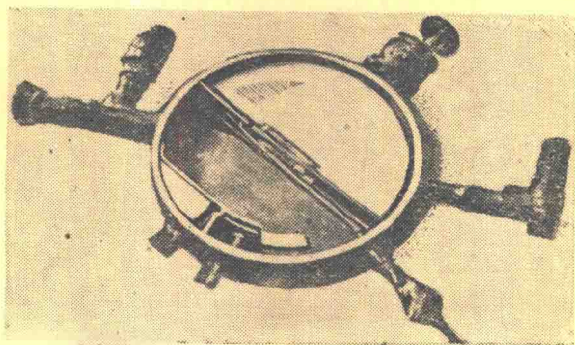


中学生课外读物



近代物理实验史及其启示

郭奕玲 沈慧君 著



人民教育出版社

—— 读物
现代科学技术丛书

近代物理实验史及其启示

郭奕玲 沈慧君 著

人民教育出版社

内 容 简 介

十九世纪末期以来,近代物理实验中的许多发现扣人心弦,它们对物理学和其他科学技术的发展,起了重大的作用。了解这些发现史,不仅对近代物理学的发展可以得到一条清晰的线索,而且可以从中学习研究物理学的态度和方法。

本书介绍了近代物理实验史中的十四项重大发现和发明,详细介绍了历史背景、实验的构思和做法、经历的曲折和得到的经验教训。文字朴实,情节动人,分析深刻,耐人寻味,读后能获得很多有益的启示。

本书可供对物理实验史有兴趣的高中学生和具有中等文化程度的其他青年阅读,也可供中学教师参考。

中学生课外读物

现代科学技术丛书

近代物理实验史及其启示

郭奕玲 沈慧君 著

*

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

人民教育出版社印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/32 印张 6.625 字数 138,000

1986年10月第1版 1987年6月第1次印刷

印数 1—3,000

书号 7012·01117 定价 0.85元

《现代科学技术丛书》

物理学科编委会

主编：王殖东

编委：（按姓氏笔划为序）

王殖东	祁有龙	吕如榆	刘佑昌
张元仲	聂玉昕	唐孝威	郭奕玲

目 录

第一章	伦琴和 X 射线的发现	1
第二章	贝克勒尔和放射性的发现	15
第三章	居里夫妇和镭的发现	24
第四章	卢瑟福和 α 射线的研究	33
第五章	迈克耳孙和光速的测定	49
第六章	汤姆生和电子的发现	64
第七章	密立根和电子电荷的测定	88
第八章	光电效应和普朗克常数的测定	110
第九章	电子衍射及其发现者	122
第十章	α 散射实验和原子核的发现	139
第十一章	查德威克和中子的发现	154
第十二章	人工核反应和人工放射性的发现	166
第十三章	劳伦斯和回旋加速器的发明	177
第十四章	重核裂变及其发现者	188
结束语		204

第一章 伦琴和 X 射线的发现

1895 年,正当物理学家庆贺经典物理学取得了伟大成就,物理学大厦已基本建成的时候,德国物理学家伦琴(W. K. Röntgen, 1845—1923)发现了 X 射线,使得世界公众大为震惊。从这个时候起,新的发现层出不穷,一系列实验成果给物理学增添了新的内容,物理学进入了一个蓬勃发展的新时期。

为了表彰伦琴发现 X 射线的巨大功绩,科学界把首届诺贝尔物理奖授给了他。

关于伦琴发现 X 射线的经过,他本人很少谈论,在去世前他又嘱咐家人将自己的手稿和信件全部烧毁,所以后人在描述他的发现经过时有很大出入。我们这里仅从 1896 年初记者访问他的片断记录中摘取一点资料。^[1]



图 1-1 伦琴

记者在参观后,问伦琴先生:

“教授,请给我讲讲发现的历史,好吗?”

“没有什么历史”,他说道,“我很长时间对真空管产生阴极射线的问题有兴趣。我就照着赫兹(H. Hertz)和勒纳德(P.

Lenard)以及其他人的研究去做,我对此有很大兴趣,并且决定只要有时间就来做点自己的研究,这一次是在十月末,我做了好几天后,发现了新的现象。”

“那是什么日子?”记者问。

“十一月八日。”

“发现了什么?”

“我正在用包着黑纸板的克鲁克斯管做实验,在那里有一张亚铂氰化钡纸放在凳子上,我给管子通电流时,注意到有一条特殊的荧光出现在纸上。”

“那是什么?”记者问。

“一般说来,这个现象只能靠光线传播才能产生,而光线不能从管子出来,因为屏蔽得非常严实,任何已知的光都是透不过的,即使电弧产生的光也如此。”

“而您怎样想的呢?”

