



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



国家级精品课程教材·上海市优秀教材(一等奖)

(第4版)

D A X U E W U L I X U E

# 大学物理学 上册

主 编 王少杰 顾 牡 王祖源



同济大学出版社  
TONGJI UNIVERSITY PRESS



普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
国家级精品课程教材  
上海市优秀教材(一等奖)

# 大学物理学

第4版

上册

主编 王少杰 顾 牡 王祖源

参编 王祖源 王少杰 刘海兰 吴天刚



同济大学出版社  
TONGJI UNIVERSITY PRESS

## 内 容 提 要

本书根据教育部公布的最新《理工科非物理类专业大学物理课程教学基本要求》编写。书中系统地阐述大学物理学的基本概念、基本理论和基本方法。上册有力学和电磁学两篇内容,包括质点运动学、动力学,刚体力学基础,流体力学简介,狭义相对论,电荷与电场,电流与磁场,电磁场与麦克斯韦方程组等。下册有热学、振动、波动和光学以及近代物理基础三篇内容,包括热力学基础、气体分子动理论、振动学基础、波动学基础、几何光学、波动光学、量子物理、原子核物理和粒子物理简介、固体和分子、天体物理和宇宙学等。每章配有阅读材料、思考题和习题,书末附有习题答案。全书以“基本要求”的 A 类知识点为核心内容,并对 B 类知识点有选择性地作了适当拓展,既保证基本教学内容,又便于教师循序渐进地开展教学。同时,在选材上加强近代理论讲解、关注物理前沿,突出物理图像,弱化数学推演。本书还适当考虑双语教学需求,增加了物理量和物理学名词的英文注释。

本书理论系统、讲解全面、难度适宜,可供普通高等院校用作 120~140 学时的非物理类专业的大学物理课程的教材,也可供相关专业的师生选用和参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

大学物理学. 上册/王少杰,顾牡主编. -- 4 版. -- 上海:  
同济大学出版社,2013. 1

ISBN 978-7-5608-5040-5

I. ①大… II. ①王…②顾… III. ①物理学—高等学校—教材 IV. ①04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 306243 号

---

---

## 大学物理学(第 4 版)上册

主 编 王少杰 顾 牡 王祖源

责任编辑 张 莉 责任校对 张德胜 装帧设计 潘向葵

出版发行 同济大学出版社 [www.tongjipress.com.cn](http://www.tongjipress.com.cn)  
(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 苏州望电印刷有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 22.25

印 数 1—3 100

字 数 555 000

版 次 2013 年 1 月第 4 版 2013 年 1 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-5040-5

定 价 35.00 元

---

---

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

# 序

物理学是一门关于自然最基本形态的核心科学,它的基本理论渗透在自然科学的各个领域.物理学为自然科学、工程技术、医学等提供最基本的原理和实验技术,为我们的经济发展、环境保护、国家安全等提供原创性的推动力.物理学的发现催生了微电子、光技术等完整工业部门,并深刻影响着生命、仿真、材料、空间、海洋等新技术和交叉学科的发展,物理学还通过它的知识传播广泛地影响着社会公众的科学观念和素质.所以,在世界各国的大学教育中,物理学总是作为一门重要的基础课来安排.

王少杰、顾牡、王祖源等教授长期从事物理学方面的教学和科研工作,具有丰富的教学经验和丰硕的科研成果.他们编著的《大学物理学》从1996年第1版发行以来,深受同济大学广大师生和国内使用本教材的许多高校师生的欢迎,也因此其第2版获得上海市高校优秀教材一等奖,第3版被列为普通高等教育“十一五”国家级规划教材.《大学物理学(第4版)》基本保持了原书的特色和风格,在内容编排上更注意简明扼要、前后连贯、由浅入深;概念叙述上力求严谨、准确,文字形式上注意条理清楚、语言流畅、通俗易懂;阅读材料上注意理论联系实际及物理学基本原理与当代前沿成果和高新技术的紧密联系,尤其值得称道的是编者作为一种大胆尝试,将反映人才培养模式和大学物理教改的最新趋势(数字物理教学)适当融入本教材的有关章节之中,以适应当前高等教育发展的新形势.总之,这是一本好教、好学、值得向物理教学界推荐的优秀教材.

