中等职业学校文化课教学用书

物　理　实　验

王银明　主编

高等教育出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

内容提要

本书为与王银明主编的中等职业教育国家规划教材《物理》配套的实验教材,是根据教育部2000年颁布的《中等职业学校物理教学大纲(试行)》的要求编写而成的.在编写中注重与《物理》内容相配套,加强了设计性实验,并从实验的思路、方法、综合、分析、归纳等方面加强了对学生实验能力的培养.全书安排了21个实验,其中打"*"的两个实验可任选一个.

本书可作为中等职业学校工科各专业的教材,亦可供其他专业、中学教师以及初、中级技术人员参考.

图书在版编目(CIP)数据

物理实验 王银明主编.—北京:高等教育出版社,2001.7

教育部高职高专规划教材

ISBN 7-04-009771-0

Ⅰ.物… Ⅱ.王… Ⅲ.物理-实验-高等学校:技术学校-教材 Ⅳ.04-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第030605号

责任编辑 段宝平 封面设计 刘晓翔 责任绘图 李维平
版式设计 马静如 责任校对 胡晓琪 责任印制

物理实验
王银明 主编

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市东城区沙滩后街55号 邮政编码 100009
电 话 010-64054588 传 真 010-64014048
网 址 http://www.hep.edu.cn
http://www.hep.com.cn
经 销 新华书店北京发行所
排 版 高等教育出版社照排中心
印 刷
开 本 787×1092 1/16 版 次 年 月第 版
印 张 4.25 印 次 年 月第 次印刷
字 数 90 000 定 价 6.20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

前　　言

本书系根据教育部 2000 年颁布的《中等职业学校物理教学大纲(试行)》的要求,在原工科中专《物理实验》的基础上重新编写的,是与王银明主编的中等职业教育国家规划教材《物理》配套使用的物理实验教材 .

本书包括力学实验、热学实验、电磁学实验和光学实验四部分内容,共计 21 个实验 .这些实验可分为测量型、验证型、设计研究型、综合型、仪器的使用和观察等类型实验 .这些实验的编写力求简明、规范,以对学生编写实验报告起到示范作用 编写中我们还着意从实验思路、方法、综合、归纳等方面加强引导,以期由此向学生进行科学思想、科学方法和科学态度的教育,培养学生观察能力、实验能力、记录和数据处理的能力,并从实践中增强分析问题,解决问题,获取知识和独立思考的能力,以及对仪器的操作使用技能 .

本书除基本的实验内容外,还有部分选做实验,以供有的专业或有条件的学校选用 .为了增强教材的适用性,很多实验都提供了不同的实验方法,以便各校根据自己的情况选择 .

参加本书编写工作的有西安航空技术高等专科学校王银明、徐淑芝和西安铁路运输学校任敏成同志,由王银明任主编 .

在本教材的编写和研讨过程中,得到了来自全国各地的专家的大力协助,周继礼、张世忠、闫少勋、徐家申、兰汝铭等同志对实验的设计和原理图的绘制等方面提出了宝贵的意见,我们在此表示衷心地感谢 .

我们恳切希望广大师生在使用本教材的过程中,对书中的缺点、错误提出意见,以便改进我们的工作 .

作　者

2000 .12

目　　录

绪　论 …… 1
实验一　金属圆柱体密度的测定 …… 6
实验二　测定玻璃的折射率 …… 9
实验三　测定凸透镜焦距　研究凸透镜成像规律 …… 12
实验四　测定匀加速直线运动的速度和加速度 …… 14
实验五　验证力的平行四边形定则 …… 21
实验六　牛顿第二定律的研究 …… 25
实验七(A)　验证动量守恒定律 …… 30
实验七(B)　用冲击摆测子弹的速度 …… 34
实验八　研究有固定转轴物体的平衡条件 …… 36
实验九　验证机械能守恒定律 …… 38
实验十　研究单摆的振动周期　用单摆测定重力加速度 …… 42
实验十一　验证理想气体状态方程 …… 44
实验十二　多用表的使用简介 …… 48
实验十三　静电场的描绘 …… 50
* 实验十四　用伏安法测导体的电阻 …… 54
实验十五　测电源的电动势和内电阻 …… 57
实验十六　研究电源输出的功率跟负载电阻的关系 …… 58
* 实验十七　惠斯通电桥 …… 59
实验十八　感应电流方向的研究 …… 61
实验十九　观察光的干涉现象 …… 63
实验二十　光谱的观察 …… 64

* 实验十四和实验十七任选一个 .

绪　论

物理学是一门建立在实验基础上的学科.物理概念的建立以及物理定律的发现,大都是以实验事实作为依据的.已经建立起来的物理定律或理论,也必须经得起非常严格的科学实验的检验,才能被确认.人的认识过程总是以感性认识为基础,由此获得的理论知识还必须应用于实际.所以,不论对物理学的发展,还是对我们学习物理学,实验都是非常重要的.

