DAXUE WULI SHIYAN

大学物理实验

（医用）

主编　侯晓强

郑州大学出版社

大学物理实验(医用)

DA XUE WU LI SHI YAN

主　编　侯晓强

郑州大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

大学物理实验(医用)/侯晓强主编. —郑州:郑州大学出版社,
2003.10
ISBN 7-81048-548-2

Ⅰ.大… Ⅱ.侯… Ⅲ.物理学-实验-医学院校-教材
Ⅳ.04-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第066158号

郑州大学出版社出版发行
郑州市大学路40号 邮政编码:450052
出版人:谷振清 发行部电话:0371-6966070
全国新华书店经销
郑州文华印刷厂印刷
开本:787 mm×1 092 mm 1/18
印张:11.375
字数:218千字
版次:2003年10月第1版 印次:2003年10月第1次印刷

书号:ISBN 7-81048-548-2/R·491 定价:18.60元
本书如有印装质量问题,由承印厂负责调换

内容提要

本书是为医科学生编写的医用物理学实验。内容包括绪论和30个物理实验。在选材上,力求符合目前高等医学院校物理教研室的实验设备配置状况,并注意与医学结合。全书实验原理叙述清楚,实验步骤简明扼要,每个实验后附有思考题,有利于学生自学,巩固实验知识和开拓学生思路。

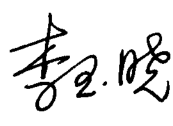
本书可以作为高等医学院校各专业的物理实验教材,亦可作为教师的参考书。

序　言

教学质量是高等学校教育的生命，全面提高高等学校学生培养质量，适应21世纪科学技术迅速发展的需要，培养创新人才，是当前我国高等教育的重要任务。教材建设是提高高等教育教学质量的一项重要的基础工作。为了发挥三校合并、学科融合的优势，进一步深化教学改革、提高教学质量，编写具有科学性、先进性并适合自己培养目标和发展方向的特色教材是非常必要的。

郑州大学物理工程学院根据本院的培养目标和发展方向，结合本院教学特色和多年教学研究成果，组织了一批教学经验丰富的教师，有计划地将出版一系列教材。这确实是一件值得提倡的事情，相信该系列教材的出版将对郑州大学的物理教学乃至河南省的物理教学起到积极的推动作用。值此系列教材第一本——《大学物理实验（医用）》即将出版之际，写序表示祝贺。

河南省物理学会常务副理事长
郑州大学物理工程学院教授



2003年8月6日

试读结束，需要全本PDF请购买 www.ertongbook.com

前　言

本书是为医科学生编写的一本大学物理实验教材，它的目的是为医科学生提供系统的物理实验技能和知识，为学习后继课程和将来从事医疗、卫生、检验、科研工作等打好基础。

本书选编了30个实验，内容力求与医学相结合。本书在编写时吸收了国内各兄弟院校物理实验教材的经验，并在郑州大学医学院物理教研室20多年来的教学实践和所编写的物理实验讲义的基础上，经过增、删、改等加工提高编写而成。在编写过程中，充分考虑到目前国内多数医学院校物理实验室现有的设备条件和今后几年医学教育发展的要求，采用多种实验方法和测量项目，尽量使实验内容与理论课内容和医学结合更加密切，更能适应高等医学院校物理实验的实际需要。

本书由郑州大学物理工程学院医用物理教研室侯晓强担任主编，唐伟跃、刘婉华、王海燕担任副主编。

参加本书编写工作的有：侯晓强（绪论、实验三十），唐伟跃（实验十），刘婉华（实验一、二、三、六、八、十二、二十七），王海燕（实验四、九、十三、二十一、二十八），王杰芳（实验七、十五、十六、十七、二十五），张建民（实验十四、十八、十九、二十、二十二、二十三、二十四），刀振琦（实验五、十一、二十六、二十九）。

本书在编写过程中得到了郑州大学物理工程学院的大力支持，并得到许多老教授的指导与帮助。在此一并表示衷心的感谢。

由于编写时间紧迫，加上编者水平有限，书中难免有不妥之处，祈盼使用本书的教师、学生和各位读者批评指正，以便今后不断完善。

编者

2003年6月

目　　录

绪　论

一、医用物理学实验的意义、目的和要求

(一)意义

物理学是研究物质运动的普遍性质和基本规律的学科,它也是一门实验学科。物理实验的内容十分广泛,其方法和测量技术广泛应用于其他学科和技术中,在临床诊断、治疗、保健、检验和药物分析鉴定及生命机制研究中起着重要作用。物理技术在这些领域中的应用情况已经成为其先进程度的一种标志。因此要掌握现代医学科学技术,必须具备一定的物理实验理论知识和操作技能。

