

高等学校试用教材

物理学

中 册

复旦大学《物理学》编写组编

人民教育出版社

高等学校试用教材

物 理 学

中 册

复旦大学《物理学》编写组编

人 民 教 育 出 版 社

高等学校试用教材
物 理 学
中 册

复旦大学《物理学》编写组编

*

人民教育出版社出版
新华书店北京发行所发行
湖南省新华印刷二厂印刷

*

开本 787×1092 $1/32$ 印张 $14 \frac{4}{16}$ 字数 343,000

1979年3月第1版 1979年9月第1次印刷

印数 1—75,000

书号 13012·0282 定价 1.05 元

中册编写说明

本书是主要供化学类专业试用的普通物理教材，也可以供其他专业(如生物类、地理类专业)参考。全书分三册，上册(已出版)内容为力学、热力学与分子物理学，中册内容为电磁学，下册内容为振动与波、光学、量子物理基础。中册由李惜惜同志执笔，范膺、俞鸣人、蔡怀新同志编、选了练习题和附录，朱自刚、杨莉敏同志绘制了插图，郑广垣、郑永令等同志参加了部分修订工作。在审稿过程中，南开大学等兄弟院校的代表提出了许多宝贵的修改意见，编写组对此深为感谢。

复旦大学《物理学》编写组

中 册 目 录

第三篇 电 磁 学

第九章 真空中静电场的基本性质	3
§ 9.1 电荷与物质	3
一、物质的电结构	3
二、摩擦起电和感应起电	5
三、导体与绝缘体	8
§ 9.2 库仑定律	9
一、库仑定律	9
二、电量的单位	13
§ 9.3 电场强度 电力线	15
一、场的概念	15
二、电场强度	17
三、场的迭加原理	19
四、电力线与电通量	25
1. 电力线	25
2. 电通量	28
§ 9.4 高斯定理	30
一、高斯定理	30
二、高斯定理的应用	35
§ 9.5 电荷在电场中所受的力	40
一、点电荷在电场中所受的力	41
二、点电荷系在电场中所受的力	44
§ 9.6 电场力的功 电势	47
一、静电场力的功 电势能	47
二、电势和电势差	51
三、电势迭加原理	54
四、等势面	59

§ 9.7 场强与电势的关系	63
*§ 9.8 泊松方程和拉普拉斯方程	67
练习题	67
第十章 导体与电介质	73
§ 10.1 静电场中的导体	73
一、导体达到静电平衡的条件和性质	73
二、尖端效应 电晕	78
三、静电感应和静电屏蔽	80
§ 10.2 电容器	84
一、导体的电容 电容器	84
二、电容器的联接	91
1. 电容器的并联	91
2. 电容器的串联	92
*三、电容式传感器	94
1. 变化极板间隙的电容传感器	95
2. 变化极板重叠面积的电容传感器	95
3. 变化两极板之间介质的电容传感器	95
§ 10.3 电介质的极化	97
一、电介质的极化	97
二、极化强度及其与束缚电荷的关系	101
§ 10.4 电介质中的电场	104
§ 10.5 电位移矢量 有介质存在时的高斯定理	108
*§ 10.6 压电效应与逆压电效应	112
一、压电效应及其应用	112
二、逆压电效应及其应用	112
§ 10.7 电场的能量	113
一、带电体系的能量	113
二、电场的能量	115
三、电场能量与电荷的相互作用能	118
练习题	119
第十一章 直流电	123

注：打*号者为选学内容，以小字编排。

§ 11.1 电流强度与电流密度	123
一、电流与电流强度	123
二、电流密度	125
§ 11.2 导体的电阻 欧姆定律	129
一、电阻与电阻率	129
二、欧姆定律及其微分形式	133
三、电阻的接法	136
1. 电阻的串联	136
2. 电阻的并联	136
*§ 11.3 电阻式传感器	137
一、变阻器式传感器	138
二、电阻应变片	138
三、热电阻传感器	140
§ 11.4 电流的功和功率 焦耳定律	142
一、电流的功和功率	142
二、焦耳定律及其微分形式	144
§ 11.5 电动势、闭合电路和不均匀电路的欧姆定律	147
一、电源电动势	147
二、闭合电路的欧姆定律	151
三、一段不均匀电路的欧姆定律	155
§ 11.6 基尔霍夫定律	158
一、基尔霍夫第一定律	158
二、基尔霍夫第二定律	160
§ 11.7 电桥 电位差计	163
一、直流电桥	163
二、电位差计	167
§ 11.8 金属导电的电子理论	169
一、金属的电子导电性	170
二、用经典电子论观点讨论欧姆定律和焦耳定律	172
三、经典电子论的局限	175
§ 11.9 接触电现象和温差电现象	176
一、金属中电子的逸出功	176
*二、接触电现象和接触电势差	180
*三、温差电动势 温差电偶	183

