21 世纪高等院校教材
基础物理学立体化系列教材

基 础 物 理 学

（上册）

李承祖　杨丽佳 主编
杨丽佳　陆彦文　田成林　李承祖 编

科 学 出 版 社
北　京

需要全本请访问 www.ertongbook.com

内 容 简 介

本书是《基础物理学立体化系列教材》之一.

本书是编者在国防科技大学讲授“大学物理”课程的讲稿的基础上修改、整理而成的.全书体现了基础物理教学内容现代化的要求,不仅系统地介绍了相对论、量子物理的基本原理以及固体物理和材料、量子跃迁和激光技术、核物理和核技术、量子纠缠和量子信息学基础等内容,还包括物理学和对称、非线性振动与混沌等内容.全书内容精炼、语言简洁,编排上由浅入深、循序渐进,尊重认识规律和教学规律,突出了基本物理思想和物理学方法教学.主教材共分上、中、下三册,本书为上册,包括力学、振动和波、热学三部分.

本书可作为高等学校工科、军队院校技术类专业、理科非物理专业本科生基础物理教材;去掉“高新技术的物理基础”部分以及其他章节用小字排出的内容,亦可供军队指挥类专业以及学时较少的其他专业学生选用.

图书在版编目(CIP)数据

基础物理学(上册) 李承祖,杨丽佳主编.—北京:科学出版社,2004
21世纪高等院校教材·基础物理学立体化系列教材
ISBN 7 03 012455 3

Ⅰ. 基… Ⅱ. ①李… ②杨… Ⅲ. 物理学-高等学校-教材 Ⅳ. 04

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第107988号

责任编辑:杨 波 昌 盛 刘俊来 责任校对:包志虹
责任印制:安春生 封面设计:黄华斌 陈 敬

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004年1月第 一 版 开本:B5(720×1000)
2004年1月第一次印刷 印张:21 3 4
印数:1—5 000 字数:410 000

定价:25.00元
(如有印装质量问题,我社负责调换〈科印〉)

前　言

本书是编者在国防科技大学讲授“大学物理”课程的讲稿的基础上修改、整理而成的,一定程度上反映了编者的教学经验和体会,特别是近年来对大学物理教学改革的探索和思考.

一

“大学物理”是为非物理专业理工科本科生开设的一门基础课.和物理专业学生在“普通物理学”后还有后续理论物理课程不同,“大学物理”是这类学生惟一的一门物理课程.物理学内容极为丰富,材料浩如烟海,而教学学时有限,这就增加了“大学物理”教学内容改革的难度.如何选择教学内容,如何组织教学内容体系;哪些内容必须讲,哪些内容可有选择的讲,哪些应加强,哪些可以淡化或不讲;当对不同内容作不同处理时,应依据什么原则,这些都是大学物理教学内容改革必须回答的问题.关于这些问题的答案,我们认为和基础物理教学的目的、任务和希望达到的目标有关.

关于基础物理教学的目的,近年来国内进行了许多讨论.趋向一致的看法是基础物理教学不仅仅是为学习后续专业课程服务(以前主流的看法是基础物理教学就是为专业课程服务),还应当使学员认识物质世界本质,树立科学世界观,获得完整物质世界图像;认识物质世界运动、变化的基本规律;掌握基本物理学语言、概念和物理学的基本原理和方法;整体全面地了解物理学历史、现状和前沿;学会科学思想、科学方法,提高科学素质.这些是我们探讨物理教学内容改革的出发点.

二

为了达到上述教学目的,我们首先看到,基础物理教学内容需要改革.

(1) 首先,正是20世纪的新物理学构成了新能源技术、激光技术、信息处理、通信技术等现代科学技术的物理基础.基础物理教学内容必须充分反映以相对论、量子力学为核心的20世纪新物理学,特别是量子力学的基本概念、原理和方法,并在现代物理的基础上为学生构建一个合理的、开放的物理知识结构,使他们能以此为基础,去接受、理解当代科技新概念、新技术和最新文献资料.即使一时不能理解,也应当知道问题的物理背景是什么,而要理解和解决它,应翻阅什么资料,从何

着手.这也就是一直反映强烈的基础物理教学内容现代化问题.

