



江苏省精品教材

大学物理学 (第2版)

(上册)

主编 孙厚谦 俞晓明 史友进

大学物理学 (第2版)

(上册)

主编 孙厚谦 俞晓明 史友进
编者 刘雨龙 郝玉华 成海英 吴兆丰

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是以教育部物理基础课程教学指导分委员会制定的《理工科非物理类专业大学物理课程教学基本要求》为依据编写的,全书涵盖了基本要求中的核心内容。

本书分为上、下两册,上册包括力学、狭义相对论和电磁学,下册包括热学、振动与波动和量子物理与新技术。在全书编写过程中,编者充分考虑了应用型本科院校的特点和实际情况,削枝强干、突出重点,加强基本概念和重要知识的描述,简约理论论证,注重计算训练。本套教材配有学习参考书(《大学物理学习辅导与习题》,孙厚谦编,湖南师范大学出版社),书中对课程的重点和难点作了进一步阐述,对教材中的问题进行了详细、拓展性的解答;本书还配有电子教案和习题解答。

本书可作为高等学校理工科,特别是应用型工科大学非物理类专业大学物理课程的教材或参考书。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学.上册 / 孙厚谦,俞晓明,史友进主编. --2版. --北京:清华大学出版社,2013.1
ISBN 978-7-302-28807-7

I. ①大… II. ①孙… ②俞… ③史… 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(2012)第098703号

责任编辑:朱红莲

封面设计:傅瑞学

责任校对:刘玉霞

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:13.75 字 数:327千字

版 次:2009年3月第1版 2013年1月第2版 印 次:2013年1月第1次印刷

印 数:1~5000

定 价:24.00元

产品编号:045644-01



第2版前言

本教材第1版于2009年3月由清华大学出版社出版。此次修订,基本保持了第1版教材体系,主要是进行完善,使教材内容更加适合于应用型工科大学非物理专业大学物理课程的教学。

此次改版增加或删改了一些内容;对一些章节的顺序进行调整,使体系更加合理;对部分内容进行补充或改写,使对基本概念、原理和公式的阐述更加简洁、准确、到位、透彻、易懂。

第1版教材最显著的特色在于两个栏目的设计:一是问题,二是说明、注意和讨论。此次修订,我们按照问题的设计目的是帮助学生掌握基本公式、领悟物理思想、抓住解题要点、熟悉解题元素(如常见研究对象的物理量表示、解题时积分元等)、把握知识体系、综合应用和引申知识等;说明、注意和讨论的设计原则分别是解读基本概念、内涵要义、原理公式、术语名词等;引导学生准确地把握有关内容,避免混淆概念、错误使用公式等;拓展引申对公式、原理的应用,对这两个栏目的内容进行修改,进一步强化教材特色。

另外,对例题、习题进行了增删与修改,加强其基础性、应用性和典型性及与教材内容的匹配性。

几年来,许多使用过本书作为教材或参考书的学校反馈了许多有价值的建议;在教材编写和修改中,我们借鉴学习了国内很多优秀教材的做法;清华大学出版社朱红莲编辑为提高教材的质量做了大量的工作,在此向支持、指导我们的同志和使我们受益的教材的作者表示衷心的感谢。

尽管在第2版的修订过程中编者做了很大努力,但书中仍难免存在问题和不足,真诚企盼读者指正。

编者

2012年10月



第 1 版前言

大学物理课程是高等学校理工科学生的一门重要基础课,它所阐述的物理学基本概念、基本思想、基本规律和基本方法不仅是学生学习后续专业课程的基础,而且也是培养和提高学生综合素质和科技创新能力的重要内容。在我国高等教育已经进入大众化阶段的新形势下,为达到大学物理课程的教学目的,物理教学工作者面临着许多需要解决的问题。尽管国内外已出版了许多优秀的大学物理教材,但编写适合应用型本科院校培养目标的教材仍需进行大量的工作。本书的编写则在这方面做了积极的尝试。教材涵盖了教育部物理基础课程教学指导分委员会制定的《理工科非物理类专业大学物理课程教学基本要求》的核心内容,注意汲取当前国内优秀教材的成果,反映编者多年来的教学经验和体会,积极进行改革尝试,尽量贴合应用型本科院校人才培养要求和学生的实际情况。本教材内容的主要特点如下:

