

二十世紀 物理学进展

(获得諾貝尔物理獎
金的成果述評)

〈瑞典〉M. 塞格巴恩著

玉 新 譯

中国科学技术情报研究所

二十世紀物理学进展

1965年5月出版

編輯者：中国科学技术情报研究所
出版者：中国科学技术情报研究所
(北京朝內大街117号)

印刷者：中国科学技术情报研究所印刷厂
发行者：中国科学技术情报研究所出版部

印数：3000

定价：0.70元



譯 序

本书根据瑞典诺贝尔奖金基金会编辑出版的《诺贝尔及其奖金》文集*中物理学奖金一章译出。该章为瑞典科学院M. 塞格巴恩教授所撰，他曾因X射线光谱方面的发现获得1924年的诺贝尔物理奖金。

译出本书的目的，是提供一份素材，供物理学、物理学史方面的工作者批判地参考。

书末关于1962、1963年的资料附录，是译者根据其它书刊译出增添的。

譯 者

一九六四年春

*〈Nobel, The Man and his Prizes〉, 荷兰Elsevier出版公司1962年版

一、導論—1901年的物理学状况

根据诺贝尔基金会的章程，瑞典科学院每年负责评选五种诺贝尔奖金中的两种—物理学奖金和化学奖金。物理学奖金是授与“在物理学领域内作出最重要的发现或发明的人”。按照诺贝尔本人的遗嘱，奖金应该授予在上年度作出的研究工作。这个规定，在诺贝尔基金会章程中解释为：“奖金应授与遗嘱中所说的在文化领域内的最近成就，或者是它的意义在最近才显现出来的较早的工作成果”。

从这个规定来看，很显然，评述过去六十一年来获得物理学奖金的成就，实质上将成为在这段时间内物理学发展的概要。但是，从这个规定会发生第二个问题：奖金的评定要考虑更早一些的研究成果，因此，它实际上要包括第一次奖金颁发年度—1901年以前相当时期的工作。事实上，查考一下被提名为第一次物理奖金候选人的名单，十一名当届的候选人中，在其后十年内，有八个人都获得了物理学或化学的奖金。他们获奖的工作，大体上都是在建立这个奖金的年份以前完成的。只是在基金会工作了十年之后，才有可能使物理学奖金的分布，进入一个比较正常的状态。在授予早期的奖金时，人们当然不能不考虑那些优异的最近的发现，这些发现成为当时研究工作的基础。这个观点，在早期的评奖过程中是特别强调了的。

诺贝尔基金会章程是在1900年公布的。当时，物理科学正处在一个全新的发展阶段的边缘上。到十九世纪末，经典物理学在一定程度上来说，是已经完成了。有些人认为：整个物理学已经没有什么东西留下来给后代的研究工作者来发现了，人们将只能在这里、那里填补一些细节罢了。

在动力学（即刚体运动的理论）方面，十九世纪三十年代哈密顿（Hamilton）从拉格朗日（Lagrange）公式推导出运动方程式的完美数学式，当时看来这些方程就标志着作为物理学最重要基础的定律之最后形式了。在最简单的情况下，哈密顿方程是和牛顿定律一致的，按照牛顿定律，天体的运动可以用万有引力的理论来解释。

在技术上和实用上极为重要的固体弹性，已经由精湛的弹性理论所说明，在这个基础上，人们只要知道某种材料的若干特性常数，就可以预先计算弹性体在给定应力下的变化。

在流体动力学（液体的运动规律）方面，已经求得一组方程式，它可以完满地、定量地正确描述有关的现象。气体动力学方面的情况也是如此。不过在这两个学科内，甚至在理想的假定条件下，在计算上也会遇到数学上的困难。

