



普通高等教育“十二五”规划教材



主编 郑建洲

大学物理实验

(第二版)



科学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

大学物理实验

(第二版)

主 编 郑建洲

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书共6章.第1章是绪论,介绍了物理实验课程的教学培养目标、教学安排及物理测量中应注意的原则和事项,还介绍了基本物理实验方法的分类及在物理测量中的应用;第2章介绍了误差理论基础知识与实验数据处理;第3、4、6章分别编入了基础性实验、综合性设计性实验和研究性实验题目共48个;第5章阐述研究性实验基本概念.

本书具有如下特点:一是满足不同基础学生培养的需要,构建了面向各专业本科生的分层次、模块化的大学物理实验课程体系,内容上分为三个层次,基础性实验、综合性设计性实验和研究性实验;二是把传授知识与培养能力相融合、科学教育与人文教育相融合;三是创造性地提出并实施了渗透式双语教学模式,给出相应的物理实验各级题目对应的英文表述和关键词,不间断地进行英语专业词汇的渗透,使之成为课堂教学的一部分.

本书可作为普通高等学校理、工、医、药、农等各专业的物理实验教材.

图书在版编目(CIP)数据

大学物理实验/郑建洲主编. —2版. —北京:科学出版社,2013

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-03-036405-0

I. ①大… II. ①郑… 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(2012)第319026号

责任编辑:窦京涛 唐保军 / 责任校对:宋玲玲

责任印制:阎磊 / 封面设计:迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京华正印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007年3月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2013年1月第 二 版 印张:24

2013年1月第五次印刷 字数:607 000

定价:43.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

第二版序

大学物理实验是大连民族学院理工科各专业学生必修的基础实验课,它的显著特点是具有实践性和基础性,它在传授基本实验技能和科学实验基本知识的同时,注重培养学生的实践能力、创新精神和严谨的科学作风,为学生终生学习和继续发展奠定必要的基础。

在实验课堂上,学生为了完成某一实验课题,必须亲自动手做、用眼看、用耳听,然后作出分析判断。只有在这样的环境条件下才能产生创新思维,培养分析和解决问题的能力。这门课程的内容十分丰富,学生能够从中领略物理学家为物理学的发展和社会进步所作出的杰出贡献,也能从中学到他们卓越的物理思想、巧妙的实验设计和精彩的分析及解决问题的方法。这些思想和方法已经超越了物理学科的范畴,对于所有其他专业技术领域中的科技工作者和大学生都具有普遍的指导作用,学习这些思想和方法将会终生受益。物理实验是一门基础课,不仅是后续实验课的基础,也是未来从事科技工作的基础。“九台之上,起于垒土;千里之行,始于足下”。要想在未来的技术岗位上有所成就,就必须从抓基础训练开始,学生对自己未来目标的期望值越高,他的基础就应当打得越深。在中华文化中,成才之路被归纳为“格物、致知、诚意、正心、修身、齐家、治国、平天下”;人才评价理念被概括为“德为才之帅,才为德之资”。郑建洲主编的《大学物理实验(第二版)》涉及的物理学史背景与我们的祖训是不谋而合的。该书的编写构思颇具新意,作者按照“基础性实验、综合性设计性实验和研究性实验”的三层次课程体系构筑了该书的框架。对于三层次课程体系,我想有三是特别值得评价的:其一,这样的安排主动适应了学生的接受能力,符合循序渐进的教学原则和民族院校学生的特点;其二,突出了学生的主体地位,把教师的主导作用和学生的主体作用较好地结合起来,积极实行启发式、讨论式和研究式的教学方法,激发学生独立思考和创新意识,切实保证了教学质量的提高;其三,为学生提供了早期参加科学实验训练的环境和条件,为培养学生的综合能力开辟了一个新的、有效的途径。书中除了收入一些经典实验外,还编入了相当数量的设计性实验、应用性实验和探索研究性实验,这些选题既注重创新能力的培养,又注重贴近现代社会生活实际,对于提高学生兴趣、开发学生潜能具有重要价值。在实验中突出物理思想,引导学生认真观察物理现象、分析物理问题,有利于训练和提高学生的观察能力、判断能力和综合能力,也有利于提高他们探索物理规律的热情和积极性,培养学生的创新思维。该课程还进行了渗透式双语教学的有益尝试,书中给出相应的物理实验的关键英文词汇,进行英语专业词汇的渗透,使之成为课堂教学的一部分,既能丰富学生的专业词汇,又能增强学生的注意力,也能加深学生对物理知识的理解记忆,可达到教与学质量的双提高。

