



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

Physics

物理学

(第六版)上册

东南大学等七所工科院校 编
马文蔚 周雨青 改编

高等教育出版社



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材



面向 2 1 世 纪 课 程 教 材

Textbook Series for 21st Century

物理学

(第六版)上册

东南大学等七所工科院校 编
马文蔚 周雨青 改编

WULIXUE

高等教育出版社·北京

内容提要

本书是在《物理学》(第五版)基础上,参照教育部高等学校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)修订而成的,书中涵盖了基本要求中所有的核心内容,并选取了一定数量的扩展内容,供不同专业选用。在修订过程中,本书保持原书体系合理,适应面广等特点,添加了部分近代物理的内容,加强用现代观点来诠释经典物理的思想,从而体现出物理学的发展对人类认识自然所起到的基础性作用。

本书分为上、下两册,上册包括力学和电磁学,下册包括振动和波动、光学、气体动理论和热力学基础、相对论、量子物理和原子核与粒子物理简介等。与本书相配套的还有《物理学(第六版)电子教案》《物理学原理在工程技术中的应用》(第四版)、《物理学(第六版)习题分析与解答》和《物理学(第六版)学习指导》等。

本书可作为高等学校理工科非物理类专业的教材,也可供文理科相关专业选用和社会读者阅读。

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,周雨青改编.--6版.--北京:高等教育出版社,2014.7

ISBN 978-7-04-039922-6

I. ①物… II. ①东…②马…③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(2014)第 094967 号

策划编辑 郭亚螺 责任编辑 张海雁 封面设计 杨立新 版式设计 王艳红
插图绘制 杜晓丹 责任校对 刘娟娟 责任印制 张福涛

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 北京市白帆印务有限公司
开 本 787mm×960mm 1/16
印 张 25.75
字 数 480 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.landrao.com>
<http://www.landrao.com.cn>
版 次 1978 年 2 月第 1 版
2014 年 7 月第 6 版
印 次 2014 年 7 月第 1 次印刷
定 价 36.90 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 39922-00

力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	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
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	°
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	$\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$
频率	ν	赫兹	Hz, s^{-1}
力	F	牛顿	N
摩擦因数	μ	—	1
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
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	$\text{N} \cdot \text{m}$
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	$\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$
电荷	q, Q	库仑	C
电场强度	E	伏特每米	$\text{V} \cdot \text{m}^{-1}$

量		单 位	
名 称	符 号	名 称	符 号
真空电容率	ϵ_0	法拉每米	$F \cdot m^{-1}$
相对电容率	ϵ_r	—	1
电场强度通量	Φ_e	伏特米	$V \cdot m$
电势能	E_p	焦耳	J
电势	V	伏特	V
电势差	U	伏特	V
电偶极矩	p	库仑米	$C \cdot m$
电容	C	法拉	F
电极化强度	P	库仑每平方米	$C \cdot m^{-2}$
电位移	D	库仑每平方米	$C \cdot m^{-2}$
电流	I	安培	A
电流密度	j	安培每平方米	$A \cdot m^{-2}$
电阻	R	欧姆	Ω
电阻率	ρ	欧姆米	$\Omega \cdot m$
电动势	\mathcal{E}	伏特	V
磁感强度	B	特斯拉	T
磁矩	m	安培平方米	$A \cdot m^2$
磁化强度	M	安培每米	$A \cdot m^{-1}$
真空磁导率	μ_0	亨利每米	$H \cdot m^{-1}$
相对磁导率	μ_r	—	1
磁场强度	H	安培每米	$A \cdot m^{-1}$
磁通量	Φ	韦伯	Wb
自感系数	L	亨利	H
互感系数	M	亨利	H
位移电流	I_d	安培	A

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	$8.854\ 187\ 817 \cdots \times 10^{-12}$	$\text{F} \cdot \text{m}^{-1}$	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}

续表

物理量	符号	数值	单位	相对标准 不确定度
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 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。

