



普通高等教育“十一五”规划教材
21世纪高等院校创新教材

大学物理实验

基本篇

(第二版)

吴 锋 李端勇 主编



科学出版社
www.sciencep.com

普通高等教育“十一五”规划教材

· 21 世纪高等院校创新教材 ·

大学物理实验——基本篇

(第二版)

吴 锋 李端勇 主编

科学出版社

北 京

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229;010-64034315;13501151303

内 容 简 介

全书按照教育部《高等工科大学物理实验课程基本要求》,根据普通工科大学物理实验教育教学的特点与任务,在对《大学物理实验教程》修订、更新与补充的基础上修编而成。包括两册:《大学物理实验——基本篇》和《大学物理实验——提高篇》。

本书为基础篇,系统地介绍了大学物理实验课程的任务与基本要求,较为全面地阐述了实验中常用仪器及其相关知识以及常用的测量方法,按不同的层次编入了综合应用力、热、电、光、近代物理各领域的物理实验方法和技术的实验,有助于学生进一步深入理解物理实验的设计思想和实验方法,培养学生的创新思维和理论与实践相结合的能力。

本书可作为高等学校本专科及高职高专工科各专业的大学物理实验课程教材,也可作为相关人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理实验. 基本篇/吴锋,李端勇主编. —2版. 北京:科学出版社,2009.

普通高等教育“十一五”规划教材. 21世纪高等院校创新教材

ISBN 978-7-03-024829-9

I. 大… II. ①吴…②李… III. 物理学—实验—高等学校—教材
IV. O4-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 102889 号

责任编辑:吉正霞/责任校对:董艳辉

责任印制:彭 超/封面设计:苏 波

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>

武汉市科利德印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 6 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2009 年 6 月第一次印刷 印张:19 1/4

印数:1--5 000 字数:373 000

定价:31.50 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

普通高等教育“十一五”规划教材

• 21 世纪高等院校创新教材 •

《大学物理实验——基本篇》(第二版)编委会

主 编 吴 锋 李端勇

副主编 张 昱 余仕成 胡亚联

编 委 (按姓氏笔画为序)

刘培娇	刘敏敏	汤朝红	李端勇
吴 涛	吴 锋	岑敏锐	何菊明
余仕成	余雪里	张 昱	罗 晔
胡亚联	俎凤霞	秦平力	黄 河
黄淑芳	熊 伦	魏 巧	

前 言

大学物理实验是理工科学生进入大学后较早学习到的一门系统全面的实验课程,是学生实际技能训练的开端。进入 21 世纪以来,随着实验教学改革的不深入,大学物理实验课程在实验技术、实验内容等方面都在不断地更新变化。为了提高学生的科学素质,培养学生的创新能力,大学物理实验教学既要让学生得到基本的实验技能训练,又要让学生在综合能力方面得到提高。这就要求大学物理实验的教学内容必须兼顾基础、综合、近代物理以及工程技术等方面。

全书是按照教育部颁布的《高等工科大学物理实验课程基本要求》,根据普通工院校大学物理实验教育教学的特点与任务,在对《大学物理实验教程》修订、更新与补充的基础上修改而成,分为基本篇和提高篇共两册。全书力求突出时代特色,采取由浅入深、循序渐进的方式编排实验内容,力求做到实验原理简明扼要,实验公式推导完整,实验方法清晰合理,数据处理要求规范。

本书系统地介绍了大学物理实验课的任务与基本要求,较为全面地阐述了测量误差、不确定度以及数据处理的基础知识,大学物理实验中的常用仪器及其相关知识,以及大学物理实验中常用的测量方法。在不确定度理论的介绍中,我们从大学物理实验教学的实际出发,由详到简,便于学生学习和具体应用。本书按不同的层次编入了较多综合应用力、热、电、光、近代物理各领域的物理实验方法和技术的实验。所有这些,均有助于学生进一步深入理解物理实验的设计思想和实验方法,培养学生的创新思维和理论与实践相结合的能力。

本书基本篇各章节的内容既相对独立,又相互配合,且循序渐进,可作为高等工院校、高等职业学校和高等专科学校工科各专业的大学物理实验课程的基本教材。提高篇着重在设计性实验、近代物理实验的指导,同时组编了常用的仪器及使用方法,可作为实验操作的补充。