1. 高视点选择经典内容 如在力学、电磁学部分,注意去掉与中学物理重复的内容,强化高等数学知识、矢量知识在物理中的应用,增强学生对大学物理课程的新鲜感。

2. 力求体系和结构的合理性 如在力学部分,将刚体的定轴转动作为质点系力学的特例,渗透到整个力学的教学中;将相对论纳入力学部分,使牛顿力学与相对论时空观紧密相连,开拓学生视野;在电磁学部分,将“真空中的静电场”、“导体和电介质中的静电场”合为一章,将“恒定电流”、“真空中的恒定磁场”以及“磁介质中的磁场”合为一章,强化场源关系,简化介质问题,去掉中学物理中已讲授的直流电路的内容;在热力学中,关于循环部分,加强对一般循环过程的讲授,而将卡诺循环作为特例介绍;另外,对知识点,尽量以标题列出,便于读者掌握。

3. 注重物理基本概念和基本规律的阐述 教材力求突出主干,削枝强干,对核心内容重点阐明;尽量避免烦琐的叙述和冗长的数学推导,力求阐述准确、简洁、透彻,重点突出,便于读者阅读和理解;对基本概念和公式,以说明、注意、讨论等形式,条目式地加以分析,帮助读者理解;部分内容采用通过归纳、类比等较容易理解的方式,引出一些物理概念和规律;对近代物理内容采用“精选、普化”的方针,还专题式地介绍了一些前沿的、应用特别广泛的高新技术的物理基础,加强学生学习新理论和新知识的基础理论。

4. 强化知识的综合运用能力的训练 在一个主要知识点或基本计算方法讲授后,从把握物理思想、理解基本公式、对典型问题举一反三、知识的综

合应用与引申等角度,设计多层次讨论题,体现引导式、研究型学习理念;着眼于培养学生学习能力,精选例题和习题。

本教材适用于 128 学时。教材中带“*”的章节与习题,教师可自行取舍。

本书由俞晓明编写第 1 章至第 4 章,史友进编写第 5 章、第 12 章和第 15 章,孙厚谦编写第 6 章、第 11 章、第 13 章和第 16 章,吴兆丰编写第 7 章,成海英编写第 8 章,刘雨龙编写第 9 章和第 10 章,郝玉华编写第 14 章。孙厚谦负责全书的修改和定稿工作。南京理工大学李相银教授、陆建教授和南京航空航天大学施大宁教授认真审阅了全书,提出了宝贵的指导性意见,在此表示衷心感谢。

由于编者学识有限,书中不当之处和错误在所难免,加之时间匆忙,教材内容选择的适当性、广泛性仍需改进,竭诚欢迎读者和同行专家指正。

本书由盐城工学院教材基金资助出版。

编者
2008 年 10 月

常用基本物理常量表

(2006 年最佳值)

