

医用物理学

实验指导

编著◎广州医学院物理教研室

医用物理学

实验指导

主编 王 芳 副主编 王 芳 王 芳 王 芳

人民卫生出版社

医用物理学

实验指导

广州医学院物理教研室 编著

人民卫生出版社

图书在版编目(CIP)数据

医用物理学实验指导 / 广州医学院物理教研室编著.

—北京: 人民卫生出版社, 2013.4

ISBN 978-7-117-16917-2

I. ①医… II. ①广… III. ①医用物理学—实验—高等学校—教材 IV. ①R312-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 032903 号

人卫社官网	www.pmph.com	出版物查询, 在线购书
人卫医学网	www.ipmph.com	医学考试辅导, 医学数据库服务, 医学教育资源, 大众健康资讯

版权所有, 侵权必究!

医用物理学实验指导

编 著: 广州医学院物理教研室

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 010-59780011)

地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编: 100021

E-mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-67605754 010-65264830

010-59787586 010-59787592

印 刷: 尚艺印装有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 4

字 数: 100 千字

版 次: 2013 年 4 月第 1 版 2013 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-16917-2/R·16918

定 价: 13.00 元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: WQ@pmph.com

(凡属印装质量问题请与本社销售中心联系退换)



绪论	1
实验一 基本测量	10
练习一 使用游标卡尺和螺旋测微器	14
练习二 使用游标读角度(选做)	14
实验二 用朱氏天平测定液体的表面张力系数	16
练习一 测量弹簧的弹性系数	17
练习二 测量蒸馏水的表面张力系数	17
练习三 研究溶质对液体表面张力系数的影响	18
实验三 万用电表的使用	20
练习一 直接测量	22
练习二 检测元件	23
实验四 伏安法测量电池电动势和内阻二极管伏安特性的测量	27
练习一 测量干电池的电动势及内阻	27
练习二 晶体二极管伏安特性曲线的测绘	28
附录 如何用 Excel 实现线性拟合	29
实验五 显微镜的应用	31
练习一 熟悉显微镜的结构和使用方法、观察物镜微尺的刻度	33
练习二 测定小钢珠的直径	34
练习三 用游标尺测定光栅常数	35
实验六 液体黏滞系数的测定	37
练习一 用奥氏黏度计测定酒精的黏滞系数	37
练习二 用沉降法测定蒸馏水的黏滞系数	39
实验七 分光计的使用	45
练习一 分光计的调节	46

练习二 用光栅观察白光及单色光的衍射光谱·····	47
练习三 测定钠光谱线的波长·····	47
实验八 静电场描绘及模拟心电图·····	50
练习一 静电场描绘·····	50
练习二 描绘模拟心电图·····	52

一、物理实验的目的和要求

实验是研究自然科学的基本方法。为了掌握物理现象的规律性,首先必须进行观察和实验;另一方面,只有通过实验才能验证物理学理论的正确性。因此,实验在物理学中占据着重要的地位。

随着医学的发展,物理学的实验方法、仪器和技术越来越广泛地在医疗、诊断、科研等各个方面得到应用。因此,医用物理学实验是培养一个医务工作者所必需的、基本的科学实验训练。

医用物理学实验课的目的是:

1. 掌握一些基本物理量的测量方法,学会正确使用物理仪器,了解、熟悉一些物理实验方法。

2. 培养科学的态度、科学的作风及科研工作能力。

3. 巩固和加深对物理现象及规律的认识。

医用物理学实验课的具体要求是:

1. 实验前要预习,预习要达到:

(1) 了解实验的目的和原理。

(2) 明确实验所用的方法及实验步骤。

(3) 了解实验中对各种物理量的测量要求和记录方法。

(4) 在实验报告书中写好实验目的、实验仪器和实验原理。

2. 实验过程中应发挥自己的独立思考能力,要严肃认真地观察现象和记录数据,爱护仪器,遵守操作规程。

3. 实验后要写好实验报告,实验报告包含的内容有:

(1) 实验项目;

