

内容提要

本书是教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的研究成果,是面向 21 世纪课程教材和普通高等教育“九五”国家教委重点教材。本书是在原第一版(曾获国家教委优秀教材一等奖)的基础上修订而成的。全书加强了力学与当代科技、生产、生活及与其他学科等方面的联系,注意结合学科的历史发展阐明力学的概念和规律,并对传统的讲述方法作了改进。全书层次分明,论述严谨,具有较强的系统性、思想性和可读性。全书共分五篇,即质点力学、守恒定律与质点系动力学、刚体与流体、振动与波、相对论。

本书可以作为高等学校物理类专业的教材或参考书,也可供其他理工类专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

力学/郑永令,贾起民,方小敏编著. —2 版. —北京:
高等教育出版社,2002. 8
ISBN 7-04-011084-9

I. 力... II. 郑... III. 力学—高等学校—教材
IV. 03

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 049565 号

力学(第二版)

郑永令 贾起民 方小敏

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
社 址	北京市东城区沙滩后街 55 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100009	网 址	http://www.hep.edu.cn
传 真	010-64014048		http://www.hep.com.cn

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 北京中科印刷有限公司

开 本	787×960 1/16	版 次	1990 年 9 月第 1 版 2002 年 8 月第 2 版
印 张	37	印 次	2002 年 8 月第 1 次印刷
字 数	680 000	定 价	38.10 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

第二版前言

本书第一版出版以来,受到社会广泛好评,并获原国家教委第三届普通高校优秀教材一等奖.现被评为面向 21 世纪教材,由高等教育出版社出版.作者借此机会对原书作了一次全面的修订.在修订过程中,我们注意了以下几个方面:

1. 保持并发扬原书层次分明、说理透彻,从力学的历史发展阐明力学的概念和规律,紧密联系数学(矢量和微积分)讲述力学原理,注意力学与宇宙学、天体运动学、运动生物力学等其他学科最新发展的联系以及力学在当前科技和生产、生活中的应用等优点.修订版保留并充实了三个附录,分别介绍伽利略、牛顿和爱因斯坦三位巨匠对力学发展所作出的里程碑式的贡献.在讲述开普勒定律时,增加了由开普勒定律导出万有引力定律的内容,以更加接近历史的原貌.在讲述多普勒效应时,介绍了利用超声多普勒效应测血流速度的基本原理.

2. 根据当前实际,对内容作了重新组织和增删.在质点运动学一章讲述一般曲线运动之前,增设直线运动一节,专讲微积分思想在运动学中的应用,然后再在曲线运动中讲述矢量微积分原理,使初学者更容易接受.在讲述刚体定轴转动时,先从牛顿定律出发直接导出转动定律,再讲定轴转动刚体的角动量及其分量形式,这样不仅使转动定律这一刚体运动最基本的定律的导出易于接受,又使转动定律实质上是角动量定理的分量形式这一结论顺理成章.在讲述了牛顿定律之后,增设一节“牛顿定律的内在随机性 混沌”,阐明了牛顿定律与非决定论之间并没有不可逾越的鸿沟.在第二篇的最后,增设一节“守恒定律与对称性”,简单介绍了三条守恒定律与空间平移、转动和时间平移对称性的关系.考虑到当前教学的实际情况,我们删去了一部分过深过难的内容,例如无限小角位移是矢量的严格证明、惯量和惯量积的张量表示、非线性波等,还把一部分内容由大字变为小字,作为选读内容,例如变质量物体的运动方程、两体问题、二自由度振动、相速与群速、简正模式及有关粘滞流体的大部分内容.

3. 在每章的最后增设“本章小结”.它并不等同于该章的内容提要,而是用概括、精练的语言,将该章内容的物理内涵揭示给读者,使读者在复习、回顾该章内容的同时,在认识上有所提高.

