

我最喜爱的科普书

趣味物理大讲堂——电磁



究宇宙之原理 探天人之奥秘

科学探究丛书

编

北京未来新世纪教育科学研究所

远方出版社

科学探究丛书

趣味物理大讲堂 ——电磁

北京未来新世纪教育科学研究所/编

远方出版社

图书在版编目(CIP)数据

趣味物理大讲堂. 电磁/北京未来新世纪教育科学研究所编. —呼和浩特: 远方出版社, 2005. 11(2007. 7 重印)

(科学探究丛书)

ISBN 978-7-80723-118-9

I. 趣… II. 北… III. ①物理学—青少年读物②电磁学—青少年读物 IV. 04-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 103879 号

科学探究丛书 趣味物理大讲堂——电磁

-
- | | |
|-------|------------------------|
| 编 者 | 北京未来新世纪教育科学研究所 |
| 责任编辑 | 王托雅 |
| 装帧设计 | 静子 |
| 出版发行 | 远方出版社 |
| 社 址 | 呼和浩特市乌兰察布东路 666 号 |
| 电 话 | 0471-4919981(发行部) |
| 邮 编 | 010010 |
| 经 销 | 新华书店 |
| 印 刷 | 廊坊市华北石油华星印务有限公司 |
| 开 本 | 850×1168 1/32 |
| 字 数 | 680 千 |
| 印 张 | 70 |
| 版 次 | 2007 年 7 月第 1 版 |
| 印 次 | 2007 年 7 月第 1 次印刷 |
| 印 数 | 2000 |
| 标准书号 | ISBN 978-7-80723-118-9 |
| 总 定 价 | 250.00 元(共 15 册) |
-

远方版图书, 版权所有, 侵权必究
远方版图书, 印装错误请与印刷厂退换

前 言

时光如炬，告别了令人欣喜的 2006 年，我们又满怀激情、昂首挺胸地迈入了 2007 年。

中华民族有着五千年的文明史，从盘古开天辟地起，我们告别了混沌的蛮荒年代，在美丽富饶的中华大地上，我们伟大的祖先就用自己的勤劳和智慧不断地创造着美好的生活，同时，也创造了我们灿烂悠久的历史。在不断的躬耕劳作中，原始的科技也随之产生了。从钻木取火到伐薪烧炭，从烽火狼烟到飞雁传鸿，这些无一不闪现着人类智慧的灵光。

人类的文明史，就是一部人类自我超越、不断创新的历史。19 世纪 60 年代，英国首先发生了第一次工业革命，这是人类历史上第一次使劳动生产效率得到迅猛提高，生产力得到空前解放，人类社会各个领域发生重大变化，人类文明得以急速进步的技术革命和产业革命。自此，人类科技开始了突飞猛进的发展。

科技改变着我们的生活，人类前进的步伐越来越稳，越来越

越快,不知不觉中,我们身边有了计算机、互联网……新技术的应用不断充斥着我们的生活,新的科技时代到来了!

科技是第一生产力。科技的发展离不开文化的发展与素质的提高,作为新世纪的接班人,我们所肩负的任务越来越重。在知识经济时代,人才的竞争就是知识的竞争、文化的竞争,只有用知识来武装自己,才能在竞争中立于不败之地。

为了能够让广大读者读到好的科普读物,我们特别为读者编写了《科学探究丛书》,以增长读者的课外知识。

由于编者能力有限,有不适之处,请大家指正。

编 者

目 录

第一章 电磁学概述	1
电磁学的概念	1
电磁学的发展简史	3
电磁学的基本内容	13
第二章 人类对电磁学的研究	19
“电学之父”吉尔伯特	19
从风筝实验到避雷针	22
伏打电堆的发明	27
欧姆定律曲折的发现过程	34
奥斯特的偶然发现	42
第三章 电磁学的发展	48
古代电磁学知识	48
静电的奥妙	54
库仑定律	63
定性实验	66



安培定律	71
法拉第与电磁旋转器	75
自感现象	85
楞茨定律	88
焦耳定律与基尔霍夫定律	91
第四章 电气化时代的到来	94
交流电和直流电	94
电话的发明	100
发明电视机	102
五彩缤纷的灯	109
发明真空三极管	113