*§ 11.10 气体导电	187
一、气体的导电性	187
二、气体放电的几种形式及其应用	190
1. 辉光放电	190
2. 弧光放电	191
3. 火花放电	192
练习题	192
第十二章 电流与磁场	198
§ 12.1 磁场	198
一、基本磁现象	198
二、电流的磁效应	200
三、磁场	203
§ 12.2 磁感应强度 B 及磁场对运动电荷的作用力	204
一、 B 的定义	204
二、磁感应线	206
三、运动电荷在磁场中所受的力	209
*四、霍耳效应	211
*五、霍耳元件	213
§ 12.3 带电粒子在磁场中的运动	214
一、带电粒子在均匀磁场中的运动	214
二、离子荷质比的测定 质谱仪	217
三、电子荷质比的测定	218
*四、回旋加速器的基本原理	222
§ 12.4 载流导线在磁场中所受的力	224
一、磁场对电流元的作用力	224
二、平面载流线圈在均匀磁场中所受的作用	228
三、应用举例	231
1. 直流电动机基本原理	231
2. 磁电式电表	232
§ 12.5 电流的磁场	234
一、无限长直载流导线周围的磁场	234
二、安培环路定律	236
三、安培环路定律的应用	238

四、毕奥-萨伐尔定律	242
五、磁感应通量 磁场的高斯定理	246
§ 12.6 磁介质 介质中的磁场	248
一、磁介质和分子电流 磁化强度矢量	248
二、磁场强度 有介质存在时的安培环路定律	251
三、铁磁质	255
练习题	257
第十三章 电磁感应与电磁场	263
§ 13.1 电磁感应基本定律	263
一、电磁感应现象	263
二、楞次定律	265
三、法拉第电磁感应定律	267
§ 13.2 动生电动势和感生电动势	271
一、动生电动势	271
二、感生电动势	276
§ 13.3 自感与互感	280
一、自感现象和自感系数	280
二、互感现象与互感系数	284
§ 13.4 磁场的能量	287
一、自感储能	287
*二、电流体系的相互作用能	289
三、磁场的能量	290
§ 13.5 电磁感应现象的应用举例	294
一、涡流现象及其应用	295
*二、电子感应加速器	297
*三、感应式传感器	298
*四、电感式传感器	299
§ 13.6 麦克斯韦方程组和电磁场	302
一、位移电流及其所产生的磁场	302
二、电磁场与麦克斯韦方程	306
练习题	308
第十四章 交流电路	313
§ 14.1 交流电基本性质	313

一、关于交流电的基本概念	313
二、正弦交流电的产生	315
三、正弦交流电的基本参数	316
1. 频率和周期	317
2. 峰值和有效值	318
3. 位相	319
四、正弦交流电的旋转矢量表示法	321
五、两同频率交流电的迭加	322
§ 14.2 交流电路中的电阻、电感和电容	324
一、交流电路中的电阻	324
二、纯电感电路	327
三、纯电容电路	331
§ 14.3 RLC 串、并联电路 谐振	337
一、 RL 串联电路	337
二、 RC 串联电路	341
三、 RLC 串联电路 串联谐振	344
四、 RC 并联电路	349
五、 RLC 并联电路 并联谐振	351
§ 14.4 交流电的复数表示法 交流欧姆定律	354
一、交流电的复数表示法	354
二、复阻抗 交流欧姆定律	355
三、交流电桥	360
四、变压器	363
§ 14.5 三相交流电	366
一、三相交流电源	366
二、三相电路负载的连接方法	369
三、异步电动机	371
练习题	374
附录 IV 矢量分析(二)——场的描述	379
§ IV.1 标量场的梯度	380
一、梯度和它的路径积分	380
二、几种标量场的梯度	382
1. 热传导	382