本书基本篇由吴锋、李端勇任主编,张昱、余仕成、胡亚联任副主编。其中吴锋编修绪论、第一章、第二章(第一、二、四、五、七节)、附录;李端勇编修第二章(第三、六节)、实验九、实验十六、实验十七、实验二十八、实验三十三、实验三十四;张昱编修实验一、实验三十二、实验三十八、实验三十九、实验四十三、实验四十四;余仕成编修第二章一部分、实验二十、实验二十一、实验二十五、实验四十一;胡亚联编修实验八、实验十五、实验十九;罗晔编修实验十一英文部分、实验十二及英文部分、实验三十五及英文部分、实验三十六英文部分;余雪里编修实验三、实验十、实验十八、实验二十二、实验三十;秦平力编修实验六、实验二十四、实验四十五;刘培娇编

修实验二十九、四十二;岑敏锐编修实验七、实验二十七;熊伦编修实验十三、实验三十一;何菊明编修实验二;黄淑芳编修实验四;汤朝红编修实验五;刘敏敏编修实验十一;俎凤霞编修实验十四;魏巧编修实验二十六;黄河编修实验三十六;吴涛编修实验四十等。李端勇、张昱、余仕成、胡亚联等审阅了全书。

实验教学是一项集体事业。从实验内容的确定,实验项目的建设,实验讲义的编写,直到实验教学的完成,都是从事实验教学的教师和实验技术人员共同劳动的成果。编者对周泽龙同志、黄祝明教授、王若田高级工程师、娄联堂教授、李小刚副教授、夏守之副教授、徐志立副教授和刘阳、殷勇、柳惠平、周帼红、许荣荣等老师为我校物理实验中心建设以及实验教材出版付出的努力和提出的宝贵建议深表感谢。感谢教学管理部门的大力支持。同时,一些兄弟院校的实验教材和仪器生产厂商的仪器相关资料也为本书的编写提供了很好的借鉴,借此机会,一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中不足之处在所难免,恳请读者批评指正,以便再版时校正。

编 者

2009年3月

目 录

绪论	1
一、物理实验的地位和作用	1
二、物理实验的基本环节	2
三、物理实验室规则	3
第一章 物理实验的基本调整与操作技术	4
一、水平、铅直调整	4
二、零位调整	4
三、电学实验接线规则	4
四、光学仪器操作规则	5
五、先定性观察、后定量测量的原则	7
六、逐次逼近法	7
第二章 误差理论和数据处理的基础知识	8
第一节 有效数字	8
一、有效数字	8
二、数值的舍入修约规则	9
三、有效数字的计算规则	9
第二节 误差的基本概念	11
一、测量	11
二、测量误差	12
第三节 不确定度的基本概念	15
一、表征测量结果质量的指标	15
二、不确定度的分类及合成方法	16
三、不确定度与误差	17
四、有效数字与不确定度的关系	18
第四节 直接测量结果与不确定度的估算	18
一、测量值的最佳值——算术平均值	18
二、直接测量结果不确定度的估算	19
三、相对不确定度	21
四、直接测量结果的表示方法	21
第五节 间接测量结果与不确定度的估算	21
一、间接测量结果的最佳值	22

二、误差传递公式	22
三、不确定度的传递公式	22
四、间接测量的结果表示方法	23
第六节 数据处理的常用方法	27
一、列表法	27
二、作图法	27
三、图解法	29
四、逐差法	30
五、最小二乘法	31
第七节 常用仪器的仪器误差	36
一、钢卷尺	36
二、游标卡尺	36
三、外径螺旋测微器	37
四、天平	37
五、电流表与电压表	37
六、直流电桥	38
七、直流电位差计	39
八、直流电阻箱	40
第三章 基础性实验	42
实验一 密度测量	42
实验二 气垫导轨上的碰撞实验	46
实验三 扭摆法测定刚体转动惯量	50
实验四 光杠杆法测杨氏模量	54
实验五 液体黏性系数的测定	59
实验六 冷却法测固体比热容	64
实验七 静电场的描绘	70
实验八 示波器的使用	77
实验九 用箱式电势差计校正电表	83
实验十 板式电位差计测电源电动势	90
实验十一 牛顿环测曲率半径	93
Lab 11 Newton's Ring	98
实验十二 光的偏振	103
Lab 12 Polarization of Light	107
实验十三 动态法测量金属的杨氏模量	113
实验十四 金属线膨胀系数	119

