

放射性的发现

1、人类早期对物质结构的认识

自古以来，人类一直想从千变万化的自然现象中找到如何认识物质世界的客观规律，从而知道各种物质来源于何处？它们是由什么东西组成的？等等。

关于人类早期对物质结构的认识，综合起来大致可分为两种不同的论点：一种认为，世界上的一切都是由上帝创造的；另一种认为，万物皆由某些最基本的物质要素所组成。我国古代思想家曾提出“五行说”，用以说明世界万物的起源。在古希腊时代，也曾流行过类似的学说。如亚里士多德就曾认为，土、气、火和水是组成物质世界的基本要素，它们分别代表干、冷、热和湿四种不同的物质属性。

然而，在所有认为世界是由物质构成的学说中，影响最大的要算由德谟克利特首先提出的“原子说”，他的老师留基伯也是这个学说的创始人之一。他们都认为万物皆由大量不可分割的微小物质粒子组成，这种粒子被称为原子(希腊文“不可分割”之意)。

于此同时，德谟克利特还认为“原子”具有不同的性质。这就是说，在大自然中能够同时存在各种各样的原子。有些原子很轻，能自由地向各处渗透，而彼此间相距又很远，空气和其它各种气体就是由这类轻原子所组成的。相比之下，液体中的原子要重一些，它们虽然相互粘连在一起，但仍能流动，故液体具有体积不变而形状可任意改变的特性。至于固体中的原子，一定是更大、更重的。它们相互结合得更紧密，同圆润而又光滑的液体原子相比，固体原子表面想必是粗糙不平的，因此团体原子间能互相钩牢而不能自由转动，结果形状和体积都可保持不变。

由此可知，早期的原子说虽粗浅，但仍能像现在一样，可用来解释固体、液体和气体的某些物理现象。

到了十七世纪，由于科学技术的发展，各种发明和发现纷至沓来，从而加深了人们对客观世界的认识。人们开始不仅限于用头脑思考提出各种概念，而是力求用实验来验证对自然现象所作的种种假说。

1661年，英国化学家波义耳指出：“组成复杂物体的最简单物质，或在分解复杂物体时所能得到的最简单物质，就是元素”。在这里，被波义耳所采用的“元素”这个词的含义和我们今天的理解是相同的，即物质可由各种元素组成，它是用一般化学方法不能再行分解的最简单的物质。一定的化学元素，就有一定的性质。自然界中各种物体，不论是动物、植物和矿物，还是气体、液体和固体都是由各种元素所构成的，例如金和银，氧和氢就都是元素。

当时波义耳虽认为元素可有很多种，但确切的数字还是不知道的。后来，化学家们又找到了许多种新的元素，至今我们已经知道自然界中存在90种天然元素；到1976年8月止，在实验室中由人工制造的不稳定元素已达17种；这样，总共就有了107种元素。

1808年后，另一位英国化学家道尔顿不但进一步发展了波义耳的元素概念，而且把德谟克利特的原子概念也更加具体化了。在研究总结了化学变化的许多重要规律的基础上，他与意大利化学家阿伏加德罗提出了“原子分子学说”。

道尔顿曾构思了各种原子符号，当时他认为各种元素、单质都是由原子微粒所组成。同种元素的原子都是相同的，反之则不同。另外，他又设想，在物质起变化时，一种原子可和其它原子结合。例如，木材燃烧时，一个碳原子和两个氧原子结合成二氧化碳。当时把这种不同原子的结合称为“复合原子”。

而阿伏加德罗又把这种“复合原子”称作“分子”。他认为分子是组成物质的最小单元，而每个单元又能严格地保持和物质大量存在时所具有的性质。根据这个概念，人们就能方便地区分什么是原子？什么是分子？此外，他也确认原子是组成元素的最小颗粒，当不同元素的原子相互化合形成化合物时就形成了分子。例如，氧气和氢气是由许多氧分子和氢分子所组成，而氧分子氢分子又分别由氧原子和氢原子组成，人们日常生活中所不可缺少的水，就是由两个氢原子和一个氧原子结合成水分子所组成的，这就是所谓的“原子分子学说”。

总之，到了十九世纪中叶，人们已经知道了五十五种元素。有关原子、元素和分子的概念和学说也已被人们普遍接受，这就为核科学的发展奠定了坚实的基础。

2、揭开 X 射线的秘密

十九世纪末，物理学家们通过对电学的研究，不断思考物质的结构问题。他们采用自己独特的方法，对气体的放电现象进行了十分广泛的研究。

一般说来，在正常条件下的气体都是不导电的。但在特定条件下，如在一个密闭玻璃容器的两端装上一对电极，并加上足够高的电压。与此同时，开动与玻璃容器相连接的抽气系统，容器中的气体压力就会逐渐下降。一旦气压降到几毫米汞柱时（一个大气压相当于 760 毫米汞柱），气体就开始导电，在电极间可观测到有电流通过，并可观察到气体放电产生的光柱，其颜色和容器内所充气体的种类有关。如充氖气，就呈现出红色光；若充氩气，则为淡紫蓝色。生活中常见的霓虹灯和日光灯都是利用低压气体放电原理制成的。

