



● 面向21世纪课程教材

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

(第二版)

复旦大学出版社

编者的话

今日之教育,仅仅用专业知识教育人是不够的。通过专业知识教育,学生可以学到有用的知识,但是不能成为和谐发展的人。当今世界科学技术以前所未有的速度发展,不同学科、不同专业领域相互交叉、渗透和融合的趋势更加明显,“专门化”教育模式越来越显出它的局限性。一些有识之士已经呼吁:为了避免出现社会可持续发展中的危机,当前一个刻不容缓的问题是消除现代文化中两种文化——科学文化和人文文化——之间的隔阂,而为加强这两方面的联系,没有比大学更加适合的场所了。只有当两种文化的隔阂在大学校园里加以弥合之后,我们才能对世界给出连贯而令人信服的描述。由此,强调全面素质教育,培养和谐发展的人才,已成为目前教育思想领域里提出的一个亟待解决的问题。而在教学内容中自觉地加强不同学科、不同专业知识的相互交叉、渗透,则是实现全面素质教育的重要一环。

但是,目前的教育状况与这种发展趋势严重的不适应。我国高中教育文理分科,使得文理界限分明,学生偏嗜现象严重。进入大学之后又偏重于专业知识教育,以致理科学生对人文、社会科学知识知之很少,文科学生对自然科学和技术科学了解不多,严重限制了他们今后的发展。

为了弥补以上所说的缺憾,我们从1995年起开始策划、组织编写这一套文化素质教育系列教材。经过多次邀请文理科教授参加“教学沙龙”的研讨,编写者取得如下共识:

编写者必须是具有学术造诣高,教学经验丰富,并热心于本类课程教学的教授、副教授,以保证这套教材具有较高质量,其中一部分能够成为经典教材。

本系列教材应该贯彻如下四方面的精神。其一,必须给人以准确的知识,并且在基本知识到位的基础上,在内容方面力求新颖,能够反映出20世纪科学技术和文化的最新成果;其二,给人以智慧和启迪,注重启发思考,激发创造精神;其三,给人以方法,努力从死记硬背、应试教育的模式中挣脱出来,给予思维法则的训练和科学方法的熏陶,坚持从个别到一般、一般到个别的认识规律,演绎与归纳并重;其四,给人以积极的进取精神,提倡献身科学技术和文化事业的精神,勇于探索,坚持真理,不怕挫折,锲而不舍。

本系列教材应努力做到既要有新颖的观点,又应有丰富的材料。不苛求全面、系统,但要有一定的涵盖面和完整性。允许作者对自己特别熟悉且有研究、有见解的部分多加发挥。力求写得深入浅出,使之除做教材之外,还适合自学阅读。教材一般附有参考书目和资料索引,以便为有进一步研究兴趣的学生提供深入学习的线索。

本系列教材最初以讲义形式印刷,必须先试讲两学期。与此同时,一方面听取修读该课程学生的意见,另一方面征求校内外专家、学者的意见,在此基础上修改定稿,正式出版。

《改变世界的物理学》是首批出版的本系列教材之一。恳请使用本系列教材的师生和广大读者提出批评建议,以便再版时修正。

复旦大学文化素质教育系列教材编委会

1998年4月于复旦大学

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、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	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	5
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	6
§ 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	9
§ 1.4 19 世纪物理学的成就和危机	10
一、电磁现象的研究	10
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	11
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	12
一、向微观世界和宇宙空间进军	12
二、向新事物和“复杂性”进军	13
三、物理学与高新技术	14
§ 1.6 物理学的社会教育和思想文化功能.....	16
一、科学的双重功能	16
二、物理学是“求真”的	17
三、物理学是“至善”的	17

四、物理学是“美”的	18
参 考 资 料	20
第二章 航天与力学	22
§ 2.1 万有引力定律的发现	23
一、牛 顿 生 平	23
二、月亮为什么不掉下来	24
三、万有引力定律的建立	26
四、海王星的发现	27
§ 2.2 宇宙速度与动量及机械能守恒	29
一、火箭推进原理与动量守恒定律	29
二、机械能守恒定律	32
三、三个宇宙速度	34
四、多 级 火 箭	37
§ 2.3 卫星运动与角动量守恒	39
一、人造地球卫星是怎样发射的	41
二、椭圆轨道与角动量守恒定律	43
三、失重现象及其解释	46
§ 2.4 人造地球卫星的应用	48
一、通 信 卫 星	48
二、气 象 卫 星	49
三、地球资源卫星	51
四、科学探测卫星	52
五、太 空 实 验	53
附录 2. A 火箭推进与齐奥尔科夫斯基公式	54
附录 2. B 人造地球卫星等航天器的返回	57
习 题	59
参 考 资 料	59
第三章 无处不在的波	61
§ 3.1 振 动	61
一、一个弹簧振子的振动	61

