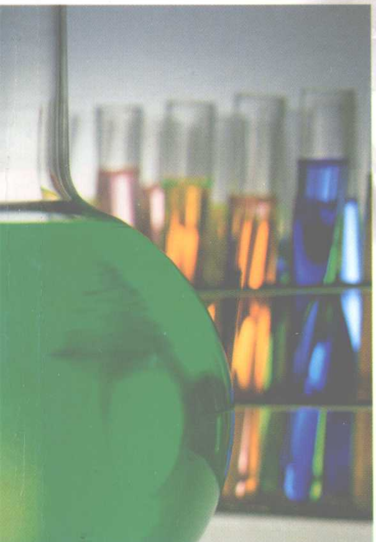
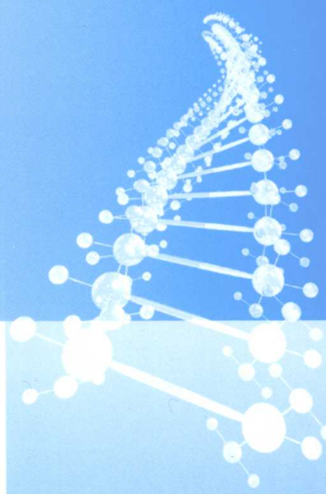
21世纪高校规划教材

YIYONG WULIXUE SHIYAN

医用物理学实验

主编　彭友霖





江西高校出版社

医用物理学实验

医用物理学实验

主　编　彭友霖

副主编　刘国良　幸翀

江西高校出版社

图书在版编目(C I P)数据

医用物理学实验/彭友霖主编. 一南昌:江西高校出版社，2009.8

21世纪高校规划教材

ISBN 978-7-81132-661-1

Ⅰ.医... Ⅱ.彭... Ⅲ.医用物理学-实验-医学院校-教材 Ⅳ.R312-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第138893号

出版发行	江西高校出版社
社　　址	江西省南昌市洪都北大道96号
邮政编码	330046
总编室电话	(0791)8504319
销售电话	(0791)8511423
网　　址	www.juacp.com
印　　刷	南昌市光华印刷有限责任公司
照　　排	江西太元科技有限公司照排部
经　　销	各地新华书店
开　　本	787mm×960mm　1/16
印　　张	7
字　　数	130千字
版　　次	2009年8月第1版第1次印刷
印　　数	1~3000册
书　　号	ISBN 978-7-81132-661-1
定　　价	16.50元

前 言

物理学是以实验为基础的科学，物理学的理论和定律都是以实验为依据确立、完善和发展起来的。物理学是一门定量科学。在整个物理学发展史中，物理实验是物理课程的重要组成部分，它与理论课既有联系又有区别，是理论课无法替代的。通过物理实验的学习，可以使学生掌握科学的试验方法，提高科学实验的能力，培养学生严谨的科学态度和实事求是的工作作风。

在现代医、药科学发展中，物理学的理论、实验方法、仪器和测量技术都得到了广泛地运用。在诊断、治疗、卫生、保健、药物分析鉴定以及生命活动机制的研究等领域，都越来越离不开先进的理论和实验手段。因此，要掌握现代的医药学知识和技术，就必须具备一定的医用物理实验的理论、方法和技能。

本书是根据我校在多年的物理实验教学实践及教学改革的基础上，既保证了物理实验学科系统不变，又考虑了医药各专业的特点而编写的教材。本书共分三章：第一章，绪论。介绍了物理实验的基本理论知识；第二章，医用物理实验。介绍了物理基础实验和医学物理实验；第三部分，影像物理实验。本教材适用于五(或四年)制本科临床、口腔、预防医学、法医学、放射医学、药学、麻醉、医学检验、护理、影像等医药类各专业，也可供与生命有关的其他专业的师生参考。

