



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
2009年度普通高等教育精品教材

大学 物理学

第4版

电磁学、光学、量子物理

张三慧 编著

安宇 阮东 李岩松 修订

清华大学出版社



普通高等教育本科国家级规划教材

普通高等教育精品教材

大学 物理学

—— 第4版 ——

电磁学、光学、量子物理

张三慧 编著

安宇 阮东 李岩松 修订

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书讲述电磁学、光学、量子物理。电磁学包括静止和运动电荷的电场运动电荷和电流的磁场,介质中的电场和磁场、电磁感应、电磁波等。光学部分在讲了波动光学的光的干涉、衍射、偏振等规律之后,也讲了几何光学的基本知识。量子物理部分包括微观粒子的二象性、薛定谔方程(定态)、原子中的电子能态、分子的结构和能级、固体中电子的能态、量子统计的基本概念和核物理的基础知识。各部分内容均配置了适量的联系实际的例题和习题。

本书可作为高等院校的物理教材,也可以作为中学物理教师教学或其他读者自学的参考书,与本书配套的《大学物理学(第4版)学习辅导与习题解答》可帮助读者学习本书。

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 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学. 电磁学、光学、量子物理/张三慧编著. —4版. —北京:清华大学出版社,2018

ISBN 978-7-302-50984-4

I. ①大… II. ①张… III. ①物理学—高等学校—教材 ②电磁学—高等学校—教材 ③光学—高等学校—教材 ④量子力学—高等学校—教材 IV. ①O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 188789 号

责任编辑:朱红莲

封面设计:傅瑞学

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

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:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:32.25

字 数:781千字

版 次:1990年1月第1版

2018年12月第4版

印 次:2018年12月第1次印刷

定 价:65.00元

产品编号:079542-01

第三版前言

FOREWORD

这部《大学物理学》(第三版)含力学篇、热学篇、电磁学篇、光学篇和量子物理篇,共5篇。按照篇章的组织顺序,本套教材又分为两个版本,称为A版和B版。A版分为3册,第1册为《力学、热学》,第2册为《电磁学》(或《基于相对论的电磁学》,二选其一),第3册为《光学、量子物理》。B版分为2册,第1册为《力学、电磁学》,第2册为《热学、光学、量子物理》。读者可根据实际教学和学习的需要,选择使用A版或B版;其中A版中的第2册又分为两个版本——《电磁学》或《基于相对论的电磁学》,选用A版的读者可选择其中一个版本使用。本册为A版的第2册《电磁学》。

根据使用过此书的教师与学生以及其他读者的反映,也考虑到近几年物理教学的发展动向,本书推出第三版。第三版内容的撰写与修改仍延续了第二版的科学性和系统性的特点,保持了原有的体系和风格,并在第二版的基础上,增加、拓宽了一些内容。

本书内容完全涵盖了2006年我国教育部发布的“非物理类理工科大学物理课程基本要求”。书中各篇对物理学的基本概念与规律进行了正确明晰的讲解。讲解基本上都是以最基本的规律和概念为基础,推演出相应的概念与规律。笔者认为,在教学上应用这种演绎逻辑更便于学生从整体上理解和掌握物理课程的内容。

力学篇是以牛顿定律为基础展开的。除了直接应用牛顿定律对问题进行动力学分析外,还引入了动量、角动量、能量等概念,并着重讲解相应的守恒定律及其应用。除惯性系外,还介绍了利用非惯性系解题的基本思路,刚体的转动、振动、波动这三章内容都是上述基本概念和定律对于特殊系统的应用。狭义相对论的讲解以两条基本假设为基础,从同时性的相对性这一“关键的和革命的”(杨振宁语)概念出发,逐渐展开得出各个重要结论。这种讲解可以比较自然地使学生从物理上而不只是从数学上弄懂狭义相对论的基本结论。

