

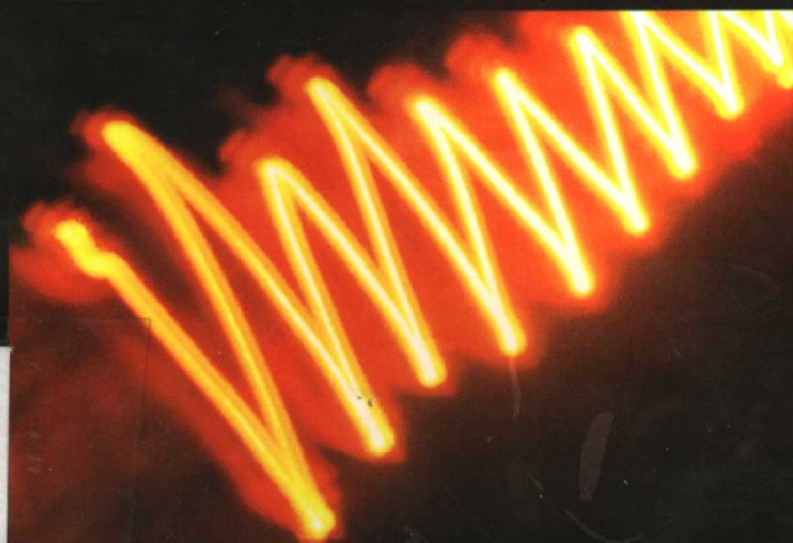


科学教育丛书

主编：郭永 赵仁

JIEKAIDIANYUCIDEMIMI

揭开电与磁的秘密



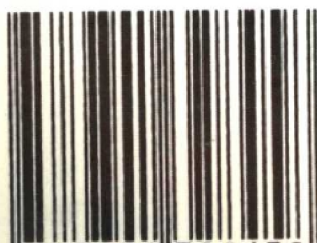
编著：张丽春

兵器工业出版社

责任编辑: 李翠兰 蒋昌群

封面设计: 李 晖

ISBN 7-80132-845-0



9 787801 328458 >

ISBN 7-80132-845-0/G·227

定价: 36.00 元 (全四册)

科学教育丛书

揭开电与磁的秘密

张丽春 编著

兵器工业出版社

内容简介

本书以电磁学的发展过程为主线,介绍了许多科学家珍闻趣事以及一些重大科学发现的曲折过程,作者对一些著名科学家的伟大发现作了精辟的分析。书中详细介绍了新思想、新概念诞生的历史背景和科学研究的基本方法。

全书融科学性、知识性、趣味性于一体,是一本对青年进行科学教育有益的科普读物。

图书在版编目(CIP)数据

揭开电与磁的秘密/张丽春编著. —北京:兵器工业出版社, 2000. 8

(科学教育丛书/郭永, 赵仁主编)

ISBN 7-80132-845-0

I. 揭… I. 张… II. 电磁学-普及读物

N. O44-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 69197 号

出版发行:兵器工业出版社

责任编辑:李翠兰 蒋昌群

社 址:100089 北京市海淀区车道沟 10 号

经 销:各地新华书店

印 刷:华北工学院印刷厂印刷

版 次:2000 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

印 数:1—1000 册

封面设计:李 晖

责任校对:张丽春

责任印制:王京华

开 本:850/1168 1/32

印 张:22.75

字 数:582 千字

定 价:36.00 元(全四册)

《科学教育丛书》编委会

主 编：郭 永 赵 仁
编 委：张丽春 张子珍 杨总富
袁 雯 郭 永 赵 仁

总序

科学教育,特别是自然科学教育,是提高人们素质的重要因素,是现代教育的一个核心。科学教育不仅使人获得生活和工作所需要的知识和技能,更重要的是使人获得科学的思想、科学的精神、科学的态度以及科学方法的熏陶,使人获得非生物本能的智慧,获得非与生俱来的灵魂。可以这样说,没有科学的“教育”,只是培养信仰,而不是教育;没有受过科学教育的人,只能称为受过训练,而非受过教育。而现阶段,我国的大学生接受“科学教育”方面非常薄弱,尤其作为未来教师的师范院校学生,知识面窄,文理交叉学科渗透不深,对当代科学研究的前沿了解甚少。诚然,当前科学技术的发展一日千里,人类的知识宝库正在快速地丰富扩展,把知识建成简明的逻辑体系,使学生能够比较快速地,而又系统地掌握前人已获得的知识,这是一种好的教学方法,是很必要的。但是不能把基本的科学思想和方法传授给青年人,则不能不令人感到这是教育工作的一种跛足现象,是不利于培养高师人材的。

