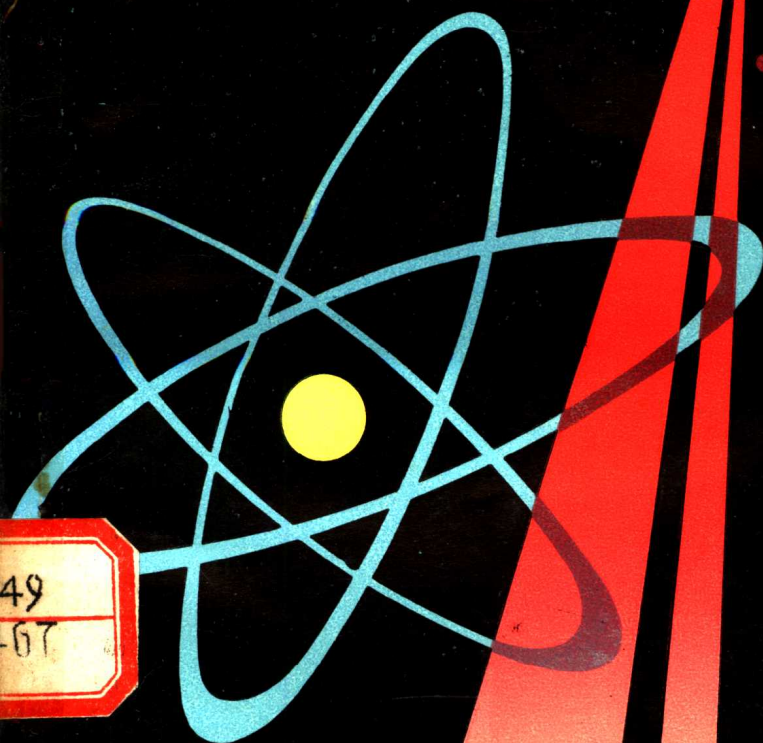


铀和原子能的故事

郑 能 武



安徽科学技术出版社

铀和原子能的故事

郑 能 武

安徽科学技术出版社

1980·合肥

铀和原子能的故事

郑能武

*

安徽科学技术出版社出版

(合肥市跃进路1号)

安徽省新华书店发行

安徽新华印刷厂印刷

*

开本787×1092 1/32 印张3 字数62,000

1980年1月第1版 1980年1月第1次印刷

印数1—5,000

统一书号13200·7 定价0.27元

目 录

原子能时代.....	1
平凡的童年.....	3
交上了好运.....	5
居里夫人的发现.....	8
揭开“射线”之谜.....	11
怎么知道原子有核.....	14
卢瑟福“看见”质子.....	17
戏剧性地捕获中子.....	20
俱乐部成员名单.....	22
同位素的转变.....	26
改进射击技术.....	29
一加一不等于二.....	32
核子间的作用力.....	36
没有成功的探索方法.....	40
气壮山河的礼炮声.....	41
自我介绍和应用小史.....	45
性格不同所带来的困难.....	49
天堑变通途.....	53
两兄弟分家.....	55

原子弹·····	57
原子反应堆·····	60
反应堆“速写”·····	63
燃料越烧越多的增殖堆·····	66
原子能发电·····	70
核电站的安全问题·····	72
原子能的用处多·····	74
原子能的综合利用·····	77
同位素制造厂·····	78
铀的栖息场所·····	82
找矿、选矿、加工方法·····	85
海水提铀的设想·····	88
用智慧之石不断铺路·····	90

原子能时代



正如一个人有自己的成长史一样，各种化学元素也有自己的发现、发展史。

不同的化学元素有着不同的特性。各种元素总是以其特有的品质和优异的性能贡献于人类的进步与文明，它们都是有功之臣。有的元素，如铜、铁和铀，甚至对一定阶段上的社会生产力的发展，产生很大影响，成为生产力突跃的一种标志。

在遥远的石器时代，人们的生活是十分艰苦的。那时候，峰峦起伏的山陵，跳跃着凶猛的禽兽；蜿蜒曲折的流水，生活着鱼虾水族；广阔无垠的苍穹，飞翔着形形色色的鸟类。人们依靠集体的力量和手中钝拙的生产工具——石器，狩猎捕鱼，采集野果，砍伐树木，过着饥不饱食、衣不蔽体的穴居野人式的生活。人类自从用上了铜和青铜器之后，社会生产的面貌大为改观，在牧业、渔业迅速发展的同时，手工业蓬勃地