最后，在气体分子运动论方面，人们成功地发现了一种统计力学的解释和计算方法，因而可以详细计算出气体的许多特性。

自然科学的主要基础，是质量守恒定律和总能量守恒定律。1824年，法国人卡诺（Carnot）在他的名著“火的动力和利用火的机器”（*Réflexions Sur la Puissance motrice du feu et les machines propres à développer cette puissance*）中奠定了热力学的第一块基石，在这以后，相当一段时间，人们还不能充分理解热、功、电能、辐射能以及其它形式的能量之间的关系。热能和机械能之间的固定比率（热功当量），直到十九世纪四十年代初期，才由德国的罗伯特·迈耳（Robert Mayer）、英国的焦耳（Joule），丹麦的柯尔丁（Colding）几乎同时独立地证明出来。1847年，赫姆霍兹（Helmholtz）在他的经典著作“能量守恒”（*Erhaltung der Kraft*）中，进行了基本的理论探讨。这两方面的成就，从根本上创立了能量的现代概念的牢固基础。热力学的最后形式，应该主要归功于威廉·汤姆逊（William Thomson），他后来叫做开尔芬勋爵（Lord Kelvin），他在1851年发表了著名的热学理论著作。

能量守恒问题的一个重要贡献，是丹麦人 居利斯·汤姆逊 (Julius Thomsen) 提出的，他在1853年证明，能量守恒定律在化学反应中也是正确的。化学平衡热力学的天才发展，是美国科学家吉布斯 (J. Willard Gibbs) 作出的，它标志着这方面发展过程中的最后一个碑石。这方面的发展 (能量守恒研究的发展)，是一切科学研究的最重要的基础。

在上一世纪，光学的研究看来似乎已经可以完满地说明各种有关的光学现象，如光的传播，光的偏振、折射、干涉，晶体中光的双折射等等。光的微粒说和波动说的长期争论，已经最后解决了，这主要是由于菲涅耳 (Frenel) 在1818年发表了他的经典论文“关于衍射的报告” (Mémoire Sur la diffraction)。在这个基础上，大量的光学现象被详尽地研究，这些研究的结果，都辉煌地证实了光的波动理论之正确性。菲涅耳还能够指出 (在1821年) 光的波长数值：红光，每厘米大约有16,000个波长，紫光大约每厘米有32,000个波长。

牛顿早已利用玻璃稜镜将光分成为它的各个组成颜色。另一个取得同样结果的方法，是慕尼黑的夫琅和费 (Fraunhofer) 于1823年提出的，他让光通过“光栅”。这个光栅，就是用钻石在一块玻璃板上划出一道一道平行的等距离直线。光通过光栅后，它就向各个方向衍射，在每一个方向上，得出组成光的某一特定的颜色。这种分析光的颜色的方法，具有一个优点，只要我们知道光栅的各线之间的距离，那末，光谱中各色光的波长，就可以由直接测量光的偏转角来决定。进一步的研究还表明，在可见光光谱的长波界限以外，还存在着一种眼睛看不见的辐射，这种辐射可以用对热量敏感的仪器来观察和测量。这就是构成红外光谱域的辐射。1840年，达荷里 (Daguerre) 发明了照相方法。照相法被用来记录光谱，在照相底板上直接表现出：在可见光光谱的短波界限以外还存在着一个紫外光谱域。从此，光谱分析就具有划时代的重要意义了，它不但对于物理学，而且对于绝大多数的其它自然科学部门都是极其重要的。

本生 (Bunsen) 和基尔霍夫 (Kirchhoff) 创制了光谱仪器, 把光谱分析的方法引入实验室中, 他们通过光谱分析的帮助, 发现了两种新的化学元素——铊和铯。其它一些科学家用光谱分析方法还发现了元素钍、铟、镓等等。用光谱分析的办法, 我们可以从天体上找到已知的元素。光谱分析的装置, 使人们有可能发展一种非常准确、灵敏的化学分析方法。