(2) 其次,从物理学本身看,尽管在物理课程开头的教学中,我们就告诉学生“物理学是研究物质和物质运动最基本、最普遍的规律”.但现行基础物理教学内容并没有完全包括物理学最基本的原理,也没有给出一个完整的物质世界图像.比如①非线性问题.在自然科学和社会科学中,严格说所涉及的系统都是非线性系统,我们仅系统地讨论了线性问题.爱因斯坦(Einstein)说:“真正的物理规律不可能是线性的”,而我们完全没涉及非线性问题.②世界本质上是量子的,对世界的经典描写只在一定条件下近似正确,但我们只着力于经典描写,而对量子描写的原理、方法并没有系统地介绍(最多只是把一些典型的量子现象和结果“展示”一下).③世界物质运动的因果联系是遵从统计规律的,而我们留给学生的印象仍然是拉普拉斯(Laplace)决定论的因果关系,他们还不知道这种因果关系的局限性.④对称性决定相互作用.杨振宁说,20世纪“在基本物理里边,对称性的思考发生了根本的变化,从被动的角色变成了决定相互作用的主动角色”,并称“这种角色为对称支配相互作用”[①].现行基础物理教学仅从各种相互作用出发研究物理系统运动规律,而完全没有涉及支配这些相互作用的更深层次的规律;并没有把对称性上升为一种物理学方法,从对称性角度理解物质世界.⑤时空理论.伽利略-牛顿(Galileo-Newton)时空观仍然根深蒂固,学过“狭义相对论”后,虽然知道运动尺收缩,运动钟延缓等相对论效应,但并没有从物质、运动、时空密切相关和物质世界对称性高度去理解时空.⑥关于热力学,熵——一个远远超出物理学的概念,决定了自然演化的动力,决定了时间之箭的方向,而现行基础物理教学没有对之更深入的阐述,热学仍然是以能量守恒为基础的热力学第一定律为主.

(3) 最后,从素质教育角度看,不能不承认现行基础物理教学基本上是知识传授型,仍着眼于具体的物理定律的阐述和应用、处理具体问题的技巧和结论,而对从更深的层次上把握、理解这些定律,阐述其中体现的物理思想、物理学方法不够,不能反映素质训练和能力培养方面的要求.

三

现行的基础物理教学内容必须改革,可以说已形成共识.近年来国内已经出版了一批各具特色的、体现不同改革思路的新教材,但对基础物理教学内容改革的认识、改革思路和方法,并没有完全一致的看法.我们认为基础物理教学内容改革不能简单地归结为体系改革.因为教学体系一定程度上要受认识规律、教学规律制约,现行的内容体系经过“千锤百炼”,是基本可行的,体系改革的余地、可能性及可

① 蔡枢,吴铭磊.大学物理(当代物理前沿专题部分).北京:高等教育出版社,1996.

预期效果都不很明显.改革着眼点应当是内容的选取、处理和整合.在教学内容改革上,我们主张对传统物理教材内容进行层次分析,明确每一部分内容、每个知识点在物理学整体上的地位、在实现上述教学目标上的功能和作用;对不同层次内容采取不同处理方法,分清主次、突出重点、压缩经典、增加近代.使教学内容在现有教学条件(学时、学生基础等其他教学条件)约束下,按上述教学目的和要求,整体上达到效果最优.所以大学物理教学内容改革,不是简单地体系改革,而应看成是一定约束条件下,为最大程度实现既定目标而进行的课程内容整体的优化设计.

我们认为基础物理教学内容可以划分为以下三个层次:

第一层次,能体现现代物理思想,有助于学生获得完整的物质世界图像,建立科学世界观的内容.例如能体现下面现代物理思想、观点的内容:世界本质上是量子的;线性问题是一般非线性的近似;拉普拉斯决定论的因果关系是一般统计因果关系的特殊情况;相对论的时空观,空间、时间和物质运动不可分离的观点;信息即负熵的观点;场作用的观点;相位因子场和相干叠加的观点;物质运动、运动守恒的观点;物质相互作用、相互联系,运动是有规律的,运动规律是可认识的观点;对称性决定相互作用、对称性支配物理规律的观点;物质结构分层次,不同层次的物质遵循不同运动规律的观点等.

