



iCourse · 教材
高等农林院校基础课程系列



自主创新
方法先行



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

大学物理实验

(第二版)

主编 解迎革 党亚爱 汪自庆

高等教育出版社

Introductory Physics Experiments



数字课程网站

网址: <http://abook.hep.com.cn/1236049>
<http://abook.hep.edu.cn/1236049>

数字课程编号 使用说明详见书内数字课程说明页

ISBN 978-7-04-047954-6



定价 38.00 元



iCourse · 教材
高等农林院校基础课程系列



自主创新
方法先行



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

大学物理实验

(第二版)

主 编 解迎革 党亚爱 汪自庆
副主编 李 霞 刘云鹏 陈莹莹 杜光源
主 审 王国栋

高等教育出版社·北京

此为试读, 需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

内容提要

本书是在王国栋教授主编的普通高等教育“十一五”国家级规划教材基础上修订而成的。本书根据农林院校的特点,在总结西北农林科技大学物理系列课程教改研究成果的基础上,结合多年教学实践,建立了适合物理实验课独立开课要求的教材体系。

全书共分6章,按测量误差与数据处理、常用基本物理量的测定方法及特点、物理实验技术和方法、基本实验、综合实验、设计实验的顺序编排。考虑到不同学校实验仪器设置和教学安排的实际,部分实验提供了两种或两种以上方法,以利于师生进行自主选择。每个实验后附有思考与练习题,便于学生巩固实验所学知识。

本书可作为高等学校理工科非物理类和农科类各专业的大学物理实验教材,也可作为高等职业技术学校相关专业和农林科技工作者学习和科学实验的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理实验/解迎革,党亚爱,汪自庆主编.--
2版.--北京:高等教育出版社,2017.8

iCourse·教材.高等农林院校基础课程系列

ISBN 978-7-04-047954-6

I. ①大… II. ①解… ②党… ③汪… III. ①物理学
-实验-高等学校-教材 IV. ①O4-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第153842号

Daxue Wuli Shiyan

项目策划 王瑜 李光跃 陈琪琳 李艳馥 吴雪梅

策划编辑 顾炳富

责任编辑 程福平

封面设计 张楠

版式设计 童丹

插图绘制 杜晓丹

责任校对 刘丽娟

责任印制 赵义民

出版发行 高等教育出版社
社址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印刷 大厂益利印刷有限公司
开本 850mm×1168mm 1/16
印张 17.5
字数 360千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>
<http://www.hepmall.com>
<http://www.hepmall.cn>
版 次 2008年6月第1版
2017年8月第2版
印 次 2017年8月第1次印刷
定 价 38.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物料号 47954-00

出版说明

“十二五”是继续深化高等教育教学改革、走以提高质量为核心的内涵式发展道路和农林教育综合改革深入推进的关键时期。教育教学改革的核心是课程建设,课程建设水平对教学质量和人才培养质量具有重要影响。2011年10月12日教育部发布了《教育部关于国家精品开放课程建设的实施意见》(教高[2011]8号),开启了信息技术和网络技术条件下校、省、国家三级精品开放课程建设的序幕。作为国家精品开放课程展示、运行和管理平台的“爱课程(iCourse)”网站也逐渐为高校师生和社会公众认知和使用。截至目前,已启动2911门精品资源共享课和696门精品视频公开课的立项建设,其中的1000多门精品资源共享课和600多门精品视频公开课已经在“爱课程(iCourse)”网站上线。

