



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



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

物理学

(第四版) 上卷

Physics



刘克哲 张承琚 编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS



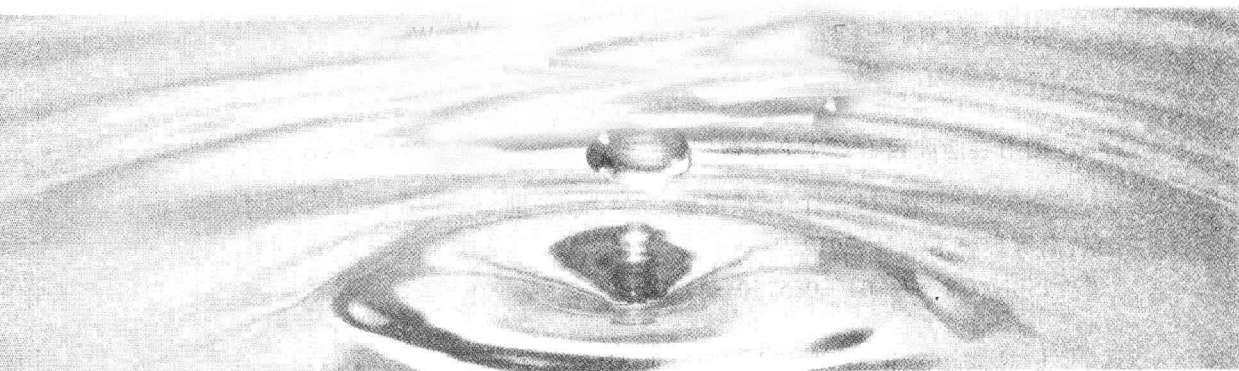
面向 21 世纪 课 程 教 材
Textbook Series for 21st Century



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

物 理 学

(第四版) 上 卷



刘克哲 张承琚 编



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容简介

本书第三版是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,第二版是“面向21世纪课程教材”。以本书第二版为主讲教材的“物理学”课程被评为2004年度国家精品课程。本书根据教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会编制的《理工科非物理类专业大学物理课程教学基本要求》,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。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。与本书配套的有学习指导书、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20章,分上、下卷出版,本书为上卷。

本书可供理工科非物理类专业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.--4版.--北京:高等教育出版社,2012.7
ISBN 978-7-04-035730-1

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

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第132428号

策划编辑 郭亚嫒	责任编辑 郭亚嫒	封面设计 张楠	版式设计 马敬茹
插图绘制 黄建英	责任校对 胡晓琪	责任印制 田甜	

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 100120
印刷 北京宏伟双华印刷有限公司
开本 787mm×960mm 1/16
印张 24.5
字数 440千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

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>
版 次 1987年9月第1版
2012年7月第4版
印 次 2012年7月第1次印刷
定 价 34.20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 35730-00

前 言

本书第一版自 1987 年出版以来已经 25 年了,在这 25 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。特别使我们感动的是,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,或者让我们斟酌,多年来从未间断。本教材达到今天的样子,与他的帮助是分不开的。在此,谨向他鞠躬敬意!

在本教材修订期间,正遇上教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会编制并实施《理工科非物理类专业大学物理课程教学基本要求》,笔者有幸参加了其中的工作,并以该教学基本要求为依据指导了本教材的修订。考虑到使用本教材的教师使用方便,本书在历次修订中总体上不作大的变动,而仅从教学需要出发,对个别章节略作调整,例如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设为“第五章刚体力学”和“第六章流体力学”。为便于教师的讲授,将“磁场对电流的作用”和“带电粒子在磁场中的运动”放在“磁介质的磁化”之前。按照新制定的《理工科非物理类专业大学物理课程教学基本要求》,本书将“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”列为基本教学内容。

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帐号,密码即可登录虚拟课堂,获得浏览网络课堂,名师答疑,网上交流,教学

资源下载等服务。

在本书的完善过程中,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、郭亚嫫等编辑的关心和帮助。在此谨致以衷心的感谢和崇高的敬意。

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 张承璐

2012年5月

目 录

绪论.....	1
第一章 质点运动	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	10
§ 1-3 描述质点运动的坐标系	12
一、直角坐标系	12
二、平面极坐标系	16
三、自然坐标系	20
§ 1-4 牛顿运动定律	22
一、牛顿第一定律	22
二、牛顿第二定律	23
三、牛顿第三定律	25
§ 1-5 力学中常见的力	25
一、万有引力	26
二、弹性力	29
三、摩擦力	32

