

普通高等学校教材

GONGKE WULI JIAOCHENG

工科物理教程

(第3版) 下册

宋士贤 文喜星 吴平 主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

工 科 物 理 教 程

(第 3 版)

下 册

宋士贤 文喜星 吴平 主编
文喜星 郑建邦 杨雁南 侯建平 编

國防工業出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

工科物理教程. 下册/宋士贤等主编. —3版. —北京:国防工业出版社, 2005. 11
ISBN 7-118-03907-1

I. 工... II. 宋... III. 物理学—高等学校—教材
IV. 04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 053387 号

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 32¼ 590 千字

2005 年 11 月第 3 版 2005 年 11 月北京第 1 次印刷

印数:1—6000 册 定价:34.00 元

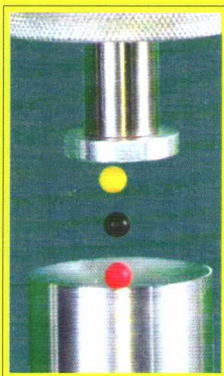
(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764



三个高聚物试样的
声悬浮状态



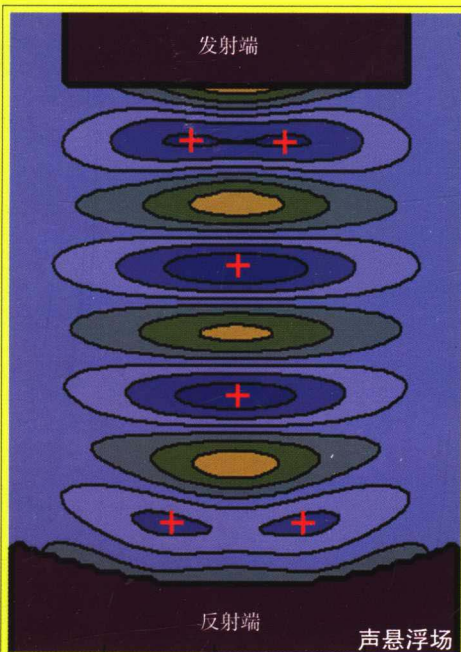
四个液晶试样的声
悬浮状态



金属铌的声悬浮



金属汞的声悬浮



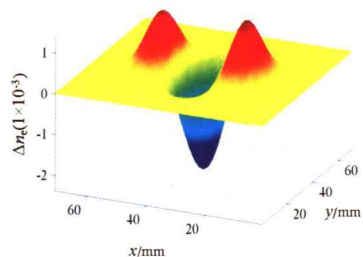
