

卢瑟福——

原子科学的先驱

郭奕玲

卢瑟福是新西兰人,父、母都是年轻时随长辈由英国迁入的移民,父亲是制造车轮的木工和经营农场的农民,母亲当过教师。兄妹 12 人,他排行第四。由于家境影响,卢瑟福从小参加劳动,实际动手能力很强,功课也很好。从父母身上继承了纯朴、坦率、俭省、虔诚、热情的传统,是一位精力充沛、豪放粗犷的青年。由于中学学习成绩优秀,他靠奖学金进入纳尔逊(Nelson)书院(中学)。1889 年又得奖学金到新西兰大学的卡特堡学院(Canterberg College)学习。1892 年通过文学学士学位。次年得文学硕士学位,后留校作研究进修生,于 1894 年得理学士学位。他研究高频放电对铁磁性的影响,制作了最早的磁检波器。这项创造使他登上了科学研究的舞台。

1895 年卢瑟福取得伦敦 1851 年大展览会奖学金,来到卡文迪许实验室向 J. J. 汤姆森学习,成为汤姆森第一位来自海外的研究生。

在汤姆森的鼓励下,卢瑟福在卡文迪许实验室继续研究磁检波器。他的工作得到了剑桥大学公众的好评。

X 射线的发现推动了卡文迪许实验室对气体导电的研究。卢瑟福也卷入了以 J. J. 汤姆森为核心的课题中来。他在和汤姆森合作的研究中,判定 X 射线促进气体导电的原因是因为产生了正负离子。进一步又研究了紫外线和贝克勒尔射线(即放射性)对气体导电的作用。1898 年卢瑟福在测量铀辐射对气体导电的影响时,发现铀辐射的成份复杂。根据漏电率随吸收铝片的厚度有两种不同的变化趋势的事实,他判断这是由于有两种性质不同的

辐射。一种容易被吸收,他称之为 α 辐射,另一种具有更高的贯穿本领,他称之为 β 辐射。这是他第一次研究 α 射线。从这里开始,他就抓住了关键性的问题,即 α 射线的性质和 α 射线与物质的相互作用,由此导致了一系列新的发现。

1898 年,经 J. J. 汤姆森推荐,卢瑟福赴加拿大蒙特利尔(Montreal)的麦克吉尔(McGill)大学任教。在那里他继续研究放射性。1899 年与欧文斯(Owens)合作,发现了钍射气。1900 年至 1903 年与化学家索迪(F. Soddy)合作,研究得出放射性随时间变化的指数关系。由于他们有一台新的液态空气机,能够提供低温使射气凝聚,结果证明射气是一种惰性气体。1902—1903 年,他和索迪提出著名论断:“放射性是一种原子现象,伴随化学变化产生新的物质。”“放射性衰变是由母元素嬗变为子元素。每一种衰变过程相应有一定的时间特性。”后来,卢瑟福进一步用光谱方法证明 α 粒子就是氦离子,从而揭示了 α 射线的本质。1904 年卢瑟福出版了重要著作:《放射性》,并应邀作 Bakerian 演讲。这两件工作都系统地总结了放射性的研究成果。

1907年,卢瑟福接替斯特任英国曼彻斯特大学物理实验室教授。这个实验室仅次于卡文迪许实验室,设备良好,人员齐配。卢瑟福在这里和助手们用 α 射线继续做了大量实验直到1919年。著名的 α 大角度散射实验和有核原子模型就是在这里作出的。

1908年,卢瑟福荣获诺贝尔化学奖。他的领奖演说词题为:«放射性物质发出的 α 粒子的化学性质»。在演说开头,他讲道:

“在放射学的发展中,研究 α 射线的性质起着显著作用。已经由此获得了一系列头等重要的事实和联系。由于实验知识的增长,越来越认识到大部分放射现象都与 α 粒子的辐射有关。这次演讲试图对 α 射线知识的发展作一简短历史介绍;并追述实验家为了解决 α 粒子的化学性质这一难题所踏过的那条漫长而艰难的道路。”的确是漫长而艰难的道路!在这条道路上付出精力最多。

卢瑟福有非常敏锐的观察能力,善于归纳和分析观察到的现象,并抓着其主要方面一针见血,追根溯源,搞清现象的规律性,直至揭露现象的本质。1900年,钍射气的发现就是一例,卢瑟福注意到,静电计门一开一闭时,钍引起的游离效果有异常情况,似乎是气流影响钍的放射性。卢瑟福没有花太多时间去研究开门或关门时的现象,而是意识到空气中可能会有某种放射性物质。于是,他就从存放钍的密室中抽出空气,收集在一起进行研究,发现果然这种空气有放射性。进一步研究,又发现这种射气的放射性有衰变,经过一层一层的追究,终于搞清了放射性衰变的规律。

