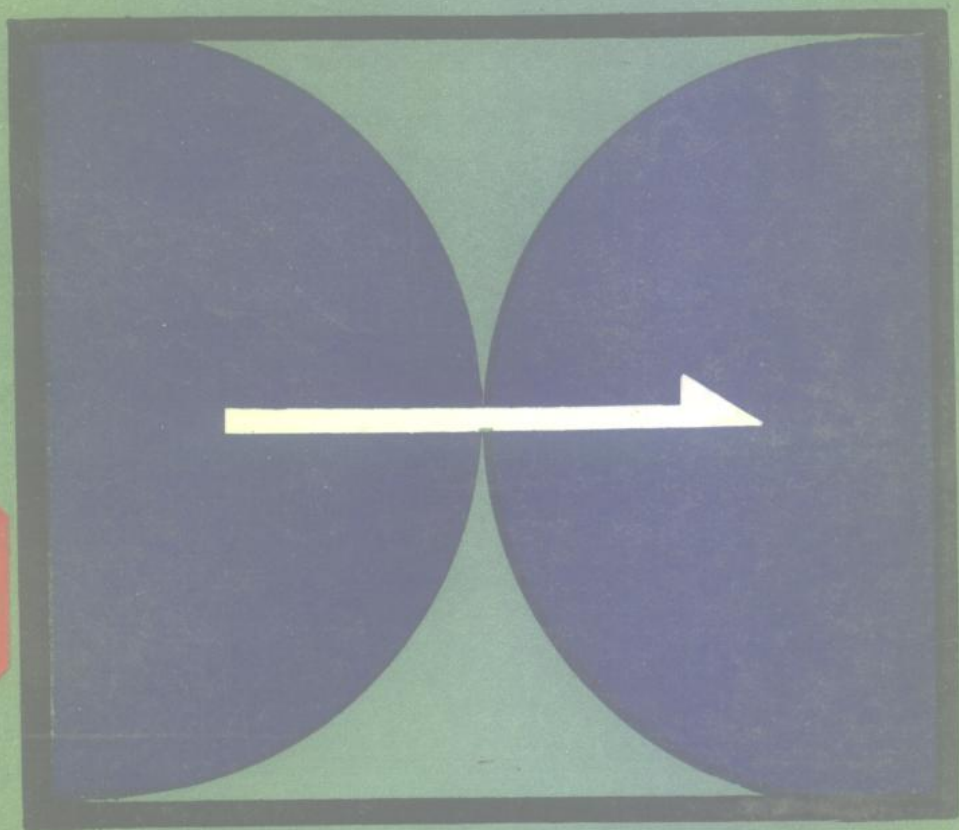


高等学校教材

物理学

(上册) · 第三版 ·

东南大学等七所工科院校 编 马文蔚 改编



高等教育出版社

04
N20
(3)1

368559

高等学校教材

物 理 学

上 册
(第三版)

东南大学等七所工科院校 编
马文蔚 改编



高等教育出版社

(京)112号

20157/01
内 容 提 要

本书是在南京工学院(现东南大学)等七所工院校编马文蔚柯景凤改编《物理学》(第二版)的基础上修订的。修订时参照了国家教委于1987年颁布的《高等工业学校大学物理课程教学基本要求》。本书在保持第二版的精选内容、注意教法、份量适中、适应面宽、注重基本概念等特点的同时,力求在体系、内容、文字表述,以及例题、习题和问题的选取等方面趋于完善。加强了与中学物理之间的衔接,如运动学从曲线运动讲起,功的概念从变力的功引入等;增补了玻耳兹曼能量分布、熵和熵增加原理;调整了部分章节的次序,如将能量均分定理从热力学移入气体动理论;适当增加一些理论联系实际的问题。全书采用国际单位制,并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(基础物理学部分)》校核了全部名词。

本书仍分三册,上册为力学、气体动理论和热力学,中册为电磁学,下册为波动过程和近代物理基础。本书可作讲课时数为130学时左右的一般工科专业大学物理教材,也可供理科非物理专业的普通物理课程使用。

