

发现钋和镭 100 周年纪念

聂福元 李 进

(宁夏大学物理系 银川 750021)

1898年,玛丽·居里和皮埃尔·居里宣布在沥青铀矿中用分馏法发现了放射性元素钋和镭.此后,他们又用结晶法提取出了镭,并对镭的性质、应用及其衰变产物的特性进行了一系列研究,做出了伟大发现.这些成就是在极端困难的条件下取得的.在此期间提出的概念、理论、完成的著作作为开辟科学研究和技术应用的新领域奠定了坚实的基础.鉴于居里夫妇对于天然放射性研究的卓越成果,1903年被授予诺贝尔物理学奖.另一半奖金授予首次发现天然放射性的贝克勒耳.

爱因斯坦在《悼念玛丽·居里》一文中写道:“我们不要仅仅满足于回忆她的工作成果对人类已经做出的贡献.第一流的人物对于时代和历史进程的意义,在其道德品质方面,也许比单纯的才智成就方面还要大,即使后者,它们取决于品格的程度,也远超过通常认为的那样.”

一、精心选题 走前人未走过的路

1896年8月居里夫人以第一名的成绩通过巴黎大学毕业生担任中等学校教师资格考试.几年来,不懈地努力、刻苦地学习,居里夫人以第一名的优异成绩通过物理学学士学位考试(1893年7月);以第二名的成绩通过数学学士学位考试(1894年7月).现在又一次取得名列榜首的优异成绩.还未稍稍喘息就提出了新的奋斗目标——考取博士学位.准备踏上科学研究工作征途的居里夫人,深知博士论文课题选择和确定的复杂性和重要性.为此,她几乎跑遍了巴黎的所有图书馆和资料情报部门,查阅各种最新的文献和实验报告.最后,她的注意力被新近出版的法国科学家贝克勒耳首次发现天然放射现象的实验报告和论文深深地吸引了.居里夫人细心阅读了有关文献,她发现钋

射线的根本性问题,即含铀化合物不断放出射线的本质是什么?它们的能量是从哪里来的?以及贝克勒耳提出的“铀盐辐射强度与化合物中铀的含量成正比”还无人用实验加以验证,这个假设是否成立?等等一系列问题还没有进行全面而深入地研究,是一片尚未开发的处女地和无人区.居里夫人决定把它作为博士论文的研究课题,走前人未走过的路,去寻根求源,揭示铀射线的神秘本质.

二、百折不回 无人区里任纵横

当时,居里夫人还没有固定的工作,皮埃尔教师工作的收入十分微薄,物质生活很困难又加上居里夫人刚刚分娩,身体还很虚弱.特别是居里夫人要研究的铀射线才发现不久,有关的资料和实验设备匮乏,其社会的实用价值还未被人们认识,得不到必要的研究资金.这是一条荆棘丛生的艰险之路.研究工作一开始,居里夫妇没有进行实验的房间,他们四处求援.最后,皮埃尔任职的理化学校的校长舒尔勃格先生在教学楼底层找到一间储藏室供居里夫人使用.这里低矮潮湿、不见阳光,杂乱地堆放着各种遗弃的器械和无用的废品,长期无人打扫.经过打扫改造,居里夫人终于有了一间简陋的实验室.

巴黎的冬天气候寒冷,在这间没有采暖设备的房间里温度几乎降到零度,居里夫人却全不在乎,开始了她的研究工作.她决定首先精确探测铀射线的强度与哪些因素有关.在此之前,探测铀射线使用的是照相底片“曝光”的方法,既麻烦又不精确.设计一种新的装置和实验仪器精确地测量铀射线的强度就成了居里夫人面临的一个亟待解决的问题.这一次皮埃尔显示了他的才干.根据居里夫人提出的实验目的和要求,皮埃尔和居里夫人经过反复地研究

和实验,研制成了如图1所示的实验装置. A, B 是平行放置的金属板(A通过开关C接地, B通过电池组接地), 极板直径8厘米, 板间距离3厘米, 极间电位差为100伏. B板撒上铀盐粉末, 铀射线使A, B间的空气电离. 如果闭合C使A接地就有电流通过; 如果断开C则A带电, 与A相接的静电计E的指针发生偏转. Q是一块压电石英晶柱, 逐渐增加盘中的砝码, 增大对水晶柱的张力, 由压电效应产生的电荷来补偿E的偏转, 像图1中右边所示的那样. 由于储藏室阴暗寒冷, 湿气很重, 影响静电计的精度和空气的导电性, 在计算时不得不查寻引起误差的因素, 排除干扰.

