

大学物理学 (下册)

主编 孙厚谦 副主编 俞晓明 史友进

大学物理学 (下册)

主 编 孙厚谦
副主编 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、波动、光学、量子物理基础和新技术的物理基础。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,加强物理理论中基本概念和重要知识的描述,简约理论论证,注重计算训练。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;本套教材配有学习指导书。本书还配有光盘,光盘内含教材的电子教案和习题解答。

本书可作为高等学校理工科,特别是应用型工科学学校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.下册/孙厚谦主编. —北京:清华大学出版社,2009.3
ISBN 978-7-302-19531-3

I. 大… II. 孙… III. 物理学—高等学校—教材 IV. O4

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第018076号

责任编辑:朱红莲

责任校对:王淑云

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦A座

<http://www.tup.com.cn>

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:185×260

印 张:14.75

字 数:357千字

版 次:2009年3月第1版

印 次:2009年3月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:24.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。
联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:031968-01



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,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。本教材内容主要有如下特点。

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动力学的特例,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;还有对知识点,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,以注意、讨论、说明等形式,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,加强学习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;着眼于培养学生的学习能力,精选例题和习题。

本教材适用于128学时。教材中带“*”的章节,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 ⁻¹
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	$1.660 538 89(28) \times 10^{-27}$ 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
压强	p	帕[斯卡]	Pa	$L^{-1}MT^{-2}$	1 Pa=1 N/m ²
热力学温度	T	开[尔文]	K	Θ	
摄氏温度	t	摄氏度	°C	Θ	
摩尔质量	M_{mol}	千克每摩尔	kg/mol	MN^{-1}	
分子质量	m	千克	kg	M	
气体质量	M	千克	kg	M	
分子有效直径	d	米	m	L	
分子平均自由程	$\bar{\lambda}$	米	m	L	
分子平均碰撞频率	\bar{Z}	次每秒	1/s	T^{-1}	
体积分子数	n	每立方米	1/m ³	L^{-3}	
热量	Q	焦[耳]	J	L^2MT^{-2}	
比热容	c	焦[耳]每千克开[尔文]	J/(kg·K)	$L^2T^{-1}\Theta^{-1}$	
质量热容	C	焦[耳]每开[尔文]	J/K	$L^2MT^{-2}\Theta^{-1}$	
摩尔定体热容	$C_{V,m}$	焦[耳]每摩尔开[尔文]	J/(mol·K)	$L^2MT^{-2}\Theta^{-1}N^{-1}$	
摩尔定压热容	$C_{p,m}$	焦[耳]每摩尔开[尔文]	J/(mol·K)	$L^2MT^{-2}\Theta^{-1}N^{-1}$	
比热容比	γ	—	—	—	
黏度	η	帕秒	Pa·s	$L^{-1}MT^{-1}$	
热导率	k	瓦每米·开[尔文]	W/(m·K)	$LMT^{-3}\Theta^{-1}$	
扩散系数	D	二次方米每秒	m ² /s	L^2T^{-1}	
熵	S	焦[耳]每开尔文	J/K	$L^2MT^{-2}\Theta^{-1}$	
振幅	A	米	m	L	
周期	T	秒	s	T	
频率	ν	赫[兹]	Hz	T^{-1}	
角频率	ω	每秒	s ⁻¹	T^{-1}	
相位	ϕ	—	—	—	
波长	λ	米	m	L	
波数	$\bar{\nu}$	每米	m ⁻¹	L^{-1}	主要用于光谱学
波速	u, c	米每秒	m/s	LT^{-1}	
波的强度	I	瓦[特]每平方米	W/m ²	MT^{-3}	
声压	p	帕[斯卡]	Pa	$L^{-1}MT^{-2}$	
声强级	L_I	贝	B	—	常用分贝(dB)为单位
折射率	n	—	—	—	
光程差	δ	米	m	L	
辐出度	$E(T)$	瓦[特]每平方米	W/m ²	MT^{-3}	
单色辐出度	$e(\lambda, T)$	瓦[特]每立方米	W/m ³	$L^{-1}MT^{-3}$	
斯特藩-玻耳兹曼常量	σ	瓦[特]每平方米四次方开[尔文]	W/(m ² ·K ⁴)	$T^{-3}M\Theta^{-4}$	