4. 更新了部分例题和习题.在每节末配有紧扣内容、富有层次的大量例题,每章末配有大量各种类型和难度的习题,是本书第一版得到认可的特点,修订中继续保持了这一特点,并删去了部分旧题,增添了部分新题,使它更适合当

前的要求。

在本书修订过程中,我们得到了许多专家和同行的帮助。北京大学陈秉乾教授对本书第一版提出过许多中肯意见,复旦大学蔡怀新教授、上海交通大学胡盘新教授、华东师范大学钱振华教授仔细审阅了修订稿,并提出许多宝贵意见,作者对他们表示衷心的感谢。本书第一版由复旦大学出版社出版,作者愿借此机会对他们多年来对本书所给予的支持和理解表示深切的感谢。

在本书第一版的成书和后来的修订过程中,作者深感写一本使自己和读者都满意的书之艰难,加之作者才疏学浅,错误和缺点一定不少,敬请广大同仁和读者不吝指正。

郑永令 贾起民

2002年1月于复旦大学

第一版前言^{*}

作者历年在复旦大学物理系讲授力学,本书就是在授课讲稿和讲义的基础上整理而成的.在成书过程中,进行了修改和补充.

力学曾是物理学中最古老的一个部门,现已发展成为与物理学并列的一门独立的学科.但力学的基本原理仍是物理学的重要基础.多年来,普通物理课中的力学更多地被看作后继课必不可少的基础而受到重视,却较少注意到它在物理学的发展乃至整个人类认识发展中的地位和作用,以及它与其他学科(包括前沿学科)的联系,结果使人感到力学课程在结构和内容上似乎比较陈旧,缺少活力.当然,这是物理基础课普遍存在的问题,但力学课尤为突出.从20世纪60年代开始,世界上一些先进国家就已注意到这一问题,并着手作了一些改革.在美国,相继产生了诸如费曼、伯克利、弗伦奇、霍尔顿等一些有影响的教材,苏、英、法、德等国也有相应的新教材问世.尽管新教材由于种种原因不能完全取代旧教材,但却以各种方式改变了并正在改变着旧教材.近年来,随着改革、开放形势的发展,我国也出现了许多有新意的物理基础教材,包括力学教材.我们就是在这种情况下着手修订教材的.

鉴于以上情况,我们在本书编写过程中,特别注意了以下几个问题:

1. 从力学的历史发展来阐明某些力学基本概念、基本定律的意义.霍尔顿曾在这方面作过有益的尝试.他的《物理科学的概念和理论导论》一书至今仍有广泛的影响.当然,我们不能处处都从历史和哲学的角度来阐述物理规律,但就一些主要的概念和规律,从历史的角度阐明其形成和发展还是可行的.这样做,不仅使这些概念在历史背景的烘托下更具立体感,而且可使学生从科学的建立者们那里学到去粗取精、去伪存真、由表及里、由此及彼的富有创见的研究方法.科学,就其完整的意义而言,不仅包括专业知识和技能,而且包括获取和发展这些知识和技能的方法,还包括对各种知识和技能的相互关系及其本质的探索 and 认识.正是这一切,构成了科学发展的历史.本书主要就落体运动规律、运动定律、动量和动能概念及狭义相对论的形成等方面,或在正文中,或用附录的形式,从历史的角度阐明了它们的形成和发展.着重介绍了伽利略、牛顿和爱因斯坦三位科学家的历史功绩.

2. 注意力学与其他学科的联系.上面提到力学不仅仅是物理学的基础,它

^{*} 本书第一版由复旦大学出版社出版,本文即第一版“作者的话”.

本身有着广泛的应用. 本书主要联系天体(包括地球)的运动和运动生物力学两个方面阐述了力学的应用, 并将这些内容分散在有关的章节中. 例如在运动学一章中增设一节介绍奥伯斯佯谬和宇宙膨胀, 功与能一章中增设一节介绍宇宙膨胀动力学, 角动量一章中介绍向行星发射人造天体的霍曼轨道方案, 在运动定律和角动量两章中分别介绍潮汐现象及其与地球自转的关系, 刚体一章中增加体育运动中的角动量守恒等内容, 流体一章中增加介绍血液流动的内容等. 在其他地方, 则通过例题等方式讲述这些应用. 通过这些内容的叙述, 使学生感到力学并不只是些枯燥的概念和规律, 它在解决实际问题中仍大有用武之地.

