

695386

邮 电 高 等 函 授 试 用 教 材

普通物理学

33

第 二 册

2742

1.2

侯树仪 编著

31

人 民 邮 电 出 版 社

YU DIAN GAO DENG HAN SHOU SHI YONG JIAO CAI

邮电高等函授试用教材

普通物理学

第二册

侯树仪 编

人民邮电出版社

内 容 简 介

本书为邮电高等函授试用教材第二册，其中包括真空、导体和电介质中的静电场，恒稳电流，真空和磁介质中的磁场，电磁感应，麦克斯韦电磁场理论基本概念等部分。

本书详细地叙述了电磁学方面的基本概念，对许多容易混淆的概念做了进一步的分析，对于重点地方做了比较透彻的介绍。全书概念清楚，文字流畅，公式推导比较详尽，并给出较多例题、思考题及习题，便于自学者参考。

邮电高等函授试用教材

普通物理学

第 二 册

侯树仪 编

责任编辑：杜士选

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

开本：787×1092 1/32 1983年7月第一版
印张：24 24/32 页数：396 1983年7月河北第一次印刷
字数：567千字 印数：1—20,000册

统一书号：15045·总2730-有5301

定价：2.65元

目 录

第三部分 电磁学

第一章 真空中的静电场	(3)
§ 1—1 静电的基本现象和基本规律	(4)
(一)电荷	(4)
(二)物质的电的结构	(6)
(三)电荷守恒	(7)
(四)电荷的量子化	(8)
(五)导体、绝缘体和半导体	(9)
(六)库仑定律	(10)
(七)电磁学单位制和量纲式	(13)
§ 1—2 电场 电场强度	(20)
(一)电场	(20)
(二)电场强度	(21)
(三)电场强度迭加原理	(25)
(四)电场强度的计算	(26)
(五)电场强度的计算举例	(31)
§ 1—3 电力线 电通量 高斯定理	(52)
(一)电力线	(52)
(二)电通量	(55)
(三)电通量迭加原理	(58)
(四)高斯定理	(59)
(五)高斯定理的应用举例	(67)

§ 1—4 静电场力的功 电势	(77)
(一)静电场力的功	(77)
(二)静电场环路定理	(80)
(三)电势能 电势和电势差	(81)
(四)电势的计算 电势迭加原理	(86)
(五)电势计算举例	(90)
§ 1—5 等势面 电势梯度	(100)
(一)等势面	(100)
(二)场强和电势之间的关系	(104)
(三)电势梯度 场强和电势梯度的关系	(107)
• § 1—6 带电粒子在静电场中的运动	(113)
(一)电场对电偶极子的作用	(114)
(二)匀强电场中带电粒子的运动	(118)
(三)高速运动中的粒子的速度	(123)
(四)带电粒子在加速电场中的折射	(125)
本章小结	(134)
思考题和习题	(136)
第二章 导体和电介质中的静电场	(150)
§ 2—1 静电场中的导体	(151)
(一)导体的静电平衡及其平衡条件	(151)
(二)带电导体电荷的分布	(154)
(三)带电导体表面附近的场强	(157)
(四)带电导体电荷面密度和表面曲率半径的关系	(159)
(五)尖端放电	(161)
• (六)范德格拉夫起电机	(163)
(七)静电屏蔽	(166)
• (八)等电势高压带电作业	(169)
§ 2—2 电容和电容器	(178)