卢瑟福有非凡的洞察力,这种洞察力也可以说成是物理直觉,即能够一针见血地把现象的本质看穿。著名的 α 粒子大角度散射实验是一个例证,他由此判定原子中正电荷必是集中在极小的中心位置;轻元素的人工蜕变是一个极好的例证,卢瑟福的学生马斯登1915年曾看到一种奇异的现象,当他用 α 粒子轰击空气时出现了一些射程特别长的粒子,当时以为是氢核,因为用 α 粒子轰击氢时就曾经出现过这种长射程的反冲氢核。

1919年,卢瑟福把注意力转到这个问题上来了。他在助手的协助下做了一系列闪耀实验,观测 α 粒子与轻元素的碰撞,所用仪器装置简单,方法直观,实验易行。实验证明,造成闪烁的可能是氢原子,于是卢瑟福果断地作出结论:“我们必须作这样的结论,氮原子在快速 α 粒子的直接碰撞所产生的巨大作用下蜕变了,放出的氢原子曾是氮核的组成部分……由整个结果可以看出,如果 α 粒子——或类似的抛射体——有更大的能量可供实验的话,我们就可以期望击破许多轻元素的核结构。”

从如此简单的实验现象引伸出这样重大的科学结论,使我们不得不佩服卢瑟福非凡的洞察力。

这种非凡的洞察力或物理直觉从哪里来的?不是凭空产生的,是由于卢瑟福经常地思考这类问题,是由于他长年累月地亲身实践,积累了丰富的经验,并且不断地总结经验,再正确地指导自己的实践。早在年青时代,卢瑟福就有过某种物质转变的天真幻想,后来还在这个问题上碰过钉子,可是放射性的研究总是脱离不了物质转变的概念。所以,一旦出现了实验的萌芽,就触发了他向这个方向去思考的自觉性。

深邃的洞察力导致天才的预见性,这一点在中子的问题上最为突出。

中子是查德威克在1932年发现的,指引他作出发现的指导思想正是卢瑟福在1920年提出的中子假说。当时,人工核嬗变已经实现,卢瑟福明确认识到,原子核必定也有内部构造,其基本组成部分应是氢核(取名为质子),然而从元素的质量数 A (原子量)和核电荷数 Z (原子序数)的差值,又不得不假设除质子外还应有电子。为了解释电子如何能在核内稳定存在,又不得不作进一步的假设。卢瑟福在1920年又预言:“在某些情况下,也许有可能由一个电子更加紧密地与 H 核结合在一起,组成一种中性的双胞胎。这样的原子也许有很新颖的特性。它的外场也许实际为0,除非特别靠近原子核,结果就会使它有可能自由地穿透物质。它的存在也许很难用光谱仪进行检测,也许不可能把它禁闭在密封的容器内。换句话说,它应很容易进入原子结构内部,或者与核结合在一起,或者被核的强场所分解。”

卢瑟福在这篇讲演中还预言了氦、氦和三氦(轻的氦同位素)的存在,这些预见后来都被实验一一证实。

卢瑟福是非常勤奋的。查他的文集可以算出,1899—1907年在蒙特利尔的一段时间,收集有70篇论文,其中25篇与他人合作;1907—1919年在曼彻斯特期间(其中包括战争年代)收集有72篇论文,其中32篇与他人合作,大量的工作是他亲手做的。他还出版了三本专著,然而正如卡皮查在回忆他的导师时说的:“一般读者不知道科学家做了多大量的工作,他只听说那些出成果的特殊工作。每一个接近卢瑟福的人都可以证明他做过多么多的工作。”卢瑟福无休止地工作,总是在研究新的课题。他报告和发表的只是那些得到积极成果的工作。在他的整个工作中只占百分之几。其余的没有发表,甚至连他的学生也不知道。

卢瑟福是一个推动波涛的人,而不是骑在波峰坐享成果的人。他经过长期艰苦的奋斗,拨快了放射学和核物理学的发展步伐。如果有人认为这一切来得容易,我们可以再赠给他西格里的一段描述卢瑟福的话:“对于发现者来说总是有无数(道路供他)选择,然而通往最后成果绝不是一条一目了然的直路。……卑贱、烦琐、单调的研究是常规工作,即使对卢瑟福也是如此,但有朝一日,当实验者的耐性和毅力经受住了考验,艰苦奋斗终将导致辉煌成就。”