

普通高等教育“十三五”规划教材

简明大学物理

主 编 张 乐 黄 祝 明

普通高等教育“十三五”规划教材

简明大学物理

主 编 张 乐 黄 祝 明

 同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书根据一般工科本科院校学生的实际情况,适当更新了教学体系和内容的深度及广度,同时吸取了近年来国内出版的面向 21 世纪课程教材的一些先进的思想和方法,力求做到“经典物理现代化,物理前沿普物化”,具有可教性和可学性的双重特色。

全书共 5 篇(19 章)内容:第 1 篇力学;第 2 篇电磁学;第 3 篇振动和波动及波动光学;第 4 篇热学基础;第 5 篇近代物理,每章后附有习题及参考答案。

本书可作为高等工科院校各专业和理科非物理学专业大学物理课程的教科书,也可供大学物理教师作为教学参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

简明大学物理/张乐,黄祝明主编. —上海:同济大学出版社,2018. 1

ISBN 978-7-5608-7524-8

I. ①简… II. ①张…②黄… 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 288321 号

普通高等教育“十三五”规划教材

简明大学物理

主编 张 乐 黄祝明

责任编辑 陈佳蔚 责任校对 徐春莲 封面设计 潘向葵

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn
(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

排 版 南京月叶图文制作有限公司

印 刷 常熟市大宏印刷有限公司

开 本 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张 31

印 数 1—1 500

字 数 774 000

版 次 2018 年 1 月第 1 版 2018 年 1 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-7524-8

定 价 59.80 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

本书编委会

主 编

张 乐 黄祝明

编写人员

黄祝明 胡亚联 李端勇
吴 锋 余仕成 张 乐
方路线 张 璐

前 言

物理学是整个自然科学的支柱,是人类文明、现代科技和工业的根基.纵观世界科技发展史,物理学的每一次重大突破,都极大地促进了社会生产力的发展.

物理学是一切自然科学的基础.物理学所研究的粒子和原子,构成了蛋白质、基因、器官、生物体、一切人造的和天然的物质、陆地、海洋和大气,等等.在这个意义上,物理学构成了化学、生物学、材料科学和地球物理学等学科的基础,物理学的基本概念和技术被应用到了所有的自然科学.在这些学科和物理学之间的边缘领域中,形成了一系列新的分支学科和交叉学科,从而促使自然科学更加迅速地发展.

物理学一直是自然科学的带头学科.它与现代应用技术的广泛结合,为人类认识自然、改造自然、发展生产提供了强有力的武器.一方面,物理学为所有的科学领域提供了理论基础、实验手段和研究方法.现代物理学已发展到能够说明小到分子、原子、原子核、基本粒子、超弦,大到恒星、星系、宇宙的种种现象和规律,也能够说明种种线性的和非线性的复杂问题.物理学理论为自然科学和工程科学的大厦奠定了坚不可摧的基石.另一方面,物理学的重要作用还在于它利用其重要的理论框架,建立了许多相关学科或交叉学科,如生物物理、天体物理、化学物理、原子物理、量子化学、量子生物学、生物磁学等.

物理学决定着人们对物质世界的根本性看法.物理学发现的关于物质运动遵循的“决定论法则”“随机性法则”以及“混沌性法则”,是迄今为止人类对自然认识的最高境界.物理学的研究方法和思维也是无与伦比的:“理想模型法”“实验方法”“类比方法”“科学假说”“思想实验”“对称性思维”等,无一不闪耀着科学和智慧的光辉,对所有学科都有借鉴作用.

既然物理学对于自然科学的发展、社会生产力的进步起着如此巨大的带头和推动作用,大学物理学在高等教育中的地位就不言而喻了.在人类所有的才能之中,最重要、最神奇的就是思维能力和创新能力.大学物理在人才的创新能力、思维能力的培养方面有着重要的不可替代的作用.大学物理通过物理学的基本思维、基本观念、基本实验的设计思想、方法、技能等的教学来实现对人才科学素质的培养.