大连民族学院物理实验中心多年来积极进行实验教学改革,取得了一定成绩,2009年获得了辽宁省实验教学示范中心的称号,《大学物理实验》教材2007年在科学出版社出版以来,已被1万多名学生使用过,今年又被学校推荐参评国家“十二五”规划教材。还应提及的是,在大连民族学院实验室的这些装置中,有很多是作者及实验室的老师们多年来科研成果的浓缩,是教学改革的成果,这里渗透着老师们辛勤耕耘的汗水,也凝聚着对学生的无限期

望。最近几年来,物理实验课程的改革取得了一些积极的成果,在该书第二版出版的时候,我愿意向他们表示祝贺,并对他们以探索和创新精神所从事的工作表示诚挚的感谢。祝他们在今后的教学改革实践中取得更大的成功。

刘玉彬

2012年4月6日于大连

第二版前言

大学物理实验是高等院校理、工、医、农等各学科最早接触的一门基础而系统的实验课程。通过对该课程的学习、实践,可使学生受到比较严格和系统的基本实验技能的训练,以培养学生的实践能力和创新能力,并在实验教学过程中使学生逐步养成严谨的治学态度和求实的科学作风,为学生终身学习和持续发展打下良好的基础。

物理学最初仅靠不充分观察和简单推理,直观笼统地把握自然现象;以后逐渐发展为仪器观测、数学定量,增强了揭示客观本质的能动性,作为一门实验科学的特点日益突出。以牛顿力学为代表的力、热、声、光、电科学体系,在与生产技术良性互动的进程中把人类社会推进到工业化时代。时至今日,经典物理学仍然引领着人类常规的生存发展实践。20世纪初,经典物理学的理论危机促使现代物理学脱颖而出并迅猛发展,向着客观世界深层奥秘挺进,科学理论远远超前于生产实践,其中科学实验更是巧夺天工。正是新的实验结果解决了经典理论无法解释的矛盾,又为构筑现代物理学大厦的基础作出无可替代的贡献。

《大学物理实验》是为适应 21 世纪实验教学改革,根据胡锦涛总书记在庆祝清华大学建校 100 周年大会上的重要讲话精神和教育规划纲要,以及《教育部关于全面提高高等教育质量的若干意见》和《高等工业学校物理实验课程教学基本要求》,以多年使用的讲义为基础并结合近年来实验教学改革实践的成果编写而成的。

本书的编写有三个特点。第一,为了使学生能在有限的时间内系统地掌握物理实验的基础知识和基本方法,培养学生的实验动手能力、创新意识和能力,为后续实验课程奠定基础,并结合民族院校学生的特点,满足不同基础学生培养的需要,构建了面向各专业本科生的分层次、模块化的大学物理实验课程体系,形成从低到高、从基础到前沿、从接受知识到培养综合能力逐级提高的特点。内容上分为三个层次,就是把整个实验教学过程分成采用基础性实验、综合性设计性实验和研究性实验三个层次,而不按照力学、热学、电磁学、光学等传统方式划分。此课程体系的低起点、高台阶,既能适应低年级学生的接受能力,又能达到较高的教学培养目标。

本书中基础性实验共编入 11 个实验题目,这一教学阶段应使学生了解基本物理实验方法的分类和应用,并着重进行物理实验数据处理方法的训练。在每一个实验题目内,都附有该实验的数据处理示例,以供学生参考。这样做的目的是为了降低学生学习误差理论的难度,符合民族院校学生的实际情况。

综合性设计性实验共编入 18 个实验题目,这一教学阶段着重培养学生的自学能力和分析解决问题的能力。在每一实验题目内,都列出了课堂讨论题,这些讨论题往往是该实验的教学基本点,它既能帮助学生抓住重点,又能为教师提供一些课堂设计的思路。

研究性实验共编入 19 个实验题目,学生可以根据自己的兴趣和爱好选择一个题目,独立地完成实验设计、实验操作、撰写课程论文、论文答辩等全部教学过程。这种设计性研究式的学习方法,可以充分发挥学生的主动性和创造性。

本书编写的第二个特点是,尽最大努力做到传授知识与培养创新能力相融合、科学教育

与人文教育相融合。本课程的选题为经典的实验,通过这些代表人类顶尖智慧的创新范例,培养学生的科学创新意识,让他们了解科学家如何继承前人,如何发现问题,如何把握机遇,如何立志,如何创新。在实验中突出物理思想,引导学生认真观察物理现象、分析物理问题,有利于训练和提高学生的观察能力、判断能力和综合能力,也有利于提高他们探索物理规律的热情和积极性。在设计性实验题目中,开设“阅读材料”和“创新园地”两个小版块,我们把“基本实验”作为本书的知识结构,把“创新园地”和“阅读材料”分别作为本书的能力结构和人文结构。在书中阐述基本实验内容时,如遇到物理学史上的重要人物和重大事件,则采用“页末注”的形式向学生做简要介绍,目的是使学生对于相关物理实验的背景资料有进一步的了解,以激发学生学习的动力和兴趣。