光谱测量方法的高度精细, 是罗兰 (H. A. Rowland) 在1882年完成的, 他在凹面镜上制造光栅, 并相当成功地提高了光栅的精密度。由于借助这些方法, 罗兰和一些其它科学家, 首先是埃恩格斯楚朗 (A. J. Ångström)、凯西尔 (H. Kayser) 和仑格 (C. Runge), 完全地确定了已知元素光谱线的波长。在所取得的大量数据中, 发现了一定的规律性。1882年, 巴耳末 (Balmer) 发现, 氢元素光谱线的波长, 可以用一个简单公式表示。凯西尔和仑格证明, 有些元素的某些光谱线, 可以组合成为一个线系。但是, 利用光谱测量的最重要的贡献, 则是瑞典人里德伯 (J. R. Rydberg) 作出的, 他发现: 如果用每单位长度内的波长数目来代替波长本身, 那么, 若干元素的相类似的光谱线系可以用一个简单的差数公式表示。他发现了表述这些线系的一个常数, 后来人们就把它叫做“里德伯常数”。通过上述的研究工作, 人们揭示了不同元素发出的光谱的某些规律性。但是, 虽然有了精确、广泛的观察, 对于辐射过程之深入探索, 当时仍然是缺乏的。

至于电的现象, 1856年, 麦克斯韦 (Maxwell) 的方程式提供了一个共同的基础, 运用这个方程式, 一切的电磁现象都能够解释和计算。电流对磁针的效应, 是在1820年由丹麦的奥斯忒 (Ørsted) 发现的, 它成为后来发展的出发点。由于这个发现, 对各种电的现象间的关系的深入研究, 大大地增加了。毕奥 (Biot) 和萨伐尔 (Savart) 用精密的定量测量来补充奥斯忒的发现。1827年安培 (Ampère) 则在他的著名著作“从实验导出的关于电动力学现象的数学理论” (Mémoire Sur la théorie mathématique des Phé-

nomèmes électrodynamiques, uniquement déduite de l'expérience) 中, 对这些观察进行了广泛的数学处理。不久以后, 在1831年, 法拉第 (Farady) 对感应电流的卓越发现, 奠定了现代电气工业的基础。

法拉第作了许多出色的试验, 用很多的发现丰富了物理学。同时, 它还给理论研究带来一个新的方向, 它使把电场、磁场作为载体的理论代替了在一定距离内相互作用的概念。这些理论, 是麦克斯韦在上面说过的电磁理论中以数学公式建立的。麦克斯韦的理论, 不但在各类电磁现象的计算方面具有特别的重要性, 而且它还提供用电磁波说明光的一种解释。在这以前, 人们曾假定光是一种波的运动, 并用这个假定对光的传播、折射、干涉作了完全的叙述。麦克斯韦在1864年证明, 根据他的电磁方程式, 光波可以描述为电和磁力的相互作用。二十多年以后, 他这个解说才得到公认。这应该归功于德国科学家赫兹 (Heinrich Hertz) 的一些很有趣的实验, 从而又开辟了现代物理学研究的一个最重要的领域: 电磁波的研究。赫兹实验的一个最简单的形式, 是使两个金属球带电, 并把两者分开, 使它们相距很小的距离, 直到其间发生了火花为止。当发生火花时, 电荷在两个球间发生振荡, 因而在周围发生电和磁力的振荡变化。这个变化, 是从金属球向外连续发出的, 也就是说, 它发射出电磁波。在金属球的某一定距离上, 如果放有一个“接收器”, 就可以拦截这些波, 并迫使它发生一个效应: 例如在两导线之间发生火花。虽然, 在这个事例中, 这种电磁波的波长和光波的波长差好几个数量级, 但是, 没有人怀疑, 更长的波也会同样发生这种现象。从理论的观点来看, 这种思路的最重要收获就是把光学和电学统一为一个整体。把这些不同的现象结合在一个概念里的努力, 取得了相当大的进展。在其后几十年间, 这些发现在技术上引起了神奇的发展—无线电, 巨大地改变了我们的生活。