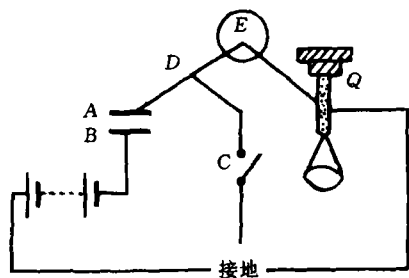


图 1

居里夫人凭着坚强的意志和高度的求真精神, 经过几个星期反复实验、观测、修正和计算使实验结果越来越精确, 定量关系也越来越明显. 到了月底居里夫人得出了重要结论: 第一, 铀元素的射线强度与放在B板上样品所含的纯铀量成正比; 第二, 射线的强度不受样品的化学结构的影响, 也不受光、热、冷等外部因素的影响. 居里夫人用实验证实了贝克勒耳关于铀盐辐射的强度与化合物中铀的含量成正比的假设. 居里夫人研究的独到之处在于, 从量上精确地测量射线的强度, 以此为线索, 进而弄清现象的本质因素, 为定量研究放射性开辟了道路.

居里夫人大胆地推测: 这种奇特的辐射现象还存在于铀以外的其他什么物质中, 至今不曾被人发现. 她决定检验一切已知的化学物质以探寻显示同样性质的新元素. 这是一项十分庞杂的工作, 没有资料、无人指导, 她决心在这片处女地里自由驰骋, 扩大研究领域.

居里夫人研究了当时已知的元素, 有的是

以单质状态存在、有的是以化合物状态存在. 经过几个星期的工作, 她和G. C施斯特几乎同时发现钍也具有自发地发出射线的性质. 这一结果使居里夫人确信: 既然不止一种元素能自发地放出辐射, 而这又是一种原子现象, 肯定它具有普遍性, 居里夫人把它命名为“放射能”(放射性), 并将铀和钍这些具有特殊“辐射强度”的物质称做“放射元素”.

三、伟大发现 以特有的方式报效祖国

初战告捷, 具有非凡好奇心和求真精神的居里夫人不再满足于对盐类、化合物的探测和研究, 因为这些简单化合物的研究结果, 没有说明神秘放射能的来源问题, 也未能显示具有放射能的无人知晓的新元素的存在. 居里夫人把研究对象扩大到各种矿物质. 为了集中精力打歼灭战, 居里夫人根据实验结果对各种矿物质进行了分类: 含有铀和钍的矿物质, 一定具有放射性; 不含铀和钍的矿物质, 一定不具有放射性. 她淘汰了那些不含铀和钍的矿物质, 对含有铀和钍的矿物质逐一进行研究. 理性思维的光辉使居里夫人的研究沿着正确的道路向前迈进. 实验开始不久, 在对沥青铀矿和铜铀云母矿、辉铜矿(内含磷酸铀)等进行实验时, 一个新奇的现象使居里夫人感到惊异, 她发现沥青铀矿和辉铜铀矿的放射性强度比纯铀的强度大得多. 居里夫人分析了沥青铀矿和辉铜矿中的铀含量, 根据她发现的规律, 含铀量这样少的矿石绝不会放出静电计所显示的那么强的射线. 开始她以为是实验在什么地方出了错误, 居里夫人以巨大的耐心一次又一次地重复着同一个实验, 总共做了二十多次, 可是实验却无一例外地显示出了相同的结果.

具有敏锐洞察力的居里夫人根据实验结果果断地推断: 在沥青铀矿和辉铜铀矿中一定含有未被认识的含量非常少的新物质, 这种物质的放射性一定比铀和钍要强得多. 1898年4月居里夫人向科学院提交的论文中写道, “两种铀矿……比铀本身还要活泼, 这个事实非常明显, 它使人相信, 在这些矿中含有比铀放射性要强得多的新元素.” 这也是居里夫人继续向科学

