



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



普通高等教育农业部“十二五”规划教材



高等农林教育“十三五”规划教材

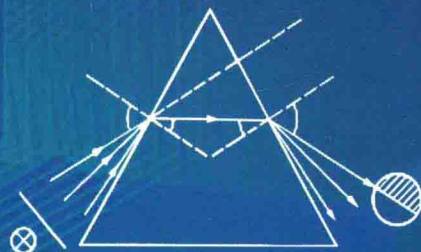
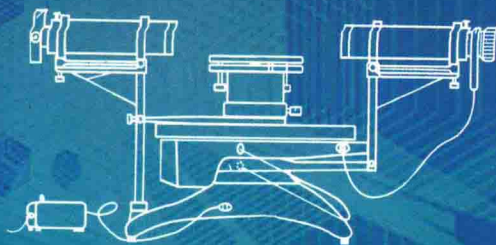
大学物理实验

第2版

Experiment of University Physics
Experiment of University Physics



● 刘金龙 李海 主编
● 刘岩 杨初平 副主编



中国农业大学出版社

CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY PRESS



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



普通高等教育农业部“十二五”规划教材



高等农林教育“十三五”规划教材

大学物理实验

Experiment of University Physics

第2版

刘金龙 李 海 主 编
刘 岩 杨初平 副主编

中国农业大学出版社
· 北京 ·

内 容 简 介

本教材是理科基础课程教指委推荐示范教材,包括基本实验、初级设计性实验、设计性实验、综合性实验、研究性实验和近代物理实验等,涵盖验证性实验、设计性实验、综合性实验和研究性实验。本书重视提高学生实验设计能力、激发学生学习兴趣;重视学生独立完成实验、全方位掌握实验的背景知识等能力的培养;希望学生在这习过程中了解该实验与科学研究、生产、生活的联系。

本教材的实验内容涵盖了理工类和农林类各专业大学物理实验课程所要求的范围,可作为高等理工类和农林类各专业的大学物理实验教材或实验教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理实验/刘金龙,李海主编. —2版. —北京:中国农业大学出版社,2017.8
ISBN 978-7-5655-1857-7

I. ①大… II. ①刘…②李… 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 177083 号

书 名 大学物理实验 第2版

作 者 刘金龙 李 海 主编

策划编辑 潘晓丽

封面设计 郑 川

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

电 话 发行部 010-62818525,8625

编辑部 010-62732617,2618

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

经 销 新华书店

印 刷 北京时代华都印刷有限公司

版 次 2017年8月第1版 2017年8月第1次印刷

规 格 787×1092 16开本 18印张 440千字

定 价 39.00元

责任编辑 韩元凤

责任校对 王晓凤

邮政编码 100193

读者服务部 010-62732336

出 版 部 010-62733440

E-mail cbsszs@cau.edu.cn

图书如有质量问题本社发行部负责调换

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	

第2版编写委员会

主 编 刘金龙 李 海

副主编 刘 岩 杨初平

编写人员 (按姓氏拼音排序)

戴占海	邓海东	胡旭波	劳媚媚	李 海
李凌燕	刘 丹	刘建斌	刘金龙	刘景锋
刘 岩	罗志环	吕红英	麦志杰	潘哲朗
谭诚臣	谭穗妍	徐初东	徐海涛	杨初平
杨小红	杨 意	曾应新		

第 1 版编写委员会

主 编 王宙斐(华南农业大学)

副 主 编 曹学成(山东农业大学)
胡玉才(大连水产学院)
郭山河(吉林大学)
刘金龙(华南农业大学)

参编人员 陈洪叶(山东农业大学)
姜贵君(山东农业大学)
高 峰(山东农业大学)
迟建卫(大连水产学院)
张丙芳(东北农业大学)
范秀华(北京林业大学)
史旭光(北京林业大学)
马冠雄(沈阳农业大学)
黄新成(塔里木大学)
杨小红(华南农业大学)
李 海(华南农业大学)
戴占海(华南农业大学)
谭穗妍(华南农业大学)
刘建斌(华南农业大学)
刘 慧(华南农业大学)
劳媚媚(华南农业大学)
杨初平(华南农业大学)
徐初东(华南农业大学)
胡旭波(华南农业大学)
曾应新(华南农业大学)