二、第一次授奖

以上的简述已经表明，到上世紀末，物理学已经达到这样一个境地，各种自然现象及其相互作用，看来似乎都已得到非常满意的解释，在一定程度上说，物理学似乎已经完成了。所有的东西，包括电的、磁的和光学的现象，在机械的宇宙观中似乎都已经各得其所了。人们很难预料，这里会出现什么革命性的变化。完全出乎意外地，在十九世紀九十年代中期，某些试验室的实验对科学研究产生了一个突然的推动，它的后果是极其巨大的。

我们仔细追溯这些伟大发现的主要历史过程，就可以认识到：这些大发现很少是象从表面上看来那样自发的。实际上，这些发现都是有系统地研究的结果，工作往往是漫长而费时的，到了某一定的时刻，这些工作就达到一个阶段，于是这个发现就呈现在某一位虚心坦怀的科学家之前。这样说，并没有贬低科学家的贡献。只有那具有“天赋的直觉”的人，才能够从头绪纷繁的观测中，把那个细小的现象抽取出来，经过细致的分析，然后得到发现。只有他，才察觉了别的许多人所忽视了的东西。这个发现，在别的科学工作者的手里、眼前溜过去了，他们本来具有同样的获得发现的机会的。

在1895年，伦琴(Wilhelm Conrad Rontgen 1845—1923)发现了一种新的射线，他把这种射线叫做X射线。那时候，他正在从事一类当时最流行的试验。在那几年，差不多全世界的物理试验室都在进行着类似的试验。他的试验装置，在他著名的论文“关于辐射的一种新方法”(Über eine neue Art von strahlen)的头几行中已经说明，这是任何一个科学家都是很清楚的：“如果一个相当大的鲁姆柯夫(Ruhmkorff)感应线圈的放电，使之通过一个希德托夫(Hittorf)真空管或一个抽真空的勒纳(Lenard)管，或克鲁克

斯 (Crookes) 管或其它相类似的装置，这个管应以相当严密的薄黑纸板包盖着；那么，我们就可以发现……”。这种研究在气体稀薄的管子中放电现象的实验，在伦琴以前，不止一个科学家做过。除了伦琴在论文中提到的希德托夫、勒纳、克鲁克斯之外，法拉第也做过这样的实验。在1869年，希德托夫就发表了他的研究报告，并引起了很大的注意。1879年克鲁克斯的工作，也轰动一时。其轰动的程度，也许不低于他在1878年12月在英国皇家学会演讲中那段富于想象的结语所引起的注意，当时他说：“在这些抽真空了的管子中所发生的现象，给物理学揭示了一个新世界。在这个世界里，物质以第四态形式存在，在那里，光的微粒说可能是正确的，光不是都沿直线运动的。但是，我们永远不能进入这个世界，我们只好满足于观察和在它的外面做实验”。克鲁克斯的这次演讲，也出版了德文译本。据勒纳自己宣称，他和克鲁克斯同时也在进行这种研究。勒纳在1893年发表了他对阴极射线研究的第一个结果，他把阴极射线叫做“辐射物质”。所有这些先进的科学家，在他们的实验中，当然也使用了荧光屏，他们具有伦琴发现这种新辐射时所有的一切先决条件。伦琴之所以观察到这种特殊的辐射，也许是由于机会，但是，他在报导这个发现的通讯里，他不仅仅提出了这种异常的光对荧光屏的效应，而且他还对这种射线的最重要的性质作了一个分析。这就不是由于机会而得来的了*。他指出，这种射线能够穿透过普通光不能穿透的物质，它能够使某些物质发出荧光（这类物质通常称为磷光体，如铀玻璃，一般玻璃，方解石，岩盐等等）。他还观察到，照相的底片被这种辐射照射后就曝光了。更进一步，他从实验中发现，X射线和阴极射线不同，它经过磁铁时没有偏转现象；X射线看来是从真空中被阴极射线冲击之处而发生的。当用磁铁使阴极射线偏转时，发生X射线的地方也随之而移动。由于这两者的关系，伦琴还提出了一个对后来发展很重要的事实：如果