本书编写的第三个特点是进行渗透式双语教学。针对绝大部分本科生目前不适应英文原版教材教学,而未来就业发展和终生教育又要求他们具有一定双语能力的实际问题,创造性地提出并实施了渗透式双语教学模式,给出相应的物理实验的各级题目的英文对应表述和关键词,使所有学生都能在符合自己水平的双语模式中受益,实现了学生专业英文语汇附带习得。将渗透式双语教学贯穿于教材始终,不间断地进行英语专业词汇的渗透,使之成为课堂教学的一部分,对每节课所渗透的专业语汇数量而言是分散式的;对不增加学时也不影响学科进度而言是高效式的;对学生习得方法而言是沐浴式的。既能丰富学生的专业词汇,又能增强学生的注意力,也能加深学生对物理知识的理解记忆,可达到教与学质量的双提高。

全书共6章。第1章绪论部分,介绍了实验课前应当做的准备工作及操作课上应注意的事项,这是科技人员应具备的最基本的科学素养,学生在做某一实验课题时,应该经常反复阅读有关内容,它不仅能使学生事半功倍地完成实验课题,更重要的是能在潜移默化中培养学生严谨的治学态度和科学的思维方法。

第2章“误差理论基础知识与实验数据处理”是根据国家计量技术规范 JJF1059—1999《测量不确定度评定与表示》的基本精神编写而成的。作者根据教学的需要和学生的接受能力,对上述文献做了必要的简化,力争做到科学性、简捷性和通用性的完美结合。所谓科学性,是指不确定度的评定方法和程序、测量结果的表达方式及基本术语的阐述,都与国家相关的法规和规范保持一致;所谓简捷性,是指只需四个学时就可以完成本章内容的讲授;所谓通用性,是指书中给出的数据处理方法,既能在学生的后续课程中适用,也能在学生未来的技术岗位上适用。

第3章收入基础性实验11项;第4章包含综合性设计性实验的预备知识,并收入综合性设计性实验19项;第6章包括研究性物理实验19项。

第5章是研究性实验基本概念。在这一阶段,学生在老师的指导下,独立选题、独立操作、独立查阅资料、独立撰写课程论文并进行答辩。设置这一章的目的是为了帮助学生根据选题正确地选择测量仪器、测量方法,正确地估算测量误差,并对课程论文的写作方法提供指导和帮助。这一章是选做研究性实验阶段必读的自学材料。

实验教材的编写是一项集体的事业,在本书写作过程中始终得到了物理实验室教师的关心和帮助。全书由郑建洲担任主编,张萍、关寿华、曹晓君、吴云峰和曲艳玲为副主编,参加本书编辑、绘图和翻译工作的还有大连民族学院的徐辑彦、陈宝祥、刘峰、刘佳红、刘德弟、何洋洋、杨杞、马威等老师,以及内蒙古医学院计算机信息学院物理教研室的薛康老师。

刘玉彬校长一直关注和支持大学物理实验教学的改革工作,并在百忙中为本书作序,在

此,一并表示衷心的感谢.

本书作者的具体分工如下:

郑建洲编写第 1、2、4、5 章及实验 3.1、3.4、3.10、3.11、4.1 预备知识、4.6、4.7、4.8、4.10、4.11、4.14、4.15、6.9、6.10、6.15、6.19;张萍编写实验 3.3、3.9、4.2、4.12、4.13、4.18、6.13、6.14、6.17;关寿华编写实验 3.6、6.1、6.4、6.5、6.8;曹晓君编写实验 6.2;吴云峰编写实验 3.2;曲艳玲编写实验 4.3;刘峰编写实验 4.19、6.1、6.3、6.6、6.7、6.11;陈宝祥编写实验 3.7、3.8、4.4、4.9、4.16;刘佳红编写实验 6.18;刘德弟编写实验 3.5、6.12;何洋洋编写实验 6.16;杨杞编写实验 4.17;薛康编写实验 4.16、附录 F.1、附录 F.2、附录 F.3、附录 F.4. 刘德弟和何洋洋博士负责全书的英语修订编译工作.

郑建洲负责全书的设计、内容安排和校对工作.

本书是在总结我们大学物理实验课程教学改革经验的基础上编写而成的.在编写过程中也认真汲取了国内兄弟院校教学改革优秀成果,吸收了其中富有启发性的观点和优秀内容.在此致以由衷的谢意.