如果继续抽气，容器中的气压就会进一步下降，直到 0.1 毫米汞柱时，放电发光现象就会突然消失。若再把气压抽到 0.001 毫米汞柱以下，就能在阴极对面的容器壁上观察到荧光。这好像是从阴极上发射出了什么东西，打到对面玻璃壁上使得玻璃发光。当时人们把从阴极上发射出的东西叫做“阴极射线”，这种用来研究气体放电的玻璃容器叫做“阴极射线管”。

德国物理学教授伦琴就是利用这种阴极射线管进行科学研究的杰出代表，并用它在 1895 年 12 月 28 日发现了 X 射线。

当时伦琴正对阴极射线进行仔细观察研究，突然发现放在一米外涂有亚铂氰化钡（它是一种荧光物质）的纸上也能发出一种青绿色的荧光。如果去掉阴极射线管上的高电压，阴极射线管停止工作，而亚铂氰化钡纸上的荧光也就同时消失。若再加上高电压使阴极射线管重新工作，纸上的荧光就又重现。奇怪的是当把纸慢慢移远时，竟然仍能见到闪烁的萤火。由此可知，纸上的荧光一定是由阴极射线管工作时所产生的。而当时已知的阴极射线只能穿过几厘米厚的空气层，故一定还有一种人们肉眼所不能见到的射线穿过阴极射线管的管壁，打在纸上，结果产生了荧光。

伦琴为了对这种神秘的射线能有更进一步了解，他又继续做了许多试验。例如，他用黑纸把整个阴极射线管严密地包封起来。又在阴极射线管和涂有荧光物质的纸间放置上千页厚的书，或几厘米厚的木板，或几毫米厚的铝板等等。试验结果发现，无论是纸、木板、玻璃，甚至金属都不能挡住这种射线。这就说明所产生的射线确有很强的穿透能力。由于当时伦琴对这种射线的性质还不清楚，故就把它叫做“X 射线”。后人为了纪念伦琴的功勋，也称之为“伦琴射线”。

另外，伦琴还发现 X 射线能穿过墙壁，使相邻房间内的胶片感光。同时又发现它虽能容易地透过薄而轻（即密度小）的物质，但对厚而重（即密度大）的物质却很难穿过。例如，伦琴曾在暗室里把某种柔软物质或金属钥匙之类的硬物质放在照相底版上。然后，用 X 射线对准底片进行照射（也称曝光），结果发现射线能全部穿透柔软物质使底片全部曝光。但在放有金属钥匙的底片上，却清晰地看到了一个和钥匙形状一样的未曝光区。

伦琴的伟大发现是在 1895 年圣诞节后公诸于世的。当时立即引起了许多物理学家的注意。特别是医生们在看到第一张显示人体手骨骼的照片后就更为激动。从此，他们可利用 X 射线拍片，察看病人的骨骼在何处破裂或直接寻找弹片和子弹在人体中的位置，以便及时治疗。在第一次世界大战期间，居里夫人就曾在法国部队中，组织伤兵医疗服务队，在战地前线建立了第一座有 X 光设备的医疗站，抢救和医治了很多伤病员。而目前 X 射线在医学上不论是诊断或治疗都得到了非常广泛的应用。

X 射线的发现大大地推动了近代物理学的发展。就在伦琴发现 X 射线的第二年，法国人贝克勒尔从铀盐中发现了放射性。又过了一年，英国人汤姆逊发现了电子，等等。由于这些重大发现，就使得人们对物质结构的认识更加深化了，人们的思维已深入到原子内部，开始探索原子世界的奥秘了。

3、铀盐世家的新发现

中公网总站：www.offcn.com 邮箱：offcn.com@163.com

电 话：010—62698755，82387776

地 址：北京海淀区学清路 38 号金码大厦 B 座 9 层

1895年1月20日，伦琴在巴黎法国科学院宣读关于发现X射线的报告时，在众多的听众中有一位名叫贝克勒尔的法国物理学家。他在听过报告后，反复思考着一个问题，即荧光与神奇的X射线间，究竟有什么内在的联系？

然而，最使贝克勒尔感兴趣的是X射线不但和阴极射线管发生荧光时同时产生，而且X射线也来自阴极射线管发生荧光的那部分玻璃处。也就是说，荧光和X射线是同时、同处产生的。由此他想X射线必然与荧光有什么联系，并自己反问自己，那些能发出荧光的物质是否也能发射X射线呢？

当然贝克勒尔对荧光现象并不陌生，他的祖父也是一位有名望的物理学教授，对荧光物质也很有研究，他的父亲爱德蒙·贝克勒尔也从事过铀盐荧光现象的研究。而亨利·贝克勒尔已是这个铀盐世家的第三代。他在1880年制备了一种铀和钾的复合硫酸盐，并且发现这种铀盐在太阳光的紫外线激发下也能产生荧光。此时，贝克勒尔为了要研究荧光与X射线之间的关系，也就回想起曾经研究过的铀盐，觉得很有重新进行仔细研究的必要。

接着，贝克勒尔就用这种铀盐进行新的实验。他把未感过光的照相底片用黑纸包好，然后在黑纸上放上铀盐，并将它们捆在一起，最后放在阳光下照射，日光中的紫外线能使铀盐产生荧光，这是贝克勒尔早已知道的。至于铀盐会不会同时产生使底片感光的X射线，就需要实验验证。

经过几个小时以后，他把底片拿去冲洗。结果正如他所期待的那样，底片不但感光了，而且在底片上清楚地显示出铀盐的影像。在多次重复实验中，他又把某些中间打孔的金属板或硬币等物体，放在铀盐和底片之间。所得结果使他非常高兴，因为每次实验在底片上都留下了所放置物体的影像。

