

KE XUE WEN GONG

科学文丛

五彩缤纷的物理世界

——微观世界

er

广州出版社

科学文丛

五彩缤纷的物理世界

——微观世界

(11)

广州出版社出版

图书在版编目 (CIP) 数据

科学文丛. 何静华 主编. 广州出版社. 2003.
形继祖

书号 ISBN7-83638-837-5

I. 科学... II. III. 文丛

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 082275 号

科学文丛

主 编: 何静华
形继祖

广州出版社

广东省新宜市人民印刷厂

开本: 787×1092 1/32 印张: 482.725

版次: 2003 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

印数: 1-5000 套

书号 ISBN 7-83638-873-5

定价: (全套 104 本) 968.80 元

目 录

一、原子论的产生和复兴	(1)
二、走进原子世界	(5)
1. 一个偶然的大发现	(5)
2. 天然放射性的发现	(9)
3. 电子的发现	(12)
4. 居里夫人与镭的发现	(16)
5. 原子的内部结构	(20)
6. 原子为什么没有坍缩	(25)
三、打开原子核	(31)
1. 放射线是什么?	(31)
2. 打破原子核	(35)
3. 不带电的中子	(39)
4. 放射性元素的半衰期与同位素的预言	(43)
5. 核力与介子	(48)

四、探索粒子世界	(54)
1. 五彩缤纷的粒子世界	(54)
2. 二象性的光子	(58)
3. 宇宙射线和正电子的发现	(63)
4. 空穴理论与正电子	(67)
5. β 衰变的能量失窃案	(71)
6. 王淦昌与中微子	(76)
五、核能与应用	(81)
1. 人工放射性元素的发现	(81)
2. 原子核的裂变	(85)
3. 钱三强与铀核三分裂现象	(90)
4. 链式反应与核反应堆	(94)
5. 核弹	(99)
6. 人类最理想的能源——核聚变能	(103)

一、原子论的产生和复兴

原子是一种非常小的微粒,如果把1亿个原子一个挨一个地排列起来,也不过就是1厘米这么长。可是,你也许没有想到,早在二三千年前,古代的人们就已开始探讨原子问题了。

在历史上明确地提出原子概念的是古希腊的德谟克利特。他继承了他的老师留基伯的思想,并将这种思想发展成原子论。德谟克利特是一个善于观察自然现象,又爱动脑筋的人。当他看到鱼在水中游动的时候,想到的是水这种物质不是结构紧密的整体,就好像沙堆是由沙粒构成的那样,水也是由微粒构成的。因为只有这样,当鱼游过来时,水微粒向两边散开,鱼才能在水中自由地游来游去。当他发现盐放入水里以后,便很快消失了,水却成了咸味。他推断,有可能是盐的小微粒分散到水里了。当他观察到植物和树在粪土上长得特别旺盛时,他猜测可能是土壤和粪土中的什么微粒积聚而构成植物的干、叶等。

经过长时间的仔细观察和思考,德谟克利特对这些自然现象作出了理论解释。他的结论是,宇宙万物都是由两种东西构成的,这两种东西就是原子和虚空。原子是一些坚硬的、不可再分的微粒,虚空则是原子存在和运动的场所。德谟克利特的

原子论认为,世界上的一切物体都是由原子组成的。那么为什么世界上的物体又有那么多的种类,它们之间有着千差万别呢?原子论指出,原因是由于组成它们的原子在数量、形状和排列上都有不同。

德谟克利特的原子论,在当时生产力比较低下,科学技术还不发达的情况下,不可能有科学实验作出严格的论证。所以,德谟克利特的原子论还属于哲学思辨,但这却是一天才的见解。100多年以后,古希腊思想家伊壁鸠鲁进一步指出,原子在虚空中运动,它的分离与结合形成了一切自然现象;而且原子本身不仅存在形状的差别,还有大小重量的不同。在古代,能提出这样一些看法,充分展示了这些自然哲学家们的智慧。只可惜,由于统治者和宗教神学的长期压制,原子论的卓越思想未能得到重视和发展。直到1000多年以后,到文艺复兴时期,卢克莱修在公元前1世纪写的记载和赞扬原子论的长诗《物性论》的手抄本被发现,古代原子论才重见天日。近代自然科学诞生以后,一些科学家吸收了原子论思想,例如著名物理学家牛顿就认为,一切物质都是由不可再分的原子构成的;不同的原子,它的大小、形状、密度和内部的吸引力也都不同。由于自然科学家的工作,原子论已开始从抽象的哲学思辨走向科学。