本书的编写过程中得到了许多兄弟院校和为我校提供教学设备单位的大力协助，在此表示衷心地感谢。

由于编者水平有限，编写时间紧迫，书中难免有些不足之处，希望各位老师和读者多提宝贵意见。

编 者

2009 年 5 月

目　录

第一章　绪　论

物理学是建立在实验基础上的科学。物理规律的发现和物理理论的建立有赖于物理实验，并且最终要受到实验的检验。因此，物理学是在物理实验和物理理论两个方面相互推动和密切结合下发展的，这两个方面既有联系，又相对独立，不可相互代替。

1.1　物理实验课的目的和要求

一、物理实验课的教学目的

1. 对学生进行基本的科学实验方法和技能的培养。通过实验使学生弄懂实验原理。掌握一些常用物理量方法，熟悉一些基本仪器的原理、性能，掌握其使用方法，正确记录和处理实验数据，分析判断结果，正确书写实验报告。

2. 培养学生观察和分析实验现象的能力，使学生进一步巩固和加深对已学基础理论的理解，使学生初步了解物理实验的设计方法。

3. 培养学生实事求是的科学态度，科学严谨的工作作风，勇于探索的开拓精神和团结合作、共同进取、爱护公物、遵守纪律的优良品德。

二、物理实验课的要求

1. 实验前预习　为了在规定时间内，正确地完成各项实验操作，达到预期效果。实验前必须做好实验预习。预习时应理解实验原理，熟悉实验步骤和注意事项，抓住实验的关键环节，了解实验的主要仪器，以便按步骤有条不紊地进行实验，及时、迅速、准确地取得测量数据。写好预习报告、设计好记录数据表格。

2. 认真进行实验　实验操作前必须检查、熟悉实验器材。然后将器材合理布置，正确安装、连接，并仔细调整好。实验时要认真操作，仔细观察、正确记录。读数一定要适时、准确，未经重复测试不得修改实验数据，实验完毕应请指导教师检查后方可离开实验室。

3. 写好实验报告　实验报告是实验工作的全面总结，是能否得出正确结果的重要环节，其最关键的内容是科学地处理数据和正确地分析结果。当然，作为一个完整的实验报告还应包括实验名称、实验目的、主要实验器材、简要原理

公式、主要步骤方法、实验数据、计算与作图、实验结果、误差分析和讨论。书写实验报告要及时，要求图表规范，按实验所得数据如实填写，分析讨论要认真，要有科学依据。误差分析需包括两个内容：一是确定实验结果的误差范围；二是找出影响实验结果的主要原因。最后要回答实验教材中提出的思考题。对实验过程中出现的异常现象作出的解释，对仪器装置和实验方法提出建议和意见等。

1.2 测量与误差的基本概念

一、测量

实验时，除定性观察物理过程外，还须测量有关的物理量，以便确定它们之间的定量关系。将待测量与规定的单位进行直接或间接的比较称为测量，其倍数为物理量的测量值。如测物长，是将物与标有长度标准量的米尺相比较，从而测出长度是多少米。测量的种类很多，常分以下两种：

1. 直接测量　一般仪表均按一定的倍数刻度，以便直接读出待测量的数值，像这样可用仪表直接读出待测量物值的测量称为直接测量，相应的物理量称为直接测得量。如，用米尺测长度、用天平称质量、用秒表测时间等，都是直接测量。

2. 间接测量　大多数物理量都不可能用仪表直接测量，只能用间接方法来进行测量。即是直接测出与其相关的测得值，利用公式、定理或定律将待测值计算出来，这一类测量称为间接测量，相应的物理量称为间接测得量。如测球体的密度，可先测出球的直接 d 和质量 m，再利用密度公式 $p = \frac{m}{v} = \frac{6m}{\pi d^3}$ 算出其密度。

