



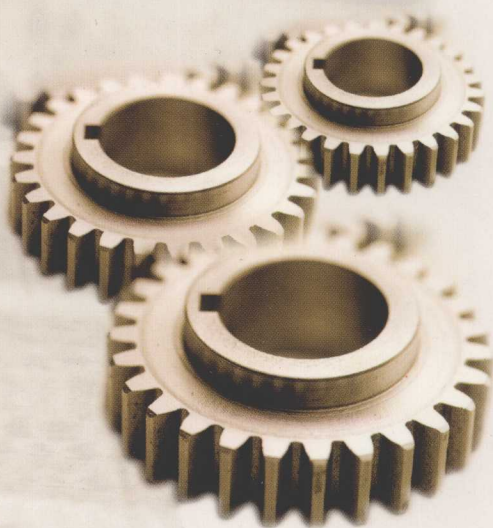
河海大学常州校区“十一五”规划实验系列教材之一

大学物理实验

主 编 ⊙ 赵长青

副主编 ⊙ 张 敏 陆雪平 王飞武

DAXUE
WULISHIYAN



河 海 大 学 出 版 社

河海大学常州校区“十一五”规划实验系列教材之一

大学物理实验

主 编 赵长青

副主编 张 敏 陆雪平 王飞武

河 海 大 学 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

大学物理实验 / 赵长青主编. —南京: 河海大学出版社,
2007. 1

ISBN 978 - 7 - 5630 - 2346 - 2

I. 大… II. 赵… III. 物理学—实验—高等学校—教材
IV. 04 - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 018520 号

书 名 / 大学物理实验

书 号 / ISBN 978 - 7 - 5630 - 2346 - 2/O · 133

责任编辑 / 朱婵玲

特约编辑 / 张 伟

责任校对 / 吴华勤

封面设计 / 杭永鸿

出 版 / 河海大学出版社

发 行 / 江苏省新华书店

地 址 / 南京市西康路 1 号(邮编: 210098)

电 话 / (025)83737852(总编室) (025)83722833(发行部)

印 刷 / 丹阳兴华印刷厂印刷

开 本 / 787 毫米×960 毫米 1/16

印 张 / 20.5

字 数 / 412

版 次 / 2007 年 2 月第 1 版 2007 年 2 月第 1 次印刷

定 价 / 46.00 元

序

创新作为时代发展的要求和社会进步的动力,一直是人们所不断追求的。科技、文化等各领域的进步都要靠不断创新,而创新需要人才,特别是年轻英才的前赴后继。高校作为人才培养的摇篮,不仅要输出专业型、知识型人才,更要造就一大批综合型、创新型人才。河海大学作为教育部直属的重点大学,一直重视学生创新精神和创新能力的培养。常州校区根据学校“致高、致用、致远”的教育理念,推行理论教学、实践教学和科学研究“三元结合”的人才培养模式,始终坚持培养“宽基础、强素质、重实践、求创新”人才,注重工程、注重实践,努力培养学生的学习能力、实践能力和创新精神。

2004年,校区顺利通过了江苏省高校基础课教学实验室评估。通过此次评估,校区全面贯彻“以评促建、以评促改”的方针,根据校区实际和特色,立足创新平台的构建,加强基础课实验室和专业实验室建设,并以此推动、提升实践教学质量,特别是实验教学质量,为学生开辟一片自主创造的天空。实验教学作为实践教学的重要环节,对培养理工科学生的创新能力和综合素质具有重要作用,因此,必须建立符合培养目标和时代特色的实验教学体系,促进创新平台、基地的系统化、共享化、资源化建设以及学生创新能力培养的体系化和特色化。

实验教材建设作为实验教学体系的重要组成部分,是提高实验教学质量的基础和必要条件。实验课程不仅为学生检验、判定理论知识提供条件,而且为学生发现新事物、探索新规律创造机会,其重点在于指导、培养学生科学探究、实践研究的能力。在此探究过程中,除了教师的引导与学生自身的努力之外,实验教材有着不可忽视的指导、启发作用。实验教材不同于一般理论教材知识呈现、内容更新的传统框架模式,主要应体现实验过程的科学规范性、实验内容的基础性与学生自主创新空间的预设性,实现计划与创新,经典与现代,规范与自主的统一。

