



面向 21 世纪 课程 教材
Textbook Series for 21st Century

电 磁 学

第二版

贾瑞皋 薛庆忠



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS



面向21世纪课程教材



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

电 磁 学

DIANCIXUE

第二版

贾瑞皋 薛庆忠



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书是教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”项目:“应用物理类专业教学内容和课程体系改革研究”的成果之一,是面向 21 世纪课程教材,同时也是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。本书以电磁学理论的发展顺序为主线,介绍电磁学的基本原理、发展前沿以及在工程实际和高新技术中的应用。本书的特点是把素质能力培养和基本教学内容结合起来,通过具体教学内容培养学生寻找和发现问题、提出和解决问题以及应用理论解决实际问题的意识和能力,从而有利于培养创造型和应用型人才。本次修订在保持第一版特色的前提下,进一步突出素质能力培养与教学内容相结合的特点,例如增加了“超级电容器”等内容。

本书可作为高等学校应用物理类专业和师范院校物理专业的教材或教学参考书,也可供某些工科专业选用,或作为工科大学物理教师的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电磁学/贾瑞皋,薛庆忠编. —2 版. —北京:高等教育出版社,2011.1

ISBN 978-7-04-030999-7

I. ①电… II. ①贾…②薛… III. ①电磁学—高等学校—教材 IV. ①O441

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 246104 号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 高等教育出版社印刷厂

开 本 787×960 1/16
印 张 24.75
字 数 460 000

购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landracom.com>
<http://www.landracom.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2003 年 1 月第 1 版
2011 年 1 月第 2 版
印 次 2011 年 1 月第 1 次印刷
定 价 36.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 30999-00

序

石油大学(华东)贾瑞皋教授等编写的《电磁学》正式出版了。我有幸先睹为快,从中受益匪浅。在这里,愿意谈几点自己的认识就正于各位编者和广大读者。

物理学是自然科学中的基础学科,曾长期处于领先学科的地位,展望 21 世纪,它仍将占有极为重要的地位。不仅由于人类在认识自然和改造自然中的许多前沿阵地都属于物理学领域,任何新兴学科或高新技术,包括生命、信息、能源、材料等学科也绝不可能脱离物理学而发展;而且能在新世纪中大有作为的高素质科技人才必须具备较多的物理学知识,以及与之密切联系的较强的实践能力和正确的科学思维方法。当前国家特别注意培养能独立开拓、实现原初性创新的人才,就必须更加重视物理学的教学工作。

经过 20 世纪的飞速发展,物理学已经远远超出经典的、传统的范畴,成为一门范围很广并仍在不断扩展更新的学科。任何人都不可能通过大学的学习就会所有今后要用到的知识,只能是打好必要的基础。在本科阶段,特别是以培养应用型人才为主要任务的物理系,希望学生首先掌握物理学最基本的概念、原理、定律,初步具备理论和实验两方面的实践能力并掌握研究方法。普通物理课程正是在较广的领域内打好基础的最核心的课程。学好普通物理,不仅是学好大学本科阶段后继课程的必要前提,也为今后在各种可能的工作岗位上终身进行学习、研究打下了扎实的基础。许多技术性课程应用范围相对较窄,而且变动更新很快。普通物理课的内容虽然也在不断更新,但其基本框架相对来说比较稳定,学好之后,终身受用。不论物理学以至整个科学技术如何日新月异,新概念、新技术、新方法如何层出不穷,只要打好了普通物理的基础,就不难适应任何新形势、新任务。许多著名科学家、工程师回顾他们的学习生活时,普遍认为普通物理对他们的帮助极大,影响深远。

现阶段社会对物理学人才需求最多的是应用型人才。应用物理人才不仅要能够较好地掌握物理学本身,还要善于创造性地灵活运用客观规律,探索新的实际应用途径,推动社会生产力的发展;或者能使物理学与其它学科交叉融合,建立新的学科,开辟新的生产部门。过去,我国出版的物理教材对于应用型人才的培养特点关注得还不够多,所以在考虑面向 21 世纪应用物理专业的课程体系和教学内容改革时,就组织编写了一套适合应用物理专业的物理教材。