西北工业大学 空间材料科学技术实验室供稿



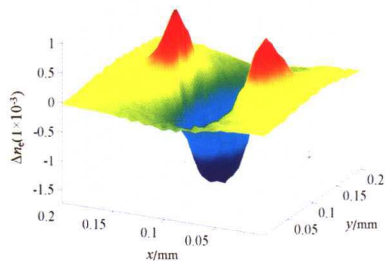
通用无人飞机



消声水池

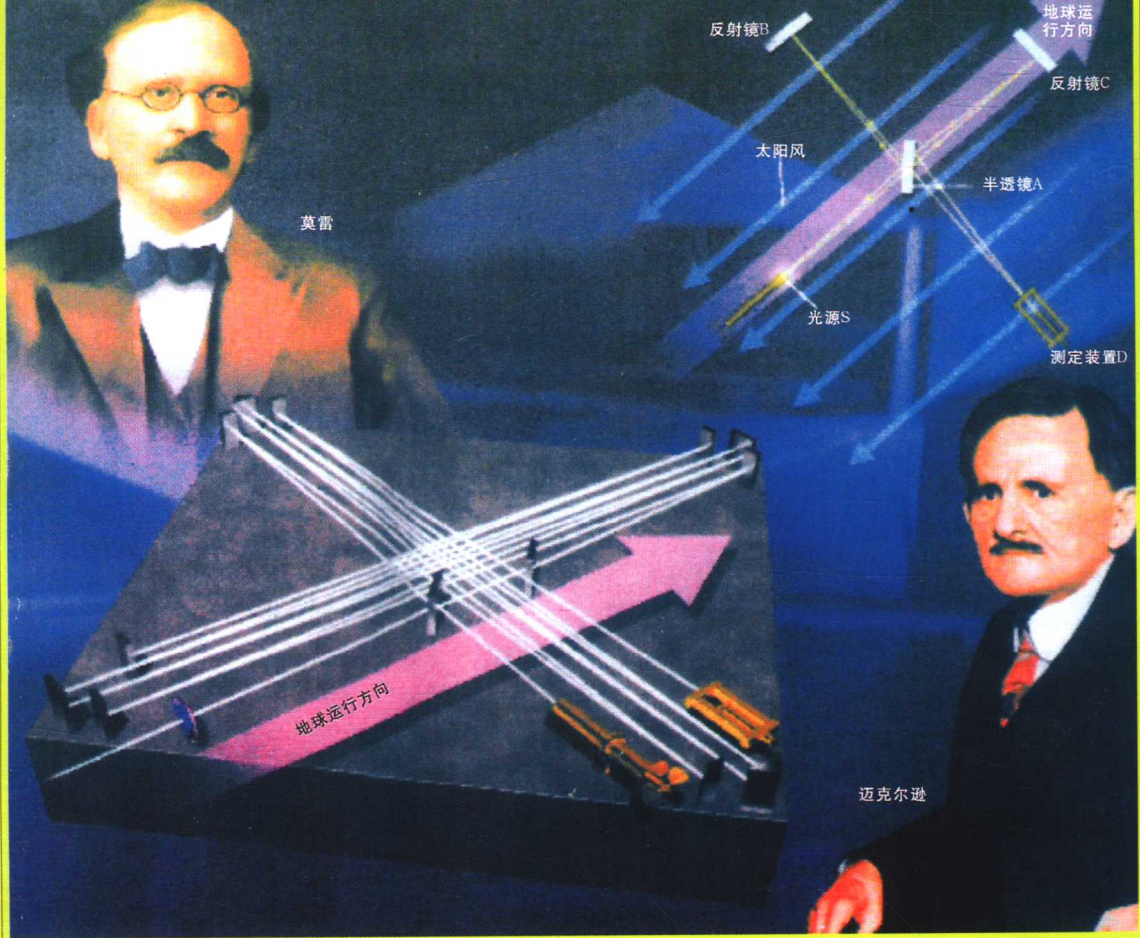


$\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$ 晶体中高斯光束辐照引起的
折射率变化分布的仿真结果



$\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$ 晶体中高斯光束辐照引起的
折射率变化分布的实验结果

西北工业大学 光信息技术实验室供稿



迈克尔逊与莫雷实验

1887年，迈克尔逊和莫雷一起完成了一项著名的实验来检验以太假说。他们的想法是这样的，如果在以太中光速是一定的，那么，当接受者以一定的速度相对于以太运动，光对于他的速度在不同方向应是不同的。他看到迎面而来的光速大，从后面追来的光速小，即光速与接受者相对于以太的速度有关。如果能测量到这个差别，就支持了以太假说。由光源S发出的光线，遇到半透明镜A以后，一部分光线透射，另一部分反射。透射的光线经过C镜的反射后又回到A，其中一部分到达D。由A反射的光线经过B镜的反射后也回到A，其中一部分所用的时间是不一样的。可是，他们没有观测到这种时间差。因此，出路只有两条：一是地球相对于以太的速度总为零，二是以太假说不对，两者必居其一。前一个答案是另人不能接受的。因为相对于太阳来说，地球有公转，还有自转，相对于银河系中心来说，还有太阳系本身的运动。地球相对于以太的速度怎么会为零呢？因此，结论只能是：以太假说是不对的！该实验证明了真空中光速的不变性。