因此,基于河海大学人才培养的要求以及实验教材建设的重要性和必要性,常州校区与河海大学出版社合作,推出河海大学(常州校区)“十一五”规划实验系列教材6本,深化实验教材改革力度,作为常州校区办学二十周年的献礼。

本套教材在注重实验内容的基础性和科学性的前提下,将更强调实验项目的设计性、综合性以及学生动手操作和探索能力空间的开拓。这也是我们编辑该套教材的初衷之所在。当然,由于实验条件的所限以及编者水平的不足,整套教材或许存在些许不尽如人意的地方,敬请广大教师、同行批评指正。

河海大学常州校区

教材编委会

二〇〇六年十一月

前言

本书按照国家教委高等学校工科物理课程教学指导委员会物理实验课程教学指导小组制订的《高等工业学校物理实验课程教学基本要求》编写,它是河海大学常州校区物理实验室长期从事物理实验教学的经验总结和进行实验教改的成果结晶。考虑到实验教材的适用性,本书也照顾到一般工科院校专业设置的特点和实验室仪器设备的现状。

本书主要参考《大学物理实验》(河海大学出版社 2000 年版)、《大学物理实验》(世图音像出版社 2002 年版)。在本书的修订改编过程中,对每一个实验项目的编写力求叙述清楚、层次分明、联系实际、便于自学、引导思考。在误差理论的介绍中,侧重于基本概念的阐述与应用,适当地引入了不确定度的概念,以求与当前在这方面的要求与发展接近。书中所用名词术语也尽可能与国家计量局颁布的技术规范(JJG—91)一致。特别要指出的是,在本版中进一步明确了设计性实验的教学要求,充实和增补了不少有扩展性和一些有应用价值的设计性实验项目和实验内容,大部分的设计性实验都已重新改写。对书末的附录和附表也进行了充实和补充,以期与目前逐步更新的仪器设备同步一致。

全书共分八章。第一、二章属于共性的基础知识,包括初学者实验须知、实验误差理论及有效数字、数据处理等,还介绍了几个常用物理量的测量方法。第三章开始编入了力学、电磁学、光学和近代物理实验技术应用等实验项目。第七、八章考虑到学生的学习兴趣和各人的不同爱好,同时兼顾不同实验方法和实验内容的全面性以及了解更多近代、现代物理知识,介绍了 18 个综合实验和 8 个设计性实验。书末的附录和附表列出了本书涉及的有关物理常数和物理实验室管理系统操作方法,可供读者自行查阅参考。

本书由赵长青、张敏、陆雪平、王飞武等分工编写。其中赵长青负责编写前言、绪论以及部分实验,包括 PN 结温度特性、智能转动惯量测定、螺线管磁场测

定等实验;绝大部分实验由张敏负责编写;陆雪平也负责编写了固体弦振动、光波导实验、法拉第实验等7个实验。全体编写者一致认为,实验教学是一门集体的事业,无论是实验教材的编写,还是实验仪器设备的准备和开出都是实验室全体任课教师和技术人员、管理人员长年辛勤耕耘、不断改进、充实和完善的结果。一本实验教材的出版,也离不开以往历届教材编者的努力。本书在编写过程中,得到校内外不少同仁的帮助,借鉴和参阅了兄弟院校的有关教材和经验,特此深表谢意。编者水平有限,书中如有不当之处,恳请指正。

本书可用作高等工科院校及师范院校各非物理专业类学生的物理实验教材,也可供职工大学、业余函授大学等有关专业学生参考选用,或作为有关教师、实验技术人员进修培训的参考资料。