续表

量的名称	符号	单位名称	单位符号	量纲	备注
维恩常量	b	米开[尔文]	$\text{m} \cdot \text{K}$	$\text{L}\Theta$	常用电子伏特 (eV)为单位
逸出功	W	焦[耳]	J	L^2MT^{-2}	
康普顿波长	λ_c	米	m	L	
普朗克常量	h, \hbar	焦[耳]秒	$\text{J} \cdot \text{s}$	L^2MT^{-1}	
波函数	Ψ	—	—	—	
概率密度	$\Psi\Psi^*$	每立方米	m^{-3}	L^{-3}	
主量子数	n	—	—	—	
角量子数	l	—	—	—	
磁量子数	m_l	—	—	—	
自旋量子数	s	—	—	—	
自旋磁量子数	m_s	—	—	—	
里德伯常量	R	每米	m^{-1}	L^{-1}	
玻尔磁子	μ_B	焦[耳]每特[斯拉]	J/T	L^2I	



第三篇 热 学

第 9 章 气体分子动理论	3
9.1 平衡态 状态参量 状态方程	3
9.1.1 平衡态	3
9.1.2 状态参量	3
9.1.3 热力学系统的两种描述方法	4
9.1.4 理想气体状态方程	4
9.2 压强和温度的统计意义	6
9.2.1 理想气体的微观模型	6
9.2.2 理想气体压强公式	7
9.2.3 温度的统计意义	8
9.3 能量按自由度均分定理 理想气体的内能	10
9.3.1 分子的自由度	10
9.3.2 能量按自由度均分定理	11
9.3.3 分子的平均总动能	12
9.3.4 理想气体的内能	12
9.4 麦克斯韦速率分布律	13
9.4.1 速率分布函数	13
9.4.2 麦克斯韦速率分布律	14
9.4.3 三种统计速率	15
*9.4.4 玻耳兹曼分布律	17
9.5 气体分子的平均碰撞频率和平均自由程	17
习题	19
第 10 章 热力学基础	21
10.1 热力学第一定律	21
10.1.1 准静态过程	21
10.1.2 内能 功 热量	21

10.1.3	热力学第一定律	23
10.2	理想气体的等值过程	24
10.2.1	等体过程	25
10.2.2	等温过程	25
10.2.3	等压过程	26
10.2.4	理想气体的热容	26
10.3	绝热过程	29
10.3.1	绝热过程的功和内能	30
10.3.2	理想气体准静态绝热过程方程	30
10.4	循环过程 卡诺循环	32
10.4.1	循环过程 热机 制冷机	32
10.4.2	卡诺循环	35
10.5	热力学第二定律	37
10.5.1	热力学第二定律的开尔文表述	37
10.5.2	热力学第二定律的克劳修斯表述	38
10.5.3	热力学第二定律两种表述的等价性	38
10.5.4	热力学第二定律的微观意义	39
10.5.5	卡诺定理	40
10.6	熵 熵增加原理	41
*10.6.1	玻耳兹曼熵公式与熵增加原理	41
10.6.2	克劳修斯熵公式	45
	习题	47

第四篇 振动与波动

第 11 章	机械振动	53
11.1	简谐振动的运动学	53
11.1.1	简谐振动表达式	53
11.1.2	描述简谐振动特征的物理量	54
11.1.3	简谐振动特征的矢量表示法	55
11.1.4	振幅 A 和初相 ϕ_0 的决定	56
11.2	简谐振动的动力学	58
11.2.1	简谐振动的动力学方程	58
11.2.2	弹簧振子	58
11.2.3	单摆	60
11.2.4	复摆	61
11.3	简谐振动的能量	62
11.4	阻尼振动	63

