

高等学校物理实验教学示范中心系列教材

大学物理实验

李三龙 主编 葛智勇 李永涛 毛巍威 副主编

高等学校物理实验教学示范中心系列教材

大学物理实验

DAXUE WULI SHIYAN

李三龙 主编

葛智勇 李永涛 毛巍威 副主编



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容简介

本书依照《理工科类大学物理实验课程教学基本要求》，在总结近年来南京邮电大学物理实验教学改革的实验室建设成果的基础上编写而成。本书实验原理简明扼要、实验方法清晰合理、数据处理规范。全书系统地介绍了测量误差、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，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。

本书编排循序渐进，综合力、热、电、光、近代物理各领域的物理实验方法和技术，可作为高等学校工科各专业的大学物理实验课程的教材。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理实验 / 李三龙主编. -- 北京: 高等教育出版社, 2012. 2

ISBN 978-7-04-034109-6

I. ①大… II. ①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(2011)第272956号

策划编辑 程福平
插图绘制 宗小梅

责任编辑 程福平
责任校对 陈旭颖

封面设计 于文燕
责任印制 韩刚

版式设计 杜微言

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 北京鑫丰华彩印有限公司
开本 787mm×960mm 1/16
印张 11.5
字数 200千字
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.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版次 2012年2月第1版
印次 2012年5月第2次印刷
定价 16.50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 34109-00

前 言

物理实验是物理学的基础,物理实验的方法与思路是理工科实验的典型代表。它在培养学生实践能力、综合创新能力、主动探究知识的精神、实事求是的科学态度以及适应科技发展与社会进步等方面有着不可替代的作用。

根据我国现阶段经济社会转型对人才培养的需要,为了有效地组织教学,有必要撰写一本既能满足教学要求,又能培养学生创新思维并且适应学生目前水平的教材,实行因地制宜的教学模式。这样既有利于培养学生的动手能力和创新思维,又能最大限度地调动学生和教学人员的主动性、积极性和创造性,从而实现培养具备综合科学素质和自主创新精神的高级人才的目标。

本书力求做到实验原理简明扼要、实验步骤清晰明了、数据处理规范、贴近课堂教学、与信息类物理实验课程的教学体系相配套,既照顾物理学本身的体系,又突出重点。努力做到传授知识与培养能力相结合,科学教育与人文教学相融合,力求突出教学的实用性和可操作性。

本书依照《理工科类大学物理实验课程教学基本要求》(2010年版),在总结近年来我校物理实验教学改革以及实验室建设成果的基础上编写而成,系统地介绍了测量误差、不确定度以及数据处理的基础知识,大学物理实验中常用仪器及其相关知识,大学物理实验中常用的测量方法。本书编排循序渐进,依次介绍了力、热、电、光、近代物理各领域的物理实验方法和技术,可作为高等工科院校各专业的大学物理实验课程的教材。

实验教材不可能脱离实验室的建设和发展。本教材在我们多年来的教学实践基础之上,进行过多次调整和更新,凝聚了所有物理实验教学中心教师和实验技术人员的智慧和劳动。在本书的编写过程中,参考了国内大量的文献资料 and 许多兄弟院校的教材,汲取了不少宝贵经验,特致谢意!

由于水平和条件有限,书中难免有不妥或疏漏,敬请各位专家和同学批评指正,我们将会再版中予以纠正,使本书不断完善。

编 者

2011年10月18日

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010) 58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010) 82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

目 录

绪论	1
第一节 基本测量法	3
第二节 实验仪器调整的基本要求	5
第三节 误差的基础知识	12
第四节 不确定度	13
第五节 有效数字及其计算	18
第六节 实验数据处理	20
实验 1 液体表面张力系数的测定	25
实验 2 转动惯量的测量	29
实验 2.1 三线摆法测定物体转动惯量	29
实验 2.2 扭摆法测定物体转动惯量	34
实验 3 杨氏模量的测量	39
实验 3.1 静态拉伸法测定金属丝的杨氏模量	39
实验 3.2 动态法测量金属杨氏模量	42
实验 4 受迫振动的研究	47
实验 5 测定气体导热系数	55
实验 6 伏安法测量电阻	61
实验 7 热敏电阻和温差电动势的测量	64
实验 8 静电场的描绘	68
实验 9 惠斯通电桥测电阻	72
实验 10 双臂电桥测量低电阻	76

