



面向 21 世纪 课程 教材
Textbook Series for 21st Century

物 理 学

上 册 第 四 版

东南大学等七所工科院校 编

马文蔚 改编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

(京)112号

图书在版编目(CIP)数据

物理学 上册/东南大学等七所工科院校编;马文蔚改
编. —北京:高等教育出版社,1999
面向21世纪课程教材
ISBN 7-04-007463-X

I. 物… II. ①东… ②马… III. 物理学—高等学校—教
材 IV. 04

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第37194号

物理学 上册 第四版
东南大学等七所工科院校 编
马文蔚 改编

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市东城区沙滩后街55号 邮政编码 100009
电 话 010-64054588 传 真 010-64014048
网 址 <http://www.hep.edu.cn>

经 销 新华书店北京发行所
排 版 高等教育出版社照排中心
印 刷 北京外文印刷厂
纸张供应 山东高唐纸业集团总公司

开 本	787×960 1/16	版 次	1978年2月第1版 1999年11月第4版
印 张	20.5	印 次	1999年11月第1次印刷
字 数	350 000	定 价	19.60元

凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等
质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

04
98-4

413042

内 容 简 介

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、普通高等教育“九五”国家级重点教材和教育部高等学校工科物理课程教学指导委员会“九五”规划教材。本书是在原第三版的基础上修订而成的,在修订过程中注意保持了原书体系结构合理、深广度适当、注意教法、分量适中、适应面宽等特点,同时吸取了近年来国内外出版的物理教材的优点,以现代的观点来处理经典物理的体系结构及其内容选取,精选并加强近代物理部分的内容,适当介绍当代物理的成就以及对工程技术的深远影响。全书共分三册,上册包括力学和热物理学;中册包括电磁学;下册包括波动过程、近代物理学和物理学与新技术等内容。

本书可作为高等学校工科各专业的教科书,也可供文理科有关专业选用和社会读者阅读。

力学和热学的量和单位

量		单 位		换算关系
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	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	
加速度	a	米每二次方秒	$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$	
角	$\theta, \alpha, \beta, \gamma$	弧度	rad	
		度	($^{\circ}$)	$1^{\circ} = (\pi/180) \text{ rad}$
角速度	ω	弧度每秒	$\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}, \text{s}^{-1}$	
角加速度	α	弧度每二次方秒	$\text{rad}\cdot\text{s}^{-2}, \text{s}^{-2}$	
(旋)转速(度)	n	转每秒	$\text{r}\cdot\text{s}^{-1}$	
		转每分	$\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$	$1 \text{ r}\cdot\text{min}^{-1} = 60 \text{ r}\cdot\text{s}^{-1}$
频率	ν	赫兹	Hz, s^{-1}	
力	F	牛顿	N	
摩擦因数	μ	—	1	$\text{m}\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$
动量	p	千克米每秒	$\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	
冲量	I	牛顿秒	$\text{N}\cdot\text{s}$	
功	W	焦耳	J	$\text{m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$
能量, 热量	E, E_k, E_p, Q	焦耳	J	$\text{m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$
功率	P	瓦特	$\text{W}(\text{J}\cdot\text{s}^{-1})$	$\text{m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-3}$
力矩	M	牛顿米	$\text{N}\cdot\text{m}$	$\text{m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$
转动惯量	J	千克二次方米	$\text{kg}\cdot\text{m}^2$	
角动量	L	千克二次方米每秒	$\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$	
劲度系数	k	牛顿每米	$\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$	
压强	p	帕斯卡	Pa	
体积	V	立方米	m^3	
		升	L(l)	$1 \text{ L} = 10^{-3} \text{ m}^3$
热力学温度	T	开尔文	K	
摄氏温度	t	摄氏度	$^{\circ}\text{C}$	$t = T - 273.15 \text{ K}$
物质的量	ν, n	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}	
粘度	η	千克每米秒	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$	
热导率	κ	瓦每米开	$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$	
扩散系数	D	平方米每秒	$\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$	
比热容	c	焦耳每千克开	$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$	
摩尔热容	$C_m, C_{V,m}, C_{p,m}$	焦耳每摩尔开	$\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$	
摩尔热容比	$\gamma = C_{p,m}/C_{V,m}$			
热机效率	η			
致冷系数	e			
熵	S	焦耳每开	$\text{J}\cdot\text{K}^{-1}$	

