

物理学实验

SHIYAN

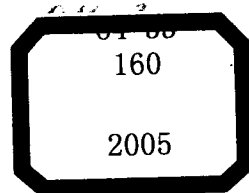
WULIXUE

主编

顾柏平

韦相忠

高等医药院校实验教材



物 理 学 实 验

(供中医、中药、制药、药理、针灸、推拿、影像、护理、中西医结合等专业使用)

主编：顾柏平 韦相忠

东南大学出版社
· 南京 ·

内 容 提 要

本书是依据卫生部高等中医药院校针灸、中医专业用的医用物理学和中药、药学专业用的物理学的教学大纲,并根据近几年来各院校的专业设置和教学实践,由全国多所中医药院校共同协作编写完成。

全书按专题选编了26个实验。其中,普通物理学实验16个,电工学和电子技术实验10个。本书包括了所有必要的基础实验内容,此外,还增加了一些将近代技术应用于医药学研究的实验内容。书后附有物理学常用数表,以便查找相关数据。

本书主要作为中医药院校学生物理学实验教材,也可供相关教师及科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

物理学实验/顾柏平,韦相忠编著. 南京: - 东南大学出版社,2005.3

ISBN 7-81089-875-2

I. 物… II. ①顾…②韦… III. 物理学-实验-中医学
院-教材 IV. O4.33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 021111 号

东南大学出版社出版发行

(南京四牌楼2号 邮编210096)

出版人:宋增民

江苏省新华书店经销 江苏省地质测绘院印刷厂印刷

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:9.25 字数:222千字

2005年3月第1版 2006年8月第2次印刷

印数:5201—7200 定价:18.00元

(凡因印装质量问题,可直接向发行部调换。电话:025-83795801)

编委会名单

主 审：	崔桂珍	
主 编：	顾柏平	韦相忠
副主编：	朱予民	陈 亮
	束开俊	朱 亮
编 委：	王 丽	钟志强
	金善玉	蔡 卓
	李 萍	戴 丽
	钱天虹	

前 言

本书是一本供高等中医药院校中医、针灸、中药、制药、药理、影像、中西医结合等专业使用的物理学实验教材。该书主要依据卫生部制定的高等中医药院校中医、针灸专业医用物理学和中药、药学专业物理学的教学大纲,根据各院校现有专业设置的实际情况和多年的教学实践,结合当今科技发展趋势对学生加强素质教育的要求,由全国多所中医药院校教师共同编写完成。

书中精心挑选了 26 个实验,其中 16 个属于普通物理学实验;10 个属于电工学和电子技术实验。每个实验都相当于一个专题,具有独立性。考虑到各院校的实验设备和实验条件存在一定的差异,有的实验中编入几套实验方案,或者在同一个专题下编入几个相关内容的实验供选择。本书编写过程中,在注重实验内容的基础性和经典性的同时,还考虑到其实用性和先进性,切实做到让学生通过实验既对物理学理论有一个更深刻的理解,同时又学到了一定的实验技能、实用技术和科研方法,为学生将来的工作、学习和科研打下坚实的基础。

本书编写过程中得到了南京中医药大学崔桂珍老师和浙江中医学院赵家璧老师的指导和帮助,得到了各相关兄弟院校的各级领导和同行们的大力支持,在此一并表示感谢。

由于作者的水平有限,加之时间仓促,书中难免有错误和不妥之处,恳请广大师生和读者批评指正。谢谢!

编 者
2005 年 3 月

目 录

绪论	1
0.1 物理实验课的地位和教学任务	1
0.2 测量与误差	1
0.3 有效数字的计算	4
0.4 实验数据记录及处理	5
实验1 基本测量	8
1.1 长度的测量	8
1.2 物体密度测定	12
1.3 显微测量	15
实验2 转动惯量的测定	18
2.1 物体绕定轴转动的转动惯量	18
2.2 用三线摆测量刚体转动惯量	21
实验3 液体粘度的测定	23
3.1 毛细管法	23
3.2 落球法	26
实验4 液体表面张力系数的测定	28
实验5 红细胞的变形性	31
实验6 简谐振动的合成	33
实验7 光谱及光波波长的测定	37
7.1 分光计的使用	37
7.2 用衍射光栅测定波的波长	40
7.3 迈克尔逊干涉仪	42
实验8 用光电比色计测溶液浓度	44
实验9 光的偏振和旋光计的使用	48
9.1 偏振光的研究	48
9.2 旋光计的使用	50
实验10 超声诊断仪	54
10.1 A型超声诊断仪	54
10.2 B型超声诊断仪	60
实验11 医学信号的频谱分析	66
实验12 液体折射率与浓度的测量	71
12.1 用阿贝折射计测液体的折射率	71
12.2 手持糖量计测糖溶液的浓度	73

