

DAXUE WULI

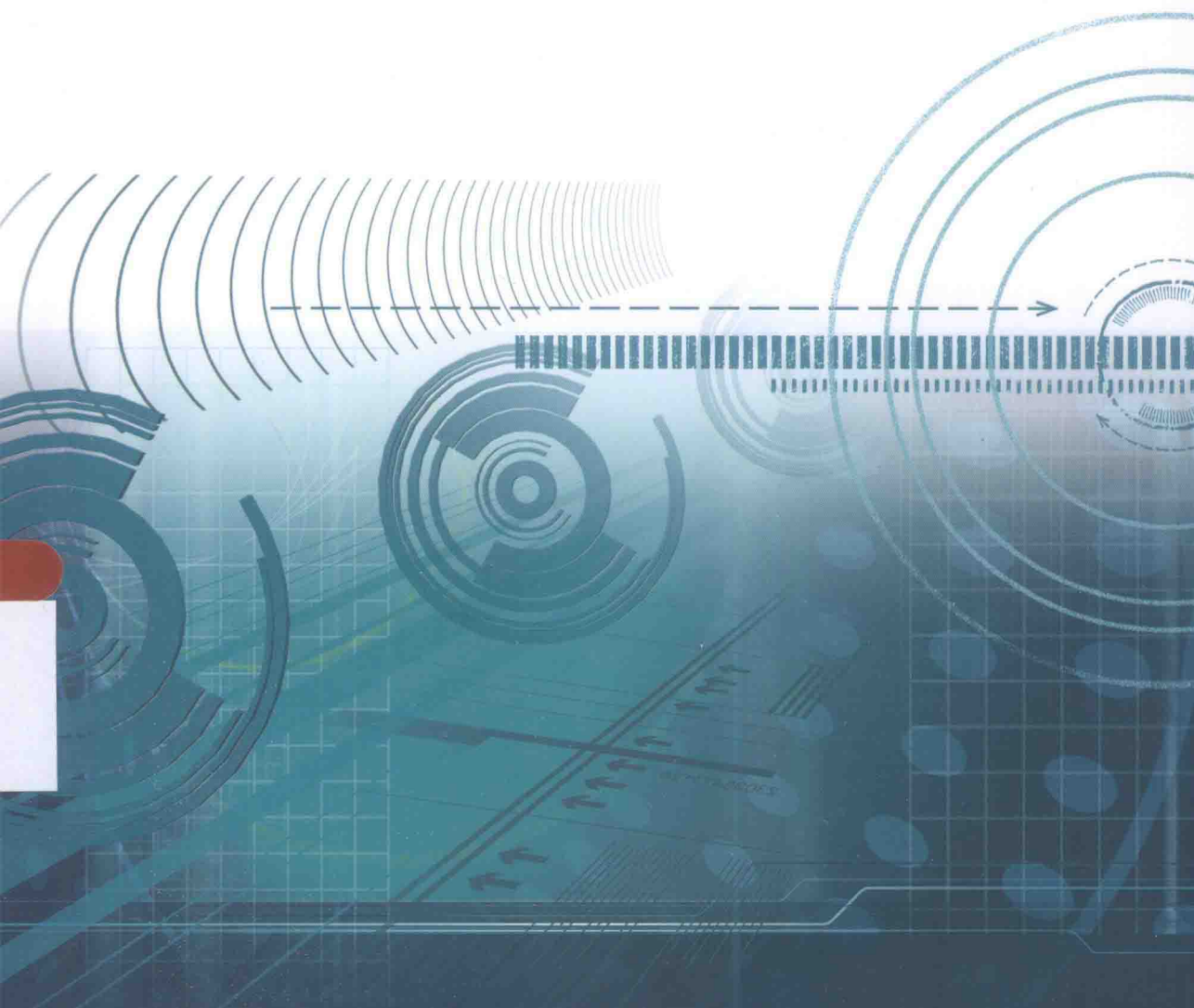
大学物理 (I)



龙 涛 等编著

代洪霞 主 编

兰明建 张翠玲 副主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

大学物理(I)