(一)孤立导体的电容	(178)
(二)电容器及其电容	(181)
(三)电容器电容的计算	(185)
(四)电介质对电容器电容的影响	(191)
(五)电容器的联结	(195)
§ 2—3 静电场中的电介质	(205)
(一)有极分子和无极分子电介质	(206)
(二)电介质的电极化现象	(209)
(三)电极化强度矢量	(213)
(四)极化电荷的分布和电极化强度的关系	(214)
(五)退极化场	(220)
(六)电介质的极化规律 电极化率	(224)
(七)相对介电常数和电极化率间的关系 自由电荷面密度和极化电荷面密度间的数量关系	(225)
§ 2—4 电介质中的静电场 电位移矢量	(230)
(一)电介质中静电场的高斯定理 电位移矢量	(230)
(二) $\mathbf{D}$ 、 $\mathbf{E}$ 、 $\mathbf{P}$ 三矢量间的关系	(233)
(三)电介质中静电场的场强环路定理	(234)
• § 2—5 几种晶体电介质的特殊性质	(243)
(一)铁电体	(243)
(二)压电效应和电致伸缩	(245)
(三)热电现象	(247)
§ 2—6 静电场的能量	(248)
(一)电容器储存的电能量	(249)
(二)点电荷系的电能量	(251)
(三)电荷连续分布的带电体系的电能量	(253)
(四)电场的能量 能量密度	(254)
• § 2—7 $\mathbf{E}$ 与 $\mathbf{D}$ 的边界条件	(260)
(一)边界条件	(260)

(二) 电位移线在电介质分界面上的“折射”	(265)
本章小结	(268)
思考题和习题	(270)
第三章 恒稳电流	(285)
§ 3—1 电流强度 电阻 一段电路的欧姆定律 ..	(286)
(一) 电流强度	(286)
(二) 一段电路的欧姆定律 电阻和电导	(288)
(三) 电阻率和电导率 电阻的温度系数	(291)
§ 3—2 电流密度 电流连续性方程 欧姆定律的 微分形式	(297)
(一) 电流密度矢量	(297)
(二) 电流连续性方程 恒稳电流条件	(300)
(三) 欧姆定律的微分形式	(303)
§ 3—3 电流的功和功率 焦耳定律及其微分形式	(305)
(一) 电流的功和功率	(305)
(二) 焦耳定律及其微分形式	(306)
§ 3—4 电动势 全电路欧姆定律 一段含源电路 欧姆定律	(311)
(一) 电源及其电动势	(311)
(二) 全电路欧姆定律 电源的端电压	(316)
(三) 一段含源电路欧姆定律	(319)
§ 3—5 金属导电经典电子理论的基本概念	(329)
(一) 金属导电的经典电子理论	(329)
(二) 欧姆定律的微观解释	(331)
(三) 经典电子理论的缺陷	(334)
§ 3—6 电子的逸出功 接触电势差 温差电现象	(335)

(一)电子从金属导体表面逸出所需的功	(335)
(二)接触电势差 伏打定律	(337)
(三)温差电现象及其应用	(341)
• § 3—7 气体导电	(343)
(一)气体的被激导电	(343)
(二)气体的自激导电	(345)
• § 3—8 电容器的充、放电瞬态过程	(346)
(一)电容器充电时的瞬态过程	(346)
(二)电容器放电时的瞬态过程	(350)
本章小结	(355)
思考题和习题	(357)
第四章 真空中的磁场	(370)
§ 4—1 基本磁现象	(371)
(一)基本磁现象	(371)
(二)电流的磁效应	(374)
(三)安培分子电流假说	(376)
§ 4—2 磁场 磁感应强度	(379)
(一)磁场	(379)
(二)磁感应强度矢量 B	(380)
(三)磁感应强度的单位与量纲式	(383)
(四)电磁单位制	(384)
§ 4—3 磁感应线 磁感应通量 磁场中的高斯定理	(386)
(一)磁感应线	(387)
(二)磁感应通量	(389)
(三)磁场中的高斯定理	(390)
§ 4—4 毕奥—萨伐尔定律	(392)
(一)毕奥—萨伐尔定律	(392)