由于作者水平有限,时间仓促,书中不妥之处在所难免,恳请读者和同行专家不吝批评指正.

作者

2012年5月于大连

目 录

第二版序

第二版前言

第 1 章 绪论 Chapter 1 Introduction	1
1.1 大学物理实验课的意义 Section 1.1 Meaning of college physical experiments	1
1.2 物理实验课的教学目的 Section 1.2 Teaching purpose of physics experiments	2
1.3 如何学好物理实验课 Section 1.3 How to learn physics experiments	2
1.4 基本测量方法和实验方法 Section 1.4 Basic measurement methods and experiment methods	6
1.5 基本实验操作技术 Section 1.5 Basic experiment operating technology	12
第 2 章 误差理论基础知识与实验数据处理 Chapter 2 Basic Knowledge of Error Theory and Experiment Data Processing	14
2.1 引言 Section 2.1 Introduction	14
2.2 基本概念 Section 2.2 Basic concepts	15
2.3 直接测量结果不确定度评定 Section 2.3 Evaluation uncertainty of direct measurement	19
2.4 间接测量结果不确定度评定 Section 2.4 Evaluation of indirect measurement uncertainty	25
2.5 有效数字及其运算法则 Section 2.5 Significant figures and corresponding algorithm	29
2.6 物理实验数据处理的基本方法 Section 2.6 Basic methods of data processing in physics experiments	32
2.7 计算机仿真和辅助实验 Section 2.7 Computer simulation and assistant experiments	40
第 3 章 基础性实验 Chapter 3 Fundamental Physics Experiment	47
实验 3.1 基本测量 Experiment 3.1 Fundamental technology of measuring	47
实验 3.2 固体密度的测量 Experiment 3.2 Solid density measuring	56
实验 3.3 切变模量的测量 Experiment 3.3 Measurement of shear modulus	62
实验 3.4 透镜焦距的测量 Experiment 3.4 Determining focus of thin lens	68
实验 3.5 液体电导率的测量 Experiment 3.5 Measurement of liquid conductivity	74
实验 3.6 惠斯通电桥 Experiment 3.6 Determining resistance using a Wheatstone bridge	78
实验 3.7 伏安法测电阻 Experiment 3.7 Resistance measurement with voltammetry	83
实验 3.8 非线性电阻的伏安特性 Experiment 3.8 Volt-ampere characteristic of	

	nonlinear resistance	89
实验 3.9	转动惯量的测量 Experiment 3.9 Measurement of rotational inertia	94
实验 3.10	电子示波器的使用 Experiment 3.10 Operating electronic oscillograph ...	99
实验 3.11	望远镜与显微镜的组装 Experiment 3.11 Assemblage of telescope and microscope	111
第 4 章	综合性设计性实验 Chapter 4 Comprehensive and Designing Physics Experiments	117
4.1	预备知识 Section 4.1 Preliminary knowledge of comprehensive and designing physics experiments	117
实验 4.2	杨氏模量的测定(拉伸法) Experiment 4.2 Determining Young module (Tensile way).....	125
实验 4.3	杨氏模量的测定(弯梁法) Experiment 4.3 Measurement of Young modulus(curved beam method)	130
实验 4.4	电表的改装与校正 Experiment 4.4 Refitting and calibrating ammeters ...	133
实验 4.5	磁阻传感器与地磁场测量实验 Experiment 4.5 Magnetic resistive sensor and measurement of geomagnetic field	139
实验 4.6	电势差计的使用及校表 Experiment 4.6 Operating potentiometer and calibrating ammeters	145
实验 4.7	电桥法测中、低值电阻 Experiment 4.7 Determining resistance of median and low using a electric bridge	150
实验 4.8	霍尔效应实验 Experiment 4.8 Hall effect experiment	156
实验 4.9	分光计的调整与折射率的测定 Experiment 4.9 Adjustment of spectrometers and measurement of refractive index	164
实验 4.10	杨氏双缝干涉 Experiment 4.10 Yang's double-slit interference	172
实验 4.11	劳埃德镜干涉 Experiment 4.11 Lloyd's mirror interference	176
实验 4.12	牛顿环实验 Experiment 4.12 Newton's rings experiment	179
实验 4.13	迈克耳孙干涉仪的调节和使用 Experiment 4.13 Adjustment and application of Michelson interferometer	184
实验 4.14	夫琅禾费单缝衍射 Experiment 4.14 Fraunhofer single slit diffraction ...	189
实验 4.15	夫琅禾费圆孔衍射 Experiment 4.15 Fraunhofer round-hole diffraction	192
实验 4.16	用分光计测光栅参数 Experiment 4.16 Measurement of grating parameter using spectrometer	195
实验 4.17	阿贝成像原理和空间滤波 Experiment 4.17 Abbe imaging principle and spatial filtering	203
实验 4.18	照相技术 Experiment 4.18 Photography technology	207
实验 4.19	导热系数的测量 Experiment 4.19 Determining thermal conductivity	214
第 5 章	研究性实验基本概念 Chapter 5 Basic Concept of Investigating Physics Experiments	221
5.1	研究性实验的预备知识 Section 5.1 Preparation knowledge of researching experiments	221