§ 1-6 伽利略相对性原理	34
一、伽利略相对性原理	34
二、伽利略变换	35
三、惯性力	37
习题	40
第二章 机械能守恒定律	45
§ 2-1 功和功率	45
一、功	45
二、功率	47
§ 2-2 动能和动能定理	49
§ 2-3 势能	52
一、引力势能和重力势能	52
二、弹力势能	54
三、保守力	55
* 四、势能曲线	56
§ 2-4 机械能守恒定律	58
一、功能原理	58
二、机械能守恒定律	59
习题	64
第三章 动量守恒定律	67
§ 3-1 动量和动量定理	67
§ 3-2 质点系动量定理和质心运动定理	70
一、质点系动量定理	70
二、质心	72
三、质心运动定理	73
§ 3-3 动量守恒定律	73
§ 3-4 碰撞	76
一、碰撞现象	76
二、完全弹性碰撞	77
三、完全非弹性碰撞	78
* § 3-5 运载火箭的运动	79
习题	81

第四章 角动量守恒定律	84
§ 4-1 力矩	84
一、力矩的一般意义	84
二、力对轴的力矩	85
§ 4-2 质点角动量守恒定律	87
一、角动量	87
二、角动量定理	88
三、质点角动量守恒定律	89
* § 4-3 质点系角动量守恒定律	91
习题	93
第五章 刚体力学	95
§ 5-1 刚体的运动	95
一、平动和转动	95
二、刚体的定轴转动	96
§ 5-2 刚体动力学	97
一、刚体的转动动能	97
二、刚体的转动惯量	98
三、力矩作的功	101
四、动能定理	103
五、转动定理	103
§ 5-3 定轴转动刚体的角动量守恒定律	106
一、刚体对转轴的角动量	106
二、刚体对转轴的角动量定理	107
三、刚体对转轴的角动量守恒定律	107
§ 5-4 固体的形变和弹性	109
一、固体在外力作用下的一般情形	109
二、固体的弹性形变	110
习题	111
第六章 流体力学	114
§ 6-1 流体的压强	114
§ 6-2 理想流体及其连续性方程	116
一、关于理想流体的几个概念	116
二、理想流体的连续性方程	117

§ 6-3 伯努利方程	119
§ 6-4 黏性流体的运动	122
一、流体的黏性	122
二、黏性流体的运动规律	125
* 三、泊肃叶定律	126
* 四、湍流和雷诺数	127
* 五、斯托克斯黏性公式	127
习题	128
第七章 振动和波动	131
§ 7-1 简谐振动	131
一、简谐振动的基本特点	131
二、描述简谐振动的特征量	133
三、简谐振动的矢量图解法和复数解法	134
四、简谐振动的能量	137
§ 7-2 简谐振动的叠加	139
一、同一直线上两个同频率简谐振动的合成	139
二、同一直线上两个频率相近的简谐振动的合成	141
三、两个互相垂直的简谐振动的合成	144
* 四、振动的分解	147
§ 7-3 阻尼振动、受迫振动和共振	148
一、阻尼振动	148
二、受迫振动	150
三、共振	151
§ 7-4 关于波动的基本概念	152
一、波的产生和传播	152
二、横波和纵波	153
三、波线和波面	154
四、波速、波长以及波的周期和频率	154
五、波动所遵从的基本原理	156
§ 7-5 简谐波	157
§ 7-6 波动方程和波的能量	161
* 一、一维波动方程	161
二、波的能量	164

三、波的能流和能流密度	165
§ 7-7 波的干涉	166
一、波的干涉现象和规律	166
二、驻波	168
§ 7-8 多普勒效应	171
一、多普勒效应	171
* 二、冲击波	174
* § 7-9 声波、超声波和次声波	175
一、声波	175
二、超声波和次声波	179
习题	181
第八章 狭义相对论	185
§ 8-1 狭义相对论的基本原理	185
一、伽利略变换与经典时空观念	185
二、狭义相对论产生的背景和条件	186
三、狭义相对论的基本原理	188
§ 8-2 狭义相对论的时空观	190
一、同时性的相对性	190
二、时间延缓效应	191
三、长度收缩效应	192
四、速度变换法则	193
§ 8-3 狭义相对论动力学	194
一、质速关系	195
二、相对论动力学基本方程	196
三、质能关系	197
四、能量-动量关系	198
习题	199
第九章 气体、固体和液体的基本性质	201
§ 9-1 气体动理论和理想气体模型	201
一、气体的分子状况	201
二、理想气体模型	203
三、理想气体状态的描述	204
§ 9-2 理想气体的压强和温度	206