编者

2006年11月

于河海大学常州校区物理实验中心

内容简介

《大学物理实验》是全日制高等院校的普通物理实验教科书。

本书是根据国家教育部颁发的《高等工业学校物理实验课程教学基本要求》编写而成的。根据课程教学的基本要求,全书分为八章,即测量、误差和数据处理、预修实验、力学基本实验、热学基本实验、电学基本实验、光学基本实验、综合实验和设计性实验。书中列有 48 个实验项目,每个实验包括实验原理、实验仪器装置、实验内容(包括实验方法)以及实验结果的表示,并附有思考题。为教学工作和学习提供了方便。

本书可用作高等工科院校及师范院校各非物理专业类学生的物理实验教材,也可供职工大学、业余函授大学等有关专业学生参考选用,或作为有关教师、实验技术人员进修培训的参考资料。

致学习本课程的实验者

一、明确要求、端正态度、改进学习方法

大学阶段物理实验课程的学习,不同于中学阶段的实验课。因为中学里的物理实验主要是为了扩大视野、丰富感性知识和增加动手机会;进而帮助同学了解和巩固课堂上所教的理论知识。它仅是物理课程教学的一个附属教学环节。但是,在大学阶段开设的物理实验课程,首先,它是独立于《大学物理》之外的一门实验课程,单独记分;其次,它还作为培养未来工程师的工程教育中一系列实践教育的先导和基础实验课程而存在。《大学物理实验》肩负着对学生“进行系统实验方法和实验技能训练”的重任;它要求学生通过本课程的学习,了解“从事科学实验的主要过程及基本方法”,而得到“从事科学实验的基本训练”。要实现这一切,就要求学生由浅入深、由简到繁、主动积极、有重点地去培养和锻炼自己,而且从一开始学习就要注意打下一个良好的基础,有一个好的开端。

鉴于我国目前中学阶段对学生实验的训练普遍比较薄弱的现状,在大学阶段想学好物理实验课程不仅要多花力气、下苦功夫;还应当特别注意改进自己的学习方法,即:

1. 要注意掌握基本的实验方法和测量技术

基本的方法与技术是复杂的方法和技术的基礎,学习时不但要搞清楚它们的基本道理,还应该逐步地熟悉和记牢它们。而且,任何一种实验方法和测量技术都有着它应用的条件、优缺点和局限性,只有亲自做了一定数量的实验后,才会对这些条件、优缺点和局限性有切身的体会。

2. 要有意识地培养良好的实验习惯

在开始做实验之前,应当先了解一下有关这次实验的全部描述,这样你才有可能对将要做的实验工作有具体而清楚的理解;而当你完成一个实验的同时,一定要有一份完整而真实的实验记录,这样,你才有可能在需要时随时查阅这些记录,从而在处理数据、分析结果时,有足够的的第一手资料,才能帮助你正确地理解,你到底做过些什么实验;在实验过程中,凡有必要,应重复测量若干次,多测读几次,一般总要比只读一次为好(至少能确保不读错!)。当然,你应当能够决定在什么情况下才需要多做几次重复的测量;要注意记录实验的环境条件(如

室温、气压、湿度、仪表名称、规格、量程和精度等),注意实验仪器在安置和使用上的要求和特点,有时甚至还要注意纠正自己不正确的操作习惯和姿势。

良好的习惯需要经过很多次实验后的总结、反思、回顾以后,才能形成,而良好的实验习惯,对保证实验的正常进行,确保实验中的安全,防止差错的发生,都有很好的作用。但就单个实验习惯而言,由于太易明白,又不难掌握,以至反到会被初学者忽视。无数实践证明,良好习惯的养成,只有在实验中,有意识地去锻炼自己才行。

在完成本课程列出的具体实验课题中,你可以发现,在不少情况下,实验的完成需要两个或多个同组实验者的帮助,与他们共同讨论共同分析实验的结果,将会使你获得比你独自分析有更多的收益;有时,你在做实验时,如果受时间或条件的限制,仅来得及完成实验任务的二分之一,但只要坚持认真去做,即使只完成了二分之一,甚至更少,但它也将比仓促而马虎地赶全部实验任务获益更多。

3. 要能科学地分析一个实验,力争独立地排除实验中各种可能出现的故障;并锻炼自己自主发现问题、分析问题和解决问题的能力。如:实验数据是否合理、正确?靠什么去判断?数据的“好”或“坏”,又说明了什么?实验结果的可靠性和正确性又如何?这些问题的解决,主要依靠分析实验的本身和实验的过程去判断;换言之,就是实验方法是否正确、合理?它可能引入多大的误差?实验仪器又会带来多少误差?实验环境、条件的影响又将如何?