高峰攀登的宣言。

新现象没有得到科学界的认同,然而皮埃尔深信实验没有错。他被居里夫人的大胆假设和研究的远大前景所吸引,决定暂时放下自己热爱的、并正屡屡产生成果的结晶体方面的工作,同夫人一起把隐蔽不露的神秘元素探测出来。“揭开庐山真面目”。这也是科学史上所独有的崇高的夫妻感情和无私胸怀的光辉事例。皮埃尔和玛丽并肩携手、通力合作一起寻找强放射元素。他们心意相通、不分彼此,四只灵巧的手、两个聪明的头脑一起忙碌,他们通过分析选择了沥青铀矿,从中提炼强放射性元素。这种矿物产自澳大利亚,人们从中提炼铀金属制造工艺玻璃,他们发现未被炼制的沥青铀矿的放射性比其中所含的二氧化铀的放射性强四倍。他们猜想尚未被发现的神秘元素含量一定很小很小,小到以前连细心的科学家也未能觉察。他们估计这种元素在沥青铀矿中的含量充其量只能占百分之一。后来,实验证明他们的估计是太乐观了,事实上,这种未知元素在沥青铀矿中的含量仅占百万分之一。寻找它无异于大海捞针。需要高度的耐心和艰苦的工作。他们以放射性为基础,采用了当时化学上的分离结晶的新方法,把沥青铀矿分离成各种元素的化合物,逐一测定它们的放射性,通过淘汰放射性集中在两种不同的化学成分上。

他们发现分离出的铀的成分带强烈的放射性,比同样质量的铀强四百倍。显然放射性不是来自铀本身,因为铀当时已是被科学家所熟知的一种元素,而是混杂在铀中的一种未知的微量元素,是它在自发地射出一种更强的射线。

在正式宣布这一发现之前,皮埃尔建议为新元素取个名称,居里夫人首先想到了正在受难的祖国——波兰。在当时的世界地图上“波兰”已经被抹掉了,领土被沙皇俄国、德意志、奥地利瓜分了。居里夫人想到发现的新元素一旦宣布,它的名字将在全世界传播,毅然决定把新元素叫做“钋”。因为钋(POLONIUM)和波兰(POLAND)两个词的词根相同。皮埃尔非常理解居里夫人的赤子之心,虽然波兰当时被

强大的帝国瓜分,居里夫人要用科学研究的成果报效祖国,以她特有的方式让全世界都知道曾经有波兰这样一个国家存在,相信它将会再一次出现在世界地图上。

1898年7月居里夫妇向法国科学院提交了《论沥青铀矿中的一种放射性新物质》的论文。在论文中写到:“我们相信,从沥青铀矿中提取的物质含有一种迄今未知的金属,在分析特性时跟铋有联系。如果这种金属的存在得到证实,我们建议称之为POLONIUM,这个名称是根据我们之一的祖国命名的”。在这之前居里夫人把论文首先寄给华沙的一位堂哥以便让论文能同时在华沙和巴黎发表出来。

他们继续进行实验,又发现在钡盐中有更强的放射性。他们认为还有第二种物质,放射性更强,化学性质与第一种完全不同,用硫化氢,硫化铵或铵都无法使之沉淀。这种新的放射性物质的化学性质像钡,其氯化物溶于水,却不溶于浓盐酸和酒精,由它可得钡光谱。居里夫妇认为“这种物质尽管绝大部分由钡组成,毕竟还有一种放射性的新元素,其化学性质极其接近于钡”。1898年12月,在写给法国科学院的报告中宣布:“我们进行了一系列的分离,得到越来越活泼的氯化物,其活泼性比铀大900倍以上。种种理由使我们相信,新的放射性物质中有一种新元素,我们建议命名为镭(RADIUM)。”“镭”在法语中有“放射”的意思。

居里夫妇历尽艰辛,用分离结晶的方法不断提高氯化钡中镭的含量。1899年得到了可使游离电流达 10^{-7} 安的晶体,比铀的放射性强7500倍,后来竟达到了 10^5 倍,然而它们不是纯的镭盐。

四、奋斗不息 为科学事业鞠躬尽瘁

新发现动摇了物理、化学的基本概念和经典理论,一些墨守成规的科学家对居里夫人的发现感到惊讶,疑惑不解;有些化学家则认为“没有原子量,就没有镭”向居里夫妇提出了挑战。