随后，贝克勒尔根据上述的实验结果，写出了完整的实验报告，并在1896年2月24日法国科学院的一次会议上宣读了这个报告。他宣称：铀盐在经过日光照射以后，能够发射出一种类似X射线的射线，它也能穿过黑纸、玻璃等其它物质，能使底片感光。

贝克勒尔的实验结果本身确是一项重大发现，但在分析实验现象时却犯了先验论的错误，为此每个科学家都应从中吸取教训。不论做哪一种科学实验，往往在不能获得预期结果时，一定会非常仔细的严查实验过程。而在工作顺利时，却容易犯粗枝大叶的错误。贝克勒尔正是这样犯了一次意想不到的错误。

贝克勒尔在实验前已经认为X射线与荧光有关，而铀盐在日光照射下刚好能产生荧光，因此联想到同时又产生了X射线，实验结果又证明了铀盐确能放射出某种能使底片感光的射线。最后，他就简单地认为铀盐所以能放射出某种类似X射线的射线，是由于太阳光照射的结果。

当然，任何错误的结论都不能持久，贝克勒尔很快又从实践中发现了自己所犯的错误。他在重复上述实验时，有一次准备工作做好后，天气突然变阴。他想没有太阳实验是无法进行的，故只得把已准备好的底片暂时放入抽屉，并在底片上面撒了一些铀盐，待天晴后再用日光照射。可是一连数日都是阴天，他的实验也就无法进行。

几天后，又要到法国科学院的会议日期了，虽然他认为不会有什么结果，但还是决定将其中一张冲洗出来看一下，不料其结果竟好得出奇。虽然铀盐未受日光照射，但底片上却留下了比以往更黑、更深的阴影。

于是贝克勒尔反复思考这一奇怪的现象，为何不经阳光照射，放置时间长一些，就能得到更深、更黑的图像呢？为了揭开这个谜底，他又多次重复这个实验。结果发现，即使是在暗室中制备的铀盐样品，也就是说这种铀盐从未经过日光照射，仍能放射出射线使底片感光。显然，这种射线的发射和阳光无关。

后来，贝克勒尔对不同类型的荧光物质也进行了实验。他发现不是所有的荧光物质都能发射这种射线的，但只要是含有铀元素的，则都能放射出这种能使底片感光的射线。而且这种射线还具有使空气电离，验电器放电的本领。看来，铀是能放射这种奇特射线的关键物质。

为了证明这一点，贝克勒尔又用含铀但不发出荧光的物质做实验，同样也获得了使底片感光的結果。即使把含铀物质加热熔化或把铀盐配制成溶液，也都破坏不了这种射线的发射能力。这样一

来，贝克勒尔终于肯定了射线是从含铀物质中放射出来的结论。而且实验还继续证明，射线的强度和铀的含量成正比。由于整块纯铀的含铀量要比铀盐大得多，故它能放射出更强的射线，底片感光的阴影也就更深更黑。

虽然早在 1789 年就发现了铀元素，但它的放射性性质却在一百多年后才得以证实。而当时要获得纯铀也是很困难的，贝克勒尔从一个和他相识的 chemist 那里取得了很少一点纯铀。他高兴地把纯铀包在黑纸里进行实验，结果这次所得底片上的阴影要比以往任何一次都深而黑。这样就直接证明了铀确是放出射线的原始物质，无论在黑暗中或阳光下都能不断放射出射线。

贝克勒尔从错误的假设开始，经过不断实践，最后终于在 1896 年发现了铀元素的放射性特性。胜利地完成了一项有助于其他科学家进一步了解原子秘密的重大发现，而 1896 年也就成为原子核科学史的起点。

4、“放射性”名称的由来

虽然现在我们都一致认为贝克勒尔发现的重要意义并不亚于伦琴，但当时贝克勒尔的影响却远不如伦琴，因为不少人认为贝克勒尔发现的射线不过是伦琴早已发现了的东西。他们不知道贝克勒尔所发现的射线和伦琴的 X 射线相比，在现象上确有某些相似之处。例如，它们都能穿透黑纸和不太厚的金属层，都能使照相底片感光并使空气电离。但在本质上，两种射线之间却存在很大区别。

伦琴射线是在极稀薄的气体中放电时发生的，通常气压低到一个大气压的百万分之一左右，故在两个电极间需加高电压。伦琴射线的发射与管内所充气体性质、电极材料均无关。但贝克勒尔发现的射线既不需加高电压，也不需要什么稀薄气体。

还有，伦琴射线仅在气体放电时发生；而新发现的射线却能连续发射。

此外，从实用角度上看，新发现的射线也代替不了 X 射线。因为前者的强度很弱，根本无法用它来拍片。而用 X 射线拍一张手部透视照片只需几分钟，甚至到几秒钟。

虽然存在着很多的不同，但是贝克勒尔的重大发现当时似乎并没有引起人们足够重视，人们只把它当作 X 射线研究中的一段小插曲。

然而也有例外，当时在巴黎大学求学的一位年轻女学生对贝氏所发现的射线产生了浓厚的兴趣，并决定把它作为自己的博士学位论文题目进行研究。她就是出生于波兰后来加入法国籍的、历史上第一位两次获得诺贝尔科学奖的著名物理学家玛丽·居里。