高等教育出版社承担着“‘十二五’本科教学工程”中国家精品开放课程建设的组织实施和平台建设运营的重要任务,在与广大高校,特别是高等农林院校的调研和协作中,我们了解到当前高校的教与学发生了深刻变化,也真切感受到课程和教材建设所面临的挑战和机遇。如何建设支撑学生自主学习和校际共建共享的课程和新形态教材成为现实课题,结合我社2009年以来在数字课程建设上的探索和实践,我们提出了“高等农林院校基础课程精品资源共享课及系列教材”建设项目,并获批列入科技部“科学思维、科学方法在高等学校教学创新中的应用与实践”项目(项目编号:2009IM010400)。项目建设理念得到了众多农林高校的积极响应,并于2012年12月—2013年6月,分别在北京、扬州、武汉、哈尔滨、福建等地陆续召开了项目启动会议、研讨会和编写会议。2014年,项目成果“iCourse·教材:高等农林院校基础课程系列”陆续出版。

本系列教材涵盖数学、物理、化学化工、计算机、生物学等系列基础课程,在出版形式、编写理念、内容选取和体系编排上有不少独到之处,具体体现在以下几个方面:

1. 采用“纸质教材+数字课程”的出版形式。纸质教材与丰富的数字教学资源一体化设计,纸质教材内容精炼适当,并以新颖的版式设计和内容编排,方便学生学习和使用;数字课程对纸质教材内容起到巩固、补充和拓展作用,形成以纸质教材为核心,数字教学资源配合的综合知识体系。

2. 创新教学理念,引导自主学习。通过适当的教学设计,鼓励学生拓展知识面和针对某些重要问题进行深入探讨,增强其独立获取知识的意识和能力,为满足学生自主学习和教师教学方法的创新提供支撑。

3. 强调基础课程内容与农林学科的紧密联系,始终抓住学生应用能力培养这一重要环节。教材和数字课程中精选了大量有实际应用背景的案例和习题,在概念引入和知识点讲授上也总是从实际问题出发,这不仅有助于提高学生基础课程的兴趣,也有助于加强他们的创新意识和创新能力。

4. 教材建设与资源共享课建设紧密结合。本系列教材是对各校精品资源共享课和教学改革成果的集成和升华,通过参与院校共建共享课程资源,更可支持各级精品资源共享课的持续建设。

建设切实满足高等农林教育教学需求、反映教改成果和学科发展、纸质出版与资源共享课紧密结合的新形态教材和优质教学资源,实现“校际联合共建,课程协同共享”是我们的宗旨和目标。将课程建设

及教材出版紧密结合,采用“纸质教材+数字课程”的出版形式,是一种行之有效的方法和创新,得到了高校师生的高度认可。尽管我们在出版本系列教材的工作中力求尽善尽美,但难免存在不足和遗憾,恳请广大专家、教师和学生提出宝贵意见与建议。

高等教育出版社

2014年7月

第二版前言

本书第一版由王国栋教授主编,是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,自2008年出版以来,经过多所院校的长期使用,得到很多师生的肯定和好评。读者普遍认为该书符合当前普通高等院校的教学实际,满足教学要求,有利于培养学生的科学素质、科学实验能力和创新意识及创新能力。

编者在本书第一版的基础上,通过在2014年全国高等农林水院校物理教学与科研研讨会上与同行的讨论,并结合多年的教学实践经验进行了本次修订。本次修订未对书中的主要内容和体系及编写风格作大的改动,主要针对部分实验项目内容进行了优化和更新。如对“用霍尔效应测量磁场”“用分光计测量棱镜的折射率”“密立根油滴实验”及“声速的测定”等实验内容进行了更新,使之满足仪器更新要求,并使实验内容更丰满;对部分实验项目进行了调整,比如用“磁场测量与描绘”(采用电磁感应法测量载流圆线圈及亥姆霍兹线圈的磁场分布)替换原来的“电流磁场的测定”,删除了“普通摄影技术”和“微距摄影与纤维摄影技术”实验,增加了“冷却法测定金属比热容”,使实验内容更符合当前教学的需要;对原教材中的部分插图进行了修改,使之更准确、形象、美观;对原教材中出现的错误和遗漏作了全面的勘定,部分实验的方法步骤进行了调整,使之更合理规范科学。在整个编写过程中,力争做到内容新颖、表述规范、图表清晰、条理清楚。