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

第 2 版前言

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推荐示范教材,同时也是普通高等教育农业部“十二五”规划教材、高等农林教育“十三五”规划教材。

在当前的互联网+时代,国内外各种教学资源越来越多,师生获取信息的方式便捷多样,一方面,这些教学资源无法取代亲自动手做实验,物理实验课程在培养学生实践能力方面的地位和作用不言而喻;另一方面,把教学实践与互联网、多媒体相结合,提高教学效果,同样显得迫切和需要。

本教材是在《大学物理实验》(王宙斐主编)的基础上,由多名有多年实践教学经验的教师修订而成的。教师和学生在使用第 1 版教材的过程中,对教材的结构、语言文字、图片表格、理论的阐述都给予了充分肯定,认为全书结构有系统、有层次,符合认知规律,教师讲授与学生学习都比较顺畅,因此,本书基本保留了第 1 版的结构和风格。

本教材由绪论、物理实验中的几个重要环节、物理实验常用仪器及其调节和使用、基本实验、初级设计性实验、设计性实验、综合性实验、研究性实验、近代物理实验 9 部分组成。

基本实验包括背景介绍、实验方法、操作的基本要求和阅读材料等 4 个模块。把实验项目和当前的生产、生活、科学研究相结合,拓展实验所研究的物理问题,使学生对本实验有个全方位的理解,从而提高学生科学研究的兴趣。

设计性实验由初级设计性实验和设计性实验两部分组成。初级设计性实验是针对基本实验的范围和内容,根据实验提供的要求和提示,借鉴基本实验的原理或方法,让学生初步设计一些难度相对较低的实验,从而作为设计性实验的一个过渡,培养学生举一反三的能力。在设计性实验中,学生在没有类似实验借鉴的情况下,根据教材给出的要求和提示,通过阅读参考文献等读物,能够独立设计、完成实验。

综合性实验是在实验过程中,可能要使用多种实验技术来完成的实验项目。本教材的综合性实验的结构与基本实验相似,但强调对学生综合实验能力的培养。

研究性实验是一个微型研究课题。我们结合农、林、理、工等学科专业的特点和实践中遇到的问题,给出了研究的题目及相关的参考资料,要求学生就某一课题展开全面研究,进行初步科学研究性实验。

近代物理实验介绍近现代物理的一些重要实验,以便于开阔学生的视野。这部分内容比较系统地给出了和实验相关的理论知识,并较详细地介绍了实验中采用的技术和技巧,使学生更加深刻理解实验的设计思想和操作的思路。

根据几年的教材使用经验,本教材在第 1 版的基础上,修订了第 1 章和第 2 章,对测量的不确定度等相关内容进行了比较详细的介绍。为了使教材更加系统,内容上增加物理实验常用仪器及其调节和使用,让学生对大学物理实验的常用仪器有一个比较完整的认识。



增补更换部分实验项目,比如:增加利用双光栅测量微弱振动实验,使实验项目的构成更加合理。本教材增加二维码识别部分——实验仪器介绍视频,作为实验教材与多媒体、互联网相结合的一个尝试。

本教材凝聚了几代物理实验工作者的心血,参考和吸收了国内外出版的多本实验教材的内容。本教材由刘金龙、李海主编,刘岩、杨初平副主编。第1、2章由刘金龙编写;第3章由杨初平编写;第4章由李海、戴占海、谭诚臣、杨小红、徐海涛、麦志杰、吕红英编写;第5章由刘金龙、刘丹编写;第6章由谭穗妍、刘建斌、杨意、李凌燕编写;第7章由刘建斌、邓海东、劳媚媚编写;第8章由杨初平、徐初东、潘哲朗编写;第9章由刘岩、罗志环、刘景锋、曾应新、胡旭波、劳媚媚编写。