20 世纪 90 年代,在教育部统一安排下,由南京大学、石油大学(华东)、武汉大学、华东理工大学和西安交通大学 5 校物理系或应用物理系的教师共同组成项目组研究应用物理专业教学改革的有关问题。项目组决定采取的一项措施,就是分工编写这样一整套包含普通物理和理论物理的教材。这本《电磁学》即为其中之一。

电磁学研究的是电磁相互作用的基本规律及其实际应用。在自然界的 4 种基本相互作用中,电磁相互作用是迄今为止人们了解得最深入、应用最广泛、对人类生活影响最大的一种。不言而喻,编好这本书,学好这本书,对应用物理专业的教学来说具有重要的意义。

本书的编者都具有较高的学术水平和丰富的教学经验,并在科研工作中成就卓著,他们还对已出版的相近教材博采众长,汲取精华。在编写出初稿后,先在校内试用得到成功,2001 年 3 月又在南京大学举行的工作会议上与兄弟学校的同行们对一些重要问题进行了研讨,又作了较多的修改、补充和调整,最后才完成奉献于读者的这本书。

我学习这本书的总体感觉是:它确实是一本崭新的、有特色的教材,不是国内外任何一本现成教材的改头换面,不是“基地”类、工科类或师范类电磁学教材的简单增删。它体现了编者们不断创新,为教学改革呕心沥血的精神。如果说得具体些,我感到这本书的特点有:(1) 新。不论是理论、资料、数据以至教学法,均力求反映到出书时为止的最新成果。(2) 力求体现对培养应用物理人才的要求。例如对电磁学基本理论,一般不是简单灌输,而要讲清从提出问题、分析问题到解决问题的发展过程。还要通过举例、习题或思考题,引导学生学会怎样把基本定律运用到不同的实际情况中,并探索新的应用的可能性。事实上,教材中不少具体事例就是编者自己进行这种探索的部分成果。当然,在不同方面,这种探索的途径有千万条,作为教材,只能是对学生的一种启发,一种举例,有待于各授课老师的补充和学生们举一反三的独立钻研。(3) 适应性强。目前我国设立应用物理系的高校很多,其具体发展方向、课程总体安排、学时多少、师资设备条件等各有不同,不可能强求一致。本书通过对许多章节标以“*”号,或作为附录,或以阅读材料排印,为使用者提供了较大的“弹性”,由各校根据自己的需要酌量取材。有些内容也可在教师指导下由学生自由选读。(4) “开窗口”。在不少地方,还介绍了目前尚无明确答案或发展得尚不成熟的内容,为学生开辟走向未来的天地。这对于培养学生的创新思维和开拓能力是十分有益的。

个人的这些认识不一定是正确的,更不会全面的。但我认为,无论如何,作为编写应用物理专业普通物理教材的探路者,编者尽了很大的努力,进行了有益于我国高等教育事业的尝试。相信编者们一定会继续总结今后

在教学实践中的新经验,吸取广大读者的宝贵意见,不断进行修订,使之逐步臻于完美。

吴寿镗

2001.4.

第二版前言

本书是教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”项目“应用物理类专业教学内容和课程体系改革研究”的成果之一,是面向 21 世纪课程教材,是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。本次修订的主要目的是在保持第一版特色的前提下,进一步突出素质能力培养与教学内容相结合的特点。下面举几个实例。

库仑定律是学生容易接受的物理定律,讲完库仑定律后,向学生提出一个问题:假如让你用一个性能良好的库仑扭秤、一台起电机和各种带绝缘柄的金属小球等验证库仑定律,应怎样设计实验步骤?通过讨论、解答这一问题学生可以了解测量的本质。

在导体静电平衡问题中,“金属导体带电后会自动达到静电平衡状态”。对不同材料的金属导体,静电平衡条件没有差别。也就是说,尽管不同材料的金属导体的电导率不同,但在静电平衡现象中的表现是“相同的”。这里提出了两个问题:一是导体带电后从不平衡到平衡必定经历了一个过程,这个过程经历的时间是多少?尽管时间很短,但毕竟是个过程。二是导体上的电荷由不平衡到平衡,这是电荷重新分布的过程,即电荷定向移动的过程,这个过程按理应该与电导率有关,但为什么却无关呢?本书第三章所导出的电荷密度与时间之间的关系则回答了这个问题。这些发现问题和解决问题的实例容易激发学生的创新意识,也有利于提高学生发现问题、分析问题、解决问题的能力。

