



"十二五"普通高等教育本科国家级规划教材



面向21世纪课程教材

Textbook Series for 21st Century

# 物理学

(第五版) (上卷)

刘克哲 张承琚 刘建强 宋洪晓

高等教育出版社



"十二五"普通高等教育本科国家级规划教材



面向21世纪课程教材  
Textbook Series for 21st Century

# 物理学

(第五版) (上卷)

刘克哲 张承琚 刘建强 宋洪晓

高等教育出版社·北京

## 内容简介

本书第二版是“面向 21 世纪课程教材”，第三版是普通高等教育“十一五”国家级规划教材，第四版是“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。以本书第二版为主讲教材的“物理学”课程被评为 2004 年度国家精品课程。本书根据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)，从学科自身的发展、要求和特点出发，将近代物理的基本内容融入教材中，使物理学近代发展的新成果与物理学基本原理有机地结合起来。同时，为便于教学，本书保持了原教材阐述严谨、深入浅出、紧贴教学实践和符合教学规律等特点，并适当降低了课程的难度、减少了学时。与本书配套的有《物理学学习指导书》《物理学电子教案》及在线开放课程等。全书共计 20 章，分上、下两卷出版，本书是上卷。

本书可作为综合性大学、师范大学和工科院校的理工科非物理学类专业 120~140 学时基础物理学课程的教材使用，也可供其他高等学校的相关专业选用，还可供中学物理教师进修、自学使用。

## 图书在版编目(CIP)数据

物理学. 上卷 / 刘克哲等主编. -- 5 版. -- 北京 : 高等教育出版社, 2018.8

ISBN 978-7-04-049932-2

I. ①物… II. ①刘… 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(2018)第 128180 号

策划编辑 张琦玮  
插图绘制 于博

责任编辑 缪可可  
责任校对 刘娟娟

封面设计 张申申  
责任印制 刘思涵

版式设计 杜微言

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 山东鸿君杰文化发展有限公司  
开 本 787 mm×1092 mm 1/16  
印 张 21.75  
字 数 540 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.hepmall.com.cn>  
<http://www.hepmall.com>  
<http://www.hepmall.cn>  
版 次 1987 年 9 月第 1 版  
2018 年 8 月第 5 版  
印 次 2018 年 8 月第 1 次印刷  
定 价 43.30 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 49932-00



# 物理学

(第五版)

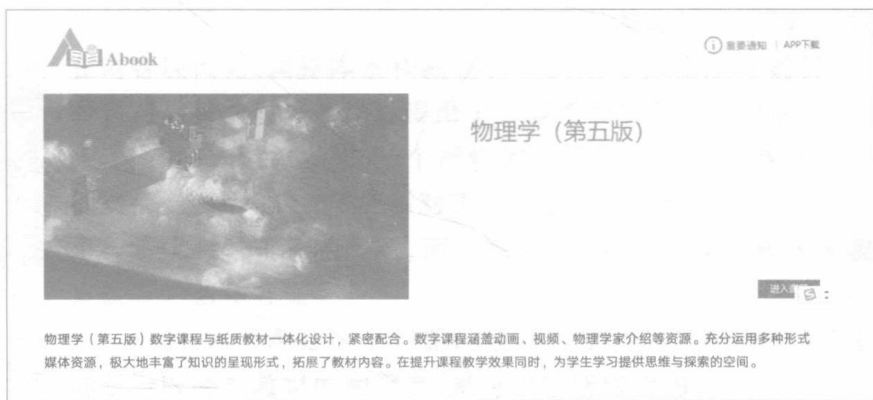
刘克哲

张承琚

刘建强

宋洪晓

- 1 计算机访问<http://abook.hep.com.cn/1244164>, 或手机扫描二维码、下载并安装 Abook 应用。
- 2 注册并登录, 进入“我的课程”。
- 3 输入封底数字课程账号(20位密码, 刮开涂层可见), 或通过 Abook 应用扫描封底数字课程账号二维码, 完成课程绑定。
- 4 单击“进入课程”按钮, 开始本数字课程的学习。