“我不想,而是研究,”伦琴回答说:“我假设这一效应必须是来自管内,因为它的特性说明它不可能来自任何别的地方,我进行了试验。几分钟后就确定无疑了。射线来自管子,对纸产生荧光效应。我试试拉开距离,越来越远,直至两米。初步看来它是一种看不见的光,这确是某种新的、未曾记录过的事物。”

“它是光吗?”

“不。”

“它是电吗?”

“和已知的任何形式都

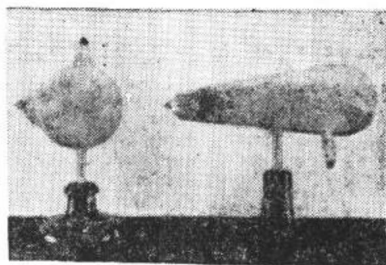


图 1-2 伦琴用过的阴极射线管

不同。”

“那究竟是什么呢？”

“我不知道。”伦琴说，“既然发现了一种新射线的存在，我当然就开始探讨它的行为。不久试验表明，射线的穿透力高到从未知晓的程度，它可以很容易地穿透纸、木和布，这些物质的厚薄在一定的限度内并不产生可以觉察的区别。射线也可以穿透所有试过的金属，大致说来，其穿透程度随金属密度改变，这些现象我已在交给维尔茨堡(Würzburg)学会的报告中仔细讨论过了，您可以从那里找到所有实验结果。由于射线有极大的穿透力，很自然它也能穿透肌肉，这是我给您看的那张手的照片。”

“将来会是怎样呢？”

“我不是预言家，我反对作任何预言，我正在进行研究，当结果得到证实，我将立即公之于众。”

当记者还要问伦琴许多稀奇古怪的问题时，伦琴把手伸向记者，说：“我还有很多事情要做，我忙得很。”说着，眼睛已经移向他正在从事的实验工作了。

对于伦琴来说，他当然没有料到在重复阴极射线实验时，会发现一种新的性质特殊的射线，但是他的发现并不是因为交上了好运，而是由于几十年的精心实践培养了良好的观察和判断能力。抓住了机会，就不轻易放过，务必研究得水落石出，所以，偶然的机遇获得了必然的成果。

伦琴在发现X射线时，已经是五十岁的人了。当时他已担任维尔茨堡大学校长和该校物理研究所所长，是一位造诣很深，有丰硕研究成果的物理学教授。在这之前，他已经发表

了 48 篇科学论文，其中包括热电、压电、电解质的电磁现象（由此发现了伦琴电流）、介电常数、物性学以及晶体方面的研究。他治学严谨、观察细致。他有熟练的实验技巧，仪器装置多为自制，实验工作很少靠助手。他对待实验结果毫无偏见，作结论时谨慎周密。特别是他的正直、谦逊的态度，专心致志于科学工作的精神，深受同行和学生们的敬佩。

上述记者访问中提到的那张手的照片(图1-3)，是第一张有关人体的X射线照片，拍的是他夫人的手。1895年12月22日，这时他已一个人在实验室里工作六个星期了。他意识到新现象的重要性，需要尽快地确证这一新射线的存在以及它的各种性质，在没有确证之前，最好不要声张。他怕万一搞错，声张出去，就会造成不可弥补的损失，所以他连自己的夫

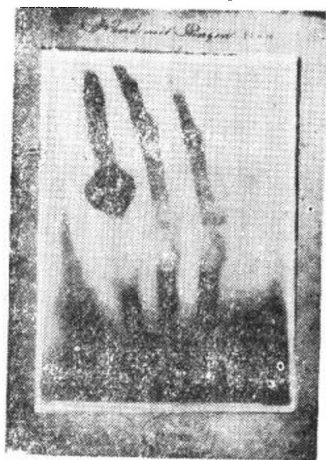


图 1-3 伦琴夫人手的 X 射线照片。摄于 1895 年 12 月 22 日，现保存在德国博物馆中

人和两名助手都没有告诉。当时工作条件非常困难，特别是射线管都要抽成真空，需要耗费大量时间。如果停止实验，真空度就破坏了，一切就要从头开始。为了便于连续工作，伦琴索性就吃、住在实验室里。直到12月22日，他才将详情告诉夫人，并拉着夫人来到实验室为她拍下了第一张人手照片。这一张照片现在成了有历史意义的文物，保存在慕尼黑的德国博物馆内。图 1-4 是用 X 射线拍人手照片的情景。



