

大学物理

■ 金仲辉 主编

DA XUE WU LI

中国农业大学出版社

大学物理

金仲辉 主编

中国农业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

大学物理/金仲辉主编. —北京:中国农业大学出版社,2002.7
ISBN 7-81066-472-7/O·22

I. 大… II. 金 III. 物理学-高等学校-教材 IV. 04

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第027277号

责任编辑 孟 梅

封面设计 郑 川

出 版 中国农业大学出版社
发 行 新华书店
经 销 新华书店
印 刷 涿州市星河印刷有限公司
版 次 2002年7月第1版
印 次 2006年1月第3次印刷
开 本 16 印张29.5 千字526
规 格 787×980
印 数 8 001~11 000
定 价 34.00元

图书如有质量问题本社负责调换

社址 北京市海淀区圆明园西路2号 **邮政编码** 100094

电话 010-62732633,62733089 **网址** www.cau.edu.cn/caup/

主 编 金仲辉 教授(中国农业大学)

副主编 申兵辉 副教授(中国农业大学)

祁 锋 副教授(中国农业大学)

王家慧 副教授(中国农业大学)

前 言

如何给非物理专业的学生,尤其是农科的学生讲授大学基础物理的课程,在农业院校负责教学的领导们和教师中有不同的看法.一种看法是,既然讲授的对象是农学(和生物)的学生,讲授的内容乃至教材要与他们的专业相结合,简言之,物理课要为专业服务;另一种看法是,物理学是一切自然科学的基础,农科专业和理工科专业的学生一样,需要具备有关物理学知识的扎实基础;物理学中的一套最全面、最有效的科学方法以及物理课程对学生科学素质所起的作用是其它课程无法替代的,这是物理课程的主要目的.我们持后一种看法.实际上作为大学基础物理课程及其教材也是难于服务于专业的.一则我们的教师不够熟悉农学专业,即使对某一专业的一些方面有所了解,如果对此作较详细的介绍,就会喧宾夺主,冲淡了大学基础物理的教学目的;二则农科有数十个专业,数十学时的物理课程及其教材何能做到都为它们服务,这是根本办不到的事情.当然,我们也主张在大学物理课程及其教材中,在可能的情况下举些物理学及其技术在农学中的应用实例,以此说明物理学也是农学的基础和提高学生学习物理学的兴趣,这对物理学教学无疑是有益的.

此外,我校的一些硕士生、博士生、博士后和教师经常向我们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,而往往是些物理学基础知识.这从一个侧面告诉我们,加强大学基础物理教学是很重要的.

鉴于上述原因,我们在编写本书过程中采用了比较传统的结构,即全书分为力学、热学、电磁学、光学和量子物理基础五大部分.我们在叙述物理概念、原理和规律时,力求从现象、实验出发,着眼于物理内容的阐述和物理本质的揭示,希望能给读者留下清晰的物理图像.

适当地穿插一些历史材料和评述,以避免割裂和绝对化,同时在教学上一些难点或可以延伸的地方,我们也在书后列出相应的参考文献,供对此有兴趣的读者参考.还考虑到物理教学现代化以及提高学生科学素质和能力的重要性,本书适当地增加了近代物理学的内容,在不同章节中有选择地简要介绍若干当代物理前沿的内容以开阔视野、启迪思维,加深对基础内容的理解.本书的附录里还有一篇介绍物理学及其技术(放射性、电学、磁学、光学、声学、离子束、精确农业等)在农业应用的文章,借以说明物理学及其技术在农业上的应用日趋广泛,物理学在促进农业发展中将起到不可估量的作用.

本书共 17 章,每章后都附有一定数量的思考题和习题,以供读者复习使用,书后还附有物理基本常量表和有关的文献目录.