责任编辑: 吴静平

高等学校教材

物 理 学

上 册

(第三版)

东南大学等七所工院校 编

马文蔚 改编

高等教育出版社出版

新华书店总店科技发行所发行

北京印刷三厂印装

开本 850×1168 1/32 印张 12.75 字数 300 000

1977年12月第1版 1993年2月第3版 1993年4月第1次印刷

印数 0001— 53135

ISBN7-04-004066-2/O·1177

定价4.80元

力学量和热学量的名称符号和单位

量		单 位		换算关系
名称	符号	名称	符号	
长度	l, s	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	θ, α, β	弧度	rad	
		度	($^{\circ}$)	$1^{\circ} = (\pi/180)\text{rad}$
角速度	ω	弧度每秒	$\text{rad} \cdot s^{-1}$, 或 s^{-1}	
角加速度	β	弧度每二次方秒	$\text{rad} \cdot s^{-2}$, 或 s^{-2}	
(旋)转速(度)	n	转每秒	$r \cdot s^{-1}$	
		转每分	$r \cdot \text{min}^{-1}$	$1r \cdot \text{min}^{-1} = 60r \cdot s^{-1}$
频率	ν	赫兹	Hz, s^{-1}	
力	F, f	牛顿	N	$m \cdot \text{kg} \cdot s^{-2}$
摩擦系数	μ, f	牛顿每二次方米	$N \cdot m^{-2}$	
动量	p	千克米每秒	$\text{kg} \cdot m \cdot s^{-1}$	
冲量	Fi	牛顿秒	$N \cdot s$	
功	W	焦耳	J	$m^2 \cdot \text{kg} \cdot s^{-2}$
能量, 热量	E, E_k, E_p, Q	焦耳	J	$m^2 \cdot \text{kg} \cdot s^{-2}$
		卡	cal	$1\text{cal} = 4.18\text{J}$
功率	P	瓦特	$\text{W}(\text{J} \cdot s^{-1})$	$m^2 \cdot \text{kg} \cdot s^{-3}$
力矩	M	牛顿米	$N \cdot m$	$m^2 \cdot \text{kg} \cdot s^{-2}$
转动惯量	J	千克二次方米	$\text{kg} \cdot m^2$	
角动量	L	千克二次方米每秒	$\text{kg} \cdot m^2 \cdot s^{-1}$	
劲度系数	k	牛顿每米	$N \cdot m^{-1}$	
压强(压力)	p	帕斯卡	Pa	
		标准大气压	atm	$1\text{atm} = 1.013 \times 10^5 \text{Pa}$
体积	V	立方米	m^3	
		升	L(1)	$1\text{L} = 10^{-3} m^3$
热力学温度	T	开尔文	K	

续表

量		单 位		换算关系
名称	符号	名称	符号	
摄氏度	t	度	$^{\circ}\text{C}$	$t = T - 273.15$
物质的量	M/μ	摩尔	mol	
摩尔质量	μ	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}	
内摩擦系数	η	千克每米秒	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$	
热传导系数	k	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	c	焦耳每千克开	$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$	
摩尔热容	C, C_v, C_p	焦耳每摩尔开	$\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$	
比热容	$\gamma = C_p/C_v$			
热机效率	η			
致冷系数	e			
熵	S	焦耳每开	$\text{J}\cdot\text{K}^{-1}$	

一些常用物理常量*

物理量	符号	量	值
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}	$\text{C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$
牛顿引力常量	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}	$\text{J} \cdot \text{s}$
基本电荷	e	1.60×10^{-19}	C
里德伯常量	R_∞	10973731	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
阿伏伽德罗常量	N_A	6.02×10^{23}	mol^{-1}
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}	$\text{J} \cdot \text{K}^{-1}$
斯忒藩-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}	$\text{m} \cdot \text{K}$
电子伏特	eV	1.60×10^{-19}	J
原子质量单位	u	1.66×10^{-27}	kg
标准大气压	atm	1.01×10^5	Pa
标准重力加速度	g_n	9.81	$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