第二层次,描述不同物质层次(机械运动、热运动、辐射场、微观粒子)运动基本规律.这部分内容是教学内容的主题,这部分材料教学目的是培养学生掌握基本物理学语言、概念、理论和方法,掌握物质世界各层次运动的基本规律.

第三层次,运用第二层次得到的基本规律,或研究一定范围内不同现象局部的、具体的规律;或说明、解释一些自然现象;或说明物理学在生产实际、科学技术中的具体应用.这一层次内容的教学应体现分析问题、解决问题能力训练,素质教育的要求,并可根据不同专业需要,学时、学生的具体情况采取不同方式处理,突出国防建设需要和不同专业特点.

关于这三个层次,第二层次可看成是第一层次的载体,教学内容主体和重点是第二层次.适当地、有选择地处理第三层次,注意从第二层次引申到第一层次.

四

物理规律是通过状态(由一组互相独立的、足以确定系统状态的参变量决定)演化描述的.表述物理规律,首先对不同种类(有形物质和场物质)系统、不同层次的物质,确定状态的描述方法(即独立参变量和有意义的状态函数),然后确定状态参变量或状态函数随时间变化的规律.基于这种认识,我们可以用统一的方式处理力学、热学、电磁学以及量子物理,特别可以使量子力学概念、原理的引进不是那么

需要全本请访问 www.ertongbook.com

生硬和难于接受.

(1) 力学:研究对象是物体的机械运动;其中描述质点运动的独立状态参变量是坐标、动量(速度);有意义的状态函数有动能、位能、机械能、角动量等;演化规律有牛顿定律、动量定理、动能定理、功能原理和角动量定理.质点组、刚体力学可看做是质点力学的推广;碰撞问题、三种宇宙速度、火箭推进器原理、惯性导航等都是第三层次的问题.这一部分内容很好的体现了物质运动和运动守恒、物质相互作用和相互联系、运动是有规律的和运动规律可认识、物质分层次和不同层次有不同的运动规律等第一层次的观点.

(2) 振动和波:这部分通过机械振动和机械波的研究,阐述振动和波动的描述方法和一般规律.机械振动和机械波是机械运动的一种特殊形式,从这个意义上看,整部分都可放在第三层次.但振动和波是自然界十分普遍的运动形式,在光现象以及量子物理讨论中都非常重要,这部分重点应突出波相位、波相干叠加的概念.

(3) 热学:研究对象是‘大量粒子系统”,重点讨论平衡态.状态描述有微观描述和宏观描述两种方法,用统计的方法可以在描述状态的微观量和宏观量之间建立联系.状态演化规律由热力学第一、第二定律给出.其中,热力学第一定律是普遍能量转换和守恒定律在热力学情况下的具体化,热力学第二定律是重点,它确定了时间箭头方向.其他内容都可归为第三层次.本篇可以引申到第一层次的是熵(其应用远远超出物理学)的概念以及信息的负熵原理.

(4) 电磁学:研究对象是场物质.场物质的状态由电场强度 $E(\chi)$ 和磁感应强度 $B(\chi)$ 的分布(在量子物理中用矢势 $A(\chi)$ 和标势 $\phi(\chi)$)描述. E 和 B 都是矢量场,而一个矢量场总可分解为纵场部分(矢量线不闭合——旋度等于零,如静电场)和横场部分(矢量线闭合——散度等于零,如电流激发的磁场).确定一般矢量场的分布,就是确定其纵场、横场部分的分布,因而需要知道纵场和横场与激发它的相应源的关系(对于分布在有界区域的矢量场还需要边界条件).高斯(Gauss)定理、环量定理及相应的散度方程和旋度方程就是刻画相应场-源关系的.由此可以看出这一部分内容的主线是静电场、静电场的高斯定理和环量定理;稳恒电流磁场、稳恒电流磁场的高斯定理和环量定理;在变化电磁场情况下,反映变化磁场可激发横电场的法拉第(Faraday)电磁感应定律,反映变化电场可以激发磁场的麦克斯韦(Maxwell)位移电流假设.综合这些就得到麦克斯韦方程组

积分形式	微分形式
$\oint_L E \cdot dl = -\int_S \frac{B}{t} \cdot dS$	$\Delta \times E = -\frac{B}{t}$
$\oint_L H \cdot dl = \int_S j_f \cdot dS + \int_S \frac{D}{t} \cdot dS$	$\Delta \times H = j_f + \frac{D}{t}$
$\oint_S D \cdot dS = \int_V \rho_f dV$	$\Delta \cdot D = \rho_f$
$\oint_S B \cdot dS = 0$	$\Delta \cdot B = 0$

由此可见,电场纵场部分源是电荷,横场部分源是变化磁场;磁场只有横场部分,电流以及变化电场都是它的源.

