



教育部高等农林院校理科基础课程  
教学指导委员会推荐示范教材

# 大学物理教程

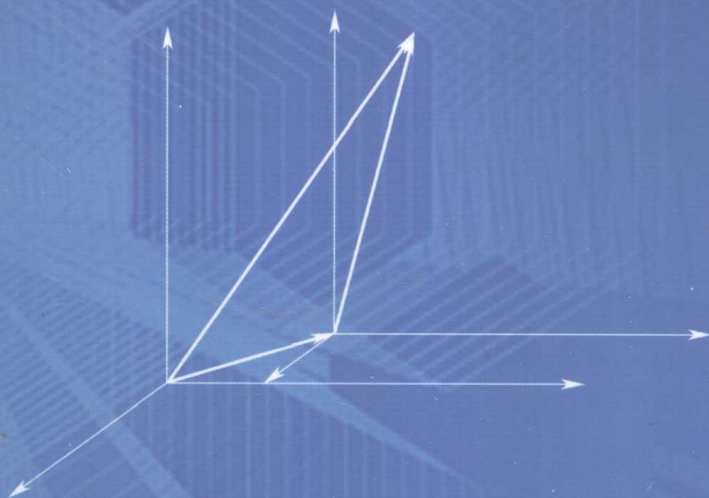
W

● 张文杰 曹阳 主编

Textbook of University Physics

Textbook of University Physics

Textbook of University Physics



34



中国农业大学出版社

ZHONGGUONONGYEDAXUE CHUBANSHE

教育部高等农林院校理科基础课程  
教学指导委员会推荐示范教材

# 大学物理教程

● 张文杰 曹阳 主编

Textbook of University Physics

Textbook of University Physics



中国农业大学出版社

ZHONGGUONONGYEDAXUE CHUBANSHE

## 图书在版编目(CIP)数据

大学物理教程/张文杰,曹阳主编. —北京:中国农业大学出版社,2009.12

ISBN 978-7-81117-903-3

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 196286 号

书 名 大学物理教程

作 者 张文杰 曹 阳 主编

策划编辑 潘晓丽 董夫才

责任编辑 孟 梅

封面设计 郑 川

责任校对 陈 莹 王晓凤

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

邮政编码 100193

电 话 发行部 010-62731190,2620

读者服务部 010-62732336

编辑部 010-62732617,2618

出 版 部 010-62733440

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

e-mail [cbsszs@cau.edu.cn](mailto:cbsszs@cau.edu.cn)

经 销 新华书店

印 刷 北京鑫丰华彩印有限公司

版 次 2009 年 12 月第 1 版 2009 年 12 月第 1 次印刷

规 格 787×1 092 16 开本 24.25 印张 531 千字

定 价 36.00 元

图书如有质量问题本社发行部负责调换

## 编写人员名单

主 编 张文杰 曹 阳

副 主 编 (以姓氏笔画为序)

朱连轩 闫祖威 李 明 徐 秋

编写人员 (以姓氏笔画为序)

马保亮	马冠雄	王 赵	王鸿雁	朱连轩	闫祖威
牟艳秋	刘宝海	李 明	杨 璞	阿木古楞	张文杰
陈志伟	张祥雪	郑文轩	范秀华	赵安庆	徐 秋
曹 阳	程艳霞	谢翔东			

教育部高等农林院校理科基础课程教学指导委员会  
推荐示范教材编审指导委员会

主任 江树人

副主任 杜忠复 程备久

委员(以姓氏笔画为序)

王来生 王国栋 方炎明 李宝华 张文杰 张良云  
杨婉身 吴 坚 陈长水 林家栋 周训芳 周志强  
高孟宁 戚大伟 梁保松 曹 阳 焦群英 傅承新

教育部高等农林院校理科基础课程教学指导委员会  
推荐物理类示范教材编审指导委员会

主任 王国栋

委员(以姓氏笔画为序)