二、振动的描述	63
三、电(偶极)振子模型	64
§ 3.2 声 波	65
一、声波——纵波	65
二、波的描述	65
三、声压、声强级和噪声	67
§ 3.3 电磁波概述	68
一、电磁波发现的历史	68
二、电磁波谱	73
三、无线电波的产生	74
四、电磁波——横波	77
§ 3.4 光的反射、折射和全反射	77
一、惠更斯原理	77
二、镜面反射	77
三、两种媒质界面上光的折射和反射	78
四、全反射	81
§ 3.5 光的干涉、衍射和偏振	82
一、光的干涉	82
二、光的衍射和分辨本领	86
三、全息照相	88
四、有趣的偏振光	90
§ 3.6 无线电波、广播和电视	92
一、无线电波的传播	92
二、无线电广播	96
三、传真和电视	98
四、频带宽度、载波频率和频道数目的关系	99
§ 3.7 微波、雷达及其应用	100
一、微波通信	100
二、雷达、多普勒效应	100
三、微波能的利用	102
习 题	104
参 考 资 料	104

第四章 奇妙的有色和无色世界——光与物质的相互作用	105
§ 4.1 光的量子性	105
一、光电效应	105
二、康普顿效应	109
三、电子对效应	111
四、三种效应的相对重要性	112
五、光的“波粒二重性”	113
§ 4.2 量子能级间的跃迁和辐射谱	114
一、原子的定态和量子能级	114
二、能级间跃迁的玻尔公式	115
三、原子、分子和固体的光谱概述	116
§ 4.3 颜色从哪里来	119
一、光的三原色	119
二、色视觉	120
三、光与原子相互作用的振子模型	122
四、天空为什么是蓝色的	124
五、云为何是白色的	126
六、物质的颜色和光的吸收	127
§ 4.4 红外线与紫外线	128
一、红外线的产生和吸收	128
二、红外线的探测及其应用	131
三、紫外线的性质、应用及其防护	133
附录 4.A 黑体辐射	136
习 题	139
参 考 资 料	139
第五章 微观世界及其探索	141
§ 5.1 揭开研究微观世界序幕的三大发现	142
一、X射线的发现	142
二、放射性的发现	144
三、电子的发现	147
§ 5.2 原子结构	150

一、卢瑟福散射和原子核的发现	150
二、玻尔模型	153
三、电子的波粒二重性	160
四、粒子运动的测不准关系	163
§ 5.3 X射线与原子结构	164
一、X射线的产生和X射线谱	164
二、X射线的应用	168
§ 5.4 原子核的结构	169
一、中子的发现	169
二、一种新的相互作用力——核力	173
三、核能来源	174
四、 α , β 和 γ 放射性衰变	178
五、核子结构	181
六、神秘的反物质	183
* § 5.5 探索微观世界奥秘的近代技术	184
一、电子显微镜	185
二、质子激发X射线荧光分析(PIXE)	189
三、中子活化分析	191
四、高能电子散射和粒子对撞机	192
五、扫描隧道显微镜(STM)	194
六、原子力显微镜	198
习 题	200
参 考 资 料	201
第六章 光彩夺目的新光源	203
§ 6.1 激光产生原理与激光器结构	204
一、激光产生原理	204
二、激光简史和我国的激光技术	207
三、激光器的结构	208
四、激光器的种类	211
§ 6.2 激光的特性及应用	213
一、激光的主要特性	213

二、激光应用简介	214
* § 6.3 同步辐射光源的发现和特性	219
一、同步辐射的发现	219
二、中国科学家的贡献	221
三、同步辐射的特性	222
* § 6.4 同步辐射装置和应用简介	225
一、同步辐射光源的组成部分	225
二、同步辐射装置的发展	227
三、同步辐射应用简介	228
习 题	236
参 考 资 料	237
第七章 物理学与材料科学	238
§ 7.1 物质结构的基础知识	238
一、元素是构成材料的最小单位	239
二、分子的键型和构形	239
三、晶体的结合类型和结构	242
四、晶体特性	244
五、非晶凝聚态物质	245
§ 7.2 半 导 体	247
一、什么是半导体	247
二、本征半导体和杂质半导体	250
三、半导体硅材料	251
四、半导体材料的应用简介	252
§ 7.3 超 导 材 料	256
一、超导体的基本特性	256
二、常规超导与高温超导	259
三、超导应用简介	260
§ 7.4 新型磁功能材料	261
一、电子自旋	261
二、什么是巨磁电阻效应	262
三、产生巨磁电阻的基本原理	263