由于编者水平所限,错误在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2017年5月

第1版前言

本书是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。根据教育部关于实施质量工程的文件精神,本书在编写内容方面和已有的实验教材相比,更加突出引导学生加深对物理实验总体的认识,即在培养学生基本知识、基本技能、做好重复性实验的基础上,强调了实验方案的设计、实验结果分析的重要性。本书在各实验中增加了较多和科学研究、实际的生产、生活的联系方面的内容,其目的是使学生对自己所做实验的设计思想的来龙去脉有较详细的了解,以增强学习兴趣,激发创新灵感,使实验课在培养学生的实践能力、独立工作能力和创新能力等方面发挥更大的作用。本教材由绪论、物理实验中的重要环节简介、基本实验、初级设计性实验、设计性实验、综合性实验、研究性实验、近代物理实验八部分组成。

在基本实验中我们给出了相关背景简介、本实验采用方法的详细介绍、本实验对学生的基本要求和参考文献及阅读材料推荐四个模块;其中包括本实验所研究的物理问题在生产、生活中的应用,对科学研究的意义,实验的基本构思与原理,重要仪器简介,预习思考题,操作后思考题和作业等。使学生通过阅读本教材能够对要做的实验有一个全方位的了解,对学生的科学研究的兴趣和独立思考的能力培养,以及对知识、技能及创新能力的提高有所帮助。综合性实验的结构与基本实验相似,这里我们更加强调对学生综合实验能力的培养。

初级设计性实验一章给出的是和基本实验相关的实验设计任务,在每一个实验题目中都给出了设计该实验的要求,培养学生举一反三的能力,是学生由紧跟教材完成实验到独立设计实验的过渡性训练。而在设计性实验中,就要求学生在没有类似实验借鉴的情况下,根据教材中给出的提示,通过阅读参考读物独立设计、完成实验。

研究性实验是一个微型研究课题,在这里我们结合农科专业的特点和实践中遇到的问题给出研究题目和部分参考资料。要学生对这一题目展开全面研究,强调培养学生使用一定仪器(可以是比较复杂的仪器)进行初步科学探索的能力;在进行实验之前,按照项目的研究内容进行相关的资料调研,收集一定的背景资料;然后针对实验项目提出的若干问题进行检测、分析、研究;实验样品可以按照实验项目的要求由学生自己选择,不同学生的实验结果可以不同;对实验结果进行分析研究和探索,得出具有一定实验依据的初步结果,最后写出小型研究论文。

近代物理实验向学生介绍一些在近代历史上以及当前的一些重要实验,以便开阔学生的视野。在这一部分的编写过程中,我们比较系统地给出了和实验相关的理论知识,并较详细地介绍了实验中采用的技术、技巧。使学生能更加深刻理解实验的设计思想和操作的思路。

本教材由王宙斐主编,曹学成、胡玉才、郭山河和刘金龙为副主编。华南农业大学、山东



农业大学、大连水产学院、北京林业大学、沈阳农业大学、东北农业大学、塔里木大学和吉林大学八个院校的教师参加了本书的编写工作。郭山河、王宙斐编写第 1 章和第 2 章；曹学成、胡玉才、陈洪叶、杨小红、李海、迟建卫、姜贵君、张丙芳、高峰、戴占海编写第 3 章；刘金龙编写第 4 章；谭穗妍、刘建斌、刘慧编写第 5 章；刘慧、刘建斌、劳媚媚编写第 6 章；杨初平、徐初东、王宙斐编写第 7 章；胡旭波、曾应新、范秀华、史旭光、黄新成、马冠雄编写第 8 章。由于编者水平有限，错误和疏漏之处恳请读者批评指正。

编 者

2009 年 10 月

C 目录

CONTENTS

第 1 章 绪论	1
1.1 物理实验的地位及作用	1
1.2 大学物理实验课程教学目的和本教材简介	1
1.3 大学物理实验课程的要求	2
第 2 章 物理实验中的几个重要环节	4
2.1 物理量的测量	4
2.2 物理实验的基本方法	13
2.3 组合测量实验数据的处理	18
2.4 常用的统计分析软件简介	22
2.5 实验结论的得出	24
附 物理量的单位及物理常量	25
第 3 章 物理实验常用仪器及其调节和使用	28
3.1 常用力学和热学实验仪器	28
3.2 常用电磁学实验仪器	35
3.3 物理实验常用电源与光源	41
第 4 章 基本实验	45
实验 4-1 落球法测量液体的黏滞系数	45
实验 4-2 扭摆法测定物体的转动惯量	52
实验 4-3 液体表面张力系数的测定	60
实验 4-4 空气比热容比的测量	65
实验 4-5 万用表和惠斯登电桥的使用	71
实验 4-6 温差电动势的测量	81
实验 4-7 示波器的使用	90
实验 4-8 集成霍耳传感器法测量圆线圈和亥姆霍兹线圈的磁场	106
实验 4-9 用分光计测三棱镜顶角	112
实验 4-10 用牛顿环测量透镜的曲率半径	122
实验 4-11 利用物质的旋光性测量溶液的浓度	128
实验 4-12 霍耳效应的应用	133