11.5	受迫振动 共振	64
11.6	同方向简谐振动的合成	65
	11.6.1 两个同方向同频率简谐振动的合成	65
	11.6.2 两个同方向不同频率简谐振动的合成	67
* 11.7	相互垂直的简谐振动的合成	68
	11.7.1 两个相互垂直、相同频率的简谐振动的合成	68
	11.7.2 两个相互垂直、不同频率的简谐振动的合成	69
* 11.8	振动的频谱分析	70
	习题	71
第 12 章	机械波	74
12.1	机械波的产生和传播	74
	12.1.1 机械波的产生	74
	12.1.2 横波 纵波	74
	12.1.3 波面 波线	75
	12.1.4 物体的弹性形变	75
	12.1.5 波的传播速度	76
	12.1.6 波长和频率	77
12.2	平面简谐波的波动表达式	78
	12.2.1 平面简谐波表达式的建立	78
	12.2.2 平面简谐波表达式的物理意义	80
	12.2.3 波动方程	83
12.3	波的能量和能量密度	84
	12.3.1 波的能量	84
	12.3.2 能流和能流密度	85
12.4	声波	86
12.5	波的基本特征——反射、折射、衍射和干涉	88
	12.5.1 惠更斯原理 波的衍射、反射和折射	88
	12.5.2 波的叠加原理 波的干涉和驻波	90
12.6	多普勒效应	96
	12.6.1 机械波的多普勒效应	96
	12.6.2 电磁波的多普勒效应	98
* 12.6.3	冲击波	98
	习题	99
第 13 章	几何光学简介	102
13.1	光的传播规律	102
	13.1.1 几何光学三定律	102
	13.1.2 光路可逆原理	103

13.1.3 全反射	103
13.2 实物 虚物 实像 虚像	104
13.3 光在球面上的反射成像	105
13.4 光在球面上的折射成像	109
13.5 薄透镜	112
13.6 光学仪器	116
13.6.1 显微镜	116
13.6.2 望远镜	117
13.6.3 照相机	117
习题	118
第 14 章 波动光学	119
14.1 光的相干性	119
14.1.1 光波概述	119
14.1.2 光的相干性	120
14.1.3 相干光的获取方法	120
14.2 双缝干涉	121
14.2.1 杨氏双缝干涉	121
14.2.2 洛埃德镜干涉	123
14.3 光程 光程差	124
14.4 薄膜干涉	126
14.4.1 等倾干涉	126
14.4.2 劈尖干涉	129
14.4.3 牛顿环	131
* 14.4.4 迈克耳孙干涉仪	132
14.5 光的衍射现象 惠更斯-菲涅耳原理	134
14.5.1 光的衍射现象	134
14.5.2 惠更斯-菲涅耳原理	134
14.6 单缝夫琅禾费衍射	135
14.7 圆孔夫琅禾费衍射 光学仪器的分辨本领	139
14.7.1 圆孔夫琅禾费衍射	139
14.7.2 光学仪器的分辨本领	139
14.8 光栅衍射	142
14.8.1 光栅衍射	142
14.8.2 光栅光谱	145
* 14.8.3 X 射线衍射	147
14.9 光的偏振	147
14.9.1 自然光	147
14.9.2 线偏振光和部分偏振光	148

14.9.3 线偏振光的获得	149
14.10 由介质吸收引起的光的偏振	149
14.10.1 偏振片 起偏和检偏	149
14.10.2 马吕斯定律	150
14.11 反射和折射时光的偏振	151
14.12 由双折射引起的光的偏振	153
习题	154

