



武汉大学·普通高等教育“十二五”规划教材
21世纪高等学校教材

大学基础物理

3

(第三版)

主 编 徐斌富

副主编 潘传芳 章可钦 邹 勇



科学出版社

版权所有,侵权必究

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

内 容 简 介

《大学基础物理》是武汉大学·普通高等教育“十二五”规划教材、21 世纪高等学校教材之一。本套教材共分三册。本书是《大学基础物理》第三册,讲述光学和近代物理学的基本概念和规律,内容包括几何光学、波动光学、相对论、量子物理、原子、分子、固体、核物理等,最后一章主要是以光学和近代物理学的基本规律为基础,简要地介绍了全息照相、超导宏观量子效应等现代科学与高新技术内容,用以拓展学生的物理知识面。

本书可作为高等学校大学物理课程的教材,也可以作为中学物理教师教学和其他读者自学的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

大学基础物理. 第3册/徐斌富主编. —3版. —北京:科学出版社,2012.6
武汉大学·普通高等教育“十二五”规划教材 21 世纪高等学校教材
ISBN 978-7-03-034406-9

I. 大… II. 徐… III. 物理学—高等学校—教材 IV. O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 104888 号

责任编辑:吉正霞/责任校对:董艳辉

责任印制:彭 超/封面设计:苏 波

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>

武汉市新华印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007 年 1 月第 一 版

2008 年 7 月第 二 版 开本:B5(720×1000)

2012 年 6 月第 三 版 印张:23

2012 年 6 月第六次印刷 字数:439 000

定价:35.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

武汉大学·普通高等教育“十二五”规划教材
21 世纪高等学校教材

《大学基础物理》编写组

主 编 徐斌富

主 审 张哲华

(以下按姓氏笔画排序)

副主编 邹 勇 章可钦 潘传芳

编写者 尹 玲 刘大鹏 孙幼林

李长真 邹 勇 沈黄晋

徐斌富 章可钦 潘传芳

第三版前言

为适应经济社会发展、学科专业建设和教育教学改革,本套教材编写组在保持第二版的结构、篇幅和风格不变前提下,根据教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会物理基础课程教学指导委员会关于《理工科类大学物理课程教学基本要求》(2010年版),于2012年对全书进行了修订.相对第二版,第三版进行了以下几点修订:

第一,主要对第2章、第8章和第24章的思考题与习题作了比较大的增减和调整.

第二,对少量节、段进行了增减和调整.

第三,对少量错漏的文字、符号、图表进行了认真校正.

担任本套教材编写的人员(见第一版前言),除第29章和第30章由李长真教授负责修订和部分改写外,其余章节各自负责其编写和修订工作.

本套教材经再次修订后更趋完善,恳请各位专家和学者对本教材提出宝贵意见.

编 者

2012年3月

于武昌珞珈山

第二版前言

《大学基础物理》是 21 世纪高等学校基础课程教材之一,是一套力求与教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会物理基础课程教学指导分委员会关于《理工科类大学物理课程教学基本要求》(2008 年版)相适应的大学物理课程新教材,为武汉大学“十一五”规划教材,第一版使用对象主要是武汉大学理科(非物理专业)、工科和医科等专业本科生。

为适应新世纪的教学要求,打造品牌教材,并全面推向社会,本套教材编写组集思广益,广开言路,全面收集教师、学生和读者的反馈意见和各种信息,在保持第一版编写风格的前提下,于 2008 年对全书进行了第二版的编写和修订工作,修订的第二版具有如下几个特点:

第一,结构更加合理,更符合理科(非物理专业)、工科和医科等专业本科生的教学实际和大学物理教学、教改走向。

第二,对部分章节的内容进行了增删、修改、润色,将节后的基础习题移至章后与综合习题编排在一起,并统称为习题。

第三,对少量编写、编辑、校对差错,进行了认真校正。

担任本套教材各册、编写的人员(见第一版前言)各自负责其编写、修订工作。

本套教材为武汉大学教学改革成果,第二版被遴选为科学出版社普通高等教育“十一五”规划教材,在此向关心本套教材的各位同仁表示谢意,同时欢迎读者继续对本套教材提出批评和建议。

编 者

2008 年 5 月

于武昌珞珈山

第一版前言

《大学基础物理》是 21 世纪高等学校基础课程教材之一. 这是一套力求与教育部高等学校非物理类专业物理基础课程教学指导分委员会关于《非物理类理工科大学物理课程教学基本要求》(正式报告稿 2004 年 12 月 3 日)(以下简称《基本要求》)相适应的大学物理课程新教材, 是编者在总结多年教材改革和教学实践的基础上, 汲取了当前国内外优秀教学改革成果而编写的. 下面对本教材作几点说明:

1. 课程内容现代化更突出

现代高新科技的发展突飞猛进, 高等院校正在培养的是 21 世纪的科技人才, 在新教材中加强介绍科学前沿和技术应用发展中的基础性物理原理, 使课程内容现代化是非常必要的. 在编写本教材时, 我们作了一点尝试, 除了在第三册中大篇幅地介绍近代物理基础理论外, 还在每章中尽可能引入一点对当前新技术领域中的基础性物理原理的介绍. 另外在每册的最后一章, 专题讨论与本册相关的现代科学与高新技术物理基础知识, 使课程内容现代化更突出.

2. 科学思维与创新能力的培养更明显

本套教材的教学目标定位在对学生进行科学素质教育、人才的“创新、创造、创业”教育和物理基础理论及其在现代高新技术应用上的教育, 培养学生独立获取知识的能力、科学思维能力和解决问题的能力. 如何在教材中实现上述目标, 是编者的一个重大课题. 在编写本教材时, 我们也作了一点尝试, 除了常规地设计例题、基础习题、思考题和综合习题外, 还开设了《思考与探索》这一新栏目, 使科学思维与创新能力的培养更明显.

3. 分层次组织教学更方便

为了适合高等学校不同层次、不同类型的各专业学生对大学物理课程的教学要求, 本教材内容在编排上分为三个层次, 即大学物理核心内容、扩展内容(其章节用 * 标注)和较深入内容(其章节用 ** 标注), 以适应分类或分层次组织教学. 本套教材核心内容按《基本要求》的 126 学时编写, 扩展内容和较深入内容可根据不同层次、不同类型的各专业的要求选讲. 在课后作业题的编排上, 以学生为本, 分层次指导的特点也是很明显的. 对基础较差的学生可多布置一些基础习题; 对基础较好的学生可多布置一些思考题和综合习题; 对物理特别感兴趣的学生, 除了多布置

一些思考题和综合习题之外,还可以引导他进入《思考与探索》这一新栏目参与研讨.

担任本套教材各册编写与审稿的人员如下:

第一册主编:徐斌富 邹 勇 潘传芳 章可钦

第二册主编:徐斌富 章可钦 邹 勇 潘传芳

第三册主编:徐斌富 潘传芳 章可钦 邹 勇

全书主审:张哲华

第一册编写人员:

邹勇(第 1、2、3、4 章;第 10 章 § 10.1)

潘传芳(第 5 章)

刘大鹏(第 6、7 章;第 10 章 § 10.2)

尹玲(第 8、9 章;第 10 章 § 10.3)

第二册编写人员:

孙幼林(第 11、12 章;第 19 章 § 19.1)

章可钦(第 13、14、15、16 章;第 19 章 § 19.2)

沈黄晋(第 17、18 章;第 19 章 § 19.3)

第三册编写人员:

潘传芳(第 20、21、22、23 章;第 31 章 § 31.1)

徐斌富(第 24、25、26、27、28 章;第 31 章 § 31.2、§ 31.3)

刘莲君(第 29、30 章)

张哲华教授对本套教材的编写提出了指导性的意见,梁荫中教授和刘莲君教授对本套教材的编写给予了许多有益的帮助,本套教材在编写过程中得到了武汉大学教务部、武汉大学物理科学与技术学院领导的关心和大力支持,在此一并表示衷心的感谢.

由于编写时间较紧,书中疏漏和不足之处在所难免,我们真诚希望读者批评指正.

编 者

2006 年 9 月

目 录

第 20 章 几何光学	1
20.1 几何光学的基本规律	1
20.1.1 几何光学的基本规律	2
20.1.2 费马原理	2
20.2 成像的基本概念	3
20.2.1 物的概念	4
20.2.2 像的概念	4
20.2.3 物像之间的等光程性	5
20.3 球面折射	5
20.3.1 单球面折射	5
20.3.2 共轴球面系统	8
20.4 透镜	9
20.4.1 薄透镜	9
20.4.2 薄透镜的组合	12
20.4.3 厚透镜	13
20.4.4 柱面透镜	15
20.4.5 透镜的像差	15
*20.5 眼睛的光学系统	17
20.5.1 眼睛的光学结构	17
20.5.2 眼睛的调节	18
20.5.3 眼睛的屈光不正及其矫正	18
*20.6 常用光学仪器	21
20.6.1 放大镜	21
20.6.2 普通光学显微镜	22
20.6.3 望远镜	24
20.6.4 纤维光束内窥镜	24
思考题	25
习题	26
思考与探索	28

