

根据东南大学等七所工科院校  
编《物理学》(第四版)改编

# 物理学教程

上册

马文蔚 主编



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS

根据东南大学等七所工科院校  
编《物理学》（第四版）改编

# 物理学教程

上册

马文蔚 主编



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS

**图书在版编目(CIP)数据**

物理学教程.上册/马文蔚主编. —北京:高等教育出版社,2002.7 (2003重印)

本专科、工科

ISBN 7-04-010677-9

I. 物... II. 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(2001)第 094649 号

责任编辑 胡凯飞 封面设计 张楠 责任绘图 陈淑芳 李维平  
版式设计 马静如 责任校对 王效珍 责任印制 韩刚

物理学教程 上册  
马文蔚 主编

---

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	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
传真	010—64014048		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>

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 高等教育出版社印刷厂

开本	787×960 1/16	版次	2002年7月第1版
印张	25.5	印次	2003年2月第2次印刷
字数	470 000	定价	29.20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**

# 前 言

《物理学》(第四版)自1999年11月出版发行后,深受广大读者欢迎,并且于2001年5月获得中国高校科学技术奖一等奖.与此同时,一些兄弟院校的同行老师们希望编者能在保持《物理学》(第四版)特点的基础上,编写一本紧扣“高等工科大学本科大学物理教学基本要求”的教材,以适应不同地区、学校和专业的需要.这是符合当前高等教育大众化发展的要求的.我们把这本教材取名为《物理学教程》.

考虑到《物理学》(第四版)是参照1995年“工科大学物理教学基本要求”,并有所拓展而编写的,所以编者对《物理学教程》内容处理的指导思想是:在保持四版特点的同时,在内容选取上,紧扣基本要求,并采用压缩经典、简化近代、削枝强干、突出重点的办法,以满足一些院校在高等教育大众化的新形势下对大学物理课程改革发展和实际教学的要求.此外,增强经典物理中的现代观点和信息,适度介绍近代物理的成就和物理学与新技术,注重理论联系实际,强调知识的应用,以及运用物理学史中的典型事例进行科学素质教育是选编本书时所特别关注的.《物理学教程》分上、下两册,共18章,上册包括力学、热物理学和电磁学,下册包括波动过程、近代物理学和物理学与新技术.书中涵盖了满足教学基本要求的必学内容,此外还有少量的选学内容以拓展知识面.选学内容标以“\*”号,并用小字体排印,删去这些选学内容不影响全书的系统性和连贯性.本书可供80~120学时使用,对80学时的课程,可删去标有“\*”和“ $\Delta$ ”的内容.虽然编者对《物理学教程》的教学适应性作了一些考虑,但不可能满足各方面的要求,请老师们根据实际情况作必要的调整和取舍.与四版相比,书中所附的问题和习题的数量相应的减少,难度适当降低,为方便使用,部分习题也标以“\*”或“ $\Delta$ ”.

由于《物理学教程》编入的内容乃是《物理学》(第四版)的核心内容,它们在体系、要求、表述等方面存在一致性和相关性,因此用于《物理学》(第四版)的教学参考书——《物理学原理在工程技术中的应用(第二版)》、《习题分析与解答》、《学习指南》,也同样适用于《物理学教程》.

本书上册由马文蔚执笔,下册第十三、十四章由谈漱梅执笔,第十五、十八章由解希顺执笔,第十六、十七章由马文蔚执笔.

编者衷心感谢在2000年洛阳工科大学物理研讨会和2001年南京物理教材研讨会上就选编《物理学教程》的思路、要求和作法提出许多宝贵建议的老师们.

## 2 前言

---

编者衷心感谢徐绪笃教授、汤毓骏教授和叶善专教授,他们对选编本书的方针乃至具体内容的处理都提出了许多中肯的建议。

马文蔚

2001年6月20日于东南大学

# 《物理学》(第四版)前言摘要

《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1987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.

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)的修订指导思想是: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院校《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……我们期望《物理学》(第四版)比前一版更趋于完善,以适应21世纪我国多数工科院校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.

此次修订,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.

