

大学物理学

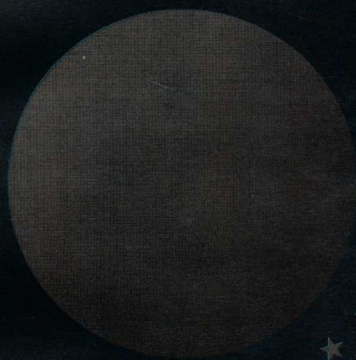
(音像文字结合教材)

第二册 电磁学

主编 恽瑛 夏西平

责任主编 蒋福明 吴增谟

高等教育出版社



大学物理学

(音像文字结合教材)

第二册 电磁学

主编 恽瑛 夏西平

责任主编 蒋福明 吴增谟

高等教育出版社

(京)112 号

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学 第二册:电磁学. —北京:高等教育出版社,1996

音像文字结合教材

ISBN 7-04-005870-7

I.大… II.Ⅲ.①物理学—高等学校—教材②电磁学—
高等学校—教材 IV.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 09266 号

*

高等教育出版社出版

北京沙滩后街 55 号

邮政编码:100009 传真:64014048 电话:64054588

新华书店总店北京发行所发行

江苏丹阳兴华印刷厂印装

*

开本 850×1168 1/32 印张 9.25 字数 230 000

1996 年 7 月第 1 版 1996 年 7 月第 1 次印刷

印数 0001—5177

定价 11.00 元

凡购买高等教育出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页等
质量问题者,请与当地图书销售部门联系调换

版权所有,不得翻印

内 容 简 介

本书为《大学物理学》声像文字结合教材文字部分的第二册,主要内容为电磁学,共有五章:静电场、稳恒电流、稳恒磁场、电磁感应、电磁场与电磁波。

本套教材由两部分组成。一部分是文字教材,共三册,第一、二两册分别为力学和电磁学,共约占课程的二分之一,第三册为波动光学、统计物理和热力学基础、近代物理,约占课程的二分之一。另一部分是电视插播片,共有 73 段,每段 2-6 分钟,共约 320 分钟,主要内容为各章节的重要概念、定律、难点、微观机理及工程技术上的应用等。这些插播片作为整套教材的一部分被编入文字教材,在文字教材的每一章前都列出了本章插播片的目录和主要内容。

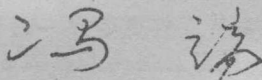
本套教材是国家教委工科大学物理课程八·五教材建设规划的选题之一,高等学校工科物理课程教学指导委员会对此套教材组织了审稿,西北工业大学徐绪笃教授等审读了全稿,并对原稿进行了润色。中国科学院院士、南京大学冯端教授为本书写了序。

本书可作为工科本科各专业大学物理课程的教材,也可供其他非工科的相关专业选用。

序

恽瑛、夏西平教授主编《大学物理学》(音像文字结合教材)经过多年的编撰、试用,再经过反复修改,终于全面问世,这是一桩十分可喜的事.我们知道,随着科学技术的突飞猛进,教学手段也变得更加丰富多彩了.过去教师施教只需要几支粉笔、一块黑板,现在情况不同了,有多种的音像技术可以供教师们来选择采用,随之而来的问题是如何利用这些新的教学手段,遗憾的是绝大多数的教材仍然停留在传统的框架之内,未能充分利用先进教学手段所提供的机会.恽瑛教授等所编撰教材正好弥补了这一空缺,它将音像与文字结合起来,充满了活力,是这一新领域中一次十分有意义的尝试,其中音像部分曾在多次国际物理教学会议上进行展示和讲解,获得了与会海内外科学家的肯定和好评.这一教材的全面出版,将受到从事大学工科物理教学教师们的欢迎;并对我国普通物理教学事业有所促进.

中国科学院院士 南京大学教授



1995年12月17日

前 言

科学技术的进步与发展,与自然科学的基础教育是相互促进的;现代信息手段(如音像、计算机等)应用的发展与普及,已广泛地应用于教学实践中;现代教育理论指出,要十分重视学生个体因素的作用,才能使教学有突破性的变化.凡此种种,都迫切要求改革传统的自然科学基础教学,大学物理课程当然也不例外.对传统课程的改革,不仅有益于学生智力的开发和能力的培养,而且有助于探索教学方法的优化和教学内容的改革.