第四章 综合性实验	124
实验十五 铁磁物质动态磁滞回线的测试	124
实验十六 分光计的调节和使用	130
实验十七 光栅衍射	140
实验十八 电子束的偏转	147
实验十九 用霍尔元件测量磁场	152
实验二十 RLC 电路的暂态过程	157
实验二十一 RL、RC 电路的稳态过程	165
实验二十二 非均匀磁场测量	171
实验二十三 超声声速测定	175
实验二十四 半导体 pn 结的物理特性及弱电流测量	181
实验二十五 手动单缝衍射光强的测定	186
实验二十六 液体超声波声速的测定	190
实验二十七 非线性电路混沌实验	195
实验二十八 方波的傅里叶合成实验	201
实验二十九 用磁聚焦法测定电子的荷质比	205
实验三十 双缝衍射的光强分布和缝宽的测定	208
实验三十一 非平衡电桥的原理和设计应用	212
实验三十二 弦振动实验	221
实验三十三 热电阻温度特性测量	229
第五章 近代物理实验	237
实验三十四 光电效应及普朗克常量测定	237
Lab 34 Photoelectric Effect	241
实验三十五 迈克耳孙干涉仪的调节与使用	246
Lab 35 Michelson Interferometer	252
实验三十六 电子电荷的测定——密立根油滴实验	259
实验三十七 弗兰克-赫兹实验	268
第六章 设计性实验	273
实验三十八 箱式电位差计测电阻	273
实验三十九 伏安法测线性电阻、非线性电阻	274
实验四十 惠斯通电桥测电阻	279
实验四十一 半导体温度计的设计	282
实验四十二 光学设计实验	284
实验四十三 测微安表内阻	290
附录 A 基本物理常数(1986 年推荐值)	293
附录 B 国际单位制(SI)简介	295

绪 论

一、物理实验的地位和作用

物理学以认识物质世界的本质属性,研究物质运动的基本规律为己任。作为自然科学的带头学科,物理学已经渗透到几乎一切自然科学和技术学科之中。物理学为现代科学技术文明奠定了决定性的基石。无论是一般技术还是高新技术,都能找到物理学的“影子”。科学技术是生产力,作为基础科学的物理学尤为如此。纵观整个近代文明史,物理学的每一次重大突破,都对社会生产力的发展产生了决定性的影响。热力学的创立与应用,促进了以蒸汽机为代表的第一次工业革命;电磁学的发展与完善,产生了以电气化为特征的第二次工业革命;20世纪以来物理学的一系列重大进展和突破,已把我们的社会带入了计算机、激光、太空、核能、生物工程等高新技术的时代。由于物理学在过去、现在和将来的社会经济、科学技术的发展中起着如此重要的作用,因此掌握物理学的基本知识,是成为各类专业科技人才必备的条件。

作为自然科学基础的物理学,本质上是一门实验科学。物理概念的建立和物理规律的发现都以严格的实验事实为基础,并且不断受到实验的检验。在科学技术高度发展的今天,更加突出了科学实验的重要性。在实验中,借助各种仪器,人们可以突破感观的限制,大大地扩展对自然科学现象的观察范围,增加观察和测量的精确程度,实现自然界中难以存在的,或虽存在但难以直接观测的环境和条件(如极高、极低温度,极大、极小压强等)。在实验中还可以按照人们的需要,设计安排一定的环境和方法,尽可能地消除其他各种因素的影响,突出地观测某两个因素之间的相互关系,并可在相同条件下多次观测,以保证测量结果的准确性。

物理实验是整个实验科学的重要组成部分,它的方法具有一定的普遍性。今后在探索和开拓新的科技领域的过程中,物理实验仍然是一个有力的工具。大学物理实验是理工科学生进行科学基础训练的重要实践环节,是和大学物理并行开设的一门实验课程。可以说大学物理实验课是学习或从事科学实验的起步。大学物理实验的目的是让学生获得基本的实验知识,在实验方法、实验技能和实验数据处理等方面受到较为系统和较为严格的训练,并培养他们养成严肃认真的科学态度和实事求是的科学精神,提高科学素质。

