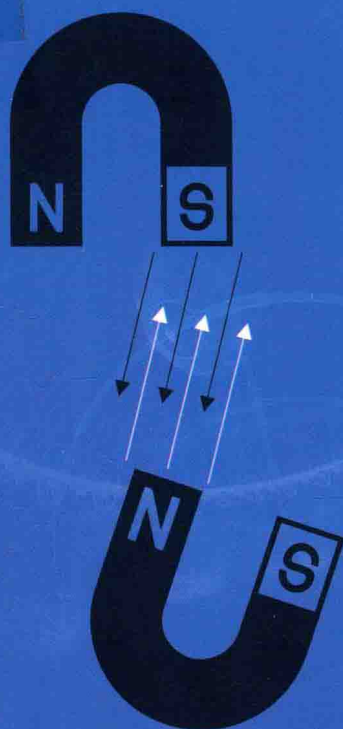




普通高等教育“十三五”规划教材



浙江省普通高校“十三五”新形态教材



大学基础物理学

汪小刚 戴朝卿 陈翼翔 © 编著



科学出版社

普通高等教育“十三五”规划教材
浙江省普通高校“十三五”新形态教材

大学基础物理学

汪小刚 戴朝卿 陈翼翔 编著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书充分考虑新高考改革后中学物理课程改革给大学物理课程教学带来的影响,内容的选取上涵盖大学物理最基本、最重要的知识点,包括质点运动学、质点动力学、刚体力学、流体力学、静电场、稳恒磁场、电磁感应、气体动理论、热力学基础、简谐运动、机械波、光学、狭义相对论、量子力学基础共14章,是一本适应当前教育改革新形势的大学物理教材。

本书适合高等院校非物理专业的大学物理课程的教学使用,也可供广播电视大学、成人高等教育各专业学生和社会读者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

大学基础物理学/汪小刚,戴朝卿,陈翼翔编著. —北京:科学出版社, 2018

(普通高等教育“十三五”规划教材·浙江省普通高校“十三五”新形态教材)

ISBN 978-7-03-056025-4

I. ①大… II. ①汪… ②戴… ③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(2017)第319360号

责任编辑:吕燕新 杨 昕 / 责任校对:刘玉靖
责任印制:吕春珉 / 封面设计:东方人华平面设计部

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

三河市骏杰印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018年1月第一版 开本:787×1092 1/16

2018年1月第一次印刷 印张:30 1/4

字数:736 000

定价:69.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈骏杰〉)

销售部电话 010-62136230 编辑部电话 010-62135397-2032

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64034315; 010-64030229; 13501151303

前 言

物理学属于基础科学，研究的是物质结构和物质运动的基本规律。物理学是当代所有技术科学及工程科学的理论基础。大学物理是一门面向非物理专业本科生的基础课程，该课程向大学生介绍物理学的基本理论和研究方法，为后续的技术基础课及专业基础课奠定必要的物理基础。

作者结合教育部 2010 年颁布的《理工科类大学物理课程教学基本要求》，在总结多年教学改革研究与实践、吸收国内外同类教材优点的基础上完成本书的编写工作。

本书的内容概括如下。

第一部分是力学。力学是物理学中发展最早的一个分支学科，它与人类的生活和生产联系最为密切。第 1~4 章介绍质点力学、刚体力学和流体力学，分别从质点、刚体、理想流体这些模型出发讲述经典力学的基本概念与基本定律。

第二部分是电磁学。电磁学是研究电和磁的相互作用及其规律和应用的物理学分支学科，其主要研究内容包括电场、磁场、电磁感应、电磁场，以及有关电荷、带电物体的动力学等。第 5~7 章分别从静电场、稳恒磁场、电磁感应三个方面介绍电磁学的基本特征和规律。