(二) 毕奥—萨伐尔定律应用举例	(395)
(三) 运动电荷的磁场	(413)
§ 4—5 安培环路定理	(418)
(一) 安培环路定理	(418)
(二) 安培环路定理应用举例	(426)
§ 4—6 磁场对电流的作用 安培定律	(433)
(一) 均匀磁场对电流元的作用力 安培定律	(433)
(二) 均匀磁场对有限长直电流的作用力	(435)
(三) 安培定律应用举例	(437)
(四) 磁场对载流线圈的作用	(440)
(五) 磁力的功	(445)
* (六) 磁电式电学仪表的工作原理	(450)
§ 4—7 两平行载流直导线间相互作用力 电流强 度单位安培的定义	(453)
(一) 两平行载流直导线间相互作用	(454)
(二) 电流强度单位安培的定义	(456)
§ 4—8 磁场对运动电荷的作用 带电粒子在磁场 中的运动	(458)
(一) 磁场对运动的点电荷的作用力—洛仑兹力	(459)
(二) 带电粒子在均匀磁场中的运动	(461)
* (三) 带电粒子在非均匀磁场中的运动	(465)
(四) 带电粒子在电场和磁场中的运动	(468)
* (五) 霍耳效应	(478)
本章小结	(485)
思考题和习题	(487)
第五章 磁介质中的磁场	(511)
§ 5—1 磁介质 磁介质的磁化 磁化强度矢量	(512)
(一) 磁介质的相对磁导率和磁导率	(512)

(二)磁介质的分类	(515)
(三)顺磁质和抗磁质的磁性和磁化的微观解释	(516)
(四)磁化强度矢量	(522)
(五)分子电流与磁化强度之间的关系	(524)
§ 5—2 磁介质中的磁场 磁场强度矢量	(530)
(一)磁介质中磁场的磁感应强度 B	(530)
(二)磁介质中磁场的高斯定理	(530)
(三)磁介质中磁场的安培环路定理 磁场强度矢量 B 、 H 、 M 三矢量间的关系	(532)
(四)磁介质磁化规律 磁化率	(536)
§ 5—3 铁磁性	(547)
(一)铁磁性物质	(547)
(二)铁磁质的磁化特性 磁化曲线和磁导率曲线	(549)
(三)铁磁质的磁滞现象与磁滞回线	(552)
(四)铁磁材料的分类	(556)
(五)铁磁性的微观解释 磁畴学说	(561)
§ 5—4 B 与 H 的边界条件	(567)
(一)边界条件	(567)
(二)磁感应线在磁介质分界面上的“折射”	(570)
(三)磁屏蔽	(572)
§ 5—5 简单磁路的计算	(573)
(一)磁路的一般概念	(573)
(二)磁路中的特性与基本规律	(575)
本章小结	(584)
思考题和习题	(585)
第六章 电磁感应	(594)
§ 6—1 电磁感应现象及其基本规律	(595)
(一)电磁感应现象	(595)

(二)电磁感应定律	(600)
(三)电磁感应定律应用举例	(609)
§ 6—2 在磁场中运动的导体内产生的感应电动势	(616)
(一)动生电动势	(616)
(二)动生电动势与洛仑兹力	(618)
(三)电磁感应现象和能量守恒与转换定律	(621)
*(四)正弦交变电动势与电流	(625)
§ 6—3 感生电动势 涡旋电场	(638)
(一)感生电动势与感生电场	(638)
(二)涡旋电场	(639)
*(三)电子感应加速器	(645)
(四)涡电流	(650)
§ 6—4 自感应和自感系数	(655)
(一)自感应现象	(655)
(二)自感电动势和自感系数	(657)
*(三)自感回路中电流的滋长和衰减	(661)
§ 6—5 互感应和互感系数	(674)
(一)互感应现象	(674)
(二)互感电动势和互感系数	(675)
*(三)互感系数与自感系数之间的关系 耦合系数	(678)
*(四)变压器的原理	(680)
§ 6—6 磁场的能量 能量密度	(690)
(一)磁场的能量	(690)
(二)磁场能量密度	(691)
*(三)互感磁能和 $M_{12} = M_{21}$ 的证明	(693)
本章小结	(701)
思考题和习题	(704)

