



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

Physics

物理学教程

(第三版)上册

马文蔚 周雨青 编

高等教育出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

物理学教程

(第三版)上册

马文蔚 周雨青 编



WULIXUE JIAOCHENG

高等教育出版社·北京

内容简介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。本教材在修订时参照教育部物理学与天文学教学指导委员会编制的《理工科类大学物理课程教学基本要求》(2010年版),涵盖了基本要求中的核心内容。在内容选取上采用压缩经典、简化近代;削枝强干、突出重点;简约理论论证、适度增加应用等办法,以适应不同院校和专业对大学物理的要求。同时考虑到应用型院校的特点和实际情况,在保证必要的基本训练的基础上,适度降低了例题和习题的难度。

本书配有丰富的教学资源,包括《物理学教程(第三版)电子教案》、《物理学原理在工程技术中的应用》(第四版)、《物理学教程(第三版)习题分析与解答》、《物理学教程(第三版)学习指导》和《大学物理素材库》等,构成了“物理学教程(第三版)系列教材”较为完善的资源体系,将为各类高校开设大学物理课程提供良好的服务。

本书分上、下两册。上册内容包括力学、机械振动、机械波和热学。下册包括电磁学、光学、狭义相对论和量子物理等。

本书可作为高等学校理工科非物理类专业大学物理课程的教材或参考书,也可供文科相关专业选用和社会读者阅读。

图书在版编目(C I P)数据

物理学教程. 上册 / 马文蔚, 周雨青编. -- 3版
. -- 北京: 高等教育出版社, 2016. 1
ISBN 978-7-04-043674-7

I. ①物… II. ①马… ②周… 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(2015)第175853号

策划编辑 缪可可 责任编辑 张海雁 封面设计 李小璐 版式设计 杜微言
插图绘制 郝林 责任校对 杨凤玲 责任印制 尤静

出版发行 高等教育出版社
社址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印刷 北京四季青印刷厂
开本 787 mm×1092 mm 1/16
印张 17.5
字数 420千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landracom.com>
<http://www.landracom.com.cn>
版 次 1999年11月第1版
2016年1月第3版
印 次 2016年1月第1次印刷
定 价 28.80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 43674-00

物理学教程

数字课程

马文蔚 周雨青 解希顺

与本书配套的数字课程资源发布在高等教育出版社易课程网站，请登录网站后开始课程学习。

高等教育理工易课程网



一、网站登录

1. 访问 <http://abook.hep.com.cn/1247145/>，点击“注册”。在注册页面输入用户名、密码及常用的邮箱进行注册。已注册的用户直接输入用户名和密码登录即可进入“我的课程”界面。
2. 课程充值：登录后点击右上方“充值”图标，正确输入教材封底标签上的明码和密码，点击“确定”完成课程充值。
3. 在“我的课程”列表中选择已充值的数字课程，点击“进入课程”即可开始课程学习。

账号自登录之日起一年内有效，过期作废。使用明码和密码如有任何问题，请发邮件至：ecourse@hep.com.cn。



物理学教程（第三版）

主编 马文蔚

用户名 密码 验证码 7202

《物理学教程》（第三版）数字课程与纸质教材一体化设计，紧密配合。数字课程涵盖动画、视频等资源。充分运用多种形式媒体资源，极大地丰富了知识的呈现形式，拓展了教材内容。在提升课程教学效果同时，为学生学习提供思维与探索的空间。

因系统升级，所有用户都需要先注册（不能用书后的明码暗码直接登录）。注册后的用户登录后，请先点击页面右上方“充值”，正确输入教材封底标签上的明码和密码完成课程选择。

