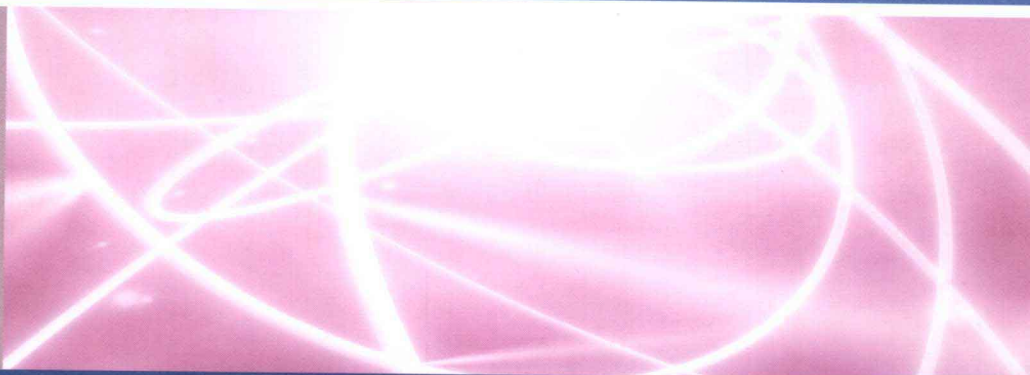


安徽省规划教材

大学物理

上册

University
Physics



黄时中 倪致祥 主编

 高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

安徽省规划教材

大学物理

上册

Daxue Wuli

黄时中 倪致祥 主编

内容提要

本书是参照教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会编制的《理工科类大学物理课程教学基本要求》(2010年版),结合目前课程设置和学时设置等方面的实际情况,在借鉴已出版的大学物理教材的优点、充分吸纳大学物理教学研究成果的基础上,编写的一套新型大学物理教材。本书力图在切实加强基础理论的同时,突出培养学生独立获取知识的能力、科学思维的能力和解决问题的能力。

本书分上、下两册。上册包括力学篇和热学篇。力学篇的具体内容包括:质点运动学、质点动力学、刚体动力学、机械振动、机械波和狭义相对论基础。热学篇的具体内容包括:热学现象的宏观规律和热学现象的微观解释。

本书可以作为高等学校理工科类学生大学物理课程的教材,也可供社会读者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理.上册/黄时中,倪致祥主编.--北京:
高等教育出版社,2014.1

ISBN 978-7-04-038898-5

I. ①大… II. ①黄… ②倪… 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(2013)第277165号

策划编辑 高聚平 责任编辑 高聚平 封面设计 于涛 版式设计 王艳红
插图绘制 尹莉 责任校对 杨凤玲 责任印制 张泽业

出版发行 高等教育出版社
社址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印刷 北京市四季青双青印刷厂
开本 787 mm × 960 mm 1/16
印张 21.25
字数 390千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版次 2014年1月第1版
印次 2014年1月第1次印刷
定价 33.20元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物料号 38898-00

前 言

物理学是自然科学中与自然界的基本规律联系得最为直接的一门学科。该学科的主要任务是研究宇宙间物质各层次的结构、相互作用和运动规律以及它们的实际应用。

从17世纪牛顿力学的建立到19世纪电磁学基本理论的奠定,物理学逐步发展成为独立的学科,当时的主要分支学科有力学、热学、电磁学和光学等经典物理学科。

20世纪初,相对论和量子论的建立使物理学的面貌焕然一新,促使物理学各个领域向纵深发展,不但经典物理学的各个分支学科在新的基础上深入发展,而且形成了许多新的分支学科,如原子物理学、分子物理学、核物理学、粒子物理学、等离子体物理学、凝聚态物理学等。

近代物理学的发展,也促进了许多技术学科的发展,如核能与其他能源技术、半导体电子技术、激光和近代光学技术、光电子技术、材料科学与技术等,有力地推动了生产技术的创新性发展。19世纪以来,人类历史上的几次产业革命和工业革命都是以对物理学某些领域的基本规律认识的突破为前提的。