除去麦克斯韦方程组外,电荷守恒定律和洛伦兹(Lorentz)力公式也是电磁学的理论基础,但电荷守恒定律已蕴含在麦克斯韦方程组中.

这一部分其余的内容:静电场中的导体、电容器、电容器的充放电、静电屏蔽、电介质和电介质的极化、磁介质和磁介质的磁化、自感和互感、带电粒子在电磁场中的运动、霍尔(Hall)效应、电子感应加速器、涡电流……等都属于第三层次.

这一部分可以上升到第一层次的内容是场作用的观点、电磁场的物质性.(关于电场、磁场的统一性和相对性已放在相对论中讨论.)

(5) 光学:这一部分主要内容是波动光学,可以说不包含本质上新的物理原理,原则上都属于第三层次.但干涉和衍射不仅是光现象,也是描述微观粒子运动的物质波的性质.掌握特征波现象的干涉和衍射,有助于对量子物理中波粒二象性的理解.这部分内容在精密测量、光学仪器等现代高技术中有直接的应用.

(6) 相对论:由狭义相对论的两条基本原理出发,得出洛伦兹变换;由洛伦兹变换可直接得出两个重要结果:相对论时空理论和正确(符合狭义相对论要求)的物理规律必须是四维时空中的张量方程.应用这一结论改造牛顿(Newton)力学,可得出质-速关系、质-能关系、动量-能量关系等重要结果.这些结果应用于电磁学,可进一步揭示电磁现象的统一性和电磁场的相对性.这部分内容属于第三层次的是核能开发和应用,相对论的多普勒(Doppler)效应等.广义相对论以可作为第三层次内容处理.由这部分可以引申出第一层次的观点是新时空理论,空间、时间和物质运动密切联系、电磁现象的统一性和电磁场的相对性等观点.

(7) 量子力学基础:研究对象是微观粒子或微观粒子系统.由于实验表明微观粒子具有波粒二象性,坐标和动量不能同时取确定值,经典描述方法失效.量子力学的基本假设是微观粒子状态用波函数描写;孤立系统状态演化由薛定谔(Schr dinger)方程给出;力学量用线性厄米算符表示;量子测量假设、微观粒子全同性原理等构成量子力学的基本原理,是这部分内容的主线.势阱、谐振子、势垒穿透

等内容属于第三层次,但可以揭示几种典型的量子现象,不可不讲;同样氢原子以及原子壳层结构和元素周期律,可以展示量子理论的成功,而且原子结构本身对理解现代技术的重要性,使这部分内容也必须要讲.

这部分内容可引申出第一层次的世界本质上是量子的,对世界的经典描写是近似的;物质运动的因果关系本质上遵从统计规律的.

本书专门设置了两章,其中“物理学和对称性”这一章介绍物理学中的对称性原理和方法;另一章“非线性振动与混沌”介绍非线性物理学的基本概念和混沌现象.

(8) 高新技术的物理学基础:这部分内容的教学目的是深化近代物理教学,在物理学和高新技术之间架设桥梁.根据加强近代物理教学的目的,以有普遍的重要技术应用、具有明显的发展前景为标准,我们选择了固体物理和材料科学、量子跃迁和激光技术、核物理和核技术、量子纠缠现象和量子信息技术等内容.另外,关于电磁辐射的内容,虽然属于经典物理的范畴,但它在现代通信技术及军事电子对抗中都有重要应用,在本书电磁学中并没有做深入、严格地处理,从物理教学角度看是个缺陷,但考虑到工科许多专业的专业课都会涉及到这些内容,由于学时有限,这里没有选入.这一部分内容是为我校“基础物理”的后续课程“高新技术中的物理学基础”准备的.