基于这一教学思想,我们尝试在课堂上使用了与讲课内容紧密结合的电视插播片,经过几年的实践,收到了良好的效果,也取得了不少经验.在此基础上,我们进而研究、制作了一套现代教学手段与传统教学方式有机结合的新型《大学物理学》教材,具体地说,编制了一套音像文字结合教材,再辅之以计算机软件和幻灯图片,构成了多元的立体式教材,从而为改进教学方法、改革教学内容和提高教学质量提供了一条新的途径.

《大学物理学》(音像文字结合教材)由以下几部分组成:

(1)文字教材

与传统的文字教材的区别是将电视插播片的教学内容编入教材,作为教材内容的一部分,教材中每一章都列出了与之相结合的电视插播片的目录和主要内容,章末有相应的思考题.

教材内容确保了国家教委制定颁发的本课程教学基本要求的贯彻落实,并适当有所拓宽.对内容取舍的指导思想是:在中学基础上提高;适当压缩经典部分,加强近代和现代物理的内容;注意反映新技术发展与物理学的关系.此外,也努力注意提高书中插图的质量.

教材共分三册,第一册为力学(包括机械振动与机械波),第二

册为电磁学,此两册各约占全课程的四分之一;第三册为波动光学、统计物理与热力学基础及近代物理,约占全课程的二分之一。此外,为了加强学生对新知识的了解,扩大视野,特邀请了中国科学院院士、南京大学冯端教授,南京大学梁昆森教授,高等学校工科物理课程教学指导委员会副主任、西安交通大学吴百诗教授以及在美国进行材料科学研究的夏威夷大学宋毅博士,分别对熵的概念、力学的“力表象”与“能量表象”、非线性光学及超导写了四篇专题,以供读者参阅。

(2) 电视插播片

全书配有与教学内容紧密结合、针对性强、简洁明了的系列电视插播片 73 段,每段一般只有 2—6 分钟,共约 320 分钟;其内容取材于各章节的基本物理概念和重要定律,各部分的难点或难以表达的抽象概念、立体图像、微观机理,和工程技术上的应用等诸方面。

本教材除上述主要部分外,还有:

(3) 计算机软件:主要供学生在课外独立上机使用,并配有指导手册。全书共编制有十余个软件,针对各部分内容的不同特点和要求,软件的制作也随之而异。

(4) 幻灯片和投影片:要根据课堂教学需要选取使用,不贪多求全,盲目陈列。

(5) 电视插播片使用指南:既为便于教师使用插播片,又向学生指明如何从插播片中学到更多内容,有利于他们复习思考。

必须指出,插播片的使用是一种重要的教学辅助手段,它不能用来替代课堂教学。插播片的使用应与课堂讲授有机结合,并在讲授中注意形象信息与语言信息的相互配合,抽象思维和形象思维的交互作用,使插播片更好地发挥其“时间、空间、动态、信息”的优越性,以得到良好的教学效果。

这套教材自 1987 年开始编写以来,就在江苏省教育委员会的领导与关怀下进行,并得到省教委高教处邱坤荣处长的具体指导与帮助;国家教委高教司、电教司(原)对这项工作给予了大力支

持.联合国教科文组织(UNESCO)及第三世界女科学工作者协会(TWOWS),对此也先后给以资助;国际教育委员会(ICPE)原主席美国 E. L. Jossem 教授认真地观看了插播片,并提出改进建议.这些,使这套新型的教材得以逐步成熟.我们对国内外专家、学者给以的热忱帮助,一并表示衷心的感谢!

