

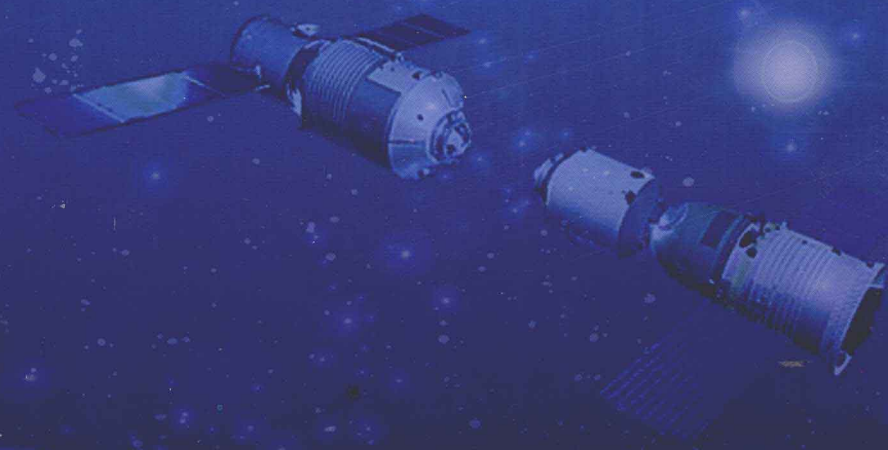


普通高等教育“十二五”规划教材

大学物理

(上册)

谢国秋 主编



科学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

大学物理

(上册)

主 编 谢国秋

副主编 郑 立 程和平

刘仁臣 马 堃

科学出版社

内 容 简 介

本书是在结合应用型本科院校理工科(非物理类)大学物理教学内容和课程体系改革的实践基础上,适应 21 世纪高等教育大众化的新形势,总结教学实践中的改革成果和经验编写而成的.全书分为上、下两册.本书为上册,着重叙述力学和热学的核心内容.

本书在编排上循序渐进、由浅入深,兼容性较好,可以满足各类院校,尤其是应用型本科院校的教学要求,而对于学时较少的相关专业,带“*”内容可选择使用.

图书在版编目(CIP)数据

大学物理.上册/谢国秋主编. —北京:科学出版社, 2013

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-03-036068-7

I. ①大… II. ①谢… 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(2012)第 277139 号

责任编辑:石 悦/责任校对:桂伟利

责任印制:阎 磊/封面设计:华路天然设计工作室

科 学 出 版 社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

化学工业出版社印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 3 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2013 年 3 月第一次印刷 印张:10 3/4

字数:269 000

定价:23.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

物理学是一门实验科学,是理论和实验高度结合的精确科学.作为自然科学和工程技术的基础,物理学的基本理论已渗透到自然科学的众多领域,广泛应用于科学研究和生产技术以及日常生活中.物理学所体现的科学思维方式以及认识论和方法论,对人才的文化修养、综合素质和创新能力的培养起着举足轻重的作用.正因为如此,大学物理成为各高等院校理工农医等专业学生必须学好的最重要的基础课程之一.编写一本既符合教学改革的精神,又适合目前我国高等教育实际需要的大学物理教材,一直被高校的广大物理教师所关注,这是一项具有非常重要意义的工作.近一个世纪以来,由于物理学的发展及与物理学紧密联系的新技术的出现和广泛应用,这项工作变得不容易,甚至比较复杂.许多从事物理教学工作的教师在这方面做了有益的尝试和探索,取得了一些成果和经验.我们编写的这套《大学物理》教材,就是从物理课程教学改革的需要和教学实际情况出发所做的一种尝试和探索.希望通过该课程的学习,不仅让学生了解和掌握众多重要的自然现象和规律,更重要的是使入门者看到和学习到严格而严密的科学方法,使他们终生受益.

