

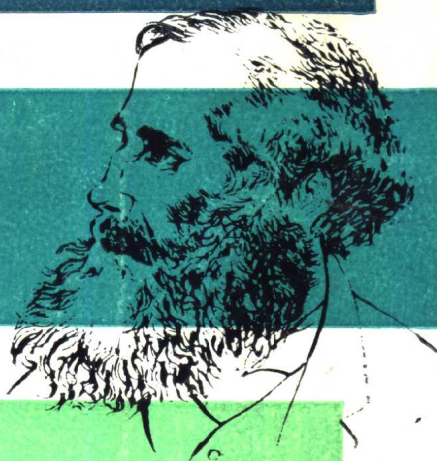
大学物理自学丛书

郭士堃主编

电 磁 学

陈其瑞 刘光玉 杨慕贤 编著

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi}{dt}$$

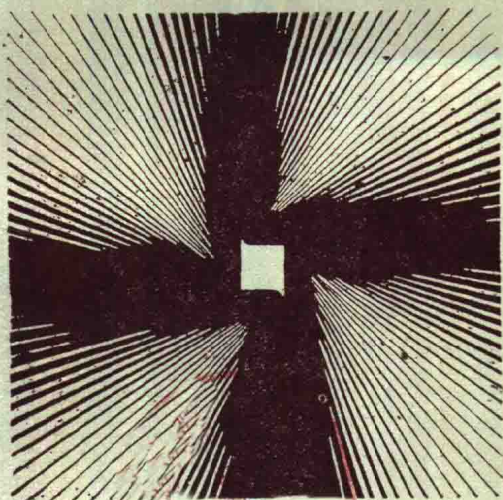


四川教育出版社

0441
13

大学物理自学丛书

电 磁 学



责任编辑：陈卫平

封面设计：何一兵

版面设计：顾求实

电 磁 学

四川教育出版社出版

(成都盐道街三号)

四川省新华书店发行

渡口新华印刷厂印刷

开本 787×1092 毫米 $1/32$ 印张 18.625 字数 387 千

1987年2月第一版 1987年2月第一次印刷

印数：1—2,300册

书号：7344·297 定价：3.64元

致 读 者

《电磁学》是研究电磁现象规律的学科，是物理专业的一门重要基础课程，也是经典物理学的一个组成部分。

本分册共分为八章。以场（电场和磁场）和路（直流和交流电路）为研究对象，并按它们的特征量（如场强、电流强度等）随时间变化与否及其变化快慢，即静止、稳恒、缓变和迅变等情况，分别讨论场与源、场与物质、场与场之间的相互作用以及电路中电流、电压、电动势之间的关系。

我们首先讨论静止电荷激发的场——静电场的基本性质及其与物质之间的相互作用（第一、二章），继而讨论稳定条件下导体的导电规律、稳恒电流所激发的场——稳恒磁场的基本性质及其与物质之间的相互作用（第三、四、五章）。在此基础上进一步讨论随时间变化的场和路的有关问题，其中我们着重讨论缓慢变化的场和路问题，即电磁感应、暂态过程及交流电（第六、七章）。最后，对有关迅变场的问题，即电磁场基础理论与电磁波（第八章），作了

一般性的简单介绍。

鉴于现有的电磁学著作和有关文献中，除了采用国际单位制外，其它电磁学单位制（尤其是高斯单位制）仍被采用，故在本分册最后，另辟一节集中介绍了电磁学单位制，并将 MKSA 有理制和高斯制中的电磁学主要公式对照列表。

本分册每章开始，根据大纲按不同深度层次（如“掌握”、“理解”、“了解”等）对读者提出具体要求，章后有小结并附有思考题。全书习题在与本分册配合的《电磁学题解》一书中给出。建议读者在学习每章以后，根据章前的具体要求，先自行小结并对思考题进行认真思考，在此基础上，再演算适量习题以期达到进一步加深概念的理解和掌握解题技巧。