1897 年，玛丽·居里获得了物理学位和数学学位，她已经是一位经验丰富的科学家。当时她刚完成了钢铁磁性方面的研究作，并在 9 月 12 日生下了第一个女儿伊伦·居里。但她不顾自己工作和生活上的劳累，开始致力于使她以后生命里程光耀史册的工作。

居里夫人的研究工作也是先从铀盐开始的。贝克勒尔虽然已经知道铀发出的射线能使空气电离，但没有测定过电离空气强度。为此，居里夫人利用她丈夫皮埃尔·居里所发明的静电计，对铀射线的迁都作了精确测定。

静电计是由一对互相绝缘的两片金属箔所构成的仪器。当充电时，金属箔就张开成一定角度，而所张角度的大小同所充电荷量成正比。空气本身虽是良好的绝缘体，但当金属箔间的空气被电离时，静电计就放电，张角也就缩小直到全部闭合。这样通过测量静电计闭合的快慢，就可知道空气被电离的程度，并能进一步量度出铀所发射的射线强度。

居里夫人就用这个方法对射线的强度进行了测量，这比贝克勒尔用底片感光法要简便快速得多，而且测量结果也更精确。根据这种测定，居里夫人不仅对铀射线有了更深的了解，同时还精辟地提出了令人惊异不已的结论。她说：“铀所发出的射线强度正比于所用铀的数量，而同铀与其它元素结合的状态无关。这种射线也不受外界条件如光、温度和压力等变化的影响。而且这种射线与人们已知的其它任何东西都不同，也没有东西能影响它们的存在”。所以，应该认为这种奇特现象是铀元素所具有的一种固有特性。

接着，居里夫人还想知道，除铀元素外是否还有其它元素也会具有这种特性。为此，她测量了当时已知的全部元素，其中有的是它们的化合物，有的是单纯元素。从中她又获得了一个重要发现，

中公网总站：www.offcn.com 邮箱：offcn.com@163.com

电 话：010-62698755，82387776

地 址：北京海淀区学清路 38 号金码大厦 B 座 9 层

即除铀元素外，凡含有钍元素的化合物也能放射出和铀射线十分相似的射线，且其强度也和铀相当。这样，居里夫人就认为：钍元素原子一定也和铀具有一样的特性。

我们知道，在科学发展史上有这样一种惯例，即对某一现象或理论往往采用第一个发现这一现象的或提出这一理论的人名来命名。这也许是一种出于对科学事业有过杰出贡献的科学家的尊敬和怀念，也可能是便于人们记忆。基于这种情况，当时人们就把伦琴所发现的 X 射线叫做伦琴射线，把贝克勒尔发现的射线称作贝克勒尔射线，但后一种叫法并没有保持多久。

当居里夫人发现不仅是铀，还有钍也具有能发射射线的特性，而且这种特性同元素的化学和物理状态无关，而是某些元素的原子所固有的一种特性。所以，居里夫人觉得有必要为这个新发现给出一个合乎科学的名称，以便能充分表达该现象的特性。后来，居里夫人就把这种能够发射射线的现象称为“放射性”，而把能发射射线的元素叫做“放射性元素”。

这个能充分反映事物特性的名称很快为世界各国科学家所公认。当然，居里夫人给出的这一命名本身还有着更深远意义。从此她就把自己的一生，无保留地贡献给这一新的科学领域，并为它的研究和探索揭开了最重要一页。

5、居里夫妇找到了“镭”和“钋”

居里夫人在鉴别各种已知元素有无放射性的过程中进行了大量测量工作。她把自己和皮埃尔·居里能在实验室里取得的全部化合物，如各种化学物品、盐类和氧化物等等，逐个用静电计进行了测量，其中还包括大量矿石。结果表明，凡是含有铀或钍元素的都有放射性，当然这是意料中的事情。

但在矿石样品中，发现有一种用来提炼铀的沥青铀矿，它的放射性比纯铀或纯钍还要强很多。这一奇怪的现象引起居里夫人的反复思考，这到底是什么原因引起的？因为自从她开始研究放射性现象起，就知道放射性活度与含铀量成正比。而沥青铀矿的各种杂质又得多，那末为什么放射性活度反比纯铀还强？

为此，居里夫人多次检查了自己实验的结果，并对放射性强度进行了反复测量。最后，她确信自己的测量是正确的。那末怎样解释上述现象呢？居里夫人经过分析，觉得只有假定在沥青铀矿中存在着某种放射性强度比铀和钍更强的新的放射性物质，而且它一定也是一种尚未发现过的新元素。为了对这个假设加以论证，就必须设法找到这种新元素。

这件有意义的工作立即引通了皮埃尔·居里的极大关注。他放下了自己长期从事的晶体学方面的研究工作，开始和他的夫人一起寻找新的放射性元素，他们共同合作研究长达八年之久。

居里夫妇的研究结果表明，沥青铀矿所具有的放射强度是纯铀的四倍，并从化学分析中知道了沥青铀矿的组分，从而推知新放射性元素的含量是很少的，估计不大于万分之一。后来知道，实际上新元素在沥青铀矿中的含量只占百万分之一左右。