在一般计算时所取常用物理常量的值

物理量	符号	数值 ^①	单位
真空中光速	c	3.00×10^8	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
真空磁导率	μ_0	$4\pi \times 10^{-7}$	$\text{N} \cdot \text{A}^{-2}$
真空电容率	ϵ_0	8.85×10^{-12}	$\text{C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$
引力常量	G	6.67×10^{-11}	$\text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$
普朗克常量	h	6.63×10^{-34}	$\text{J} \cdot \text{s}$
元电荷	e	1.60×10^{-19}	C
里德伯常量	R_∞	10 973 731	m^{-1}
电子质量	m_e	9.11×10^{-31}	kg
康普顿波长	λ_c	2.43×10^{-12}	m
质子质量	m_p	1.67×10^{-27}	kg
中子质量	m_n	1.67×10^{-27}	kg
阿伏伽德罗常数	N_A	6.02×10^{23}	mol^{-1}
摩尔气体常量	R	8.31	$\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
玻耳兹曼常量	k	1.38×10^{-23}	$\text{J} \cdot \text{K}^{-1}$
斯特藩-玻耳兹曼常量	σ	5.67×10^{-8}	$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$
维恩位移定律常量	b	2.90×10^{-3}	$\text{m} \cdot \text{K}$
标准重力加速度	g	9.81	$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

① 本表各物理常量取国际科技数据委员会(CODATA)1986年推荐值的三位有效数字。

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	Υ	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

第四版前言

《物理学》一书,至今已经两次修订出版,备蒙广大师生的厚爱,编者深受鼓舞.本书第二版曾于1980年获首届国家教委优秀教材二等奖,第三版又于1995年获第三届国家教委优秀教材一等奖.

时值世纪之交,工科大学物理教学如何面向21世纪,我们的教材又如何适应这一教学改革的需要,这些问题都值得深思与研究.两年多来,我们按照“九五”国家级重点教材及教育部面向21世纪课程教材规划的要求和立项目标,确定了《物理学》(第四版)的修订指导思想:在保持本书原有特色的基础上,立足于革新,力求在稳定中求革新,在革新中求发展.为此,我们参照1995年国家教委颁布的高等工科大学《大学物理课程教学基本要求》,适当更新了教学体系和内容,在经典物理中增强了现代观点和信息;加强了近代物理方面的内容,适度介绍了当代物理的成就和物理学与新技术方面的课题;加强了工程观念,尽力注意处理好理论与实际的联系;删去了一些与科学进展和教学要求不相适应的内容,改写或重写了部分章节和段落,更新了部分插图和照片,力求使图文配合得更好;更新了部分例题、问题和习题.我们期望《物理学》(第四版)较之前一版更趋于完善,以适应21世纪我国多数工科大学物理课程的教学需要,为培养基础扎实并具有创新能力的工程技术人才献上自己的一份心意.

为适应不同教学对象和不同专业类别的教学需要,本书在满足《教学基本要求》必学内容的基础上,还编入了一些供选学的内容.为方便读者,选学内容均冠以“*”号,并用小字排印.这些选学内容可拓展读者的知识面,使读者能更广泛地了解物理学的新成就和新技术等,它们大到章,如万有引力场和物理学与新技术,小到节与段,如自组织现象、非线性光学现象、混沌现象、光的多普勒效应、广义相对论简介等.所有选学内容均自成体系,可选讲或指导学生自学,跳过不读也不影响全书的系统性.

理论联系实际是工科大学物理教学中的一个非常重要而又难以恰当处理的问题.我们认为,关键是选材要符合教学要求,分量要适当、内容应不涉及过多技术细节,且要有利于创新能力的培养.基于以上考虑,在本书中,除在正文、例题、习题中选择了一些联系实际的问题外,还以附注形式引导学生自学与本书相配套的教学参考书——《物理学原理在工程技术中的应用》(第二版)中的37个专题.

