



普通高等教育农业部“十二五”规划教材
全国高等农林院校“十二五”规划教材

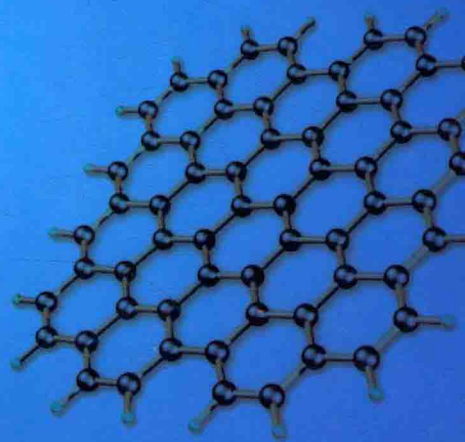
GENERAL PHYSICS

普通物理学

普通高等教育“十一五”国家级规划教材修订版

精编版

曹学成 武秀荣◎主编



 中国农业出版社

普通高等教育农业部“十二五”规划教材
全国高等农林院校“十二五”规划教材

普通物理学

精编版

普通高等教育“十一五”国家级规划教材修订版

理工类

曹学成 武秀荣 主编



中国农业出版社

图书在版编目(CIP)数据

普通物理学：精编版 / 曹学成，武秀荣主编. —
北京：中国农业出版社，2013.2

普通高等教育农业部“十二五”规划教材 全国高等
农林院校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-109-17422-1

I. ①普… II. ①曹… ②武… III. ①普通物理学-
高等学校-教材 IV. ①O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 308898 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

策划编辑 薛 波

文字编辑 薛 波

北京通州皇家印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2013 年 2 月第 1 版 2013 年 2 月北京第 1 次印刷

开本：787mm×1092mm 1/16 印张：28.25

字数：682 千字

定价：45.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误，请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本教材是普通高等教育“十一五”国家级规划教材《普通物理学》(上册、下册)(习岗主编)及其修订版(武秀荣、曹学成主编)的精编版,为满足国内高校目前许多理工类专业对少学时教材的需求而编写。此书为普通高等教育农业部“十二五”规划教材、全国高等农林院校“十二五”规划教材,包括力学、热学、电磁学、机械振动与波动、光学和近代物理基础6篇共15章内容,并且还将出版配套的《普通物理学学习指导》。

本书比较系统地阐述了物理学基础理论,同时吸纳了物理学与现代高新技术密切联系的知识,为每章编写了拓展阅读专题,如基本粒子、宇宙的加速膨胀、GPS导航系统、生命探测器、巨磁电阻效应、二维纳米材料石墨烯、广义相对论等近代物理理论及应用和近几年获得诺贝尔物理学奖的项目,尽力反映物理学的新思想和新技术。全书系统完整,阐述清晰,主线突出,精选了例题、思考题和习题,具有较强的时代性和较宽的适用面。

本书可作为各类高等院校理工类专业的大学物理学公共基础课教材或教学参考书,同时对农林、生命科学类专业学生和科技工作者也有参考价值。

编写人员

- 主 编 曹学成 (山东农业大学)
武秀荣 (山西农业大学)
- 副主编 姜永超 (青岛农业大学)
汤剑锋 (湖南农业大学)
姜贵君 (山东农业大学)
- 参 编 鲍钢飞 (山东农业大学)
高 峰 (山东农业大学)
丛晓燕 (山东农业大学)
周海亮 (山东农业大学)
秦羽丰 (山东农业大学)
吕 刚 (山东农业大学)
段智英 (山西农业大学)
郭 锐 (山西农业大学)
于建世 (山西农业大学)
徐进栋 (青岛农业大学)
刘 杰 (青岛农业大学)
张志广 (青岛农业大学)
龙卧云 (湖南农业大学)
欧阳锡城 (湖南农业大学)
王青如 (聊城大学)
墨蕊娜 (塔里木大学)
楚合营 (塔里木大学)
侯志青 (河北农业大学)
- 主 审 习 岗 (西安理工大学)