为了帮助初学者克服实验经验少、还没有掌握一整套分析实验的方法等实际情况,作为大学基础教学实验的物理实验室往往在实验教材中给出一些实验结果的标准数据,安排一些已有十分确切理论结论的实验课题,使初学者便于练习和判断实验结果的正确性。但千万不要认为做实验的目的只是为了得到一个标准的实验结果。如果获得的实验数据与标准数据符合了,就高兴;一旦有所差别,就大失所望,抱怨仪器或装置不好,甚至拼凑数据,这些表现都是不正确的,是违背科学的。事实上,任何理论公式和结论都是经过一定的理论上的抽象和被简化了的,而客观事实与实验所处的环境条件则要复杂得多,实验结果与理论公式、结论之间发生差别是必然会有。问题是差异有多大?是否合理?不论实验结果或数据的好坏,都应养成分析的习惯。当然也不要贸然下结论。首先,要检查自己的操作和读数;注意实验装置和环境条件。若操作和读数经检查正确无误,那么毛病可能出在仪器和装置本身,小的故障、小的毛病实验者应力求自己动手排除,起码也应留意教师或实验室工作人员是怎么动手解决的;仪器失灵,也要学习教师如何去判定仪器失灵或故障所在?怎样修复?在此还应着重指出,能否发现仪器装置的故障,及时迅速修复,这也是一个人实验能力强弱的

重要表现,初学者应要求自己逐步提高这方面的能力。

4. 对所参加的每一次实验,都应掌握重点

实验是一项实际工作,除了需重点学习的内容外,总会遇到许多零碎的问题,甚至要去完成一些枝节的工作。这些工作固然也要做好,要学习,但要想在一次有限的实验时间内把它们完全搞清楚,弄懂搞透,时间上不允许,也不一定必要。所以必须注意实验的重点目的,把精力放在重点上,这样可以提高学习效率。

如果时间许可,在做完教材中提出的实验任务后,可以根据自己的具体情况,尝试去分析一下实验可能存在的一些问题,如所用仪器的精度、可靠性、实验条件是否已被满足?怎样给予证实?或进一步提出改进实验的建议,试做一些新的实验内容等。当然,不应简单地重复。

总而言之,实验有它固有的特点和学习规律,要想学好实验决不是一件轻而易举的事。相信实验者在实验过程中,会不断提高自己的实验能力,最终培养自己成为一个优秀的大学毕业生,即既懂理论、又能动手,更有较强解决实际问题的能力的高级工程技术人才。

二、遵守制度、认真完成实验课的各个环节

1. 每次实验前均应牢记《实验守则》,并严格遵守各项规章制度。

2. 关于课前预习,实验操作和撰写实验报告:

《大学物理实验》课程的目的要求,概括起来有:掌握“三基”(即物理实验的基本知识、基本技能和基本方法);培养“四种能力”(即动手能力、分析能力、表达能力和综合运用设计能力);初步养成实事求是的科学态度和严肃认真的实验作风;为今后进行系统的理工科学研究打下基础。在整个学习过程中,不但要像一般的实验课一样,去理解和体会实验中反映出来的规律;而且还要通过思考自己的实验结果,发现新规律,获得新的见解,并以适当的表现方式,写成书面实验报告。

为达到上述目的,就必须认真完成大学物理实验课程的三个主要教学环节:

(1) 实验前的预习

预习是进行实验的基础。预习时首先要认真阅读教材中的有关章节及附录,明白实验的目的、要求,正确理解实验所依据的原理和采用的方法,初步了解实验仪器的主要性能、使用方法和操作注意事项。