具有一般矢量和微积分知识的读者即能顺利阅读本分册。

陈其瑞 刘光玉 杨慕贤

一九八五年春

序 言

《大学物理自学丛书》是根据全国自学考试普通物理教学大纲编写的，可作为参加高等教育普通物理自学考试的广大青年的学习参考书。它有无师自通的特点。有的分册曾作为川大的夜大学讲义使用过。

本丛书共八册，依次为：《力学》、《热学与分子物理（包括题解）》、《电磁学》、《光学（包括题解）》、《原子物理（包括题解）》、《微积分基础（包括题及答案）》、《力学题解》、《电磁学题解》。凡具备高中文化程度的青年，只要认真阅读本丛书，并完成一定数量的作业，就能达到理科物理专业对普通物理的基本要求，获得通过普通物理单科考试的能力。

担任编写工作的同志都是在川大主讲有关课程多年、富有教学经验的教师。

本丛书有以下几个特点：

第一、内容简练。本丛书突出基本概念、基本理论、基本技能，以学以致用为原则。其行文简明准确，深入浅

出，从中学物理起步，将大学普通物理的主要部分讲得详细透彻，并注意介绍最新成就。凡属可讲可不讲的内容，一般不选入。

第二、自带工具。物理分册的思考题、习题都有解答；所需要的数学知识都在《微积分基础》一书中讲到，读者无需它求。《微积分基础》例题多，实用性强，可收事半功倍的效果。因其是按数学系统编写的，先后次序不可能与物理的需要一致，故读者应根据各人的具体情况进行阅读。

第三、例题精解。为了培养读者的解题能力，本丛书所选例题较多。对求解某些典型问题的方法和步骤也作了原则性的概括，以便使读者有法可循。

第四、便于自学。本丛书全部采用国际单位制(SI制)。每分册中附有常用单位的国际符号与中文符号对照表，以便检索。在结构上，每章均按前言、正文、小结、思考题等顺序安排。前言中扼要指出学习该章的目的和要求，便于自学后进行总结与检查。

尽管编写组的同志在主观上作了很大努力，但限于业务水平和时间关系，缺点和错误在所难免，恳切欢迎读者批评指正，以便得到改进。

郭士堃

一九八五年于四川大学物理系

目 录

第一章 真空中的静电场..... (1)

§ 1.1 电荷及物质的电结构..... (2)

1. 电荷 2. 物质的电结构

§ 1.2 电荷间的相互作用及库仑定律..... (10)

1. 库仑定律 2. 应用及举例

§ 1.3 电场 电场强度..... (19)

1. 电场 2. 电场强度 3. 点电荷电场的场强 4. 场强迭加原理 5. 应用及举例

§ 1.4 高斯定理..... (32)

1. 电力线 2. 电通量 3. 高斯定理 4. 应用及举例

§ 1.5 电位..... (52)

1. 静电力做功与路径的无关性 环路定理 2. 电位能 3. 电位差与电位

4. 电场力的功、电能、电位三者之间的量值关系	5. 电位的计算和举例
§ 1.6 场强与电位的关系	(67)
1. 场强的分量与电位的方向微商的关系	
2. 总场强与电位梯度的关系	3. 应用及举例
§ 1.7 带电粒子在外电场中的运动	(77)
1. 测定电子电荷的油滴实验	2. 阴极射线管
3. 外电场中的电偶极子	

第二章 静电场中的导体和电介质 (91)

§ 2.1 静电场中的导体	(92)
1. 导体的静电平衡条件	2. 导体在静电平衡时的电特性
3. 静电屏蔽	4. 应用及举例
§ 2.2 静电场中的电介质	(104)
1. 电介质的极化	2. 电极化强度矢量
3. 电介质中的场强	介电常数
4. 电位移 矢量	有介质时的高斯定理
5. 应用及举例	
§ 2.3 电容和电容器 静电场的能量	(127)
1. 孤立导体的电容	2. 电容器
3. 电容器的联接	4. 电容器的静电能
5. 静电场的能量	应用及举例
§ 2.4 静电的实际应用简介	(147)

1. 静电吸尘 2. 静电金相分析 3. 静电除尘
- 静电分离混合物 4. 静电复印

第三章 稳恒电流····· (160)