图 1-4 用 X 射线拍人手照片的情景

从伦琴在当年年底发表的论文《一种新射线(初步通信)》(图 1-5)中,可以看出他是如何详尽地考察 X 射线的性质的。下面是这篇论文的前几段:

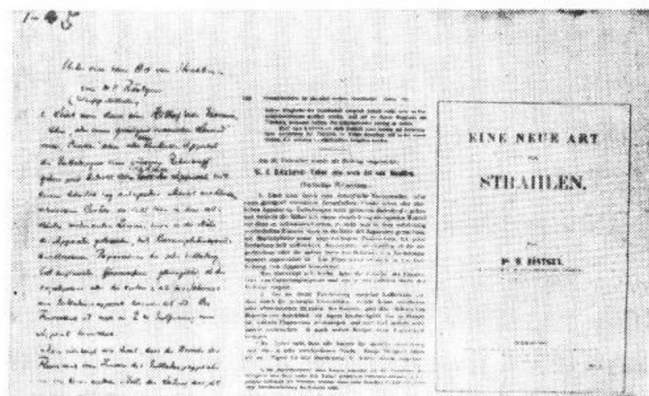


图 1-5 伦琴的《初步通信》手迹和印本

“1. 如果有人用相当大的鲁姆霍夫感应圈使希托夫真空

管或勒纳德管、克鲁克斯管或已充分抽空的其他类似的装置放电，而管子又用黑纸板严密套封起来，并且整套装置都放在完全黑暗的屋子里，他就可以在每次放电时看到仪器附近的亚铂氰化钡纸屏上发出亮光，这样产生的荧光与纸屏涂层是向着放电管还是背着放电管完全没有关系。在离装置2米远的距离处荧光仍然明显可见。

“容易相信，荧光的起因是来自放电设备，而不是来自电路其他任何地点。

“2. 这个现象最令人惊异的是：对于太阳或电弧的可见光或紫外光是不透明的黑纸板套，却能让产生荧光的作用物通过；因此我们首先要探讨，其他物体是不是也具有这种特性。

“我们迅即发现，所有物体都能透过，尽管程度大有不同。我来举几个例子。纸非常透明：荧光屏放在约1000页的书后面，我仍看到亮光；油墨不产生可觉察的影响。同样，在双份包装的扑克牌之后，荧光照样出现；单张纸牌置于装置和屏之间，眼睛根本无法察觉其影响。——单张锡箔也难察觉，只有把许多张叠在一起才能在屏上看到清晰的阴影。——厚木板也还透明；2—3厘米厚的枞木只能少量吸收。——一块大约15毫米厚的铝板，尽管会大大降低射线效果，但不能使荧光完全消失。——几厘米厚的硬橡胶也能被射线穿透。——同样厚度的玻璃板要看是否含铅（火石玻璃），含铅的比不含铅的透明性差得多，作用大不一样。——如果把手置于放电装置和荧光屏之间，就可以看到在较淡的手影里露出深暗的骨骼阴影。——如果把水、二硫化碳和其他各种液体置于云母容

器中检查,也是很透明的。——氢是否比空气更透明,我还不能确定。——在铜或银、铅、金、铂的箔片后面依然可以看到清晰的荧光,只是这些箔片不能太厚。0.2毫米厚的铂箔也能透过,铜和银甚至可以再厚些。1.5毫米厚的铅片则几乎不透明了,由于有这一特性,这种金属往往很有用。——一根方木棍(20×20 毫米²),一面涂有含铅的白漆,依其在放电装置与荧光屏间的位置而有不同效果。当X射线平行于涂漆面穿过木棍时,几乎完全没有效果。可是当射线穿过涂漆面时,木棍就在荧光屏上产生黑影。——金属的盐类也可以象金属一样,按照它们的透明度排成系列,不论它们是未溶解的固体状态还是溶在液体之中。

“3. ……下面的实验表明密度并不是唯一的决定因素。我研究了几乎同样厚的玻璃板、铝板、方解石板和石英板,比较其透明度。这些物质的密度都差不多,可是方解石却明显地比其他几种物质透明度差得多……

“4. 随着厚度的增加,所有材料的透明度都减小,为了找到透明度和厚度的可能联系,我拍了照片,底片一部分用好几层锡箔盖上,层数不断递减,如果我有合适的光度计,就可以进行光度测量。