(二)目的

物理实验是物理教学中的重要环节。通过实验操作,使学生掌握一些基本物理量的测量方法,学会正确使用物理仪器,熟悉一些物理实验方法。通过实验操作,培养学生具备严谨的科学工作作风和较强的科研工作能力。通过实验操作,巩固和加深对所学的物理现象及其规律的认识。

(三)要求

根据高等医学院校学生基本技能训练项目的基本内容和医学科学发展的需要,要求学生通过物理实验,基本掌握常用物理量的测量原理和方法,其中包括长度、质量、时间、角度、密度、压强、电流、电阻、电压、电动势、振动频率和光波波长等的测量;熟悉示波器、万用电表、光学显微镜和分光仪的使用;在误差理论,有效数字的记录和运算,实验结果的可靠性估计,用表格、曲线、坐标图表示实验结果等方面,能得到一定程度的训练,能写出正确的实验报告;并在照相,显微摄影,扩印的暗房技术,物质对放射线的吸收和简单的电子技术基础等方面得到初步的训练。

医用物理学实验就是为了达到以上目的,根据以上基本要求而开设的。因此,学生应该在理论指导下,按正规的操作方法进行操作。在实验过程中,应该认真地观察现象,正确记录数据,分析实验结果,爱护每一件实验仪器。在实验结束后,应科学地完成实验报告。报告中应做到有数据、有分

析、有结论,并且书写整齐,图表美观,语句明晰易懂。还要求学生保持实验室清洁,严格遵守实验室各项规章制度。

二、测量的误差

(一)误差的概念

物理实验离不开测量,测量的目的是希望确定被测物理量的真值。但由于仪器、设备、测量方法、实验环境和实验者本身存在的各种不理想情况,测量的结果只能具有相对的准确程度,而不是它本身的真值。例如同一个人使用同一个仪器进行多次测量时,各次所得到的测量值也会不同。每一个测量值与真值之差叫做误差。误差和错误不同。错误是由于测量者不小心或测量方法不正确所造成的,只要仔细操作、方法正确就能避免;但误差是不可避免的,因而真值是测不出来的。所以测量时应该在尽可能消除或减小误差之后,求出在该条件下的最可依赖值,并对它的精确程度作出正确的估计,有关的误差理论就是为了达到这一目的而提出来的。

(二)误差的分类

根据误差产生的原因和性质,可分为系统误差和偶然误差两大类。

1. 系统误差　这类误差主要来源于仪器本身的缺陷(如零点未校准、刻度不准确),实验条件与理想条件不符合,测量方法上的缺陷或定理、公式本身不够严谨等。这类误差的特点是:测量值总是有规律地朝着某一个方向偏离真值,即使对同一对象作重复测量,其偏离真值的大小总是在一定的范围内。例如由于受温度影响而引起米尺长度变化,测量的长度总是有误差,并且重复测量也不能使这种误差减小。因此把它叫做系统误差,又叫恒定误差。这种误差可以通过改进测量方法,校正仪器的装置,调节仪器的零点,修正定理和公式等方法来减小和消除。

2. 偶然误差　偶然误差又叫随机误差或几率误差。这是一种在实验过程中,由于某些不可避免的偶然因素的影响而引起的误差。这些因素是温度,压强,电路中电压、电流等的涨落,环境的干扰以及实验者由于感官条件的限制而使读数不易准确等。偶然误差的特点是:测量值时大时小,有正有负,方向不一。偶然误差是由一些偶然因素造成的,故每次测量的偶然误差是不可预测的,但其出现的机会服从统计规律,即在通常情况下,绝对值小的偶然误差比绝对值大的偶然误差出现的几率大,绝对值相等的正、负误差出现的几率相等,绝对值很大的偶然误差出现的几率为零。偶然误差遵循的这种分布称为高斯分布(Gaussian distribution)或正态分布。基于以上性质,增加测量次数对于提高测量结果的准确程度是有利的,如不考虑系统