<http://abook.hep.com.cn/1247145/>

二、资源使用

本书配套的数字资源包括 3 种类型：动画、视频、文档。



动画：在部分章节中配套了动画资源，您登录数字课程网站后，可以通过点击按钮或者输入参数，观看相应的物理现象演示。



视频：在部分章节中配套了视频资源，您可以通过扫描二维码或者登录数字课程网站观看，直观了解各类物理现象。



文档：在部分章节中配套了文档，对书中未涉及的物理学原理的应用、物理学名人轶事进行了补充，您可以通过扫描二维码或者登录数字课程网站观看。

力学、机械振动、机械波和热学的量和单位

量		单 位	
名 称	符 号	名 称	符 号
长度	l, L	米	m
质量	m	千克	kg
时间	t	秒	s
速度	v	米每秒	$m \cdot s^{-1}$
加速度	a	米每二次方秒	$m \cdot s^{-2}$
角	$\theta, \alpha, \beta, \gamma$	弧度	rad
		度	°
角速度	ω	弧度每秒	$rad \cdot s^{-1}, s^{-1}$
角加速度	α	弧度每二次方秒	$rad \cdot s^{-2}, s^{-2}$
(旋)转速(度)	n	转每秒	$r \cdot s^{-1}$
		转每分	$r \cdot min^{-1}$
力	F	牛顿	N
摩擦因数	μ	—	1
动量	p	千克米每秒	$kg \cdot m \cdot s^{-1}$
冲量	I	牛顿秒	$N \cdot s$
功	W	焦耳	J
能量,热量	E, E_k, E_p, Q	焦耳	J
功率	P	瓦特	W
力矩	M	牛顿米	$N \cdot m$
转动惯量	J	千克二次方米	$kg \cdot m^2$
角动量	L	千克二次方米每秒	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-1}$
劲度系数	k	牛顿每米	$N \cdot m^{-1}$
周期	T	秒	s
频率	ν	赫兹	Hz
角频率	ω	弧度每秒	$rad \cdot s^{-1}$

续表

量		单 位	
名 称	符 号	名 称	符 号
波长	λ	米	m
角波数	k	每米	m^{-1}
振动位移	x, y	米	m
振动速度	v	米每秒	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
声强	I	瓦特每平方米	$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$
压强	p	帕斯卡	Pa
体积	V	立方米	m^3
		升	L(1)
热力学温度	T	开尔文	K
摄氏温度	t	摄氏度	$^{\circ}\text{C}$
气体分子质量	m	千克	kg
气体质量	m'	千克	kg
分子数密度	n	每立方米	m^{-3}
物质的量	ν	摩尔	mol
摩尔质量	M	千克每摩尔	$\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$
分子自由程	λ	米	m
分子碰撞频率	Z	次每秒	s^{-1}
黏度	η	千克每米秒	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
热导率	κ	瓦每米开尔文	$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
摩尔定压热容	$C_{p,m}$	焦耳每摩尔 开尔文	$\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
摩尔定容热容	$C_{v,m}$	焦耳每摩尔 开尔文	$\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
熵	S	焦耳每开尔文	$\text{J} \cdot \text{K}^{-1}$
摩尔气体常量	R	焦耳每摩尔 开尔文	$\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
阿伏伽德罗常量	N_A	每摩尔	mol^{-1}
玻耳兹曼常量	k	焦耳每开尔文	$\text{J} \cdot \text{K}^{-1}$

希腊字母

小写	大写	英文名称	小写	大写	英文名称
α	A	alpha	ν	N	nu
β	B	beta	ξ	Ξ	xi
γ	Γ	gamma	\omicron	O	omicron
δ	Δ	delta	π	Π	pi
ϵ	E	epsilon	ρ	P	rho
ζ	Z	zeta	σ	Σ	sigma
η	H	eta	τ	T	tau
θ	Θ	theta	υ	Y	upsilon
ι	I	iota	$\varphi(\phi)$	Φ	phi
κ	K	kappa	χ	X	chi
λ	Λ	lambda	ψ	Ψ	psi
μ	M	mu	ω	Ω	omega