不过,真正的科学原子论却是在19世纪初期才问世。在这方面,做出开创性贡献的是一位英国科学家道尔顿。他曾是一位中学老师,研究过拉丁文、希腊文、数学和自然科学。在19世纪初,道尔顿提出,原子在化学反应中性质不变,因此它是化学反应中的最小单位。道尔顿还特别指出,同一元素的原子都具有相同的质量,不同种类元素的原子质量则不同。可见,原

子的质量是元素的一个特性,每一种元素都可以用它的原子量来代表。有了原子量的概念,化学上的一些实验定律的本质得到了合理的解释。所以,道尔顿的原子论是人类对物质微观结构认识的一个伟大成就,它被看作是化学发展史上的一个重要里程碑。

既然原子量是元素的一个特征,那么确定原子量就是一项十分重要的工作。道尔顿以最轻的元素氢的原子量为1,并据此推算出了14种元素的原子量。但是,道尔顿确定的原子量与我们今天所确定的原子量相差较大。这里的原因除了当时技术条件差的原因外,更重要的是道尔顿原子论本身也存在着缺陷。这主要是,道尔顿提出原子论时,还没有分子的概念。因此,道尔顿把一些分子当作原子。这样推算出来的原子量当然是错误的。后来,意大利物理学家阿佛伽德罗提出了分子的概念,认为物质是由分子构成的,分子才是由原子组成的。原子——分子论正式建立了,使人类对原子的认识向前发展了一大步。在此基础上,并随着化学元素周期律和化学结构理论的提出,化学家们十分自豪,以为物质结构问题已经解决了,并声称无论是什么东西,只要知道了它的化学结构,就可以把它构造出来。

这时,给人的印象是一切都完美无缺了。不过,也有人发出疑问,能不能深入到原子里面去,看看原子是由什么构成的?提出元素周期律的俄国化学家门捷列夫就曾猜测说,单质的原子是由若干更小的微粒组成的复合物。不过,绝大多数的科学家的思想仍然被束缚在“原子是不可分割”的传统观念下。这种观念的转变的确不是一件容易的事情。

19世纪末,当大多数物理学家沉浸在科学全面进步的喜悦

之中时,物理学家连续取得了三项伟大的发现。这就是 X 射线、天然放射性和电子的发现。这三项发现使原子是不可分割的观念受到了猛烈的冲击,也引导了人们对微观世界的认识进入了一个新的时代。

二、走进原子世界

1. 一个偶然的大发现

科学上常常有这样的情况,一个意外的事件导致了意想不到的科学发现或发明,从而推动了科学的进步。1895年,德国物理学家伦琴的一个偶然发现,就促进了人们对原子内部情况的探索。

1895年10月间,伦琴在实验室里研究阴极射线。阴极射线是19世纪60年代,物理学家利用气体放电管发现的。这种放电管就是在—根抽掉空气的玻璃管的两端封上金属丝。当放电管的两端接上高压电源(几千伏特)后,对着阴极(负极)的玻璃管壁就会出现绿色的辉光。进一步研究,发现这种从阴极放射出的辉光不像是光线。因为在辉光的通道上用金属片作障碍物,会在阴极对面的玻璃壁上出现它的阴影,这说明阴极射线像光线—样可以产生影响;但是,当用透明的云母作障碍物时,仍然出现它的阴影,而光线是可以透过透明云母的。进一步的研究发现,当用磁铁靠近放电管时,辉光通道上障碍物所产生的影子的位置会发生移动,这说明辉光弯曲了。后来,电磁场也会使辉光弯曲。物理学家们就把这种不是光线的射