本书请北京大学博士生导师史诤教授审稿.她指出了原书稿中的一些疏失,并提出了中肯的意见和建议,使本书生色不少.本书的第 5 章至第 7 章由申兵辉副教授执笔,第 12 章由王家慧副教授执笔,第 16 章和第 17 章由祁铮副教授执笔,绪论和其余章节由金仲辉教授执笔,并负责全书的统一定稿.限于编者的水平,书中难免有疏漏和错误之处,请读者不吝指出.

本书可供高等农林牧院校中农科各专业及水产、林业、畜牧、兽医等专业使用.

编者

2002 年 5 月

目 录

| | |
|----|-------|
| 绪论 | (1) |
|----|-------|

第 1 篇 力 学

| | |
|---------------------|--------|
| 1 运动和力 | (7) |
| 1.1 质点运动学 | (8) |
| 1.1.1 质点、参考系和坐标系 | (8) |
| 1.1.2 时间和空间的计量 | (8) |
| 1.1.3 位置矢量 位移 | (9) |
| 1.1.4 速度 加速度 | (10) |
| 1.2 牛顿运动定律 | (12) |
| 1.2.1 牛顿第一定律 惯性系 | (12) |
| 1.2.2 牛顿第二定律 | (13) |
| 1.2.3 牛顿第三定律 | (13) |
| 1.3 力学相对性原理 伽利略变换 | (14) |
| 1.4 惯性力 | (15) |
| 思考题 | (16) |
| 习题 | (17) |
| 2 动量守恒 角动量守恒 | (20) |
| 2.1 动量定理 动量守恒定理 | (21) |
| 2.1.1 动量、冲量和质点动量定理 | (21) |
| 2.1.2 质点组的动量定理 | (22) |
| 2.1.3 动量守恒定理 | (24) |
| 2.2 角动量定理 角动量守恒 | (25) |
| 2.2.1 力矩 | (25) |
| 2.2.2 质点角动量 | (26) |
| 2.2.3 角动量定理 | (26) |
| 2.2.4 刚体绕固定轴的转动 | (28) |
| 2.2.5 角动量守恒定律 | (30) |
| 思考题 | (32) |

| | |
|--------------------|------|
| 习题 | (33) |
| 3 能量守恒 | (36) |
| 3.1 功 | (37) |
| 3.2 动能和动能定理 | (38) |
| 3.2.1 质点的动能及其动能定理 | (38) |
| 3.2.2 刚体的动能及其动能定理 | (39) |
| 3.3 势能 | (40) |
| 3.3.1 保守力和耗散力 | (40) |
| 3.3.2 势能 | (41) |
| 3.3.3 势能曲线 | (42) |
| 3.4 机械能守恒定律 | (44) |
| 思考题 | (44) |
| 习题 | (45) |
| 4 流体力学 | (47) |
| 4.1 流体静力学 | (48) |
| 4.1.1 静止流体内一点的压强 | (48) |
| 4.1.2 静止流体内两点的压强差 | (50) |
| 4.2 理想流体的定常流动 | (52) |
| 4.2.1 理想流体 | (52) |
| 4.2.2 定常流动 | (53) |
| 4.2.3 连续性方程 | (54) |
| 4.2.4 伯努利方程 | (54) |
| 4.2.5 伯努利方程应用 | (56) |
| 4.3 黏滞流体的运动 | (58) |
| 4.3.1 层流的黏滞定律 | (59) |
| 4.3.2 泊肃叶公式 | (60) |
| 4.3.3 层流和湍流 | (64) |
| 4.4 黏滞流体中运动物体受到的阻力 | (66) |
| 思考题 | (67) |
| 习题 | (68) |
| 第 2 篇 热 学 | |
| 5 气体分子动理论 | (72) |
| 5.1 平衡态 状态方程 | (73) |