按照大纲对知识和能力的要求,本书安排了观察实验、测量实验、验证性实验、探索和设计性实验等.这些不同类型的实验,不仅可以加深我们对物理概念和规律的进一步理解,而且能够培养我们的实验能力.具体地说,就是能使我们学会使用有关仪器,并根据仪器精密度进行正确的记录;掌握一定的实验操作方法;学会观察实验的整个物理过程;培养分析和处理实验数据、概括实验现象、总结实验规律的能力.此外,还可以培养根据实验目的和要求,设计实验方案、确定实验步骤、合理选择实验仪器的能力.通过实验,还能培养我们严格、细致、实事求是、一丝不苟和理论联系实际的科学态度;勤于动手、善于思考、讲究科学方法的工作作风以及遵守纪律、爱护国家财产的品德.

如何做好实验,在物理课的"绪论"中已经讲过了,希望同学们认真阅读该部分课文.

在实验中,我们将要直接测量一些物理量,或者通过某些量的测量,再计算出另一些物理量,这就是间接测量.但是,测量是不可能绝对精确的,这就出现了如何表达这些测量值才算合理,以及怎样确定它的精密度和准确度等问题.为此,我们要采用有效数字,并且要讨论误差.

一、有效数字及其表示

测量仪器的最小刻度(或分度),叫仪器的精密度.最小刻度越小,其精密度越高.例如图 0 - 1 和图 0 - 2 所示两精密度不同的毫安表,前者精密度为 10 mA,后者精密度为 1 mA.0 - 1 图示测量值为 45 mA,其中十位数字"4"是由仪器的最小刻度直接读出的,是准确的,可靠的,叫做可靠数字;个位数字"5"是估计出来的,即把最小刻度的间距凭肉眼分成 2、5 或 10 等份,估计读数所占的份数,然后把这一位数读出.因为是估计的,故是不可靠的,所以叫做可疑数字.可疑数字在测量中也是有效的,不能因为它是可疑的,而把它去掉,变成 40 mA,这样误差更大.同一电流,用图 0 - 2 所示仪器测量,其测量值为 44.8 mA,其中"44"是可靠数字,"8"是估计出来的,是可疑数字.

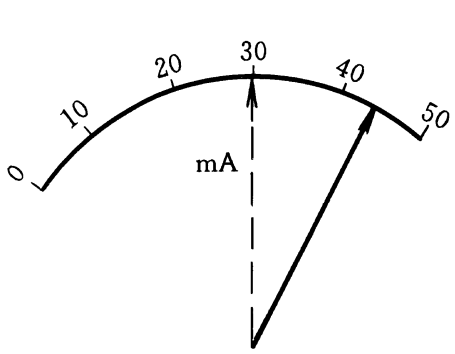


图 0 - 1

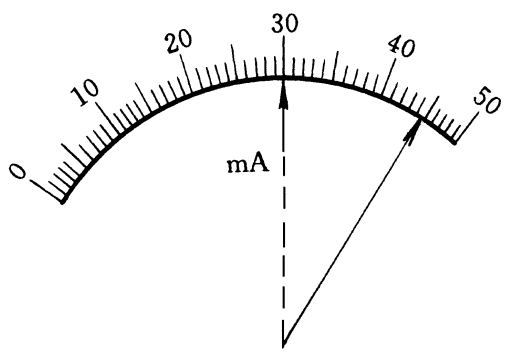


图 0 - 2

仪器上读出的可靠数字与可疑数字,在测量中都是有效的,叫做有效数字.图 0 - 1 所示测量

需要全本请访问 www.ertongbook.com

值为二位有效数字 .图 0 - 2 所示测量值为三位有效数字 .对同一个量进行测量,有效数字位数越多,测量结果越精确 .

在测量中,如果指针正对某一刻度,如图 0 - 1、0 - 2 中虚线所示,则在读数时,前者应读作 30 mA,后者应读作 30.0 mA .

在单位换算时,必须注意使有效数字的位数不变 .例如,测量某物体的质量为 10.0 g,这是三位有效数字 .如果用千克作单位,就写为 0.010 0 kg,仍应是三位有效数字 .可见在小数点后面,且在非零数字后的"0"是有意义的,它是有效数字 .相反,在非零数字前的"0"不是有效数字,它只与单位的换算有关,不表示有效数字的位数 .为了避免混淆,并使记录和计算方便,通常写成有一位整数的小数和 10 的乘方的积的形式 .上例中质量可写成 1.00×10^{-2} kg,这就是说,在单位换算时,有效数字的位数要保持不变,从而使测量精密度不变 .

在实验中,平均值、绝对误差、相对误差以及间接待测的量等等,都要对直接测得的量经过一定运算才能求得 .由于直接测得的量是用有效数字表示的,所以在运算过程中,本应遵循有效数字的运算法则(见 * 三、有效数字的运算法则)进行运算,鉴于有效数字的运算法则比较复杂,我们暂不要求大家按有效数字的运算法则进行运算 .但在做实验时,应按照有效数字的要求,能够根据仪器的精密度正确地读数和记录,在一般的计算中,运算结果取两位或三位有效数字就行了 .

二、误差

1. 什么是误差

被测的物理量总有一个客观的真实数值,这个数值叫该量的真值 .但在实际测量中,由于仪器、测量方法、环境变化和观察者观察能力的差异等原因,往往使测量值与真值之间存在着差值,这个差值叫误差 .

