

高等学校教材

物理学

中 册

(第二版)

复旦大学《物理学》编写组编

高等教育出版社

高等学校教材

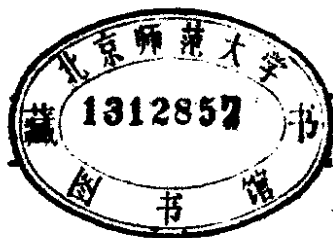
物 理 学

中 册

(第二版)

复旦大学《物理学》编写组编

511/242/03



高等教育出版社

本书系《物理学》中册(第二版),保持了第一版中册的体系。部分章节作了修改,如§10.3电介质的极化、§10.7电场的能量、§12.3带电粒子在磁场中的运动等;删去了部分内容,如电容式传感器、电阻式传感器等。对书中的例题与习题作了重新安排,使之紧密配合正文内容,同时增加了思考题。本书适用范围较广,可供分两学期开设(130学时左右)普通物理课的理科化学类专业和理科其他非物理类专业使用。

全书共分三册,上册为力学、热学;中册为电磁学;下册为振动与波、光学、量子物理基础。

高等学校教材

物 理 学

中 册

(第二版)

复旦大学《物理学》编写组编

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

顺义县张镇印刷厂印装

开本 850×1168 1/32 印张 17.625 字数 420,000

1979年3月第1版

1985年11月第2版 1985年11月第1次印刷

印数 00,001—6,700

书号 13010·01136 定价 3.60元

修 订 说 明

本书第一版于1980年发行,当时是作为化学类专业的普通物理教材编写的。在这次修订中,根据本书修改稿审稿会及1983年教育部召开的理科物理教材编审委员会普通物理编审小组(扩大)会议关于加强教材的通用性,以利于教学的意见,改写了大部分章节,更新了部分内容,力求使教材的深度、广度不仅适合多数院校化学类专业的要求,也适用于学时数相近的其他专业的教学需要。因此,它可以作为分两学期开设(130学时左右)普通物理课的(一般是为理科非物理类专业开设的)试用教材,全书仍分上、中、下三册,上册包括力学、热学两篇,中册包括电磁学一篇,下册包括振动与波、光学、量子物理基础三篇。书中各章,除了正文的基本内容外,还附加了一些属于提高性质的内容,用小字排印,作为参考。

自本书第一版出版后,广大读者,特别是使用它作为教材的老师们提出了许多修改意见。1982年在厦门举行的外系普通物理教学经验交流会上,到会代表又对本书中册的修订进行了座谈,提出了宝贵的意见。我们在吸收这些意见的基础上,又根据我们自己教学实践中的一些经验,对中册作了修改。修改稿由主持本书审稿的北京大学李椿同志进行了全面的审查,我们又作了局部修改。

对本书提出过修改意见的同志,对普通物理教学都有丰富的经验。提出的意见十分可贵,对修改本书起了很大的作用,我们谨向这些同志们表示衷心的感谢。同时,我们也体会到,教学是创造性的工作,把他人的教学经验融合到自己的书中去,并不是很容易的事。因此,在修订过程中,虽然经过反复讨论修改,但仍然还有不少宝贵的意见未能吸收进去,也仍然存在许多还不够令人满

