



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

力学

(第三版) 郑永令 贾起民 方小敏 原著
蒋最敏 修订



高等教育出版社



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

力学

(第三版) 郑永令 贾起民 方小敏 原著
蒋最敏 修订



高等教育出版社·北京

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,第一版曾获国家教委优秀教材一等奖。本书是在原第二版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学类专业的教材或参考书,也可供非物理学类专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

力学 / 郑永令, 贾起民, 方小敏原著. -- 3 版. --

北京: 高等教育出版社, 2018. 8

ISBN 978-7-04-049771-7

I. ①力… II. ①郑… ②贾… ③方… III. ①力学-高等学校-教材 IV. ①O3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 107302 号

LIXUE

策划编辑 程福平 责任编辑 程福平 封面设计 姜磊 版式设计 杜微言
插图绘制 于博 责任校对 刘娟娟 责任印制 毛斯璐

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街 4 号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.hepmall.com.cn
印 刷	北京玥实印刷有限公司		http://www.hepmall.com
开 本	787mm × 1092mm 1/16		http://www.hepmall.cn
印 张	27.5	版 次	1990 年 1 月第 1 版
字 数	660 千字		2018 年 8 月第 3 版
购书热线	010-58581118	印 次	2018 年 8 月第 1 次印刷
咨询电话	400-810-0598	定 价	56.00 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 49771-00

力学

(第三版)

郑永令 贾起民

方小敏 原著

蒋最敏 修订

- 1 电脑访问<http://abook.hep.com.cn/1248585>, 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 点击“进入学习”, 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, 请按提示通过电脑访问学习。

如有使用问题, 请发邮件至abook@hep.com.cn。



扫描二维码
下载 Abook 应用



阅读材料



演示实验



物理学家
简介

<http://abook.hep.com.cn/1248585>

第三版前言

本书在第二版的基础上,作了一些修订。对所作的主要修订说明如下:

1. 尽量保持原著的特色和知识内容前后次序结构,包括原著层次分明、说理透彻等优点。
2. 特别强调矢量分析和微积分思想在学习力学课程中的重要性。一些公式的推导过程和题目之解答更多基于导数与微积分的运算和矢量分析。例如极坐标中速度和加速度的公式推导、一般变速直线运动例题中的解法二、质点动能定理的推导等。
3. 增加了万有引力定律、引力叠加原理、质点的引力势能相关内容。把描述质点的万有引力定律推广到物体之间的引力和引力势能的计算。特别强调两个壳层引力定律的物理图像及其与引力叠加原理和微积分思想在计算物体引力时的应用。
4. 重新撰写了变质量系统的运动内容,并将此内容变成必须掌握的内容。从变质量系统的动力学方程推导,从公式中每项意义的阐述到方程的应用都给出了完整和系统的介绍。
5. 重新撰写了两个自由度的振动和简正模式,并将此内容变成必须掌握的内容。对简正坐标、简正模式和简正频率的概念进行了详细的阐述,并配有演示实验以加深对这些概念的理解。同时将这些概念与一维连续介质对应的简正模式——驻波对照比较,以进一步加深对简正模式和简正频率的理解。增加了克拉尼图形视频,将一维连续系统简正模式——驻波图像扩展到二维连续体系。
6. 增加了两体问题的普遍阐述及其相关结论。结合原著中的行星运动对两体问题给予了系统和完整的阐述,并将这部分内容变成必须学习的内容。
7. 强调非惯性系中惯性力与引力等效原理,即将惯性力看作另一个引力,并应用于非惯性系中力学问题的理解与分析。
8. 将原著中一部分内容变成二维码阅读材料,以减少书的篇幅。
9. 删除了原著中的部分内容。例如,芝诺悖论、非线性振动简介、血液的流动等。
10. 纠正了原著中的多处错误。

由于本书修订者的知识局限,在力学内容选择及其修订中难免出现偏爱、不妥和错误。殷切希望读者提出宝贵意见以便以后改正。

蒋最敏

2017年10月于复旦大学

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,先从牛顿运动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。在讲述了牛顿运动定律之后,增设一节“牛顿运动定律的内在随机性 混沌”,阐明了牛顿运动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、简正模式及有关黏性流体的大部分内容。