课程绑定后一年为数字课程使用有效期。受硬件限制, 部分内容无法在手机端显示, 请按提示通过计算机访问学习。

如有使用问题, 请发邮件至 [abook@hep.com.cn](mailto:abook@hep.com.cn)。



扫描二维码  
下载 Abook 应用



H5 动画



物理学家简介



习题答案



附录

<http://abook.hep.com.cn/1244164>

## 第五版前言

本教材的第四版出版至今已经五年了。在这五年中,使用本教材的教师根据自己的教学体验和学生的具体情况,肯定了教材在内容现代化、调整体系和贴紧教学实践等方面所作的努力,同时也对教材的进一步修订提出了一些宝贵的意见和建议。

进入 21 世纪以来,一个严峻的问题越来越突出地摆在大家的面前,这就是学生毕业后对工作的适应性问题。乍看这只是一个与学生利益有关的问题,而实际上,这个问题涉及高等学校教育改革的诸多方面。

我想,对于配合这个问题的逐步解决,我们作为一门基础课的任课教师或教材的编撰者,是可以有所作为的。

首先,高等学校的专业设置应随着科学技术的进步而不断改革,专业口径应该适当放宽一些。专业口径过窄,会使用用人单位不容易选择他们认为合适的人才,这样就会造成用人单位招不到人、而相当多学生找不到合适工作的怪现象。专业设置应该逐渐向大专业、宽口径过渡。实际上多年前就有不少学校在做这方面的工作。

另外,学生的基础知识水平和范围也与学生毕业后的工作密切相关。我感到,学生的基础知识水平应该适当提高一些,范围应该适当加宽一些,从而可以提高学生对以后工作的适应能力和应对能力。不少高校已经在进行这方面的探索。文科的学生学点理工,理工科的学生学点经济学、管理科学、人文科学等,都是很好的做法。

以上这两个方面的改革,对于作为基础课的物理学来说,都提出了同样的要求,即适当放低教材和课程的起点,降低教材和课程的难度,减少教材和课程的内容,压缩教材和课程的学时。本教材的此次修订就是按照这些要求所作的初步探索。

这次修订具体体现在以下几方面:

(1) 为便于使用本教材的教师继续使用,全书在总体上不作大的变动,保持原来的章节次序不变。

(2) 删除或改写了一些难度较大、程度较深的章节,删除或简化了过于烦琐的数学运算及推导,包括:

§ 1-6 中的“3.科里奥利力”;

§ 7-2 中的“三、两个互相垂直的简谐振动的合成”中椭圆方程的推导;

§ 7-2 中的“四、振动的分解”;

§ 7-3 中的“二、受迫振动”中求解过程的推导;

§ 8-3 中的“一、质速关系”的推导;

§ 9-5 中的利用临界点求范德瓦耳斯常量的推导;

§ 11-8 抗磁性;

§ 12-5 中的“二、对超导体主要电磁特性的解释”;

§ 12-9 中的“一、电磁场的能量密度和能流密度”;

§ 14-12 中的“二、全息照相”;

§ 17-1 原子的轨道磁矩和正常塞曼效应;

§ 17-2 中的“三、碱金属原子光谱的精细结构”“四、自旋-轨道相互作用”“五、单电子体系的原子磁矩”“六、反常塞曼效应”;

§ 17-3  $LS$  耦合和  $jj$  耦合;

§ 17-4 中的“三、原子的基态”;

§ 18-10 中的“四、固体的热容和爱因斯坦理论”;

§ 18-11 玻色统计和费米统计。

(3) 对近几年来物理学的新发现、新认识作了不同程度的介绍或叙述,包括:

§ 9-8 中增添了富勒烯、碳纳米管和石墨烯;

§ 9-9 中增添了“三、准晶态简介”;

§ 19-9 “三、规范玻色子”中,增添了对希格斯粒子发现过程的介绍;

