

178735

高等师范专科学校试用教材

电磁学

江苏省师专物理教材编写组编

南京工学院出版社

高等师范专科学校试用教材

电 磁 学

江苏省师专物理教材编写组编

南京工学院出版社

编写说明

本书系江苏省教委高教局组织编写的师专普通物理教材。本书共分九章：静电场、导体与静电场、稳恒电流、静磁场、电磁感应和暂态过程、交流电、物质中的电场、物质中的磁场、电磁波。各章均配有内容提要、思考题和练习题，某些公式的数学推导作为附录列在书末。

本书可作为二、三年制师专和教育学院物理专业的教材，也可作中学物理教师的教学参考书。

参加本书编写的有李显本(第四、五、八章)、许国柱(绪论、第一、二、七章)、喻美竹(第三、六、九章)。

李显本担任全书统稿。

毛明副教授审定。

责任编辑：朱珉

电 磁 学

江苏省师专物理教材编写组编

南京工学院出版社出版

南京四牌楼2号

南通韬奋印刷厂印刷 江苏省新华书店发行

开本787×1092毫米1/32 印张20 1/4 字数438千字

1987年10月第1版 1987年10月第1次印刷

印数 1-5000册

ISBN 7-81023-018-(2) / O·18

统一书号：13409·009 定价：2.90元

序

近十年来，全国共编审出版了质量较高的高等学校各科教材四千八百余种，供应了高校各种教学的需要，这个成绩是很大的。可是，为高等师范专科这个类型和层次的学校编写出版的教材却很少，这是目前我国高校教材建设工作中的一个不足之处。在我国颁布九年制义务教育法以后，担当培养初中教师任务的二百多所师范专科学校的教材建设就显得更加迫切和重要了。

为了贯彻实行我国九年制义务教育法对初中教师的迫切需要，编写和出版适合师专这一类型和层次的教材已刻不容缓。江苏省教育委员会高教局有鉴于此，组织编写一套供二、三年制师专物理科教学用的普通物理教材作为试点。我感到这是十分必要和非常及时的。

普通物理是师专物理科的主要专业基础课程。它是物理专科学业业务培养的关键，它规定了物理专科生的业务素质。它不仅是学生毕业后从事初中物理教学的重要内容，而且也是进一步自学物理学的基础。因此，师专物理科的普通物理教材和教学质量必须有效地得到保证。

在编写师专普通教材过程中，我们始终要求各编者要注意克服当前普遍存在的“攀高”思想和普通物理教学“理论化”的严重倾向，同时还要着力于师专这一层次普通物理的特色，希望这套教材力求做到“准、宽、浅、新”。

“准”是指必须保证教材内容的科学性、系统性。概念的阐明、原理的论证、公式的推导、数据的引用、实验的介绍、现象的叙述等，都要做到严谨可靠。根据普通物理：《力学》、《热学》、《电磁学》、《光学》和《近代物理学》的内在联系，结合学生的认识结构、知识结构，使各门、各部分之间紧密配合，由浅入深，保持前后贯通的科学体系与教学体系相结合的系统性。“准”还指教材内容要对准师专培养目标的师范性和实用性，不要片面地向高层次看齐。

“宽”是教材在保证“三基”内容的基础上，注意反映物理规律的发现和发展过程，前辈物理学家的学术思想、实验和研究方法，从而拓宽学生的知识面，开阔学生的视野，并锻炼学生联系实际和实验动手能力。“宽”并不是离开培养目标的主旨，任意堆砌，而要做到“宽”而不杂。

“浅”是教材内容要从学生、学校和培养目标的实际出发，防止理论化，要从学校和学生的自学和培养目标的实际出发考虑其可接受性，有利于培养学生自学能力，物理就是要‘即物说理’，重视联系物理实验、生产和生活实际。加强物理图象和物理模型的教学，“浅”是深入浅出，要做到浅而不低。