在进行测量时，常须考虑到实验的准确度和精密度。测量的目的总是要力图得到真实值（或真值），而实际的测量值总是与真实值近似。测得值与真实值的符合程度称为准确度。在某一个量的多次观测中，各观测值之间的离散程度，若观测值非常集中则精度高；测量的精密度高，不一定测量的准确度就高。常讲的精确度就是精密度和准确度的总称。只有精密度和准确度都高的测量，才是最好的测量。

二、误差

任何仪器都与用来测量长度的米尺一样，无论多么精密，总有一个最小刻度线。对于不同观察者，由于主观能力的差异，常常将最小刻度线之间的量值读

成不同读数。另外，仪器的刻度线不可能绝对准确，外界环境也随时会发生变化等原因，都会对测量产生影响，使得任何测量都不可能绝对准确地测出物理量的真实值，测得值与真实值之间的差异称为误差。若等测量的真实值为 A，测得值为 x，测量误差 Δx 可表示为：

$$\Delta x = x - A \tag{1-1}$$

在多次测量某一物理量时，即使什么条件都相同，测量者仍无法判断其中哪一次测得量是绝对准确，因此误差是必然存在。

1. 系统误差

由于仪器的固有缺陷(如天平两臂不等、零点未调准、砝码未经校正、刻度未刻准等)，测量方法粗糙，个人习惯与偏向(如读数时偏低或低高)，有关因素考虑不周(如测体积未考虑热膨胀，测重量未考虑浮力等)，以及理论、公式和方法的近似性等而引起的误差称为系统误差。其误差的特点是具有确定性，即测得值总是大于或小于真值而偏向一方。要减小系统误差须改进仪器设备、测量方式或对实验结果作某些修正。

2. 偶然误差

由于人们的感官(如听觉、视觉、触觉等)分辨能力的限制，使每个人估计读数的能力不同，在测量过程中外界环境的干扰(如温度不均匀、振动、气流)等原因而引起的误差称为偶然误差。其误差的特点是具有随机性，即测得值比真值时大时小，不固定偏向一方。这种误差是无法控制并且不可消除，它服从统计规律。进行多次测量，将结果取算术平均值，就会比任何一次单独测量更可靠、更接近真值。

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、记错数据等原因，人为引起的误差称为过失误差。实验者若采取科学严谨的态度，一丝不苟的作风，过失误差是可以避免的。下面我们专门来讨论偶然误差(认为其他误差已经消除或不存在)。

1.3 算术平均值与误差的估算

在测量中不可避免地带有误差，虽然我们努力减小误差，使测得值不断接近真值，但在一定的条件下，这也是有限的。这就需要在一定的条件下，根据测量值与真值之间的关系，在一组测得值中找出一个确定的最佳值或者说可依赖值，并对它的准确度作出估计。

一、一次直接测量的误差估计

在实验中，由于条件不许可或要求不高，对物体的测量只能或只需测定一次就得到结果，这称为一次直接测量。在一般情况下，对偶然误差很小的测得值，可用厂家标明的仪器误差或用仪器的准确度（常估读取仪器最小刻度的1/10，1/5或1/2）来表示一次直接测量的误差。如用米尺测长度时，可准确读到1mm，估读到0.1mm或0.2mm或0.5mm。若测得长度是32.4mm，可将结果写为$l \pm \Delta l = 32.4 \pm 0.2(\mathrm{mm})$。

二、多次测量的误差计算

1. 算术平均值

为减小偶然误差，常对一物理量进行多次直接测量来求其算术平均值，使之更接近于真值。若测量次数为n，每次测得值分别为$x_1, x_2, x_3, \cdots x_n$，其算术平均值为

$$\bar{x} = \frac{1}{n}(x_1 + x_2 + x_3 + \cdots + x_n) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \tag{1-2}$$

