



PHYSICS CHANGING THE WORLD

● 国家教委重点教材

● 上海市教委重点教材

★★★★★

改变世界 的物理学

倪光炯 王炎森 钱景华 方小敏 编著

复旦大学出版社

国家教委重点教材☆上海市教委重点教材

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

复旦大学出版社

改变世界的物理学
(Physics Changing the World)

编 著 倪光炯 王炎森 钱景华 方小敏

出版发行 复旦大学出版社

上海市国权路 579 号 200433

86-21-65102941 (发行部) 86-21-65642892 (编辑部)

fupnet @ fudan. edu. cn

经 销 新华书店上海发行所

印 刷 复旦大学印刷厂

开 本 850×1168 1/32

印 张 15.625 插页 2

字 数 434 千

版 次 1998 年 9 月第一版 1998 年 9 月第一次印刷

印 数 1—6 000

ISBN 7-309-02074-X/O · 182

定 价 18.00 元

本版图书如有印装错误,可向出版社随时调换。

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原苏联、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来编写一本适合人文、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的大力支持,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。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) 把科学思维能力的培养放到重要位置上来,这是启发式教学的核心问题之一。我们想可以通过:(i) 加强应

用、联系实际；(ii) 重视提出问题、分析问题、解决问题的研究方法；(iii) 注意介绍科学研究的方法论和认识论；(iv) 扩大知识面、开阔眼界等办法来努力体现这一点。

(5) 与以上几点密切联系的又一做法是有重点地讲一点科学史，并重视介绍中国过去和现在的科技成就，强调科学态度和思想方法的重要性，强调创新精神。

(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、十二和十三章(倪光炯)；第二和第三章(方小敏、倪光炯)；第四章(倪光炯、方小敏)；第五、九和十章(王炎森)；第六和七章(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)。最后全书由倪光炯负责(王炎森协助)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后给出。

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！

由于时间紧迫，水平所限，书中一定还会存在这样或那

样的错误和缺点,还希望大家继续予以批评指出,以便在再版时改正。

倪光炯

1998年6月于复旦大学

内 容 提 要

本课程以新的视角,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。全书共分十三章,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,介绍物理学基本知识,融物理知识和前沿应用为一体。

本书还重视对学生的科学素质的培养,结合科学史介绍著名物理学家的创造性思维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及我国科学家的贡献。全书编写力求深入浅出、文字流畅、图文并茂,并附有一定量的习题。

本书主要对象是大专院校文科类学生,也适合非物理专业理科学生的阅读。还可作为一般读者了解现代科技和物理学关系的参考读物。

目 录

第一章 导 论	1
§ 1.1 世界为什么变化这么快	2
§ 1.2 从自然哲学到物理学	4
一、中国古代的世界图景和哲学观	4
二、古代西方哲学观和物理知识	6
三、古代阿拉伯的物理知识	6
四、欧洲中世纪的科学为何发展缓慢	7
§ 1.3 经典物理学产生的条件和建立过程	7
一、文艺复兴	7
二、天文学的突破	8
三、伽利略和近代力学的诞生	9
四、笛卡儿、惠更斯和牛顿	10
§ 1.4 19 世纪物理学的成就和危机	11
一、电磁现象的研究	11
二、从法拉第到麦克斯韦	11
三、热力学与统计物理的建立和发展	12
四、经典物理学的“危机”，两朵乌云和三大发现	12
§ 1.5 20 世纪物理学的发展及其特点	13
一、向微观世界和宇宙空间进军	13
二、向新事物和“复杂性”进军	14
三、物理学与高(新)技术	15
§ 1.6 物理学的社会教育和思想文化功能	17

一、科学的双重功能	17
二、物理学是“求真”的	18
三、物理学是“至善”的	19
四、物理学研究方法的特色	20
五、物理学是“美”的	20
参 考 资 料	22