（摘自《科学画报》2002年第10期）

内 容 简 介

《工科物理教程》(第3版)是经过10年不断研究、试用,并在第2版的基础上反复修改而成的。既便于教师组织教学,也利于学生自学、阅读。

本书参照教学基本要求(2004年11月正式报告稿),以经典与近代物理的基本理论、基本概念和研究方法为主干,有所发展和更新。以现代的观点精选内容,把有关的科技发展新成果和物理原理在工程技术中的应用,适度有机地渗透到全书相关部分(两个有机渗透),突显教材现代化和工科物理的特色。并在如何激发学生的创新精神、习题作业改革、增强教材的可操作性和趣味性诸方面做了大胆的探索和尝试,颇有新意和特色。

全书分上、下两册。上册包括导论、力学、电磁学3篇,下册包括热学、波动和近代物理3篇。统一采用《中华人民共和国法定计量单位》和1994年实施的《量和单位》的国家标准,并使用1996年公布的《物理学名词》。

本教程以及与其配套的《工科物理大作业》、《工科物理教程解题指导和练习题选解》、《工科物理教程教师参考书》及电子教案,可作为普通高等院校、成人高等教育和远程网络教育学院工科(本科)各专业116学时~140学时大学物理课程的教材,也可作为自学考试辅导班及自考生的主要参考书,并可供报考研究生的考生以及有关工程技术人员、大中学教师和管理干部等参考。

人类总要不断地总结经验,有所发现,有所发明,有所创造,有所前进。

——毛泽东

前 言

《工科物理教程》从 1995 年的讲义第 1 稿至今,历经 10 个年头,其间根据教育发展形势,与时俱进,并听取了试用院校师生的意见,八易其稿,先后于 2000 年和 2002 年出版了第 1 版和第 2 版。为了顺应教育形势的发展,在第 3 版编写过程中,我们力争以科学发展观为指导,遵循教学规律和科学发展的规律,认真贯彻国家对本课程的基本要求精神,从教学实际需要出发,坚持在教学实践中研究、探索,在研究的基础上改革,并不断将经过实践考验的改革成果充实到教材中来,以形成《工科物理教程》自身的特色与风格。

编写本教程的指导思想和主要创新点是:

1. 课程任务的定位——为工科的培养目标服务

大学物理课程是工科院校所有非物理专业学生必修的一门基础理论课。其任务是:为培养面向 21 世纪具有创新能力的工程技术人才打好必需的物理基础,提高人才素质,开阔思路,激发探索和创新精神,增强学习、掌握和研究开发新产品、新材料、新工艺、新技术、新设备的能力。

本教程既立足于知识的传授,更着眼于能力、素质的培养与提高。全书内容均围绕“框架、概念、思路、方法”展开,着重论述基本的物理现象、物理概念,加强对物理过程的分析和建立正确的物理图象的论述,使学生对整个物理框架有所认识,并注意介绍物理学发展过程中一些重大转折的产生和演变过程,使学生受到物理思维的熏陶,提高物理素质,努力为工科的培养目标服务。

2. 加强两个“有机渗透”,突显教材现代化和工科物理特色

现行教材的内容体系,是经过国内外几代物理工作者努力研究和反复实践

而逐步形成并不断完善的,并且至今仍在不断发展。本教程参照“教学基本要求”(2004年11月正式报告稿),仍以经典与近代物理的基本理论、基本概念和研究方法为主干构架课程内容体系,且有所发展,有所更新。例如,增加了导论篇,介绍物理世界的概貌;把波动光学与机械波合为波动篇,形成统一的波动图象;在热学中,突出了热运动物理图象和统计方法等。特别是,本教程运用了加强“两个有机渗透”的思路,来突显教材现代化和工科物理的特色,即适度把一些近代物理概念、方法及前沿成果,有机地渗透到全书相关部分,并从普通物理的角度予以讨论;同时将一些物理原理促进近代工程技术发展的内容,有机地渗透到教材中。这样,既扩大了教学内容的信息量,增强学生的工程观念,也提高了学生学习、研究物理学的兴趣。