热学篇的讲述是以微观的分子运动的无规则性这一基本概念为基础的。除了阐明经典力学对分子运动的应用外,特别引入并加强了统计概念和统计规律,包括麦克斯韦速率分布律的讲解。对热力学第一定律也阐述了其微观意义。对热力学第二定律是从宏观热力学过程的方向性讲起,说明方向性的

比较大的变动是把原来科学家的故事全部删除,可通过二维码扫描进行扩展阅读。这次修订工作由清华大学物理系的三位教师合作完成。安宇负责力学和电磁学部分;阮东负责热学和光学部分;李岩松负责振动和波动、狭义相对论和量子物理部分。

我们希望能继续听到教师和学生关于本教材的修改建议和批评意见,通过以后的修订工作使教材不断完善。

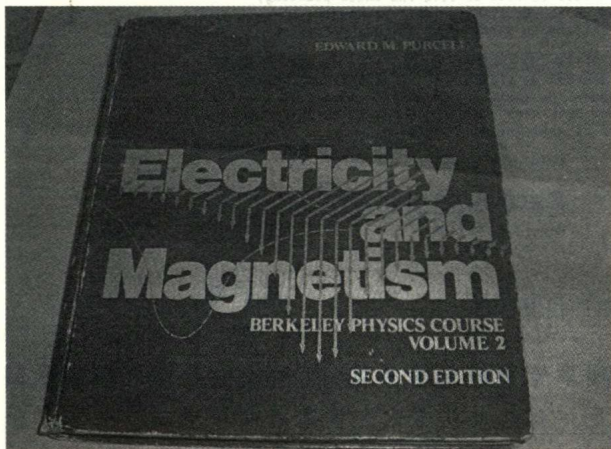
安宇 阮东 李岩松

2018年3月

于清华园

物理学很多理论都直接联系着当代科技乃至人们的日常生活。教材中列举大量实例,既能提高学生的学习兴趣,又有助于对物理概念和定律的深刻理解以及创造性思维的启迪。本书在例题、思考题和习题部分引用了大量的实例,特别是反映现代物理研究成果和应用的实例,如全球定位系统、光盘、宇宙探测、天体运行、雷达测速、立体电影等。同时还大量引用了我国从古到今技术上以及生活上的有关资料,例如古籍《宋纪要》关于“客星”出没的记载,北京天文台天线阵,长征火箭,神舟飞船,天坛祈年殿,黄果树瀑布,阿迪力走钢丝,本人抖空竹,1976年唐山地震,1988年特大洪灾,等。这些例子体现了民族文化,可以增强学生对物理的“亲切感”,而且有助于学生的自豪感和责任心的提升。

物理教学除了“授业”外,还有“育人”的任务。为此本书介绍了十几位科学大师的事迹,简要说明了他们的思想境界、治学态度、开创精神和学术成就,以之作为学生为人处事的借鉴。在此我还要介绍一下我和帕塞尔教授的一段交往。帕塞尔教授是哈佛大学教授,1952年因对核磁共振研究的成果荣获诺贝尔物理学奖。我于1977年看到他编写的《电磁学》,深深地为他的新讲法所折服。用他的书讲述两遍后,于1987年冒然写信向他请教,没想到很快就收到他的回信(见附图)和赠送给我的教材(第二版)及习题解答。他这种热心帮助一个素不相识的外国教授的行为使我非常感动。



帕塞尔《电磁学》(第二版)封面



本书第一作者与帕塞尔教授合影(1993年)

他在信中写道“本书170—171页关于L. Page的注解改正了第一版的一个令人遗憾的疏忽。1963年我写该书时不知道Page那篇出色的文章,我并不认为我的讲法是原创的——远不是这样——但当时我没有时间查找早先的作者追溯该讲法的历史。现在既然你也喜欢这种讲法,我希望你和我一道在适当时机宣扬Page的1912年的文章。”一位物理学大师对自己的成就持如此虚心、谦逊、实事求是的态度使我震撼。另外他对自己书中的疏漏(实际上有些是印刷错误)认真修改,这种严肃认真的态度和科学精神也深深地教育了我。帕塞尔这封信所显示的作为一个科学家的优秀品德,对我以后的为人处事治学等方面都产生了很大影响,始终视之为楷模追随仿效,而且对我教的每一届学生都要展示帕塞尔的这一封信对他们进行教育,收到了很好的效果。

