



普通高等教育“十二五”规划教材

大学物理

DAXUE WULI

主 编◎徐送宁 石爱民 王雅红
副主编◎孙丽媛 赵 星 马学军 金惠强 王 莉
主 审◎耿 平

普通高等教育“十二五”规划教材

大学物理

主 编	徐送宁	石爱民	王雅红
副主编	孙丽媛	赵 星	马学军
	金惠强	王 莉	
主 审	耿 平		

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书根据最新大学物理课程教学基本要求,由辽宁省10所高校联合编写而成,是作者多年教学经验和教学改革成果的结晶。本书在保持传统教材基础性的前提下,注重物理思想、物理图像以及与科学技术和生活的结合。

本书共16章,涵盖了“基本要求”中的A类内容,精选部分B类内容,具有较强的教学适应性。采用双色印刷增强图文表现力,提升了阅读效果。

本书适用于普通高等学校理工类专业大学物理教学,适应培养高素质应用型人才的需要。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

大学物理 / 徐送宁, 石爱民, 王雅红主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2014. 1
ISBN 978-7-5640-8820-0

I. ①大… II. ①徐… ②石… ③王… 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(2014)第017041号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

82562903 (教材售后服务热线)

68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市天利华印刷装订有限公司

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 26

字 数 / 610千字

版 次 / 2014年1月第1版 2014年1月第1次印刷

定 价 / 55.00元

责任编辑 / 张慧峰

文案编辑 / 张慧峰

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

编委会名单

主任委员：苏晓明 何希勤 徐送宁

副主任委员：赵 星 赵德平 聂 宏
孙丽媛 阎慧臻 石爱民
蔡 敏 宋岱才 霍满臣

编写说明

根据《教育部关于“十二五”普通高等教育本科教材建设的若干意见》（教高〔2011〕5号）精神和《辽宁省教育厅办公室关于组织开展“十二五”普通高等学校本科规划教材首批推荐遴选工作的通知》（辽教办发〔2011〕249号）的要求，沈阳工业大学、辽宁科技大学、辽宁石油化工大学、辽宁工业大学、大连交通大学、大连工业大学、沈阳航空航天大学、沈阳理工大学、沈阳建筑大学和沈阳工程学院等辽宁省内10所理工科院校理学院（数理系）发起组织了普通高等教育本科基础课高等数学（理工类）、高等数学（经管类）、概率论与数理统计、线性代数、工程数学、大学物理、大学物理实验、高等数学（英文·双语教材）、大学物理（英文·双语教材）等九门课程教材的编写工作。

为做好本套教材的编写工作，确保优质教材进课堂，辽宁省10所理工科院校的理学院院长（数理系主任）及基础课相关学科负责人组建了学科建设和教材编写专委会和编委会。专委会工作的目标是通过创新、融合，整合各院校优质教学教研资源，广泛吸收10所理工科院校在工科基础课课程教学理念、学科建设和体系搭建等方面的教学教研建设成果，按照当今最新的教材理念和立体化教材开发技术，通过不断的教材修订、立体化体系建设打造“工科基础课”教材品牌。

本套书力求结构严谨、逻辑清晰、叙述详细、通俗易懂。全书有较多的例题，便于读者自学，同时注意尽量多给出一些应用实例。

本书可供高等院校理工科类各专业学生使用，也可供广大教师、工程技术人员参考。

辽宁省10所理工科院校理学院（数理系）
基础课学科建设和教材编写专委会和编委会

2013年6月6日

前言

物理学是研究物质的基本结构、基本运动形式、相互作用及其转化规律的自然科学。它的基本理论渗透在自然科学的各个领域，应用于生产技术的各个方面，是一切其他自然科学和工程技术的基础。

以物理学基础为内容的大学物理课程是高等学校理工科各专业学生一门重要的通识性必修基础课。课程所包含的基本概念、基本理论和基本方法是大学生科学素养的重要组成部分，是科学工作者和工程技术人员必备的基本素质。