物 理 量	符 号	数 值
真空中的光速	c	299 792 458 m/s(精确)
真空磁导率	μ_0	$4\pi \times 10^{-7}$ N/A ² 12. 566 370 614 $\times 10^{-7}$ N/A ² (精确)
真空电容率	ϵ_0	$8. 854 187 817 \times 10^{-12}$ F/m(精确)
万有引力常量	G	$6. 674 28(67) \times 10^{-11}$ m ³ /(kg · s ²)
普朗克常量	h	$6. 626 069 3(11) \times 10^{-34}$ J · s
	$\hbar = h/2\pi$	$1. 054 571 686(18) \times 10^{-34}$ J · s
阿伏伽德罗常量	N_A	$6. 022 141 79(30) \times 10^{23}$ /mol
普适气体常量	R	$8. 314 472(15)$ J/(mol · K)
玻耳兹曼常量	k	$1. 380 650 4(24) \times 10^{23}$ J/K
斯特藩-玻耳兹曼常量	σ	$5. 670 400(40) \times 10^{-8}$ W/(m ² · K ⁴)
摩尔体积(理想气体 $T=273. 15$ K, $p=101 325$ Pa)	V_m	$22. 414 10(19)$ L/mol
维恩位移定律常量	b	$2. 897 768 5(51) \times 10^{-3}$ m · K
元电荷	e	$1. 602 176 487(40) \times 10^{-19}$ C
电子静质量	m_e	$9. 109 382 15(45) \times 10^{-31}$ kg
质子静质量	m_p	$1. 672 621 637(83) \times 10^{-27}$ kg
中子静质量	m_n	$1. 674 927 211(84) \times 10^{-27}$ kg
电子荷质比	e/m_e	$1. 758 820 12(15) \times 10^{11}$ C/kg
电子磁矩	μ_e	$-9. 284 763 77(23) \times 10^{-24}$ J/T
质子磁矩	μ_p	$1. 410 606 662(37) \times 10^{-26}$ J/T
中子磁矩	μ_n	$-0. 966 236 41(23) \times 10^{-24}$ J/T
电子康普顿波长	λ_C	$2. 426 310 217 5(33) \times 10^{-12}$ m
磁通量子 $h/2e$	ϕ	$2. 067 833 72(18) \times 10^{-15}$ Wb
玻尔磁子 $e\hbar/2m_e$	μ_B	$9. 274 009 15(23) \times 10^{-24}$ J/T
核磁子 $e\hbar/2m_p$	μ_N	$5. 050 783 24(13) \times 10^{-27}$ J/T
里德伯常量	R_∞	$10 973 731. 568 527(73)m^{-1}$
玻尔半径	a_0	$0. 529 177 208 59(36) \times 10^{-10}$ m
经典电子半径	r_e	$2. 817 940 289 4(58) \times 10^{-15}$ m
原子质量常量	μ	$1. 660 538 86(28) \times 10^{-27}$ kg

本书中物理量的名称、符号和单位

量的名称	符号	单位名称	单位符号	量纲	备注
长度	l	米	m	L	
面积	S	平方米	m^2	L^2	
体积	V	立方米	m^3	L^3	1 L(升) = $10^{-3} m^3$
时间	t	秒	s	T	
位移	Δr	米	m	L	
速度	v, u	米每秒	m/s	LT^{-1}	
加速度	a	米每二次方秒	m/s^2	LT^{-2}	
角位移	$\Delta\theta$	弧度	rad	1	
角速度	ω	弧度每秒	rad/s	T^{-1}	
角加速度	α	弧度每二次方秒	rad/s^2	T^{-2}	
质量	m	千克(公斤)	kg	M	
力	F	牛[顿]	N	LMT^{-2}	1 N = $1 kg \cdot m/s^2$
重力	G	牛[顿]	N	LMT^{-2}	
功	W	焦[耳]	J	L^2MT^{-2}	1 J = $1 N \cdot m$
能量	$E, (W)$	焦[耳]	J	L^2MT^{-2}	
动能	E_k	焦[耳]	J	L^2MT^{-2}	
势能	E_p	焦[耳]	J	L^2MT^{-2}	
功率	P	瓦[特]	W	L^2MT^{-3}	1 W = $1 J/S$
摩擦因数	μ	—	—	—	
动量	p	千克米每秒	$kg \cdot m/s$	LMT^{-1}	
冲量	I	牛[顿]秒	$N \cdot s$	LMT^{-1}	
力矩	M	牛[顿]米	$N \cdot m$	L^2MT^{-2}	
转动惯量	J	千克二次方米	$kg \cdot m^2$	L^2M	
角动量(动量矩)	L	千克二次方米每秒	$kg \cdot m^2/s$	L^2MT^{-1}	
电流	I	安[培]	A	I	
电荷量	Q, q	库[仑]	C	TI	
电荷线密度	λ	库[仑]每米	C/m	$L^{-1}TI$	
电荷面密度	σ	库[仑]每平方米	C/m^2	$L^{-2}TI$	
电荷体密度	ρ	库[仑]每立方米	C/m^3	$L^{-3}TI$	
电场强度	E	伏[特]每米	V/m	$LMT^{-3}I^{-1}$	1 V/m = $1 N/C$
电场强度通量	Φ_E	伏[特]米	$V \cdot m$	$L^3MT^{-3}I^{-1}$	
电势	V	伏[特]	V	$L^2MT^{-3}I^{-1}$	
电势差、电压	U	伏[特]	V	$L^2MT^{-3}I^{-1}$	
电容率	ϵ	法[拉]每米	F/m	$L^{-3}M^{-1}T^4I^2$	
真空电容率	ϵ_0	法[拉]每米	F/m	$L^{-3}M^{-1}T^4I^2$	
相对电容率	ϵ_r	—	—	—	
电偶极矩	p, p_e	库[仑]米	$C \cdot m$	LTi	
电位移	D	库[仑]每平方米	C/m^2	$L^{-2}TI$	
电位移通量	Φ_D	库[仑]	C	TI	
电容	C	法[拉]	F	$L^{-2}M^{-1}T^4I^2$	1 F = $1 C/V$