| | |
|----------------------------|--------------|
| 5.1.1 系统 宏观描述与微观描述 | (73) |
| 5.1.2 平衡态 | (73) |
| 5.1.3 状态方程 | (75) |
| 5.2 理想气体的压强公式 | (76) |
| 5.2.1 分子热运动的描述 | (76) |
| 5.2.2 理想气体的微观模型 | (77) |
| 5.2.3 按气体分子动理论计算压强 | (78) |
| 5.3 气体分子动理论对温度的解释 | (81) |
| 5.4 麦克斯韦速率分布 | (83) |
| 5.4.1 统计规律 分布函数 | (83) |
| 5.4.2 麦克斯韦速率分布律 | (85) |
| 5.4.3 理想气体的特征速率 | (86) |
| 5.4.4 麦克斯韦速率分布律的实验验证 | (88) |
| 5.5 玻尔兹曼分布律 | (89) |
| 5.5.1 玻尔兹曼分布律 | (89) |
| 5.5.2 重力场中粒子按高度的分布 | (92) |
| 5.6 能量均分定理 | (93) |
| 5.6.1 自由度 | (94) |
| 5.6.2 能量均分定理 | (95) |
| 5.6.3 理想气体的内能 | (95) |
| 5.7 气体分子的平均自由程 | (97) |
| 5.7.1 分子的平均碰撞频率 | (97) |
| 5.7.2 分子的平均自由程 | (99) |
| 5.8 气体内的输运过程 | (100) |
| 5.8.1 黏性 | (100) |
| 5.8.2 热传导 | (101) |
| 5.8.3 扩散 | (102) |
| 5.9 范德瓦耳斯方程 | (103) |
| 思考题 | (105) |
| 习题 | (107) |
| 6 热力学基础 | (110) |
| 6.1 热力学第一定律 | (111) |
| 6.1.1 热量 | (111) |

| | | |
|----------------|--------------|-------|
| 6.1.2 | 功 | (113) |
| 6.1.3 | 热力学第一定律 | (114) |
| 6.2 | 理想气体的典型热力学过程 | (115) |
| 6.2.1 | 等体过程 | (116) |
| 6.2.2 | 等压过程 | (116) |
| 6.2.3 | 等温过程 | (118) |
| 6.2.4 | 绝热过程 | (119) |
| 6.3 | 循环过程 卡诺循环 | (122) |
| 6.3.1 | 循环过程 | (122) |
| 6.3.2 | 卡诺循环及其效率 | (124) |
| 6.4 | 热力学第二定律 | (126) |
| 6.4.1 | 可逆过程与不可逆过程 | (126) |
| 6.4.2 | 热力学第二定律 | (127) |
| 6.4.3 | 克劳修斯不等式 | (129) |
| 6.4.4 | 卡诺定理 | (131) |
| 6.5 | 熵 | (132) |
| 6.5.1 | 熵 熵增加原理 | (132) |
| 6.5.2 | 孤立系的平衡判据 | (135) |
| 6.6 | 熵的微观实质与统计学意义 | (137) |
| 6.6.1 | 宏观状态与微观状态 | (137) |
| 6.6.2 | 玻尔兹曼关系式 | (138) |
| | 思考题 | (140) |
| | 习题 | (141) |
| 7 | 液体的表面性质 | (145) |
| 7.1 | 液体的表面张力 | (146) |
| 7.2 | 球形液面内外的压强差 | (148) |
| 7.3 | 毛细现象 | (151) |
| | 思考题 | (154) |
| | 习题 | (154) |
| 第3篇 电磁学 | | |
| 8 | 静电场 | (158) |
| 8.1 | 电场强度 场强叠加原理 | (159) |