龙 涛 等编著
代洪霞 主 编
兰明建 张翠玲 副主编

電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书是根据教育部《理工科类大学物理课程教学基本要求(2010年版)》精神,在总结长期教学实践经验的基础上编写而成的,本套书分为三册,第1册包括力学基础、振动和波、狭义相对论、热学;第2册包括电磁学、波动光学和量子物理等内容;第3册包括基础物理知识及新科技物理基础的拓展与应用。套书内容概括了大学物理教学的基本要求,突出物理模型,注重科学分析方法上的衔接以及基础学科与工程学科之间的联系,力求清晰、简明地阐述物理概念和规律及其应用。

本书可作为高等工科院校各专业的大学物理教材,也可作为综合性大学和高等师范院校非物理类专业大学物理的教材和参考书。书中带*号的内容教师可根据专业需要选讲。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理. I / 龙涛等编著. —北京: 电子工业出版社, 2014. 12

ISBN 978-7-121-23506-1

I. ①大… II. ①龙… 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 124505 号

策划编辑: 王赫男

责任编辑: 赵玉山

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 15 字数: 384 千字

版 次: 2014 年 12 月第 1 版

印 次: 2014 年 12 月第 1 次印刷

定 价: 39.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

本书是为适应当前大学物理教学改革的要求,依据教育部《理工科类大学物理课程教学基本要求(2010年版)》和《高等教育面向21世纪教学内容和课程体系改革计划》的精神,在汲取当前国内外优秀教学改革成果并结合我校近年来大学教学改革实践的成果的基础上编写的。

大学物理是理工科学生必修的一门重要基础理论课,是基础学科与工程学科相衔接的关键性课程,是为提高学生的科学素质服务的课程。本书编写过程中力求使学生能较好地掌握物理学的基本内容、基本规律、科学的分析方法,同时培养学生的科学思想、方法和态度并激发学生的创新意识和能力。

本套书内容包括五篇:力学、热学、电磁学、波动光学、量子论及拓展应用。本套书分为三册——大学物理(Ⅰ)、大学物理(Ⅱ)、大学物理(Ⅲ)出版。第1册包括力学基础、狭义相对论、振动和波、热学;第2册包括电磁学、波动光学和量子物理等内容;第3册包括基础物理知识及新科技物理基础的拓展与应用。本书的讲授时数为120学时左右。

力学篇以牛顿定律为基础,从动量、角动量和能量的概念出发,着重阐述和导出了包括动量守恒、角动量守恒和机械能守恒定律等定律。在刚体转动部分指明了定轴转动定律与一般角动量定理的关系。狭义相对论是现代物理学的基础,主要内容是时空观的概念,机械振动和机械波是牛顿力学的延伸,也放在本篇介绍。

热学篇主要介绍气体的宏观性质及其变化规律,加强了在分子理论基础上的统计概念和规律的讲解,对功、热的本质、热力学第一定律、热力学第二定律的微观意义和宏观表示式等都做了清晰的讲解。

电磁学篇是以库仑定律、毕奥-萨伐尔定律和法拉第定律为基础展开,再到麦克斯韦方程组。在讲解了电流的磁场之后,还根据相对论指出了电磁场规律的相对性,使学生对电磁场的性质有更深入的理解。在分析解决问题的方法上,本篇强调了对称性求解电场和磁场的分布。

波动光学篇主要阐述光的干涉、光的衍射和光的偏振的基本现象和规律。

量子物理基础篇的重点放在最基本的量子力学概念方面,如波粒二象性、不确定关系等,对于薛定谔方程及其应用、原子中电子运动的规律、固体物理及新技术的物理基础等做了简要的陈述。

拓展应用部分“渗透”了科技前沿信息,介绍了基础性物理原理在新技术领域中的应用实例。

质点运动学、质点动力学、刚体定轴转动由代洪霞编写;狭义相对论、机械振动和机械波由兰明建编写;气体动理论、热力学基础由张翠玲编写;静电场、稳恒磁场、电磁感应和电磁波、量子物理基础、原子核物理和粒子物理简介、新技术的物理基础由龙涛编写;光的干涉、光的衍射、光的偏振由胡莉编写;拓展应用部分由程发银编写。