本教材是为适应当前大学物理教学改革的需要，根据教育部大学物理课程指导委员会制订的最新大学物理课程教学基本要求，由沈阳理工大学、大连交通大学、大连工业大学、沈阳航空航天大学、沈阳工业大学、辽宁科技大学、沈阳建筑大学、辽宁石油化工大学、辽宁工业大学和辽宁工程学院 10 所辽宁省高校组建编委会，以创新、融合、优化院校优质资源为先导，结合辽宁省 10 所理工科院校对工科基础课课程教学理念、学科建设和体系搭建等研究建设成果，在参编教师充分研讨的基础上，按照当今最新的教材理念和立体化教材开发技术联合编写而成的，是编者多年教学经验和教学改革成果的结晶，同时汲取了国内外一些优秀物理教材的优点。

全书共有 16 章，涵盖了大学物理课程基本要求中的 A 类内容 69 条，精选 B 类内容 9 条。其中力学部分（包括狭义相对论）共有 4 章，涵盖基本要求中的经典力学中全部 A 类内容的 7 条，以及狭义相对论全部 A 类内容 4 条和 B 类内容 2 条；振动与波部分 2 章，包括全部 A 类要求的 9 条；热学部分 2 章，涵盖全部 A 类内容的 10 条和 B 类内容 1 条；电磁学部分 3 章，包括 A 类内容的 19 条和 B 类内容 1 条；光学部分 3 章，包括了几何光学以外的 A 类要求的 10 条和 B 类要求 4 条；量子物理基础部分 2 章，包括了全部的 A 类要求的 10 条和 B 类要求 1 条。

本教材在保持传统教材基础性的前提下，注重物理思想、物理图像以及与科学技术和生活的结合，具有较强的教学适应性。本书适用于普通高等学校理工类专业大学物理教学，适应培养高素质应用型人才的需要，具有如下特点：

1. 在每一章的开篇设置了“学习目标”和“实践活动”部分。列举每章的学习目标，明确指出掌握、理解和了解的内容，使学生在学时明确学习任务。“实践活动”是在介绍理论知识之前，导入几个贴近实际工作的实践活动，引发学生的学习兴趣。

2. 对于经典物理内容，特别是高中物理涉猎较多的力学与电磁学部分，注重与中学物理的衔接，适度提高起点，避免在内容上与中学内容重复。注重物理思想和科学思维方法，启发学生的创新思维，培养学生的创新意识。强调物理基本知识及运用知识的综合能力，避免繁琐的数学推导，理论与实践紧密相连，增加了知识在生产实践中的具体应用，以提高学生对知识的实际运用能力。

3. 淡化经典与近代物理的界限, 将狭义相对论内容归入力学, 放在质点力学之后, 在研究宏观低速运动基础上, 讨论宏观高速运动问题, 有利于学生对狭义相对论问题的理解, 消除对其产生的陌生感和神秘感。

4. 在光学与近代物理部分, 从光的波动性和量子性直接引入实物粒子的波粒二象性, 使学生充分认识波粒二象性是光和自然界一切实物粒子的共同属性。在量子物理基础中以专题形式介绍了氢原子研究的实验方法和不同阶段的理论方法, 使学生能够切实了解氢原子问题的多种科学研究方法, 体会各自的特点、成功与缺陷。有利于活跃学生的科学思维, 激发求知欲望, 培养学生的创新意识。