(2) 实验目的;

(3) 实验原理(用自己的语言简要说明实验所依据的基本原理);

(4) 实验仪器及用具;

(5) 实验数据(有效数字表示);

(6) 计算公式;

(7) 实验结果及要求计算的误差;

(8) 实验后思考题的回答。

二、学生实验守则

为了达到实验课的目的和要求,并使实验得以顺利进行,学生在实验时必须遵守下列规则:

1. 在每次实验之前,必须仔细地阅读实验指导书,了解实验的目的、基本原理、仪器装置和实验步骤等,才可进入实验室进行实验。
2. 按时进入实验室,按编定小组进行实验,不得随意变动,不得喧哗和随意走动,保持良好安静的实验环境。
3. 实验的仪器及用具已经按小组分好,实验前应认真清点,如有缺漏或损坏,应立即提出补充更换。各组仪器,未经老师许可,不得随意调换,也不得拿到实验室外使用。
4. 进行实验时,应耐心细致,认真负责,严格遵守教师的指导,按照实验步骤进行。
5. 要爱护仪器,要按“使用仪器注意事项”的要求使用仪器。实验中仪器如有损坏,应主动向教师报告,并进行登记,酌情赔偿。
6. 要保持实验室清洁,实验完毕,应将仪器用具整理清洁、摆放整齐,桌椅摆放齐整,才可以离开实验室。
7. 按时交实验报告。

三、使用仪器的注意事项

实验室内的所有仪器、工具、材料都是国家的宝贵财产,实验人员必须对它加以爱护、合理使用,严禁一切以粗暴态度对待仪器及浪费材料等行为。

使用仪器及领用材料时,应注意下列事项:

1. 实验所需仪器,已按小组分配好,实验前应仔细清点,不得任意调换及拿出室外。如有缺损,经教师同意,方可补换。
2. 使用仪器前,都应先了解其性能及使用方法后方能使用,严禁玩弄及拆散仪器的行为。
3. 一般地说,越高级的精密仪器,则灵敏度越高,结构也越复杂,因而也就越容易弄坏(失灵),故使用时要特别小心,要严格按照操作步骤和使用注意事项进行操作。
4. 精密仪表上的固定螺旋,不可随意转动。调节任何仪器的任何部分,都不能粗暴地扭动。
5. 凡将仪器接入 220V 交流电源前,均应检查是否与仪器电源电压配合,仪器是否已处于准备状态;插入电源后,应留心是否有异常现象发生,如有,则应立即断开电源。不可将直流电表直接接入 220V 交流电源。
6. 所有元件、仪表必须按照其规格、量程、适用范围进行使用,未经教师同意,不得任意替代。
7. 凡做电学实验,电路安装完毕后,必须经过教师复查,才能接通电源,以免因为接线错误,引起仪器损坏。
8. 光学仪器的透镜及镜头,仪器金属部分的刻度、游标等,切不可用手摸或用粗糙的纸张去擦,要按保养规定处理。
9. 工具用完放回原处,领用材料必须按照规定用量领用,不可浪费,更不得拿做别用。

四、误差理论基础与数据处理

(一) 测量与误差

1. 测量及其分类 物理实验离不开测量, 所谓测量(measurement), 就是将被测的量与同类标准量(即标准单位)相比较的过程, 由此确定被测的量是标准量的若干倍数, 这就是读数, 再附上单位, 则为测量结果。

测量可分为直接测量(direct measurement)与间接测量(indirect measurement)。直接测量是用基本仪器直接测得相应物理量的结果。例如用米尺测量长度, 用秒表测定时间等, 都属于这一类测量。间接测量, 是用基本仪器测量某些量后, 还需通过计算才能得到结果, 例如测量圆柱体的体积, 需先测其直径和高, 经过计算才能得到。

2. 真值和算术平均值 真值是被测量的量客观存在的实际值。测量的目的是希望确定被测的量的真值。由于测量总会存在误差, 故真值是不能得到的。实验中, 常对被测量进行多次测量, 求出其算术平均值, 作为近似真值(或称近似值)。