多次测量的平均值称为最佳值或近真值。当测量次数无限增加时，算术平均值将无限接近真值，故往往将多次测量的平均值当成真值。

2. 绝对误差和相对误差

每次测得值x_i与算术平均值$\bar{x}$之差的绝对值$|x_i - \bar{x}|$称为该次测量的绝对误差。当$i = 1,2,3,\cdots n$时，相应的绝对误差分别为$d_1 = |x_1 - \bar{x}|$，$d_2 = |x_2 - \bar{x}|$，$d_3 = |x_3 - \bar{x}|$，$\cdots d_n = |x_n - \bar{x}|$。各次绝对误差的算术平均值

$$\Delta x = \frac{1}{n}(d_1 + d_2 + d_3 + \cdots + d_n) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} d_i \tag{1-3}$$

称为平均绝对误差。因测量次数n足够大时，可用算术平均值代替真值。这样，测量结果可表示为

$$x = \bar{x} \pm \Delta x \tag{1-4}$$

例如，测量某物体的长度5次，各次测得值为$x_1 = 52.2\mathrm{mm}$，$x_2 = 52.4\mathrm{mm}$，$x_3 = 52.6\mathrm{mm}$，$x_4 = 52.0\mathrm{mm}$，$x_5 = 52.8\mathrm{mm}$，则其算术平均值为

$$\bar{x} = \frac{1}{5}(52.2 + 52.4 + 52.6 + 52.0 + 52.8) = 52.4(\mathrm{mm})$$

各次测量的绝对误差

$d_1 = |52.2 - 52.4| = 0.2(\mathrm{mm})$　$d_2 = |52.4 - 52.4| = 0.0(\mathrm{mm})$

$d_3 = |52.6 - 52.4| = 0.2(\mathrm{mm})$　$d_4 = |52.0 - 52.4| = 0.4(\mathrm{mm})$

$d_5 = |52.8 - 52.4| = 0.4(\mathrm{mm})$

平均绝对误差为 $\Delta x = \frac{1}{5}(0.2 + 0.0 + 0.2 + 0.4 + 0.4) = 0.2(\text{mm})$

测得值可表示为 $x = \bar{x} \pm \Delta x = 52.4 \pm 0.2(\text{mm})$

为了评价一个测量的优劣，只用绝对误差很不全面。如测量人的体重时，误差几克并不重要；称某些药物时，误差几克就有可能导致生命危险。因此还必须看测量值本身的大小。为此引入相对误差的概念。

平均绝对误差与算术平均值的比称为相对误差，表示 $E = \frac{\Delta x}{x}$

相对误差也可用百分数表示，即 $E = \frac{\Delta x}{x} \times 100\%$

故又称为百分误差，为说明相对误差的意义举例如下：若测得两个物体的长度分别为 $l_1 = (12.50 \pm 0.03)\text{cm}$，$l_2 = (1.25 \pm 0.03)\text{cm}$，求其相对误差

$$E_1 = \frac{0.03}{12.50} \times 100\% = 0.24\% \quad E_2 = \frac{0.03}{1.25} \times 100\% = 2.4\%$$

可见，两者的绝对误差虽相等，但相对误差后者是前者的10倍，前者的测量要准确得多。

三、间接测量的误差计算

间接测量是通过计算得来的。既然公式中所包含的直接测量是有误差的，因此间接测得量也有误差的。下面介绍几个常用的定理，可用它来计算结果的绝对误差和相对误差。

1. 和与差的绝对误差和相对误差

若两个测得量 $A = \bar{A} \pm \Delta A$，$B = \bar{B} \pm \Delta B$，它们的和 $N = A + B$，则

$$\bar{N} \pm \Delta N = \bar{A} \pm \Delta A + \bar{B} \pm \Delta B$$

因 $$\bar{N} = \bar{A} + \bar{B}$$

故 $$\Delta N = \pm \Delta A \pm \Delta B$$

因 A 和 B 是独立的两个量，ΔA 与 ΔB 又可正可负，可能出现的最大误差是 ΔA 与 ΔB 取同号，即

$$\Delta N = \Delta A + \Delta B$$

我们规定最大误差为两量和的误差。

对于两量差的绝对误差，与前述讨论相似。

因 $$N = A - B$$

故 $$\bar{N} \pm \Delta N = \bar{A} \pm \Delta A - \bar{B} \pm \Delta B$$

最大可能误差同样是 $$\Delta N = \Delta A + \Delta B$$

于是和与差的相对误差可表示如下：

两量之和 $$E = \frac{\Delta N}{N} \approx \frac{\Delta A + \Delta B}{\bar{A} + \bar{B}} \tag{1-7}$$