第三部分是热学。热学是研究热现象及其规律的物理学分支学科。本书从微观和宏观两个层面介绍热学的相关内容。第 8 章主要介绍 18~19 世纪有关气体动理论的相关内容；第 9 章介绍 18~19 世纪有关热力学的一些基础内容。

第四部分是波动和光学。波动是振动状态在空间中的传播。第 10 章主要介绍简谐运动，它是最简单、最基本的振动。第 11 章介绍机械波的相关理论。振动和波动理论在声学、光学、地震学、无线电技术等领域中有广泛的应用。光是一种电磁波，第 12 章主要介绍波动光学理论。

第五部分是近代物理。第 13 章主要介绍狭义相对论。爱因斯坦在狭义相对论中以“相对性原理”和“光速不变原理”为基础，提出了全新的时空观。量子力学是在波粒二象性和不确定关系的基础上建立起来的。第 14 章介绍早期的量子理论，主要包括：普朗克的能量子假说、爱因斯坦的光子论、光的波粒二象性、物质波的概念及不确定性关系。

本书注重大学物理与中学物理的分工和衔接，充分考虑新高考改革后中学物理课程改革给大学物理课程教学带来的影响。不再强调高起点、高要求，在一些章节增加了起到衔接作用的部分内容，同时适当降低了一些内容起点的难度，以适应当前教育改革的新形势。因此，本书在阐述方式上注重由浅入深、循序渐进，不刻意追求数学推导的高度严密性，将繁琐冗长、难度很大的数学推导作了适当的简化处理，以增强教材的可读性，同时突出重点、难点和理论联系实际的内容。强调通过基本的物理思想和分析方法，得出一些物理概念和规律，使学生建立清晰的物理图像。

为适应当前高校考试招生制度改革的新形势，我们重新调整了课程体系，相对国内大部分教材，本书所作的部分调整列举如下。

力学部分：在第 1 章质点运动学中，“相对运动”调整为“不同参考系中的速度变换”；

在第2章质点动力学中描述力做功时，由“恒力做功”过渡到“变力做功”，并在变力做功部分详细说明“分段求和”的数学思路，介绍如何将微积分应用到物理学问题中；在第4章流体力学中增加了“流体静力学基础”一节，以便与中学物理实现衔接。

电磁学部分：在第5章静电场和第6章稳恒磁场中不再介绍和使用电位移矢量(\vec{D})和磁场强度(\vec{H})这两个物理量；第7章电磁感应电磁场，在说明电磁场理论——麦克斯韦方程组的重要性时采用了弱化数学表述的方式。

热学部分：将阿伏伽德罗常数、热运动、分子间的作用力、状态参量、平衡态、热平衡、温度、温标、理想气体的宏观描述等与热学有关的基本概念统一纳入到“基本概念”，并作为8.1节；不再介绍玻尔兹曼分布率。第9章热力学中对改变内能的两种方式作了较为详细的描述；对热力学第二定律及熵的微观意义等结合统计概念作了一些独特、简洁而又清晰的讲解。

波动和光学部分：在第10章简谐运动中，简化了受迫振动和共振的数学表述；在第11章机械波中不再强调能流、能流密度的概念及其数学推导，而是重点突出“波的强度”的概念，以及声强与声响之间的联系和区别。考虑与中学物理的衔接，第12章一开始对几何光学进行简单介绍，同时应用描述波的传播过程的惠更斯原理对几何光学现象进行解释，以此强调光的波动理论的正确性。虽然在第11章讲述波动理论时不再单独介绍电磁波，但在第12章中“光的相干性 光程”一节中对“光是一种电磁波”作了进一步阐述。

近代物理部分：在第13章狭义相对论中，突出强调经典的相对性原理到爱因斯坦相对性原理的过渡，以及伽利略变换到洛伦兹变换的过渡。第14章按照量子理论的发展顺序，介绍早期的量子理论。

本书在每一章节介绍有关物理概念或定律时，都会展示相关物理学家的画像，并简要介绍他们的贡献，以此在物理教学中引入物理学史，向学生展现科学家大胆的开创精神和严谨的科学态度。