本书是根据“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,借鉴国内外关于教材建设与改革的经验,在保证物理学理论体系的科学性、完整性、系统性的前提下,以“加强基础,提高能力,削枝强干,突出主线”为原则,结合多年的教学实践编写而成的.本书注重陈述物理学的基本知识、基本概念、基本原理和定律,突出物理学知识的主要结构和框架,在保证经典物理和近代物理基础知识的同时,加强物理学原理与现代科学技术相联系的知识;同时适度控制篇幅及内容的深度,以适应不同地区学校和专业在高等教育大众化的新形势下对大学物理课程改革的需要,为普通高等院校理工科院系提供一套符合当前教育需求、便于实际教学操作的教材.本书主要具有以下特点:

(1)精选经典内容,构建教材新体系.

(2)力求内容现代化.书中除讲述相对论和量子物理等近代物理内容外,还以阅读材料的形式介绍了许多当前新技术中的基础物理原理,包括熵、全息照相、激光和能带理论.在通篇教材中,加大了现代物理的比重,使学生能接触到更多新的物理知识和概念,对提高学生学习物理的兴趣、培养学生的探索精神大有益处.

(3)力求内容精炼,言简意赅.抓住主要内容,去粗取精,突出物理学中的重要定律与定理,从物理学发展的过程和教学实际情况的两个方面组织教学内容,精选例题、习题,用基本的、通俗的方法讲述物理内容,力求既满足广大教师的教学需要,又能激发学生的学习兴趣,培养学生的创新能力.

(4)适度开“窗口”,重视科学素质培养.在近现代物理部分大胆地“渗透”一些科技前沿信息.有些内容对学生的学习可能有一定难度,但让学生尽早了解这些内容,有益于激发、培养学生的求知欲望和独立思考能力,提高学生的科学素质.

全书分为上、下两册,共计 5 篇 14 章.上册包括力学(第 1~4 章),热学(第 5~6 章);下册包括电磁学(第 7~10 章),光学(第 11 章),近代物理(第 12~14 章).

本书编写人员的具体分工如下:谢国秋(绪论、第6章)、程和平(第1章、第2章)、郑立(第3章)、刘仁臣(第4章、第5章)、焦铮(第7章、第8章)、许媛(第9章、第10章)、吕海江(第12章、第13章)、何聚(第11章、第14章)、马堃(全书习题、习题参考答案以及参考文献).全书由谢国秋统稿.

由于编者水平有限,书中仍可能存在疏漏及不妥之处,恳请广大师生批评指正,以便今后逐步完善和提高.

编 者

2012年6月

目 录

前言

第 0 章 绪论	1
0.1 物理学的地位与意义	1
0.1.1 物理学的概念	1
0.1.2 物理学的研究对象	1
0.2 物理学方法	2
0.2.1 物理学是一门以实验为基础的科学	2
0.2.2 物理思想和物理模型	2
0.3 矢量代数的基本知识	3
0.3.1 矢量的定义	3
0.3.2 矢量的运算法则	3
0.3.3 正交坐标系	5

第一篇 力 学

第 1 章 质点运动学	9
1.1 质点运动的基本概念之一	9
1.1.1 参考系 质点	9
1.1.2 位置矢量 运动方程	10
*1.1.3 物理量的单位与量纲	11
1.2 质点运动的基本概念之二	13
1.2.1 位移 路程	13
1.2.2 速度 加速度	14
1.3 质点的直线运动	17
1.4 质点的平面曲线运动	21
1.4.1 抛体运动	21
1.4.2 圆周运动	22
1.5 相对运动	26
习题	27
第 2 章 质点动力学	30
2.1 牛顿运动定律	30
2.1.1 牛顿运动第一定律	30
2.1.2 牛顿运动第二定律	31
2.1.3 牛顿运动第三定律	32
2.2 几种常见的力	33
2.2.1 万有引力	33
2.2.2 弹力	34
2.2.3 摩擦力	35
2.2.4 牛顿运动定律的应用	37

