



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

改变世界 的物理学

PHYSICS CHANGING THE WORLD

倪光炯 王炎森 钱景华 方小敏 编著

(第四版)

復旦大學出版社



本书第二版曾获国家教育部2002年
全国普通高等学校优秀教材一等奖

面向 21 世纪课程教材
普通高等教育“十一五”国家级规划教材

改变世界的物理学

(Physics Changing the World)

(第四版)

倪光炯 王炎森 钱景华 方小敏 编著

復旦大學出版社

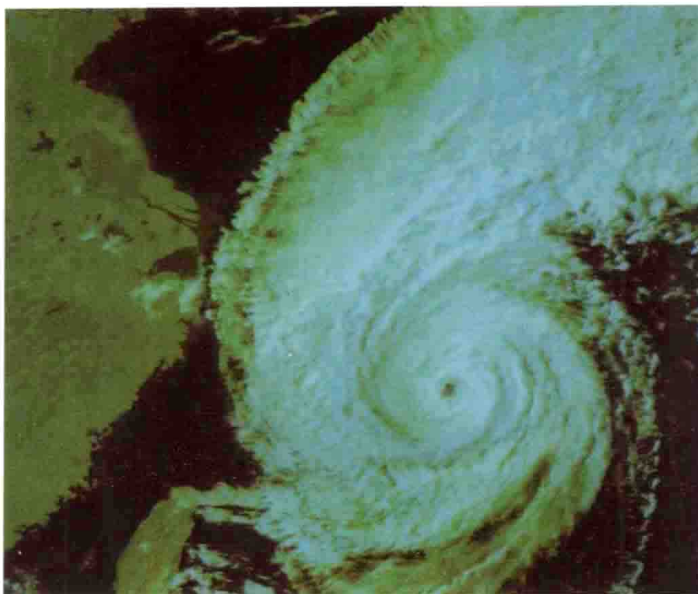


图1 我国“风云一号”气象卫星(B)所获取的1990年10月5日的台风云图,图上还十分清楚地显示出台湾、杭州湾、长江口中的崇明岛和长兴岛以及太湖、洪泽湖等目标
(见正文 § 2.4)

(图片来源:上海卫星工程研究所)



图2 2012年6月16日“神舟九号”载着三名航天员升空,完成与“天宫一号”的自动和手动对接,航天员还进入“天宫一号”实验舱进行了一系列科学实验,历时13天顺利返回
(见正文 § 2.4)

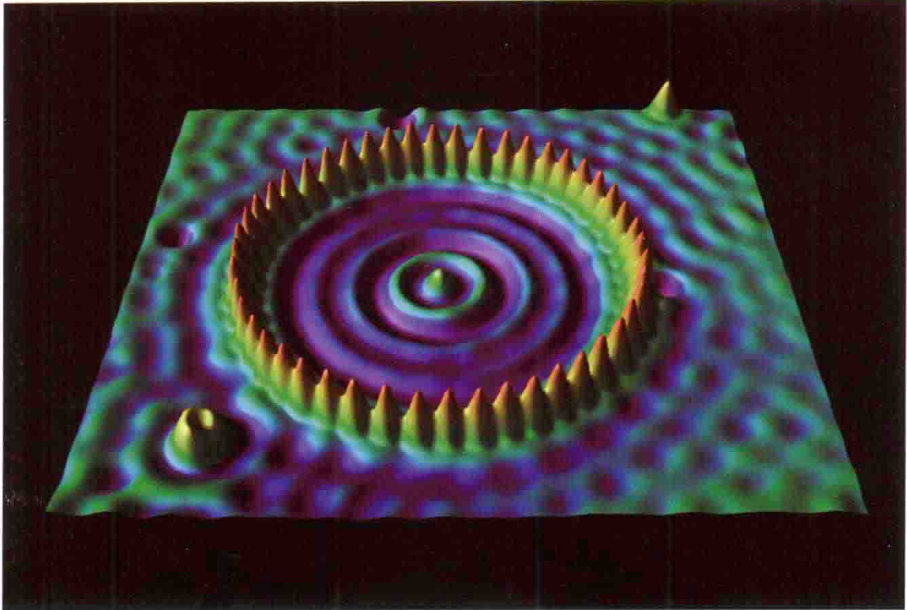


图3 由48个铁原子在铜表面围成直径为14.3纳米的“量子围栏”的STM图像。围栏中电子无法逃逸，在其中形成同心圆状的驻波，这是世界上首次观察到电子驻波的直观图形（见正文 § 4.2和 § 4.5）