关于静电场电势参考点的选取问题以前曾在《大学物理》杂志上进行了长期广泛的讨论,众说纷纭,莫衷一是。本教材提出了电势参考点的选取原则和最佳参考点的选取方法。

规律和定律是两个不同的概念,都是理论体系中的主要概念。规律是客观的,定律是规律的表示,是人为的。通过对法拉第电磁感应定律公式中负号存在的相对性和必要性的论述,阐明规律和定律的关系以及确定规律的最佳表示方法的原则和思路。

一门学科的理论总是建立在少数几个基本假设基础上的。论述假设提出的必要性与合理性,定义描述研究对象基本性质的物理量的原则和必要性。应用演绎和推理方法,推导出物理量及其变化遵守的规律,即得到一些定理和结论。基本假设和定理构成了学科理论体系的基本框架。把假设、定理或结论应用于实际问题,理论结果和实验结果的一致性为理论正确性的证明。本书努力在准

确阐述电磁学规律和定律的同时,注重电磁学理论体系的描述。使读者在掌握电磁学理论及应用的基础上,理解电磁学理论体系的基本框架和结构,这样既有利于学生对电磁学理论的理解和掌握,也有利于培养学生应用电磁学理论解决实际问题的能力。掌握学科理论的体系结构和组成,掌握学科理论建立的方法和要求,正是理论工作者和卓越工程师应该具备的科学素质。

在电磁学中规定了几个标量的方向,例如规定了电流、电动势的方向等。本书对这些特殊标量的方向的意义提出了自己的看法。一般电磁学教材阐述感应电动势的方向时,规定了磁通量的方向,本书认为,没有必要引入磁通量的方向。

超级电容器是 20 世纪 80 年代发展起来的、电容数值可达几千甚至上万法拉的新型储能器件,其性能介于传统电容器与电池之间。由于它的优越性能,超级电容器将在能源、航天、军事等领域得到广泛应用。超级电容器的应用研究可能产生新技术和新产品。谁能在用好超级电容器方面首先取得突破,例如应用超级电容器提高电子线路的性能,设计新电路等,谁将会创造极大的财富。超级电容器的耐压能力等指标还需要改进和提高。对提高超级电容器性能的研究也是非常必要的。为了鼓励有兴趣的读者进行超级电容器的开发研究,编者请持有超级电容器发明权的中国科技大学卢荣德教授撰写了“超级电容器”一节。

应用高斯定理和安培环路定理求解有特殊对称性的静电场和稳恒磁场是电磁学的基本教学内容,解题过程中的对称性分析实际上是应用了库仑定律、毕奥-萨伐尔定律和叠加原理,或者在此基础上推出的结论,与对称性原理毫无关系。对称性原理是比库仑定律、麦克斯韦方程组等更高级别的自然规律,在各学科领域都有应用,灵活自如地应用对称性原理对研究工作将会带来预想不到的好效果。本书给出定量地应用对称性原理和高斯定理、安培环路定理求解电场、磁场的方法。由此可以明确看出,对称性原理把问题解决到什么程度,高斯定理和安培环路定理分别解决了哪些问题,使读者较深刻的理解对称性原理和应用对称性原理解决问题的方法。

另外,本书讨论了位移电流密度中 $\partial P/\partial t$ 项的意义,对抗磁性的机理给出了经典解释。本书提出了一些新观点,尽管做了认真考虑,由于作者的知识和水平有限,错误和疏漏之处恳请读者批评指正。