两量之差 $$E = \frac{\Delta N}{\bar{N}} = \frac{\Delta A + \Delta B}{\bar{A} - \bar{B}} \quad (1-8)$$

前面的证明虽是由两个量推演而来的，对于多个量可在此基础上推广。

2. 积的绝对误差和相对误差

若 $$N = A \cdot B,$$

则

$$\bar{N} \pm \Delta N = (\bar{A} \pm \Delta A) \cdot (\bar{B} \pm \Delta B)$$
$$= \bar{A} \cdot \bar{B} \pm \bar{A} \cdot \Delta B \pm \bar{B} \cdot \Delta A \pm \Delta A \cdot \pm \Delta B$$

因 $\bar{N} = \bar{A} \cdot \bar{B}$，又 $\Delta A \cdot \Delta B$ 较其他项很小，可略去不计。

故 $$\Delta N = \bar{A}(\pm \Delta B) + \bar{B}(\pm \Delta A)$$

最大误差 $$\Delta \bar{N} = \bar{A} \cdot \Delta B + \bar{B} \cdot \Delta A$$

则相对误差 $$E = \frac{\Delta N}{\bar{N}} = \frac{\bar{A} \cdot \Delta B + \bar{B} \cdot \Delta A}{\bar{A} \cdot \bar{B}} = \frac{\Delta A}{\bar{A}} + \frac{\Delta B}{\bar{B}} \quad (1-9)$$

对于上述两量之积的绝对误差和相对误差的结论仍可推广到多个测得量的情况。另外，对于商和其他函数形式的误差计算，在此不一一推导，其结果见表 1－1。

表 1－1 几种常用函数关系的误差公式

运算关系 $N = f(A, B, C, \cdots)$	绝对误差 ΔN	相对误差 $E = \frac{\Delta N}{\bar{N}}$
$N = A + B$	$\pm(\Delta A + \Delta B)$	$\frac{\Delta A + \Delta B}{\bar{A} + \bar{B}}$
$N = A - B$	$\pm(\Delta A + \Delta B)$	$\frac{\Delta A + \Delta B}{\bar{A} - \bar{B}}$
$N = A \times B$	$\pm(\bar{A} \times \Delta B + B \times \Delta A)$	$\frac{\Delta A + \Delta B}{\bar{A} + \bar{B}}$
$N = A \times B \times C$	$\pm(\overline{BC} \times \Delta A + \overline{AC} \times \Delta B + \overline{AB} \times \Delta C)$	$\frac{\Delta A}{\bar{A}} + \frac{\Delta B}{\bar{B}} + \frac{\Delta C}{\bar{C}}$
$N = A^2$	$\pm n\bar{A}\Delta A$	$n\frac{\Delta A}{\bar{A}}$
$N = \frac{A}{B}$	$\pm \frac{\bar{A} \times \Delta B + \bar{B} \times \Delta A}{\bar{B}^2}$	$\frac{\Delta A}{\bar{A}} + \frac{\Delta B}{\bar{B}}$
$N = \sin A$	$\pm \cos\bar{A} \times \Delta A$	$\cot\bar{A} \times \Delta A$
$N = \cos A$	$\pm \sin\bar{A} \times \Delta A$	$\tan\bar{A} \times \Delta A$
$N = \tan A$	$\pm \frac{\Delta A}{\cos^2 \bar{A}}$	$\frac{2\Delta A}{\cos^2 \bar{A}}$
$N = \cot A$	$\pm \frac{\Delta A}{\sin^2 \bar{A}}$	$\frac{2\Delta A}{\sin^2 \bar{A}}$
$N = aA$（a 为常数）	$\pm a\Delta A$	$\frac{\Delta A}{\bar{A}}$