由于历史原因,目前绝大部分的师范院校的学生是专业模式中培养的。而科学的发展对未来人才在知识结构的深度和广度上提出了更高的要求。知识结构单一、缺乏开拓性的学生社会上是不受欢迎的。因此,在学校教育中,全面提高学生素质,培养学生的创造能力,已成为重中之重。特别是创造能力的培养,是未来素质教育的方向。

结合师范院校的特点,我们组织编写了这套《科学教育丛书》,作为师范院校学生进行科学教育的教材。这是一套有科学性、哲理性和趣味性的著作。各篇文章史料翔实,科学内容准确,观点鲜明,叙述生动流畅,对一些著名科学家的伟大发现作了精辟的分析,并注意介绍新思想、新概念诞生的历史背景和科学研究的基本方法。书中尽量减

少数学公式,力求在科学思想上给读者以有益的启迪。为社会培养善于总结、勇于开拓、知识结构宽广的高素质复合型人才。

在编写过程中,我们参阅了大量资料。引用了有关专家学者的相应论文,在此,向这些书籍、报刊、杂志的作者与出版单位表示诚挚的谢意。

因水平有限,书中难免有不妥之处,望广大读者和专家们批评指导。

编 者

2000 年 5 月

目 录

导 言	(1)
第一章 早期电磁学	(4)
第一节 吉尔伯特	(4)
第二节 从“莱顿瓶”到富兰克林	(8)
第二章 库仑定律	(15)
第一节 库仑定律产生的背景	(15)
第二节 库仑定律	(17)
第三节 卡文迪什	(23)
第三章 电流的磁效应	(29)
第一节 动物电和伏打电流	(29)
第二节 奥斯特	(34)
第三节 奥斯特成功思想探析	(40)
第四章 安培与电动力学	(44)
第一节 安培的科学研究	(44)
第二节 安培的研究方法	(52)
第三节 为什么安培未能发现电磁感应	(55)
第五章 欧姆定律	(60)
第六章 法拉第	(64)
第一节 初涉电磁领域	(64)
第二节 电磁感应	(71)
第三节 力线与场	(83)
第四节 法拉第的研究方法	(89)
第七章 电磁学的伟大综合	(94)

第一节	电磁理论的两大学派	(94)
第二节	麦克斯韦	(99)
第三节	麦氏理论的启蒙	(104)
第四节	电磁场理论的建立	(110)
第五节	麦克斯韦的研究方法	(132)
第六节	麦克斯韦方程组的简化及思考	(137)
第八章	电子论	(146)
第一节	洛伦兹	(146)
第二节	电子理论的创立	(149)
第九章	电磁波的发现	(160)
第一节	亥姆霍兹	(160)
第二节	电磁波的发现	(161)
第三节	赫兹	(166)
参考文献		(172)

导 言

我国现行的教育制度,仍处于以应试教育为主的阶段,向素质教育的转轨也刚刚开始。就物理教学来说,现行的物理课程设置是一种多重循环的模式。这种循序渐进的知识拓展,又受到升学、应试教育的影响,常导致教师一味地向学生机械地灌输物理知识,严重地抑制了学生的学习兴趣和积极性,忽视了创造能力的培养。而创造能力的培养,是未来素质教育的方向。因为在科学认识过程中,无论构思实验、提出假说、创立理论、发明技术,进行科学管理……一切探索未知世界的工作都需要运用创造能力。而经典电磁学,既有继承力学理论的一面,又对相对论、量子论的创立具有启发性。因此,其中所呈现的科学思想和科学方法更值得我们去借鉴和学习。

统一思想是物理学的基本思想,统一理论是现代物理学研究的前沿阵地。物理学庞大的知识体系,既遵循各自内在的规律,又相互联系,构成一个统一体。牛顿的三大定律概括了宏观物质纷繁的运动现象;优美对称的麦克斯韦方程组把电、磁、光统一为电磁理论;而作为近代物理理论的爱因斯坦的相对论,又把牛顿力学与麦克斯韦电磁场理论统一了起来。在这些伟大的综合过程中,科学家深信自然界遵循着普遍统一的规律。

