普物实验

华东纺织工学院

一九八二年

普通物理实验

目　录

实验一 绪　论

I　物理实验课的地位和作用

物理学从本质上说是一门实验科学。尽管物理学本身可以在一定限度内从理论上用逻辑推理的方法获得新的理论，但最終还要依靠实验提供精确的材料来验证。如果新理论与实验事实不一致，则不论理论体系本身在数学上多么严密，都不能不进行修正，甚至于被否定。

事实也是这样，在物理学史上许多关键问题的解决，最后都是诉诸于实验的。例如，杨氏的光干涉实验对于证实光的波动说；迈克耳逊——莫雷实验对于证实以太不存在；赫兹实验对于证实麦克斯韦的电磁场理论等，实验都起了决定性的作用。近代物理学的例子就更多了。

随着科学技术的发展，物理学实验越做越精确，越做范围越宽广。这样，它可以验证更深一层的理论，推动理论研究的发展；它可以启示新的科学思想，提供新的科学方法，它用精确的定量数据辨明各类事物的细微差异；它证明一定的假设并使假设转化为理论；它指出理论的适用范围。近代科学的历史表明，物理学领域内的所有研究成果都是理论和实验密切结合的结晶。

在学习物理学时，我们务必明了物理学具有的上述特点，正确处理理论课和实验课的关系，不可偏废于一方。

作为一门独立课程的物理实验课，是工科学生进入大学后受到系统的实验技能训练的开端，是后续课程实验的基础。本课程教学的主要目的是：

1. 学习并掌握进行物理实验的基本知识，基本方法和基本技能

（包括实验仪器的选择和使用、测量的技术和方法、实验数据的处理方法、实验结果的分析和编写实验报告等），培养学生的独立工作能力和分析判断能力。

2. 通过实验的观察、测量和分析，加深对物理学的某些概念、规律和理论的理解。

3. 培养学生严肃认真的工作作风，实事求是的科学态度和爱护国家财产、遵守纪律的优良品德。

以上三个任务，是课堂讲授物理时所不能代替完成的。

应当指出：对于工程技术专家来说，如果没有宽广的理论知识，没有纯熟精湛的实验技能，不仅不能作出创造性的成果，也难以适应科学技术飞速发展的需要，难以担负起建设社会主义祖国的重任。

Ⅱ 物理实验课的基本程序

实验是人为地创造出一种条件，按照预定计划，以确定顺序重现一系列物理过程或物理现象。对于这些过程或现象，可以用不同类型的仪表定量的测量。我们唯有获得精确的测量数据才能对某一物理过程或现象有深刻的了解。

我们所开出的物理实验，多数是测定某一物理量的数值，也有研究某一物理量随另一物理量变化的规律性的。即使是对于同一物理量，也可能用不同方法来测定。但是，无论实验的内容如何，也不论采用那一种实验方法，物理实验课的基本程序大都相同，一般可以分为三个阶段。下面分别加以叙述。

1. 实验前的预习

由于实验课的时间有限，而熟悉仪器和测量数据的任务一般都比较重，时间不允许在实验课内才开始研究实验的原理。要是不了解实

验原理，实验时就不知道要研究什么问题，要测量那些物理量，也不了解将会出现什么现象，只是机械地按照教材所指示的步骤进行操作，离开了教材就不晓得怎样动手。用这种呆板的方式作实验，虽然也得到了实验数据，却不了解它们的物理意义，也不会根据所测数据去推求实验的最后结果。因此，为了在规定时间内，高质量地完成实验课的任务，学生应当作好实验前的预习。

预习的要求，以理解实验原理为主，对于实验的具体过程只要求作粗略的了解。只有这样，才能抓住实验的关键，做到自如地控制实验的物理过程或物理现象，及时、迅速、准确地获得待测物理量的数据。为了使测量结果眉目清楚，防止漏测数据，预习时应根据实验要求划好数据表格。表格上标明文字符号所代表的物理量及其单位，并确定测量次数。