实验 13	静电场描述	75
实验 14	万用电表的使用	78
实验 15	用惠斯通电桥测电阻	81
实验 16	电位差计的使用	84
实验 17	单相交流电路	87
实验 18	感应电动机的使用及变压器变比的测定	91
18.1	感应电动机的使用	91
18.2	变压器变比的测定	94
实验 19	示波器的使用	96
实验 20	晶体三极管特性曲线的测定	105
实验 21	晶体管稳压电路	109
实验 22	简单的恒温控制电路	112
实验 23	多谐振荡电路	115
23.1	多谐振荡器	115
23.2	电针仪的制作与调试	117
实验 24	FX555 时基集成电路的应用	121
实验 25	微机实时分析生物电信号	124
实验 26	微机实时分析生物非电信号	131
附表		135
附表 1	基本物理常数	135
附表 2	不同温度下水的密度	135
附表 3	在 20℃ 时常用的固体和液体的密度	136
附表 4	水的粘度 η	136
附表 5	部分液体的粘度 η	136
附表 6	水的表面张力系数 α	136
附表 7	部分液体的表面张力系数 α	137
附表 8	常用光源的谱线波长 λ	137
附表 9	互补色表	137
附表 10	某些物质相对于空气的折射率 n	138
附表 11	一些药物的旋光率 $[\alpha]_D^{20}$	138
附表 12	不同金属(或合金)与铂构成热电偶的温差电动势	138
参考文献		139

绪 论

0.1 物理实验课的地位和教学任务

物理学从根本上说是一门实验科学。任何物理规律的发现和物理理论的建立都必须以实验为基础,并经受实验的严格检验。物理学就是在理论与实验相互推动下不断向前发展的。因此,在物理教学过程中,也必须遵循物理学的规律,强调理论与实验相结合,把实验课和理论课放在同等重要的地位。

物理学是现代医学、药学的基础学科之一,它的理论和实验方法被广泛地应用于现代医学、药学中,并且正在积极地推动着现代医学、药学的发展。通过物理实验,学生不但可以学习到物理知识、实验方法、实验技能,而且可以培养他们科学的实验态度,为今后专业课的学习和工作奠定良好的基础。

物理实验的教学任务是:

(1)通过对实验现象的观察、分析和对物理量的测量,学习物理实验知识,加深对物理学原理的理解。

(2)培养与提高学生的科学实验能力,其中包括:

- ①能够自行阅读实验教材或资料,自觉做好实验前的准备;
- ②能够借助教材和仪器说明书,正确使用常用仪器;
- ③能够运用学习过的理论知识,解释或判断某些实验现象;
- ④能够通过实验现象,总结、归纳其规律;
- ⑤能够正确记录和处理实验数据,绘制曲线,阐述实验结果;
- ⑥能够完成简单的实验设计,撰写合格的实验报告。

(3)培养与提高学生的科学实验素养,要求学生具有理论联系实际和实事求是的科学作风,严肃认真的工作态度,主动研究的探索精神和遵守纪律、爱护公物的优良品德。

0.2 测量与误差

1. 直接测量与间接测量

测量是指待测量与已知同类单位量的比较。

物理实验过程往往是测量一些物理量,从而探求这些量之间或这些量与其它物理量之间的关系。测量分为直接测量和间接测量。有些物理量可以通过相应的测量仪器进行直接测量得到,这个过程称为直接测量,所得到的量称为直接测量量。例如,用米尺测量长方体的长(L)、宽(W)、高(H),即为直接测量。而另外有一些物理量是由一些直接测量量通过一定的关系式计算出来的,把对这些物理量的测量称为间接测量,该物理量称为