3. 遵循教学规律,确保教材的实用性

“教材是教出来的,不是编出来的”;另一方面,出版教材的目的是为了教学使用。本教程充分反映了作者群体在多年教学中行之有效的改革经验。在内容安排上,撷取精华,保证基础,加强近代;合理确定起点和要求,做到既不与中学物理简单重复,又不跨入后续课程的范围,该扩充的就扩充,该删减的内容也毫不吝啬;针对当前教学现状,还选配了237道不同难度的典型例题供教师和学生选用,并尽量考虑与现行学时相适应,确保教材的实用性,同时,本教程有配套的《工科物理大作业》、《工科物理教程解题指导及练习题选解》、《工科物理教程教师参考书》和电子教案,实现了教材系列化建设。既便于教师能顺利实施讲授方案,也有利于学生学习和研究。

4. 增强了教材的趣味性

“在任何行业中,走向成功的第一步,是对它产生兴趣”,对低年级学生学习物理课程也不例外。本教程除了在选材和行文中注意启迪思维,引起兴趣,唤起共鸣外,还特意开辟了“趣味物理”、“课间小憩”、“物理学家”等46个小窗口,包括介绍牛顿、爱因斯坦等9位物理学家的科学人生轨迹;引入包括夸克、“渐近自由”现象、纳米技术、超声悬浮、STM、暗物质和暗能量等15项最新研究进展,以及从斜拉桥、水坝弧形闸门到相控阵雷达、阿尔法磁谱仪等22项应用类和知识类题目;并将本校先进的科研成果引进了教材。同时,还精心选录了42条有关治学态度和治学方法的名家铭言,按内容和不同阶段的教学需求,穿插在全书的各部分。这样,学生在阅读中,从内容到形式都有新鲜感,增强学习兴趣,更重要的是能扩大知识面,并从中得到启迪。

5. 对习题作业作了大幅度改革

本教程采用了作者经过 20 多年研究、试验,并被不少院校和其他课程移植、引用的《基础练习题和大作业》的习题作业方式,即习题作业由“基础练习题”与“工科物理大作业”两部分组成,并穿插物理小论文(含科技期刊阅读心得)。

“基础练习题”共 470 道,列在本书各章的最后,它紧密结合教学内容,以内容为单元归类选编,并冠以相应的标题。题目从对有关的基本概念和规律的分析讨论,到处理问题的一般思路、方法,再到具体问题的求解和应用,一个层次一个层次地展开,形成一个完整的框架结构。这些练习题一般不要求学生做到作业本上,主要供学生课后复习、自学研究之用,因此,它实际上相当于一份自学指导提纲。

“工科物理大作业”是某一部分教学内容结束后完成的综合性作业,全年共 16 次,合计 400 道题。它覆盖了相应部分教学基本要求的内容,题型包括选择题、填空题、计算题、问答题、证明题和自选题,以利于从各个侧面检验学生掌握知识的程度和能力水平。由于它带有阶段总结的性质,故称为“大作业”。学生可直接在其上答题,不需另备作业本。“工科物理大作业”分次装订,便于教师与学生携带和保存。另外,由于“工科物理大作业”是按教学基本要求编选的,且分次装订,因此,扩展了其适用面,不仅可与本教程配套使用,也可与其它版本的大学物理教材配套使用,且不受教学内容的顺序和教学进度不同的限制。

本教程共 6 篇 17 章,分上、下两册。上册包括导论(第 1 章)、力学(第 2~5 章)和电磁学(第 6~8 章)共 3 篇,下册有热学(第 9~10 章)、波动(第 11~13 章)和近代物理(第 14~17 章)共 3 篇。全书统一采用《中华人民共和国法定计量单位》和 1994 年实施的《量和单位》的国家标准,以及全国自然科学名词审定委员会 1996 年公布的《物理学名词》。

