

高等医药院校教科书

物 理 学

(下 册)

汪 积 恕 主 编

人民卫生出版社

供 药 学 专 业 用

物 理 学

江苏工业学院图书馆

汪 藏 书 章

庄 鳴 山 谷 家 驊

戴 若 昭 李 春 琪

謝 中 評 閱

人 民 卫 生 出 版 社

一 九 六 四 年 · 北 京

物 理 学
(下 册)

开本: 787×1092/32 印张: 15⁴/16 插页: 1 字数: 334 千字

汪 积 恕 主 编

人 民 卫 生 出 版 社 出 版

(北京书刊出版业营业许可证出字第〇四六号)

·北京崇文区横子胡同三十六号·

· 人 民 卫 生 出 版 社 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

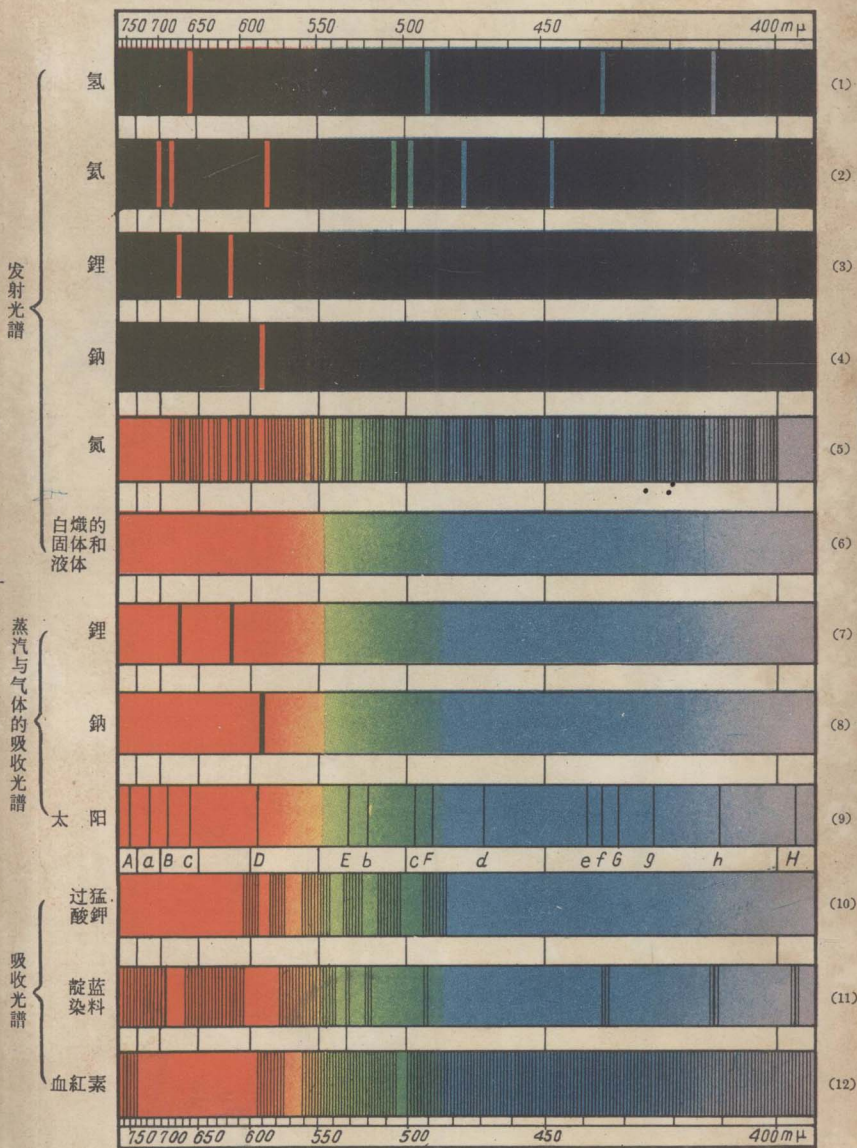
统一书号: 14048·1647

定价: (科五)1.40元[K]