本书由解迎革、党亚爱和汪自庆任主编,李霞、刘云鹏、陈莹莹和杜光源任副主编。全书由解迎革统稿,由教育部高等学校大学物理课程教学指导委员会委员、陕西省教学名师、教育部宝钢教育基金会优秀教师获得者、西北农林科技大学博士生导师王国栋教授主审。

在本书编写过程中,西北农林科技大学物理实验示范中心和基础物理教学中心的各位同仁给予了积极的配合和大力支持,许多学校的师生也提出了中肯的建议,高等教育出版社的相关编辑在本书的出版过程中付出了大量的劳动,在此一并感谢!

由于编者水平有限,书中欠妥之处敬请读者批评指正。

编者

2017年3月

第一版前言

物理学是一门实验科学,它的实验方法和思路、分析和解决问题的方法在强调素质教育的今天有着极其重要的地位和作用。物理实验是培养学生科学精神、科学态度、科学思维方法的基础课程,也是大学生知识—能力—创新协调发展的催化剂。作为物理教学改革的重要组成部分,物理实验在许多农林院校也已开始独立设课,物理实验课的重要性越来越突出。

在对大学物理实验的教学目的、任务和编写方案的研讨中,我们深切地感受到必须注重学生的动手能力、分析问题及解决问题能力的培养。根据“厚基础、宽口径”的人才培养原则以及注重学生“综合素质”和“创新能力”培养的教学原则,在实验教材的编写过程中力图达到以下目的:

- (1) 能够使学生对物理学实验的理论、内容和方法及其应用有一个比较全面的了解,力求将比较新的前沿学科和技术问题中的物理学原理反映在教学内容中。
- (2) 在编写中,力求做到实验目的具体、突出,实验要求明确;实验原理叙述清楚,既有实验理论介绍,也有实验方法的归纳总结,既有单个实验方法的介绍,也有对常用基本物理量测定方法的总结和比较;实验内容、步骤以及数据记录处理详尽,方便学生学习。
- (3) 在实验内容的选择上,考虑到素质教育和创新能力培养的需要,根据新形势下教学改革的发展趋势和发展动向,既要适应通才教育的需要,又要满足个性化教学的需求。实验项目中既有按照教学大纲设置的基本实验,又有综合性实验,还有设计性实验,以满足不同层次教学的需要。
- (4) 注重对学生的科学素质的培养,将科学的方法论有机地融入教学内容中。培养学生的科学思维能力,使学生掌握正确的科学研究方法,具备发现问题、分析问题与解决问题的能力,具备探索自然规律的能力,并初步具备创新能力。
- (5) 实验教材应自成体系,使学生对物理实验的基本原理、仪器的使用、实验方法及数据处理有一个全面了解,实验技能得到系统性训练,为后续课程学习打下坚实的基础。
- (6) 全书采用了国际单位制,所用名词术语以全国自然科学名词审定委员会 1996 年公布的基础物理学名词为准。

《大学物理实验》的编写大纲和相关修订内容经中国物理学会教学委员会农林分会于 2006 年北京年会会议讨论和修订确定。由西北农林科技大学王国栋教授任主编,西北农林科技大学刘云鹏、汪自庆、党亚爱任副主编。

