

贝克勒尔的伟大功勋

金亮 王娟

1903年诺贝尔物理学奖一半授予法国物理学家亨利·贝克勒尔(Antoine Henri Becquerel),以表彰他发现了自发放射性。原子核自发地放射出 α 、 β 、 γ 等各种射线的现象,称为放射性。放射性的发现意义是十分伟大的,它开启了物理学崭新的篇章,而这个伟大的发现背后则有一名同样伟大的物理学家——亨利·贝克勒尔。

一、贝克勒尔生平

贝克勒尔1852年12月15日出生于法国巴黎,一个有名望的学者和科学家的家庭。1872年他进入综合工艺学院,1874年进入蓬塞特夏萨斯地方政府任职,1877年成为工程师,1894年晋升为总工程师。1888年,他取得了科学博士学位。1878年他被任命为自然历史博物院的助教。1892年贝克勒尔被任命为巴黎博物院自然历史部的应用物理学教授,1895年成为综合工艺学院的教授。贝克勒尔在光学、磁学做过许多实验研究。1875至1882年曾研究过磁场对偏振光的旋转和地磁对大气的影响;1886至1888年曾对磷光晶体在红外线辐射下的激发现象做过研究;1896年由于他发现了天然放射性现象,而使他早年的研究工作退居次要地位。

任何一次科学上的重大发现都离不开科学家当时所处的客观环境。19世纪末物理学有3项重大发现:1895年伦琴发现X射线,1896年贝克勒尔发现天然放射性,1897年汤姆孙发现电子,这些发现有着其深刻的社会背景和历史根源。当时,欧洲的工业生产和新技术的应用已经初具规模。电力工业的发展,电光源的普遍使用,促使科学家们更深入地研究气体放电规律和开发新的真空技术。新的电光源、真空泵相继问世,也为阴极射线的发现和研究奠定了基础。X射线和电子的发现正是研究阴极射线的直接成果,而放射性的发现则是在研究X射线的过程中获得的。可以说没有X射线的产生,就没有放射性的发现。



二、贝克勒尔发现放射性的过程

1895年伦琴发现X射线后轰动了整个物理学界。他将自己的论文和所拍摄的X射线照片分别寄给一些著名的物理学家。1896年1月20日在法国科学院每周一的例会上,庞加莱(Poincare)院士向与会者展示了伦琴的论文和照片,大家对X射线的产生和本性议论纷纷。当时在场的贝克勒尔问到,X射线究竟是从哪里射出的。庞加莱答道,他认为可能是从阴极对面的玻璃管壁

发出荧光的地方发出的。贝克勒尔马上感到X射线可能和他长期研究的荧光和磷光有关,即X射线可能伴随着荧光现象而产生。

但是,回去后他通过实验发现,荧光和磷光物质并不发射X射线,二者毫无联系。后来他又读了庞加莱介绍X射线的一篇科普文章,文章中谈荧光和X射线在某些荧光较强的物质中会同时产生,这就启发了贝克勒尔,他决心再做实验,以彻底弄清荧光和X射线是否有确切联系。2月下旬,他选择了一块铀盐(硫酸铀酰钾)作为实验材料。贝克勒尔知道铀盐在阳光照射下能发生荧光,于是他用黑纸包了一张照相底片,上面放上铀盐,然后放在阳光下暴晒了几个小时。尽管照相底片没有在普通光线下暴露过,但在显影时,贝克勒尔却发现底片上有铀盐轮廓的影子。2月24日,他向法国科学院作了题为《荧光中发生的射线》的书面报告,他写道:“从这些实验可作如下结论,所研究的磷光物质会发出一种辐射,它能贯穿对光不透明的纸,并且能使银盐还原。”这时他还误以为底片感光是由X射线引起的,而X射线的产生是由于太阳光照射铀盐的结果。

贝克勒尔想再做一些实验,以便在3月2日科学院的例会上报告其发现;但不巧的是,从2月26日起连连阴天,无法进行实验。他只好把包好的照相底片放进抽屉里,随手将铀盐放在其上。到3月1日天气转晴,他准备继续实验。有着很高实验素

质的贝克勒尔想到应该事先检查一下底片，于是就冲洗了底片。他想，荧光物质没有强光照射是不会发出荧光的，在阴天的光线下，即使发出荧光也一定很弱；X射线是和荧光一起产生的，一定也很弱。他预计，底片不会很清楚。出乎他的意料，奇怪的事情发生了。冲洗出来的底片显出非常清楚的铀盐轮廓。看来这些天，荧光物质在一直不停地发出X射线。