误差,则测量次数愈多,其算术平均值就愈接近真值。

(三)直接测量和间接测量的误差

测量的种类很多,但可归纳为直接测量和间接测量。

1. 直接测量误差的表示方法　在测量中,某待测值能够从仪器刻度上直接读出,这类测量称为直接测量,一般的基本测量都属于直接测量。对同一个量进行实际测量时,测量次数不可能无限多,因此测得量的算术平均值并不就是真值,但同各次测量的值相比,它毕竟是最可靠的。设各次测量值分别为 $N_1, N_2, \cdots, N_n$,则测得量的算术平均值为

$$\overline{N} = (N_1 + N_2 + \cdots + N_n)/n = \sum_{i=1}^{n} N_i/n$$

为了确定测量的准确程度,需要知道平均值的误差。本来平均值的误差应是平均值 $\overline{N}$ 与真值 N_0 之差,但 N_0 并不知道,因此用平均绝对误差来表示。

(1) 绝对误差　测量值与真值之差,称为绝对误差。真值是一个理想的值,是未知的,故在实际测量中常用偏差来代替绝对误差。这里所谓的偏差是指平均值 $\overline{N}$ 与各次单独测量值之差,用 ΔN_i 表示,即 $\Delta N_1 = N_1 - \overline{N}$, $\Delta N_2 = N_2 - \overline{N}, \cdots, \Delta N_n = N_n - \overline{N}$,这些偶然误差的大小和正负是随机分布的,取它们绝对值的算术平均值,叫做平均绝对偏差,简称绝对偏差,用 $\overline{\Delta N}$ 表示,即

$$\overline{\Delta N} = (|\Delta N_1| + |\Delta N_2| + \cdots + |\Delta N_n|)/n = \sum_{i=1}^{n} |\Delta N_i|/n$$

于是测量结果的表达式为

$$N_0 = \overline{N} \pm \overline{\Delta N} \qquad (0-1)$$

式(0－1)表示测得的最可靠值是 $\overline{N}$,测得值可能存在的误差范围为 $\pm\overline{\Delta N}$,而真值 N_0 就在 $\overline{N} + \overline{\Delta N}$ 和 $\overline{N} - \overline{\Delta N}$ 的范围内。例如用米尺多次测量一根短棍的长度,得到 $\overline{L} = 8.34$ cm、$\overline{\Delta L} = 0.01$ cm,则 $L_0 = \overline{L} \pm \overline{\Delta L} = (8.34 \pm 0.01)$ cm,它表示短棍的真实长度在 8.33 cm 与 8.35 cm 之间。

这里应该说明,绝对偏差和绝对误差在概念上是不同的,但在实际运算

试读结束,需要全本PDF请购买 www.ertongbook.com

时,并没有严格区分。

(2) 相对误差　一般来说绝对偏差可以大体说明测量结果的好坏,但只用绝对偏差有时并不能明显地表示测量结果的准确程度,特别是不便于明确比较不同测得量中哪一个的准确度更高。例如测量两根长短不同的棍子,测得结果分别为$L_1 = (8.34 \pm 0.01)\mathrm{cm}$, $L_2 = (88.34 \pm 0.01)\mathrm{cm}$, 虽然它们的绝对偏差相同,但对长棍测量的准确程度显然要高些。为了鲜明地表示出测量的准确程度,通常采用相对误差表示法,即测量的绝对误差与待测量真值之比。但在实际测量中相对误差又只能以绝对偏差来定义,所以测量结果的相对误差,严格来说应该叫做相对偏差,用下式表示:

$$E = \frac{\overline{\Delta N}}{\overline{N}} \times 100\% \qquad (0-2)$$

显然,对于大小不同的物理量,E 越小,其测量的准确度越高。有时被测量的物理量有公认值或标准值,此时 E 应等于测量值与公认值之差的绝对值除以公认值的百分数。

例 0－1　用螺旋测微器测量铜杆的直径,其各次测量值、绝对偏差和相对误差列于表 0－1 中。

表 0－1　用螺旋测微器测铜杆直径

测量次数	测量值(cm)	绝对偏差(cm)	相对误差	测量结果(cm)
1	3.425 5	0.000 1	$E = \frac{\overline{\Delta N}}{\overline{N}} \times 100\%$	$N_0 = \overline{N} \pm \overline{\Delta N}$
2	3.425 0	0.000 6	$= \frac{0.000\,4}{3.425\,6} \times 100\%$	$= 3.425\,6 \pm 0.000\,4$
3	3.426 0	0.000 4	$= 0.01\%$	
4	3.426 0	0.000 4		
平均	$\overline{N} = 3.425\,6$	$\overline{\Delta N} = 0.000\,4$		