§ 20-5 “四、宇宙膨胀的规律”中,增添了对新近发现的宇宙加速膨胀现象的叙述,以及对暗能量的介绍。

在本书的修订过程中,得到了山东大学何希庆教授、王芃教授、高等教育出版社物理分社缪可可分社长和张琦玮编辑的关心、支持和帮助。在此谨致以衷心的感谢和崇高的敬意。

由于作者水平所限,书中难免存在不当之处甚至错误,希望读者给予批评指正。

刘克哲

2017年6月

# 目 录

绪论 .....	1	二、伽利略变换 .....	35
一、物理学是整个自然科学的基础 .....	1	* 三、惯性力 .....	36
二、物理学的发展与社会生产力的提高是 相辅相成的 .....	2	习题 .....	38
三、物理学的基本研究方法 .....	2	第二章 机械能守恒定律 .....	42
第一章 质点运动 .....	5	§ 2-1 功和功率 .....	42
§ 1-1 质点和参考系 .....	5	一、功 .....	42
一、质点 .....	5	二、功率 .....	44
二、参考系 .....	6	§ 2-2 动能和动能定理 .....	46
§ 1-2 描述质点运动的物理量 .....	7	§ 2-3 势能 .....	49
一、时刻和时间 .....	7	一、引力势能和重力势能 .....	49
二、位置矢量 .....	7	二、弹力势能 .....	51
三、位移和路程 .....	8	三、保守力 .....	52
四、速度和速率 .....	9	* 四、势能曲线 .....	53
五、加速度 .....	11	§ 2-4 机械能守恒定律 .....	54
§ 1-3 描述质点运动的坐标系 .....	12	一、功能原理 .....	54
一、直角坐标系 .....	13	二、机械能守恒定律 .....	56
二、平面极坐标系 .....	17	习题 .....	60
* 三、自然坐标系 .....	20	第三章 动量守恒定律 .....	63
§ 1-4 牛顿运动定律 .....	22	§ 3-1 动量和动量定理 .....	63
一、牛顿第一定律 .....	22	§ 3-2 质点系动量定理和质心运动 定理 .....	66
二、牛顿第二定律 .....	23	一、质点系动量定理 .....	67
三、牛顿第三定律 .....	25	二、质心 .....	68
§ 1-5 力学中常见的力 .....	26	三、质心运动定理 .....	69
一、万有引力 .....	26	§ 3-3 动量守恒定律 .....	70
二、弹性力 .....	29	§ 3-4 碰撞 .....	73
三、摩擦力 .....	31	一、碰撞现象 .....	73
§ 1-6 伽利略相对性原理 .....	34	二、完全弹性碰撞 .....	74
一、伽利略相对性原理 .....	34		

