



面向 21 世纪 课 程 教 材
Textbook Series for 21st Century
全国高等农林院校“十一五”规划教材

物 理 学

第二版

杨宏伟 主编

面向 21 世纪课程教材
全国高等农林院校“十一五”规划教材

物 理 学

第 二 版

杨宏伟 主编

中国农业出版社
(北京市东城区东直门内大街 2 号)
(邮政编码 100026)
责任编辑 杨宏伟

中国农业出版社印刷厂印刷
2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷

开本: 850mm×1080mm 1/16 印张: 18.75
字数: 435 千字
定价: 28.00 元

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

物理学/杨宏伟主编. —2版. —北京: 中国农业出版社, 2007.12

面向 21 世纪课程教材. 全国高等农林院校“十一五”规划教材

ISBN 978-7-109-11974-1

I. 物… II. 杨… III. 物理学-高等学校-教材 IV. 04

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 179470 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 100026)
责任编辑 薛 波

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行
2002 年 7 月第 1 版 2008 年 1 月第 2 版
2008 年 1 月第 2 版北京第 1 次印刷

开本: 820mm×1080mm 1/16 印张: 18.75

字数: 432 千字

定价: 28.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

主 编 杨宏伟 (南京农业大学)

副 主 编 姚 虹 (内蒙古农业大学)

(学大业 王 琦 (南京农业大学)

编 者 杨宏伟 (南京农业大学)

(学大业 姚 虹 (内蒙古农业大学)

(学大业 王 琦 (南京农业大学)

(学大业 刘桂玲 (南京农业大学)

(学大业 谢翔东 (内蒙古农业大学)

(学大业 阿木古楞 (内蒙古农业大学)

李 萍 (江西农业大学)

主 审 唐玄之 (南京农业大学)

（第一版编写人员 主

（学大业来古蒙内）玻 拟 融 主 幅

主 编 周静娴（南京农业大学）

副主编 章国顺（安徽农业大学） 融

参 编 杨宏伟（南京农业大学）

（学大业来古蒙内）玻 拟 融 主 幅
李广新（安徽农业大学）

（学大业来古蒙内）玻 拟 融 主 幅
郭守月（安徽农业大学）

（学大业来古蒙内）玻 拟 融 主 幅
李 萍（江西农业大学）

（学大业来古蒙内）玻 拟 融 主 幅

（学大业来古蒙内）玻 拟 融 主 幅
（学大业来西工）玻 拟 融 主 幅

（学大业来京南）玻 拟 融 主 幅 主

第二版前言

本教材被批准列入全国高等农林院校“十一五”规划教材。

高考和高等教育的不断改革使大学生的综合素质不断提高，活学活用知识的能力有了一定的提升，同时，在教学活动中，高校教师也在不断地研究中学教育和高等教育，尽可能地做好物理教育教学的衔接工作。在这种背景下，我们结合近年来的教学实践，重新对农林院校中物理学知识进行了梳理和内容、结构的调整。

本教材以高中物理为起点，全书共分十一章，突出物理学基本知识及其在农林水和生物领域中的应用，在第一版的基础上，结合近年来的教学实践，增删了一些章节；增加了本章提要、思考题、科学家简介、科学导读、物理趣谈等栏目，便于学生进一步开扩视野。

参加本书编写的有：姚虹（内蒙古农业大学，第一、二、三章），王琦（南京农业大学，第四章），杨宏伟（南京农业大学，第五、六章），刘桂玲（南京农业大学，第七、十一章），谢翔东（内蒙古农业大学，第八、十章），阿木古楞（内蒙古农业大学，第九章），李萍（江西农业大学，第十章），姚虹通读修改了第一、二、三、八、九、十章，王琦通读修改了第五、六、七章，杨宏伟通读修改了第四、七、十一章。全书由杨宏伟再通读修改，南京农业大学唐玄之教授最后主审，并进行了加工处理。

在本书编写过程中，南京农业大学和内蒙古农业大学教务处、理学院的领导都给予了大力支持，在此表示衷心的感谢。我们的编写工作是在第一版的基础上进行的，因此，还要感谢第一版的编写人员。本教材引用了一些著作者的插图，由于版面所限，不能一一列出，在此一并致谢。

由于我们的水平有限，错误和不当之处在所难免，欢迎使用本书的师生批评指正。

编者

2007年10月

第一版前言

本教材被教育部批准列入高等教育“面向 21 世纪课程教材”。

本教材第一稿于 1998 年底完成，作为教材已被南京农业大学及安徽农业大学的本、专科生使用了 3 年多，在此基础上，经过进一步充实与提高，并作了适当的取舍修订而成。

