只要想一下，就很容易明白。一个中子打进铀，使它分裂，又能放出两三个中子来，并使这两三个中子再继续引起其它铀核发生裂变。若这种过程能连续下去，放出巨大能量将成为可能。

在这个时候，科学实验又告诉人们，铀的两个同位素(235和238)中，铀(235)受到具有任何能量的中子的打击都能产生裂变；而铀(238)必须受到快中子的打击才能产生裂变，受到慢中子的打击不产生裂变。在这实验基础上，约里奥等人 and 费米等人用不同的方式设计实验装置，最后得到同一结论，即：中子通过重水(约里奥等设计的实验)或石墨(费米等设计的实验)减低速度以后，让它去打击铀(235)，放出两个到三个中子。这些初生的中子速度很快，经过重水或石墨，使它慢下来，再使它有机会去打击铀(235)。宏观的实验结果告诉人们，原来对实验装置射进一个中子，最后在铀和重水(或铀和石墨)作成装置外面可以测得略微多于一个中子。这就是说中子在这装置中产生了“链式反应”(即不断分裂铀的过程)。铀原子核的链式反应的发现，为使用原子(核)能奠定了科学基础。1940年夏季以后，在欧洲因第二次世界大战的战火蔓延，核科学研究已无法进行，玻尔、费米等大批欧洲核科学家先后迁移到美国和加拿大。1942年，在美国芝加哥大学运动场上搭起临时厂房，在费米的领导下，在美国实现了第一座实验性的“石墨-铀反应堆”，使人类进

(上接第379页)

一个隆重的纪念盛会的忠实记录。

当然，由于我国“牛顿学”的研究还处于刚刚起步的阶段，所选的论文的质量还不能说都是高的。另外，这次大会收到的论文共六十多

人使用原子能的时代。

我国解放前科学技术十分落后。新中国成立后，党中央对科学事业非常关怀。特别在周恩来同志、聂荣臻同志等直接领导下，团结广大知识分子，培养大批青年业务骨干，掌握国外科学技术；1960年以后，完全立足于国内，贯彻全国大协作的精神，理论联系实际，创造性地突破科学技术难关，于1964年和1967年实现了原子弹和氢弹的爆炸，1971年核潜艇下水，从而增强了我国核防御力量，提高了我国的国际地位。现在我们已有比较齐全的核工业和核科学技术研究院、研究所。遵照最近中央关于改革开放，保军转民的精神，我们要积极开展核电站和核安全工作，大力推广放射性同位素和加速器技术在农、工、医、理、考古等方面的应用，增加经济效益和社会效益。同时根据过去的成功经验，适应国防建设的需要和原子核科学技术进一步的发展，继续培养精干的优秀青年干部，大力提倡和发扬“献身、创新、求实、协作”的科学精神，以达到民富国强，建设有中国特色的社会主义。

1988年10月24日党和国家领导人参观中国科学院高能物理研究所北京正负电子对撞机实验室时，邓小平同志说：“世界上许多国家都在制订实施高科技发展计划，下个世纪将是高科技的世纪。任何时候，中国都必需发展自己的高科技，在世界高科技领域占有一席之地。高科技的发展和成就，反映了一个国家和民族的能力，也是国家兴旺发达的标志。现代世界的发展，特别是高科技领域的发展，一日千里，中国不能不参与。我们不仅要搞加速器，还要参与其它高科技领域的发展。”这段高瞻远瞩鼓舞人心的讲话，指出了我们应该努力的方向，希望有志青年奋勇前进，作好准备，参加下个世纪高科技方面的竞争，为祖国作出贡献！

篇，该书所选人的仅有三十余篇，这就会涉及到编选标准问题。不能说每篇论文的编选和一些论文的摘要都是合适的。不过，瑕不掩玉，该书仍不失为奉献给科学史工作者、哲学史工作者和大、中学校理科师生的一本有价值的读物。