常用物理常量

物理量	符号	数值	单位	相对标准 不确定度
真空中光速	c	299 792 458	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	精确
真空磁导率	μ_0	$4\pi \times 10^{-7}$	$\text{N} \cdot \text{A}^{-2}$	精确
真空电容率	ϵ_0	$8.854\ 187\ 817\ \dots \times 10^{-12}$	$\text{F} \cdot \text{m}^{-1}$	精确
引力常量	G	$6.673\ 84(80) \times 10^{-11}$	$\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$	1.2×10^{-4}
普朗克常量	h	$6.626\ 069\ 57(29) \times 10^{-34}$	$\text{J} \cdot \text{s}$	4.4×10^{-8}
约化普朗克常量	$\hbar/2\pi$	$1.054\ 571\ 726(47) \times 10^{-34}$	$\text{J} \cdot \text{s}$	4.4×10^{-8}
元电荷	e	$1.602\ 176\ 565(35) \times 10^{-19}$	C	2.2×10^{-8}
电子质量	m_e	$9.109\ 382\ 91(40) \times 10^{-31}$	kg	4.4×10^{-8}
质子质量	m_p	$1.672\ 621\ 777(74) \times 10^{-27}$	kg	4.4×10^{-8}
中子质量	m_n	$1.674\ 927\ 351(74) \times 10^{-27}$	kg	4.4×10^{-8}
精细结构常数	α	$7.297\ 352\ 5698(24) \times 10^{-3}$		3.2×10^{-10}
里德伯常量	R_∞	10 973 731.568 539(55)	m^{-1}	5.0×10^{-12}
阿伏伽德罗常量	N_A	$6.022\ 141\ 29(27) \times 10^{23}$	mol^{-1}	4.4×10^{-8}
法拉第常量	F	96 485.3365(21)	$\text{C} \cdot \text{mol}^{-1}$	2.2×10^{-8}
摩尔气体常量	R	8.314 4621(75)	$\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	9.1×10^{-7}
玻耳兹曼常量	k	$1.380\ 6488(13) \times 10^{-23}$	$\text{J} \cdot \text{K}^{-1}$	9.1×10^{-7}
斯特藩-玻耳兹曼常量	σ	$5.670\ 373(21) \times 10^{-8}$	$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$	3.6×10^{-6}
经典电子半径	r_e	$2.817\ 940\ 3267(27) \times 10^{-15}$	m	9.7×10^{-10}
原子质量常量 $m_u = m(^{12}\text{C})/12 = 1\ \text{u}$	m_u	$1.660\ 538\ 921(73) \times 10^{-27}$	kg	4.4×10^{-8}
维恩位移定律常量	b	$2.897\ 7721(26) \times 10^{-3}$	$\text{m} \cdot \text{K}$	9.1×10^{-7}
玻尔半径	a_0	$0.529\ 177\ 210\ 92(17) \times 10^{-10}$	m	3.2×10^{-10}
康普顿波长	λ_c	$2.426\ 310\ 2389(16) \times 10^{-12}$	m	6.5×10^{-10}
洛施密特常量 (N_A/V_m) ($T = 273.15\ \text{K}, p = 101.325\ \text{kPa}$)	n_0	$2.686\ 7805(24) \times 10^{25}$	m^{-3}	9.1×10^{-7}

注：表中数据为国际科学联合会理事会科学技术数据委员会(CODATA)2010年的国际推荐值。

第三版前言

《物理学教程》(第二版)自2006年出版发行以来已经历了八年多的时间,在此期间,我们利用各种大学物理教学和教材建设研讨会的机会,广泛听取老师们对教材的体系结构、核心内容和拓展内容的选取、表述的科学性、可接受性,以及如何恰当地反映物理学新进展对科学技术的贡献等问题的意见和建议。许多老师认为《物理学教程》(第二版)定位比较明确,适合培养应用型专业人才对大学物理课程的要求。

《物理学教程》(第三版)仍保持《物理学教程》(第二版)的体系结构,将《理工科类大学物理课程教学基本要求》(2010年版)核心内容中大约13%的知识点调整为拓展内容,从《理工科类大学物理课程教学基本要求》(2010年版)的拓展内容中选取了诸如流体运动简介、非惯性系和惯性系、阻尼振动和受迫振动、声波、几何光学等知识点。这样《物理学教程》(第三版)与《物理学》(第六版)在核心内容知识点方面相差不太多,但拓展内容方面要少得多。这也许较适合一些院校和专业大学物理课程的要求。

《物理学教程》(第三版)在注重物理概念准确性的基础上,以相对简约的方式陈述物理定律的含义,着重使学生明了物理内容和基本概念、基本思想和基本方法。全书在内容安排上,力求做到压缩经典,简化近代,削枝强干,突出重点,并适度增加现代物理的新进展和对科学技术的影响的介绍。

修订时,更正了书中不妥之处,注重概念表述的科学性,并注意可接受性,使两者在大学物理范围内统一起来;尽可能查清本书所提到的主要的开创性的科学家的生卒年代、学术贡献、主要荣誉和对科技发展的影响;所有物理量的名称和符号以1993年国家技术监督局发布的国家标准《量与单位》、1996年全国自然

科学名词审定委员会公布的《物理学名词》和高教社统一的物理量名称和单位为准;所有物理常量值均采用 2010 年国际科学联合会理事会科学技术数据委员会公布的物理学常量的推荐值。