本教程可作为各类高等理工院校(本科)非物理专业 116 学时~140 学时大学物理课的教材,也可作为自学考试辅导班及自考生的主要参考书,并可供报考硕士学位的考生以及有关工程技术人员、大中学教师和管理干部等参考。

本教程由宋士贤、文喜星、吴平任主编,参加编写工作的有:侯建平、宋士贤(第 1、14、15 章、附录)、郭晓枫(第 2~5 章)、吴平、余乐年(第 6~8 章)、文喜星(第 9、10、16、17 章)、郑建邦、杨雁南(第 11~13 章)。由宋士贤负责统稿、定稿。

在编写和修订过程中,得到了西北工业大学理学院各级领导和同仁们的关怀和支持;空间材料科学实验室解文军博士为本书撰写了介绍研究成果的专文;

周王民、王济民等老师也提出了不少中肯的修改建议,并提供了一些有价值的图片;化工系 18021 班曹中林同学在学习过程中,验算、校对了练习题答案;南京航空航天大学理学院各级领导和蓝信梯等老师也给予了具体的支持和指导。在编写过程中,得到了国内物理教学界的资深教授吴百诗(西安交通大学)、马文蔚(东南大学)、严导淦(同济大学)、汤毓骏(东华大学)、徐绪笃(西北工业大学)、**陈大鹏**(长安大学)以及邓新元(清华大学)、王小力(西安交通大学)等教授的指导和具体帮助。第 3 版书稿由马文蔚(主审)、徐绪笃、邓新元三位教授审稿,西安交通大学王小力教授审阅了《工科物理大作业》,他们细致地审阅了全稿,并逐章逐段提出了许多中肯的修改意见,使本书增色不少。西安交通大学李普选高级工程师为本书精心绘制了全部插图。在此,一并表示衷心的感谢。

还要特别感谢中国科学院院士,西安交通大学侯洵教授和中国工程院院士、西北工业大学傅恒志教授对本教程的关怀,以及西北工业大学教材建设科和西北工业大学出版社对本教程的热心扶持、细心呵护和所发挥的孵化作用,同时,也衷心感谢《现代物理知识》、《物理与工程》、《科学》和《科学画报》等杂志社和 Sina 科技时代网给予的支持,以及为本教程的出版付出辛勤劳动的孙卫东、崔松霞、张鹏、徐宏来、宋载飞等同志。

由于编者的学识和经验所限,书中难免有不当甚至错误之处,恳请广大读者特别是使用本教程的教师和同学们指正。

编者

2005 年 3 月

一本新书像一艘船,带领着我们
从狭隘的地方驶向生活的无际广阔的海洋。

——凯勒

目 录

(下 册)

第IV篇 热 学

第9章 热运动的统计描述	2
§ 9.1 热现象与热运动	3
一、热现象	3
二、热现象的宏观规律	4
〈物理趣闻〉壮观的“和平”号“流星雨”	4
三、分子热运动的物理图象	6
§ 9.2 统计规律	10
一、统计规律的概念	10
二、生活中的统计规律	11
三、统计规律的描述	12
四、统计规律的特点	15
§ 9.3 理想气体状态方程	17
一、平衡态与状态参量	17
二、理想气体状态方程	18
〈课间小憩〉真实气体的范德瓦耳斯方程	19
§ 9.4 压强和温度的微观意义	20
一、理想气体的微观模型	20
二、压强的微观本质	21