第一章 电磁学概述

电磁学的概念

“电”一词在西方是从希腊文琥珀一词转意而来的，在中国则是从雷闪现象中引出来的。自从 18 世纪中叶以来，对电的研究逐渐蓬勃开展。它的每项重大发现都引起广泛的实用研究，从而促进科学技术的飞速发展。

电磁学是研究电、磁和电磁的相互作用现象，及其规律和应用的物理学分支学科。根据近代物理学的观点，磁的现象是由运动电荷所产生的，因而在电学的范围内必然不同程度地包含磁学的内容。所以，电磁学和电学的内容很难截然划分，而“电学”有时也就作为“电磁学”的简称。

早期，由于磁现象曾被认为是与电现象独立无关的，同时



也由于磁学本身的发展和应用,如近代磁性材料和磁学技术的发展,新的磁效应和磁现象的发现和應用等等,使得磁学的内容不断扩大,所以磁学在实际上也就作为一门和电学相平行的学科来研究了。

现今,无论人类生活、科学技术活动以及物质生产活动都已离不开电。随着科学技术的发展,某些带有专门知识的研究内容逐渐独立,形成专门的学科,如电子学、电工学等。电学又可称为电磁学,是物理学中颇具重要意义的基础学科。

电磁学从原来互相独立的两门科学(电学、磁学)发展成为物理学中一个完整的分支学科,主要是基于两个重要的实验发现,即电流的磁效应和变化的磁场的电效应。这两个实验现象,加上关于变化电场产生磁场的假设,奠定了电磁学的整个理论体系,发展了对现代文明起重大影响的电工和电子技术。

麦克斯韦电磁理论的重大意义,不仅在于这个理论支配着一切宏观电磁现象(包括静电、稳恒磁场、电磁感应、电路、电磁波等等),而且在于它将光学现象统一在这个理论框架之内,深刻地影响着人们认识物质世界的思想。

电子的发现,使电磁学和原子与物质结构的理论结合了起来,洛伦兹的电子论把物质的宏观电磁性质归结为原子中





电子的效应,统一地解释了电、磁、光现象。

和电磁学密切相关的是经典电动力学,两者在内容上并没有原则的区别。一般说来,电磁学偏重于电磁现象的实验研究,从广泛的电磁现象研究中归纳出电磁学的基本规律;经典电动力学则偏重于理论方面,它以麦克斯韦方程组和洛伦兹力为基础,研究电磁场分布,电磁波的激发、辐射和传播,以及带电粒子与电磁场的相互作用等电磁问题,也可以说,广义的电磁学包含了经典电动力学。

电磁学的发展简史

有关电的记载可追溯到公元前 6 世纪。早在公元前 585 年,希腊哲学家泰勒斯已记载了用木块摩擦过的琥珀能够吸引碎草等轻小物体,后来又有人发现摩擦过的煤玉也具有吸引轻小物体的能力。在以后的 2000 年中,这些现象被看成与磁石吸铁一样,属于物质具有的性质,此外没有什么其他重大的发现。

在中国,西汉末年已有“礞瑁(玳瑁)吸僭(细小物体之意)”的记载;晋朝时进一步还有关于摩擦起电引起放电现象



的记载“今人梳头，解著衣时，有随梳解结有光者，亦有咤声”。

1600年，英国物理学家吉尔伯特发现，不仅琥珀和煤玉摩擦后能吸引轻小物体，而且相当多的物质经摩擦后也都具有吸引轻小物体的性质，他注意到这些物质经摩擦后并不具备磁石那种指南北的性质。为了表明与磁性的不同，他采用琥珀的希腊字母拼音把这种性质称为“电的”。吉伯在实验过程中制作了第一只验电器，这是一根中心固定可转动的金属细棒，当与摩擦过的琥珀靠近时，金属细棒可转动指向琥珀。

大约在1660年，马德堡的盖利克发明了第一台摩擦起电机。他用硫磺制成形如地球仪的可转动球体，用干燥的手掌摩擦转动球体，使之获得电。盖利克的摩擦起电机经过不断改进，在静电实验研究中起着重要的作用，直到19世纪霍耳茨和推普勒分别发明感应起电机后才被取代。