居里夫妇为了获得更多的新元素，就从现在捷克斯洛伐克境内的波希米亚地区（当时属于奥地利），运来了一吨沥青铀矿。并采用化学分离法把铀矿分离成各种成分，然后用验电器进行放射性鉴别，并将带放射性的组分再行化学分离和测量。最后把那些具有强放射性的物质浓集起来。

经过两个多月的艰苦劳动，居里夫妇终于证实了在沥青铀矿中确实存在一种带有强放射性的新元素。1898 年 7 月，居里夫妇在试管里取得了一种灰白色的物质，它的化学性质和已知化学元素铅十分相似。居里夫人为了纪念自己的祖国波兰，就把这种新元素命名为“钋”。

但随后他们发现，钋还不是沥青铀矿中强放射性的主要来源。就在他们发表发现了钋的同时，已经知道在沥青铀矿中还有一种放射性更强的新物质。只是由于居里夫人对待科学始终保持着严谨的工作作风，她不愿过早地发表自己认为尚未成熟的实验结果。直到 1898 年 12 月，在他们取得了更详细的实验结果后，才又发表了另一个重大发现，即找到了比铀的放射性强二百多万倍的“镭”。

钋和镭的发现引起了整个科学界的重视，但当时仍然有很多人，特别是化学家对居里夫妇的发现抱有怀疑。因为他们认为仅凭具有强大的放射性，并不能证明是一种新元素，还应该知道镭和钋的化学性质及原子量等等。

为此，居里夫人又进行了更加艰巨的工作。由于当时能取得的钋和镭的量实在少得可怜，而且又不纯（其中钋和铋共存；镭又和化学性质相似的钡混在一起）。加上他们的工作条件很差，即没有实验室，又没有经费和助手。他们所用的大量沥青铀矿和铀盐矿渣还是通过维也纳科学院，并向英国政府请求批准后自费运到巴黎的。随后在一间漏雨的木板房内，用一台破旧的生铁炉子，通过加热和搅拌等简单办法，连续工作了整整四年时间。他们先从矿渣中分离出镭和钋的共存物、然后用氯化物部分蒸馏法，把镭盐从钋中分离出来。

1902 年，居里夫人的辛勤劳动终于结出了丰硕的成果，她成功地获得了 0.1 克镭盐。接着又对镭的原子量作了首次测定，其结果为 225。居里夫妇又把一部分镭盐分给了法国化学家德马尔赛，由他对镭的光谱线作了测定，所有这一切都证明镭盐确是从大量钋中分离出来的。

后来，居里夫人又对镭的原子量作了更精确的测定，其数值为 226.5。这和目前世界上公认的数值 226.05 已很接近了。最后，居里夫人通过加热把镭盐变成熔融状态，并用电解法获得了金属镭，于是，镭的存在也就不再有人怀疑了。

居里夫妇对放射性现象和发现新的放射性元素方面卓有成效的研究工作，不但导致了其它许多重大发现，而且还开辟了核物理和核化学研究的新领域。为了表彰他们对核科学事业的伟大贡献，在 1903 年，他们和贝克勒尔共同获得科学上的最高荣誉——诺贝尔物理学奖。

6、镭射线性质的研究

在贝克勒尔发现铀放射性现象后，许多科学家都想用物理或化学方法去改变其性质。例如，用光照、加热改变温度或改变化学状态等等，但都未取得任何结果。

1900 年，居里夫妇在研究了镭的放射性后，把镭放在磁场中，结果他们发现，虽然镭的总放射性强度没有变化，但镭射线通过磁场后却分成了两束。一束发生偏转并明显地改变了方向；另一束不受磁场影响，仍按原方向前进。

根据电学知识，我们知道带电粒子在磁场中运动时将会发生偏转，而且可从磁场方向和偏转方向判别出带电粒子的正负性。当然，还可从磁场强度、粒子运动速度和在磁场中的偏转半径，计算出粒子所带电荷和质量之比值（荷质比）。

由此可知，居里夫妇的实验中，镭射线在磁场中被偏转的那束射线是一束带负电的电子流。因为其荷质比恰好和电子的荷质比数值相当，所以可以断定，镭射线中至少有一部分就是电子流。

在此同时，另一位曾对原子核物的发展作出重大贡献的科学家卢瑟福，也开始对放射性性质进行研究。他测量了铀射线在金属箔中的吸收情况，结果发现铀射线也由两部分组成：一部分能被很薄的铝箔吸收，卢瑟福把它叫做“ α 射线”；另一部分的穿透能力很强，能穿越的金属箔厚度比前者大一百倍左右，被命名为“ β 射线”。

当卢瑟福得知居里夫妇用磁场能把镭射线分成两部分以后，他就决心重复这个实验。为了能把射线的各组成部分彻底分开，卢瑟福采用了高强度磁场，结果镭射线在强磁场作用下分成了三部分。

其中一束被磁场偏转得特别厉害，这就是居里夫妇早先用磁场分开的，也是在他们自己的吸收实验中碰到过的“ β 射线”，它实际上是一种高速电子流。

另一束射线在弱磁场中很难偏转，因此居里夫妇未能把它分开。而在强磁场作用下，也被分成了两部分：一部分未被偏转，仍按原方向前进；另一部分产生较小的偏转，但偏转方向与电子相反。这就意味着这种射线也是带电的，因为磁场只对带电粒子起偏转作用，而且从偏转方向上看，它们带的是与电子电荷相反的正电荷。它就是卢瑟福所称的“ α 射线”，后来知道，实际上它是由带两个正电荷的氦原子核组成的。