五

对几个问题的看法如下:

(1) 关于“基础物理学”内容

基础物理学内容可以不可以涉及到某些理论物理的内容?我们认为普通物理、理论物理是对物理专业划分的.对于非物理专业来说,他们的全部物理课程就是这么一个,不应当只限于物理专业普通物理内容.围绕着上述基础物理教学目的需要,优化后的教学内容可以包括某些属于理论物理的内容,比如相对论和量子力学中的某些内容.在优化原则下,一些问题的讲法上也可以借鉴理论物理的处理方法.

(2) 关于“普物风格”

“普物风格”是好的,基础物理学应当体现这种风格.但是“风格”毕竟是一种外在表现形式,不应当限制内容,也不是决定教学效果的惟一因素,甚至也不是主要因素.关于什么是“普物风格”,赵凯华先生说[①]:“我的理解是讲授尽量避免艰深和复杂的数学,突出物理本质,树立鲜明的物理图像……在介绍广义相对论的一些基

① 赵凯华,罗蔚茵.新概念物理教程,热学.北京:高等教育出版社,1998.

本内容,避免了黎曼几何与时空度规等数学语言."显然"普物风格"不是科普,必要的数学工具还是要用的.我们体会"普物风格"根本的是"从现象中引出物理概念,从实验事实的分析中总结出物理规律"."普物风格"一定程度上是相对理论物理方法来说的,理论物理方法是从已知的实验规律出发,通过逻辑和数学得到对物理现象更深入、更系统、更本质的认识.作为基础物理学,实验规律尚未介绍,是没办法按完全的理论物理方法组织教学的,从这个意义上说,基础物理学只能是"普物风格".

(3) 关于数学工具

作为基础物理,考虑到学生的承受能力,尽量避免艰深的数学工具是必要的,但数学对物理学的重要性是众所周知的.数学是物理学的语言和工具,它可精确的表述概念,简洁、严格的表示物理规律,可靠、深刻地揭示现象本质,有时是不可替代的.牛顿当初就是要表述它的力学理论才发明了微积分.如果没有微积分,我们很难想像牛顿力学应如何表述;如果不用矢量,曲线积分、曲面积分等数学工具,麦克斯韦的电磁理论如何能准确的表达.

如果说不用微积分就不能精确地表示物理规律,那么不引进张量的概念就不能准确的表述支配物理规律的对称性.我们认为在基础物理中引进"张量"的概念是必要的.首先,张量实际上已经用了,如标量就是零阶张量,矢量就是一阶张量.其次张量的概念学生应当是可接受的,定义三维空间张量的坐标系转动变换,学生在解析几何中已熟悉.最后引用张量概念可以加深我们对许多基本物理问题的理解,大大简化有关问题的处理.比如可以根据三维空间的各向同性性质,解释为什么所有物理量都具有标量、矢量或张量性质;可以把类似的思想推广到四维时空(x, y, z, ict),把洛伦兹变换解释为四维时空中的坐标系转动变换.从而可以类似地定义四维张量,把物理学相对性原理表述为:物理规律应取四维时空张量方程形式.这种做法的实际意义是可以简单的得出质-速关系、质-能关系、相对论的多普勒效应、推导力的变换;特别是可以简单地解释电磁场的统一性和相对性,推导电荷密度、电流密度的变换(矢势和标势的变换),电磁场的变换等.

(4) 关于教学指导思想、教学方法

赵凯华先生在他的新概念物理学"力学"序言中,曾谈到杨振宁先生对中美教育方式的比较①.杨先生认为中国传统教育提倡按部就班的教学方法和认真的学习态度,这有利于学生打下扎实的基础,但相对来说,缺少创新意识;美国提倡"渗透式"的教学方式,其特点是学生在学习的时候,往往对所学的内容还太清楚,然而就在这过程中一点一滴的学到了许多东西,这是一种体会式的学习方法.我们的"填鸭式"的教学,要求学生当堂消化、当堂理解,一方面大大限制了课堂信息量,使教学内容和学时的矛盾更加突出;另一方面也造成了学生只会接受灌输的学习方

① 赵凯华, 罗蔚茵.新概念物理教程, 力学. 北京:高等教育出版社,1995.

法,缺乏积极主动地自己去学习.结果造成学生知识面窄,缺乏去接受、理解不大熟悉的新东西的知识结构和主动精神.这种做法的另一后果是培养的学生一个模式,不利于学生特长发挥和优秀人才脱颖而出.如果稍稍改变一下这种做法,基础物理教学内容改革就会有更广阔的天地.