微观根源,并利用热力学概率定义了玻耳兹曼熵并说明了熵增加原理,然后再进一步导出克劳修斯熵及其计算方法。这种讲法最能揭露熵概念的微观本质,也便于理解熵概念的推广应用。

电磁学篇按照传统讲法,讲述电磁学的基本理论,包括静止电荷的电场,运动电荷和电流的磁场,介质中的电场和磁场,电磁感应,电磁波等。基于相对论的电磁学篇中电磁学的讲法则是以爱因斯坦的《论动体的电动力学》为背景,完全展现了帕塞尔教授讲授电磁学的思路——从爱因斯坦到麦克斯韦,以场的概念和高斯定律为基础,根据狭义相对论演绎地引入磁场,并进而导出麦克斯韦方程组其他方程。这种讲法既能满足教学的基本要求,又充分显示了电磁场的统一性,从而使学生会到自然规律的整体性以及物理理论的和谐优美。电磁学的讲述未止于麦克斯韦方程组,而是继续讲述了电磁波的发射机制及其传播特征等。

光学篇以电磁波和振动的叠加的概念为基础,讲述了光的干涉和衍射的规律以及光的偏振这种电磁波的横波特征。然后,根据光的波动性在特定条件下的近似特征——直线传播,讲述了几何光学的基本定律及反射镜和透镜的成像原理。

以上力学、热学、电磁学、光学各篇的内容基本上都是经典理论,但也在适当地方穿插了量子理论的概念和结论以便相互比较。

量子物理篇是从波粒二象性出发以定态薛定谔方程为基础讲解的。介绍了原子、分子和固体中电子的运动规律以及核物理的知识。关于教学要求中的扩展内容,如基本粒子和宇宙学的基本知识是在“今日物理趣闻 A”和“今日物理趣闻 C”栏目中作为现代物理学前沿知识介绍的。

本书除了5篇基本内容外,还开辟了“今日物理趣闻”栏目,介绍物理学的近代应用与前沿发展,而“科学家介绍”栏目用以提高学生素养,鼓励成才。

本书各章均配有思考题和习题,以帮助学生理解和掌握已学的物理概念和定律或扩充一些新的知识。这些题目有易有难,绝大多数是实际现象的分析和计算。题目的数量适当,不以多取胜。也希望学生做题时不要贪多,而要求精,要真正把做过的每一道题从概念原理上搞清楚,并且用尽可能简洁明确的语言、公式、图像表示出来,需知,对一个科技工作者来说,正确地书面表达自己的思维过程与成果也是一项重要的基本功。

本书在保留经典物理精髓的基础上,特别注意加强了现代物理前沿知识和思想的介绍。本书内容取材在注重科学性和系统性的同时,还注重密切联系实际,选用了大量现代科技与我国古代文明的资料,力求达到经典与现代,理论与实际的完美结合。

本书在量子物理篇中专门介绍了近代(主要是20世纪30年代)物理知识,并在其他各篇适当介绍了物理学的最新发展,同时为了在大学生中普及物理学前沿知识以扩大其物理学背景,在“今日物理趣闻”专栏中,分别介绍了“基本粒子”“混沌——决定论的混乱”“大爆炸和宇宙膨胀”“能源与环境”“等离子体”“超导电性”“激光应用二例”“新奇的纳米技术”等专题。这些都是现代物理学以及公众非常关心的题目。本书所介绍的趣闻有的已伸展到最近几年的发现,这些“趣闻”很受学生的欢迎,他们拿到新书后往往先阅读这些内容。

HARVARD UNIVERSITY

DEPARTMENT OF PHYSICS

LYMAN LABORATORY OF PHYSICS
CAMBRIDGE, MASSACHUSETTS 02138

November 30, 1987

Professor Zhang Sanhui
Department of Physics
Tsinghua University
Beijing 100084
The People's Republic of China

Dear Professor Zhang:

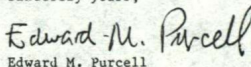
Your letter of November 8 pleases me more than I can say, not only for your very kind remarks about my book, but for the welcome news that a growing number of physics teachers in China are finding the approach to magnetism through relativity enlightening and useful. That is surely to be credited to your own teaching, and also, I would surmise, to the high quality of your students. It is gratifying to learn that my book has helped to promote this development.