至于中间不偏转的射线，是一种波长极短的电磁波，定名为“ γ 射线”。应该指出，只有 γ 射线与伦琴所发现的 x 射线在本质上有相似之处。

从对放射性现象的研究中，发现它们之间存在着某些共同的特性。首先，从射线被物质吸收的情况看，实验证明 α 射线最容易被物质吸收。一薄片云母或者厚度为 0.05 毫米的铝片，甚至是普通的新闻纸，都能把 α 射线全部挡住。即使在空气中，其吸收也很厉害。例如，7 厘米厚的空气层

就能把镭放射的 α 射线全部吸收。而物质对 β 射线的吸收能力却很小，大部分 β 射线能穿过几毫米厚的铝片。至于 γ 射线，它被物质吸收的可能性更小。例如 1.3 厘米厚的铝板只能把 γ 射线的强度减弱一半。

此外，各种射线除了在被吸收程度上有区别外，在吸收性质上也有很大不同：

首先，最明显的差别是当逐渐增加吸收物质的厚度时，这些射线的强度变化很不一致。其中 β 和 γ 射线是逐渐被吸收的，即随着吸收物质的厚度增加， β 粒子的数目和 γ 射线的强度都逐渐降低，而且 β 射线的能量却保持不变。但 α 射线的情况则完全不同，当它穿过越层物质时，粒子的数目不变，减少的是粒子所带的能量。并随着吸收层厚度不断增加，粒子所带的能量也继续减小，而粒子数目仍保持不变，直到厚度足够大时， α 粒子将被全部挡住。由此证明， α 粒子的能量是相同的。

其次，射线对空气等其它气体都有电离作用，即在射线照射下，能使不导电的空气变成导体。而且三种射线的电离能力也有很大不同。其中以 α 射线为最大，它电离空气的能力约比来自同一放射源的 β 射线大一百倍。 γ 射线电离空气的能力比 β 射线要弱得多。显然，电离能力愈强的射线，被物质吸收的能量也愈多，穿透能力就愈小。

最后，射线的另一个重要特性是生物学作用（或称少物效应）。这是由于射线不但能被物质吸收，而且又具有一定能量的必然结果。贝克勒尔和皮埃尔·居里都曾亲自实验过镭射线对人体细胞组织的作用。

有一次贝克勒尔从居里夫妇处取得了少量镭试剂，并把它封装在玻璃管里，放在胸前的背心口袋中，准备在给学生们授课时拿出来示范。几天以后，他发现紧靠口袋处的皮肤发红，其外形又刚好和装镭样品的玻璃管相同。后来，发红之处开始感到疼痛，皮肤破裂成溃疡，于是他只好去请医生诊治。医生像治疗烧伤一样，给他治疗了两个月后，伤口才痊愈。

与此同时，皮埃尔·居里也曾用镭射线对准自己手上的皮肤照射了十几小时，结果发肤变红，并发生炎性渗出，形成了溃疡。经治疗了大约四个月才恢复。

这些现象，很快引起了医生们的兴趣。他们也用镭射线先对动物进行实验，然后进行人体临床试验。结果发现镭射线不但能损伤，甚至能杀死人体中的正常生物细胞。

同样，在以后的试验中，还发现镭射线也能有效地抑制、破坏繁殖异常迅速的癌细胞。而且其破坏作用要比对正常健康组织的作用大得多。这就说明，镭射线只要能适当控制，就可对癌症进行有效的治疗。特别是对于那些早期发现的癌症病例，其疗效就更为显著。

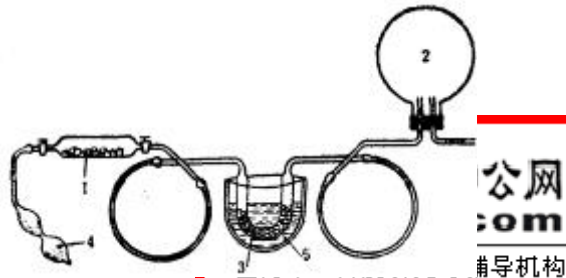
所以，当时镭就成为世界上最宝贵的东西，它为医生们与人类最可怕的灾难——癌症作斗争，提供了有力的工具。至今，射线在医学上的应用，为保持人的健康和延长人的寿命正起着越来越大的作用。

7、原子是能够转变的

人们对客观事物的认识总是由浅入深、由表及里的，我们对放射性现象的认识过程也正是这样。从 X 射线的发现，到发现铀能放射出一种类似 X 射线的射线。接着又认识到了钍、钋和镭等也有这种放射性的特性。最后通过磁场终于知道这种射线和 X 射线截然不同，它是由三种成分所组成的。这三种成分的射线分别叫做 α 、 β 和 γ 射线。

另外，开始认为放射性物质本身不因发射射线而改变。为此贝克勒尔曾报道过，他的铀盐放置了好几个月，其放射性并不改变。而且在一般的物理或化学方法作用下，它的特性也不会改变。但在以后的实验中，贝克勒尔和居里夫妇都发现情况并非如此。

1901 年贝克勒尔用铀盐、1902 年居里夫妇对镭盐分别进行处理时，发现它们的放射性是能够改变的。居里夫妇发现，如先把镭盐溶解，然后把溶液蒸发结晶，所得镭盐的放射性要比原来的低很多，以后却又发现其放射性能慢慢恢复到原来水平。如果把镭盐加热到红热状态，并使其维持一段时间，再降到室温，则镭的放射性要比加热前弱，以后又再慢慢恢复到原来水平。



