



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

国家工科物理教学基地 国家级精品课程使用教材

Nucleus
新核心

理工基础教材

大学物理学

简明版

上海交通大学物理教研室 组编



04



上海交通大学出版社

SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

国家工科物理教学基地 国家级精品课程使用教材

Nucleus
新核心

理工基础教材

大学物理学

简明版

上海交通大学物理教研室 组编



上海交通大学出版社

SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书内容包括:力与运动,运动定理,机械振动与机械波,平衡态与分子热运动的统计规律,热力学定律,静电场,电流与磁场,电磁场,光,量子力学基础。本书具有体系完整、简明扼要、难度适中、课时设置较少的特点,力求贯彻理论联系实际的原则,培养学生的科学思辨能力和解决实际问题的能力。本书中列举了相当多的例题,并配有适量习题和思考题,书末附有参考答案。

本书可作为高等院校非物理专业的大学物理课程教材,也可供有关教师、相关工程技术人员和自学者使用。

读者联系邮箱: science @ press. sjtu. edu. cn

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学/上海交通大学物理教研室组编. —上海:上海交通大学出版社, 2013
ISBN 978-7-313-09706-4

I. ①大… II. ①上… III. ①物理学—高等学校—教材 IV. ①04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 096456 号

大学物理学

上海交通大学物理教研室 组编

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 951 号 邮政编码 200030)

电话: 64071208 出版人: 韩建民

上海亿顺印务有限公司印刷 全国新华书店经销

开本: 787 mm×960 mm 1/16 印张: 22.5 字数: 422 千字

2013 年 8 月第 1 版 2013 年 8 月第 1 次印刷

印数: 1-3 030

ISBN 978-7-313-09706-4/O 定价: 39.00 元

版权所有 侵权必究

告读者: 如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系
联系电话: 021-56889281

常用基本物理常量

(2002 年国际推荐值)

物 理 量	符 号	数 值	一般计算取值	单 位
真空中光速	c	$2.997\,924\,58 \times 10^8$	3.00×10^8	m/s
真空磁导率	μ_0	$4\pi \times 10^{-7}$	$4\pi \times 10^{-7}$	N/A ²
真空介电常数	ϵ_0	$8.854\,187\,817 \times 10^{-12}$	8.85×10^{-12}	C ² /(N·m ²)
万有引力常量	G	$6.672\,42(10) \times 10^{-11}$	6.67×10^{-11}	N/(m ² ·kg ²)
普朗克常数	h	$6.626\,069\,3(11) \times 10^{-34}$	6.63×10^{-34}	J·s
元电荷	e	$1.602\,176\,53(14) \times 10^{-19}$	1.60×10^{-19}	C
里德伯常数	R_∞	10 973 731.534	10 973 731	m ⁻¹
电子质量	m_e	$9.109\,382\,6(16) \times 10^{-31}$	9.11×10^{-31}	kg
康普顿波长	λ_C	$2.426\,310\,238(16) \times 10^{-12}$	2.43×10^{-12}	m
质子质量	m_p	$1.672\,621\,71(29) \times 10^{-27}$	1.67×10^{-27}	kg
中子质量	m_n	$1.674\,927\,28(29) \times 10^{-27}$	1.67×10^{-27}	kg
阿伏伽德罗常数	N_A	$6.022\,141\,5(10) \times 10^{23}$	6.02×10^{23}	mol ⁻¹
普适气体恒量	R	8.314 472(15)	8.31	J/(mol·K)
玻耳兹曼常数	k_B	$1.380\,650\,5(24) \times 10^{-23}$	1.38×10^{-23}	J/K
斯特藩-玻耳兹曼常数	σ	$5.670\,400(40) \times 10^{-8}$	5.67×10^{-8}	W/(m ² ·K ⁴)
维恩位移定律常数	b	$2.897\,768\,5(51) \times 10^{-3}$	2.90×10^{-3}	m·K
玻尔半径	a_0	$0.529\,177\,210\,8(18) \times 10^{-10}$	0.529×10^{-10}	m