第六版前言

《物理学》(第五版)自2006年出版发行以来已经历了七年多的时间,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。

《物理学》(第六版)仍保持《物理学》(第五版)的体系结构。《物理学》(第六版)仍涵盖了《理工科类大学物理课程教学基本要求》(2010年版)中全部核心内容的知识点,在拓展内容方面增加了流体的运动、偏振光的干涉和核物理简介等知识点。这样,拓展内容方面的知识点则与《理工科类大学物理课程教学基本要求》(2010年版)大体相当。所有的拓展内容均排小字。这或许能为不同要求的大学物理课程提供可资选用的素材。

为反映物理学及其在科学技术方面的新进展,《物理学》(第六版)增加了一些诸如磁单极、超导约瑟夫森效应、分数量子霍尔效应、石墨烯的应用前景等方面的简略介绍。

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(及其符号)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41个,涵盖了从力学到核物理学的内容。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所有选题加上二维码,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。

增加和更换了部分插图和照片,如我国第四代反应堆、星尘号宇宙尘埃航天器、特斯拉与交流电机雕像、光伏电池在建筑和电话亭方面的应用等等。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:周雨青编写了第十一章中的几何光学,第十六章原子核与粒子物理简介,修订了第九章和第十章,第十三章中的信息熵简介,第十五章中的纳米材料简介;解希顺修订了第十一章中的波动光学;马文蔚修订了第十二章至第十五章(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各版次付出辛勤劳动的同志们:

第五版

编者:马文蔚、解希顺、周雨青

审者:徐绪笃、汤毓骏

编辑:庞永江、郭亚嫒

第四版

编者:马文蔚、解希顺、谈淑梅

审者:徐绪笃、汤毓骏、叶善专

编辑:陈小平、张思挚、胡凯飞

第三版

编者:马文蔚、柯景凤

审者:余守宪

编辑:奚静平

第二版

编者:马文蔚、柯景凤

审者:余守宪、徐绪笃、陈广汉、朱培豫、田恩瑞

编辑:汤发宇、奚静平

第一版

编者:柯景凤、马文蔚、曹恕、宋玉亭、李士澍、蓝信梯、桂永蕃、张粉、蒋澄华、王明馨、葛元欣、周遥生,张粉、马文蔚、王明馨负责定稿

编辑:汤发宇、李平、杨再石

由于编者水平有限,书中仍会有不妥之处,敬请老师和同学们提出宝贵意见。

马文蔚

2014年2月于东南大学

第五版前言(摘要) III

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,物理学经历了两场伟大的革命,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——在大学本科时代学到的知识基本上都是一二百,甚至三四百年前的发现——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,大到探索宇宙的奥秘,小到计算机里的芯片,都离不开物理学的基础作用。甚至过去看似和自然科学无关的经济、金融、股票、政治等领域,现在也有人用物理学的方法进行研究,并取得令人赞许的成就。在2000年,美国工程院评选出20项20世纪最伟大的工程,其中采用的技术大部分都直接或间接跟过去300年间物理学的发现有关系。这20项工程首先是电气化、汽车、飞机、自来水系统、微电子、无线电广播和电视,其次是农业机械化、计算机、电话、空调和冰箱、高速公路、卫星、因特网、摄影,然后是家用电器、医疗技术、石油和石油化工、激光和光纤、核技术、高性能材料。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。

本书的第一版问世于1977年。那时,大学生的口号是“学好数、理、化,走遍天下都不怕!”当时,最优秀的学生大都选择进入数学、物理等专业深造。现在,随着时代的发展,年轻人的兴趣和志向更加多元化,随之,人才培养模式也发生了重大变化。因此,作者和教师的任务就是探索如何在新形势下,教好大学物理这门课,以适应21世纪对高素质人才的科学素质的需要。一方面,要以现代的观点审视传统物理教学内容;另一方面,要充分利用各种现代教育技术手段,全面整合文本形式、动画、图形、图片以及视频等各类型教学资源,把它们有机地安