续表

量的名称	符号	单位名称	单位符号	量纲	备注
电流密度	j	安[培]每平方米	A/m ²	L ⁻² I	
电动势	\mathcal{E}	伏[特]	V	L ² MT ⁻³ I ⁻¹	
电阻	R	欧[姆]	Ω	L ² MT ⁻³ I ⁻²	1 Ω = 1 V/A
电导	G	西[门子]	S	L ⁻² M ⁻¹ T ³ I ²	1 S = 1 A/V
电阻率	ρ	欧[姆]米	$\Omega \cdot \text{m}$	L ³ MT ⁻³ I ⁻²	
电导率	γ	西[门子]每米	S/m	L ⁻³ M ⁻¹ T ³ I ²	
磁感应强度	B	特[斯拉]	T	MT ⁻² I ⁻¹	1 T = 1 Wb/m ²
磁导率	μ	亨[利]每米	H/m	LMT ⁻² I ⁻²	
真空磁导率	μ_0	亨[利]每米	H/m	LMT ⁻² I ⁻²	
相对磁导率	μ_r	—	—	—	
磁通[量]	Φ_M	韦[伯]	Wb	L ⁻² MT ⁻² I ⁻¹	1 Wb = 1 V · s
磁场强度	H	安[培]每米	A/m	L ⁻¹ I	
线圈的磁矩	m	安[培]平方米	A · m ²	L ² I	
自感	L	亨[利]	H	L ² MT ⁻² I ⁻²	
互感	M	亨[利]	H	L ² MT ⁻² I ⁻²	1 H = 1 Wb/A
电场能量	W_e	焦[耳]	J	L ² MT ⁻²	
电场能量密度	w_e	焦[耳]每立方米	J/m ³	L ² M ⁻² T ⁻²	
磁场能量	W_m	焦[耳]	J	L ² MT ⁻²	
磁场能量密度	w_m	焦[耳]每立方米	J/m ³	L ² MT ⁻²	
坡印亭矢量	S	瓦[特]每平方米	W/m ²	MT ⁻³	



目 录

绪论	1
----------	---

第一篇 力 学

第 1 章 运动学	5
1.1 位矢 位移 速度和加速度的矢量表示	5
1.2 位矢 位移 速度和加速度的直角坐标表示	9
1.3 曲线运动的描述	13
1.4 运动学中的两类基本问题	18
1.5 相对运动	21
1.6 刚体运动的描述	23
习题	26
第 2 章 牛顿运动定律 刚体定轴转动定律	28
2.1 牛顿运动定律	28
2.2 刚体定轴转动定律	32
*2.3 非惯性系 惯性力	39
习题	41
第 3 章 动量 角动量	43
3.1 动量定理 动量守恒定律	43
3.2 角动量定理 角动量守恒定律	52
习题	59
第 4 章 功和能	63
4.1 功 功率	63
4.2 动能定理	66
4.3 势能 保守力	70
4.4 功能原理 机械能守恒定律	74
习题	79

第 5 章 狭义相对论基础	82
5.1 经典力学的相对性原理和时空观	82
5.2 狭义相对论的基本原理 洛伦兹变换	84
5.3 狭义相对论的时空观	88
5.4 狭义相对论动力学基础	92
习题	95