| | |
|------------------------------|-------|
| 8.1.1 电荷 电荷守恒定律 | (159) |
| 8.1.2 库仑定律 | (160) |
| 8.1.3 电场 场强叠加原理 | (161) |
| 8.2 静电场的高斯定理 | (167) |
| 8.2.1 电场线 | (167) |
| 8.2.2 电通量 | (168) |
| 8.2.3 高斯定理 | (169) |
| 8.3 静电场环路定理 电势 | (173) |
| 8.3.1 静电场环路定理 | (173) |
| 8.3.2 电势差 电势 | (175) |
| 8.3.3 电势叠加原理 | (177) |
| 8.3.4 等势面 电势梯度 | (179) |
| 8.4 静电场中的导体 | (181) |
| 8.4.1 静电场中的导体 静电屏蔽 | (181) |
| 8.4.2 电容和电容器 | (182) |
| 8.5 静电场中的电介质 | (185) |
| 8.5.1 电介质的极化 | (185) |
| 8.5.2 电介质中的场强 介电常量 | (186) |
| 8.5.3 电位移矢量 有电介质时的高斯定理 | (188) |
| 8.6 静电场的能量 | (189) |
| 8.6.1 电容器储能 | (189) |
| 8.6.2 电场能量 电场能量密度 | (190) |
| 思考题 | (191) |
| 习题 | (192) |
| 9 恒定电流 | (196) |
| 9.1 电流密度矢量 电流的恒定条件 | (197) |
| 9.1.1 电流强度 | (197) |
| 9.1.2 电流密度矢量 | (197) |
| 9.1.3 电流的恒定条件 | (198) |
| 9.2 欧姆定律的微分形式 | (199) |
| 9.2.1 欧姆定律 | (199) |
| 9.2.2 电阻率 电导率 | (200) |

| | |
|---------------------------------|-------|
| 9.2.3 欧姆定律的微分形式 | (202) |
| 9.3 电动势 | (203) |
| 9.3.1 电源及其电动势 | (203) |
| 9.3.2 含电源电路的欧姆定律 | (204) |
| 9.4 电子逸出功 温差电现象 | (207) |
| 9.4.1 电子逸出功 | (207) |
| 9.4.2 接触电势差 | (207) |
| 9.4.3 温差电现象 | (208) |
| 思考题 | (209) |
| 习题 | (210) |
| 10 恒定磁场 | (212) |
| 10.1 磁现象的电本质 | (213) |
| 10.1.1 早期发现的磁现象 | (213) |
| 10.1.2 奥斯特实验 | (214) |
| 10.1.3 磁现象的电本质 | (215) |
| 10.2 磁场 磁感应强度矢量 | (215) |
| 10.2.1 磁感应强度矢量 | (215) |
| 10.2.2 毕奥—萨伐尔定律 | (216) |
| 10.2.3 毕奥—萨伐尔定律的应用 | (217) |
| 10.2.4 运动电荷的磁场 | (220) |
| 10.3 恒定磁场的基本性质 | (221) |
| 10.3.1 磁场的高斯定理 | (221) |
| 10.3.2 安培环路定理 | (222) |
| 10.4 磁场对载流导线的作用 | (225) |
| 10.4.1 安培定律 | (225) |
| 10.4.2 两无限长平行载流直导线间的相互作用力 | (226) |
| 10.4.3 矩形载流线圈在均匀磁场中所受的力矩 | (227) |
| 10.5 带电粒子在磁场中的运动 | (228) |
| 10.5.1 洛伦兹力 | (228) |
| 10.5.2 带电粒子在均匀磁场中的运动 | (229) |
| 10.5.3 霍尔效应 | (231) |
| 10.6 磁介质 | (233) |
| 10.6.1 介质的磁化 | (233) |