发展起来，几百上千人协同操作的手工工场出现了，人们的劳动更加富有成效。所以，在世界文明古国的发展史上，人们把广泛使用铜和青铜器的时期称为“青铜时代”。在我国出土的许多造型瑰丽、图案精美的青铜器，反映了灿烂的古代文明，至今使我们仍然为之赞叹不已！

继“青铜时代”之后的是“铁器时代”。大量使用铁制作生产工具、武器和生活用具，使社会生产力得到了空前的提高。这个时期最大的成就是农业生产的发展。人类由主要从事渔、牧、手工业劳动，转向主要从事农业生产劳动。铁元素和一两千年前人类的生活早已息息相关，现在它和人类的生产、生活的关系更为密切。耸立的高炉，转动的机器，飞驰的列车，哪一样不是铁元素为人类服务的见证，哪一样不是它馈赠人类的珍物！

也许有人不解：广泛使用青铜器的时代叫“青铜时代”，广泛使用铁器的时代叫“铁器时代”，难道还有一个广泛开发利用铀的“铀器时代”吗？！当然，从未有人这样称呼过。不过，如果我们把今天所处的时代称为“原子能时代”，而把铀元素说成是人类进入原子能时代的一位卓越的向导和能源舞台上的功勋演员，那是一点也不过分的！因为，铀的放射性衰变激起了人们正面窥视原子内幕的热情，短短的几十年间人类在新开辟的无比诱人的原子世界里所取得的成就，诸如无线电电子、计算机科学、生物分子工程和生命现象的研究等等，是过去任何历史时期所无法比拟的。铀的人工裂变成功，使人类获得空前强大的能源——原子能。原子能和放射性在农业、工业、交通运输业等各个领域的初步应用，使人们相信它的威力是巨大的。铀的这些昭著的勋业难道不

值得为它编织一项美丽的花冠吗？

这本书正是向读者介绍铀元素的身世的，铀放射性的发现，铀的人工裂变与原子能的开发，名目繁多的反应堆和放射性同位素在许多领域的应用。

平凡的童年



有些化学元素一经发现，很快就得到大规模的应用。它们从童年时代起就是出头露面的“人物”。

铀元素的童年却是漫长而平淡的。

铀的名字是德国人克拉普罗兹取的。1789年，克拉普罗兹用一种黑色的沥青状的矿物做了一个实验。他把矿物溶解在硝酸里，加碳酸钾中和，得到一种黄色沉淀物。再把黄色沉淀物和碳一起加热反应，得到外表非常象金属的、带光泽的黑色物质。他断言这种物质是一种新元素。1789年9月24日，他在普鲁士皇家学院的一次学术报告会上，公布了这个新的发现。

1781年赫歇尔发现了一颗围绕太阳运转、质量比地球稍大一点的新行星——天王星（Uranus）。克拉普罗兹为了纪

念这颗新行星，他把自己发现的新元素也命名为Uranium，即天王星的意思。取Uranium的译音，中文把它叫铀。象铀一样用星球名字来称呼的化学元素还有好几种，如氢的原意是太阳，硒的原意是月亮，镭和钷的原意是海王星和冥王星等。

克拉普罗兹的发现得到许多化学家的肯定，包括当时享有名望的化学家柏齐利乌斯在内。尽管如此，他所得到的黑色物质并不是真正的金属状态的铀，而是铀的一种化合物。只是克拉普罗兹误认为元素罢了。

1841年，细心的佩利戈特从这种黑色的、有着金属光泽的物质中分离出氧元素，才证明它不是单质状态的铀而是化合物。次年，他用金属钾还原法，从四氯化铀中第一次真正得到了金属铀。做钾还原四氯化铀的实验是需要一点勇气的。因为实验有爆炸的危险。佩利戈特巧妙而谨慎地控制了反应速度，用大小两个白金锅当容器做成功了实验。银白色的金属铀终于以其真实的面貌出现在人们的眼前。

从铀的命名到第一次真正制得金属铀，尽管中间经历了大约五十年的时间，但是，人们对它并不真正了解。在它出生后的几十年，还把它的原子量弄错，为了铀的原子量，相隔千里的佩利戈特和门捷列也夫还背靠背地打了一场“官司”呢！