2. 误差的产生和分类

(1) 系统误差:由于测量仪器本身不完善(如刻度不准、电表零点未调好、砝码未校正等),环境的改变(如温度、压强的变化),实验方法粗糙以及实验理论与方法本身的近似性等原因,所得测量值,总是有规律地偏高或偏低于真值,这种误差叫系统误差 .

系统误差是可以设法减小的,一般采用的方法有:选用精密度较高的仪器,提高操作技能,正确使用仪器,改进测量原理和方法等 .

(2) 偶然误差:实验中即使排除了系统误差,仍存在一些偶然因素,如风、振动、电压的突然变化等因素对实验者、测量仪器、被测对象的影响,这样造成的误差叫偶然误差 .偶然误差具有明显的特点,即测量值有时偏大,有时偏小,对大量偶然误差的统计表明,偏大或偏小的机会是均等的 .所以,可采用多次测量取其平均值的方法来减少偶然误差 .

系统误差和偶然误差只能减小,不能完全消除 .所以,它们对测量值的精确程度起决定作用 .

在实验中由于测量者疏忽大意,或违反操作规程等会引起疏失误差,例如,读错数值、计算错误等 .只要测量者谨慎、细心,认真对待实验,疏失误差是可以避免的 .

3. 误差的表示

(1) 绝对误差:测量值与真值间差值的绝对值叫做绝对误差 .但是,真值是无法测得的,而被人们公认的精确测量值比较接近于真值,所以往往用公认值取代真值 .然而在一般的测量中,被测量可能连公认值也没有,在这种情况下,常取多次测量的平均值作为该量的公认值 .

设对某量测量的总次数为 i,每次测量值记作 x_1, x_2, …, x_i,则该量的平均值 瑔为

$$\bar{x} = (x_1 + x_2 + \cdots + x_i) \div i$$

每次测量值 x_i 与公认值(或平均值)$\bar{x}$ 差值的绝对值 $|x_i - \bar{x}|$ 叫做该次测量的绝对误差.各次测量的绝对误差的平均值叫做平均绝对误差,用 Δx 表示,则

$$\Delta x = (|x_1 - \bar{x}| + |x_2 - \bar{x}| + \cdots + |x_i - \bar{x}|) \div i$$

通常 Δx 只取 1 位非零数字,测量结果写成以下形式:

$$x = \bar{x} \pm \Delta x$$

它表示被测量接近 $\bar{x}$ 值,在 $(\bar{x} - \Delta x) \sim (\bar{x} + \Delta x)$ 之间.

对同一个量进行测量,(平均)绝对误差越小的,测量的准确度越高.

例如,一位同学用钢板尺测量一支铅笔的长度,前后测 4 次,分别为 $x_1 = 17.65$ cm, $x_2 = 17.71$ cm, $x_3 = 17.63$ cm, $x_4 = 17.69$ cm.试算出这支铅笔的平均长度和平均绝对误差,并将测量结果表示成 $x = \bar{x} \pm \Delta x$ 的形式.

铅笔的平均长度

$$\begin{aligned}\bar{x} &= (x_1 + x_2 + x_3 + x_4) \div 4 \\ &= (17.65 + 17.71 + 17.63 + 17.69) \text{ cm} \div 4 \\ &= 17.67 \text{ cm}\end{aligned}$$

平均绝对误差

$$\begin{aligned}\Delta x &= (|17.65 - 17.67| + |17.71 - 17.67| \\ &\quad + |17.63 - 17.67| + |17.69 - 17.67|) \text{ cm} \div 4 \\ &= 0.03 \text{ cm}\end{aligned}$$

对铅笔测量的结果应表示为

$$x = (17.67 \pm 0.03) \text{ cm}$$

(2) 相对误差:用绝对误差往往表达不了实验结果的优劣.例如,用同样方法测得水的密度为 1.1×10^3 kg m^3,水银的密度为 1.37×10^4 kg m^3.它们的公认值分别是 1.0×10^3 kg m^3 和 1.36×10^4 kg m^3,所以两次测量的绝对误差都是 0.1×10^3 kg m^3,但水的绝对误差占公认值的 10%,而水银的还不到 1%,显然,后者要准确得多.因此,我们就用(平均)绝对误差与公认值(平均值)的比 $\frac{\Delta x}{\bar{x}}$ 来表示实验的精确度,叫做相对误差.一般用百分比来表示,又叫百分误差.在上例中,水密度测定值的相对误差是

$$\delta x_1 = \frac{\Delta x_1}{\bar{x}} = \frac{|1.1 - 1.0| \times 10^3}{1.0 \times 10^3} = 0.1 = 10\%$$

水银密度测定值的相对误差是

$$\delta x_2 = \frac{\Delta x_2}{\bar{x}} = \frac{|1.36 - 1.37| \times 10^4}{1.36 \times 10^4} \approx 0.007 = 0.7\%$$

* 三、有效数字的运算法则

(1) 加减法运算　由于可靠数字与可疑数字相加减,所得结果就变成可疑的了.所以,诸数相加减,要把绝对误差最大的那个有效数字的末位作为加减结果的有效数字的末位,其余的尾数四舍五入.下面举例说明.为了清楚起见,我们在可疑数字上面加一横线.

$$135.\overline{1} + 32.2\overline{3} + 1.47\overline{7} = 168.\overline{8}$$

$$\begin{array}{r} 135.\dot{1} \\ 32.2\dot{3} \\ +\quad 1.47\dot{7} \\ \hline 168.\dot{8}0\dot{7} \end{array}$$

运算结果中 0.8 已经是可疑的了,以后的两位数更不可靠,按四舍五入法舍去,在计算结果中只保留一位可疑数字(但在运算过程中往往多保留一位可疑数字,最后在计算结果中再四舍五入).