意的地方。我们相信,通过使用这本教材的同志们的创造性的教学活动,能够弥补本书的不足。

本书中册的修订由李惜惜执笔,杨莉敏改画了部分插图,蔡怀新主持了本书的修订工作。

复旦大学《物理学》编写组

1985年5月

目 录

第三篇 电 磁 学

第九章 真空中静电场的基本性质.....4

§ 9.1 电荷与物质.....4

一、电荷.....4

二、物质的电结构.....5

三、导体与绝缘体.....9

四、电荷守恒定律.....10

五、电荷的量子化.....12

§ 9.2 库仑定律.....13

一、库仑定律.....13

二、电量的单位.....17

三、叠加原理.....19

§ 9.3 电场强度 电力线.....20

一、场的概念.....20

二、电场强度.....22

三、场强叠加原理.....24

四、电力线.....38

§ 9.4 高斯定理.....42

一、电通量.....42

二、高斯定理.....44

三、利用高斯定理求场强.....52

§ 9.5 电荷在电场中所受的力.....53

一、点电荷在电场中所受的力.....53

二、点电荷系在电场中所受的力.....62

§ 9.6 电场力的功 电势.....65

一、静电场力的功 电势能.....65

二、电势和电势差.....70

三、电势叠加原理.....74

四、等势面.....79

§ 9.7 场强与电势的关系	82
* § 9.8 泊松方程和拉普拉斯方程	87
思考题	88
习题	92
第十章 导体与电介质	102
§ 10.1 静电场中的导体	102
一、导体达到静电平衡的条件和性质	102
二、尖端效应 电晕	108
三、静电感应和静电屏蔽	111
§ 10.2 电容器	114
一、导体的电容 电容器	114
二、电容器的联接	123
1. 电容器的并联	124
2. 电容器的串联	124
§ 10.3 电介质的极化	127
一、电介质的极化	127
二、极化强度及其与束缚电荷的关系	132
§ 10.4 电介质中的电场	137
§ 10.5 电位移矢量 有电介质存在时的高斯定理	141
* § 10.6 压电效应与逆压电效应	145
一、压电效应及其应用	145
二、逆压电效应及其应用	148
§ 10.7 电场的能量	147
一、带电体系的能量	147
二、电场的能量	151
思考题	154
习题	159
第十一章 直流电	167
§ 11.1 电流强度与电流密度	167
一、电流与电流强度	167

注:打*号为选学内容,以小字编排。

二、电流密度	169
三、电流连续性方程	173
§ 11.2 导体的电阻 欧姆定律	176
一、电阻与电阻率	176
二、欧姆定律及其微分形式	180
三、电阻的接法	184
1. 电阻的串联	184
2. 电阻的并联	185
§ 11.3 电流的功和功率 焦耳定律	186
一、电流的功和功率	186
二、焦耳定律及其微分形式	187
§ 11.4 电动势、闭合电路和不均匀电路的欧姆定律	191
一、电源电动势	191
二、闭合电路的欧姆定律	196
三、一段不均匀电路的欧姆定律	201
§ 11.5 基尔霍夫定律	203
一、基尔霍夫第一定律	204
二、基尔霍夫第二定律	206
§ 11.6 电桥 电位差计	209
一、直流电桥	209
二、电位差计	213
§ 11.7 金属导电的电子理论	216
一、金属的电子导电性	217
二、用经典电子论观点讨论欧姆定律和焦耳定律	219
三、经典电子论的局限	222
§ 11.8 接触电现象和温差电现象	223
一、金属中电子的逸出功	223
二、接触电现象和接触电势差	227
三、温差电动势 温差电偶	230
* § 11.9 气体导电	235
一、气体的导电性	235
二、气体放电的几种形式及其应用	239
1. 辉光放电	239
2. 弧光放电	240

3. 火花放电	240
思考题	241
习题	243
第十二章 电流与磁场	252
§ 12.1 磁场	252
一、基本磁现象	252
二、电流的磁效应	254
三、磁场	258
§ 12.2 磁感应强度 B 及磁场对运动电荷的作用力	258
一、磁感应强度 B 的定义	258
二、磁感应线	261
三、运动电荷在磁场中所受的力	264
*四、霍尔效应	266
§ 12.3 带电粒子在磁场中的运动	269
一、带电粒子在均匀磁场中的运动	269
二、电子荷质比的测定	272
三、质谱仪	276
*四、回旋加速器的基本原理	279
§ 12.4 载流导线在磁场中所受的力	281
一、磁场对电流元的作用力	281
二、平面载流线圈在均匀磁场中所受的作用	286
三、应用举例	289
1. 直流电动机基本原理	289
2. 磁电式电表	291
§ 12.5 电流的磁场	293
一、无限长直载流导线周围的磁场	293
二、安培环路定律	295
三、安培环路定律的应用	298
四、毕奥-萨伐尔定律	301
五、磁感应强度 B 的高斯定理	307
§ 12.6 磁介质 介质中的磁场	309
一、磁介质和分子电流 磁化强度矢量	309
二、磁场强度 有磁介质存在时的安培环路定律	312

三、铁磁质	317
思考题	319
习题	322
第十三章 电磁感应与电磁场	333
§ 13.1 电磁感应基本定律	333
一、电磁感应现象	333
二、楞次定律	325
三、法拉第电磁感应定律	338
§ 13.2 动生电动势和感生电动势	343
一、动生电动势	343
二、感生电动势	348
§ 13.3 自感与互感	353
一、自感现象和自感系数	353
二、互感现象与互感系数	357
§ 13.4 磁场的能量	350
一、自感储能	360
二、电流体系的相互作用能	365
三、磁场的能量	367
§ 13.5 电磁感应现象的应用举例	371
一、涡流现象及其应用	371
二、电子感应加速器	375
三、电磁流量计	375
§ 13.6 麦克斯韦方程组和电磁场	377
一、位移电流及其所激发的磁场	377
二、电磁场与麦克斯韦方程	385
思考题	387
习题	394
第十四章 交流电	402
§ 14.1 交流电的基本性质	402
一、关于交流电的基本概念	402
二、正弦交流电的产生	404
三、正弦交流电的基本参数	406