3. 增加相对论一章. 在力学中讲授相对论, 已成为一种世界性趋势. 我们在若干年前已开始这样做, 效果不错. 相对论问世已 80 年, 经过近 20 年教育家和科学家们的努力, 已形成了多种适合于低年级学生的阐述方法(美国已有中学讲授相对论). 在力学中增加这一近代物理新内容, 不仅顺理成章, 还可提高学生兴趣. 让学生尽早接触这一内容, 一方面可使学生多一个学习相对论的循环过程, 弥补过去相对论只有单循环的不足, 便于学生消化吸收; 另一方面, 也可为讲授普通物理后继课有关内容打好基础. 我们的阐述方法则先从物理上讲清同时性的相对性、时间延缓和长度收缩等概念, 而把洛伦兹变换作为它们的自然结果, 然后再讨论一些似是而非的佯谬, 进一步加深学生对内容的理解. 不介绍闵可夫斯基四维矢量等内容, 对初学者也许是合适的. 书中对广义相对论也作了浅近的介绍.

4. 在增加新内容的同时, 我们仍然把主要精力放在对传统内容的处理上. 在这方面, 我们主要做了以下一些工作.

1) 改进对某些概念的论述. 例如, 在讨论伽利略变换时, 用例子说明选择合适的参考系对解决动力学问题的好处. 在功与能一章中, 我们加强了对功概念的讨论, 在此基础上改进了保守力定义的叙述方法, 使它既适用于一个质点, 又适用于多个质点(即质点系)运动的情况. 在流体一章中, 加强了对流动状态与参考系关系的讨论. 在此基础上阐明在利用伯努利方程研究问题时选择适当参考系的重要性, 澄清了学生中一些易犯的错误. 并在波动一章中, 运用这一思想导出了深水波的波速.

2) 增加了一些较深内容, 但讲述方法仍是普通物理式的. 如增加有心力场中质点径向运动的讨论, 并将它与质点运动轨道的定性讨论联系起来. 刚体一章中引进了惯量主轴概念, 以加深学生对角动量与角速度关系的理解. 利用转动参考系中的角动量守恒讨论了章动, 使学生对刚体的章动有一个初步的概念. 在振动一章中, 增加二自由度振动, 以与波中驻波的简正模式内容相呼应. 简单介绍了非线性振动的概念和近似处理方法, 为学生今后处理非线性问题打下一个基础. 在波一章中简单介绍非线性波和孤立子概念, 等等. 增加这些较深内

容,或有利于加强有关概念之间的联系,或从另一侧面表明在普通物理中着重讨论的某些概念、定理的适用范围和应用限度.同时,也为学有余力的学生提供一些学习的材料.即使学生对这些内容并不完全理解,我们的目的也已部分达到.

3) 在内容安排上,我们将全书十章分为五篇,分别阐述质点力学、质点系力学与守恒定律、特殊的质点系——刚体与流体、特殊的运动形式——振动与波和相对论,这样使全书脉络清晰,层次分明.为适应不同读者的需要,全书用大小两种字体排印.基本内容用大号字排印,非基本和加深的内容用小号字排印(在目录中则用“*”号标明).略去小号字的内容,不影响全书的连贯性.因而本书可同时作为不同教学要求的力学教材.

4) 对数学的要求.本书是为同时学习微积分的学生写的,书中广泛应用矢量代数和必要的简单微积分讲述物理概念和定律.但这种叙述是由浅入深的,在前几章中,这种叙述既可看成应用微积分思想来阐明物理概念,也可看成应用物理实例来阐明微积分概念.在后面章节中,虽然用了一些简单的微分和积分运算,但不涉及微分方程的求解.

全书每节都有与内容紧密配合的例题,每章附有思考题和习题(用小号字排印,与正文小字内容相关的用“*”号标明).正确回答和演算这些思考题和习题,有利于加深对内容的理解.