I don't know whether you have seen the second edition of my book, published about three years ago. A copy is being mailed to you, together with a copy of the Problem Solutions Manual. I shall be eager to hear your opinion of the changes and additions, the motivation for which is explained in the new Preface. May I suggest that you inspect, among other passages you will be curious about, pages 170-171. The footnote about Leigh Page repairs a regrettable omission in my first edition. When I wrote the book in 1963 I was unaware of Page's remarkable paper. I did not think my approach was original — far from it — but I did not take time to trace its history through earlier authors. As you now share my preference for this strategy I hope you will join me in mentioning Page's 1912 paper when suitable opportunities arise.

Your remark about printing errors in your own book evokes my keenly felt sympathy. In the first printing of my second edition we found about 50 errors, some serious! The copy you will receive is from the third printing, which still has a few errors, noted on the Errata list enclosed in the book. There is an International Student Edition in paperback. I'm not sure what printing it duplicates.

The copy of your own book has reached my office just after I began this letter! I hope my shipment will travel as rapidly. It will be some time before I shall be able to study your book with the care it deserves, so I shall not delay sending this letter of grateful acknowledgement.

Sincerely yours,



Edward M. Purcell

EMP/cad

帕塞尔回信复印件

本书的撰写和修订得到了清华大学物理系老师的热情帮助(包括经验与批评),也采纳了其他兄弟院校的教师和同学的建议和意见。此外也从国内外的著名物理教材中吸取了很多新的知识、好的讲法和有价值的素材。这些教材主要有:《新概念物理教程》(赵凯华等), *Feynman Lectures on Physics*, *Berkeley Physics Course* (Purcell E M, Reif F, et al.), *The Manchester Physics Series* (Mandl F, et al.), *Physics* (Chianian H C.), *Fundamentals of Physics* (Resnick R), *Physics* (Alonso M et al.)等。

对于所有给予本书帮助的老师和学生以及上述著名教材的作者,本人在此谨致以诚挚的谢意。清华大学出版社诸位编辑对第三版杂乱的原稿进行了认真的审阅和编辑,特在此一并致谢。

张三慧

2008年1月

于清华园

目 录

CONTENTS

第 3 篇 电 磁 学

第 12 章 静电场	3
12.1 电荷	3
12.2 库仑定律与叠加原理	5
12.3 电场和电场强度	8
12.4 静止的点电荷的电场及其叠加	10
12.5 电场线和电通量	14
12.6 高斯定律	16
12.7 利用高斯定律求静电场的分布	18
提要	22
思考题	23
习题	24
第 13 章 电势	28
13.1 静电场的保守性	28
13.2 电势差和电势	30
13.3 电势叠加原理	32
13.4 电势梯度	35
13.5 电荷在外电场中的静电势能	37
* 13.6 电荷系的静电能	38
13.7 静电场的能量	40
提要	42
思考题	43
习题	44

