



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



高等院校物理系列教材
Textbook Series in Physics for Higher Education

University Fundamental Physics

大学基础物理学 (第2版) 下

张三慧 编著

Zhang Sanhui



清华大学出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



高等院校物理系列教材
Textbook Series in Physics for Higher Education

University Fundamental Physics

大学基础物理学 (第2版) 下

张三慧 编著

Zhang Sanhui



清华大学出版社

北京

内 容 简 介

《大学基础物理学》(第2版)分上下两册,上册内容包括力学和热学。力学篇讲述经典的质点力学、理想流体的运动规律、刚体转动的基本内容和狭义相对论基础知识等。热学篇着重在分子论的基础上用统计概念说明温度、气体的压强以及麦克斯韦分布率。下册内容包括电磁学、波动与光学、量子物理基础。电磁学篇按传统体系讲述了电场、电势、磁场、电磁感应和电磁波的基本概念和规律,还说明了电场和磁场的相对性。波动与光学篇介绍了振动与波的基本特征和光的干涉、衍射和偏振的基本规律。量子物理基础篇介绍了波粒二象性、概率波、不确定关系和能量量子化等基本概念以及原子和固体中电子的状态和分布的规律,最后还介绍了原子核的结合能、放射性衰变和核反应等基本知识。“今日物理趣闻”栏目介绍了一些现代物理理论发展及其应用的前沿课题。本书还编写了大量来自生活、实用技术以及自然现象等方面的例题和习题。

本书上下册内容概括了大学物理学教学的基本要求,可作为高等院校物理课程的教材,也可作为中学物理教师或其他读者的自学参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

大学基础物理学.下/张三慧编著.—2版.—北京:清华大学出版社,2007.4
ISBN 978-7-302-14813-5

I. 大… II. 张… III. 物理学—高等学校—教材 IV. O4

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第029517号

责任编辑:朱红莲

责任校对:赵丽敏

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

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

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社总机:010-62770175

投稿咨询:010-62772015

地 址:北京清华大学学研大厦A座

邮 编:100084

邮购热线:010-62786544

客户服务:010-62776969

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:三河市李旗庄少明装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×230 印 张:28.75 字 数:595千字

版 次:2007年4月第2版 印 次:2007年4月第1次印刷

印 数:1~5000

定 价:34.00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:022818-01

前言

FOREWORD

大学物理课程是大学阶段一门重要的基础课,它将在高中物理的基础上进一步提高学生的现代科学素质。为此,物理课程应提供内容更广泛更深入的系统的现代物理学知识,并在介绍这些知识的同时进一步培养学生的科学思想、方法和态度并引发学生的创新意识和能力。

根据上述对大学物理课程任务的理解,本书在高中物理的基础上系统而又严谨地讲述了基本的物理原理。内容的安排总体上是按传统的力、热、电、光、量子物理的顺序。所以“固守”此传统,是因为到目前为止,物理学的发展并没有达到可能和必要在基础物理教学上改变这一总体系的程度。书中具体内容主要是经典物理基本知识,但同时也包含了许多现代物理,乃至一些物理学前沿的理论和实验以及它们在现代技术中应用的知识。本书还开辟了“今日物理趣闻”专栏,简要地介绍了如基本粒子、宇宙发展、能源与环境、超导、全息等课题,以开阔学生视野,激发其学习兴趣,并启迪其创造性。

本书选编了大量联系实际的例题和习题,从光盘到打印机,从跳水到蹦极,从火箭到对撞机,从人造卫星到行星、星云等等都有涉及。其中还特别注意选用了我国古老文明与现代科技的资料,如王充论力,苏东坡的回文诗,神舟飞船的升空,热核反应的实验等。对这些例题和习题的分析与求解能使学生更实在又深刻地理解物理概念和规律,了解物理基础知识的重要的实际意义,同时也有助于培养学生联系实际的学风,增强民族自信心。为了便于理解,本书取材力求少而精,论述力求简而明。

本书是在第1版(清华大学出版社2003)的基础上,参考老师和学生的意见和建议,并融入了笔者对教学内容的亲身体会重新修改而成。

本书分上下两册,共包括五篇:力学、热学、电磁学、波动与光学、量子物理简介。

力学篇完全按传统体系讲述。以牛顿定律为基础和出发点,引入动量、角动量和能量概念,导出动量、角动量和机械能等的守恒定律,最后将它们都推广到普遍的形式。守恒定律在物理思想和方法上讲固然是重要的,但在解决实际问题时经典的动力学概念与规律也常是不可或缺的。本书对后者也作了较详细的讲解。力学篇还强调了参考系的概念,说明了守恒定律的意义,并注意到物理概念和理论的衍生和发展。