佩利戈特测定了铀的原子量为120。1869年门捷列也夫发现元素的化学性质随着原子量的增长呈现出周期性的变化（这就是当时元素周期律的说法，现代元素周期律的表述形式是：元素化学性质随着核电荷数增加呈现周期性的变化）。如果认定铀的原子量是120，它就应当排在银和碘之间。可是这样的位置，不仅和铀的化学性质不符，而且破坏了整个周期性的规律。门捷列也夫认为根据铀的化学性质，它应当

和铬、钼、钨组成亲属关系，于是他把铀的原子量加倍，改为 240，正好排在铬、钼、钨的下边。

佩利戈特的测定值肯定是错了。应当承认门捷列也夫比前人前进了一步。然而这场“官司”谁也没有打赢。后来精确测定铀的原子量为 238.029。铀和第六副族的铬、钼、钨不是亲属关系。它属于周期表中的锕系元素，整个锕系的位置排在第三副族镧系下方。

由于对铀缺乏了解，一百多年间人们只给它摊派了一个小小的职务：担任玻璃、瓷和珐瑯的“着色师”。把很少一点点铀化物，比如万分之一左右，掺进玻璃，玻璃就着上鲜艳的黄色。增加铀化物的含量，玻璃颜色加深，呈现暗绿色直至黑色。为了生产着色剂——铀化物，当时盖起了以沥青、铀矿为原料的“铀黄”工厂。

就是这样，铀在极其普通的岗位上悄然度过了自己的“童年”。这就是铀的发现史上第一块里程碑。

交上了好运

在铀黄工厂和玻璃车间之间整整徘徊了四十几年的铀元素，终于在 1896 年第一次交上好运气。由于它的放射性性质——铀的一种重要的品质被人们发现而推上了引人注目的地位。

1895 年德国物理学家伦琴发现，当高速运动的电子流冲击玻璃表面时，玻璃表面泛起美丽的带绿色的荧光，同时还



释放出一种看不见的射线(高速电子流冲击金属表面也能获得这种射线)。射线的穿透本领很强。它可以穿透人体的肌肉、黑纸、木头,甚至薄薄的金属片,能使空气分子电离,使荧光物质产生荧光,使照相底片感光。由于对它的本质缺乏了解,当初用未知数X给它取了个名字叫做“X射线”。

X射线实质上是一种波长比紫外线还要短的光波,肉眼看不见,但我们仍然能感觉到它的存在。比如,让它射到荧光屏上,荧光屏就发

出可见的荧光。外科医生正是利用X射线(又称X光,伦琴射线)使荧光屏发光,利用X射线的穿透本领(能穿透肌肉但不能穿透密度大的骨骼、结石、结核病灶、肿瘤等),做体格和病理检查。

在伦琴刚发现X射线那个年代,X射线是非常神秘的。探索它的奥秘成为当时科学上的热门。四十四岁的法国物理学家亨利·贝克勒尔,非常热中于这项研究。面对产生X射线的玻璃管壁能同时泛发荧光的现象,他思索着:X射线和荧光之间有没有联系?有什么联系?X射线能穿透黑纸使包在里面的底片感光,荧光能不能?他收集了多种荧光物质,开始了一次又一次的实验。

所谓荧光物质是一种受光照射或受微粒流冲击之后能发光的物质。不受照射或冲击是不会发光的。如日光灯管内表

面的白色物质就是一种荧光物质。它在管内紫外光的照射下，发出柔和的近乎白色的荧光。切断开关后，紫外线消失了，荧光很快也就消失了。

因为想弄清楚X射线和荧光之间的关系，实验时贝克勒尔总是把照相底板用黑纸包裹起来，然后在黑纸上放上荧光物质，再搬到太阳光下去曝晒。他想，如果荧光就是X射线的话，那么它一定会穿透黑纸使下面的底片感光。实验已经进行了许多次了，底片并没有出现感光现象。但他没有泄气，仍然坚持实验。

有一次，贝克勒尔准备好了一块含铀的荧光物质硫酸钾铀，不巧天空阴云密布，他只好把硫酸钾铀块连同底片还有一把钥匙一起收藏在抽屉里。不久，金黄色的太阳露出笑脸，悬挂在湛蓝的天空上。贝克勒尔高高兴兴地准备重新实验。按理说锁在抽屉里的底片是不会漏光的。但持有严谨科学态度的贝克勒尔，仍按照惯例试冲了底片。使他十分震惊的是不但底片跑光了，而且底片上还留下一把清晰的钥匙的影象。这是怎么回事呢？底片是包裹得严严实实的锁在抽屉里，自然光根本进不去。荧光物质硫酸钾铀事先又未经阳光曝晒，是不可能发出荧光的，显然底片感光 and 荧光没有一丝一毫的关系。后来，贝克勒尔的惊异的、兴奋的目光终于停留在硫酸钾铀的身上。他决定从它寻找答案。