对某一被测量 N 测 n 次, 测量结果分别为 $N_1, N_2, \dots, N_n$, 则其算术平均值

$$\bar{N} = \frac{N_1 + N_2 + \dots + N_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i}{n} \quad (1)$$

3. 测量误差及其分类 任何一种测量, 无论所用仪器多么精密, 方法多么完善, 操作多么细心, 都不可能测量得绝对准确, 因此, 测量结果与真值之间总会有一定的差值, 这个差值叫做测量误差。按照误差的产生原因, 误差可分为系统误差和偶然误差两类。

(1) 系统误差: 是由仪器本身不准确和测量方法不够完善所引起的。它的存在, 使测量结果往某一方向偏离。例如, 金属米尺由于温度升高而变长, 用它测量物体长度时每次测量结果总是偏小。系统误差原则上可根据仪器的缺点、外界条件变化所产生的影响等情况, 分别加以校正, 予以消除。

(2) 偶然误差: 是由一些无法控制的、纯属偶然的因素(如测量者的视觉、听觉等)引起的误差。实践证明, 即使在相同条件下, 用同样的仪器作多次测量, 其结果也是不一样的。与被测量的真值(或近真值)相比, 其值时而偏大, 时而偏小, 服从统计规律。减小它的方法是适当增加重复测量次数, 取平均值。

(3) 过失误差: 由于实验者使用仪器方法不正确、实验方法不合理、粗心大意、记错数据等造成的误差, 实验中应避免出现。

4. 直接测量量的误差

(1) 绝对误差: 各次测量值 N_i 与真值 N 之差的绝对值叫做各次测量值的绝对误差。由于真值实际不能测得, 所以常用近似真值(即算术平均值) $\bar{N}$ 来代替。绝对误差

$$\Delta N_i = |N_i - \bar{N}| \quad (2)$$

各次测量的绝对误差的算术平均值

$$\Delta N = \frac{\Delta N_1 + \Delta N_2 + \dots + \Delta N_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta N_i \quad (3)$$

叫做平均绝对误差。

绝对误差是有单位的, 它反映了测量结果的起伏程度。

对同一被测对象来说,其平均绝对误差的大小可用来估计测量误差的范围,于是,测量结果的标准表达式为

$$N = \overline{N} \pm \Delta \overline{N} \tag{4}$$

(2) 相对误差(又称百分误差)

平均绝对误差与算术平均值之比

$$E = \frac{\Delta \overline{N}}{\overline{N}} \times 100\% \tag{5}$$

叫做相对误差。它反映测量结果的准确度。相对误差愈小,测量愈准确。相对误差是没有单位的,常用百分数表示,故又称为百分误差,一般可取两位数字。

当重复前人的实验时,也可以把测量的算术平均值和公认值直接进行比较,此时称差值 $\Delta N = |\overline{N} - N_{\text{公认}}|$ 为平均绝对偏差,而比值

$$B = \frac{|\overline{N} - N_{\text{公认}}|}{N_{\text{公认}}} \times 100\% \tag{6}$$

称为相对偏差。

5. 间接测量量的误差 实验中的测量,绝大多数是间接测量,它是直接测量量的计算结果。因此,当直接测量结果含有误差时,必然会影响到间接测量结果,这种影响可以用相应的误差公式计算出来。绪表 1 给出了基本的误差计算公式, A 、 B 、 θ 为直接测量量, N 为间接测量量。

绪表 1 间接测量量误差运算表

数学公式	间接测量误差
$N = A \pm B$	$ \Delta N = \Delta A + \Delta B $
$N = A \cdot B$	$ \Delta N /N = \Delta A /A + \Delta B /B$
$N = A/B$	$ \Delta N /N = \Delta A /A + \Delta B /B$
$N = A^n$	$ \Delta N /N = n \cdot \Delta A /A$
$N = \sqrt[n]{A}$	$ \Delta N /N = \frac{1}{n} \frac{ \Delta A }{A}$
$N = \sin \theta$	$ \Delta N = \cos \theta \cdot \Delta \theta $
$N = \cos \theta$	$ \Delta N = \sin \theta \cdot \Delta \theta $