本书中出现的物理学名词后附英文，这有利于与国际教育的接轨，也为部分学生今后学习科技英语打下基础。

结合各章节相关内容，每章提供了简略的本章提要，帮助学生总结复习；章后习题和解答可满足教师教学和学生学习的需要。

在本书的编写过程中，参考了一些国内高等院校的教材和互联网上的资料，同时还借鉴了国外的许多优秀教材，并引用了其中的部分图片。另外，为了更好地实现与中学物理的衔接，也参阅了国内出版的一些高中物理教材。这里不能一一列出相关作者的姓名，谨向他们致以特别的谢意！

本书由汪小刚（浙江农林大学）、戴朝卿（浙江农林大学）、陈翼翔（浙江传媒学院）编著，参与本书内容讨论和部分编写工作的还有王悦悦（浙江农林大学）、张中卫（浙江农林大学）、陈均朗（浙江农林大学）、倪涌舟（浙江农林大学）、周国泉（浙江农林大学）、姚旻（浙江外国语学院）等。全书由汪小刚修改并统稿。此外，本书的编写工作还得到浙江农林大学教务处和理学院相关领导、浙江传媒学院电子信息学院领导、浙江外国语学院教务处的全力支持，在此表示衷心的感谢！

由于我们的水平有限，书中难免存在疏漏之处，恳请教师、学生和读者给予批评和指正。

作者

2017年10月

致同学

欢迎来到大学物理课堂，“再次”学习物理！

中学物理老师或许不止一次地强调：“一个人如果没有读过唐诗宋词，没有读过几部经典的文学作品，就会被认为文化素养不高；一个人如果不了解基本的科学知识，不学习一些物理知识，则会被认为科学素养不高。”事实上，学习物理学不仅是为了提高你的科学素养，帮助你了解我们所生存的客观世界运行的规律，也是你适应未来社会生活的需要。我们生活在一个日新月异的现代社会，物理学已经深入到了生活的各个方面，如交通工具（汽车、高铁、飞机等）、家用电器（冰箱、空调、电视机等）、通信设备（电话机、手机、互联网等）、医疗仪器（耳温枪、CT、核磁共振等）、能源（太阳能、风能、核能等），等等。不论你将来从事何种职业，有一点可以肯定的是你将来的生活“处处是物理”。而且，伴随着科学技术的迅猛发展，物理学也必将渗透到各行各业。

物理学属于基础科学，它研究的是物质结构和物质运动的基本规律。在人类社会发展的漫长进程中，物理学一直起着极其重要的推动作用。17世纪的牛顿力学和18世纪中叶的热力学，导致蒸汽动力的普遍应用，推进了近代第一次产业革命，并因此产生了资本主义的工业文明。19世纪40~60年代，能量转化和守恒定律，以及电磁场理论的形成促进了人类社会从“蒸汽时代”向“电气化时代”的转变。20世纪以来，以相对论和量子力学为理论支柱的近代物理学的发展，促进了现代科学革命。可以说，物理学是当代所有技术科学及工程科学的理论基础。

在中学阶段，你的物理老师已经向你展示了物理学的一些基本内容。当你打开本书并翻至目录这一部分时，你或许已经发现，许多内容似乎在中学已经学过。然而，从某种程度上而言，中学阶段的物理学只是让你对科学探究的过程有了初步的体验，并对研究客观世界的科学方法有所了解，它更多地反映了物理学对人类文明的影响。

而在大学阶段，你对物理学的认识将会有很大的跨越，并上升到更高的层次。你对物理学的思维方式和研究方法的体验将更为深入，对物理学的一些重要概念和规律的本质也会有更加深刻的认识。在这个过程中，你需要用到包括矢量运算、导数、微积分等在内的一些数学知识。