# 力学、热学和电磁学的量和单位

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	$\omega$	弧度每秒	$rad \cdot s^{-1}, s^{-1}$
角加速度	$\alpha$	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	$r \cdot min^{-1}$
频率	$\nu$	赫兹	$Hz, s^{-1}$
力	$F$	牛顿	N
摩擦因数	$\mu$	—	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	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-1}$
刚度系数	$k$	牛顿每米	$N \cdot m^{-1}$
压强	$p$	帕斯卡	Pa
体积	$V$	立方米	$m^3$
		升	L(l)
热力学温度	$T$	开尔文	K
摄氏温度	$t$	摄氏度	°C
物质的量	$\nu, n$	摩尔	mol
摩尔质量	$M$	千克每摩尔	$kg \cdot mol^{-1}$
分子自由程	$\lambda$	米	m
分子碰撞频率	$Z$	次每秒	$s^{-1}$
粘度	$\eta$	千克每米秒	$kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$
热导率	$\kappa$	瓦每米开尔文	$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$

续表

量		单 位	
名 称	符 号	名 称	符 号
扩散系数	$D$	平方米每秒	$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
比热容	$c$	焦耳每千克开尔文	$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
摩尔热容	$C_m, C_{V,m}, C_{p,m}$	焦耳每摩尔开尔文	$\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
摩尔热容比	$\gamma = C_{p,m}/C_{V,m}$		
热机效率	$\eta$		
致冷系数	$e$		
熵	$S$	焦耳每开尔文	$\text{J} \cdot \text{K}^{-1}$
电 荷	$q, Q$	库 仑	$\text{C}$
电场强度	$E$	伏特每米	$\text{V} \cdot \text{m}^{-1}$
真空电容率	$\epsilon_0$	法拉每米	$\text{F} \cdot \text{m}^{-1}$
相对电容率	$\epsilon_r$		
电场强度通量	$\Phi_e$	伏 特 米	$\text{V} \cdot \text{m}$
电 势 能	$E_p$	焦 耳	$\text{J}$
电 势	$V$	伏 特	$\text{V}$
电 势 差	$U$	伏 特	$\text{V}$
电偶极矩	$p$	库 仑 米	$\text{C} \cdot \text{m}$
电 容	$C$	法 拉	$\text{F}$
电极化强度	$P$	库仑每平方米	$\text{C} \cdot \text{m}^{-2}$
电 位 移	$D$	库仑每平方米	$\text{C} \cdot \text{m}^{-2}$
电 流	$I$	安 培	$\text{A}$
电流密度	$j$	安培每平方米	$\text{A} \cdot \text{m}^{-2}$
电 阻	$R$	欧 姆	$\Omega$
电 阻 率	$\rho$	欧 姆 米	$\Omega \cdot \text{m}$
电 动 势	$\mathcal{E}$	伏 特	$\text{V}$
磁感强度	$B$	特 斯 拉	$\text{T}$
磁 矩	$m$	安培平方米	$\text{A} \cdot \text{m}^2$
磁化强度	$M$	安培每米	$\text{A} \cdot \text{m}^{-1}$
真空磁导率	$\mu_0$	亨利每米	$\text{H} \cdot \text{m}^{-1}$
相对磁导率	$\mu_r$		
磁场强度	$H$	安培每米	$\text{A} \cdot \text{m}^{-1}$
磁 通 量	$\Phi$	韦 伯	$\text{Wb}$
自感	$L$	亨 利	$\text{H}$
互感	$M$	亨 利	$\text{H}$
位移电流	$I_d$	安 培	$\text{A}$