2.2.5 非惯性参考系	40
2.3 功 动能定理	41
2.3.1 功	41
2.3.2 动能定理	44
2.4 势能 功能原理	47
2.4.1 保守力和势能	47
2.4.2 功能原理	49
2.5 机械能守恒定律	49
2.5.1 机械能守恒定律	49
2.5.2 能量守恒定律	50
2.6 动量定理 动量守恒定律	51
2.6.1 冲量 质点的动量定理	51
2.6.2 质点系的动量定理 动量守恒定律	52
*2.6.3 质心 质心定理	54
2.7 角动量定理 角动量守恒定律	57
2.7.1 质点角动量及其定理	57
2.7.2 冲量矩 质点的角动量守恒定律	58
2.7.3 质点系的角动量定理 角动量守恒定律	60
习题	61
第3章 刚体的定轴转动	65
3.1 刚体及其运动	65
3.1.1 刚体的概念	65
3.1.2 刚体的运动	65
3.2 定轴转动刚体的角动量、转动惯量和动能	66
3.2.1 刚体的角动量和转动惯量	66
3.2.2 定轴转动刚体的动能	67
3.2.3 转动惯量的计算	68
3.3 定轴转动刚体的角动量关系	70
3.3.1 刚体定轴转动定理——角动量定理的微分形式	70
3.3.2 刚体定轴转动的冲量矩定理——角动量定理的积分形式	73
3.3.3 刚体定轴转动的角动量守恒定律	73
3.4 定轴转动刚体的功能关系	75
3.4.1 力矩的功	75
3.4.2 定轴转动的动能定理	76
3.4.3 刚体的重力势能	77
3.4.4 刚体力学系统的机械能守恒定律	77
*3.5 进动	79
习题	81
第4章 机械振动和机械波	83
4.1 简谐振动的基本概念	83
4.1.1 简谐振动的动力学和运动学方程	83
4.1.2 简谐振动的描述	84
4.1.3 简谐振动的旋转矢量图表示法	85
4.1.4 简谐振动的能量	87

4.1.5 单摆	88
4.2 简谐振动的合成	90
4.2.1 两个同方向同频率简谐振动的合成	90
4.2.2 两个相互垂直的同频率简谐振动的合成	91
4.3 阻尼振动 受迫振动 共振	92
4.3.1 阻尼振动	92
4.3.2 受迫振动	94
4.3.3 共振	94
4.4 机械波及其特征量	95
4.4.1 机械波产生的条件	95
4.4.2 波传播的几何描述	96
4.4.3 波速	97
4.4.4 波长、频率和波数	97
4.5 平面简谐波及波动方程	98
4.5.1 平面简谐波的运动学方程	98
4.5.2 平面简谐波运动学方程的意义	99
4.5.3 平面简谐波动力学方程	100
4.6 惠更斯原理 波的衍射现象	103
4.6.1 惠更斯原理	103
4.6.2 波的衍射	104
4.7 波的叠加与干涉 驻波	104
4.7.1 波的叠加原理	104
4.7.2 波的干涉	104
4.7.3 驻波	106
4.8 多普勒效应	111
习题	114

第二篇 热 学

第5章 热力学基础	121
5.1 热力学的基本概念	121
5.1.1 系统	121
5.1.2 平衡态	121
5.1.3 状态参量	122
5.2 热力学第零定律 物态方程	122
5.2.1 热力学第零定律 温度	122
5.2.2 物态方程	124
5.2.3 理想气体的物态方程	125
5.2.4 实际气体的物态方程	126
5.3 准静态过程 做功 热传递	126
5.3.1 准静态过程	126
5.3.2 做功	127
5.3.3 热传递	128
5.3.4 热容量	128