第 17 章 磁场和它的源	104
17.1 磁力与电荷的运动	104
17.2 磁场与磁感应强度	105
17.3 毕奥-萨伐尔定律	108
* 17.4 匀速运动点电荷的磁场	113
17.5 安培环路定理	114
17.6 利用安培环路定理求磁场的分布	117
17.7 与变化电场相联系的磁场	119
* 17.8 电场和磁场的相对性和统一性	122
提要	123
思考题	124
习题	125
第 18 章 磁力	128
18.1 带电粒子在磁场中的运动	128
18.2 霍尔效应	130
18.3 载流导线在磁场中受的磁力	132
18.4 载流线圈在均匀磁场中受的磁力矩	133
18.5 平行载流导线间的相互作用力	135
提要	138
思考题	139
习题	140
今日物理趣闻 H 等离子体	145
H.1 物质的第四态	145
H.2 等离子体内的磁场	147
H.3 磁场对等离子体的作用	148
H.4 热核反应	149
H.5 等离子体的约束	150
第 19 章 磁场中的磁介质	154
19.1 磁介质对磁场的影响	154
19.2 原子的磁矩	155
19.3 磁介质的磁化	158
19.4 H 的环路定理	160
19.5 铁磁质	162
19.6 简单磁路	166

第 14 章 静电场中的导体	48
14.1 导体的静电平衡条件	48
14.2 静电平衡的导体上的电荷分布	49
14.3 有导体存在时静电场的分析与计算	50
14.4 静电屏蔽	52
* 14.5 唯一性定理	53
提要	56
思考题	56
习题	57
今日物理趣闻 G 大气电学	59
G.1 晴天大气电场	59
G.2 雷暴的电荷和电场	61
G.3 闪电	64
第 15 章 静电场中的电介质	67
15.1 电介质对电场的影响	67
15.2 电介质的极化	68
15.3 D 的高斯定律	71
15.4 电容器和它的电容	76
15.5 电容器的能量	78
提要	80
思考题	81
习题	82
第 16 章 恒定电流	86
16.1 电流和电流密度	86
16.2 恒定电流与恒定电场	88
16.3 欧姆定律和电阻	89
16.4 电动势	92
16.5 有电动势的电路	93
* 16.6 电容器的充电与放电	95
16.7 电流的一种经典微观图像	97
提要	100
思考题	101
习题	101

第4篇 光 学

第 22 章 光的干涉	223
22.1 杨氏双缝干涉	223
22.2 相干光	227
* 22.3 光的非单色性对干涉条纹的影响	229
* 22.4 光源的大小对干涉条纹的影响	231
22.5 光程	234
22.6 薄膜干涉(一)——等厚条纹	236
22.7 薄膜干涉(二)——等倾条纹	240
22.8 迈克耳孙干涉仪	242
提要	243
思考题	244
习题	245
第 23 章 光的衍射	248
23.1 光的衍射和惠更斯-菲涅耳原理	248
23.2 单缝的夫琅禾费衍射	250
23.3 光学仪器的分辨本领	254
23.4 细丝和细粒的衍射	256
23.5 光栅衍射	259
23.6 光栅光谱	264
23.7 X 射线衍射	267
提要	269
思考题	270
习题	270
今日物理趣闻 J 全息照相	273
J.1 全息照片的拍摄	273
J.2 全息图像的观察	275
J.3 全息照相的应用	276
第 24 章 光的偏振	277
24.1 光的偏振状态	277
24.2 线偏振光的获得与检验	279

提要	168
思考题	168
习题	170
第 20 章 电磁感应	173
20.1 法拉第电磁感应定律	173
20.2 动生电动势	175
20.3 感生电动势和感生电场	178
20.4 互感	180
20.5 自感	182
20.6 磁场的能量	184
提要	186
思考题	187
习题	188
今日物理趣闻 I 超导电性	192
I.1 超导现象	192
I.2 临界磁场	193
I.3 超导体中的电场和磁场	194
I.4 第二类超导体	195
I.5 BCS 理论	196
I.6 约瑟夫森效应	197
I.7 超导在技术中的应用	199
I.8 高温超导	200
第 21 章 麦克斯韦方程组和电磁辐射	202
21.1 麦克斯韦方程组	202
* 21.2 加速电荷的电场	203
* 21.3 加速电荷的磁场	206
* 21.4 电磁波的能量	208
* 21.5 同步辐射	211
* 21.6 电磁波的动量	212
* 21.7 A-B 效应	214
提要	217
思考题	218
习题	218