实战、专业、深度、破译

— 最专业的公务员考试研究、辅导、测评、服务机构

进一步的研究发现，中间过程所失去的那部分放射性，主要是穿透能力较强的 β 射线。另外很重要的一点是发现被加热后的镭盐失去了感生放射性的能力。而感生放射性现象是在 1900 年由居里夫妇发现的，是指在镭盐周围的空气被镭射线作用后，会变成放射性气体而发出射线。

可惜居里夫妇未能对上述实验结果作出正确的解释，也没有对此现象继续进行深入研究。但英国人卢瑟福和索第对居里夫妇所作的实验却作出了正确的解释，他们认为：镭能永远发射出某种带放射性的气体，并把它叫做“镭射气”。

为了能从实验上证明镭射气确是一种普通的气体，卢瑟福设计了一个巧妙的实验装置。它是根据气体能在低温下被液化的原理进行设计的。

实验中发现，只要 U 形管浸入液态空气中，那末不管你吹过多少镭射气，玻璃球内的硫化锌都不会发光。而玻璃管中，矽锌矿石所发的光却慢慢变弱。这是由于镭射气滞留在低温 U 形管里的结果。但当 U 形管从液态空气中提出来后，随着温度升高，液化了的镭射气就很快又变成气体，并进入玻璃球使得球内的硫化锌发光，这就表示镭射气确已进入玻璃球内。由此可知，镭射气确是一种普通气体，在低温下能液化，常温下又成为气体。

另外，他们在实验中发现，在装有镭射气和矽锌矿石的玻璃管内，开始时能发出比较明亮的光。其亮度使人在其附近能看得清表针和报纸上的大标题。但几天以后这种光就逐渐变暗直至完全消失，这说明镭射气本身(在没有得到补充下)是要慢慢消失的。

这种放射性物质能逐渐减弱放出射线能力的实验现象，引起了卢瑟福和索第的极大兴趣。他们为了查明镭射气到底变成了什么东西，决定采用光谱分析法进行分析。因为每一种气体都有它特有的光谱，这样就可根据不同的谱线，分析镭射气变化的情况。

他们把镭射气封装在分光管内，然后观测它的光谱线。从颜色上可以看出，气体中除含有氮和氧等谱线外，还见到一些以前所不知道的谱线，很显然它们就是镭射气的谱线。

更有意义的是，当他们逐日观测谱线变化的情况时，再次证明镭射气是会逐渐消失的。因为他们观测到，代表镭射气谱线的发光强度越来越弱。同时在发光气体的光谱中出现了新谱线，这在原来的气体中并没有见过。而且这些新谱线随着镭射气的慢慢消失逐渐增强，越来越亮。更奇怪的是这些新谱线实际上与那些已经知道得很清楚的氦气谱线完全相同。这就充分证明，镭射气在消失过程中慢慢坐成了另一种气体——氦气。

事实上，在对铀和钍放射性的研究中，也曾发现过类似于镭射气的铀射气和钍射气。如果把它们从铀盐或钍盐中分离出来，就会发现其放射性都很强。而分离后的铀盐(或钍盐)放射性则减弱了。但随着时间的推移，放射性活度又能慢慢恢复。

上述实验结果促使人们去考虑这样一个问题，即化学元素会不会自行变化？卢瑟福和索第他们以镭能放射出镭射气，镭射气中存在氦的实验结果为出发点，大胆提出放射性物质能自行衰变的假设，即某种带放射性的元素，经过放射性衰变后，成为另一种新元素。

当 1902 年卢瑟福和索第提出这个假设时，曾有很多人不相信。因为长期以来，人们对于法国化学家拉瓦锡所提出的“化学元素永远不变”的假设已深信不疑。几年后，世界各地接连找到了不少新的放射性元素，而且它们都是从某一放射性母体一代一代衰变来的。此后人们也就不再怀疑卢瑟福和索第的假设了。

特别是当英国化学家拉姆赛利用他自己特制的微量天平，测定了镭射气的原子量为 222 以后，这样就为放射性衰变假设的验证提供了更可靠的依据。因为在此以前，人们已测得铀和氦的原子量分别为 226.05 和 4.00。这一结果也足以说明，卢瑟福和索第的假说是能充分反映客观事实的一种科学预见。

8、三个天然放射系

从镭射气的发现，到卢瑟福和索第的放射性衰变学说得到验证，科学家们对各种放射性物质的衰变现象进行了极为广泛的研究。结果知道了铀能产生镭，镭又产生氦，而氦本身也是放射性的。

中公网总站：www.offcn.com 邮箱：offcn.com@163.com

电 话：010—62698755，82387776

地 址：北京海淀区学清路 38 号金码大厦 B 座 9 层

氢又将会衰变成什么呢？铀中的镭又是经过哪些衰变过程产生的呢？这些问题期待着物理学家们去深入研究并加以解决。而放射性衰变现象的发现，本身就否定了以前认为原子是永恒不变的见解。为此，人们必须寻找新的概念，建立新的能反映客观规律的学说。