二、物理实验的基本环节

物理实验有着自己的特点和规律,有自己的实验理论、实验方法和实验技能,因此,为了学好大学物理实验课,必须掌握好如下三个基本环节。

1. 实验预习

预习是实验的准备阶段。只有认真做好预习,才能在有限的实验时间内做好实验。在实验课前要仔细阅读实验教材或有关资料,写出预习报告。预习报告包括以下内容:

(1) 实验目的。扼要说明该实验所要解决的中心问题。

(2) 实验仪器。说明实验所需用的仪器型号、规格和量程。

(3) 实验原理。简要阐述实验所依据的物理定律或主要公式,在电学和光学实验中,则要求画出电路原理图和光路简图。

(4) 实验方法。拟定测量计划、实验步骤或操作程序。

(5) 数据表格。设计好测量数据记录表格,以便实验时填写。

只有经过充分预习,才能了解做好实验的关键所在,才可能主动、积极地去进行实验。事先不预习,实验时抱着讲义,看一步做一步的作法是不可能做好物理实验的。

2. 实验操作

学生进入实验室后应遵守实验室规则,像一个科学工作者那样要求自己,并井有条地布置仪器,安全操作,细心观察实验现象,认真钻研和探索实验中的问题。仪器发生故障时,要在教师指导下学习排除故障的方法。对实验数据要严肃对待,学生要用钢笔和圆珠笔记录原始数据。如确系记错了,也不要涂改,应轻轻划上一道痕迹,在旁边写上正确值(错误多的须重新记录),使正误数据都能清晰可辨,以供在分析测量结果和误差时参考;不要先草记在另外的纸上再誊写在数据表格里,这样容易出错,而且,这已不是“原始记录”了。希望同学注意纠正自己的不良习惯,从一开始就不断培养良好的科学作风。实验结束时,将实验数据交教师审阅签字,整理还原仪器后方可离开实验室。

3. 实验报告

实验报告是实验工作的全面总结。撰写实验报告时,要求文字通顺,字迹端正,图表规整,运算清晰,结果正确,讨论深刻。实验报告的一般内容包括:

(1) 实验名称。

(2) 实验目的。

(3) 实验原理。简要叙述有关物理内容(包括电路图或光路图或实验装置示意图)及测量中依据的主要公式、式中各量的物理含义及单位、公式成立应满足的

实验条件等。

(4) 实验方法。根据实际的实验过程写明关键步骤和注意要点。

(5) 数据表格与数据处理。实验记录中应有仪器编号、规格及完整的实验数据。要完成计算、画好曲线图并进行误差分析。

(6) 实验结果。

(7) 小结、讨论或者回答思考题。

三、物理实验室规则

(1) 带上预习报告,经老师检查同意后方可进行实验。

(2) 遵守实验纪律,不得迟到早退,不得下位、串组,保持实验室的安静和卫生。

(3) 使用电源时,务必经过教师检查线路后才能接通电源。

(4) 爱护仪器。进入实验室不能擅自搬弄仪器,实验中严格按仪器说明书操作,如有损坏,照章赔偿。公用工具用完后应立即归还原处。

(5) 做完实验,学生应将仪器整理还原,将桌面和凳子收拾整齐,经教师审查测量数据和仪器还原情况并签字后,方能离开实验室。

(6) 原始实验记录一式二份,其中一份交给实验指导老师存档。

(7) 实验报告应在实验后一周内交实验室。

第一章 物理实验的基本调整与操作技术

本章介绍一些最基本的且具有一定普遍意义的实验调整技术以及电学实验、光学实验的基本操作规则。掌握这些基本技能,是完成实验基础训练的重要保证。学生在做有关实验以前,应认真阅读这些内容,以便培养严谨的科学作风和良好的实验习惯。

一、水平、铅直调整

在实验测量中,借助于垂球或水准器可将某些仪器或仪器的某部分调整到水平和铅直状态,如平台的水平或支柱的垂直等。绝大部分需要调整水平或铅直状态的实验装置在底座上装有三个调节螺钉。三个螺钉的连线一般成等边三角形。