*这句话是译者为使语义更明确易懂而加上的。——译者注

阴极射线冲击到铂上面，那么，它所发生的X辐射要比冲击到铝、玻璃或其它轻物质的X辐射强得多。另一方面，伦琴虽然急于用许多不同的物质来做这个试验，他却从来不用稜镜来观察X射线的任何折射，也不用透镜来观察它的反射或聚光，以判别它和一般光线之不同。

上述对伦琴的第一篇报导发现的通讯的简要介绍，已经足以表明，在一个完全超出前人经验之外的新领域内，他是怎样高明地、迅速地建立起系统的认识。还应该说明一点，在这以后几乎二十年内，人们对X辐射的性质之了解，比起伦琴自己所得到的，还没有增加什么显著的成果。

X射线的非常重要的医学应用——第一张骨骼照片，是伦琴自己摄制的，这当然比其它任何东西都更显著地传播这种新辐射的一般知识。

在1901年，当瑞典科学院第一次分发诺贝尔奖金时，很自然地，物理奖金的获得者就落到伦琴身上来了。可以毫不夸张地说，很难想象当时还有比伦琴的发现更有价值的和更符合诺贝尔奖金精神的科学成就了。瑞典科学院当时确实感到很大的满意，那时正是非常踌躇地接受了这个困难的责任重大的任务，而居然在第一次分发奖金时就授与这样杰出的一个成就。这次奖金，虽然没有象诺贝尔遗嘱里所说的那样，授予上年度的重大成就，但是，伦琴的这个发现还是这样地新颖，那几年时间还刚刚来得及对它加以验证并被国际科学评论所接受，并且能够有把握地说，这个发现给科学研究作出一个具有永久价值的巨大贡献。

伦琴由于“发现了其后以他本人名字命名的令人注意的射线而作出的卓越业绩”，获得了1901年的诺贝尔物理奖金。

这个领域的发展，在1912年取得了第二个重要的进展。那时，情况有了重大的改变，由于在物理学其它分支内的一系列进展，人们获得了新的观点，因而，对有关伦琴辐射的现象才作出更进一步的说明。

在这里，我们讲一下瑞典科学院在分配第一次诺贝尔奖金的内部情况。按照章程，在瑞典科学院评定奖金获得者的会议上，是不能作任何记录的。另一方面，在1901年，诺贝尔奖金委员会从全世界许多卓越的科学家那里收到的提名还是相当广泛的，这些提名成为瑞典科学院在全世界科学家中投票评选获奖人的一种响导。以下的科学家，曾在1901年被提名为诺贝尔物理奖金的候选人：