王宙斐 闫祖威 张文杰 侯双印 胡玉才 徐 秋  
贾贵儒 曹 阳 戚大伟 曹学成 潘建斌

# 出版说明

在教育部高教司农林医药处的关怀指导下,由教育部高等农林院校理科基础课程教学指导委员会(以下简称“基础课教指委”)推荐的本科农林类专业数学、物理、化学基础课程系列示范性教材现在与广大师生见面了。这是近些年全国高等农林院校为贯彻落实“质量工程”有关精神,广大一线教师深化改革,积极探索加强基础、注重应用、提高能力、培养高素质本科人才的立项研究成果,是具体体现“基础课教指委”组织编制的相关课程教学基本要求的物化成果。其目的在于引导深化高等农林教育教学改革,推动各农林院校紧密联系教学实际和培养人才需求,创建具有特色的数理化精品课程和精品教材,大力提高教学质量。

课程教学基本要求是高等学校制定相应课程教学计划和教学大纲的基本依据,也是规范教学和检查教学质量的依据,同时还是编写课程教材的依据。“基础课教指委”在教育部高教司农林医药处的统一部署下,经过批准立项,于2007年底开始组织农林院校有关数学、物理、化学基础课程专家成立专题研究组,研究编制农林类专业相关基础课程的教学基本要求,经过多次研讨和广泛征求全国农林院校一线教师意见,于2009年4月完成教学基本要求的编制工作,由“基础课教指委”审定并报教育部农林医药处审批。

为了配合农林类专业数理化基础课程教学基本要求的试行,“基础课教指委”统一规划了名为“教育部高等农林院校理科基础课程教学指导委员会推荐示范教材”(以下简称“推荐示范教材”)。“推荐示范教材”由“基础课教指委”统一组织编写出版,不仅确保教材的高质量,同时也使其具有比较鲜明的特色。

**一、“推荐示范教材”与教学基本要求并行** 教育部专门立项研究制定农林类专业理科基础课程教学基本要求,旨在总结农林类专业理科基础课程教育教学改革经验,规范农林类专业理科基础课程教学工作,全面提高教育教学质量。此次农林类专业数理化基础课程教学基本要求的研制,是迄今为止参与院校和教师最多、研讨最为深入、时间最长的一次教学研讨过程,使教学基本要求的制定具有扎实的基础,使其具有很强的针对性和指导性。通过“推荐示范教材”的使用推动教学基本要求的试行,既体现了“基础课教指委”对推行教学基本要求的决心,又体现了对“推荐示范教材”的重视。

**二、规范课程教学与突出农林特色兼备** 长期以来各高等农林院校数理化基础课程在教学计划安排和教学内容上存在着较大的趋同性和盲目性,课程定位不准,教学不够规范,必须科学地制定课程教学基本要求。同时由于农林学科的特点和专业培养目标、培养规格的不同,对相关数理化基础课程要求必须突出农林类专业特色。这次编制的相关课程教学基本要求最大限度地体现了各校在此方面的探索成果,“推荐示范教材”比较充分反映了农林类专业教学改革的新成果。

**三、教材内容拓展与考研统一要求接轨** 2008年教育部实行了农学门类硕士研究生统一入学考试制度。这一制度的实行,促使农林类专业理科基础课程教学要求作必要的调整。“推荐示范教材”充分考虑了这一点,各门相关课程教材在内容上和深度上都密切配合这一考试制度的实行。

**四、多种辅助教材与课程基本教材相配** 为便于导教导学导考,我们以提供整体解决方案的模式,不仅提供课程主教材,还将逐步提供教学辅导书和教学课件等辅助教材,以丰富的教学资源充分满足教师和学生的需求,提高教学效果。

乘着即将编制国家级“十二五”规划教材建设项目之机,“基础课教指委”计划将“推荐示范教材”整体运行,以教材的高质量和新型高效的运行模式,力推本套教材列入“十二五”国家级规划教材项目。

“推荐示范教材”的编写和出版是一种尝试,赢得了许多院校和老师的参与和支持。在此,我们衷心地感谢积极参与的广大教师,同时真诚地希望有更多的读者参与到“推荐示范教材”的进一步建设中,为推进农林类专业理科基础课程教学改革,培养适应经济社会发展需要的基础扎实、能力强、素质高的专门人才做出更大贡献。