对于未作预习的学生，实验室将视其具体情况决定是否拒绝进入实验室作实验。这样做也是为了尽量避免损坏实验仪器，保证实验工作能顺利地进行。

2 进行实验

实验前要熟悉仪器，了解仪器的工作原理和方法，然后将仪器安装调整好，例如，调节气垫导轨达到水平，调整落体仪跟地面垂直，调节光具座上各光学元件处于同轴等高等。

每次测量后立即将数据记录在预习报告上。各个数据之间，数据与图表之间不要太挤，应留有间隙，以供必要时补充或更正。实验数据不可用铅笔写，要用钢笔或园珠笔书写。要根据仪表的最小刻度单位或精度等级决定数据的有效数位。在实验数据记录纸上不能有任何零散的多余数字，更不允许用作计算草稿纸。如果觉得测量数据有错

误，可在错误的数字上画一条整齐的直线；如果整段数据都测错了，则划一个与此段大小相适应的“x”号。在情况允许时，可以简单地说明为什么是错误的。错误的数据记录以后不要用橡皮擦去，也不要用黑圆圈或黑方块涂掉，更不允许撕毁。我们保留“错误”数据，不毁掉它，是因为“错误”数据有时经过比较后竟是对的。当实验结果与温度、湿度和气压有关系时，要记下实验进行时的室温，空气湿度和大气压。

在两人或多人合作做一个实验时，既不要依靠合作者提供所有的答案，自己处于被动，也不要一个人包办代替，应当既有分工又有协作，培养善于与人合作共事的品德。

总之，测量实验数据时要特别仔细，以保证读数准确，因为实验数据的优劣，往往决定了实验工作结果的成败。计算上的错误可在离开实验室后修正，但是，未经重复测试时不允许修改实验数据。

3. 写实验报告

实验报告是实验工作的全面总结，要用简明的形式将实验结果完整而又真实地表达出来。写报告时，要求文字通顺，字迹端正，图表规矩，结果正确，讨论深刻。实验完成后应即时将实验报告写出来。这应当成为习惯，因为趁热打铁，一气呵成，可以收到事半功倍的效果。

完整的实验报告，通常包括下列几个部分：

一、实验名称； 二、实验目的； 三、简要原理或计算公式；四、仪器设备； 五、实验数据； 六、计算或作图； 七、误差分析； 八、实验结果； 九、讨论。 前面九部分的写法，可参考本讲义，无庸赘述。现仅就最后三项略作说明。

误差分析包括两方面的内容：一是确定实验结果的误差范围，因为判定实验结果的不准确范围跟获得实验结果具有同等的重要性；二是找出影响实验结果的主要因素，从而采取相应的措施（例如，合理选择仪器，实现最有利的测量条件等）以减小误差。显然，对于不同的实验，因所用的实验方法或所测量的物理量不同，误差分析的方式亦不尽相同。例如，当有可采用的标准值时，则把实验结果与该标准值相比较，用其差值来估算实验的误差。误差过大时，应分析原因，对误差作出合理的解释。

在表达实验结果时，一般包括不可分割的三部分，即结果的测量值 $\overline{N}$、结果的误差范围（用绝对误差 $\overline{\Delta N}$ 表示）和结果的准确程度（用相对误差 $\frac{\overline{\Delta N}}{\overline{N}}\times 100\%$ 表示），综合过来可写为：

$$N=(\overline{N}\pm\overline{\Delta N})\ \text{单位}; \qquad E_\gamma=\frac{\overline{\Delta N}}{\overline{N}}\times 100\%$$

如果实验系观察某一物理现象或验证某一物理定律则只需要扼要地写出实验的结论。

在最后的讨论中，包括回答实验的思考题；实验过程中观察到的异常现象及其可能的解释；对于实验仪器装置和实验方法的建议等。还可以谈实验的心得体会，但不要求每个实验都写心得体会，有则写，无则不要勉强写。

Ⅲ　测量和误差

在实验过程中，为了得到有关物理量间的数量关系，必须进行测量。测量就是用仪器和适当的方法测各物理量的大小。测定各种物理量的方法很多，但可归并为两类：

㈠ 直接测量：例如桌子的长度，我们用米尺就可以直接量出它的大小。铜球的质量我们用天平可以直接称出来等。

㈡ 间接测量：有些物理量须要依靠一定的已知关系，在测得其他量以后，经过计算才能得到，例如我们测一个物体的平均速度，是测它在多少时间内移动了多大的距离（直接测量）然后依靠"平均速度=位移／时间"这一公式来求出。科学技术的发展，新仪器的设计，本来只能间接测定的量，也可以直接测量，例如电功率，用安培计和伏特计是间接测量，用功率表就可直接测量了。