编写适合教学改革需要的大学物理教材是一种探索,也是一项凝聚教师集体劳动的工程。我们在编写本教材的过程中,听取了多年来从事大学物理教学工作的老师们的意见和建议,也参考了兄弟院校的相关教材,同时也结合了我校开展大学物理教学改革的实际。本书的出版得到了重庆工商大学和电子工业出版社的大力支持,在此,我们表示衷心的感谢。

由于时间仓促,加之编者水平有限,难免有不妥和疏漏之处,恳请读者批评指正。

编 者

绪 论

一、物理学研究对象

物理学是研究物质运动的普遍性质和基本规律的科学，是研究物质运动最基本形态以及它们之间相互转化的一门基础科学。具体而言，物理学研究宇宙间物质存在的各种主要的基本形式，它们的性质、运动、转化以及内部结构，从而认识这些结构的组元及其相互作用、运动和转化的基本规律。

物理学领域包含的尺度从小到 10^{-15} m 的质子的半径，直到目前可探测到的最远的类星体的距离 10^{26} m；包含的时间从短到 10^{-25} s 的最不稳定粒子的寿命，直到长达 10^{39} s 的质子的寿命。研究如此宽广范围的物理现象，发明为观测自然界所需要的更为有效的实验工具，创立使我们能够解释已经观测到的物理现象的理论，这些就是物理学的目标和成就。

二、物理学与技术的关系

物理学是一切自然科学的基础。物理学所研究的粒子，构成了蛋白质、基因、器官、生物体、陆地、海洋和大气等一切人造的和天然的物质。物理现象的普遍性使得物理学基本知识成为研究任何科学技术所不可缺少的基础。物理学与其他学科密切结合，形成了一系列新的分支学科和交叉学科：物理化学、生物物理、天体物理、地球物理、量子生物、量子化学等，这些学科都取得了引人瞩目的成就。

物理学的发展，广泛而直接地推动着技术的革命和社会的文明。物理学是技术发展的主要源泉，三次产业革命均来自物理学或与物理学紧密相关。18 世纪 60 年代开始的第一次工业革命以蒸汽机的产生和应用为标志，它是牛顿力学和热力学发展的结果。19 世纪 70 年代开始的第二次工业革命以电力的广泛应用和无线电通信为标志，它是电磁理论发展的结果。20 世纪 40 年代兴起的并一直延续至今的第三次工业革命是相对论和量子论发展的结果。其标志是以信息技术为代表的一系列新学科、新材料、新能源、新技术的兴起和发展。事实证明，几乎所有重大的新技术领域的学科如电子学、原子能、激光和信息技术等，都在物理学中经过长期酝酿，在理论和实验方面积累了大量知识后，才迸发出来的。物理学是科技生产力发展的不竭源泉。

21 世纪的今天，全世界范围内都面临着以信息、能源、材料、生物工程和空间技术等为核心的一场新兴的技术革命。在这些高科技领域中层出不穷地涌现出一系列新技术和新产品。物理学以其最广泛和最基本的内容正成为各个新兴学科的先导。近代物理在量子论和粒子物理等研究方向上的突破可能萌发科学和技术的新芽。建立在物理学等自然科学基础上的高科技在 21 世纪将出现史无前例的辉煌，使人类文明进入更高级的阶段。

三、物理学研究方法和学习目的

物理学的发展过程，是人类对客观世界认识过程中的一个重要组成部分。物理学中的不

少规律和理论是直接由生产实践中总结出来的,但更多的物理发现却来自长期的科学实验,因此,科学实验和生产实践,都是推动科学技术发展的强大动力和源泉。物理学是一门实验科学,物理学的研究方法是在观察和实验的基础上,对物理现象进行分析、抽象和概括,从而建立物理定律,进而形成理论,再回到实践中经受检验,即遵循实践→理论→实践的过程。

在大学物理的学习过程中,首先要注重课程内容的内在联系、清晰的条理和严谨的逻辑,扎实学好基本理论和基本知识,这包括对物理概念、规律、物理图像等有透彻的理解,对物理学的研究方法、数学描述语言和推演技巧的掌握,因此适当的记忆和做习题是必要的,但是,掌握现有的书本知识是远远不够的。