从绪表 1 可以看出:

- (1) 和、差的绝对误差,等于各直接测量量的绝对误差之和;
- (2) 积、商的相对误差,等于各直接测量量的相对误差之和。

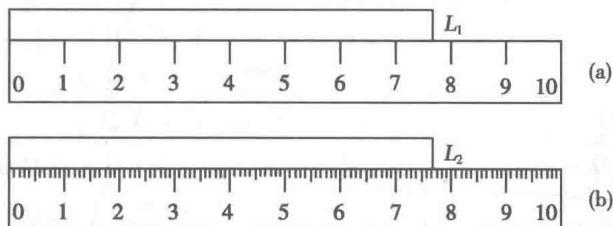
此表反映了误差的传播规律,它概括了因直接测量产生的误差而影响到间接测量结果的误差。由于在推导过程中都是考虑到误差最大的情形,因此又叫做最大误差的传播规律。

需要指出,为了运算方便,计算加减结果的误差时,应先求绝对误差,再求相对误差;而计算乘除结果的误差时,则应先求相对误差,再求绝对误差。

(二) 有效数字

1. 有效数字的概念 测量物理量都必须使用仪器。仪器的最小刻度称为它的精密度,又称准确度或灵敏度,即当仪器使用时,不因其他原因而引起附加误差时,用此仪器来测量所能达到的准确程度。有效数字一般规定应读到刻度最小分格的十分之一。例如一把米

尺, 精密度是 1cm, 用它进行测量, 如绪图 1(a) 所示, 则可准确到厘米, 并能估计到 0.1cm, L_1 为 7.7cm。另一把米尺, 精密度是 1mm, 那么它就可准确到毫米, 并估计到 0.1mm, 用它测量同一金属棒的长度, 如绪图 1(b) 所示, L_2 为 7.73cm。



绪图 1 精密度与有效数字

对于第一个测量结果 L_1 , 第一个数字“7”是准确读出的, 第二个数字“7”是估计出来的。米尺虽然没有刻到毫米, 但我们可以估计到毫米(最小刻度的十分之一)。至于再想多读一位, 用此米尺是达不到的, 因为一个读数的估计数字一般不能超过一位。对于第二个测量结果 L_2 , 第一个数字“7”和第二个“7”都是准确读出的, 而数字“3”是估计的。

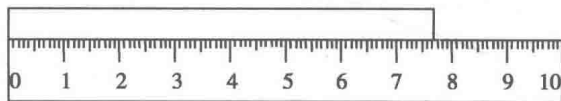
测量值中, 包含仪器最小刻度的整数部分的数字是可靠的, 叫做准确数字(或称可靠数字), 如 L_1 中的第一个数字“7”和 L_2 中的第一个数字“7”和第二个数字“7”。最小刻度的小数部分的数字是估计的, 叫估计数字(或称欠准数字), 如 L_1 中的第二个数字“7”和 L_2 中的数字“3”。估计数字虽属估计, 带有误差, 但并非臆造, 是有确定意义的, 因此不能舍弃。

每一个测量值都可由若干位可靠数字和一位估计数字组成, 这些数字均为有效数字。例如 L_1 的测量值为两位有效数字, L_2 为三位有效数字。

在相同条件下, 用不同精密度的仪器测量同一对象时, 仪器的精密度愈高, 测量值的有效数字位数就愈多。因此用有效数字记录测量值, 不仅反映了它的量值的大小, 还反映了它的精密度。

根据有效数字的上述性质, 在记录和处理实验数据时, 应注意以下两点:

(1) 有效数字位数的多少, 是由被测量的大小和测量仪器的精密度所决定的, 不能随意增减。例如用精密度为 1mm 的米尺测量某物体的长度时, 它的末端正好落在 7.7cm 的刻度线上, 如绪图 2 所示, 则其估计数字应为“0”。这个“0”是有效数字, 不能舍弃, 测量结果应记作 7.70cm, 为三位有效数字。如果记作 7.7cm 或 7.700cm 都是错误的。虽然它们的量值相等, 但反映仪器的精密度是不同的。



绪图 2 有效数字读取示意图

(2) 有效数字的位数, 不因单位的转换而增减, 即不随小数点的位置变化而增减。例如 6.40cm, 可以记作 64.0mm 或 0.0640m, 均为三位有效数字。因此, 用以表示小数点位置的“0”不是有效数字。通常记录或处理数据时, 用科学计数法写成标准式, 例如 $6.40 \times 10^{-2} \text{m}$ 。

2. 有效数字的运算规则 有效数字最后一位为估计数字, 因为它是有误差的, 所以估计数字与可靠数字(或估计数字)的和、差、积、商也是估计数字, 故其运算方法与数学上有

所不同。举例如下(数字下有“ ”者为估计数字):

例 1

$$\begin{array}{r} 198 \cdot \underline{8} \\ 58 \underline{4} \\ +) 24 \cdot \underline{7} \underline{0} \\ \hline 80 \underline{7} \cdot \underline{5} \underline{0} \end{array}$$

结果记作 808

例 2

$$\begin{array}{r} 3 \cdot 21 \underline{0} \\ \times) 2 \cdot 5 \underline{0} \\ \hline 00 \underline{0} \underline{0} \\ 160 \underline{5} \underline{0} \\ 64 \underline{2} \underline{0} \\ \hline 8 \cdot 0 \underline{2} \underline{5} \underline{0} \underline{0} \end{array}$$

结果记作 8.02

观察运算结果可知,在第一个估计数字后面还有估计数字,后者显然毫无意义,故规定从第二个估计数字开始,一律按“舍入规则”处理。上例的运算结果应为 808 与 8.02,若前者再进行标准化,则得 8.08×10^2 。

从上例中可归纳出有效数字的运算规则:

(1) 几个数相加减时,最后结果只保留到估计数字位数最高的一位(最左边),其后的可疑数字按“舍入规则”处理,简称为尾数对齐。

(2) 几个数相乘除时,最后结果的有效数字的位数和相运算各量中有效数字位数最少的相同,过多的数字也按“舍入规则”处理,简称为位数对齐。在特殊情况下,乘除法有时可多保留一位或少取一位,这里不作讨论。

* 舍入规则:从第二位估计数字起拟舍入部分的数如小于“5”则舍,大于“5”则进 1。对于等于“5”的数则分两种情况处理:如第一位估计数字为奇数,则进 1(例 1);如第一位估计数字为偶数,则舍去(例 2)。

常数与有效数字相乘除时,不需考虑纯数字的有效位数,因为纯数字不是测量数据,故演算时不当作有效数字去处理。

注意:实验的数据和演算的结果不能用分数来表示。

(三) 数据处理

1. 列表在数据处理中的应用 列出表格记录测量数据来表示实验结果,是常用的方法。它可以简明地表示出有关物理量之间的对应关系,便于随时检查测量结果是否合理,及时发现和分析问题,并有助于找出有关量之间的规律性的联系,求出经验公式等。它还可以提高处理数据的效率,减少和避免错误的发生。

列表时,表中每行(或列)之首位应标明其物理量和所用单位,然后将测量数据分类填入表格之中。如为间接测量,还应在该量的行(或列)首简要地列出计算公式。

例如,测量金属圆柱体的高度和直径各四次,结果如绪表 2 所示。

绪表 2 金属圆柱体数据测量记录表

	1	2	3	4	平均
高度 $H(\text{cm})$	5.10	5.15	5.05	5.15	5.11
直径 $D(\text{cm})$	20.05	20.15	20.05	20.10	20.09

2. 用图示法处理数据 在处理测量结果时,还常用图示法。这方法是将测量的数据标在坐标纸上,形成一组数据点(实验点),再把数据点连成圆滑的曲线(或直线),这曲线叫做