中国工程院院士



2012年8月于同济大学瑞安楼

## 第 4 版前言

本书是在 2006 年《大学物理学(第 3 版)》基础上修订而成的,修订时,在保留原有风格和特色的基础上,对全书内容、教学模式、例题、习题作了必要的调整、增删和创新,以适应当前高等教育发展的新趋势.为此我们主要做了以下工作:

1. 在内容上,本书着重对力学篇中的质点动力学和刚体力学部分进行了修订,并以动量守恒定律、角动量守恒定律、能量守恒定律为主线,重新进行了梳理和调整.同时对热学篇也作了适当增删.在几何光学部分,对球面成像时的符号规则与后续课程作了适当的衔接.对固体与分子部分内容亦作了适当的拓展.

2. 在教学模式上,主要增加了计算机数字技术应用的案例.在教材有关章节中,适当引入了数值计算问题,以试图引导学生进行自主式、研究式学习,从而拓展大学物理学的研究方法和教学内容,培养学生的探索精神和创新意识,以及运用信息技术工具解决问题的能力.

3. 在版式设计上,采用二彩色印刷,使本书以一种图文并茂、赏心悦目的效果,展示于读者,从而更便于读者阅读.

4. 改正了原书中出现的印刷错误和个别欠确切的内容和词句,更换了少量插图.对全书文字作了进一步润色.

参加本书修订工作的有王祖源(第 1—5 章)、王少杰(第 6—7 章)、刘海兰(第 8 章)、张睿(第 9—10 章)、于明章(第 11—12 章)、吴天刚(第 13 章)、顾牡(第 14—15 章)、王治国(第 16—17 章).吴天刚、王祖源充实了全书有关章节的数字物理教学模式,最后由主编王少杰、顾牡、王祖源统稿、核定.王祖源、吴天刚、倪忠强、刘小林等为本书配备了电子教案及习题题解与分析等教辅资料.

本书修订出版过程中,得到了同济大学国家工科物理课程教学基地、物理科学与工程学院、物理教研室领导和广大教师的关注、帮助和支持,同济大学出版社曹建副总编和张莉编辑付出了诸多心血,在此一并表示由衷的感谢.

李同保院士百忙中再次为本书作序,谨此表示诚挚感谢.

由于编者学识水平和教学经验所限,本书不当之处在所难免,敬请广大教师、读者指正.

编 者

2012 年 10 月于同济瑞安楼

## 第3版前言摘录

《大学物理学》自1996年第1版以来,历时10载,承蒙广大师生厚爱,被全国多所高校作为教材或参考书使用,并获得广泛好评,本教材第2版于2004年获得上海市高校优秀教材一等奖。

本书是在2002年第2版的基础上,参照教育部“非物理类专业基础物理课程教学指导分委会”于2004年底网上颁布的“大学物理课程教学基本要求”重新修订而成的。修订时在保留原有风格和特色的基础上,对全书内容的深度和广度作了必要的调整和增删,为此做了以下工作:

(1) 在保持传统教学内容框架下,根据最新“基本要求”,在保证A类教学内容的同时,删去第2版中的第6篇专题,新增流体力学基础,几何光学,固体中分子和电子,天体物理和宇宙学等章节,以适应各类教学对象的需要。

(2) 适当考虑双语教学的需要,对全书第一次出现的物理量和物理学名词增加了英文注释,并在书后备以索引。

(3) 更换和重写了部分阅读材料,同时对少量例题和习题作了调整。

(4) 改正了原书中出现的印刷错误和个别欠确切的内容和词句,对文字作了进一步润色,力求语言流畅、通俗易懂。并按全国自然科学名词审定委员会公布的《物理学名词》,对全书物理学名词进行了核实。

参加本书修订工作的有章南陵、王少杰、刘海兰、毛骏健、于明章、吴天刚、顾牡、王治国等,最后由主编王少杰、顾牡统稿、核定。王祖源、鲍鸿吉等老师为本书配备了电子教案等教辅资料。

西安邮电学院田东平教授、清华大学邓新元教授仔细、认真审阅了本书的修订稿。他们认为:“本书……是一本既符合最新大学物理教学基本要求和教育发展趋势,又非常实用的优秀教材。”

李同保院士在百忙中欣然为本书命序,谨此表示衷心的感谢!

限于编者水平,虽经多次审校,本书错、漏和不当之处难免,恳请广大教师和读者指正。

编者

2005年12月

## 第 2 版前言摘录

《大学物理学》自 1996 年问世以来,已 5 年有余,承蒙广大师生厚爱,本书于 1997 年被评为上海市高校优秀教材.在此期间,许多教师和学生也通过不同方式,对本书提出了许多宝贵的意见和建议,编者在此表示衷心的感谢.