美国物理学家,诺贝尔物理奖获得者理查德·费曼(R. P. Feynman)(1918—1988)说:“请允许我说明我讲这门课的主要目的。我的目的不是教你们如何应付考试,甚至不是让你们掌握这些知识,以便更好地为今后你们面临的工业或军事工作服务。我最希望的是,你们能够像真正的物理学家一样,欣赏到这个世界的美妙。物理学家们看待这个世界的方式,我相信,是这个现代化时代真正文化内涵的主要部分。也许你们学会的不仅仅是如何欣赏这种文化,甚至也愿意参加到这个人类思想诞生以来最伟大的探索中来。”爱因斯坦在《物理学的进化》中说:“物理书都充满了复杂的数学公式。可以是思想及理念,而非公式,才是每一物理理论的开端。”物理学可以使你获得生活、学习、工作所需的知识和技能,也可以开启你的智慧,使你获得科学思想、科学精神、科学态度和科学方法的熏陶和培养。学习物理学,不仅仅是为后续课程服务,为专业服务,更在于立足提高自身的科学素质。

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应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，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

目 录

第一篇 力 学

第 1 章 质点运动学	2
1.1 质点 参照系 坐标系	2
1.1.1 质点	2
1.1.2 参照系	3
1.1.3 坐标系	3
1.2 描述质点运动的物理量	5
1.2.1 时刻和时间	5
1.2.2 位置矢量	5
1.2.3 位移和路程	6
1.2.4 速度与速率	7
1.2.5 加速度矢量	9
1.3 几种典型的质点运动	10
1.3.1 直线运动	10
1.3.2 抛体运动	15
1.3.3 曲线运动的描述	16
1.4 圆周运动的角量描述	20
1.4.1 角位置与角位移	20
1.4.2 角速度	20
1.4.3 角加速度	20
1.4.4 圆周运动中角量与线量的关系	21
1.5 相对运动	23
1.5.1 相对运动中的位矢关系	23
1.5.2 相对运动中的位矢关系	23
1.5.3 相对运动中的加速度关系	24
本章小结	25
习题 1	27
第 2 章 质点动力学	30
2.1 牛顿运动定律	30
2.1.1 牛顿运动定律	30
2.1.2 力学中常见的力	33
2.1.3 牛顿运动定律的应用	36

* 2.4.4 非惯性系	42
2.2 动量定理	43
2.2.1 冲量及其计算	43
2.2.2 动量和动量定理	44
2.3 动量守恒定律	47
2.3.1 质点组动量定理	47
2.3.2 动量守恒定律及其条件	48
2.4 角动量定理	53
2.4.1 力矩	53
2.4.2 角动量	53
2.4.3 角动量定理	55
2.4.4 角动量守恒及其应用	57
2.5 动能定理	59
2.5.1 功的定义及其计算方法	59
2.5.2 功率	62
2.5.3 动能	63
2.5.4 动能定理及其应用	63
2.6 保守力与势能	66
2.6.1 重力势能	66
2.6.2 弹性势能	67
2.6.3 万有引力势能	67
2.6.4 保守力与势能	68
2.7 机械能守恒定律	70
2.7.1 机械能、功能原理	70
2.7.2 机械能守恒定律	71
2.7.3 机械能守恒定律的应用	71
2.7.4 能量守恒定律	73
2.7.5 碰撞	74
本章小结	76
习题 2	78
第 3 章 刚体定轴转动	84
3.1 刚体及刚体运动	84
3.1.1 刚体的概念	84
3.1.2 刚体运动及其分类	84
3.2 描述刚体定轴转动的物理量	86
3.2.1 角速度矢量	86
3.2.2 角加速度矢量	86
3.2.3 定轴转动的线量	86
3.3 刚体定轴转动定律	87