贝克勒尔知道，只有在强光照射下，荧光物质才能发出荧光。停止照射后，荧光物质在一段时间里还能继续发光，这段时间叫做荧光的寿命。贝克勒尔用的铀化合物的荧光寿命非常短，只有0.01秒。因此，根据这次实验的结果，贝克勒尔断定：荧光物质发出X射线的时间和荧光寿命并不一致。第二天，贝克勒尔在科学院介绍了他一一周来的实验情况。对于发现的偶然情况，他提出了一个新的看法：荧光现象中产生的不可见的射线的寿命要比荧光的寿命（0.01秒）长得多。

过了一个星期，贝克勒尔又到科学院去作报告。这一个星期，他的实验是在暗室中做的。他在后来的回忆中这样写到：“我在一个由不透明纸板制成的盒底，放置一张照相底片，然后在它的灵敏面放一块凸型铀盐壳，使其只在几点上触及乳胶，再后，在同一张照相底片上，沿着该壳的旁边，我又放置了另一同样铀盐壳，并用一块玻璃板使其与乳胶隔开。这种操作都是在暗室中进行的。盒是关着的，并用另一纸板箱套着，放在抽屉里面。我又用一个由铝板闭合的暗匣，其中放一块照相底片，并在该底片上放一个铀盐壳。然后将它全部放入不透明的盒中，再将盒放在屉内。五小时后，我洗照相底片时发现壳包晶体的轮廓呈黑色，如同以前的实验一样，而且好像由于光的影响而发出了磷光。在铀盐壳直接放在乳胶的情况中，它在接触点的作用，与它在距乳胶一毫米远的部分壳之下的作用，略有不同。不同的原因可能是因为有效辐射源的不同。玻璃板上所置壳的作用稍有削弱，但壳的形式则再现得很好。最后，这种作用在通过铝板时曾有相当大的削弱，但是仍然很清楚。”在暗室中，铀化合物根本不发荧光，但照片依然很清楚，不可见的射线的强度一直没有发生变化。大家于是议论纷纷，庞加莱的想法可能有问题，看来荧光现象和X射线并没有关系。试验继续了一个月，贝克勒尔回去又用硫

化铍、硫化钙等荧光物质来做了实验，但是无论太阳怎样晒，也没有得到预期的射线照片。其他几种荧光物质并不发出什么不可见的射线来。但是保存在暗室中的铀化合物，还是在不停地放出不可见的射线。这时候，贝克勒尔已经确定不可见的射线和荧光没有关系，放出不可见的射线的，一定是硫酸钾铀复盐中的某种物质，只是还不知道到底是硫酸，还是钾，或者是铀。贝克勒尔又埋头作了大量的实验。他用纯硫酸钾作实验，照片没有感光，证明硫酸和钾都不会放出不可见的射线。唯一的可能就是铀了。于是他换用别的铀化合物试验，照相底片果然感光了。不是荧光物质，而是铀在不停地发出不可见的射线。但是，这不可见的射线是不是X射线呢？贝克勒尔告诉大家：不是！他用金箔验电器检查铀放出来的不可见的射线，发现张开的金箔会很快地合拢，而X射线则没有这种性质。这说明铀放出来的射线不是X射线，而是一种新的射线。这种新的射线是带电的，有点儿像阴极射线。于是他他以《论磷光物质放射的看不见的射线》为题，向科学院报告了他的新发现。

贝克勒尔认识到这一新发现的重要性，转而研究各种因素对这种新射线的影响。进一步的实验使他发现，铀盐的状态、温度、放电等对这种新射线毫无影响，纯铀放出的射线比铀盐强许多倍，这种新射线可以使照相底片感光，还可以使气体电离，它和荧光不同，几乎不随时间而衰减等。后来在5月18日科学院的例会上，贝克勒尔系统地报告了他的新发现及对它的研究，并得出结论说，这种新射线不依赖于任何外部光、电、热等激发方式，它是一种新型的自发射现象。一切铀盐都放出相同性质的辐射，这一性质应和铀这种元素相关的一个原子的性质类似，即射线应由铀原子本身性质决定，来自原子本身。后来人们称这种新射线为放射线或贝克勒尔射线，物质能自发地放射射线的性质叫放射性（此名为居里所定），后来为了区别，又将其称为天然放射性，具有放射性的元素称为放射性元素。

三、影响贝克勒尔发现放射性的因素

贝克勒尔发现放射性在科学史上往往被人们看成是实验科学中偶然性发现的例证之一。这一发现实在是太偶然了。如果不是伦琴发现X射线在先；如果不是庞加莱的提示；如果贝克勒尔没有把铀盐当作试验对象；如果1896年2月26~27日巴黎不