六

关于本书使用方法的建议.

本书是针对国防科技大学“大学物理”(140 学时)和“高新技术中的物理基础”(30 学时)课程教学需要编写的.书中第一至第七部分用于“大学物理”课程,第八部分用于“高新技术中的物理基础”课程.用小号字印出的章节可作为选讲内容.去掉带“*”号的章节、小字部分和第八部分,其余的内容可作为指挥类各专业(126 学时)的教材.

本书突出基本物理概念、思想、原理和方法教学,尽管书中对许多重要结果都给出了较为详尽的数学处理(在学生可接受的范围内),这纯粹是为了更严格、准确地表述物理思想和原理的需要,并不要求学生完全掌握.教师可以选讲、指导学生阅读或去掉不要.本书目的是给出一个较为完整的物理学理论框架,为理解可能遇到的各种技术问题提供必要的物理背景,打下概念和知识的基础,给教师和学生发挥主动性、积极性提供更大的空间,并不追求面面俱到,允许书中某些细节学生不掌握.

本书的附录是根据我们的教学经验编写的,目的是在高等数学和物理需要之间架设一个桥梁.经验告诉我们,适当讲解或指导学生使用这些材料可以收到事半功倍的效果.

七

本书编写分工是:杨丽佳(第一部分中第 2～4 章),陆彦文(第三部分),沈曦(第五部分),田成林(第二部分中“非线性振动与混沌”一章),李承祖(第一部分中第 1、5 两章,第二部分第 1、2 章,第四部分,第六部分,第七部分,第八部分中第 1、2、4 章以及书后的全部附录),陈宇中(第八部分中“核物理和核技术”一章).参加本书习题编写的还有曹慧、林晓楠、陈菊梅、张祖荣等.具体分工是:张祖荣(力学、振动和波),曹慧(热学),林晓楠(电磁学),陈菊梅(相对论、量子物理基础).

李承祖、杨丽佳主持了本书编写指导思想讨论、大纲的制定及编写工作,李承祖进行了全书的统稿、修订和定稿.杨丽佳组织了关于本书的多次讨论会,并在本书的出版方面做了大量具体的工作.

谭署生教授、严欣达教授参加了本书编写指导思想和大纲的讨论;袁建民教授审阅了“原子结构”一章,王尚武教授审阅了“核物理和核技术”一章;程香爱副教授审阅了“固体物理和材料科学”一章,他们都提出了许多宝贵的意见和建议.陆启生教授提供了关于激光武器的部分资料.在此作者对他们表示感谢!另外,物理系参谋徐凯绘制了力学部分的部分插图;2000级四院学员唐小妹、李柏渝等阅读了“相对论”部分初稿;2001级六院学员伍江江、谢欣伟、黄立波、庞峥元阅读了“量子物理基础”部分初稿.他们从学员的角度就有关内容提出了一些修改意见.在此也一并对他们表示感谢!

由于编者学识水平有限,加之编写时间仓促,书中肯定会存在有一些不当或错误,恳请读者批评指正.

编　者

2003年9月4日

需要全本请访问 www.ertongbook.com

目　　录

第一部分　力学

第 1 章　质点运动学 …… 1
§1.1　质点　参考系　质点位矢方程 …… 1
§1.2　位移　速度　加速度 …… 3
§1.3　由速度、加速度求位矢方程 …… 7
§1.4　切向加速度　法向加速度 …… 10
§1.5　伽利略变换　绝对时空理论 …… 12
本章内容提要 …… 16
问题和习题 …… 17
第 2 章　质点动力学 …… 19
§2.1　牛顿运动定律 …… 19
§2.2　惯性参考系 力学相对性原理 …… 22
§2.3　力学中常见的相互作用力 …… 24
§2.4　牛顿运动定律的应用 …… 28
§2.5　非惯性系中的力学　惯性力 …… 32
§2.6　动量和角动量 …… 40
§2.7　机械功和能 …… 44
本章内容提要 …… 50
问题和习题 …… 52
第 3 章　质点系动力学 …… 58
§3.1　质点系的动量定理和动量守恒定律 …… 58
§3.2　质心和质心系 …… 64
§3.3　质点系的角动量定理和角动量守恒定律 …… 70
§3.4　质点系的动能定理和机械能守恒定律 …… 74
§3.5　两体碰撞 …… 82
本章内容提要 …… 88
问题和习题 …… 91
第 4 章　刚体力学 …… 96