学习物理学要求能够对各种问题进行分析和推理，并运用数学工具进行准确描述，因此许多人觉得学习物理太难，认为物理学“枯燥难懂”。如果说这是事实的话，那么恰恰说明物理学能够很好地提升一个人的思维、推理和运算能力。不过需要强调的是，与大多数抽象的数学公式不同，物理公式的背后隐藏着丰富而又深刻的物理意义。它们解释了客观世界的许多现象，揭示了人类生存环境的许多奥秘，它们是推动人类自身发展不可或缺的“武器”。所以说，物理学并不枯燥，物理学处处蕴含着“美”。当你将学到的物理知识用于分析生活中遇到的一些具体问题或某些现象时，你就会发现物理既有用、也有趣。

如果你觉得物理学是一个挑战，那么请你勇敢地面对它。很快你就会发现，物理其实

是简单的！因为物理学是基础，我们需要学习的基本定理其实很少，其描述又是如此的简洁。一旦你理解了这些定理，那么你就能在大量自然科学和技术问题中运用它们。相信通过学习物理学，将为你学习其他课程打下坚实的基础，潜移默化中你的分析和处理问题的能力也会得到提高，你将因此变得更加“智慧”！

目 录

第 1 章 质点运动学	1
1.1 质点的位置和位移	2
1.1.1 参考系和坐标系	2
1.1.2 位置矢量和运动方程	3
1.1.3 路程和位移	4
1.2 速度和加速度	5
1.2.1 速度	5
1.2.2 不同参考系中的速度变换	7
1.2.3 加速度	8
1.3 抛体运动	11
1.4 圆周运动	13
1.4.1 圆周运动的描述	13
1.4.2 圆周运动的加速度	16
1.4.3 一般平面曲线运动的加速度	18
本章提要	19
练习题	21
第 2 章 质点动力学	24
2.1 牛顿运动定律	25
2.1.1 牛顿第一定律	25
2.1.2 牛顿第二定律	26
2.1.3 牛顿第三定律	27
2.1.4 惯性系	28
2.2 几种常见的力	29
2.2.1 万有引力	29
2.2.2 弹力	31
2.2.3 摩擦力	31
2.3 牛顿运动定律的应用	32
2.4 功和功率 动能定理	36
2.4.1 恒力的功	36
2.4.2 变力的功 功率	36
2.4.3 几种常见的力做的功	39
2.4.4 动能 动能定理	40

2.5	势能 机械能守恒定律	43
2.5.1	保守力与非保守力	43
2.5.2	势能	43
2.5.3	功能原理 机械能守恒定律	44
2.6	冲量 动量定理	47
2.6.1	冲量	47
2.6.2	动量定理	49
2.7	动量守恒定理 碰撞	51
2.7.1	动量守恒定理	51
2.7.2	碰撞	53
	本章提要	56
	练习题	58
第3章	刚体力学	63
3.1	刚体的平动和定轴转动	64
3.1.1	刚体的平动和转动	64
3.1.2	刚体定轴转动的角量描述	64
3.1.3	角量与线量	66
3.2	力矩 刚体平衡的条件	68
3.2.1	力矩	68
3.2.2	刚体平衡的条件	70
3.3	转动定律	72
3.3.1	转动定律	72
3.3.2	转动惯量	73
3.3.3	平行轴定理	75
3.4	刚体定轴转动中的功和能	76
3.4.1	力矩的功和功率	76
3.4.2	刚体定轴转动的转动动能	77
3.4.3	刚体定轴转动的动能定理	78
3.5	刚体定轴转动的角动量及其守恒定理	81
3.5.1	角动量	81
3.5.2	力矩与角动量的关系	83
3.5.3	角动量守恒定律	84
	本章提要	88
	练习题	90
第4章	流体力学	95
4.1	流体静力学基础	96
4.1.1	密度	96