为了适应面向 21 世纪非物理专业物理教学形势的发展以及广大师生的需求,参考了当前国内外物理教材改革的动向,我们对本书 1996 版作了必要的修订.

参加本书修订改编工作的有章南陵、王少杰、刘海兰、毛骏健、于明章、吴天刚、顾牡等.华金龙、羊亚平参加了修订大纲的制订和讨论,最后由王少杰、顾牡、毛骏健负责统稿和定稿.毛骏健、赵跃英为本书编配了有助学生深入理解、切实掌握课程内容和复习考试的配套光盘.

本书的修订出版是在教育部工科物理教学基地的资助下完成的.在出版过程中始终得到了同济大学物理系和物理教研室全体教师及同济大学出版社各方面的关注、支持和帮助,特此一并致谢.

由于时间仓促,并由于编者的学识水平和教学经验所限,书中不当之处难免,敬请读者批评、指正.

编 者

2002 年 1 月于同济瑞安楼

## 第 1 版前言摘录

本书是依据国家教委颁布的“高等工业学校物理课程教学基本要求”、结合编者多年的教学实践经验编写而成的。为了适应当前高新技术的发展,立足于培养跨世纪高等工程技术人才,本书除注意物理教材内容的科学性外,对课程内容的现代化也作了一些探索和改革。

本书编写过程中注意处理好以下问题:结合教学特点和物理学的新发展,在传统教学内容框架下,增加了阅读材料和专题;注意与中学物理和大学后续课程的分工和衔接;尽量处理好经典物理内容与近代、现代物理内容之间的关系,既考虑到经典物理是学生后续课程和能力、素质培养所涉及的主要知识内容,也注意到在经典物理内容中渗透近代、现代物理的观点、概念和方法;在介绍和论述物理知识的同时,注意将科学建模思想、物理学发展史、科学家创新精神、研究问题的唯物辩证方法和解决问题的能力作为课程的素质教育内容。

参加本书编写工作的有田智明、王少杰、何庆平、吴於人、陆瑞征、华金龙、唐宗岳、吴天刚、羊亚平、顾牡等,最后由王少杰、华金龙、冯伟国负责统稿和定稿。

同济大学宋开欣教授、章豫梅教授等极其认真仔细地分别审阅了本书上册和下册的全部内容,并提出了许多有益而宝贵的意见,保证了本书的科学性,并更体现了物理教学的规律性。在此表示由衷的感谢。

编者

1995年7月



# 目 录

序	
第 4 版前言	
第 3 版前言摘录	
第 2 版前言摘录	
第 1 版前言摘录	
第 1 篇 力学	(1)
第 1 章 质点运动学	(2)
§ 1.1 运动 时空 测量	(2)
1.1.1 物质与运动	(2)
1.1.2 测量的标准	(2)
1.1.3 国际单位制与量纲	(3)
1.1.4 时间与空间	(3)
1.1.5 参考系和坐标系	(4)
§ 1.2 质点运动的描述	(4)
1.2.1 质点	(4)
1.2.2 位置矢量与运动方程	(5)
1.2.3 位移与路程	(5)
1.2.4 速度矢量	(6)
§ 1.3 质点运动变化的描述	(7)
1.3.1 加速度矢量	(7)
1.3.2 自然坐标系中的速度和加速度	(10)
1.3.3 圆周运动的角量描述	(12)
§ 1.4 相对运动	(15)
阅读材料(1) 天体运动 宇宙膨胀	(19)
思考题 1	(20)
习题 1	(21)
第 2 章 质点动力学	(24)
§ 2.1 动量 动量守恒定律	(24)
2.1.1 动量 质量	(24)
2.1.2 动量的时间变化率 力	(25)
2.1.3 动量定理 动量守恒定律	(36)
2.1.4 质心 质心运动定理	(41)
§ 2.2 角动量 角动量守恒定律	(44)