第二篇 电 磁 学

第 6 章 静电场	99
6.1 库仑定律 静电力叠加原理	99
6.2 电场强度	101
6.3 高斯定理	107
6.4 电势	114
6.5 静电场中的导体	122
6.6 电容器的电容	128
6.7 静电场中的电介质	131
6.8 电容器的储能公式 静电场的能量	136
习题	138
第 7 章 稳恒磁场	141
7.1 恒定电流	141
7.2 磁场 磁感应强度	144
7.3 毕奥-萨伐尔定律	145
7.4 磁场基本定理	149
7.5 带电粒子在电场和磁场中的运动	155
7.6 磁场对电流的作用	161
7.7 磁场中的磁介质	164
习题	167
第 8 章 电磁感应	171
8.1 电磁感应定律	171
8.2 动生电动势和感生电动势	174
8.3 自感和互感	181
8.4 磁场能量	183

8.5 普遍的安培环路定理 麦克斯韦方程组	185
8.6 电磁波	189
习题.....	191
附录 A 我国法定计量单位和国际单位制(SI)单位	194
附录 B 空气、水、地球、太阳系的一些常用数据	197
习题参考答案.....	198



绪论

1. 物理学研究的内容

物理学是人类社会实践的产物,它主要研究物质最普遍、最基本的运动形式及其相互转化的规律。这些基本运动(包括机械运动、分子热运动、电磁运动、原子和原子核及其他微观粒子的运动)普遍存在于物质的复杂运动形态之中。了解物质运动最基本形态的规律,是深刻认识复杂运动的起点和基础。

大学物理课程的内容体系可按以下顺序讲解:

- (1) 力学和相对论——研究机械运动和时空性质;
- (2) 电磁学——研究电磁场的运动规律和电磁相互作用;
- (3) 热学——研究大量分子组成的热力学系统的统计性规律和宏观表现;
- (4) 振动与波——研究宏观领域的波动规律;
- (5) 光学——几何光学:以光的直线传播为基础,研究光在透明介质中的传播规律;波动光学:以光的波动性质为基础,研究光的干涉、衍射和偏振;
- (6) 量子物理学——研究微观粒子的波粒二象性和量子运动的特征。

2. 物理学与其他学科

物理学是一切自然科学的基础或支柱。迄今为止,人类认识自然历史已有的五次大的理论综合,无一不是以物理学基本理论取得重大进展为标志的。牛顿力学体系的建立(17世纪)标志着第一次大综合。能量转化和守恒定律的建立(19世纪)将机械运动、热运动、电磁运动、化学运动等统一起来为第二次大综合,其中热力学理论取得重大进展起了关键性的作用。麦克斯韦电磁场理论的建立(19世纪),揭示了光、电、磁现象的统一性,实现了第三次大综合。爱因斯坦分别于1905年和1915年创立了狭义相对论和广义相对论,揭示了空间、时间、物质和运动之间本质上的统一性,实现了第四次大综合。普朗克量子论的提出和薛定谔、海森伯、狄拉克等人量子力学的建立,成功地揭示了微观物理世界的基本规律,实现了第五次大综合。继电磁相互作用和弱相互作用的统一后,建立电磁相互作用、弱相互作用、强相互作用和引力相互作用的大统一理论,乃是目前物理学探讨的前沿问题。

物理学的基本概念、基本规律和基本研究方法(如分析归纳法、综合演绎法、统计模型法)已经被广泛地应用于所有自然科学的各个学科之中,推动了各学科领域和技术部门的飞速发展。物理学与其他自然科学形成了众多交叉学科,如大气物理学、空间物理学、粒子物理学、宇宙物理学以及海洋物理、生物物理、量子化学、量子电子学等,这些推动了整个自然科学更加迅速地发展。