3.3.1 刚体转动惯量	87
3.3.2 转动定律	91
3.4 刚体定轴转动守恒定律	95
3.4.1 力矩的功	95
3.4.2 刚体定轴转动的动能	96
3.4.3 刚体定轴转动中的机械能守恒	97
3.4.4 角动量守恒	98
本章小结	102
习题 3	104
第 4 章 狭义相对论	107
4.1 经典力学时空观	107
4.1.1 伽利略变换 经典力学时空观	107
4.1.2 伽利略相对性原理	108
4.2 狭义相对论原理和相对论时空观	109
4.2.1 狭义相对论基本原理	109
4.2.2 相对论时空观	110
4.3 洛伦兹变换	114
4.3.1 洛伦兹坐标变换	114
4.3.2 相对论速度变换	115
4.4 狭义相对论动力学	117
4.4.1 动量、质量与速度的关系	117
4.4.2 相对论能量的关系	118
4.4.3 能量和动量的关系	119
本章小结	121
习题 4	122
第 5 章 机械振动和机械波	124
5.1 简谐振动	124
5.1.1 描述简谐振动的三个重要参量	124
5.1.2 简谐振动的旋转矢量表示法	128
5.1.3 简谐振动的速度和加速度	129
5.2 简谐振动的能量	129
5.3 简谐振动的合成	130
5.3.1 同方向同频率的简谐振动的合成	130
5.3.2 同方向不同频率的简谐振动的合成	132
5.4 阻尼振动 受迫振动	133
5.4.1 阻尼振动	133
5.4.2 受迫振动	135
5.5 机械波的产生和传播	136
5.5.1 机械波的产生	136

5.5.2 描述波动的物理量	137
5.6 平面简谐波方程	138
5.6.1 平面简谐波的波动方程	138
5.6.2 波动方程的物理意义	139
5.7 波的能量 能流密度	141
5.7.1 波动能量的传播	141
5.7.2 能流和能流密度	142
5.8 惠更斯原理 波的衍射和干涉	143
5.8.1 惠更斯原理	143
5.8.2 波的衍射	143
5.8.3 波的干涉	144
5.9 驻波	146
5.9.1 驻波的产生	146
5.9.2 驻波方程	147
5.9.3 半波损失	148
5.10 多普勒效应	150
本章小结	152
习题 5	154

第二篇 热 学 篇

第 6 章 气体动理论	162
6.1 热力学状态及其物态方程	162
6.1.1 热力学系统及其分类	162
6.1.2 平衡态与平衡条件	163
6.1.3 热力学系统状态的描述	163
6.1.4 状态参量	163
6.1.5 热平衡定律(热力学第零定律) 温度和温标	164
6.1.6 物态方程	166
6.2 理想气体的压强	168
6.2.1 气体分子运动的基本观点和统计假设	168
6.2.2 理想气体模型	170
6.2.3 理想气体的压强	172
6.2.4 理想气体的温度和分子方均根速率	173
6.3 能量均分定理、理想气体的内能	174
6.3.1 自由度	174
6.3.2 能量按自由度均分定理	174
6.3.3 理想气体内能	175
6.4 麦克斯韦速率分布律和玻尔兹曼能量分布律	175
6.4.1 速率分布函数	176

6.4.2 麦克斯韦速率分布律	177
6.4.3 理想气体分子的三种速率	178
6.4.4 玻尔兹曼能量分布律	179
* 6.5 气体分子的碰撞和平均自由程	181
6.5.1 分子平均自由程和碰撞频率	181
6.5.2 分子平均自由程和碰撞频率的关系	181
本章小结	183
习题 6	184
第 7 章 热力学基础	188
7.1 热力学第一定律和内能	188
7.1.1 热学过程	188
7.1.2 功、热量、内能	189
7.1.3 热力学第一定律	190
7.2 热力学第一定律在理想气体上的应用	191
7.2.1 理想气体的普遍性质	191
7.2.2 理想气体等值过程	192
7.2.3 理想气体多方过程	195
7.3 循环过程 卡诺循环	198
7.3.1 循环过程及其热机效率	198
7.3.2 卡诺循环	199
7.4 热力学第二定律	201
7.4.1 自然过程的方向性	201
7.4.2 热力学第二定律	202
7.4.3 可逆过程和不可逆过程	203
7.4.4 卡诺定理	203
* 7.4.5 热力学第二定律的统计意义	206
* 7.5 低温的获得和热力学第三定律	209
7.5.1 低温的获得	209
7.5.2 热力学第三定律	210
本章小结	211
习题 7	212
参考答案	217
附录 一些基本物理常数	226