编者

2010 年 11 月

第一版前言

本教材是教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”项目:“应用物理专业教学内容和课程体系改革研究”的成果之一。项目组对国内外物理专业和应用物理专业的现状以及国民经济发展对应用物理专业教学改革的要求进行了认真的调查和分析研究,并在此基础上制订了《高等学校应用物理学专业基本培养规格和教学基本要求》(修订稿)。项目组认为,物理专业培养从事探索性的、知识创新工作的物理学基础型人才,应用物理专业培养物理学应用型人才,两者的培养规格和教学内容应有所区别。目前,物理学应用型人才与物理学基础型人才分流培养的力度不够,应用物理专业与物理专业的培养方案没有实质上的差别。应用物理专业的教材也多采用物理专业的教材。物理学应用型人才主要从事技术创新工作,应有较好的物理基础,了解物理知识的创新进展,参加应用基础研究,能做高新技术开发工作。物理学理论成果的第一次开发应用,产生了当时的高新技术。物理学应用型人才在物理知识转化为现实生产力的过程中起关键作用。因此,物理学应用型人才应着重技术创新和应用能力培养。贯彻素质教育,应加强应用物理专业学生的应用能力和素质培养,物理学应用型人才的创新能力,主要表现在对物理规律和性质的第一次开发应用及对先进技术的消化吸收和改革提高方面。应用型人才的培养还要解决好毕业后对工作的前期适应性问题。应用物理专业的培养规格应介于物理学基础型人才和相关工程技术人才之间,培养学生成为具备实验物理学家和工程师双重素质的复合型人才。原有的普通物理教材没有注重应用的实例和适应培养应用能力的需要。因此,编写适应应用物理专业基本培养规格要求的教材是落实专业教学改革计划的重要环节。本教材是应用物理专业教材建设计划中的一本,是为贯彻上述基本指导思想编写的。

电磁学教学内容体系可有两种选择:一是从麦克斯韦方程组开始,讲述电磁场及其规律。向前,把静电场、恒定电流磁场的规律作为麦克斯韦电磁场理论的特例。向后讲述法拉第电磁感应和电磁波。这样看起来改革力度比较大,但整体上系统性和逻辑性不够强,也不符合普通物理的特点和要求。从方法论的角度上看,普通物理应以归纳法为主,理论物理应以演绎法为主。二是遵循电磁学这门学科发展历史顺序的体系,这样能体现理论发展的规律,也符合认知规律的要求,并能使学生在学习物理知识的同时,了解科学家是如何发现问题、解决问题、建立理论的,从而培养学生的科学思维方法、创新意识和创新能力。如果结

合当时应用电磁学理论成果取得的发明成果的介绍,则能很好地体现物理学理论和原理的第一次开发应用都形成了当时的高新技术的结论,生动地体现理论和实践的关系,培养学生开发理论的实际应用的意识和方法。任何理论都不是终极真理,都有其适用条件和局限性,甚至是诘难。而恰恰是这些局限性和诘难形成了科学问题。科学问题是科学发展的动力。扩大理论的使用范围、冲破其局限性、特别是在更深层次上解决理论的诘难,这就是建立理论。电磁学的发展历史很好地体现了这一科学哲学观点。这正是本书采用第二种内容体系的原因。

考虑到与后继课程电工技术的关系,本书没有编入交流电部分。

作者力图使本教材能达到以下几个目标:

精选内容:处理好与中学物理和电动力学的关系。减少与中学物理不必要的重复和陈旧内容。处理好与电动力学的分工和衔接,在理论基础和方法方面使学生走到电动力学门口,并向门里望一望。努力做到与其它课程相互渗透。尽量多采用新材料、新方法,对传统内容尽可能用近代物理观点讲述,或用传统观点讲述后,再提高到近代物理的观点上。

加强应用:加强理论联系实际,培养应用理论解决实际问题的能力。应用能力应包括对基本原理和基本规律的开发应用能力,也包括把工程实际问题简化归纳为理想模型,分析使用理想模型会带来多大误差,在一定误差要求条件下,如何建立和选择理想模型的能力。

培养素质:注重科学素质的培养。应用科学史中科学理论建立和发展的实例,通过对原有理论的困难和矛盾的分析,突出解决矛盾的方法和思路、假设的提出和意义、新理论的建立和验证、新理论成立的条件和局限性以及新理论的成功和应用等介绍,培养学生的科学思想方法、思辨能力和创新意识。