科学的研究方法是进行科学探索,揭示真理的桥梁和工具。在电磁学发展过程中,实验起了相当重要的作用,库仑定律、奥斯特电流磁效应、法拉第的电磁感应定律……都离不开实验,在实验的基础上,利用自然界的对称性,通过类比、提出假说、建立模型也是电磁学不可缺少的研究方法。当奥斯特发现电生磁的现象后,追寻自然界对称的法拉第,突破了安培关于电是磁的本质的思想,以科学的直觉看

到,这里缺乏一种对称:既然电能生磁,那么磁是否能生电呢?在这种对称观的指引下,法拉第发现了电磁感应现象。库仑在研究电力与磁力时,把它们跟万有引力类比,事先建立了平方反比的概念,然后通过类比的方法,建立了库仑定律。如果不是先有万有引力定律的发现,单靠实验数据的积累,不知到何时才能得到严格的库仑定律的表达式。

汤姆逊运用类比方法,把法拉第力线与流体的流线相类比,把流线的数学表达式用到静电理论中。因流线不会中断,从而得出结论:力线也不会中断,只能发源于电荷或磁极,或者形成闭合曲线。并进一步明确了两类不同的概念,一类相当于流体中的力, E 和 H ;另一类相当于流体的流量 D 和 B 。类比的应用,使电磁学的研究迈出了关键的一步。

在经典电磁理论的建立过程中,广泛地运用假说进行研究是方法上的突破,也因此取得了理论的重大突破。在这一个过程中,先后有三个假说代表了电磁学发展的三个重要阶段,也代表了提出假说的三种必然。首先是安培为了寻求电与磁的本质而形成的分子电流假说,这一假说使电磁学的研究深入到微观机制,确立了电动力学基础;第二个是法拉第的“力线”与“场”,这是一个创新的假说,使电磁学的发展趋于完善;接下来是电磁理论极大成功者麦克斯韦的“位移电流假说”,促成了经典电磁理论的确立,完成了理论上的综合。

科学精神和科学态度是物理学家进行伟大发现的重要因素,也是留给后人的伟大精神财富。从法拉第身上,我们能够看到他那敢于突破陈规的勇气和创新精神。他在实验中熟练的操作技能、坚韧不拔的毅力给我们树立了光辉的典范。

在科学发现中,科学家具有深刻的洞察力和敏锐的物理直觉是非常重要的。在探索自然界奥秘的过程中,何时何地能找到突破口,是难以准确预见的,只有经过长期的积累才有可能在偶然触发或偶然启示下开拓出新领域。奥斯特正是由于不断思考,反复实验,才使

得他在看到磁针微微偏转时,立刻意识到他梦想的结果出现了,终于揭示了电流磁效应这一伟大科学真理。为实验检查仪器的赫兹,被感应圈放电时产生的电火花引起了灵感,从而用极简单的仪器验证了麦克斯韦电磁场理论中预言的电磁波的存在。

总之,经典电磁学的发展,为我们提供了很好的科学教育的素材。对其进行总结和挖掘,并把其中体现的科学思想、科学精神和科学态度,教给学生;培养他们的科学信念、科学研究方法,科学教育工作者责无旁贷。

第一章 早期电磁学

第一节 吉尔伯特

在电磁学的发展史中,英格兰的威廉·吉尔伯特(W. Wilbert, 1540—1605),是第一批系统科学地研究电、磁现象的科学家,他共花了 18 年多的时间进行了关于电和磁的实验研究,并于 1600 年出版了他的巨著《论磁·磁体和地球作为一个巨大的磁体》。他总结了前人对磁场的研究,周密地讨论了地磁场的性质,记载了大量的实验。该书是在英国诞生的第一部物理科学巨著,从此开始了电磁现象研究的新纪。

吉尔伯特是一位具有重大成就和声誉的医生,是英国女王伊丽莎白一世的私人医生,曾在剑桥的圣约翰学院学习,后来到欧洲大陆旅行。他是用实验方法探索自然的倡导者,他赞赏工匠的实验技能,反对盲目信仰权威,他的实验活动和尊重科学实验的思想在当时有较大的社会影响。

让我们来看一下吉尔伯特所处的时代。在 16 世纪以前,存在于工匠传统和学者传统之间的障碍,一直把机械技术和人文科学隔离开来,这种障碍到了 16 世纪开始崩溃。行会的秘密消失,工匠们把他们的传统记录了下来,并吸收了学者们的一些知识,有些学者还开始注意到匠人的经验和方法。新的技术上的发明和科学上的发现,在工匠技术的书中都有记载。如伦敦的一个退休海员和罗盘制造者罗伯特·诺曼(R. Norman),在公元 1581 年出版的《新奇的吸引力》一书中,就谈到他发现磁针的下倾现象(即磁倾角),并且通过实验研究得