1. 频率和周期	407
2. 峰值和有效值	408
3. 位相	408
四、正弦交流电的旋转矢量表示法	411
五、两同频率交流电的叠加	412
§ 14.2 交流电路中的电阻、电感和电容	414
一、交流电路中的电阻	415
二、纯电感电路	418
三、纯电容电路	422
§ 14.3 RLC 串、并联电路 谐振	428
一、 RL 串联电路	428
二、 RC 串联电路	433
三、 RLC 串联电路 串联谐振	436
四、 RC 并联电路	441
五、 RLC 并联电路 并联谐振	443
§ 14.4 交流电的复数表示法 交流欧姆定律	447
一、交流电的复数表示法	447
二、复阻抗 交流欧姆定律	448
三、交流电桥	454
四、变压器	456
§ 14.5 三相交流电	460
一、三相交流电源	460
二、三相电路负载的连接方法	462
三、异步电动机	465
思考题	469
习题	471

附录IV 矢量分析(二)——场的描述 478

§ IV.1 标量场的梯度	479
一、梯度和它的路径积分	479
二、几种标量场的梯度	481
1. 热传导	481
2. 扩散	482
3. 电导	483

§ IV.2 矢量场的散度	484
一、发散的矢量场	484
二、通量	485
三、散度	488
四、高斯定理	489
五、高斯定理的应用	492
1. 静电学高斯定理	492
2. 流场流量方程	493
3. 热传导的流量方程	493
4. 电量的连续性方程	494
*5. 扩散方程	494
*6. 泊松方程	495
*7. 变换公式 $\oint_S \varphi dS = \int_V \nabla \varphi dV$ 的证明	495
§ IV.3 矢量场的旋度	496
一、有涡旋的矢量场	496
二、环流	497
三、旋度	498
四、斯托克斯定理	500
五、斯托克斯定理的应用	503
§ IV.4 无旋场和无散场	504
§ IV.5 一些常用的矢量分析公式	505
附录V 复数运算	508
§ V.1 复数表示形式	508
§ V.2 复数的运算	510
1. 复数的加减	510
2. 复数的乘除	510
3. 求导数和求积分	511
§ V.3 周期性函数的复数表示	512
附录VI 狭义相对论简介	514
§ VI.1 牛顿力学中的相对性原理	514
一、相对性原理	514
二、伽利略变换	516

§ VI.2 光速实验.....	518
§ VI.3 相对论的运动学.....	521
一、洛伦兹变换.....	521
二、洛伦兹变换的几个特点.....	524
1. 相对的“同时”.....	525
2. 长度的缩短.....	527
3. 时间的变慢.....	529
4. 速度的合成公式.....	530
§ VI.4 相对论的动力学.....	531
一、相对论的动量 质速关系.....	532
二、质能关系.....	538
三、相对论与电磁场.....	542
附录VII 一些常用单位的换算因子和常用的物理常数.....	545
附录VIII 电磁学国际制(SI)单位.....	550

第三篇 电 磁 学

电磁运动是比机械运动更为复杂的另一种物质运动基本形式。人类对电磁运动规律的认识经历了漫长的道路。早在公元前第七世纪，古希腊哲学家泰利斯(Thales, 公元前600多年)就叙述过，用毛织物摩擦过的琥珀能吸引草屑等轻小物体；公元三世纪，晋朝张华也记载了摩擦起电引起闪光和“噼啪”声的现象。此后，又经过一千多年，英国医生吉柏特(William Gilbert, 1540~1603)于1600年才进一步发现，玻璃和许多其他物质同丝绢摩擦后也能产生类似的现象。但在这以后差不多二百年中，对物体带电的研究仍然发展得很慢。当时人们主要研究摩擦带电及带电体之间的相互作用力。另一方面，磁现象也和电现象一样，很早就为人类所发现。约在公元前四世纪(战国时期)，我国古籍上就有关于磁石的记载，到了汉朝，则有关于利用磁性指南的器具——“司南勺”的记载。当时人们主要研究天然磁铁的磁性，以及磁铁在地磁场中所受到的作用。直到十八世纪末、十九世纪初，对于电现象的研究才有了一些重大的突破。1785年库仑(Charles Augustin Coulomb, 1736~1806)总结了前人的经验，并通过实验确定了电荷之间的相互作用力所服从的规律——库仑定律，从而奠定了静电学的基础。1789年伽伐尼(Luigi Galvani, 1737~1798)发现了金属插入新解剖的青蛙而引起的青蛙肌肉收缩的现象。1792年伏特(Count Alessandro Volta, 1745~1827)进一步对这种现象作出了解释，并发现了伽伐尼电池和电荷的运动——电流。与此同时，磁现象的研究也有一些进展。但是，在很长的一段时间内，磁学和电学的研究一直是完全独立地发展着。人们曾认为电和磁是两类截然不同