5.3.5 热量与热质说	129
5.4 热力学第一定律	129
5.4.1 内能	129
5.4.2 热力学第一定律	130
5.4.3 理想气体的等体过程	131
5.4.4 理想气体的等压过程	132
5.4.5 理想气体的等温过程	133
5.5 绝热过程与多方过程	134
5.5.1 绝热过程	134
5.5.2 多方过程	135
5.6 循环过程 卡诺循环	136
5.6.1 热机工作原理 循环过程	136
5.6.2 正循环与热机	137
5.6.3 逆循环与致冷机	137
5.6.4 卡诺循环	138
5.7 热力学第二定律	140
5.7.1 可逆过程与不可逆过程	140
5.7.2 热力学第二定律的两种表述	140
5.7.3 卡诺定理	142
5.8 熵 熵增加原理	142
5.8.1 克劳修斯等式和不等式	142
5.8.2 熵和熵增加原理	143
习题	145
第6章 气体动理论	147
6.1 气体动理论的基本概念	147
6.1.1 气体动理论的基本内容	147
6.1.2 宏观量与微观量的关系	147
6.1.3 气体动理论的研究方法——统计方法	148
6.2 理想气体压强和温度的微观解释	149
6.2.1 理想气体的微观模型	149
6.2.2 理想气体压强的微观意义	149
6.2.3 温度的微观意义	151
6.3 能量按自由度均分定理	152
6.3.1 能量按自由度均分定理	152
6.3.2 理想气体的内能	153
6.4 麦克斯韦速度分布律	154
6.4.1 麦克斯韦速度分布律	155
6.4.2 麦克斯韦速率分布律	155
6.4.3 麦克斯韦速率分布律的实验验证	157
6.5 气体分子的平均碰撞次数和平均自由程	158
习题	160
习题参考答案	162

第 0 章 绪 论

本章将对物理学的概念、物质与运动、物理学研究方法作简要介绍, 以让读者对物理学的概貌有一定的了解和整体认识, 同时获得大学物理学习的一些必备知识.

0.1 物理学的地位与意义

0.1.1 物理学的概念

自然界是由物质组成的, 一切物质都在不停地运动着. 在自然界中, 既没有不运动的物质, 也没有脱离物质的运动. 自然界有许多运动形式, 如机械运动、电磁运动、分子热运动、原子和原子核运动、化学运动和生物运动等. 所有这些运动既相互联系, 又在本质上相互区别. 物理学就是研究物质结构和相互作用以及物质运动规律的科学, 它是关于自然界最基本形态的科学. 物理学的发展过程, 就是人类对整个客观物质世界的认识过程.

一切客观存在都是物质和物质的运动, 物理学所研究的物质可分为“实物”和“场”两类. 物体是由原子、分子组成的, 原子是由原子核和电子构成的, 而原子核又是由质子和中子构成的, 它们都属于实物. 实物之间的相互作用是通过场来实现的, 实物之间存在多种相互作用场, 场作为物质的存在形式具有质量、动量和能量. 此外, 物理学家还推测宇宙中存在暗物质或非重子类的物质. 运动是物质的固有属性, 物质的运动形式又是多种多样的, 物理学研究物质的组成、物质之间的相互作用以及由此确定的最基本最普遍的运动形式. 因而物理学具有极大的普遍性, 是当代科学技术的重大支柱.

作为自然科学的基础, 20 世纪以来物理学的发展对现代社会的影响和人类认识自然规律的深化尤为突出, 以量子力学和相对论的创立为标志的物理学革命, 不仅导致了人类宇宙观的重大转变, 诱发和促进了整个自然科学的改观, 而且带来了人类社会空前的技术进步, 极大地改变了人类的生产方式乃至生活方式. 电学和磁学现象的研究以及麦克斯韦的电磁理论为建立现代的电力工业和通信系统奠定了基础, 无线电、电视、雷达的发明极大地改变了人们的生活. 20 世纪物理学的另一重大进展是量子力学的建立, 量子力学为描述自然现象提供了一个全新的框架, 现在人们认识到量子力学不仅是现代物理学的基础, 而且也是化学、生物学等其他学科的基础. 此外, 量子力学还导致了半导体、光通信等新兴工业的崛起, 并为激光技术的发展、新材料的发现和研制以及新型能源的开发等开辟了新的技术途径. 半导体材料、半导体物理和半导体器件研究的进展为计算机革命铺平道路, 而计算机革命给人类社会和技术进步所带来的影响是无法估量的.