是阴雨天；如果贝克勒尔没有把未曝光的底片置于铀盐下，搁在抽屉里；如果他不是把没有曝光的底片也拿来冲洗，也许贝克勒尔就不会发现放射性了。那样的话，放射性就不知道推迟到什么时候由什么人发现了，而放射学和核物理学的历史必将改写。有人会说，难得的一系列巧合使贝克勒尔交了好运，他的发现有相当大的偶然性，但贝克勒尔自己常对人说：在他的实验室里发现放射性是“完全合乎逻辑的”，甚至他认为如果他的父亲 1896 年还活着的话，他的父亲也可以完成这个发现。那么为什么贝克勒尔会持有这样的观点呢？对于这个问题我们要从几方面来进行分析。

首先是家族的影响。贝克勒尔是研究荧光和磷光现象的世家子弟。他的祖父安东尼·贝克勒尔是巴黎自然历史博物馆的物理学教授，擅长电磁学，研究领域广泛，涉及矿物学、测量学以及化学等方面，对磷光也很有研究。父亲爱德蒙·贝克勒尔接任物理学教授，是欧洲的固体磷光专家。亨利·贝克勒尔在家庭环境的熏陶下，也成为出色的物理学教授，1891 年继承了父业。祖孙三代都是知名的科学家，这在科学文化中心之一的法国并不是独一无二的。伯努利（Bernoulli）家族就出过好几位著名的科学家。爱德蒙·贝克勒尔曾研究过阴极射线管中的磷光现象，并与他父亲和比奥（Biot）合写过关于磷光的论文。在他家的实验室里拥有各种各样荧光和磷光物质，长年进行各种试验。1867~1868 年，爱德蒙·贝克勒尔出版了他的著作《磷光及其成因和效果》，这本著作是这一领域的权威之作。他注重实验数据的收集，而不轻易下结论作解释。这种作风对亨利·贝克勒尔肯定是有影响的。而整个贝克勒尔家族的研究传统是机敏、审慎且注重实验细节。其影响对于亨利·贝克勒尔来说也是可想而知的。

其次介绍铀盐。铀是 1789 年由克拉普罗士（Klaproth）在检验沥青矿时发现的，实验上他得到的是铀的氧化物。1857 年有人把铀盐用于照片印刷，后来又用于照相术。1896 年门捷列夫提出元素周期表时，把铀列为最重的元素，这就引起了人们对它的注意。铀的早期应用除了照相术以外，还被用于给皮革和毛皮上色，充当丝棉的染剂，随钢炼成合金等。最突出的应用要算陶瓷工业和玻璃工业中的上釉和着色，改变铀盐比例，可得各种不同色

彩。铀在科学上也有应用，例如盖斯勒（Geissler）在 1858 年吹制放电管时就采用过铀玻璃，这种真空管在放电时，会发出悦目的光彩。到了 19 世纪 90 年代，铀已经不再是什么希罕的珍品，它已成为商品化的化学试剂了。亨利·贝克勒尔一开始从事的是光学，他广泛研究过磁旋光性（法拉第效应、克尔效应和光谱在磁场中的分裂等）以及红外光谱，并通过红外光谱研究磷光现象。从 1883 年开始到 1896 年发现放射性为止，他对磷光及有关问题已发表了 20 篇论文，铀盐也是他经常试验的对象。在他父亲工作的基础上，他继续研究了铀盐的性质。

照相术的发展也是发现放射性的必要前提，没有照相术的发明和应用，放射性的发现是难以想象的。照相术的发展早在 19 世纪 40 年代就已诞生，1851 年发明了湿珂罗酊法。它的好处是速度快，缺点是从曝光到显影，照相底片必须保持在湿润状态下，底片要临时配制，并且摄影者要带着黑箱及其他设备旅行，使用非常麻烦。所以迫切需要发明一种干板或至少有一种办法能使珂罗酊（硝棉胶）在更长的时间内保持灵敏。这两方面的努力不久都取得成功。与此同时，照相底片已经有了商品出售。1856 年英国伯明翰的一家公司生产了第一批干板。1864 年开始有商业性照相乳胶出售，7 年后用上了明胶。1879 年已经有自动制作明胶玻璃板的专利，开始了稳定生产的阶段，而赛璐珞片和硝化纤维卷片在 10 年后也出现了。照相术在实验室中的应用，大约是在 19 世纪 50 年代开始的，主要用于配合显微镜拍摄微小图像，配合望远镜拍摄天体，记录动物运动，进行空中摄影，研究闪电等自然现象以及拍摄光谱等。伦琴在发现 X 射线的《初步通信》中，就特别提到过照相术。显然，到了 1896 年，亨利·贝克勒尔已经可以自由运用质量稳定、乳胶均匀、保持性能良好的干板照相技术了。他父亲也对照相术作过研究，为他创造了良好的实验条件。所以，他可以毫无困难地用照相术探寻铀盐的贯穿辐射。