中国农业大学出版社

2009年8月

## 内 容 简 介

本教材是教育部高等农林院校理科基础课程教学指导委员会的推荐示范教材。根据教学指导委员会制定的农林院校 64 学时物理教学大纲的要求,本教材精选了力学、热学、电磁学、光学和近代物理四大部分传统内容,以物理在农林中的应用为引言,逐步阐述农林各专业学生应该掌握的物理学的基本概念和基本规律。本书内容简洁、完整,脉络清晰,适用于农林院校少学时物理教学的需要。本教材是全国各地区 9 所农林高校物理教学经验的结晶,在培养学生物理素质方面有广泛性和代表性。





物理学研究自然界中各种最基本的运动形态及其规律,物理学为自然界的物质结构相互作用和运动规律提供了一副绚丽多姿、结构严谨的图画。随着科学技术的发展,学科的发展也日趋综合,新型的交叉学科不断涌现并迅速发展。物理学原理及其技术在许多学科中的应用也日趋广泛。这些情况越来越印证了物理学是一切自然科学基础的观点的正确性和重要性。

大学是培养高素质人才的场所。物理学是一切自然科学的基础,大学基础物理学课程具有很强的系统性、严谨性和逻辑性,是培养学生科学素质和科学思维方法、提高学生科研能力的重要基础课程。学生在学习物理学课程中所获得的科学思维方法,对他们树立正确的人生观将起到一定的积极作用。如今许多大学为文科学生开设 70 学时左右的大学物理学课程,多少说明了上述作用的存在。

农林院校中的绝大多数专业属于自然科学的范畴,这些学科和物理学有着千丝万缕的联系。物理学原理及其技术在农林业上的应用也日趋广泛,这些应用已经为农林科学研究深入开展和农林业增产起了巨大推动作用。农林院校开设大学物理课程并保持一定的学时,对学生学习掌握基本的物理学知识,为他们日后的创造性地开展相关工作具有重要意义。对物理教学而言,在讲授好物理学知识的基础上,例举一些物理学原理及技术在农林业上的应用实例,对农林院校物理教学无疑是有益的。

学校的一些硕士生、博士生、博士后和教师经常向物理教师请教一些他们在科研工作中遇到的一些物理学问题。我们发现,这些问题并不涉及高深的物理学知识或物理学前沿的问题,而往往是一些物理学基础知识。我们也发现,一些非物理专业出身的教师在搞科研工作中,由于没有很好地掌握有关物理知识而走了弯路。这些情况从另一个侧面告诉我们,在农林院校里加强大学基础物理教学是十分必要的。

为数不少的农林院校的物理教学一直被学时数不断减少的问题所困扰。这种情况也引起教育部高等农林院校理科基础课程教学指导委员会的重视。为此,于 2008 年 11 月制定了农林院校一些专业大学基础物理课程最低标准为 64 学时(讲授)的教材大纲。本书就是在此背景下编写的。本教材的出版在促进农林院校大学物理教学方面必将发挥应有的作用。

金仲群

2009 年 10 月

# 前 言

经过全体编写人员的努力,本教材终于面世了。在高等学校各类物理教材林立的今天,这本教材的出现有它的独到之处。这是前言申明的内容之一。

首先,它是适用于农林院校少学时物理教学的教材。目前各农林院校农学、林学等专业,甚至与之相关的其他专业,少学时的物理教学占了很大比例,各院校多数以理工科专业的教材或者以自编教材进行教学,缺少一本通用的、合适的教材。2008年11月,教育部高等农林院校理科基础课程教学指导委员会第二次扩大会议决定以64学时为少学时物理教学学时,并编写一本与64学时教学相适应的推荐示范教材。此教材就是在这个背景下产生的。

其次,参加本教材编写的共有9所院校21位教师。院校遍布全国,编者都是工作在教学第一线的有丰富教学经验的教师,因此可以认为这本教材反映了目前农林院校物理教学的现状和水平。教材起点较高,精选了农林院校学生必备的基本概念和基本理论,对重要的定理和公式进行了推导,并用最短的篇幅介绍了近代物理的前沿和物理在农业和林业中的应用,旨在树立学生的物理思想和科学素质。所以本教材虽篇幅不长,但针对性强,适应了农林院校少学时物理教学的需要。