出磁力没有重量；磁力是一种定向力，而不是运动力的结论。他说，这些现象是通过“经验、理性和证明这几项学术根据”而发现的。他讨论了和航海有关的各种磁力的问题后说，这种偏离并不如有些航海的人所相信的那样，随地点的不同而有规则地变动。那些人“虽然游踪甚广，但在这些问题上却相信书本而不相信经验”，至于磁力的理论，他承认自己提不出任何建议——“我不愿在这许多论点上和逻辑学家进行争论，因为看来在自然原因的解释上他们远远超过了我”。

所以，16 世纪虽然产生了像诺曼那样作了实验的人，但不能产生科学理论家。在磁力问题的研究上，威廉·吉尔伯特在当时是最杰出的。吉尔伯特接受并发展了罗伯特·诺曼和 13 世纪作者皮埃尔·德·马里古特的实验工作。他按照马里古特的办法，做了著名的“小地球”实验。用一块大的天然磁石磨制成一个球状磁石，并取名为“小地球”，在球面上用罗盘针和粉笔划出了磁子午线。他证明诺曼所发现的下倾现象也在这种球状磁石上表现出来：在球面上罗盘磁针也会下倾。他还证明表面不规则的磁石球，其磁子午线也是不规则的，由此设想，罗盘磁针在地球上和正北方的偏离是由大块陆地所致。他的实验大部分不是什么新鲜的东西，同时有一大部分属于定性性质。但也有例外，如他发现两极装上铁帽的磁石，磁力大大增加。他还研究了某一给定的铁块，同磁石的大小和它的吸引力成正比关系。

吉尔伯特根据他所知道的磁力现象建立了一个相当重要的理论体系。根据磁石球的实验他设想整个地球是一块巨大的磁石，只是表面上被一层水、岩石、和泥土遮盖着，他认为磁石的磁力正如身体中的灵魂一样，产生运动和变化。他相信地球在自己轴上作周日运转。他还提出一个普遍原理（每个磁体的磁北极，吸引别的磁体的磁南极而排斥它们的磁北极）。

吉尔伯特对静电现象也作了仔细的研究。他发现不仅磨擦过的琥珀有吸引轻小物体的性质，而且一系列其他物体如金钢石、蓝宝石、水晶、石岩、硫磺、明矾、树脂等 等也有这种性质，他把这种性质

称为电性。就这样，吉尔伯特把“电”这个术语引进到科学中。他是第一个用“电力”、“电吸引”、“磁极”等术语的人。他还把像琥珀这类能吸引轻小物体的物体称为“带电体”，把金属、人体、动物等不能用摩擦使他们具有吸引能力的物体称为“不带电体”。认识到电现象是物质所具有的一种比较普遍的现象。并且把电现象和磁现象进行比较认为电和磁是两种截然无关的现象。他以下述理由作为自己看法的依据：

一、电性质可以用摩擦的办法产生，而磁性是在自然界中的磁才具有的；

二、磁性有两种——吸引和排斥，而电性仅仅有吸引（吉尔伯特还不知道电排斥）；

三、电吸引比磁吸引弱，但带电体能吸引多种轻小物体。而磁力则只对少数几种物质起作用；

四、电力可以用水消灭，磁力却不能被消除

这个结论给后来电磁学的发展带来了深刻的影响。它使人们长期以来一直把磁和电作为两种绝然无关的现象分别加以研究，直到19世纪奥斯特发现电流磁效应为止。

吉尔伯特为了检验物体是否带电制作了第一个实验用的验电器。他用一根极细的金属棒，中心固定在支座上可以自由转动，由于金属棒极轻，因此当摩擦后的带电体靠近它时，金属棒被吸引而向带电体方向转动，由此可以探测物体是否带电。

吉尔伯特反对虚妄的臆测和无稽之谈，他认为科学应该带来益处，为此就必须把科学建立在实验的基础之上。吉尔伯特写道：“由于学者们的提醒，磁铁和琥珀变得很了不起……（但是吉尔伯特接着又抱怨科学在解释这些现象的性质方面的现状），现时出了许多的书，讲到了它们潜在的、神秘的和内在的原因和不可思议性，在所有这些书中，琥珀和贝褐炭被看成是能吸引谷壳的东西，但却没有任何立足于实验和明显证明的论据。他们只是玩弄一些词藻……从而使问题