5.2 物理实验课程论文的写作要求 Section 5.2 Physical experiment course paper writing requirements	225
第 6 章 研究性实验 Chapter 6 Researching Experiments	230
实验 6.1 固体声速测量 Experiment 6.1 Determining the velocity of sound in solids	230
实验 6.2 磁阻效应的测量 Experiment 6.2 Measuring magneto-resistor effect	234
实验 6.3 氢、氘原子光谱实验 Experiment 6.3 Hydrogen Deuterium atom spectrum experiment	240
实验 6.4 固体线膨胀系数的测定方法一 Experiment 6.4 Determining the line expansion coefficient of solids method one	244
实验 6.5 固体线膨胀系数的测定方法二 Experiment 6.5 Determining the line expansion coefficient of solids method two	249
实验 6.6 磁性液体表观密度的测量 Experiment 6.6 Determining apparent density of magnetic liquids	253
实验 6.7 测温电桥的电路设计、安装与使用 Experiment 6.7 Designing and assembling and operating temperature-measuring bridges	256
实验 6.8 万用表的设计和组装 Experiment 6.8 Designing and assembling of multimeter	260
实验 6.9 用电视显微油滴仪测电子电荷 Experiment 6.9 Determining electron charge using a Millikan oil-drop apparatus	266
实验 6.10 偏振光的研究 Experiment 6.10 Study of polarized light	274
实验 6.11 光速的测量 Experiment 6.11 Determining the velocity of light	281
实验 6.12 光敏传感器光电特性 Experiment 6.12 Photoelectric properties of photosensitive sensors	289
实验 6.13 光电效应法测普朗克常量 Experiment 6.13 Determining the Planck's constant using photoelectric effect	296
实验 6.14 弗兰克-赫兹实验 Experiment 6.14 Frank-Hertz experiment	303
实验 6.15 全息照相 Experiment 6.15 Holography	307
实验 6.16 音频信号光纤传输技术实验 Experiment 6.16 Fiber transmission technology experiment in digital voice frequency	315
实验 6.17 pn 结温度-电压特性的测定及数字温度计的设计 Experiment 6.17 Measurement of temperature and voltage in pn junction and design of digital thermometer	325
实验 6.18 太阳能电池基本特性的测量 Experiment 6.18 Determining the characteristic of the solar cell	331
实验 6.19 晶体的电光效应实验 Experiment 6.19 Electro-optic effect experimental on crystals	337
附录 Appendix	347
附录 F.1 电磁学实验基本知识 Appendix F.1 Elementary knowledge of electromagnetic	

experiment	347
附录 F.2 光学实验基本常识 Appendix F.2 Elementary knowledge of optical experiment	355
附录 F.3 中华人民共和国法定计量单位 Appendix F.3 Legal unit of measurement of People's Republic of China	363
附录 F.4 一些常用的物理数据表 Appendix F.4 Some frequent physical data sheet	365

第 1 章 绪 论

Chapter 1 Introduction

1.1 大学物理实验课的意义

Section 1.1 Meaning of college physical experiments

1. 科学实验的地位与作用(Status and effect of experiments)

人类改造自然的实践活动有两种:一是生产实践;二是科学实验。所谓科学实验,是人们按照一定的研究目的,借助特定的仪器设备,人为地控制或模拟自然现象,突出主要因素,对自然事物和现象进行精密、反复的观察和测试,探索其内部的规律性。这种对自然的有目的、有控制、有组织的探索活动是现代科学技术发展的源泉。原子能、半导体、激光等最新科技成果仅仅依靠总结生产技术经验是发现不了的,只有在科学家的实验室里才会被发现。现代化的企业为了不断地改进生产过程和创新产品,也十分重视实验研究工作,都有相当规模的研究实验室。因而科学实验是科学理论的源泉,是自然科学的根本,是工程技术的基础,同时科学理论对实验起着指导作用。要处理好实验和理论的关系,重视科学实验,重视进行科学实验训练的实验课教学。