三、完全非弹性碰撞 .....	75	第六章 流体力学 .....	109
* § 3-5 运载火箭的运动 .....	76	§ 6-1 流体的压强 .....	109
习题 .....	78	§ 6-2 理想流体及其连续性方程 .....	111
第四章 角动量守恒定律 .....	80	一、关于理想流体的几个概念 .....	111
§ 4-1 力矩 .....	80	二、理想流体的连续性方程 .....	112
一、力矩的一般意义 .....	80	§ 6-3 伯努利方程 .....	113
二、力对轴的力矩 .....	81	§ 6-4 黏性流体的运动 .....	117
§ 4-2 质点角动量守恒定律 .....	82	一、流体的黏性 .....	117
一、角动量 .....	82	二、黏性流体的运动规律 .....	120
二、角动量定理 .....	83	* 三、泊肃叶定律 .....	121
三、质点角动量守恒定律 .....	84	* 四、湍流和雷诺数 .....	121
* § 4-3 质点系角动量守恒定律 .....	87	* 五、斯托克斯黏性公式 .....	122
习题 .....	89	习题 .....	123
第五章 刚体力学 .....	90	第七章 振动和波动 .....	125
§ 5-1 刚体的运动 .....	90	§ 7-1 简谐振动 .....	125
一、平动和转动 .....	90	一、简谐振动的基本特点 .....	125
二、刚体的定轴转动 .....	91	二、描述简谐振动的特征量 .....	127
§ 5-2 刚体动力学 .....	92	三、简谐振动的矢量图解法和复数解法 .....	128
一、刚体的转动动能 .....	92	四、简谐振动的能量 .....	131
二、刚体的转动惯量 .....	93	§ 7-2 简谐振动的叠加 .....	133
三、力矩做的功 .....	96	一、同一直线上两个同频率简谐振动的	
四、动能定理 .....	98	合成 .....	133
五、转动定理 .....	98	二、同一直线上两个频率相近的简谐振动的	
§ 5-3 定轴转动刚体的角动量守恒		合成 .....	135
定律 .....	101	三、两个互相垂直的简谐振动的合成 .....	137
一、刚体对转轴的角动量 .....	101	§ 7-3 阻尼振动、受迫振动和共振 .....	139
二、刚体对转轴的角动量定理 .....	102	一、阻尼振动 .....	139
三、刚体对转轴的角动量守恒定律 .....	102	二、受迫振动 .....	141
§ 5-4 固体的形变和弹性 .....	104	三、共振 .....	142
一、固体在外力作用下的一般情形 .....	104	§ 7-4 关于波动的基本概念 .....	143
二、固体的弹性形变 .....	105	一、波的产生和传播 .....	143
习题 .....	106	二、横波和纵波 .....	144



三、波线和波面 .....	145	第九章 气体、固体和液体的基本	
四、波速、波长以及波的周期和频率 .....	145	性质 .....	189
五、波动所遵从的基本原理 .....	146	§ 9-1 气体动理论和理想气体	
§ 7-5 简谐波 .....	148	模型 .....	189
§ 7-6 波动方程和波的能量 .....	151	一、气体的分子状况 .....	189
* 一、一维波动方程 .....	151	二、理想气体模型 .....	191
二、波的能量 .....	154	三、理想气体状态的描述 .....	192
三、波的能流和能流密度 .....	156	§ 9-2 理想气体的压强和温度 .....	194
§ 7-7 波的干涉 .....	156	一、理想气体的压强公式 .....	194
一、波的干涉现象和规律 .....	156	二、热力学第零定律 .....	196
二、驻波 .....	158	三、温度的微观解释 .....	197
§ 7-8 多普勒效应 .....	161	§ 9-3 理想气体的内能 .....	199
* § 7-9 声波、超声波和次声波 .....	164	一、分子运动自由度 .....	199
一、声波 .....	165	二、能量均分定理 .....	200
二、超声波和次声波 .....	168	三、理想气体的内能 .....	201
习题 .....	170	§ 9-4 麦克斯韦速率分布律 .....	203
第八章 狭义相对论 .....	174	一、麦克斯韦速率分布律 .....	203
§ 8-1 狭义相对论的基本原理 .....	174	二、用速率分布函数求分子速率的	
一、伽利略变换与经典时空观念 .....	174	统计平均值 .....	204
二、狭义相对论产生的背景和条件 .....	175	* 三、麦克斯韦速率分布律的实验验证 .....	205
三、狭义相对论的基本原理 .....	177	* § 9-5 范德瓦耳斯方程 .....	206
§ 8-2 狭义相对论的时空观 .....	179	一、范德瓦耳斯方程的导出 .....	207
一、同时性的相对性 .....	179	二、范德瓦耳斯等温线和临界点 .....	210
二、时间延缓效应 .....	180	§ 9-6 气体内的输运过程 .....	210
三、长度收缩效应 .....	181	一、气体分子的平均碰撞频率和平均	
四、速度变换法则 .....	182	自由程 .....	211
§ 8-3 狭义相对论动力学 .....	183	二、黏性 .....	213
一、质速关系和相对论动力学基本		* 三、热传导 .....	215
方程 .....	184	* 四、扩散 .....	216
二、质能关系 .....	185	§ 9-7 固体的性质及晶体结构的	
三、能量-动量关系 .....	187	一般概念 .....	218
习题 .....	187	一、固体的一般性质 .....	218