再次,本教材配有多媒体课件和习题集,来满足教师教学和学生学习的需要。目前一般教材都配有多媒体课件和习题集,但是本教材的多媒体课件和习题集很有特点,弹性很强。多媒体课件概括教学最基本的内容,教师可以在多媒体课件上充分发挥个性,增加演示、动画各类题材,给教师的教学改革留下了充分的余地。习题集方面,教师有习题解答,方便教学,学生采取活页做习题,最后可以装订成册进行复习,成本不高,又很方便。

前言申明的另一项内容是在教材的编写过程中,得到了同行的热情支持和鼓励,北京大学陆果教授审阅了本教材大纲,中国农业大学金仲辉教授为本教材撰写了序,西北农林科技大学王国栋教授、东北林业大学戚大伟教授、中国农业大学贾贵儒教授等都给予了热情的关注和指导,在此致以深深的谢意!

参加本书编写的有:北京林业大学张文杰、张祥雪、范秀华、程艳霞,海南大学曹阳、王赵,河南农业大学朱连轩、赵安庆、陈志伟,内蒙古农业大学闫祖威、阿木古楞、谢翔东,南京农业大学李明、马保亮,河北科技师范学院徐秋、刘宝海、王鸿雁,沈阳农业大学马冠雄,东北农业大学牟艳秋,塔里木大学杨瑛、郑文轩。

由于编者风格各异,主编虽全力修改,本教材还难免存在缺点和问题,衷心希望使用本书的教师和学生将意见反馈给主编,以便再版时改进。

编 者  
2009年9月

# C 目录

## CONTENTS

### 第 1 部分 力 学

<b>第 1 章 力学基本定律</b> .....	5
1.1 质点运动学 .....	5
1.2 质点动力学 .....	13
1.3 功 势能 .....	19
1.4 功能原理 机械能守恒定律 .....	23
1.5 动量与冲量 动量定理 .....	25
1.6 动量守恒定律 .....	27
1.7 刚体力学 .....	28
1.8 狭义相对论基础 .....	35
思考题 .....	38
习 题 .....	39
<b>第 2 章 振动和波</b> .....	41
2.1 简谐振动 .....	41
2.2 简谐振动的合成 .....	50
2.3 简谐波 .....	54
2.4 波的叠加和干涉 .....	62
思考题 .....	67
习 题 .....	68
<b>第 3 章 流体力学</b> .....	70
3.1 理想流体 .....	71
3.2 伯努利方程 .....	76
3.3 泊肃叶公式和斯托克斯公式 .....	81
3.4 液体的表面现象 .....	89
思考题 .....	97
习 题 .....	97

### 第 2 部分 热 学

<b>第 4 章 气体动理论</b> .....	105
4.1 气体动理论的基本概念 .....	105

4.2	理想气体的压强和温度	108
4.3	能量按自由度均分定理	112
4.4	麦克斯韦速率分布律	116
4.5	气体分子的平均碰撞频率和平均自由程	120
4.6	输运过程	122
	思考题	125
	习 题	126
<b>第 5 章</b>	<b>热力学</b>	<b>128</b>
5.1	热力学第一定律	128
5.2	热力学第一定律在理想气体中的应用	134
5.3	循环过程	142
5.4	热力学第二定律	148
	思考题	158
	习 题	159

### 第 3 部分 电 磁 学

<b>第 6 章</b>	<b>静电场</b>	<b>169</b>
6.1	库仑定律和电场强度	169
6.2	静电场的高斯定理	176
6.3	静电场的环路定理 电势	182
6.4	静电场中的导体和电介质	190
6.5	静电场的能量和电容	194
	思考题	195
	习 题	196
<b>第 7 章</b>	<b>恒定磁场</b>	<b>198</b>
7.1	恒定电流与欧姆定律的微分形式	198
7.2	基尔霍夫定律	201
7.3	磁现象的电本质 毕奥-萨伐尔定律	204
7.4	磁场中的高斯定律	210
7.5	安培环路定律	212
7.6	洛伦兹力和安培力	215
7.7	磁介质	221
	思考题	226
	习 题	228
<b>第 8 章</b>	<b>电磁感应</b>	<b>233</b>
8.1	法拉第电磁感应定律	233
8.2	动生和感生电动势	235
8.3	自感和互感	238
8.4	磁场的能量	240