1958年9月第1版—第1次印刷

1964年8月第2版—第9次印刷

印 数: 17,501—20,500



光 谱 表

目 录

第三篇 电学	1
电学发展简史	2
第九章 静电学	6
§9-1 静电场 电场强度	6
§9-2 电力线 电通量 奥斯特洛格拉茨基-高斯定理	13
§9-3 电势 电势差和电场强度的关系	19
§9-4 电场中的电介质	29
§9-5 电容 电容器	37
§9-6 电场的能量	44
§9-7 压电效应 电致伸缩	46
习题九	48
第十章 电流 导电的微观机构	52
§10-1 电流 欧姆定律和楞次-焦耳定律的微分形式	52
§10-2 电动势 闭合电路和含源电路的欧姆定律	59
§10-3 惠斯通电桥与电势计	66
§10-4 金属导电的电子理论	68
§10-5 电子逸出功 接触电势差	72
§10-6 温差电现象	77
§10-7 气体中的电流	81
习题十	88
第十一章 电磁学	92
§11-1 电流的磁场	92
§11-2 磁场中电流所受的力	99
§11-3 运动电荷在磁场中所受的力 荷质比的测定	103
§11-4 磁介质的磁化 顺磁质和抗磁质	110

§11-5	铁磁质 磁致伸缩·····	115
§11-6	电磁感应现象·····	120
§11-7	自感和互感·····	126
§11-8	磁场的能量·····	133
习题十一·····		136
第十二章 交流电·····		140
§12-1	交流电的产生·····	140
§12-2	交流电路·····	143
§12-3	串联谐振与并联谐振·····	156
§12-4	交流电的功率·····	161
§12-5	交流电桥·····	166
§12-6	三相交流电·····	169
§12-7	感应电动机·····	173
§12-8	变压器·····	176
习题十二·····		178
第十三章 电子管及其应用·····		182
§13-1	二极管的特性及其整流作用·····	182
§13-2	三极管的特性·····	193
§13-3	多极管·····	198
§13-4	电压放大与功率放大·····	203
§13-5	电子管振荡器·····	216
§13-6	电子管伏特计·····	227
§13-7	电子射线示波器·····	230
§13-8	电子自动控制装置·····	237
习题十三·····		241
第十四章 电磁场·····		244
§14-1	位移电流·····	244
§14-2	麦克斯韦电磁场理论·····	248
§14-3	电磁波·····	250
§14-4	电磁波谱·····	255

习题十四	257
第四篇 光学	259
光的本性概念的发展简史	259
第十五章 光的色散、吸收和散射	263
§15-1 光的反射和折射 稜鏡中的折射	263
§15-2 光的色散	269
§15-3 光谱 光谱分析	272
§15-4 紫外线和红外线 红外线分光光度计	276
§15-5 光的吸收 光比色计和光电比色计	281
§15-6 光的散射 超显微鏡	286
习题十五	289
第十六章 光的干涉和绕射	292
§16-1 光的干涉	292
§16-2 光的绕射	299
§16-3 绕射光栅	304
§16-4 显微鏡的分辨本领	309
习题十六	313
第十七章 光的偏振	316
§17-1 天然光和偏振光 光的偏振现象	316
§17-2 单轴晶体中的双折射	318
§17-3 尼科耳稜鏡及偏振片	324
§17-4 振动面的旋转 偏振计	328
§17-5 偏振光的干涉 椭圆偏振光及圆偏振光	332
习题十七	335
第五篇 近代物理学基础	337
近代物理学发展简述	337
第十八章 物质的波动性和粒子性	340
§18-1 辐射定律	340
§18-2 普朗克的量子理论	348