四、巨磁电阻效应的应用	264
* § 7.5 纳米材料与 C ₆₀ 结构	265
一、纳米材料	265
二、纳米加工与原子操纵	267
三、举世瞩目的 C ₆₀	270
* § 7.6 先进陶瓷与新型金属	271
一、先进陶瓷	271
二、新型金属	273
参考资料	273
* 第八章 信息技术	275
§ 8.1 信息和信息技术	275
一、信息的重要作用	275
二、信息技术发展的三个时期	276
§ 8.2 信息的获取	276
一、传感器技术	277
二、遥感技术及其分类	279
三、不同波段的三类遥感及其应用	281
§ 8.3 信息的传输	283
一、移动通信手段的发展	284
二、电子邮件	284
三、卫星通信	284
四、光纤通信	285
五、数字通信技术	286
§ 8.4 信息的处理和应用	287
一、信息的处理	287
二、信息技术的广泛应用	290
参考资料	291
第九章 物理学是能源科学的基础	292
§ 9.1 能源概况	292

一、能源及其分类	292
二、物理学与能源科学	293
三、能源与环境	294
四、能源危机	296
§ 9.2 能源利用和开发	296
一、热能及其到机械能的转换	297
二、电 能	300
三、机 械 能	300
四、太 阳 能	302
五、干净的氢能	304
§ 9.3 裂变反应堆——核电站	305
一、裂变发现及裂变能的释放	305
二、链式反应的可能性及可控性	308
三、可控链式反应的实现	308
四、核电站简介	311
五、核电的优势及发展概况	314
六、新一代核电站的研究开发	315
* § 9.4 可控热核聚变反应	316
一、如何实现自持的聚变反应	317
二、太阳中的热核聚变反应——引力约束	318
三、磁约束装置	320
四、惯性约束核聚变——激光核聚变	321
附录 9. A 空气质量监测与空气污染指数	322
习 题	323
参 考 资 料	324
第十章 医学中的物理学	325
* § 10.1 生物电磁效应在诊断和治疗中的作用	326
一、生物电的发现	326
二、人体生物电的由来	326
三、心肌细胞的电兴奋和人工心脏起搏	327
四、生物磁现象	328

五、磁场与人体健康	328
§ 10.2 超声在医学上的应用	329
一、超声波的产生和接收	329
二、超声波的特性	330
三、超声诊断	331
四、利用超声多普勒技术测量血流速度	332
五、超声治疗	333
§ 10.3 放射性药物在诊断和治疗中的应用	333
一、放射性的基本规律	334
二、短寿命核素的生产和保存	338
三、放射性药物用于诊断	339
四、放射性药物用于治疗	339
§ 10.4 激光在医学上的应用	340
一、激光的生物效应	340
二、激光刀用于切割(气化)或烧灼治疗	341
三、激光纤维内窥镜	342
四、低功率激光的医学应用	342
* § 10.5 神奇的粒子手术刀	343
一、 γ 刀	343
二、医用电子直线加速器	345
* § 10.6 CT技术和磁共振成像技术	345
一、从X射线摄影到XCT和ECT	345
二、磁共振成像	348
习 题	353
参 考 资 料	354
* 第十一章 生命科学与物理学	355
§ 11.1 什么是生命	356
一、对生命现象认识的发展	356
二、从细胞水平看生命	359
三、从分子水平看生命(DNA简介)	361

四、蛋白质	364
五、STM 和 AFM 技术在生命科学中的应用	364
§ 11.2 生命源于遗传信息	366
一、信使 RNA 分子和遗传密码	367
二、DNA 芯片	368
三、基因工程及其应用,克隆技术	369
附录 11. A 生物体是一个开放的具有自组织性的耗散结构	370
附录 11. B 细胞的大小	373
参 考 资 料	374
第十二章 相对论和宇宙	376
§ 12.1 陌生的高速世界	377
一、爱因斯坦的“追光实验”	377
二、时间(同时性)的相对性	378
三、高速旅行可以长寿吗	380
四、高速运动的物体会缩短吗	381
五、光速能够超越吗	383
§ 12.2 相对论动力学,质能关系	384
一、质量随速度而变化	384
二、改变世界的方程——质能关系式	385
* § 12.3 广义相对论简介	388
一、光线在太阳旁的偏折和空时弯曲	388
二、双星的引力辐射	389
§ 12.4 宇宙学大意	390
一、可观测宇宙的概貌	390
二、宇宙在膨胀——哈勃红移	393
三、早期宇宙的遗迹——3 开微波背景辐射	395
四、宇宙年龄的估计	396
五、大爆炸宇宙学(宇宙学的标准模型)	397
* § 12.5 恒星的诞生、演化及其归宿	400
一、星际物质和恒星的诞生	400