全书由王国栋统稿。中国物理学会教学委员会农林分会原副主任委员、西北农林科技大学张振瀛教授审阅了全稿,感谢他对本书提出的宝贵意见。在此一并致谢。

由于我们的学识与教学经验所限,书中缺点和错误在所难免,恳请使用本书的师生批评指正。

编者

2007 年 12 月

目 录

绪论	001
第 1 章 测量误差与数据处理	005
§ 1.1 测量误差	006
§ 1.2 随机误差的估算	009
§ 1.3 有效数字及其运算	016
§ 1.4 数据处理的方法	020
思考与练习	024
第 2 章 常用基本物理量的测定方法及特点	027
§ 2.1 长度测量	028
§ 2.2 时间和频率测量	030
§ 2.3 质量测量	030
§ 2.4 温度测量	031
§ 2.5 压力测量	033
§ 2.6 直流电流测量	034
§ 2.7 直流电压测量	036
§ 2.8 直流磁感应强度测量	037
§ 2.9 常用光探测器	039
第 3 章 物理实验技术和方法	041
§ 3.1 实验设计的基本方法	042
§ 3.2 物理实验中的典型测量技术	044
§ 3.3 转换测量法	048
§ 3.4 模拟法和示踪法	050
§ 3.5 放大测量法	051
§ 3.6 比较测量法	053
§ 3.7 补偿法	056
§ 3.8 计算机仿真法	060
思考与练习	062

第4章 基本实验	065
§ 4.1 基本测量	066
§ 4.2 刚体转动惯量的测定	078
§ 4.3 液体黏度的测定	087
§ 4.4 用拉伸法测金属丝的杨氏模量	093
§ 4.5 固体线膨胀系数的测定	099
§ 4.6 液体表面张力系数的测定	102
§ 4.7 稳态法测量不良导体的导热系数	111
§ 4.8 物质比热容比/比热容的测定	115
§ 4.9 电学基本量的测定	123
§ 4.10 惠斯通电桥	130
§ 4.11 电位差计的使用	135
§ 4.12 通用示波器的使用	139
§ 4.13 用模拟法测绘静电场分布	145
§ 4.14 RC 电路的充放电过程	147
§ 4.15 磁场测量与描绘	155
§ 4.16 铁磁材料的磁化曲线及磁滞回线的测定	161
§ 4.17 声速的测定	167
§ 4.18 用分光计测量棱镜的折射率	173
§ 4.19 光栅及其应用	179
§ 4.20 光的等厚干涉现象与应用	182
§ 4.21 单缝衍射光强分布的测定	186
§ 4.22 偏振光的研究	190
§ 4.23 用旋光仪测定有机溶液的浓度	196
第5章 综合实验	203
§ 5.1 密立根油滴实验	204
§ 5.2 迈克耳孙干涉仪的调节和使用	212
§ 5.3 弗兰克-赫兹实验	216
§ 5.4 电表的改装与校准	224
§ 5.5 恒温自动控制器的安装与调试	229
§ 5.6 吸收光谱特性的测定	231
§ 5.7 光谱定性分析	234
§ 5.8 用霍尔效应测量磁场	240
第6章 设计实验	249
§ 6.1 用振动法测弹簧的劲度系数	250

§ 6.2 不规则形状固体密度的测定	250
§ 6.3 小灯泡伏安特性曲线的测定	251
§ 6.4 用滑线式电桥测毫安表内阻	251
§ 6.5 用箱式电桥测定电流计内阻	251
§ 6.6 电流表的扩程	252
§ 6.7 望远镜或显微镜的组装	252
§ 6.8 用光干涉法测定金属丝的直径	252
§ 6.9 用牛顿环测定溶液的折射率	253
§ 6.10 测定光栅常量	253

附录 1 中华人民共和国法定计量单位 255

附表 1 SI 基本单位	256
附表 2 包括 SI 辅助单位在内的具有专门名称的 SI 导出单位	256
附表 3 国际单位制以外的我国法定计量单位	257
附表 4 SI 词头	258

附录 2 常用物理量 259

附表 5 常用物理常量表	260
附表 6 20 ℃时某些固体或液体的密度	260
附表 7 某些液体的黏度	261
附表 8 某些液体与空气接触时的表面张力系数	261
附表 9 某些物质的电阻率和温度系数	261
附表 10 某些物质中的声速	262
附表 11 某些物质的相对电容率	262
附表 12 某些物质的相对磁导率	262
附表 13 某些物质的折射率	263
附表 14 常用光源的谱线波长	264
附表 15 某些物质的旋光率	264

参考文献 265

物理学是一门理论与实验紧密结合的学科. 实验是研究自然规律、认识客观世界、改造客观世界的基本手段之一. 回顾物理学发展史, 任何物理新概念的确立、新规律的发现, 都需以严密的物理实验为依据, 许多重要的规律都是在总结大量实验事实的基础上得到的.