有时由于某些原因只可能或只须测量 1 次,因而无法计算平均绝对偏差,只能估计可能发生的最大偏差。通常,最大偏差可估计为仪器最小刻度的一半。

在医学测量中,广泛采用标准偏差(又叫方差)来衡量数据的分散程度。标准偏差的数字表达式为

$$\sigma = \sqrt{\sum (N_i - N_0)^2 / n} \tag{0-3}$$

计算标准偏差时,对单次测量的偏差加以平方,不仅可以避免单次测量偏差相加时正负抵消,更重要的是大偏差能显著地被反映出来,从而更好地说明数据的分散程度。

在医用物理实验中,测量次数一般不是很多($n < 10$),故用测量对象的标准偏差 S 来衡量测量数据的分散程度,此时标准偏差的数学表达式为

$$S = \sqrt{\sum (N_i - \overline{N})^2 / (n-1)} \tag{0-4}$$

上式中,$n-1$ 称为自由度,是用于计算一组测量值分散程度的独立偏差的数目,如在不知道真值的情况下,对一个量进行一次测量,其独立的偏差数为零。即不可能计算测量值的分散度。如果进行 2 次测量,独立的偏差数为 1(虽然有 2 个偏差,但由于偏差之和为零,所以独立的偏差数只有 1 个),分散程度就是这 2 个测量值之差。如果进行 n 次测量,则自由度为 $n-1$。在测量次数足够多时,n 与 $n-1$ 的区别很小,此时 $\overline{N} \longrightarrow N_0$,而 $S \longrightarrow \sigma$。

2. 间接测量误差的表示方法　在物理实验中的测量,几乎都是将某些直接测量值代入已知的测量公式(函数关系),将待求量计算出来,这就叫做间接测量或导出测量。因为测量公式中的直接测量值都含有误差,所以间接测得量也必然有误差,这叫误差的传递。其误差的大小取决于各直接测量误差的大小以及函数的形式。表示间接测量值误差与直接测量值误差之间的关系式,称为误差传递公式。

设 N 为间接测得量,$A,B,C,\cdots$ 为直接测得量,它们之间的函数关系为

$$N = f(A,B,C,\cdots)$$

各直接测得量可表示为:$A = \overline{A} \pm \overline{\Delta A}, B = \overline{B} \pm \overline{\Delta B}, C = \overline{C} \pm \overline{\Delta C}, \cdots$ 代入上式计算,间接测得量的结果可写成

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

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

式中,$\overline{N} = f(\overline{A},\overline{B},\overline{C},\cdots)$是间接测得量的算术平均值,是把各个直接测得量的平均值代入公式经计算得出的。而$\overline{\Delta N}$是间接测得量的算术平均绝对偏差,它的计算方法如下。

(1) 如果间接测量值是两个直接测量值的和或差,即$N = A \pm B$,将$A = \overline{A} \pm \overline{\Delta A}$、$B = \overline{B} \pm \overline{\Delta B}$代入式中,得

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

可见$\overline{N} = \overline{A} \pm \overline{B}$,$\overline{\Delta N} = \overline{\Delta A} + \overline{\Delta B}$,即两量之和或差的绝对偏差等于两量的算术平均绝对偏差之和,而相对误差为

$$E = \frac{\overline{\Delta N}}{\overline{N}} \times 100\% = \frac{\overline{\Delta A} + \overline{\Delta B}}{\overline{A} \pm \overline{B}} \times 100\%$$

(2) 如果间接测量值是两个直接测量值的一般乘除关系,其相乘积的运算结果为

$$\begin{aligned}\overline{N} \pm \overline{\Delta N} &= (\overline{A} \pm \overline{\Delta A}) \cdot (\overline{B} \pm \overline{\Delta B}) \\ &= \overline{A} \cdot \overline{B} \pm \overline{A} \cdot \overline{\Delta B} \pm \overline{B} \cdot \overline{\Delta A} \pm \overline{\Delta B} \cdot \overline{\Delta A}\end{aligned}$$

