

物理学史中的四月



1932年4月14日:考克饶夫和
瓦尔顿分裂原子核
(译自 *APS News*, 2019年4月)

萧如珀¹ 杨信男² 译

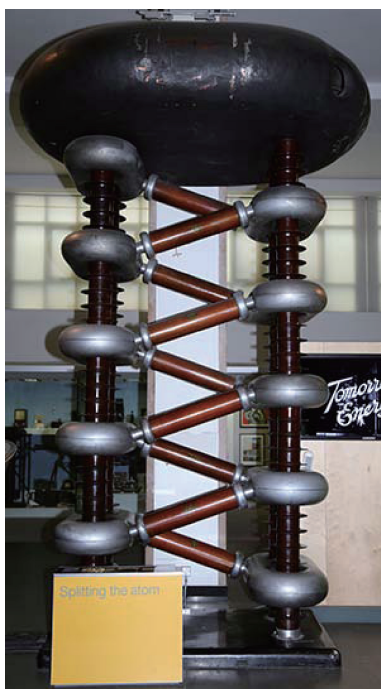
(1. 自由业; 2. 台湾大学物理系 10617)

英国女小说家温特森(Jeanette Winterson)在她1997年的小说《大统一理论的对称》(*Gut Symmetries, Symmetries of Grand Unified Theories*)中说道:“在日本长崎和广岛原子弹的恐怖中隐藏着爱因斯坦 $E=mc^2$ 的美丽。”此方程式的确是热核武器和核能的基本原则,它最先是一位英国物理学家考克饶夫(John Cockcroft)和爱尔兰物理学家瓦尔顿(Ernest Walton)分别将原子核分裂,证实了爱因斯坦的理论。

考克饶夫出生于1897年,第一次世界大战期间服役于西方战线。之后,他先攻读电机工程,后来获得剑桥大学奖学金,最终到卢瑟福(Ernest Rutherford)卡文迪什实验室(Cavendish Laboratory)当研究生。

考克饶夫于1925年获得博士学位。瓦尔顿于1903年出生在一个爱尔兰卫理教会牧师家庭,获得都柏林三一学院的奖学金,攻读数学和科学。他完成学业后,也到卡文迪什实验室研究,于1931年完成博士学业。瓦尔顿继续当了3年的研究员,和考克饶夫合作实验,研究原子的结构。

卢瑟福于1919年成功地以 α 粒子撞击氮原子,辛苦地得到原子核结构的一些重要线索,但仍需要更强力的撞击粒子射束,才能得到更进一步深入的理解。1928年,在哥本哈根工作的乌克兰理论学家



考克饶夫-瓦尔顿高压发生器(图片来源:
National Science Museum, London)

伽莫夫(George Gamow)到卡文迪什实验室访问,考克饶夫跟他讨论后,确认要以质子打进如硼或锂这类轻核的内部,所需的能量可能最高不过300千电子伏特(kilo-electron-volt, keV),便向卢瑟福提了一个简要的计划书,马上获得卢瑟福的同意,并请当时正在研发早期线性式和回旋式加速器的瓦尔顿加入计划。两人很快地在1930年建造出一个可以加压至280千伏(kV)的线性加速器,1932年更提高到500 kV,便开始以之撞击锂,结果马上发现只需125 keV的质子,即可自锂核中撞出 α 粒子^①。

1932年4月14日,瓦尔顿在撞击锂靶后,注意到明确的 α 粒子信号,显示锂分裂成两个氦核。经考

克饶夫和卢瑟福确认它的正确性后,三人当晚就写了一封信到《自然》(*Nature*)期刊,宣布第一次经由人工让原子核蜕变,即原子的分裂,第一次一个元素(锂)分裂成另一个元素(氦)的核分裂。

他们还获得额外的收获,当他们计算新的氦核全部的动能时,发现它大于原先的氢和锂核,而且和全部质量的损失一致,因之也证明了爱因斯坦的能量和质量等价方程式($E=mc^2$)。

