



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

大学物理



曹学成 姜永超 主编

第二版

 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

大学物理

第二版

曹学成 姜永超 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

大学物理 / 曹学成, 姜永超主编. —2 版. —北京:
中国农业出版社, 2015. 8
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 978-7-109-19860-9

I. ①大… II. ①曹… ②姜… 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 (2015) 第 156104 号

中国农业出版社出版
(北京市朝阳区麦子店街 18 号楼)
(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
2009 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 2 版
2015 年 8 月第 2 版北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 22.25
字数: 529 千字
定价: 39.00 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。全书共分流体力学、液体的表面性质、气体动理论、热力学、静电场、稳恒磁场、电磁感应与电磁场、机械振动与波动、波动光学、光谱与光度学基础、核技术及农业应用、量子力学基础共 12 章内容。教材既包括了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教学基本要求的内容，又特别加强了物理科技知识在农林及生命科学相关专业上的应用。同时还配套出版了《大学物理学习指导》（第二版），供学生学习时参考。

全书内容体系科学合理、表述精练、难度适中，具有较强的时代性和较宽的适用面。本书可作为高等院校农林及生命科学类各专业的大学物理教材或教学参考书，同时对农林和生命科学工作者也有参考价值。

第二版编审人员

- 主 编** 曹学成 (山东农业大学)
姜永超 (青岛农业大学)
- 副主编** 王永刚 (山东农业大学)
赵文丽 (山东农业大学)
丛晓燕 (山东农业大学)
李桂霞 (青岛农业大学)
- 参 编** 姜贵君 (山东农业大学)
高 峰 (山东农业大学)
张 红 (山东农业大学)
鲍钢飞 (山东农业大学)
孙丰伟 (山东农业大学)
周海亮 (山东农业大学)
王林辉 (山东农业大学)
厉桂华 (山东农业大学)
颜 君 (山东农业大学)
周 芳 (青岛农业大学)
王 娟 (青岛农业大学)
刘瑞娟 (青岛农业大学)
王利东 (山西农业大学)
郭 咏 (山西农业大学)
侯志青 (河北农业大学)
朱连轩 (河南农业大学)
- 主 审** 贾贵儒 (中国农业大学)
郭华北 (山东农业大学)

第一版编审人员

主 编 曹学成 姜永超
副 主 编 王永刚 刘智新 王雨生 陈洪叶
参 编 (按姓名笔画排序)
孙丰伟 朱连轩 李永平 周海亮
赵文丽 姜贵君 高 峰 鲍钢飞
主 审 郭华北 侯双印

本书是根据高等学校大学物理课程教学基本要求，汲取了国内外同类教材的优点，在总结多年教材改革实践的基础上编写的。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，得到了山东省高等学校教学改革立项项目、中华农业科教基金会教材建设研究项目(NKJ201202024)、山东农业大学教育教学研究课题(山农大办字[2012]78号)、2015年全国高等农业教育精品课程资源建设项目等的资助。

本书为曹学成、姜永超主编的《大学物理》的修订版，编写计划学时为64~80学时。全书共分流体力学、液体的表面性质、气体动理论、热力学、静电场、稳恒磁场、电磁感应与电磁场、机械振动与波动、波动光学、光谱与光度学基础、核技术及农业应用、量子力学基础共12章内容。这次修订吸收了使用过本教材师生们的意见和建议，对全书内容做了整合优化，在系统地阐述物理学基础理论的同时，努力拓宽了知识面，强化了物理学与现代高新技术、现代农林科技和生命科学密切联系的知识，更新了多篇专题拓展内容，力求使学生既掌握物理学理论及思想方法，又了解物理学在本学科专业方面的应用。同时，还对原书中的例题、习题做了精选调整。考虑到高等农林院校的教学时数、学生基础等方面的因素，在每章的编写上，力求做到表达通俗易懂，内容深入浅出，可读性强。本书还同时配套出版了《大学物理学习指导》(第二版)，供学生学习时参考。

本书由曹学成、姜永超主编，具体编写分工如下：曹学成、孙丰伟、朱连轩编写前言、绪论、第五章及专题拓展、附录；赵文丽、王利东、郭咏编写第一章、第二章及专题拓展；姜永超、李桂霞、周芳、王娟编写第三章及专题拓展、第四章及专题拓展；高峰、周海亮、侯志青编写第六章及专题拓展、第七章及专题拓展；丛晓燕、刘瑞娟编写第八章及专题拓展；姜贵君、王林辉、厉桂华编写第九章及专题拓展、第十一章及专题拓展；王永刚、颜君编写第十章及专题拓展；张红、鲍钢飞编写第十二章及专题拓展。另外，每位编者还负责两章其他编者所编写内容的修改与审稿工作。最后由曹学成、姜永超负责对全书内容进行了修改与补充，总纂定稿。

中国农业大学贾贵儒教授、山东农业大学郭华北教授对教材内容提出了许多宝贵意见，在此深表感谢！在编写本书的过程中，我们借鉴和吸纳了许多相关教材和参考文献的内容，参考文献中可能未能列全，我们对这些教材和文献的作者表示衷心的感谢。