§ 3.1 电流 电流的稳恒条件····· (161)

1. 电流 电流密度矢量 2. 电流密度与电子漂移速度的关系 3. 稳恒电流

§ 3.2 欧姆定律与电阻····· (169)

1. 欧姆定律 2. 电阻的串联和并联
3. 电阻率 4. 欧姆定律的微分形式

§ 3.3 电流的功和功率····· (178)

1. 电流的功和功率 2. 焦耳定律 3. 电器的额定功率

§ 3.4 电动势····· (184)

1. 丹聂尔电池 2. 电动势 3. 能量转换器
4. 闭合电路中电位分布 5. 闭合电路的欧姆定律 6. 电源的端电压

§ 3.5 基尔霍夫定律····· (196)

1. 基尔霍夫定律 2. 基尔霍夫定律的应用
3. 含有等电位节点电路的解法

§ 3.6 温差电动势····· (207)

1. 接触电位差 2. 温差电动

第四章 稳恒磁场..... (222)

§ 4.1 磁现象 磁场 磁感应强度..... (223)

1. 磁现象的起源
2. 磁场 磁感应强度
3. 洛伦兹力
4. 磁感应线和磁通量

§ 4.2 毕奥—萨伐尔定律..... (234)

1. 毕奥—萨伐尔定律
2. 直线电流的磁场
3. 圆电流轴线上的磁场
4. 载流螺线管轴线上的磁场
5. 运动电荷的磁场
6. 应用及举例

§ 4.3 稳恒磁场的基本定理..... (251)

1. 磁场的高斯定理
2. 安培环路定理
3. 安培环路定理的应用及举例

§ 4.4 磁场对载流导线的作用..... (269)

1. 磁场对电流元的作用
2. 平行长直载流导线间的作用 安培的定义
3. 磁场对载流线圈的作用
4. 磁电式电流计

§ 4.5 带电粒子在磁场中的运动..... (282)

1. 带电粒子在均匀磁场中的运动
2. 回旋加速器
3. 磁聚焦原理
4. 霍尔效应
5. 电子荷质比的测定

第五章 磁介质..... (306)

§ 5.1 磁介质的磁性与它的微观解释………… (306)

1. 物质的磁性 2. 抗磁性的起源
3. 顺磁性的起源

§ 5.2 磁介质中的磁场………… (316)

1. 磁化强度与束缚电流的关系 2. 磁介质内磁场的基本定理 3. 磁场强度 4. B 、 H 、 M 之间的关系

§ 5.3 铁磁性介质的磁化………… (332)

1. 磁化曲线 2. 磁滞回线 3. 铁磁性的起源

§ 5.4 磁路………… (343)

1. 磁路 2. 磁路定律 3. 磁屏蔽

第六章 电磁感应和暂态过程………… (358)

§ 6.1 电磁感应定律………… (359)

1. 电磁感应现象 2. 法拉第电磁感应定律 3. 楞次定律 4. 电磁感应的应用

§ 6.2 感应电动势………… (371)

1. 动生电动势 2. 感生电动势 3. 电子感应加速器 4. 电磁感应与相对运动 5. 应用及举例

§ 6.3 电感和磁能………… (388)

1. 自感 2. 互感 3. 自感磁能和互感磁能

§ 6.4 暂态过程	(411)
1. 换路定律 2. RL 电路的暂态过程 3. RC 电路的暂态过程 4. LCR 串联电路的暂态过程	

第七章 交流电 (445)

§ 7.1 交流电的基本概念	(446)
1. 正弦交流电的产生 2. 正弦交流电的三要素 3. 正弦交流电的有效值 4. 正弦交流电的位相差	
§ 7.2 正弦交流电的表示方法	(453)
1. 正弦交流电的旋转矢量表示法 2. 正弦交流电的复数表示法	
§ 7.3 纯电阻、纯电容和纯电感交流电路	(460)
1. 纯电阻电路 2. 纯电容电路 3. 纯电感电路 4. 例题	
§ 7.4 交流电路的图解法	(472)
1. 图解法的解题步骤 2. 应用及举例	
§ 7.5 交流电路的复数解法	(482)
1. 复数法的解题步骤 2. 应用及举例	
§ 7.6 RLC 串联谐振	(493)
1. 谐振条件 2. 串联谐振电路的特	

