

放射性的早期历史

刘乃汤



1895年,德国物理学家伦琴发现X射线。此后,许多科学家都兴致勃勃地去研究这类新的、具有很大穿透能力的辐射,并展开了对这种射线本性的讨论。法国科学家昂利·彭加勒认为,X射线可能与呈现在真空管玻璃壁上的荧光有直接关系,因为看上去,X射线似乎就是从那儿发射出去的。彭加勒的这个看法并不正确,但他的思想却被另一位法国物理学家采纳了,这位物理学家就是在有关领域中国际公认的权威——亨利·贝克勒尔。

1896年2月,贝克勒尔从他负责的博物馆中选出一块铀盐来做自己的实验,他首先把铀盐暴露在阳光下,直到使铀盐能发出很强的荧光为止。然后,再把它和被黑纸包严的照相底板放在一起。尽管底板从来没有在普通光线下暴露过,但在显影时,贝克勒尔却发现底板感光了。这个结果似乎证实了荧光中含有X射线,但是,当贝克勒尔想要研究一下这种荧光的作用能持续多长时间时,他惊奇地发现,在荧光已经中止之后,底板仍然被感光。通过进一步的实验,他发现正是铀盐才能表现出这种新的作用,这种作用既与采用哪一种铀的化合物无关,也与外界化学、物理条件的变化无关,而且它的强度似乎也不随时间而衰减,贝克勒尔断定这种射线是从铀元素中释放出来的。这样,贝克勒尔发现了元素的天然放射性。

两年以后即1898年,波兰化学家玛丽·居里采用新的电学测量方法测量铀的辐射强度后

指出:“铀的辐射强度正比于所用铀的数量,不受铀和其他元素结合的影响,这种辐射也不受光或温度变化的影响。”玛丽·居里还发现钍也能像铀那样放射同样的射线。钍在已知元素中是仅次于铀的最重的元素,除了铀和钍之外,在当时已经生产或在实验室中使用的许多化学元素中,玛丽·居里没有发现有任何其他元素能够发出贝克勒尔射线。但是,在她对铀、钍混合物的研究过程中,她观测到有些混合物的辐射强度相对于其中的铀和钍的含量而言显得更强些。由此,玛丽·居里得出结论:在这些混合物中还含有未知的放射性元素。

玛丽·居里的新进展鼓舞了他的丈夫皮埃尔·居里,使他用毕生的精力同他的夫人一起进行这方面的研究。有一次,他们偶然发现,一种沥青铀矿样品的放射性甚至比纯铀的放射性还要强,这就意味着,在这些沥青铀矿中一定还含有别的放射性元素。于是,居里夫妇带着十分激动的心情搞到几吨沥青铀矿,在很原始的条件下对沥青铀矿进行了长达4年的化学分析。通过处理大量矿物,他们终于发现其中含有两种新的放射性元素:钋和镭,而且这两种元素放射出的射线的强度比铀所放射出的要强得多。后来证明,镭在所有放射性元素中是最为特殊的。钋和镭的发现对后来的核物理和核化学的形成起了奠基的作用。

从沥青铀矿中分离镭是一项十分艰难的工作。因为,沥青铀矿中仅含有一千万分之三四的镭元素,也就是说,在含铀量为60%的1吨矿物中,仅含有0.2克镭。钋的含量则更少。由于它们具有放射性,而且这两种稀有元素有可能通过浓缩的方法使它们具有可以测定的量。同时,它们的辐射能够使周围的空气发生电离,并使之变成导体。居里夫妇经过系统地测量各种残余物和晶体部分的这种效应,从而实现了

对这两种放射性元素的浓缩。于是，钋与铋一起沉淀出来，镭跟着钡沉淀出来。然后，将镭和钡这两种元素的氯化物通过部分结晶，便可将它们各自分离。最后，居里夫妇从1吨沥青铀矿中得到100毫克纯氯化镭。