21 世纪高等教育的观念正在发生转变,社会和市场需要高素质、有创新能力的“复合型”人才.因此,大学物理的教学目的,应当是培养和提高学生的科学素质、科学思维方法和科学研究的能力.人才培养是一个系统工程,大学物理教学必须为高等教育人才培养的总目标服务.大学物理教学的任务除了使学生掌握基本的物理知识及实际实用,并得到有关技术技能、技巧的训练外,更重要的是发展学生智力,提高学生能力,培养学生的科学世界观和科学素质.大学物理教学必须着重培养学生的观察和实验能力、科学思维能力、分析和解决实际问题的能力、自学能力,等等.另外,大学物理还应把发展学生的非智力因素纳入教学任务.主要是:通过揭示物质运动规律培养学生辩证唯物主义的科学世界观;通过严格的实验训练培养学生实事求是的科学态度;通过物理学史的教学来激发学生的学习兴趣;通过物理学理论体系的整体介绍,使学生能够鉴赏什么是和谐、对称、统一的科学美,培养学生的科学情趣.

工科专业的学生为什么要学物理?过去的看法是为专业课服务.于是专业课需要的内容就讲,不需要的内容就不讲或少讲.这种陈旧的观点显然不能适应 21 世纪人才培养的需要.著名理论物理学家、诺贝尔奖得主理查德·费曼说:“科学是一种方法,它教导我们:一些事物是怎样被了解的,什么事情是已知的,现在了解到什么程度(因为没有事情是绝对已知的),如何对待疑问和不确定性,证据服从什么法则,如何去思考事物,做出判断,如何区别真伪和表面现象.”所以,大学物理课不仅仅是物理知识的教育,也不只是为专业课服务.大学物理学是学习一切工程技术知识,培养学生科学素质的最有效的基础课,是 21 世纪迎接新技术挑战的必修课,是科技和工程技术人员终身学习过程中必须在大学阶段学习的重要理论课.大学物理课应当把对学生的科学素质教育作为自己的首要任务,使学生对物理学的内容、方法、概念和物理图像的历史和前沿发展,从整体上有一个全面的了解.

教育部非常重视 21 世纪工科物理教材编写工作.目前国内新编大学物理教材众多,其侧重点各有不同.有的突出了理论物理学的内容,有的引入了计算机物理,有的增加了物理技术应用方面的篇幅.这些教材由于把一些理论物理的内容引入了普通物理,使得教材难度增大,不适合一般工科本科院校使用,特别不适宜学生自学.

教学内容的核心就是教材.21 世纪大学物理教材一方面要在新内容、高起点、技术应用等方面有较大突破;另一方面也应具有易教易学的特点.一般工科本科院校的大学物理教学如何面向 21 世纪,教材又如何适应新世纪教学改革的需要?这

些问题一直是我们的教学研究和探讨的主题. 本书仍基本保持传统模式, 适当更新了教学体系, 内容简单明了, 深度和广度较适当, 同时吸取了近年来国内出版的面向 21 世纪课程教材的一些先进的思想和出色的方法, 力求做到“经典物理现代化, 物理前沿普物化”, 便于学生自学和教师教学. 为适应不同的教学对象和不同专业类别的教学需要, 书中“*”号部分内容可作为选读.

本书适合作为工科院校“少学时”大学物理课程的教材使用. 本书由张乐、黄祝明主编, 负责制定编写提纲, 提出要求, 并进行全书的修改和统稿工作. 各篇章的具体分工如下: 第 1—3 章由黄祝明编写; 第 4, 第 5 章由胡亚联编写; 第 6—9 章由余仕成编写; 第 10, 第 19 章由李端勇编写; 第 11—13 章、第 18 章由张乐编写; 第 14—17 章由吴锋编写. 全书由黄祝明负责审稿. 本书出版过程中, 得到武汉工程大学邮电与信息工程学院和同济大学出版社的关心和支持, 在此表示衷心的感谢.

由于编者水平所限, 书中如有缺点和错误, 敬请读者提出宝贵意见.

编 者

2017 年 12 月

目 录

前 言

第 1 篇 力 学

第 1 章 质点运动学	3
1.1 质点运动的描述	3
1.1.1 参考系、坐标系	3
1.1.2 质点、质点系	3
1.1.3 质点运动的矢量描述	4
1.2 常用坐标系的选用	7
1.2.1 直角坐标系、抛体运动	7
1.2.2 自然坐标系、切向加速度和法向加速度	9
1.3 相对运动	11
习题 1	13
第 2 章 经典力学的守恒定律	15
2.1 牛顿运动定律和惯性系	15
2.1.1 牛顿运动定律的表述及其应用	15
2.1.2 惯性系与非惯性系	19
* 2.1.3 平动加速参考系中的惯性力	19
* 2.1.4 匀速转动参考系中的惯性离心力	20
2.2 动量定理和动量守恒定律	20
2.2.1 冲量和质点的动量定理	21
2.2.2 质点系动量定理	23
2.2.3 动量守恒定律	25
* 2.2.4 质心及质心运动定理	27
2.3 动能定理和机械能守恒定律	28
2.3.1 功和质点的动能定理	29
2.3.2 保守力、非保守力和势能	32
2.3.3 势能曲线及应用	35