蔡怀新教授审阅了全部书稿,并提出许多宝贵意见;方小敏同志参加了全书的修改工作,编选了全部习题,演算和核对了习题答案;杨莉敏同志绘制了全书的图稿,在此一并表示感谢.

在本书成稿过程中,我们深感要编写出一本便于教学上使用,适合学生水平,又富有新意的基础课教材是一件相当艰巨的工作.由于作者学识水平有限,错误和不妥之处在所难免,恳请广大读者提出批评.

郑永令 贾起民

1988年7月于复旦大学

目 录

第一篇 质点力学

第一章 质点运动学	(3)
§ 1.1 参考系	(3)
1. 参考系和坐标系	(3)
2. 时间的测量	(4)
3. 长度的测量	(5)
§ 1.2 质点	(7)
§ 1.3 直线运动	(7)
1. 直线运动质点的运动学方程	(7)
2. 速度	(7)
3. 加速度	(8)
4. 位置、速度、加速度的相互关系	(9)
例题	(10)
§ 1.4 曲线运动及其在直角坐标系中的表示 抛体运动	(13)
1. 曲线运动的矢量描述	(13)
2. 位矢、速度、加速度的相互关系	(16)
3. 位矢、速度、加速度在直角坐标系中的表示 抛体运动	(17)
例题	(20)
§ 1.5 曲线运动在本性坐标系和极坐标系中的表示 圆周运动	(21)
1. 圆周运动的切向加速度和法向加速度	(21)
2. 一般曲线运动的切向加速度和法向加速度	(23)
3. 速度、加速度在平面极坐标系中的表示	(24)
例题	(27)
§ 1.6 相对运动	(30)
1. 运动参考系作匀速直线运动 绝对速度、相对速度和牵连速度	(30)
2. 运动参考系作任意方式的平动 绝对加速度、相对加速度和牵连加速度	(31)
3. 运动参考系作匀角速转动 科里奥利加速度	(32)
例题	(35)
*§ 1.7 哈勃定律与宇宙膨胀	(38)

1. 奥伯斯佯谬与多普勒红移	(38)
2. 哈勃定律 宇宙的年龄与大小	(39)
3. 银河系是宇宙的中心吗?	(40)
本章小结	(41)
思考题	(41)
习题	(44)
附录 1 伽利略与他对落体和抛体运动的研究	(50)
第二章 牛顿定律	(53)
引言	(53)
§ 2.1 牛顿定律	(55)
1. 第一定律与惯性参考系	(55)
2. 第二定律	(57)
3. 第三定律	(60)
§ 2.2 单位制与量纲	(61)
1. 单位制	(61)
2. 基本量与导出量	(62)
3. 量纲	(62)
例题	(63)
§ 2.3 常见的力	(63)
1. 力的基本类型	(63)
2. 接触力和非接触力	(64)
3. 引力和重力	(65)
4. 弹性力	(67)
5. 摩擦力	(68)
6. 洛伦兹力	(69)
§ 2.4 牛顿定律的运用	(69)
1. 质点动力学的基本问题	(69)
2. 约束	(70)
例题	(70)
§ 2.5 力学相对性原理和伽利略坐标变换	(78)
1. 力学相对性原理	(78)
2. 伽利略坐标变换	(79)
例题	(79)
§ 2.6 非惯性系与惯性力:平动加速系中的平移惯性力	(81)
1. 平移惯性力	(81)
2. 潮汐现象	(83)

3. 厄特沃什实验	(84)
例题	(84)
§ 2.7 非惯性系与惯性力;匀速转动系中的离心力和科里奥利力	(86)
1. 离心力	(86)
2. 科里奥利力	(89)
3. 惯性的本质是什么?	(93)
例题	(94)
§ 2.8 牛顿定律的内在随机性 混沌	(97)
1. 牛顿定律与决定论	(97)
2. 牛顿定律的内在随机性 混沌	(98)
本章小结	(98)
思考题	(99)
习题	(102)
附录 2 牛顿与他的《原理》	(110)