18世纪电的研究迅速发展起来。1729年，英国的格雷在研究琥珀的电效应是否可传递给其他物体时发现导体和绝缘体的区别：金属可导电，丝绸不导电，并且他第一次使人体带电。格雷的实验引起法国迪费的注意。1733年迪费发现绝缘起来的金属也可摩擦起电，因此他得出所有物体都可摩擦起电的结论。他把玻璃上产生的电叫做“玻璃的”，琥珀上产生的电与树脂产生的相同，叫做“树脂的”。他得到：带相同电





的物体互相排斥；带不同电的物体彼此吸引。

1745 年，荷兰莱顿的穆申布鲁克发明了能保存电的莱顿瓶。莱顿瓶的发明为电的进一步研究提供了条件，它对于电知识的传播起到了重要的作用。

差不多同时，美国的富兰克林做了许多有意义的工作，使得人们对电的认识更加丰富。1747 年他根据实验提出：在正常条件下电是以一定的量存在于所有物质中的一种元素；电跟流体一样，摩擦的作用可以使它从一物体转移到另一物体，但不能创造；任何孤立物体的电总量是不变的，这就是通常所说的电荷守恒定律。他把摩擦时物体获得的电的多余部分叫做带正电，物体失去电而不足的部分叫做带负电。

严格地说，这种关于电的一元流体理论在今天看来并不正确，但他所使用的正电和负电的术语至今仍被采用，他还观察到导体的尖端更易于放电等。早在 1749 年，他就注意到雷闪与放电有许多相同之处，1752 年他通过在雷雨天气将风筝放入云层，来进行雷击实验，证明了雷闪就是放电现象。在这个实验中最幸运的是富兰克林居然没有被电死，因为这是一个危险的实验，后来有人重复这种实验时遭电击身亡。富兰克林还建议用避雷针来防护建筑物免遭雷击，1745 年首先由狄维斯实现，这大概是电的第一个实际应用。



18 世纪后期开始了电荷相互作用的定量研究。1776 年,普里斯特利发现带电金属容器内表面没有电荷,猜测电力与万有引力有相似的规律。1769 年,鲁宾孙通过作用在一个小球上电力和重力平衡的实验,第一次直接测定了两个电荷相互作用力与距离二次方成反比。1773 年,卡文迪什推算出电力与距离的二次方成反比,他的这一实验是近代精确验证电力定律的雏形。

1785 年,库仑设计了精巧的扭秤实验,直接测定了两个静止点电荷的相互作用力与它们之间的距离二次方成反比,与它们的电量乘积成正比。库仑的实验得到了世界的公认,从此电学的研究开始进入科学行列。1811 年泊松把早先力学中拉普拉斯在万有引力定律基础上发展起来的势论用于静电,发展了静电学的解析理论。

18 世纪后期电学的另一个重要的发展是意大利物理学家伏打发明了电池,在这之前,电学实验只能用摩擦起电机的莱顿瓶进行,而它们只能提供短暂的电流。1780 年,意大利的解剖学家伽伐尼偶然观察到与金属相接触的蛙腿发生抽动。他进一步的实验发现,若用两种金属分别接触蛙腿的筋腱和肌肉,则当两种金属相碰时,蛙腿也会发生抽动。

1792 年,伏打对此进行了仔细研究之后,认为蛙腿的抽





动是一种对电流的灵敏反应。电流是两种不同金属插在一定的溶液内并构成回路时产生的,而肌肉提供了这种溶液。基于这一思想,1799年,他制造了第一个能产生持续电流的化学电池,其装置为一系列按同样顺序叠起来的银片、锌片和用盐水浸泡过的硬纸板组成的柱体,叫做伏打电堆。

此后,各种化学电源蓬勃发展起来。1822年塞贝克进一步发现,将铜线和一根别种金属(铋)线连成回路,并维持两个接头的不同温度,也可获得微弱而持续的电流,这就是热电效应。

化学电源发明后,很快发现利用它可以作出许多不寻常的事情。1800年卡莱尔和尼科尔森用低压电流分解水;同年里特成功地从水的电解中搜集了两种气体,并从硫酸铜溶液中电解出金属铜;1807年,戴维利用庞大的电池组先后电解得到钾、钠、钙、镁等金属;1811年他用2000个电池组成的电池组制成了碳极电弧;从19世纪50年代起它成为灯塔、剧院等场所使用的强烈光电源,直到70年代才逐渐被爱迪生发明的白炽灯所代替。此外伏打电池也促进了电镀的发展,电镀是1839年由西门子等人发明的。