2 第四版前言

此次修订,还按1996年全国自然科学名词审定委员会公布的《物理学名词》和1994年实施的《量和单位》的国家标准,对全书的物理学名词及量和单位进行了校核;按汉语拼音字母的次序重新编排了索引.

编者衷心感谢西北工业大学徐绪笃教授(主审)、中国纺织大学汤毓骏教授和东南大学叶善专教授,他们细致地审阅了修订稿,提出了许多中肯的修改意见,使本书增色不少.

本书第四版的上册和中册由马文蔚改编;下册第十八章和第十九章由马文蔚改编,第十七章由解希顺改编,第二十章由解希顺编写,第十四章、第十五章和第十六章由谈淑梅改编.由于编者水平有限,书中仍会存在不妥之处,敬请老师和同学提出宝贵意见.

改编者

1999年3月于东南大学

第一版编者的话摘录

在本书的编写过程中,我们努力运用辩证唯物主义观点来阐明物理学的基本规律;按照理论与实践相统一的原则,从学生易于理解的实际问题中提出问题,引出概念和规律,并指出应用这些概念和规律去解决问题的途径,同时注意培养学生抽象思维的能力;在经典物理与近代物理的关系方面,本书在系统地阐述经典物理的基本规律的同时,指出经典概念的局限性和近代物理的发展.

参加本书编写工作的院校和人员有:南京工学院^①(柯景凤、马文蔚、曹恕、宋玉亭、李士澂)、南京航空学院^②(兰信梯、桂永蕃)、华东工程学院^③(张粉)、华东水利学院^④(蒋澄华)、南京林产工业学院^⑤(王明馨)、无锡轻工业学院^⑥(葛元欣)、镇江农机学院^⑦(周遥生),并由张粉、马文蔚、王明馨负责定稿.

-
- ① 现改名为东南大学.
 - ② 现改名为南京航空航天大学.
 - ③ 现改名为南京理工大学.
 - ④ 现改名为河海大学.
 - ⑤ 现改名为南京林业大学.
 - ⑥ 现改名为无锡轻工业大学.
 - ⑦ 现改名为江苏理工大学.

第二版前言摘录

南京工学院(现为东南大学)等七所工科院校编写的《物理学》(简称第一版),自1977年出版以来,已有四年多的时间了.在这段时间里,许多教师和读者通过各种方式对第一版的体系、内容、深广度以及文字表达等方面,提出了很多宝贵的意见和建议.我们谨向他们表示衷心感谢.

根据高等学校工科物理教材编审委员会1980年哈尔滨会议制定的教材规划,《物理学》第二版是在第一版的基础上,参照1980年颁布的高等工业学校普通物理学教学大纲进行修订的.本书可作为讲课时数为130学时的一般工科专业普通物理课程的教材.

按照教学大纲的要求,本书是以微积分和矢量代数为基础的.矢量以附录形式放在上册,教师可结合物理概念分散讲授,也可集中讲授.

本书由北方交通大学余守宪主审.余守宪以及西北工业大学徐绪笃、北京工业学院陈广汉、上海铁道学院朱培豫、哈尔滨工业大学田恩瑞审阅了修订稿,并提出了较详细的具体修改意见和建议.

第三版前言摘录

本书第二版自 1982 年发行以来,已经过了 10 年.在这期间,国家教委颁布了《高等工业学校大学物理课程教学基本要求》.为适应该《教学基本要求》,本书修订时,在内容上作了一些调整和补充,提高了部分内容的起点,适当增加了一些近代物理内容,添加了理论联系实际例子,以培养学生运用物理知识分析问题和解决问题的能力.

我们按照全国自然科学名词审定委员会于 1989 年公布的《物理学名词》校核了全书的物理学名词.

本书第三版由北方交通大学余守宪教授主审.余先生提出了许多详细、中肯的修改意见.编者借此表示衷心的感谢.

本书上册和中册由马文蔚改编,下册由马文蔚、柯景凤改编.