实验 11	电位差计测量电动势	81
实验 12	利用霍尔效应测量磁场	85
实验 13	数字存储示波器	91
实验 14	声速测量	102
实验 15	电表改装	107
实验 16	非平衡电桥的应用	110
实验 17	电介质介电常量的测量	113
实验 18	光的等厚干涉	117
实验 19	光的偏振	123
实验 20	分光计的调节及其应用	128
实验 20.1	分光计的调节	128
实验 20.2	三棱镜顶角的测定	132
实验 20.3	三棱镜折射率的测定	134
实验 20.4	用分光计和透射光栅测光波波长	136
实验 20.5	原子光谱的定性研究	138
实验 21	迈克耳孙干涉仪的调整和使用	140
实验 22	迈克耳孙干涉仪测量透明介质的折射率	144
实验 23	晶体的电光效应	146
实验 24	光电效应测定普朗克常量	151
实验 25	弗兰克 – 赫兹实验	154
实验 26	密立根油滴实验	157
实验 27	光拍法测光速	163

实验 28 全息照相	168
参考文献	172

绪 论

一、物理实验课程的任务

物理学是自然科学中最重要、最活跃的学科之一,从本质上说物理学是一门实验科学,物理规律的研究都以严密的实验事实为基础,并且不断接受实验的检验。物理学理论和实验的发展哺育着许多新兴学科及高新技术的成长和发展。物理实验的思想、方法、技术和仪器是自然科学研究和工程技术发展的基础。

物理实验课程是独立设置的高校新生的第一门科学实验课程,是学生接受系统的实验思想和实验技能锻炼的开端,在培养学生基本科学实验能力和素养方面有着特殊的地位和作用。因此,对于高等学校中理工科学生,学好物理实验课程是十分重要的。

二、物理实验课程的目的

(1) 巩固、扩展、加深学生对物理学知识的理解。通过对实验的观测和分析,学会运用理论指导实验、分析和解决实验中遇到的问题,同时把理论和实际相结合,加深对理论的理解。

(2) 培养和提高学生从事科学实验的初步能力。包括通过阅读教材和查阅参考资料,正确理解实验内容,能概括出实验原理和方法的要点;借助教材和仪器说明书,正确使用仪器;掌握基本物理量的测量方法和实验技能;正确记录、分析和处理实验数据,分析实验结果和撰写实验报告;自行设计和完成一些不太复杂的实验任务等。

(3) 培养学生实事求是的科学态度,严谨踏实的工作作风,严肃认真、一丝不苟的工作态度,勇于探索、坚忍不拔的钻研精神以及遵守纪律、团结协作、爱护公物的优良品德。

三、物理实验课的主要教学环节

为达到物理实验课的目的,学生应重视物理实验教学的以下三个环节。

(1) 实验预习。课前要仔细阅读实验教材和有关资料,基本看懂实验所用的原理和方法,并学会从中得出主要实验条件、实验关键步骤及实验注意事项,根据实验任务画好记录数据的表格。有些实验还要求学生课前自拟实验方案,自己设计线路图或光路图等。因此,课前预习的好坏是实验能否取得主动的关键。如果是设计性实验内容,需要制定初步实验方案,提出对仪器设备的要求,并报请

