

探索·发现

EXPLORING



探索物理世界的奥秘

韩欣 / 编著



内蒙古人民出版社

探索·发现



探索物理世界的奥秘

内蒙古人民出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

探索·发现 / 韩欣主编. — 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 2006.5

ISBN 7-204-08460-8

**I. 探... II. 韩... III. 自然科学—普及读物
IV. N49**

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 053229 号

探索·发现

韩欣 编著

**内蒙古人民出版社出版发行
(呼和浩特市新城区新华大街祥泰大厦)**

北京嘉羽印务有限公司印刷

开本: 850X1168 毫米 1/32 印张: 128 字数: 1600 千字

2006 年 6 月第 1 版 2006 年 6 月第 1 次印刷

印数: 1-5000 册

ISBN 7-204-08460-8/G·2160 定价: 496.00 元(全 16 册)

目 录

巴尔莫发现氢光谱规律	(1)
汤姆逊发现电子	(5)
卢瑟福发现原子核	(9)
玻尔理论的诞生	(13)
中子的发现	(19)
“有色有味”的夸克	(26)
波的物理学	(30)
地震波	(31)
声音是什么	(33)
声音的本质	(34)
声音的速度	(36)
声音的反射和吸收	(39)
超声波	(40)
长眼睛的鱼雷	(41)
医生的“眼睛”	(44)
看不见的手术刀	(47)
电是什么	(50)
电 和 磁	(53)

伦琴的礼物	(54)
揭开新射线的谜团	(57)
探析精巧的晶体结构	(60)
原子的“指纹”	(62)
著名的“费城实验”	(68)
青蛙实验引发的思考	(71)
多姿多彩的盖斯勒管	(73)
物理学界的“皇后”	(75)
破棚子中“捉”镭记	(80)
探索放射性物质	(84)
坏天气带来的好运气	(89)
神通广大的中微子	(92)
γ 射线	(97)
验电器的“困惑”	(101)
宇宙来的客人	(103)
宇宙射线	(106)
星裂与簇射	(110)
地球年龄的测算	(113)
伽利略的实验	(115)
记录生命进化的“史书”	(118)
射线的威力	(122)
失败是成功之母	(125)
轮船的“刹车”	(129)
石块投水之后	(131)
太空饮馆	(133)

船吸的奥妙	(135)
裂缝里的学问	(137)
膨胀的饺子	(139)
“龙井茶叶虎跑水”	(141)
飞翔蓝天的风筝	(142)
水枪与水炮	(143)
猫“安全着陆”的本事	(144)
泥地上为什么难骑车	(146)
高高的自来水塔	(148)
没有方向盘的火车怎么拐弯	(150)
开普勒三定律的发现	(152)
伽利略对自由落体的研究	(156)
万有引力的发现	(167)
胡克定律的发现	(174)
用冰烧开水	(177)
奇妙的热胀冷缩	(178)
大有可为的真空工厂	(180)
为什么热水会使玻璃杯破裂	(181)
蹈火舞者为何不怕火	(184)
香烟两头冒烟上下跑	(186)
卫星的冷热病	(187)
不会在热水中融化的冰块	(189)
风从哪儿来	(190)
地球的“体温计”	(191)
地底世界的四季变化	(192)

会“记忆”形状的合金	(194)
能煮熟鸡蛋的纸锅	(196)
莱顿弗罗斯特现象	(198)
温度计的发明	(200)
温度计里装的是什么	(203)
水到沸点,温度会上升吗	(205)
热质说的产生	(207)
运动说的兴起	(211)
能量守恒定律的建立	(217)
影子的妙用	(220)
日出的问题	(222)
“视觉位移”	(223)
夫琅和费线之谜	(225)
反射及其类型	(227)
镜 子	(229)
折射与透镜	(232)
显微镜的发明	(237)
发明镜子的故事	(240)
眼镜的发现	(243)
穿雾照相技术	(246)
电子眼珠的发明	(248)

巴尔莫发现氢光谱规律

光谱学早期研究可以追溯到 1666 年牛顿的色散实验,光谱就是一种色散现象。其后一百多年,这方面的研究没有多大进展。直到 1800 年,赫歌耳对太阳光谱进行了热效应的测量,他发现光谱红端较热,甚至在红端之外,还有热效应区域,于是他发现了红外线。第二年,里特从化学效应发现了紫外线。1802 年,沃拉斯顿观察到太阳光谱中间有许多黑线,这实际上是吸收光谱,沃拉斯顿误以为是颜色的分界线。

