



面向 21 世纪 课程 教材
Textbook Series for 21st Century

物理学

上 卷 第三版

刘克哲 张承琚 编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

面向 21 世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

物 理 学

上 卷 第三版

刘克哲 张承琚 编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内容简介

本书是在其第二版的基础上修订而成的.原书是“面向 21 世纪课程教材”和普通高等教育“九五”国家教委重点教材,以该书为主讲教材的“物理学”课程被评为 2004 年度国家精品课程.本次修订根据教育部高等学校非物理类专业物理基础课程教学指导分委员会 2004 年制定的《理工科非物理类专业大学物理课程教学基本要求(讨论稿)》,从近代物理学的发展和要求出发,将相对论和量子力学等近代物理内容融合到教材中,使物理学近代发展的新成果与物理学基本原理有机地结合起来,并增添了有关天体和宇宙方面的知识.同时,为便于教学,本书保持了原教材深入浅出、紧贴教学实践和符合教学规律等特点,并适当降低了难度.与本书配套的有《物理学(第三版)学习指导书》、《物理学(第三版)电子教案》及网络虚拟课堂,通过书后所配学习卡上的账号、密码即可进入虚拟课堂学习.全书共计 20 章,分上、下两卷出版,本书为上卷.

本书可供理工科非物理类专业 110~140 学时的基础物理课程作为教材使用,也可供其他相关专业选用,并可供中学物理教师进修、自学使用.

图书在版编目(CIP)数据

物理学.上卷/刘克哲,张承琚编.—3 版.—北京:高等教育出版社,2005.6

ISBN 7-04-016560-0

I.物... II.①刘...②张... III.物理学—高等学校—教材 IV.O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 040021 号

策划编辑 刘 伟 责任编辑 钟金城 封面设计 张 楠 责任绘图 黄建英
版式设计 张 岚 责任校对 张 颖 责任印制 陈伟光

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000
经 销 北京蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京外文印刷厂

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>

开 本 787×960 1/16
印 张 24
字 数 440 000

版 次 1987 年 9 月第 1 版
2005 年 6 月第 3 版
印 次 2005 年 6 月第 1 次印刷
定 价 25.10 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 16560-00

第一版前言摘要

本书的原稿是编者在 1979—1984 年对山东大学生物系等非物理类专业讲课时使用的讲义.1984 年 10 月,在按照高等学校理科物理教材编审委员会决定召开的高等学校理科非物理类少学时物理学新编教材评选会议上,此讲义中选.会后,编者根据评选会议的意见对讲义进行了全面的修改.1985 年 5 月,原教育部委托北京大学、北京师范大学等七所高校的有关同志,对修改稿进行了复审.

评选会议所提出的 120 学时的物理学大纲是编者修改原稿的依据.按照这个大纲的要求,本书力求以简明、准确的语言阐述物理学中的原理、定律、定理和定义,引导、启发学生理解物理学的基本概念和基本规律.在保证全书必要的系统性、完整性和科学性的基础上,尽量以简短的篇幅反映物理学的主要内容.书中有 20% 左右的内容以“*”号标出,使用该教材的教师可根据实际情况,决定是否讲授.“*”部分内容无论讲授与否,都不影响全书的连贯性.

本书由北京师范大学梁绍荣教授和北京大学唐子健副教授担任主审工作,参加评选和审稿的还有内蒙古大学张纪生、云南大学罗新、华东师范大学余家荣、南京师范大学王庭珍和华中师范大学祝家清等同志.他们在评选时对原稿提出了十分详尽和具体的修改意见,在审稿时又提出了非常宝贵的建议.在本书的编写和修改过程中,得到了山东大学余寿绵教授、陈鹏万副教授、马伯福副教授和孟尔熹副教授的帮助和关心,在此谨向他们表示诚挚的谢意.

由于编者水平有限,书中难免存在错误和不当之处,希望使用本书的老师、同学和其他读者,随时提出宝贵意见.

刘克哲

1985 年 12 月

第二版前言摘要

本书第一版自 1987 年出版以来已经 12 年了,在这 12 年中,科学技术的飞速发展对人才的培养提出了更高、更新的要求.这就使非物理类专业的基础物理课程的教材,面临改革的迫切需要.为加速这种改革的进程,前国家教委决定对“高等教育面向 21 世纪理科非物理类专业基础物理教学内容和课程体系改革”进行立项研究,本教材的修订就是其中的一个子项目.