前言

本书依据教育部高等农林院校理科基础课程教学指导委员会制定的《理工科类本科物理学课程教学基本要求》，在习岗主编的普通高等教育“十一五”国家级规划教材《普通物理学》（第一版）和武秀荣、曹学成主编的《普通物理学》（第二版）的基础上，吸取了国内外同类教材的优点，结合作者多年从事大学物理教学的经验编写而成。

本教材为普通高等教育农业部“十二五”规划教材、全国高等农林院校“十二五”规划教材，得到了山东省教育厅“高等学校基础学科建设专项资金”、山东省研究生教育创新计划项目（SDYY08048）、山东省高等学校教学改革立项项目（2009282）、中华农业科教基金教材建设研究项目（NKJ201202005、NKJ201202024）、山东农业大学教育教学研究课题（山农大办字〔2012〕78号）等的资助。

该书为高等农林院校理科、工科各专业大学物理公共基础课教材。作为《普通物理学》（上册、下册）的精编版，编者对一些物理理论的讲解采用更简洁而又不失严密性的方法，对原书中的例题、习题做了精选调整，既保留了理工科教材的理论体系，又避免了学生学习起来艰涩难懂。全书共分质点运动学、质点动力学、刚体力学、流体力学、气体动理论、热力学、静电场、恒定电流、稳恒磁场、电磁感应与电磁场、机械振动、波动、波动光学、狭义相对论、量子力学基础 15 章内容，编写计划学时为 60~80 学时，拓展阅读专题 16 篇。本书力求做到在保持基本教学内容的前提下，努力扩大信息量，积极引进物理学研究的新思想、新技术和新成果，如基本粒子、宇宙的加速膨胀及宇宙大爆炸模型、GPS 导航系统、生命探测器、巨磁电阻效应、纳米科学技术、扫描隧道显微镜、相对论时空观、量子论等，使读者能接触现代高新科技的发展脉搏和现代物理的前沿课题，给学生提供了知识扩展空间，注重了对学生科学素质和创新能力的培养。本书的另一编写特色是在讲述物理学基本知识内容的同时，

插入了“知识链接”板块，引入了一些物理科技在工农业方面的应用，以及一些科学史中的人文佚事、科学思想的述评，体现物理学中的人文精神，使教材既生动有趣，又能反应物理学的进展对人类社会生产力发展所产生的巨大推动作用。

本书前言、绪论及附录由曹学成、吕刚编写；第一篇力学由武秀荣、曹学成、姜贵君、王青如、段智英、周海亮、郭锐编写；第二篇热学由姜永超、曹学成、徐进栋、张志广、高峰编写；第三篇电磁学由曹学成、高峰、鲍钢飞、于建世、侯志青、墨蕊娜编写；第四篇机械振动与波动由汤剑锋、丛晓燕、龙卧云、欧阳锡城、秦羽丰编写；第五篇光学由汤剑锋、姜贵君、楚合营编写；第六篇近代物理基础由曹学成、姜永超、鲍钢飞、刘杰编写。最后由曹学成教授、武秀荣教授负责全书的修改与定稿工作。

西安理工大学习岗教授仔细审阅了此书，并提出了许多宝贵意见。中国农业出版社有关人员在本书的编辑出版过程中付出了辛勤的劳动，在此一并致谢。

在编写本书的过程中，我们学习了兄弟院校的经验，借鉴、参阅了许多相关教材和参考文献的内容，有些未能列出。在此，我们谨对这些教材和文献的作者、同仁们表示衷心的感谢。

对于本书中的不足和疏漏之处，恳请读者批评指正，以便再版时改进。

编 者

2013年1月

目录

前言

绪论	1
一、物理学的研究对象	1
二、物理学和其他学科的关系	3
三、物理学和科学技术的关系	4
四、怎样学习物理学	6
拓展阅读 宇宙的加速膨胀——解读 2011 年诺贝尔物理学奖	8

第一篇 力 学

第一章 质点运动学	13
第一节 质点运动的描述	13
一、确定质点位置的方法	13
二、质点的位移、速度和加速度	14
三、运动学中的两类问题	18
第二节 曲线运动	19
一、圆周运动	19
二、抛体运动	24
第三节 相对运动	25
一、伽利略坐标变换	25
二、伽利略速度变换	26
三、伽利略加速度变换	26
拓展阅读 全球定位系统 (GPS) 的原理及其应用	27
思考题	30
习题	31
第二章 质点动力学	33
第一节 牛顿运动三定律及其应用	33
一、牛顿运动定律	33
二、力学中常见的几种力	35
三、牛顿运动定律的应用	38