面对挑战,居里夫妇表现得十分冷静。他们承认所提炼到的还不是纯净的元素,而是作为盐类混杂在铋和钡里。居里夫妇决定提取出它们的纯态来,消除科学界的怀疑,让新元素得

到全世界的承认。这是一个十分有魄力的决定，实现这一目标需要几年的连续工作和坚持不懈地提炼和研究。它的成败也直接关系到居里夫人能否获得博士学位。

居里夫妇对从铋里提炼钋和从钋里提炼镭的过程进行了对比分析，认为从钋里提炼镭要容易一些。于是便将提取纯镭并测定其原子量作为新的研究主攻方向。

提取镭并测定原子量比发现镭的难度大很多，一系列错综复杂的新问题、新困难、新矛盾摆在面前。居里夫妇经过系统分析认为，首要解决的问题是要得到大量的沥青铀矿，因为他们深知镭在沥青铀矿中的含量极小，必须从大量的沥青铀矿中才能提炼出足够称量的纯镭。当时巴黎乃至整个法国也没有这样多的沥青铀矿石。居里夫人经多方打听了解到在奥地利统治下的捷克西部的波西米亚有大量的沥青铀矿，那里的人只知道从沥青铀矿中提炼铀，而剩下的粉末状废渣成堆成堆地倾倒在圣·约阿希斯塔尔的森林里。居里夫人想：既然镭和钋不存在于铀中，一定仍原封不动地存留在废渣中。工厂属于奥地利政府，皮埃尔通过奥地利科学界的一位朋友向奥地利提出请求把废渣出售。一些政府官员听到这个消息感到十分吃惊：“竟然花钱买这些无用的残渣。”奥地利政府对帮助他们解决环境污染的“好事”也表现了异常的慷慨。“决定残渣就不要钱了，只要花运费就可以了”。机不可失，要立即向奥地利政府提交运费以保证废渣即时运到，居里夫妇拿出了自己的积蓄寄往波西米亚。沥青铀矿的问题就这样解决了。

原料有了，排在第二位急迫解决的问题是找到实验室和提炼镭的场所。他们以为索尔本大学会在那林立的建筑物和开阔的场地中为他们提供一个可以使用的房间和场所。可是结果却令他们十分失望。无论校方负责人还是主管人员甚至于不屑听他们陈述借房的理由，一推了之。无奈，只好又向理化学校的校长求援，尽管皮埃尔已不在该学校任职，校长先生仍表示帮忙。但他确实再也找不出一间像样的房间供他们使用，在实验室院内倒有一个闲置的棚屋，

这间棚屋曾经是医疗解剖室已经长期无人使用，屋顶有漏洞、窗户的玻璃残缺不全、并且没有防暑采暖设施，里面夏天就像蒸笼、冬天就如冰窖。物质条件无论多么简陋、多么困难，居里夫人坦然处之，她立即开始动手收拾棚屋，修补屋顶的漏洞，打扫里面的尘土，更换玻璃，铲除杂草。找到了条桌，支架，摆上了试管、瓶瓶罐罐、坩锅、器皿和仪器，又在室外垒起炉灶，安放了一口大铁锅。就这样一个完成伟大科学发现的“实验室”和“工场”就建成了。

1898年运来了第一批夹杂着波西米亚松针的废渣，以后陆续运到了总共8吨废渣。到1902年，居里夫妇终于从这8吨废渣中提炼出了0.1克的纯氯化镭。居里夫人测得镭的原子量是225，用分光镜看到了非常明亮的两条特征光谱线。科学界终于承认镭是真实存在的。

从1898年到1902年整整4年，他们是如何工作和生活的呢？

由于缺乏必要的经费，身体纤弱的居里夫人担负了连强壮男人也要叫苦的体力劳动；扛起一袋袋废渣倒进大铁锅里，用一根长长的铁棍连续几小时地不断搅拌沸腾的粥状液体。把熔化液浆一勺一勺地装进大罐，再把沉淀之后的液体倒进另一个罐子里，搬起重的大罐把沉淀的剩余物倒掉，……她每天几乎机械地重复着似乎同样的工作。手磨出了血泡，长出了老茧。锅里冒出浓浓的黑烟，使居里夫人嘴角、鼻孔、眼窝布满了黑色的尘埃；手指、胳膊被高温液浆和化学药品烧烫得斑斑鳞伤；秀发顾不上梳洗打扮、蓝色工作服上点点油污。当居里夫人走在理化学校的路上，老师和学生总是好奇地注视着她，感到不可思议。

只靠皮埃尔一个人的教师收入，生活越来越窘迫。为了解决家庭生活的经济来源，1900年9月居里夫人开始在赛福尔女子高等师范学院担任物理教学工作。学校在凡尔赛附近。来回要长时间乘有轨电车。居里夫人要授课、批改作业、指导实验。她的课总是准备得很充分，讲得生动有趣，很受学生欢迎。居里夫人既是学者，教师，技工，苦力，也是母亲和妻子。用