20世纪以来,在近代物理学与高新技术学科之间,已形成一片相互交叠的基础性研究与应用性研究相结合的宽广领域。物理学科与技术学科各自根据自身的特点,从不同的角度对这一领域的广泛研究,既促进了物理学的发展、拓展了物理学的范围,也加速了高新技术的开发和应用。

在物理学的发展过程中所建立和发展起来的基本概念、基本理论、基本研究方法、基本实验手段和精密测量方法,已成为其他学科诸如天文学、化学、生物学、地学、医学、信息科学、农业科学等学科的组成部分,并推动了这些学科的发展。物理学还与其他学科相互渗透,产生了一系列交叉学科,如化学物理、生物物理、大气物理、海洋物理、地球物理、天体物理等。数学对物理学的发展起了重要的促进作用,反过来物理学也促进了数学和其他交叉学科的发展。

物理学已成为自然科学和工程技术的必备基础。

大学物理课程是高等学校理工科各专业学生一门重要的必修基础课,该课程主要介绍物理学所揭示出的物质的最基本的结构、最常见的相互作用、最基本的运动规律,以及最常用的实验手段和思维方法。更具体地说,大学物理课程介绍物理学中的如下基本理论:力学、热学、电磁学、波动光学、量子力学基础等。

其中,力学的主要内容包括:质点运动学、质点动力学、刚体动力学、机械振动、机械波和狭义相对论基础;热学的主要内容包括:热学现象的宏观规律和热学现象的微观解释;电磁学的主要内容包括:静电场的基本规律、静电场与导体和电介质相互作用的基本规律、恒定电流与恒定电场的基本规律、恒定磁场的基本规律、恒定磁场与磁介质相互作用的基本规律、电磁感应的基本规律、电磁波的基本性质;波动光学的主要内容包括:光的干涉、光的衍射和光的偏振的基本理论;量子力学基础的主要内容包括:量子力学的实验基础和量子力学的理论基础。

通过学习大学物理课程,可以为学生提供一个科学工作者和工程技术人员所必备的物理基础知识和常用的科学研究方法;同时,通过了解物理学发展过程中一大批物理学家所开展的创新性研究工作以及所取得的一系列突破性进展,可以为学生提供大量典型的创新性科学探研实例。

为了促进大学物理课程的教学改革、提高大学物理课程的教学质量,教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会于2010年编制了新的《理工科类大学物理课程教学基本要求》,进一步明确了大学物理课程的地位、作用和任务;同时就教学内容、能力培养、素质培养、教学过程等,提出了非常具体的基本要求。如何将这些基本要求落实到实际的教学过程中,实现“培养学生独立获取知识的能力、科学思维的能力和解决问题的能力;培养学生追求真理的理想、献身科学的精神和辩证唯物主义世界观,激发学生求知热情、探索精神和创新欲望”的目标,还需要承担大学物理课程的一线教师以及从事大学物理教学研究的同仁在教学研究、教材建设、教学资源建设等方面长期地不懈努力、不断改革、不断创新。

三十多年来,我们一直从事大学物理课程的教学和教学研究,对大学物理课程的教学和教学改革有很多体会,在多方面的鼓励和支持下,我们尝试参照《理工科类大学物理课程教学基本要求》(2010年版),结合目前的课程设置和学时设置等方面的实际情况,在借鉴已出版的大学物理教材的优点、充分吸纳大学物理教学研究成果的基础上,编写了一套新的《大学物理》教材。这套教材力求突出以下特点:

1. 将大学物理的基本概念和基本理论构建成一个完整且内在逻辑结构紧密的理论体系。通过篇、章、节简介,在篇与篇之间、章与章之间、节与节之间建立起一定的内在联系,既突出物理学的发展历史这条基本主线,更注重物理学知识的内在逻辑结构。