要做好预习报告。预习报告的内容应包括:① 实验名称;② 实验目的;③ 原理摘要(包括主要原理公式及扼要说明词,电学实验应画出电原理图,光学实验应画出光路图);④ 主要仪器设备;⑤ 注意事项摘要;⑥ 列出记录数据用

表格。

上课时,教师将检查学生预习情况。对于没有预习和未完成预习报告的学生,教师有权停止该生本次实验。

(2) 实验中的操作

实验操作是实验的主要内容,是培养科学实验能力的主要环节。进入实验室后,必须遵守实验室规则,服从实验室工作人员和教师的指导。对于严重违反实验室规则者,教师应停止其实验,并按有关规定处理。

实验时,首先应了解所有将使用的仪器、装置的主要功能、量程、级别、操作方法和注意事项。连接电路或排设光路时都必须认真检查,经确认准确无误后,才能开始实验。起初可作试验性探索操作,粗略地观察一下实验过程和数据状况,若无异常现象,便可正式进行实验。如有异常现象,应立即切断电源,认真思考,分析原因,并向教师反映,待异常情况排除后,再开始进行实验。

实验中,必须如实、及时地记录数据和现象,其中包括主要仪器的名称、型号、级别及实验环境条件等。记录数据必须注意有效数字和单位。必须用钢笔或圆珠笔将数据记录在预习报告的数据表格中,不要使用铅笔。如记录的数据有错误,可用一斜线划掉后,把正确的数据写在其旁,但不允许涂改数据。

操作完成后,应将预习报告交教师审阅,经教师签字后,方可整理复原仪器,离开实验室。

(3) 实验后的报告

实验报告是实验工作的简明总结,要求用统一规格的实验报告纸书写,字体要端正,文句要简练,图表要按规定格式绘制。预习报告和上机表格作为附件,随报告一起在下次实验时交教师批阅。

实验报告一般包括以下几个部分:

① 实验名称;② 实验目的;③ 简要原理及计算公式;④ 实验步骤;⑤ 实验数据表格、数据处理计算过程、作图及实验结果等,其中要特别注意有效数字和单位的正确表达;⑥ 实验现象分析、误差的评估及讨论等,讨论可以包括讨论思考题、提出改进建议及心得体会等。