三、温度的微观本质	23
§ 9.5 理想气体的内能	25
一、运动自由度	26
二、能量均分定理	27
三、理想气体的内能	28
§ 9.6 麦克斯韦速率分布律	30
一、分子速率分布的实验测定	30
二、麦克斯韦速率分布律	32
三、三种统计速率	35
〈趣味物理〉方均根速率与大气成分	37
四、麦克斯韦速度分布律	37
§ 9.7 玻耳兹曼能量分布律	38
一、玻耳兹曼能量分布律	38
二、重力场中粒子按高度的分布	39
§ 9.8 平均自由程与碰撞频率	40
内容提要	43
练习 9 热运动的统计描述	44
第 10 章 热力学	50
§ 10.1 准静态过程	51
一、准静态过程	52
二、准静态过程的功	53
三、热量 Q	56
§ 10.2 热力学第一定律	57
一、等体过程	58
二、等压过程	59
三、等温过程	62
四、绝热过程	64
五、多方过程	66
〈物理之窗〉液化气体	68
§ 10.3 循环过程	70
一、循环过程的一般概念	70
二、卡诺循环	74
§ 10.4 热力学第二定律	78
一、自然过程的不可逆性	79
二、热力学第二定律及其微观意义	79

§ 10.5 熵与熵增加原理	81
一、宏观态与微观态	81
二、热力学概率与熵	84
三、熵增加原理	85
〈物理学家〉L. 玻耳兹曼	86
四、克劳修斯熵公式	87
五、熵与能量	89
内容提要	90
练习 10 热力学	92

第V篇 波 动

第 11 章 简谐运动	101
§ 11.1 简谐运动及其特征	102
一、弹簧振子及其运动分析	102
二、简谐运动的特征	103
三、常见的几种简谐运动	105
§ 11.2 简谐运动的描述方法	110
一、简谐运动方程	110
二、振动曲线	119
三、旋转矢量	120
§ 11.3 简谐运动的合成	124
一、两个同方向、同频率简谐运动的合成	124
二、两个同方向、不同频率简谐运动的合成 拍现象	128
三、两个相互垂直的简谐运动的合成	130
§ 11.4 阻尼振动 受迫振动	135
一、阻尼振动	135
二、受迫振动	137
〈课间小憩〉火车的危险速率	138
内容提要	139
练习 11 简谐运动	140
第 12 章 波的传播规律	151
§ 12.1 机械波传播的物理图象	152
一、弹性介质模型	152
二、横波与纵波	153

三、机械波传播的物理图象	154
§ 12.2 波动的描述方法	155
一、波动的几何描述	155
二、波动曲线	157
三、波动方程	160
§ 12.3 波的能量特征	167
§ 12.4 波的干涉	168
一、波的叠加原理	169
〈物理趣闻〉孤立波与孤立子	169
二、波的干涉	170
三、驻波	175
〈课间小憩〉音乐声学	179
§ 12.5 波的衍射	183
§ 12.6 多普勒效应	185
一、机械波的多普勒效应	185
二、电磁波的多普勒效应	188
§ 12.7 声波	189
一、声压、声强和声强级	189
〈研究进展〉声辐射压与声悬浮技术	192
二、超声波的原理和应用	195
§ 12.8 电磁波	198
一、电磁波的理论预见	198
二、赫兹实验	199
三、电磁波的基本性质	201
四、玻印廷矢量 S	202
五、电磁波谱	203
〈课间小憩〉红外技术	204
内容提要	205
练习 12 波的传播规律	208
第 13 章 光的波动性	218
§ 13.1 几何光学简介	219
一、光线 光速	219
二、几何光学的基本定律	221
三、几种光学器件的成像原理	224
四、光学仪器	232

§ 13.2 光波的物理图象	235
一、原子发光机理 波列	235
二、光程	236
§ 13.3 光的干涉	238
一、光干涉的一般论述	238
二、杨氏双缝干涉	240
三、薄膜干涉	244
四、迈克尔逊干涉仪	252
§ 13.4 光的衍射	255
一、单缝的夫琅禾费衍射	256
二、光栅的夫琅禾费衍射	263
〈趣味物理〉无镜头摄影技术	272
三、X射线的衍射	274
四、光学仪器的分辨率	275
〈课间小憩〉相控阵雷达	278
§ 13.5 光的偏振性	280
一、自然光和偏振光	280
二、起偏与检偏	282
三、马吕斯定律	283
四、布儒斯特定律	284
五、双折射现象	285
六、偏振光的应用	286
内容提要	287
练习 13 光的波动性	290