§18-3	光电效应 爱因斯坦方程	350
§18-4	光电效应的实际应用	357
§18-5	荧光和磷光	358
§18-6	伦琴射线	360
§18-7	电子的绕射现象 德布罗意波	369
§18-8	电子显微鏡	373
习题十八		379
第十九章 原子物理学		382
§19-1	原子光谱的规律性	382
§19-2	玻尔的氢原子结构理论及其发展	384
§19-3	量子力学的基本概念	394
§19-4	分子光谱	403
§19-5	磁共振现象	406
习题十九		411
第二十章 半导体		413
§20-1	能带理论	413
§20-2	半导体的导电机构	417
§20-3	晶体管及其整流和放大作用	423
§20-4	半导体的其它应用	428
习题二十		433
第二十一章 原子核物理学		434
§21-1	放射性	434
§21-2	放射性的探测和放射性同位素的应用	440
§21-3	原子核的结合能	445
§21-4	回旋加速器	449
§21-5	重核的裂变	451
§21-6	宇宙射线	454
§21-7	基本粒子和它们的相互转变	458
习题二十一		463
索引		465

第三篇 电 学

电学的任务是研究电磁场的运动规律，它的领域非常广泛，不仅是近代工程技术的基础，同时也是近代科学发展的基础。电能在近代工程技术上所以起极重要的作用，是因为电本身具有以下几个特点：(1)电能很容易转换为化学能、机械能、光能和热能，因此利用电能作为能源比较方便。(2)电能可以在极短时间内从发电的场所送往遥远的应用场所，而且功率大，能量散逸少，装备比较简单，因此为大生产提供了条件。(3)电能能以电磁波形式在空中传播，而能在非常短的时间内达到遥远的地方，克服了空间的阻隔困难。(4)电能便于用灵敏度极高的仪表控制和测量，使遥控和生产自动化便于进行。伟大的列宁曾特别强调电气化对于社会主义建设的重要性。解放后，我们的祖国在共产党领导下，电气事业得到了飞跃的发展，单就电力和电器工业来说，从1949年到1959年的十年中，发电设备超过解放前68年总和的三倍多。特别是1958年大跃进，发电量增为第一个五年计划开始时发电量的五倍多。毫无疑问，在党和毛主席的英明领导下，全国人民艰苦奋斗、奋发图强，我国电气化的美丽远景，一定会很快到来。

电学的研究不仅在近代生产技术方面有巨大的价值，同时对近代科学理论的发展也非常重要，它推动人类对物质结构作更深入、更本质的认识。这是因为构成物质的分子和原子微观世界中都有极重要的电磁作用，而由这些电磁作用所产生的电磁现象又都遵循电学的一般规律。一切和物质结构有关的物理现象，如固体的弹性、金属的导热性以及光学中色

散、偏振等的物理本质都需要电学理论去解释。

应该指出，经典电学理论在阐明物质结构以及和物质结构有关的现象时是有相当大的局限性的。虽然如此，电学仍然是近代物理学理论发展上所不可缺少的基础，而且是探索微观世界所遵循的规律的第一步。

电学发展简史

从历史上看，电学的发展是自十九世纪开始的。但在这时期以前，从远古起，人们已经积累了许多关于电和磁的观察资料，并确立了一些基本定律。纪元前六世纪，希腊哲学家记载过用毛皮摩擦过的琥珀能够吸引碎稻草和毛发等轻微物体的现象。在我国汉朝所著的书中也有“琥珀拾芥”的记载。不过这些都只是停留在自然现象的观察。直到十六世纪以后，人们才开始用实验方法来研究这些现象及其所遵循的规律。

最早对电现象进行实验的是十六世纪末英国医生吉伯(W. Gilbert)和十八世纪都弗(C. F. Dufay)等人，他们确定了带电体所带电荷的性质，即正电荷和负电荷。1785年，库仑(C. A. Coulomb)首先由实验对电现象作了定量的研究，确立了电荷间相互作用力的定律，从而奠定了静电学的基础。