老师批准方可进行实验。

(2) 实验操作。学生进入实验室后应遵守实验室规则, 按照一个科学工作者那样严格要求自己。井井有条地布置仪器, 安全操作, 注意细心观察实验现象, 认真钻研和探索实验中的问题。不要期望实验工作始终一帆风顺, 在遇到问题时, 应看做是学习的良机, 冷静地分析和处理它。仪器发生故障时, 要在教师的指导下学会排除故障的方法。对实验数据要严肃对待, 要正确记录实验数据 (注意单位和有效数字位数)。实验结束时, 原始实验数据应该交给指导教师审阅签字, 并整理好仪器后方可离开实验室。

(3) 实验总结。实验报告是实验工作的全面总结, 要用简明扼要的形式将实验结果完整而又真实地表达出来, 这也是进行科学实验素质培养的必要内容之一。

书写实验报告要求文字通顺, 字迹端正, 数据齐全, 图表规范, 结果正确 (包括误差), 分析讨论认真。实验报告的内容应包括下列几部分:

1. 实验名称
2. 实验目的
3. 实验仪器 (要求标注型号、规格等)
4. 实验原理 (包含重要的物理定律、计算公式、光路图或电路图)
5. 实验简要步骤和实验数据记录
6. 数据处理 (包括计算、图表、误差分析等)
7. 实验结果 (结论)
8. 分析讨论

四、学生上物理实验课的须知

1. 物理实验课前应充分做好预习工作, 真正了解本次实验“做什么, 怎样做, 为什么这样做”, 并设计好数据表格。

2. 教师上课时将检查学生的预习情况, 凡未预习或预习不充分的学生, 教师可责令其充分预习后再进行实验。

3. 实验过程中, 应严肃认真, 养成严谨求实的工作作风, 不得伪造实验数据或相互抄袭实验结果。

4. 实验过程中, 应注意安全, 爱护仪器, 如有遗失或损坏仪器等情况发生, 应及时向指导教师报告, 教师将酌情按有关规章处理。

5. 严肃课堂纪律。实验课不得无故缺席、迟到、早退。

6. 实验结束应将仪器、桌凳等整理好后再离开实验室。

7. 实验后一周内完成实验报告并及时上交。

8. 物理实验课程的总成绩由平时成绩与考核成绩综合评定。

第一节 基本测量法

物理测量是泛指以物理理论为依据,以实验仪器和装置及实验技术为手段进行测量的过程。测量涉及内容非常广泛,包括力、热、电、磁、光等物理量的测量。测量方法也很多,按测量方法分类,可分为直接测量、间接测量、组合测量等;按测量内容分,可分为电学测量和非电学测量两类;根据测量过程中被测物理量随时间的变化,又可分为静态测量和动态测量等。下面简单介绍几种基本测量方法:

一、比较法

比较法是实验中最普遍、最基本的测量方法,它是将待测物理量与选作标准单位的物理量进行比较而得到测量值的一种方法。即是将待测物理量与标准量进行比较的过程。既然是比较就必须有标准量具,相关的仪器,常用的有游标卡尺、温度计、电表等。有时,只有标准量具还不够,还必须配置“比较系统”,使被测量和标准量具能够实现比较。如,只有标准电池还不能测量电压,还需要用比较电阻等附属装置组成电位差计来测量电压,这个装置便称为比较系统。

二、放大法

在物理实验的测量中,有时由于被测量过小,以至无法被实验者或仪器直接感觉和反应,这时可以先通过某种途径将被测量放大,然后再进行测量。放大法有机械放大、电放大、光放大、积累放大几种。

(1) 机械放大法:它是最直观的一种放大法。

利用游标可以提高测量的细分程度,原来的分度值为 x 的主尺,加上一个 n 等分的游标后,组成的游标尺的分度值,即放大了 n 倍。

螺旋测微原理也是一种机械放大,将螺距 d (螺旋进一圈的推进距离),通过螺母上圆周长来进行放大。放大率: $\frac{\pi D}{d}$, 其中 d 是螺距, D 是螺母连接在一起的微分套筒的直径。