因为$\overline{\Delta A}$和$\overline{\Delta B}$这两个量与$\overline{A}$和$\overline{B}$相比较可视为很小,所以$\overline{\Delta A} \cdot \overline{\Delta B}$可以忽略,因此相乘积的绝对偏差为

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

而相乘积的相对误差为

$$E = \frac{\overline{\Delta N}}{\overline{N}} = \frac{\overline{A} \cdot \overline{\Delta B} + \overline{B} \cdot \overline{\Delta A}}{\overline{A} \cdot \overline{B}} = \frac{\overline{\Delta A}}{\overline{A}} + \frac{\overline{\Delta B}}{\overline{B}}$$

即等于各量的相对误差之和。

对于两量的商，依同样的方法可以计算出它们的绝对偏差和相对误差。对于其他的函数形式，间接测量误差计算公式可由求函数的全微分求得，这里不再作推导，只把它们的结果列在表 0 - 2 中，以备查用。

表 0 - 2　间接测量误差计算公式表

函数关系 $N=f(A,B,\cdots)$	间接测得量的绝对误差$\overline{\Delta N}$	相对误差 $E=\dfrac{\overline{\Delta N}}{\overline{N}}$
$A+B+\cdots$	$\pm(\overline{\Delta A}+\overline{\Delta B}+\cdots)$	$\dfrac{\overline{\Delta A}+\overline{\Delta B}+\cdots}{A+B+\cdots}$
$A-B$	$\pm(\overline{\Delta A}+\overline{\Delta B})$	$\dfrac{\overline{\Delta A}+\overline{\Delta B}}{A-B}$
$A\cdot B$	$\pm(\overline{A}\cdot\overline{\Delta B}+\overline{B}\cdot\overline{\Delta A})$	$\dfrac{\overline{\Delta A}}{\overline{A}}+\dfrac{\overline{\Delta B}}{\overline{B}}$
$A\cdot B\cdot C$	$\pm(\overline{B}\cdot\overline{C}\cdot\overline{\Delta A}+\overline{A}\cdot\overline{C}\cdot\overline{\Delta B}+\overline{A}\cdot\overline{B}\cdot\overline{\Delta C})$	$\dfrac{\overline{\Delta A}}{\overline{A}}+\dfrac{\overline{\Delta B}}{\overline{B}}+\dfrac{\overline{\Delta C}}{\overline{C}}$
A^n	$n\overline{A}^{-1}\cdot\overline{\Delta A}$	$n\dfrac{\overline{\Delta A}}{\overline{A}}$
$A^{1/n}$	$\dfrac{1}{n}\overline{A}^{1/n-1}\cdot\overline{\Delta A}$	$\dfrac{1}{n}\dfrac{\overline{\Delta A}}{\overline{A}}$
$\dfrac{A}{B}$	$\pm\dfrac{\overline{B}\cdot\overline{\Delta A}+\overline{A}\cdot\overline{\Delta B}}{\overline{B}^2}$	$\dfrac{\overline{\Delta A}}{\overline{A}}+\dfrac{\overline{\Delta B}}{\overline{B}}$
kA（k 为常数）	$\pm k\cdot\overline{\Delta A}$	$\dfrac{\overline{\Delta A}}{\overline{A}}$

例 0 - 2　有一装有空气的瓶，其总质量 $M=20.1425\ \mathrm{g}\pm0.0002\ \mathrm{g}$，今将其中空气抽去，称得其质量 $m=20.0105\ \mathrm{g}\pm0.0002\ \mathrm{g}$，间瓶内空气的质量为多少克？

解　设瓶内空气质量为 N，则有

$$\overline{N}=\overline{M}-\overline{m}=20.1425-20.0105=0.1320$$

$$\overline{\Delta N}=\overline{\Delta M}+\overline{\Delta m}=0.0002+0.0002=0.0004$$

$$N=\overline{N}+\overline{\Delta N}=0.1320+0.0004$$

$$E = \frac{\overline{\Delta N}}{\overline{N}} \times 100\% = \frac{0.000\,4}{0.132\,0} \times 100\% = 0.3\%$$

例0-3 有一圆柱体,测得其高 $h = (10.0 \pm 0.1)\text{cm}$,直径 $d = (5.00 \pm 0.01)\text{cm}$。试计算其体积,并写出测量结果。