本书以附注形式介绍《物理学原理在工程技术中的应用》(第四版)中的选题 27 个,这些选题不仅可提高学生学习物理课程的兴趣,而且对帮助学生理解大学物理课程的基础作用会起到一定作用。在这次修订中,高教社物理分社特别为这些选题加上二维码,希望借此能帮助读者方便地阅读相关的联系实际的内容,从而帮助学生领会物理学的原理、定律所蕴含的物理之美的魅力。编者切盼教师和学生利用好这一具有创新意义的资源,也期盼更多的老师加入到创作队伍中来。

本书增加和更换了部分插图和照片,在增加信息量的同时,也力求美化版面。

本书分为上、下两册。上册:周雨青修订了第五章和第六章,编写了第四章中的流体运动;上册中其余各章节由马文蔚修订。下册:周雨青修订了第十三章的几何光学简介;解希顺修订了第十四章波动光学,第十五章中的纳米材料简介;马文蔚修订了第九章至十二章,第十五章和第十六章(除纳米材料简介)。

本书在成书过程中,许多老师给予了鼓励,并提出了很多宝贵意见和建议,借此对他们表示衷心的感谢。东华大学汤毓骏教授与作者一道反复切磋本书的修订方案,细致地审阅了待审稿,提出了许多中肯而详尽的修改建议。殷实、沈才康、包刚和韦娜诸位老师为本书精选增添了习题。作者谨致深深的谢意。

作者还要感谢为本书以前版次付出辛劳的徐绪笃先生,他对待审稿斟字酌句、推敲再三,倾注了许多心血,使书稿的质量得以逐步提升。我的同事谈漱梅女士为本书第一版打下了很好的基础。

编者虽然在修订中作了一些努力,但仍存在问题和不足,真诚地企盼老师和同学们的指正。

马文蔚

2015 年 9 月 20 日

第二版前言(摘要)

物理学是研究物质的基本结构、基本运动形式以及相互作用规律的科学,是在人类探索自然奥秘的过程中形成的学科。物理学最初是从对力学运动规律的研究发展起来的,后来又研究热现象的规律,研究电磁现象、光现象以及辐射的规律。到19世纪末,物理学已经形成一个完整的体系,被称为经典物理学。在20世纪初的30年里,物理学经历了一场伟大的革命,相对论和量子力学诞生了。从此产生了近代物理学。

物理学是自然科学的基础,在探讨物质结构和运动基本规律的进程中,每一次重大的发现和突破都引发了新领域、新方向的发展,甚至产生了新的分支学科、交叉学科和新的技术学科。在过去的100年间,从物理学中分化出了大量的学科,如力学、热学、光学、声学等,其中激光、无线电、微电子、原子能等现在都已经形成了独立学科。尽管物理学是一门古老的基础性学科,但是物理学对今天乃至未来的人类生活和科技发展都有着重要、紧密的联系,上至“神舟”上天,下到石油钻探,大到探索宇宙的秘密,小到计算机里的芯片,都离不开物理学。2005年是联合国命名的“国际物理年”,这也是联合国历史上第一次以单一学科命名的国际年。

本书是为了满足培养应用型人才的高等学校对大学物理课程改革发展和实际教学的要求而编写的。以“基本要求”中的核心内容构成本书的基本框架,同时选取少量的拓展内容作为知识的扩展与延伸。所有拓展内容均用小字排印,且冠以“*”号,删去它们并不影响全书的系统性和连贯性。

本书加强了与中学物理相关内容的衔接,同时也注意到中学物理课程改革对大学物理课程教学可能带来的影响。编者还注意到不同地区、不同专业大学物理教学的情况,企盼能较好地与

学生的中学物理基础相衔接。

本书在注重物理概念准确性的基础上,以相对简约的方式陈述物理定律的含义,着重使读者明了物理内容和基本概念,基本思想,基本方法和思路,而不刻意追求整个推导过程的严密性。

本书分为上、下两册,由马文蔚教授主编。全书第一章至第四章,第七章至第十二章,第十五章和第十六章由马文蔚修订,第五章、第六章和第十三章由周雨青修订和编写,第十四章由解希顺修订。

编者在书中约 30 多处脚注的形式列出了配套的教学参考书《物理学原理在工程技术中的应用》中的有关选题,这些选题与教材内容相一致,供有兴趣的读者选择阅读。本书的习题内容和数量选择尽量与教材内容相配合。