第二篇 守恒定律与质点系动力学

第三章 动量	(115)
§ 3.1 动量与动量定理	(115)
1. 质点动量定理	(115)
2. 质点系动量定理	(116)
3. 几点说明	(117)
例题	(118)
§ 3.2 动量守恒定律	(120)
1. 动量守恒定律	(120)
2. 几点说明	(120)
3. 火箭的运动	(121)
* 4. 变质量物体的运动	(122)
例题	(124)
§ 3.3 质心与质心运动定律	(127)
1. 质心	(127)
2. 质心的位置	(128)
3. 质心运动定律	(129)
4. 质心坐标系	(130)
5. 几点说明	(130)
例题	(131)
本章小结	(132)

思考题	(133)
习题	(134)
第四章 功与能	(140)
§ 4.1 功与功率	(140)
1. 作用于单个质点的力的功	(140)
2. 作用于质点系的力的功 外力的功和内力的功	(142)
3. 几种力的功	(144)
例题	(146)
§ 4.2 质点动能定理	(148)
1. 质点动能定理	(148)
2. 由动能定理求解物体的运动	(150)
例题	(150)
§ 4.3 质点系动能定理	(153)
1. 质点系动能定理	(153)
2. 质点系动能定理与质点系动量定理的比较	(153)
例题	(153)
§ 4.4 质点系的势能	(155)
1. 保守力与非保守力	(155)
2. 质点系的势能	(156)
3. 几种势能	(159)
4. 几点说明	(160)
5. 势能曲线	(160)
例题	(163)
§ 4.5 机械能和机械能守恒定律	(166)
1. 质点系功能原理	(166)
2. 机械能守恒定律	(167)
3. 几点说明	(167)
例题	(168)
§ 4.6 质心系中的功能原理和机械能守恒定律	(170)
1. 质量悬殊的两质点体系的机械能守恒定律	(170)
2. 质点在保守力场中的机械能和机械能守恒定律	(172)
3. 质点系动能与质心动能	(175)
*4. 一般质心系中的功能原理和机械能守恒定律	(176)
例题	(177)
§ 4.7 碰撞	(179)
1. 正碰	(179)

2. 斜碰	(183)
3. 碰撞与质心坐标系	(184)
例题	(186)
*§ 4.8 宇宙膨胀动力学	(190)
1. 退行速度	(190)
2. 开宇宙、平宇宙与闭宇宙	(191)
本章小结	(192)
思考题	(193)
习题	(196)
第五章 角动量	(205)
§ 5.1 力矩	(205)
1. 力矩的定义	(205)
2. 作用于质点的力矩和作用于质点系的力矩	(207)
§ 5.2 质点角动量定理	(208)
1. 质点的角动量	(208)
2. 质点角动量定理	(209)
3. 质点角动量守恒定律	(210)
例题	(211)
§ 5.3 质点系角动量定理	(214)
1. 质点系角动量定理	(214)
2. 质点系角动量守恒定律	(215)
3. 银河系为什么是扁的?	(215)
*4. 潮汐与日长的持续性增长	(216)
例题	(217)
§ 5.4 质心系中的角动量定理	(218)
1. 质心系中的角动量定理	(218)
2. 质心系中的角动量守恒定律	(219)
3. 体系角动量与质心角动量	(219)
§ 5.5 质点在有心力场中的运动	(220)
1. 有心力场	(220)
2. 有心力场中质点运动的一般特征	(220)
3. 有效势能与轨道特征	(222)
例题	(226)
§ 5.6 开普勒定律	(226)
1. 行星运动的开普勒定律	(226)
2. 由开普勒定律导出万有引力定律	(228)

* 3. 两体问题	(229)
例题	(232)
§ 5.7 守恒定律与对称性	(234)
本章小结	(235)
思考题	(236)
习题	(237)