间接测量量。例如,长方体的体积 = 长 × 宽 × 高。先测出长、宽、高,再代入体积公式才能求出体积,其中,长、宽、高是直接测量量,体积属于间接测量量。

2. 误差及其分类

物理量在客观上存在着绝对准确的数值,称为真值。实验时测得的结果称为测量值。误差是指测量值与真值的差值。设某待测量的真值为 X_0 ,实际测量的值为 X ,那么误差 $\Delta X = X - X_0$ 。任何测量都存在一定程度的误差。根据误差产生的原因,通常把它分成系统误差和偶然误差两类。

(1) 系统误差:主要来源于仪器本身的缺陷(仪器老化、精度不够或调整不准确等),实验理论方法不完善,环境条件对仪器的影响,实验者不良的习惯等因素。系统误差特点是测量值总是有规律地朝一方偏离。消除系统误差的方法主要是通过改进测量仪器,校正仪器,对实验理论进行完善,纠正实验者不良习惯等。

(2) 偶然误差(又称随机误差):主要来源于一些偶然的不确定因素对实验的干扰,使测量结果产生偏差。特点是无方向性,离散性。对大量的实验测量一般符合正态分布规律,因此用“精密度”来表示偶然误差的大小。消除方法主要是对同一测量量进行多次测量。

(3) 过失误差:由于观测者的粗心大意,或测量条件发生突变,导致明显超出所预期的误差。其特点是误差值很大。消除方法是要观测者细心、认真,按规程处理记录和数据。

3. 误差的表示方法

(1) 平均绝对误差。

设在同一条件下,对同一测量量测量 n 次,其算术平均值

$$\bar{X} = \frac{1}{n}(X_1 + X_2 + \cdots + X_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (0-1)$$

接近真值,称为直接测量量的最佳值。各次测量值误差的绝对值为

$$\Delta X_i = |X_i - \bar{X}|$$

称为各次测量的绝对误差。

平均绝对误差为

$$\overline{\Delta X} = \frac{1}{n}(\Delta X_1 + \Delta X_2 + \cdots + \Delta X_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta X_i \quad (0-2)$$

它是有量纲的量,反映了测量结果的准确程度。测量结果 X 可以表示为

$$X = \bar{X} \pm \overline{\Delta X} \quad (0-3)$$

(2) 平均相对误差。它是指平均绝对误差与真值的比值。

$$E = \frac{\overline{\Delta X}}{\bar{X}} \quad (0-4)$$

平均相对误差一般用百分比表示,所以又称百分误差,它是一个没有量纲的量。

有了相对误差以后,测量结果也可表示为

$$X = \bar{X}(1 + E)$$

例如: $L = (10.0 \pm 0.5) \text{ mm}$

平均绝对误差为 $\overline{\Delta L} = 0.5 \text{ mm}$

平均相对误差为 $E = \frac{\overline{\Delta L}}{L} = \frac{0.5}{10.0} \times 100\% = 5\%$

测量结果也可表示为

$$L = 10.0(1 \pm 5\%) \text{ mm}。$$

(3) 标准误差(σ')。又称为均方根误差,它能较为精确地估算出偶然误差和测量值之间的离散程度,定义为

$$\sigma' = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1} \right]^{1/2} \quad (0-5)$$

σ' 是一个有量纲的量。

(4) 平均标准差(σ)。是指测量值的平均值 $\bar{X}$ 的标准偏差。

$$\sigma = \frac{\sigma'}{n^{1/2}} = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n(n-1)} \right]^{1/2} \quad (0-6)$$

测量结果可以表示为

$$\bar{X} \pm \sigma$$

σ 也是一个有量纲的量。

4. 间接测量量的误差计算

由于绝大部分测量属于间接测量,因而其误差的计算尤其重要,对初学者而言,最重要的是知道如何计算误差。在此略去具体推导过程,直接给出在几种常见的间接测量量的误差计算公式。计算公式列于表 0-1 中。