本教材以高中物理为起点，把重点放在基本概念、基本原理和基本方法的阐述上，降低了理论要求。尽可能广泛地介绍实践领域中的各种应用，以丰富读者的基础物理知识。

为了克服物理学内容多而农业院校教学时数少的矛盾，本教材尽可能避免与中学内容重复，必要时只作简要叙述，以保持内容的连贯性。本教材不求物理学学科体系的完整，而紧密结合农科类专业特点，力求构成有利于教与学的教学内容体系。全书共十一章，考虑到教学的实际需要，对物理学经典内容做了必要的取舍，突出了热力学、电磁学、光学等内容，并对一些物理学新技术做了适当介绍，以拓宽学生的视野。考虑到对农科类学生一般不设电工学课程，故增加了直流电、交流电等章节。每章后有适量的习题，以便于读者进行自我检查，并巩固所学的知识。

参加本教材编写的有周静娴（南京农业大学，第二、七、十一章）、章国顺（安徽农业大学，第八、十章）、杨宏伟（南京农业大学，第四、五章）、李广新（安徽农业大学，第六章）、郭守月（安徽农业大学，第三章）、李萍（江西农业大学，第一、九章）。全书由主编周静娴修改、通读、定稿。感谢南京农业大学、安徽农业大学、江西农业大学教务处的有关同志，以及南京农业大学的唐玄之教授，在本书的编写过程中，给予很大的支持。感谢第一稿的参编人员，他们的辛勤劳动是我们的基础。本教材引用了一些著作者的插图，在此一并感谢。

由于我们的学识与经验有限，错误和不当之处在所难免，欢迎使用本书的师生指正。

编者

2002 年 1 月

目 录

第二版前言	1
第一版前言	1
第一章 流体的运动	1
第一节 理想流体的稳定流动	1
一、理想流体模型的建立	1
二、稳定流动、流线和流管	1
三、连续性原理	2
第二节 伯努利方程及其应用	3
一、伯努利方程	3
二、伯努利方程的应用	5
第三节 黏滞流体的流动	8
一、牛顿黏滞定律 黏度	8
二、流体的湍流 雷诺数	10
第四节 泊肃叶公式及其应用	10
一、泊肃叶公式	10
二、泊肃叶公式的应用	12
第五节 斯托克斯定律及其应用	13
一、斯托克斯定律	13
二、小球体在黏滞流体中的沉降	13
本章提要	14
思考题	15
习题	15
科学家简介 伯努利 斯托克斯	18
科学导读 超速离心分离技术	18
第二章 液体的表面现象	21
第一节 液体的表面张力	21
一、液体的微观结构	21
二、表面张力现象	22

三、表面张力的微观本质	22
四、表面张力系数	23
五、表面张力系数的测定	24
六、影响液体表面张力系数的因素	25
第二节 弯曲液面的附加压强	27
一、附加压强的产生	27
二、球形液面附加压强	27
第三节 毛细现象	29
一、液体与固体接触处的表面现象	29
二、毛细现象	31
本章提要	33
思考题	34
习题	34
科学家简介 拉普拉斯 托马斯·杨	36
物理趣谈 生产和生活中的毛细现象	37
第三章 气体动理论	39
第一节 气体动理论的基本概念	39
一、物质分子动理论的基本原理	39
二、气体的状态参量 平衡态	40
三、理想气体状态方程	41
四、理想气体的微观模型及统计假设	42
第二节 理想气体的压强公式和温度公式	42
一、压强公式	42
二、温度公式	45
第三节 能量均分定理 理想气体内能	46
一、自由度	46
二、气体分子运动的自由度	47
三、能量按自由度均分定理	47
四、理想气体的内能	48
第四节 气体分子速率分布的统计规律	50
一、涨落现象	50
二、分子的速率分布函数	50
三、麦克斯韦速率分布定律	51
四、气体分子的三种特征速率	52
第五节 气体分子能量分布的统计规律	54
一、玻尔兹曼分布律	54

二、气体分子在重力场中按高度的分布	55
第六节 气体分子的平均碰撞频率和平均自由程	56
一、分子的碰撞和碰撞截面	56
二、平均碰撞频率	56
三、平均自由程	57
第七节 气体内的输运过程	58
一、气体的扩散	59
二、气体的热传导	59
三、气体的内摩擦现象	60
本章提要	61
思考题	62
习题	63
科学家简介 阿伏伽德罗	64
科学导读 范德瓦耳斯方程	65
第四章 热力学	67
第一节 基本概念	67
一、热力学体系与环境	67
二、热力学平衡态	67
三、准静态过程(平衡过程)	68
第二节 热力学第一定律	69
一、热力学第一定律	69
二、内能	69
三、准静态过程的功	70
四、热量与热容量	71
第三节 热力学第一定律对理想气体的应用	72
一、等容过程	72
二、等压过程	73
三、等温过程	73
四、绝热过程	74
第四节 循环过程 卡诺循环	76
一、循环过程	76
二、热机和制冷机	76
三、卡诺循环	77
第五节 热力学第二定律	79
一、热力学第二定律的描述	79
二、卡诺定理	81