团队接着采用碳、氮和氧原子靶,再使用质子、氘核和 α 粒子去撞击,以产生放射性的同位素,完成

了相同的实验。他们因此研究获得了1951年诺贝尔物理奖。授奖词说他们的研究开启了“一个崭新、有卓效的研究领域,深深地影响整个核物理未来的方向,成为科学史上的里程碑。”但能量的释放太缓慢了,无法有太多实际的用途,后来一位匈牙利的物理学家西拉德(Leo Szilard)提议用额外的中子撞击原子核,让原子不稳定,进而产生连锁反应,能更快速地释放出能量。

虽然考克饶夫和瓦尔顿成功了,但是他们所建造的加速器在设计上比不上美国劳伦斯(Ernest O. Lawrence)所发展的回旋加速器。考克饶夫于是说服卢瑟福,在卡文迪什实验室投资一个依据劳伦斯所设计的36英寸回旋加速器。它很快地就建造好可以运作,而第二座更大的回旋加速器也跟着建造,但因第二次世界大战爆发,而延误了完工。

在战争期间,考克饶夫做雷达方面的研究,尤其要将敌机击落,并让预警的雷达系统运作。他同时被任命负责处理和原子弹技术可行性有关事务的委员会。

1944年,考克饶夫被任命为蒙特利尔实验室(Montreal Laboratory)主任,这是加拿大一所新的重水核反应堆,用来制造铀和浓缩铀。两年后,他担任英国原子能科学研究院(AERE)院长,监督各种反应堆的建造。西欧第一个核反应堆于1947年8月在英国原子能科学研究院启用。

1950年代,类似设计的反应堆在英国西北部的

文治克耳(Windscale)厂区建造,以生产原子弹所需的可裂物,当时考克饶夫做了一个备受争议的决定:他坚持在烟囱排气管安装高性能的过滤器。因为有报告说,在田纳西橡树岭(Oak Ridge)国家研究所,靠近X-10的石墨反应堆曾测出氧化铀,考克饶夫要防止类似的泄漏。

此工程所费不赀,因为柯克劳夫做此决定是在设计过程的末期,结果烟囱的形状凹凸不平。而且最后证明橡树岭的氧化铀是出自化学厂,不是反应堆,过滤器因此被戏称为“考克饶夫的蠢物”,因为他的同事都认为不需要,只有他坚持。然而,考克饶夫过度的小心终究有好结果:1957年文治克耳厂区的一场大火,有一个反应堆也着火,但由于有过滤器,因此没有辐射物质外逸至附近的环境。

1959年,考克饶夫担任1960年正式成立的剑桥大学丘吉尔学院的第一任院长。他1967年因心脏衰竭病死剑桥家中。瓦尔顿则于1934年回到爱尔兰他的母校三一学院当研究员,研究玻璃的磷光效应、放射性碳定年法,以及玻璃的薄膜沉积等。他于1995年在伯发斯特(Belfast)过世,享年91岁。

① 文中第三段有关此研究工作的缘起,原文的叙述与柯沃二人在诺贝尔演讲中所述有些出入,此文根据他们的演讲内容,做了修正。

(本文转载自台湾大学科学教育发展中心,网址 <http://case.ntu.edu.tw/blog/>)

科苑快讯

古代超新星可能颠覆地球生物进化史



当恒星燃料耗尽时,它们会在自身重力作用下坍塌,形成超新星,将爆炸后产生的碎片和放射性核子

射向遥远的太空。这些事件大多离地球太远,根本不会影响到我们。但如果超新星爆发就发生在地球附近,影响将是巨大的。

通过研究放射性同位素,科学家发现过去几百万年前两个近地超新星出现过的证据。一些研究人员现在假设,超新星产生的粒子,即宇宙射线,可能耗尽了臭氧层,增加了古代生物的癌症发病率,引发野火,甚至开启了一个冰河时代。

(高凌云编译自2021年8月12日 www.sciencemag.org)