第VI篇 近代物理

第 14 章 相对论	306
§ 14.1 狭义相对论的两条基本原理和洛伦兹变换	307
一、两条基本原理	307
〈物理学家〉A. 爱因斯坦	309
二、洛伦兹变换	310
§ 14.2 相对论时空观	316
一、同时性的相对性	317
二、时间度量的相对性 时间膨胀	318

〈趣味物理〉孪生子效应·····	321
三、空间度量的相对性 长度收缩·····	322
四、两种时空观·····	326
§ 14.3 相对论动力学结论·····	327
一、相对论性动量·····	327
二、相对论运动方程·····	329
三、质量和能量的关系·····	330
四、动量和能量的关系·····	332
§ 14.4 广义相对论简介·····	336
一、等效原理·····	336
二、广义相对论的相对性原理·····	337
三、广义相对论的预言和验证·····	339
〈热门话题〉暗物质和暗能量·····	341
内容提要·····	343
练习 14 相对论·····	345
第 15 章 光的量子性 ·····	350
§ 15.1 普朗克量子论·····	351
一、黑体辐射·····	351
二、普朗克量子论·····	353
〈物理学家〉M. 普朗克·····	355
§ 15.2 爱因斯坦的光子学说·····	357
一、光电效应的实验规律·····	357
二、爱因斯坦的光子学说·····	359
§ 15.3 康普顿效应·····	365
§ 15.4 玻尔氢原子理论·····	370
一、氢原子光谱规律·····	370
二、玻尔氢原子理论·····	371
〈物理学家〉N. 玻尔·····	373
内容提要·····	379
练习 15 光的量子性·····	381
第 16 章 量子力学引论 ·····	385
§ 16.1 实物粒子的波粒二象性·····	386
一、德布罗意波·····	387
〈物理学家〉L. 德布罗意·····	388
二、物质波的实验验证·····	389

〈趣味物理〉德布罗意波与玻尔的量子条件·····	393
§ 16.2 不确定关系·····	394
〈物理学家〉W. 海森伯·····	397
§ 16.3 物质波波函数的统计解释·····	400
一、波函数·····	400
二、玻恩对物质波的统计解释·····	401
§ 16.4 薛定谔方程·····	402
§ 16.5 薛定谔方程的应用·····	405
一、一维无限深方势阱·····	405
二、势垒和隧道效应·····	409
〈物理之窗〉扫描隧穿显微镜(STM)·····	412
§ 16.6 氢原子的量子力学描述·····	414
一、氢原子的定态薛定谔方程·····	414
二、氢原子中电子运动的若干结论·····	415
§ 16.7 多电子原子中的电子分布·····	418
一、斯忒恩-盖拉赫实验 电子自旋·····	418
二、四个量子数·····	419
三、多电子原子的壳层结构·····	420
内容提要·····	423
练习 16 量子力学引论·····	425
第 17 章 量子理论的应用 ·····	429
§ 17.1 激光·····	430
一、激光的形成机理·····	430
二、激光器的结构·····	433
三、激光器件·····	436
〈课间小憩〉我国第一台激光器·····	436
〈物理前沿〉自由电子激光·····	439
四、激光的特性与应用·····	440
〈趣味物理〉激光冷冻和俘陷原子·····	441
§ 17.2 固体的能带理论·····	443
一、固体的能带·····	444
二、导体、半导体和绝缘体的能带结构·····	447
三、半导体的导电机理·····	449
〈课间小憩〉诱人的 CD 技术·····	454
§ 17.3 超导电性·····	457