# 在一般计算时所取常用物理常量的值

物理量	符号	数值 <sup>①</sup>	单位
真空中光速	$c$	$3.00 \times 10^8$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
真空磁导率	$\mu_0$	$4\pi \times 10^{-7}$	$\text{N} \cdot \text{A}^{-2}$
真空电容率	$\epsilon_0$	$8.85 \times 10^{-12}$	$\text{F} \cdot \text{m}^{-1}$
引力常量	$G$	$6.67 \times 10^{-11}$	$\text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$
普朗克常量	$h$	$6.63 \times 10^{-34}$	$\text{J} \cdot \text{s}$
元电荷	$e$	$1.60 \times 10^{-19}$	$\text{C}$
里德伯常量	$R_\infty$	$1.10 \times 10^7$	$\text{m}^{-1}$
电子质量	$m_e$	$9.11 \times 10^{-31}$	$\text{kg}$
康普顿波长	$\lambda_c$	$2.43 \times 10^{-12}$	$\text{m}$
质子质量	$m_p$	$1.67 \times 10^{-27}$	$\text{kg}$
中子质量	$m_n$	$1.67 \times 10^{-27}$	$\text{kg}$
阿伏伽德罗常数	$N_A$	$6.02 \times 10^{23}$	$\text{mol}^{-1}$
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	$k$	$1.38 \times 10^{-23}$	$\text{J} \cdot \text{K}^{-1}$
斯特藩 - 玻耳兹曼常量	$\sigma$	$5.67 \times 10^{-8}$	$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$
维恩位移定律常量	$b$	$2.90 \times 10^{-3}$	$\text{m} \cdot \text{K}$
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)1998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
$\alpha$	A	Alpha	$\nu$	N	Nu
$\beta$	B	Beta	$\xi$	$\Xi$	Xi
$\gamma$	$\Gamma$	Gamma	$\omicron$	O	Omicron
$\delta$	$\Delta$	Delta	$\pi$	$\Pi$	Pi
$\epsilon$	E	Epsilon	$\rho$	P	Rho
$\zeta$	Z	Zeta	$\sigma$	$\Sigma$	Sigma
$\eta$	H	Eta	$\tau$	T	Tau
$\theta$	$\Theta$	Theta	$\upsilon$	$\Upsilon$	Upsilon
$\iota$	I	Iota	$\varphi(\phi)$	$\Phi$	Phi
$\kappa$	K	Kappa	$\chi$	X	Chi
$\lambda$	$\Lambda$	Lambda	$\psi$	$\Psi$	Psi
$\mu$	M	Mu	$\omega$	$\Omega$	Omega

# 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
<sup>^</sup> 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	28
2-1 牛顿定律	28
一 牛顿第一定律	28
二 牛顿第二定律	29
三 牛顿第三定律	30
2-2 物理量的单位和量纲	31
2-3 几种常见的力	32
一 万有引力	32
二 弹性力	34
三 摩擦力	36
<sup>^</sup> 2-4 惯性参考系 力学相对性原理	38
一 惯性参考系	38

二 力学相对性原理 .....	39
2-5 牛顿定律的应用举例 .....	40
*2-6 非惯性系 惯性力 .....	44
问题 .....	46
习题 .....	48
<b>第三章 动量守恒定律和能量守恒定律 .....</b>	<b>50</b>
3-1 质点和质点系的动量定理 .....	50
一 冲量 质点的动量定理 .....	50
二 质点系的动量定理 .....	51
3-2 动量守恒定律 .....	55
*3-3 火箭飞行原理 .....	57
3-4 动能定理 .....	61
一 功 .....	61
二 质点的动能定理 .....	63
3-5 保守力与非保守力 势能 .....	65
一 万有引力、重力、弹性力作功的特点 .....	65
$\Delta$ 二 保守力与非保守力 保守力作功的数学表达式 .....	68
三 势能 .....	70
$\Delta$ 四 势能曲线 .....	71
3-6 功能原理 机械能守恒定律 .....	72
一 质点系的动能定理 .....	72
二 质点系的功能原理 .....	73
三 机械能守恒定律 .....	74
四 宇宙速度 .....	76
3-7 能量守恒定律 .....	81
3-8 经典力学的成就和局限性 .....	82
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 .....	82
二 确定性与随机性 .....	86
三 能量的连续性与能量量子化 .....	87
问题 .....	88
习题 .....	90
$\Delta$ <b>第四章 刚体的转动 .....</b>	<b>94</b>
4-1 刚体的定轴转动 .....	94
一 刚体转动的角速度和角加速度 .....	95
二 匀变速转动公式 .....	97
三 角量与线量的关系 .....	98