“5. 把铂、铅、锌和铝轧成箔片,其厚度正好使它们的透明度近于相等。下表列出以毫米为单位的绝对厚度、相当于铂片的相对厚度和密度。

“这些数值表明,即使不同金属的厚度和密度的乘积相等,它们的透明度也绝不相等,透明度的增加比其乘积的降低快得多。

	厚度(毫米)	相对厚度	密度(克/厘米 ³)
铂	0.018	1	21.5
铅	0.05	3	11.3
锌	0.10	6	7.1
铝	3.5	200	2.6

“6. 并不是只有亚铂氰化钡的荧光才能测出X射线。必须指出,其他物质也会发生荧光,例如:磷光质的钙化合物,还有铀玻璃、普通玻璃、方解石、岩盐等等。

“有特殊意义的是,照相干板对于X射线是敏感的,因此,我们用它作为许多现象的永久记录,以防出错。只要可能,我总是把自己在荧光屏上看到的现象记录下来,进行比较。”

以上只是伦琴在发现X射线以后进行的初步实验的一部分。由此可以看出,他是何等地认真和细致。限于当时的条件,他没有可能弄清楚X射线的本质。要知道,在伦琴发现X射线的年代,电子还未发现,阴极射线的本质还没有搞清楚呢!正是因为这个缘故,伦琴把这种新发现的射线取名为X射线。

X射线的发现对科学的发展有极为重要的意义,它象一根导火线,引起了一连串的反应。伦琴宣布X射线发现之后不久,X射线很快就被医学界广泛利用,成为透视人体、检查伤病的有力工具,后来又发展到用于金属探伤,对工业技术也有一定的促进作用。更重要的,X射线的热潮,吸引了许多科学家研究X射线和阴极射线,从而导致了放射性、电子以及 α 、 β 射线的发现(这些发现将在以后各章中陆续介绍),为原子科学的发展奠定了基础。同时,由于科学家探索X射线的本

质,发现了X射线的衍射现象,并由此打开了研究晶体结构的大门;根据晶体衍射的数据,可以精确地求出阿伏加德罗常数。^①在研究X射线的性质时,还发现X射线具有特征谱线,其波长有特定值,和X射线管阳极元素的原子内层电子的状态有关,由此可以确定原子序数,并了解原子内层电子的分布情况。此外,X射线的性质也为波粒二象性提供了重要证据。

关于X射线的发现,往往有这样的问題,即为什么在伦琴之前没有人发现X射线?如果我们作一点历史的回顾,进行一些对比,就可以了解伦琴的发现不是偶然的了。

有必要对X射线的产生作些说明。

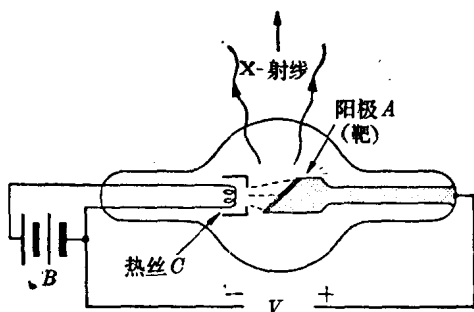


图 1-6 X 射线管

请看图 1-6,这是一种X射线管,在正负电极间加高电压。电子从阴极(热丝 C)发出,受电场力加速,以很高的速度

① 1931年,伯登(J. A. Bearden)从X射线衍射测得方解石的衍射层间距为 $(3.0359 \pm 0.0003) \times 10^{-8}$ 厘米,由此得到阿伏加德罗常数为 $(6.019 \pm 0.003) \times 10^{23}$ 摩尔⁻¹,根据这个值计算出电子电荷 e 为 $(1.603 \pm 0.001) \times 10^{-19}$ 库。

打到靶子上。当电子停下来时,就把全部能量交给靶子,使靶子里物质的原子受到激发而辐射出一定频率的电磁波,这种辐射的本质和可见光及紫外光是一样的,只是波长更短而已。电极间的电压越高,电子轰击的能量越大,辐射出的X射线的频率也就越高,它的波长则越短。这些知识,伦琴以及他的先行者们当然都不知道。

由此可见, X射线是阴极射线的伴生物。早在发现阴极射线的十九世纪六十年代,甚至更早,人们就应该在研究阴极射线的过程中发现X射线了。确实有许多人碰上了这种机会。

例如 1880 年,德国物理学家哥尔茨坦(E. Goldstein)在研究阴极射线时就注意到阴极射线管壁上会发出一种特殊的辐射,使管内的荧光屏发光,当时他正在为阴极射线是以太的波动这个错误论点辩护,他写道:“把荧光屏这样放到管子内部,即不让阴极发出的射线直接照射,但这射线冲击到的壁上所发出的辐射却可直接照射到,于是荧光屏就受到了激发,这个事实确凿地证明了以太理论。”^[2]