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分,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》一书至今仍具有广泛的影响。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

* 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”。

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	002	3. 运动参考系作匀速转动 科里奥利 加速度	025
§ 1.1 参考系	002	4. 例题	026
1. 参考系和坐标系	002	本章小结	028
2. 时间的测量	003	思考题	028
3. 长度的测量	004	习题	031
§ 1.2 质点	005	第二章 牛顿运动定律	037
§ 1.3 直线运动	006	引言	037
1. 直线运动质点的运动学方程	006	§ 2.1 牛顿运动定律	038
2. 速度	006	1. 第一定律与惯性参考系	039
3. 加速度	007	2. 第二定律	040
4. 位移、速度、加速度的相互关系	007	3. 第三定律	043
5. 例题	008	§ 2.2 单位制与量纲	044
§ 1.4 曲线运动及其在直角坐标系中的 表示 抛体运动	010	1. 单位制	044
1. 曲线运动的矢量描述	010	2. 基本量与导出量	045
2. 位矢、速度、加速度的相互关系	012	3. 量纲	045
3. 位矢、速度、加速度在直角坐标系中的 表示 抛体运动	014	4. 例题	046
4. 例题	017	§ 2.3 常见的力	046
§ 1.5 曲线运动在自然坐标系和极坐标系 中的表示 圆周运动	017	1. 力的基本类型	046
1. 圆周运动的切向加速度和法向加 速度	017	2. 接触力和非接触力	047
2. 一般曲线运动的切向加速度和法向 加速度	019	3. 引力和重力	047
3. 速度、加速度在平面极坐标系中的 表示	020	4. 弹性力	050
4. 例题	021	5. 摩擦力	051
§ 1.6 相对运动	023	6. 洛伦兹力	051
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	023	§ 2.4 牛顿运动定律的运用	052
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	024	1. 质点动力学的基本问题	052
		2. 约束	052
		3. 例题	053
		§ 2.5 力学相对性原理和伽利略坐标 变换	059
		1. 力学相对性原理	059
		2. 伽利略坐标变换	060
		3. 例题	060

§ 2.6 非惯性系与惯性力:平动加速系中的 平移惯性力	062	2. 科里奥利力	068
1. 平移惯性力	062	3. 例题	069
2. 潮汐现象	064	§ 2.8 牛顿运动定律的内在随机性 混沌	071
3. 厄特沃什实验	064	1. 牛顿运动定律与决定论	071
4. 例题	065	2. 牛顿运动定律的内在随机性 混沌	072
§ 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	067	本章小结	072
1. 离心力	067	思考题	073
		习题	076
第二篇 守恒定律与质点系动力学			
第三章 动量	087	3. 例题	113
§ 3.1 动量与动量定理	087	§ 4.3 质点系动能定理	114
1. 质点动量定理	087	1. 质点系动能定理	114
2. 质点系动量定理	088	2. 质点系动能定理与质点系动量定理的 比较	115
3. 几点说明	089	3. 例题	115
4. 例题	089	§ 4.4 质点系的势能	116
§ 3.2 动量守恒定律	091	1. 保守力与非保守力	116
1. 动量守恒定律	091	2. 质点系的势能	117
2. 几点说明	091	3. 几种势能	119
3. 变质量体系运动	092	4. 几点说明	120
4. 例题	093	5. 势能曲线	121
§ 3.3 质心与质心运动定律	095	6. 例题	123
1. 质心	095	§ 4.5 机械能和机械能守恒定律	126
2. 质心的位置	096	1. 质点系功能原理	126
3. 质心运动定律	097	2. 机械能守恒定律	126
4. 质心参考系	098	3. 几点说明	127
5. 几点说明	098	4. 例题	127
6. 例题	099	§ 4.6 质心系中的功能原理和机械能守恒 定律	130
本章小结	100	1. 柯尼希定理	130
思考题	100	2. 一般质心系中的功能原理和机械能守恒 定律	131
习题	101	3. 例题	132
第四章 功与能	107	§ 4.7 碰撞	133
§ 4.1 功与功率	107	1. 正碰	133
1. 作用于单个质点的力的功	107	2. 碰撞与质心参考系	137
2. 一对内力做功之和	109	3. 例题	137
3. 几种力的功	110	本章小结	138
4. 例题	112	思考题	139
§ 4.2 质点动能定理	112	习题	142
1. 质点动能定理	112		
2. 由动能定理求解物体的运动	112		