(2) 乘除法运算　可靠数字与可疑数字相乘除,所得结果也是可疑数字.所以,诸数相乘除时,积或商的有效数字的位数应和各数中有效数字位数最少的相同,其余的尾数四舍五入.例如:

$$2.017\dot{5}\times 2.\dot{1}=4.\dot{2}$$

$$\begin{array}{r} 2.017\dot{5} \\ \times\quad 2.\dot{1} \\ \hline \dot{2}\,0\,1\,7\,\dot{5} \\ 4\,0\,3\,\dot{5}\,\dot{0} \\ \hline 4.\dot{2}\,3\,6\,7\,\dot{5} \end{array}$$

在运算结果中,可疑数字仍只保留一位,所以上例中的结果应为 4.2.

为了简化运算,在运算前可以把位数较多的有效数字简化,按四舍五入法把不必要的位数去掉,使它的有效数字位数比最少位数多一位再进行计算.在上例中,2.0175 可简化成 2.02,运算结果仍是 4.2.

(3) 乘方、开方运算

有效数字乘方时,幂底数有几位有效数字,计算结果中就可保留几位有效数字.

有效数字开方时,被开方数有几位有效数字,计算结果中就可保留几位有效数字.

应该注意的是,准确的整数(例如东西的个数,实验次数等)的有效位数任意多.另外,公式中的自然数,例如 $g=4\pi^2\dfrac{L}{T^2}$ 中的"4",切不可看作一位有效数字,它可以形成任意多的有效位数;其他常数 $\pi=3.141\,592\,6\cdots$,重力加速度 $g=9.806\,65\cdots\ \mathrm{m\,s^{-2}}$ 等也作类似的处理,运算中取多少位,要看其他量的有效数字来定.

习　题

1. 下列各数据为几位有效数字?

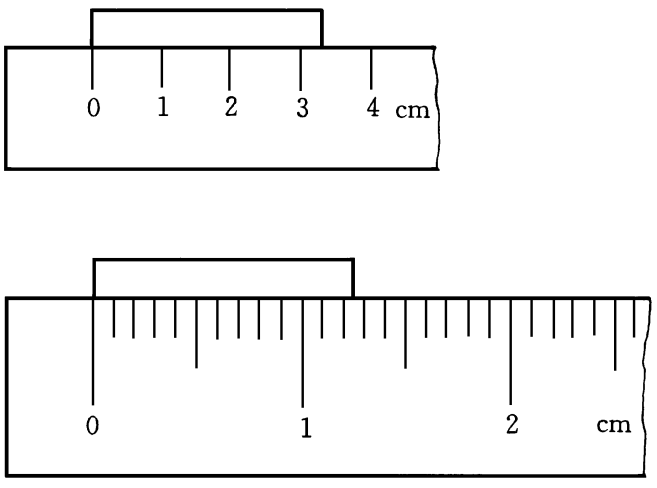
(1) 真空中的光速 $c=299\,792\,458\ \mathrm{m\,s}$

(2) 地球的平均半径 $r=6\,371.22\ \mathrm{km}$

(3) 标准大气压 $p=101\,325\ \mathrm{Pa}$

(4) 标准重力加速度 $g=9.806\,65\ \mathrm{m\,s^{-2}}$

2. 读出图中杆长的测量值,并分别用毫米、厘米、米作单位把杆长表示出来.



题 2 图

3. 甲乙二同学测量同一张纸的宽度,他们测量的平均宽度值相同,甲的平均绝对误差为 0.1 mm,乙的平均绝对误差为 0.2 mm,他们二人谁的测量结果较准确?

4．甲测量桌子的平均长度为 110.2 cm,平均绝对误差为 0.1 cm;乙测一百米跑道的实际长度为 100.00 m,绝对误差为 5 cm,甲乙二人的测量哪个较准确？

实验一　金属圆柱体密度的测定

目的:

1. 学会正确使用物理天平;

2. 学习游标卡尺的使用方法;

3. 按照有效数字的要求读取实验数据 .

原理:

根据物质密度的定义

$$\rho = \frac{m}{V}$$

对金属圆柱体,用物理天平测出其质量 m,再用卡尺测出圆柱体的直径 D 和长度 l,便可根据

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{4m}{\pi D^2 l}$$

算出金属圆柱体的密度 .测量 D 和 l 时,可在不同位置分别测量 5 次,取其平均值 .

仪器与器材:

金属圆柱体,物理天平,卡尺 .