二、关于晶体结构的一些概念 .....	219	二、电势能、电势差和电势 .....	261
§ 9-8 晶体中粒子的相互作用 .....	221	三、电势的计算 .....	262
一、晶体的结合 .....	221	四、等势面 .....	264
* 二、结合力的共同特征 .....	225	五、电势与电场强度的关系 .....	265
§ 9-9 非晶态和准晶态简介 .....	226	§ 10-5 静电场中的金属导体 .....	268
* 一、非晶态固体的微观结构 .....	226	一、金属导体的静电平衡 .....	268
二、非晶态固体的应用 .....	228	二、导体表面的电荷和电场 .....	269
三、准晶态简介 .....	229	三、导体空腔 .....	270
§ 9-10 液体和液晶的微观结构 .....	230	四、导体静电平衡性质的应用 .....	271
一、液体的微观结构 .....	230	§ 10-6 电容和电容器 .....	274
* 二、液晶的类型和结构 .....	232	一、孤立导体的电容 .....	274
§ 9-11 液体的表面性质 .....	233	二、电容器 .....	274
* 一、表面张力 .....	233	三、电容的计算 .....	275
二、弯曲液面下的附加压强 .....	235	四、电容器的连接 .....	277
三、与固体接触处液面的性质 .....	236	§ 10-7 静电场中的电介质 .....	278
四、毛细现象 .....	237	一、电介质的极化 .....	278
习题 .....	239	二、极化强度矢量 .....	278
<b>第十章 电荷和静电场</b> .....	<b>243</b>	三、极化强度与极化电荷的关系 .....	279
§ 10-1 电荷和库仑定律 .....	243	四、极化电荷对电场的影响 .....	280
一、电荷 .....	243	五、电介质存在时的高斯定理 .....	282
二、库仑定律 .....	245	六、边界条件 .....	283
§ 10-2 电场和电场强度 .....	247	§ 10-8 静电场的能量 .....	286
一、电场 .....	247	习题 .....	289
二、电场强度 .....	247	<b>第十一章 电流和恒磁场</b> .....	<b>293</b>
三、电场强度的计算 .....	248	§ 11-1 恒定电流条件和导电规律 .....	293
§ 10-3 高斯定理 .....	253	一、电流和电流密度 .....	293
一、电场线 .....	253	二、电流的连续性方程和恒定电流	
二、电场强度通量 .....	254	条件 .....	295
三、高斯定理 .....	255	三、导体的电阻 .....	296
§ 10-4 电势及其与电场强度的		四、导体的电阻率 .....	297
关系 .....	259	五、欧姆定律 .....	298
一、静电场属于保守场 .....	259	六、电功率和焦耳定律 .....	299

七、电动势 .....	300	* 四、电子感应加速器 .....	321
§ 11-2 磁场和磁感应强度 .....	301	§ 11-7 磁介质的磁化 .....	321
一、磁现象 .....	301	一、物质磁性的概述 .....	321
二、磁感应强度 .....	302	二、磁化的磁介质内的磁感应强度 .....	323
三、磁感应线和磁通量 .....	303	三、磁化强度与磁化电流的关系 .....	324
§ 11-3 毕奥-萨伐尔定律 .....	304	四、有磁介质存在时的安培环路定理 .....	325
§ 11-4 磁场的高斯定理和安培环路 定理 .....	308	五、边界条件 .....	327
一、磁场的高斯定理 .....	308	* § 11-8 铁磁性 .....	328
二、安培环路定理 .....	308	一、自发磁化强度 .....	328
§ 11-5 磁场对电流的作用 .....	311	二、居里温度 .....	329
一、安培定律 .....	311	三、铁磁体内的磁畴结构 .....	329
二、两平行长直流电流之间的相互作用 .....	312	四、磁滞现象 .....	330
三、磁场对载流线圈的作用 .....	313	习题 .....	331
§ 11-6 带电粒子在磁场中的运动 .....	315	附录 .....	335
一、带电粒子在匀强磁场中的运动 .....	315	(一) 物理学常用常量 .....	335
二、带电粒子比荷的测定 .....	316	(二) 矢量分析中的常用关系式 .....	335
三、霍尔效应 .....	318	(三) 国际单位制的有关规定 .....	335