4.1.2	静止流体内的压强	96
4.1.3	帕斯卡原理和阿基米德原理	98
4.2	液体的表面张力	99
4.2.1	液体的微观结构	100
4.2.2	液体的表面张力	101
4.2.3	液体的表面张力系数	102
4.2.4	表面能	103
4.3	附加压强 毛细现象	105
4.3.1	弯曲液面的附加压强	105
4.3.2	球形液面的附加压强	106
4.3.3	浸润和不浸润	107
4.3.4	毛细现象	109
4.4	理想流体的稳定流动	110
4.4.1	理想流体	110
4.4.2	稳定流动 流线 流管	111
4.4.3	连续性方程	111
4.5	伯努利方程及其应用	113
4.5.1	伯努利方程	113
4.5.2	伯努利方程的应用	115
4.6	黏滞流体的流动	116
4.6.1	层流	116
4.6.2	泊肃叶公式 黏滞系数	117
4.6.3	湍流	118
	本章提要	120
	练习题	121
第5章	静电场	124
5.1	电荷 库仑定律	125
5.1.1	电荷	125
5.1.2	电荷的量子化	126
5.1.3	库仑定律	126
5.1.4	静电力叠加	127
5.2	电场 电场强度	128
5.2.1	电场	128
5.2.2	单个点电荷产生的电场	129
5.2.3	电场强度的叠加原理	130
5.2.4	电荷连续分布的带电体产生的电场	132
5.3	电通量 高斯定理	134
5.3.1	电场线	134

5.3.2	电通量	135
5.3.3	高斯定理	137
5.3.4	高斯定理的应用	138
5.4	静电场的环路定理 电势	141
5.4.1	静电场的环路定理	141
5.4.2	电势能	143
5.4.3	电势 电势差	144
5.4.4	电势的计算	145
5.5	等势面 电场强度与电势梯度	148
5.5.1	等势面	148
*5.5.2	电场强度与电势梯度	149
5.6	静电场中的导体	151
5.6.1	导体的静电平衡条件	151
5.6.2	静电平衡时导体上电荷的分布	152
5.6.3	静电屏蔽	155
5.7	电容和电容器	155
5.7.1	孤立导体的电容	155
5.7.2	电容器的电容	156
5.7.3	电容器的串联和并联	158
5.8	静电场中的电介质	159
5.8.1	电介质对电容的影响 相对电容率	159
5.8.2	电介质的极化	161
5.8.3	有电介质时的高斯定理	162
5.9	电场的能量	164
	本章提要	167
	练习题	170
第 6 章	稳恒磁场	175
6.1	稳恒电流 电流密度	176
6.1.1	稳恒电流 漂移速度	176
6.1.2	电流密度	177
6.2	磁场 磁感应强度	179
6.2.1	基本的磁现象	179
6.2.2	磁场 磁感应强度	180
6.3	带电粒子在磁场中的运动	181
6.3.1	洛伦兹力	181
6.3.2	带电粒子在均匀磁场中的运动	183
6.3.3	带电粒子在非均匀磁场中的运动	185

6.4	带电粒子在正交场中的运动举例	186
6.4.1	回旋加速器	186
6.4.2	霍尔效应	187
6.5	毕奥-萨伐尔定律	190
6.5.1	毕奥-萨伐尔定律	190
6.5.2	毕奥-萨伐尔定律的应用	191
6.6	磁场的高斯定理和安培环路定理	193
6.6.1	磁通量 磁场的高斯定理	193
6.6.2	安培环路定理	194
6.6.3	安培环路定理的应用	196
6.7	磁场对电流的作用	198
6.7.1	安培力	198
6.7.2	两平行长直导线之间的相互作用	200
6.7.3	载流线圈在磁场中所受的力与力矩	201
6.8	磁场中的磁介质	203
6.8.1	磁介质 相对磁导率	203
6.8.2	磁介质的磁化	204
6.8.3	介质中的安培环路定理	207
	本章提要	209
	练习题	212
第7章	电磁感应 电磁场	216
7.1	电源 电动势	217
7.2	电磁感应定律	218
7.2.1	电磁感应现象	218
7.2.2	法拉第电磁感应定律	219
7.2.3	楞次定律	220
7.3	动生电动势	222
7.3.1	动生电动势的产生	222
7.3.2	动生电动势的计算	223
7.4	感生电动势	225
7.4.1	感生电动势的产生	225
7.4.2	感生电场与静电场	227
7.4.3	感生电动势的计算	227
7.4.4	涡电流	228
7.5	自感和互感	229
7.5.1	自感	229
7.5.2	互感	232
7.6	磁场的能量	234