第二节 动量定理和动量守恒定律	40
一、冲量与动量定理	41
二、质点系的动量定理	42
三、质点系的动量守恒定律	43
第三节 动能定理和能量守恒定律	45
一、功与动能定理	45
二、势能与机械能守恒定律	50
三、能量守恒定律	52
拓展阅读 航天中的力学	53
思考题	56
习题	57
第三章 刚体力学	59
第一节 刚体定轴转动的转动定律	59
一、刚体运动的描述	59
二、刚体定轴转动的转动定律	62
三、转动定律的应用	66
第二节 刚体定轴转动的动能定理	67
一、力矩的功 转动动能	67
二、刚体定轴转动的动能定理	69
第三节 刚体定轴转动的角动量守恒定律	70
一、刚体定轴转动的角动量定理	70
二、刚体定轴转动的角动量守恒定律	71
拓展阅读 陀螺	74
思考题	76
习题	77
第四章 流体力学	79
第一节 流体静力学	79
一、静止流体中的压强分布	79
二、液体的表面性质	82
第二节 理想流体的流动	86
一、理想流体的稳定流动	86
二、连续性方程	88
三、伯努利方程	88
四、伯努利方程的应用	90
第三节 黏滞流体的运动	92
一、流体的黏滞性	92
二、黏滞流体的伯努利方程	94
三、泊肃叶定律	95
第四节 物体在黏滞液体中的流动	97
一、斯托克斯公式	97

二、雷诺数 流体相似率	100
拓展阅读 超流现象	102
思考题	106
习题	107
第二篇 热 学	
第五章 气体动理论	111
第一节 气体动理论的基本概念	111
一、分子动理论的基本观点	111
二、理想气体状态方程	113
三、分子热运动的统计规律性	114
第二节 理想气体的压强和温度	114
一、理想气体的分子模型与统计假设	114
二、理想气体的压强	115
三、温度的统计解释	117
第三节 能量按自由度均分定理	118
一、分子的自由度	118
二、能量按自由度均分定理	119
三、理想气体的内能	120
第四节 气体分子的速率分布规律	121
一、麦克斯韦速率分布规律	121
二、气体分子速率的三种统计值	123
三、麦克斯韦速率分布规律的实验验证	125
四、玻耳兹曼分布律	126
第五节 气体分子的平均碰撞次数及平均自由程	129
一、平均碰撞次数	129
二、平均自由程	129
拓展阅读 温室效应	130
思考题	132
习题	133
第六章 热力学	134
第一节 热力学的基本概念	134
一、热力学系统 平衡态	134
二、准静态过程 可逆过程	135
三、准静态过程的内能、功与热量	136
第二节 热力学第一定律	138
一、热力学第一定律	138
二、理想气体的摩尔热容量	138
三、理想气体在等值过程中的热功转换	141
第三节 热力学第二定律	145

一、卡诺循环	145
二、热力学第二定律	152
第四节 熵 熵增加原理	157
一、卡诺定理	157
二、熵	157
三、熵增加原理	161
四、熵的统计意义	162
拓展阅读 低温技术及应用	164
思考题	166
习题	166

第三篇 电 磁 学

第七章 静电场	171
第一节 电荷与库仑定律	171
一、电荷	171
二、库仑定律	173
第二节 电场强度	175
一、电场强度的定义	175
二、电场强度叠加原理	176
第三节 静电场的高斯定理	179
一、电场线	179
二、电通量	180
三、高斯定理	181
第四节 静电场的环路定理 电势	186
一、静电场力的功	186
二、静电场的环路定理	186
三、电势能	187
四、电势 电势叠加原理	188
五、等势面 电势梯度	192
第五节 静电场对导体和电介质的作用	194
一、静电场对导体的作用	194
二、静电场对电介质的作用	198
三、电介质中的高斯定理	200
第六节 电容器 电场的能量	201
一、电容器的电容	201
二、电容器的串并联	204
三、电容器的能量 电场的能量	204
拓展阅读 静电的危害与利用	206
思考题	209
习题	210