# 绪 论

## 一、物理学是整个自然科学的基础

物理学是研究包括机械运动、热运动、电磁运动、原子、原子核和粒子运动在内的物质运动最基本形态以及它们之间相互转化的一门基础学科。物理学的研究目的在于认识这些运动形态的基本性质和相互转化规律,揭示物质的不同层次的内部结构。

物理学所研究的物质最基本的运动形态,普遍地存在于物质的复杂运动形态之中。所以,了解物质运动最基本形态的规律,是深刻认识复杂运动的起点和基础。物理学也因此而成为自然科学和工程技术中众多学科的理论基础或支柱。

物理学所研究的(基本)粒子,构成了一切人造的和天然的物质,包括各种微观粒子、原子、分子,无机物、矿物,星云、天体、宇宙,地球、陆地、大气、海洋,有机物、蛋白质、基因和生命等,而这些,分别是物理学自身和其他各门自然学科的研究对象。

物理学的基本概念、基本规律和基本研究方法,以及根据物理学原理设计制造的各种测量仪器设备,已经广泛地应用于所有自然科学的各个学科之中,推动了各学科领域和技术部门的飞速发展。物理学对自然现象和分析方法和定量描述方法,以及较为系统和完整的物理学理论体系的建立过程,对自然科学中其他学科也都起到借鉴作用。从事不同专业工作的读者都可以从中受到启迪,以便在自己的专业领域里进行创造性的工作。

由于物理学规律的普遍性和基本性,致使物理学与其他自然科学越来越广泛、越来越密切地结合,从而在物理学与其他自然科学之间形成了一系列派生分支学科和交叉学科,如空间物理、天体物理和宇宙学、大气物理、气象物理、海洋物理、地球物理、生物物理、计算物理、物理化学、量子生物学、量子化学和量子电子学等,从而推动整个自然科学更加迅速地发展。

近代物理学的研究之深入和渗透之广泛已经达到了这样的程度,以至它对整个自然科学领域、一切工程技术部门和人类文明生活的发展,产生了并将继续产生不可估量的巨大影响。



因此我们可以毫不夸张地说,物理学是整个自然科学的基础。

## 一、物理学的发展与社会生产力的提高是相辅相成的

物理学既是伴随人类的生存、生产活动一起发展起来的,同时也是科学技术和社会发展的巨大推动力。

物理学作为一门独立的学科始于17世纪初至17世纪80年代。伽利略(G. Galilei, 1564—1642)、开普勒(J. Kepler, 1571—1630)等人对天体运动的长期观测和分析,经牛顿(I. Newton, 1643—1727)的总结和数学成果的应用,导致了经典力学体系的建立。到18世纪60年代,力学和热力学的发展及其与生产的结合,使蒸汽机得到改进和推广,引起了人类历史上第一次产业革命。到19世纪中、后叶,法拉第(M. Faraday, 1791—1867)、楞次(Э. Х. Ленч, 1804—1865)、麦克斯韦(J. C. Maxwell, 1831—1879)以及赫兹(H. R. Hertz, 1857—1894)等人在电磁学方面的研究成果,导致了电力的应用,各种电机、电器的成功研制,无线电通信的实现,成为了第二次产业革命的标志。