与本书相配套的教学资源还有:

1. 《大学物理网络课程》V1.0
2. 《物理学教程》(第二版)电子教案
3. 大学物理素材库
4. 《物理学原理在工程技术中的应用》(第三版)
5. 《物理学教程》(第二版)习题分析与解答
6. 《物理学教程》(第二版)学习指导
7. 大学物理专题电视系列片
8. 大学物理数字课程网站

本书在修订过程中,曾得到了许多教师的支持。在 2003 年到 2005 年间,我们曾先后在南京、大连和无锡召开修订《物理学教程》(第二版)的研讨会,与会代表们各抒己见,从不同角度,不同方面为本书的定位与修改提出了许多宝贵而中肯的建议,使我们进一步明确了修订本书的目标。编者在此对所有与会的老师们表示衷心的感谢。编者还要感谢《物理学教程》(第二版)的审稿人西北工业大学徐绪笃教授(主审)、东华大学汤毓骏教授,多年来他们对待审稿工作斟字酌句,推敲再三,为本书倾注了许多心血,使编者深受感动。感谢高等教育出版社李松岩编审为提高书稿质量倾注的心血。感谢对本书提供过帮助和意见的所有的老师和同学们。

马文蔚

2006 年 6 月于南京兰园

目 录

第一章 质点运动学	1	2-4 牛顿定律的应用举例	31
1-1 质点运动的描述	1	*2-5 力学相对性原理 惯性系和 非惯性系	36
一、参考系 质点	1	一、力学相对性原理	36
二、位置矢量 运动方程 位移	3	二、非惯性系和惯性力	37
三、速度	4	问题	39
四、加速度	5	习题	40
1-2 求解运动学问题举例	7	第三章 动量守恒定律和能量 守恒定律	43
1-3 圆周运动	10	3-1 质点和质点系的动量定理	43
一、圆周运动的角速度	10	一、冲量 质点的动量定理	43
二、匀速率圆周运动	11	二、质点系的动量定理	44
三、变速圆周运动 切向加速度和法向 加速度	12	3-2 动量守恒定律	48
四、角加速度 匀变角加速运动	14	*3-3 火箭飞行原理	50
1-4 相对运动	16	3-4 动能定理	52
一、时间与空间	16	一、功	52
二、相对运动	16	二、质点的动能定理	54
问题	19	3-5 保守力与非保守力 势能	56
习题	20	一、万有引力、重力、弹性力做功的特点	57
第二章 牛顿定律	23	二、保守力与非保守力	59
2-1 牛顿定律	23	三、势能 势能曲线	60
一、牛顿第一定律	23	3-6 功能原理 机械能守恒定律	61
二、牛顿第二定律	24	一、质点系的动能定理	62
三、牛顿第三定律	26	二、质点系的功能原理	63
2-2 物理量的单位和量纲	26	三、机械能守恒定律	64
2-3 几种常见的力	27	*四、宇宙速度	66
一、万有引力	28	3-7 碰撞	69
二、弹性力	29		
三、摩擦力	30		

3-8 能量守恒定律	72	三、能量的连续性与能量量子化	109
*3-9 质心 质心运动定律	72	问题	110
一、质心	72	习题	111
二、质心运动定律	74		
问题	75	第五章 机械振动	115
习题	76	5-1 简谐振动 简谐振动的振幅、 周期、频率和相位	115
第四章 刚体和流体的运动	81	一、简谐振动	115
4-1 刚体的定轴转动	81	二、振幅	118
一、刚体的平动与转动	81	三、周期 频率	118
二、刚体绕定轴转动的角速度和 角加速度	82	四、相位	119
4-2 力矩 转动定律 转动惯量	85	五、常量 A 和 φ 的确定	120
一、力矩	85	5-2 旋转矢量	122
二、转动定律	87	5-3 简谐振动的能量	126
4-3 角动量 角动量守恒定律	92	5-4 一维简谐振动的合成 拍现象	128
一、质点的角动量和刚体的角动量	92	一、两个同方向同频率简谐振动的 合成	128
二、刚体定轴转动的角动量定理	93	*二、多个同方向同频率简谐振动的 合成	129
三、刚体定轴转动的角动量守恒定律	94	*三、两个同方向不同频率简谐振动的合成 拍现象	130
4-4 力矩做功 刚体绕定轴转动的 动能定理	97	*5-5 阻尼振动 受迫振动 共振	131
一、力矩做功	97	一、阻尼振动	131
二、力矩的功率	98	二、受迫振动	132
三、转动动能	98	三、共振	133
四、刚体绕定轴转动的动能定理	99	问题	134
*4-5 流体动力学简介	102	习题	135
一、理想流体的运动与规律	102		
二、伯努利方程的应用	104	第六章 机械波	139
*4-6 经典力学的成就和局限性	106	6-1 机械波的形成 波长 周期和 波速	139
一、经典力学只适用于处理物体的低速 运动问题,而不能用于处理高速 运动问题	106	一、机械波的形成	139
二、确定性与随机性	108		