第八章 恒定电流	213
第一节 电流与电阻	213
一、电流	213
二、欧姆定律的微分形式	216
三、电阻	216
第二节 电动势	218
一、电动势的物理概念	218
二、常用电动势源	220
第三节 电路的基本定律	222
一、含源电路的欧姆定律	222
二、基尔霍夫定律	223
三、基尔霍夫定律的应用	224
拓展阅读 太阳能发电	225
思考题	227
习题	228
第九章 稳恒磁场	230
第一节 磁场	230
一、磁感应强度	230
二、毕奥—萨伐尔定律	232
三、运动电荷的磁场	236
第二节 磁场的高斯定理与安培环路定理	236
一、磁场的高斯定理	236
二、安培环路定理	238
第三节 磁场对电流和运动电荷的作用	241
一、安培力	241
二、磁场对载流线圈的作用 磁矩	242
三、磁场对运动电荷的作用 磁聚焦	243
四、量子霍尔效应	246
第四节 磁介质	248
一、磁介质的分类	248
二、顺磁性和抗磁性的微观解释	249
三、磁场强度 磁介质中的安培环路定理	250
四、磁滞现象 磁滞回线	252
拓展阅读 巨磁电阻效应及其应用——了解我们身边的诺贝尔物理学奖	254
思考题	257
习题	257
第十章 电磁感应与电磁场	260
第一节 法拉第电磁感应定律	260
一、电磁感应现象	260
二、法拉第电磁感应定律	261

三、楞次定律	262
第二节 感应电动势	262
一、动生电动势	263
二、感生电动势与感生电场	264
第三节 自感和互感 磁场的能量	265
一、自感	265
二、互感	266
三、磁场的能量	267
第四节 电磁场和电磁波	268
一、位移电流假说	268
二、麦克斯韦电磁方程组	270
三、电磁波	273
拓展阅读 生命探测器	276
思考题	278
习题	279

第四篇 机械振动与波动

第十一章 机械振动	283
第一节 简谐振动	283
一、简谐振动的描述	283
二、表示简谐振动的旋转矢量法	287
三、其他形式的简谐振动	289
四、简谐振动的能量	290
第二节 简谐振动的合成与分解	291
一、两个同方向的简谐振动的合成	291
二、两个相互垂直的简谐振动的合成	294
三、振动的分解 频谱分析	296
第三节 阻尼振动 受迫振动 共振	297
一、阻尼振动	297
二、受迫振动	298
三、共振	299
拓展阅读 混沌	302
思考题	305
习题	306
第十二章 波动	308
第一节 波动的基本概念	308
一、机械波产生的条件	308
二、横波和纵波	308
三、波面和波线	309
四、描述波动的特征量	310

第二节 简谐波	311
一、平面简谐波的波函数	311
二、波的能量	314
三、声波	316
第三节 波的传播与叠加	318
一、波的传播	318
二、波的叠加	319
第四节 多普勒效应 超波速运动	324
一、多普勒效应	324
二、船波 声障现象	326
拓展阅读 超声波及其应用	327
思考题	330
习题	330

第五篇 光 学

第十三章 波动光学	335
第一节 波动光学的基本概念	335
一、光的电磁特征 光强	335
二、光源 光的相干性	337
三、光程 光的相干叠加	338
第二节 分波阵面法干涉	340
一、杨氏干涉	340
二、洛埃镜实验 半波损失	343
第三节 分振幅法干涉	344
一、等倾干涉	345
二、等厚干涉 劈尖干涉与牛顿环	348
三、迈克耳孙干涉仪	353
第四节 光的衍射	354
一、光的衍射现象 惠更斯—菲涅耳原理	354
二、夫琅禾费单缝衍射	356
三、圆孔衍射 光学仪器的分辨率	360
四、光栅衍射	362
第五节 光的偏振	368
一、偏振光 马吕斯定律	368
二、反射光和折射光的偏振 布儒斯特定律	371
三、双折射现象 尼科耳棱镜	372
四、偏振光的应用	374
拓展阅读 现代激光技术应用	377
思考题	380
习题	380