第三篇 刚体与流体

第六章 刚体力学	(245)
§ 6.1 刚体运动概述	(245)
1. 刚体	(245)
2. 刚体的自由度	(245)
3. 刚体运动的几种形式	(246)
4. 作用在刚体上的力系	(247)
§ 6.2 刚体的定轴转动	(248)
1. 定轴转动的描述	(248)
2. 转动定律	(252)
3. 转动惯量	(253)
4. 定轴转动刚体的角动量与角动量定理	(256)
5. 定轴转动刚体的角动量守恒定律	(258)
例题	(259)
§ 6.3 刚体的平面平行运动	(263)
1. 平面平行运动的运动方程	(263)
2. 滚动	(264)
3. 瞬时转轴	(266)
4. 作平面平行运动的刚体的角动量	(268)
例题	(269)
* § 6.4 体育运动中的角动量守恒定律	(273)
§ 6.5 刚体的能量	(277)
1. 定轴转动刚体的动能与动能定理	(277)
2. 平面平行运动刚体的动能	(278)
3. 刚体的重力势能	(279)
例题	(279)
§ 6.6 刚体静力学	(283)
1. 刚体平衡的条件	(283)
2. 静不定问题	(284)

例题	(284)
§ 6.7 陀螺的运动	(286)
1. 不受外力矩作用的陀螺	(287)
2. 陀螺的进动	(287)
3. 地球在太阳(月球)引力矩作用下的进动 岁差	(290)
4. 回转罗盘	(291)
*5. 陀螺的章动	(292)
例题	(293)
本章小结	(294)
思考题	(295)
习题	(296)
第七章 流体力学	(305)
§ 7.1 流体静力学	(305)
1. 静止流体内的应力和压强	(306)
2. 重力场中静止流体各点的压强	(309)
3. 压强的单位	(309)
4. 浮力和浮心	(310)
例题	(311)
§ 7.2 流体的定常流动	(314)
1. 描写流体运动的两种方法	(314)
2. 定常流动	(316)
3. 流线与流管	(316)
4. 连续性方程	(317)
5. 流体流动形态与参考系的关系	(318)
例题	(319)
§ 7.3 伯努利方程及其应用	(321)
1. 理想流体	(321)
2. 伯努利方程	(321)
3. 伯努利方程的应用	(323)
4. 机翼的升力 马格努斯效应	(327)
例题	(328)
§ 7.4 粘滞流体的流动	(329)
1. 流体的粘滞性	(329)
2. 粘滞流体的运动规律	(332)
*3. 粘滞流体在水平圆管内的流动 泊肃叶公式	(333)
*4. 粘度的测量	(335)

*5. 层流与湍流 雷诺数	(335)
*6. 粘滞流体中运动物体所受的阻力 斯托克斯公式	(337)
*例题	(340)
*§ 7.5 血液的流动	(341)
1. 红细胞的轴向集中	(341)
2. 血流速度和血压的分布	(342)
例题	(343)
本章小结	(343)
思考题	(344)
习题	(346)

第四篇 振动与波

第八章 振动	(353)
§ 8.1 简谐振动	(353)
1. 弹簧振子的运动	(353)
2. 简谐振动的频率、振幅和相位	(354)
3. 简谐振动的表示法	(355)
4. 单摆	(357)
5. 谐振子的能量	(358)
例题	(360)
§ 8.2 振动的合成与分解	(363)
1. 同方向、同频率的两个简谐振动的合成	(363)
2. 同方向、相近频率的两个简谐振动的合成 拍	(365)
3. 互相垂直、同频率的两个简谐振动的合成	(366)
4. 互相垂直、不同频率的两个简谐振动的合成 利萨如图形	(367)
5. 振动的分解 谐波分析	(368)
例题	(372)
§ 8.3 阻尼振动	(373)
1. 运动方程及其解	(373)
2. 阻尼振子的能量	(375)
3. 品质因数	(375)
4. 临界阻尼与过阻尼	(376)
例题	(377)
§ 8.4 受迫振动	(377)
1. 运动方程及其解	(378)