2. 将物理学的基本科学方法融入教材的具体内容中,在传授物理学基本知识的同时,侧重介绍以实验为基础的归纳法,以猜想为前提的演绎法和以比较为桥梁的类比法。

3. 将现代计算软件 Mathematica 引入大学物理课程的教学,利用其既能

进行数值计算,又能进行符号运算,还可以进行计算机绘图等多种功能,简化繁琐的计算过程和数学推导过程,展示复杂的图像,同时激发学生的学习兴趣。

4. 充分吸纳大学物理教学研究成果,对大学物理中一系列难点问题的讲述,尽可能地进行化难为易处理,以便低年级本科生易于理解、易于接受。提供丰富的章节附录,将各章节中比较复杂的推导或者计算的详细过程编入附录中,尽可能地在大学物理层面解决通常用“可以证明”、“可以导出”、“可以得到”等表述的难点问题。这些附录,可以在授课过程中选用,也可以供学生阅读和自学。

5. 精选一些既能培养学生分析和解决问题能力、巩固所学知识,又较贴近应用实际、可激发学生学习兴趣的习题。特别是,每一章都编写了课程论文题,提供了选自《大学物理》杂志等刊物的参考文献,还提供了物理文献查阅方法等材料,鼓励学生开展探索性研究。一些课程论文题可以拓展为本科毕业论文题。

在本书的编写过程中,我们得到了高等教育出版社的大力支持,也得到了有关专家和同行的热情鼓励、有益帮助、鼎力支持,在此一并表示感谢。

本书的编写过程本身也是一个探索过程,由于编者学识水平有限,书中错误和不妥之处在所难免,敬请广大教师和读者不吝赐教,以便加以修正。

编 者

2013年8月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010)58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010)82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

大学物理上册目录

第一篇 力 学

第一章 质点运动学	2
§ 1.1 质点运动学的基本概念	2
1. 参考系和坐标系	2
2. 质点模型	3
3. 位置矢量	3
4. 运动学方程	4
5. 位移	5
6. 速度	7
7. 加速度	9
§ 1.2 质点运动学中的基本积分关系	11
§ 1.3 常见的机械运动	13
1. 直线运动	13
2. 抛体运动	14
3. 圆周运动	15
4. 一般平面曲线运动	20
§ 1.4 相对运动的基本关系	21
习题一	23
第二章 质点动力学	27
§ 2.1 牛顿运动定律	27
1. 牛顿第一定律	27
2. 牛顿第二定律	29
3. 牛顿第三定律	29
§ 2.2 力学中常见的力	30
1. 万有引力	30
2. 重力	30
3. 弹性力	32

4. 摩擦力	34
5. 四种基本力	35
§ 2.3 单位制和量纲	36
§ 2.4 动量定理和动量守恒定律	37
1. 质点的动量定理	38
2. 质点系的动量定理	39
3. 质点系的质心运动定理	40
4. 质点系的动量守恒定律	41
§ 2.5 动能定理和功能原理	42
1. 质点的动能定理	42
2. 保守力与势能	46
3. 质点的功能原理	49
4. 质点系的动能定理	50
5. 质点系的功能原理	55
§ 2.6 能量守恒定律	56
1. 质点系的机械能守恒定律	56
2. 能量守恒定律	57
3. 碰撞	58
§ 2.7 角动量定理和角动量守恒定律	62
1. 角动量定理	62
2. 角动量守恒定律	63
习题二	65
第三章 刚体动力学	69
§ 3.1 刚体的基本特征	69
§ 3.2 刚体的定点转动定理和定轴转动定理	70
1. 刚体的定点转动定理	70
2. 刚体的定轴转动定理	72
附录: 刚体定点转动定理的一般推导	73
§ 3.3 刚体的角动量和转动惯量	74
1. 刚体的角动量和转动惯量	74
2. 刚体的定轴转动定理的另一形式	76
3. 转动惯量计算举例	76
§ 3.4 刚体定轴转动的动能定理	81
1. 力矩的功	81
2. 定轴转动的动能	82