4-2	力矩 转动定律 转动惯量 .....	100
	一 力矩 .....	100
	二 转动定律 .....	102
	三 转动惯量 .....	103
4-3	角动量 角动量守恒定律 .....	108
	一 质点的角动量定理和角动量守恒定律 .....	108
	二 刚体定轴转动的角动量定理和角动量守恒定律 .....	112
4-4	力矩做功 刚体绕定轴转动的动能定理 .....	116
	一 力矩做功 .....	116
	二 力矩的功率 .....	116
	三 转动动能 .....	117
	四 刚体绕定轴转动的动能定理 .....	117
	问题 .....	119
	习题 .....	120
<b>第五章 热力学基础</b> .....		124
5-1	气体的物态参量 平衡态 理想气体物态方程 .....	124
	一 气体的物态参量 .....	124
	二 $p$ 、 $V$ 、 $T$ 的单位 .....	125
	三 平衡态 .....	125
	四 理想气体物态方程 .....	126
5-2	准静态过程 功 热量 .....	127
	一 准静态过程 .....	127
	二 功 .....	128
	三 热量 .....	129
5-3	内能 热力学第一定律 .....	130
	一 内能 .....	130
	二 热力学第一定律 .....	131
5-4	理想气体的等体过程和等压过程 摩尔热容 .....	132
	一 等体过程 定体摩尔热容 .....	132
	二 等压过程 定压摩尔热容 .....	134
	△三 比热容 .....	135
5-5	理想气体的等温过程和绝热过程 .....	136
	一 等温过程 .....	136
	二 绝热过程 .....	137
	三 绝热线和等温线 .....	139
5-6	循环过程 卡诺循环 .....	141
	一 循环过程 .....	141

二 热机和致冷机 .....	142
三 卡诺循环 .....	145
5-7 热力学第二定律的表述 卡诺定理 .....	148
一 热力学第二定律的两种表述 .....	148
二 可逆过程与不可逆过程 .....	150
<sup>△</sup> 三 卡诺定理 .....	151
<sup>△</sup> 四 能量品质 .....	151
*5-8 熵 熵增加原理 .....	152
一 熵 .....	152
二 熵变的计算 .....	154
三 熵增加原理 .....	156
四 熵增加原理与热力学第二定律 .....	156
问题 .....	157
习题 .....	158
第六章 气体动理论 .....	162
6-1 物质的微观模型 统计规律性 .....	162
一 分子的数密度和线度 .....	162
二 分子力 .....	163
三 分子热运动的无序性及统计规律性 .....	163
6-2 理想气体的压强公式 .....	165
一 理想气体的微观模型 .....	165
二 理想气体的压强公式 .....	166
6-3 理想气体分子的平均平动动能与温度的关系 .....	168
6-4 能量均分定理 理想气体内能 .....	170
一 自由度 .....	170
二 能量均分定理 .....	172
三 理想气体的内能和摩尔热容 .....	172
<sup>*</sup> 四 固体热容 .....	175
6-5 麦克斯韦气体分子速率分布律 .....	176
一 麦克斯韦气体分子速率分布定律 .....	177
二 三种统计速率 .....	179
6-6 分子平均碰撞次数和平均自由程 .....	181
*6-7 气体的迁移现象 .....	184
一 粘滞现象 .....	184
二 热传导现象 .....	185
三 扩散现象 .....	186
四 三种迁移系数 .....	187