5. 精选例题、习题。例题求解过程注意引导、培养学生科学的思维方法和分析问题、解决问题的能力; 习题与理论知识很好地配合, 难易结合, 数量适中。

6. 采用双色印刷增强图文表现力, 提升了视觉冲击力, 提高了阅读效果。

本书由沈阳理工大学徐送宁、大连交通大学石爱民、大连工业大学王雅红、沈阳航空航天大学孙丽媛、辽宁工业大学赵星和辽宁石油化工大学王莉负责全书的提纲设计, 组织协调; 书稿整理、统稿由沈阳理工大学徐送宁负责; 执笔分工如下: 第一、二、三、四章由大连交通大学石爱民编写, 第五、六章由沈阳航空航天大学孙丽媛编写, 第七、八章由沈阳理工大学金惠强编写, 第九、十、十一章由大连工业大学王雅红编写, 第十二、十三、十四、十五、十六章由沈阳理工大学徐送宁、马学军编写, 本书由东北大学耿平教授主审。

由于编者水平有限, 书中难免有疏漏与不妥之处, 欢迎老师和同学们在使用过程中提出宝贵意见。

编 者

2013 年 8 月

目 录

第 1 章 质点运动学	1
1.1 描述质点运动的物理量	1
1.1.1 质点与参考系	1
1.1.2 位置矢量	2
1.1.3 位移和路程	2
1.1.4 速度和速率	3
1.1.5 加速度	5
1.2 直角坐标系下质点运动的描述	6
1.3 自然坐标系下质点运动的描述	10
1.3.1 自然坐标系下的速度与加速度	10
1.3.2 圆周运动的角量表示	11
1.4 相对运动	12
1.5 小结	13
1.6 习题	14
第 2 章 质点动力学	16
2.1 牛顿运动定律	16
2.1.1 牛顿三定律	16
2.1.2 力学中常见的力	19
2.2 力的时间累积效应——动量定理 动量守恒定律	26
2.2.1 质点的动量定理	26
2.2.2 质点系动量定理	29
2.2.3 质心及质心运动定理	30
2.2.4 动量守恒定律	31
2.3 力的空间累积效应——功 动能 能定理	33
2.3.1 功与功率	33
2.3.2 动能与动能定理	36
2.4 功能原理 机械能守恒定律 碰撞	38
2.4.1 势能	38
2.4.2 功能原理	43
2.4.3 机械能守恒定律	44
2.4.4 碰撞	48
2.5 质点的角动量定理及角动量守恒定律	51
2.5.1 质点的角动量	51

2.5.2 质点的角动量定理	51
2.5.3 质点的角动量守恒定律	52
2.6 小结	52
2.7 习题	53
第3章 狭义相对论	58
3.1 伽利略相对性原理与伽利略变换	58
3.1.1 伽利略相对性原理	58
3.1.2 伽利略变换	59
3.1.3 经典时空观	60
3.2 爱因斯坦假设与洛伦兹变换	61
3.2.1 狭义相对论产生的背景和条件	61
3.2.2 爱因斯坦假设	62
3.2.3 洛伦兹变换	62
3.3 狭义相对论时空观	64
3.3.1 同时性的相对性	64
3.3.2 动钟变慢效应	64
3.3.3 长度收缩效应	65
3.3.4 速度变换法则	66
3.4 狭义相对论动力学基础	67
3.4.1 质速关系	67
3.4.2 相对论动力学基本方程	68
3.4.3 质能关系	69
3.4.4 能量-动量关系	70
3.5 小结	71
3.6 习题	71
第4章 刚体的运动	73
4.1 刚体运动的描述	73
4.1.1 平动和转动	73
4.1.2 刚体的定轴转动	74
4.2 转动定律 转动惯量	75
4.2.1 刚体的转动定律	75
4.2.2 刚体的转动惯量	76
4.2.3 转动定律的应用	79
4.3 力矩的功 转动动能	81
4.3.1 力矩的功	81
4.3.2 刚体的转动动能	82
4.3.3 刚体绕定轴转动的动能定理	83
4.4 角动量定理及角动量守恒定律	83
4.4.1 刚体对转轴的角动量	83