第二章 航天与力学

§ 2.1 万有引力定律的发现	25
一、牛顿生平	25
二、月亮为什么不掉下来	26
三、万有引力定律的建立	28
四、海王星的发现	30
§ 2.2 宇宙速度与动量及机械能守恒	31
一、火箭推进原理与动量守恒定律	32
二、机械能守恒定律	35
三、三个宇宙速度	37
四、多级火箭	40
§ 2.3 人造地球卫星及其应用	42
一、人造地球卫星是怎样发射的	44
二、人造地球卫星等航天器的返回	47
三、人造地球卫星的应用	49
§ 2.4 航天器的运动和角动量守恒	54
一、椭圆轨道与角动量守恒定律	54
二、失重现象及其解释	58
附录 2.A 火箭推进与齐奥尔科夫斯基公式	60
附录 2.B 力学规律的总结	63
一、机械运动的两种量度——动量和动能	64
二、保守力场与势能	66

三、冲击摆.....	67
习 题	68
参考资料	68
第三章 无处不在的波	70
§ 3.1 振 动.....	70
一、一个弹簧振子的振动	70
二、振动的描述	72
三、电(偶极)振子模型	73
§ 3.2 声 波.....	74
一、声波——纵波	74
二、波的描述	75
三、声压、声强级和噪声	76
§ 3.3 电磁波概述.....	78
一、电磁波发现的历史	78
二、电磁波谱	83
三、无线电波的产生	84
四、电磁波——横波	87
§ 3.4 光的反射、折射和全反射	88
一、惠更斯原理	88
二、镜面反射	88
三、两种媒质界面上光的折射和反射	88
四、全反射.....	91
§ 3.5 光的干涉、衍射和偏振	93
一、光的干涉	93
二、光的衍射和分辨本领	96
三、全息照相	98
四、有趣的偏振光	100
§ 3.6 无线电波、广播和电视.....	102

一、无线电波的传播	102
二、无线电广播	107
三、传真和电视	109
四、频带宽度、载波频率和频道数目的关系	110
§ 3.7 微波、雷达及其应用	111
一、微波通信	111
二、雷达、多普勒效应	112
三、微波能的利用	114
附录 3.A 相速度和群速度	115
习 题	120
参 考 资 料	120

第四章 奇妙的有色和无色世界——光与物质的相互作用..... 121

§ 4.1 光的量子性	121
一、光电效应	121
二、康普顿效应	125
三、电子对效应	127
四、三种效应的相对重要性	128
五、光的“波粒二重性”和测不准关系	129
§ 4.2 量子能级间的跃迁和辐射谱	131
一、原子的定态和量子能级	131
二、能级间跃迁的玻尔公式	132
三、原子、分子和固体的光谱概述	133
§ 4.3 颜色从哪里来	137
一、光的三原色	137
二、色视觉	138
三、光与原子相互作用的振子模型	139
四、天空为什么是蓝色的	142
五、云为何是白色的	144

六、物质的颜色和光的吸收	145
§ 4.4 红外线与紫外线	147
一、红外线的产生和吸收	147
二、红外线的探测及其应用	150
三、紫外线的性质、应用及其防护	152
附录 4.A 黑体辐射	155
附录 4.B 振子模型	158
习 题	160
参 考 资 料	161

第五章 微观世界及其探索	163
§ 5.1 揭开研究微观世界序幕的三大发现	164
一、X射线的发现	165
二、放射性的发现	166
三、电子的发现	170
§ 5.2 原子结构	173
一、卢瑟福散射和原子核的发现	173
二、玻尔模型	176
三、电子的波粒二重性	184
四、粒子运动的测不准关系	186
§ 5.3 X射线与原子结构	188
一、X射线的产生和X射线谱	188
二、X射线的应用	192
§ 5.4 原子核的结构	193
一、中子的发现	193
二、一种新的相互作用力——核力	197
三、核能来源	199
四、 α 、 β 和 γ 放射性衰变	202
五、核子结构	205