表 0-1 常用运算公式的误差计算公式

函数关系 $N=f(A, B, C, \dots)$	绝对误差 ΔN	相对误差 ($E = \frac{\Delta N}{N}$)
$N = A + B + C$	$\Delta A + \Delta B + \Delta C$	$\frac{\Delta A + \Delta B + \Delta C}{A + B + C}$
$N = A - B$	$\Delta A + \Delta B$	$\frac{\Delta A + \Delta B}{A - B}$
$N = A \cdot B$	$B \cdot \Delta A + A \cdot \Delta B$	$\frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta B}{B}$
$N = \frac{A}{B}$	$\frac{B \cdot \Delta A + A \cdot \Delta B}{B^2}$	$\frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta B}{B}$
$N = A^n$	$nA^{n-1} \cdot \Delta A$	$n \frac{\Delta A}{A}$
$N = A^{\frac{1}{n}}$	$\frac{1}{n} A^{\frac{1}{n}-1} \cdot \Delta A$	$\frac{1}{n} \cdot \frac{\Delta A}{A}$
$N = 2 \frac{A^m B^n}{C^p D^q}$	EN	$m \frac{\Delta A}{A} + n \frac{\Delta B}{B} + p \frac{\Delta C}{C} + q \frac{\Delta D}{D}$
$N = KA$	$K\Delta A$	$\frac{\Delta A}{A}$
$N = \ln A$	$\frac{\Delta A}{A}$	$\frac{\Delta A}{A \ln A}$
$N = \sin A$	$ \cos A \Delta A$	$ \cot A \Delta A$
$N = \tan A$	$\frac{\Delta A}{\cos^2 A}$	$\frac{2\Delta A}{ \sin 2A }$
$N = K^A$	$\ln K \cdot K^A \Delta A$	$K^A \ln K$

0.3 有效数字的计算

1. 有效数字的概念

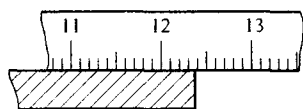


图 0-1 用米尺测量一杆的长度

在测量和数值计算中,确定用几位数字来表示测量量和计算结果是一件很重要的事。实际测量的准确度取决于测量使用的仪器。例如,用有毫米标度的米尺测量棒的长度,它的一端与 0 标度对齐,另一端在 12.3 cm 到 12.4 cm 之间(如图 0-1),可凭经验估计为 12.34 cm 或 12.36 cm。显然前三位数字 12.3 是准确的称为准确数字,而最后一位 4 或 6 是估读的,称为可疑数字或欠准数字。欠准数字虽有误差,但保留下来还是有意义的,比略去它要准确些。把测量数据中有意义的数字,包括准确数字和一位欠准确数字的数称为有效数字。有效数字的位数不同,所反映的准确度也就不同。同一个待测量用不同精度的仪器测量,所得的有效数字位数也就不同,准确度也就不一样。比如,用游标卡尺测量上述长度可得 12.346 cm,它由 5 位有效数字组成,其中 12.34 是准确的,6 是欠准确的。有效数字越多,说明测量越准确。

有效数字的最后一位(即欠准确数字)应该与绝对误差的数字同数量级。例如,用米尺测长度刚好为 12 cm 时,则有效数字应写成 12.00 cm,这表明测量的欠准确数字是在 0.01 cm 这一级,测量结果应写为 (12.00 ± 0.01) cm。此外,有效数字的位数不因单位的改变而变化。例如长度 12.00 cm 含有 4 位有效数字,若以 km、m 或 mm 为单位来表示同一长度量,它应表示为 1.200×10^{-4} km、0.120 0 m、120.0 mm,它们的有效位数仍为 4 位,第一种表示方法 1.200×10^{-4} km 称为科学计数法。

“0”可能是也可能不是有效数字,这取决于“0”的位置。规定,在左边第一个非零数字前的零不是有效数字,而在左边第一个非零数字后的零均是有效数字。比如,0.001 020 0 m 中前三个零即“0.00”不是有效数字,而“10200”中的三个零均为有效数字。

2. 有效数字运算法则

有效数字运算法则是一种近似计算法则,用来确定测量结果的有效数字大致的位数。其总的要求是计算结果的位数应与测量误差完全一致。若位数不恰当,则最终由相应误差来确定。总的运算规则如下:

- ① 凡准确数与准确数运算,结果为准确数;
- ② 凡欠准确数与任何数运算,结果为欠准确数,但进位为准确数;
- ③ 小于五舍,大于五进,等于五使前面的数字凑成双。

通常在运算过程中可保留两位欠准确数字,但最后运算结果中只保留一位欠准确数字。

(1) 加减法

例 1 设 $X = 71. \underline{3}$, $Y = 0.75 \underline{3}$, $N = X + Y$, $M = X - Y$, 求 N 、 M 的值