S. 阿累尼乌斯 (S. Arrhenius) 教授，瑞典斯德哥尔摩；

H. 贝克勒尔 (Henri Becquerel) 教授，法国巴黎；

W. W. 康浦培耳 (W. W. Campbell) 教授，利克天文台，美国加州；

开尔芬勋爵 (Lord Kelvin)，英国爱丁堡；

G. 李普曼 (G. Lippmann) 教授，法国巴黎；

G. 马可尼 (G. Marconi) 先生，英国伦敦；

A. E. 诺登斯凯奥德 (A. E. Nordenskiöld) 教授，瑞典斯德哥尔摩；

W. C. 伦琴 (W. C. Röntgen)，德国慕尼黑；

J. J. 汤姆逊 (J. J. Thomson) 教授，英国剑桥；

J. D. 范德瓦耳斯 (J. D. Van der Waals) 教授，荷兰阿姆斯特丹；

P. 塞曼 (P. Zeeman) 博士，荷兰阿姆斯特丹；

由W. C. 伦琴和Ph. 勒纳 (Ph. Lenard) 共获一次奖金。

但是，在廿九个推荐人中，有十七个都参加对伦琴的推荐，上述名单中的其它候选人大体上都是只取得了一个或两个的推荐。在上述候选人中，阿累尼乌斯很快就成为诺贝尔物理奖金委员会的成员，并在1903年获得诺贝尔化学奖金。贝克勒尔也在1903年和居里夫妇 (Pierre Curie和Marie Curie) 共获诺贝尔物理奖金。开尔芬勋爵当时被许多人公认为当代的最前辈的科学家，他是由伦琴提名推荐的，形式上是由于他在1900年出版的两篇论文，但实际上是考虑他在物理学上杰出的一生的工作。但是，委员会认为，根据章

程规定,开尔芬所完成的工作是太早了,距离当时太远。此外,李普曼后来获得了1908年的物理奖金。马可尼和德国斯特拉斯堡的F. 布劳恩 (F. Braun) 共获1909年的物理奖金。范德瓦耳斯在1910年获得物理奖金。塞曼和荷兰里顿的 H. A. 洛伦兹 (H. A. Lorentz) 共获1902年的物理奖金。康浦培耳是当代的杰出天文学家之一,但没有被委员会考虑,因为他的研究工作领域不在诺贝尔物理奖金的范围之内。诺登斯凯奥德这个杰出的瑞典勘探家,被一名瑞典科学院院士推荐为物理奖金候选人,因为他“发明从结晶岩石中取得饮用水的方法”(在原生代结构中钻井)。但是对这个候选人的提名实际上并没有生效,因为诺登斯凯奥德在瑞典科学院处理奖金评选之前就逝世了(他在1901年8月12日逝世的)*。

获得第一次物理奖金的发现(伦琴的发现),具有这样一种性质:它引起在专家圈子以外的人的广泛兴趣;而且它的重要性,在发现之后的几个季度内就向人们显示出来了。这种情况,并不是科学发现所常有的。而且,伦琴的工作还间接地带来了另一个发现,这个发现,开辟了自从自然科学成长以来最激动人心的新的研究领域。这个领域内的研究工作的后果,在二十世纪的四、五十年代达到了一个顶点,它释放了大大超出人们以前所经验过的一种新的自然力。

三、放射性和有关的粒子辐射

在伦琴的发现之后不久,某些摄有新辐射的照片在法国科学院的会议上被提供出来,从而引起关于辐射的本质之讨论。大数学家

*作者在这里叙述这十一名候选人后来获得奖金的情况时,把J. J. 汤姆逊遗漏了,汤姆逊在1906年获得物理奖金。——译者注

亨利·庞加累尔 (Henri Poincare)，他可以算是历史上最多产的科学家之一，提出了一个概念。他认为X辐射可能直接和真空管玻璃所发出的荧光有关（这里的玻璃是指管中看来X射线发生的那些点上的玻璃）。虽然这个概念并不正确，因为伦琴已经发现不发生荧光的铂板的辐射，比玻璃管壁的辐射强得多。但是，庞加累尔的这个想法，却被另一个法国科学家亨利·贝克勒尔 (Henri Becquerel) 所吸收，他在这个领域内是一个国际上的权威。在巴黎的自然历史博物馆 (Musée d' Histoire Naturelle) 中，物理学家的席位，在贝克勒尔一家中，已经父子相传了三代。亨利·贝克勒尔当时正在这个席位上。他的父亲埃德蒙·贝克勒尔 (Edmond Becquerel) 曾经进行了有关磷光和荧光现象的研究，并曾引起人们的注意。因此，在这个博物馆中收集有大量能发出磷光和荧光的各种物质。从这些物质里，贝克勒尔选出了一种铀盐，它曾先在阳光下曝露很久，达到它发出很强的荧光，然后，他把它和包着黑纸的照相底片放在一起。当贝克勒尔冲洗这个底片时，他发现虽然这个底片从未在普通光中曝过光，底片却是感光了。这个现象，似乎是肯定了X辐射和荧光有关的假说。但是，当贝克勒尔进一步研究荧光的作用时间有多长时，他很惊奇地发现，当荧光停止之后很久，底片仍然被感光了。在其后继续进行的试验当中，他又发现，只有铀盐才能发生这种新的效应，而且，不管用那一种铀的化合物，效应都是一样的。很显然，这是一种新型的辐射，是从铀的原子中发出来的，完全不受外界条件的影响，而且它似乎具有长期坚持的、无限的永不消失的力量。这样，贝克勒尔就发现了放射性 (1896年)。