第七章 麦克斯韦电磁场理论的基本概念	(716)
§ 7—1 位移电流	(717)
§ 7—2 麦克斯韦方程组的积分形式	(727)
• § 7—3 麦克斯韦方程组的微分形式	(732)
本章小结	(743)
思考题和习题	(744)
附录 I 立体角	(746)
附录 II 电磁学单位制补充说明	(748)
附表 1	(755)
附表 2	(759)
附表 3	(762)
习题答案	(763)

第三部分 电 磁 学

电现象的发现和研究，在西方要追溯到古希腊哲学家塞利斯（*Thales*，公元前600年）所知道的一种现象：一块琥珀在经过摩擦以后，可以吸引草屑之类的轻微物体；在我国古代文献上也有“琥珀拾芥”之类的记载。磁现象的发现和运用，也要追溯到人们对天然磁铁矿（即磁石）能够吸引铁块现象的观察；在我国古代就有“黄帝（轩辕氏公元前2697年）战蚩尤于涿鹿之野，蚩尤作大雾，帝为指南车破之”的传说。

自古以来，人们对电现象和磁现象的观察和研究以及这两门科学的发展，直到1820年以前，还都是彼此完全独立发展的。1820年奥斯忒（*H.C. Oersted*，1777-1851）发现在通有电流的导线近旁的小磁针，要受到磁力的作用，这才第一次观察到这两门科学间的联系。科学的进一步发展表明，电现象与磁现象是一个不可分割的统一整体。

电磁学的发展和其它科学的发展一样，它一方面经过许多科学工作者的辛勤劳动，另一方面在工程技术上的应用，都推动着它向前发展。在许多科学工作者中，法拉第（*M. Faraday*，1791-1867）是其中最主要的人物之一，他在电磁学的研究上作出了特殊的贡献。到了麦克斯韦（*J.C. Maxwell*，1831-1879），他是另一位最主要的人物，他把电磁学定律归结成现今大家所熟悉的形式，这就是通常所谓麦克斯韦方程组。麦克斯韦方程组在电磁学中所处的地位，和牛顿运动定律、万有引力定律在力学中所处的地位一样重要。

麦克斯韦不只是总结了他的前辈科学工作者的工作，他本人的贡献也是很大的。麦克斯韦从理论上预言了电磁波的存在，并阐明了光的电磁本性，把光学这门科学和电磁学密切地联系在一起。在麦克斯韦电磁场理论建立后的二十多年，1887年，赫兹（*H. Hertz*, 1857-1894）首先在实验室的范围内成功的发射了电磁波。

正是由于电磁科学的发展，在今天，不论是在工农业生产方面、在交通运输方面，在科学技术研究方面、在通讯广播方面、在国防战备方面、在医疗卫生方面、……以及人们日常生活方面，等等，都有它无从言喻的重要性。

第一章 真空中的静电场

在这一章里，主要研究静止（相对观察者静止）的电荷所产生的电现象，而且这些电现象是在真空中发生的，即不考虑电现象对一般物质或物质对它所产生的影响。在这里将讨论有关静电现象所遵循的规律—库仑定律；建立电场的概念；介绍有关静电场的表征、描述方法，根据静电场的某种特性，引入电场强度和电势等重要概念。还将讨论有关静电场特性的两个重要定理，从而建立整个电磁学的一个重要部分—静电学的理论基础。

本章的重点和学习要求

静电学是全部电磁学的基础，对静电学中有关重要概念和重要规律要有透彻的理解，以便为学习后面内容打下良好基础。关于本章的重点内容和学习要求，概括提出以下几点：

(1) 正确理解库仑定律，注意它的适用条件。

(2) 正确理解场的概念，着重理解电场强度、电势、电势差等基本概念；着重理解高斯定理和静电场环路定理的物理意义，环路定理是引入电势概念的先决条件，这两个基本规律分别反映了静电场性质的不同侧面。从这两个基本规律理解静电场的全面特性。