* 本表各物理常量是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

α	<i>A</i>	<i>Alpha</i>	ν	<i>N</i>	<i>Nu</i>
β	<i>B</i>	<i>Beta</i>	ξ	Ξ	<i>Xi</i>
γ	Γ	<i>Gamma</i>	\omicron	<i>O</i>	<i>Omicron</i>
δ	Δ	<i>Delta</i>	π	Π	<i>Pi</i>
ϵ	<i>E</i>	<i>Epsilon</i>	ρ	<i>P</i>	<i>Rho</i>
ζ	<i>Z</i>	<i>Zeta</i>	σ	Σ	<i>Sigma</i>
η	<i>H</i>	<i>Eta</i>	τ	<i>T</i>	<i>Tau</i>
θ	Θ	<i>Theta</i>	υ	<i>I</i>	<i>Upsilon</i>
ι	<i>I</i>	<i>Iota</i>	φ	Φ	<i>Phi</i>
κ	<i>K</i>	<i>Kappa</i>	χ	χ	<i>Chi</i>
λ	<i>L</i>	<i>Lambda</i>	ψ	Ψ	<i>Psi</i>
μ	<i>M</i>	<i>Mu</i>	ω	Ω	<i>Omega</i>

第三版前言

本书第三版仍分三册，上册为力学、气体动理论和热力学基础，中册为电磁学，下册为波动过程、狭义相对论和量子物理。

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》（该基本要求颁布于1987年），中学物理教学又有了新的进展，编者还利用各种机会与许多老师就教材体系、内容的深广度、基本内容与非基本内容的关系、理论联系实际的实施、以及文字表述的科学性和简明性等方面，曾深入地交换过意见。1990年4月经国家教委批准在无锡召开了一次本书修订研讨会，在会上编者就如何使本书修订后能适应当前高等工科院校教学要求等问题，与参加会议的各位老师进行了切磋。因而使我们进一步地明确了本书第二版的优点、缺点和不足，同时也使我们学到许多有益的经验。这对搞好本书的修订工作，提供了良好的基础。

本书修订的指导思想是：为适应《教学基本要求》，在内容上需作一些调整和补充；提高部分内容的起点，搞好与中学物理之间的衔接；在保持第二版特点的基础上，使第三版在体系、内容取舍、文字表述、以及例题、问题和习题的选取等方面更趋于完善，并改正第二版中一些不妥和不确切之处。此外，为符合科学技术发展的需要，适当增加一点近代物理方面的内容；增加一些理论联系实际方面的例子，以培养学生运用物理知识分析问题和解决问题的能力。

全书采用国际单位制，并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（基础物理学部分）》，校核了全书的

物理名词,如电力线改称电场线,倔强系数改称劲度系数,物理常数改称物理常量等等。

在这次修订中调整了一些章节的次序,使体系结构趋于合理并便于教学,重写了部分章节,更换了一些例题、问题和习题,更新了部分插图,校核了物理常量的最新数据以及一些物理量的数量的合理性。通过这些工作,编者试图在满足《教学基本要求》的基础上,使第三版臻于完善,为提高大学物理的教学质量做出应有的贡献。

为适应不同专业的教学需要,本书除含有根据《教学基本要求》而编写的基本内容外,还有一些选学的非基本内容。为方便读者阅读,非基本内容冠以“*”号,有些证明或扩展性内容则用小字排印。删去这些内容并不影响全书的系统性。编者虽然做了这样一些考虑,但不一定能满足各方面的需要,请使用本书的教师,根据学生的实际情况和专业特点,在保证本课程必要的系统性、完整性和科学性的基础上,作进一步的增补和删节。

本书可作为讲课时数为130学时的一般工科专业的大学物理课程的教材,也可供理科非物理专业的普通物理课程使用。

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的中肯修改意见。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。由于编者水平有限,书中还会有不妥和错误之处,敬请使用本书的老师和同学们批评指正。