点

§ 7.7 交流电功率 功率因数的改进..... (500)

1. 瞬时功率 2. 平均功率和功率因数 $\cos\varphi$
3. 无功功率 P_N 4. 视在功率 S
5. 提高功率因数的意义和方法
6. 例题

§ 7.8 变压器..... (508)

1. 变压器的构造 2. 变压器工作原理

§ 7.9 三相交流电路..... (515)

1. 三相交流正弦电动势的产生 2. 绕组的连接方式
3. 三相负载的连接方式 4. 三相电功率

第八章 电磁场理论基础和电磁波..... (539)

§ 8.1 麦克斯韦方程组 (积分形式)..... (540)

1. 静电高斯定理的推广 2. 磁场高斯定理的推广
3. 法拉第电磁感应定律的推广 4. 安培环路定理的修正
- 位移电流

§ 8.2 麦克斯韦方程组 (微分形式)..... (547)

1. 麦克斯韦方程组的微分形式 2. 物理意义
3. 麦克斯韦方程组微分形式的导出

§ 8.3 洛仑兹公式..... (555)

§ 8.4 平面电磁波 (556)

1. 平面电磁波的特点
2. 电磁波的能量和能流密度矢量
3. 赫芝实验
4. 电磁场的物质性

§ 8.5 电磁学的单位制 (565)

1. MKSA有理制
2. 绝对静电 (CGSE) 单位制
3. 绝对电磁 (CGSM) 单位制
4. 高斯单位制

第一章 真空中的静电场

本章讨论真空中静止电荷的物理学——静电学。其主要内容是研究电荷间的相互作用。这种作用是通过静电场来传递的，因此我们重点讲述真空中静电场的性质。具体说，就是从静电场对电荷有力的作用和电荷在静电场中移动时场力要对电荷做功这两个方面，分别引入描述静电场性质的两个物理量：电场强度和电位。并导出反映静电场性质所遵循的两条基本规律：高斯定理和环路定理。

通过本章的学习，要求读者达到以下要求：

(1) 明确电荷是物质的一种属性；能够根据物质的电结构说明使物体带电的过程。

(2) 明确库仑定律是电荷间相互作用的基本规律。

(3) 明确电场是一种特殊形态的物质客体，电荷是电场的源，牢固掌握电场强度和电位这两个基本概念，并能熟悉其基本计算方法。

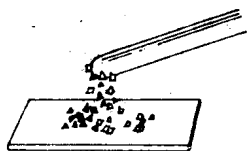
(4) 明确高斯定理和环路定理所表达的静电场分布所遵循的规律。

§ 1.1 电荷及物质的电结构

电磁学最初研究的对象是荷电物体，它与力学中所研究的对象不同。荷电物体不仅具有质量，而且具有电荷。一切电磁现象都起源于电荷的存在和运动。那么，电荷是什么？这自然是我们首先要回答的问题。

1. 电荷

我们做一实验。将撕碎的小纸片撒在桌上，再将一根玻璃棒置于其上方，按万有引力定律玻棒要吸引纸片，然而，它们却连动也不动。这是因为地球对纸片的吸引更为强烈，因此，在该实验的精度范围内玻棒对纸片的吸力没能显示出来。但是，若将这玻棒用丝绸摩擦后，再重做这个实验，我们则发现纸片明显地为玻棒所吸引，甚至有



若干纸片跳上玻棒，如图1.1—1。这表明，在这里存在着一种大大超过万有引力的作用。

进一步的实验表明，任何两个不同质料的物体，在一定条件下经互相摩擦后，都有吸引轻小物体的性质。这表明经摩擦后物体呈现出了一种新的特性，我们就说它带了电，带了电的物体就叫做**带电体**。使物体带电的过程叫做**起电**。现在已经知道，使物体带电的方法有许多种。除摩擦起电外，若将一个已带电的物体和另一个不带电的物体