| | |
|-----------------------------------|-------|
| 10.6.2 有磁介质时的磁场高斯定理和安培环路定理 磁场强度矢量 | (237) |
| 10.6.3 铁磁质 | (239) |
| 思考题 | (241) |
| 习题 | (243) |
| 11 电磁感应 | (246) |
| 11.1 法拉第电磁感应定律 | (247) |
| 11.1.1 电磁感应现象 | (247) |
| 11.1.2 法拉第电磁感应定律 | (248) |
| 11.1.3 楞次定律 | (250) |
| 11.2 动生电动势和感生电动势 | (250) |
| 11.2.1 动生电动势 | (250) |
| 11.2.2 感生电动势 感生电场 | (251) |
| 11.3 自感和互感 | (253) |
| 11.3.1 自感 | (253) |
| 11.3.2 互感 | (255) |
| 11.4 磁场的能量 | (257) |
| 11.4.1 自感磁能 | (257) |
| 11.4.2 互感磁能 | (258) |
| 11.4.3 磁场的能量 | (258) |
| 思考题 | (260) |
| 习题 | (262) |
| 12 电磁场和电磁波 | (265) |
| 12.1 麦克斯韦方程组 | (266) |
| 12.1.1 静电场 恒定磁场和变化磁场的基本规律 | (266) |
| 12.1.2 位移电流 | (267) |
| 12.1.3 安培环路定理的普遍形式 | (268) |
| 12.1.4 麦克斯韦方程组 | (268) |
| 12.2 电磁波 | (269) |
| 12.2.1 电磁波的产生及其性质 | (269) |
| 12.2.2 电磁波的能流密度 | (271) |
| 12.2.3 电磁波谱 | (272) |
| 思考题 | (274) |

| | |
|----|-------|
| 习题 | (274) |
|----|-------|

第 4 篇 光 学

| | |
|-------------------------------|-------|
| 13 振动与波 | (278) |
| 13.1 简谐振动 | (279) |
| 13.1.1 概述 | (279) |
| 13.1.2 弹簧振子 | (279) |
| 13.1.3 单摆 | (280) |
| 13.1.4 描述简谐振动的物理量 | (282) |
| 13.1.5 简谐振动的旋转矢量表示法 | (284) |
| 13.1.6 简谐振动的能量 | (284) |
| 13.2 阻尼振动 | (285) |
| 13.2.1 弱阻尼时的衰减振动 | (286) |
| 13.2.2 强阻尼时的衰减振动 | (286) |
| 13.2.3 临界阻尼 | (287) |
| 13.3 受迫振动 共振 | (287) |
| 13.4 振动的合成 | (289) |
| 13.4.1 同方向同频率简谐振动的合成 | (289) |
| 13.4.2 同方向不同频率简谐振动的合成 | (291) |
| 13.4.3 振动方向相互垂直、频率相同的两简谐振动的合成 | (292) |
| 13.4.4 振动方向相互垂直、频率不同的两简谐振动的合成 | (294) |
| 13.5 振动的分解 频谱 | (296) |
| 13.6 平面简谐波 | (297) |
| 13.6.1 机械波的产生和传播 | (297) |
| 13.6.2 纵波和横波 | (298) |
| 13.6.3 描述波动的三个基本物理量 | (298) |
| 13.6.4 波的几何描述 | (300) |
| 13.6.5 简谐波的表达式 | (301) |
| 13.6.6 波的能量 | (303) |
| 13.6.7 惠更斯原理 波的衍射 | (307) |
| 13.6.8 波的叠加原理 干涉 | (309) |
| 13.6.9 多普勒效应 | (310) |
| 思考题 | (311) |