改编者

1992年3月于南京 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（兰信梯、桂永蕃）、华东工程学院（张标）、华东水利学院^②（蒋澄华）、南京林产工业学院^③（王明馨）、无锡轻工业学院（葛元欣）、镇江农机学院^④（周遥生），并由张标、马文蔚、王明馨负责定稿。

①南京工学院现改名为东南大学。

②华东水利学院现改名河海大学。

③南京林产工业学院现改名南京林业大学。

④镇江农机学院现改名江苏工学院。

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。

目 录

第一章 质点运动学	1
1-1 参考系 质点.....	2
1-2 位置矢量 运动方程 位移.....	4
1-3 速度和加速度.....	7
1-4 加速度为恒量时的运动方程.....	16
1-5 圆周运动 切向加速度和法向加速度.....	28
1-6 相对运动.....	33
问题.....	39
习题.....	40
第二章 牛顿运动定律	46
2-1 牛顿运动定律.....	46
2-2 力学量的单位和量纲.....	51
2-3 几种常见的力.....	53
2-4 惯性参考系 力学相对性原理.....	61
2-5 牛顿运动定律的应用举例.....	63
*2-6 物体在粘滞流体中的运动.....	68
*2-7 非惯性系 惯性力.....	72
问题.....	75
习题.....	76
第三章 功与能	80
3-1 功 动能定理.....	80
3-2 保守力与非保守力 势能.....	89
3-3 功能原理 机械能守恒定律.....	99
3-4 能量守恒定律.....	107
问题.....	108
习题.....	109
第四章 动量	114

4-1	冲量 动量 动量定理	114
4-2	质点系的动量定理 动量守恒定律	119
4-3	完全弹性碰撞 完全非弹性碰撞	125
*4-4	质心 质心运动定律	128
*4-5	系统内质量流动问题	136
	问题	142
	习题	143
第五章	刚体的转动	147
5-1	刚体的平动与转动	147
5-2	刚体的定轴转动	149
5-3	力矩 转动定律 转动惯量	156
5-4	力矩做功 刚体绕定轴转动的动能定理	172
5-5	角动量 角动量守恒定律	176
*5-6	刚体的平面运动	189
	问题	196
	习题	197
*第六章	万有引力场	204
6-1	开普勒定律	204
6-2	万有引力定律	206
6-3	引力场 引力势能	210
6-4	物体间的引力势能和引力	216
6-5	从万有引力定律导出行星的椭圆轨道	225
6-6	开普勒行星运动第二、第三定律的证明	228
	问题	231
	习题	233
第七章	气体动理论	236
7-1	气体状态参量 平衡态与平衡过程 理想气体状态方程	236
7-2	分子的线度 分子力 统计规律性	241
7-3	理想气体的压强公式	245
7-4	理想气体分子的平均平动动能与温度的关系	250
7-5	能量均分定理 理想气体内能	252

7-6	麦克斯韦气体分子速率分布律	258
*7-7	玻耳兹曼能量分布律 气压公式	267
7-8	分子平均碰撞次数和平均自由程	272
7-9	气体的迁移现象	276
*7-10	实际气体的范德瓦耳斯方程	284
	问题	288
	习题	290
第八章	热力学基础	293
8-1	内能 功 热量 准静态过程	293
8-2	热力学第一定律	296
8-3	理想气体的等体过程和等压过程 定体摩尔热容和定压 摩尔热容	300
8-4	理想气体的等温过程与绝热过程	306
8-5	循环过程	314
8-6	热力学第二定律	319
8-7	可逆过程与不可逆过程	322
8-8	卡诺循环 卡诺定理	325
8-9	熵 熵增加原理	333
*8-10	热力学第二定律的统计意义	343
	问题	348
	习题	350
附录一	矢量	356
附录二	一些基本物理常量	373
附录三	国际单位制(SI)	374
附录四	空气、水、地球、太阳系一些常用数据	377
	习题答案	379
	上册索引	386

第一章 质点运动学

自然界是由物质组成的,一切物质都在不停地运动着.在自然界中,既没有不运动的物质,也没有脱离物质的运动.自然界有许多运动形式,如机械运动,电磁运动,分子热运动,原子、原子核运动,化学变化,生物运动等等,所有这些物质的运动形式既是互相联系,而又是本质上互相区别的.物理学是研究物质运动中最普遍、最基本运动形式的一门学科,它包括机械运动,分子热运动,电磁运动,原子、原子核运动和基本粒子运动等.