物理量在客观上有着确定的数值，称为真值。但实际上就是使用最好的仪器和最完善的方法所得测量的结果也只是它的近似值，不可能得到和真值完全相同的值，它们间的差称为误差。误差按其产生的原因与性质主要可分为两类：

㈠ 系统误差：系统误差主要是由于测量仪器的不完善（例如称物体的质量时所用天平两臂长度不相等）或实验方法不完善（例如在空气中称物体未考虑到空气浮力的影响）而产生的。这类误差的特点是有规律的，它们的数值可以用一定的方法算出，而作修正。只要选用适当的仪器和实验方法系统误差原则上是可以避免的。

㈡ 偶然误差：偶然误差是由于人们的感官（如听觉、视觉、触觉）的分辨能力不相同，表现为各人的估读能力不一致，外界环境的干扰等原因引起的。这种误差是无法控制的，但它服从统计规律。对于某一次测量来说，测量误差的大小和正负是无法预计的，只能用出现的几率来表示。

Ⅳ 误差的计算和表示法

㈠ 直接测量结果的误差计算：

(1) 最近真实值：

由于偶然误差的存在，对某一物理量进行多次测量，所得的数值一般是不相同的，彼此间存在着差异，如每次测量值为 N_1、N_2……N_n。统计理论指出，当测量的方法和原理正确的，它们的算术平均值 $\overline{N}$ 最接近该物理量的“真值”，故称“最近真实值”真值是无法求得的。实验中，我们只能采用多次测量的方法，求其平均值作为我们的测量值，只有它才是最近真实值。

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

(2) 平均绝对误差和相对误差：

平均绝对误差和相对误差是用来评价一次实验结果好坏的一种方法。

a. 绝对误差

每次测量值 N_i 与算术平均值 $\overline{N}$ 之差，称为绝对误差。也称实验误差。

设：

$\Delta N_1=N_1-\overline{N}$ 表示第一次测量的绝对误差。

$\Delta N_2=N_2-\overline{N}$ 表示第二次测量的绝对误差。

………………

$\Delta N_n=N_n-\overline{N}$ 表示第 n 次测量的绝对误差，并取其绝对值的算术平均值 $\overline{\Delta N}$：

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

$\overline{\Delta N}$ 称为平均绝对误差。$\overline{\Delta N}$ 大小，表示测量值与“真值”的接近程度。是实验精密度的量度。所以可以用绝对平均值 $\overline{\Delta N}$ 来评价测量水平的高低。故测量结果可写成：

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

上式中“±”号表示或大，或小。表示测量值 N 在 $\overline{N}+\overline{\Delta N}$ 和 $\overline{N}-\overline{\Delta N}$ 之间。

例如我们测量一棒的长度，用米尺测五次，得如下数据：

$\ell_1=2.32$ 厘米；　　$\ell_2=2.34$ 厘米；

$\ell_3=2.36$ 厘米；　　$\ell_4=2.33$ 厘米；

$\ell_5=2.35$ 厘米

其算术平均值：

$$\overline{\ell}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\ell_i=2.34\text{厘米}$$

各次测量的绝对误差：

$\Delta\ell_1=\ell_1-\overline{\ell}=-0.02$ 厘米

$\Delta\ell_2=\ell_2-\overline{\ell}=\ 0.00$ 厘米

$\Delta\ell_3=\ell_3-\overline{\ell}=+0.02$ 厘米

$\Delta\ell_4=\ell_4-\overline{\ell}=-0.01$ 厘米

$\Delta\ell_5=\ell_5-\overline{\ell}=+0.01$ 厘米

平均绝对误差：

$$\overline{\Delta\ell}=\frac{1}{5}(|-0.02|+|0.00|+|0.02|+|-0.01|+|0.01|)$$

$$=\frac{0.06}{5}=0.012=0.01\text{厘米}$$

故棒的测量结果应为：

$$\ell=\overline{\ell}\pm\Delta\overline{\ell}=(2.34\pm0.01)\text{厘米}$$

绝对误差可以表示测量的优劣，但并不全面，通常还需引进相对误差加以补充。

b．相对误差

平均绝对误差与被测物理量的平均值之比，称做相对误差，它表明测量结果的准确程度，其值愈小则测量结果愈准确。相对误差常用百分数来表示也称百分误差。上例中的百分误差是：