第一篇

力 学

物理学是研究物质最普遍、最基本的运动形式的基本规律的一门学科，这些运动形式包括机械运动、分子热运动、电磁运动、原子和原子核运动以及其他微观粒子运动等。机械运动是这些运动中最简单、最常见的运动形式。力学的研究对象是物质的机械运动。机械运动是指一个物体相对于另一物体(或物体的这一部分相对于另一部分)的位置随时间的变化规律。本篇主要研究宏观物体的运动规律，包括：(1)经典力学(宏观低速)，其中包含质点力学和刚体力学。质点力学研究质点的运动学、牛顿运动定律及运动的守恒定律。刚体力学主要研究刚体定轴转动的规律。(2)相对论力学，主要研究宏观高速运动物体的规律。

关于力学的分类，根据问题的性质可将力学分为运动学、动力学和静力学。运动学是描写运动的一门学问，它告诉大家物体是怎么运动的，只研究物体运动的几何特性，不考虑物体本身的固有属性(如质量)和外来影响(如作用力)，将物体的运动用数学语言来描述。动力学是关于运动本质规律的学问，它告诉大家物体为什么是这样运动的，研究物体作机械运动的内在因素(如质量)和外来影响(如作用力)之间的关系。静力学研究作用在物体上力的平衡条件。根据运动形式的不同，运动又可分为平动、转动、振动、波动。

物质的运动和相互作用总是在一定的时空中进行，因此，狭义相对论的时空观和牛顿力学紧密相联。

第 1 章

质点运动学

机械运动的基本形式有平动和转动。在平动过程中,若物体各点的位置没有相对变化,那么各点所移动的路径完全相同,可用物体上任一点的运动来代表整个物体的运动,从而可研究物体的位置随时间而改变的情况。在力学中,这部分内容称为质点运动学。质点运动学是从几何的角度(指不涉及物体本身的物理性质和加在物体上的力)描述和研究物体位置随时间的变化规律的力学分支,主要研究质点的运动方程、轨迹、位移、速度、加速度等运动特征,可为动力学、机械学提供理论基础,也是自然科学和工程技术必需的基础知识。

1.1 质点 参照系 坐标系

1.1.1 质点

1. 质点的定义

质点是一个只有质量而没有形状和大小的几何点。质点的机械运动只有位置的变化,没有形状的变化。

质点是一个抽象(理想)模型,当在一个力学问题中物体的大小、形状可以忽略时,我们可以把物体当做一个有质量的点来处理,这就是质点的概念。例如我们讨论地球的公转,或讨论气体分子在空间的运动轨迹的时候,无论地球多么大、分子多么小,我们总可以把它们当做质点来处理,而几乎不会引起误差。质点模型的优点是能使复杂问题在一定的条件下得以简化,使我们能够忽略那些次要因素而专注于问题的主要方面。

2. 实际物体可视为质点的条件

当物体的形状和大小对运动没有影响或其影响可以忽略的情况下,该物体就可以当成质点。

在一个具体问题中,一个物体是否能当成质点,并不在于物体的大小,而在于问题是否确实与物体的大小形状无关。在上述问题中,地球和分子都当成了质点,但是如果我们讨论的是地球或分子的自转,就不能把它们当做质点来处理,因为质点是无从考虑自转的。

3. 实际物体可视为多个或无限多个质点的组合

实际物体总是由原子、分子组成的,若将每个原子或分子看成质点,物体就可以认为是由多个质点组成的。更一般的情况下,实际物体通过无限小分割(微分),总可以使每个微元

无限小而当可以当成质点,整个物体就可以看成是由无限多个质点组成的。因此,任何物体都能看作质点的集合。所以讨论质点的运动规律,也就构成了讨论任何复杂事物运动规律的基础。

1.1.2 参照系

1. 参照系的定义

为了描写物体的运动而选作为参考的物体或没有相对运动的物体群,叫参照系(或参考系)。

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。最常用的参考系是以地球表面为参考的参考系。

当我们在描述一个物体的运动时,必须指明它的参考系。唯一的例外是以地球表面为参考系时可以不叙述它。

2. 运动描述的相对性

在描述质点如何运动的问题中,参考系原则上是可以任意选择的。对于物体的同一个运动,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。当你乘坐电梯上楼时,以电梯为参照系描述你的运动是静止的,而以地面为参照系描述你的运动则是竖直上升的。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。虽然我们常用的参照系是地球表面参照系,但对任何物体的运动我们都可以任选参照系。应该注意的是,物体的同一个运动使用不同参照系进行描述时,描述的结果一般是不同的。这称为运动描述的相对性。