理科非物理类专业基础物理课程内容的改革,不仅要使经典物理学的基本内容与现代科学技术的发展相适应,还应增添包括相对论和量子力学在内的近代物理学的重要基本内容.要使修订后的教材既要包含充实的内容,又要有使用上的较大伸缩性;既要使内容和体系与 21 世纪的人才培养相适应,又要保持原书的基本风格、特色和形式,使使用过本教材的教师对修订后的教材不感到陌生.

本书修订版的审稿会于 1998 年 3 月 14 日至 15 日在山东大学举行,参加人员有北京大学高崇寿教授、北京师范大学梁绍荣教授、兰州大学高崇伊教授、北京大学陆果教授和高等教育出版社奚静平副编审.教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会主任委员高崇寿教授主持了审稿会.审稿会一致认为:“该教材修订版作为国家教委‘面向 21 世纪课程体系改革’的立项研究成果及国家教委重点教材,在这方面进行了十分有益的尝试,得到了与会者的肯定.”

审稿会一致建议,高等教育出版社尽快将该教材修订版作为“物理学面向 21 世纪课程教材”出版.

由于本人水平所限,书中难免存在不当之处和错误,希望读者给予批评指正.

刘克哲

1998 年 12 月

第三版前言

本教材的第二版出版至今已经五年了,在这五年中得到了越来越多师生的肯定,以其为主讲教材的“物理学”课程被评为 2004 年度国家精品课程.使用本教材的教师根据自己的教学体验和学生的具体情况,肯定了教材在内容现代化、体系的调整和贴紧教学实践等方面所作的努力,同时也对教材的进一步修改提出了一些宝贵的意见和建议.特别使我感动的是,兰州大学的高崇伊教授把这套教材的日臻完善当成自己的事,小到标点、措辞,大至物理思想、表述方式,或者提出修改建议,或者让我斟酌,五年来从未间断.本教材达到今天的样子,与他的帮助是分不开的,在此,谨向他鞠躬致敬!

在本教材修改期间,正遇上教育部高等学校非物理类专业物理基础课程教学指导分委员会在制定《理工科非物理类专业大学物理课程教学基本要求(讨论稿)》,并有幸参加了讨论.努力将教学基本要求贯穿到教材中去,也是这次修改的宗旨之一.

同时,考虑到进入到大学的理工科新生在物理程度上的差异,大学物理课程应该努力消除由于这种差异而对教学质量带来的影响.

这次修改具体体现在以下几个方面:

1. 为便于使用本教材的教师继续使用,全书在总体上不作大的变动.
2. 在第二版中是将刚体和流体放在同一章里的,即“第五章刚体和流体”.考虑到刚体和流体的研究方法不同,放在同一章里容易对读者产生误导.所以将刚体和流体分别放在两章里,改写成“第五章刚体力学”和“第六章流体力学”.
3. 为便于教师的讲授,在第三版中调整了一些章节的次序.例如,将“§ 11-5 磁场对电流的作用”和“§ 11-6 带电粒子在磁场中的运动”移到了“第十章”,放在“§ 10-5 磁介质的磁化”之前,并把第十一章的标题“电与磁的相互作用和相互联系”改为“电磁感应和麦克斯韦电磁理论”.
4. 删去过多、过难的数学运算和数学表达式,而代之以定性的物理表述.为此,删掉、合并或压缩了若干节,如 § 11-7、§ 15-2、§ 15-3、§ 15-6、§ 17-

10 和 § 17-11 等. 所以, 从总体上看, 修订后的第三版与第二版相比, 难度降低了.

5. 考虑到当前天体物理学和宇宙学方面的发展, 本教材增添了天体和宇宙方面的知识, 写成了“第二十章天体和宇宙”, 可以作为学生的阅读资料, 以期激发学生学习物理学的兴趣.

6. “几何光学基本定律”、“光在平面上的反射和折射”、“光在球面上的反射和折射”以及“薄透镜”, 在新制定的《理工科非物理类专业大学物理课程教学基本要求(讨论稿)》中列为基本要求. 所以在教材中增添了几何光学的基本内容.