4.4.2 刚体对转轴的角动量定理	83
4.4.3 刚体对转轴的角动量守恒定律	84
4.5 小结	85
4.6 习题	85
第5章 机械振动	88
5.1 简谐振动	88
5.1.1 弹簧振子运动	88
5.1.2 简谐运动方程	89
5.1.3 简谐运动速度和加速度	90
5.2 简谐振动的振幅 角频率 位相(相位)	91
5.2.1 振幅	91
5.2.2 周期 频率 圆频率	91
5.2.3 相位(位相)	92
5.3 简谐运动的旋转矢量表示法	94
5.4 简谐运动的能量	97
5.5 简谐运动的合成	99
5.5.1 两个同方向同频率简谐运动的合成	99
5.5.2 同方向不同频率简谐运动的合成	101
5.6 阻尼振动 受迫振动 共振	102
5.6.1 阻尼振动	102
5.6.2 受迫振动	104
5.6.3 共振	105
5.7 小结	106
5.8 习题	108
第6章 机械波	110
6.1 机械波的产生和传播	110
6.1.1 机械波产生的条件	110
6.1.2 横波与纵波	111
6.1.3 波动的几何描述	112
6.1.4 描述波动的几个物理量	112
6.2 平面简谐波的波函数	114
6.2.1 波动方程建立	114
6.2.2 波动方程的物理意义	115
6.2.3 平面简谐波波动方程	120
6.3 波的能量 能流和能流密度	120
6.3.1 波的能量	121
6.3.2 能流和能流密度	123
6.4 惠更斯原理及应用	124
6.4.1 惠更斯原理	124

6.4.2 波的衍射现象	125
6.4.3 波的反射与折射	126
6.5 波的叠加原理 波的干涉	127
6.5.1 波的叠加原理	127
6.5.2 波的干涉	127
6.6 驻波	130
6.6.1 驻波方程	130
6.6.2 驻波的特点	130
6.6.3 驻波实验	132
6.6.4 问题讨论	132
6.7 多普勒效应*	133
6.7.1 多普勒效应含义	133
6.7.2 多普勒效应中频率表达式	133
6.8 小结	134
6.9 习题	137
第7章 气体动理论	140
7.1 气体动理论的基本概念	140
7.1.1 热力学系统	140
7.1.2 平衡态 平衡过程	141
7.1.3 状态参量	142
7.1.4 理想气体的状态方程	143
7.1.5 分子热运动的无序性	144
7.1.6 统计规律	145
7.2 理想气体的压强和温度公式	146
7.2.1 理想气体的微观模型	146
7.2.2 理想气体压强公式的推导	147
7.2.3 温度的本质和统计意义	149
7.3 能量按自由度均分定理 理想气体的内能	150
7.3.1 自由度	151
7.3.2 能量均分定理	152
7.3.3 理想气体的内能	152
7.4 麦克斯韦速率分布	154
7.4.1 速率分布函数	154
7.4.2 麦克斯韦速率分布律	155
7.4.3 三种速率	157
7.4.4 测定气体分子速率分布的实验	158
7.5 分子碰撞和平均自由程	159
7.6 小结	162
7.7 习题	163

第 8 章 热力学基础	165
8.1 热力学的基本概念	165
8.1.1 改变内能的方式	165
8.1.2 热力学第一定律的数学表达式	166
8.1.3 功 热量 内能	167
8.2 热力学第一定律对理想气体等值过程的应用	169
8.2.1 等体过程	170
8.2.2 等压过程	170
8.2.3 等温过程	173
8.2.4 绝热过程	174
*8.2.5 多方过程	176
8.3 循环过程 卡诺循环	179
8.3.1 循环过程	179
8.3.2 热机和制冷机	180
8.3.3 卡诺循环	183
8.4 热力学第二定律	185
8.4.1 可逆过程与不可逆过程	185
8.4.2 热力学第二定律的含义	186
8.4.3 卡诺定理	187
8.5 热力学第二定律的统计意义和熵的概念	187
8.5.1 热力学第二定律的统计意义	187
8.5.2 熵 熵增原理	189
8.5.3 熵的热力学表示	190
8.6 小结	192
8.7 习题	193
第 9 章 真空中的静电场	197
9.1 电场强度 场强叠加原理	197
9.1.1 电荷 电荷守恒定律	197
9.1.2 库仑定律	198
9.1.3 电场 场强叠加原理	199
9.2 电通量 高斯定理	202
9.2.1 电场线	202
9.2.2 电通量	203
9.2.3 高斯定理	204
9.2.4 应用高斯定理求电场强度	206
9.3 静电场的环路定理	208
9.3.1 静电场力的功	209
9.3.2 静电场力的环路定理	209
9.4 电势能 电势	210