第六篇 近代物理基础

第十四章 狭义相对论	385
第一节 伽利略相对性原理	385
一、伽利略变换	386
二、绝对时空观	387
第二节 相对论运动学	387
一、狭义相对论的两个基本假设	387
二、狭义相对论的时空观	389
三、洛伦兹变换	392
四、洛伦兹变换与狭义相对论时空观的关系	394
第三节 相对论动力学	398
一、相对论中的动量和质量	398
二、相对论中的动能 质能关系	400
三、相对论中能量和动量的关系	402
拓展阅读 广义相对论基础	403
思考题	405
习题	406
第十五章 量子力学基础	407
第一节 光的量子性	407
一、光电效应 爱因斯坦光量子理论	407
二、康普顿散射	411
第二节 粒子的波动性	412
一、物质波	412
二、概率波	414
三、不确定关系	415
第三节 薛定谔方程及其应用	417
一、波函数 薛定谔方程	417
二、薛定谔方程的应用	419
第四节 氢原子的量子力学描述 电子自旋	422
一、氢原子的量子力学结论	422
二、氢光谱	425
三、电子的自旋 四个量子数	426
拓展阅读 神奇的二维纳米材料——石墨烯	428
思考题	430
习题	431
附录	433
附录 I 矢量的标积和矢积	433
附录 II 常用基本物理常量	434
附录 III 地球和太阳的一些常用数据	435
参考文献	436

绪 论

一、物理学研究对象

物理学是研究物质的基本结构、基本运动形式及其相互作用的科学。物理学的性质决定了它是整个自然科学的基础，是许多高新技术的重要基石，是先进思想、先进文化的重要源泉。物理学理论及其所创立的世界观和方法论在培养学生的科学素质等方面起着极为重要的作用。因此，以物理学基础为内容的大学物理课程，是高等学校理科、工科以及农科各专学生一门重要的通识性必修基础课。该课程所教授的基本概念、基本理论和基本方法是构成学生科学素养的重要组成部分，并给后续课程提供强有力的支撑。

物理学理论一般分为两大部分，19 世纪以前的成就称为**经典物理学**，按其研究的物质运动形态和具体对象，所涉及的范围包括：**力学**（Mechanics）、**热力学**（Thermodynamics）、**电磁学**（Electromagnetism）、**光学**（Optics）等。19 世纪以后的成就称为**近代物理学**，它的主要支柱是**量子力学**（Quantum mechanics）和**相对论**（Relativity）。当然，任何理论都是相对的，都有各自的局限性并总是处在不断的发展之中。

1. 物理学研究的基本相互作用 物理学研究表明，自然界中物质之间的各种相互作用可归结为**四种最基本的相互作用**，即**强相互作用**、**电磁相互作用**、**弱相互作用**、**引力相互作用**，它们的传播媒介不同，作用范围（即力程）各异，作用强度也相差极大，若以强相互作用的强度为 1，则将其比较可见表 0-1。

表 0-1 自然界四种基本相互作用

作用种类	强相互作用	电磁相互作用	弱相互作用	引力相互作用
力荷	色荷	电荷	味	质量
受作用粒子	强子	带电粒子	强子、轻子	所有粒子
媒介粒子	胶子	光子	中间玻色子	引力子（待发现）
相对强度	1	1/137	10^{-15}	10^{-42}
力程（m）	$10^{-16} \sim 10^{-15}$	长程	$<10^{-16}$	长程
举例	核子结合成原子核 夸克结合成强子	原子的构成	β 衰变	重力、天体之间

引力相互作用——是人们认识最早的一种相互作用。原则上讲，在一切质量不为零的粒子之间都存在这种作用，但实际上只有当这些粒子聚集成质量巨大的物体时，它才显著地发挥作用。在微观世界（分子、原子、电子、原子核等），特别是基本粒子中它和其他三种相互作用相比较是微不足道的。