线称为“阴极射线”。

伦琴在研究阴极射线期间,他的实验室里发生了怪事。先是,用黑纸包得很好的照相底片被莫名其妙地感光了。开始以为毛病出在照相底片上,就去买来新的底片,结果仍然会出现同样的情况。这引起了伦琴的疑问,是不是阴极射线使照相底片感光了呢?他为了使照相底片不再被自动感光,就用厚的黑纸把阴极射线管包了起来。可是不久,又发生了一件怪事。有一天,伦琴离开实验后,突然想起实验室里阴极射线管的电源还没有关。于是,他又回到实验室。当他走进实验室时,竟发现实验室里有一处发出闪闪的绿光。打开电灯,他看见那里是一块做实验用的涂有荧光材料的硬纸板。伦琴关掉阴极射线管的电源,则硬纸板不再发出绿光;可接通电源,绿光又出现了。这个奇怪的现象肯定和阴极射线管有关了。可是,这种荧光材料只有在强光照射下才会发出荧光,而伦琴已经知道阴极射线的有效射程仅有1英寸,即只有2.54厘米。况且,当时这块硬纸板离阴极射线管的距离有2米。再加上,阴极射线管已被用厚的黑纸包了起来。考虑到这些情况,伦琴认为不是阴极射线使硬纸板发出荧光,他意识到可能存在着某种新的未知射线。这使他异常激动,一连几天几夜把自己关在实验室里做实验。他先后在阴极射线管和硬纸板之间放置了木头、硬橡胶以及许多不同的金属。结果,发现厚木板、纸片等都挡不住这种未知的射线;较厚的铝片才能完全挡住它。这些实验的结果,使伦琴明白了,放在抽屉里包着黑纸的照相底片之所以被感光,不是照相底片的质量不好,而是这种未知射线在作怪。因为木板和纸都不能挡住这种穿透力很强的射线。

由于伦琴埋头于对这种未知射线的实验而废寝忘食,引起

了他的妻子的不满,就到实验室里来看他。伦琴让他的妻子把手放在一张用黑纸包好的照相底片上,然后再用接通电源的阴极射线管一照,冲出的照相底片使伦琴和他的妻子大吃一惊,照相底片上十分清楚地呈现出她的手骨结构,连手指上的金戒指的轮廓也清楚地印在上面。这张照片成了历史上的一张著名照片。

伦琴想进一步了解这种射线的性质,但他用磁场也没能使这种射线发生弯曲,用三棱镜也没能使它发生折射。由于,伦琴无法说明这种性质未知的奇妙射线,就把这种射线定名为 X 射线。

伦琴把他的这一发现写成论文,于 1895 年 12 月 28 日在德国的科学杂志上发表了。这篇论文一登出,立即引起了轰动。同时,许多报纸都把这个发现当作一个重要新闻来报道。有的报纸还刊载了伦琴夫人手骨结构的那张 X 射线照片。不久,这个情况传到美国,有一位医生用 X 射线检查了受枪伤的病人,以观察子弹是否还留在病人体内。X 射线能看穿人的身体,成为医生的有力助手。这下,伦琴不仅在科学界,在社会上也一下子出了名。由于他的这一偶然大发现,1901 年,他获得了第一个诺贝尔物理学奖。

伦琴的发现公布于世之后,有的物理学家感到十分懊悔。因为他们在伦琴之前,也曾曾在实验室里发现了照片底片被莫名其妙地感光的现象,只可惜他们未能像伦琴一样发现 X 射线。像英国的著名物理学家克鲁克斯,他是高真空放电管,即阴极射线管的发明人,也是研究阴极射线的一位权威。但是,他在发现了实验室里的照相底片被自动感光以后,认为这是因为照相底片的产品质量存在问题,找到照相底片的生产厂家退了

货。克鲁克斯虽然在经济上挽回了一些损失,可是他在科学发现上的损失太大了,错过了一次可以获得诺贝尔奖的机会。还有一位美国科学家叫古德斯比德,他在得知伦琴的发现之后,立即到他的废底片中,找出了他在 1890 年 2 月 22 日得到的一张 X 射线照片。尽管他的这张照片比伦琴的 X 射线照片早了 5 年,可惜的是,当时他没有意识到这里的新发现,而把被 X 射线感光的照相底片扔进了废纸堆。对此,古德斯比德也只好说,在伦琴发现 X 射线的 5 年前,他就已拍出了世界第一张 X 射线照片,但却未能发现 X 射线,无法取得 X 射线的发现权。看到了同样的现象,却有着不同的结果。原因在哪里? 其中很重要的一个因素是,伦琴从偶然的事件中引出了疑问,这个疑问把他引向了科学的新发现。相反,凡是对意外现象没有引出问题的研究者,都失去了作出新发现的机会。可见,疑问、问题和由此产生的好奇心是科学发展的一种动力。当然,伦琴的发现也不能完全归于偶然。对于意外事件只有敏锐的觉察,才能抓住发现的机会。