§4.1 刚体的运动 …… 96
§4.2 刚体定轴转动的角动量和转动惯量 …… 101
§4.3 刚体定轴转动的角动量定理和转动定理 …… 107
§4.4 刚体定轴转动的功能原理 …… 112
§4.5 陀螺仪 进动 …… 116
*§4.6 刚体平面运动动力学 …… 121
本章内容提要 …… 125
问题和习题 …… 126
第5章 物理学和对称性 …… 131
§5.1 对称的概念和对称性的数学描写 …… 131
§5.2 时空对称性和物理规律的数学形式 物理量 …… 134
§5.3 对称性和物理规律 …… 139
*§5.4 动力学对称性 …… 143
本章内容提要 …… 147
问题和习题 …… 148

第二部分 振动和波

第1章 振动 …… 151
§1.1 简谐振动运动学 …… 151
§1.2 简谐振动动力学 …… 155
*§1.3 阻尼振动 受迫振动和共振 …… 158
§1.4 沿同一直线振动的合成 *频谱分析 …… 161
§1.5 沿两条互相垂直直线的简谐振动的合成 …… 166
本章内容提要 …… 168
问题和习题 …… 170
第2章 波动 …… 173
§2.1 机械波的产生和传播 …… 173
§2.2 简谐波 …… 176
§2.3 波动方程 …… 180
§2.4 机械波的能量和能流 …… 181
§2.5 惠更斯原理 波的衍射、反射和折射 …… 185
§2.6 波的相干叠加 驻波 …… 189
§2.7 波的合成和分解 *群速度 …… 193
§2.8 多普勒效应 …… 195

本章内容提要…… 198
问题和习题…… 201
* 第 3 章　非线性振动　混沌…… 205
§3.1　非线性的基本概念　相图 …… 205
§3.2　奇点和奇点的分类 …… 208
§3.3　单摆 …… 212
§3.4　自激振动 …… 215
§3.5　混沌 …… 219
本章内容提要…… 223
问题和习题…… 223

第三部分　热学

第 1 章　热平衡　气体动理论…… 225
§1.1　平衡态　温度　理想气体状态方程 …… 226
*§1.2　统计方法——分子动理论的基本方法 …… 229
§1.3　理想气体的压强　温度的微观意义 …… 232
§1.4　能量均分定理　理想气体的内能 …… 235
§1.5　麦克斯韦分布律 …… 237
*§1.6　玻尔兹曼分布律 …… 242
*§1.7　实际气体　范德瓦耳斯方程 …… 244
§1.8　气体分子的平均碰撞频率和平均自由程 …… 248
本章内容提要…… 250
问题和习题…… 252
第 2 章　热力学第一定律…… 255
§2.1　准静态过程　功　热量和内能 …… 255
§2.2　热力学第一定律 …… 257
§2.3　绝热过程与多方过程 …… 262
§2.4　循环过程　卡诺循环 …… 267
本章内容提要…… 274
问题和习题…… 276
第 3 章　热力学第二定律　熵…… 279
§3.1　热力学第二定律 …… 279
§3.2　卡诺定理 …… 283
§3.3　玻尔兹曼熵　熵增加原理 …… 287

§3.4　克劳修斯熵　热力学第三定律 …… 290
*§3.5　熵　能量退化及其他 …… 297
本章内容提要 …… 299
问题和习题 …… 300
第4章　非平衡热力学简介 …… 302
§4.1　输运现象 …… 302
*§4.2　玻尔兹曼方程 …… 306
*§4.3　自组织现象与耗散结构 …… 309
本章内容提要 …… 311
问题和习题 …… 312
附录1　常用物理常数数值表 …… 313
附录2　矢量代数 …… 314
附录3　矢量函数的微分 …… 318
附录4　矢量函数的积分 …… 321
习题参考答案 …… 325

第一部分　力　　学

广泛而言,自然界的一切变化过程都可称为运动(motion).运动是物质的基本属性,是物质存在最普遍的形式,一切物质都处在永不停息的运动中.运动的这种永恒性、普遍性称为运动的绝对性.物质的运动形式有多种多样,如机械的、热的、电磁的、化学的、生命的、思维的等.其中,机械运动——物体相对位置的变化——是最简单的运动形式.