第六节 熵 熵增加原理	82
一、克劳修斯等式	82
二、熵	83
三、熵增加原理	87
本章提要	88
思考题	90
习题	90
科学家简介 玻耳兹曼	92
物理趣谈 熵和能量	93
第五章 静电场	95
第一节 电场强度	95
一、库仑定律	95
二、电场强度	96
三、电场强度的叠加原理	96
第二节 高斯定理	98
一、电场线	98
二、电场强度通量	99
三、高斯定理	100
四、高斯定理应用举例	101
第三节 静电场环路定理 电势	103
一、静电场力所做的功	103
二、静电场的环路定理	104
三、电势能	104
四、电势 电势差	105
五、电势的叠加原理	105
六、电场强度和电势的关系	106
七、电势的计算	106
第四节 电介质中的电场	108
一、电介质的分类	108
二、电介质极化的微观机制	109
三、电介质的极化规律	109
四、有电介质的高斯定理	110
第五节 静电场的生物效应	111
一、天然和人为电场	111
二、静电场的获得及种子处理	111
三、静电生物效应的一般规律	112

四、静电喷雾和静电授粉	113
五、细胞水平上研究生物遗传	113
六、静电的危害及防护	113
本章提要	114
思考题	115
习题	115
科学家简介 库仑	116
科学导读 屏蔽与静电屏蔽	117
第六章 直流电	120
第一节 电路的基本物理量	120
一、电流	120
二、电压与电动势	121
三、欧姆定律、电阻和电导	121
四、电阻率、电导率和超导	122
五、直流电路中的功率	123
第二节 基尔霍夫定律	123
一、复杂电路	123
二、基尔霍夫电流定律	124
三、基尔霍夫电压定律	125
第三节 电路中各点电势的计算	126
第四节 基尔霍夫定律的应用	128
一、惠斯登电桥	128
二、电势差计	129
三、分析复杂电路	130
第五节 温差电现象	131
一、汤姆逊电动势	132
二、帕耳帖电动势	132
三、温差电偶	133
第六节 跨膜电势差	135
一、离子扩散产生的电动势	135
二、细胞内外的扩散电动势	136
本章提要	137
思考题	138
习题	138
科学家简介 基尔霍夫 安培	141
物理趣谈 超导及其应用	143

第七章 正弦交流电路	146
第一节 正弦交流量的基本特征	146
一、周期、频率	146
二、瞬时值、最大值和有效值	147
三、相位和相位差	148
第二节 正弦交流电矢量图解法	150
第三节 正弦量的复数表示	151
一、复数的基本知识	151
二、正弦量的复数表示	152
三、复阻抗、交流电路的欧姆定律	153
第四节 电阻、电感、电容单一参数的正弦交流电路	154
一、纯电阻元件的正弦电路	155
二、纯电感元件的正弦电路	155
三、纯电容元件的正弦电路	157
第五节 电阻、电感、电容串联的正弦交流电路	159
第六节 电阻、电感、电容并联的正弦交流电路	162
第七节 交流电路的功率	164
一、纯电阻电路中的功率	164
二、纯电感电路中的功率	165
三、纯电容电路中的功率	165
四、电路中含电阻、电感、电容的普遍情况	166
第八节 功率因数	168
第九节 电路中的谐振	170
一、串联谐振	171
二、并联谐振	173
本章提要	175
思考题	176
习题	177
科学家简介 法拉第	179
物理趣谈 无线电波的发射与接收	180
第八章 振动与波动	183
第一节 简谐振动	183
一、弹簧振子	183
二、简谐振动的基本物理量	184
三、常数 A 和 φ 的确定	186

四、旋转矢量	187
五、简谐振动的能量	187
第二节 简谐振动的合成	188
一、同方向、同频率简谐振动的合成	188
二、相互垂直的同频率振动的合成	189
第三节 平面简谐波	191
一、机械波产生的条件	191
二、平面简谐波的波动方程	191
三、波动方程的物理意义	193
四、波的能量和能量密度	195
五、波的能流和能流密度	196
第四节 波的衍射和干涉	196
一、惠更斯原理	196
二、波的衍射	197
三、波的叠加原理	197
四、波的干涉	198
第五节 多普勒效应	200
本章提要	202
思考题	203
习题	204
科学家简介 惠更斯	206
科学导读 声波、超声波及其在生物学中的应用	206
第九章 光的波动性	208
第一节 光的干涉	208
一、相干光	208
二、双缝干涉	210
三、薄膜干涉	212
四、迈克耳孙干涉仪	217
第二节 光的衍射	218
一、光的衍射现象 惠更斯—菲涅耳原理	218
二、单缝衍射	220
三、光栅衍射	223
四、圆孔衍射 光学仪器的分辨率	226
第三节 光的偏振	229
一、自然光与偏振光	229
二、偏振光的产生方法	230

781	三、旋光现象	234
781	本章提要	235
881	思考题	237
881	习题	238
081	科学家简介 菲涅耳 夫琅禾费	240
101	科学导读 液晶	241
101	第十章 光谱学简介	244
801	第一节 光的量子性	244
801	一、光电效应	244
801	二、爱因斯坦的光子假说	245
801	三、光子的能量、质量、动量	246
801	第二节 德布罗意波	246
701	第三节 氢原子	248
701	一、玻尔的氢原子理论	248
801	二、原子能级	249
801	三、氢原子光谱	250
801	第四节 分子光谱与分子能级	251
801	一、分子光谱	251
801	二、分子能级	251
801	第五节 荧光和磷光	253
801	本章提要	254
801	思考题	255
801	习题	255
801	科学家简介 爱因斯坦 玻尔	256
801	第十一章 辐射度学和光度学基础	257
811	第一节 辐射度学的基本概念	257
811	一、辐射通量	257
811	二、辐射强度	257
811	三、辐射通量面密度	259
811	四、辐射亮度	260
811	第二节 光度学基础	260
811	一、视见函数	261
811	二、光通量	261
811	三、发光强度	262
811	四、光照度	263

五、光亮度	264
六、光出射度	265
第三节 光的测量	266
一、辐射照度的测量	266
二、发光强度的测量	267
三、光照度的测量	268
四、光亮度测量	270
五、光合有效辐射的测量及光子照度计	270
本章提要	271
习题	272
科学家简介 布格尔 朗伯	273
附录 I 基本物理常数 (2002 年国际推荐值)	275
附录 II 国际单位制 (SI) 单位	275
主要参考文献	278

第一章 流体的运动

液体和气体都具有流动性，统称为流体。流体是一种特殊的质点组，其特殊性主要表现为流动性和连续性。所谓流动性，就是流体各部分之间极易发生相对运动，因而流体没有固定的形状，其形状随容器的形状而定。所谓连续性，就是流体在其所占据的空间里是连续不断的，其内部不存在裂缝或空隙。研究流体的运动规律以及流体与其他物体之间相互作用的力学称为流体力学。在研究流体运动规律时，我们采用连续介质的概念，即认为流体是由许多连续分布的质点（流体微元）所组成，每个这样的质点，都是互相紧紧地挨在一起，它们之间没有任何空隙。流体力学在生物科学和农牧业生产中具有广泛的应用。例如生物体液和氧的输送，动物体内血液的循环，土壤中水分的运动，以及农田排灌、昆虫迁飞等的研究都要用到流体力学知识。

本章以液体为对象，讨论流体运动的一些基本规律和主要运动特征：连续性原理、伯努利方程及流体的黏滞性，并介绍流体力学基本原理在生物学中的一些应用。

第一节 理想流体的稳定流动

一、理想流体模型的建立

实际流体在流动时，其内部有相对运动的相邻两部分之间存在类似两固体相对运动时存在的摩擦阻力，称为内摩擦力，流体的这种性质称为黏滞性。实际流体在外界压力作用下，其体积会发生变化，即具有可压缩性。由于实际流体具有黏滞性及可压缩性，因此实际流体的运动规律极为复杂。

液体的可压缩性一般说来是很小的，例如水在 10°C 时压强每增加 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ (1 个大气压)，体积仅减少原体积的二万分之一。为了简化起见，我们通常在研究液体的运动时，将液体看成是不可压缩的。许多常见的液体（如水、酒精等）其黏滞性很小，通常可予以忽略。因此，在流体力学的研究中，为了使问题简化，我们引入一个理想模型——理想流体。所谓理想流体，就是绝对不可压缩且完全没有黏滞性的流体。理想流体事实上并不存在，但根据理想模型得出的结论，在一定条件下可以近似地说明实际流体的流动情况。

二、稳定流动、流线和流管

通常将流体看做是由大量流体质点所组成的连续介质，一般情况下在研究流体运动时，由于流体各部分可以有相对运动，因此各部分质点的流动速度可以互不相同，即流速是空间位置的函