“新”是教材内容、体系和风格都要有一定的新意，并要适当反映具有基础性质的现代化物理科学新成就和一定的物理学前沿情况，加强教材内容的启发性。教材要做到这一点是不容易的，这套书在这方面做了一点尝试。

这套教材通过各编审者对每册内容反复讨论和多次修改，向“准”、“宽”、“浅”、“新”方面做了一点努力，体现了师专教材的特色，符合师专的教学要求，可以作为师专普通物理课试用教材，但由于时间仓促和水平的限制，书中不免还有疏漏

欠妥或错误之处,希广大读者提出宝贵意见,俾以再版时认真修改。

许国梁 于苏州大学

1987年2月

前 言

我省自一九七八年以来，为适应普及九年制义务教育的需要，已先后恢复和新建了七所高等师范专科学校。但由于各种原因，各师专长期使用师范院校本科或综合性大学教材，随着教学改革的深入，越来越感到教材对办出师专自己的特色，构筑初中教师合理的智能结构，提高教学质量关系极大，因此迫切需要建设师专自己的教材体系。为此，江苏省高教局于一九八五年委托镇江师专原校长江静同志负责组织编写师专物理专业主干课系列教材作为试点。

这套《普通物理学》教材共分五册，即力学、热学、电磁学、光学和近代物理学，可作为师专、教育学院物理专业和培训初中物理教师的教材，也可作为师专函授、自学考试的教材。

在编写这套教材过程中，坚持以辩证唯物论和三个面向为指导，以一九八二年“全国师专物理专业教学大纲审定会”通过的师专物理专业教学大纲为依据，结合师专和初中物理教学实践进行修订后的新大纲编写的。教材编写努力遵循“少而精”、“理论联系实际”、“循序渐进”、“因材施教”的原则，因而具有以下特点：

一、教材既力求使内容具有科学性、系统性，又注意师范性和启发性，扬弃陈旧内容，适当反映具有基础知识性质的现代化科学技术成就，同时还注意吸收这几年师专和中学物理教学改革的经验，因而使内容结构体系更能适应培养目标和

业务规格的要求。

二、教材着重阐述基本物理概念、基本物理规律，注意避免“理论化”的倾向。教材叙述力求深入浅出，简明扼要，通俗易懂，便于教和学。

三、教材注意开发学生智力和培养学生能力，重视联系生产、生活和中学教学实际，注意从实际提出问题，分析问题和解决问题。每章之后有内容提要 and 一定数量的思考题及练习题，有利于学生自学和思考。本书还注意适当介绍物理学史和物理学家生平以及物理规律的发现和发展过程，以启发和培养学生思维能力和科学方法。

四、教材比较注意演示实验，并有较多的插图，比较注意生动直观，形式也较新颖。

编写领导组以江静同志为组长，成员有孔祥羽、钱如竹、周荣秋、许国梁、郭胜康、仲嘉霖、王中兴。参加教材编写的有南通师专、淮阴师专、盐城师专、镇江师专、苏州师专和徐州师专物理系科部分教师。他们在江苏省高教局领导下，在各师专，特别是镇江师专的大力支持下，同心协力，克服困难，终于在一年半时间内完成了编审任务，为师专教材建设作出了贡献。

教材主审组由苏州大学许国梁教授任组长，镇江师专刘昌年副教授和苏州大学李振亚教授任副组长，负责全书审定工作。另有南京师范大学李增林副教授、沈洪清副教授，苏州大学李佩赞副教授，扬州师院毛明副教授。他们在分别负责各册审定工作时还对教材体系，内容的取舍和深广度，以及编写方法、特色等提出了许多具体的宝贵意见，在此表示衷心感谢。