解 $N = X + Y = 71. \underline{3} + 0.75 \underline{3} = 72. \underline{05 \underline{3}} = 72. \underline{0}$

$$M = X - Y = 71. \underline{3} - 0.75 \underline{3} = 70. \underline{547} = 70. \underline{5}$$

结论:诸量相加(或相减)时,其和(或差)数在小数点后所应保留的位数与诸数中小数点后位数最少的一个相同。

(2) 乘除法

例2 设 $X = 39. \underline{3}$, $Y = 4.08 \underline{4}$, $P = X \cdot Y$, $Q = X/Y$, 求 P 、 Q 的值

解 $P = X \cdot Y = 39. \underline{3} \times 4.08 \underline{4} = 160. \underline{5012} = 160. \underline{5}$

$$Q = X/Y = 39. \underline{3} \div 4.08 \underline{4} = 9.6 \underline{22} = 9.6 \underline{2}$$

结论:两量相乘(相除)所保留的有效数字一般和诸因子中有效数字最少的一个相同,有时也可能多一位或少一位。

(3) 乘方、开方

例3 设 $X = 76 \underline{5}$, $N = X^2$, $M = X^{1/2}$, 求 N 、 M 的值

解 $N = X^2 = 76 \underline{5}^2 = 5.8 \underline{5} \times 10^5$

$$M = X^{1/2} = 76 \underline{5}^{1/2} = 27. \underline{65} = 27. \underline{6}$$

结论:乘方、开方的有效数字位数与底数相同。

(4) 函数运算

一般来说,函数运算应从误差分析来决定,在物理实验中,为了简便统一起见,对常用的对数函数、指数函数做以下规定:

对数函数运算后的尾数位数和真数的位数相同。

例4 $\lg 1.98 \underline{3} = 0.297 \underline{3}$

指数函数运算后的有效数字的位数和指数的小数点后的位数相同。

例5 $10^{6.25} = 1.8 \times 10^6$

三角函数在 $0^\circ < \theta < 90^\circ$ 时, $\sin \theta$ 和 $\cos \theta$ 都在 0 和 1 之间,其取位随角度的有效数字的位数而定。

例6 分光计读数时,应读到 1 分,此时应取 4 位有效数字。

$$\sin 30^\circ 00' = 0.500 \underline{0}, \cos 20^\circ 16' = 0.938 \underline{7}$$

0.4 实验数据记录及处理

实验数据记录及其处理方法是分析和讨论实验结果的依据。有关物理量之间的关系用图表和函数表示,相应的数据处理方法有列表表示法、图示图解法和最小二乘法(直线拟合)等。这里简单介绍列表法和图解法。

1. 列表法

将记录的数据制成表格可以简单明了地表示出有关物理量之间的对应关系,使数据清晰、明了,易于检查,减少和避免错误,便于比较数据之间的关系,从而找出规律,推出经验公式。列表形式一般有三种:定性式(实验记录表格)、函数式(按函数关系列出函数表)、统计式(列出统计表,函数关系式未知)。一般将实验数据按自变量和因变量对应,依增加或减少顺序一一列出来,其中包括序号、名称、项目、数据和说明等。

列表法要求:①简明,便于看出各物理量之间的关系;②写明表中各符号代表的物理量的意义,并注明单位;③数据的有效数字要正确;④必要时可给出说明。

列表举例如表 0-2。

表 0-2 铜丝电阻与温度关系

温度 $T/^{\circ}\text{C}$	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0
铜丝电阻 R/Ω	10.4	10.7	10.9	11.3	11.8	11.9	12.3

2. 图解法

图解法是根据几何原理将实验数据用图线来简明、直观、准确地揭示出物理量之间的关系。根据已作好的曲线,用解析方法进一步求得曲线所对应的函数关系、经验公式以及其它参数值。

图解法的一般规则是:

(1) 选定坐标轴(用坐标纸):以横轴代表自变量,纵轴代表因变量,并标明各自所代表的物理量及相应的单位。

(2) 选定标尺:要选取适当的标尺比例,在坐标轴上等间隔地注明标度值,纵坐标和横坐标的比例可以不同,且标度也不一定从零开始,若数据太大或太小可用“ $\times 10$ ”表示。

(3) 描点:对每一对数据通常用符号“ $\times$ ”,“ Δ ”,“ $+$ ”,“ $\cdot$ ”,“ $\odot$ ”等在坐标纸上清晰而准确地标出其位置。