置在书本里、光盘中或者网络上,各种手段各有分工、各司其职,使学生获得前所未有的学习效果。正因如此,本书的内容设计与面貌和第一版相比也发生了巨大的变化,从单一的纸质教材,发展到了由纸质主教材、纸质辅教材、电子教材、网络教材组成的教学包。

本书分为上、下两册。上册由马文蔚修订;下册第九章、第十章和信息熵、等离子体与受控核聚变、扫描显微镜和纳米材料简介等由周雨青修订和编写,第十一章由解希顺修订,第十二章至第十五章由马文蔚修订。

第五版修订指导思想

《物理学》(第五版)在内容上需涵盖基本要求中所有的核心内容,并选取了一定数量的扩展内容,以适应不同专业对大学物理课程的需求:难度上与四版基本持平,但习题的难度比四版有所下降,并增加了部分选择题,以考察学生的物理概念。

章节变化

按照教学基本要求,并考虑到读者已有的中学物理基础,本书修订时对部分章节内容作了如下调整:

1. 由原书的二十章改为十五章。取消引力场、恒定电流、磁场中磁介质、电磁振荡和电磁波以及物理学与新技术等五章。但把恒定电流的条件、电动势和磁介质的概念放到恒定磁场一章中。把液晶放在光学之后,把纳米材料简介和扫描显微镜放在量子物理一章里,使这些物理新技术课题与该章基本内容构成一个整体,便于学生理解并拓展其视野,同时也删去一些技术性过多又难以理解的内容。

2. 增加了几个选学课题,如对称性与守恒律、万有引力的牛顿命题、简述非线性系统、几何光学、信息熵简介等。

3. 删去加速度为恒矢量时质点的运动、静电场的边界条件、压电效应、铁电体、驻极体、磁电式电流计原理、尼科耳棱镜、偏振光干涉、理想气体实验定律,并删去由普朗克公式导出维恩位移定律和斯特藩-玻耳兹曼定律等。

为方便读者选学扩展内容,本书扩展内容均冠以“*”号,并用小字排印。这些扩展内容能拓展读者的知识面,加深对基本理论和基本方法的理解,有助于读者了解物理理论是如何建立的,帮助读者了解新技术的发展与物理学理论间的关系。所有扩展内容均自成体系,可选讲或指导学生自学,跳过不学也不影响全书的系统性和连贯性。

在不提高定价的情况下,第五版采用双色印刷,使书中的物理图像更加清晰,提高图文的表现力,进一步提升阅读效果。

鸣谢

在本书的成书过程中,得到了许多长期使用本教材的教师提出的宝贵意见,

在此对他们表示衷心的感谢,尤其要感谢西北工业大学徐绪笃教授(主审)和东华大学汤毓骏教授细致地审阅了书稿,提出了许多中肯的修改意见和建议。殷实、沈才康、包刚和韦娜诸位老师为本书增添了一些习题,编者谨致谢意。

改编者

2005年5月于东南大学

目录 III

第一章 质点运动学	1
1-1 质点运动的描述	2
一、参考系 质点	2
二、位置矢量 运动方程 位移	3
三、速度	5
四、加速度	8
1-2 圆周运动	12
一、平面极坐标	12
二、圆周运动的角速度	13
三、圆周运动的切向加速度和法向加速度 角加速度	13
四、自然坐标系	16
五、匀速率圆周运动和匀变速率圆周运动	16
1-3 相对运动	18
一、时间与空间	18
二、相对运动	18
问题	21
习题	23
第二章 牛顿定律	27
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
四、力学相对性原理	31
2-2 物理量的单位和量纲	32
2-3 几种常见的力	33
一、万有引力	33
二、弹性力	35
三、摩擦力	36
2-4 牛顿定律的应用举例	39
2-5 非惯性系 惯性力	47
问题	50