他注意到：铀盐中确实有一种看不见的射线发射出来。射线可以透过黑纸使底片感光。抽屉里的底片漏光和钥匙历史性的留影就是这种射线干的。而且，当铀盐在完全黑暗中保存数月之后，它对照相底片的感光作用没有明显的减弱，完全不象荧光那样随时间很快减弱、消失。他还观察到靠近

铀盐的空气存在电离现象，以致带电的验电器可以放电，等等。贝克勒尔最后得出结论，铀元素能从物质内部自发地放射出一种肉眼看不见的射线，它不同于伦琴发现的X射线，也不同于荧光。

贝克勒尔“无意间”、但却带着科学的必然性发现了铀的天然放射性现象，它迅速地传遍了世界各地。射线是什么？铀的放射性意味着什么？放出射线后铀是否发生某些新奇的变化？有没有别的元素象铀一样具有放射性？一连串的问题象弹片挑动琴弦一样拨弄着人们的心弦。一个轰轰烈烈的研究放射性的热潮出现了。

铀的放射性被发现和被研究是铀发展史上第二个里程碑。

居里夫人的发现

从探索放射性秘密开始的轰轰烈烈的研究热潮，带来了三个方面的重大成果。第一个成果是发现了新的天然放射性元素和天然放射系，产生了新兴的放射化学学科。第二个成果是弄清射线的本质，产生了威力巨大的粒子加速器。第三个成果是把原子不可分割的思想禁锢打得粉碎。

读了贝克勒尔发现铀的天然放射性的研究报告之后，皮埃尔·居里(1859—1906)和他的妻子玛丽·居里(1867—1934)决心把放射性的研究工作深入下去。于是，他们找来各种铀矿石和铀化物，进行了相当详细的考察工作。他们观察到所有铀

化物和铀矿石都有放射性，与铀在化合物及矿石中究竟以什么形式存在完全无关。并初步发现铀化物和铀矿石的放射性强度随着铀元素的含量多少而增减。这一点使他们确信放射性必定是铀元素的一种重要的内在的性质。

为了验证强度和含量之间的规律性，他们认真地进行了放射性测量。一次又一次地更换样品，验证的结果是：铀含量和强度之间存在着正比关系。可是当对一种名叫沥青铀矿的矿石进行测量时，发现矿

石的放射性强度比根据矿石中含铀量推算出来的放射性强度高四倍！奇怪呀，哪来那么强的放射性？玛丽·居里大胆地推测道，沥青铀矿里含有一种极少量的物质，它们的活动能力比铀本身强烈得多；它必定是一种新的元素。

为了证实她的推测，玛丽·居里和她的丈夫在非常困难、非常简陋的条件下，以坚韧不拔的毅力开始了寻找新元素的艰苦卓绝的战斗。

那是何等浩繁而紧张的工作啊！由于沥青矿里新元素极少极少，不得不处理成吨成吨的矿石。由于矿石成份十分复杂，不得不进行一道又一道的化学分离。他们在大缸里溶解矿石，用铁锅蒸发溶液，整天和大量的有刺激性、腐蚀性的盐酸、硫酸、氢氧化铵以及散发着臭鸡蛋味的有毒气体——硫化氢打交道。花费了整整两年的时间，终于从成吨的矿石



里先后得到两份放射性很强的物质。一份是铋的沉淀物，一份是钡的沉淀物。普通的铋和钡是没有放射性的。放射性是由性质和铋、钡相似而夹杂其中的新元素产生的。玛丽·居里把夹杂在铋里的新元素命名为钋，把夹杂在钡里的另一种新元素命名为镭。镭这个词，拉丁文的意思是“放射”。

新发现的元素钋和镭，它们的放射性比铀强得多。镭的放射性强度是铀的几百万倍。钋的放射性强度是铀的上百亿倍！尽管在沥青铀矿中，镭的含量约为铀含量的三百万分之一，钋的含量更少，但它们对放射性强度的贡献可大咧。