第 21 章 光的干涉	29
21.1 光的波动学说及光的相干性	29
21.1.1 光的波动学说	29
21.1.2 普通光源发光的微观机制	30
21.1.3 光波的叠加及其相干性	31
21.1.4 相干光的获得	33
21.2 波阵面分割法产生的光的干涉	33
21.2.1 杨氏双缝干涉实验	33
21.2.2 菲涅耳双面镜实验	37
21.2.3 劳埃德镜实验	37
21.2.4 光程 光程差 相位差	38
21.2.5 透镜不产生附加光程差	40
21.3 振幅分割法产生的光的干涉	41
21.3.1 薄膜干涉概述	41
21.3.2 等倾干涉	42
21.3.3 等厚干涉	43
21.3.4 等厚干涉的应用	45
21.4 迈克耳孙干涉仪	49
21.4.1 仪器结构和原理	49
21.4.2 迈克耳孙干涉仪的应用	50
*21.5 光波的空间相干性和时间相干性	51
21.5.1 干涉条纹的可见度	51
21.5.2 光波的空间相干性	52
21.5.3 光波的时间相干性	54
思考题	55
习题	56
思考与探索	58
第 22 章 光的衍射	59
22.1 惠更斯-菲涅耳原理	59
22.1.1 光的衍射现象	59
22.1.2 惠更斯-菲涅耳原理	60
22.1.3 衍射的分类	61
22.2 单缝衍射	62
22.2.1 衍射装置与衍射图样的特点	62
22.2.2 单缝衍射的明暗条纹位置	63

22.2.3 明条纹的角宽度和线宽度	64
22.2.4 衍射图样的光强分布	67
**22.2.5 用积分法计算单缝衍射的光强分布	69
22.3 圆孔衍射	70
22.3.1 衍射装置和衍射图样特点	70
22.3.2 成像仪器的分辨本领	71
**22.3.3 用积分法计算圆孔衍射的光强分布	75
22.4 光栅衍射	77
22.4.1 光栅的结构及其衍射图样	77
22.4.2 光栅衍射的光强分布	78
22.4.3 光栅方程	80
22.4.4 暗条纹和次极大的位置	80
22.4.5 主极大的半角宽度	81
22.4.6 缺级现象	81
22.4.7 光栅光谱	83
**22.4.8 光栅的角色散和分辨本领	84
22.5 晶体对 X 射线的衍射	85
22.5.1 X 射线的发生装置	85
22.5.2 劳厄实验	86
22.5.3 布拉格公式	86
思考题	88
习题	88
思考与探索	90
第 23 章 光的偏振	91
23.1 自然光与偏振光	91
23.1.1 横波的偏振性	91
23.1.2 偏振光与自然光	92
23.2 起偏和检偏 马吕斯定律	93
23.2.1 偏振片	93
23.2.2 起偏和检偏	94
23.2.3 马吕斯定律	95
23.3 反射光和折射光的偏振性	96
23.3.1 反射光的偏振性	96
23.3.2 折射光的偏振性	98
23.4 双折射	99

23.4.1 双折射现象	99
23.4.2 双折射晶体 光轴 主截面	100
23.4.3 光在单轴晶体中的传播	101
23.4.4 偏振棱镜	104
*23.5 椭圆偏振光和圆偏振光	105
23.5.1 波片——相位推迟片	105
23.5.2 椭圆偏振光和圆偏振光的获得	106
23.5.3 圆偏振光和椭圆偏振光的检验	107
*23.6 偏振光的干涉	109
23.6.1 偏振光的干涉装置	109
23.6.2 光矢量的分解与合成	109
23.6.3 合振幅与光强	110
*23.7 人为双折射和旋光现象	111
23.7.1 光弹效应	111
23.7.2 电光效应	112
23.7.3 旋光现象	113
思考题	116
习题	116
思考与探索	119
第24章 狭义相对论	120
24.1 牛顿力学的相对性原理	120
24.1.1 牛顿的绝对时空观	120
24.1.2 牛顿力学的相对性原理	123
24.1.3 电磁学与牛顿力学的相对性原理	124
24.2 实验基础和基本假设	125
*24.2.1 寻找以太的尝试——迈克耳孙-莫雷实验	125
**24.2.2 修改麦克斯韦电磁理论的尝试——发射理论	129
24.2.3 狭义相对论的基本假设	130
24.3 洛伦兹变换	131
24.3.1 洛伦兹变换	131
24.3.2 对洛伦兹变换式的讨论	133
24.4 相对论时空观	134
24.4.1 时序的相对性和因果律	134
24.4.2 时间膨胀	138
24.4.3 长度收缩	139