记录与计算:

表 1 - 1

测量次数	圆柱体长度 l mm	圆柱体直径 D mm	圆柱体质量 m kg	圆柱体密度 ρ (kg m^3)
1				
2				
3				
4				
5				
平均值				

作业:

1. 你所用的物理天平的感量是多少?你所测量的金属圆柱体质量的有效数字应取几位?

2. 测量金属圆柱体的直径和长度时,为什么要用它们的平均值?

3. 怎样调节物理天平?

附:物理天平和游标卡尺

一、物理天平

物理天平是常用的称量质量的仪器,它是根据等臂杠杆原理制成的,其外形如图 1 - 1 所示 .主要构造有横梁 1,秤盘 2 和支柱三部分组成 .具有刀口 3 的横梁架在支柱上,成为天平臂杆 .横梁上固定着一根长指针 4,指针下方有一刻度盘 5,当指针在刻度盘上左右摆动对称时,天平处于平衡状态 .天平横梁上装有游码 6,游码由横梁左端移到右端时,相当于右盘中增加 1 g 砝码 .如果游码由左端移到右端共移动 50 小格,则每移动 1 小格就代表右盘中增加了 0.02 g 砝码,因

此,物理天平的最小称量(又称天平的感量)是 0.02 g.在使用游码称量时,可估计到 0.01 g.

天平的调节和称量

(1) 调水平:先调节底座螺丝 7,使天平底盘上的水准泡位于中心.

(2) 调平衡:将游码放在横梁左端,利用升降螺旋 8 使横梁升起,调节横梁左方(或右方)的平衡螺母 9,使天平达到平衡为止.注意每次调节前必须先把横梁放下,调节后再升起横梁,观察是否达到平衡,以免磨损刀口;称量时,放置被测物体或加减砝码调节平衡时也须这样做,这是使用天平的一条重要规则.

(3) 称量:将被测物体放在左盘中央,砝码放在右盘中央,然后调节天平到平衡.根据右盘中砝码的总质量及游码在横梁上的位置即可读数.另外,每架天平都有最大称量,使用时不得超过该量,以免损坏天平.

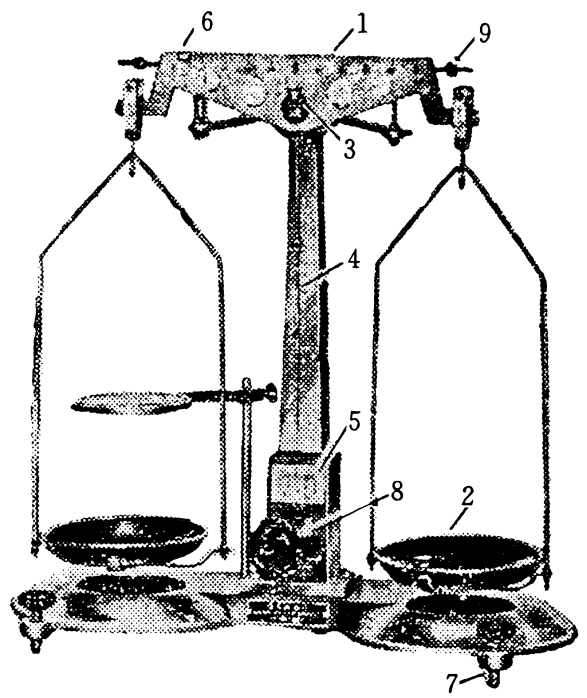


图 1 - 1

二、游标卡尺

构造:游标卡尺是一种测量长度的较精密量具.它的构造如图 1 - 2 所示.图中 1 是刻有毫米的主尺,2 是套在主尺上可滑动的游标(副尺),3 是下测脚,用来测量物体的外部尺寸,4 是上测脚,用来测量物体的内部尺寸,5 是测量槽或孔的深度的深度尺,6 是推钮,用来推动游标沿主尺滑动,7 是固定主、副尺的锁紧螺钉.

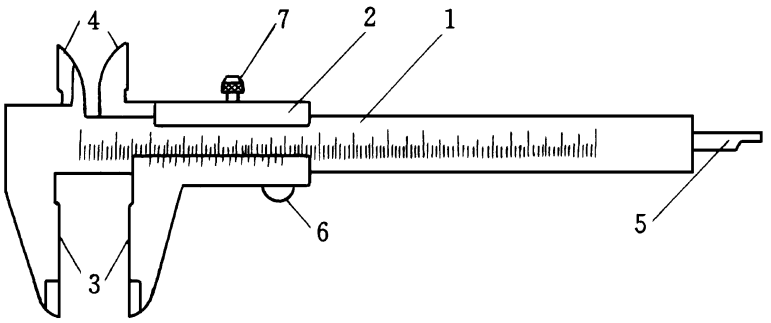


图 1 - 2

游标原理:常用的游标有 20 分度(精密度 0.05 mm)、50 分度(精密度 0.02 mm)两种.今以 50 分度的游标卡尺为例,说明其原理.如图 1 - 3(a)所示,主尺的最小分格为 1 mm,游标的长度为 49 mm,将游标的长度分为 50 格,每格长度为 0.98 mm.因此,主尺每 1 格(1 mm)与游标每格长度(0 98 mm)之差为 0.02 mm,这一差值叫做游标卡尺的精密度.