(2) 光放大法:光放大法可分为视角放大和微小变化量(微小长度)放大。

视角放大的仪器有放大镜、显微镜和望远镜。这类仪器只是在观察中放大视角,并无实际尺寸的变化,故并不增加误差。

微小变化量的放大原理常用于检流计、光杠杆等仪器装置中。光杠杆就是通过微小长度变化的放大来测量物理量的。

(3) 电放大法:借助于电路或电子仪器把微弱的电信号(电压、电流、电功率)放大,并进行有效的测量。信号可以是交流的,也可以是直流的,但把电信号放大时,必须注意减小噪声信号,提高所测物理量的信噪比和灵敏度,降低电信

号的噪声。

(4) 积累放大法: 由于我们要测量的牛顿环、劈尖、迈克耳孙干涉仪干涉条纹间距 d 的数量级一般很小, 为了减少测量误差, 一般不是逐一去测量, 而是测量若干个条纹总间距, 这就是积累放大法。

三、换测法

在物理量中, 许多物理量之间存在着多种效应和关系, 故可有各种不同的换测方法。换测法大致可分为参量换测法和能量换测法两大类。

(1) 参量换测法

参量换测法利用各种参量的变换及其变化的相互关系, 以达到测量某一物理量的目的。具体有两种情况: ① 把不可测量的物理量转换成可测量的物理量, 例如“曹冲称象”。② 把测量不准的量转换成可测准的量, 例如不规则物体的体积可转换成易测准的液体体积。

(2) 能量换测法

能量换测法是指某种形式的物理量, 通过能量变换器, 变成另一种形式物理量的测量方法。系统主要由能量变换器和测量装置组成。考虑到电量参量具有测量方便、快速的特点, 所以许多能量转换法都是使待测物理量通过各种传感器转换成电量参量来测量。现用的传感器的种类很多, 如热敏、光敏、磁敏、压敏、声敏、气敏、温敏材料等。

① 光电转换: 利用光敏元件, 将光信号转换成电信号进行测量。

② 磁电转换: 利用磁敏元件 (霍尔元件、巨磁阻元件等) 或电磁感应组件, 将磁参量转换成电压、电流或电阻的测量。

③ 热电转换法: 利用热敏元件 (半导体热敏元件、热电偶等), 将温度的测量转换成电压或电阻测量。其中热电偶构造简单, 测量温度的准确度高, 测量范围宽, 灵敏度高, 在高、低温区应用均很广泛。

④ 压电转换: 利用压敏元件或压敏材料 (压电换能器、压电陶瓷、石英晶体) 的压电效应, 将压力转换成电信号进行测量。压电传感器具有使用频率宽、灵敏度高、信噪比高、结构简单、工作可靠、重量轻等优点。

四、补偿法

如果某系统受某种作用产生 A 效应, 受另一种同类作用产生 B 效应, 同时由于 B 效应的存在而使 A 效应显示不出来, 就叫做 B 对 A 进行了补偿。例如电位差计就是典型的补偿应用电路。

五、模拟法

模拟法是指不直接研究某物理现象或过程的本身, 而是用与该物理现象或

过程相似的模型来进行研究的一种方法。模拟法可分为物理模拟和数学模拟两类。物理模拟又可分为几何模拟、动力相似模拟、替代或类比模拟。

(1) 几何模拟: 将实物按比例放大或缩小, 对其物理性能及功能进行实验。

(2) 动力相似模拟: 利用模型实验条件, 便可用模型动力学参量的测量代替原形动力学参量的测量。

(3) 替代或类比模拟: 利用物质材料的相似性和类比性进行实验模拟, 它可以利用别的物质、材料或者别的物理过程, 来模拟另一种材料或另一种物理过程。例如用电流场模拟静电场。

(4) 数学模拟: 原型和模型遵循相同的数学规律, 而在物理实质上并无共同之处, 通过计算机求解各种数学方程, 直接模拟实验过程, 预测一些可能的实验结果, 此为计算物理的范畴, 目前已成为物理学三大支柱之一。