热学篇除了对系统——特别是气体——的宏观性质及其变化规律作了清晰的介绍外,大大加强了在分子理论基础上的统计概念和规律的讲解。除了在第7章温度和气体动理论中着重介绍了统计规律外,在其他各章对功、热的实质、热力学第一定律、热力学第二定律以及熵的微观意义和宏观表示式等都结合统计概念作了许多独特而清晰的讲解。

电磁学篇以库仑定律、毕奥-萨伐尔定律和法拉第定律为基础展开,直至麦克斯韦方程组。在讲解了电流的磁场之后,还根据相对论指出了电场和磁场的相对性,使学生对电磁场的性质有更深入的理解。在分析方法上,本篇强调了对称性的分析,如在求电场和磁场的分布时,都应用了空间对称性的概念。

波动与光学篇主要着眼于清晰地讲解波、光的干涉和衍射的基本现象和规律。

量子物理基础篇的重点放在最基本的量子力学概念方面,如波粒二象性、不确定关系等,至于薛定谔方程及其应用、原子中电子运动的规律、固体物理等只作了很简要的陈述。

本书内容概括了大学物理学教学的最基本要求。为了帮助学生掌握各篇内容的体系结构与脉络,每篇开始都编制了该篇内容及基本知识系统图。本书还简述了若干位科学家的生平、品德与贡献,用以提高学生素养,鼓励成才。书末附有物理学常用数据的最新公认取值的“数值表”,便于学生查阅和应用。

诚挚地欢迎各位读者对本书的各种意见和建议。

张三慧

2006年11月于清华园

目 录

CONTENTS

第 3 篇 电磁学

第 10 章 静电场	4
10.1 电荷	4
10.2 电场和电场强度	5
10.3 库仑定律与静电场的计算	7
10.4 电场线和电通量	13
10.5 高斯定律	15
10.6 利用高斯定律求静电场的分布	17
10.7 导体的静电平衡	22
10.8 电场对电荷的作用力	26
提要	28
思考题	29
习题	30
第 11 章 电势	33
11.1 静电场的保守性	33
11.2 电势差和电势	35
11.3 电势叠加原理	38
11.4 等势面	40
11.5 电势梯度	43
11.6 点电荷在外电场中的静电势能	45

* 11.7	电荷系的静电能	46
11.8	静电场的能量	48
	提要	49
	思考题	50
	习题	51
第 12 章	电容器和介电质	54
12.1	电容器及其电容	54
12.2	电容器的联接	56
12.3	介电质对电场的影响	58
12.4	介电质的极化	60
12.5	D 矢量及其高斯定律	63
12.6	电容器的能量	64
12.7	介电质中电场的能量	65
	提要	66
	思考题	67
	习题	67
第 13 章	电流和磁场	70
13.1	电流和电流密度	70
13.2	电流的一种经典微观图像 欧姆定律	72
13.3	磁力与电荷的运动	74
13.4	磁场与磁感应强度	76
13.5	毕奥-萨伐尔定律	79
* 13.6	匀速运动点电荷的磁场	84
13.7	安培环路定理	86
13.8	利用安培环路定理求磁场的分布	89
13.9	与变化电场相联系的磁场	92
* 13.10	电场和磁场的相对性	94
	提要	96
	思考题	98
	习题	99
	科学家简介 麦克斯韦	101

第 14 章 磁力	102
14.1 带电粒子在磁场中的运动	102
14.2 霍尔效应	105
14.3 载流导线在磁场中受的磁力	107
14.4 载流线圈在均匀磁场中受的磁力矩	108
14.5 平行载流导线间的相互作用力	111
提要	114
思考题	114
习题	116

今日物理趣闻 E 等离子体

E.1 物质的第四态	119
E.2 等离子体内的磁场	120
E.3 磁场对等离子体的作用	121
E.4 热核反应	122
E.5 等离子体的约束	123
E.6 冷聚变	126

第 15 章 物质的磁性	127
15.1 物质对磁场的影响	127
15.2 原子的磁矩	128
15.3 物质的磁化	130
15.4 H 矢量及其环路定理	132
15.5 铁磁质	133
15.6 简单磁路	138
提要	139
思考题	140
习题	141

第 16 章 电磁感应和电磁波	143
16.1 法拉第电磁感应定律	143
16.2 动生电动势	145
16.3 感生电动势和感生电场	149

16.4	互感	152
16.5	自感	153
16.6	磁场的能量	155
16.7	麦克斯韦方程组	157
16.8	电磁波	158
16.9	电磁波的动量	161
	提要	163
	思考题	165
	习题	166
	科学家简介 法拉第	169

今日物理趣闻 F 超导电性

F.1	超导现象	170
F.2	临界磁场	171
F.3	超导体中的电场和磁场	172
F.4	第二类超导体	173
F.5	BCS理论	174
F.6	约瑟夫森效应	175
F.7	超导在技术中的应用	176
F.8	高温超导	177

第4篇 波动与光学

第17章	振动	182
17.1	简谐运动的描述	182
17.2	简谐运动的动力学	186
17.3	简谐运动的能量	188
17.4	阻尼振动	189
17.5	受迫振动 共振	191
17.6	同一直线上同频率的简谐运动的合成	192

17.7 同一直线上不同频率的简谐运动的合成	194
* 17.8 谐振分析	196
* 17.9 两个相互垂直的简谐运动的合成	198
提要	199
思考题	201
习题	201
第 18 章 波动	205
18.1 行波	205
18.2 简谐波的形成过程	207
18.3 简谐波的波函数 波长	208
18.4 物体的弹性形变	212
18.5 弹性介质中的波速	215
18.6 波的能量	216
18.7 惠更斯原理与波的反射和折射	219
18.8 波的叠加 驻波	221
18.9 声波	225
18.10 多普勒效应	229
* 18.11 行波的叠加和群速度	233
提要	236
思考题	238
习题	239
第 19 章 光的干涉	244
19.1 杨氏双缝干涉	244
19.2 相干光	248
19.3 光程	251
19.4 薄膜干涉	253
19.5 迈克耳孙干涉仪	255
提要	256
思考题	257
习题	258

第 20 章 光的衍射	262
20.1 光的衍射和惠更斯-菲涅耳原理	262
20.2 单缝的夫琅禾费衍射	264
20.3 光学仪器的分辨本领	269
20.4 细丝和细粒的衍射	272
20.5 光栅衍射	275
20.6 X 射线衍射	280
提要	282
思考题	283
习题	284

今日物理趣闻 G 全息照相

G.1 全息照片的拍摄	287
G.2 全息图像的观察	289
G.3 全息的应用	291

第 21 章 光的偏振	292
21.1 自然光和偏振光	292
21.2 由介质吸收引起的光的偏振	293
21.3 由反射引起的光的偏振	296
21.4 由双折射引起的光的偏振	298
* 21.5 由散射引起的光的偏振	299
* 21.6 旋光现象	301
提要	302
思考题	303
习题	304

今日物理趣闻 H 液晶

H.1 液晶的结构	305
H.2 液晶的光学特性	306

第 5 篇 量子物理基础

第 22 章 量子物理的基本概念	311
22.1 量子概念的诞生	311
22.2 光的粒子性的提出	313
22.3 康普顿散射	317
22.4 粒子的波动性	320
22.5 概率波与概率幅	324
22.6 不确定关系	328
22.7 薛定谔方程	332
22.8 无限深方势阱中的粒子	333
22.9 势垒穿透	336
* 22.10 谐振子	340
提要	342
思考题	344
习题	344
科学家简介 德布罗意	347
第 23 章 原子中的电子	348
23.1 氢原子	348
23.2 电子的自旋与自旋轨道耦合	354
23.3 各种原子中电子的排布	359
* 23.4 X 射线谱	364
23.5 激光	367
* 23.6 分子的振动和转动能级	370
提要	373
思考题	375
习题	376
科学家简介 玻尔	378
第 24 章 固体中的电子	379
24.1 自由电子按能量的分布	379

24.2	金属导电的量子论解释	383
24.3	能带 导体和绝缘体	384
24.4	半导体	387
24.5	PN 结	388
24.6	半导体器件	390
	提要	392
	思考题	393
	习题	394

今日物理趣闻 I 新奇的纳米科技

I.1	什么是纳米科技	395
I.2	纳米材料	396
I.3	纳米器件	398

第 25 章	核物理	400
25.1	核的一般性质	400
25.2	核力	403
25.3	核的结合能	405
* 25.4	核的液滴模型	408
25.5	放射性和衰变定律	410
25.6	三种射线	414
25.7	核反应	418
	提要	420
	思考题	421
	习题	421
	元素周期表	423
	数值表	424
	习题答案	426
	索引	436