8.5 麦克斯韦方程组 .....	241
思考题 .....	245
习 题 .....	245
<b>第 4 部分 光学和近代物理</b>	
<b>第 9 章 物理光学</b> .....	255
9.1 光度学基础 .....	255
9.2 光的干涉 .....	260
9.3 光的衍射 .....	274
9.4 光的偏振 .....	287
9.5 光的其他现象 .....	295
思考题 .....	299
习 题 .....	299
<b>第 10 章 近代物理</b> .....	304
10.1 经典物理的困难和量子论的提出 .....	304
10.2 薛定谔方程 .....	316
10.3 原子的壳层结构 .....	324
10.4 激光 .....	330
10.5 原子核和放射性 .....	336
思考题 .....	359
习 题 .....	359
<b>附录</b> .....	361
附录 A 国际单位制(SI) .....	361
附录 B 常用物理常数 .....	362
附录 C 矢量 .....	363
附录 D 希腊字母 .....	365
<b>参考文献</b> .....	366

# 第1部分

# 力学

## PART 1 MECHANICS

## 近代力学的进展和在农林中的应用

力学是最古老的科学之一,它的发展过程是人类对于机械运动的认识过程。约在公元前三四百年,古希腊的欧多克斯就提出了地心说,他用 27 个球层来解释天体的运动。后来亚里士多德对这个理论做了改进,到公元 2 世纪,托勒玫把这种学说发展到了登峰造极的地步。经典力学就是在批判亚里士多德的这些错误观点中建立起来的。阿基米德擅长对物理问题进行数学处理,他得出了著名的浮力定理和杠杆的平衡条件。阿基米德叙述杠杆平衡的学说,奠定了静力学的基础。伽利略对物理规律的论证过程是:一般观察——假说——数学分析、推论——实验验证,这种论证思想方法为后人揭开物理学的各种规律提供了范例。牛顿系统地总结了伽利略、惠更斯和开普勒等人的工作,得出了牛顿运动三定律和万有引力定律。牛顿在 1687 年出版的《自然哲学数学原理》这部经典著作中,从力学的基本概念和基本定律出发,利用他所发明的微积分这一数学工具,把天体力学和地面上的力学统一起来,创立了现代的质点经典力学。继牛顿在质点动力学方面取得的成就之后,俄国数学家欧勒提出了质点及刚体运动的一般微分方程;法国科学家达朗贝尔提出了达朗贝尔原理,这个原理有可能把动力学问题化为平衡问题来处理;拉格朗日建立了虚功原理的普遍形式,并与达朗贝尔原理相结合,提出了广义坐标动力学。这些科学家为经典力学逐步严密、科学的发展奠定了基础。20 世纪下半叶、航天任务基本实现以后,力学家开始转向新的力学生长点,特别是在天文学、地学、生物学方面取得丰硕成果。结合天体现象的研究,用磁流体力学研究太阳风的发生和发展规律,用流体力学结合恒星动力学解释星系螺旋结构,用相对论流体力学研究星系的演化等取得了成果。力学家研究了生物的形态和组织,建立了生物力学、形成一门新的生物医学学科。