24.4.4 洛伦兹速度变换	141
24.5 相对论动力学	142
24.5.1 质速关系	142
24.5.2 质能关系	145
24.5.3 能量与动量的三角关系	148
24.6 电磁场的相对性	149
24.6.1 相对论动量和能量的变换式	149
24.6.2 相对论力的变换式	151
24.6.3 电磁场的相对论变换式	152
思考题	153
习题	154
思考与探索	156
第 25 章 初期量子论	157
25.1 黑体辐射与普朗克量子假设	157
25.1.1 热辐射 黑体	157
25.1.2 基尔霍夫热辐射定律	159
25.1.3 黑体的辐射定律	159
25.1.4 普朗克量子假设	161
25.2 光电效应与爱因斯坦光量子论	165
25.2.1 光电效应	165
25.2.2 康普顿效应	168
25.2.3 电子对效应	171
25.3 玻尔的氢原子量子论	172
25.3.1 原子的有核模型	172
25.3.2 氢原子光谱的实验规律	174
25.3.3 玻尔的原子里论	175
25.3.4 玻尔原子理论的应用	176
25.4 弗兰克-赫兹实验	179
25.4.1 实验装置与原理	179
25.4.2 实验结果	180
25.4.3 分析与讨论	180
25.5 对玻尔原子理论的评价	181
思考题	182
习题	182
思考与探索	184

第 26 章 量子力学基础	185
26.1 德布罗意假设	185
26.1.1 德布罗意假设	186
26.1.2 德布罗意假设对玻尔轨道量子化条件的解释	187
26.1.3 德布罗意假设的实验验证	187
26.2 不确定关系	189
26.2.1 坐标和动量	189
26.2.2 能量和时间	191
26.3 波函数	192
26.3.1 波函数的引入	192
26.3.2 波函数的物理意义	193
26.3.3 波函数的标准条件	194
26.4 薛定谔方程	194
26.4.1 薛定谔方程	195
26.4.2 定态及定态薛定谔方程	197
26.4.3 一维无限深方势阱	198
* 26.4.4 一维谐振子	200
26.4.5 一维势垒 扫描隧道显微镜 (STM)	202
26.5 力学量算符	207
26.5.1 算符	207
26.5.2 算符的一般性质	207
* 26.5.3 量子力学中常用的几类算符	209
26.5.4 本征值方程和力学量的算符表示	210
26.5.5 角动量算符的本征值和本征函数	213
* 26.6 量子力学的基本原理	216
思考题	218
习题	218
思考与探索	220
第 27 章 原子	221
27.1 氢原子	221
27.1.1 氢原子的定态薛定谔方程	221
27.1.2 电子概率密度分布	224
27.2 电子自旋	227
27.2.1 简单塞曼效应	227
27.2.2 电子自旋	230

27.2.3 斯特恩-格拉赫实验	231
*27.3 碱金属原子	233
27.3.1 碱金属原子的光谱实验规律	234
27.3.2 碱金属原子束缚定态的能级	236
27.3.3 碱金属原子光谱的精细结构	237
27.4 多电子原子的壳层结构	241
* 27.4.1 独立电子近似	241
27.4.2 原子的壳层结构和电子组态	243
27.4.3 电子壳层分布规则	243
*27.5 激 光	245
27.5.1 激光器的基本结构	246
27.5.2 受激吸收 自发辐射 受激辐射	246
27.5.3 粒子数布居反转	248
27.5.4 工作物质	249
27.5.5 光学谐振腔	250
思考题	251
习题	251
思考与探索	252
第 28 章 分子与固体	253
28.1 双原子分子	253
28.1.1 氢分子	253
28.1.2 分子转动能级	255
28.1.3 分子振动能级	256
28.1.4 分子光谱特征	257
28.2 固体的能带	259
28.2.1 固体能带的形成	259
28.2.2 能带中的电子行为	262
28.3 导体 绝缘体 半导体	264
28.3.1 导体	264
28.3.2 绝缘体	265
28.3.3 半导体	265
28.4 pn 结 半导体器件	266
28.4.1 杂质半导体	266
28.4.2 pn 结	270
28.4.3 半导体器件	272