2. 物理实验的地位与作用(Status and effect of physics experiments)

物理学是研究物质运动的最一般规律及其基本结构和它们相互作用的学科。物理学是自然科学的基础。历史上每一次重大的科技革命都发端于物理学的发展。而物理学又是建立在实验基础上的。热力学的发展使人类进入了蒸汽机时代;电磁学的发展使人类跨入了电气时代;物理学中量子力学的发展,促进了半导体、激光计算机技术的飞速发展,从而使人类进入了原子时代和信息时代。物理学本质上是一门实验科学,实验不仅在物理学的产生、发展和应用过程中都起到了至关重要的作用,而且在推动各自然学科、工程技术的发展中也起到了重要的推动作用。众所周知,经典物理学是在实验事实中建立起来的,并接受实验的检验。近代物理学是在实验与经典物理学的矛盾中发展起来的;尤其是近代各学科相互渗透,发展了许多交叉学科,物理实验的原理、方法和技术与化学、生物学、天体物理学等学科相互结合已取得了很大成果。在物理学发展过程中,人类积累了丰富的实验方法,创造出各种精密巧妙的仪器设备,涉及广泛的物理现象,因而使物理实验课有了充实的实验内容。

物理实验是对高校理工专业学生进行科学实验基本训练的一门独立的必修基础课程,是学生在高等学校受到系统实验技能训练的开端。它在培养学生运用实验手段去分析、观察、发现乃至研究、解决问题的能力方面,在提高学生科学实验素质方面,都起着重要作用。同时,它也将为学生今后的学习、工作奠定良好的基础。

1.2 物理实验课的教学目的

Section 1.2 Teaching purpose of physics experiments

本课程的教学培养目标是,要在以下几方面帮助学生学有所成.

(1) 通过对物理实验现象的观察、分析和对物理量的测量,学习和掌握物理实验基本知识、基础理论方法和基本技能;懂得如何运用实验原理和方法去研究某个物理问题,加深对物理学原理的理解;熟悉常用仪器的基本原理、结构性能及使用方法.这里所说的基本实验技能是指通过课前预习,能够编制出“操作程序”,独立地做好实验课的准备工作;能够对实验现象进行分析和判断;正确记录实验数据;正确处理实验数据、绘制图线和表格,撰写出有见解的实验报告;独立完成简单的设计性实验.

(2) 通过实验现象的观察分析和对物理量的测量,深刻地理解和掌握这些实验方法中蕴含的物理思想,提高学生的创新能力.

(3) 培养与提高学生的科学实验能力,其中包括:

自学能力——能够自行阅读实验教材和参考资料,正确理解实验内容,作好实验前的准备.

动手实践能力——能够借助教材和仪器说明书,正确调整使用常用仪器.

思维判断能力——能够运用物理学理论,对实验现象进行初步的分析和判断.

表达书写能力——能够正确记录和处理实验数据,绘制图线,说明实验结果,撰写合格的实验报告.

设计能力——对于简单问题,能够从研究对象或课题要求出发,自己阅读资料,依据某项原理,设计实验方法,确定实验参数,选择配套仪器,拟订实验程序.

(4) 培养和提高学生的科学素质和初步的科研能力,包括严谨的工作作风,理论联系实际和实事求是的科学态度,主动探索的创新精神,不怕困难、主动进取的探索精神,遵守操作规程、遵守纪律和爱护国家财产的优良品德,以及在实验过程中相互协作、共同探索的合作精神.对设计性实验和探究性实验能够自己查找资料,设计实验所用的仪器、方法和程序,得出结论,能够进行研究性学习和探究,使基本的科研方法和能力得到一定训练和提高.

为达到这一培养目标,学生要主动学习,实验室要提供完善的服务.教师要把教学和服务两者完满地融合在一起,以取得最佳的教学效果.

1.3 如何学好物理实验课

Section 1.3 How to learn physics experiments

物理实验是学生在教师指导下独立进行实验的一种实践活动,实验课的教学安排不能像理论教学那样,使所有的学生按照同样的内容以同一进度进行.因此,学习物理实验课就要求同学们花比较大的工夫和有较强的实践动手能力.学好物理实验课的关键,在于把握住下列三个基本环节.