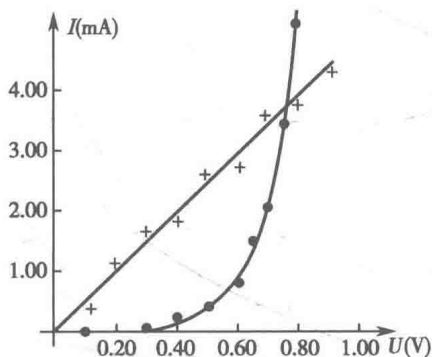
实验曲线。其优点是能把物理量之间的相互关系简明地表示出来,并能从曲线中直接求得待测量,因此在医学科学研究中也被广泛地使用。作实验曲线时,应注意如下几点:

(1) 选择坐标纸的大小应适当。确定坐标分度值时,应尽可能保证方格纸上最小分格与测量仪器的最小刻度(精密度)相对应,使之反映实验数据的有效数字情况。

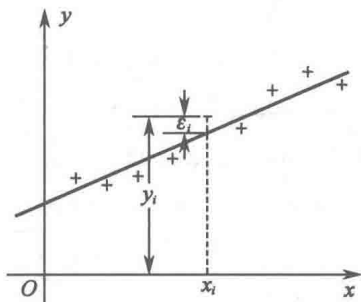
(2) 确定坐标轴时,应以横坐标表示自变量,以纵坐标表示因变量。在坐标轴末端附近应该注明所示量的名称和单位,在图的下方应标出图名。

(3) 每个实验点都须用符号在坐标纸上准确地表示出来。常用的符号有 $\times$ 、 $+$ 、 $\odot$ 等,符号的中心应与实验点相对应。同一图上可作若干条曲线。但不同的曲线,要使用不同的符号以示区别,如绪图3所示。在测量值误差已知的情况下,实验点上应用上述符号表示出来。曲线作好后,符号仍应保留,以便复核数据。

(4) 标出实验点后,应用曲线板(或尺)和削尖的铅笔作出尽可能通过或接近各实验点的圆滑曲线。曲线不必通过所有各点,但要求在曲线两侧的点数近似相等,并且两侧各点与曲线的距离之和也应近似相等,如绪图4所示。



绪图3 伏安特性曲线图



绪图4 推导经验公式示意图

3. 用最小二乘法作经验公式(实验曲线)的方法 在自然科学中,尤其是在物理学与生物医学中,不可避免地要用到依据观察与实验所得到的经验公式。求这种公式的最好方法之一,就是最小二乘法(又称最小平方法)。我们仅就两个变量有线性关系的情况,来阐明这个方法。

假定我们要建立两个变量 x 与 y (例如欧姆定律中的电流强度与电压)之间的关系。先做适当次(例如 n 次)测量,并将结果列成下表:

x	x_1	x_2	x_3		x_n
y	y_1	y_2	y_3		y_n

将 x 与 y 看作平面上的直角坐标,若在 y 与 x 之间存在着线性关系,即 y 是由公式

$$y = ax + b \quad (7)$$

所表示的 x 的线性函数,其中 a 与 b 是待定系数。式(7)还可化为

$$ax + b - y = 0 \quad (8)$$

由于测量误差的存在,使得每个测量点 (x, y) 仅近似地在直线上,如绪图4所示,故上述公式亦为近似成立。如果将上列表中的测量值 $x_1, y_1; x_2, y_2; \dots, x_n, y_n$ 代入式(8)中,可得

方程组

$$\left. \begin{aligned} ax_1 + b - y_1 &= \varepsilon_1 \\ ax_2 + b - y_2 &= \varepsilon_2 \\ &\vdots \\ &\vdots \\ &\vdots \\ ax_n + b - y_n &= \varepsilon_n \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

其中 $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ 通常不等于零, 称之为误差。我们要求通过适当的方法选择 a 与 b , 使这些误差的绝对值最小, 该方法就是最小二乘法, 从而求出 a, b , 得到拟合直线 $y = ax + b$, 该方法就是最小二乘法, 具体推导如下:

将方程组 (9) 各式取平方后相加得:

$$\begin{aligned} &(ax_1 + b - y_1)^2 + (ax_2 + b - y_2)^2 + \dots + (ax_n + b - y_n)^2 \\ &= \varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \dots + \varepsilon_n^2 = S \end{aligned}$$

令 $\frac{\partial S}{\partial a} = 0, \frac{\partial S}{\partial b} = 0$, 得

$$\begin{cases} x_1(ax_1 + b - y_1) + x_2(ax_2 + b - y_2) + \dots + x_n(ax_n + b - y_n) = 0 \\ (ax_1 + b - y_1) + (ax_2 + b - y_2) + \dots + (ax_n + b - y_n) = 0 \end{cases}$$

整理后可得关于未知量 a 与 b 的方程组:

$$\begin{cases} a(x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2) + b(x_1 + x_2 + \dots + x_n) = x_1y_1 + x_2y_2 + \dots + x_ny_n \\ a(x_1 + x_2 + \dots + x_n) + ab = y_1 + y_2 + \dots + y_n \end{cases}$$

或

$$\begin{cases} a \sum_{i=1}^n x_i^2 + b \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n x_i y_i \\ a \sum_{i=1}^n x_i + nb = \sum_{i=1}^n y_i \end{cases}$$

解该方程组, 得

$$\begin{cases} a = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \cdot \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2} \\ b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 \cdot \sum_{i=1}^n y_i - \sum_{i=1}^n x_i \cdot \sum_{i=1}^n x_i y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2} \end{cases}$$

这就是最小二乘法标准方程组的最后形式, 由此求出 a 与 b , 然后再把它们代入直线方程 $y = ax + b$, 得到最优化的拟合直线。

例: 用光电比色计测定 CuSO_4 溶液浓度时, 量 x (浓度) 与 y (消光度) 的测量值与运算结果列成下表:

	x_i	y_i	x_i^2	$x_i \cdot y_i$
1	0.200	0.048	0.0400	0.0096
2	0.400	0.090	0.1600	0.0360
3	0.600	0.140	0.3600	0.0840
4	0.800	0.174	0.6400	0.1392
Σ	2.000	0.452	1.200	0.2688

将表中 $\sum x_i$ 、 $\sum y_i$ 、 $\sum x_i^2$ 、 $\sum x_i y_i$ 的值代入关于 a 、 b 的方程组得

$$1.200a + 2.000b = 0.2688$$

$$2.000a + 4b = 0.452$$

解之, 得

$$a = 0.214$$

$$b = 0.006$$

将 a 、 b 的值代入经验公式 $y = ax + b$, 则可得

$$y = 0.214x + 0.006$$

实验一

基本测量

【实验目的】

1. 掌握游标原理, 学习正确使用游标卡尺、螺旋测微器。
2. 练习有效数字的取舍及误差计算。

【实验要求】

1. 掌握游标卡尺, 螺旋测微器的刻度原理, 并能正确读数、测量线度, 反映出有效数字。
2. 掌握消除游标卡尺, 螺旋测微器的零点误差的方法。
3. 掌握角游标数, 能读到 1 分。

【实验仪器】

游标卡尺、螺旋测微器、小钢球、铜空心圆柱体、分光计(附三棱镜)。

【实验原理】

1. 游标卡尺的构造及游标原理 游标卡尺是一种测量长度、深度和内外径的量具, 主要由主尺 I 和附在主尺上能滑动的游标 F(副尺)两部分构成, 如图 1-1 所示。主尺上有外钳口 A 和内钳口 C, 卡尺上套有一个滑框, 其上装有外钳口 B、内钳口 D 和尾尺 E。钳口 A、B 用来测物体的长度及外径, 钳口 C、D 用来测物体的内径, 而尾尺 E 用来测物体的深度。