介绍前沿:介绍电磁学发展前沿课题和在高新技术中的应用,力求反映到定稿时的新成果,以激发学生的求知欲望和探索精神。

为了适应培养能力和素质的需要,本书不采用多数教材采用的第一人称写法,采用科技论文的通常写法,希望读者在阅读本书的过程中,逐渐熟悉科技论文的语言习惯。

为使本教材具有广泛的教学适用性,考虑到各校学时差别较大,基本内容以外的部分多冠以“*”号或作为阅读材料、附录排印,以便给不同要求者更大的选择余地。要求较高的学校,可在讲授第一章前后讲授附录1,以便讲授以后各章中的微分方程。其它内容可以选讲或指导学生自学。如果组织学有余力的学生开展课外科技制作、发明活动,效果是非常好的。本教材便于学生独立阅读和自学,这有助于培养学生读书的习惯和独立获取知识的能力。编者希望本书能成为工科大学物理教师、在职科技人员和自学青年的参考书。

本书由贾瑞皋教授主编。各章思考题和习题由薛庆忠副教授执笔,其它内容由贾瑞皋执笔。

在本书编写过程中得到许多同志的热情帮助。在制定基本指导思想和编写大纲时,南京大学秦允豪教授、西安交通大学王永昌教授、武汉大学于国萍副教授、华东理工大学卢民强教授、石油大学任兰亭教授提出很多有益的建议。特别是西安交通大学吴寿镗教授、南京大学柯善哲教授、马光群教授为本书付出了很多心血,使编者深深感动。2001年3月4日至5日在南京大学物理系召开了应用物理专业电磁学教学改革及《电磁学》教材评审会。南京大学柯善哲教授(主审)、马光群教授(主审)、沈波教授、张尧培副教授、张志方副教授,西安交通大学吴寿镗教授(主审),武汉大学于国萍副教授,华东理工大学潘孝仁教授(主审),石油大学任兰亭教授审阅了本书的初稿并提出许多宝贵意见。南京大学物理系为会议提供了大力支持和良好的工作条件。南京大学卢德馨教授审阅了修改稿,并提出宝贵意见。焦志勇副教授、闫向宏副教授在编写、修改中做了很多工作,给了很多帮助。编者对所有给予帮助和支持的同志们表示衷心感谢。

特别感谢吴寿镗先生审阅全书并作序,他提出的宝贵意见使编者受益匪浅。

编写本书参考了若干现有教材和文献(列于参考文献中),在很多地方得到启发和教益,在此一并表示感谢。

由于编者的能力有限,时间仓促,书中一定有不少缺点错误,恳请读者批评指正。

编 者

2001年7月

目 录

第一章 真空中的静电场	1
§ 1.1 电荷和电荷守恒定律	1
一、电荷及其量子化 1 二、电荷守恒定律 3	
三、电荷的相对论不变性 4	
§ 1.2 库仑定律	4
一、点电荷 4 二、库仑定律 5 三、科学思想方法 7	
四、静电力的叠加原理 8	
§ 1.3 电场 电场强度	10
一、电场 10 二、电场强度 10 三、点电荷的场强公式 12	
四、电场强度的叠加原理 13 五、电荷连续分布的带电体产生的电场强度 13	
六、电场线 17 七、带电粒子在电场中的运动 17	
§ 1.4 高斯定理	20
一、 E 通量 20 二、高斯定理 21 三、高斯定理的应用举例 25	
§ 1.5 电势	30
一、静电场的环路定理 30 二、电势差 电势 32	
三、电势叠加原理 33 四、电势参考点的选取原则 37	
§ 1.6 电场强度与电势的微分关系	40
一、等势面 40 二、等势面的性质 41 三、电场强度与电势的微分关系 43	
四、库仑定律与高斯定理以及环路定理的关系 48	
*五、库仑平方反比律的重要意义 48	
阅读材料 卡文迪许关于点电荷相互作用力的研究	50
思考题	51
习题	53
第二章 静电场中的导体和电介质	58
§ 2.1 导体和电介质	58
§ 2.2 静电场中的导体	59
一、导体的静电平衡条件 59 二、导体壳和静电屏蔽 65	
§ 2.3 静电场中的电介质	67
一、电介质的极化 67 二、电极化强度矢量 68 三、电介质的极化规律 71	
§ 2.4 有电介质时的高斯定理	72
一、电位移矢量 有电介质时的高斯定理 72	
二、电介质的性质方程 电容率 73	