光谱学的发展和天文观测有密切关系。因为光带来了遥远天体的信息。为了这个目的,天文学家夫琅和费对太阳光谱进行了非常细致的观测。1815 年,他发表了自己编绘的太阳光谱图,对其中一些谱线标以 A、B、C……H 等字母,后来就把这些线称为 A 线、B 线……。这就是特征谱线的最早认识。

夫琅和费还发明了光栅。他先是用银丝缠在两根平行的细纹螺杆上,焊好后切去一面,即成金属丝光栅,后又用刻纹机在玻璃上刻痕,做成透射式玻璃光栅。

1859 年,基尔霍夫和本生制成了第一台棱镜光谱仪,开始用光谱方法分析物质的组成。他们认识到不同的物质具有不同

的光谱线,从光谱线可以鉴定化学成分。用这种方法,人们陆续发现了一些新的微量化学元素。

瑞典物理学家埃格斯特朗以精密测定光谱波长闻名于世,他以毕生的精力从事光谱测量。在他 1868 年发表的标准太阳谱图表中,记录有上千条光谱波长,数据精确到六位有效数字,均以 10^{-10} 米为单位,为了纪念他的功绩, 10^{-10} 米后来就命名为“埃”。他的光谱数据当年被认定为国际标准。

精确测量上千条光谱的波长值,这是非常繁琐复杂的工作,需要实验者付出极其艰巨的劳动,始终坚持进行一丝不苟的耐心测量和计算。

19 世纪的光谱学家为了探索物质的奥秘,就这样为科学事业采集了浩瀚的数据资料。然而,仅仅是数据资料还是不够的。把几千页的数据罗列在一起,这些数据杂乱无章,找不到头绪,人们面对一大堆“密码”似的数据,只能望“数”兴叹,无可奈何。还是埃格斯特朗,他第一个找到了解开“密码”的钥匙。埃格斯特朗最先从气体放电的光谱中确定了氢的红线,即 H_{α} ,证明它就是夫琅和费从太阳光谱中发现的 C 线,后来,他又找到了氢的另外三根在可见光范围内的谱线, H_{β} 、 H_{γ} 及 H_{δ} ,精确地测量了它们的波长。1880 年又有两位天文学家胡金斯和沃格尔成功地拍摄了恒星的光谱,发现氢的这几根光谱还可以扩展到紫外区,组成一光谱系。这个光谱系呈现阶梯形,一根接一根,非常有规律。这样明显的排列,难道会没有规律吗?

当时,物理学家致力于寻找光谱的规律,发表过许多文章。他们大多是将光谱线类比于声音的谐音,企图用力学振动系统说明光的发射,找到光谱线之间的关系。例如,英国的斯坦尼根

据基音、谐音之间频率的倍数关系,从三条可见光区域的氢谱线波长找到它们之间成 20: 27: 32 的比例关系,进而猜测基音波长应为 131277.1 埃。这个结论立即有人反对。1882 年舒斯特反驳说:“在目前的精度内,要找谱线之间的数量关系是没有希望的。”

这些物理学家习惯于用力学方法来处理问题,没有摆脱传统观念的约束。也许正是由于这个原因,在光谱规律的研究上首先打开突破口的不是物理学家,而是瑞士的一位中学数学教师巴耳末。巴耳末擅长投影几何,对建筑结构、透射图形、几何素描有浓厚兴趣。他在这方面的特长使他取得了物理学家没有想到的结果。开始他也是在谱线间寻找比例关系,但是凑来凑去,总得不到满意结果。经过反复推敲,他终于从几何图形上领悟到谱线波长有逼近某一极值的趋势,就像建筑结构那样,由近而远,逐渐缩小。他又从几何关系找到谱线波长之间遵循毕达哥拉斯定理(即勾股定理),经过反复试算,找到一个共同因子点,列出一个公式。氢光谱的波长:

$$\gamma = b \cdot \frac{m^2}{m^2 - n^2}$$

其中 m 、 n 均为正整数, $b = 3645.6 \times 10^{-7}$ 毫米。用这个公式反推氢光谱的波长,与埃格斯特朗的测量结果,相差不超过波长的 $1/40000$ 。

一位中学数学教师,竟然解决了许多物理学家大伤脑筋的难题,打开了光谱奥秘的大门,成功的诀窍也许就在于他不是物理学家,不受传统观念的约束,能够客观地看待问题吧!