2.3.4	质点系的动能定理和功能原理	37
2.3.5	机械能守恒定律与能量守恒定律	40
* 2.3.6	两体碰撞	41
2.4	角动量和角动量守恒定律	43
2.4.1	质点的角动量	43
2.4.2	力矩和质点的角动量定理	45
2.4.3	质点角动量守恒定律	46
2.4.4	质点系的角动量定理	47
* 2.4.5	质心系的角动量定理	48
习题 2		49
第 3 章	刚体力学简介	52
3.1	刚体运动学	52
3.1.1	刚体及研究方法	52
3.1.2	刚体的平动和定轴转动	53
3.1.3	描述刚体转动的物理量	53
3.1.4	匀变速转动公式	56
3.1.5	角量和线量的关系	56
3.2	刚体动力学	59
3.2.1	刚体绕定轴转动时对转轴的角动量	59
3.2.2	转动惯量	60
3.2.3	刚体定轴转动的转动定理	63
3.2.4	刚体定轴转动的角动量定理	65
3.2.5	刚体定轴转动的动能定理	67
* 3.2.6	刚体的进动和回转效应	70
习题 3		71

第 2 篇 电磁学

第 4 章	真空中的静电场	75
4.1	静电的基本现象	75
4.1.1	电荷和电荷守恒定律	75
4.1.2	库仑定律	79
4.2	静电场的描述	82
4.2.1	电场和电场强度	82
4.2.2	场强叠加原理	84
4.3	真空中静电场的高斯定理	90
4.3.1	电场线与电通量	90

4.3.2 静电场的高斯定理及应用	93
4.4 静电场环路定理和电势	100
4.4.1 静电场的环路定理	100
4.4.2 电势差和电势	103
4.4.3 电势叠加原理	105
* 4.4.4 电场强度与电势梯度的关系	108
习题 4	110
第 5 章 有导体和电介质时的静电场	113
5.1 有导体存在时的静电场	113
5.1.1 导体的静电平衡	113
5.1.2 静电平衡时导体上的电荷分布	114
5.1.3 静电现象的应用	119
5.2 电容和电容器	120
5.2.1 孤立导体的电容	120
5.2.2 电容器及其电容	121
5.2.3 电容器的串并联	123
5.3 有电介质时的静电场	124
5.3.1 电介质及其极化机制	125
5.3.2 电介质的极化规律	126
5.3.3 有介质时的高斯定理 电位移	128
5.3.4 电介质在电容器中的作用	131
5.4 静电场的能量	132
5.4.1 带电体系的静电能	132
5.4.2 电场的能量和能量密度	135
习题 5	136
第 6 章 真空中的稳恒磁场	138
6.1 磁的基本现象	138
6.1.1 早期磁现象	138
6.1.2 近期磁现象	139
6.2 恒定电流	140
6.2.1 恒定电流 电流密度矢量	140
6.2.2 电流的连续性原理 恒定电流的条件	143
6.2.3 电源的电动势	144
6.3 稳恒磁场的描述	146
6.3.1 磁场和磁感应强度	146
6.3.2 毕奥-萨伐尔定律	147
6.3.3 运动电荷的磁场	151
6.4 磁场的高斯定理	152

6.4.1	磁感应线 磁通量	152
6.4.2	磁场的高斯定理	153
6.5	磁场的安培环路定理	154
6.5.1	磁场的安培环路定理	154
6.5.2	利用安培环路定理求磁场的分布	157
6.6	磁场对运动电荷的作用	160
6.6.1	洛伦兹力	160
6.6.2	带电粒子在磁场中的运动	162
6.6.3	霍尔效应	166
*6.6.4	量子霍尔效应	169
6.7	磁场对电流的作用	169
6.7.1	安培力及安培定律	169
6.7.2	平行无限长载流直导线的相互作用力	173
6.7.3	载流线圈在均匀磁场中所受的力矩	175
6.7.4	磁力的功	177
	习题 6	178
第 7 章 有磁介质时的磁场		181
7.1	磁场中的磁介质	181
7.1.1	磁介质及其磁化机制	181
7.1.2	磁介质的磁化规律	183
7.1.3	有磁介质时的安培环路定理 磁场强度	186
7.2	铁磁质	188
7.2.1	磁化曲线	188
7.2.2	软磁材料和硬磁材料	190
7.2.3	磁畴理论	190
	习题 7	191
第 8 章 电磁感应		192
8.1	电磁感应定律	192
8.1.1	电磁感应现象	192
8.1.2	电磁感应规律	193
8.2	动生电动势	195
8.2.1	动生电动势产生的原因	195
8.2.2	动生电动势的计算	197
8.3	感生电动势 感生电场	199
8.3.1	感生电动势产生的原因	199
8.3.2	感生电场及感生电动势的计算	200
8.4	自感 互感	203
8.4.1	自感	203