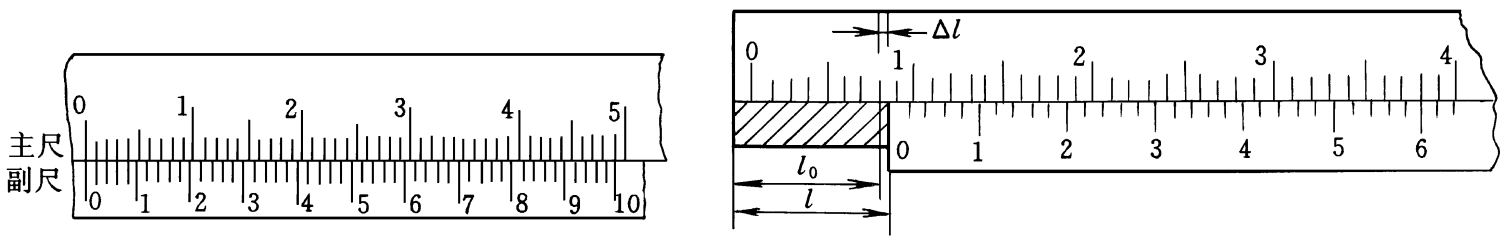
怎样用游标装置读数呢?以图 1 - 3(b)为例,先读游标尺“0”刻度线左边主尺上的毫米数,图中 $l_0 = 8$ mm,然后由游标定出毫米以下的尾数 Δl.为此,寻找与主尺上某一刻度线重合(或接近)的一条游标刻度线,图中是第 30 条游标刻度线.那么,主尺上从 8 到 38 刻度线间的距离与游标上从 0 到 30 刻度线间的距离之差恰是尾数 Δl.因主尺上每格与游标上每格间长度之差(即精密度)为 0.02 mm,所以

需要全本请访问 www.ertongbook.com

$$\Delta l = 0.02\ \text{mm} \times 30 = 0.60\ \text{mm}$$

因此,被测物体的长度

$$l = l_0 + \Delta l = 8\ \text{mm} + 0.60\ \text{mm} = 8.60\ \text{mm}$$



(a) 0.02 mm 游标卡尺的刻线原理　　(b) 0.02 mm 游标卡尺读数原理

图 1-3

由上可见,被测物体长度 l 的表示式为

$$l = l_0 + K \times \text{精密度}$$

式中 l_0 代表游标 0 刻线左侧主尺上的毫米数,K 代表与主尺上刻度线对齐的游标尺上某刻度线的序号.

其他分度的游标卡尺的使用原理与 50 分度的原理类似.

在使用游标卡尺测量时,应先使卡尺的两测脚紧密接合,看看游标与主尺的 0 刻线是否对齐.如果两者对齐,用拇指移动游标向右滑到某一位置,卡住被测物体,读出测量长度①.

① 如果两条 0 刻线不能对齐,说明该游标卡尺有零误差(属系统误差).当游标零刻线位于主尺零刻线左侧时,零误差为正;右侧时,零误差为负.测量时,应在测出的数据中加上零误差.

实验二　测定玻璃的折射率

方法一　用插针法求玻璃的折射率

目的:

1．测定玻璃的折射率;

2．加深对折射定律的理解 .

原理:

根据光的折射定律$\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma}=n$,求玻璃对空气的折射率 .

仪器与器材:

长方形玻璃砖,白纸,大头针,图钉,绘图仪器,绘图板 .

步骤:

1．用图钉把白纸钉在绘图板上,把玻璃砖平放在纸的中央 .

2．在白纸上画出空气与玻璃两个平行分界面上的两条直线 AB 和 CD(图 2 - 1),此后不要再变动玻璃砖的位置 .

3．通过 AB 上的一点 O 垂直于纸面插一根大头针,并在左边附近任意一点 S 也垂直于纸面插一大头针 .把 SO 当作入射光线的方向 .

4．在 CD 边一侧,沿水平方向透过玻璃砖观看 S, O 的像 .左右移动头部,改变观察方向,使 S, O 的像重合在一起 .此时,在 CD 线上一点 O' 及 CD 线外一点 S' 上,各插一根大头针,使 O', S' 两针与 S, O 的像都在同一直线上 .

5．拿开玻璃砖,联结 SO, OO' 及 $O'S'$,并过 O 点作法线 NO,那么, SO 是入射线, OO' 是玻璃中的折射线, $O'S'$ 是在空气中的折射线 .