实 验 守 则

一、学生进入实验室,不得打闹、抽烟,保持安静。

二、实验前,应持预约卡预约实验项目及实验时间,并按预约做实验,不得无故迟到或缺席。

三、实验前,应预习实验并写预习报告,经教师检查合格后,方可做实验。

四、做实验之前,要核对实验所需的仪器设备,如发现有短缺和损坏情况,要及时向教师汇报。实验中或实验后出现的短缺和损坏,由实验者负责,如需赔偿,按有关规定办理。

五、做实验之前,应熟悉仪器的性能、操作规程及注意事项。

六、实验应由实验者独立完成,不得依赖教师或他人。实验数据用钢笔或圆珠笔填写清楚,经教师检查签字后方可结束实验。

七、不能完成实验的同学,需另约时间继续做该实验,直到做完为止。

八、实验结束后,应整理好仪器、桌椅,并做好实验场所的清洁卫生工作。

九、实验报告不合格次数超过 30% 或实验报告缺交者,不能参加课程的学期考试。

物理实验中心

目录

第1章 测量、误差和数据处理 001

第1节 物理实验课的作用、目的和要求 001

第2节 测量与误差 002

第3节 偶然误差的处理 005

第4节 系统误差的处理 012

第5节 误差、偏差和不确定度 014

第6节 有效数字及其运算规则 016

第7节 实验数据处理 020

习题 027

第2章 预修实验 029

第1节 力学基本仪器的使用 029

第2节 电磁学常用基本仪器的使用 036

第3节 光学仪器的使用 041

第3章 力学基本实验 045

实验1 速度和加速度的测定 045

实验2 金属杨氏弹性模量的测定 051

实验3 悬丝耦合弯曲共振法测定金属材料杨氏模量 ... 056

实验4 用扭摆法测定物体转动惯量 059

第4章 热学基本实验 066

实验5 导热系数的测定 066

实验6 变温粘滞系数的测定 068

实验7 空气比热容比的测定 073

实验8 PN结正向压降温度特性实验 076

目录

第5章 电学基本实验	085
实验9 板式惠斯登电桥法测电阻	085
实验10 箱式电桥法测电阻	088
实验11 补偿法与直流电位差计	090
实验12 箱式电位差计的使用	094
实验13 用模拟法测绘静电场	100
实验14 霍尔效应及其应用	104
实验15 电子射线的电偏转和磁偏转	109
 第6章 光学基本实验	 115
实验16 单色仪的定标和使用	115
实验17 薄透镜焦距的测定	119
实验18 牛顿环和劈尖干涉	125
实验19 迈克耳逊干涉	131
实验20 单缝衍射实验	138
实验21 分光计的调整 and 衍射光栅	142
实验22 偏振现象的观察和分析	154
 第7章 综合实验	 160
实验23 用电视显微油滴仪测电子电荷	160
实验24 金属电子逸出功的测定及扩展	166
实验25 示波器的使用	173
实验26 夫兰克-赫兹实验	181
实验27 压力传感器	185
实验28 光纤音频信号传输实验	190
实验29 霍尔效应法测定螺线管轴向磁感应强度分布	196
实验30 铁磁材料的磁滞回线和基本磁化曲线	202

目录

实验 31	固定均匀弦振动的研究	208
实验 32	光波导测试仪的使用	213
实验 33	光电效应测定普朗克常量	221
实验 34	法拉第效应	227
实验 35	塞曼效应	232
实验 36	全息照相	242
实验 37	阿贝成像原理和空间滤波	247
实验 38	光通信实验设计	253
实验 39	照相技术	257
实验 40	超声声速测定	265

第 8 章 设计性实验

269

实验 41	改装电流表及确定其等级	269
实验 42	数字万用表的设计	270
实验 43	三维静电场的测定	271
实验 44	用三线扭摆法测物体的转动惯量	272
实验 45	热电偶常数的测定	273
实验 46	自组电桥组装热敏电阻温度计	275
实验 47	硅光电池特性的研究	275
实验 48	全息光栅的制作和检测	277

附表

278

附录 1	改装电流表及确定其等级	282
附录 2	数字万用表的设计	288
附录 3	静电场三维实验仪	299

第一章

测量、误差和数据处理

第一节 物理实验课的作用、目的和要求

科学实验是研究自然规律与改造客观的“基本手段”。自然科学的理论要靠实验来验证,新的现象和新的规律要靠实验来发现,工程设计和生产要靠实验来推动和完善。物理学本身就是在实验基础上发展起来的,不论是理论的建立还是对于理论的检验,都离不开实验,而实验应在已被确立的理论指导下,作为人们探索科学规律的强有力的杠杆,在新的领域里发挥作用。坚持实验与理论相结合、相互促进,这就是物理学发展所走过的道路。任何轻视实验或轻视理论的思想都是错误的,实验研究和理论研究同样是科学研究的重要手段。要把基础研究、应用研究、开发研究和生产实践这四方面很好地有机地结合起来,必须有一条贯线,这条贯线就是科学实验。这里要强调的是,实验科学本身有自己一整套理论、方法和技能,要掌握好这套实验知识是很不容易的,需要由浅入深和由简到繁地逐步学习、训练和提高。

实验的目的,在于了解各因素之间的关系及其所遵循的规律等。实验课的主要目的是使学生能独立进行科学实验研究。物理实验是理工科院校各专业第一门必修的独立设置的基础实验课程,是学生进入大学接受系统实验技能训练的开端。它在培养学生用实验手段去发现、观察、分析和研究问题、最终解决问题的能力方面起着重要的作用,也为学生独立地进行科学研究,设计实验方案,选择、使用仪器设备和提出新的实验课题,以及进一步学习后继的实验课程打下良好的基础。

本课程的目的与要求是:

(1) 学习和掌握运用实验原理、方法去研究某些物理现象和进行具体测试,得出某些结论(着重具体测试)。