由于沥青铀矿仅含有五千万分之一的钋，因而更不可能将钋以纯物质的形式分离出来。后来，居里夫人继续同艾·德比恩一起研究，以几吨沥青铀矿中得到了几毫克的含钋物质，其中所含钋的放射性比等量镭的放射性强50倍。居里夫人还发现，一些放射性元素所发出的辐射是由于它们的原子产生连续分裂所造成的，从一种元素到另一种元素的蜕变速率，依放射性元素的种类不同而不同。例如，钋的半衰期为140天，而镭的半衰期是1580年。

很快又相继发现了一些新的放射性元素。1899年，当德比恩研究居里夫妇的铀残余物时，他发现这种物质具有强的放射性。德比恩将这种放射性物质与铁一起沉淀出来，并将它命名为钷。此外，还发现沥青铀矿中含有放射性铅，它与普通铅在化学性质上很难区分。

1899年，贝克勒尔使用居里夫妇提供的镭样品进行实验，证明了镭发出的辐射能被强磁铁作用而发生偏转；另一方面，钋发出的辐射看来却不受磁铁的影响。他又进一步研究了镭辐射和钋辐射的穿透力，实验表明，钋辐射的穿透力远小于镭辐射的穿透力。由此，贝克勒尔认为，他已经证明了存在着两种射线。经过对镭射线更为周密的研究，居里夫妇还发现，镭能同时发射出这两种射线。

在放射性研究进展到这个阶段时，更多的科学家开始研究这种新的辐射。他们虽然也积累了大量的实验数据，但却无法解释放射性现象。这时，一位年青的英国物理学家欧内斯特·卢瑟福积极投入这一领域的研究中来。卢瑟福在他的老师J·汤姆孙的指导下，抓住放射性这一课题进行深入研究，很快就成为推动这一科学分支前进的领袖人物。1903年，卢瑟福和英国化学家F·索迪发现，一些放射性元素在放出射线以后，会逐渐减弱其放射性

强度，最后变成另一种元素。他们在实验的基础上，提出了原子的自发蜕变理论。放射性蜕变理论的提出，使那些无次序的新发现的元素逐渐有了排列的顺序。按照这个理论，放射性元素经过一系列的蜕变而连续形成一些新元素，其中每一种元素都在化学性质上不同于产生它们的母元素。中间产物的特性，主要表现为放射性减弱，它们的产生基本上与温度无关。每种放射性元素的半衰期是一个固定的数，它取决于某一放射性元素中在单位时间内发生变化的原子的比例。放射性元素的半衰期是大不相同的，从不到1秒钟到超过100亿年。

卢瑟福和他的助手于1898年至1907年在加拿大蒙特利尔的麦吉尔大学和后来在英国的曼彻斯特大学，利用铅来进行进一步研究放射性元素。从他对蜕变理论的阐述可以清楚地了解到，放射性元素可以分为三大类：一类是含镭的元素和由镭衍生的一些元素，母元素可能是铀；第二类是以钍为母元素；第三类包括钷及其蜕变产物。

放射性元素的蜕变总是伴随着辐射，卢瑟福对这种现象进行了深入研究。他曾试验了射线穿透薄铝板的能力，并发现某些射线被铝板减慢了，而另外一些射线则有更强的贯穿能力。他将前者叫 α 射线，后者叫 β 射线。

卢瑟福解决了 α 射线的性质问题，这一问题在研究放射性的过程中起着非常重要的作用。卢瑟福根据 α 射线在磁场和电场中的偏转，指出它们是由比较重的和带正电荷的粒子组成的，并测定了它们的质量与其电荷之间的比例关系。他由此得出结论：这些粒子或者是带有正电荷的氢原子，或者是带有两倍正电荷的氦原子，后者似乎与含氦的放射性物质更为相似。最后，卢瑟福还设计了一种方法，以便对单位时间内放射性物质所发射出的 α 粒子进行计数，然后测量这种粒子所带的总电量。测量结果证明， α 粒子是带有两个正电单位的粒子，因而与氦原子的重量相同。卢瑟福和他的同事最后成功地证明 α 粒子是氦原子核。他们

将相当数量的镭射气密封在薄壁玻璃管中,让放射性气体能够穿透管壁而发射出 α 粒子.然后将这种粒子俘获在一个密闭的外部容器中,经过一段时间之后,这个容器中便含有一种呈现出清楚的氦光谱的气体.在此期间,法国化学家维拉德注意到,除了上面两种射线之外,事实上还有第三种射线,这种射线在磁场中不发生偏转,表明它是不带电的.后来的实验证明,它是波长比X射线更短的电磁波,即光子流.由于这种射线光子的能量非常大,约有几十万电子伏,因此,这种射线比 β 射线能更容易地穿透固体物质.这第三种射线被命名为 γ 射线.