8.4.2 互感	205
8.5 磁场的能量	206
8.5.1 线圈的自感磁能	206
8.5.2 磁场的能量	207
习题 8	209
第 9 章 电磁场和麦克斯韦方程组	211
9.1 位移电流	211
9.1.1 稳恒电磁场的基本规律	211
9.1.2 位移电流	211
9.1.3 安培环路定理的普遍形式	213
9.2 麦克斯韦方程组	215
9.2.1 积分形式	215
9.2.2 微分形式	216
9.2.3 物性方程	216
9.3 电磁波	217
9.3.1 电磁波的产生	217
9.3.2 电磁波的基本性质	218
9.3.3 电磁场的物质性	219
习题 9	221

第 3 篇 振动和波动 波动光学

第 10 章 简谐振动和平面简谐波	225
10.1 线性振动	225
10.1.1 简谐振动	225
10.1.2 阻尼振动	234
10.1.3 受迫振动和共振	236
10.2 振动的合成与分解	238
10.2.1 振动的合成	238
* 10.2.2 振动的分解	242
10.3 机械波的产生和传播	243
10.3.1 波的基本概念	243
10.3.2 平面简谐波	246
10.3.3 波的能量	249
10.4 波的叠加	251
10.4.1 惠更斯原理	251
10.4.2 波的干涉	252
10.4.3 驻波的形成和特点	254

习题 10	258
第 11 章 光的干涉	260
11.1 相干光.....	260
11.2 杨氏双缝干涉实验、双面镜、劳埃镜.....	261
11.2.1 杨氏双缝干涉实验.....	262
11.2.2 菲涅耳双面镜和劳埃镜实验.....	264
11.3 薄膜干涉.....	265
11.3.1 光程和光程差.....	265
11.3.2 薄膜干涉公式.....	266
11.3.3 半波损失.....	267
11.4 劈尖膜和牛顿环.....	269
11.4.1 劈尖膜干涉.....	269
11.4.2 牛顿环.....	272
11.4.3 增透膜与增反膜.....	273
11.5 迈克尔逊干涉仪.....	275
* 11.6 多光束的干涉	277
习题 11	278
第 12 章 光的衍射	279
12.1 惠更斯-菲涅耳原理	279
12.1.1 光的衍射现象.....	279
12.1.2 惠更斯-菲涅耳原理	279
12.1.3 两类衍射.....	280
12.2 单缝夫琅和费衍射.....	281
12.3 衍射光栅.....	284
12.3.1 光栅的构成.....	284
12.3.2 光栅衍射条纹的形成.....	285
12.3.3 光栅方程.....	286
12.3.4 光栅衍射图样的几点讨论.....	287
12.4 圆孔衍射 光学仪器分辨本领.....	289
12.5 X 射线衍射.....	291
习题 12	292
第 13 章 光的偏振	294
13.1 自然光和偏振光.....	294
13.2 反射和折射时光的偏振.....	296
13.3 晶体的双折射和偏振棱镜.....	297
13.4 偏振片的起偏和检偏 马吕斯定律.....	300
* 13.5 偏振光的干涉	303
习题 13	304