实验不同于对自然现象的直接观察, 也不同于生产过程中的直接经验. 其优点是可以利用实验方法控制实验条件, 排除外界干扰, 从而有效地突出被研究对象之间的重要关系; 在实验中可以把复杂的自然现象或生产过程分解成若干个独立现象和过程, 进行个别或综合研究; 可以进行重复实验, 或改变条件进行实验, 以便于对事物的各个方面作广泛的比较和分析.

学好物理学, 就应当学习物理实验的理论和方法, 并掌握一些物理实验的基本技能和科学研究方法, 具备发现问题、分析问题与解决问题的能力, 具备探索自然规律的能力, 并初步具备创新能力.

NOTE

一、物理实验课的地位和基本任务

物理实验是对理科、工科、农科学生进行科学实验基本训练的一门独立的必修课, 是学生进入大学后接受系统实验方法和实验技能训练的开端, 也是培养学生实验技能和科学素质的基础.

在农林院校开设物理实验课, 力求达到以下目的:

(1) 通过对物理现象的观察、分析和物理量的测量, 学习物理实验的相关知识, 加深对物理概念和原理的理解, 培养实事求是的工作态度和作风.

(2) 培养和提高学生的实验技能. 主要包括以下几方面的任务:

① 通过预习实验内容及阅读有关资料, 组织实验, 提高查阅和运用资料的能力, 并能概括出实验原理和方法的要点.

② 通过正确地使用仪器, 了解它的原理、结构和使用方法, 掌握基本物理量的测量方法和实验操作技能.

③ 培养和提高学生从事科学实验的初步能力, 包括实验数据处理及误差分析的能力、获得准确实验结果的能力.

④ 通过正确地记录及科学地处理实验数据, 撰写合格的实验报告, 提高科学论述能力、表达能力以及自行设计和完成某些不太复杂实验的能力.

二、物理实验课的基本程序与要求

物理实验课的基本程序一般分为三个阶段: 课前预习、进行实验和课后撰写实验报告.

1. 课前预习

预习的目的在于实验之前应对实验内容有一个总体上的了解. 预习至关重要, 它决定着实验能否取得主动和收获的大小. 通过预习应当弄清以下问题: ① 实验的理论依据和条件; ② 实验仪器的选取; ③ 所用仪器的工作原理及操作方法; ④ 实验过程的注意事项; ⑤ 记录与处理实验数据的方法; ⑥ 实验结果的预测.

预习报告用统一的实验报告纸按格式要求书写, 并且要求书写整齐、清晰. 预

习报告格式要求:

- (1) 实验名称;
- (2) 实验目的;
- (3) 实验仪器(实验所需仪器的名称、数量及使用时的注意事项);
- (4) 实验原理、计算公式及其使用条件,电路图、光路图和装置简图等;
- (5) 实验步骤;
- (6) 合理的实验数据记录表格.

2. 实验操作

实验操作是实验程序中的关键环节. 学生须遵守实验室规则, 听从教师指导, 熟悉各个仪器的使用方法及操作规范, 认真完成实验. 实验操作应注意以下几点:

(1) 进入实验室后, 应先在实验室准备好的实验状况登记表上签到, 然后认真听取实验教师的讲解指导, 再按教材中规定的实验程序和步骤进行实验操作. 应该像科研工作者那样严格要求自己. 实验的重点是在实验能力的培养上, 而不是仅仅测出几个数据就认为完成了实验任务.

(2) 根据实验的具体要求, 依据有效数字规则, 认真记录实验数据, 绝不允许伪造或抄袭他人数据.