解 已知圆柱体的体积公式 $V = \frac{\pi}{4}hd^2$,根据表0-2中的公式,得圆柱体的相对误差为

$$E = \frac{\overline{\Delta V}}{\overline{V}} = \frac{\overline{\Delta h}}{\overline{h}} + 2\frac{\overline{\Delta d}}{\overline{d}} = \frac{0.1}{10.0} + \frac{2 \times 0.01}{5.00} = 1.4\%$$

圆柱体体积的平均值为

$$\overline{V} = \frac{\pi}{4}hd^2 = \frac{1}{4} \times 3.14 \times 10.0 \times (5.00)^2 = 196.2\ \text{cm}^3$$

其绝对偏差为

$$\overline{\Delta V} = E \cdot \overline{V} = 0.01 \times 196.2 = 2\ \text{cm}^3$$

于是测量结果可写成

$$V = \overline{V} \pm \overline{\Delta V} = (196 \pm 2)\ \text{cm}^3$$

三、有效数字及其运算

(一)有效数字的概念

任何一个物理量,其测量的结果既然都存在着误差,那么,它的数值就能无止境地写下去。由于实验结果不仅要表示量值的大小,还要反映数据的准确程度,所以在记录测量结果和进行运算的时候,就必须遵守有效数字的法则。所谓有效数字,就是将一测量结果的数值记录到有误差的那一位为止,所有这些记录下来的数字除了用以表示小数点位置的零外,都是有效数字。

(二)有效数字的记录

测量仪器的最小刻度所表示的大小称为仪器的精密度。例如米尺的精

密度为1 mm,游标卡尺的精密度为0.5、0.05、0.02 mm等,螺旋测微器的精密度为0.01 mm,温度计的精密度为0.1 ℃等。仪器的刻度越小,说明精密度越高。

在用数字表示测量结果时,要求既能表示测量数据的大小又能表示测量的准确程度,因此测量数据的记录和通常数学上数字的记法是不相同的。在大多数情况下,所量度的物理量其数值在两个刻度之间就必须加以估计。例如图0-1,用刻有厘米的皮尺来测量一棒的长度,很容易读出该棒的长度是10~11 cm。虽然这种皮尺没有刻到毫米,但可以估计到毫米(最小刻度为1/10),因此棒长可以读为10.2 cm。至于再想多读一位小数,用这种皮尺是不可能的,因为任何一个读数的估计数字一般不能超过1位。如果用刻有毫米的米尺来测量,便可直接读到毫米,估计到毫米的1/10,如10.23 cm。若该棒的长度恰巧为10.2 cm,则应该写成10.20 cm。

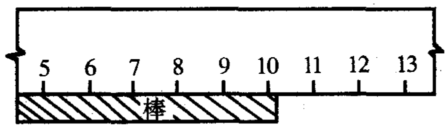


图0-1　皮尺测量棒的长度

上面的例子说明,因测量仪器的精密度不同,测量同一长棒所得到的结果也不同。前者仅可估计到毫米,得到3位有效数字,后者可估计到1/10 mm,得到4位有效数字。这些数字中最后1位是估计得到的,是欠准数字,又叫可疑数字,而估计数字前面的数字都是准确数字,准确数字和欠准数字合称为有效数字。有效数字的多少是由测量仪器的精密度决定的,因此不能随便增减数字。同一物理量有效数字愈多表示测量的准确度愈高。

确定有效数字的位数时应注意以下几点。

1. 小数点前后的数字都是有效数字,有效数字的位数与小数点的位置无关,例如10.23 cm和0.102 3 m都是四位有效数字。

2. 测量结果的读数中,最后1位数字必须是欠准数字。如果物体刚好与刻度线相齐,则估计数为“0”。这里的“0”不能忽略,否则测量结果将比仪器的精密度降低10倍。例如测得一棒长为10.50 cm,绝不能写成10.5 cm。

3. 由前面所讲可知,“0”字在数字之后或在数字之间都是有效数字,但要注意数字前面的“0”不是有效数字。因为数字前面的“0”仅仅表示所用单位的大小,并不表示量度的准确程度,例如7.03 cm和0.070 3 m都是3

试读结束，需要全本PDF请购买 www.ertongbook.com