1.4 有效数字及其运算

如前面所述,由于用仪器进行直接测量都有误差,测得的数据是近似值,将这些近似值以运算得到的间接测量值也是近似值。通过运算,只能增大其误差。因此近似值的表示和运算都有一些规则,以便确切地表示记录和运算结果的近似性,这就涉及有效数字及其运算。

一、有效数字

从仪器上读数,通常都要尽可能地估计到仪器最小刻度的下一位数。如用米尺(最小刻度 1mm)测得物体的长度为 35.42cm,其中前三位数“35.4”是从米尺上读出的确切数,最后一位“2”是估计数,也就是有疑问的数,称为存疑数字或可疑数字。由于第四位数已存疑,对以下个位数的估计也就没有必要。于是我们把带一位存疑数字的近似数称为有效数字,它表示测量值中有意义的数字。有效数字的位数等于准确数字的位数加 1。根据最末一位是仪器精度的十分位,因此有效数字的末位数就反映了仪器的精度。

书写有效数字时应注意以下几点:

1. 注意“0”的位置　如测出两点间的距离是 0.403000km,可写为 403.000m。这两个数值反映了同一测量结果。第一个不为 0 的有效数字前面的“0”的出现,是由于单位大小的不同,用以定位,将单位由千米变成米时,前面的“0”就不出现了。可见,在第一个不为 0 的数字之前的“0”不是有效数字。在数字中间和后面的“0”必须记下,如 403.000m 中末位数的“0”是估计读出的,反映了仪器的精确度就是厘米,这些“0”都是有效数字。

2. 数字表示的标准形式　为了记录和计算的方便,在小数点前,一律取一位有效数字。若因采用不同单位而引起数值的不同,则采用乘以 10 的幂来表示。如 4.03000×10^{-1}km,或 4.03000×10^{2}m。

3. 有些仪器(如游标卡尺、数字式仪表等)不可能估计到最小刻度以下一位数,读出的数的最后一位为存疑数字。因为在数字仪表中,最后一位数总有 ±1 的误差。

4. 有效数字的概念,不适用于准确值。如 $S = \frac{1}{2}at^2$ 中,分母和幂指数 2,就不能认为是只有一位有效数字。

二、有效数字的运算

间接测得值是由直接测得量计算出来的,存在着有效数字的计算问题,下

面讨论有效数字运算的基本方法。

1. 加减法　和与差的有效数字应当保留到位数最高的一位可疑数字，其次一位通常按“四舍五入”的规则处理。在下面运算中，我们在可疑数字下面加上一点以示区别。

$$58.6\underset{\cdot}{2}+0.23\underset{\cdot}{4}+586.\underset{\cdot}{0}=644.\underset{\cdot}{9}$$

$$3.2\underset{\cdot}{5}-0.018\underset{\cdot}{7}=3.2\underset{\cdot}{3}$$

必须注意，对于在舍去的数字中最左一位是5的情况下，若“5”以后不全是0时，则进1，若“5”以后全是0时，保留下来的末位数是偶数（包括0）则不进位，是奇数则进1。总之，留下来的末位数是偶数，称为“尾留双”。