尽管编写组全体人员付出了巨大的努力，但书中一定还有不足和疏漏之处，恳请读者批评指正。

编者

2015年6月

前言

绪论	1
一、物理学的研究对象	1
二、物理学与其他学科的关系	3
三、物理学与科学技术的关系	4
四、怎样学习物理学	7
专题拓展 热大爆炸标准宇宙模型	8
第一章 流体力学	13
第一节 力学基本概述	13
一、质点运动学	13
二、质点动力学	17
第二节 理想流体的流动	20
一、流体的稳定流动	20
二、连续性原理	22
三、伯努利方程及其应用	22
第三节 黏滞流体的运动规律	26
一、黏滞流体的基本规律	26
二、泊肃叶定律	30
三、斯托克斯公式	32
第四节 流体力学原理的应用	34
一、喷雾原理	34
二、水泵吸水原理	34
三、沉降分离与离心分离	35
四、血液在循环系统中的流动	37
思考题	39
习题	39
第二章 液体的表面性质	43
第一节 液体的表面张力	43

一、表面张力	43
二、表面能	45
三、表面张力系数的测定	46
第二节 弯曲液面的附加压强	47
一、弯曲液面的附加压强	47
二、拉普拉斯公式	48
第三节 毛细现象	50
一、润湿和不润湿	50
二、毛细现象	51
三、悬着水和毛细管的气体栓塞现象	53
第四节 弯曲液面上方的饱和蒸气压	55
一、蒸发和凝结	55
二、弯曲液面上方的饱和蒸气压	56
第五节 渗透压及其应用	58
一、渗透原理	58
二、渗透压与植物水分输运	60
三、血液透析与人工肾	61
专题拓展 液氦的超流现象	61
思考题	65
习题	65
第三章 气体动理论	67
第一节 气体动理论的基本概念	67
一、分子动理论的基本观点	67
二、理想气体状态方程	69
三、分子热运动的统计规律性	70
第二节 理想气体的压强和温度	70
一、理想气体的分子模型与统计假设	71
二、理想气体的压强	72
三、温度的统计解释 道尔顿分压定律	73
四、真实气体的范德瓦耳斯方程	74
第三节 能量按自由度均分定理	76
一、分子的自由度	76
二、能量按自由度均分定理	77
三、理想气体的内能	78
第四节 气体分子的速率分布律	79
一、麦克斯韦速率分布律	79
二、理想气体分子的三种统计速率	81
三、麦克斯韦速率分布律的实验验证	83

四、玻尔兹曼能量分布律	84
第五节 气体分子的平均碰撞频率和平均自由程	86
一、分子的平均碰撞频率	86
二、分子的平均自由程	87
专题拓展 原子的激光冷却和捕获	88
思考题	89
习题	90
第四章 热力学	92
第一节 热力学的基本概念	92
一、热力学系统 平衡态	92
二、准静态过程 可逆过程	93
三、准静态过程的内能 功与热量	94
第二节 热力学第一定律	96
一、热力学第一定律	96
二、理想气体的摩尔热容量	96
三、理想气体在等值过程中的热功转换	98
第三节 循环过程 卡诺循环	102
一、循环过程	102
二、卡诺循环	105
第四节 热力学第二定律及其统计意义	107
一、热力学第二定律	107
二、热力学第二定律的统计意义	109
第五节 熵 熵增加原理	111
一、卡诺定理	111
二、熵	111
三、熵增加原理	115
四、熵的统计意义	116
专题拓展 热泵技术及应用	117
思考题	120
习题	121
第五章 静电场	124
第一节 静电场 电场强度	124
一、库仑定律	124
二、电场强度	125
三、电场强度叠加原理	126
第二节 电通量 高斯定理	128
一、电场线	128

二、电通量	129
三、高斯定理	130
第三节 静电场的环路定理 电势	135
一、静电力做功	135
二、静电场的环路定理	136
三、电势能	136
四、电势 电势叠加原理	138
五、等势面 电势梯度	141
第四节 静电场对导体和电介质的作用	143
一、静电场对导体的作用	143
二、静电场对电介质的作用	146
三、电介质中的高斯定理	148
第五节 电容器 电场的能量	149
一、电容器的电容	149
二、电容器的串并联	152
三、静电能 电场的能量	152
专题拓展 生物电位	154
思考题	157
习题	158
第六章 稳恒磁场	161
第一节 磁感应强度 毕奥—萨伐尔定律	161
一、磁感应强度	161
二、毕奥—萨伐尔定律	162
三、毕奥—萨伐尔定律的应用	163
四、运动电荷的磁场	166
第二节 磁场的高斯定理与安培环路定理	167
一、磁通量 磁场的高斯定理	167
二、安培环路定理	168
第三节 磁场对电流的作用	170
一、磁场对载流导线的作用力	170
二、磁场对载流线圈的磁力矩	172
第四节 磁场对运动电荷的作用	173
一、带电粒子在磁场中的运动	173
二、霍尔效应	175
第五节 磁介质 磁介质中的安培环路定理	176
一、磁介质的分类	176
二、磁介质的磁化 磁化电流	177
三、磁介质中的安培环路定理 磁场强度	178