(3) 熟练地掌握应用高等数学对简单几何形状带电体的电场中给定点的场强与电势、电势差的计算。熟练地掌握运用高

斯定理对具有某种对称分布的电场中给定点的电场强度的计算。

(4) 正确理解电势梯度的概念, 掌握运用场强与电势梯度间的关系, 从已知电场中某给定点的电势求电场强度。

(5) 了解应用静电场来控制带电粒子的运动, 了解带电粒子在不均匀电场中的折射现象, 从而了解静电透镜的原理等, 它是电子设备中不可缺少的部件。

§ 1-1 静电的基本现象和基本规律

(一) 电荷

实验证明, 两个不同质料的物体, 例如毛织物和琥珀, 丝绸和玻璃棒, 或是毛皮和硬橡胶棒等, 当它们相互摩擦之后, 它们都能够吸引纸屑之类的轻微物体, 将钢笔杆在头发上摩擦几下, 它也能吸引纸屑。一种物体经过摩擦可以吸引轻微物体的现象, 就说它带了电荷, 这个物体称为带电体。

实验还证明, 把用丝绸摩擦过的两根玻璃棒的一根悬挂起来, 持另一根与之接近, 则此二玻璃棒将相互排斥。同样, 把用毛皮摩擦过的两根硬橡胶棒的一根悬挂起来, 持另一根与之接近, 此二硬橡胶棒也相互排斥。反之, 如果用上述方法使之带电的玻璃棒和硬橡胶棒相互靠近时, 它们将相互吸引。显然, 玻璃棒上所带的电荷和硬橡胶棒上所带的电荷在本性上必然有所不同。如上所述的物体带电效应, 不仅限于丝绸与玻璃棒或是毛皮与硬橡胶棒。在适当的条件下, 可以适用于任何其他其不同的两种物质在相互摩擦后使之带电, 但它们所带的电荷, 不是和玻璃棒所带的电荷的性质相同, 就是和硬橡胶棒所

带的电荷的性质相同。人们从实验归纳如下两点：

(1) 电荷只有两种；

(2) 同性电荷相互排斥，异性电荷相互吸引。

在历史上，富兰克林 (B. Franklin, 1706-1790) 首先提出**正电荷**和**负电荷**这个名称。他把经过丝绸摩擦过的玻璃棒上所带的电荷叫做**正电荷** (或**正电**，用符号“+”表示)，经过毛皮摩擦过的硬橡胶棒上所带的电荷叫做**负电荷** (或**负电**，用符号“-”表示)。这是一个任意的规定，在国际上公认这一规定，而且一直沿用到现在。

表明带电物体所带的电荷数量的多少，叫做**电量**。有时也用**电荷**一词表示电的数量的多少 (即电量)。

检验电量的最简单的仪器是金箔验电器，如图1-1所示。在一个玻璃瓶上装一橡皮塞，穿过瓶塞插入一金属杆，杆的上端有一金属球，下端悬垂两叶金箔 (或铝箔)。当使带电物体和验电器的金属球接触时，就有一部分电荷传导到金箔上，因



图 1-1 金箔验电器

两叶金箔带有同号电荷相排斥而张开一定角度。带电体的电量越大，传入金箔上的电量也相应的大，金箔的张角也越大，从金箔张角的大小，可以推测带电体电量的多少。测量电量，还有其它多种更精密的仪器。

用丝绸摩擦玻璃棒，玻璃棒上带了所谓的“正电荷”，用毛皮摩擦硬橡胶棒，硬橡胶棒上带了所谓的“负电荷”。根据实验知道，丝绸和毛皮也同样带了电，丝绸上带的电恰好是“负电荷”，而毛皮上带的则是“正电荷”。为什么是这种现象，这要从物质的电的结构才能得到解释。