第 4 篇 热学基础

第 14 章 热学的预备知识	307
14.1 热力学系统的状态和过程	307
14.1.1 热力学系统	307
14.1.2 热力学状态	307
14.1.3 热力学过程	308
14.2 温度	308
14.2.1 热力学第零定律	308
14.2.2 温度计和温标	309
14.3 分子热运动与分子力	310
14.3.1 通常的物质是由大量分子(或原子)组成的	310
14.3.2 分子热运动	311
14.3.3 分子力	311
14.4 状态参量和物态方程	312
14.4.1 状态参量 物态方程	312
14.4.2 气体的实验定律 理想气体	313
14.4.3 理想气体状态方程	313
14.4.4 范德瓦尔斯方程	315
14.5 统计规律的基本概念	315
14.5.1 事件	315
14.5.2 概率	315
14.5.3 统计平均和统计规律	316
第 15 章 平衡态的统计规律	318
15.1 理想气体的压强和温度	318
15.1.1 理想气体的微观模型和统计假设	318
15.1.2 理想气体的压强公式	319
15.1.3 理想气体的温度公式	320
15.2 麦克斯韦速率分布律	322
15.2.1 速率分布律	322
15.2.2 速率分布函数	322
15.2.3 麦克斯韦速率分布律	324
15.2.4 三种速率	325
15.3 玻尔兹曼分布律	327
15.3.1 玻尔兹曼分布律	327
* 15.3.2 重力场中粒子按高度的分布	328

15.4 能量均分定理	328
15.4.1 自由度	328
15.4.2 能量均分定理	329
15.4.3 理想气体的内能	331
15.5 分子碰撞频率的统计规律	333
15.5.1 平均碰撞频率	333
15.5.2 平均自由程	334
习题 15	334
第 16 章 热力学第一定律	336
16.1 热力学第一定律	336
16.1.1 内能、功和热量	336
16.1.2 热力学第一定律	338
16.2 理想气体的等值过程	339
16.2.1 等容过程	340
16.2.2 等压过程	341
16.2.3 等温过程	342
16.3 理想气体的绝热过程和多方过程	344
16.3.1 绝热过程	344
* 16.3.2 多方过程	347
16.4 循环过程和卡诺循环	348
16.4.1 循环过程	348
16.4.2 热机和效率	349
16.4.3 制冷机及制冷系数	349
16.4.4 卡诺循环	349
习题 16	353
第 17 章 热力学第二定律	355
17.1 热力学第二定律的表述	355
17.1.1 可逆过程与不可逆过程	355
17.1.2 热力学第二定律的表述	356
17.2 卡诺定理	357
17.2.1 卡诺定理的内容	357
17.2.2 卡诺定理的证明	358
17.2.3 热力学温标	358
17.3 熵和熵增加原理	359
17.3.1 克劳修斯等式	359
17.3.2 熵	359
17.3.3 熵增加原理	360
17.3.4 温熵图	362

* 17.4 热力学第二定律的统计意义	362
17.4.1 理想气体自由膨胀不可逆性的统计意义	362
17.4.2 热力学概率和玻尔兹曼熵公式	364
17.4.3 热力学第二定律的适用范围	364

第 5 篇 近代物理

第 18 章 狭义相对论	367
18.1 狭义相对论产生的背景	367
18.1.1 力学的相对性原理	367
18.1.2 伽利略变换	367
18.1.3 经典力学的绝对时空观	368
18.1.4 经典力学的局限性	369
18.2 狭义相对论的基本原理与洛伦兹变换式	371
18.2.1 狭义相对论的基本假设	371
18.2.2 洛伦兹变换	371
18.2.3 相对论速度变换式	373
18.3 狭义相对论的时空观	374
18.3.1 同时性的相对性	374
18.3.2 时间间隔的相对性	376
18.3.3 长度的相对性	376
18.4 狭义相对论动力学基础	378
18.4.1 质量和动量	378
18.4.2 力和速率	379
18.4.3 功和动能	380
18.4.4 静能、总能和质能关系	380
18.4.5 能量和动量	381
习题 18	382
第 19 章 量子力学基础	383
19.1 量子论的提出	383
19.1.1 黑体辐射 普朗克的能量子假说	383
19.1.2 光电效应 爱因斯坦的光量子假说	385
19.1.3 康普顿效应	388
19.1.4 光的波粒二象性	391
19.2 量子力学的建立	392
19.2.1 氢原子的玻尔理论	392
19.2.2 德布罗意波	395

19.2.3	概率波·····	396
19.2.4	运动方程·····	398
* 19.2.5	算符与力学量 ·····	400
* 19.2.6	力学量的对易关系 不确定关系 ·····	401
19.3	一维定态问题·····	403
19.3.1	一维无限深势阱·····	403
19.3.2	一维方势垒、隧道效应 ·····	406
19.3.3	线性谐振子·····	407
* 19.3.4	周期场中的粒子运动 ·····	408
19.4	氢原子·····	410
19.4.1	氢原子波函数及概率的分布·····	410
19.4.2	电子的自旋·····	414
19.4.3	多电子原子的壳层结构·····	416
习题 19	·····	417
参考文献	·····	420