0.1.2 物理学的研究对象

物理学的研究对象具有极大的普遍性, 它的基本理论渗透在自然科学的一切领域, 应用于生产技术的各个部门, 它是自然科学的许多领域和工程技术的基础. 以物理学基础知识为内容的大学物理课程所包括的经典物理学、近代物理学和现代物理学等在科学技术上应用的初步知

识是一个理工科专业人才所必备的. 因此, 大学物理是理工科各专业学生必修的一门重要的基础课. 通过对本课程的学习, 能使學生系统地掌握物理学的基本理论, 了解物理学的前沿发展和成就. 它对于培养和提高学生的科学素质、科学思维方法、科学研究以及科学实验的基本知识、基本能力和基本素质方面有着重要的作用. 大学物理是高新技术的源泉, 是新学科的先导, 现代物理技术已经深入到当今社会的各个方面. 从航天到信息存储技术, 从电磁波到纳米材料, 只有具备良好的物理基础和物理思维才能应对未来的高新科技. 在大学物理中, 物理学的研究内容包括力学、热学、电磁学、光学、相对论和近代物理学等.

0.2 物理学方法

0.2.1 物理学是一门以实验为基础的科学

物理学是建立在实验基础上的一门自然科学学科. 任何物理规律的发现和理论的建立都以严格的实验为基础, 并受到实验的检验. 在物理学的整个发展过程中, 物理实验起着直接或间接的重要作用.

在经典力学发展之初, 最先把科学的实验方法引入到物理学研究中的物理学家是伽利略. 在此之后, 物理学研究才真正走上科学的道路. 经典物理学的奠基人牛顿则在大量实验的基础上总结出牛顿三定律和万有引力定律. 物理学中的麦克斯韦电磁学理论是一个较完善的理论, 然而其理论的建立却离不开奥斯特在一次课堂实验中发现的电流的磁效应和法拉第数十年的实验研究结论——磁也可以产生电. 正因为有了这两位科学家的实验研究结论, 才使得电磁学的理论大厦得以圆满建成. 奥斯特和法拉第的结论推动了电磁学的发展, 同样杨氏双缝实验和光电效应实验也相应推动了光学的发展. 前者揭示了光的波动性, 后者告诉人们光也同时具有粒子性.

现代科学技术的高速发展更是离不开物理学理论和实验的构思和方法. 物理实验的一些理论、方法已经广泛渗透到了自然科学各个学科和工程技术领域. 例如, 声波测井、物质的化学成分与光谱的结构分析、原油或油品流动性质的研究等, 实际上都是一些专业的物理实验. 正是把物理实验方法运用于各领域专业, 才使其他专业得到迅速发展.

0.2.2 物理思想和物理模型

物理学集中了几乎所有重要的科学研究的思想和方法. 物理思想主要指物理概念、原理和理论形成过程的思维方式, 物理学描绘了一幅关于物质世界的完美图像, 表示了物质运动形态的相互联系和相互转化, 体现了物质世界的和谐性、统一性. 物理学的许多方面都体现了经过深刻思辨和逐步深化、逐步完善的思想认识过程, 对物理思想的学习, 不仅对掌握物理学的基本内容是必要的, 而且对培养科学的世界观和思维方式也具有重要意义.

物理模型是为了便于研究而建立的高度抽象的、反映事物本质特征的理想模型, 物理模型方法在理论物理、实验物理和计算物理中都有广泛的应用. 自然现象是错综复杂的, 在构造物理模型时, 物理学家采用科学抽象和简化的方法, 突出主要矛盾, 忽略次要因素, 从而抓住对象的物理本质, 以寻求其中的规律, 并由此发现同类型问题的共同规律. 物理模型包括理想客体和理想过程, 如质点、刚体、导体、理想气体和绝对黑体等都是理想客体, 简谐振动、准静态过程都是理想过程. 运用建模型的方法, 进而获知客体的性质和规律, 对物质磁性本质作出

了解释。“建模”是人类为探索未知世界而发明的最有效的认知策略，物理模型在物理理论的建立和发展过程中起着十分重要的作用。物理学就是通过不断修正旧的模型、建立新的模型来逐渐逼近真实世界的。学习物理学家在研究过程中“建模”的思路和方法，有助于增进对科学思想和方法的认识和理解。

0.3 矢量代数的基本知识

0.3.1 矢量的定义

在物理学中，我们经常遇到两类物理量，一类物理量，如质量、长度、时间、密度、能量、温度等，只有大小和正负，没有方向，这类物理量称为标量；另一类物理量，如位移、速度、加速度、角速度、力矩、角动量、电场强度、磁感应强度等，既有大小，又有方向，而且合成时遵守平行四边形运算法则，这类物理量称为矢量。