伦琴,作为一个诺贝尔物理学奖的获得者,享有很高的声望。但是,他成名之后,反对用自己的姓氏来命名 X 射线,而且还谢绝了贵族爵位。他把获得的诺贝尔物理学奖的奖金捐给了自己工作的大学物理实验室,用作研究费用。

后来,经过物理学家的进一步研究,发现 X 射线是一种波长很短的电磁波。它是由于阴极射线(即高速电子流)轰击阴极而产生的。X 射线的用途比较广泛。它是医学诊断的一个重要手段,直到今天,我们到医院作透视检查,利用的仍然是伦琴发现的 X 射线。除了医疗以外,X 射线在工业上可用于金属探伤,在科学研究中可用研究晶体结构,等等。

伦琴关于阴极射线的研究,发现了 X 射线;而后来物理学家对于 X 射线的研究,又带来了天然放射性的发现。这一系列的发现,打开了通往原子世界的大门。

2. 天然放射性的发现

天然放射性现象的发现同 X 射线的发现一样,都带有一定的偶然性,只不过 X 射线的发现来自对阴极射线的研究,而天然放射线现象的发现则是来自对 X 射线的研究。

X 射线的发现引起了众多物理学家的兴趣。法国科学家彭加勒素以富有想象力而著名,他提出 X 射线可能同真空玻璃管的荧光有关。彭加勒的这个想法后来被证明是不对的,可是在当时却激起了他的同胞贝克勒尔的极大兴趣。

贝克勒尔的父亲是一位专门从事荧光物质研究的化学家,他的祖父也以研究磷光和荧光现象而闻名于世,这个家族从事这方面的研究已有六七十年的历史了,他们的实验室里有各种各样的荧光物质。贝克勒尔从他父亲的实验室里选了一种荧光最强的物质——铀盐,开始着手实验 X 射线到底与荧光有没有关系。他用黑纸包住照相底片,黑纸包上放一层铀盐,然后再让它们受太阳光的照射。他的设想是,太阳光不能穿透黑纸,因此照相底片不会受太阳光照射本身而感光;但是如果由太阳光照射而激发的荧光中含有 X 射线,这 X 射线就会穿透黑纸使照相底片感光。实验结果如他设想那样,照相底片冲洗后显现了铀盐在照相底片上的黑色轮廓。后来,贝克勒尔在铀盐和黑纸之间放上其它材料,比如铝箔、铜箔,结果照相纸片也都感光了。这更加“证明”了 X 射线的存在,因为当时人们除了知道 X 射线能穿过这些东西之外,还不知道有别的射线也具有这

种功能。

戏剧性的结果产生在贝克勒尔继续进行的实验中。1896年2月底,贝克勒尔在准备进行一次新的实验时,碰巧遇上了巴黎一连几个阴天,太阳始终没有露面。他只好把铀盐连同用黑纸包好的照相底片一起放进实验室的抽屉里。3月1日,贝克勒尔想事先检查一下照相底片是否完好,以便再进行实验,他就冲洗了其中一张底片。但冲洗后却发现了奇怪的现象:照相底片已经感光了,上面有一个很黑的铀盐的影子。这是怎么回事呢?铀盐是和黑纸包好的照相底片一起放在抽屉里的,可以说是隔绝了外来光线;而铀盐不经太阳光照射是不会发出荧光的。那么照相底片又是如何感光的呢?贝克勒尔推断,既然照相底片感光与太阳照射和荧光都没有关系,那么很可能是铀盐本身能发出一种神秘的射线,就是这种神秘射线使照相底片被感光了。但他还不知道是铀盐中的哪种物质放出的射线,是硫酸?是钾?还是铀?贝克勒尔又埋头作了进一步的实验。他用纯硫酸钾做实验,照相底片没有感光,说明硫酸和钾都不会放出不可见的射线。他用各种铀化合物进行实验,照相底片都同样感光了。在物理学研究中,实验的结果具有极高的权威。贝克勒尔得到结论:只要有铀元素存在,就有这种射线产生。