目 录

第一章 质点运动学	1
1-1 质点运动的描述	1
一 参考系 质点	1
二 位置矢量 运动方程 位移	2
三 速度	5
四 加速度	8
1-2 加速度为恒矢量时的质点运动.....	10
一 a 为恒矢量时质点的运动方程	10
二 斜抛运动	12
1-3 圆周运动.....	14
一 平面极坐标	14
二 圆周运动的角速度	14
三 圆周运动的切向加速度和法向加速度 角加速度	15
四 匀速率圆周运动和匀变速率圆周运动	18
1-4 相对运动.....	20
一 时间与空间	20
二 相对运动	21
问题.....	24
习题.....	25
第二章 牛顿定律	30
2-1 牛顿定律.....	30
一 牛顿第一定律	30
二 牛顿第二定律	31
三 牛顿第三定律	33
2-2 物理量的单位和量纲.....	33
2-3 几种常见的力.....	34
一 万有引力	34
二 弹性力	36
三 摩擦力	38
2-4 惯性参考系 力学相对性原理.....	41
一 惯性参考系	41
二 力学相对性原理	42

2 目 录

2-5 牛顿定律的应用举例	43
2-6 非惯性系 惯性力	50
问题	53
习题	54
第三章 动量守恒定律和能量守恒定律	58
3-1 质点和质点系的动量定理	58
一 冲量 质点的动量定理	58
二 质点系的动量定理	59
3-2 动量守恒定律	63
3-3 系统内质量移动问题	65
3-4 动能定理	69
一 功	69
二 质点的动能定理	72
3-5 保守力与非保守力 势能	74
一 万有引力、重力、弹性力做功的特点	74
二 保守力与非保守力 保守力做功的数学表达式	77
三 势能	79
四 势能曲线	80
3-6 功能原理 机械能守恒定律	81
一 质点系的动能定理	81
二 质点系的功能原理	82
三 机械能守恒定律	83
四 宇宙速度	86
3-7 完全弹性碰撞 完全非弹性碰撞	91
3-8 能量守恒定律	94
3-9 质心 质心运动定律	95
一 质心	95
二 质心运动定律	98
问题	100
习题	102
第四章 刚体的转动	108
4-1 刚体的定轴转动	108
一 刚体转动的角速度和角加速度	109
二 匀变速转动公式	111
三 角量与线量的关系	112
4-2 力矩 转动定律 转动惯量	114
一 力矩	114
二 转动定律	118

三 转动惯量	119
四 平行轴定理	122
4-3 角动量 角动量守恒定律	125
一 质点的角动量定理和角动量守恒定律	126
二 刚体定轴转动的角动量定理和角动量守恒定律	131
4-4 力矩做功 刚体绕定轴转动的动能定理	135
一 力矩做功	135
二 力矩的功率	136
三 转动动能	136
四 刚体绕定轴转动的动能定理	137
* 4-5 刚体的平面平行运动	139
4-6 经典力学的成就和局限性	142
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	142
二 确定性与随机性	146
三 能量的连续性与能量量子化	147
问题	148
习题	149
* 第五章 万有引力场	156
5-1 开普勒定律	157
5-2 万有引力定律	158
5-3 引力场 引力势能	161
一 引力场	161
二 引力场强度	161
三 引力势能 引力势	162
四 引力与引力势能的关系	163
5-4 物体间的引力势能和引力	164
一 匀质球壳与质点间的引力	164
二 匀质球体间的引力	166
三 匀质球体对球内质点的引力和引力势能	167
四 质点在地球表面附近的重力势能	168
5-5 行星的椭圆轨道和面积定律的论证	170
一 椭圆轨道的论证	170
二 面积定律的论证	172
问题	173
习题	174
第六章 热力学基础	177
6-1 气体物态参量 平衡态 理想气体物态方程	177
一 气体的物态参量	177