以上五种基本测量方法, 在物理实验中得到了广泛的应用, 而有时各种方法在物理实验中往往是相互联系, 综合使用的。

第二节 实验仪器调整的基本要求

一、仪器调整的基本要求

1. 零位 (零点) 调整

绝大多数测量工具都具有零位, 在测量前应首先检查测量仪器的零位是否正确, 对于能调整的有偏差的零位要进行调整或校准, 对不能调整的则记下其对零的偏差值, 以便在以后的测量值中予以修正, 消除由此带来的系统误差。

2. 水平、垂直调整

在实验中, 有些仪器需要进行水平或垂直的调整, 对配置有水准仪或悬锤的, 调整时只需要调整底座上的三个底脚螺丝使水准仪中的气泡居中, 或使悬锤的锤尖对准底座上的座尖即可。对没有配置水平仪或悬锤的仪器, 需要调水平或垂直, 可利用自身的装置进行调整。如焦利秤可以通过调整底脚螺丝使悬锤处在玻璃管的中间, 对于既没有配置水平仪和悬锤又不能利用自身装置调整的仪器, 可取水准仪, 来辅助调水平和垂直。

3. 调焦调整

在使用望远镜、显微镜和测微目镜等光学仪器时, 为了清晰地看清目标物, 需调节物镜或目镜的距离。调好焦后要求能清晰地看清物体上的局部细小特征为准 (如清晰、轮廓分明的十字线)。

4. 视差消除调整

在测量读数时, 经常会遇到读数标线 (指针、叉线) 和标度尺 (盘) 不重合的

情况,当眼睛在不同位置观察时,读得指示值就会有一定的差异,这就是视差。为了测量正确,实验时必须消除视差。为了消除视差,首先应做到正面垂直观察。例如对有反射镜的电表读数时,人的视线应铅直正视,使指针与刻度槽下面平面镜中的像重叠,读出标尺上无视差的读数才是正确的。焦利秤的读数装置也是如此。其次要使标尺平面与被测物重合于同一平面内。游标卡尺的游标尺被做成斜面,便是为了使游标卡尺的刻线端与主尺的刻线端接近处于同一平面,减少视差。使用光学测量仪器读数均须消除视差的影响,使被观察物的实像成在作为标尺的叉焦分划板上,即与它们的虚像处于同一平面,此时人眼稍微移动时,叉焦和物像无相对运动。

5. 光路的共轴调整

在由两个或两个以上光学元器件组成的实验系统中,为了获得好的成像质量,满足近轴光线的条件,必须进行共轴调整。常见的调整方法有以下几种:

(1) 采用普通光源做实验时,应以光具座的导轨为准。

先用目测法进行粗调,使光源、物体、透镜和光屏的中心大致等高共线,各元件均不倾斜。再利用光学系统本身,依据透视或成像规律进行细调。例如共轭法成像时,两次成像中心重合,即表示已达到等高共轴的要求。

(2) 用激光做实验时,先以导轨为准,调节激光束的方向平行于导轨。

用一光屏导轨平稳地移动较长一段距离,若屏上激光的中心位置不变,则表明光束的方向平行于导轨。再以激光束为准,依次放置并调节各元件的高低和左右,使光束经过各元件后光斑的中心仍在原来的位置。

(3) 在安排二维光路时,应以平台面为准,调配光束的俯仰,使光束平行于台面。当光屏在平台上滑动较长一段距离时,屏上光斑的中心应保持同一高度,放置其他元件时,应使经反射或折射后的光束保持原高度,经扩束镜扩束后形成的光轴线也应保持原高度。

6. 电路连接

电路连接是电磁学实验中的一项基本功。一张电路图可分解为若干个闭合回路,连接时,循回路由始点(某高电位)依次相连,最后仍回到始点,此接线方法称回路接线法。按照这种方法接线和查线,可确保电路连接正确,达到安全用电。

接线时应遵守以下规则:

(1) 合理安排仪器。接线时必须有正确的线路图,并根据线路图,通常把需要经常操作的仪器放在近处,需要读数的仪表放在眼前,根据走线合理、操作方便、实验安全的原则放置仪器。

(2) 按回路接线法接线和查线。按线路图,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

后回到该段分压的低电位点。这样一个回路、一个回路地接线。查线时也这样按回路查线。接线时还要注意走线美观整齐。

(3) 预置安全位置。在接通电源前, 应检查变阻器滑动端 (或电位器旋钮) 是否已放在安全位置, 例如使电路中电流最小或电压最低的位置。有些实验还需要检查电阻是否已经放到预估的阻值等。自己检查线路和预置安全位置后, 应请教师复查, 才能接通电源。

(4) 接通时要做瞬态试验。先试通电源, 及时根据仪表示值和现象判断线路有无异常。若有异常, 应立即断电进行检查。若情况正常, 就可以开始做实验, 调节线路至实验的最佳状态。

(5) 做完实验, 应该用理论知识分析一下这些数据是否合理, 有无可疑之处, 有无漏测, 确认无误后, 方可拆线。拆线时应先切断电源再拆线, 严防电源短路。最后将仪器还原, 导线整理整齐。

二、常用基本实验仪器介绍

1. 力学部分

(1) 游标卡尺

游标卡尺是一种能准确到 0.1mm 以上的较精密量具, 用它可以测量物体的长、宽、高、深及工件的内、外直径等。它主要由按米尺刻度的主尺和一个可沿主尺移动的游标 (又称副尺) 组成。常用的一种游标卡尺的结构如图 0-1 所示。D 为主尺, E 为副尺, 主尺和副尺上有测量钳口 AB 和 A'B', 钳口 A'B' 用来测量物体内经, 尾尺 C 在背面与副尺相连, 移动副尺时尾尺也随之移动, 可用来测量孔径深度, F 为锁紧螺钉, 旋紧 F, 副尺与主尺相对固定了。

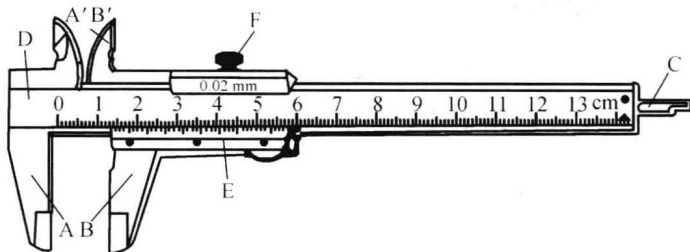


图 0-1 游标卡尺构造图

读数时, 待测物的长度 L 可分为两部分读出后再相加。先在主尺上与游标“0”线对齐的位置读出毫米以上的整数部分 L_1 , 再在游标上读出不足 1mm 的小数部分 L_2 , 则 $L = L_1 + L_2$ 。 $L_2 = k \frac{1}{N} \text{mm}$, k 为游标上与主尺某刻线对得最齐的那条刻线的序号, N 为游标的刻线总数。如图 0-2 所示的游标卡尺读数为

$$L_1 = 0$$

$$L_2 = k \frac{1}{N} = \frac{18}{50} \text{ mm} = 0.36 \text{ mm}$$

所以

$$L = L_1 + L_2 = 0.36 \text{ mm}$$

许多游标卡尺的游标上常标有数值, L_2 可以直接由游标上读出。如图 0-2 所示, 可以从游标上直接读出 L_2 为 0.36 mm。

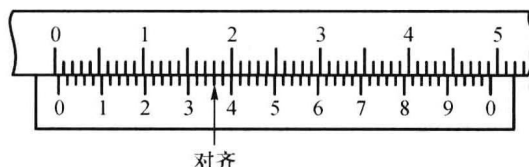


图 0-2 游标卡尺读数图

(2) 螺旋测微器

螺旋测微器也称千分尺 (如图 0-3 所示), 其各部分名称及主要用途如下:

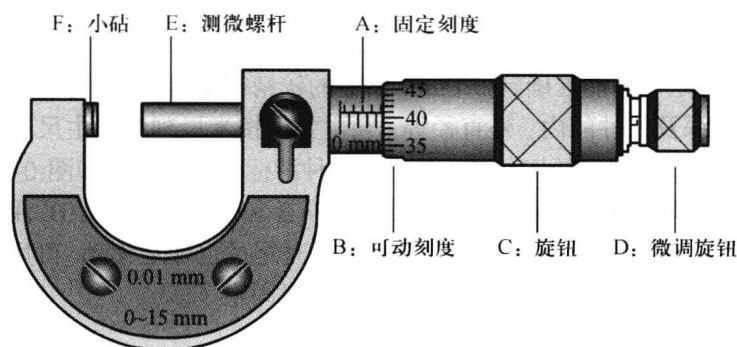


图 0-3 螺旋测微器构造图

A: 固定刻度 (主尺), 用于读取固定刻度所显示的最大毫米刻度数 (包括 0.5 mm)

B: 可动刻度 (微分套筒), 用于读取主尺上固定刻度的水平线对应的螺旋尺上可动刻度的读数 (包括估读)

C: 旋钮, 用于紧固被测物

D: 微调旋钮, 用于可动尺的微调

E: 测微螺杆

F: 小砧

使用方法:

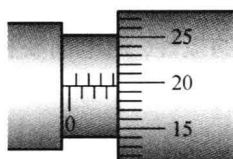
使用螺旋测微器时, 为使每次测量均在被测物上施以相同的压力, 以减少形变误差, 也为了避免损坏精确的螺旋刻度, 当顶针已将被测物轻轻夹住时, 勿再

旋转旋钮,此时应旋转位于套筒后的微调旋钮,直到听到三声“滴答”声为止,读取数值即可。

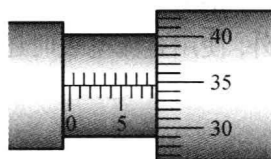
读数的要点:

① 测量前应首先检查小砧和测量螺杆的端面(卡口)在接触时的读数值是正值、负值或是零,即初读数。

② 读取两个零刻度线之间的 0.5 mm 的整数倍(即主尺读数),再读出微分套筒上的刻度(要估读一位),乘以 0.01 mm 即为套筒上的读数,两者相加即为最终读数。在读主尺读数时,类似的也要注意:有时某刻度线即使露出,但只能读取它前面的刻度加上套筒上的读数。



3.695 mm



8.348 mm

2. 电学部分

(1) 直流电源

实验室常用的直流电源有晶体管直流稳压电源、干电池和直流稳流电源。晶体管稳压电源电压稳定,电阻小,使用方便,其输出电压有固定的,也有连续可调的。干电池电压稳定,内阻也小,但其容量有限,要注意经常更换。直流稳流电源在一定的负载阻值范围内,能给出一定的恒定电流,电流大小连续可调。选用电源时除了应注意它的输出电压是否符合需要外,也需注意取用的电流或负载电阻是否在电源的额定值之内,如果电流超额,即电源过载,电源将急剧发热而损坏,使用电压源时特别要防止它短路。

(2) 直流电表

实验室用的直流电表有磁电式仪表和数字式电表两种。直流电表的主要规格有量程、准确度等级和内阻。量程指电表可测的最大电流值或最大电压值。电表内阻一般在仪表说明书上已给出,也可由实验室测出。设计线路和使用电表时必须了解电表的规格。电表的误差是主要技术性能,可分为基本误差和附加误差两部分。电表的基本误差是由其内部特性决定的。电表的基本误差 γ 是用绝对误差 ΔA 与量程 A_m 之比来表示,即

$$\gamma = \frac{\Delta A}{A_m} \times 100\%$$

标准规定,如果电表的准确度等级示数为 K ,在一定条件下,基本误差极限不大于 $\pm K\%$,电表的附加误差在大学物理实验中考虑比较困难,不作要求。在实