X射线的产生需要气体放电管和高压电源,而铀盐无需任何外界作用,就自动地放射出一种射线。后来,科学家们就把一些物质所特有的这种能自发放出射线的性质称为天然放射性,也简称放射性;把具有这种性质的物质叫做放射性物质。

天然放射性现象的发现在科学发展的历史上具有重要的意义。它表明,自然界中有些元素能自发地放出射线来。这些元素又都是由某种原子构成的,这就表明原子本身可能会发生

某种变化。这种变化意味着原子存在着内部结构，隐藏着某种秘密。因此，可以说天然放射性现象的发现开始动摇那种认为原子是不可分割的陈旧观念。

贝克勒尔关于天然放射性的发现，打开了一个新的研究领域，吸引了许多物理学家投身于这一方向的研究。下面将谈到的著名科学家居里夫妇，就是在这一领域做出重要贡献的。

贝克勒尔的发现，不仅具有丰富科学认识的作用，而且它还再一次向我们展示了“机遇”在物理学研究中的价值。也许有人会想，贝克勒尔能发现天然放射性是因为他的运气好。要不是准备实验的那几天赶上连阴天，他就不会把铀盐连同用黑纸包好的照相底片一起放进抽屉；而恰巧放进抽屉这一条件又排除了其它光线使照相底片感光的可能。所以，贝克勒尔轻而易举地发现了天然放射性现象。这种想法似乎表明，只要碰上这种机会，谁都同样会做出发现，取得辉煌的成就。物理学发展的历史，以至整个科学发展的历史都表明，“机遇”（即好的境遇）确实在科学发现中起一定的作用。但是，它也仅仅是一部分作用，或者说它只是提供了一种成功的机会。然而，也并不是所有的人在机会面前都能取得成功，如同 X 射线的发现使一些科学家终生懊悔一样天然放射性现象的发现也使一些科学家抱恨终生。在贝克勒尔之前，也有一位研究人员把沥青铀矿石和用黑纸包好的照相底片搁在了一起，而使照相底片感光作废。可惜的是，这位研究人员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。这个结论是对的，也有一定的实用价值。但是，他就没有多问一个为什么，为什么沥青铀矿石与照相底片放在一起会使照相底片感光，因而白白放过了能作出一项重大发现的机会。对此，还是法国科学家巴斯

德的名言道出了真谛：“机遇只偏爱有准备的头脑。”就是说，机遇仅仅起提供机会的作用。要做出发现，还需要由热爱学习、善于观察、勤于思考的有心人去认出机会，抓住机会，深入钻研，才会获得成功。

3. 电子的发现

电子是人类认识的第一个微观粒子。它的发现和 X 射线的发现类似的地方是都同研究阴极射线有关。

在 19 世纪后期，阴极射线到底是什么？引起了相当多的物理学家的兴趣。对这个问题出现了不同的见解，产生了争论。有趣的是，争论双方的队伍几乎是以国界划分的。当时，是德国物理学家戈尔茨坦把阴极发出的某种射线，命名为阴极射线，并判断它是类似于紫外线的以太波。这个观点受到了赫兹等物理学家的支持。赫兹曾于 1887 年发现了电磁波，他就把阴极射线看成是电磁波。这是德国物理学家的共同看法。而英国和法国的物理学家都认为阴极射线是一种带电的粒子流。以克鲁克斯为代表，他认为阴极射线是气体放电管中残余气体分子了撞到阴极，因而带上负电，这不但能传递能量还能传递动量，是一种分子流。这一争论持续了 20 年，没有统一的结果。X 射线虽然是研究阴极射线取得的成果，但是 X 射线是由阴极射线而发现的另一种射线，它并没有解决阴极射线的本性。所以，阴极射线究竟是什么东西？人们还没有搞清楚。

持不同观点的科学家都在积极寻找有利于自己观点的证据。对阴极射线的本性作出正确答案的是英国剑桥大学卡文迪许实验室的汤姆逊。他认为阴极射线是带电微粒说可能更符合实际，决心设计实验进行周密考察，以找出确凿证据。