的实质蒙上了一层浓厚的烟雾。因此,这种哲学不会给出任何结果……大部分哲学家自己什么也不探求,也不善于通过实验来认识事物,他们是一帮游手好闲的和懒惰的家伙,什么事情也干不成,也不知道他们的议论能得出什么结果。”

吉尔伯特把他的书献给那些“不在书本而在事物本身中寻求知识”的人。他否定老的学术传统,认为旧传统的学者们“盲目信仰权威,是白痴,咬文嚼字者,诡辩家,小讼棍,坚持错误的庸人”。他自己站在工匠和对工匠传统有兴趣的学者们一边。称赞诺曼为“航海专家和天才的技师”。因为诺曼发明了“航海者和远途旅行者所需要的磁力仪器和方便的观察方法,并公诸于世”。

吉尔伯特是工匠学问和学术知识结合的范例,是用实验方法探索自然界和从理论上解释自然界这两者结合的范例。但是,吉尔伯特也没有能够避免他所否定的旧学者传统的影响。虽然他的理论是建立在实验上面,但仍然是思辨性质,他所写的大部分东西没有突破亚里士多德的思想框架。正如弗兰西斯·培根所说:“吉尔伯特没有用他的假说来指导进一步的实验,他在完成他的实验以后提出他的理论,但并没有打算进一步作些实验来证实他的理论。”然而由于他工作谨慎仔细,对古典传统又偶尔有所背离,所以他的成果成了伟大的里程碑。吉尔伯特也同伽利略、玻意耳、牛顿等一样成为现代物理学的奠基人。

伽利略对吉尔伯特也大加赞赏:“我对这位作者感到无比的赞赏和钦佩。关于这样一个问题过去无数才智之士都经过手,然而一点注意不到什么,他却能提出重大的概念体系来。我觉得他做的那许多新的和踏实的实验和观察也值得大书特书。”但伽利略也同时指出吉尔伯特的不足之处,说是少了一些数学家的气质,特别是少了些几何学方面的扎实基础。因此在他解释地球自转的原因时,误认为是由于它的磁性。这里已经能够看出数学对物理科学发展意义。在以后将看到在物理史上的许多发现中数学方法起了重要的推动作用。就吉尔

伯特同时代的伽利略来说,他作为近代实验科学的奠基人,也正是靠把实验和数学的证明结合才取得了重大的成功,他告诫人们:必须用实验去获得物理学的基本原理和考核推理的结果,而不能只相信书本;还应把实验的观测同数学的演绎证明结合起来,而不单纯是依靠经验。

第二节 从“莱顿瓶”到富兰克林

16 世纪的吉尔伯特首先使用了“电”的概念。但电究竟是什么,这位御医也只好摇头了。以后在 17 世纪整整 100 年间,只有意大利的卡毕奥(1585—1650)发现了两种不同性质的电和同性电相斥的现象以及发明抽气机的奥托·冯·格里凯,大约在 1650 年发明了第一台能产生大量电荷的摩擦起电机。它是用一只带有转动轴的硫磺球放在支架上,起电时一手使硫磺球转动,一手放在硫磺球上与转动的球发生摩擦,结果人体和硫磺球都带上电。

到了 18 世纪,富兰克林时代,电学才有了较大发展。这首先是由于有了两项电学仪器的发明:其一是格里凯发明并在 18 世纪得到改进的静电起电机;其二,就是莱顿瓶的发现,他为科学界提供了一种贮电的有效方法,为进一步深入研究电的现象提供了一种新的强有力的实验手段,对电知识的传播和应用起到了重要的作用。

富兰克林(Benjamin Franklin, 1706—1790)是美国的科学家和政治家,年轻时是一个印刷厂的学徒,24 岁到费拉德尔菲亚成立了自己的印刷厂。这位求知欲旺盛的青年人不仅通过书本而且通过科学上的交往来满足自己对知识的渴望,他在费城创办了一个科学学会,这个学会的论文从 1771 年开始出版,并且一直继续到今天(即富兰克林杂志)。富兰克林在这个学会中从 1745 年开始进行使他在科学界获得荣誉的电学方面的研究。

1745 年冬天,电学发展史上向前迈出了重要的一步。德国物理