力学就是研究机械运动的.力学中研究如何描述物体空间相对位置随时间变动,不涉及发生这种变动的原因的内容称为运动学(kinematics).研究物体运动状态的描述以及运动状态随时间变化规律的内容称为动力学(dynamics).

第1章　质点运动学

§1.1　质点　参考系　质点位矢方程

1.1.1　质点

实际的物体都有一定的形状、大小,运动方式可以有平行移动、转动、变形等.例如地球就有绕太阳公转、自转、潮汐变化等.但是如果我们研究地球绕太阳的公转,由于地球到太阳的距离比地球半径大得多(约 2.0×10^4 倍),地球的大小、形状、变形对地球公转的影响很小,这时就可以把地球看做是没有体积(因而也没有形状)的“点”.

从这个例子中可以看出,如果物体的大小、形状在所研究的问题中不起作用或其作用可以忽略,这时物体就可用一个“点”表示.但质量是描写机械运动状态及其变化的基本要素,通常还需要赋予这样的“点”一个质量.这样的一个有质量的点就称为质点(mass point).

真正的质点是不存在的,质点只是现实物体有条件的、合理的抽象,是为了简化问题,突出问题的主要方面,引进的“理想模型”.用简化的理想模型代替复杂得多的实际对象,抓住主要矛盾,建立起描述理想模型的基本概念和规律,然后以此为基础做出适当的修正,去逼近复杂的实际问题,这就是物理学中的理想化模型的

研究方法.当然把研究对象看做质点是有条件的.例如同样一个地球,如果研究它的自转或者研究地震,就不可能再把它看做质点了.我们之所以引用质点模型,首先是因为它没有形状、大小,描述它的运动最为简单;其次一个复杂的物体总可看成由许多质点构成,从而把研究复杂物体的运动归结为研究构成它的各个质点的运动;特别是如果物体不转动、不变形,只有平移运动,物体上各质点运动情况都相同,这时整个物体的运动就可用一个质点代替.由于这些原因,研究质点的运动是研究一般物体机械运动的基础.

1.1.2 参考系

为了描述质点的空间位置随时间的变动,我们必须给出确定质点空间位置的方法.

一些简单的实验事实表明,三维位置空间是内禀均匀的、各向同性的.物理实验的基本事实是:任何物理实验都不会仅仅因为实验装置在空间做一平移或空间转动,实验结果就会发生变化.这表明所有的空间点、空间不同方向在物理上都是等价的.不存在物理上可定义的绝对位置和绝对方向,质点的方位只能相对地确定.

为了确定质点的相对位置,必须选择某个物体,并认为它的位置是固定的,这个被认为不动的物体称为参照物.为了相对参照物标识空间各点,还需要建立坐标系,通常取坐标系原点在参照物上.为了方便,常选直角坐标系、球坐标系或圆柱坐标系等.在直角坐标系中,空间一点的位置就可用这点的坐标(x, y, z)标识,质点的位置就用它所在点的坐标表示.参照物连同固结其上的坐标系统称为参考系(reference frame).

例如,航行在海洋里的轮船的位置,可以相对某个海岛或相对海岸某个城市确定,也可由它在地球上的经纬度确定,当用经纬度表示轮船位置时,实际上用了以地心为坐标系原点的球坐标系.

参考系的选择原则上是任意的,但相对不同的参考系描述同一质点的运动,其结果和问题的复杂程度不同.例如,在匀速前进的车厢中自由下落的小球,在车厢参考系中小球做自由落体运动;在地面参考系看,小球做抛体运动.静止在地面上空的同步卫星,虽然相对地球是静止的,但在太阳参考系看卫星做复杂的螺旋线运动.在不同参考系观测到物体运动形式、状态不同,这种现象称为运动的相对性.

在研究不同物体运动时,常根据问题的性质和研究方便,选择不同的参考系.

1.1.3 质点的位矢方程

假设相对某个参照物建立了直角坐标系描述质点的位置,在每一时刻质点的位置就由这个时刻质点所在点的坐标给出.由于质点在运动,所以质点坐标(x, y, z)

需要全本请访问 www.ertongbook.com