二、波长 周期和波速	140	7-2 物质的微观模型 统计	
三、波线 波面 波前	142	规律性	173
6-2 平面简谐波的波函数	143	一、分子的线度和分子力	173
一、平面简谐波的波函数	143	二、分子热运动的无序性及统计	
二、波函数的物理含义	145	规律性	174
6-3 波的能量 声强级	148	7-3 理想气体的压强公式	175
一、波动能量的传播	148	一、理想气体的微观模型	176
* 二、声强级 超声波和次声波	149	二、理想气体的压强公式	176
6-4 惠更斯原理 波的干涉	152	7-4 理想气体分子的平均平动动能	
一、惠更斯原理	152	与温度的关系	179
二、波的干涉	153	7-5 能量均分定理 理想气体的	
* 6-5 驻波	157	内能	181
一、驻波的产生	157	一、自由度	181
二、驻波方程	157	二、能量均分定理	182
三、相位跃变	160	三、理想气体的内能	183
四、驻波的能量	160	7-6 麦克斯韦气体分子速率	
* 6-6 多普勒效应	161	分布律	184
一、波源不动,观察者相对介质以速度 v_0		一、麦克斯韦气体分子速率分布律	185
运动	162	二、三种统计速率	186
二、观察者不动,波源相对介质以速度 v_0		7-7 分子平均碰撞频率和平均	
运动	162	自由程	189
三、波源与观察者同时相对介质运动	163	* 7-8 气体的迁移现象	192
问题	165	一、黏性现象	192
习题	166	二、热传导现象	193
第七章 气体动理论	169	三、扩散现象	194
7-1 平衡态 理想气体物态方程		问题	195
热力学第零定律	169	习题	196
一、气体的状态参量	169	第八章 热力学基础	198
二、平衡态	170	8-1 准静态过程 功 热量	198
三、理想气体物态方程	171	一、准静态过程	198
四、热力学第零定律	172	二、功	199

三、热量	200	问题	230
8-2 内能 热力学第一定律	201	习题	230
一、内能	201		
二、热力学第一定律	202	附录一 矢量	235
8-3 理想气体的等体过程和等压过程		一、标量和矢量	235
摩尔热容	203	二、矢量合成的几何法	235
一、等体过程 摩尔定容热容	203	三、矢量合成的解析法	237
二、等压过程 摩尔定压热容	205	四、矢量的标积和矢积	238
8-4 理想气体的等温过程和		五、矢量的导数和积分	240
绝热过程	208		
一、等温过程	208	附录二 我国法定计量单位和国际	
二、绝热过程	210	单位制(SI)	242
三、绝热线和等温线	212	一、国际单位制的基本单位	242
8-5 循环过程 卡诺循环	213	二、国际单位制中包括辅助单位在内的	
一、循环过程	213	具有专门名称的导出单位	242
二、热机和制冷机	214	三、我国选定的非国际单位制单位	243
三、卡诺循环	216	四、国际单位制词头	244
8-6 热力学第二定律 卡诺定理	218		
一、热力学第二定律的两种表述	219	附录三 空气、水、地球、太阳系的	
二、可逆过程与不可逆过程	220	一些常用数据	245
三、卡诺定理	222		
四、能量品质	222	附录四 部分常用数学公式	246
*8-7 熵 熵增加原理	223	一、级数公式	246
一、熵	223	二、三角函数公式	246
二、熵变的计算	225	三、导数公式	247
三、熵增加原理	227	四、积分公式	247
四、熵增加原理与热力学第二定律	228	习题答案	249
五、玻耳兹曼关系式——热力学		索引	254
第二定律的统计意义	228	照片说明	260