矢量有几种表示方式。矢量通常用黑体字母 $\mathbf{A}$ 或带有箭头的字母来表示。作图时，常用有向线段表示，如图 0-1 所示，线段的长度按一定比例表示矢量的大小，箭头的方向指向矢量的方向。矢量的大小称为矢量的模，矢量 $\mathbf{A}$ 的模常用 $|\mathbf{A}|$ 或 A 表示。矢量的解析表示为 $\mathbf{A} = x \cdot \mathbf{i} + y \cdot \mathbf{j} + z \cdot \mathbf{k}$ ，其大小为 $A = |\mathbf{A}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ ，方向角为 α, β, γ 。

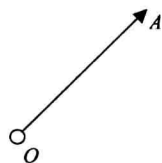


图 0-1

如果矢量在空间平移，矢量的大小和方向都不会改变，矢量的这一性质称为矢量的平移不变性，它是矢量的一个重要性质。

值得注意的是：矢量相等表示两个矢量大小相等，方向相同。单位矢量定义为大小为“1”，方向为坐标正方向的矢量。例如， $\mathbf{i}$ 、 $\mathbf{j}$ 、 $\mathbf{k}$ 分别表示 x 轴正方向、 y 轴正方向和 z 轴正方向的单位矢量，又称基本矢量，可表示为 $\mathbf{i} = \frac{x}{x}$ 、 $\mathbf{j} = \frac{y}{y}$ 、 $\mathbf{k} = \frac{z}{z}$ 。

0.3.2 矢量的运算法则

1. 加法(矢量的合成)

利用平行四边形求合矢量的方法称为矢量相加的平行四边形法则，如图 0-2 所示。设有两矢量 $\mathbf{A}$ 和 $\mathbf{B}$ ，将它们相加时，可将两矢量的起点交于一点，以这两个矢量为邻边作平行四边形，从两矢量的交点作平行四边形的对角线，此对角线即代表 $\mathbf{A}$ 和 $\mathbf{B}$ 两矢量的和，用矢量表示为

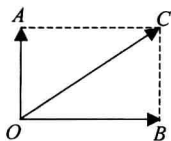


图 0-2

$$\mathbf{C} = \mathbf{A} + \mathbf{B}$$

式中， $\mathbf{C}$ 称为合矢量，而 $\mathbf{A}$ 和 $\mathbf{B}$ 称为矢量 $\mathbf{C}$ 的分矢量。

因为平行四边形的对边平行且相等，两矢量合成的平行四边形法则可简化为三角形法则，如图 0-3 所示。将矢量 $\mathbf{A}$ 和 $\mathbf{B}$ 首尾相接，由 $\mathbf{B}$ 的起点到 $\mathbf{A}$ 的末端的矢量就是合矢量 $\mathbf{C}$ 。对于两个以上的矢量相加，如求 $\mathbf{A}$ 、 $\mathbf{B}$ 、 $\mathbf{C}$ 、 $\mathbf{D}$ 的合矢量 $\mathbf{R}$ ，则可根据三角形法则，先求出其中两个矢量的合矢量，然后再与第三个矢量相加，求得三个矢量的合矢量，

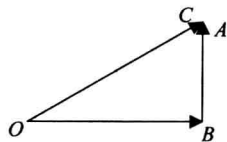


图 0-3

以此类推,即把所有相加的矢量首尾相连,然后由第一个矢量的起点到最后一个矢量的末端作一矢量,这个矢量就是它们的合矢量 $\mathbf{R}$,这种求合矢量的方法称为矢量合成的多边形法则.

矢量的加法运算满足交换律 $\mathbf{A} + \mathbf{B} = \mathbf{B} + \mathbf{A}$,结合律 $\mathbf{A} + (\mathbf{B} + \mathbf{C}) = (\mathbf{A} + \mathbf{B}) + \mathbf{C}$. 零矢量的定义为 $\mathbf{A} + \mathbf{0} = \mathbf{A}$.