2.2.1	质点的角动量	(44)
2.2.2	质点角动量的时间变化率 力矩	(45)
2.2.3	质点的角动量定理 角动量守恒定律	(46)
§ 2.3	能量 能量守恒定律	(48)
2.3.1	动能 功 动能定理	(48)
2.3.2	保守力 势能 功能原理	(52)
2.3.3	机械能守恒定律与能量守恒定律	(55)
	阅读材料(2) 反物质与反物质能	(59)
	思考题 2	(61)
	习题 2	(62)
<b>第 3 章</b>	<b>刚体力学基础</b>	(67)
§ 3.1	刚体运动的基本形式	(67)
3.1.1	平动和转动	(67)
3.1.2	描述刚体转动的物理量	(68)
§ 3.2	定轴转动刚体的角动量 转动惯量	(69)
3.2.1	刚体对定轴的角动量	(69)
3.2.2	转动惯量	(69)
§ 3.3	刚体定轴转动定律	(73)
3.3.1	刚体角动量的时间变化率 对转轴的力矩	(73)
3.3.2	刚体定轴转动定律	(74)
§ 3.4	刚体的角动量定理和角动量守恒定律	(76)
3.4.1	刚体的角动量定理	(76)
3.4.2	刚体的角动量守恒定律	(77)
* 3.4.3	进动	(79)
§ 3.5	刚体定轴转动的动能定理和机械能守恒定律	(81)
3.5.1	刚体转动动能和势能	(81)
3.5.2	力矩的功	(82)
3.5.3	刚体定轴转动的动能定理	(82)
3.5.4	刚体定轴转动的机械能守恒定律	(83)
* § 3.6	刚体的平面平行运动	(86)
3.6.1	刚体平面平行运动的描述	(86)
3.6.2	刚体平面平行运动的动力学规律	(87)
3.6.3	纯滚动	(87)
	阅读材料(3) 对称性与守恒定律	(90)
	思考题 3	(92)
	习题 3	(93)
<b>第 4 章</b>	<b>流体力学简介</b>	(98)
§ 4.1	流体运动的描述	(98)

4.1.1	速度场和定常流动	(98)
4.1.2	流线和流管	(98)
§ 4.2	连续性方程和伯努利方程	(99)
4.2.1	理想流体	(99)
4.2.2	流体连续性方程	(99)
4.2.3	理想流体的伯努利方程	(100)
* § 4.3	黏滞流体的运动	(102)
4.3.1	流体的黏滞定律	(103)
4.3.2	实际流体定常流动的伯努利方程	(103)
4.3.3	湍流	(104)
4.3.4	斯托克斯定律	(104)
4.3.5	泊肃叶定律	(104)
	阅读材料(4) 从 F1 赛车设计看空气动力学	(105)
	思考题 4	(107)
	习题 4	(108)
<b>第 5 章</b>	<b>狭义相对论</b>	(109)
§ 5.1	狭义相对论基本原理	(109)
5.1.1	伽利略相对性原理	(109)
5.1.2	狭义相对论基本原理	(112)
5.1.3	洛伦兹变换	(113)
§ 5.2	狭义相对论时空观	(117)
5.2.1	“同时”的相对性	(118)
5.2.2	时间的相对性	(118)
5.2.3	长度的相对性	(119)
5.2.4	时空间隔的不变性 闵可夫斯基四维世界	(121)
§ 5.3	相对论动力学基础	(122)
5.3.1	相对论的质速关系	(122)
5.3.2	相对论动力学的基本方程	(124)
5.3.3	相对论动能	(125)
5.3.4	静能、总能和质能关系	(126)
5.3.5	能量和动量的关系	(126)
	阅读材料(5) 相对论的意义	(128)
	思考题 5	(129)
	习题 5	(130)
<b>第 2 篇</b>	<b>电磁学</b>	(133)
<b>第 6 章</b>	<b>电荷与电场</b>	(134)
§ 6.1	库仑定律与电场强度	(134)
6.1.1	电荷及其性质	(134)