所谓放射性衰变，就是指某一种特定的放射性元素，能自发地放射“某些特定的射线，从而由一种元素的原子转变为另一种元素的原子”的现象，而所放出的射线就是化学元素原子开始衰变的信号。

当然，放射性衰变也存在着一定规律，即它并不是整个物质一下子全都发生衰变，而是在某一瞬间内，衰变的原子数目和已有的放射性原子数成正比。也就是说，只有一定量的原子参与衰变，其它原子则随后继续衰变。

因此，我们在研究放射性衰变时，不仅要知道衰变时放出什么样的射线(或粒子)，生成什么新元素；而且还应知道它们随时间的变化规律，即在单位时间内放射出多少粒子和多少原子发生了衰变。

描述放射性衰变的快慢通常是用半衰期来表示的，所谓半衰期就是指原有放射性原子的数量减少一半所需的时间，其单位用年、月、天、分或秒表示。对于不同的放射性元素，其数值相差很大。例如，铀的半衰期为 45 亿年，镭的半衰期为 1600 年，而镭射气—氡的半衰期为 3.82 天。

经过科学家们的辛勤劳动，现在我们已知道，在自然界中原子序数大于 83(铋)的元素都是放射性元素。人们根据它们的衰变特性和衰变产物相互间的关系，可把某一种放射性元素的全部衰变产物排列在一起。这样就能组成该放射性元素的放射系。科学家们发现在自然界中存在三个放射系，即铀—镭系、钍系和铀—锕系。后来，由于对超铀元素的研究，找到了第四个系列，即镎系。

铀—镭系的原始核是铀 238，它共经过 14 次连续衰变，包括 8 次发射 α 粒子的衰变和 6 次发射 β 粒子的衰变，最后衰变为成为不带放射性的稳定核素铅 206。居里夫妇所发现的镭及氡都是这个衰变链的中间产物，故也称为铀—镭系。

新发现的镎系其起始核是钷 241，此放射系共经过 13 次连续衰变，包括 8 次 α 衰变和 5 次 β 衰变。终核是由半衰期为 3.25 小时的钷的同位素钷 209 衰变后，得到的稳定核素铋 209。

钍系衰变系的起始核是钍 232，共经过 10 次连续衰变，包括 6 次 α 衰变，4 次 β 衰变，最后衰变成的终核是稳定核素铅 208。

铀—锕系衰变的起始核是铀的一种同位素铀 235，共经过 11 次连续衰变，其中 7 次是 α 衰变和 4 次 β 衰变，终核是稳定核素铅 207。

我们知道，在 α 衰变中放射的是 α 粒子，其质量数和氢核相等，故衰变后的核质量数与原来要差 4 个单位。同时 α 粒子带 2 个单位正电荷，故衰变产物的原子序数要差 2。而 β 衰变时，衰变产物的质量数不变，原子序数要增加 1。

由此可知，在衰变链中，各种衰变产物的原子量都和 4 的正整数倍有关。并可得出以下结论，即钍系衰变链产物的原子量符合 $4n$ (n 为正整数) 规则。铀系符合 $4n+2$ 的规则，锕系符合 $4n+3$ 的规则。于是人们推测一定还存在符合 $4n+1$ 的放射系列。后来经过科学家的努力，结果在本世纪五十年代中期，找到了镎系衰变链的产物，的确能满足 $4n+1$ 的规则。因此有人按照质量数规律将放射性核素分成 $4n$ ， $4n+1$ ， $4n+2$ 和 $4n+3$ 四个放射系。

此外，我们从衰变链中可以看出，在某些环节上某一放射性核素可以存在两种衰变方式。这些精细结构都是随着测量精度的提高而逐渐发现的，而且今后仍有可能找到某些更复杂的形式，对衰变链进行补充和修正。

如果我们更仔细观察这些衰变链，还可以发现一个十分有用的规律。即当 α 衰变时，由于失去 2 个单位正电荷，其子体位置将是位于周期表上母体左边两格的元素； β 衰变时，生成的子体应是位于周期表中母体右边一格的元素。这就是索第首先发现的位移定律，它对近代原子核理论起过很大作用，即使今天仍非常有用。

另外，从衰变链中还可看到一些化学性质完全相同，并具有同样原子序数，在周期表中处于同一位置的元素。如原子序数为 90 的钍元素，在四个衰变链中共有钍 227 到钍 234 七个核素。它们的原子量各不相同，更重要的是它们的放射性衰变特性也完全不同，即核特性截然不同。

如钍 234 衰变时放出 β 粒子，变成同镤 234。而钍 230 却进行 α 衰变，变成镭 226。它们的半衰期也相差很大，前者为 24.1 天，后者却是 8 万年。我们把在元素周期表中占据同一位置，质子数相同而中子数不同的元素叫做同位素。稳定元素也有同位素，如三个天然放射系的最终产物都是稳定的铅同位素，它们分别为铅 206、铅 207、铅 208。虽然稳定同位素不会衰变，但它们的核特性差别也很大，铅 207 吸收热中子的能力要比铅 208 高出一千多倍。

最后，从铀系衰变链中，可以看到一种奇特现象，即存在着两种不同半衰期的镤，一种是 1.18 分的镤 234；另一种是 6.7 小时的镤 234，但它们的原子序数和原子量都相同。

我们把这种原子序数和原子量都相同，而衰变特性不同的这些放射性核素所处的状态，称之为同质异能态，这种状态在自然界中是比较少见的。