用垂线调整铅直时,只要调节下悬的垂球尖端与立柱底座的尖头相互对准即可;用气泡水准器调整时,要使气泡居中。

二、零位调整

为了消除零点误差,在实验测量前应先将仪器调整到零位。对于具有零位校准器的仪器,如指针式电表等,应在测量前调节零位校准器,将仪器调整到零位;对于没有零位校准器或经常调零不方便的仪器,如螺旋测微器等,应在测量前先记下初始读数作为零点修正值,以便修正测量结果。

三、电学实验接线规则

(1) 接线前要合理安排仪器,根据布线合理、操作方便、实验安全的原则布置仪器。参照线路图,将需要经常操作的仪器放在近处,需要读数的仪表放在眼前。

(2) 在理解线路原理的基础上,按回路接线法接线和查线。根据线路图,从电源正极开始经过一个回路回到电源负极,再从已接好的回路中某段分压的高电位点出发接下一个回路,然后回到低电位点。这样一个回路接着一个回路地接线,检查线路时也这样按回路查线,这是电学实验接线和查线的基本方法。接线时要注意走线美观整齐,避免不必要的交叉。

(3) 线路接好后,先不要接通电源。要仔细检查有无错误或遗漏,各电路器件是否放在正确位置(如电源输出是否使电路中电流最小或电压最低的位置,开关是否断开,电阻箱是否放到预计的阻值,电表量程是否合适,接头是否牢靠等)。自己

检查线路和预置安全位置后,应请指导教师复查,才能接通电源。

必须自觉养成自己在通电之前仔细按回路检查线路的习惯,力求安全、准确。

(4) 接通电源时应做瞬态试验。先试通电源,及时统观各指示仪表的反应,根据仪表示值等现象判断线路有无异常。若出现异常,应立即断电进行检查;若情况正常,就可以正式开始实验。

(5) 注意安全,严防电源短路。在通电情况下,不得改接线路。实验完毕拆线时,首先应将接在电源上的导线拆掉。实验过程中若发生故障,必须首先切断电源。

(6) 实验完成后,经教师检查实验数据后再拆线。将所有仪器用具整理好放回原来位置并清理周围环境,才能离开实验室。

四、光学仪器操作规则

光学实验是普通物理实验的一个重要部分。这里先介绍光学实验中经常用到的知识和调节技术。

1. 光学元件和仪器的维护

透镜、棱镜等光学元件,大多数是用光学玻璃制成的。它们的光学表面都经过仔细地研磨和抛光,有些还镀有一层或多层薄膜。这些元件或材料的光学性能(如折射率、反射率、透射率等)都有一定的指标或要求,而它们的机械性能和化学性能可能会很差,若使用和维护不当,就会降低光学性能甚至损坏报废。造成损坏的常见原因有摔坏、磨损、污损、发霉、腐蚀等。为了安全使用光学元件和仪器,必须遵守以下规则:

(1) 必须在了解仪器的操作和使用方法后方可使用。

(2) 轻拿轻放,勿使仪器或光学元件受到冲击或震动,特别要防止摔落。不使用的光学元件应随时装入专用盒内。

(3) 切忌用手触摸元件的光学表面。如必需用手拿光学元件时,只能接触其磨砂面,如透镜的边缘、棱镜的上下底面等,如图 1-1 所示。

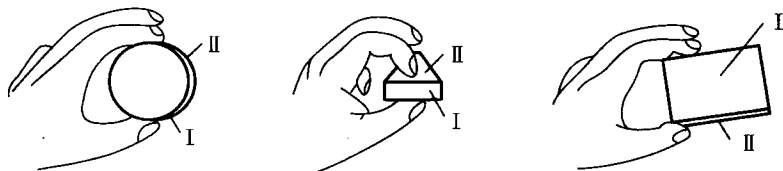


图 1-1 手持光学仪器的方式

I—光学面;II—磨砂面

(4) 光学表面上如有灰尘,需用实验室专备的干燥脱脂棉轻轻拭去。

(5) 光学表面上若有轻微的污痕或指印,用清洁的镜头纸轻轻拂去,但不要加压擦拭,更不准用手帕、普通纸片、衣服等擦拭。若表面有较严重的污痕或指印,应由实验室人员用丙酮或酒精清洗。所有镀膜面均不能触碰或擦拭。