| | |
|--------------------------|--------------|
| 习题 | (312) |
| 14 光波 | (315) |
| 14.1 光的干涉 | (316) |
| 14.1.1 杨氏实验 | (316) |
| 14.1.2 劳埃德镜和半波损 | (323) |
| 14.1.3 相干光源与非相干光源 | (323) |
| 14.1.4 薄膜干涉 | (325) |
| 14.1.5 迈克尔孙干涉仪 | (334) |
| 14.2 光的衍射 | (337) |
| 14.2.1 惠更斯—菲涅耳衍射原理 | (337) |
| 14.2.2 单缝夫琅禾费衍射 | (340) |
| 14.2.3 衍射光栅 | (345) |
| 14.2.4 圆孔夫琅禾费衍射 | (355) |
| 14.2.5 X射线的衍射 | (357) |
| 14.3 光的偏振 | (359) |
| 14.3.1 自然光和偏振光 | (359) |
| 14.3.2 马吕斯定律和布儒斯特定律 | (361) |
| 14.3.3 晶体双折射 | (364) |
| 14.3.4 旋光性 | (372) |
| 思考题 | (375) |
| 习题 | (376) |
| 15 光的吸收、散射和色散 | (381) |
| 15.1 光的吸收 | (382) |
| 15.1.1 朗伯定律 | (382) |
| 15.1.2 一般吸收和选择吸收 | (383) |
| 15.1.3 吸收光谱 | (384) |
| 15.2 光的散射 | (386) |
| 15.2.1 光的散射现象 | (386) |
| 15.2.2 瑞利散射 | (387) |
| 15.2.3 散射光的偏振状态和散射光强的角分布 | (388) |
| 15.2.4 拉曼散射 | (390) |
| 15.3 光的色散 | (391) |
| 15.3.1 正常色散 | (391) |

| | |
|------------------|-------|
| 15.3.2 反常色散····· | (392) |
| 思考题····· | (393) |
| 习题····· | (393) |

第5篇 量子物理基础

| | |
|-----------------------------|-------|
| 16 量子物理概论 ····· | (396) |
| 16.1 从经典物理学到量子力学····· | (397) |
| 16.1.1 经典力学的时空关系····· | (397) |
| 16.1.2 光的波粒二象性····· | (398) |
| 16.1.3 实物粒子的波粒二象性与物质波····· | (401) |
| 16.1.4 物质波的统计解释····· | (403) |
| 16.1.5 不确定原理····· | (404) |
| 16.2 波函数和薛定谔方程····· | (406) |
| 16.2.1 波函数的物理意义及其性质····· | (406) |
| 16.2.2 薛定谔方程····· | (407) |
| 16.2.3 定态薛定谔方程····· | (408) |
| 16.3 一维无限深势阱····· | (409) |
| 16.3.1 无限深势阱····· | (409) |
| 16.3.2 求解定态薛定谔方程····· | (410) |
| 16.4 氢原子的能级结构····· | (412) |
| 16.4.1 氢原子的定态薛定谔方程····· | (412) |
| 16.4.2 讨论····· | (413) |
| 16.4.3 电子自旋····· | (417) |
| 16.4.4 量子力学与经典力学的关系····· | (417) |
| 16.5 分子的能级结构和分子光谱····· | (418) |
| 16.5.1 分子中电子的运动状态和电子能级····· | (418) |
| 16.5.2 双原子分子的振动和振动光谱····· | (419) |
| 16.5.3 双原子分子的转动与转动光谱····· | (420) |
| 16.5.4 荧光和磷光····· | (422) |
| 思考题····· | (424) |
| 习题····· | (424) |
| 17 激光原理 ····· | (426) |
| 17.1 激光的基本原理····· | (427) |

| | | |
|--------|-------------------------|-------|
| 17.1.1 | 原子吸收、自发辐射和受激辐射 | (427) |
| 17.1.2 | 粒子数反转分布 | (429) |
| 17.1.3 | 工作物质的能级结构 | (429) |
| 17.1.4 | 光学谐振腔 | (431) |
| 17.1.5 | 产生激光的必要条件 | (431) |
| 17.2 | 激光器简介 | (432) |
| 17.2.1 | 红宝石激光器 | (432) |
| 17.2.2 | 氦氖激光器 | (433) |
| 17.2.3 | 二氧化碳激光器 | (434) |
| 17.2.4 | 可调谐染料激光器 | (436) |
| | 思考题 | (437) |
| | 习题 | (437) |
| 附录 | | (439) |
| 附录 1 | 基本物理常量 1998 年的推荐值 | (439) |
| 附录 2 | 保留单位和标准值 | (439) |
| 附录 3 | 物理学在促进农业发展中的作用 | (440) |
| 参考文献 | | (453) |