1786年，伽伐尼(A. Galvani)曾经作了一个有名的关于青蛙肌肉收缩现象的实验。不久伏打(A. Volta)对于这个现象作了解释，认为这是由于一种特殊的“激电力”引起伽伐尼电流的缘故，这样便发明了电池。

磁现象也和电现象一样，在远古就被发现。纪元前几百年我国人民发现了磁铁；十一世纪(北宋)，我国科学家沈括对磁现象作过深入的研究。十八世纪库仑对磁现象也作了实验，提出了关于磁力的定律。

1819年,奥斯特(H. C. Oersted)发现了电流的磁效应; 1820年,安培(A. M. Ampere)证明了一个闭合电流回路与一个磁壳等效,并发现了磁场对电流的作用,从此在电学上展开了新的一页,建立了电流带有磁性和磁的电本性学说,这就使磁现象包括到电现象的统一理论中去。

在这时期中,由于生产发展的推动,对于电流和电的性质的研究发展得很快。除欧姆(G. S. Ohm)、毕奥(J. P. Biot)和沙伐(F. Savart)等都有杰出的工作外,法拉第(M. Faraday)的工作更居有特殊地位。法拉第在1831年所发现的电磁感应现象是全部电学的基础,也是电学的主要理论之一; 在1834年所发现的电解现象是引向物质的电结构理论道路上的第一步,也是电化学的基础。法拉第还提出了电场和磁场的概念。在同一时期,俄国科学院院士楞次(Э. Х. Ленц)发现了电磁感应现象中有关感应电流方向的定律,并和焦耳彼此独立地确定了关于电流热效应的定律,叫作楞次-焦耳定律。雅可毕(Б. С. Якоби)发明了电镀和电动机,罗特金(А. Н. Лодыкин)发明了白炽电灯。所有这些工作都为电学打下了坚实的基础,从而使人类生活和生产力都有了改善和提高。

十九世纪末叶,麦克斯韦(J. C. Maxwell)在前人和自己发现的基础上,建立了严密的电磁场理论,发展了法拉第的场的概念,并用数学方程阐明了电磁场的运动规律,同时还预测了电磁波的存在和其传播速度。用电磁方法测定这个速度所得的结果符合于用光学方法测出的光的速度,启发了麦克斯韦建立光的电磁场理论。这样,光学也就包括在电磁场理论中而成为一个组成部分了。

1887年,赫芝(H. Hertz)进行电磁波的产生和传播的实

验,得到了成功,证实电磁波的性质和光波相同;这样,麦克斯韦理论就获得实验的证明。1895年,波波夫(А. С. Попов)发明了具有世界意义的无线电通讯。1900~1910年间,列别捷夫(П. Н. Лебедев)用实验证明光对固体和气体所施的压力,从而证明了电磁场是一种客观存在的物质。

麦克斯韦理论把物质的电和磁的性质看作是实验所给定的,并没有提及这些性质的本质问题,也没有提到这些性质对分子与原子的物质结构的关系问题。这就是说,没有考虑到电荷与物质的关系,因此,对于说明电解现象和以后许多发现的电磁(包括光)现象,麦克斯韦理论便不够了。

从十九世纪末开始,电学又开始了新的一页,把电磁现象与物质结构直接联系起来,建立起物质的电结构理论。1881年,赫姆霍兹(H. Helmholtz)根据法拉第电解定律,首先指出了电和物质结构的联系和电的不连续性,认识到所有电荷都不能无限地分割下去,它们具有一定的最小单元,而荷载着最小单元负电荷的质点就是电子。以后的许多实验,例如,阴极射线、热电子发射、光电效应和放射性物质的放射现象等等,都证明了物质的电结构和电荷的原子性。于是,洛仑兹(H. A. Lorentz)便建立起物质结构的经典电子论。这个理论利用单元电荷的场研究了单元电荷的相互作用。以后,又将介质和导体中原子和分子结构的假说包括进去;最后,提出了怎样从单元电荷和单元电荷的场过渡到宏观电荷的场。许多发生在导体、电介质、磁介质中的现象,根据电子理论都得到了近似的解释。由于洛仑兹电子理论是以电磁现象的微观形象作为研究的出发点,所以要比运用宏观的电荷与电场的麦克斯韦理论更能深入到现象的本质中去。但是,在本世纪初,经典电子理论遇到了不可克服的困难,从而引起了物理理论