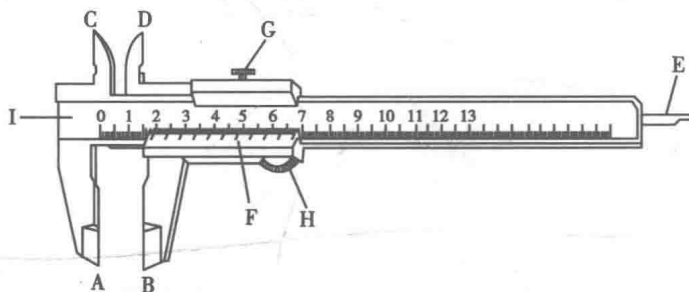


图 1-1 游标卡尺的构造

A、B: 外钳口; C、D: 内钳口; E: 深度尺; F: 游标尺; G: 游标固定螺旋; H: 摩擦点; I: 主尺

当钳口 A 和 B 靠拢时, 主尺和游标的“0”刻线应该对齐。实际情况若不对齐, 则应读出主尺和游标的“0”刻线间的量值, 即零差值。当游标“0”刻线在主尺“0”刻线的右侧时, 零差值为正; 反之, 则为负。待测量实际值的大小为

$$\text{实际值} = \text{读数值} - \text{零差数}$$

游标原理

普通的米尺最小刻度是毫米, 假如用它量度某一物体的长度, 我们只能准确地读到毫

米, 毫米以下的数字是估计, 为了能准确地估计到毫米的十分之几, 在米尺旁再附一把副尺, 叫做游标, 而本来的米尺就叫做主尺。

常用的游标卡尺, 在游标刻有 m 个最小分度, 这 m 个分度的总长正好与主尺上的 $(m-1)$ 个最小分度总长相等。(如图 1-2 所示, 游标 AB 中的 $m=10$ 格, 其总长与主尺上 $m-1=9$ 格的总长相等)

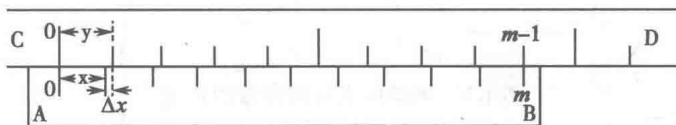


图 1-2 游标原理

设游标上最小分度为 x , 主尺上最小分度为 y , 且

$$mx = (m-1)y$$

$$x = \frac{(m-1)}{m}y = y - \frac{y}{m}$$

从图 1-2 可得

$$\Delta x = y - x = \frac{y}{m}$$

Δx 称为游标的准确度, 它决定了游标本身的最大误差。主尺分度之长与游标刻度的数目是多种的。下表列出常见的几种。

$y(\text{mm})$	m	$\Delta x(\text{mm})$	$y(\text{mm})$	m	$\Delta x(\text{mm})$
1	10	0.1	1	50	0.02
1	20	0.05	0.5	25	0.02

下面举例说明:

例 1: 若游标是把主尺 9mm 分成 10 格

$$(m=10, y=1\text{mm})$$

$$10x = (10-1)\text{mm}$$

$$x = 0.9\text{mm}$$

$$\Delta x = 1\text{mm} - 0.9\text{mm}$$

$$= 0.1\text{mm} (1/10\text{mm})$$

例 2: 若游标刻度是将主尺上 49mm 分成 50 格 ($m=50, y=1\text{mm}$), 则有

$$\Delta x = \frac{1\text{mm}}{50} = \frac{1}{50}\text{mm} = 0.02\text{mm}$$

例 3: 若游标刻度是将主尺上 39mm 分成 20 格 ($m=20, y=1\text{mm}$), 则有

$$\Delta x = \frac{1\text{mm}}{20} = \frac{1}{20}\text{mm} = 0.05\text{mm}$$

利用游标卡尺测量物体的长度时, 把物体放于钳口之间, 这时游标向右移动, 若游标“0”移至主尺 K 刻度与 K+1 刻度之间, 如图 1-3, 显而易见, 物体的长度为:

$$L = Ky + \Delta L$$