随着现代教育技术手段在高校教学中的广泛应用, 仅靠一本平面纸质教材已无法满足新时代创新人才培养工作的需要. 为了充分发挥网络的优势和多媒体技术的先进表现手段, 本教材建设了配套的虚拟课堂, 通过书后所配学习卡上的账号、密码即可登录虚拟课堂, 获得浏览网络课程、名师答疑、网上交流、教学资源下载等服务.

在本书的修改过程中, 还得到了兰州大学李莉教授、南京大学柯善哲教授、山东大学何希庆教授、高等教育出版社胡凯飞、刘伟等先生的关心和帮助, 在此谨致以衷心的感谢和崇高的敬意.

由于作者水平所限, 书中难免存在不当之处和错误, 希望读者给予批评指正.

刘克哲 张承璐

2004 年 12 月

目 录

绪论	1
第一章 质点的运动	4
§ 1-1 质点和参考系	4
一、质点	4
二、参考系	5
§ 1-2 描述质点运动的物理量	5
一、时刻和时间	5
二、位置矢量	6
三、位移和路程	6
四、速度和速率	7
五、加速度	9
§ 1-3 描述质点运动的坐标系	11
一、直角坐标系	12
二、平面极坐标系	16
三、自然坐标系	19
§ 1-4 牛顿运动定律	21
一、牛顿第一定律	21
二、牛顿第二定律	22
三、牛顿第三定律	24
§ 1-5 力学中常见的力	25
一、万有引力	25
二、弹性力	28
三、摩擦力	31
§ 1-6 伽利略相对性原理	33
一、伽利略相对性原理	33

二、伽利略变换	34
三、惯性力	35
习题	39
第二章 机械能守恒定律	43
§ 2-1 功和功率	43
一、功	43
二、功率	45
§ 2-2 动能和动能定理	47
§ 2-3 势能	49
一、引力势能和重力势能	50
二、弹力势能	52
三、保守力	53
* 四、势能曲线	54
§ 2-4 机械能守恒定律	55
一、功能原理	56
二、机械能守恒定律	57
习题	62
第三章 动量守恒定律	65
§ 3-1 动量和动量定理	65
§ 3-2 质点系动量定理和质心运动定理	68
一、质点系动量定理	68
二、质心	70
三、质心运动定理	71
§ 3-3 动量守恒定律	71
§ 3-4 碰撞	74
一、碰撞现象	74
二、完全弹性碰撞	75
三、完全非弹性碰撞	76
* § 3-5 运载火箭的运动	77
习题	79
第四章 角动量守恒定律	81
§ 4-1 力矩	81
一、力矩的一般意义	81
二、力对轴的力矩	82
§ 4-2 质点角动量守恒定律	84

一、角动量	84
二、角动量定理	85
三、质点角动量守恒定律	86
* § 4-3 质点系角动量守恒定律	88
习题	90
第五章 刚体力学	92
§ 5-1 刚体的运动	92
一、平动和转动	92
二、刚体的定轴转动	93
§ 5-2 刚体动力学	94
一、刚体的转动动能	94
二、刚体的转动惯量	95
三、力矩作的功	98
四、动能定理	100
五、转动定理	100
§ 5-3 定轴转动刚体的角动量守恒定律	103
一、刚体对转轴的角动量	103
二、刚体对转轴的角动量定理	104
三、刚体对转轴的角动量守恒定律	104
§ 5-4 固体的形变和弹性	106
一、固体在外力作用下的一般情形	106
二、固体的弹性形变	107
习题	108
第六章 流体力学	111
§ 6-1 流体的压强	111
§ 6-2 理想流体及其连续性方程	113
一、关于理想流体的几个概念	113
二、理想流体的连续性方程	114
§ 6-3 伯努利方程	116
§ 6-4 黏性流体的运动	119
一、流体的黏性	119
二、黏性流体的运动规律	122
* 三、泊肃叶定律	123
* 四、湍流和雷诺数	123
* 五、斯托克斯黏性公式	124