《大学物理学》(音像文字结合教材)在正式出版前已印刷过六次,除在编写组的七所院校试用外,还承武汉测绘科技大学、中国矿业大学、常州技术师范学院、苏州丝绸工学院、南京工程兵工程学院、华南理工大学、东北大学、南京林业大学、江南大学、郑州轻工业学院、南昌航空工业学院、空军勤务学院、中国计量学院、浙江丝绸工学院、长沙铁道学院、大庆石油学院、大连理工大学、西南石油学院、东北电力学院、西安第二炮兵工程学院、无锡轻工业学院、洛阳工学院及山西矿业学院等 30 所高等院校试用,有关教师对教材提出了许多宝贵意见及建议,这对进一步修改教材是十分有益的,为此特表深切的谢意!

本教材在编写过程中得到西北工业大学徐绪笃教授、西安交通大学吴百诗教授、浙江丝绸工学院吴颐教授的热情帮助,他们认真、细致地审读了原稿并提出了许多宝贵意见,对提高本教材的质量,起了重要的作用.对此,编写组表示由衷的感谢!

本书在编写过程中,承中国科学院院士、南京大学冯端教授热情指导,并为本书作序,编写组对此表示诚挚的谢意!

本书初稿也曾得到梁昆森教授的具体指导,在此表示竭诚的感谢!

由于整个工作还只是初步尝试,缺点、错误在所难免,恳请使用本教材的师生不吝提出批评和意见.

编 者

1995 年 12 月

附:江苏省教育委员会《大学物理学》(音像文字结合教材)

编写组成员

东南大学

恽 璞、叶善专、周永平、蒋福明、
马见慈、王克里

空军气象学院

夏西平、陆起图

南京通信工程学院

吴曾谟、张未央

南京航空航天大学

王兴中

南京化工大学

孟宪显、施志聪

河海大学

顾定安、戴 畅

扬州大学工学院

李寿松

绘图

李士澍

目 录

第 一 册

第一篇 力 学

绪论

力学发展简史

第一章 质点的运动

第二章 运动定理和守恒定律

第三章 刚体的运动

第四章 机械振动

第五章 机械波

专题一 力学中的“力表象”与“能量表象”

习题答案

第 二 册

第二篇 电 磁 学

电磁学发展简史	1
第六章 静电场	5
§ 6-1 库仑定律	7
§ 6-2 电场 电场强度	13
§ 6-3 电场强度通量 高斯定理	25
§ 6-4 静电场环路定理 电势	39
§ 6-5 静电场中的导体	55

§ 6-6 电容 电容器	67
§ 6-7 静电场中的电介质	73
§ 6-8 电场的能量	89
§ 6-9 静电的应用	94
思考题	97
习 题	99
第七章 稳恒电流	105
§ 7-1 电流的稳恒条件和基本规律	106
§ 7-2 电动势 温差电现象	115
* § 7-3 气体导电性与等离子体	126
思考题	132
习 题	133
第八章 稳恒磁场	135
§ 8-1 磁相互作用	136
§ 8-2 载流导线激发的磁场 毕奥-萨伐尔定律	139
§ 8-3 磁场的高斯定理和安培环路定理	149
§ 8-4 磁场对载流导线的作用 安培力	157
§ 8-5 带电粒子在磁场中的运动	163
§ 8-6 磁介质中的磁场	172
§ 8-7 铁磁质	178
思考题	183
习 题	185
第九章 电磁感应	190
§ 9-1 电磁感应的基本规律	191
§ 9-2 动生电动势	197
§ 9-3 感生电动势 涡旋电场	204
§ 9-4 电磁感应的应用	207
§ 9-5 自感和互感 磁场能量	211
思考题	224
习 题	226
第十章 电磁场与电磁波	232

§ 10-1 位移电流	234
§ 10-2 麦克斯韦方程组	240
§ 10-3 电磁振荡	244
§ 10-4 电磁波的产生和传播	248
思考题	256
习 题	256
专题二 铜氧化体中的高温超导现象	259
习题答案	266
附录一 常用物理常数表	273
附录二 SI 基本单位、辅助单位、具有专门名称的导出 单位和非 SI 法定计量单位	273
附录三 历年诺贝尔物理学奖简表	276