(3) 为养成良好的工作作风, 在做完实验后, 务必将所用仪器设备恢复原位, 关闭电源和水源, 做好实验室清洁工作, 并将原始数据交教师审阅签字后方可离开实验室.

3. 撰写实验报告

撰写实验报告是对一次实验的全面总结, 也可作为科学报告或论文写作的基本训练. 所以, 在做完实验后, 应对实验数据进行及时处理和分析, 作出合理结论, 最后才能写出完整的实验报告. 具体要求如下:

(1) 数据处理. 实验结果是对大量数据的总结和升华, 只有一丝不苟地处理实验数据, 才能实现从感性认识到理性认识的飞跃. 所以在数据处理过程中, 应首先按照误差理论和有效数字运算规则整理数据, 列表或绘出曲线; 然后计算和分析实验数据的特点和规律以及由此而得出的结论; 最后分析误差的来源, 并讨论存在的问题和改进方法.

(2) 撰写实验报告. 完整的实验报告应包括: 实验目的, 实验仪器(仪器的名称、性能及精度), 实验原理和方法, 实验数据记录及处理(包括图表), 误差分析及问题讨论.

在撰写实验报告时, 应力求报告内容简单明了. 还应在报告的开头注明实验时间、作者姓名. 原始数据记录也应作为实验报告的附件一起上交.

NOTE

>>> 第1章

••• 测量误差与数据处理

通过科学实验定量研究自然现象所遵从的规律时,必须对大量的实验数据进行测定、记录和分析处理. 数据处理及误差分析是科学实验的重要组成部分,是从事科学研究必须掌握的基本知识和技能. 因此有关数据处理及误差分析理论的学习,是培养学生实验能力及提高科学素质不可缺少的教学内容和训练环节.

由于有关数据处理及误差分析理论的内容很多,不可能在一两次学习中掌握,因此我们首先对其基本理论作初步了解,然后针对每一个具体实验详细学习有关内容,并通过运用加以掌握. 顺便指出,有关数据处理和误差分析的深入讨论已成为普通计量学以及数理统计学的任务,本章只引用其中的某些结论和计算公式,详细的理论探讨和证明请参考有关数理统计的书籍.

§ 1.1 测量误差

NOTE

物理实验需要测量许多物理量来研究物理学规律. 一般情况下,测量必须借助一定的仪器,采用一定的方法,在人为控制的环境下由实验者来完成. 但在实际测量中,由于测量仪器、实验条件以及种种因素的限制,测量不可能无限精确,测量结果与客观存在的值(称为真值)总有一定的差异,即有一定的误差. 测量结果都有误差,误差始终存在于测量过程之中,这就是所谓的误差公理. 因此,分析测量中可能产生的各种误差,尽可能消除其影响,并对测量结果中未能消除的误差作出准确估计,是科学实验必不可少的组成部分. 本节主要介绍误差的概念、特点、产生的原因及估算方法.

一、误差的概念

测量误差是测量结果与被测量的真值(或约定真值)之间的差值. 测量误差的大小反映了测量结果的准确程度. 测量误差可用绝对误差或相对误差来表示:

$$\text{绝对误差} = |\text{测量结果} - \text{真值}|$$

$$\text{相对误差} = \frac{\text{测量值的绝对误差}}{\text{被测量的真值}} \times 100\%$$

事实上,被测量的真值是不可确知的,人们对客观物质世界建立的“量”的概念,也只能通过各种测量手段和方法了解到其测量值. 所以除了以上定义之外,人们还依据测量学和数理统计学原理建立了完整的误差理论体系,用来科学地估算测量误差.

二、误差的分类

产生误差的原因很多,根据其性质及产生的原因,可将误差分为系统误差和随机误差两大类.

(一) 系统误差

在相同实验条件下,对同一物理量进行的多次测量中,如果出现的误差偏向一