2. 扩散	383
3. 电导	384
§ IV.2 矢量场的散度	385
一、发散的矢量场	385
二、通量	386
三、散度	388
四、高斯定理	389
五、高斯定理的应用	392
1. 静电学高斯定理	392
2. 流场流量方程	392
3. 热传导的流量方程	393
4. 电量的连续性方程	393
*5. 扩散方程	393
*6. 泊松方程	394
*7. 变换公式 $\oint_S \varphi dS = \int_V \nabla \varphi dV$ 的证明	394
§ IV.3 矢量场的旋度	395
一、有涡旋的矢量场	395
二、环流	396
三、旋度	397
四、斯托克斯定理	398
五、斯托克斯定理的应用	401
§ IV.4 无旋场和无散场	402
§ IV.5 一些常用的矢量分析公式	402
附录 V 复数运算	406
§ V.1 复数表示形式	406
§ V.2 复数的运算	408
1. 复数的加减	408
2. 复数的乘除	408
3. 求导数和求积分	409
§ V.3 周期性函数的复数表示	410
附录 VI 狭义相对论简介	412
§ VI.1 牛顿力学中的相对性原理	412

一、相对性原理	412
二、伽利略变换	414
§ VI.2 光速实验	416
§ VI.3 相对论的运动学	419
一、洛仑兹变换	419
二、洛仑兹变换的几个特点	421
1. 相对的“同时”	423
2. 长度的缩短	424
3. 时间的变慢	425
4. 速度的合成公式	427
§ VI.4 相对论的动力学	428
一、相对论的动量 质速关系	429
二、质能关系	434
三、相对论与电磁场	438
附录 VII 一些常用单位的换算因子和常用的物理常数	440
附录 VIII 电磁学国际制(SI)单位	445

第三篇 电 磁 学

前面几篇介绍了物质机械运动和热运动的基本规律，这一篇主要介绍电磁运动的基本规律及其在生产技术和科学研究中的一些应用。

电磁运动和机械运动及热运动一样是物质运动的一种基本形式。它与其他运动形式既不相同又有着密切的联系。在宏观世界，万有引力起着重要的作用(特别是天体之间的相互作用主要是万有引力)，但在分子和原子的层次内，电磁力比起万有引力来要大得无可比拟。在这个层次内，电磁相互作用是主要的。因此，掌握电磁运动的规律对于人类认识物质世界有着重要的意义。许多重要的学科，例如关于物质结构的理论、光的波动学说，以至近代的量子场论、基本粒子的理论，都是在电磁学理论的基础上，或者是从电磁学理论得到借鉴，而建立和发展起来的。可以说电磁学是近代科学发展的重要基础。

电与磁在生产技术的各个方面有着广泛的应用。特别由于电能便于远距离输送、控制和调节，它与其他形式能量之间的相互转换又非常方便，因此，在工农业生产和日常生活中广泛地使用电能作为能源。此外，由于电能可由电磁波的形式在空间传播，因而广泛应用于通讯、遥控和遥测等方面。

电磁运动与化学运动有密切的联系，在一定条件下，化学运动可以转化为电磁运动(例如各种化学电池就是实现化学运动向电磁运动转化的装置)；电磁运动也可以转化为化学运动(如电解、电镀等过程就是电磁运动转化为化学运动的过程)。电化学就是研究化学运动和电磁运动之间相互依存、相互转化规律的一门学

科。实际上,由于分子层次的相互作用主要是电磁相互作用,所以在这个层次上看,化学过程和电磁相互作用有着不可分割的联系。此外,电磁学实验方法及各种仪器广泛地应用于化学的各个领域,例如电桥、电位差计、质谱仪等都是化学实验中经常用到的仪器。因此,化学类专业同学学习和掌握电磁学基本规律、了解一些电学仪器的基本原理,对于学习其他课程及今后的工作都是必不可少的。

第九章 真空中静电场的基本性质

任何电荷(静止和运动的电荷)周围都存在着电场, 静止电荷周围的电场是静电场。本章主要讨论在真空中静电场的基本性质。

场和实物是物质存在的两种基本形式。它们既有区别又相互紧密地联系着。电荷之间的相互作用通过电磁场来传递, 而作为场源的电荷却存在于实物之中。这一章, 我们将先介绍物质的电结构, 并阐明电荷的概念, 然后再从电荷和静电场的相互作用来认识静电场的基本性质以及静电场的分布规律, 并讨论电荷在电场中的运动。

§9.1 电荷与物质

一、物质的电结构

我们知道, 物质是由分子组成, 分子由原子组成, 任何元素的原子都有一个原子核和围绕着核的电子云, 在原子核中包含若干带正电的质子和不带电的中子, 电子云则由带负电的电子组成。每一个质子所带正电荷的电量与每个电子所带负电荷的电量相等, 都等于 e ($e=1.60219 \times 10^{-19}$ 库仑), 这是通常所遇到的最小的电量。质子的质量和中子的质量差不多相等, 电子的质量很小, 只有质子质量的 $1/1840$, 因此在原子中, 电子的质量可以忽略不计, 整个原子的质量几乎全部集中于原子核中 (相当于所有质子质量和中子质量的总和)。原子核的半径约从 1×10^{-15} 米 (氢核的半径) 到 7×10^{-15} 米 (最重原子核的半径), 而电子云的外径 (即原子的直径) 大约是 1×10^{-10} 米到 3×10^{-10} 米, 这比原子核的直径约

大 10^4 倍。

不同的元素,原子核中所包含的质子数目不相同,但不论哪种元素,其每一个原子中包含的电子和质子数目相等。因此,在正常情况下,每个原子的核中所带正电荷的电量与核外负电荷的电量相等,整个原子为电中性。最简单的元素是氢,每个氢原子核中只有一个质子,核外只有一个电子。比较复杂的元素的原子核中不仅有质子,还有中子。一般地说,轻元素的原子核内中子的数目几乎和质子数目相等,但重元素的原子核内中子的数目将是质子数目的1.5倍以上。由质子数相同而中子数不同的原子核所组成的元素称为同位素。例如,氢元素一般是三种氢的同位素的混合物。除了上述含有一个质子和一个电子的氢原子外,还有含一个质子、一个中子、一个电子的氘原子(即重氢原子)和含一个质子、二个中子、一个电子的氚原子。为了区别这三种氢,我们可将它们的化学符号分别写为 ${}_1\text{H}^1$, ${}_1\text{H}^2$, ${}_1\text{H}^3$ 。符号左下角的数字表示原子序数或核外电子数,右上角的数字表示原子的质量数(即原子核内的质子和中子的总数)。

质子、中子和电子是构成实物的三种主要的基本粒子,它们的质量和所带电量列表如下:

粒 子	符 号	电 量	质 量
质 子	p	$+1.60219 \times 10^{-19}$ 库仑	1.67265×10^{-27} 千克
中 子	n	0	1.67495×10^{-27} 千克
电 子	e^-	-1.60219×10^{-19} 库仑	9.1095×10^{-31} 千克

除此之外,自然界中还存在着许多其他的基本粒子,但多数寿命很短。它们有的不带电,有的带正电或者带负电,至今所发现的基本粒子所带的电量大都是 $+e$ 或者 $-e$ 。

由上面的讨论可以看出,存在着两种类型的带电粒子,一种带

有 $+e$ 的电量, 另一种带有 $-e$ 的电量。原子、分子和它们所构成的中性物质, 其实都是由带电粒子所组成的。不过, 在正常情况下, 组成物质的每个原子中所带正电荷的电量等于负电荷的电量, 因而呈现电中性。物质内部存在的这种正、负电荷是矛盾着的两个方面, 它们之间的对立和统一则是一切电现象的根源。

二、摩擦起电和感应起电

如上所述, 在一般情况下, 每个原子中的电子数和质子数相等, 因而呈现电中性。但并非永远如此。我们都知道, 一个中性的原子可以失去一个或几个电子, 变成带正电的粒子, 称为正离子; 或者得到一个或几个电子, 变成带负电的粒子, 称为负离子。正离子与负离子之间存在相互吸引力; 正离子与正离子之间或者负离子与负离子之间存在相互排斥力。例如, 大多数盐类的分子都是由正离子和负离子所组成, 正是这些正离子与负离子之间存在着的相互吸引力使它们牢牢地结合在一起。若是两个正离子或者两个负离子, 就不能使它们结合在一起, 因为这时两个离子之间的作用力是相互排斥的。

原子可以失去电子或者得到电子而变成带电的离子, 由原子所组成的物体, 当然也可能失去一些电子或者获得一些电子而变成带电的物体。下面介绍两种常见的使物体带电的现象: 摩擦起电和感应起电。

摩擦起电是一种常见的静电现象。例如, 将塑料笔杆在头发或呢绒上摩擦后可以吸引纸屑或粉笔灰等轻小物体, 这是由于笔杆经摩擦而带了电; 在干燥的季节里, 用胶木梳子梳头时, 可以发现头发常被梳子吸起, 有时还会发出嘶嘶的响声, 这也是摩擦起电的结果; 在工业生产中, 特别是一些绝缘物体的加工过程中, 更是经常碰到摩擦起电的现象。例如, 塑料制品在加工过程中从模具中脱出时, 常因和模具摩擦而带电, 使产品容易吸附灰尘而降低了质