7.7	位移电流 麦克斯韦方程组	235
7.7.1	位移电流 安培-麦克斯韦定理	236
7.7.2	麦克斯韦方程组	238
	本章提要	240
	练习题	241
第 8 章	气体动理论	245
8.1	基本概念	246
8.1.1	阿伏伽德罗常数	246
8.1.2	热运动	246
8.1.3	分子间的作用力	247
8.1.4	状态参量 平衡态	248
8.1.5	热平衡 温度 温标	248
8.1.6	理想气体的宏观描述	249
8.2	理想气体的压强与温度	251
8.2.1	理想气体的微观模型	251
8.2.2	大量气体分子的统计假设	252
8.2.3	理想气体的压强与温度	253
8.3	理想气体的内能	256
8.3.1	自由度	256
8.3.2	能量均分定理	258
8.3.3	理想气体的内能	258
8.4	麦克斯韦速率分布律	260
8.4.1	麦克斯韦速率分布函数	260
8.4.2	三种统计速率	261
8.5	气体分子的平均自由程	264
	本章提要	267
	练习题	269
第 9 章	热力学基础	271
9.1	改变内能的两种方式 准静态过程	272
9.1.1	内能	272
9.1.2	改变内能的两种方式	272
9.1.3	准静态过程	274
9.1.4	准静态过程的功	274
9.2	热力学第一定律 能量守恒定律	276
9.2.1	热力学第一定律	276
9.2.2	能量守恒定律	277

9.3 热力学第一定律的应用	279
9.3.1 等体过程 摩尔定容热容	279
9.3.2 等压过程 摩尔定压热容	280
9.3.3 等温过程	282
9.3.4 绝热过程	283
9.4 热机与制冷机 卡诺定理	286
9.4.1 可逆过程与不可逆过程	286
9.4.2 热机	288
9.4.3 卡诺热机	289
9.4.4 制冷机	290
9.4.5 卡诺定理	293
9.5 热力学第二定律	293
9.5.1 热力学第二定律的两种表述	293
9.5.2 两种表述的等效性	295
9.6 热力学第二定律的微观解释 熵	296
9.6.1 有序和无序	297
9.6.2 气体的自由膨胀	297
9.6.3 熵 熵增加原理	298
本章提要	300
练习题	303
第 10 章 简谐运动	307
10.1 简谐运动的描述	308
10.1.1 简谐运动方程	308
10.1.2 描述简谐运动的特征量	309
10.1.3 振幅和初相位的确定	313
10.2 简谐运动的能量	313
10.3 旋转矢量	315
10.4 简谐运动的合成	317
10.4.1 两个同方向同频率简谐运动的合成	317
10.4.2 两个同方向不同频率的简谐运动的合成	319
*10.4.3 两个相互垂直的简谐运动的合成	321
10.5 外力作用下的振动	323
10.5.1 阻尼振动	323
10.5.2 受迫振动 共振	326
本章提要	329
练习题	330