的变革,这种变革联系到近代重要理论,即相对论和量子力学的产生。这些新的理论的诞生,并不意味着经典电子理论的废除,只是明确了经典理论有其一定的适用范围,在这些范围之内它仍保留其完整的作用,同时对物质和物质运动形式的认识更加深入。

本篇中,将阐述静电场的特性、电流的基本定律以及导电的微观机构,讨论电与磁的相互关系以及电磁场理论的基本概念,并介绍无线电电子学的应用等等。

第九章 靜 电 学

本章主要说明电荷与电场在静止情况时所显示的各种现象。我们把它分为两部分来叙述，第一部分着重讨论真空中静电场的特性。为了定量地研究静电场，我们引入电场强度与电势这两个物理量。第二部分主要讨论导体和电介质存在于静电场中时所产生的变化和对于静电场的影响。最后，从电场具有能量来说明电场的物质性。

静电场的研究是比较简单的，但其中所说明的概念，如电场强度、电势强度和电势等，以及所确定的定律（如库仑定律和奥-高定理等），都是进一步研究电学的基础。

§9-1 静电场 电场强度

电荷 如果把两种不同物质的物体，如丝绸和玻璃棒，互相摩擦，它们就能吸引羽毛、纸片等轻微物体，我们称这种物体为**带电体** (electrified body)，就是说，物体已经带了电或带了**电荷** (charge)。实验证明，电荷只有两种，**正电荷**和**负电荷**，带同号电的物体互相排斥，带异号电的物体互相吸引。利用这种作用可以确定物体带电的程度，即确定物体所带电荷的多少。用以量度物体带电程度的量，叫作**电量** (electric quantity)。从摩擦起电或静电感应实验证明，原来二个不带电的物体，一个带正电荷，另一个带负电荷，而且两物体所带异号电荷的数量必相等。当两种等量异号电荷相遇时，可以互相中和，成为不带电。由此可见，当一种电荷出现时，必然有同等数量的异号电荷同时出现；一种电荷消失时，亦必然有

同等数量的异号电荷同时消失。在一个孤立系统内，不论进行怎样的物理过程，系统内电量的代数和保持不变。这个原理叫作**电荷守恒定律**(law of conservation of charge)。

从上面所述可知，物体的带电过程就是正负电荷分开的过程。当把它们分开时，为了克服异号电荷间的吸力所作的功，必须用去某一种形式的能量，这种能量转变为带电体的电能。相反，当正负电荷中和时，又由电能转变为其它形式的能量，如光、热等。因此，无论在起电过程或中和过程，都必遵循**能量守恒与转换定律**。

静电场 电荷间既然有相互的作用力，很明显，在一个电荷的周围空间任何一点 P 引入一个试验点电荷 q_0 (q_0 很微小，并不影响原来电荷的分布情况)，就有力作用于此试验点电荷 q_0 上。所以空间有电荷存在时，情况就和没有电荷存在时不同，我们说电荷 q 在它的周围建立了**电场**(electric field)。由相对于观察者为静止的电荷，即静止电荷所建立的电场，叫作**静电场** (electrostatic field)。电场具有一般物质的一些性质，它能够对引入电场中的电荷施以作用力，这种力叫作**电场力**；此外，任何电荷在电场中移动时，电场力必定做功，这表示电场具有能量。因此，电场并不是一无所有的空间，而是存在于电荷周围的一种特殊物质。