$$百分误差\ E_{\gamma}=\frac{\overline{\Delta \ell}}{\bar{\ell}}\times 100\%$$

$$=\frac{0.01}{2.34}\times 100\%=0.0043\times 100\%$$

$$\approx 0.4\%$$

如果我们测量的物理量已经有人作过精密的测量，他们得到的平均值得到大家的承认，就称为公认值，在这种情况下百分误差用下列方法表示：

$$百分误差\ E_{\gamma}=\frac{|实验测量的平均值-公认值|}{公认值}\times 100\%$$

百分误差是表示测量的准确度。

绝对误差和相对误差都是用来评价测量结果的优劣的。但绝对误差大，不能说相对误差也一定大，例如，测得两个物体的长度为：

$\ell_1=(2.34\pm 0.01)$厘米

$\ell_2=(23.40\pm 0.01)$厘米

从绝对误差 $\overline{\Delta \ell}$ 来看，两者相等，但从相对误差来看：

$$E_1=\frac{\overline{\Delta \ell_1}}{\bar{\ell}_1}=\frac{0.01}{2.34}\times 100\%=0.4\%$$

$$E_2=\frac{\overline{\Delta \ell_2}}{\bar{\ell}_2}=\frac{0.01}{23.40}\times 100\%=0.04\%$$

前者的相对误差比后者大10倍，我们自然认为后者测量更准确些。实验的精密度高。

(二) 间接测量结果的误差

上面讨论的是多次直接测量的情况，对于间接测量情况如何呢？设 N 为间接测量的量，A、B 为直接测量的量，而它们间的关系为：$N=f(A、B)$，直接测量 A、B 的测量结果可表示 $A=\overline{A}\pm\overline{\Delta A}$ 及 $B=\overline{B}\pm\overline{\Delta B}$，通过 $N=f(A、B)$ 而算得 N，显然 N 也有误差。如何从直接测量的量 A、B 的误差求得间接测量量 N 的误差，这是误差运算问题。我们从下面的例子可以看出具体的运算方法。

(a) 和与差

设待测量 $N=A+B$ 而所测得的 $A=\overline{A}\pm\overline{\Delta A}$；$B=\overline{B}\pm\overline{\Delta B}$。

待测量最后应写成 $N=\overline{N}\pm\overline{\Delta N}$ 的形式：

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

由上式可得：

$$\overline{N}=\overline{A}+\overline{B};\qquad \Delta N=\overline{\Delta A}+\overline{\Delta B}$$

同理，若 $N=A-B$，则

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

可得：

$$\overline{N}=\overline{A}-\overline{B};\qquad \Delta N=\overline{\Delta A}+\overline{\Delta B}$$

由此可见，和差的绝对误差等于各直接测量的绝对误差之和。

上式中 $(\overline{\Delta A}+\overline{\Delta B})$ 一项中取正号而不取负号，是因为要把最大的可能出现的误差范围表示出来。

相对误差的表示和前面一样：

$$E_\gamma=\frac{\Delta N}{\overline{N}}\times100\%=\frac{\overline{\Delta A}+\overline{\Delta B}}{\overline{A}\pm\overline{B}}\times100\%$$