第五篇 量子物理与新技术

第 15 章 量子物理基础	161
15.1 黑体辐射 普朗克能量量子假设	161
15.1.1 热辐射 黑体	161
15.1.2 黑体辐射的实验规律	162
15.1.3 经典物理学的困难和普朗克能量量子假设	163
15.2 光的波粒二象性	165
15.2.1 光电效应的实验规律	165
15.2.2 光的波动说的困难和爱因斯坦的光子理论	166
15.2.3 光的波粒二象性	167
15.2.4 康普顿效应	168
15.3 德布罗意波	170
15.3.1 德布罗意假设	170
15.3.2 德布罗意波的实验验证	171
15.4 波函数 不确定关系	173
15.4.1 波函数	173
15.4.2 不确定关系	174
15.5 薛定谔方程	177
15.6 一维势阱和势垒	178
15.6.1 无限深势阱中的粒子	178
* 15.6.2 一维势垒 隧道效应	181
15.7 氢原子	183
15.7.1 氢原子光谱	183
* 15.7.2 玻尔的氢原子理论	184
15.7.3 氢原子的量子化特性	185
15.8 原子的电子壳层结构	187
15.8.1 四个量子数	187
15.8.2 柯塞尔壳层分布模型	188
15.8.3 电子在原子中分布的基本规律	188

习题	189
第 16 章 新技术的物理基础	191
16.1 半导体	191
16.1.1 固体的能带	191
16.1.2 半导体	193
16.2 激光原理	196
16.2.1 激光的基本原理	197
16.2.2 激光器	200
16.2.3 激光的特性及其应用	201
16.2.4 激光冷却	202
16.3 超导体	202
16.3.1 超导电现象	202
16.3.2 超导体的基本特性	203
16.3.3 超导体的微观机制	204
16.3.4 约瑟夫森效应	205
16.3.5 超导电性的应用	206
16.4 纳米材料	207
16.4.1 纳米科技	207
16.4.2 纳米材料	207
16.4.3 C_{60} 纳米碳管	209
16.5 玻色-爱因斯坦凝聚态	211
16.5.1 等离子体 玻色-爱因斯坦凝聚态	211
16.5.2 玻色-爱因斯坦凝聚的实验发现	212
16.5.3 玻色-爱因斯坦凝聚态的应用前景	214
习题参考答案	216
参考书目	221

第三篇

热 学



第9章

气体分子动理论

本章从气体分子热运动观点出发,运用统计方法来研究大量气体分子的热运动规律。主要内容有:理想气体的微观模型,状态方程,压强和温度的微观本质,能量均分定理,理想气体的内能,麦克斯韦气体分子速率分布律,分子平均自由程和碰撞频率等。

9.1 平衡态 状态参量 状态方程

9.1.1 平衡态

在热学中所研究的对象,都是由大量分子或原子组成的宏观物体或物体系统(如气体、液体、固体等),称为**热力学系统**,简称**系统**。系统以外的物质统称为**外界**或**环境**。若一个热力学系统不受外界影响,即系统与外界不交换任何能量和物质(这样的系统称为**孤立系统**)。系统的宏观性质不随时间变化的状态叫做**平衡状态**,简称**平衡态**;没有外界影响时,系统的宏观性质随时间变化的状态叫做**非平衡态**。对于气体系统,平衡态表现为气体的各部分密度、温度和压强都均匀。

问题 9-1 比较气体系统的平衡态和力学中物体的平衡态的区别。

9.1.2 状态参量

在平衡态下,把具有确定值且可以通过实验直接测量的、用来描述系统宏观属性的物理量,称为**状态参量**。对一定量(指质量为 M 、摩尔质量为 M_{mol})的气体,当处于平衡态时,可以用压强 p 、体积 V 以及温度 T 三个宏观物理量来描述其状态,因此 p 、 V 、 T 称为**气体的状态参量**。

气体的压强是大量气体分子对容器壁碰撞的宏观表现,是气体对容器器壁单位面积上的正压力,单位是帕[斯卡](Pa), $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ 。

气体的体积是指气体分子自由活动的空间大小,即容器的容积,单位是立方米(m^3)。

温度是表征物体冷热程度的物理量。在本质上,温度的高低反映了物体内部大量分子无规则热运动的剧烈程度。温度的数值表示需在某种**温标**下进行,各种温度计的数值都是基于某种温标来显示的。常用的有:热力学温标,用 T 表示,在国际单位制中,单位为开[尔