另外，主观因素也不容忽视。在科学上，决不能轻易地放过偶然出现的现象。新的苗头或线索一经出现，就要立即抓住它，问它个为什么，查它个水落石出。据说，在贝克勒尔之前，已经有人发现了这种怪现象。有一位科研人员把沥青铀矿石和包好的照相底片搁在一起，底片因曝光而作废了。但是，这个人只得出了一个“常识性”的结论：不能

把照相底片同沥青铀矿石放在一起。这个结论虽然是对的，也有实用价值，可是由于他缺乏一种追根究底的钻研精神，没有把原因搞清楚，以至白白地放过了完成一项重大发现的机会。粗心的人是难有重要发现的，伟大的机会到来时，常常擦肩而过。近代微生物学奠基人巴斯德说过一句话：“在观察的领域中，机遇只偏爱那种有准备的头脑。”而贝克勒尔正是具备了这样的头脑，在日常工作中，注意细心观察，不放过每一个细节。他具有客观、严谨的科学态度和坚韧不拔、追根究底的探索精神。所以，贝克勒尔发现放射性是“合乎逻辑的”。

在贝克勒尔的发现过程中，他先后作出过几个错误的假说：第一，X射线是由发荧光的玻璃产生的；第二，其他发荧光的物体也会发出X射线；第三，铀盐不发出荧光时也能发出X射线；第四，发出神秘射线只是铀的一种特殊性质。英国著名物理学家瑞利勋爵曾说过：“一个如此奇妙的发现，竟然起因于一连串虚假的线索，这真是惊人的巧合。科学史上大约很难再出现与这相似的发现。”这种巧合虽然令人惊奇，但是也不能因此就得出结论，认为是错误的假说导致了贝克勒尔的发现。事实上，是在对这些假说的实验验证中，发现了它们的不正确；是对它们的证伪，才有了新的发现和正确的认识。上述第四个假说，贝克勒尔一直没有突破它，也就限制了他的研究工作发展。贝克勒尔从X射线发现得到的最有价值的启示，是对肉眼看不见的射线的一种探测方法：它们可以穿过不透可见光的厚纸包层而使照相底片感光，他的X射线与荧光有关的假设虽然被否定了，但是，由于他运用了新的研究方法，由这个假说引导他去进行实验探索，发现了一种肉眼看不到的新辐射。贝克勒尔虽然是在错误的假设下开始进行的实验，但是由于他有正确的科学态度，能够反复实验，尊重事实，并且通过科学分析不断修正错误的假设，结果终于完成了伟大的发现。因此，贝克勒尔发现放射性对我们也有很大的启示。

四、贝克勒尔的伟大贡献

由于在长期着迷的研究中受到放射性的伤害，贝克勒尔的健康受到了损害。1901年，贝克勒尔因

内衣口袋里装着居里夫妇提取的放射性元素样品而被严重地灼伤，许多高级医学专家为他会诊也无能为力，只好劝他去疗养。“可以去疗养，但必须把我的实验室搬到疗养院去。”贝克勒尔只提了这样一个要求。实验室是他的朋友，他的战场，他通向科学圣地的阶梯，他一生追求和心血倾注的地方，他怎么会舍得离开呢？但是，疾病无情，最后贝克勒尔实在支持不下去了，才同意去疗养。1908年8月25日贝克勒尔为科学献出了他宝贵的生命，当时他只有56岁。后人为了纪念这位放射性研究的先驱者，特地把放射性活度的单位命名为“贝克勒尔”，简称“贝克”。贝克勒尔虽然已经远去，但天然放射性的发现，从根本上改变了人们的传统观念，冲击着经典物理学大厦的基石，促使人们去建立新观念、新理论。

（金亮，北京市中关村第一小学 100190；王娟，北京市第八十中学 100022）



科苑快讯

已知质量最大的中子星

最近发现的一颗位于4000光年远处的中子星打破了该类天体质量的最高纪录，其质量是太阳的2倍，比此前已知最重的中子星还重20%。中子星是大质量恒星崩溃后产生的由中子构成的致密天体。打破纪录的中子星编号为J1614-2230，属于毫秒脉冲星，以每秒300圈的高速自转，并向地球方向每隔几毫秒就发送一次射电脉冲。天文学家是基于爱因斯坦相对论，通过这些脉冲经过其伴星的引力场产生的延迟效应来计算其质量的，他们已将论文发表于《自然》杂志。由于其白矮星伴星质量较大，因此为其质量计算提供了便利。

这一发现可能会改变科学界对中子星成分的理解。一些天文学模型推断，中子星除中子外，还应该包含超子、K介子等亚原子粒子。不过这颗中子星的成分还是个谜。

（高凌云编译自2010年10月27日
www.sciencemag.org）