思考题	273
习题	273
思考与探索	274
第 29 章 核物理与粒子物理	275
29.1 原子核的组成和一般性质	275
29.1.1 原子核的组成	275
29.1.2 原子核的自旋和磁矩	276
29.1.3 原子核的结合能	277
29.1.4 核力的主要性质	278
29.1.5 核结构模型	279
29.2 核的放射性衰变	279
29.2.1 放射性的基本特征	280
29.2.2 核衰变的类型	280
29.2.3 放射性衰变规律	283
29.3 原子核反应	286
29.3.1 反应能	287
29.3.2 核反应机制	288
29.4 原子核的裂变与聚变	289
29.4.1 原子核的裂变	289
29.4.2 原子核聚变	291
29.5 粒子物理简介	292
29.5.1 粒子的分类	292
29.5.2 粒子的性质	293
29.5.3 粒子间的相互作用	293
29.6 强子结构的夸克模型	295
29.6.1 夸克模型	295
29.6.2 夸克的“色”及色相互作用	296
思考题	298
习题	299
第 30 章 天体物理与宇宙学	301
30.1 牛顿万有引力理论的新版本——广义相对论基础	301
30.1.1 开普勒的行星运动定律	301
30.1.2 牛顿的万有引力定律	303
30.1.3 水星之谜	304
30.1.4 广义相对论的两条基本原理	305

30.1.5 广义相对论中的时空观·····	307
30.1.6 广义相对论的实验验证·····	310
30.2 天体物理简介·····	312
30.2.1 天体系统的空间层次·····	313
30.2.2 恒星演化·····	316
30.3 宇宙学简介·····	320
30.3.1 宇宙的均匀性·····	321
30.3.2 宇宙各向同性的膨胀·····	322
30.3.3 宇宙大爆炸理论·····	324
30.3.4 宇宙的密度与暗物质·····	328
30.3.5 “热寂说”的终结·····	329
30.3.6 结束语·····	331
· 第 31 章 现代科学与高新技术物理基础(3) ·····	332
31.1 全息照相·····	332
31.1.1 全息照相的基本原理·····	332
31.1.2 全息照片的拍摄要求和特点·····	335
31.1.3 全息照相的应用·····	336
31.2 超导宏观量子效应·····	336
31.2.1 超导态的重要特征·····	336
31.2.2 BCS 理论 ·····	339
31.2.3 超导宏观量子效应·····	341
31.2.4 高临界温度超导体研究的进展·····	343
31.3 量子霍尔效应·····	343
习题参考答案·····	345

第20章

几何光学

光给人以视觉,人们主要是通过光从物质世界获得信息,进而认识物质世界的。人类对光现象、光的传播规律、光的本性及其与物质的相互作用的研究已有三千多年的历史,已经形成了完整的学科,成为物理学中一个重要部分。

光的本性是具有波动和粒子二象性,即:光在传播过程中是一种波动,表现为有一定的波长;光在与物质相互作用时表现为具有一定能量和动量的粒子。所以,光学的研究分为几何光学、波动光学和量子光学等几部分。几何光学是在研究对象的几何尺寸远大于所用光波的波长时,仅以光的直线传播为基础,研究光在透明介质中的反射、折射传播规律及成像问题,是设计光学仪器的主要依据;波动光学主要研究光的干涉、衍射和偏振等光的波动性质和规律,以及在生产实际中的应用;量子光学则是以量子理论为基础,将光作为一种能量量子,从微观过程研究光与物质相互作用的规律。

20世纪50年代至60年代激光的问世,给光学的发展注入了新的活力,新的理论、新的技术不断涌现,激光物理、激光技术、光信息处理技术、光纤技术、非线性光学、傅里叶光学等得到了飞速发展,成为现代科学技术的前沿阵地的一部分。

几何光学在各个领域都有广泛的应用,例如望远镜、照相机、显微镜和内窥镜等都是根据几何光学的原理设计制造的;利用几何光学的原理还可以分析眼睛成像的物理原理及非正视眼的矫正方法。

本章在介绍几何光学的基本规律后,主要讨论球面的折射、透镜的成像、眼睛的屈光及几种常用光学仪器。

20.1 几何光学的基本规律

在均匀介质中,光源发出的光,可以用许多有方向的直线来表示,这种有方向的直线称为光线。事实上,在光传播的空间并不存在这种有方向的直线,而只是有