巴耳末公式的建立,为光谱系的整理工作提供了范例,因为

氢光谱是最简单、最典型的一种。从此,光谱学形成了一门系统性很强的科学,为进一步了解原子的特性准备了丰富资料。至于原子究竟是如何组成的,光谱与原子结构究竟有什么关系,这些问题仅靠光谱学是解决不了的。人们必须探测到原子内部,才能对这些问题作出决断。

汤姆逊发现电子

谁若置身于欧洲核子中心,面对 27 千米周长的正负电子对撞机,想起汤姆逊用来发现电子的 27 厘米长的玻璃管,谁都会惊叹科学技术的百年进步,谁都会领悟基础研究的深远意义。在这台正负电子对撞机上,正负电子在 27 千米长的圆环中加速,能量高达 100 吉电子伏,对撞后双双湮灭,在极小空间内产生的瞬时能量远远大于恒星里核反应的能量。从这种“微型爆炸”中爆发而出的粒子,与宇宙“大爆炸”开端十亿分之一秒时的情形相似,犹如盘古开天瞬时的场景。由汤姆逊发现的电子,虽然微小到如今在 10^{-19} 厘米仍未探测到它的大小,却在粒子物理学、宇宙学、电子学和全球互联网等 20 世纪新兴的重大科学技术领域独树一帜。很多人把 20 世纪称做“电子世纪”。若按这种叫法,当年用小小玻璃管发现了电子的汤姆逊,用普通油滴所做的实验测量了电子电荷的密立根,无疑要被尊奉为电子纪元的开创者。100 年来在他们开辟的电子世界所产生的硕大无朋而又五彩缤纷的科学之果,不只是令世人瞠目,也远远超出了这两位先驱者的料想。

1897 年 4 月 30 日,汤姆逊走进英国皇家学院,宣布他发现

了一切化学元素的基本组分——电子。“电子”这个名称,是1891年英国人斯托尼为元电荷起的名字。汤姆逊最初把他发现的粒子叫做“微粒”,并按斯托尼的叫法把它所带的电荷叫做“电子”,后来,人们习惯于把粒子本身叫做电子。电子,这个人类认识的第一个基本粒子,不仅打破了道尔顿的“不可分”的原子,而且打破了物质结构的“终极”观念,把科学研究引上了一条出人意料的道路。

汤姆逊1897年发现电子的论文,使美国加州理工学院的密立根深受启发,促使他开始做科学研究工作,并以电子电荷的测定这一使他成名的工作为起点。

电子的电荷首先是由汤姆逊、汤森和威尔逊在卡文迪什实验室的一系列实验中测量的。一个重要的测量方法是汤姆逊的学生威尔逊发明的。威尔逊发现,在湿润空气中的离子,通过尘埃微粒起作用,可以引起水滴生长。这一现象导致了威尔逊云室的发明。在云室里当潮湿的空气突然膨胀时,运动着的带电离子就产生一条条可以看得见的水珠径迹。事实上,水滴可以围绕单个离子形成小水珠,测量了这些水珠的质量—电荷比之后再测出水珠的质量,就可以得到离子的电荷值,从而导出电子的电荷值。上述3人所用的测量方法大同小异,所得的结果大都在 1.1×10^{-19} 库仑左右。且不论结果的精确性如何,至少有一点不能令人满意,这就是他们都是多个离子的测量中,做了统计平均之后而导出电子的电荷值的。

密立根在1908年和1909年发表了几篇论文,他也是通过测水滴来得出电子电荷,只是量值比汤姆逊等人的大15%到30%,1909年8月,密立根出席了英国科学促进会在加拿大温

尼伯市召开的年会。在这次会议上,数学物理分会的主席,1908年诺贝尔化学奖获得者卢瑟福,提到了电子电荷实验,并且赞扬了密立根所做的实验。不过,卢瑟福不无遗憾地说,还没有哪种电学或光学方法能直接测得单个电子的电荷,像测粒子那样。卢瑟福一席话,使密立根激动不已。他更确切地得知自己的研究项目乃是物理学最前沿的课题,也是亟待解决的问题。就在从温尼伯市返回芝加哥的火车上,密立根突然来了实验灵感,想到了一个根本性的改进,即用油滴取代水滴。

一回到芝加哥,密立根就立即着手实现他在归途中的设想。他不用从潮湿空气中凝结的水滴,而采用矿物油滴,即所谓“最高级的钟表油”,利用喷雾器喷入他请人特制的空气电容器。这样就减少了液滴表面的蒸发,因此在实验过程中能保持液滴的质量不变。更重要的是,改用油滴实验后,密立根发现此时他能观察单个油滴而不是一团云雾;当垂直电场接通和撤掉时,能跟踪油滴的运动,观察它漂上漂下往复多次的情形。对于油滴接连不断地上升和下降,每次都可以从其上下的速度推算出油滴的电荷值。