(4) 连线:根据所描绘的点,作出一条直线或平滑的曲线,切勿连成折线。

(5) 写出曲线名称。

图 0-2 为铜丝的电阻与温度之间的关系曲线。

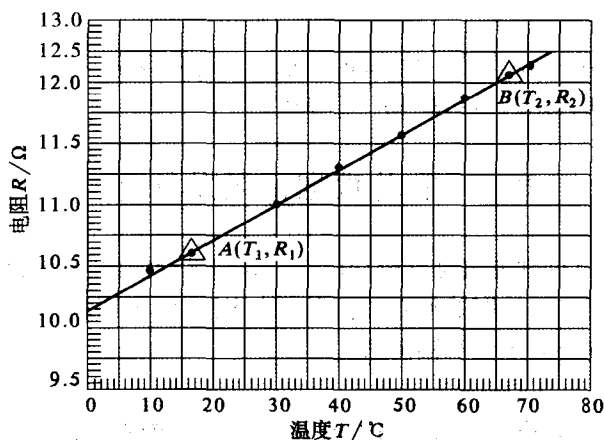


图 0-2 铜丝的电阻与温度的关系曲线

【思考题】

(1) 误差分成几种? 各有什么特点? 如何消除?

(2) 指出下列各量的有效数字位数:

- ① $A = 0.0321 \text{ m}$ ② $B = 2.70 \times 10^{21} \text{ J}$ ③ $C = 340.13 \text{ m/s}$
 ④ $D = 0.1010 \text{ cm}$ ⑤ $E = 0.00230 \text{ V}$ ⑥ $F = 7.23 \times 10^{-4} \text{ N}$

(3) 已知某长方体 $L = (54.01 \pm 0.02) \text{ cm}$, $W = (31.11 \pm 0.02) \text{ cm}$,
 $H = (11.05 \pm 0.02) \text{ cm}$ 。

求:①长方体的体积 V ; ②相对误差 $\Delta V/V$; ③体积的绝对误差 ΔV 。
 (4)用有效数字运算法则计算下列各式:

$$\textcircled{1} 190. \underline{3} + 20. \underline{3} \underline{1} - 11. \underline{1} = \quad \quad \quad \textcircled{2} \frac{1}{2} \times 6. \underline{2} \underline{3} \times 3. \underline{85} \underline{1} =$$

$$\textcircled{3} \sin 60^{\circ}00' = \quad \quad \quad \textcircled{4} 2. \underline{2} \underline{5}^2 \times \sqrt{4. \underline{0}} =$$

(5)实验测量某电阻的值 R_i 分别为(单位为 Ω)

23. 01, 23. 90, 24. 01, 22. 95, 23. 51, 24. 23, 23. 44, 24. 15, 22. 85, 22. 71。

试求:①平均绝对误差 ΔR ; ②平均相对误差 E ; ③标准误差 σ' ; ④平均标准差 σ 。

(6)实验中,测得某金属丝的长度 L_T 和相应温度 T 的对应关系列于表中:

表 0-3 相关数据

$T/^{\circ}\text{C}$	23. 3	32. 0	40. 9	53. 0	62. 1	71. 2	87. 0	99. 0
L/mm	71. 0	73. 0	75. 0	78. 0	80. 0	82. 0	86. 0	89. 0

试用图解法,根据方程 $L_T = L_0(1 + \alpha T)$,求 L_0 及 α 。

实验 1 基本测量

【实验目的】

- (1) 了解游标尺、千分尺、天平、显微镜的原理,掌握使用方法;
- (2) 进一步掌握有效数字的运算;
- (3) 掌握测定规则物体密度、液体密度和微小物体长度的方法。

【实验器材】

游标尺、千分尺、显微镜、微尺、自行车钢线、钢珠、金属圆柱体、天平、比重瓶、吹风机、毛巾、镊子、盐水、蒸馏水、微小物体等。

1.1 长度的测量

【实验目的】

- (1) 了解游标尺、千分尺显微镜的原理,掌握其使用方法。
- (2) 进一步学习有效数字的运算规则,掌握误差的计算方法。

【实验器材】

游标尺,千分尺,读数显微镜,小钢珠,细钢线,微小物体。

【实验原理】

1. 游标尺(即游标卡尺,简称卡尺)