2. 矢量的数乘

矢量的数乘是矢量与一个数相乘,定义为 $\mathbf{C} = \lambda \mathbf{A}$,其大小为 $|\lambda|A$. 若 $\lambda > 0$, $\mathbf{C}$ 与 $\mathbf{A}$ 同向;若 $\lambda < 0$, $\mathbf{C}$ 与 $\mathbf{A}$ 反向.

矢量的数乘满足结合律: $\lambda(\mu \mathbf{A}) = (\lambda\mu) \mathbf{A}$,分配律: $\lambda(\mathbf{A} + \mathbf{B}) = \lambda \mathbf{A} + \lambda \mathbf{B}$.

3. 矢量的分解

在一个平面内,若存在两个不共线的矢量 $\mathbf{i}$ 和 $\mathbf{j}$,则平面内的任一矢量 $\mathbf{A}$ 可以分解为

$$\mathbf{A} = A_1 \mathbf{i} + A_2 \mathbf{j}$$

注意:

(1) 正交分解时,选择 $\mathbf{i} \perp \mathbf{j}$.

(2) 三维空间中应有 3 个不共面的矢量.

4. 矢量的标积

矢量的标积也称矢量点乘积或矢量内积. 定义为

$$S = \mathbf{A} \cdot \mathbf{B} = AB \cos \theta$$

式中, θ 为 $\mathbf{A}$ 与 $\mathbf{B}$ 的方向夹角. 如果 $\mathbf{B}$ 为单位矢量,则 $\mathbf{A} \cdot \mathbf{B}$ 为矢量 $\mathbf{A}$ 在 $\mathbf{B}$ 方向上的投影(分量).

矢量的标积满足交换律 $\mathbf{A} \cdot \mathbf{B} = \mathbf{B} \cdot \mathbf{A}$,分配律 $\mathbf{A} \cdot (\alpha \mathbf{B} + \beta \mathbf{C}) = \alpha \mathbf{A} \cdot \mathbf{B} + \beta \mathbf{A} \cdot \mathbf{C}$,且 $\mathbf{A} \cdot \mathbf{A} = A^2 \geq 0$. 若 $\mathbf{A} \cdot \mathbf{B} = 0$,则可能是 $\mathbf{A} = \mathbf{0}$ 或 $\mathbf{B} = \mathbf{0}$ 或 $\mathbf{A} \perp \mathbf{B}$.

5. 矢量的矢积

矢量的矢积也称叉乘积或外积,定义为 $\mathbf{A} \times \mathbf{B} = \mathbf{C}$,其大小为

$$|\mathbf{C}| = |\mathbf{A} \times \mathbf{B}| = AB \sin \theta (0 < \theta < \pi)$$

矢量 $\mathbf{C}$ 的方向垂直于 $\mathbf{A}$ 、 $\mathbf{B}$ 所组成的平面,其指向可用右手螺旋法则确定,如图 0-4 所示. 当右手四指从 $\mathbf{A}$ 经小于 180° 的角转向 $\mathbf{B}$ 时,右手拇指的指向(即右螺旋前进的方向)就是 $\mathbf{C}$ 的方向. 如果以 $\mathbf{A}$ 和 $\mathbf{B}$ 组成平行四边形的邻边,则 $\mathbf{C}$ 是这样一个矢量,它垂直于平行四边形所在的平面,其指向代表着此平面的正法线方向,它的大小等于 $\mathbf{A}$ 与 $\mathbf{B}$ 组成的平面平行四边形的面积.

矢量的矢积满足以下性质:

$$\mathbf{A} \times \mathbf{B} = -\mathbf{B} \times \mathbf{A}$$

$$\mathbf{A} \times (\alpha \mathbf{B} + \beta \mathbf{C}) = \alpha \mathbf{A} \times \mathbf{B} + \beta \mathbf{A} \times \mathbf{C}$$

$$\mathbf{A} \times \mathbf{A} = \mathbf{0}$$

$$\mathbf{A} \times (\mathbf{B} \times \mathbf{C}) = \mathbf{B}(\mathbf{A} \cdot \mathbf{C}) - \mathbf{C}(\mathbf{A} \cdot \mathbf{B})$$