26.3	光的二象性 光子	333
26.4	康普顿散射	337
26.5	粒子的波动性	339
26.6	概率波与概率幅	342
26.7	不确定关系	345
	提要	350
	思考题	351
	习题	351
第 27 章 薛定谔方程		354
27.1	薛定谔得出的波动方程	354
27.2	无限深方势阱中的粒子	358
27.3	势垒穿透	362
27.4	谐振子	366
	提要	368
	思考题	369
	习题	369
第 28 章 原子中的电子		371
28.1	氢原子	371
28.2	电子的自旋与自旋轨道耦合	380
* 28.3	微观粒子的不可分辨性和泡利不相容原理	385
28.4	各种原子核外电子的组态	386
* 28.5	X 射线	390
28.6	激光	393
* 28.7	分子结构	396
28.8	分子的转动和振动能级	400
	提要	404
	思考题	406
	习题	406
今	日物理趣闻 L 自由电子激光	410
今	日物理趣闻 M 激光应用二例	413
M.1	多光子吸收	413
M.2	激光冷却与捕陷原子	415

24.3	反射和折射时光的偏振	281
24.4	由散射引起的光的偏振	282
24.5	双折射现象	283
* 24.6	椭圆偏振光和圆偏振光	287
* 24.7	偏振光的干涉	290
* 24.8	人工双折射	291
* 24.9	旋光现象	293
	提要	295
	思考题	295
	习题	296
今日物理趣闻 K	非线性光学	299
K.1	非线性光学与激光	299
K.2	倍频与混频	299
K.3	自聚焦	301
K.4	受激拉曼散射	302
第 25 章	几何光学	303
25.1	光线	303
25.2	光的反射	304
25.3	球面反射镜	306
25.4	光的折射	308
25.5	薄透镜的焦距	310
25.6	薄透镜成像	312
25.7	人眼	316
25.8	助视仪器	318
	提要	321
	思考题	322
	习题	324
第 5 篇 量子物理		
第 26 章	波粒二象性	329
26.1	黑体辐射	329
26.2	光电效应	332

26.3	光的二象性 光子	333
26.4	康普顿散射	337
26.5	粒子的波动性	339
26.6	概率波与概率幅	342
26.7	不确定关系	345
	提要	350
	思考题	351
	习题	351
第 27 章	薛定谔方程	354
27.1	薛定谔得出的波动方程	354
27.2	无限深方势阱中的粒子	358
27.3	势垒穿透	362
27.4	谐振子	366
	提要	368
	思考题	369
	习题	369
第 28 章	原子中的电子	371
28.1	氢原子	371
28.2	电子的自旋与自旋轨道耦合	380
* 28.3	微观粒子的不可分辨性和泡利不相容原理	385
28.4	各种原子核外电子的组态	386
* 28.5	X 射线	390
28.6	激光	393
* 28.7	分子结构	396
28.8	分子的转动和振动能级	400
	提要	404
	思考题	406
	习题	406
今	日物理趣闻 L 自由电子激光	410
今	日物理趣闻 M 激光应用二例	413
M.1	多光子吸收	413
M.2	激光冷却与捕陷原子	415

第 29 章 固体中的电子	418
29.1 自由电子按能量的分布	418
29.2 金属导电的量子论解释	422
* 29.3 量子统计	423
29.4 能带 导体和绝缘体	426
29.5 半导体	429
29.6 PN 结	430
29.7 半导体器件	431
提要	433
思考题	435
习题	435
今日物理趣闻 N 新奇的纳米科技	437
N.1 什么是纳米科技	437
N.2 纳米材料	438
N.3 纳米器件	439
第 30 章 核物理	441
30.1 核的一般性质	441
30.2 核力	445
30.3 核的结合能	446
* 30.4 核的液滴模型	449
30.5 放射性和衰变定律	451
30.6 α 衰变	455
* 30.7 穆斯堡尔效应	457
30.8 β 衰变	461
30.9 核反应	464
提要	467
思考题	468
习题	468
元素周期表	471
数值表	472
部分习题答案	475
索引	489