一、理想气体的压强公式	206
二、热力学第零定律	208
三、温度的微观解释	209
§ 9-3 理想气体的内能	211
一、分子运动自由度	211
二、能量均分定理	212
三、理想气体的内能	213
§ 9-4 麦克斯韦速率分布律	215
一、麦克斯韦速率分布律	215
二、用速率分布函数求分子速率的统计平均值	217
* 三、麦克斯韦速率分布律的实验验证	218
* § 9-5 范德瓦耳斯方程	219
一、范德瓦耳斯方程的导出	219
二、范德瓦耳斯等温线和临界点	222
§ 9-6 气体内的输运过程	224
一、气体分子的碰撞频率和平均自由程	224
二、黏性	226
* 三、热传导	229
* 四、扩散	230
§ 9-7 固体的性质及晶体结构的一般概念	232
一、固体的一般性质	232
二、关于晶体结构的一些概念	233
§ 9-8 晶体中粒子的相互作用	235
一、晶体的结合	236
* 二、结合力的共同特征	239
§ 9-9 非晶态固体的结构和应用	241
* 一、非晶态固体的微观结构	241
二、非晶态固体的应用	244
§ 9-10 液体和液晶的微观结构	245
一、液体的微观结构	245
* 二、液晶的类型和结构	246
§ 9-11 液体的表面性质	248
一、表面张力	248
二、弯曲液面下的附加压强	250

三、与固体接触处液面的性质	252
四、毛细现象	252
习题	254
第十章 电荷和静电场	258
§ 10-1 电荷和库仑定律	258
一、电荷	258
二、库仑定律	260
§ 10-2 电场和电场强度	262
一、电场	262
二、电场强度	262
三、电场强度的计算	263
§ 10-3 高斯定理	268
一、电场线	268
二、电通量	270
三、高斯定理	272
§ 10-4 电势及其与电场强度的关系	276
一、静电场属于保守场	276
二、电势能、电势差和电势	277
三、电势的计算	279
四、等势面	280
五、电势与电场强度的关系	281
§ 10-5 静电场中的金属导体	284
一、金属导体的静电平衡	284
二、导体表面的电荷和电场	286
三、导体空腔	287
四、导体静电平衡性质的应用	288
§ 10-6 电容和电容器	291
一、孤立导体的电容	291
二、电容器	292
三、电容的计算	292
四、电容器的联接	294
§ 10-7 静电场中的电介质	295
一、电介质的极化	295

二、极化强度矢量	296
三、极化强度与极化电荷的关系	296
四、极化电荷对电场的影响	298
五、电介质存在时的高斯定理	300
六、边界条件	301
§ 10-8 静电场的能量	304
习题	307
第十一章 电流和恒磁场	312
§ 11-1 恒定电流条件和导电规律	312
一、电流强度和电流密度	312
二、电流的连续性方程和恒定电流条件	314
三、导体的电阻	315
四、导体的电阻率	316
五、欧姆定律	317
六、电功率和焦耳定律	317
七、电动势	318
§ 11-2 磁场和磁感应强度	319
一、磁现象	319
二、磁感应强度	320
三、磁感应线和磁通量	322
§ 11-3 毕奥-萨伐尔定律	323
§ 11-4 磁场的高斯定理和安培环路定理	326
一、磁场的高斯定理	326
二、安培环路定理	327
§ 11-5 磁场对电流的作用	330
一、安培定律	330
二、两平行长直电流之间的相互作用	330
三、磁场对载流线圈的作用	332
§ 11-6 带电粒子在磁场中的运动	334
一、洛伦兹力和粒子的运动方程	334
二、带电粒子在匀强磁场中的运动	335
三、带电粒子比荷的测定	336
四、霍耳效应	338

* 五、电子感应加速器	341
§ 11-7 磁介质的磁化	342
一、物质磁性的概述	342
二、磁化的磁介质内的磁感应强度	343
三、磁化强度与磁化电流的关系	345
四、有磁介质存在时的安培环路定理	346
五、边界条件	348
* § 11-8 抗磁性	349
§ 11-9 铁磁性	351
一、自发磁化强度	352
二、居里温度	352
三、铁磁体内的磁畴结构	352
四、磁滞现象	353
习题	354
习题答案	359
附录	371
(一) 物理学常用常量	371
(二) 矢量分析中的常用关系式	372
(三) 国际单位制的有关规定	374

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的物质,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,从而推动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.