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
时间	t	秒	s
长度	l, s	米	m
位移	Δr	米	m
速度	v, u	米每秒	m/s
加速度	a	米每二次方秒	m/s ²
角位移	θ	弧度	rad
角速度	ω	弧度每秒	rad/s
角加速度	β	弧度每二次方秒	rad/s ²
质量	m	千克	kg
力	F	牛顿	N
重力	G	牛顿	N
摩擦因数	μ	—	—
动量	p	千克米每秒	kg·m/s
冲量	I	牛顿秒	N·s
功	A	焦耳	J
功率	P	瓦特	W
能量	$E, (W)$	焦耳	J
动能	E_k	焦耳	J
势能	E_p	焦耳	J
力矩	M	牛顿米	N·m
角动量	L	千克平方米每秒	kg·m ² /s
转动惯量	J	千克平方米	kg·m ²
劲度系数	k	牛顿每米	N/m
周期	T	秒	s
频率	ν	赫兹	Hz
圆频率	ω	弧度每秒	rad/s
波长	λ	米	m
声强	I	瓦特每平方米	W/m ²

续 表

量的名称	符 号	单位名称	单位符号
热力学温度	T	开尔文	K
压强	p	帕斯卡	Pa
物质的量	ν, n	摩尔	mol
摩尔质量	M	千克每摩尔	kg/mol
内能	E	焦耳	J
热量	Q	焦耳	J
比热容	c	焦耳每千克开尔文	J/(kg·K)
摩尔定容热容	$C_{V, m}$	焦耳每摩尔开尔文	J/(mol·K)
摩尔定压热容	$C_{p, m}$	焦耳每摩尔开尔文	J/(mol·K)
比热容比	γ	—	—
热机效率	η	—	—
制冷系数	w	—	—
电荷量	Q, q	库仑	C
电场强度	E	伏特每米	V/m 或 N/C
电荷体密度	ρ	库仑每立方米	C/m ³
电荷面密度	σ	库仑每平方米	C/m ²
电荷线密度	λ	库仑每米	C/m
电通量	Φ_e	伏特米	V·m
电势	V	伏特	V
电势差、电压	U	伏特	V
电偶极矩	p, p_e	库仑米	C·m
电极化强度	P	库仑每平方米	C/m ²
电位移矢量	D	库仑每平方米	C/m ²
电容	C	法拉	F
电流	I	安培	A
电流密度	j	安培每平方米	A/m ²
电动势	\mathcal{E}	伏特	V
电阻	R	欧姆	Ω
磁感应强度	B	特斯拉	T
磁通量	Φ_m	韦伯	Wb
磁化强度	M	安培每米	A/m

续 表

量的名称	符 号	单位名称	单位符号
磁场强度	H	安培每米	A/m
自感	L	亨利	H
互感	M	亨利	H
电场能量	W_e	焦耳	J
磁场能量	W_m	焦耳	J
电磁能密度	w	焦耳每立方米	J/m ³
折射率	n	—	—
光程	L	米	m
辐出度	M	瓦特每平方米	W/m ²
单色辐出度	M_λ	瓦特每立方米	W/m ³
波函数	Ψ	—	—

前 言

作为自然科学的基础,物理学的起源可以追溯到遥远的古代。老子提出了“道生一,一生二,二生三,三生万物”的宇宙生成假设,认为宇宙万物有共同的本原。亚里士多德提出“四因”解释方案,用“质料、形式、动力、目的”来回答“为什么”。16世纪,伽利略最先把实验方法引入物理学的研究中,开创了利用仪器研究自然规律的先河。1687年牛顿的《自然哲学的数学原理》出版,开辟了物理学的新纪元。20世纪初量子理论和爱因斯坦相对论的建立,使物理学进入了发展的快车道。21世纪物理学在材料物理、光学方面发展异常迅速,2009年“在光学通信领域光在光纤中传输方面所取得的开创性成就”获得诺贝尔物理学奖,标志着物理学在应用方面的巨大进展。物理学的基本理论从根本上改变了人类理解自然的思维方式,而现代物理学的广泛应用从根本上改变了人类的生活方式。物理学已经成为人类新时代的重要的文化背景之一。

物理学的重大发现往往是从方法论上突破前人思想方法的局限,进而获得成功的。物理学是包含科学方法最多、最丰富的学科之一,在300种通用科学方法中,物理学中包含170多种。物理教学的理想模式是:创设问题情景(通过实验或现象描述)—分析问题—找出解决问题的出发点(建立概念或提出系统参数)—找出解决问题的可能的途径—从最佳途径出发建立数学模型—求解数学模型—讨论命题的物理意义和可能的技术应用。这一过程就是研究复杂问题的全过程,也是解决复杂问题的基本方法。从方法论的角度看,许多重大科学发现与解决一个物理问题完全一样。因此,物理学方法是发明创造的思维武器,也是开发创造性思维的理论指导。