库仑定律 因为带电体的相互作用和它们的形状、大小有关系，所以为了确定相互作用的定律，我们研究所谓**点电荷** (point charge)。点电荷表示这样的带电体，它们的大小和它们之间的距离比较起来是很小可以忽略不计的。显然，任何带电体都是点电荷的集合。

库仑从实验确定两个点电荷间相互作用的定律：**在真空中**，两个点电荷间相互作用力 $\vec{f}$ 的方向是沿两点电荷的连接

线,力的大小是和电量 q_1 与 q_2 的乘积成正比,和它们之间的距离 r 的平方成反比,即:

$$f = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (9-1)$$

式中 k 是比例系数,其值和式中各量所选用的单位有关。如果 f 和 r 是用厘米克秒制的单位,并令上式中 $k = 1$, 则库仑定律可写成:

$$f = \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (9-2)$$

如果我们把大小相等两个点电荷放在真空中,相距 1 [厘米],发生 1 [达因]的作用力,那末由上式可得: $q_1 = q_2 = 1$ 。这样所规定的电量单位叫作[静电系电量单位]。

一般说来,由厘米克秒制单位和式(9-2)所规定电量单位所导出的单位系,叫作厘米克秒制静电单位系 (c. g. s. electrostatic unit),简称静电系单位。为了简便,常用 CGSE 四个字母来代表这个单位制的名称。在工程上用实用单位制,电量的单位是 [库仑], $1 \text{ [库仑]} = 3 \times 10^9 \text{ [静电系电量单位]}$ 。

根据式 (9-2) 可以确定,在厘米克秒制静电单位系中,电量的量纲:

$$[q] = [f^{\frac{1}{2}}][r] = M^{\frac{1}{2}}L^{\frac{3}{2}}T^{-1}$$

电场强度 现在根据试验点电荷 q_0 在电场中所受的力,引入电场强度这一概念来表明静电场的性质。当将试验点电荷 q_0 引入电场时,按照库仑定律,作用于 q_0 的静电力 $\vec{f}$ 是和 q_0 成正比;如果能够测出电场中各点作用于试验点电荷的力,那么整个电场的情况就可完全确定。很容易看出,比值

$\frac{\vec{f}}{q_0}$ 只与这一点的电场性质有关,而与试验点电荷 q_0 的大小无关。因此,我们把比值 $\frac{\vec{f}}{q_0}$ 作为描述静电场中给定点的客观性质的一个物理量,叫作该点的**电场强度**(strength of electric field),或简称**场强**,以符号 $\vec{E}$ (简称 E 矢量)表示,即:

$$\vec{E} = \frac{\vec{f}}{q_0} \quad (9-3)$$

在上式中如果 $q_0 = +1\text{CGSE}$, 则 $\vec{E} = \vec{f}$ 。这就是说,电场中某点的电场强度等于放在该点的单位正电荷所受的力。

在静电系单位中,电场强度的单位是[静电系场强单位],它是指在电场中某点 $+1$ [静电系电量单位]的试验点电荷所受的力是 1 [达因]。在实用单位制中,电场强度的单位是[牛顿]/[库仑]。在数值上,

$$\begin{aligned} 1[\text{牛顿}]/[\text{库仑}] &= \frac{10^9[\text{达因}]}{3 \times 10^9[\text{静电系电量单位}]} \\ &= \frac{1}{3} \times 10^{-4} [\text{静电系场强单位}]. \end{aligned}$$

现在我们根据式(9-3)来计算几种特殊情形下的场强。

1. 点电荷的场强 设在真空中有一点电荷 q , 在和这点电荷相距为 r 的 P 点处放一试验点电荷 q_0 , 依库仑定律, 作用于 q_0 的力 $\vec{f}$ 的大小是:

$$f = \frac{qq_0}{r^2}$$

所以 P 点的电场强度 $\vec{E}$ 的大小是: