



面向21世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

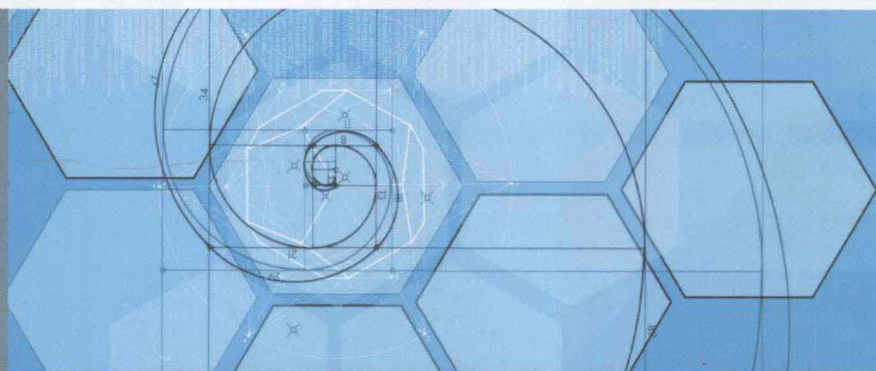


普通高等教育“十一五”国家级规划教材

基础物理学

(第二版) 下册

Fundamental
Physics



蔡怀新 李洪芳 梁励芬 陈暨耀 原著

陈暨耀 改编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS



面向 21 世纪 课 程 教 材
Textbook Series for 21st Century



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

基础物理学

(第二版) 下册

蔡怀新 李洪芳 梁励芬 陈暨耀 原著
陈暨耀 改编



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书第一版是教育部“面向 21 世纪教学内容和课程体系改革研究项目——理科非物理类专业基础物理内容和课程体系研究”的成果,是面向 21 世纪课程教材。经过多年教学实践的检验,被列入普通高等教育“十一五”国家级规划教材,并作了全面的修订。

本书在体系和内容方面进行了改革,全书不仅将近代物理的基础理论适当提前至上册,使得在课程的较多部分运用近代物理的概念和方法进行阐释,而且在经典物理的各个部分,结合近代物理的概念、理论和思想方法,介绍了经典物理在前沿学科和高新科学技术中的广泛应用,既体现了经典物理内容的现代化,又切实有效地加强了基础,同时又注意适应现代社会和学科发展的要求。

本书上册主要内容为质点运动与牛顿定律、狭义相对论的时空观、守恒定律(一)、守恒定律(二)、弹性体和流体、振动、波、波粒二象性、薛定谔方程、原子结构 10 章。下册主要内容为静电场、磁场、电磁感应、交流电、电磁波、光通过各向同性介质及其边界时的传播、光的干涉与衍射、光在各向异性介质中的传播、气体分子动理论、热力学、物态和相变 11 章。本册为下册。

本书可作为高等学校非物理类专业基础物理课程的教材,也可供其他专业的师生及科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

基础物理学.下册/蔡怀新等著;陈暨耀改编.--
2 版.--北京:高等教育出版社,2012.10
ISBN 978-7-04-034683-1

I. ①基… II. ①蔡…②陈… III. ①物理学-高等学校-教材 IV. ①O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 107939 号

策划编辑 王 硕
插图绘制 尹 莉

责任编辑 王 硕
责任校对 金 辉

封面设计 杨立新
责任印制 尤 静

版式设计 于 婕

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印 刷 北京宏信印刷厂
开 本 787mm×960mm 1/16
印 张 33.25
字 数 600 千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版 次 2003 年 6 月第 1 版
2012 年 10 月第 2 版
印 次 2012 年 10 月第 1 次印刷
定 价 50.50 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物 料 号 34683-00

目 录

第十一章 静电场	1
§ 11.1 电荷与物质	1
一、电荷	1
二、物质的电结构	2
三、导体与绝缘体	3
四、电荷守恒定律	3
五、电荷的量子化	5
§ 11.2 库仑定律	6
一、库仑定律	6
二、电荷量的单位	7
三、叠加原理	8
§ 11.3 电场强度 电场线	8
一、场的概念	8
二、电场强度	9
三、场强叠加原理	10
四、电场线	20
§ 11.4 高斯定理	21
一、电场强度通量	21
二、高斯定理	22
三、利用高斯定理求场强	26
§ 11.5 电荷在电场中所受的力	29
一、点电荷在电场中所受的力	29
二、点电荷系在电场中所受的力	32
§ 11.6 电场力的功 电势	33
一、静电场力的功 电势能	34
二、电势和电势差	36
三、电势叠加原理	39
四、等势面	42

五、场强与电势的关系	43
§ 11.7 静电场中的导体	47
一、导体达到静电平衡的条件和性质	47
二、尖端效应 电晕	50
三、静电屏蔽	55
四、电容器	58
§ 11.8 电介质的极化	62
一、电介质的极化	62
二、极化强度及其与束缚电荷的关系	66
三、电介质中的电场	69
四、电位移矢量 有电介质存在时的高斯定理	72
五、压电效应与逆压电效应	75
§ 11.9 电场的能量	76
一、带电体系的能量	76
二、电场的能量	79
§ 11.10 恒定电流	81
一、电流与电流密度	82
二、导体的电阻 欧姆定律	86
三、电流的功和功率 焦耳定律	89
四、电动势 闭合电路和不均匀电路的欧姆定律	91
五、基尔霍夫定律	97
六、金属导电的经典电子论	103
思考题	104
习题	107
第十二章 磁场	116
§ 12.1 基本磁现象 安培定律	116
一、磁现象	116
二、电流间的相互作用力安培定律	118
§ 12.2 电流的磁场 磁感应强度	121
一、磁场及其描述	121
二、毕奥-萨伐尔定律	122
三、平面载流回路在磁场中受到的力和力矩	123
§ 12.3 恒定电流磁场的基本方程式	127

一、磁场的高斯定理	127
二、磁场的环流 安培环路定理	129
三、恒定电流磁场的基本方程式	131
§ 12.4 带电粒子在电场和磁场中的运动	134
一、洛伦兹力	134
二、带电粒子在匀强磁场中的运动	135
三、回旋加速器的基本原理	136
四、质谱仪	137
五、霍尔效应	139
§ 12.5 磁介质 介质中的磁场	140
一、磁介质和分子电流 磁化强度矢量	140
二、磁化电流	142
三、有磁介质时的安培环路定理	144
四、介质中磁场的基本方程式	146
五、磁场的边界条件	146
六、铁磁质	147
思考题	149
习题	151
第十三章 电磁感应	156
§ 13.1 电磁感应定律	156
一、电磁感应现象	156
二、楞次定律	158
三、法拉第电磁感应定律	159
§ 13.2 动生电动势和感生电动势	162
一、动生电动势	162
二、感生电动势	166
§ 13.3 自感与互感	169
一、自感现象与自感系数	169
二、互感现象与互感系数	172
§ 13.4 磁场的能量	174
一、自感储能	174
二、电流体系的相互作用能	178
三、磁场的能量	180

§ 13.5 电磁感应现象的应用举例	182
一、涡流现象及其应用	182
二、电子感应加速器	185
三、电磁流量计	186
§ 13.6 麦克斯韦方程组和电磁场	187
一、位移电流及其所激发的磁场	187
二、麦克斯韦方程	192
思考题	193
习题	197
第十四章 交流电	205
§ 14.1 交流电的基本性质	205
一、关于交流电的基本概念	205
二、正弦交流电的产生	206
三、正弦交流电的基本参量	208
四、正弦交流电的旋转矢量表示法	210
五、两同频率交流电的叠加	210
§ 14.2 交流电路中的电阻、电感和电容	211
一、交流电路中的电阻	212
二、纯电感电路	214
三、纯电容电路	216
§ 14.3 RLC 串、并联电路谐振	218
一、 RLC 串联电路 串联谐振	218
二、 RLC 并联电路 并联谐振	221
§ 14.4 交流电的复数表示法	224
一、交流电的复数表示法	224
二、复阻抗 交流欧姆定律	225
三、交流电桥	230
§ 14.5 三相交流电	231
一、三相交流电	231
二、三相电路负载的连接方法	234
三、异步电动机	236
思考题	238
习题	240

第十五章 电磁波	245
§ 15.1 麦克斯韦方程组	245
§ 15.2 真空中的平面电磁波	246
§ 15.3 电磁波的能流与动量	254
§ 15.4 电磁波的辐射	257
一、辐射电磁波的条件	257
* 二、电偶极子辐射	258
三、几种辐射介绍	263
思考题	265
习题	266
第十六章 光通过各向同性介质及其边界时的传播	268
§ 16.1 光的电磁波特性	268
一、光是电磁波中的一部分	268
二、光强	269
§ 16.2 偏振光与自然光	270
一、光波的偏振性	270
二、偏振光与自然光	270
§ 16.3 光的传播——费马原理	271
§ 16.4 菲涅耳公式	273
一、界面上的电磁理论	273
二、反射比和透射比	274
三、布儒斯特角	276
四、相位变化	277
五、全内反射 光学扫描隧穿显微镜	279
§ 16.5 光的吸收	282
一、朗伯定律	282
二、光学材料	282
三、比尔定律	283
四、吸收光谱	283
五、吸收的机制	283
§ 16.6 光的散射	284
一、散射的种类	284

二、瑞利散射	285
三、拉曼散射	286
§ 16.7 色散	288
一、色散现象	288
二、三棱镜的色散	290
三、棱镜的角色散率	291
§ 16.8 非线性光学	292
一、非线性现象	292
二、非线性极化	293
§ 16.9 光在导电介质中的传播	297
一、导电介质中的电磁波	297
二、金属的反射	298
习题	299
第十七章 光的干涉与衍射	302
§ 17.1 惠更斯原理	302
§ 17.2 波的特性——干涉	302
一、波的叠加	302
二、相干条件	303
§ 17.3 分波阵面干涉	304
一、杨氏双缝干涉	304
二、干涉条纹的可见度	307
三、劳埃德镜	308
§ 17.4 薄膜干涉	309
一、分振幅双光束干涉	309
二、等倾干涉	311
三、等厚干涉	312
四、牛顿环	313
五、增透膜	314
§ 17.5 迈克耳孙干涉仪	317
一、结构与原理	317
二、干涉条纹	319
三、激光比长仪	320
§ 17.6 分振幅多光束干涉	321

一、多光束干涉特点	321
二、法布里-珀罗 (F-P) 干涉仪	323
三、金属膜干涉滤光片	327
§ 17.7 惠更斯-菲涅耳原理	328
一、光的衍射现象	328
二、惠更斯-菲涅耳原理	328
§ 17.8 菲涅耳衍射	329
一、菲涅耳波带	329
二、菲涅耳圆孔衍射	332
三、菲涅耳圆盘衍射	334
§ 17.9 菲涅耳波带片	335
§ 17.10 全息照相	337
一、全息照相的拍摄	337
二、全息照相原理	338
三、彩虹全息	339
§ 17.11 夫琅禾费衍射	340
一、夫琅禾费单缝衍射	340
二、夫琅禾费双缝衍射	344
§ 17.12 光栅	346
一、夫琅禾费多缝衍射	346
二、光栅的色散	348
三、光谱分辨率	350
四、闪耀光栅	352
§ 17.13 晶体的 X 射线衍射	353
§ 17.14 光学仪器的分辨率	355
一、夫琅禾费圆孔衍射	355
二、分辨本领	357
三、显微镜的分辨率	358
§ 17.15 激光	359
一、辐射跃迁	359
二、粒子数反转	361
三、光学谐振腔	362
习题	364

第十八章 光在各向异性介质中的传播	370
§ 18.1 二向色性	370
一、导体线栅	370
二、二向色性晶体	371
三、人造偏振片	371
§ 18.2 起偏与检偏	372
一、线偏振光的获得和检验	372
二、马吕斯定律	372
三、偏振度	373
四、椭圆偏振光	373
§ 18.3 双折射	374
一、双折射现象	374
二、双折射及二向色性的经典振子模型	376
三、单轴晶体中的波面	377
四、单轴晶体中光波的传播	378
§ 18.4 偏振器件	380
一、沃拉斯顿棱镜	381
二、尼科耳棱镜	381
三、波片	382
§ 18.5 偏振光的干涉及应用	385
一、偏光干涉	385
二、光弹性效应	387
三、电光效应	387
§ 18.6 旋光	388
一、旋光性	388
二、旋光色散	390
三、圆二色性	391
习题	392
第十九章 气体分子动理论	395
§ 19.1 理想气体物态方程	396
一、状态参量	396
二、气体的基本实验定律	397

三、理想气体物态方程	398
§ 19.2 气体分子动理论的基本概念、统计规律性	400
一、分子动理论的实验基础	400
二、统计规律性	402
§ 19.3 理想气体的微观模型,理想气体的压强公式,温度的统计意义 ...	404
一、理想气体微观模型	404
二、理想气体的压强公式	404
三、温度的统计意义	406
§ 19.4 麦克斯韦速率分布和玻耳兹曼分布律	408
一、气体分子速率的实验测定	408
二、麦克斯韦速率分布律	409
三、三种分子速率	412
四、气体分子在重力场中按高度的分布	414
五、玻耳兹曼分布律	416
§ 19.5 能量均分定理	416
一、气体分子的自由度	416
二、能量按自由度均分定理	417
三、理想气体的内能	418
四、理想气体的比热容	418
§ 19.6 分子的碰撞和平均自由程	421
一、碰撞和碰撞截面	421
二、平均自由程和碰撞频率	424
§ 19.7 气体的输运过程	427
一、黏性	428
二、扩散	430
三、热传导	432
四、输运系数与压强的关系	432
§ 19.8 实际气体	433
一、实际气体的等温线	433
二、范德瓦耳斯方程	435
附录 麦克斯韦速率分布律的一种推导	439
思考题	442
习题	443

第二十章 热力学	447
§ 20.1 热力学第一定律	447
一、热力学过程	447
二、功	448
三、内能	450
四、热力学第一定律的数学表述	451
§ 20.2 热力学第一定律对理想气体的应用	451
一、理想气体的等体过程	451
二、理想气体的等压过程	452
三、理想气体的等温过程	453
四、理想气体的绝热过程	454
§ 20.3 循环过程 卡诺循环	457
一、循环过程和热机的效率	457
二、卡诺循环	460
§ 20.4 可逆过程和不可逆过程	466
§ 20.5 热力学第二定律 熵	467
一、热力学第二定律的表述	467
二、卡诺定理	468
三、熵和热力学第二定律的数学表述	470
思考题	477
习题	478
第二十一章 物态和相变	481
§ 21.1 物态和相	481
一、物态	481
二、相	481
§ 21.2 实际气体	482
§ 21.3 液体	482
一、液体的微观结构	483
二、液体的表面张力	484
三、毛细现象	487
四、渗透压	491
* 五、液晶	492

§ 21.4 固体	494
一、晶体与非晶体	494
二、晶体的对称结构	498
三、晶体结合的基本形式	499
四、晶体的结合能	501
§ 21.5 相变	502
一、气液相变	502
二、固液相变	505
三、固气相变	507
四、三相图	507
五、克拉珀龙方程	509
* § 21.6 非平衡相变和自组织现象	512
一、贝纳德花样	512
二、激光	513
三、化学钟	513
四、生物学方面的例子	514
思考题	514
习题	515

第十一章 静 电 场

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做功的特性,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。

§11.1 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绢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”。

如果取两根用丝绢摩擦过的玻璃棒,将其中一根用长丝线悬挂起来,用另一根去接近它,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绢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。

事实说明,自然界存在着两种不同性质的电荷,同种电荷之间存在着相互排斥力,异种电荷之间存在着相互吸引力。为了区别这两种不同性质的电荷,美国物理学家富兰克林(Benjamin Franklin, 1706—1790)首先把出现在玻璃棒上的电荷称为“正电荷”,把出现在硬橡胶棒上的电荷称为“负电荷”。这种命名法一直沿用至今。

早期人们对摩擦起电现象的本质还不甚了解,随着物理学的发展,人们不仅认识到原来不带电的物体经过摩擦后为什么会带电,同时还观察到电荷的另外两个重要性质,即电荷守恒和电荷量子化。

二、物质的电结构

按照近代的观点可知,一切物质都由分子组成.而分子则由原子组成,每个原子都有一个原子核和若干围绕着核运动的带负电的电子.在原子核中则包含若干带正电的质子和不带电的中子.每一个质子所带正电荷的电荷量与每一个电子所带负电荷的电荷量相等,都等于 e ($e=1.602\ 176\ 565\times 10^{-19}\text{ C}$),质子的质量和中子的质量差不多相等,电子的质量则小得多,约等于质子质量的 $1/1\ 840$.

质子、中子和电子是构成实物分子的三种基本粒子.表 11.1-1 给出了这三种基本粒子的质量及其所带的电荷量.

表 11.1-1 质子、中子和电子的质量和电荷量

粒 子	符 号	电 荷 量	质 量
质 子	p	$+1.602\ 176\ 565\times 10^{-19}\text{ C}$	$1.672\ 621\ 777\times 10^{-27}\text{ kg}$
中 子	n	0	$1.674\ 927\ 351\times 10^{-27}\text{ kg}$
电 子	e	$-1.602\ 176\ 565\times 10^{-19}\text{ C}$	$9.109\ 382\ 91\times 10^{-31}\text{ kg}$

不同元素的原子核中所包含的质子数目并不相同,但在正常情况下,每一种元素每个原子中所包含的电子数和质子数都是相等的.因此,每个原子所带正电荷的总电荷量和所带负电荷的总电荷量也是相等的.元素中最简单的元素是氢,每个氢原子核中只有一个质子,核外只有一个电子.元素中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和质子的数目几乎相等,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.

在正常情况下,每个原子或分子中所带正电荷的电荷量与所带负电荷的电荷量相等,因而物体中任何部分所包含的正电荷的电荷量与负电荷的电荷量也都相等.这样,两种异号电荷的影响将互相抵消(至少在比物体中各个带电粒子间的距离大得多的地方来看),整个物体(以及物体上任何部分)对外既不显示带正电,也不显示带负电,即呈现电中性.这种正电荷和负电荷的影响互相抵消的现象,又称为电中和.这也就是我们通常之所以觉得物体是不带电的原因.

假如由于某种原因,物体失去或得到一些正电荷或负电荷,那么,这个物体的电中性就将被破坏而变成带电体.实际上,物体失去或得到的大多数是带负电的电子,而不是带正电的原子核.因为较重元素的原子中的外层电子一般受原子核吸引力较小,因而比较容易摆脱原子核的束缚.

对于不同质料的物体,其原子中最外层电子与原子核联系的紧密程度不同,所以失去电子的难易程度也不相同.这样,当两种不同质料的物体相互摩擦时,

每个物体中都有一些电子脱离原子核的束缚而跑到另一物体上去,但是彼此跑到对方去的电子数目往往并不相同,然而总的看起来,一个物体失去一些电子,另一个物体则得到一些电子.例如,丝绸与玻璃棒互相摩擦,一般玻璃棒将失去一些电子,而丝绸则获得一些电子.于是,玻璃棒上正电荷的电荷量将大于负电荷的电荷量,呈现带正电;丝绸上负电荷的电荷量大于正电荷的电荷量,呈现带负电.由此可见,摩擦起电的实质是通过摩擦使某一物体上的电子转移到另一物体上去,结果失去电子的物体带正电,得到电子的物体带负电.

三、导体与绝缘体

虽然任何物体都是由带正电的核和带负电的电子所组成,但由于各种物体的原子及分子的结构不同,它们的导电性能也有很大的差别.根据各种物体导电性能的不同,可以将它们大致分为绝缘体、导体和半导体.

绝缘体又称电介质,如玻璃、陶瓷、云母、塑料、橡胶、油类、纯水以及一切正常状态下的气体等,都是电介质.电介质是由中性分子或紧紧束缚于某一平衡位置的正、负离子所组成,其所有电子(包括外层电子)受带正电的原子核的约束都很强,一般不会脱离它们所从属的分子或离子.因此,在电介质中几乎没有能够“自由移动”的电荷,它的导电能力很差.

导体是指导电能力很强的物体,它可分为两类:第一类导体和第二类导体.金属是第一类导体,金属原子的最外层电子(价电子)受原子核的束缚非常弱,这些电子很容易脱离所属原子的束缚,从一个原子实(即原子核和其他电子的集合体)的作用范围跑到另一个原子实的作用范围之内.这也就是说,这些价电子可以在金属内部“自由”运动,所以常称之为“自由电子”.金属就是依靠这些自由电子的运动来导电的.第二类导体又称电解质,是指酸、碱、盐的水溶液以及融化了的盐.在这些物体中没有自由电子,却存在着另一种可以自由移动的带电粒子——正离子、负离子,因而也能很好地导电.不过当第二类导体通有电流时,必然同时发生化学变化,因此,对第二类导体的研究是电化学的一个重要内容.

还有一些物体,如硅、锗、硒及氧化亚铜(Cu_2O)、砷化镓(GaAs)等,它们的导电性能介于导体和绝缘体之间,称为半导体.半导体的导电性质受光、热、杂质等影响非常大.利用半导体的各种特性制成的半导体器件,在现代电子技术及非电量电测等方面有着广泛的应用.

四、电荷守恒定律

从前面我们对摩擦起电现象的讨论中可以看到,两个原来不带电的物体相互摩擦,可使其中一物体上的部分电子转移到另一物体上,于是前者因失去一些