三、电介质的击穿 74	四、关于 D 的进一步讨论 77	
§ 2.5 静电场的边值关系		79
一、有电介质时的静电场方程 79	二、静电场的边值关系 79	
*三、电位移的折射定律 81		
*§ 2.6 唯一性定理		82
一、泊松方程和拉普拉斯方程 82	二、唯一性定理 83	
三、唯一性定理的应用实例 85		
*§ 2.7 铁电体 压电效应		87
一、铁电体 87	二、压电效应 88	
§ 2.8 电容器的电容		89
一、孤立导体的电容 89	二、电容器 89	三、电容器的联接 92
四、电容式传感器及其应用 93		
§ 2.9 电容器储能 电场的能量密度		95
一、电容器储能 95	二、电场的能量密度 96	三、静电能 97
四、连续带电体系的静电能 101	五、电荷在外电场中的相互作用能 102	
阅读材料 电介质击穿的危害及应用		103
一、电介质击穿的一般规律 103	二、电介质击穿的危害 105	
三、电介质击穿的应用 105		
阅读材料 电流变液的研究及应用		106
一、电流变液 106	二、电流变液研究的近期进展 107	
三、电流变液的应用 107		
思考题		107
习题		111
第三章 恒定电流		116
§ 3.1 电流场		116
一、电流密度矢量 116	二、电流的连续性方程 117	
三、欧姆定律的微分形式 118	四、焦耳定律的微分形式 119	
五、恒定电流条件 120	*六、静电平衡过程的弛豫时间 121	
§ 3.2 恒定电流场的边值关系		122
一、不同导电介质界面处的边值关系 122		
二、导电介质与理想电介质界面处的边值关系 125		
§ 3.3 电动势		125
一、非静电力 125	二、电动势 126	三、一段含源电路的欧姆定律 127
四、恒定电流场与恒定电场的基本规律 128		
§ 3.4 金属导电的经典电子论		129
一、金属导电的经典电子论的基本概念 129		
二、根据经典电子论推导欧姆定律的微分形式 131		

* 三、金属的导电性与导热性 经典电子论的困难 133	
§ 3.5 基尔霍夫定律	134
一、基尔霍夫第一定律 134 二、基尔霍夫第二定律 135	
§ 3.6 逸出功 接触电势差	137
一、逸出功 137 二、内接触电势差 138	
* § 3.7 温差电效应	139
一、塞贝克效应 139 二、佩尔捷效应 140 三、汤姆孙效应 140	
四、温差电效应的应用 142	
思考题	143
习题	144
第四章 恒定磁场	148
§ 4.1 磁场	148
一、基本磁现象 148 二、电流的磁效应 149	
三、磁场 150 四、磁感应强度矢量 151 五、磁感应线 152	
六、洛伦兹力 152 七、带电粒子在均匀磁场中的运动 153	
* 八、非均匀磁场的磁约束 155	
九、地球的磁场 156 十、霍尔效应 157	
§ 4.2 电流的磁场	159
一、毕奥-萨伐尔定律 159 二、磁感应强度的叠加原理 161	
三、典型电流的磁场 162	
§ 4.3 匀速运动电荷的电磁场	168
一、匀速运动电荷的电磁场(非相对论的) 168 二、电场和磁场的相对性 169	
* 三、不同惯性系中电磁场量的变换 170	
* 四、运动电荷的电磁场(相对论的) 171	
* 五、匀速运动电荷间的相互作用力 175	
§ 4.4 磁场的高斯定理和安培环路定理	179
一、磁场的高斯定理 179 二、安培环路定理 181	
* 三、磁矢势与 A-B 效应 183 四、确定是否“无限长”的一个原则 190	
§ 4.5 磁场对载流导体的作用	190
一、安培定律 190 二、磁场对平面载流线圈的作用 194	
阅读材料 对称性原理及其在电磁学中的应用	197
一、对称性 197 二、对称变换 198 三、因果关系 对称性原理 199	
四、对称性原理的应用 200 五、关于高斯定理和安培环路定理 205	
六、对称性原理是更基本的规律 205	
思考题	205
习题	207
第五章 磁介质	214