3. 物理学与新技术

科学是认识自然,是解决理论问题的,而技术则是改造自然,是解决实际问题的。人类千百年的实践证明,很多关键性新技术的应用都是建立在物理学创新成果上的。第一次技术革命开始于18世纪60年代,主要标志是蒸汽机的广泛应用,这是经典力学和热力学发展的结果。第二次技术革命发生在19世纪70年代,主要标志是电力的广泛应用和无线电通信的实现,这是麦克斯韦电磁场理论的建立带来的辉煌成果。第三次技术革命发生在20世纪40年代,基础科学的研究成果引起了技术上一系列革命性的突破,产生了一系列高新技术,如核能技术(1942年)、电子计算机(1945年)、空间技术(1957年)、激光技术(1960年)、基因工程(1973年)等;再如物理学对物质结构的深入研究,使人类对晶体电子结构的认识深入到冶金、机电等学科;材料科学借助于物理学诞生了扫描隧道显微镜,为人类直接操作原子、分子,以至于设计和创造新分子提供了崭新的手段。

4. 如何学好物理学

(1) 坚持实践、认识、再实践、再认识的方法。物理学是以实验为基础的科学,观察和实验是研究物理学的基本方法。要注意运用物理学的基本理论去解释自然界、生产实践中的物理现象,解决实际问题,丰富和深化理论,在学习和掌握物理知识的过程中培养自己的创新意识和创造能力。

(2) 深刻理解物理概念。学习物理要注重课程内容的内在联系、清晰的条理和严谨的逻辑,对物理概念、规律、物理图像要有透彻的理解,努力掌握物理学的研究方法、数学描述语言(微积分和矢量分析)等。

(3) 注重利用教材中的问题。本教材的一个显著特点是讲完部分物理知识后设置若干由浅到深、具有拓展性的问题,以供读者思考。对这些具有启发性问题的思考、讨论与交流,可以深化对物理基本概念的理解,强化对知识综合运用能力的训练,很多问题的结论也成为学习后续内容的基础。科学问题的讨论有助于创造性思维活动,能使思维变得活跃,能激发出灵感,使解决问题的方案一触即发。

(4) 养成良好的学习习惯,认真完成部分习题,以帮助熟练地掌握和运用有关定理和定律。

第一篇

力学



运动学

机械运动是一个物体相对于另一个物体的位置,或物体内部的一部分相对于其他部分的位置随时间的变化过程,是最简单、最常见的运动形式。本章主要介绍物体运动状态的描述,介绍描述质点运动状态的物理量位矢、速度、加速度等的矢量表示(定义),在直角坐标系和自然坐标系中的表示以及圆周运动、刚体定轴转动的角量表示;同时围绕运动学的核心——运动方程,研究如何用微积分知识解决运动学问题。

1.1 位矢 位移 速度和加速度的矢量表示

1.1.1 参照系 坐标系 质点

宇宙中的物体总是处于永恒的运动之中。为了描述一个物体的运动,总要选取其他物体作为参照,被选取的参照物体称为**参照系**。例如研究地球绕太阳公转,常选太阳为参照系;研究人造地球卫星的运动,常选地球为参照系。选取的参照系不同,对物体运动情况的描述也就不同,这说明运动的描述具有相对性。

为了把运动物体相对于参照系的位置定量表示出来,需要在参照系上建立适当的坐标系。**坐标系**是数学化、量化的参照系。常用的坐标系有平面直角坐标系、平面极坐标系、自然坐标系、直角坐标系、柱坐标系和球坐标系等。

众所周知,任何物体都有一定的形状、大小、质量和内部结构,即使是很小的分子、原子以及微观粒子也不例外。为了简化问题,假想研究对象是只有质量而无形状和大小的理想物体,称为**质点**。提出质点模型的意义在于:

(1) 如果一个物体在运动中既不转动也不变形,只有平移,则物体上各点的运动必然相同,此时整个物体的运动情况可用物体上任一点的运动来代表。因此,当一个物体只发生平移时,就可将物体当作质点。

(2) 如果一个物体的转动和变形对所研究的问题的影响可以忽略,也可以将它视为质点。当然,能否将一个物体视为质点,并不是根据它的绝对大小,而是要具体问题具体分析。例如地球的半径 $R_E \approx 6.4 \times 10^6 \text{ m}$,地球到太阳的距离 $d \approx 1.5 \times 10^{11} \text{ m}$,研究地球绕太阳公转