要取得X辐射，必须有真空管和高电压。而这种新的放射性辐射，没有任何外界影响，就从铀中永久性地放射出来。

特别重要的，贝克勒尔还观察到，这种辐射（和X射线相似），还可以使验电器放电。从而得到了一种方法，不但可以用它来观察辐射，而且可以用它来量度放射性，因为从验电器的放电效率，就可

以量度辐射的强度。用这个方法，贝克勒尔就定量地证明了，这种辐射是恒定的，并不随时间而消减。

如上所述，贝克勒尔发现这种辐射（后来被命名为贝克勒尔辐射）是从铀中放射出来的。运用上述电测量的新方法，居里夫人（Mme Marie Sklodowska Curie 1867—1934）开始了系统的研究，她要肯定，是否除铀以外的其它物质也有同样的辐射性质。在1898年，居里夫人和德国的斯密特（Schmidt）同时发现了钍，它是当时次于铀的已知的最重的元素。钍也有放射性。除了铀和钍之外，居里夫人在当时已经制备出来或已经使用的元素之中，没有发现其它的元素具有放射贝克勒尔射线的能力。但是，在她研究铀或钍的化合物过程中，她观察到有些化合物的放射性比其中所有的铀、钍的含量所应放射出来的辐射强。从这个事实，她得出这样的结论：在这里一定还包含着我们所未知的放射性元素。

居里夫人和他的丈夫皮埃尔·居里（Pierre Curie 1859—1906，物理和化学工业高等学校物理教授）在一起，对铀的沥青矿渣进行了化学分析，对每一个分离出来的成份都作了放射性强度的试验。这样，首先分离出来的辐射强度大于铀的元素是一种化学性质和铋相似的元素。为了纪念居里夫人的祖国波兰，她把这个元素叫做钋。继续进行化学分离工作的结果（这时比蒙德[Bémont]参加了部分工作），她又发现了另一种物质，它具有极强的贝克勒尔辐射。这种元素，成为放射性元素族中最特别的一个，后来被命名为镭。镭的化学性质与钡相似，而且它可以从后者用分步结晶制取出来。

和上述工作同时，贝克勒尔继续研究这种新辐射的性质，居里夫妇所制备的辐射更强的元素被贝克勒尔在试验中采用了。虽然这种辐射具有和X辐射相似的某些特性，特别是它 also 具有很大的穿透能力，但是它表明它和X辐射并不是同样的射线。贝克勒尔指出，这种新辐射还具有和阴极射线相似的一些性质。阴极射线是从真空管阴极放射出来的，它的主要特性是它能使真空管的玻璃壁发生荧

光。当时对阴极射线的本质还有许多不同的看法，它看来是从阴极出发，沿直线前进的，但是它很容易地被接近真空管的磁铁所偏转。

应用居里夫妇所制备出来的镭，贝克勒尔在1899年证明，镭的辐射也可以被一个强有力的磁铁所偏转。和贝克勒尔同时，德国的F.基赛尔(F. Giesel)、奥国的St.迈耳(St. Meyer)和E.V.喜威德勒(Schweidler)也进行了同样的试验，取得同样的结果。而另一方面，钋的辐射，却没有发现被磁铁偏转的效应。其后，关于镭和钋穿透能力的进一步试验表明，钋的穿透能力比镭小得多。贝克勒尔认为，他已经发现了两种射线的存在。居里夫人经过对镭的辐射的深入研究，又发现这两种射线从镭那里是同时放射出来的。