例如：　$N=(26.4\pm0.3)+(9.0\pm0.2)$ 厘米

则 $\bar{N}=35.4$ $\Delta N=0.5$ $N=(35.4\pm0.5)$ 厘米

$$E_\gamma=\frac{\Delta N}{\bar{N}}=\frac{0.5}{35.4}=1.4\%$$

如果 $N=(26.4\pm0.3)-(9.0\pm0.2)$ 厘米

则 $\bar{N}=26.4-9.0=17.4$

$\Delta N=0.5$

$N=(17.4\pm0.5)$ 厘米

$$E_\gamma=\frac{\Delta N}{\bar{N}}=\frac{0.5}{17.4}=2.9\%$$

(b) 乘与除：

设待测量 $N=A\cdot B$ 而测得的，

$A=\bar{A}\pm\overline{\Delta A}$；　$B=\bar{B}\pm\overline{\Delta B}$

待测量的最后结果应写成 $N=\bar{N}\pm\Delta N$ 的形式，所以

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

$$=\bar{A}\cdot\bar{B}\pm\bar{A}\overline{\Delta B}\pm\bar{B}\overline{\Delta A}$$

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

则 $\bar{N}=\bar{A}\cdot\bar{B}$；　$\Delta N=\bar{A}\overline{\Delta B}+\bar{B}\overline{\Delta A}$

相对误差 $E_\gamma=\dfrac{\Delta N}{\bar{N}}=\dfrac{\overline{\Delta A}}{\bar{A}}+\dfrac{\overline{\Delta B}}{\bar{B}}$

同理，若 $N=A/B$

$$\bar{N}\pm\Delta N=\frac{\bar{A}\pm\overline{\Delta A}}{\bar{B}\pm\overline{\Delta B}}=\frac{\bar{A}}{\bar{B}}\left(1\pm\left(\frac{\overline{\Delta A}}{\bar{A}}+\frac{\overline{\Delta B}}{\bar{B}}\right)\right)$$

$$\bar{N}=\frac{\bar{A}}{\bar{B}}\qquad\Delta N=\pm\frac{\bar{A}}{\bar{B}}\left(\frac{\overline{\Delta A}}{\bar{A}}+\frac{\overline{\Delta B}}{\bar{B}}\right)=\pm\frac{\bar{B}\Delta\bar{A}+\bar{A}\Delta\bar{B}}{\bar{B}^2}$$

相对误差 $E_\gamma = \frac{\Delta N}{\overline{N}} = \frac{\overline{\Delta A}}{\overline{A}} + \frac{\overline{\Delta B}}{\overline{B}}$

乘除的相对误差等于各量的相对误差之和·

例：　$A = (3.00 \pm 0.03)$ 厘米

　　　$B = (5.00 \pm 0.05)$ 厘米

求：　$N = A \cdot B \quad \Delta N = ?$

则：　$\overline{N} = 3.00 \times 5.00 = 1.50 \times 10$ 厘米^2

$$\frac{\Delta N}{\overline{N}} = \frac{\overline{\Delta A}}{\overline{A}} + \frac{\overline{\Delta B}}{\overline{B}} = \frac{0.03}{3.00} + \frac{0.05}{5.00} = 0.02$$

$\Delta N = \overline{N} \times 0.02 = 1.50 \times 10 \times 0.02 = 0.03 \times 10$ 厘米^2

$N = (1.50 \pm 0.03) \times 10$ 厘米^2

（c）其它常用运算的误差，可以用误差传递公式进行推导·现将结果列表供参考：

运算关系 $N = f(A, B, C \cdots)$	绝对误差 ΔN	相对误差 $E_r = \frac{\Delta N}{\overline{N}}$
$N = A + B + C + \cdots\cdots$	$\overline{\Delta A} + \overline{\Delta B} + \overline{\Delta C} + \cdots\cdots$	$\frac{\overline{\Delta A} + \overline{\Delta B} + \overline{\Delta C} \cdots\cdots}{\overline{A} + \overline{B} + \overline{C} + \cdots}$
$N = A - B$	$\overline{\Delta A} + \overline{\Delta B}$	$\frac{\overline{\Delta A} + \overline{\Delta B}}{\overline{A} - \overline{B}}$
$N = A \cdot B$	$\overline{A} \cdot \overline{\Delta B} + \overline{B} \cdot \overline{\Delta A}$	$\frac{\overline{\Delta A}}{\overline{A}} + \frac{\overline{\Delta B}}{\overline{B}}$
$N = A \cdot B \cdot C$	$\overline{B} \cdot \overline{C}\,\overline{\Delta A} + \overline{A} \cdot \overline{C}\,\overline{\Delta B} + \overline{A} \cdot \overline{B}\,\overline{\Delta C}$	$\frac{\overline{\Delta A}}{\overline{A}} + \frac{\overline{\Delta B}}{\overline{B}} + \frac{\overline{\Delta C}}{\overline{C}}$