1.1.3 坐标系

1. 坐标系的定义

前面我们已经阐明,描述质点运动必须选择参考系。有了参考系,我们就可以定性地描述物体的运动。但是仅有参考系还不能把质点运动时的确切位置定量地表示出来,作为一个科学的理论是要对运动进行定量的描述。为了定量描述物体(质点)的运动,必须将参考系进行量化,量化后的参考系就称为坐标系。量化方式的不同就形成了不同的坐标系。

2. 力学中常用的坐标系

(1) 直角坐标系

在参考系上取一固定点作为坐标原点 O ，过点 O 画三条相互垂直的带有刻度的坐标轴，即 x 轴、 y 轴和 z 轴，就构成了直角坐标系 $Oxyz$ 。通常采用的直角坐标系属右旋系，即当右手四指由 x 轴方向转向 y 轴方向时，伸直的拇指则指向 z 轴的正方向。直角坐标系又可以有平面直角坐标系和三维立体坐标系之分，如图 1-1 所示。

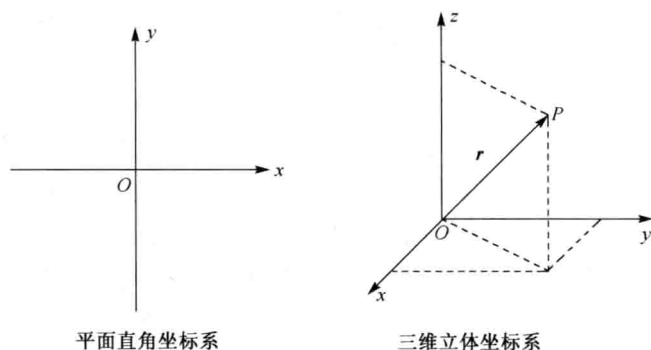
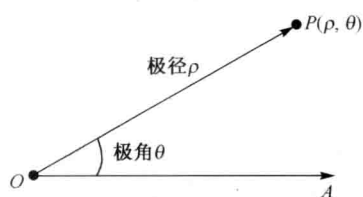


图 1-1 直角坐标系



极点和极轴构成平面极坐标系
极径和极角是点 P 的坐标值

图 1-2 平面极坐标系

(2) 平面极坐标系

虽然直角坐标系是最广泛采用的坐标系，但在处理如圆周运动一类的平面运动时，采用平面极坐标系更为简便。取参考系上一固定点 O 作极点，过极点所作的一条固定射线 OA 称为极轴。过极轴作平面，并假定质点就在该平面内运动。在某时刻质点处于点 P ，连线 OP 称为点 P 的极径，用 ρ 表示；自 OA 到 OP 所转过的角 θ 称为点 P 的极角。于是点 P 的位置可用两个量 (ρ, θ) 来表示，这两个量就称为点 P 的极坐标，如图 1-2 所示。

(3) 自然坐标系

沿着质点的运动轨道所建立的坐标系称为自然坐标系。取轨道上一固定点为坐标原点，同时规定两个随质点位置的变化而改变方向的单位矢量，一个是指向质点运动方向的切向单位矢量，用 τ_0 表示，另一个是垂直于切向并指向轨道凹侧的法向单位矢量，用 n_0 表示。

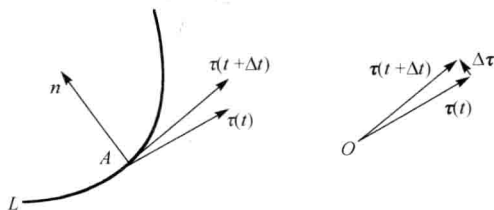


图 1-3 自然坐标系

自然坐标系是以质点运动轨迹的切向和法向作为坐标轴的方向建立的坐标系。由于随着质点的运动，不同时刻质点所在位置处轨迹的切向和法向是不同的，因此自然坐标系是活动坐标系，它随质点的运动而变化，故又称随动坐标系。