习题	125
第七章 振动和波动	128
§ 7-1 简谐振动	128
一、简谐振动的基本特征	128
二、描述简谐振动的特征量	130
三、简谐振动的矢量图解法和复数解法	131
四、简谐振动的能量	134
§ 7-2 简谐振动的叠加	136
一、同一直线上两个同频率简谐振动的合成	136
二、同一直线上两个频率相近的简谐振动的合成	138
三、两个互相垂直的简谐振动的合成	140
四、振动的分解	143
§ 7-3 阻尼振动、受迫振动和共振	145
一、阻尼振动	145
二、受迫振动	146
三、共振	148
§ 7-4 关于波动的基本概念	149
一、波的产生和传播	149
二、横波和纵波	149
三、波线和波面	150
四、波速、波长以及波的周期和频率	151
五、波动所遵从的基本原理	152
§ 7-5 简谐波	153
§ 7-6 波动方程和波的能量	157
一、一维波动方程	157
二、波的能量	159
三、波的能流和能流密度	161
§ 7-7 波的干涉	162
一、波的干涉现象和规律	162
二、驻波	164
§ 7-8 多普勒效应	167
一、多普勒效应	167
二、冲击波	170
* § 7-9 声波、超声波和次声波	170
一、声波	170

二、超声波和次声波	174
习题	176
第八章 狭义相对论	180
§ 8-1 狭义相对论的基本原理	180
一、伽利略变换与经典时空观念	180
二、狭义相对论产生的背景和条件	181
三、狭义相对论的基本原理	182
§ 8-2 狭义相对论的时空观	185
一、同时性的相对性	185
二、时间延缓效应	186
三、长度收缩效应	186
四、速度变换法则	187
§ 8-3 狭义相对论动力学	189
一、质速关系	189
二、相对论动力学基本方程	191
三、质能关系	191
四、能量-动量关系	193
习题	194
第九章 气体、固体和液体的基本性质	195
§ 9-1 气体动理论和理想气体模型	195
一、气体的分子状况	195
二、理想气体模型	197
三、理想气体状态的描述	198
§ 9-2 理想气体的压强和温度	200
一、理想气体的压强公式	200
二、热力学第零定律	202
三、温度的微观解释	202
§ 9-3 理想气体的内能	204
一、分子运动自由度	205
二、能量均分定理	206
三、理想气体的内能	207
§ 9-4 麦克斯韦速率分布律	208
一、麦克斯韦速率分布律	208
二、用速率分布函数求分子速率的统计平均值	210
* 三、麦克斯韦速率分布律的实验验证	211

* § 9-5 范德瓦耳斯方程	212
一、范德瓦耳斯方程的导出	212
二、范德瓦耳斯等温线和临界点	215
§ 9-6 气体内的输运过程	217
一、气体分子的碰撞频率和平均自由程	217
二、黏性	219
三、热传导	222
四、扩散	223
§ 9-7 固体的性质及晶体结构的一般概念	225
一、固体的一般性质	225
二、关于晶体结构的一些概念	226
§ 9-8 晶体中粒子的相互作用	228
一、晶体的结合	228
二、结合力的共同特征	231
§ 9-9 非晶态固体的结构 and 应用	233
一、非晶态固体的微观结构	233
二、非晶态固体的应用	235
§ 9-10 液体和液晶的微观结构	237
一、液体的微观结构	237
二、液晶的类型和结构	239
§ 9-11 液体的表面性质	240
一、表面张力	240
二、弯曲液面下的附加压强	242
三、与固体接触处液面的性质	244
四、毛细现象	244
习题	246
第十章 电荷和静电场	250
§ 10-1 电荷和库仑定律	250
一、电荷	250
二、库仑定律	252
§ 10-2 电场和电场强度	254
一、电场	254
二、电场强度	254
三、电场强度的计算	255
§ 10-3 高斯定理	260