习题	52
第三章 动量守恒定律和能量守恒定律	56
3-1 质点和质点系的动量定理	57
一、冲量 质点的动量定理	57
二、质点系的动量定理	58
3-2 动量守恒定律	61
3-3 系统内质量移动问题	64
3-4 动能定理	67
一、功	67
二、质点的动能定理	69
3-5 保守力与非保守力 势能	72
一、万有引力和弹性力做功的特点	72
二、保守力与非保守力 保守力做功的数学表达式	74
三、势能	75
四、势能曲线	76
3-6 功能原理 机械能守恒定律	77
一、质点系的动能定理	77
二、质点系的功能原理	78
三、机械能守恒定律	79
四、宇宙速度	81
3-7 完全弹性碰撞 完全非弹性碰撞	85
3-8 能量守恒定律	87
3-9 质心 质心运动定律	88
一、质心	88
二、质心运动定律	91
3-10 对称性与守恒律	93
一、对称性	93
二、守恒律与对称性	94
问题	95
习题	97
第四章 刚体转动和流体运动	103
4-1 刚体的定轴转动	104
一、刚体转动的角速度和角加速度	104
二、匀变速转动公式	106
三、角量与线量的关系	107
4-2 力矩 转动定律 转动惯量	109
一、力矩	109

二、转动定律	113
三、转动惯量	114
四、平行轴定理	115
4-3 角动量 角动量守恒定律	119
一、质点的角动量定理和角动量守恒定律	119
二、刚体定轴转动的角动量定理和角动量守恒定律	124
4-4 力矩做功 刚体绕定轴转动的动能定理	129
一、力矩做功	129
二、力矩的功率	130
三、转动动能	130
四、刚体绕定轴转动的动能定理	130
* 4-5 刚体的平面平行运动	132
* 4-6 刚体的进动	134
* 4-7 流体 伯努利方程	136
一、理想流体的运动	136
二、伯努利方程	137
三、伯努利方程的应用	138
* 4-8 万有引力的牛顿命题	139
一、物体间引力的计算	140
二、椭圆轨道的论证	142
* 4-9 经典力学的成就和局限性	145
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	145
二、确定性与随机性	148
三、能量的连续性与能量量子化	149
问题	150
习题	151
第五章 静电场	159
5-1 电荷的量子化 电荷守恒定律	160
一、电荷的量子化	160
二、电荷守恒定律	161
5-2 库仑定律	161
5-3 电场强度	162
一、静电场	162
二、电场强度	163
三、点电荷的电场强度	164
四、电场强度叠加原理	165

五、电偶极子的电场强度	167
5-4 电场强度通量 高斯定理	171
一、电场线	172
二、电场强度通量	173
三、高斯定理	176
四、高斯定理应用举例	179
5-5 密立根测定电子电荷的实验	182
5-6 静电场的环路定理 电势能	184
一、静电场力所做的功	184
二、静电场的环路定理	185
三、电势能	186
5-7 电势	187
一、电势	187
二、点电荷电场的电势	189
三、电势的叠加原理	189
5-8 电场强度与电势梯度	194
一、等势面	194
二、电场强度与电势梯度	195
5-9 静电场中的电偶极子	198
一、外电场对电偶极子的力矩和取向作用	198
二、电偶极子在电场中的电势能和平衡位置	199
问题	199
习题	201
第六章 静电场中的导体与电介质	208
6-1 静电场中的导体	209
一、静电平衡条件	209
二、静电平衡时导体上电荷的分布	209
三、静电屏蔽	212
6-2 静电场中的电介质	214
一、电介质对电场的影响 相对电容率	214
二、电介质的极化	215
三、电极化强度	218
四、极化电荷与自由电荷的关系	219
6-3 电位移 有电介质时的高斯定理	220
6-4 电容 电容器	223
一、孤立导体的电容	223
二、电容器	224