§ 5.1 磁介质的磁化	214
一、分子电流 磁化强度 214 二、磁化电流 217	
§ 5.2 有磁介质时磁场的基本规律	220
一、磁场强度 有磁介质时磁场的安培环路定理 220	
二、有磁介质时磁场的高斯定理 221 三、线性磁介质 222	
四、恒定磁场的边值关系 223	
§ 5.3 铁磁质	227
一、铁磁质的磁化规律 228 二、铁磁质的分类 230	
三、铁磁性的微观机理 232 * 四、磁滞损耗 234	
§ 5.4 磁路	235
一、铁磁质与非铁磁质界面处磁场的分布 235 二、磁路定理 236	
三、气隙的磁力 239 四、磁屏蔽 239	
科学家简介 法拉第	240
思考题	241
习题	242
第六章 电磁感应	247
§ 6.1 电磁感应定律	247
一、电磁感应现象的发现 247 二、法拉第电磁感应定律 248	
三、楞次定律 249 四、用负号表示感应电动势的方向 250	
五、负号存在的相对性和必要性 252 六、其它科学家的工作 253	
七、标量的方向 255	
§ 6.2 动生电动势和感生电动势	256
一、动生电动势和洛伦兹力 256 二、感生电动势和感应电场 258	
* 三、变化磁场的无源性 259 四、电场的环流 260	
五、电磁感应与相对性原理 260 六、电子感应加速器的原理 265	
§ 6.3 互感和自感	266
一、互感 266 二、自感 268 三、互感与自感的关系 269	
四、线圈的顺接和反接 270	
§ 6.4 磁场的能量	271
一、自感线圈的磁能 271 二、互感线圈的磁能 272 三、磁能密度 274	
§ 6.5 暂态过程	276
一、RL 电路的暂态过程 276 二、RC 电路的暂态过程 278	
三、RLC 电路的暂态过程 280	
* § 6.6 继电器和电磁阀	282
一、中间继电器 282 二、电流继电器 282 三、时间继电器 283	
四、热继电器 283 五、速度继电器 284 六、电磁阀 285	
科学家简介 麦克斯韦	286

思考题	287
习题	289
第七章 电磁场理论基础 电磁波	294
§ 7.1 位移电流	295
一、位移电流 295 二、全电流 298	
§ 7.2 麦克斯韦方程组和电磁波	301
一、麦克斯韦方程组 301 二、介质的性质方程和边值关系 301	
三、麦克斯韦方程组的对称性与磁单极子 302 四、电磁波 303	
§ 7.3 单色平面电磁波	306
一、单色波的波动方程 307 二、平面电磁波 308	
*三、电磁波的能量和能量守恒定律 310	
*四、电磁场的动量和动量守恒定律 311	
五、光压 312 六、电磁场是物质的一种形态 312	
§ 7.4 电磁波的辐射	313
一、电偶极振子 313 二、电偶极振子发射的电磁波 313	
思考题	316
习题	316
*第八章 电磁学与当代高新技术	317
§ 8.1 超级电容器	317
一、超级电容器的容量范围 318 二、超级电容器的原理 318	
三、超级电容器的结构 318 四、超级电容器的性能参量 319	
五、超级电容器的主要特点 321 六、超级电容器的应用 323	
§ 8.2 磁电子学	325
一、磁电阻效应 325 二、巨磁电阻效应 325	
三、产生巨磁电阻的基本原理 327 四、巨磁电阻效应的应用 328	
五、磁电子学 328	
§ 8.3 磁光效应	330
一、磁光效应的类型 330 二、磁光效应的物理原理 332	
三、磁光效应的应用 332	
§ 8.4 等离子体	334
一、物质的第四态 334 二、等离子体内的磁场 336	
三、磁场对等离子体的作用 337 四、热核反应 339	
五、等离子体的约束 340	
§ 8.5 超导体	342
一、引言 342 二、超导体的基本性质 343 三、高温超导体 346	
四、超导材料的应用 347	
附录 1 矢量分析提要	351

一、标量场和矢量场 351	二、标量场的梯度 352
三、矢量场的通量和散度 高斯定理 352	
四、矢量场的环流和旋度 斯托克斯定理 356	
五、常用公式 359	六、矢量场的类别和分解 360
附录 2 基本物理常量	364
习题答案	365
参考文献	373