(6) 防止唾液或其他溶液溅落在光学表面上。

(7) 调整光学仪器时,要耐心细致,一边观察一边调整,动作要轻、慢,严禁盲目及粗鲁操作。

(8) 仪器用毕应放回箱(盒)内或加罩,防止被灰尘污染。

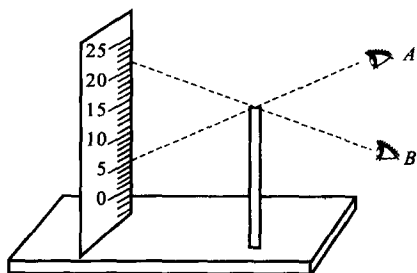


图 1-2 眼睛位置不同,所得观测结果不同

2. 消视差

光学实验中经常要测量像的位置和大小。经验告诉我们,要测准物体的大小,必须将量度标尺与被测物体紧贴在一起。如果标尺远离被测物体,读数将随眼睛的位置不同而有所改变,难以测准,如图 1-2 所示。在光学实验中被测物往往是一个看得见摸不着的像,怎样才能确定标尺和待测像是紧贴在一起的呢? 利用“视差”现象

可以帮助我们解决这个问题。为了认识“视差”现象,读者可做一简单实验:双手各伸出一只手指,并使一指在前一指后相隔一定距离,且两指互相平行。用一只眼睛观察,当左右(或上下)晃动眼睛时(眼睛移动方向应与被观察手指垂直),就会发现两指间有相对移动,这种现象称为“视差”。而且还会看到,离眼近者,其移动方向与眼睛移动方向相反,离眼远者则与眼睛移动方向相同。若将两指紧贴在一起,则无上述现象,即无“视差”。由此可以利用视差现象来判断待测像与标尺是否紧贴。若待测像和标尺间有视差,说明它们没有紧贴在一起,则应该稍稍调节像或标尺位置,并同时微微晃动眼睛观察,直到它们之间无视差后方可进行测量。这一调节步骤,我们常称之为“消视差”。

在光学实验中,“消视差”常常是测量前必不可少的操作步骤。在用米尺测量长度或使用电表时,应使视线、指针及指针在平面镜中的像三者重合,即可消除视差。

3. 共轴调节

光学实验中经常要用一个或多个透镜成像。为了获得质量好的像,必须使各个透镜的主光轴重合(即共轴)并使物体位于透镜的主光轴附近。此外透镜成像公式中的物距、像距等都是沿主光轴计算长度的,为了测量准确,必须使透镜的主光轴与带有刻度的导轨平行。为达到上述要求的调节我们统称为共轴调节。共轴调节的方法如下:

(1) 粗调。将光源、物和透镜靠拢,调节它们的取向和高低左右位置,凭眼睛观察,使它们的中心处在一条和导轨平行的直线上,使透镜的主光轴与导轨平行,并且使物(或物屏)和成像平面(或像屏)与导轨垂直。这一步因单凭眼睛判断,调节效果与实验者的经验有关,故称为粗调。

(2) 细调。这一步骤要靠其他仪器或成像规律来判断和调节。不同的装置可能

有不同的具体调节方法。下面介绍物与单个凸透镜共轴的调节方法。使物与单个凸透镜共轴实际上是指将物上的某一点调到透镜的主光轴上。要解决这一问题,首先要知道如何判断物上的点是否在透镜的主光轴上。这一点可根据凸透镜成像规律判断。如图 1-3 所示,当物 AB 与像屏之间的距离 $b > 4f$ 时,将凸透镜沿光轴移到 O_1 或 O_2 位置都能在屏上