3. 定轴转动的动能定理	82
§ 3.5 刚体的角动量定理和角动量守恒定律	83
1. 刚体的角动量定理	83
2. 刚体的角动量守恒定律	84
* § 3.6 刚体的进动	88
1. 刚体进动的描述	88
2. 对称陀螺在重力场中的进动	90
习题三	93
第四章 机械振动	98
§ 4.1 弹簧振子和单摆的运动方程	98
1. 弹簧振子的动力学方程	98
2. 弹簧振子的运动学方程	99
3. 单摆的运动方程	100
§ 4.2 简谐振动的基本概念	102
1. 简谐振动的定义	102
2. 简谐振动的速度及加速度	103
3. 简谐振动的初始条件	103
4. 简谐振动的函数曲线	103
§ 4.3 描述简谐振动的基本物理量	104
1. 振幅	104
2. 固有频率(圆频率)	104
3. 周期	104
4. 频率	105
5. 相位和初相位	105
6. 简谐振动的旋转矢量图表示法	105
7. 简谐振动的能量	107
§ 4.4 同方向同频率的简谐振动的合成	108
1. 两个同方向同频率的简谐振动的合成	109
2. 多个同方向同频率的简谐振动的合成	111
附录: 等振幅等相位差的多个同方向同频率的简谐振动的合成公式的推导	113
§ 4.5 相互垂直的简谐振动的合成	115
1. 同频率的两个相互垂直的简谐振动的合成	115
2. 不同频率的两个相互垂直的简谐振动的合成	117
附录: 同频率的两个相互垂直的简谐振动的合成的轨道方程的推导	120
§ 4.6 阻尼振动	120

§ 4.7 受迫振动和共振	123
1. 受迫振动	123
2. 共振	127
附录: 描绘受迫振动和共振中相关曲线的 Mathematica 命令	129
* § 4.8 非线性振动简介	129
1. 非线性振动的基本概念	129
2. 非线性振动的研究方法	130
3. 非线性振动的应用	131
习题四	131
第五章 机械波	136
§ 5.1 机械波的基本概念	136
1. 弹性介质	136
2. 机械波	136
3. 横波和纵波	138
4. 简谐波	138
5. 波射线	139
§ 5.2 描述简谐波的基本物理量	139
1. 波长	139
2. 波的周期和频率	140
3. 波速	140
§ 5.3 惠更斯原理	140
1. 波阵面和波前	141
2. 惠更斯原理	141
§ 5.4 平面简谐波的波动方程	142
1. 平面简谐波的运动学方程	142
2. 对平面简谐波的运动学方程的分析	143
3. 平面简谐波的运动学方程的一般形式	145
4. 平面简谐波的动力学方程	146
§ 5.5 机械波的能量	148
1. 机械波的能量密度	148
2. 机械波的能流和能流密度	151
3. 机械波能量的吸收	152
§ 5.6 机械波的叠加和干涉	153
1. 机械波的叠加原理	153
2. 机械波的干涉	153

§ 5.7 驻波	157
§ 5.8 多普勒效应	162
习题五	166
第六章 狭义相对论基础	171
§ 6.1 伽利略相对性原理	171
1. 伽利略相对性原理	171
2. 伽利略坐标变换	171
3. 伽利略相对性原理的数学表述	173
§ 6.2 狭义相对论的基本原理	173
1. 狭义相对论的基本原理	173
2. 洛伦兹变换公式	174
3. 洛伦兹变换公式的推导	175
§ 6.3 狭义相对论的时空观	178
1. 狭义相对论的时空观	179
2. 狭义相对论的速度变换关系	182
§ 6.4 狭义相对论动力学	184
1. 狭义相对论力学的基本方程	184
2. 狭义相对论力学的动能定理	185
3. 狭义相对论力学中的质能关系	187
4. 狭义相对论力学中动量和能量的关系	188
§ 6.5 狭义相对论动力学方程的解	190
1. 粒子的加速度	190
2. 粒子的速度	191
3. 粒子的运动方程	194
4. 粒子的质量和能量	195
习题六	196

第二篇 热 学

第七章 热学现象的宏观规律	202
§ 7.1 热力学的基本概念	202
1. 热力学系统	202
2. 平衡态	203
3. 状态参量	203
§ 7.2 热力学第零定律与温度和物态方程	204