又经过两年的努力，到1902年他们从两吨废矿渣中获得了0.1克极纯净的镭的氯化物。1910年制得金属镭。

铀的天然放射性导致镭和钋的发现。而居里夫妇等科学家研究、分离放射性元素的方法，为一门新兴学科——放射化学的产生奠定了良好的基础。

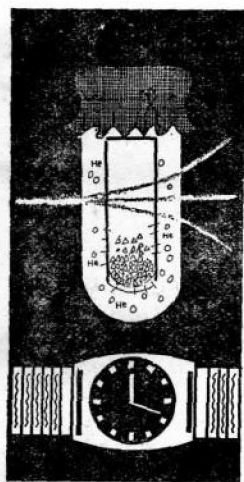
差不多和居里夫妇同一时期，科学家们又发现和分离出好几种天然放射性元素。

现在知道，所有原子序数大于83的天然元素都有放射性。它们分属三大宗族。用放射学的语言来说，它们构成三个天然放射系。即铀镭系、钍系和锕系。同一宗族的成员彼此都是嫡属关系。拿铀镭系来说，铀是这个放射系的老祖宗，它有一系列的子孙，镭和钋分别是铀的第六代和第六代以后的子孙。矿石里发现的镭和钋就是铀放出射线之后演变出来的。

原子序数小于83的天然放射性元素只有两种，它们是钷和钷（许多书上把钷当做人造元素，以为它在自然界是不存在的。1972年有人提出在天然铀矿里发现了钷，后来又确定了它在地壳中的含量为 $4.5 \times 10^{-24}\%$ ）。除了天然存在的放

射性元素以外，人们还用原子能反应堆和加速器造出了许多放射性同位素，这些放射性物质正在生产和科研中发挥作用。

揭开“射线”之谜



放射性现象被发现了，可是射线是什么东西？世界各大实验室的科学工作者们都在积极地工作，渴望尽早揭开这个谜。

贝克勒尔、吉塞耳、梅逸、维拉德和卢瑟福等人，用研究阴极射线〔注〕、X射线那样一套办法考察了射线在电场、磁场中的行为以及射线穿透物质的本领。

如果用一个铅块，钻上小孔，在孔里放进少量放射性物质，那么由于铅块的阻隔作用，只有一束射线顺着小孔射了出来。让射线通过

〔注〕 在抽去空气的真空管里，封上两个电极，并且在电极间加上较高的电压，即可观察到有一束粒子流从阴极表面射向阳极。因为它从阴极射出的，所以称为阴极射线。班兰、汤姆逊和密立根等人仔细研究了粒子流的性质和测定了它的质量、电荷。并且把阴极射线的小粒子取名叫电子。电子的电量定为电量的最小单位。所以，通常说电子带有一个电量单位的负电荷。电子的质量为 9.109534×10^{-28} 克或者等于 5.4858026×10^{-4} 原子质量单位。

磁场，发现原来并成一束的射线分裂成三股。其中一股在磁场中偏转的方向和阴极射线在磁场中的偏转方向相同，人们称之为 β 射线或 β 粒子流。 β 射线和阴极射线本质上是一样的，都是一股电子流。不同之处在于，阴极射线是真空放电时由阴极表面发射出来的，电子速度比较小，大约只有光速的百分之几； β 射线则是原子内部自发地释放出来的，电子速度快，可达到光速的百分之三十至百分之九十九左右，光速每秒约三十万公里。按百分之三十打个折扣，每秒也有九万公里，可见 β 射线的速度是很高的。由于跑得快， β 射线穿透物质的本领也强。象子弹一样， β 粒子能射穿几毫米厚的铝片，在空气中的射程可达几十米。贝克勒尔的底片漏光，还有它一份历史性功劳呢！

另一股偏转方向和 β 射线相反的射线(或粒子流)，称为 α 射线。通过它在电场和磁场中的偏转情况，科学家们很快就测出它所带的电量和质量。从 α 粒子所具有的电量和质量来看，和当时已经知道的一种元素——氦完全一样。不过这一点还需要通过实验证实才有说服力。

α 粒子是不是氦？这个问题久久盘旋在英国著名的物理学家卢瑟福的头脑里。他决心设计一个实验来验证。他把一个大玻璃管套在一个薄壁的小玻璃管的外面，然后将少许镭盐放进小玻璃管，内外管全部抽空并密封起来。由于内管壁很薄，放射性镭盐放射出来的 α 粒子正好可以穿过薄管壁进入外管。几天后，卢瑟福用光谱分析方法分析外管气体成份，发现外管气体有氦。无疑它是内管镭盐射出的 α 粒子。这一实验加上其它证据，最终肯定了 α 粒子就是失去两个电子的氦原子或称氦核。 α 射线就是氦核流。