虽然早在1750年富兰克林已经观察到莱顿瓶放电可使钢针磁化,甚至更早在1640年,已有人观察到闪电使罗盘的



磁针旋转,但到 19 世纪初,科学界仍普遍认为电和磁是两种独立的作用。与这种传统观念相反,丹麦的自然哲学家奥斯特接受了德国哲学家康德和谢林关于自然力统一的哲学思想,坚信电与磁之间有着某种联系。经过多年的研究,他终于在 1820 年发现电流的磁效应:当电流通过导线时,引起导线近旁的磁针偏转。电流磁效应的发现开拓了电学研究的新纪元。

奥斯特的发现首先引起法国物理学家的注意,同年即取得一些重要成果,如安培关于载流螺线管与磁铁等效性的实验;阿喇戈关于钢和铁在电流作用下的磁化现象;毕奥和萨伐尔关于长直载流导线对磁极作用力的实验;此外安培还进一步做了一系列电流相互作用的精巧实验。由这些实验分析得到的电流元之间相互作用力的规律,是认识电流产生磁场以及磁场对电流作用的基础。

电流磁效应的发现打开了电应用的新领域。1825 年斯特金发明电磁铁,为电的广泛应用创造了条件。1833 年高斯和韦伯制造了第一台简陋的单线电报;1837 年惠斯通和莫尔斯分别独立发明了电报机,莫尔斯还发明了一套电码,利用他所制造的电报机可通过在移动的纸条上打上点和划来传递信息。



1855 年汤姆孙(即开尔文)解决了水下电缆信号输送速度慢的问题,1866 年按照汤姆孙设计的大西洋电缆铺设成功。1854 年,法国电报家布尔瑟提出用电来传送声音的设想,但未变成现实;后来,赖斯于 1861 年实验成功,但未引起重视。1861 年贝尔发明了电话,作为收话机,它仍用于现代,而其发话机则被爱迪生的发明的碳发话机以及休士的发明的传声器所改进。

电流磁效应发现不久,几种不同类型的检流计设计制成,为欧姆发现电路定律提供了条件。1826 年,受到傅里叶关于固体中热传导理论的启发,欧姆认为电的传导和热的传导很相似,电源的作用好像热传导中的温差一样。为了确定电路定律,开始他用伏打电堆作电源进行实验,由于当时的伏打电堆性能很不稳定,实验没有成功;后来他改用两个接触点温度恒定因而高度稳定的热电动势做实验,得到电路中的电流强度与他所谓的电源的“验电力”成正比,比例系数为电路的电阻。

由于当时的能量守恒定律尚未确立,验电力的概念是含混的,直到 1848 年基尔霍夫从能量的角度考查,才澄清了电位差、电动势、电场强度等概念,使得欧姆理论与静电学概念协调起来。在此基础上,基尔霍夫解决了分支电路问题。



杰出的英国物理学家法拉第从事电磁现象的实验研究，对电磁学的发展作出极重要的贡献，其中最重要的贡献是1831年发现电磁感应现象。紧接着他做了许多实验确定电磁感应的规律，他发现当闭合线圈中的磁通量发生变化时，线圈中就产生感应电动势，感应电动势的大小取决于磁通量随时间的变化率。后来，楞茨于1834年给出感应电流方向的描述，而诺埃曼概括了他们的结果给出感应电动势的数学公式。

法拉第在电磁感应的基础上制出了第一台发电机。此外，他把电现象和其他现象联系起来广泛进行研究，在1833年成功地证明了摩擦起电和伏打电池产生的电相同，1834年发现电解定律，1845年发现磁光效应，并解释了物质的顺磁性和抗磁性，他还详细研究了极化现象和静电感应现象，并首次用实验证明了电荷守恒定律。

电磁感应的发现为能源的开发和广泛利用开创了崭新的前景。1866年西门子发明了可供实用的自激发电机；19世纪末实现了电能的远距离输送；电动机在生产和交通运输中得到广泛使用，从而极大地改变了工业生产的面貌。

对于电磁现象的广泛研究使法拉第逐渐形成了他特有的“场”的观念。他认为：力线是物质的，它弥漫在全部空间，并把异号电荷和相异磁板分别连结起来；电力和磁力不是通过