4 目 录

二 p, V, T 的单位	178
三 平衡态	178
四 理想气体物态方程	179
6-2 准静态过程 功 热量	180
一 准静态过程	180
二 功	181
三 热量	182
6-3 内能 热力学第一定律	183
一 内能	183
二 热力学第一定律	184
6-4 理想气体的等体过程和等压过程 摩尔热容	185
一 等体过程 定体摩尔热容	185
二 等压过程 定压摩尔热容	187
三 比热容	188
6-5 理想气体的等温过程和绝热过程	189
一 等温过程	189
二 绝热过程	190
三 绝热线和等温线	192
四 多方过程	195
6-6 循环过程 卡诺循环	196
一 循环过程	196
二 热机和致冷机	198
三 卡诺循环	200
6-7 热力学第二定律的表述 卡诺定理	204
一 热力学第二定律的两种表述	204
二 可逆过程与不可逆过程	206
三 卡诺定理	208
四 能量品质	210
6-8 熵 熵增加原理	210
一 熵	210
二 熵变的计算	213
三 熵增加原理	215
四 熵增加原理与热力学第二定律	216
问题	218
习题	219
第七章 气体动理论	226
7-1 物质的微观模型 统计规律性	226
一 分子数密度和线度	226

二 分子力	227
三 分子热运动的无序性及统计规律性	227
7-2 理想气体的压强公式	229
一 理想气体的微观模型	229
二 理想气体的压强公式	230
7-3 理想气体分子的平均平动动能与温度的关系	232
7-4 能量均分定理 理想气体内能	234
一 自由度	234
二 能量均分定理	237
三 理想气体的内能和摩尔热容	237
四 固体热容	240
7-5 麦克斯韦气体分子速率分布律	241
一 测定气体分子速率分布的实验	242
二 麦克斯韦气体分子速率分布定律	244
三 三种统计速率	245
7-6 玻耳兹曼能量分布律 等温气压公式	248
一 玻耳兹曼能量分布律	248
二 重力场中等温气压公式	251
7-7 分子平均碰撞次数和平均自由程	251
7-8 气体的迁移现象	254
一 粘滞现象	254
二 热传导现象	256
三 扩散现象	257
四 三种迁移系数	258
7-9 实际气体的范德瓦耳斯方程	259
7-10 热力学第二定律的统计意义	262
一 熵与无序	262
二 无序度与微观状态数	263
三 熵与热力学概率 玻耳兹曼关系式	264
四 自组织现象	266
问题	267
习题	268
附录一 矢量	271
附录二 一些基本物理常量	283
附录三 我国法定计量单位和国际单位制(SI)单位	284
附录四 空气、水、地球、太阳系的一些常用数据	287
习题答案	288
索引	295

第一章 质点运动学

物理学是研究物质运动中最普遍、最基本运动形式的基本规律的一门学科, 这些运动形式包括机械运动、分子热运动、电磁运动、原子和原子核运动以及其它微观粒子运动等. 机械运动是这些运动中最简单、最常见的运动形式, 其基本形式有平动和转动. 物体在平动过程中, 若物体各点的位置没有相对变化, 那么各点所移动的路径完全相同, 可用物体上任一点的运动来代表整个物体的运动, 从而可研究物体的位置随时间而改变的情况. 在力学中, 这部分内容称之为质点运动学.

本章主要内容为: 位置矢量、位移、速度和加速度、质点的运动方程、切向加速度和法向加速度、相对运动等.

1-1 质点运动的描述

一 参考系 质点

1 参考系

在自然界中所有的物体都在不停地运动, 绝对静止不动的物体是没有的. 在观察一个物体的位置及位置的变化时, 总要选取其他物体作为标准, 选取的标准物不同, 对物体运动情况的描述也就不同. 这就是运动描述的相对性.

为描述物体的运动而选的标准物叫做参考系. 不同的参考系对同一物体运动情况的描述是不同的. 因此, 在讲述物体运动情况时, 必须指明是对什么参考系而言的. 参考系的选择是任意的. 在讨论地面上物体的运动时, 通常选地球作为参考系.

2 质点

物体都有大小和形状, 运动方式又都各不相同. 例如, 在太阳系中, 行星除绕自身的轴线自转外, 还绕太阳公转; 从枪口射出的子弹; 它在空中向前飞行的同时, 还绕自身的轴转动; 有些双原子分子, 除了分子的平动、转动外, 分子内各个原子还在振动. 这些事实都说明, 物体的运动情况是十分复杂的. 物体的大小、形状、质量也都是千差万别的, 下面列出了某些物体质量和长度的数量级: