



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

大学基础物理学 (第2版) 下

University Fundamental Physics (2nd Ed.) Vol. II

F2版

张三慧 编著

马颖 詹康生 徐丽琴

梁鸿东 刘筱燕 贾兰伟

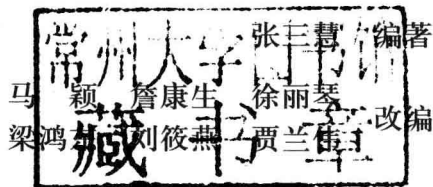
改编

清华大学出版社

F2版

大学基础物理学 (第2版) 下

University Fundamental Physics (2nd Ed.) Vol. II



清华大学出版社
北京

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

大学基础物理学: F2版. 下 / 张三慧编著; 马颖等改编. --2版. --北京: 清华大学出版社, 2012. 12
ISBN 978-7-302-30554-5

I. ①大… II. ①张… ②马… 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260228号

责任编辑: 朱红莲

封面设计: 常雪影

责任校对: 赵丽敏

责任印制: 沈 露

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: 北京密云胶印厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185mm×230mm **印 张:** 23.75 **字 数:** 490千字

版 次: 2003年11月第1版 2012年12月第2版 **印 次:** 2012年12月第1次印刷

印 数: 1~2300

定 价: 39.00元

产品编号: 048553-01

改编说明

张三慧的《大学基础物理学》是一套经典的物理学教材。这套书在国内许多高校使用了多年,在大学物理教学领域受到广大师生们的好评。

随着时代变化,物理学的发展越来越快了,人类的知识积累也越来越多,学习者需要花费更多的时间和精力掌握已有的知识才能有所创新。大学物理学的内容是人类知识的精华所在,是自然科学和工程技术的基础,这就要求我们广大的教师要尽可能高效地完成教学基本内容。我们的这个改编版本《大学基础物理学》就是在此大环境下所做的一个尝试。

本版《大学基础物理学》内容涵盖了2010年我国教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会发布的“非物理类理工学科大学物理课程基本要求”,对张三慧的《大学基础物理学》(第2版)的内容结构进行了重新整合编排,不再延续传统的“力学、热学、电磁学、波动与光学”顺序。在力学知识之后,是振动和波动的内容,紧跟着就是波动光学,这样做可以使机械波的叠加和干涉的知识高效地应用在光波中。为了和中学课程衔接并保持知识的完整结构,增加了第12章“几何光学”的内容,介绍光以直线传播时的基本定律及反射镜和透镜的成像原理。热学内容放在后面,这种结构安排可以让学生在经过力、光、电的学习之后,对物理学的基本知识和方法有了多方面的认识,再借助热学这座联系宏观世界和微观世界的“桥梁”,去比较宏观方法和微观方法的特点。相比仅有力学知识就学习热学,改编者认为现顺序在能力培养方面更为高效。本版的最后是量子力学基础知识,为广大非物理专业的理工科学生开辟一个通向近代物理知识的窗口。

考虑到当前互联网时代的特点,新的研究成果和技术越来越快地广泛传播,师生获取信息便捷多样,改编者删去了原版《大学基础物理学》(第2版)中“今日趣闻”、“科学家介绍”部分。

本教材是我们进行大学物理教学改革的一个尝试,几位改编者都是长期从事大学物理教学工作的一线教师,近两年按照改编教材进行的教学实践效果良好。参加改编工作的有:马颖、詹康生、徐丽琴、梁鸿东、刘筱燕、贾兰伟,马颖为主(改)编,对全书进行了统稿和校核。

本改编版教材是我们进行大学物理教学改革工作的载体。教材能够正式出版,改编者衷心感谢所有给予热情支持的广大师生和清华大学出版社的诸位编辑,也诚恳希望藉此契机,与各位同仁就互联网信息化时代下的大学物理教学改革进行交流探讨。

改编者

2012.8

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、星云等都有涉及。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年版)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新体会重新修改而成。

本书分上下两册,共包括5篇:力学、波动与光学、电磁学、热学、量子物理基础。

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20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。在计算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。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

2011年11月于清华园

目 录

CONTENTS

第 3 篇 电 磁 学

第 13 章 静电场	4
13.1 电荷	4
13.2 电场和电场强度	5
13.3 库仑定律与静电场的计算	7
13.4 电场线和电通量	13
13.5 高斯定律	15
13.6 利用高斯定律求静电场的分布	17
13.7 导体的静电平衡	22
13.8 电场对电荷的作用力	26
提要	28
思考题	29
习题	30
第 14 章 电势	33
14.1 静电场的保守性	33
14.2 电势差和电势	35
14.3 电势叠加原理	38
14.4 等势面	40
14.5 电势梯度	43
14.6 点电荷在外电场中的静电势能	45

* 14.7	电荷系的静电能	46
14.8	静电场的能量	48
	提要	49
	思考题	50
	习题	51
第 15 章	电容器和电介质	54
15.1	电容器及其电容	54
15.2	电容器的联接	56
* 15.3	电介质对电场的影响	58
* 15.4	电介质的极化	60
* 15.5	D 矢量及其高斯定律	63
15.6	电容器的能量	64
* 15.7	电介质中电场的能量	65
	提要	66
	思考题	67
	习题	67
第 16 章	电流和磁场	70
* 16.1	电流和电流密度	70
* 16.2	电流的一种经典微观图像 欧姆定律	72
16.3	磁力与电荷的运动	74
16.4	磁场与磁感应强度	76
16.5	毕奥-萨伐尔定律	79
* 16.6	匀速运动点电荷的磁场	84
16.7	安培环路定理	86
16.8	利用安培环路定理求磁场的分布	89
* 16.9	与变化电场相联系的磁场	92
* 16.10	电场和磁场的相对性	94
	提要	96
	思考题	98
	习题	99

第 17 章 磁力	101
17.1 带电粒子在磁场中的运动	101
17.2 霍尔效应	104
17.3 载流导线在磁场中受的磁力	106
17.4 载流线圈在均匀磁场中受的磁力矩	107
17.5 平行载流导线间的相互作用力	110
提要	113
思考题	113
习题	115
* 第 18 章 物质的磁性	118
18.1 物质对磁场的影响	118
18.2 原子的磁矩	119
18.3 物质的磁化	121
18.4 H 矢量及其环路定理	123
18.5 铁磁质	124
18.6 简单磁路	129
提要	130
思考题	131
习题	132
第 19 章 电磁感应和电磁波	134
19.1 法拉第电磁感应定律	134
19.2 动生电动势	136
19.3 感生电动势和感生电场	140
19.4 互感	143
19.5 自感	144
19.6 磁场的能量	146
19.7 麦克斯韦方程组	148
19.8 电磁波	149
19.9 电磁波的动量	152
提要	153
思考题	155
习题	156

第4篇 热 学

第 20 章 温度和气体动理论	162
20.1 平衡态	162
20.2 温度的概念	163
20.3 理想气体温标	164
20.4 理想气体状态方程	166
20.5 气体分子的无规则运动	168
20.6 理想气体的压强	171
20.7 温度的微观意义	174
20.8 能量均分定理	176
20.9 麦克斯韦速率分布律	178
20.10 麦克斯韦速率分布律的实验验证	182
20.11 实际气体等温线	184
提要	187
思考题	189
习题	190
第 21 章 热力学第一定律	193
21.1 功 热量 热力学第一定律	193
21.2 准静态过程	195
21.3 热容	199
21.4 绝热过程	203
21.5 循环过程	206
21.6 卡诺循环	209
21.7 致冷循环	211
提要	213
思考题	214
习题	215
第 22 章 热力学第二定律	218
22.1 自然过程的方向	218

22.2	不可逆性的相互依存	220
22.3	热力学第二定律及其微观意义	222
22.4	热力学概率与自然过程的方向	224
22.5	玻耳兹曼熵公式与熵增加原理	227
22.6	可逆过程	229
* 22.7	克劳修斯熵公式	231
* 22.8	熵和能量退降	234
	提要	236
	思考题	237
	习题	237

第 5 篇 量子物理基础

第 23 章	量子物理的基本概念	241
23.1	量子概念的诞生	241
23.2	光的粒子性的提出	243
23.3	康普顿散射	247
23.4	粒子的波动性	250
23.5	概率波与概率幅	254
23.6	不确定关系	258
23.7	薛定谔方程	262
23.8	无限深方势阱中的粒子	263
23.9	势垒穿透	266
* 23.10	谐振子	270
	提要	272
	思考题	274
	习题	274
第 24 章	原子中的电子	277
24.1	氢原子	277
24.2	电子的自旋与自旋轨道耦合	283
24.3	各种原子中电子的排布	288

24.4	X 射线谱	293
24.5	激光	296
24.6	分子的振动和转动能级	299
	提要	302
	思考题	304
	习题	305
第 25 章	固体中的电子	307
25.1	自由电子按能量的分布	307
25.2	金属导电的量子论解释	311
25.3	能带 导体和绝缘体	312
25.4	半导体	315
25.5	PN 结	316
25.6	半导体器件	318
	提要	320
	思考题	321
	习题	322
第 26 章	核物理	323
26.1	核的一般性质	323
26.2	核力	326
26.3	核的结合能	328
26.4	核的液滴模型	331
26.5	放射性和衰变定律	333
26.6	三种射线	337
26.7	核反应	341
	提要	343
	思考题	344
	习题	344
	数值表	346
	习题答案	348
	索引	357

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 世纪到公元前 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。

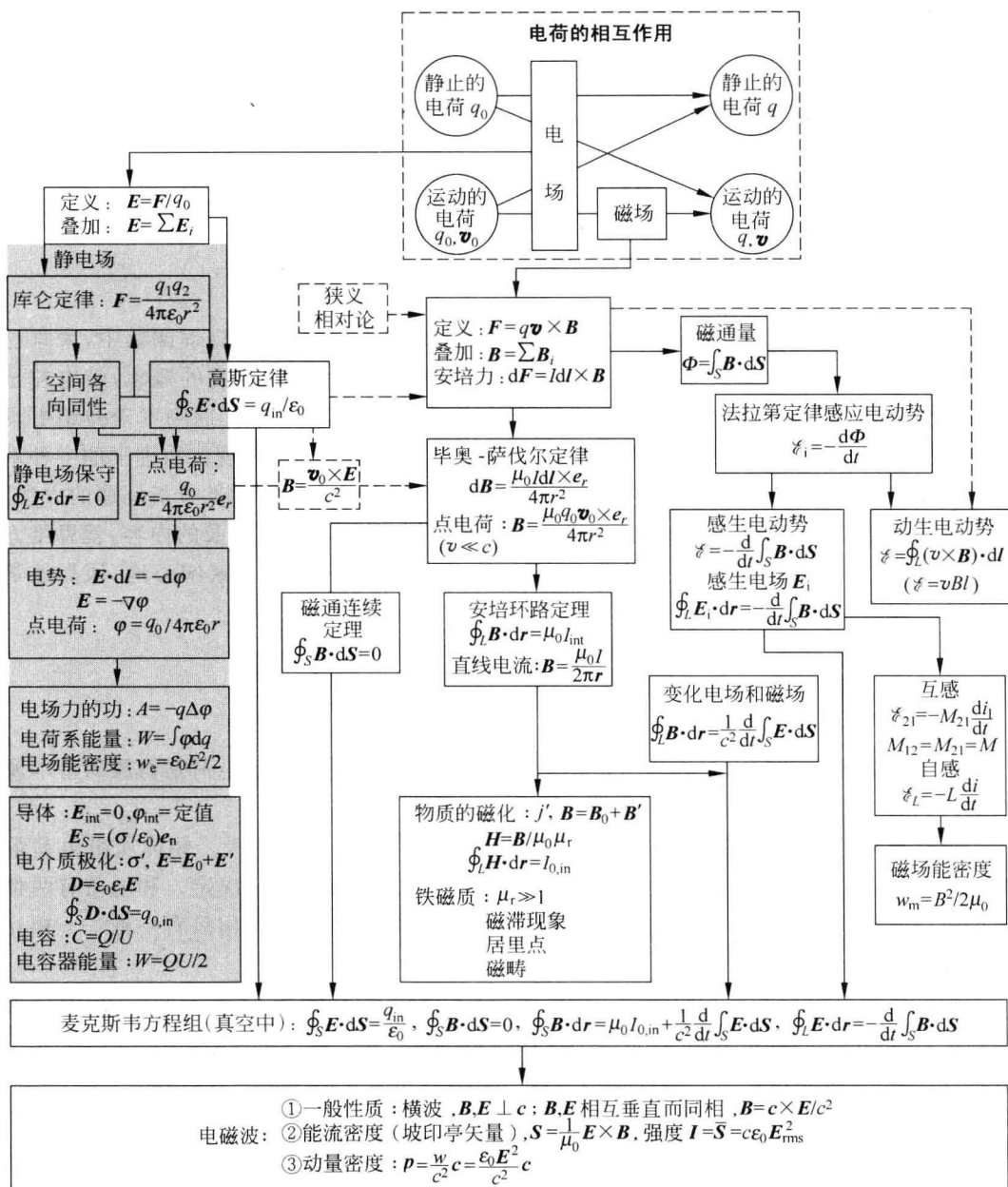
关于电磁现象的定量的理论研究,最早可以从库仑 1785 年研究电荷之间的相互作用算起。其后通过泊松、高斯等人的研究形成了静电场(以及静磁场)的(超距作用)理论。伽伐尼于 1786 年发现了电流,后经伏特、欧姆、法拉第等人发现了关于电流的定律。1820 年奥斯特发现了电流的磁效应,很快(一两年内),毕奥、萨伐尔、安培、拉普拉斯等作了进一步定量的研究。1831 年法拉第发现了有名的电磁感应现象,并提出了场和力线的概念,进一步揭示

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。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。

13.1 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 17.5 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