第 三 册

第三篇 波 动 光 学

对光的本性认识的发展简史

第十一章 光的干涉

第十二章 光的衍射

第十三章 光的偏振

第四篇 近 代 物 理

近代物理发展综述

第十四章 狭义相对论

第十五章 电磁辐射的粒子性

第十六章 微观粒子的波动性和状态

第十七章 薛定谔方程

第十八章 原子结构

第十九章 统计物理与热力学

第二十章 激光

第二十一章 固体的导电性

第二十二章 原子核物理简介

专题三 熵的概念

专题四 非线性光学综述

第二篇 电 磁 学

电磁学发展简史

电磁学是物理学中研究电、磁和电磁相互作用规律的分支学科。它所涉及的范围很广,从人们的衣、食、住、行到工农业生产和社会文化生活,从物质的微观结构到宇宙星系的组成和演化,都与电磁学规律有关。近代蓬勃发展起来的电工学、无线电学、遥控遥测、自动控制、电视、电脑等,都是以电磁学的研究为基础的。

研究电磁运动的规律,不仅有助于人们更深入地认识世界,而且更重要的是可以据此而能动地改造世界。在社会主义现代化建设中,劳动生产率的不断提高和生产过程自动化的推广等,都需要创造性地运用电磁运动规律的知识。事实上,电之所以被广泛利用,是因为它具有很多特点。例如电能很容易转换为化学能、热能、光能、机械能等,而且转换效率较高,转换过程清洁。电能还便于远距离输送,损耗小;而以电磁波形式在空间传播的电磁能,就从根本上消除了空间阻隔的障碍。此外,电学仪表的灵敏度很高,便于对各种物理过程进行检测和监控。

任何一门科学都有其萌芽和发展的过程,电磁学也不例外。它是经过了人类智慧的长期积累而逐渐完善起来的,是随着生产的发展而发展起来的。下面简单地介绍一下电磁学的发展历史。

人类对电磁现象的认识可以追溯到上古时期。早在公元前585年,古希腊哲学家泰勒斯(Thales)已观察到用毛织物摩擦过的琥珀具有吸引轻小物体的现象,以及现在称之为磁铁矿或天然磁石的某种矿物具有吸铁的能力。

我国人民对于磁现象的发现和认识曾作出过重要贡献.早在二千多年前的战国时期,就已有“山上有慈石(即磁铁矿,其化学成份为 Fe_3O_4)者,其下有铜金”,“慈石召铁”等磁石吸铁的记载.东汉时期的学者王充在《论衡》一书中,曾记载了“顿牟掇芥”,顿牟就是上面提到的琥珀,掇芥就是吸引轻小物体的意思;王充也记述了“司南指南”的现象.在北宋时代,我国已有利用磁石磨成尖针用于指南(即罗盘),并用于航海的记载,而欧洲人直到12世纪才知道使用罗盘.

在17世纪之前的很长一段时间内,对电和磁现象的研究进展缓慢.直到公元1600年,英国伊利莎白女王的御医吉尔伯特(W. Gilbert)在《磁石论》一书中,才对磁石的各种基本性质作了较系统的定性描述.

到18世纪,人们对电的研究迅速发展起来.英国的格雷(S. Gray)在研究琥珀所带的电是否可以传递给其它的物体时,发现导体和非导体的区别:金属可导电,丝织物不导电.法国的杜费(C. F. Dufay)在实验中发现绝缘起来的金属也可以摩擦起电,因此,他得出所有物体都可以摩擦起电的结论.杜费的重要发现是电有两种,并且带相同电的物体互相排斥,带不同电的物体彼此吸引.1745年,荷兰莱顿城的穆欣布罗克(P. Musschenbroek)为了避免电在空气中逐渐消失,制成了电容器的原始形式——莱顿瓶.莱顿瓶的发明为电的进一步研究提供了条件.当时,美国科学家富兰克林(B. Franklin)在研究大气电现象方面作出了重要贡献,他得出了雷电就是火花放电的结论,破除了人们对闪电的宗教迷信.俄国科学家罗蒙诺索夫创立了大气带电的理论:空气中的电是空气微粒随着气流运动时互相摩擦而产生的.1785年,法国科学家库仑(A. Coulomb)制成了扭秤装置,并对带电体间的相互作用的大小进行了定量的测量,藉此确定了有名的电荷间相互作用的规律——库仑定律,为静电学奠定了基础.其实,早在1771年,卡文迪许(H. Cavendish)就得到了电力与距离成反比的方次与2相差最