由于哥尔茨坦一心要证明阴极射线的以太说,他认为荧光屏发出这样一种特殊的荧光,正是以太说的一个证据。他到此也就心满意足了,没有想进一步追查根源,当然也就错过了发现X射线的机会。

这篇论文用德文和英文同时发表,当时关心阴极射线本质这一重大争论的物理学家想必都能读到。然而,令人深思的是,15年过去了,竟没有人问一问荧光屏为什么在遮去阴极射线后还会发光。

在1895年前许多年,很多人就已经知道照相底片不能存

放在阴极射线装置旁边,否则有可能变黑。例如,英国牛津有一位物理学家叫斯密士(F. Smith),他发现保存在盒中的底片变黑了,这个盒子就搁在克鲁克斯放电管附近。他只是叫助手把底片放到别的地方保存,而没有认真追究原因。

1887年,早于伦琴发现X射线8年,克鲁克斯也曾发现过类似现象。他把变黑的底片退还厂家,认为是底片质量有问题。

1890年2月22日,美国宾夕法尼亚大学的古茨彼德(A. W. Goodspeed)有过同样遭遇,他和朋友金宁斯(W. N. Jennings)拍摄电火花和电刷放电以后,没有及时整理现场,桌上杂乱地放着感过光的底片盒和其他一些用具。这时古茨彼德拿出一些克鲁克斯管给友人看,并向他作了表演。第二天金宁斯把底片冲洗出来,发现非常奇怪的现象:两只圆盘叠在火花轨迹之上(图1-7),没有人能够解释这个奇怪的效应。底片就跟其他废片一起放到一边,被人遗忘了。六年后,当伦琴宣布发现X射线后,古茨彼德想起了这件事,把那张底片找了出来,重新加以研究。他把桌上的布置按原样摆设,结果得到了同样的照片。1896年2月22日,古茨彼德在宾夕法尼

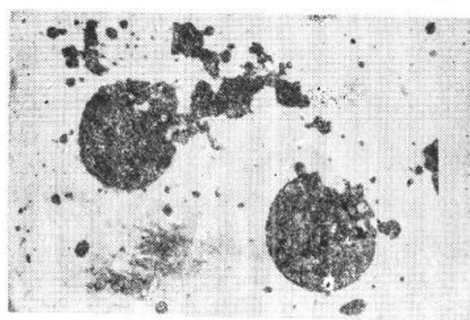


图 1-7 古茨彼德的 X 射线照片

亚大学作了一次关于伦琴射线的演讲，在结束时讲到他当初实验的故事，说道：

“我们不能要求伦琴射线的发现权，因为没有作出发现。我们能提出的顶多就是：先生们，您们记住六年前的这一天，世界上第一张用阴极射线得到的图片就是在宾夕法尼亚大学物理实验室得到的。”^[3]

还有一些人更接近于作出X射线的发现。例如：J.J. 汤姆生在1894年测阴极射线速度时，就有观察到X射线的记录。他没有工夫专注于这一偶然现象，但在论文中如实地作了报道。他写道：“我察觉到在放电管几英尺远处的普通德制玻璃管道中发出荧光，可是在这一情况下，光要穿过真空管壁和相当厚的空气层才能达到荧光体。”^[4]

勒纳德是研究阴极射线的权威学者之一，他在从事研究不同物质对阴极射线的吸收时，肯定也“遇见过”X射线，他大概是由于荧光屏涂的是一种只对阴极射线敏感的材料而未获明确结论。但他始终对伦琴占了发现的优先权而耿耿于怀。甚至1906年他获诺贝尔物理奖时还说：“其实，我曾经做过好几个观测，当时解释不了，准备留待以后研究——不幸没有及时开始——这一定是波动辐射的轨迹的效应。”^[5]

其实，勒纳德即使当时宣布观测到了X射线，也不能认为他是X射线的发现者，因为当伦琴宣布X射线的发现以后，他还认为X射线是速度无限大的阴极射线，把阴极射线和X射线混淆在一起，而伦琴早在1896年就宣布X射线不带电，与阴极射线有本质的区别。

对伦琴发现X射线的伟大贡献，科学界作出了正确的评