2. 乘除法　积和商的有效数字的位数，等于参与运算的数据中最少的位数。

$$4.23\underset{\cdot}{6}\times 1.\underset{\cdot}{2}=5.\underset{\cdot}{1}$$

$$6.42\underset{\cdot}{1}\div 0.82\underset{\cdot}{5}=7.7\underset{\cdot}{8}$$

3. 乘方（x^n）、开方（$\sqrt[n]{x}$）的有效数字的位数与底的有效数字的位数相同，三角函数（如 $\sin x$）的有效数字的位数与被测量值 x 的位数相同。参与运算的常数（如 x、e）的位数与参与运算的各量有效数字最少位数相同。

$$\sqrt{14.\underset{\cdot}{6}}=3.8\underset{\cdot}{2}$$

$$5.2\underset{\cdot}{5}^2=27.\underset{\cdot}{6}$$

4. 混合运算结果的有效数字，常取比按规则所取位最多一位。如

$$\frac{(26.4\underset{\cdot}{3}-25.8\underset{\cdot}{2})\times 315}{15.4\underset{\cdot}{1}}=\frac{0.6\underset{\cdot}{1}\times 315}{15.4\underset{\cdot}{1}}=12.\underset{\cdot}{5}$$

上述原则在一般情况下成立，但也有例外。在了解有效数字的意义和取舍原则之后，对于出现的特殊情况，也是不难解决的。

1.5　实验结果的图示法

对于所测得的数据，常采用表记法和图示法。用几何图形来表示实验数据的方法称为图示法，利用实验图线可以推导出经验公式，这种实验数据的解析表示法称为力解法。这些方法的优点在于直观，易于比较，能显示数字的极值点、转折点、周期性和各量间的定量关系。在物理实验中最常用的一类是表示在一定条件下某一物理量与另一物理量之间的依赖关系图线（如恒温下气体压强和体积间的等温曲线）。

用图示法表示物理间的关系时要求做到坐标点和曲线画得清楚正确，容易读数，清晰完整。下面以图1－1为例，说明图示法的具体规则。

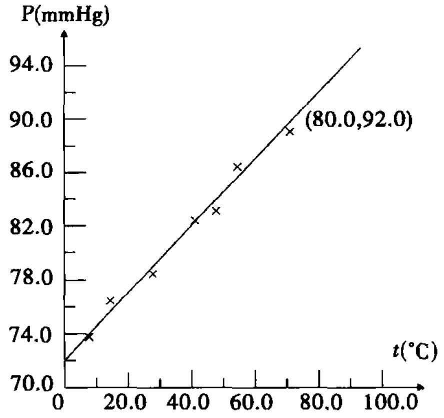


图 1－1　空气压强—温度图线

1. 选轴　以横轴表示自变量，纵轴表示因变量。在轴的末端标明所代表的物理量及单位。

2. 定标尺　选坐标轴的单位长时，应按实验数据而定，使观察点的坐标读数和实验数据大体上有相同的有效数据位数；横轴与纵轴的单位长可以不同；尽量使图不偏于一角或一边，画出曲线不要太平或太陡，角度应适当；纵横坐标不一定以 0 开始，即坐标原点不一定是(0,0)。

3. 描点　用硬铅笔以符号"⊙"、"×"分别记录实验数值对应点。图上不同曲线用不同符号以利于区别。某些偏离很大的点可以不予考虑或重作实验验证该点。

4. 连线　除正曲线是用直线段依次连续相邻两点成为折线外，一般连成光滑曲线使观察点尽可能均匀分布在曲线上和曲线两侧。需延伸曲线时，应依其趋势用虚线表示。

5. 写图名并在图名下方加上必不可少的实验条件和图注。

作出曲线后，可以利用它来求未知量。常将实验曲线延伸，以便得到实验范围外的数据方法称为外推法。如用一定质量气体的"压强—温度"曲线延伸可求℃的压强。这种方法具有冒险性，必须慎用。此法的根据是物理定律不仅在实验范围内成立，在实验范围外也成立，可事实并非总是这样。另外，更常利用到的处用实验曲线：在实验曲线范围内找出任一组对应值的方法称为内插法；跟实验图形对应的方程式称为经验公式；最简单的实验图线是直线。利用此图线可找到它在 Y 轴上的截距和斜率 α，得到经验公式 $y = \alpha x + b$。对于与图线相对复杂的经验公式，在此就作介绍，可参考有关实验数据的专著。