“如牛负重”来形容一点也不过分。为了节省时间和不中断工作，居里夫人常常吃几片面包、嚼几口香肠、喝一杯水度日；居里夫人体重日减，脸色憔悴，无休止地繁重操劳使 33 岁的居里夫人过早地显示苍老。沥青铀矿废渣源源不断运来，而镭的踪影还始终未见。皮埃尔再也不忍心居里夫人这样工作和生活了。他建议是否暂时放弃提炼纯镭的工作，先集中精力研究镭的放射能和其他理论问题，尽早完成博士论文。具有独立个性的居里夫人，不仅对皮埃尔也是对自己说：“我们应该有恒心，尤其是要有信心。我们必须相信：既然我们有做某种事情的天赋，那么，无论如何都必须把这件事做成。也许在我们希望最小的时候，一切都会好起来。”居里夫人继续以过人的耐性和毅力熔炼运来的残渣，用分布结晶法提炼纯溶液。

在研究工作和物质生活最艰难的时期，居里夫妇收到了一个令很多人羡慕不已的信函，鉴于皮埃尔和居里夫人在物理学方面取得的成就，瑞士日内瓦大学聘请皮埃尔担任物理教授，职位工资为年薪一万瑞士法郎，并为他们提供设备齐全、条件优越的实验室、两名助手以及其他富裕的物质条件，然而遗憾的是他们研究镭的废渣物品以及那些装满了溶液的瓶瓶罐罐，由于不易搬运需要继续留在巴黎，这就意味着居里夫人要中断镭的提炼。面对这样的选择。

经过再三斟酌，他们谢绝了日内瓦大学的盛情好意，继续在巴黎过着清贫窘迫的生活，从事镭的提炼和研究工作。

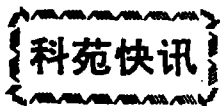
1902 年一天的晚上，当居里夫人和皮埃尔走到他们夜以继日奋战的棚屋，在夜幕中那些放在长条桌和架子上的玻璃容器里淡蓝色的荧光在不停地闪耀，周围都抹上了神秘的光辉。经过长达 4 年的辛苦，镭终于显露了出来。

1903 年 6 月 25 日居里夫人以《关于放射性物质的研究》的优秀论文获得了物理学博士学位。镭的成功发现，不仅为人类的发现填补了一个空白，在科学研究和应用技术方面开辟了一个广阔的领域和壮丽的前景，也为居里夫人和皮埃尔赢得了巨大的荣誉。

居里夫人除 1903 年和 1911 年分别获得诺贝尔物理学奖和化学奖外，其他各种奖金达十余项，奖章，勋章十余枚以及荣誉头衔一百多种。也是科学史上迄今为止的第一名。对荣誉、金钱、居里夫人十分淡泊。爱因斯坦称她是：“在所有的名人当中，唯一没有被荣誉所毁灭的人”。对待人生居里夫人说：“我以为人们在每一个时期都可以过有趣而且有用的生活。我们不应该虚度一生，应该能够说我已经作了我能作的事，只有这样我们才能有一点快乐”。

居里夫人的精神像镭一样，永远放射璀璨的光芒。

德国研制氢原子钟



据《科技日报》报道：德国马克斯·普朗克量子光学研究所最近

研制成目前世界上精确度最高的氢原子钟，这台尚属原型机的氢原子钟比目前使用的铯原子钟精确 1000 倍，有关专家为此获得菲利普—莫里斯科学奖。

原子钟是利用原子或分子的某一共振频率而制造的精确度非常高的计时仪器，通常使用铯原子，所以又称为铯钟。德国马克斯·普朗克量子光学研究所的特奥多·汉希教授领导的课题组则利用最轻的原子——氢原子的电磁

波，这种电磁波具有非常高的辐射频率，在此之前没有办法能精确测量，而他们用自己发明的差动齿轮光学方法，即将一束已知频率的低频激光和一束已知频率的高频激光合在一起，这样就能精确地测量出介于这两个频率间的任何一束光波频率，从而实现了氢原子电磁波的精确测量。

原子钟不是用于普通计时，它在科学研究上，例如验证物理定律和测定自然常数有重要意义。另外在技术领域也有很多应用，如数据网络的同步计时，卫星导航的全球定位系统，以及地球物理学上观测大陆板块漂移等。

(卜吉 秦宝 编)