图4 由DNA分子构建的“DNA”字样（见正文 § 8.5）
（图片来源：中国科学院上海原子核研究所分子检测和操纵实验室）

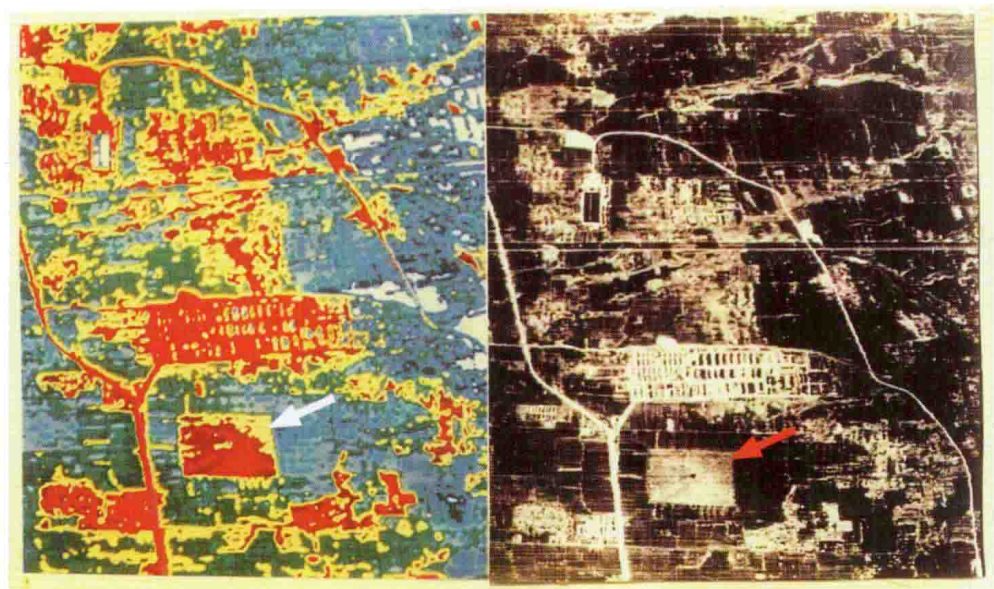


图5 1985年11月夜航所测得的秦始皇墓区的热红外图像(8~12.5微米), 左边是伪彩图, 箭头所指的是秦始皇陵墓(见正文 § 6.6)
(图片来源: 中国科学院上海技术物理研究所航空遥感研究室)



图6 广东大亚湾核电站鸟瞰图。它是我国大陆建成的第二座核电站, 与附近的岭澳核电站一起形成大亚湾核电基地(见正文 § 7.3)