进入20世纪以来,普朗克(M. Planck, 1858—1947)、爱因斯坦(A. Einstein, 1879—1955)、海森伯(W. K. Heisenberg, 1901—1976)、薛定谔(E. Schrodinger, 1887—1961)和狄拉克(P. A. M. Dirac, 1902—1984)等人在相对论和量子力学等方面的研究成果,使人类的认识从宏观世界到微观世界、从低速运动到高速运动,发生了重大突破。人类不仅释放并获得了核能,解决了原子结构、元素周期性和化学键等重大课题,并且对固体和液体内部微观粒子的运动规律作了成功的描述,这些成为材料科学的理论依据,促使新材料、新器件、新能源、新的通信和控制手段竞相涌现。电子计算机的广泛应用,从根本上改变了生产活动和科学研究的面貌,这些都为人类社会的又一次产业革命提供了物质基础。

## 三、物理学的基本研究方法

物理学是一门理论与实验密切结合的学科,它的每一个原理

和定律,都是在对大量实验事实和所测得的数据进行分析、处理和总结之后提出的.所谓物理现象的规律性就是由这些原理、定律或定理来反映的,而物理学原理、定律和定理则表征了相应物理现象中若干物理量之间的关系.所以,对于一个现象或一个过程,物理学常常根据实验、观测去寻找或定义一定的物理量,再通过实验、观测去确定这些物理量之间的联系.对于有些比较复杂的现象或过程,常常为分析的方便,将主要矛盾突出,将次要矛盾忽略,而代之以一个理想化的模型,从中得出现象或过程的规律.然后,将所得规律再代回到实验中去,与实验结果相比较,观察其正确程度,并进行必要的修正.诸如质点、刚体、完全弹性碰撞、理想流体、理想气体、简谐振动、简谐波、点电荷、可逆过程和黑体等,都是为此目的而引入的理想化模型.实践表明,这是一种科学的、成功的研究方法.

引入或定义一个物理量,必须做到两点,一是规定一种测量这个物理量的方法或标准,二是给它规定一种量度的单位.目前国际上已选定了七个物理量作为基本量,规定了它们的测量方法和单位,在此基础上建立了国际单位制(SI)[见附录(三)].物理学中其他量的单位都是基本单位的导出单位.

从数学角度而言,在基础物理课程中物理量大致可分为两类.其中一类是标量,在这类物理量中还可以分成两种:一种只具有正值,如质量、速率、动能、温度和频率等;另一种则既有正值,也有负值,如电流、电动势、功和电荷量等.标量物理量的计算遵从代数运算定则.另一类是矢量,这类物理量不仅有大小的不同,还有方向的差异,如力、位移、电场强度和能流密度等.矢量物理量的计算遵从平行四边形定则.当某矢量物理量只具有正、反两个方向时,可以把它视为标量,并可用代数法则进行运算.但在一般情况下,必须注意矢量物理量的方向性.在物理学中还会遇到一种被称为张量的物理量,它是在一定坐标系之下由若干个数值组成矩阵来表示的物理量,如各向异性的电介质的极化率、铁磁质的磁化率和弹性体的应力等,它们遵从矩阵的运算法则.张量物理量在一般基础物理教材中涉及甚少.

鉴于物理学的自身特点,学习物理学必须正确理解物理学理论和概念,掌握现象和过程的物理图像,弄清定律和定理的成立条件、适用范围和应用方法.通过物理课程的学习,可以在实验研究能力、计算演绎能力和抽象思维能力等方面得到严格训练,从而提高提出问题、分析问题和解决问题的本领.

在物理学所研究的物质运动形态中,机械运动是最简单的,

而且理解和掌握它的规律,是深入学习物理学的基础.所以,本着由浅入深、由简单到复杂的做法,本书也就从讨论机械运动开始,然后逐步对振动和波动、分子物理学、电磁学、光学、量子力学、热力学和统计物理学、原子、原子核和粒子物理学等进行讨论和学习.

# 第一章 质点运动

力学是以机械运动规律及其应用为研究对象的.所谓机械运动,是一个物体相对于另一个物体的位置,或一个物体内部的一部分相对于其他部分的位置随时间的变化.宇宙中天体的运行,导弹弹道的计算,人造地球卫星轨道的设计以及气泡室中显示粒子径迹的分析等,都属于力学的范围.