6.1.2	库仑定律	(135)
6.1.3	电场与电场强度	(136)
6.1.4	场强叠加原理	(138)
§ 6.2	电通量与高斯定理	(142)
6.2.1	电场线	(142)
6.2.2	电通量	(143)
6.2.3	真空中高斯定理	(145)
6.2.4	高斯定理的应用	(147)
*6.2.5	静电场高斯定理的微分形式	(150)
§ 6.3	静电场的环路定理与电势	(151)
6.3.1	静电场的环路定理	(151)
6.3.2	电势	(152)
6.3.3	电势差	(154)
6.3.4	电势的计算	(154)
6.3.5	等势面 电势梯度	(157)
§ 6.4	静电场中导体	(160)
6.4.1	导体的静电平衡性质	(161)
6.4.2	空腔导体和静电屏蔽	(163)
6.4.3	电容和电容器	(165)
§ 6.5	静电场中的电介质 电介质中的高斯定理	(171)
6.5.1	电介质的微观结构和极化过程	(171)
6.5.2	电极化强度矢量	(173)
6.5.3	电介质中的场强	(175)
6.5.4	电介质中的高斯定理 电位移 $\mathbf{D}$	(176)
6.5.5	有电介质时静电场的计算	(178)
§ 6.6	电场的能量	(181)
6.6.1	点电荷系统的电能	(181)
6.6.2	电容器的能量	(183)
6.6.3	电场能量 电场能量密度	(184)
6.6.4	电场能量的计算	(184)
阅读材料(6) 静电现象和应用		(186)
思考题 6		(190)
习题 6		(193)
<b>第 7 章 电流与磁场</b>		(199)
§ 7.1	恒定电流和恒定电场 电动势	(199)
7.1.1	电流形成的条件	(199)
7.1.2	恒定电流和恒定电场	(200)
7.1.3	电流和电流密度	(200)

*7.1.4 欧姆定律的微分形式、焦耳-楞次定律的微分形式	(202)
7.1.5 电源及电源电动势	(204)
§ 7.2 恒定磁场和磁感应强度	(206)
7.2.1 磁性起源于电荷的运动	(206)
7.2.2 磁场 磁感应强度 $\mathbf{B}$	(208)
§ 7.3 毕奥-萨伐尔定律	(209)
7.3.1 毕奥-萨伐尔定律	(209)
7.3.2 毕奥-萨伐尔定律应用举例	(210)
7.3.3 匀速运动电荷的磁场	(218)
§ 7.4 磁场中的高斯定理	(219)
7.4.1 磁感应线	(219)
7.4.2 磁通量	(220)
7.4.3 恒定磁场中的高斯定理	(220)
§ 7.5 真空中恒定磁场的安培环路定理	(222)
7.5.1 恒定磁场的安培环路定理	(222)
7.5.2 安培环路定理的应用	(224)
§ 7.6 磁场对运动电荷和载流导线的作用	(228)
7.6.1 洛伦兹力	(228)
7.6.2 带电粒子在磁场中的运动	(229)
7.6.3 应用电场和磁场控制带电粒子运动的实例	(230)
7.6.4 安培力	(233)
§ 7.7 磁力的功	(238)
7.7.1 磁力对运动载流导线的功	(239)
7.7.2 磁力矩对转动载流线圈的功	(239)
§ 7.8 磁介质中的恒定磁场	(240)
7.8.1 磁介质及其磁化	(241)
7.8.2 磁介质中的高斯定理和安培环路定理	(246)
7.8.3 铁磁质	(249)
阅读材料(7) 超导电性	(253)
思考题 7	(258)
习题 7	(260)
<b>第 8 章 电磁场与麦克斯韦电磁场方程组</b>	<b>(266)</b>
§ 8.1 电磁感应的基本定律	(266)
§ 8.2 动生电动势	(271)
8.2.1 动生电动势的产生原因	(271)
8.2.2 动生电动势的计算	(273)
§ 8.3 感生电动势 感生电场	(274)
8.3.1 感生电动势	(274)

8.3.2	感生电场	(275)
8.3.3	感生电动势的计算	(276)
*8.3.4	电子感应加速器	(279)
8.3.5	涡电流	(281)
§ 8.4	自感和互感	(283)
8.4.1	自感	(283)
8.4.2	互感	(285)
§ 8.5	磁场的能量	(289)
* § 8.6	RL 和 RC 电路中的暂态过程	(291)
8.6.1	RL 电路	(291)
8.6.2	RC 电路	(293)
§ 8.7	位移电流和全电流定律	(295)
8.7.1	位移电流	(295)
8.7.2	全电流定律	(296)
§ 8.8	麦克斯韦电磁场方程组	(299)
阅读材料(8)	磁悬浮列车	(302)
思考题 8		(302)
习题 8		(306)
<b>习题参考答案</b>		(307)
习题 1		(312)
习题 2		(312)
习题 3		(313)
习题 4		(314)
习题 5		(315)
习题 6		(316)
习题 7		(318)
习题 8		(319)
<b>附 录</b>		(321)
附录 1	希腊字母表	(321)
附录 2	常用物理量单位	(322)
附录 3	基本物理常量*	(330)
附录 4	书中物理量的符号及单位	(331)
附录 5	名词索引	(333)
<b>参考文献</b>		(339)