六、神秘的反物质	207
* § 5.5 探索微观世界奥秘的近代技术	209
一、电子显微镜	209
二、质子激发 X 射线荧光分析 (PIXE)	213
三、中子活化分析	216
四、高能电子散射法	217
五、高能粒子加速器	218
附录 5. A 薛定谔方程和波函数的统计解释	219
匀 题	222
参 考 资 料	223
第六章 光彩夺目的新光源	224
§ 6.1 激光产生原理与激光器结构	225
一、激光产生原理	225
二、激光简史和我国的激光技术	228
三、激光器的结构	229
四、激光器的种类	232
§ 6.2 激光的特性及应用	235
一、激光的主要特性	235
二、激光应用简介	236
* § 6.3 同步辐射光源的发现和特性	241
一、同步辐射的发现	241
二、中国科学家的贡献	243
三、同步辐射的特性	244
* § 6.4 同步辐射装置和应用简介	247
一、同步辐射光源的组成部分	247
二、同步辐射装置的发展	250
三、同步辐射应用简介	251

习 题	260
参 考 资 料	261

第七章 物理学与新材料	262
§ 7.1 物质结构的基础知识	263
一、元素是构成材料的最小单位	263
二、分子结构	263
三、晶体的结合类型和结构	266
四、晶体特性	268
五、非晶凝聚态物质	269
§ 7.2 半导体	271
一、什么是半导体	272
二、本征半导体和杂质半导体	274
三、半导体硅材料	275
四、半导体材料的应用简介	276
* § 7.3 超导材料	281
一、超导体的基本特性	281
二、库柏对和 BCS 理论	284
三、常规超导与高温超导	284
四、超导应用简介	286
* § 7.4 新型材料	287
一、先进陶瓷	287
二、新型金属	288
三、纳米材料	289
四、举世瞩目的 C_{60}	292
§ 7.5 原子的直接观察与操纵	294
一、扫描隧道显微镜	295
二、原子力显微镜	299
三、纳米加工和原子操纵	301

参考资料	303
* 第八章 信息技术	305
§ 8.1 信息和信息技术	305
一、信息的重要作用	305
二、信息技术发展的三个时期	306
§ 8.2 信息的获取	307
一、传感器技术	307
二、遥感技术及其分类	309
三、不同波段的三类遥感及其应用	310
§ 8.3 信息的传输	313
一、移动通信手段的发展	314
二、电子邮件	314
三、卫星通信	314
四、光纤通信	315
五、数字通信技术	316
§ 8.4 信息的处理和应用	317
一、信息的处理	317
二、信息技术的广泛应用	321
参考资料	322
第九章 物理学是能源科学的基础	323
§ 9.1 能源概况	324
一、能源及其分类	324
二、能源科学与物理学	324
三、能源与环境	325
四、能源危机	327
§ 9.2 能源利用和开发	327
一、热能及其到机械能的转换	328

二、电 能	331
三、机械能	332
四、太阳能	334
五、干净的氢能	336
§ 9.3 裂变反应堆——核电站	337
一、裂变发现及裂变能的释放	337
二、链式反应的可能性及可控性	340
三、可控链式反应的实现	341
四、核电站简介	344
五、核电的优势及发展概况	347
六、新一代核电站的研究开发	348
* § 9.4 可控热核聚变反应	349
一、如何实现自持的聚变反应	350
二、太阳中的热核聚变反应——引力约束	352
三、磁约束装置	353
四、惯性约束核聚变——激光核聚变	355
习 题	356
参 考 资 料	357

第十章 医学中的物理学

* § 10.1 生物电磁效应在诊断和治疗中的作用	359
一、生物电的发现	359
二、人体生物电的由来	359
三、心肌细胞的电兴奋和人工心脏起搏	360
四、生物磁现象	361
五、磁场与人体健康	362
§ 10.2 超声在医学上的应用	362
一、超声波的产生和接收	362
二、超声波的特性	363