6．在 SO 及 OO' 上截取 $OE=OG$,并作 EF 及 GK 垂直于 NO,则得

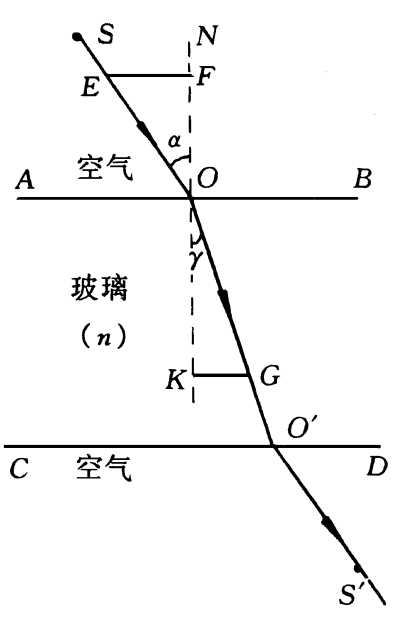


图 2 - 1

$$\sin\alpha=\frac{EF}{OE},\quad \sin\gamma=\frac{GK}{OG}=\frac{GK}{OE}$$

所以

$$n=\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma}=\frac{\frac{EF}{OE}}{\frac{GK}{OE}}=\frac{EF}{GK}$$

7．量出 EF 和 GK 的长度,计算玻璃对空气的折射率,将结果记入表 2 - 1 中 .

8．改变入射角 α,再做两次实验,然后分别求出玻璃对空气的折射率,将结果记入表 2 - 1 中 .

记录与计算:

表 2 - 1

实验次数	EF cm	GK cm	$n=\frac{EF}{GK}$	$\Delta n=\lvert n-\bar{n}\rvert$
1				
2				
3				
平　均　值			$\bar{n}=$	$\Delta\bar{n}=$

玻璃的折射率的测量值 $n=\bar{n}\pm\Delta\bar{n}$.

作业:

1. **不用步骤 6 的方法,求出** $\sin\alpha$,$\sin\gamma$ **及** n **的值** .

2. **试比较从玻璃砖进入空气的光线** $O'S'$ **的方向跟入射光线** SO **的方向,看二者有什么关系**?

方法二　用移测显微镜求玻璃的折射率

目的:

1. **测定玻璃的折射率**;

2. **加深对折射定律的理解**;

3. **学会移测显微镜的使用方法** .

原理:

如图 2 - 2 所示,由空气观察透明介质(如玻璃)中的某物 S **时,其像** S **的位置比** S **位置升高了** l .

由图 2 - 2 可知,

$$\angle OS'O'=\angle\alpha,$$

$$\angle OSO'=\angle\gamma$$

所以

$$\sin\alpha=\frac{OO'}{S'O'},\quad \sin\gamma=\frac{OO'}{SO'}$$

于是

$$n=\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma}=\frac{\frac{OO'}{S'O'}}{\frac{OO'}{SO'}}=\frac{SO'}{S'O'}$$

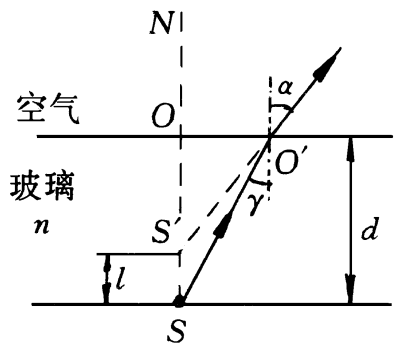


图 2 - 2

当 γ **很小,即从竖直方向向下看物** S **时,有**

$$S'O'\approx S'O \text{ 及 } SO'\approx SO$$

这时

$$n=\frac{SO}{S'O}=\frac{d}{d-l}\qquad(1)$$

其中 d **为玻璃的厚度,因此测出玻璃厚度** d **及升高的距离** l,**就可由**(1)**式算出折射率** .

仪器与器材:

玻璃砖,游标卡尺,移测显微镜,白纸 .

步骤:

1. 把白纸贴在水平桌面上,纸上画一黑点 .将移测显微镜[①]竖直放置,使物镜对准黑点 .调节镜筒的高度,使在目镜中能清晰地看到黑点的像,此时记下显微镜标尺上的读数 R .

2. 用玻璃砖压住黑点,如图 2 - 3 所示 这时从目镜中看到黑点的像将是模糊不清的 .调节镜筒的高度,使从目镜中再次清晰地看到黑点的像,记下此时显微镜标尺的读数 R'.于是有 $l = R' - R$.

3. 用游标卡尺测出玻璃砖的厚度 d,代入(1)式即可算出玻璃的折射率 n .

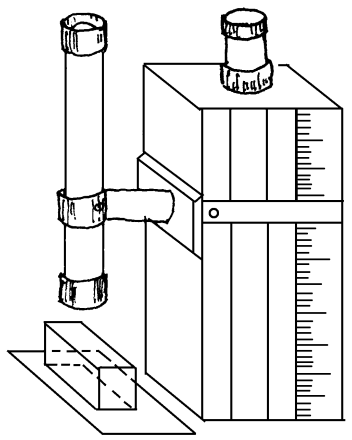


图 2 - 3

4. 重做两次,把有关数据记入表 2 - 2 中 .

记录与计算:

表 2 - 2

实验次数	R mm	R' mm	$l = R' - R$ mm	d mm	玻璃折射率 n	$\Delta n = \lvert n - \bar{n} \rvert$
1						
2						
3						
平 均 值					$\bar{n} =$	$\Delta\bar{n} =$

玻璃的折射率的测量值 $n =$

作业:

1. 如何用移测显微镜测玻璃砖的厚度 d ?

2. 如何用移测显微镜测定水的折射率 ?

① 移测显微镜,就是附加标尺的显微镜 .镜筒上、下调节的距离可以在附加的标尺上精确地指示出来 .