9.4.1	电势能	210
9.4.2	电势	210
9.4.3	电势的计算	211
9.5	电场强度与电势梯度	213
9.5.1	等势面	213
9.5.2	电势梯度	214
9.6	静电场中的导体	215
9.6.1	静电平衡条件	215
9.6.2	静电平衡时导体上的电荷分布	215
9.6.3	静电屏蔽	219
9.7	静电场中的电介质	220
9.7.1	电介质的电极化现象	220
9.7.2	介电强度和介电损耗	222
9.8	电位移 有电介质时的高斯定理	222
9.9	电容 电容器	224
9.9.1	孤立导体的电容	224
9.9.2	电容器的电容	224
9.9.3	电介质对电容器电容的影响	225
9.9.4	几种典型电容器	225
9.9.5	电容器的连接	227
9.10	静电场的能量	229
9.11	静电的其他应用	232
9.11.1	静电喷漆	232
9.11.2	静电除尘	233
9.11.3	静电复印	233
9.12	小结	234
9.13	习题	237
第 10 章	恒定磁场	240
10.1	磁场 磁感应强度	240
10.1.1	磁现象	240
10.1.2	磁场、磁感应强度概述	241
10.2	毕奥-萨伐尔定律	242
10.2.1	毕奥-萨伐尔定律的含义	242
10.2.2	毕萨定律的应用举例	243
10.3	磁场高斯定理	246
10.3.1	磁感应线	246
10.3.2	磁通量	247
10.3.3	磁场的高斯定理	247
10.4	安培环路定理	248

10.4.1 安培环路定理的含义	248
10.4.2 安培环路定理的应用	249
10.5 磁场对电流的作用	253
10.5.1 磁场对载流导线的作用	253
10.5.2 匀强磁场对平面载流线圈的作用	254
10.6 带电粒子在磁场中的运动	256
10.6.1 洛伦兹力	256
10.6.2 带电粒子在均匀磁场中的运动	256
10.6.3 带电粒子在非均匀磁场中的运动	258
10.6.4 霍尔效应	258
10.7 磁介质	260
10.7.1 磁介质的分类	260
10.7.2 顺磁质和抗磁质的磁化	260
10.7.3 磁介质中的安培环路定理 磁场强度	262
10.7.4 铁磁质	265
10.8 小结	267
10.9 习题	268
第11章 电磁感应 电磁场	271
11.1 电磁感应	271
11.1.1 电磁感应现象	271
11.1.2 电动势	272
11.1.3 电磁感应定律	273
11.2 感应电动势	274
11.2.1 动生电动势	274
11.2.2 感生电动势 感生电场	276
11.2.3 电子感应加速器	278
11.3 自感和互感	279
11.3.1 自感	279
11.3.2 互感	280
11.4 磁场能量	281
11.5 麦克斯韦电磁场理论简介	283
11.5.1 位移电流	283
11.5.2 麦克斯韦方程组的积分形式	285
11.6 电磁波谱及其应用	286
11.7 小结	288
11.8 习题	288
第12章 光的干涉	291
12.1 相干光	291
12.1.1 普通光源的发光特点	291