的现象.直到1820年,奥斯特(Hans Christian Oersted, 1777~1851)在他的著名实验中发现,导线中的电流可以引起其附近磁针的偏转.从此人们开始认识到电与磁之间有着联系,并因此而激励人们进行大量的实验.不久,安培(Andre Marie. Ampère, 1775~1836)、法拉第(Michael Faraday, 1791~1867)等人便对电流的磁效应作出了比较完整和正确的描述.奥斯特实验建立后不到十二年,法拉第发现了电磁感应现象.由于上述这些实验的发现,导致麦克斯韦(James Clerk Maxwell, 1831~1879)建立了完整的电磁学经典理论,他把电磁学定律归结为现今大家所熟悉的形式,也就是通常所说的麦克斯韦方程.麦克斯韦理论建立后二十多年,于1888年赫兹(Heinrich Hertz, 1857~1894)在实验室中获得了电磁波,从而成功地证明了麦克斯韦理论的正确性.现在人们已经清楚地看到,麦克斯韦方程在电磁学中所处的地位,与牛顿定律及万有引力定律在力学中所处的地位同样重要.不过,两者有一重要的差别:正如我们在第一篇曾指出过的,当物体的运动速率接近于光速时,牛顿定律必须作极大的修改,即用相对论力学代替.可是在此情况下,麦克斯韦方程却不必作任何修改,它已被证明完全符合相对论.

电磁学理论的发展一方面表明电磁现象不可能归结为机械运动,电磁运动服从其本身的特有规律,另一方面表明电磁运动和一切其他的物理过程之间又有着密切的联系.例如,作机械运动的物体之间的相互作用力,除万有引力之外,其他如弹性力、粘性力等,从本质上来看都起源于电磁力.而在原子和分子层次,电磁力更是起着支配作用,把各种原子结合在一起的力、把分子保持在一块的化合力,其实质都是电磁力.因而物质的物理性质和化学性质,例如材料的硬或软、熔点的高或低、化学性质活泼与否,在很大程度上取决于其电荷之间的相互作用力.麦克斯韦理论还指出,光

是一种电磁波,即在空间传播的变化着的电磁场,因此,波动光学事实上也可看成是电磁场理论的一个组成部分。

此外,随着科学技术的不断发展,电与磁也越来越广泛而深入地应用于社会生产和生活的各个方面。除了在能源、动力、通讯等方面早已显示出了它的优越性之外,近代电子工业,尤其是电子计算机的飞速发展,各式各样的电器设备已经成为生产和日常生活中必不可少的基本工具。我们可以说,人类生活的各个方面都越来越离不开“电”。与此同时,电磁学基本理论也更普遍地用来解决各种各样的实际问题。

上述这一切都表明,电磁学理论对于我们认识世界、改造世界有着极其重要的意义。

本篇将介绍经典电磁学理论的主要内容及其在生产和科学研究中的一些应用。

第九章 真空中静电场的基本性质

任何电荷周围都存在着电场, 相对观察者为静止的电荷所激发的电场, 称为静电场。

本章主要讨论真空中静电场的基本性质。我们先简单介绍电荷的概念及其与物质的关系, 然后根据电荷在电场中所受的作用以及电荷在静电场中移动时电场力作功的特性, 引入电场强度和电势这两个描写电场的重要物理量, 并讨论静电场所服从的基本规律和电荷在电场中的运动情况。

§ 9.1 电荷与物质

一、电荷

人们很早就发现, 用毛皮摩擦过的硬橡胶棒或用丝绸摩擦过的玻璃棒能够吸引纸屑、头发等轻小物体。这种具有吸引轻小物体性质的硬橡胶棒及玻璃棒, 就称为带电体。或者说, 它们带了“电荷”。

如果取两根用丝绸摩擦过的玻璃棒, 将其中一根用长丝线悬挂起来, 用另一根去接近它, 如图 9-1 所示, 结果这两根玻璃棒互相排斥; 如果换两根用毛皮摩擦过的硬橡胶棒, 并重复上述实验, 结果这两根硬橡胶棒也互相排斥; 但是, 如果将一根用毛皮摩擦过的硬橡胶棒和一根用丝绸摩擦过的玻璃棒互相靠近, 结果两者互相吸引。这表明硬橡胶棒上所带的电荷, 与玻璃棒上所带的电荷的性质不同。

实验表明, 不仅上述两种物体经过摩擦后能够带电, 任何两种不同质料的物体在一定的条件下相互摩擦后都要或多或少地带