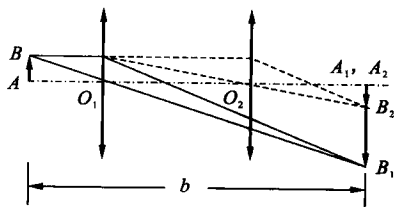


图 1-3 共轴调节

成像,一次成大像 A_1B_1 ,一次成小像 A_2B_2 。物点 A 位于光轴上,其两次像点 A_1 和 A_2 都在光轴上而且重合;物点 B 不在光轴上,其两次像点 B_1 和 B_2 一定都不在光轴上,而且不重合。但是,小像的 B_2 点总是比大像的 B_1 点更接近光轴。据此可知,若要将 B 点调到凸透镜光轴上,只需记住像屏上小像 B_2 点的位置(屏上贴有坐标纸供记录位置时作参照物),调节透镜(或物)的高低左右,使 B_1 向 B_2 靠拢。这样反复调节几次直到 B_1 与 B_2 重合,即说明 B 点已调到透镜的主光轴上了。

若要调多个透镜共轴,则应先将物上 B 点调到一个凸透镜的主光轴上,然后,同样根据轴上物点的像总在轴上的道理,逐个增加待调透镜,调节它们使之逐个与另一个透镜共轴。

五、先定性观察、后定量测量的原则

在一般的情况下,应采取“先定性、后定量”的原则进行实验。这是较为科学的实验方法。先定性地观察实验变化的全过程,对物理现象或物理量的变化规律有一个大致的了解和初步的认识,再着手进行定量测定。这样,一方面可以发现有哪些问题在调整或操作中没有注意到,需要进行补充调整或仔细操作;另一方面由于对整个变化规律已经心中有数,从而可以决定在测量过程中是采取等间距测量还是不等间距测量,避免实验测量的盲目性。

六、逐次逼近法

逐次逼近法是一种有效的实验技巧,也是仪器调整和实验测量中应遵循的一条原则。尤其是对于诸如天平、电桥、电位差计等示零仪器更是如此,实验操作时可以利用指零仪表的正偏和反偏来决定“正向区逐次逼近”和“反向区逐次逼近”,这样可以比较迅速地找出平衡点。

此外,为了更准确地确定透镜成像位置,可将光屏由近及远地移动,找出成像的清晰位置 x_1 ,再将光屏由远及近地移动,找出成像最清晰的位置 x_2 ,则可断定成像的最佳位置为 $x = (x_1 + x_2) / 2$ 。

第二章 误差理论和数据处理的基础知识

在实验测量中,由于实验方法和实验设备的不完善、周围环境的影响以及受人们认识能力所限等,测量所得数据和被测量的真值之间,不可避免地存在着差异,这在数值上表现为误差。随着科学技术的日益发展和人们认识水平的不断提高,虽可将误差控制得越来越小,但终究不能完全消除它。因此,必须对测量过程和科学实验中始终存在着的误差进行研究。研究误差的意义主要在如下几个方面:

(1) 正确认识误差性质,分析误差产生的原因,以消除或减小误差。

(2) 正确处理测量和实验数据,合理计算所得结果,以便在一定条件下得到更接近于真值的数据。

(3) 正确组织实验过程,合理设计仪器或选用仪器,采用适当的测量方法,以便在最经济的条件下,得到理想的结果。

本章主要讨论测量、数据记录、测量误差及数据处理等内容。

第一节 有效数字

一、有效数字

1. 有效数字的定义

在表达测量结果的数字中,既包含了准确的、没有误差的可靠数字,又包含了具有一定误差的可疑数字。例如,用最小分度值为 1 mm 的直尺测一物体的长度,若该物体比 73 mm 长大约半个刻度,则测量结果可记为 73.5 mm。其中,“7”和“3”是准确读得的,称为“可靠数字”,而“5”是估读出来的,称为“可疑数字”。我们将测量结果中可靠数字和可疑数字的全体统称为有效数字。上例中,73.5 为三位有效数字。

2. 关于有效数字的几点说明

(1) 在非零数字之间或之后的“0”都是有效数字。例如,在上例中,如果物体的末端恰好与 73 mm 刻度线重合,这时测量结果就应记为 73.0 mm,而不能记为 73 mm。尽管从数字概念上来看,73.0 和 73 一样大,小数点后的“0”似乎没有保留的价值,但从测量和误差的角度看,73.0 为三位有效数字,其中的 3 是可靠数字,而 73 为两位有效数字,其中 3 是可疑数字,二者反映的测量精度不同。

(2) 在第一位非零数字之前的“0”不是有效数字。例如,将 73.0 mm 换算成