第 11 章 机械波	333
11.1 机械波的形成和传播	334
11.1.1 机械波的形成	334
11.1.2 横波与纵波	335
11.1.3 波动的描述	336
11.1.4 波线、波面和波前	338
11.2 平面简谐波	340
11.2.1 平面简谐波的波函数	341
11.2.2 波函数的物理意义	342
11.3 波的强度 声波的响度	345
11.3.1 波动能量的传播	345
11.3.2 波的强度	345
11.3.3 声强和响度	346
11.4 波的衍射	348
11.4.1 惠更斯原理	348
11.4.2 波的衍射	349
11.5 波的干涉	350
11.5.1 波的叠加	350
11.5.2 波的干涉	350
11.6 驻波	353
11.6.1 驻波的形成	353
11.6.2 驻波方程	355
11.6.3 半波损失	356
11.6.4 谐波	357
11.7 多普勒效应	359
11.7.1 波源不动, 观察者运动	360
11.7.2 观察者不动, 波源运动	360
11.7.3 观察者与波源同时运动	361
本章提要	364
练习题	366
第 12 章 光学	370
12.1 几何光学	371
12.1.1 光的反射和折射定律	371
12.1.2 全反射	373
12.1.3 平面上的反射与折射成像	374
12.1.4 薄透镜	374

12.2 光的相干性 光程	377
12.2.1 光是一种电磁波	377
12.2.2 光的相干性	378
12.2.3 相干光的获得	378
12.2.4 光程 光程差	379
12.2.5 薄透镜不产生附加光程差	380
12.3 分波面干涉	380
12.3.1 杨氏双缝干涉实验	381
12.3.2 劳埃德镜	383
12.4 分振幅干涉	385
12.4.1 等倾干涉	385
12.4.2 等厚干涉	388
12.4.3 迈克耳孙干涉仪	391
12.5 光的衍射	393
12.5.1 光的衍射现象	393
12.5.2 惠更斯-菲涅耳原理	394
12.5.3 单缝的夫琅禾费衍射	394
12.5.4 圆孔衍射和光学仪器的分辨率	397
12.6 衍射光栅	400
12.6.1 光栅衍射条纹的形成	400
12.6.2 光栅光谱	402
12.7 光的偏振	402
12.7.1 自然光与偏振光	403
12.7.2 偏振片 马吕斯定律	404
12.7.3 布儒斯特定律	406
12.7.4 光的双折射与旋光现象	407
本章提要	410
练习题	413
第 13 章 狭义相对论	417
13.1 经典的相对性原理 伽利略变换	418
13.1.1 经典的时空观和相对性原理	418
13.1.2 伽利略变换	419
13.2 狭义相对论的基本原理	420
13.2.1 经典的相对性原理与电磁规律	420
13.2.2 狭义相对论的两个基本假设	421
13.3 洛伦兹变换	422
13.3.1 洛伦兹坐标变换	422
13.3.2 相对论速度变换	424

13.4 狭义相对论的时空观	425
13.4.1 同时的相对性	426
13.4.2 长度的收缩	428
13.5 狭义相对论动力学基础	432
13.5.1 相对论动量和质量	432
13.5.2 相对论力学的基本方程	434
13.5.3 相对论能量	434
13.5.4 动量与能量的关系	436
本章提要	439
练习题	442
第 14 章 量子力学基础	444
14.1 黑体辐射 普朗克量子假说	445
14.1.1 热辐射	445
14.1.2 黑体与黑体辐射	445
14.1.3 黑体辐射的实验规律	446
14.1.4 普朗克量子假说	447
14.2 光电效应 爱因斯坦方程	448
14.2.1 光电效应的实验规律	448
14.2.2 经典理论解释光电效应遇到的困难	450
14.2.3 光子 爱因斯坦方程	450
14.3 波粒二象性	452
14.3.1 光的波粒二象性	452
14.3.2 粒子的波动性	453
14.4 概率波	454
14.5 不确定性关系	456
本章提要	459
练习题	461
附录 1 常用的导数和积分公式	463
附录 2 物理量的名称、符号和单位	464
附录 3 常用物理常量	466
附录 4 希腊字母表	467
参考文献	468