如何描述物体的运动是本章首先要讨论的内容.为此必须定义表征质点运动的物理量,如位置矢量、位移、速度和加速度等,还需要选择参考系,建立坐标系.

那么运动是如何发生和如何变化的呢?原因在于物体之间的相互作用.在介绍了如何描述物体的运动之后,我们将研究力学范围内常见的物体之间的相互作用,以及由这种相互作用所引起的质点运动状态变化的规律.牛顿运动定律概括和总结了质点运动的基本规律.但是,近代物理学告诉我们,牛顿运动定律只适用于描述宏观物体的低速运动.因为微观物体的运动遵从量子力学的规律;而当物体的运动速率接近光速时,应由狭义相对论的规律来描述.这些将在以后分别加以讨论.

- § 1-1 质点和参考系
  - § 1-2 描述质点运动的物理量
  - § 1-3 描述质点运动的坐标系
  - § 1-4 牛顿运动定律
  - § 1-5 力学中常见的力
  - § 1-6 伽利略相对性原理
- 习题

## § 1-1 质点和参考系

### 一、质点

力学中的质点,是没有体积和形状,只具有一定质量的理想物体.质点是力学中一个十分重要的概念.我们知道,任何实际物体,大至宇宙中的天体,小至原子、原子核、电子以及其他微观粒子,都具有一定的体积和形状.如果在所研究的问题中,物体的体积和形状是无关紧要的,我们就可以把它看成质点.例如,地球相对于太阳的运动,由于地球既公转又自转,地球上各点相对于太



阳的运动是各不相同的.但是,考虑到地球到太阳的距离为地球直径的一万多倍,以至在研究地球公转时可以忽略地球的大小和形状对这种运动的影响,认为地球上各点的运动情形基本相同.这时可以把地球看成一个质点.

另外,对于同一个物体,由于研究的问题不同,有时可以把它看成一个质点,有时则不能.不过,在不能将物体看成一个质点的时候,却总可以把这个物体看成是由许多质点组成的,对其中的每一个质点都可以运用质点运动的结论,叠加起来就可以得到整个物体的运动规律.可见,质点力学是整个力学的基础.

## 二、参考系

在力学范围内所说的运动,是指物体位置的变更.宇宙中的一切物体都处于永恒的运动之中,绝对静止的物体是不存在的.显然,一个物体的位置及其变更,总是相对于其他物体而言的,否则就没有意义,这便是机械运动的相对性.因此,为了描述一个物体的运动情形,必须选择另一个运动物体或几个相互间保持相对静止的物体群作为参考物.只有先确定了参考物,才能明确地表示被研究物体的运动情形.研究物体运动时被选作参考物的物体或物体群,称为参考系.例如,研究地球相对于太阳的运动,常选择太阳作参考系;研究人造地球卫星的运动,常选择地球作参考系;研究河水的流动,常选择地面作参考系,等等.

### 参考系

在描述质点如何运动的问题中,也仅仅在这样的问题中,参考系原则上是可以任意选择的.对于同一个物体的同一个运动,选择不同的参考系,对运动的描述是不同的.例如,人造地球卫星的运动,若以地球为参考系,运动轨道是圆或椭圆;若以太阳为参考系,运动轨道是以地球公转轨道为轴线的螺旋线.那么,在研究物体运动时,究竟应该选择哪个物体或物体群作为参考系呢?这要根据问题的性质、计算和处理上的方便程度来决定.在上述人造地球卫星的例子中,显然选择地球中心作参考系比选择太阳作参考系要方便得多,结论也要简洁得多.在题意和问题性质允许的情况下,可选择使问题的处理尽量简化的参考系.

为了把运动物体在每一时刻相对于参考系的位置定量地表示出来,就要在参考系上建立适当的坐标系,坐标系的原点可取在参考系的一个固定点上.常用的坐标系是直角坐标系,它由三个标有刻度并相互垂直的坐标轴相交于坐标原点所构成,在只作定性描述时,坐标轴上的刻度可以不标.另外还有平面极坐标系、