在放射性发展的这个阶段，一个青年科学家——从新西兰来的E.卢瑟福(Ernest Rutherford)开始在这个领域的研究中显露头角。在1895—1898年间，他是剑桥大学卡文迪希实验室的研究生，在J.J.汤姆逊领导下工作。他表现出有非凡的精力和直觉地发现正确途径与方法的能力。卢瑟福当时开始探讨放射性问题，而且不久就成为这个物理学新分支的领导人物了。在1899年1月 he 发表的论文里，报导了铀辐射对薄铝箔的穿透能力的一个彻底的研究，他写道：“这些实验证明，铀辐射是复杂的，到现在为止，我们至少知道有两种不同的辐射，一种是很快地被吸收的，为方便起见，我们把它称为 α 辐射；另一种具有更大的穿透性，可以称为 β 辐射”。这两种射线的定名，后来被普遍公认了。

最后，法国人维尔拉德(Villard)提出，除了这两种射线外，还有第三种放射线，这种射线不受磁场的影响，和X辐射十分相象，这种射线被命名为 γ 射线。

由于上述科学家的工作，放射性历史的第一章就写出来了，从此开拓了一个新的研究领域。这个新领域，在其后半世纪之内，压倒其它的方面而成为物理学研究中最占优势的一个方面。

为了上述的重要贡献，1903年的物理奖金授予贝克勒尔和居里

夫妇。授给贝克勒尔是由于“表彰他在发现自然放射性的特殊贡献”。授给皮埃尔·居里和玛丽亚·居里是由于“表彰他们对于贝克勒尔教授所发现的辐射现象而合作提供的特殊贡献”。

居里夫人在后来(1911年)还由于她在放射性元素化学方面的工作而获得诺贝尔化学奖金。卢瑟福由于在放射性方面所作的极为重要的研究,也在1908年获得了诺贝尔化学奖金。

这些值得注意的发现,给以前的统一的机械观带来了深刻变化。以前的机械观,能够说明一切的自然力和自然过程,包括电磁现象、光学现象在内。事实上,伦琴、贝克勒尔、居里等所发现的现象,已经超出了前人研究的经验之外。其中每一个发现,在它自己特定的领域内,都是当时人们所不知道的物质的世界。

由于以后继续的研究,主要应该归功于卢瑟福的工作,证明放射性现象起源于现在称之为原子核(在原子中带正电荷的中央部分)的内部。虽然,原子核的直径只有整个原子的十万分之一,但是它实际上有着几乎整个原子的质量。放射性辐射是一个信息,通过它,我们对隐藏在原子核世界里的过程得到了一个概念。在研究工作发展的第一阶段,人们就能够区别三种不同的射线:即 α 、 β 和 γ 辐射。这三种射线可简单描述为: α 和 β 射线是粒子射线,而 γ 射线则是一种波,它和光的性质一样,不过它的波长要比光波小得多。

对粒子辐射性质的更详尽的研究成果,是从两条途径取得的。第一是从决定它们对不同物质的穿透能力的研究,第二是研究它们在电场和磁场中的偏转,而且后者是主要的。对偏转现象的观察证明, α 粒子是带正电荷的, β 粒子是带负电荷的。

使放射性辐射难以解释的现象,可能就是这种辐射持续进行,具有着看来似乎是无限的不减弱的力量。根据居里夫妇的测定,1克的镭可以放射出大约等于每小时100卡的热效应。因此,看来物理学中最重要的一条定律——能量守恒定律有遭到破坏的危险。当然,我们现在已经知道了这个现象的解释:首先,这些能量的巨大