这套教材由于时间短促和编者水平的限制，不妥甚至错误之处在所难免，敬请使用本教材的师生和广大读者提出宝贵意见，以便再版时修正。

江苏省教育委员会高等学校教学处

1987年2月

绪 论

电磁学是研究电荷和电流激发的场,及其与物质的相互作用等规律的科学,是经典物理学的一个重要部分。电磁学应用于实践,迎来了19世纪70年代出现的电力时代。电力的应用是继蒸汽机的使用之后的第二次技术革命。它为人类生产力的发展,特别是对动力和通讯,产生了巨大的影响。电磁学的建立是19世纪自然科学的最伟大成就之一。

电磁学的发展历史,大致可分为自然观察和应用、定性实验、定量研究、建立系统的电磁理论等四个阶段。

一、自然电磁现象的观察和应用

我们的祖先在生产和生活过程中,积累了不少有关电与磁的知识。公元前一千五百多年,殷商时代的甲骨文中就有“雷”字,到稍晚的西周,在青铜器上出现了“电”字。在西汉末年人们对尖端放电、摩擦带电的物体能吸引轻小物体等现象作了记载。在三国和南北朝时代,我国已有了建筑物的避雷措施^①。

对于磁现象,早在春秋时期就开始有所记载。关于磁石的吸铁性,最早的记载为公元前3世纪,《吕氏春秋·精通》中所写的“磁石召铁或引之也。”有趣的是东汉王充所著《论衡·乱龙篇》中有“顿牟缀芥^②、磁石引针”之说,将电与磁相提并论。说明当时已发现它们的共同点,即琥珀与轻小物体、磁石与针都是不接触就能发生相互作用的物体。大约在战国时代就发

现了磁体的指极性，利用指极性制成了一系列的指南器。东汉时已有司南勺^③北宋时期我国已能利用地磁场人工磁化制成指南鱼^④。用磁石磨针尖磁化做成指南针的事，最早记载在11世纪沈括的《梦溪笔谈》一书中，该书还记载了磁偏角的现象。到南宋时，指南针与方位盘连成一体发展成为罗盘（即罗经盘）。我国发明的指南针于公元12世纪末到13世纪初通过海上航路传进了阿拉伯，以后又从阿拉伯传入了欧洲。马克思说：“火药、指南针、印刷术——这是预告资产阶级社会到来的三大发明。……总的说来变成科学复兴的手段，变成对精神发展创造必要前题的最强大的杠杆^⑤。”说明指南针用于航海产生了世界性的影响，促进了人类文明的发展。

西方对电与磁现象的观察也在很早就开始了，在公元前585年希腊哲学家台利斯(Thales)就记载了琥珀与动物毛皮摩擦后会吸引稻草屑和木屑的现象，以及天然磁铁矿吸引铁的现象。

总的说，在13世纪以前，无论是在中国还是在西方，对电和磁仅是零碎地、自然地积累了一些知识，对电磁现象的本质和规律还是一无所知。

二、对电磁现象进行定性实验的阶段

13世纪以后的二三百年中，由于宗教势力愚昧黑暗的统一，由于他们对科学家的迫害，物理学的发展处于停滞阶段。直到十六世纪，由于工艺、航海、军事工业的发展，才形成了经验交流和探讨的风气。1600年英国伊丽莎白女王的御医吉尔