第五章 角动量 150

§ 5.1 力矩 150

1. 力矩的定义 150

2. 作用于质点的力矩和作用于质点系的力矩 152

§ 5.2 质点角动量定理 153

1. 质点的角动量 153

2. 质点角动量定理 154

3. 质点角动量守恒定律 155

4. 例题 155

§ 5.3 质点系角动量定理 158

1. 质点系角动量定理 158

2. 质点系角动量守恒定律 159

3. 例题 159

§ 5.4 质心系中的角动量定理 160

1. 质心系中的角动量定理 160

2. 质心系中的角动量守恒定律 161

3. 体系角动量与质心角动量 161

§ 5.5 质点在有心力场中的运动 162

1. 有心力场 162

2. 有心力场中质点运动的一般特征 162

3. 有效势能与轨道特征 164

4. 例题 167

§ 5.6 开普勒定律和万有引力定律 168

1. 行星运动的开普勒定律 168

2. 万有引力定律 169

3. 引力势能 170

4. 由开普勒定律导出万有引力定律 171

5. 例题 173

§ 5.7 两体问题和约化质量 174

1. 两体问题和约化质量 174

2. 例题 176

§ 5.8 守恒定律与对称性 177

本章小结 178

思考题 179

习题 180

第三篇 刚体与流体

第六章 刚体力学 186

§ 6.1 刚体运动概述 186

1. 刚体 186

2. 刚体的自由度 186

3. 刚体运动的几种形式 186

4. 作用在刚体上的力系 187

§ 6.2 刚体的定轴转动 189

1. 定轴转动的描述 189

2. 转动定律 192

3. 转动惯量 193

4. 定轴转动刚体的角动量与角动量定理 196

5. 定轴转动刚体的角动量守恒定律 198

6. 例题 198

§ 6.3 刚体的平面平行运动 202

1. 平面平行运动的运动方程 202

2. 滚动 203

3. 瞬时转轴 204

4. 作平面平行运动的刚体的角动量 207

5. 例题 207

§ 6.4 刚体的能量 211

1. 定轴转动刚体的动能与动能定理 211

2. 平面平行运动刚体的动能 213

3. 刚体的重力势能 213

4. 例题 213

§ 6.5 刚体静力学 216

1. 刚体平衡的条件 216

2. 静不定问题 217

3. 例题 217

§ 6.6 陀螺的运动 219

1. 不受外力矩作用的陀螺 219

2. 陀螺的进动 219

3. 例题 222

本章小结 223

思考题 224

习题 225

第七章 流体力学 233

§ 7.1 流体的定常流动 233

1. 描写流体运动的两种方法 233

2. 定常流动 235

3. 流线与流管 235

4. 连续性方程 236

5. 流体流动形态与参考系的关系	237	2. 黏性流体的运动规律	249
6. 例题	238	3. 黏性流体在水平圆管内的流动	
§ 7.2 伯努利方程及其应用	240	泊肃叶公式	251
1. 理想流体	240	4. 层流与湍流 雷诺数	252
2. 伯努利方程	240	5. 黏性流体中运动物体所受的阻力	
3. 伯努利方程的应用	241	斯托克斯公式	254
4. 机翼的升力 马格努斯效应	245	本章小结	257
5. 例题	246	思考题	257
§ 7.3 黏性流体的流动	247	习题	259
1. 流体的黏性	247		