一、电场线	260
二、电通量	261
三、高斯定理	264
§ 10-4 电势及其与电场强度的关系	268
一、静电场属于保守场	268
二、电势能、电势差和电势	270
三、电势的计算	271
四、等势面	272
五、电势与电场强度的关系	273
§ 10-5 静电场中的金属导体	276
一、金属导体的静电平衡	276
二、导体表面的电荷和电场	278
三、导体空腔	279
四、导体静电平衡性质的应用	280
§ 10-6 电容和电容器	283
一、孤立导体的电容	283
二、电容器	284
三、电容的计算	284
四、电容器的联接	286
§ 10-7 静电场中的电介质	287
一、电介质的极化	287
二、极化强度矢量	288
三、极化强度与极化电荷的关系	288
四、极化电荷对电场的影响	290
五、电介质存在时的高斯定理	291
六、边界条件	293
§ 10-8 静电场的能量	296
习题	299
第十一章 电流和恒磁场	304
§ 11-1 恒定电流条件和导电规律	304
一、电流强度和电流密度	304
二、电流的连续性方程和恒定电流条件	306
三、导体的电阻	306
四、导体的电阻率	308
五、欧姆定律	309

六、电功率和焦耳定律	309
七、电动势	310
§ 11-2 磁场和磁感应强度	311
一、磁现象	311
二、磁感应强度	312
三、磁感应线和磁通量	314
§ 11-3 毕奥-萨伐尔定律	315
§ 11-4 磁场的高斯定理和安培环路定理	318
一、磁场的高斯定理	318
二、安培环路定理	318
§ 11-5 磁场对电流的作用	322
一、安培定律	322
二、两平行长直电流之间的相互作用	322
三、磁场对载流线圈的作用	323
§ 11-6 带电粒子在磁场中的运动	325
一、洛伦兹力和粒子的运动方程	325
二、带电粒子在匀强磁场中的运动	326
三、带电粒子比荷的测定	327
四、霍耳效应	329
五、电子感应加速器	333
§ 11-7 磁介质的磁化	333
一、物质磁性的概述	333
二、磁化的磁介质内的磁感应强度	335
三、磁化强度与磁化电流的关系	336
四、有磁介质存在时的安培环路定理	338
五、边界条件	339
* § 11-8 抗磁性	340
§ 11-9 铁磁性	342
一、自发磁化强度	343
二、居里温度	343
三、铁磁体内的磁畴结构	343
四、磁滞现象	344
习题	345
习题答案	349
附录	361

(一) 物理学常用常量	361
(二) 矢量分析中的常用关系式	362
(三) 国际单位制的有关规定	363

绪 论

一、物理学是整个自然科学的基础

物理学是研究包括机械运动、热运动、电磁运动、原子、原子核和粒子运动在内的物质运动最基本形态,以及它们之间相互转化的一门基础学科.物理学的研究目的在于认识这些运动形态的基本性质和相互转化规律,揭示物质的不同层次的内部结构.

物理学所研究的物质最基本运动形态,普遍地存在于物质的复杂运动形态之中.所以,了解物质运动最基本形态的规律,是深刻认识复杂运动的起点和基础.物理学也因此而成为自然科学和工程技术中众多学科的理论基础或支柱.

物理学所研究的(基本)粒子,构成了一切人造的和天然物质,包括各种微观粒子、原子、分子、无机物、矿物、星云、天体、宇宙、地球、陆地、大气、海洋、有机物、蛋白质、基因和生命等,而这些,分别是物理学自身和其他各门自然学科的研究对象.

物理学的基本概念、基本规律和基本研究方法,以及根据物理学原理设计制造的各种测量仪器设备,已经广泛地应用于所有自然科学的各个学科之中,推动了各学科领域和技术部门的飞速发展.物理学对自然现象和分析方法和定量描述方法,以及较为系统和完整的物理学理论体系的建立过程,对自然科学中其他学科也都起到借鉴作用.从事不同专业工作的读者都可以从中受到启迪,以便在自己的专业领域里进行创造性的工作.

由于物理学规律的普遍性和基本性,致使物理学与其他自然学科越来越广泛、越来越密切的结合,从而在物理学与其他自然学科之间形成了一系列派生分支学科和交叉学科,如空间物理、天体物理和宇宙学、大气物理、气象物理、海洋物理、地球物理、生物物理、计算物理、物理化学、量子生物学、量子化学和量子电子学等,从而促使整个自然科学更加迅速地发展.

近代物理学的研究之深入和渗透之广泛已经达到了这样的程度,以至它对整个自然科学领域、一切工程技术部门和人类文明生活的发展,产生了并将继续产生着不可估量的巨大影响.

因此我们可以毫不夸张地说,物理学是整个自然科学的基础.