①③④⑤ 分别见蔡宾牟、袁运开主编《物理学史讲义——中国古代部分》第七章§1、§3、§4、第九章前言。

② “顿牟”即琥珀，“缀芥”即吸引如芥菜籽般的轻小物体。就是说摩擦过的琥珀有吸引轻小物体的性质。

伯特(William Gilbert)著《磁石论》定性地系统地描述了磁石的基本性质,他制作了第一个验电器(图0-0-1)。1660年法国工程师格里凯(Guericke 1602—1696)制成了硫磺起电机。1729年英国修道士格雷(Stephen Gray 1670—1763)用绳使电荷传至24米远,发现了“非电性物质”和“电性物质”,即绝缘体和导体。1745年荷兰莱顿大学的物理教授马森布洛克(Pieter Van Musschenbroek 1692—1761)发明了莱顿瓶。同年富兰克林(Franklin 1706—1790)用莱顿瓶做了大量实验,发现了正、负电荷及其守恒定律。1749年富兰克林提出闪电是大气中的放电现象。在雷雨经过时,他升起风筝,观察到电火花,并感受到一阵强烈的电击。而俄国物理学家黎赫曼(G.W.Richma)在重复这个实验时受雷击献出了生命。富兰克林在1747年制成了第一根避雷针。1799年伏打(Alessandro Graf Volta)制成了第一个能产生持续电流的电池,为电流的化学效应、热效应和磁效应的发现创造了条件,也是电能实际应用的开端。

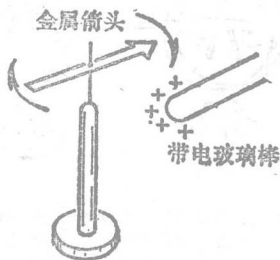
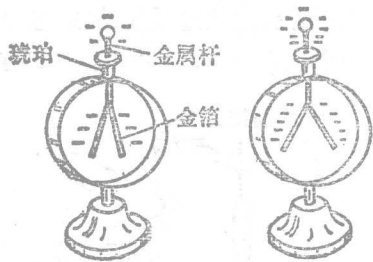


图 0-0-1 根据吉尔伯特的记载拟的验电器草图

从上面介绍的史实可知,16、17世纪只是电磁学定性实验的阶段。在这个阶段中电磁现象的研究进展非常缓慢。

三、电磁现象的定量研究阶段

到18世纪最后二十年,发明了两种重要的仪器,使得研究静电的工作获得迅速进展。贝内特在1787年第一个制成了金

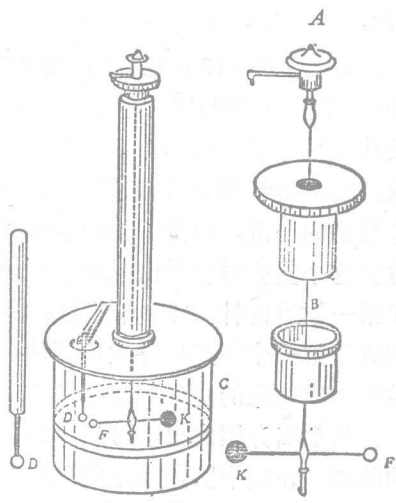


(a) 库仑力使金箔相互排斥 (b) 金箔上电荷多张开角度大
图 0-0-2 金箔验电器

箔验电器(图0-0-2)。看起来金箔验电器似乎太简单了,然而现在的静电实验还常使用它。它可以使人们方便地判断物体是否带电,带的正电还是负电。验电器上带的电量愈多,金箔张开的角度就愈大。相当灵敏的库仑扭秤(图0-0-

3)使库仑(C.A.Coulomb 1736—1806)在1785年找到了著名的库仑定律。

1820年7月21日奥斯特(Hans Christian Oersted 1777—1851)发现了电流的磁效应。这个效应揭示了电与磁的内在联系,开始了电学研究的新纪元。电流的磁效应发现后,很快制成几种不同的检流计,为欧姆(Georg Simon Ohm 1787—1854)发现以他的名字命名的电路定律提供了条件。在19世纪20年代,



A 扭头、B 细长金属丝、C 玻璃罩、D 固定金属球、F 转动金属球、K 平衡体
图 0-0-3 库仑扭秤

安培 (Andre Marie Ampere 1775—1836) 和欧洲其它科学家,例如阿喇果 (Dominique Francois Arago)、毕奥 (Jean Baptiste Biot) 和萨伐尔 (Felix Savart) 作了一些与电流的磁场有关的重要实验,建立了关于通电导线之间,通电导线与磁铁之间作用力的理论。这就是电动机原理的依据。