1. 热接触与热平衡	204
2. 热力学第零定律	205
3. 温度和温标	205
4. 物态方程	206
§ 7.3 热力学过程与功和热	211
1. 热力学过程	211
2. 热力学过程中的功	212
3. 热力学过程中的热量	214
4. 热容	215
§ 7.4 热力学第一定律与内能	216
1. 内能	216
2. 热力学第一定律	218
3. 热力学第一定律在理想气体的热力学过程中的应用	219
§ 7.5 循环过程及效率	228
1. 循环过程	229
2. 卡诺循环	231
§ 7.6 热力学第二定律与熵	235
1. 热力学第二定律	236
2. 可逆过程与不可逆过程	237
3. 卡诺定理	238
4. 熵和熵增加原理	239
习题七	247
第八章 热学现象的微观解释	252
§ 8.1 热力学系统的微观结构	252
1. 热力学系统的组成	252
2. 分子的热运动	253
3. 分子间的相互作用	253
4. 分子运动与物体的宏观性质	254
5. 宏观物体的微观理想模型	254
§ 8.2 压强和温度的微观意义	255
1. 气体压强的微观意义	255
2. 温度的微观意义	257
§ 8.3 内能的微观意义与能量均分原理	258
1. 分子的组成和运动形式	258
2. 能量均分原理	261

3. 内能的微观意义	262
§ 8.4 麦克斯韦速率分布律	265
1. 速率分布概念	266
2. 麦克斯韦速率分布律	267
3. 气体分子的三种统计速率	269
§ 8.5 玻耳兹曼分布律	274
1. 麦克斯韦速度分布律	274
2. 玻耳兹曼分布律	275
§ 8.6 分子的平均自由程和平均碰撞次数	276
附录: 证明平均相对速率与平均速率之间的关系	279
§ 8.7 气体内的输运过程	280
1. 热传导过程	281
2. 扩散过程	283
3. 内摩擦过程	285
§ 8.8 熵的微观意义	288
1. 热力学第二定律的统计意义	288
2. 熵的微观意义	290
习题八	292
附录 1 基本物理常量	296
附录 2 Mathematica 使用入门	298
附录 3 物理文献及其查阅方法	308
附录 4 参考书目和参考文献	315
附录 5 习题参考答案	317

第一篇 力 学

天体的运行、飞机的飞行、轮船的航行、车辆的行驶、门窗的开关等,是自然界中最常见的运动形式,其共性是物体的位置随时间变化,这类运动形式称为机械运动.研究物体机械运动规律的科学称为力学.

力学可分为静力学、运动学和动力学三部分.静力学主要研究和解决力的平衡或物体的静止问题;运动学研究物体的位置随时间变化的关系,主要解决物体运动的定量描述问题;动力学研究物体在运动过程中与周围其他物体的相互作用关系,主要解决物体运动的原因以及所遵循的规律等问题.运动学是动力学的基础.

本篇主要介绍运动学和动力学,而将平衡或静止作为其特殊情况.

动力学是力学中的核心内容,其基础是由英国物理学家、数学家牛顿创立的牛顿力学.牛顿力学中所涉及的位移、速度、加速度、力、动量、力矩、角动量等物理量都是矢量,而且多数物理量都是时间的函数(只是在特殊情况下为常量).因此,矢量的运算和函数的微积分运算是牛顿力学的两个基本数学工具.

在本篇,我们先介绍牛顿力学中有关质点运动的一些基本概念和规律,主要包括:质点运动的坐标、速度、加速度之间的关系——微积分关系;三个运动定律——牛顿第一定律、第二定律、第三定律;三个运动定理——动量定理、动能定理、角动量定理;三个守恒定律——动量守恒定律、能量守恒定律和角动量守恒定律.在此基础上,把这些基本概念和规律运用到刚体运动的一些简单情形中.随后,在机械振动和机械波的问题中进一步拓展这些概念和规律.此外,我们还将介绍狭义相对论力学的基础知识.这些内容不仅是力学中最基本的部分,也是学习热学、电磁学和量子力学等物理分支学科的基础.