大学物理课程是高等院校一门重要的基础理论课程,有助于理解自然、提高科学认知与思维能力,有助于提升科学品味与文化品位。

本书借鉴了部分国内外新版优秀教材,力求贯彻理论体系少而精、理论联系实际的原则,做到在加强理论基础的叙述、加强对学生分析与解决实际问题能力

培养的同时,增加对近代和现代物理学知识、观点的介绍。在本书编写过程中,我们注重把培养学生具有科学的思维能力、辩证分析的能力和科学的研究方法作为目标。同时,我们还注重加强大学生的科学素养的培养,拓宽学生的科学视野。

本书主要内容包括:力与运动,运动定理,机械振动与机械波,平衡态与分子热运动的统计规律,热力学定律,静电场,电流与磁场,电磁场,光和量子力学基础。考虑到课时设置较少的特点,本书在保证体系完整的基础上力求简明扼要、难度适中,注重例题、习题的代表性。

本书由高景主编,参加编写工作的有:董占海,高景,李铜忠,袁晓忠等。

由于编者水平有限,衷心希望广大读者提出宝贵意见。

上海交通大学物理教研室

2013年1月

目 录

1 力与运动	1
1.1 质点运动学	1
1.1.1 质点运动的描述	1
1.1.2 质点的位矢和运动方程	4
1.1.3 位移和速度	5
1.1.4 加速度	10
1.1.5 运动学两类问题	15
1.2 质点动力学	19
1.2.1 牛顿运动定律	19
1.2.2 相互作用力	23
1.2.3 牛顿运动定律的应用	26
1.2.4 非惯性系 惯性力	33
1.3 时空观	36
1.3.1 伽利略变换 力学相对性原理	36
1.3.2 狭义相对论的基本假设	40
1.3.3 狭义相对论的时空观	42
习题 1	48
思考题 1	51
2 运动定理	54
2.1 动量定理	54
2.1.1 动量和冲量	54
2.1.2 动量定理	55
2.1.3 动量守恒定律	58
2.1.4 质心和质心运动定理	62
2.1.5 火箭的运动	66

2.2 功与能	69
2.2.1 功 动能定理	69
2.2.2 保守力与势能	77
2.2.3 机械能守恒定律	85
2.3 角动量定理	91
2.3.1 角动量定理	91
2.3.2 角动量守恒定律	93
2.4 刚体的角动量	96
2.4.1 外力矩及对转轴的分量	97
2.4.2 定轴转动刚体的角动量	97
2.4.3 刚体定轴转动定律	99
习题 2	104
思考题 2	109
3 机械振动与机械波	111
3.1 简谐振动	111
3.1.1 简谐振动的判据	111
3.1.2 描述简谐振动的物理量	114
3.1.3 简谐振动的速度、加速度	116
3.1.4 简谐振动的能量	116
3.1.5 简谐振动的几何表示	117
3.2 振动的叠加与分解	122
3.2.1 同方向同频率振动的叠加	123
3.2.2 两个同方向不同频率振动的叠加 拍	123
3.3 机械波的产生与传播	125
3.3.1 机械波的产生条件	125
3.3.2 机械波的传播特点	125
3.3.3 波长、频率和波速	126
3.3.4 波的几何描述	127
3.4 简谐波	128
3.4.1 一维平面简谐波的表达式	128

3.4.2 行波表达式的意义	129
3.5 简谐波的能量	132
3.5.1 有平面简谐波传播介质中质元的能量	132
3.5.2 能流和能流密度	133
3.5.3 声强 声强级	134
3.6 波的传播与叠加	135
3.6.1 惠更斯原理	135
3.6.2 波的干涉	136
3.7 多普勒效应	138
3.7.1 波源静止,观察者运动	139
3.7.2 波源运动,观察者静止	139
3.7.3 波源和观察者都运动	139
习题 3	140
思考题 3	144
4 平衡态与分子热运动的统计规律	146
4.1 热力学系统的状态	146
4.2 热力学第零定律	147
4.2.1 热力学第零定律	147
4.2.2 温度	147
4.2.3 温标	148
4.3 状态方程	149
4.4 理想气体微观模型及统计假设	150
4.4.1 理想气体微观模型	150
4.4.2 统计假设	151
4.5 速率分布函数与速度分布函数	152
4.5.1 分子速率分布函数	152
4.5.2 麦克斯韦速率分布律	154
4.5.3 分子的速度分布函数	155
4.6 压强与温度的微观解释	156
4.6.1 压强公式	156