练习题

1.用游标卡尺测量时产生偶然误差的原因为:

(1) 环境温度引起的热胀冷缩;

(2) 视差;

(3) 本身刻度不均匀;

(4) 零点不准。

2.指出下列各量有效数字的位数。

(1)4.20g

(2)3.0×10^{-2}ms

(3)0.005mA

(4)16.04mm

3.改正下列结果中的错误。

(1)$d=(10.45\pm0.01)$cm

(2)$I=(4.6\pm0.03)$mA

(3)$l=(13.85\pm0.24)$mm

4.用分度值为0.01mm的测微尺测一长约2mm的物体,问此测微尺的精密度是多少?测量结果应为几位有效数字?若改用分度值为1mm的米尺去测量,其精密度为多少?可以读出几位有效数字?

5.根据有效数字的运算法则计算下列各式。

(1)$87.82+0.611-13.2$

(2)35.64×0.712

(3)$6.74\times10^{3}+2.7\times10^{2}$

(4)$7.493\times10^{-5}+4.9\times10^{-6}$

(5)$1.235\times10^{5}-6000$

(6)$2.475\times10^{4}\div5000$

6.用卡尺测量钢球直径的数据为11.38mm,11.37mm,11.36mm,11.39mm,11.39mm,求:

(1) 测量钢球直径的结果,用 $d=\bar{d}\pm\Delta d=\bar{d}(1\pm E)$ 表示

(2) 计算钢球的体积,用 $V=\bar{V}\pm\Delta V=\bar{V}(1\pm E)$ 表示测量结果。

7.用液体静力称衡法测固体密度的公式为 $\rho=\dfrac{m}{m-m_0}\rho_0$

测得 $m_0=(17.03\pm0.02)$g, $m=(27.06\pm0.02)$g, $\rho_0=(0.9997\pm0.0003)$g/cm^3,请用的形式写出测量固体密度的结果。

第二章　医用物理学实验

实验 2.1　长度测量

实验目的

1. 了解游标卡尺、螺旋测微计的结构原理。

2. 掌握它们的使用方法；进一步熟悉和巩固误差和有效数字的概念。

实验器材

游标卡尺，螺旋测微计，金属圆柱，小钢球，薄板，金属丝等。

实验原理

长度测量是最基本的物理测量。长度的测量方法和工具按测量范围和精度要求的不同而不同。在实验室中常用的测量长度的量具有米尺、游标卡尺和螺旋测微计等。

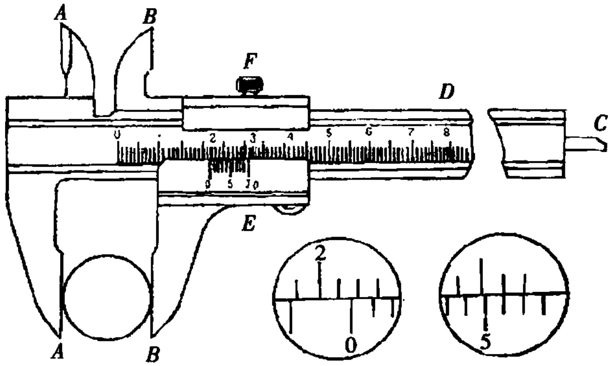


图 2－1－1　游标卡尺

一、游标卡尺

游标卡尺的外形如图2－1－1所示。它是由主尺 D 和副尺即游标 E 组成的。量爪（亦称测脚）A、A' 固定在主尺上，B、B' 与游标连在一起。尾尺（深度尺）C 也与游标连在一起，游标可沿主尺滑动。螺丝 F 用来固定游标，便于读数。量爪 A、B（称外量爪、外卡或钳门）用来测量物体的外部尺寸；量爪 A'、B'（称内量爪、内卡或刀口）用来测量物体内部长度；尾尺用来测量深度。