第一章 质点运动学

运动学研究物体运动的位置随时间变化的关系,主要解决物体运动的定量描述问题.本章介绍质点运动学的基础知识,主要内容包括:质点运动的坐标、速度、加速度等基本概念;质点运动的坐标、速度、加速度之间的基本关系;几种基本的机械运动形式;相对运动的基本关系.本章是下一章“质点动力学”的必备基础.

§ 1.1 质点运动学的基本概念

本节介绍质点运动学的基础概念,包括参考系和坐标系;质点模型;质点的位置矢量;质点的运动方程;质点运动的位移、速度、加速度.

1. 参考系和坐标系

自然界中的物体具有多种运动形式,其中最简单最基本的运动形式是一个物体相对于另一个物体位置的变化,这种运动形式称为机械运动,简称运动.例如:太阳相对于银河系中心的位置的变化、地球相对于太阳的位置的变化、宇宙飞船相对于地球的位置的变化、宇航员在宇宙飞船内的位置的变化等,都是机械运动.描述一个物体的(机械)运动,必须预先选定另外一个物体作为参考,此物体称为参考物或者参考系,只有相对于参考系,才能对物体的运动情况进行具体描述和分析.

物理学是一门定量的科学.为了研究物体的位置随时间变化的定量关系,通常在参考系上固连一个坐标系和一个“钟”,用以定量地描述物体在不同时刻所到达的空间位置.图 1.1 表示常用的空间直角坐标系,某一时刻 t 物体上任一点 P 的位置用 P 点在坐标系中的坐标 (x, y, z) 来定量描述.在国际单位制中,时间的单位是秒,记作 s ;长度的单位是米,记作 m .

除采用直角坐标系外,有时也采用极坐标系、球坐标系和柱坐标系,视研究问题是否方便而定.

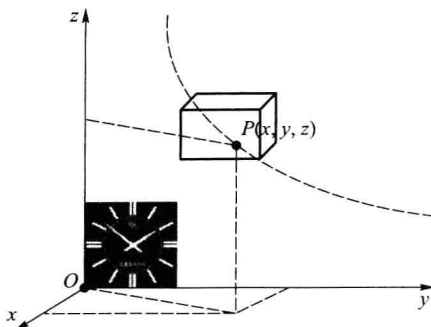


图 1.1 参考系和坐标系

2. 质点模型

在物理学中,为了突出所研究的问题中的主要矛盾,常常在科学分析的基础上将一些影响不大的次要因素忽略,从而建立起各种理想模型,通过研究模型的运动来近似把握实际物体的运动.

实际物体总有一定的形状、大小和结构,在运动中物体上不同部分的运动情况可能不一样.例如:飞机飞行中,螺旋桨的运动情况与机身的运动情况不一样;列车行驶中,车轮的运动情况与车身的运动情况不一样,等等.

如果我们所研究的物体运动问题中的“主要矛盾”是物体的整体运动情况,例如:飞机沿航线飞行的整体运动情况、列车沿铁路行驶的整体运动情况,我们就可以忽略“物体上不同部分的运动的差异”这个次要因素.例如:考察飞机的整体运动情况时,可以忽略螺旋桨的运动与机身运动的差异;考察列车的整体运动情况时,可以忽略车轮的运动与车身运动的差异.

在忽略“物体上不同部分的运动的差异”的前提下,物体各部分的运动情况就成为一种理想情况——物体各部分的运动情况完全相同.在这种理想情况下,只要确定了物体上一个点的运动情况,也就确定了整个物体的运动情况.于是我们可以将其抽象为一个几何点,称为质点.

质点是运动物体的一个最基本的理想模型.质点模型也是今后学习和研究各类力学问题的基础.后续课程中的刚体和弹性介质,就是在质点模型的基础上,根据实际物体的不同特性抽象出来的另两类理想模型.本章中所涉及的运动物体都默认为质点.

3. 位置矢量

在质点的运动过程中,质点在任一时刻的位置,可用从坐标原点指向质点所在位置的有向线段 \boldsymbol{r} 来确定,如图 1.2 所示.