12.1.2 获得相干光的方法	292
12.2 杨氏双缝干涉 光程	292
12.2.1 杨氏双缝实验	292
12.2.2 杨氏双缝干涉条纹的特点	293
12.2.3 光程 光程差	295
12.2.4 洛埃镜实验	297
12.3 薄膜干涉	297
12.3.1 薄膜干涉	297
12.3.2 等倾干涉条纹	300
12.3.3 等厚干涉条纹	300
12.4 干涉现象在工程技术中的应用	305
12.4.1 镀膜光学元件	305
12.4.2 光学元件表面质量检查	306
12.4.3 迈克尔孙干涉仪	307
12.5 相干长度 相干时间	308
12.6 小结	309
12.7 习题	310
第13章 光的衍射	313
13.1 光的衍射现象 惠更斯-菲涅尔原理	313
13.1.1 光的衍射现象	313
13.1.2 惠更斯-菲涅尔原理	314
13.2 单缝的夫琅和费衍射	315
13.2.1 单缝衍射实验	315
13.2.2 菲涅尔半波带法	315
13.2.3 单缝衍射条纹的特点	317
13.3 光栅衍射	319
13.3.1 光栅衍射现象	319
13.3.2 光栅衍射规律	319
13.3.3 光栅衍射条纹的特征	321
13.3.4 光栅光谱	323
13.4 光学仪器的分辨本领	324
13.4.1 圆孔的夫琅和费衍射	324
13.4.2 光学仪器的分辨率本领	325
13.5 X射线的衍射	326
13.5.1 X射线的衍射	326
13.5.2 布喇格公式	327
13.6 小结	328
13.7 习题	328

第 14 章 光的偏振	330
14.1 光的偏振性	330
14.1.1 偏振现象与横波	330
14.1.2 自然光 偏振光	330
14.2 马吕斯定律	331
14.2.1 偏振片的起偏和检偏	331
14.2.2 马吕斯定律	332
14.3 反射光和折射光的偏振 布儒斯特定律	333
14.3.1 反射光和折射光的偏振	333
14.3.2 布儒斯特定律	333
14.4 光的双折射	335
14.4.1 双折射现象	335
14.4.2 寻常光 非常光	335
14.4.3 晶体光学的几个概念	336
14.4.3 用惠更斯原理解释双折射现象	337
14.5 小结	339
14.6 习题	339
第 15 章 波粒二象性	341
15.1 光的本性	341
15.1.1 光本性的争论	341
15.1.2 光的本性	341
15.2 热辐射 普朗克量子假设	342
15.2.1 热辐射	342
15.2.2 黑体	343
15.2.3 黑体辐射规律	343
15.2.4 普朗克量子假设	344
15.3 光电效应	345
15.3.1 光电效应	345
15.3.2 光电效应的实验规律	346
15.3.3 经典电磁理论的困难	348
15.3.4 光子假说 爱因斯坦方程	348
15.4 康普顿效应	349
15.4.1 康普顿效应的实验规律	349
15.4.2 康普顿效应的理论解释	350
15.5 实物粒子的波粒二象性	352
15.5.1 德布罗意物质波假设	352
15.5.2 德布罗意波的实验验证	353
15.5.3 德布罗意波的统计解释	356
15.6 不确定关系	357

15.7 小结.....	359
15.8 习题.....	360
第 16 章 量子力学基础	362
16.1 波函数 薛定谔方程.....	362
16.1.1 波函数.....	362
16.1.2 薛定谔方程.....	363
16.2 薛定谔方程的应用.....	366
16.2.1 一维无限深方势阱.....	366
* 16.2.2 隧道效应	368
16.3 氢原子.....	369
16.3.1 氢原子光谱的实验规律.....	369
16.3.2 玻尔的氢原子理论.....	371
* 16.3.3 氢原子的量子力学处理方法	374
* 16.3.4 多电子原子中电子分布	380
16.4 小结.....	381
16.5 习题.....	382
习题答案	384