续上表

运算关系 $N=f(A, B, C\cdots)$	绝对误差 ΔN	相对误差 $E_r=\dfrac{\Delta N}{\bar{N}}$
$N=A^n$	$n\cdot\bar{A}^{n-1}\cdot\overline{\Delta A}$	$n\cdot\dfrac{\overline{\Delta A}}{\bar{A}}$
$N=\sqrt[n]{A}$	$\dfrac{1}{n}\bar{A}^{\frac{1}{n}-1}\cdot\overline{\Delta A}$	$\dfrac{1}{n}\cdot\dfrac{\overline{\Delta A}}{\bar{A}}$
$N=\dfrac{A}{B}$	$\dfrac{B\overline{\Delta A}+A\overline{\Delta B}}{B^2}$	$\dfrac{\overline{\Delta A}}{\bar{A}}+\dfrac{\overline{\Delta B}}{\bar{B}}$
$N=\sin A$	$\cos\bar{A}\cdot\overline{\Delta A}$	$c\,tg\,\bar{A}\cdot\overline{\Delta A}$
$N=\cos A$	$\sin\bar{A}\cdot\overline{\Delta A}$	$tg\,\bar{A}\cdot\overline{\Delta A}$
$N=tg\,A$	$\dfrac{\overline{\Delta A}}{\cos^2\bar{A}}$	$\dfrac{2\overline{\Delta A}}{\sin 2\bar{A}}$
$N=c\,tg\,A$	$\dfrac{\overline{\Delta A}}{\sin^2\bar{A}}$	$\dfrac{2\overline{\Delta A}}{\cos 2\bar{A}}$

V 有效数字

在叙述“有效数字”的意义及其运算以前首先看下面的例子：

例如用只有厘米刻度的米尺来测量一棒的长度，如图 1－1 所示。我们很容易读出这棒的长度是大于10厘米，小于11厘米，虽然米尺

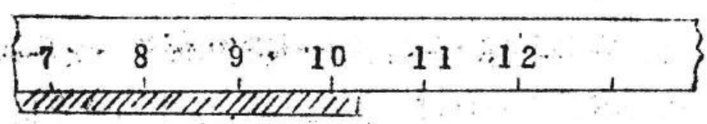

图 1－1

没有刻到毫米，但我们可以估计到毫米（最小刻度的1/10）。如图1－1上棒长可读为10.2厘米，至于再想多读一位小数，用这样的米尺是不能测出的。因为任何一个读数估计数字一般不能超过一位（在通常情况下，最多只能估计到它最小刻度的1/10）。如果用刻有毫米的米尺测量，便可以直接读到毫米，而且可以估计到毫米的1/10，如10.23厘米。假使这棒的长度恰巧为10.2厘米时，我们应当写做10.20厘米。

由上面的例子，可知因为测量仪器的精密程度不同，所得到的结果也不同。前者可估计到毫米，得到三位数字，后者可估计到1/10毫米，得到四位数字，这些"1"，"0"，"2"，"3"的数字，都是从观测得来的，叫做有效数字。有效数字的多少是由测量仪器的精密度决定，因此我们不可能随便增减数字。对同一物体的同一量进行测量时有效数字愈多，表示测量的精密度愈高。

使用有效数字的目的：可以避免繁复的运算，并能使实验的结果配合测量仪器的精密程度；同时便于选择适当精密程度的仪器，达到实验所需要的结果。

在上例10.20厘米中的二个"0"都是有效数字，而表示小数点位置的"0"不算有效数字。如0.00120米中前面三个"0"不算有效数字，因为它们仅仅表示用的单位的大小，并不能表示测量时的精密程度，因此书写时应尽量避免，而应写成10的幂次（数量级）来表示，即1.20×10^{-3}米。

有效数字和小数点的位置是没有关系的。当某量数的单位改变时，有效数字也不能有所增减。例如10.23厘米（四位有效数字）化为微米或仟米。不能写做102300微米，也不宜写做0.0001023仟米。