机械运动是最简单、最常见的运动形式,它是指物体之间或物体各部分之间发生的相对位置的变化.机械运动的例子有很多,如各种车辆的行驶、机器的运转、星体的运动等等.其他较高级、较复杂的运动形式——热运动、电磁运动等,都和机械运动有着不可分割的联系.因此在物理学中,首先研究机械运动的规律.这部分内容称为力学.

机械运动的基本形式有平动和转动.在平动过程中,物体内各点的位置无相对变化,物体内各点所移动的路径完全相同,因此常用物体上任何一点的运动来代表整个物体的运动.在力学中,研究物体位置随时间变化规律的这部分内容叫运动学.

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

1-1 参考系 质点

一 运动描述的相对性 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。如放在桌上的书相对桌面是静止的，但它却随地球一起绕太阳运动。这就是运动的绝对性。描述物体的运动总是相对于其他物体而言的，如观察行驶着的火车的位置变化，通常是地面上某一物体(如电线杆)为标准，把它看成是不动的；同样，观察河水的流动，也是以某一个我们认为是不动的物体(如桥墩)为标准来判别的。所以，在观察一个物体的位置以及位置的变化的时候，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。如在一平稳行驶的轮船中，静坐的乘客相对于轮船是静止不动的，而相对于地面某一物体，位置却在不断的变化。可见，相对于不同的标准物，物体运动情况的描述是不同的，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(或物体组)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。参考系的选择是任意的。在地面上讨论物体的运动时，通常选地球作参考系。不过，由于地球在不停地绕着太阳运动，所以，一个相对于地面是静止的物体，对于太阳来说，则是随地球一起绕太阳在运动。然而，太阳也不是静止的，它在整个银河系中也以约二百多千米每秒的速率运动着。所以，对任何物体而言，静止都是相对的，有条件的，而运动却是绝对的，无条件可言的。

二 质点

任何物体都有大小和形状。一般说来，物体在运动时它各部

分的位置变化是不同的。如在平直公路上行驶的汽车，就车身来说，它沿公路作平动，但就车轮来说，它除了平动之外，还在转动；从枪口射出的子弹，似乎在空中只向前飞行，实际上，子弹还绕自身的轴线在转动。有些双原子或多原子分子，除了平动、转动外，各个原子还在各自平衡位置附近作振动。这些事实都说明，物体的运动情况是十分复杂的。

但是，如果我们只研究某一段时间内汽车在公路上所通过的路程是多少时，我们不必去考虑车轮的转动，只需研究整个车身的平动就行了，因为这时车身上各点所通过的路程是相同的，因此可以忽略汽车的大小和形状，以一个点来代替它。研究物体的某一运动，当它的大小和形状可以忽略，或当物体作平动时，就把物体当作是一个有一定质量的点，这样的点通常叫做质点。

质点是经过科学抽象而形成的概念。把物体当作质点是有条件的、相对的，而不是无条件的、绝对的，因而对具体情况要作具体分析。例如研究地球绕太阳公转时，由于地球至太阳的平均距离（约 $1.5 \times 10^8 \text{km}$ ）比地球的半径（约 6370km ）大得多，地球上各点相对于太阳的运动可以看作是相同的，所以在研究地球公转时可以把地球当作质点。但是，在研究地球本身的自转时，由于地球上各点的运动情况大不相同，这时就不能再把地球当作质点处理了。

应当指出，把物体视为质点这种抽象的研究方法，在实践上和理论上都是有重要意义的。当我们所研究的运动物体不能视为质点时，可把整个物体看成是由许多质点所组成，弄清这些质点的运动，就可以弄清楚整个物体的运动。所以，研究质点的运动是研究物体运动的基础。

在本书有关力学的各章中，除刚体一章外，都是把物体当作质点来处理的。