1. 实验前的预习(Preparation before experiment)

做一个实验包括三个学习环节:课前预习,课堂操作和课后撰写实验报告.课堂操作是

最基本的环节,预习是课堂操作的必要准备,撰写实验报告是实验成果的书面表达。课前预习应做好三件事:一是阅读教材;二是主动到实验室或到实验中心网站去熟悉仪器;三是写出预习报告。实验教材是进行实验的指导书。它对每个实验的目的与要求、实验原理都做了明确的阐述。因此,在上实验课前都要认真阅读,必要时还应阅读有关参考资料。对于所涉及的测量仪器,在预习时可阅读教材中有关该仪器的介绍,了解其构造原理、工作条件和操作规程等,必要时可到实验室去观察实物或到实验中心网站观看仪器视频介绍,并在此基础上写好预习报告,回答预习思考题。预习报告内容主要包括以下几个方面:实验名称;目的与要求;实验原理;测量内容;操作步骤;数据表(列出有关测量的计算式及条件和将要被验证的规律,其中要明确哪些物理量是直接测量量,哪些物理量是间接测量量,用什么方法和测量仪器等);绘出电路图、光路图或设备示意图,回答预习思考题等,就成了一张操作路线图,可以指导学生有条不紊地完成实验任务,操作者按此程序去做即可,不必再参考教材或其他文件。数据表与操作步骤是密切相关的。数据表中项目栏的排列顺序,应与操作步骤的顺序合理配合,这样,可以随时将实验数据按顺序填入表中,也可以随时观察和分析数据的规律性。有的学生喜欢将数据随便记在纸片上,这种做法反映了实验者心态的浮躁,很容易铸成大错,这种做法在实验课堂上是不允许的。

2. 实验操作过程中应遵守的原则(Principle in the experiment operation)

1) 实验时应遵守实验室规章制度(Obeying rules and regulation during experiment)

仔细阅读有关仪器使用的注意事项或仪器说明书;在教师指导下正确使用仪器,注意爱护,稳拿妥放,防止损坏。对于电磁学实验,必须由指导教师检查电路的连接正确无误后,方可接通电源进行实验。

2) 实验仪器放置的位置必须合理(Reasonable apparatus placement)

实验仪器放在实验台上的位置,以安全和方便为原则。例如,高压电源的输出端钮应远离操作者,经常需要操纵或调节的仪器,应放在便于操纵的位置上,如砝码盒应放在天平的砝码盘附近。一些电学实验,仪器部件较多,实验者首先要把这些仪器部件一一安排在合适的位置上,然后再连线。这样才能保证实验台上的仪器既安全又方便。实验完成后,应将所有仪器恢复原位。

3) 实验仪器必须处于良好的工作状态(Keep apparatus working well)

所有仪器必须调整到正确的位置和稳定的状态。在安装和调整仪器时,不得用书本、纸片和木块做垫块,因为这些物品本身就不稳定,容易造成测量数据的分散性,影响实验的质量。

4) 及时发现和排除故障(Discovery and solution of problem)

仪器在使用过程中,难免发生故障,使得仪器不能正常工作,或数据失常,这时应立即停止实验,并设法排除故障。如果学生对所用仪器比较熟悉,可以独立地去排除,否则应报告指导教师,待故障排除后,才能恢复做实验。

3. 读数(Reading)

测量仪器从被测对象获得的信息以各种形式输出,最常见的输出形式是,在标尺上按指示器的位置得到读数。读数时要注意以下几点:

(1) 有效数字取位要合理,要读到有误差的那一位。

(2) 读数时要注意消除视差。例如,在读取标尺示值时,眼睛要正对示值刻线的上方;在读取指针式仪表的示值时,眼睛要正对指针的上方;在用助视仪器读取线纹(谱线或条纹)的位置时,要将线纹的像调节到助视仪器的分划板平面上。

(3) 读数时要有足够的耐心。尤其在重复性测量时,不要以为后面的数据一定和前面的数据相同。当指示器再次临近前面的数据时,不要迫不及待地记录读数,因为指示器可能还在缓慢地移动。要实事求是,不要编造所谓“重复性”好的假数据。

(4) 读数出现异常时,立即停止测量。这时应检查测量仪器是否失调,环境条件是否发生了异常突变。如一时找不到原因,应及时报告指导教师。

(5) 读数举例。

a. 最小分度是 1 的(包括 0.1、0.01 等),测量误差出现在下一位,一定要估读到最小分度的 1/10。例如,用一最小分度为毫米的米尺测一物体长度时,读为 20.14cm,最后一位 4 是估读的,一定要读出,不能写成 20.1cm。

b. 5 分度仪表读数:分度值是 2(包括 0.2、0.02 等),测量误差出现在同一位上,采用 1/2 估读,估读半小格,不足半小格的舍去,超过半小格的按半小格估读。

c. 2 分度仪表读数:分度值是 5(包括 0.5、0.05 等),测量误差出现在同一位上,采用 1/5 估读,估读五分之几小格。如 UJ37 电势差计,其最小分度为 0.5mV,应估读至五分之几(0.2、0.4、0.6、0.8)mV。