宇宙的诞生

哈勃太空望远镜揭开了宇宙的秘密

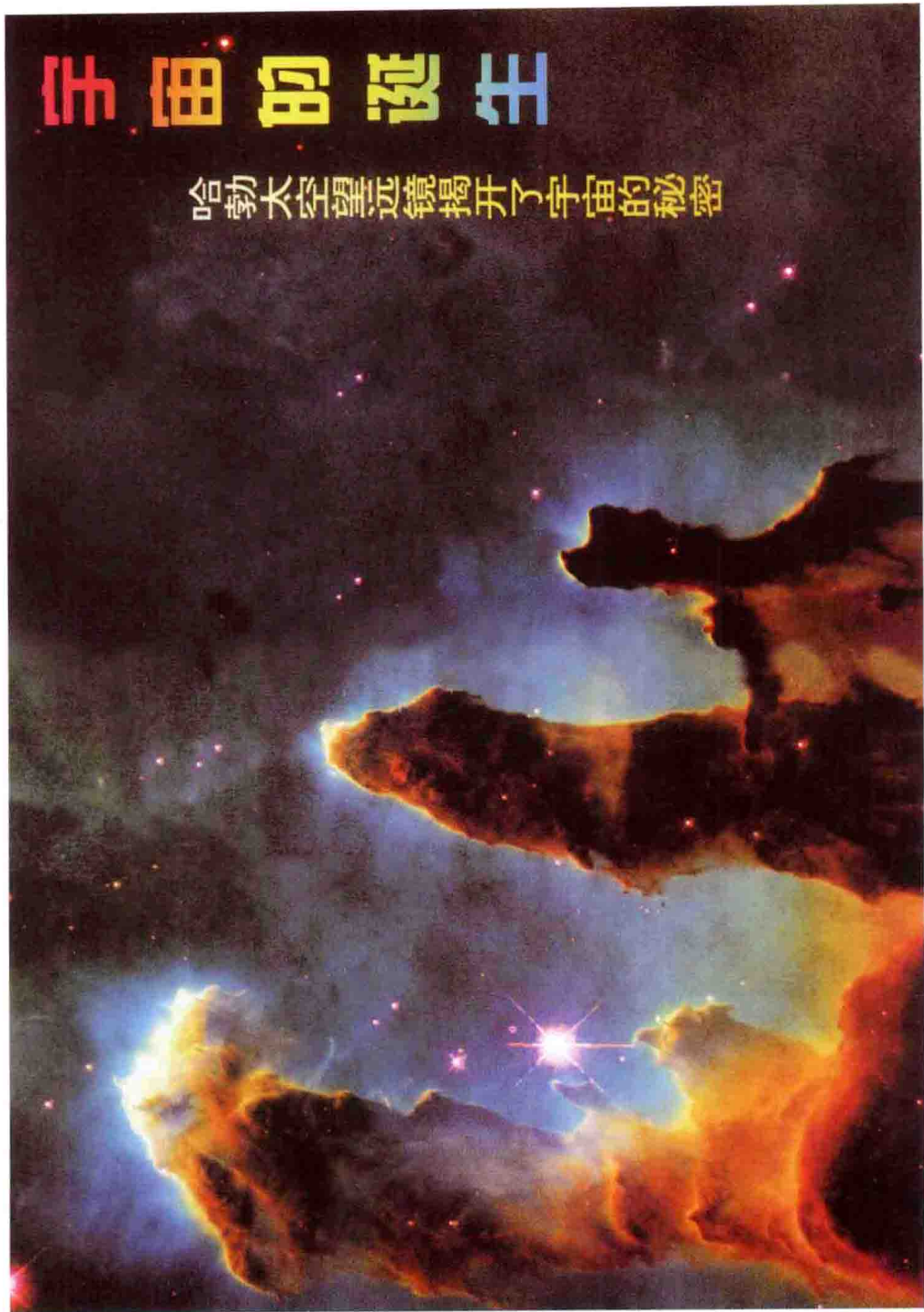


图7 哈勃太空望远镜所观察到的离地球七千光年的鹰状星云，它是新生星体的摇篮。这里到处是一缕一缕卷曲的星际氢气，每个气柱的厚度约等于太阳系的宽度（见正文 § 9.5）

（图片来源：美国驻华大使馆新闻文化处编辑出版的《交流》杂志 1996年1期）

内 容 提 要

本书以新的视角,重点勾勒 20 世纪物理学的重大成就以及物理学在现代高新技术中的主要应用。全书共分十章,结合物理学在航天、激光、材料、信息、能源、医学、生命科学和宇宙学等方面的应用,重点介绍物理学基本知识,并融物理知识和前沿应用为一体。

本书从提高学生的科学素质出发,注重科学与人文的融合,结合物理学史介绍著名物理学家的科学思想、科学方法以及勇于探索的精神,并注意介绍我国科技方面的重大成就和我国科学家的贡献。全书编写力求深入浅出、文字流畅、图文并茂、生动有趣,并附有一定量的习题。

本书的主要对象是普通高校文科类学生,也适合非物理专业的理科学生阅读。还可作为广大中学教师和一般读者了解物理基础知识及其与现代高新技术关系的参考读物。

第四版序

本书第三版出版以来继续得到许多教师和学生的欢迎,不少学校使用本书取得了良好的教学效果。

事隔八年,世界科技发展迅速,中国同样在一些重要的科技领域也取得了重大进展,这就有必要在本书第四版的修订中加以反映。在第四版中我们将继续保持前几版的特点和风貌,在基本结构框架不变的情况下,在新版中作了如下一些改进:

1. 主要是补充和更新了一些内容以反映新的科技进展,并注意介绍我国的重大科技成果。
2. 适当增加人文内容,反映物理学大师的科学思想和科学精神,供读者学习和思考。
3. 更新和补充一些图,使其中一些图更加生动、有趣、有启发性。
4. 更新一些参考材料,其中一些重要的内容已列入每章的参考资料中。
5. 为了方便教师教学,本书配有免费教学辅助光盘,内含电子教案及丰富的教学参考资料。

在本版的修订过程中,具体工作以王炎森教授为主,并得到了出版社的大力协助和支持。但由于全书涉及面广,以及作者学识水平和资料来源的局限性,书中难免出现这样或那样的错误和不妥之处,恳请读者继续予以赐教指正,我们深表感谢。

倪光炯 王炎森

2015年1月

第三版序

本书于 1998 年 9 月出版第一版,列入国家教委和上海市教委“九五”重点教材,当年就荣获上海市优秀科普作品奖;1999 年列入面向二十一世纪课程教材,于同年 12 月出第二版,并荣获国家教育部 2002 年全国普通高等学校优秀教材一等奖。2006 年又被列为“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”。迄今为止,先后累计印了 11 次,印数达 6 万多册。此书得到许多老师和同学的欢迎,这是对我们的极大关爱和鼓励。我们谨代表四位作者一起向所有关心本书的朋友们表示衷心的感谢。

七年过去,在听取了一些任课老师和读者的意见后,出第三版的问题便提到日程上。近两年,我们两人与出版社有关人员就修订的要求和大纲作了仔细讨论,并再次走访了一些科技单位,向有关专家请教,我们决定在保持原书第二版风貌的同时,作一些修改、删节和补充,主要想法如下:

1. 适当增加人文内容,以提高本书的文化品位。
2. 补充或更新一些内容,以反映新的科技进展。
3. 若干章节作了合并或精简,并与物理学结合得更紧密。
4. 增加了一些新的参考资料。

5. 我们在第十章讨论物理学认识论的第二小节最后,曾强调说明了本书书名的两重含义。在我们两人合作又写了一本《文科物理》(由北京高等教育出版社于 2005 年出版)后,我们越来越觉得“改变世界”这几个字还需要进一步去想:人类与世界相互改变,关系是密不可分的。而历史发展到今天,人类已明显地变成了一种自然力量,人类对世界的改变既取得了伟大的成就,也有严重的失误。为了对历史负责,对子孙后代负责,我们应更加自觉地去改变世界——在改变客观世界的同时,也改变自己的主观世界,即改变自己的思维方式,使之更加适应于改善人类生存状态的要求。这一必要性突出地表现在 21 世纪日益紧迫的气候危机上。为此,

我们在本书最后加写了一个结束语。

本次修订过程中,具体工作以王炎森教授为主,修改稿出来之后,又经我们交换阅读、讨论和修改,最后定稿。总之,我们希望广大读者继续和我们一起切磋讨论,对书中还存在的错误或不当之处惠予指正,以便再版时进一步完善。

倪光炯 王炎森
2006年9月于复旦大学

第一、第二版序

1994年7月,原国家教育委员会在青岛召开会议,正式提出了“面向21世纪的教学内容和课程体系改革”的问题。我开始参加这方面工作,但很快就发现问题远比自己初想时复杂得多。大家都同意:以物理本科教学来说,经过40多年建设,我们已有了一套既不同于前苏联、又不同于西方的教学内容和课程体系,本科毕业生的质量在国际上享有相当高的声誉。但另一方面,为了更好地适应当今科学技术和经济、社会的发展,培养更高质量的人才,当前物理教学的改革又是非常必要、非常迫切的。物理学是一门重要的基础科学,又是当代技术发展的最主要源泉,物理学的发展对整个人类文化都产生了深刻影响。

1995年秋,我和王炎森教授在复旦参加了一次讨论教材建设的小型会议,了解到在复旦大学文科(社会科学)各系已多年不开设物理课的情况。两人一致觉得非常有必要编写一本适合人文、社会科学学生的物理教材。我们的想法立即得到学校教务处的全力支持,随后又邀请了钱景华教授和方小敏副教授一道工作。我们的目标很明确:这门课只有一学期,且学时数有限,一定要组织好教材内容使同学对本课程感到有兴趣,通过学习有所收获,既学到知识,又能学到科学思维方法,有利于文科学生科学素质的培养;同时,这本书也可在更广的范围作为大专院校学生、中学教师和一般读者或干部的参考读物。