第

3

篇

电 磁 学

电磁学是研究电磁现象的规律的学科。关于电磁现象的观察记录,可以追溯到公元前 6 世纪希腊学者泰勒斯(Thales),他观察到用布摩擦过的琥珀能吸引轻微物体。在我国,最早是在公元前 4 到 3 世纪战国时期《韩非子》中有关“司南”(一种用天然磁石做成的指向工具)和《吕氏春秋》中有关“慈石召铁”的记载。公元 1 世纪王充所著《论衡》一书中记有“顿牟缀芥,磁石引针”字句(顿牟即琥珀,缀芥即吸拾轻小物体)。西方在 16 世纪末年,吉尔伯特(William Gilbert, 1540—1603 年)对“顿牟缀芥”现象以及磁石的相互作用做了较仔细的观察和记录,electricity(电)这个字就是他根据希腊字 ἤλεκτρον(原意琥珀)创造的。在我国,“电”字最早见于周朝(公元前 8 世纪)遗物青铜器“鬲生簋”上的铭文中,是雷电这种自然现象的观察记录。对“电”字赋以科学的含义当在近代西学东渐之后。

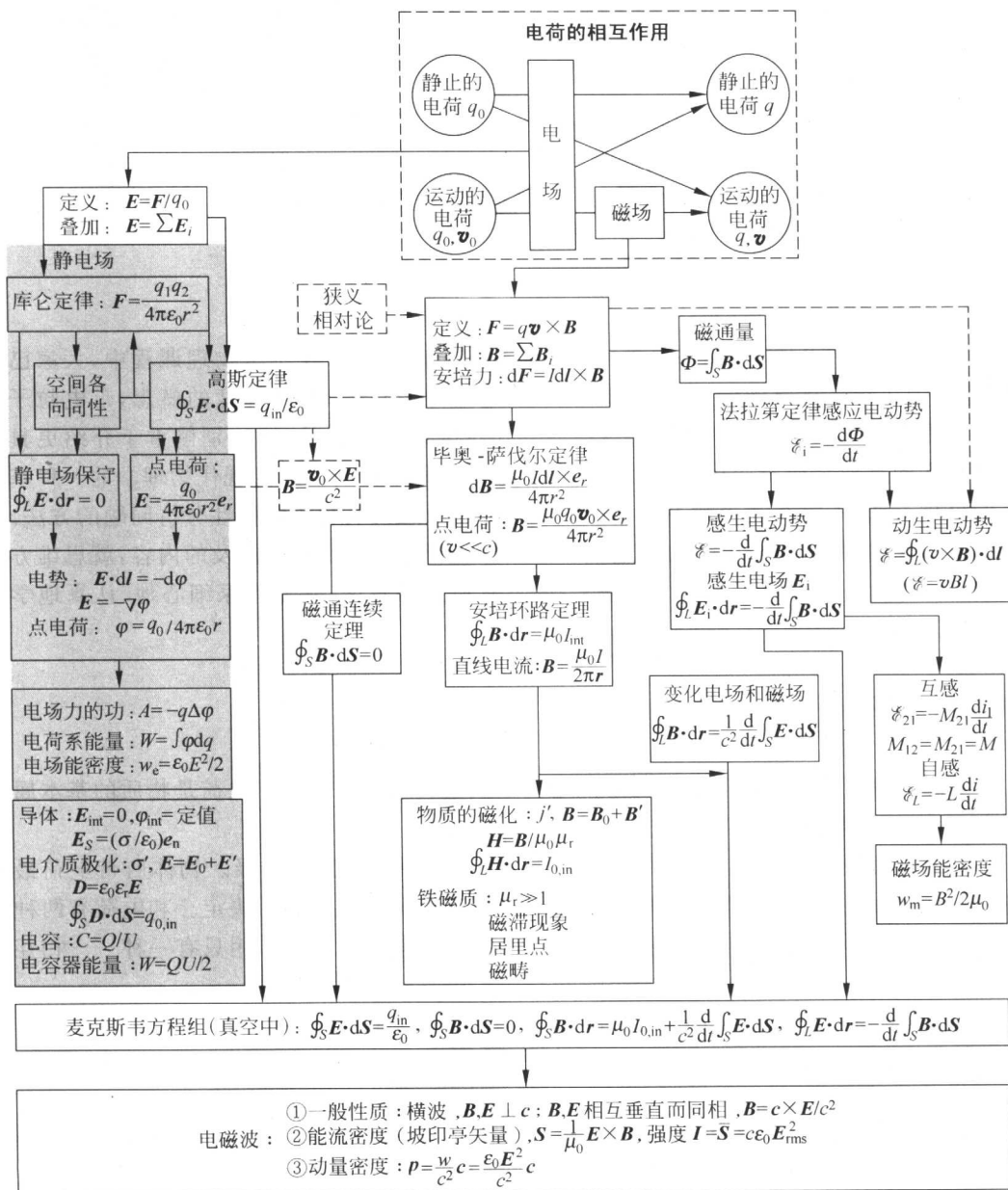
关于电磁现象的定量的理论研究,最早可以从库仑 1785 年研究电荷之间的相互作用算起。其后通过泊松、高斯等人的研究形成了静电场(以及静磁场)的(超距作用)理论。伽伐尼于 1786 年发现了电流,后经伏特、欧姆、法拉第等人发现了关于电流的定律。1820 年奥斯特发现了电流的磁效应,很快(一两年内),毕奥、萨伐尔、安培、拉普拉斯等作了进一步定量的研究。1831 年法拉第发现了有名的电磁感应现象,并提出了场和力线的概念,进一步揭示