专题拓展 生物磁场与磁场生物效应	179
思考题	183
习题	183
第七章 电磁感应与电磁场	186
第一节 法拉第电磁感应定律	186
一、电磁感应现象	186
二、法拉第电磁感应定律	187
三、楞次定律	188
第二节 感应电动势	188
一、动生电动势	188
二、感生电动势与感生电场	189
第三节 自感和互感 磁场的能量	190
一、自感	190
二、互感	191
三、磁场的能量	192
第四节 电磁场和电磁波	194
一、位移电流假说	194
二、麦克斯韦电磁方程组	196
三、电磁波 赫兹实验	198
专题拓展 生命探测器	201
思考题	204
习题	205
第八章 机械振动与波动	208
第一节 振动	208
一、振动的基本概念 简谐振动	208
二、简谐振动的合成	210
三、简谐振动的能量	213
第二节 波动	214
一、波动的基本概念 简谐波	214
二、惠更斯原理 波的衍射	217
三、波的叠加原理 波的干涉	218
第三节 波的能量 声波	220
一、波的能量 能流密度	220
二、声波	221
第四节 多普勒效应 声障现象	223
一、多普勒效应	223
二、声障现象	224

专题拓展 超声波及其应用	225
思考题	229
习题	229
第九章 波动光学	231
第一节 光学的基本概念	231
一、光振动 相干光源	231
二、光程 光程差	233
第二节 杨氏干涉	235
一、杨氏干涉	235
二、洛埃镜实验 半波损失	236
第三节 等倾干涉 等厚干涉	237
一、等倾干涉 薄膜干涉	237
二、等厚干涉 劈尖干涉与牛顿环	240
三、迈克耳孙干涉仪	244
第四节 光的衍射	245
一、光的衍射现象 惠更斯—菲涅尔原理	245
二、夫琅禾费单缝衍射	247
三、光栅衍射	249
四、圆孔衍射 光学仪器的分辨率	253
第五节 光的偏振	254
一、自然光与偏振光	254
二、起偏 检偏	255
三、马吕斯定律 偏振片的应用	256
四、反射光和折射光的偏振 布儒斯特定律	258
五、旋光现象	259
专题拓展 圆二色光谱	261
思考题	263
习题	264
第十章 光谱与光度学基础	266
第一节 光谱与光谱分析	266
一、光谱	266
二、光源的光谱特征	267
第二节 光谱仪	270
一、光谱仪的性能指标	270
二、光栅光谱仪的特点	272
第三节 光能的测量	272
一、光能测量的基本原理	272

二、光能的测量方法和仪器	275
第四节 光的吸收与散射	278
一、光吸收的一般规律	278
二、原子吸收光谱分析	278
三、光的散射	279
专题拓展 光质效应在农业上的应用	281
思考题	284
习题	284
第十一章 核技术及农业应用	286
第一节 原子核基本知识	286
一、原子核的组成	286
二、原子核内的作用力	287
三、原子核的结合能	287
第二节 原子核放射性衰变	288
一、放射性衰变类型	288
二、放射性衰变规律	291
第三节 电离辐射及生物效应	294
一、电离辐射的种类	294
二、辐射量的量度	295
三、电离辐射的生物效应	296
第四节 核技术在农林及生命科学中的应用	298
一、同位素示踪技术的应用	298
二、核辐射技术的应用	301
专题拓展 核灾难与核能和平利用	306
思考题	309
习题	309
第十二章 量子力学基础	311
第一节 光的量子性	311
一、光电效应 爱因斯坦光量子理论	311
二、康普顿散射	315
第二节 粒子的波动性	315
一、物质波	315
二、概率波	317
三、不确定关系	318
第三节 薛定谔方程及其应用	319
一、波函数 薛定谔方程	319
二、一维无限深势阱中的粒子	321

第四节 氢原子的量子力学理论	323
一、氢原子的薛定谔方程及其解	323
二、氢光谱	326
专题拓展 神奇的二维纳米材料——石墨烯	327
思考题	330
习题	330
附录	332
附录 I 矢量的标积和矢积	332
附录 II 我国法定计量单位和国际单位制(SI)单位	333
附录 III 地球和太阳的一些常用数据	336
附录 IV 常用基本物理常量	336
参考文献	337

一、物理学的研究对象

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、工科以及农科各专业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发展之中。

1. 物理学研究的基本相互作用

物理学的研究表明,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:强相互作用、电磁相互作用、弱相互作用、引力相互作用。

(1) **强相互作用** 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。

(2) **电磁相互作用** 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,它在宏观世界和微观世界中均扮演了重要的角色。

(3) **弱相互作用** 弱相互作用除存在于强子之间外,不存在于像电子、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。

(4) **引力相互作用** 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。

四种相互作用的传播媒介不同,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,则它们之间的比较可从表0-1中反映出来。

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(S. L. Glaschow, 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