4.6.2 温度的微观意义	157
4.7 能量按自由度均分定理	159
4.8 真实气体 范德瓦耳斯方程	161
4.8.1 分子体积修正	161
4.8.2 分子引力引起的修正	162
4.8.3 范德瓦耳斯方程	162
习题 4	163
思考题 4	165
5 热力学定律	167
5.1 准静态过程	167
5.2 功、内能和传热	168
5.2.1 功	168
5.2.2 内能	168
5.2.3 传热	170
5.3 热力学第一定律	171
5.4 热力学第一定律的应用	172
5.4.1 等体过程	172
5.4.2 等压过程	173
5.4.3 等温过程	174
5.4.4 绝热过程	175
5.5 循环过程和热机的效率	178
5.5.1 正循环和逆循环	178
5.5.2 卡诺循环	179
5.6 热力学第二定律	181
5.7 可逆过程和不可逆过程	182
5.7.1 可逆过程和不可逆过程	182
5.7.2 热力学第二定律的意义	183
5.8 卡诺定理	185
5.8.1 卡诺定理	185
5.8.2 能量的退化	185

习题 5	187
思考题 5	189
6 静电场	191
6.1 基本概念	191
6.1.1 电荷	191
6.1.2 库仑定律	192
6.1.3 电力叠加原理	193
6.2 电场与电场强度	193
6.2.1 电场	193
6.2.2 电场强度	193
6.2.3 电场强度的计算	194
6.3 高斯定理	197
6.3.1 电场线	197
6.3.2 电通量	198
6.3.3 高斯定理	199
6.4 环流定理 电势	201
6.4.1 电场力做功	201
6.4.2 电势能和电势	202
6.4.3 电势叠加原理	203
6.4.4 等势面	205
6.5 静电场与物质的相互作用	205
6.5.1 静电场中的导体	206
6.5.2 静电场中的电介质	210
6.6 电容和电容器	214
6.6.1 孤立导体的电容	214
6.6.2 电容器的电容	215
6.7 静电场的能量	216
6.7.1 带电体系的静电能	216
6.7.2 带电电容器的静电能	219
6.7.3 静电场的能量	219

习题 6	221
思考题 6	224
7 电流与磁场	228
7.1 电流与电源	228
7.2 磁场的磁感应强度	229
7.3 毕奥-萨伐尔定律	230
7.4 磁场的基本规律	233
7.4.1 磁感应强度线与磁通量	233
7.4.2 磁场的高斯定理	234
7.4.3 安培环路定理	234
7.5 磁场对电流的作用	237
7.5.1 安培力公式	237
7.5.2 载流线圈在磁场中受到的作用	238
7.5.3 安培力的功	240
7.6 带电粒子在均匀磁场中的运动	241
7.7 磁场与物质的相互作用	242
7.7.1 物质的磁化	242
7.7.2 介质中磁场的基本规律	243
习题 7	245
思考题 7	249
8 电磁场	251
8.1 电磁感应	251
8.1.1 电磁感应现象	251
8.1.2 法拉第电磁感应定律	252
8.2 动生电动势	254
8.3 感生电动势	256
8.3.1 感生电动势与感应电场	256
8.3.2 涡旋电场产生的效应与应用	259

8.4	自感和互感	260
8.4.1	自感	260
8.4.2	互感	262
8.5	磁场能量	263
8.6	电磁场方程	265
8.6.1	位移电流	265
8.6.2	麦克斯韦电磁场方程组	267
8.7	电磁波	268
习题 8	270
思考题 8	276
9	光	279
9.1	光源	279
9.1.1	光源的发光机理	279
9.1.2	单色辐射和多色辐射	280
9.2	与光的传播有关的一些基本概念	281
9.2.1	光的直线传播和衍射	281
9.2.2	光速与折射率	281
9.2.3	波面与光程	282
9.3	光的干涉	282
9.3.1	光的相干性	282
9.3.2	杨氏双缝实验	284
9.3.3	薄膜干涉	287
9.4	光的衍射	290
9.4.1	单缝夫琅禾费衍射	291
9.4.2	圆孔衍射 光学仪器的分辨本领	293
9.4.3	衍射与信息	294
9.5	光的量子性	296
9.5.1	普朗克的能量子假说	297
9.5.2	爱因斯坦的光量子假设	299
9.5.3	康普顿效应	302

9.5.4 氢原子光谱 玻尔理论	303
习题 9	307
思考题 9	311
10 量子力学基础	314
10.1 德布罗意物质波假设	314
10.2 波函数及统计解释	316
10.3 微观粒子的波粒二象性	317
10.4 不确定性关系	318
10.5 薛定谔方程	320
10.5.1 一维无限深势阱中的粒子	321
10.5.2 隧道效应(势垒贯穿)	327
习题 10	327
思考题 10	328
参考答案	330