(1) 游标尺的构造

游标尺由主尺(M)和可沿主尺滑动的游尺(V)组成,见图 1-1。游尺上的刻度即游标。主尺和游尺的一端,上下各有一对量爪,下面的一对(A、B 叫下量爪,也叫外卡)用来测量物体的长度和外径;上面的一对(A'、B'叫上量爪,也叫内卡)用来测量物体的内径;而深度尺(T)和游尺紧固,用来测量深度。当下量爪 A、B 紧密合拢时,游尺和主尺上的“0”刻度线(零线)应该对齐。C 为固定螺钉。D 为推把。

(2) 游标尺的分度值和读数方法

①分度值。游标尺在构造上的主要特点是:游标上 P 个分格的总长与主尺上 $(P-1)$ 个分格的总长相等。设 Y 代表主尺上一个分格的长度, X 代表游标上一个分格的长度,则有

$$PX = (P-1)Y \quad (1-1)$$

那么,主尺与游标上每个分格的差值是

$$\delta X = Y - X = \frac{1}{P}Y \quad (1-2)$$

由此不难理解, δX (即 $Y-X$)是游标尺能准确读到的最小数值,所以称 δX 为游标尺

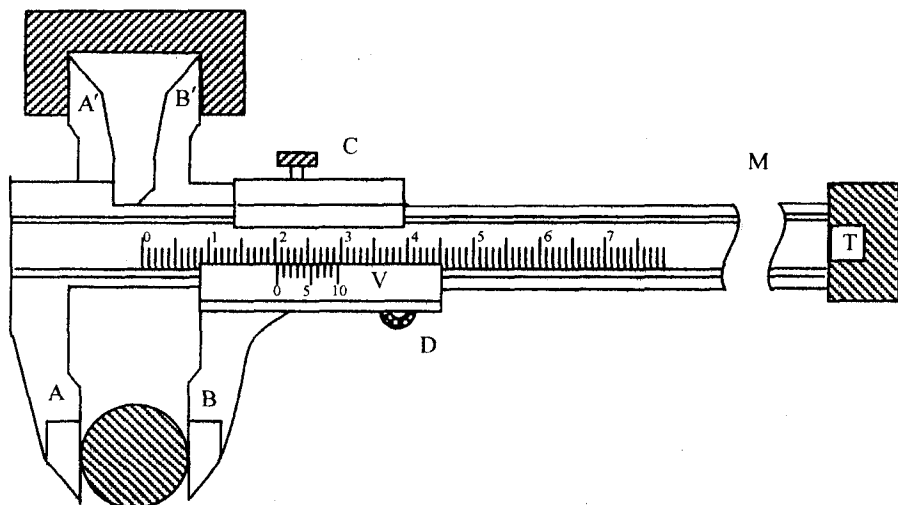


图 1-1 游标卡尺

的“精密度”。常用游标尺的主尺刻度是毫米分度,故求精密度 δX 的公式是

$$\text{游标尺的精密度 } \delta X = \frac{\text{主尺上最小分格的长度}}{\text{副尺上的格数}} = \frac{1}{P} (\text{mm}) \quad (1-3)$$

如图 1-2, $P=10$ 时,称为十分游标尺,该游标尺的精密度为 0.1 mm ,用此仪器量度时,测量值可准确到 0.1 mm 。

若 $P=20$ 时,称为二十分游标尺,精密度为 0.05 mm ; $P=50$ 时,称为五十分游标尺,精密度为 0.02 mm 。

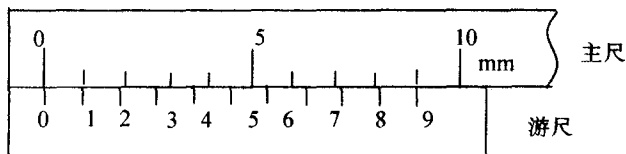


图 1-2 主尺与游标

②读数方法。测量时,设待测物体的始端与主尺“0”刻度线相重合,末端与游标“0”刻度线相重合,如图 1-3 所示,这时游标第 n 条刻度线与主尺某一条刻度线对齐程度最好,则被测物体的长度为

$$L = L_0 + n(Y - X) = L_0 + n \cdot \delta X \quad (1-4)$$

在图 1-3 中, $\delta X = 0.1 \text{ mm}$, $n = 5$, $L_0 = 13.0 \text{ mm}$,测得物体长度为 $L = L_0 + n \cdot \delta X = 13.5 \text{ mm}$ 。数字“5”是欠准确数字,因为游标上的第“5”根刻度线也只是估读的,也可能读成“4”或“6”。