通过多次重复油滴实验,密立根得到电子电荷的平均值是 1.592×10^{-19} 库仑,实验上的不确定性约为 0.3%。这比当时电子电荷的所有直接测量值或间接测量值都精确得多。更重要的是,这种跟踪油滴多次上升和下降的测量方法,使人能观察到油滴获得或失去数目极少的电子,有时甚至到 1 个电子。汤姆逊等人在卡文迪什实验室所做的测量,实际上只能确定水蒸气云雾中的液滴的离子电荷的平均值。这就留下了一种可能性,即单个离子或单个电子的电荷值可以处在一个相当大的范围

内。而在密立根的实验里,排除了这种大范围的可能性,每次当油滴获得或失去电荷时,在百分之一左右的精度内它总是同一基本电荷的整数倍。有了电子的电荷值之后,就可以计算其他原子参量。例如,从已知的电子的质荷比,约为 0.54×10^{-11} 千克/库仑,就可以计算出电子的质量约为 9×10^{-31} 千克。密立根的历史功绩,就在于以巧妙的方法和确凿的数据,证实了基本电荷的存在,或者说揭示了电荷量子化这一概念。这个极其重要的概念,经过 20 世纪物理学的严格检验,被证明是完全正确的。

卢瑟福发现原子核

在探索原子奥秘的征途中,发现电子是一大胜利,发现原子核又是一大胜利,它们都是物理学发展中的里程碑。只有在发现了电子和原子核之后,才有可能建立正确的原子理论,对光谱作出合理的解释。

原子核的存在是卢瑟福在多年研究射线的基础上,经过周密分析和计算后作出理论判断的。

卢瑟福原是新西兰人。1895年到英国剑桥大学卡文迪什实验室当研究生。他的导师就是电子的发现者 J. J. 汤姆生。他和汤姆生一起,研究 X 射线对空气的游离作用。贝克勒尔发现铀辐射的消息促使他转向铀辐射。1898 年,为了比较 X 线和铀辐射在穿透本领上的差别,他用铝片挡在铀辐射的面前,观测经铝片吸收后的辐射强度。就在这个实验中,卢瑟福发现铀辐射有两种不同的成分,穿透本领相差悬殊。他把容易吸收的成分叫做 α 射线,穿透本领强的叫做 β 射线。

不久,贝克勒尔证明 β 射线带负电,在磁场中会受偏折,后来又确定 β 射线就是高速电子流,和阴极射线没有本质区别。

1900 年,法国物理学家维拉德发现,在铀辐射中还有一种

成分,比 β 射线穿透本领强得多,但却不受磁场偏转。他把这种成分叫做 γ 射线。后来也搞清楚了,它是比X射线频率更高的一种电磁辐射。

对于卢瑟福来说,他要研究的是射线与物质的相互作用,他意识到。射线要有重要价值,因为它比其他射线更易于吸收。在发现这些射线之后,他就集中精力搞清 α 射线的性质和来源。为此,他做了大量实验,其中关键的有两个:

1. 电磁偏转实验。放射性物质(镭)搁在容器的底部,射线由下而上,经过平行隔板,穿过铝箔进入金箔验电器,造成空气电离,使金箔验电器原来的偏转减小,偏转减小的程度代表了辐射的强度。与此同时,氢气由上而下,穿过铝箔和隔板,以驱赶镭释放的放射性气体(氦)。

然后,他在平行隔板区域内垂直纸面加磁场,果然,电离减小了,说明 α 射线在磁场中也有偏转。为了判定 α 射线所带电荷的正负,他在隔板上加了一排小铜条把通道挡去一半,同时改变磁场的方向,直到找到。射线不能通过的条件。从这个实验,卢瑟福判定 α 射线带的是正电荷,和阴极射线不同, α 射线由带正电荷的粒子组成的。

卢瑟福进一步又在隔板间加电压,使 α 射线在电场的作用下通过隔板,求出不能通过隔板的条件。根据电场和磁场的截止值,求出了 α 射线的速度与荷质比。

2. 光谱实验。从上面测得的荷质比,初步得知 α 粒子与原子相近。还有迹象表明, α 粒子可能就是带电的氦原子。但科学论断不能凭猜想,必须有真凭实据。卢瑟福想到用光谱方法,他又设计了一个巧妙的实验。