不需要估读或不能进行估读的仪器:非线性刻度的仪表,如欧姆表刻度、秒表、游标卡尺和电阻箱,对于示值产生跳变的仪器(不连续的),读数时不可能进行估计。

4. 作好实验数据的记录是科学实验的一项基本功(Recording experimental data is a basic skill in science experiment)

所有做过的实验都应该有完整的原始记录,它是记载物理实验全部操作过程的基础性资料。在观察、测量时,要做到正确读数,实事求是地记录客观现象和数据。

(1) 预习时设计好实验数据记录表,实验数据应记录在表格里。数据表应有表序和表题。表序是按数据表在实验报告中出现的次序用阿拉伯数字所做的编号,从“表 1”开始,一直编到最后。若实验报告中只有一个数据表,仍然用“表 1”表示。表题是数据表的名称。表题应能确切表达数据表的特定内容,要避免使用泛指性词语,如“测量数据”、“数据表”等。例如,测量一个长方体的体积,其数据表的表题可拟为“长方体的几何尺寸”。除记录实验数据外,还应载明实验日期、实验题目、仪器编号以及操作过程中出现的异常现象等。

(2) 要直接记录原始数据。有些仪表的标尺,没有直接给出测量结果,只给出了分度数,要想得到测量结果,需要换算。在这种情况下,应直接将分度数填入表中,不要先乘以分度值,再将乘积填入表中,以防出错。换算的工作,可在操作完成以后再进行。

(3) 发现了错误的数字,应及时改正,但不允许涂改,更不准用橡皮擦去。正确的方法是,在错误的数字上,轻轻划一斜杠,并在旁边写上正确的数据。留下错误数据的笔迹,可能对日后分析测量结果时有参考价值,如表 1.3.1 所示。

表 1.3.1 原始数据记录演示(单位:cm)

次数 项目	1	2	3	4
高度	5.624	5.627 5.647	5.628 5.638	5.630
直径	3.256	3.256	3.256	3.256

5. 要逐步学会分析实验(Learning analysis of experimental results step by step)

实验最后一般总会有数据结果,这些数据是否正确,靠什么去判断?数据的好坏又说明什么?实验结果是否正确?这些问题主要是靠分析实验本身来判断,即必须分析实验方法是否正确,它带来多大误差?仪器带来多大误差?实验环境有多大的影响等.实验后的讨论是发挥同学们才智、提高学生分析问题和解决问题能力之重要环节,应努力去做.但要注意,不要空发议论,应力求定量地分析问题,做到言之有据.往往有些学生,当实验数据和理论计算一致时,就会心满意足,简单地认为已经学好了这次实验;而一旦数据和计算差别较大,又会感到失望,抱怨仪器装置甚至拼凑数据,这两种态度都是实验教学和一切科学研究活动所不可取的.实际上,任何理论公式都是一定的理论上的抽象和简化,而客观现实比实验所处的环境要复杂得多,实验结果必然带来同理论公式的差异,问题在于差异的大小是否合理.所以不论数据好坏,都应逐步学会分析实验,找出成败的原因.仪器在使用过程中,难免发生故障,使得仪器不能正常工作,或数据失常,这时应立即停止实验,并设法排除故障.如果学生对所用仪器比较熟悉,可以独立地去排除,否则应报告指导教师,待故障排除后,才能恢复做实验.

6. 误差与数据处理知识是物理实验的特殊语言(Knowledge of error and data processing is a special language in physical experiment)

实验效果的好与差,两种方法测量同一物理量其结果是否一致,实验验证了还是没有验证理论等,这不能凭感觉,而必须用实验数据和实验误差来下断言.领悟并运用这种语言,才能真正置身于实验之中,亲身感受到成功的喜悦和失败的困惑.数据处理提倡采用计算机处理.

7. 实验结束(Experiment over)

实验结束,要把测得的数据交给指导教师检查签字,对不合理的或者错误的实验结果,经分析后还要补做或重做.离开实验室前要整理好使用过的仪器,作好清洁工作.填好实验记录,经教师同意后,方可离开实验室.

8. 实验后报告的书写(Writing experiment report)

写实验报告的目的是为了培养和训练学生采用书面形式总结工作或报告科学成果的能力.实验报告是实验工作的总结,要求文字通顺、字迹端正、图表规范、数据完备以及结论明确.一份好的实验报告还应具有清晰的思路、见解和新的启迪.要养成在实验操作后在预习报告的基础上尽早写出实验报告的习惯,即对原始数据进行处理和分析,得出实验结果并