第 5 章 初级设计性实验	143
实验 5-1 测量液体的黏滞系数随温度的变化关系	143
实验 5-2 复摆的等效摆长的测定	144
实验 5-3 测量蔗糖的表面张力系数与其浓度之间的关系	144
实验 5-4 空气比热容比之声速测量法	145
实验 5-5 双臂电桥的应用	146
实验 5-6 用电位差计校准毫安表级别	146
实验 5-7 用示波器测绘铁磁材料的磁化曲线和磁滞回线	147
实验 5-8 圆线圈匝数的确定	147
实验 5-9 最小偏向角法测量棱镜的折射率	148
实验 5-10 用牛顿环测量钠光谱线长	148
实验 5-11 物质旋光率的测定及磁致旋光特性研究	149
实验 5-12 测绘霍耳系数与温度的关系	150
第 6 章 设计性实验	151
实验 6-1 二极管伏安特性曲线的测绘	151
实验 6-2 非平衡电桥测量热敏电阻的温度系数	153
实验 6-3 偏振光通过检偏器后光强度变化规律的研究	156
实验 6-4 RLC 振荡电路的周期特性研究	157
实验 6-5 用迈克尔逊干涉仪测量光波的波长	160
实验 6-6 掠入射法测量棱镜的折射率	162
第 7 章 综合性实验	165
实验 7-1 霍耳位置传感器的定标和杨氏模量的测定	165
实验 7-2 用布儒斯特角法测量薄膜的折射率	168
实验 7-3 光学全息照相	172
实验 7-4 光电转换器特性的研究	175
实验 7-5 利用双光栅测量微弱振动	183
第 8 章 研究性实验	189
实验 8-1 植物器官在不同生长期反射光谱变化规律的研究	189
实验 8-2 液态饮料人工色素含量的光谱分析研究	191
实验 8-3 硅太阳能电池光谱响应曲线实验研究	193
实验 8-4 微弱信号检测实验研究	195
实验 8-5 高压静电场对种子发芽影响的研究	198
实验 8-6 混沌运动的力学碰撞实验研究	198
第 9 章 近代物理实验	200
实验 9-1 普朗克常数的测定	200
实验 9-2 密立根油滴实验	208



附 OMWIN Ver1.4 使用说明	216
实验 9-3 塞曼效应	217
实验 9-4 微波电子自旋共振	226
实验 9-5 核磁共振	234
实验 9-6 夫兰克-赫兹实验	242
实验 9-7 声光效应	249
实验 9-8 电子束实验	259

1.1 物理实验的地位及作用

物理学是研究物质的基本结构、基本运动形式、相互作用和相互转化规律的科学,是自然科学的基础。实验是人类有目的地在变革自然的过程中认识自然的一种手段,是人类发挥高度智慧的一种特殊的实践活动。

物理学本质上说是一门实验科学。物理实验在物理规律的发现、物理理论的建立乃至整个物理学的产生、发展和应用的过程中起着非常重要的作用。经典物理规律是从实验事实中总结出来的,近代物理学史是从实验与经典物理学的矛盾中发展起来的,物理学中的每一项突破和进展都与实验密切相关。

物理实验对于促进一切自然科学的发展都起着重要的作用,因此成为自然科学中最基本、最重要的科学实验之一。科学实验对于发展任何一门学科都是极其重要的、有时甚至起到革命性的作用,比如显微镜的发明使细胞学以新的面貌出现;X射线衍射催生了分子生物学、医学影像学;各类扫描探针技术的发现、光谱技术的应用为开辟纳米材料科学、材料化学的研究奠定了基础;各种激光器的发明,为信息通信技术的快速发展创造了条件,为新材料、新学科的研究提供了进行科学实验的可能,促进了现代农业的蓬勃发展;纳米技术和微电子学的兴起为材料科学、生物学提供了精细、先进的研究途径。

物理实验对人类社会发展的影响还不局限于自然科学。物理实验可以使人类对整个世界,整个宇宙的结构、起源及发展方向的认识不断加深、不断完善,对人类的意识形态、世界观、人生观都有着重要的影响。

1.2 大学物理实验课程教学目的和本教材简介

物理实验是在一定的时间、空间范围内,通过有目的、有计划地对实际过程的观察、测量分析来探索物理规律的实践活动。在进行物理实验之前,要根据实验要完成的任务,制定实



验方案。一般来说,物理实验包括五个重要过程:①实验背景介绍;②实验现象的显现;③物理量的测量与数据记录;④实验数据的处理;⑤分析讨论结果,得出实验结论。第一个过程是掌握实验的意义及与此实验相关的背景介绍;第二个过程主要包括仪器的选用和实验过程的构思;第三个过程主要包括测量、读数和记录数据的正确方法与技巧;第四个过程要对得到的原始数据进行分析 and 处理;第五个过程是对观测结果进行分析总结,得出实验的结论。

大学物理实验课程的教学目的,就是通过实验提高学生的自学能力、动手能力、分析判断能力、设计能力、创新能力;培养学生理论联系实际的能力、实事求是的工作能力;发扬不断创新的精神,造就团队协作、爱护公物、遵守纪律的优良品德。由于实验课程的教学特点和实验课教学的空间和时间所限,传统的实验课程对学生的要求主要集中在中间三个过程,对于第一个过程背景介绍没有得到足够重视。第二过程中的实验现象的呈现成功与否取决于学生对仪器性能的熟悉程度。随着教育部有关高校教学质量工程文件的出台,大学物理实验课程已经在不断地进行改革,教学的中心逐渐向培养学生的独立思考的能力和创新能力方向转移,大学物理实验课程也更加注重培养学生独立构思、设计创新实验方案的能力;独立解决问题的能力,探索新规律,得出相应结论的能力。

为此,我们在教材中给出了六类实验题目:基本实验、综合性实验、初级设计实验、设计性实验、研究性实验和近代物理实验。基本实验注重有关实验的基本知识、基本技能的传授,实验现象的重现;综合性实验要比基本实验的任务重一些,需要的实验要求也高一些;初级设计实验是学生根据教材和教师要求完成实验步骤,作为设计实验的初级训练,在这里学生需要自己设计的实验和已做过的实验非常类似,培养学生举一反三、推陈出新的能力;在设计性实验中,学生要根据实验任务自己独立设计、完成实验;在研究性实验中学生可以根据自己的兴趣选择实验题目,并按照自己制定的方法去探索新的规律并得到相关结论;近代物理实验是为了开阔学生的视野,了解目前物理实验中的新思想、新方法和新设备、新结论。

为方便学生在预习实验时有一个直观的、具体的实验仪器介绍,提高预习效果,从而激发学生的学习兴趣,本教材通过二维码的形式对部分实验仪器的介绍进行数字化。学生只要扫描二维码就可以获得相关的仪器介绍的视频。

1.3 大学物理实验课程的要求

物理实验是大学生进入高校后首先接触到的实践教学环节,是对大学生进行系统的科学实验方法和技能训练的重要课程,是大学生从事科学实验的起步。

在物理实验课程的学习中具体要做到以下几点,并作为课程的考查依据。

1. 实验课前预习(占成绩的10%)

由于实验课课堂时间有限,课前预习就显得十分重要。学生应该认真阅读教材,仔细研究有关实验资料,明确实验目的、原理,用仪器及其实验操作步骤、注意事项等,设计好记录数据的表格。预习应把实验报告的前半部分提前写好,这些内容包括:实验名称、实验的任务、简述实验原理(应列出主要计算公式,画出原理简图,简述实验步骤等)。

2. 课堂实验操作(占成绩的50%)

(1)学生应提前进入实验室,了解实验室的规章制度,严格遵守实验规则,注意安全。