多不超过百分之二的结论,不过这一实验结果直到 1879 年才由麦克斯韦(J. C. Maxwell)整理公诸于世。

1780 年,意大利的生理学家伽伐尼(L. Galvani)在解剖青蛙时发现电流。伽伐尼的发现使各地的科学家都感到惊讶。他的同乡伏打(A. G. Volta)比他更深刻地研究了这个问题,经过 20 年的努力,于 1800 年发明了伏打电池(伏打电堆)。1801 年拿破仑请他到巴黎,在学会上表演他的电堆实验。为此,法国授予他金质奖章。

虽然早在 1750 年富兰克林已经发现莱顿瓶放电可使钢针磁化,但到 19 世纪初在科学界仍然普遍认为电和磁是独立的,因此对它们的研究一直是独立进行的。直到 1820 年,丹麦物理学家奥斯特(H. C. Oersted)发现了电流的磁效应,即让磁针和导线平行放置,当导线中通电流时,“磁针发生大的振动”。

当时有许多科学家重复了奥斯的实验。著名的巴黎天文学家和物理学家阿拉果(D. F. Arago)在 1820 年观察到铁屑被电流所吸引的现象。

当奥斯特发现电流对磁针有作用的同时,法国物理学家和化学家安培(A. M. Ampere)发现了一个电流对另一个电流的作用:相同方向的平行电流彼此相吸,相反方向的平行电流彼此相斥。安培还做了载流螺线管和磁铁等效性的实验。后来,安培又提出物质磁性的分子电流假说,并认为“磁在本质上是由于电流的作用”。毕奥(J. B. Biot)和萨伐尔(F. Savart)做了载流导线对磁极有作用的实验,一些学者通过对这类实验结果进行数学上的分析概括,得到了电流元激发磁场的规律:毕奥-萨伐尔定律。

1831 年,英国物理学家法拉第(M. Faraday)发现了电磁感应现象,使人类广泛利用电能成为可能。对电磁现象的大量研究使法拉第逐渐形成了他特有的场线和场的观念:在带电体和磁体的周围存在着某种特殊的“紧张”状态,并用电场线和磁场线来描述这种紧张状态。他认为,场线是一些实实在在的物理实体,它充满整个空间,只是越远离带电体(或磁体),场线就越稀疏;因而,电力和

磁力不是越过空虚的空间的超距作用,而是通过电场线和磁场线来传递的.

19 世纪下半叶,麦克斯韦研究了电磁现象规律的内在统一性,把它们统一为麦克斯韦方程组,并预言了电磁波的存在,建立了光的电磁理论,把光现象统一在电磁现象之中.1888 年,赫兹首次用实验证实了电磁波的存在,以后的大量实验也都证明了麦克斯韦电磁场理论的正确性.19 世纪末,汤姆孙(J. J. Thomson)从阴极射线实验中发现了电子,为开展电磁现象的微观机理研究提供了依据.本世纪初,洛伦兹(H. A. Lorentz)建立了经典电子论,使很多电磁现象,如静电感应、电磁感应、电磁力、极化等的微观本质得到了相当满意的解释.麦氏理论和洛氏理论构成了所谓的经典电磁理论,也是本教材所要介绍的主要内容.

1905 年,爱因斯坦(A. Einstein)排除了牛顿的绝对时空观,建立了狭义相对论,使不同惯性系之间的时空变换满足洛伦兹变换.根据狭义相对论,通过洛伦兹变换可以由电场得到磁场,或由磁场得到电场,于是,在物理学的发展史上出现了电和磁的第一次统一.至此,电磁学理论已经发展到了相当完善的地步,它可以满意地说明宏观领域里的各种电磁现象.在微观领域里,当需要考虑微观粒子的波-粒二象性时,上述理论就须进一步发展,导致了量子电动力学的诞生,这部分内容已超出了本课程的范围,在此不予讨论.