国际科学界对卢瑟福关于放射性物质蜕变的领域中的开拓性研究作出了极高的评价,认为蜕变理论的一些实验结果,已导致对科学的一些基本概念的崭新的和更加广泛的解释.事实上,在19世纪,原子和元素被看作是物质分解过程中的最终单位,因而长期以来,原子和元素都被认为是实验研究的极限,所有超越这一极限的新出现的问题,都是模糊的和得不到结果的.卢瑟福的工作使这一长期以来无法越过的边界障碍被拆除,至少在理论上已经不存在了.正如以前分子不变论被抛弃一样,现在,元素和原子永远不变的理论也难以再保持下去了,现在已能用精确测量的科学方法对原子结构加以研究.因此,卢瑟福的研究成果奠定了放射性理论的基础,使后来的物理学和化学发生了一场革命.

卢瑟福还认为,由于 α 射线是代表一种浓度极高的能量形式,因而它应当成为研究原子结构的重要工具.从1906年到1908年,卢瑟福反复用 α 粒子轰击金属薄片,想探索它们的原子,从而获得了最重要的发现—— α 粒子的散射.在这个实验中,强烈偏转的 α 粒子数目非常大,使卢瑟福认识到不可能只是与金属箔中的原子发生碰撞的结果,而应当是由于与微小的和带正电荷的粒子进行排斥碰撞的结果.卢瑟福由此得出结论:原子的质量集中在带正电的中心体——核上,原子核的直径约为整个

原子直径的十万分之一;核的周围是一种带有负电荷的基本粒子(电子)体系,电子的数量足以使整个原子保持中性.这就是他的著名的有核原子模型,原子的核式模型以及第一次用 α 粒子使原子核发生分裂,冲破了原子是不可分割的物质最小单元的观念,原子物理学后来的发展都基于这一模型.

1911年,卢瑟福还系统地提出了一套原子结构理论,并很快证明这是一种解释放射性元素化学中某些模糊现象的有效手段.这些元素中,有些是化学性质极其相似的,甚至用任何化学方法都不能将它们彼此分开.对此,卢瑟福的老同事索迪从1910年开始继续进行了深入研究,以便完全弄清某些放射性元素之间极其相似的问题.在获得了大量的实验证据的基础上,索迪于1913年指出,当一个原子放射出一个 α 粒子时,它所变成的元素在周期表上要降低两个位置(原子序数减少2),当它放射出一个 β 粒子时,它所变成的元素提高一个位置(原子序数增加1).索迪把周期表上占同一位置的同族物质称为“同位素”,并最终发展成为放射性元素同位素理论.

铀、钍、钋、镭等元素的天然放射性的发现,揭开了探索原子核内部秘密的序幕,而上述这些科学家的杰出成就,则在科学史上写下了放射性早期历史的新篇章,并且开拓了一个新的研究领域.在以后的半个世纪里,这一领域的研究一直在整个物理学和化学中居于主导地位.由于这些科学家的重大贡献,1903年的诺贝尔物理奖授给了贝克勒尔,以“表彰他发现天然放射性的卓越贡献”;同时授给皮埃尔·居里和玛丽·居里,以“表彰他们共同研究有关亨利·贝克勒尔教授发现的放射现象所做出的卓越贡献”.居里夫人由于在发现钋和镭方面立下的功绩而获得1911年的诺贝尔化学奖.卢瑟福也由于对放射性做了极其重要的研究工作而获得1908年的诺贝尔化学奖.1921年的诺贝尔化学奖则授给了索迪,这是“为了奖励他在放射性物质化学方面的贡献和对同位素起源与性质的研究”.