以往普通物理(或基础物理)大体上按历史顺序、由经典到量子的发展来讲,不但学时数多,更主要的问题是很难反映物理学的新发展及其在高新技术中的应用,激发不起学生的兴趣。有些老师(包括我们自己)往往对学生期望太高,提出不切实际的要求,即使考100分的学生也做不到。事实上,任何一种知识,不经过自己思考、消化和应用,不会有真切的体会,是谈不上真正掌握的。所以教学很重要的一点是:要提高学生学习的自觉性,提高他们的自学能力。说到底,学习是一辈子的事情。

我们经过多次参观、学习,反复讨论,边写、边改,逐渐明确了以下几点想法:

(1) 根据本书的对象和编写的目的,本书是以物理学的新发展及其在高新技术中的应用为主要线索,力求以新体系、新面貌展现给读者。

(2) 为了在新的体系中,更好地讲授物理基础知识,在每一章中联系实际、突出重点,采取“由特殊到一般再回到特殊”的原则组织材料,力求入门快、联系实际快、点出本质快。

(3) 在介绍物理基础知识时,我们的处理是尽可能具体些和细致些。但在不少情况下我们采取“跳跃式”的或“渗透式”的叙述法,读者也许只知道一个大概的联系和发展方向,但留下了悬念,今后可以进一步学习,慢慢体会。我们希望本书能为读者在“科学宫”漫游时做一个好的导游。

(4) 把科学素质和创新能力的培养放到重要位置。我们想可以通过:(i)结合科学史,介绍著名物理学家的创造性思维、承前启后、勇于创新的精神,以及对科学事业的奉献精神;(ii)强调理论联系实际,重视高科技应用;(iii)重视提出问题、分析问题、解决问题的能力培养;(iv)注意介绍科学研究的方法论和认识论;(v)扩大知识面、开阔眼界等办法来努力体现这一点。

(5) 全书重视介绍我国在高新技术方面的重大成就及我国科学家的贡献,弘扬民族精神。

(6) 我们希望本书能在一定程度上显示:物理学既是科学,也是高品位的文化,是每一位大学生全面素质修养的重要组成部分。

本书执笔分工如下:第一和第十二章(倪光炯);第二和第三章(方小敏、倪光炯);第四章(倪光炯、方小敏);第十三章(倪光炯、王炎森);第五、第九和第十章(王炎森);第六和第七章(钱景华、王炎森);第八章(王炎森、钱景华);第十一章(钱景华、倪光炯)。最后全书由倪光炯和王炎森负责定稿。

建议教材内容可在 36~54 学时范围内按实际情况安排。根据我们的经验,若去掉打“*”的章节和附录,可用于 36 学时的教学。各章后面的习题答案在本书末给出。

本书曾以讲义形式于 1997~1998 年先后在复旦大学文科三个班级试用,并分

送全国许多兄弟院校、研究所征求意见。许多老师、同学和专家热情来信,在鼓励的同时,指出了讲义中出现的不少错误,提出了宝贵的意见和建议。复旦大学教务处还专门组织了一次大型座谈会,请了近 20 位文理科教授发表意见。此外,我们还将讲义分章分节请 21 位专家教授仔细审阅。由于不可能一一写出他们的姓名,我们谨在此向他们一并表示衷心的感谢!

这次修订再版时,我们又广泛地听取了读者的意见,并又分章请了 14 位专家进行审阅。同样,我们不可能一一列出他们的姓名,谨在此对他们的宝贵意见和建议及热情的鼓励,一并表示衷心感谢。