第四篇 振动与波

第八章 振动	264	关系 共振	287
§ 8.1 简谐振动	264	3. 共振曲线的锐度	290
1. 弹簧振子的运动	264	4. 受迫振动中的功能关系	290
2. 简谐振动的频率、振幅和相位	265	5. 例题	292
3. 简谐振动的表示法	266	§ 8.5 两个自由度的振动和简正模式	294
4. 谐振子的能量	267	1. 耦合摆和简正模式	294
5. 简谐振动的应用	268	2. 例题	297
6. 例题	270	本章小结	298
§ 8.2 振动的合成与分解	273	思考题	299
1. 同方向、同频率的两个简谐振动的		习题	300
合成	273	第九章 波	306
2. 同方向、相近频率的两个简谐振动的		§ 9.1 机械波的形成与传播	306
合成 拍	274	1. 机械波的形成	306
3. 互相垂直、同频率的两个简谐振动的		2. 周期性波的形成 横波与纵波	307
合成	276	3. 波长、频率与波速的关系	308
4. 互相垂直、不同频率的两个简谐振动的		4. 球面波和平面波	309
合成 李萨如图形	277	§ 9.2 简谐波	309
5. 振动的分解 谐波分析	277	1. 简谐波的运动学方程	309
6. 例题	281	2. 讨论	310
§ 8.3 阻尼振动	281	3. 例题	312
1. 运动方程及其解	282	§ 9.3 波动方程与波速	312
2. 阻尼振子的能量	283	1. 弹性棒中的波动方程与波速	312
3. 品质因数	284	2. 柔软弦中的横波	314
4. 临界阻尼与过阻尼	284	3. 相速度与群速度	315
5. 例题	285	4. 例题	317
§ 8.4 受迫振动	286	§ 9.4 波的能量和强度	318
1. 运动方程及其解	286	1. 波的能量与能量密度	318
2. 稳态解的振幅、相位与驱动力频率的		2. 波的强度和功率	320

3. 声强级 321

4. 例题 322

§ 9.5 波的衍射、反射与折射 323

1. 惠更斯原理 323

2. 波的衍射 323

3. 波的反射和折射 324

4. 例题 325

§ 9.6 波的叠加 驻波 326

1. 波的叠加原理 326

2. 波的干涉 326

3. 驻波 327

4. 多自由度振动、简正模式与
简正频率 329

5. 例题 330

§ 9.7 多普勒效应 332

1. 多普勒频移 332

2. 多普勒效应测血流速度 334

3. 冲击波 334

4. 例题 335

本章小结 335

思考题 336

习题 337

第五篇 相 对 论

第十章 相对论和相对论力学 343

§ 10.1 牛顿时空观和伽利略变换回顾 343

1. 牛顿时空观评述 343

2. 再论伽利略变换 344

§ 10.2 狭义相对论的实验背景 346

1. 相对性原理与电磁学 346

2. 寻找绝对参考系的尝试 迈克耳孙-
莫雷实验 346

3. 对牛顿力学的偏离 349

§ 10.3 狭义相对论的基本假设 350

1. 爱因斯坦的基本假设 350

2. 时间是值得怀疑的 351

3. 同时性的相对性 352

4. 时钟的同步问题 355

§ 10.4 时间延缓和长度收缩 358

1. 光信号钟 358

2. 时间延缓 359

3. 长度收缩 363

4. 时间延缓、长度收缩与时钟同步的相互
关系 364

5. 例题 367

§ 10.5 洛伦兹变换 369

1. 洛伦兹变换的导出 369

2. 洛伦兹变换的几个推论 373

* 3. 事件之间的间隔和因果性 374

4. 例题 375

§ 10.6 相对论的速度和加速度变换 380

1. 相对论的速度变换公式 380

2. 相对论的加速度变换公式 382

§ 10.7 多普勒效应 孪生子佯谬 383

1. 多普勒效应 383

2. 孪生子佯谬和孪生子佯谬的一种
说明 386

§ 10.8 相对论的动量和能量 390

1. 相对论动量 390

2. 相对论中的力 393

3. 相对论中的能量 393

4. 能量与动量的关系 394

5. 静质量为零的粒子 395

6. 例题 395

§ 10.9 质量、动量和力的变换公式 398

1. 质量的变换公式 398

2. 动量和能量的变换公式 399

3. 力的变换公式 401

§ 10.10 广义相对论简介 402

1. 从狭义相对论到广义相对论 402

2. 等效原理 403

3. 光线在引力场中的弯曲 406

4. 引力与时间 引力红移 406

5. 引力与空间 水星的运动 409

6. 广义相对论的基本原理 410

本章小结 410

思考题 411

习题 412

附录 A 常用矢量公式	418
附录 B 常用数据	419
参考文献	420



伽利略(Galileo Galilei, 1564—1642) 意大利物理学家、天文学家和哲学家,近代实验科学的先驱。通过实验、逻辑推理与定量研究,建立落体定律,发现惯性定律,确立力学的相对性原理,提出摆振动的等时性等。利用自己的天文观察成果支持和发展了“日心说”。



文档:伽利略简介

第一篇

质点力学

本篇讨论质点的运动规律,分为运动学和动力学两部分。质点运动学研究质点机械运动的描述,不追究运动发生的原因。应用矢量和微积分概念,着重分析描述运动的三个物理量——位矢、速度和加速度的意义以及它们的相互关系。质点动力学则研究物体(看成质点)在周围其他物体作用下如何发生运动。首先讨论物体在一定的力作用下如何运动,然后讨论如何将其他物体的作用归结为力。在本篇中,还将讨论在不同参考系中处理运动学和动力学问题的不同方法及它们的相互联系。本篇的内容是全书的基础。



阅读材料:伽利略与他下落体和抛体运动的研究

第一章 质点运动学

§ 1.1 参考系

1. 参考系和坐标系

力学中研究的运动,是指物体位置的变动,称为机械运动.这是最简单、最基本的运动形式,它存在于一切运动形式之中.

运动总是在空间与时间中发生.空间与时间是物质运动广延性与持续性的反映.对机械运动而言,空间规定了物体运动的范围与位置,时间则规定了运动过程的长短与顺序.在牛顿力学范围内,空间与时间脱离物质与运动而独立存在;空间是延伸到整个宇宙的容纳物质的三维平直框架,时间则犹如一座始终均匀运转着的钟.而相对论表明,空间、时间是与物质与其运动紧密联系着的,空间的几何性质与时间的量度既与观察者的运动状态有关,又与物质分布及其运动状态有关.牛顿力学的绝对时空观只是实际时空性质的一种近似.

任何物体的位置及其变动,只有相对于事先选定的视为不动的物体或彼此无相对运动的物体群而言才有明确的意义.这种被选作物体运动依据的物体或物体群称为**参考物**.与参考物固连的三维空间称为**参考空间**.另外,位置变动总是伴随着时间的变动,所谓考察物体的运动,也就是考察物体的位置变动与时间的关系.因而,考察运动还必须有计时的装置,即钟.参考空间和与之固连的钟的组合称为**参考系**.但习惯上,常把参考物简称为参考系,不必特别指出与之相连的参考空间和钟.同一物体的运动情况相对不同的参考系是不同的.例如,在地面附近自由下落的物体,以地球为参考系,它作直线运动;以匀速行驶的火车为参考系,它作曲线运动.研究某一物体的运动,选取什么物体或物体群作参考系,在运动学中是任意的(在动力学中则不然),可视问题的性质和方便而定.参考系选定后,为了定量地表示物体相对参考系的位置,还必须在参考系上建立适当的坐标系.所谓**坐标系**就是固定在参考空间的一组坐标轴和用来规定一组坐标的方法.物体的位置即由这组坐标确定.常用的坐标系有笛卡儿坐标系,即直角坐标系(相应的坐标为 x, y, z ;图 1.1-1),平面极坐标系(相应的坐标为 r, θ ;图 1.1-2)以及球坐标系和柱坐标系等.物体的运动状态完全由参考系决定,与坐标系的选取无关.坐标系不同,只是描述运动的变量不同而已,对应的物体的运动状态并无不同.



演示实验:运动小车