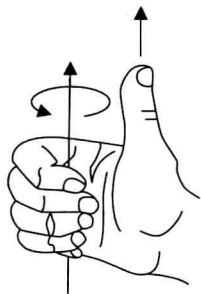


图 0-4

0.3.3 正交坐标系

1. 正交坐标系的基本矢量

一个坐标系要有由基本矢量组成的基，基本矢量相互正交的坐标系称为正交坐标系。直角坐标系是正交坐标系，它的基本矢量为 $\mathbf{i}$ 、 $\mathbf{j}$ 、 $\mathbf{k}$ 。（ $\mathbf{i}$ 、 $\mathbf{j}$ 、 $\mathbf{k}$ 又称单位矢量，它们的大小为“1”，方向为坐标正方向）

$$\mathbf{i} \cdot \mathbf{j} = \mathbf{j} \cdot \mathbf{k} = \mathbf{k} \cdot \mathbf{i} = 0$$

$$\mathbf{i} \cdot \mathbf{i} = \mathbf{j} \cdot \mathbf{j} = \mathbf{k} \cdot \mathbf{k} = 1$$

$$\mathbf{i} \times \mathbf{j} = \mathbf{k}, \mathbf{j} \times \mathbf{k} = \mathbf{i}, \mathbf{k} \times \mathbf{i} = \mathbf{j}$$

一个矢量可以用基本矢量展开，即按基本矢量分解，也称向坐标轴投影。

2. 矢量运算在正交坐标系中的表示

$$\mathbf{A} = A_1 \mathbf{i} + A_2 \mathbf{j} + A_3 \mathbf{k}$$

$$A_1 = \mathbf{A} \cdot \mathbf{i}, A_2 = \mathbf{A} \cdot \mathbf{j}, A_3 = \mathbf{A} \cdot \mathbf{k}$$

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{B} = A_1 B_1 + A_2 B_2 + A_3 B_3$$

$$\mathbf{A} \times \mathbf{B} = \begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ A_1 & A_2 & A_3 \\ B_1 & B_2 & B_3 \end{vmatrix} \quad (\mathbf{A} \times \mathbf{B}) \cdot \mathbf{C} = \begin{vmatrix} A_1 & A_2 & A_3 \\ B_1 & B_2 & B_3 \\ C_1 & C_2 & C_3 \end{vmatrix}$$

第一篇

力 学

力学是物理学的一个分支，它研究物体的机械运动和平衡规律及其应用。力学可分为静力学、运动学和动力学三部分。静力学是以讨论物体在外力作用下保持平衡状态的条件为主。运动学是抛开物体间的相互作用来研究物体机械运动的描述方法，而不涉及引起运动的原因。动力学是讨论质点系统所受的力和在力作用下发生的运动两者之间的关系。力学可按所研究物体的性质分为质点力学、刚体力学和连续介质力学。连续介质通常分为固体和流体，固体包括弹性体和塑性体，而流体则包括液体和气体。

16~17 世纪间，力学开始发展为一门独立的、系统的学科。伽利略通过对抛体和落体的研究，提出惯性定律并用以解释地面上的物体和天体的运动。17 世纪末，牛顿提出力学运动的三条基本定律，使经典力学形成系统的理论。根据牛顿三定律和万有引力定律成功地解释了地球上的落体运动规律和行星的运动规律。此后两个世纪中在很多科学家的研究与推广下，终于成为具有完善理论的经典力学。1905 年，爱因斯坦提出狭义相对论，对于高速运动的物体，必须用相对论力学来代替经典力学，因为经典力学不过是物体速度远小于光速的近似理论。20 世纪 20 年代量子力学得到发展，它根据实物粒子和光子具有粒子和波动的双重性解释了经典力学不能解释的微观现象，并且在微观领域给经典力学限定了适用范围。

在本篇中，我们首先着重介绍经典力学中有关质点运动的一些基本概念和规律，其中包括在物理学中有着广泛应用和重要作用的能量守恒定律、动量守恒定律和角动量守恒定律。并在此基础上，把这些基本概念和规律运用到刚体和流体运动的一些简单情形中。随后，我们在机械振动和机械波的问题中进一步拓展了这些概念和规律。