人类面临一系列重大问题需要解决,其中有些问题对于我国说来更显紧迫,诸如:人均耕地面积较少,粮食不足,水、土资源短缺,水土流失和生态环境破坏严重,能源短缺、利用效率低,交通运输紧张,气象和地震等自然灾害的预报及防治等,继续不断提出新的力学问题,有赖于力学的新发展去解决。影响农作物的生长的一个关键因素是液体的输送,阐明水自根到叶而糖分从叶到全身的输运机制,及各部分在生长各阶段对液体的需要,对内因和外因各参数进行优化和调节,进而实现消耗最少而收获最多的目的。要加强对水源、土壤和空气中污染物质输运及对污染源控制的规律的研究。做好以上研究,我们将会有一个更为经济、健康的绿色产业(包括绿色农业和绿色工业)和生态环境,可以为我们提供优质农产品、创造优美的生存环境。解决能源危机的根本途径是寻求和开发干净的再生能源,并应千方百计地降低能耗,包括可控热核反应、太阳能、地热、生物质能、风能、潮汐能等。在煤的清洁燃烧和利用,可控热核反应作为未来能源的工业化等主要领域里,力学特别是流体力学可以大有作为。开发太阳能和地热的一个关键是提高集热、隔热材料性能和循环系统的传热、传质性能,研究生物发酵,汽化中的反应、扩散及汽化过程是加速实现开发生物质能的中心课题,建筑行业需要高效的保温材料和传热系统,其中也存在诸多力学问题。近年来,交通运输是

阻碍我国经济高速发展的“瓶颈”之一,急需研制和建设大型超声速客机、高速列车、新型船舶及水面效应飞行器,进一步发展高速公路、大型桥梁和隧道等。这些大型工程中存在一系列流体力学、固体力学及流固耦合的问题,需要新构思和新途径,提出科学和优化的设计和制作方案。我国地域辽阔,自然灾害频发,为了改进天气预报,了解地震发生机制,掌握泥沙和风沙迁移、土壤侵蚀以及泥石流和滑坡等的规律,需要针对气象与地学特点,推动力学与大气和海洋科学以及与地学的进一步结合,构筑新的模型和理论。力学与高技术的发展始终紧密相连,过去力学研究在发展以两弹为代表的尖端技术中发挥了极其重要的作用。当前,在发展高性能飞机、高能束流武器、动能武器、微重力科学技术、微型机械、超声速燃烧技术、空间垃圾的防治等,力学仍要发挥举足轻重的作用。在学科的发展中提出了一系列具有根本性和共性的问题,例如最突出和最普遍的两大基础难题是湍流机制以及固体的本构关系和破坏机制。绝大多数的流动均为湍流的形态,目前计算这类问题都带有经验的成分,方法带有局限性和盲目性而缺乏预测能力,因为湍流直接关系到航空、航天、水运、天气预报、海流预报、化学反应器、水利、环境以至天体和宇宙中的流动等众多领域,湍流研究的任何进展都有全局意义,都会在广阔范围内得到好处。近年来围绕实验中发现的相关结构展开了理论研究,直接数值模拟也有很大的进展。非线性动力系统理论,在分析运动稳定性、分岔、非线性振动、混沌等方面对整个力学的发展以及其他很多学科的发展产生影响,也会推动复杂的运动机械系统、控制系统及机器人技术等进步。学科的交叉与渗透对科学和技术的推动起巨大的作用,尤其要发展力学与生命科学的交叉、力学与地学的交叉。力学与地学结合的研究重点是:①地球动力学,中心问题有:板块运动的驱动力来源,地幔对流理论,地震机制;②环境与灾害力学,包括污染物的运移、气象灾害、地质灾害的发生机制和预报;③土岩的变形、流动和破坏规律。力学与生命科学结合的研究热点是,应力与细胞生长规律、微循环的规律、植物体液的输运规律等。力学问题的解决必须通过实验、分析、数值模拟三位一体的研究途径,需要充分利用计算机来控制实验及测量以及进行数据处理、演算和数值模拟。农业的种植养殖、生产、收获以及农产品运输、保鲜、加工等各个领域均离不开力学知识和机械,在我国各种水利工程中力学应用也至关重要,从三门峡水库的惨痛教训到小浪底水库和三峡水库工程的设计完善、维护、保护等力学知识均发挥着至关重要的作用。惊叹世界的都江堰水利工程就是极其成功的范例。

综上所述,力学有极其辉煌的历史,也有不可预测的未来,它一面推动着高新技术的发展,一面紧紧地联系着国计民生,学习农业林业不可不知物理,学习物理不可不知力学,力学正是农业和林业科学技术的基础。