实验三　测定凸透镜焦距　研究凸透镜成像规律

目的:

1．掌握测薄凸透镜焦距的原理和方法;

2．通过实验,总结薄凸透镜成像的规律;

3．进行设计性实验的练习 .

原理:

测量凸透镜的焦距,可按以下几种方法:

1．平行光聚焦法

平行于主光轴的光,经过透镜折射后会聚到一点,该点到透镜光心的距离即为焦距,此法用以粗略的测定焦距 .

2．透镜公式法

物体发出的光线,经过凸透镜折射后像成在另一侧 .将测出的物距 p 和像距 p' 代入透镜公式可求出透镜的焦距 .

$$f = \frac{pp'}{p + p'}, \tag{1}$$

3．共轭法(移动透镜二次成像法)

当物与屏的距离 L 大于四倍焦距且保持一定时,由于物、像共轭关系,则透镜放置于物、屏之间时,有两处可以分别使屏上得到放大或缩小的倒像(图 3 - 1) .

由图 3 - 1 可知,因为共轭关系,在两次成像时,透镜的 A 和 B 位置相对于 L 的中点 M 来说,必处于对称的两侧;同时也必有如下关系:

$$p_1 = p'_2 \quad 及 \quad p_2 = p'_1$$

于是

$$L = p_1 + p'_1$$

$$d = p'_1 - p'_2 = p'_1 - p_1$$

将上两式相加和相减,可得

$$p'_1 = \frac{L + d}{2} \quad 及 \quad p_1 = \frac{L - d}{2}$$

将 p_1 及 p'_1 代入透镜公式,整理后得到

$$f = \frac{L^2 - d^2}{4L} \tag{2}$$

测出 L 和 d 后,根据(2)式可求得焦距 这种方法的优点是式(2)中的 L 和 d 都能较准确的测量,因而可较准确地测出凸透镜的焦距 .

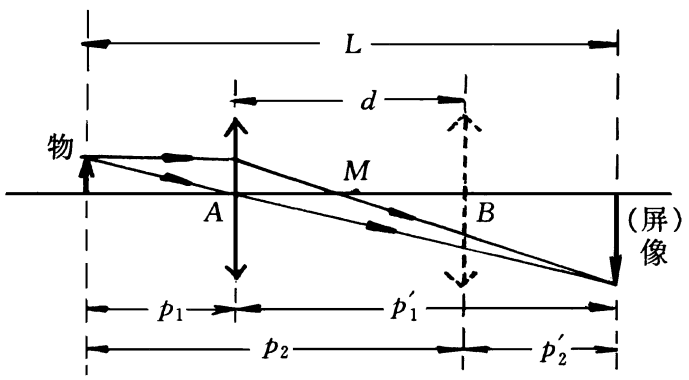


图 3 - 1

仪器与器材:

凸透镜,光具座,透镜夹,光源或光源箱,光屏 .

步骤:

一、测焦距

1. 粗测凸透镜焦距

把凸透镜对准太阳或远处的灯(它们的光可以认为与凸透镜的主光轴平行),在透镜的另一侧放置光屏.调节屏的位置,使屏上的光斑(像)最小时为止.这个光斑就是透镜的焦点.测出透镜到屏的距离就是透镜的焦距(近似值).

在实际测量时,由于对成像清晰程度的判断受主观等因素影响,总不免有一定的误差,故常采用左右逼近法读数:先使透镜由左向右移动,当像刚清晰时停止,记下透镜位置的读数;再使透镜由右向左移动,在像刚清晰时又可读得一数,取这两次读数的平均值作为成清晰的像时凸透镜的位置.

2. 用共轭法测凸透镜焦距

(1) 如图 3-1 所示,在光具座上放置光源与屏,使它们之间的距离 L 大于粗测焦距值的四倍,而且光源与屏的中心都在凸透镜的主光轴上.

(2) 移动透镜,当光屏上出现清晰的放大的像时,记下透镜的位置 A;再移动透镜,使屏上出现清晰的缩小的像时,记下透镜的位置 B(均用左右逼近法读数).测出 A 与 B 的距离 d.

(3) 按上述方法,改变物、屏间距 L,再做两次实验,将每次的 L 和相应的 d 值记入表 3-1 中.

记录与计算:

(1) 用粗测法量得凸透镜的焦距 $f=$ cm.

(2) 用共轭法测焦距.

表 3-1

实验次数	L cm	d cm	$f=\frac{L^2-d^2}{4L}$ cm	$\Delta f=\lvert f-\text{聊}\rvert$ cm
1				
2				
3				
平　均　值			聊= cm	$\overline{\Delta f}=$ cm

焦距的测量值为_____ cm.

二、研究凸透镜成像规律

请同学们自己设计实验.要求写出所需仪器、实验步骤、记录和计算表格等.最后总结出凸透镜成像的规律.

思　考　题

1. 物体离透镜越远,它的像就越靠近焦点,为什么?
2. 用共轭法测焦距时,为什么 L 必须大于 $4f$,如果 $L=4f$ 或 $L<4f$,结果如何?

需要全本请访问 www.ertongbook.com