下一个重大进展出现在1830年,英国的法拉第 (Michael Faraday 1791—1867) 发现电磁感应现象。他通过仔细的实验断言,位于不断变化的磁场中的闭合导线回路会产生电流,电流的大小与磁场变化的速率成正比。法拉第的发现是发电机原理的依据。到19世纪前半叶结束的时候,物理学家已经探索了范围很广的许多电磁现象。有关这些发现的第一批成功的技术应用,如电报设备已作为商品销售。

总之,电磁学的发展在这个历史阶段以库仑扭秤的定量研究为开端,以奥斯特的电流磁效应为转折点,人们对电磁现象着重定量的研究,并用数学的语言对物理现象和规律进行描述。在时间划分上,这个阶段约在18世纪到19世纪之间。

四、电磁理论的研究阶段

电磁现象的定量研究发展到一定程度,必然导致人们对电磁本质的探讨。在19世纪中,这两项工作是同时进行的。

1820年以后,就有人从事把物理规律进行理论性描述的研究。首先是安培在1823年发表了他的《电磁发现的数学理论》,计算出在两条平行通电导线的任何一条上,单位长度所受的力。还有诸如泊松 (Simeon Denis Poisson)、威廉·汤姆孙 (William Thomson)、基尔霍夫 (Gustav Robert

Kirchhoff)和韦伯(Wilhelm Weber 1804—1891)等科学家也作出了重要贡献。在这门科学的早期,物理学家主要还是致力于用简洁的数学语言来表达实验观测结果。当时已建立的电和磁的数学定律是建立综合性电磁理论的基石。由安培开始的寻找电和磁的统一理论的工作,持续了将近50年之久,麦克斯韦(James Clark Maxwell 1831—1879)在1864年得出了普遍的理论,终于完成了这个任务。

麦克斯韦导出了电磁普遍规律的数学表达式,创立了空前优美的物理理论,麦克斯韦理论适用的范围极广,从原子尺度世界中的现象到所有大尺度的电磁现象都包括在内。至此,电磁学发展成了经典物理学中相当完善的一个分支。

今天,电磁现象的研究与应用几乎渗透到人类生活的各个领域。电磁学是近代许多科学理论和工程技术的基础,也是高等师范专科学校物理专业的重要基础课之一。要理解原子的裂变、阴极射线示波器、雷达、电视机、遥感、卫星通讯、射电天文、微波器件、光纤通讯、盲目着陆、电机能量转换等等,电磁学理论是不可少的。

电路是电磁场的一种局限性的特殊形式,当电源频率很低,以致导电网络的尺寸远小于波长时,我们便得到一种准静态,把电磁场问题简化为电路问题。场和路都是电磁学的重要内容,电路理论本身已是一门高度发展的物理学分支。本书中电路部分只涉及那些最基本的内容,为进一步学习电工学和电子技术课打好基础。

关于单位和量纲问题,本书采用国际制,简称SI制。它除了继承力学的米、千克、秒三个基本单位外,又增加一个基本单位——安培。电磁学的各导出单位是以米、千克、秒、安培

等四个基本单位为基础导出的。

例如从公式 $q = It$ 导出电量单位, 单位式为1库仑 = 1 安培·秒, 量纲式为 $[Q] = L^0 M^0 T I = T I$ 。

目 录

绪论

第一章 静电场

§1-1	静电现象	1
一、	两种电荷	1
二、	验电器 静电计	3
三、	法拉第冰筒实验	4
四、	起电的几种方法	4
§1-2	电荷	7
一、	基本电荷	7
二、	物质的电结构	7
三、	电荷守恒定律	9
四、	电荷的连续分布	10
§1-3	库仑定律	11
一、	库仑定律	11
二、	静电力的叠加原理	14
§1-4	电场强度	16
一、	电场	16
二、	电场强度	17
三、	电场的叠加原理	19
四、	连续分布的电荷的电场	21
五、	电力线	28
§1-5	高斯定理	31