了电与磁的联系。在这样的基础上,麦克斯韦集前人之大成,再加上他极富创见的关于感应电场和位移电流的假说,建立了以一套方程组为基础的完整的宏观的电磁场理论。在这一历史过程中,有偶然的机遇,也有有目的的探索;有精巧的实验技术,也有大胆的理论独创;有天才的物理模型设想,也有严密的数学方法应用。最后形成的麦克斯韦电磁场方程组是“完整的”,它使人类对宏观电磁现象的认识达到了一个新的高度。麦克斯韦的这一成就可以认为是从牛顿建立力学理论到爱因斯坦提出相对论的这段时期中物理学史上最重要的理论成果。

1905年爱因斯坦创立了相对论。它不但使人们对牛顿力学有了更全面的认识,也使人们对已知的电磁现象和理论有了更深刻的理解。根据电磁现象的规律必须满足相对论时空洛伦兹变换(这本质上是自然界的一种重要的对称性——匀速直线运动的对称性或洛伦兹对称性的表现)的要求,可以证明,从不同的参考系观测,同一电磁场可表现为只是电场,或只是磁场,或电场和磁场并存。更确切地说,表征电磁场的物理量——电场强度和磁感应强度——是随参考系改变的。这说明电磁场是一个统一的实体,而且麦克斯韦方程组可以在此基础上加以统一的论证。

本篇介绍的是经典的电磁理论,它是基于电磁场是连续地分布在空间这种认识的。20世纪初关于光电效应及热辐射规律的研究提出了电磁场是由不带电的分立的粒子——光子——组成的观点,从而建立了量子场论,它更全面而深刻地阐明了电磁场的规律。本书在第5篇量子物理基础中介绍光子的概念及其若干应用,对于量子场论,由于其理论艰深,本书作为基础物理教材,不再涉及。

本篇所采用的电磁学知识系统图



静 电 场

作为电磁学的开篇,本章讲解静止电荷相互作用的规律。在中学物理课程中,大家已学习了很多这方面的知识,例如电荷,库仑定律,电场和电场强度的概念,带电粒子在电力作用下的运动等。本章除对这些内容作更准确地说明外,还特别侧重于介绍更具普遍意义的高斯定律及应用它求静电场的方法。对称性分析已成为现代物理学的一种基本的分析方法,本章在适当地方多次说明了对称性的意义及利用对称性分析问题的方法。无论是概念的引入,或是定律的表述,或是分析方法的介绍,本章所涉及的内容,就思维方法来讲,对整个电磁学(甚至整个物理学)都具有典型的意义,希望大家细心地、认真地学习体会。

10.1 电荷

电磁现象现在都归因于物体所带的**电荷**以及这些电荷的运动。电荷是物质的基本属性之一,它的一般性质有以下几方面。

电荷有两种,正电荷和负电荷。静止的电荷,同种相斥,异种相吸。物体所带电荷最终由(目前所认识的)组成它们的基本粒子——**夸克**和**反夸克**的电荷决定。和电荷有两种相比较,物质的另一属性——质量则只有一种,与之相联系的相互作用只有一种——相互吸引的引力。

带电体所带电荷的多少叫**电量**(也常简单地直称电荷),常用 Q 或 q 表示,在国际单位制中,它的单位的规定方法见 14.5 节,其名称为库[仑],符号为 C。正电荷电量取正值,负电荷电量取负值。一个带电体所带总电量为其所带正负电量的代数和。

电荷是量子化的,即在自然界中,电荷总是以一个**基本单元**的整数倍出现,这个特性叫做电荷的**量子性**。电荷的基本单元就是一个电子所带电量的绝对值,常以 e 表示。经测定为