2. 稳态解的振幅、相位与强迫力频率的关系 共振	(380)
3. 共振曲线的锐度	(382)
4. 受迫振动中的功能关系	(383)
*5. 对任意策动力的响应	(384)
例题	(385)
*§ 8.5 二自由度振动	(387)
例题	(389)
*§ 8.6 非线性振动简介	(392)
1. 非线性振动概述	(392)
2. 微扰法	(393)
3. 受迫振动	(395)
例题	(396)
本章小结	(398)
思考题	(398)
习题	(400)
第九章 波	(407)
§ 9.1 机械波的形成与传播	(407)
1. 机械波的形成	(407)
2. 周期性波的形成 横波与纵波	(408)
3. 波长、频率与波速的关系	(410)
4. 球面波和平面波	(410)
§ 9.2 简谐波	(411)
1. 简谐波的运动学方程	(411)
2. 讨论	(412)
例题	(413)
§ 9.3 波动方程与波速	(414)
1. 弹性棒中的波动方程与波速	(414)
2. 柔软弦中的横波	(416)
*3. 水面波	(417)
*4. 相速度与群速度	(420)
例题	(422)
§ 9.4 波的能量和强度	(424)
1. 波的能量与能量密度	(424)
2. 波的强度和功率	(426)
3. 声强级	(427)

例题	(428)
§ 9.5 波的衍射、反射与折射	(429)
1. 惠更斯原理	(429)
2. 波的衍射	(429)
3. 波的反射和折射	(430)
例题	(431)
§ 9.6 波的叠加 驻波	(432)
1. 波的叠加原理	(432)
2. 波的干涉	(432)
3. 驻波	(433)
*4. 简正模式与简正频率	(436)
例题	(437)
§ 9.7 多普勒效应	(441)
1. 多普勒频移	(441)
2. 多普勒效应测血流速度	(443)
3. 冲击波	(444)
例题	(444)
本章小结	(445)
思考题	(445)
习题	(447)

第五篇 相 对 论

第十章 相对论和相对论力学	(455)
§ 10.1 牛顿时空观和伽利略变换回顾	(455)
1. 牛顿时空观评述	(455)
2. 再论伽利略变换	(456)
§ 10.2 狭义相对论的实验背景	(458)
1. 相对性原理与电磁学	(458)
2. 寻找绝对参考系的尝试 迈克耳孙 - 莫雷实验	(459)
3. 对牛顿力学的偏离	(462)
§ 10.3 狭义相对论的基本假设	(463)
1. 爱因斯坦的基本假设	(463)
2. 时间是值得怀疑的	(464)
3. 同时性的相对性	(465)
4. 时钟的同步问题	(469)
§ 10.4 时间延缓和长度收缩	(474)

1. 光信号钟	(474)
2. 时间延缓	(476)
3. 长度收缩	(479)
4. 时间延缓、长度收缩与时钟同步的相互关系	(481)
例题	(484)
§ 10.5 洛伦兹变换	(487)
1. 洛伦兹变换的导出	(487)
2. 洛伦兹变换的几个推论	(491)
*3. 事件之间的间隔和因果性	(492)
例题	(494)
§ 10.6 相对论的速度和加速度变换	(499)
1. 相对论的速度变换公式	(499)
2. 相对论的加速度变换公式	(501)
§ 10.7 多普勒效应 孪生子佯谬	(502)
1. 多普勒效应	(502)
2. 孪生子佯谬和孪生子佯谬的一种说明	(505)
§ 10.8 相对论的动量和能量	(509)
1. 相对论动量	(509)
2. 相对论中的力	(512)
3. 相对论中的能量	(513)
4. 能量与动量的关系	(514)
5. 静质量为零的粒子	(514)
例题	(515)
§ 10.9 质量、动量和力的变换公式	(518)
1. 质量的变换公式	(518)
2. 动量和能量的变换公式	(519)
3. 力的变换公式	(520)
§ 10.10 广义相对论简介	(522)
1. 从狭义相对论到广义相对论	(522)
2. 等效原理	(523)
3. 光线在引力场中的弯曲	(526)
4. 引力与时间 引力红移	(527)
5. 引力与空间 水星的运动	(530)
6. 广义相对论的基本原理	(530)
本章小结	(531)
思考题	(532)