初版和再版自始至终都得到复旦大学教务处和复旦大学出版社的协助和支持,在此致谢。

由于本书涉及面广、作者水平所限,书中一定还会存在这样或那样的错误和缺点,恳请读者继续予以批评指正,以便在再次再版时进一步改正。

倪光炯

初 版:1998 年 6 月于复旦大学

第二版:1999 年 12 月于复旦大学

目 录

第一章 导 论.....	1
§ 1.1 世界为什么变化这么快	1
§ 1.2 从自然哲学到物理学	3
一、中国古代的世界图景和哲学观	3
二、古代西方哲学观和物理知识	4
三、古代阿拉伯的物理知识	5
四、欧洲中世纪的科学为何发展缓慢	5
§ 1.3 经典物理学产生的条件和建立过程	6
一、文艺复兴	6
二、天文学的突破	6
三、伽利略和近代力学的诞生	7
四、笛卡儿、惠更斯和牛顿	8
§ 1.4 19 世纪物理学的成就和危机	9
一、电磁现象的研究	9
二、从法拉第到麦克斯韦	9
三、热力学与统计物理的建立和发展	10
四、经典物理学的“危机”,两朵乌云和三大发现	10
§ 1.5 20 世纪物理学的发展及其特点	11
一、向微观世界和宇宙空间进军	11
二、向新事物和“复杂性”进军	12
三、物理学与高新技术	12
§ 1.6 物理学的社会教育和思想文化功能.....	14
一、科学的双重功能	14
二、物理学是“求真”的	15
三、物理学是“至善”的	15
四、物理学是“美”的	16

参考资料	18
第二章 航天与力学	19
§ 2.1 万有引力定律的发现	20
一、牛顿生平	20
二、月亮为什么不掉下来	21
三、万有引力定律的建立	23
四、海王星的发现	24
§ 2.2 宇宙速度与动量及机械能守恒	25
一、火箭推进原理与动量守恒定律	26
二、机械能守恒定律	28
三、三个宇宙速度	30
四、多级火箭	32
§ 2.3 卫星运动与角动量守恒	34
一、人造地球卫星是怎样发射的	36
二、椭圆轨道与角动量守恒定律	37
三、失重现象及其解释	40
§ 2.4 航天技术的发展	42
一、通信卫星	42
二、气象卫星	43
三、地球资源卫星和海洋卫星	44
四、科学探测卫星	45
五、导航卫星	46
六、深空探测	47
七、载人航天	49
附录 2.A 火箭推进与齐奥尔科夫斯基公式	51
附录 2.B 人造地球卫星等航天器的返回	53
习题	55
参考资料	55
第三章 无处不在的波	57
§ 3.1 振动	57
一、一个弹簧振子的振动	57

二、振动的描述	58
三、电(偶极)振子模型	59
§ 3.2 声波	60
一、声波	60
二、波的描述、超声和次声	61
三、声压、声强级和噪声	62
四、超声的特性及应用	63
五、次声的特性及应用	66
§ 3.3 电磁波概述	66
一、电磁波发现的历史	66
二、电磁波谱及其产生	71
三、电磁波——横波	74
§ 3.4 光的反射、折射和全反射	74
一、惠更斯原理	74
二、镜面反射	75
三、两种媒质界面上光的折射和反射	76
四、全反射	78
§ 3.5 光的干涉、衍射和偏振	79
一、光的干涉	79
二、光的衍射和分辨本领	82
三、全息照相	84
四、有趣的偏振光	86
§ 3.6 无线电波和微波	88
一、无线电波的传播	88
二、无线电广播、电视和传真	91
三、频带宽度、载波频率和频道数目的关系	92
四、微波通信和微波能利用	93
§ 3.7 多普勒效应及其应用	94
一、雷达、多普勒效应	94
二、超声多普勒技术的医学应用	96
§ 3.8 光的波粒二重性	97
一、黑体辐射和“量子”概念的提出	97
二、光电效应和“光量子”的提出	100

三、光的波粒二重性	103
四、康普顿效应和正负电子对的产生	104
附录 3. A 红外线与紫外线	106
习题	109
参考资料	110
第四章 微观世界及其探索	111
§ 4.1 揭开研究微观世界序幕的三大发现	112
一、X 射线的发现	112
二、放射性的发现	114
三、电子的发现	117
§ 4.2 原子结构	119
一、卢瑟福散射和原子核的发现	120
二、玻尔模型	122
三、电子的波粒二重性	129
四、粒子运动的测不准关系	132
§ 4.3 X 射线与原子结构	133
一、X 射线的产生和 X 射线谱	133
二、X 射线的应用	136
§ 4.4 原子核的结构	137
一、中子的发现	137
二、一种新的相互作用力——核力	141
三、核能来源	142
四、 α 、 β 和 γ 放射性衰变	145
五、核子结构	148
六、神秘的反物质	149
* § 4.5 探索微观世界奥秘的近代技术	151
一、电子显微镜	151
二、质子激发 X 射线荧光分析(PIXE)	154
三、中子活化分析	156
四、扫描隧道显微镜(STM)	157
五、原子力显微镜(AFM)	162
六、超分辨率荧光显微技术简述	164