电磁相互作用——是人们研究得较为透彻的一种相互作用。它发生在一切带电或具有磁矩的粒子之间，在宏观世界中它扮演了主要的角色，在微观世界它同样也起着十分重要的作用。

强相互作用——是存在于质子、中子等强子（参与强相互作用的粒子）之间的一种相互

作用。正是这种相互作用的存在,才使具有相互排斥的质子聚集在一起形成了不同的原子核,组成了丰富的质量世界。

弱相互作用——除存在于强子之间外,还存在于像电子、中微子等轻子之间,但只有在发生衰变反应时才显示出它的重要性。

对于相互作用理论的研究,最早做出贡献的是美国物理学家温伯格(Steven Weinberg, 1933—)、格拉肖(Sheldon Lee Glashow, 1932—)和巴基斯坦物理学家萨拉姆(Abdus Salam, 1926—),他们于1967年提出了电弱统一理论,将电磁相互作用和弱相互作用统一在同一理论框架中,取得了极大的成就,并因此荣获1979年诺贝尔物理学奖。目前进一步研究的问题是:量子电动力学在更高能量或更小范围的运用性;弱电统一理论的进一步实验验证;各种作用的守恒定律及其破坏;以及是否存在另外的基本相互作用,如超强或超弱相互作用等。在此基础上,又有人想将电磁作用、弱相互作用和强相互作用统一起来,建立“大统一理论”,这种理论正在探索之中。最后建立起把这四种基本相互作用都统一起来的“超大统一理论”,就是在爱因斯坦的启发下,不息奋斗的物理学家们对物理学的最高追求。

2. 物理学研究的空间尺度 既然物理学是研究物质结构、性质及其变化基本规律的科学。它的研究对象也就十分广泛。从研究对象的空间尺度来看,大小至少跨越了约42个数量级,可分为四个系统:

宏观系统(macroscopic system)——物理学将接近人体尺度附近几个数量级的物质系统叫宏观系统,研究这一系统的物理学称为宏观物理学或经典物理学。物理学对物质世界的研究就是从这里开始的。

微观系统(microscopic system)——在19世纪与20世纪之交,物理学开始深入到物质的分子、原子层次,在这个尺度上物质运动的规律与宏观系统有本质的区别,物理学家把分子、原子以及后来发现的更深层次的物质客体(如原子核、质子、中子、电子、中微子、夸克等)称为微观系统。研究微观系统的物理学包括原子物理、分子物理、高能物理以及粒子物理等。

介观系统(mesoscopic system)——20世纪80年代以来,人们发现尺度在纳米和毫米之间的物质客体具有许多特殊性质,这种尺度介于宏观和微观之间的物质系统称为介观系统。目前,研究介观系统行为的介观物理学已发展成物理学中一个新的分支,介观物理学的发展导致了**纳米技术**(nanotechnology)的产生。由于纳米材料具有许多奇异特性,它们可在许多学科和技术领域里得到应用,并相继产生许多新的交叉学科,如纳米化学、纳米药理学、纳米生物学等。可以预见,纳米技术将在21世纪得到蓬勃的发展。

宇观系统(cosmological system)——在物理学中,人们把比宏观系统更大的系统称宇观系统。研究宇观系统的物理学包括天文学和天体物理学等,研究对象从个别天体到太阳系、银河系,从星系团到超星系团,尺度横跨了19个数量级。物理学最大的研究对象是整个宇宙,最远观察极限是哈勃半径,尺度达 10^{27} m数量级,此时的物理学称为**宇宙学**(cosmology)。宇宙学的巨大成就是建立了**大爆炸宇宙模型**(参阅绪论后的拓展阅读)。按照这个模型,宇宙是在150亿年前的一次大爆炸中诞生的,在宇宙**混沌**(chaos)初开时物质的密度和温度都极高,那时没有原子和分子,更谈不到恒星和星系,有的只是极高温的热辐射和在其中隐现的高能粒子。因而,早期的宇宙又成了粒子物理研究的对象。就这样,物理学中研究最大对象和最小对象的两个尖端学科——宇宙学和粒子物理学竟奇妙地衔接在一起,结成为密不可分的姊妹学科。

3. 物理学研究的时间尺度 物理学研究的时间尺度同空间尺度一样,跨越也非常大。