为了方便读数,游标上可直接读出 mm 以下的数值(而不是刻度线序数)。在使用时,只要先读出游标“0”线前主尺刻度线所表示的 mm 整数,再加上游标上跟主尺任一刻度线对齐程度最好的刻度线数所代表的 mm 小数(比如“1”代表 0.1 mm ,“2”代表 0.2 mm ……),即可。

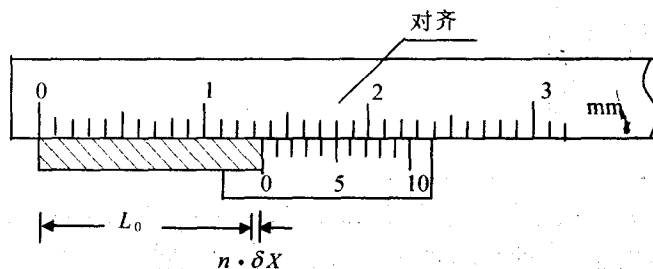


图 1-3 长度测量

(3) 游标尺的使用说明

测量时,拧开固定螺丝 C,移动游标,先使量爪 A、B 合拢,使游标的“0”刻度线与主尺“0”刻度线重合;然后拉开量爪,使量爪轻轻钳住物体,拧紧螺钉 C;最后按上述方法读出待测物体长度的数值。测量结束后,将量爪重合,并松开紧固螺钉。测量物体的内径或深度的方法请同学们思考。

2. 螺旋测微计(千分尺)

常用的螺旋测微计构造如图 1-4 所示,固定圆管(主尺)E、钳口 B、旋钮 D 固定在一起,鼓轮(副尺)F、活动钳口 A、棘轮 G 固定在同一轴上,通过精密螺纹套在 E 上。

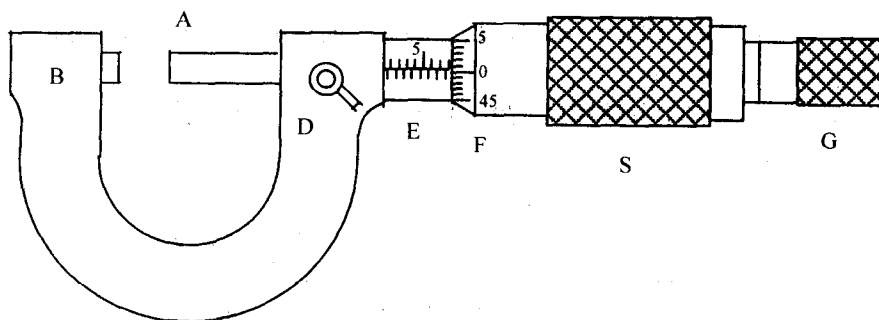


图 1-4 螺旋测微计

螺旋测微计是根据螺旋原理制成的。测微螺旋的螺距通常是 0.5 mm,副尺周长被等分为 50 个刻度,当鼓轮 F 转过一周,也就是转过 50 个刻度时,副尺与螺杆同时前进或后退 0.5 mm。这样,当副尺旋转一个刻度时,A 和 F 都移动了 $0.5/50 = 0.01$ mm,因此,用螺旋测微计测量时,可准确读到 0.01 mm,此值也称为螺旋测微计的精密密度。由于副尺 F 转动两周,A 和 F 才沿轴向移动 1mm,所以主尺上除横线上侧有整数毫米刻度线外,下侧还标有半毫米刻度线。

测量时如果副尺的某一刻度线恰好与主尺横线对齐,先读主尺的整半 mm 数 n ,再读副尺上与主尺横线对齐的那一刻度线标数(K),则被测量值为

$$L = (n + K \times 0.01) \text{ mm} \quad (1-5)$$

上面读数是准确数字,测量结果还要在准确数字后加一个“0”。如果副尺刻度线与主尺横线不完全对齐,读数 K 将包含一位估读的小数。如图 1-5 中,(a) 读数为 0.000;