二、物理学的发展与社会生产力的提高是相辅相成的

物理学既是伴随人类的生存、生产活动一起发展起来的,同时也是科学技术和发展的巨大推动力。

物理学作为一门独立的学科始于 17 世纪初至 17 世纪 80 年代。伽利略(G. Galilei, 1564—1642)、开普勒(J. Kepler, 1571—1630)等人对天体运动的长期观测和分析,经牛顿(I. Newton, 1643—1727)的总结和数学成果的应用,导致了经典力学体系的建立。到 18 世纪 60 年代,力学和热力学的发展及其与生产的结合,使蒸汽机得到改进和推广,引起了人类历史上第一次产业革命。到 19 世纪中、后叶,法拉第(M. Faraday, 1791—1867)、楞次(Э. Х. Ленц, 1804—1865)、麦克斯韦(J. C. Maxwell, 1831—1879)以及赫兹(H. R. Hertz, 1857—1894)等人在电磁学方面的研究成果,导致了电力的应用,各种电机、电器的成功研制,无线电通讯的实现,成为第二次产业革命的标志。

进入 20 世纪以来,普朗克(M. Planck, 1858—1947)、爱因斯坦(A. Einstein, 1879—1955)、海森伯(W. K. Heisenberg, 1901—1976)、薛定谔(E. Schrodinger, 1887—1961)和狄拉克(P. A. M. Dirac, 1902—1984)等人在相对论和量子力学等方面的研究成果,使人类的认识从宏观世界到微观世界、从低速运动到高速运动发生了重大突破。人类不仅释放并获得了核能,解决了原子结构、元素周期性和化学键等重大课题,并且对固体和液体内部微观粒子的运动规律作了成功的描述,成为材料科学的理论依据,促使新材料、新器件、新能源、新的通信和控制手段竞相涌现。电子计算机的广泛应用,从根本上改变了生产活动和科学研究的面貌,这些都为人类社会的又一次产业革命提供了物质基础。

三、物理学的基本研究方法

物理学是一门理论与实验密切结合的学科,它的每一个原理和定律,都是在对大量实验事实和所测得的数据进行分析、处理和总结之后提出的。所谓物理现象的规律性就是由这些原理、定律或定理来反映的,而物理学原理、定律和定理则表征了相应物理现象中若干物理量之间的关系。所以,对于一个现象或一个过程,物理学常常根据实验、观测去寻找或定义一定的物理量,再通过实验、观测去确定这些物理量之间的联系。对于有些比较复杂的现象或过程,常常为分析的方便,将主要矛盾突出,将次要矛盾忽略,而代之以一个理想化的模型,从中得出现象或过程的规律。然后,将所得规律再回到实验中去,与实验结果相比较,观察其正确程度,并进行必要的修正。诸如质点、刚体、完全弹性碰撞、理想流体、理想气体、简谐振动、简谐波、点电荷、可逆过程和黑体等,都是为此目的而引入的理想

化模型. 实践表明, 这是一种科学的、成功的研究方法.

引入或定义一个物理量, 必须做到两点, 一是规定一种测量这个物理量的方法或标准, 二是给它规定一种量度的单位. 目前国际上已选定了七个物理量作为基本量, 规定了它们的测量方法和单位, 在此基础上建立了国际单位制(SI) [见附录(三)]. 物理学中其他量的单位都是基本单位的导出单位.

从数学角度而言, 在基础物理课程中物理量大致可分为两类. 其中一类是标量, 在这类物理量中还可以分成两种: 一种只具有正值, 如质量、速率、动能、温度和频率等; 另一种则既有正值, 也有负值, 如电流强度、电动势、功和电荷量等. 标量物理量的计算遵从代数运算定则. 另一类是矢量, 这类物理量不仅有大小的不同, 还有方向的差异, 如力、位移、电场强度和能流密度等. 矢量物理量的计算遵从平行四边形定则. 当某矢量物理量只具有正、反两个方向时, 可以把它看作为标量, 并可用代数法则进行运算. 但在一般情况下, 必须注意矢量物理量的方向性. 在物理学中还会遇到一种被称为张量的物理量, 它是在一定坐标系之下由若干个数值组成矩阵来表示的物理量, 如各向异性的电介质的极化率、铁磁质的磁化率和弹性体的应力等, 它们遵从矩阵的运算法则. 张量物理量在一般基础物理教材中涉及甚少.

鉴于物理学的自身特点, 学习物理学必须正确理解物理学理论和概念, 掌握现象和过程的物理图像, 弄清定律和定理的成立条件、适用范围和应用方法. 通过物理课程的学习, 可以在实验研究能力、计算演绎能力和抽象思维能力等方面得到严格训练, 从而提高提出问题、分析问题和解决问题的本领.

在物理学所研究的物质运动形态中, 机械运动是最简单的, 而且理解和掌握它的规律, 是深入学习物理学的基础. 所以, 本着由浅入深、由简单到复杂的作法, 我们的课程也就从讨论机械运动开始, 然后逐步对振动和波动、分子物理学、电磁学、光学、量子力学、热力学和统计物理学、原子、原子核和粒子物理学等进行讨论和学习.