* 6-8	热力学第二定律的统计意义 .....	188
一	熵与无序 .....	189
二	无序度与微观状态数 .....	189
三	玻耳兹曼关系式 .....	190
四	自组织现象 .....	192
问题	.....	193
习题	.....	193
<b>第七章</b>	<b>静电场</b> .....	196
7-1	电荷的量子化 电荷守恒定律 .....	196
一	电荷的量子化 .....	196
二	电荷守恒定律 .....	197
7-2	库仑定律 .....	198
7-3	电场强度 .....	200
一	静电场 .....	200
二	电场强度 .....	200
三	点电荷的电场强度 .....	201
四	电场强度叠加原理 .....	202
五	电偶极子的电场强度 .....	204
7-4	电场强度通量 高斯定理 .....	209
一	电场线 .....	209
二	电场强度通量 .....	211
三	高斯定理 .....	214
四	高斯定理应用举例 .....	217
7-5	静电场的环路定理 电势能 .....	220
一	静电场力所作的功 .....	220
二	静电场的环路定理 .....	221
三	电势能 .....	223
7-6	电势 .....	223
一	电势 .....	223
二	点电荷电场的电势 .....	225
三	电势的叠加原理 .....	225
7-7	电场强度与电势梯度 .....	231
一	等势面 .....	231
$\Delta$ 二	电场强度与电势梯度 .....	231
问题	.....	234
习题	.....	235
$\Delta$ 第八章	静电场中的导体与电介质 .....	239

8-1	静电场中的导体 .....	239
一	静电平衡条件 .....	239
二	静电平衡时导体上电荷的分布 .....	240
三	静电屏蔽 .....	243
8-2	静电场中的电介质 .....	244
一	电介质对电场的影响 相对电容率 .....	244
二	电介质的极化 .....	245
三	电极化强度 .....	248
四	电介质中的电场强度 极化电荷与自由电荷的关系 .....	248
8-3	电位移 有电介质时的高斯定理 .....	249
8-4	电容 电容器 .....	252
一	孤立导体的电容 .....	252
二	电容器 .....	253
三	电容器的并联和串联 .....	258
8-5	静电场的能量 能量密度 .....	259
一	电容器的电能 .....	259
二	静电场的能量 能量密度 .....	260
*8-6	静电的应用 .....	263
一	范德格拉夫静电起电机 .....	263
二	静电除尘 .....	264
*8-7	压电效应 铁电体 驻极体 .....	265
一	压电效应 .....	265
二	铁电体 .....	266
三	驻极体 .....	266
问题	.....	267
习题	.....	268
<b>第九章</b>	<b>恒定电流</b> .....	<b>272</b>
9-1	电流 电流密度 .....	272
一	电流 .....	272
二	电流密度 .....	273
9-2	电阻率 欧姆定律的微分形式 .....	275
一	电阻率 .....	275
二	欧姆定律的微分形式 .....	276
9-3	电动势 全电路欧姆定律 .....	278
一	电动势 .....	278
二	全电路欧姆定律 .....	280
问题	.....	283



习题 .....	284
<b>第十章 稳恒磁场</b> .....	286
10-1 磁场 磁感强度 .....	287
10-2 毕奥-萨伐尔定律 .....	290
一 毕奥-萨伐尔定律 .....	290
二 毕奥-萨伐尔定律应用举例 .....	291
三 磁偶极矩 .....	293
<sup>△</sup> 四 运动电荷的磁场 .....	296
10-3 磁通量 磁场的高斯定理 .....	297
一 磁感线 .....	297
二 磁通量 磁场的高斯定理 .....	298
10-4 安培环路定理 .....	300
一 安培环路定理 .....	300
二 安培环路定理的应用举例 .....	302
10-5 带电粒子在电场和磁场中的运动 .....	305
一 带电粒子在电场和磁场中所受的力 .....	305
二 带电粒子在磁场中的运动举例 .....	306
三 带电粒子在电场和磁场中的运动举例 .....	310
10-6 载流导线在磁场中所受的力 .....	316
<sup>△</sup> 10-7 磁场对载流线圈作用的力矩 .....	320
问题 .....	323
习题 .....	325
<sup>△</sup> <b>第十一章 磁场中的磁介质</b> .....	331
11-1 磁介质 磁化强度 .....	331
一 磁介质 .....	331
二 磁化强度 .....	334
*11-2 磁介质中的安培环路定理 磁场强度 .....	334
11-3 铁磁质 .....	337
一 磁畴 .....	337
二 磁化曲线 .....	338
三 磁滞回线 .....	340
四 铁磁性材料 .....	341
五 磁屏蔽 .....	343
问题 .....	343
习题 .....	344
<b>第十二章 电磁感应 电磁场</b> .....	345
12-1 电磁感应定律 .....	345