# 第 1 篇 力 学

自然界中一切物质都处在永恒不息的运动(motion)中,这种运动的普遍性和永恒性又称为运动的绝对性,而运动形式又是多种多样、千变万化的.其中最简单、最普遍而又最基本的一种运动形式是一个物体在空间相对另一物体的位置(或者一物体的某一部分相对于其他部分的位置)随时间而变化的运动,这种运动称为机械运动(mechanical motion).例如,行星绕太阳的运转、列车的奔驰、货物的升降、大气和河水的流动……都是机械运动.力学(mechanics)就是研究机械运动规律及其应用的学科.

力学的历史悠久,是人类最早建立的学科之一.力学发展成为一门系统的独立学科始于 17 世纪末期.牛顿(Isaac Newton, 1642—1727)在分析、总结前人实验和理论的基础上,提出了力学的三条基本定律,奠定了经典力学(classical mechanics)的基础.这部分内容又称牛顿力学(Newtonian mechanics).以后力学得到了迅速的发展,在理论上形成了完整的体系.19 世纪末期以来,随着科学技术的发展,产生了研究物体高速运动规律的相对论力学(relativistic mechanics)和研究微观客体运动规律的量子力学(quantum mechanics),使牛顿力学得以进一步的扩展和修正.尽管物理学的近代发展揭示了经典力学只在宏观低速领域内适用,然而,由于一方面在相当广阔的尺度和速率范围内经典力学仍具有较大的实用价值,另一方面在包括高速和微观领域在内的整个物理学中,经典力学的一些重要概念和定律,如动量、角动量、能量及其守恒定律也同样适用.于是,经典力学不仅没有失去其原有的光辉和存在的价值,而且仍然保持着作为整个物理学基础的重要地位.从而,在自然科学和工程技术的广阔领域内,经典力学仍然能够较精确地解决广泛的理论和实际问题.

本篇研究的问题包括经典力学(含刚体力学基础和流体力学简介)和狭义相对论.为研究方便起见,常把经典力学分为运动学和动力学.前者只描述物体在运动过程中,其位置随时间变化的规律;后者则从自然界的三个守恒定律,即动量守恒定律、能量守恒定律和角动量守恒定律出发,研究物体的运动与物体间相互作用的内在联系和规律.本篇强调物理思想和物理图像的清晰性,广泛采用矢量、微积分等高等数学知识较准确地表达经典力学中的一些物理量和规律,这将有助于读者在中学物理基础上进一步加深对这些物理量和规律的理解和应用.

# 第 1 章 质点运动学

质点运动学 (particle kinematics) 的任务是描述作机械运动的物体在空间 (space) 的位置随时间 (time) 变化的关系, 而不涉及引起运动和改变运动的原因.

本章首先阐明描述物质 (matter) 运动的测量标准及方法, 并定义描述质点运动的物理量 (quantity of physics), 如位置矢量 (position vector)、位移 (displacement)、速度 (velocity) 和加速度 (acceleration) 等, 进而讨论这些量随时间变化的关系. 然后讨论曲线运动 (curvilinear motion) 中的法向加速度 (normal acceleration) 和切向加速度 (tangential acceleration) 以及圆周运动 (circular motion) 的角量描述. 最后将介绍相对运动 (relative motion) 以及相对运动中的速度叠加原理.

位置、速度和加速度是运动学中的重要物理量, 它们都具有相对性、瞬时性和矢量性, 因而也反映了物体运动的基本特性. 只有掌握了这些特性, 才能正确理解这些物理量的意义.

## § 1.1 运动 时空 测量

### 1.1.1 物质与运动

物理学 (physics) 是研究物质的基本结构、基本相互作用和基本运动规律的科学. 从古希腊时代的自然哲学到现代物理学, 在不懈地追求和探索中, 人们对物质世界形成了一个总体图像: 物质是由基本粒子 (basic particle) 组成的; 物质以实物 (material object) 和场 (field) 两种基本形式存在; 物质在永不停息地运动着.

近代物理学观点认为: 物质就是客观存在, 是能量的表达. 运动是物质的固有属性. 它是由能量的涨落引起的. 真空 (vacuum) 是一切场的基态, 实物与场都是真空的激发态. 实物与场的主要区别在于, 实物的能量密度远大于场的能量密度. 场的激发状态表现为出现相应的粒子. 粒子以一定的方式聚集起来就构成实物, 从这个意义上讲, 在物质存在的两种基本形式中, 场是更基本的. 每一种场对应于一种粒子, 对应于不同粒子的各种场相互重叠地充满整个空间.

### 1.1.2 测量的标准

物理学是以测量为基础的. 我们可以从学习测量物理量的方法中认识物理学. 这些物理量包括长度 (length)、时间、质量 (mass) 等.

将每个物理量自身单位与一标准 (standard) 相比较可度量该物理量, 其中单位 (unit) 是给该测量量指定的一个特定名称, 如秒 (s) 是指定给时间这个物理量的; 而标准则是相应于该量的一个精确单位. 我们可以用任何一种方法来定义物理量的单位和其标准, 重要的是要用国际上认可的、可行而实用的方法来定义它.



基本标准必须是易于获得和不变的. 以长度为例, 若以人伸开手臂两食指间的距离作为标准极易获得, 却因人而异. 而以光在真空中极短瞬间传播的距离作为长度的标准, 易于获得且精确不变. 确定了长度的标准, 就相当于规定了对任何长度测量都适用的一套方法. 利用该方法, 不论是氢原子的半径, 还是溜冰板的轴距, 甚至是星际间的距离, 均可用这个标准表示. 常近似用作长度标准的直尺, 就提供给我们一种测量长度的方法. 不过, 有时也很难与标准作直接比较, 如我们无法用直尺来测量原子的半径或到一颗星球的距离.

### 1.1.3 国际单位制与量纲

每一个物理量都要有一个基准单位(datum unit), 而表示物理规律的公式均与几个物理量相联系, 显然各物理量选取的基准单位是不能各自独立和随意的. 在众多的物理量之间要一一确定合适的基准单位, 必须要有一个简明易行的法则. 1960年, 第11届国际计量大会通过了国际单位制, 缩写为 SI(源于法文 Le Systeme International de Unites). 选取 7 个物理量: 长度(L)、时间(T)、质量(M)、电流(electric current)(I)、热力学温度(thermodynamic temperature)( $\Theta$ )、物质的量(amount of substance)(N)、发光强度(luminous intensity)(J)作为基本量, 这 7 个基本量的基准单位相应为: 米(m)、千克(kilogram)(kg)、秒(second)(s)、安[培](ampere)(A)、开[尔文](kelvin)(K)、摩[尔](mole)(mol)、坎[德拉](candela)(cd), 将它们称为基本量(base quantity). 其他众多物理量都可以由这几个基本量来定义, 称为导出量(derived quantity), 与之相应的单位称导出单位(derived unit).

量纲(dimension)是指某一物理量借助有关的定义或定律用基本量表示时, 表达式中各基本量的指数(次幂). 如在力学中长度 L, 质量 M, 时间 T 是基本量, 力可以用  $MLT^{-2}$  表示, 力对质量、长度的量纲为 1, 对时间的量纲为 -2.  $MLT^{-2}$  称为力的量纲式. 也有些物理量是量纲为零, 是没有单位的纯数. 一个物理方程、定理或公式, 等号两边各项量纲必定相同. 所以, 可以通过量纲分析检查方程正确与否, 甚至通过量纲的分析寻找某些复杂的物理规律.

### 1.1.4 时间与空间

时间和空间是客观存在的. 时间反映物质运动过程的持续性和顺序性; 空间反映了物质存在的广延性. 时间和空间是运动着的物质存在形式. 没有脱离物质的时间和空间, 也没有不在空间和时间中运动的物质. 时间和空间彼此不是独立的, 物质的运动是时间和空间联系的纽带.

物理学所描述的现象都离不开时间和空间. 物理学史上重大思想和观念的变革无不与人们的时间和空间观念演变密切相关.

时间和空间是可量度(measure)的. 时间的计量有赖于周期性现象. 1967年, 第13届国际计量大会定义: 秒为铯-133( $^{133}\text{Cs}$ )原子基态(atomic ground state)的两个超精细能级(hyperfine energy level)之间跃迁辐射(transition radiation)周期(period)的 9 192 631 770 倍.

空间量度最基本的是长度计量(由此可确定面积、体积的计量). 1960年, 第11届国