

## 实验报告的内容:

1. 实验名称
2. 实验目的
3. 实验仪器
4. 实验原理
5. 实验内容与步骤
6. 实验数据记录与处理
7. 讨论与分析.

## 测量误差与不确定度评定.

测量数据: 数值大小 + 单位 (缺一不可)

测量的分类: 直接测量, 间接测量.

有效数字的概念:

- 测量值存在误差不可避免, 因为测量值包含了“准确数字”和“欠准数字”. (这两者总称“有效数字”).

• 通常取 一位 欠准数字.

- 有效数字反映了 待测量的大小 和 测量的精确程度

Def. 有效数字: 测量结果第一位非零数起 到 最后一位数字止 的全部数字

$4.60\text{ cm} \neq 4.600\text{ cm}$ .

Prop. 有效数字的位数  $S$  与 被测对象数值大小 有关  
与 测量仪器的精度 有关  
与 小数点的位置 无关  
与 单位换算 无关.

测量结果第一位非零数字前的“0” 不属于 有效数字

后 一一 属于 一一



有效数字的修约规则:

四舍六入五凑偶

7.c.  $<5$ , 舍

$>5$ , 入

$=5$  } 五位非零则进一

五位全零凑成偶.

Ex.	2.4352	取3位有效数字	2.44
	17.415	— 4 —	17.42
	17.425	— 4 —	17.42

有效数字的运算法则:

① 如果要求不确定度, 那就先求不确定度. 根据不确定度来定.

② 否则, 按以下粗略方法:

(1) 加减: 结果的末位与各数末位数量级最大的一位对齐.

$$\begin{aligned} \text{Ex. } & 14.78 + 0.0047 - 1.503 \\ & = 13.2817 \\ & = 13.28 \end{aligned}$$

(2) 乘除: 结果的有效数字位数与各数中位数最少的相同.

$$\begin{aligned} \text{Ex. } & 24.568 \times \boxed{3.45} \times 128.4 \\ & = 10883.13264 \\ & = \boxed{1.09} \times 10^4. \end{aligned}$$

## 误差与不确定度

### 1. 误差与真值.

真值  $a$ : 物理量客观的真实大小

误差  $\varepsilon$ :

$$\text{关系: } \varepsilon = x - a$$

### 2. 误差的分类:

系统误差(确定性), 随机误差(随机性), 粗差(剔除)

# 不确定度:

分类: 1. 直接测量 } A类  
                              B类  
          2. 间接测量: 换算公式

## 直接测量:

A类: 由统计方法计算得出

$$U_A = \frac{t}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (n > 1); \quad U_A = 0 \quad (n = 1)$$

B类: 非统计方法估算  $U_B$

e.g. 仪器误差 (正确使用的前提下仪器示值的最大误差)

$$U_B = \Delta_{ins} = \text{级差} \times \text{量程}$$

Ex. 一个 1.0 级 量程为 3.5 V 的电压表

$$U_{BV} = \Delta U = 1.0\% \times 3.5 = 0.035 \text{ V}$$

$$\text{合成不确定度: } U = \sqrt{U_A^2 + U_B^2}$$

## 测量结果的表示:

$$x = x_{\text{测}} + U \text{ (单位)}$$

$U$ : 取 1~2 位有效数字, 尾数只进不舍

首位数字  $\geq 5$ , 取 1 位有效数字

——  $< 5$ , —— 2 ——

$x_{\text{测}}$ : 保证最后一位与修约后的  $U$  末位对齐

注: 单次测量  $U = U_B = \Delta_{ins} \quad (n=1)$

多次测量  $U = \sqrt{U_A^2 + U_B^2} \quad (n > 1)$

相对不确定度  $E_r = \frac{U}{N} \times 100\%$   
 百分差:  $\eta = \frac{|N - N_0|}{N_0} \times 100\%$  }  $\rightarrow$  修约规则与不确定度的相同.

$E_r$   
 $E_r = 1.54\% \Rightarrow 1.6\%$   
 $3.82\% \Rightarrow 3.9\%$   
 $5.04\% \Rightarrow 6\%$   
 $0.901\% \Rightarrow 1.0\%$   
 $0.491\% \Rightarrow 0.5\%$

### 间接测量:

若间接测量量  $N = f(x_1, x_2, x_3, \dots)$  ( $x_1, x_2, x_3, \dots$  为直接测量量)

若  $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3, \dots$  为直接测量量直值的最佳估值

则间接测量量的最佳估值

$$\bar{N} = f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3, \dots)$$

$\bar{N}$  不是测量次数.

不确定度:  $U_N = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 U_{x_i}^2}$

相对不确定度:  $E_{rN} = \frac{U_N}{\bar{N}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 \frac{U_{x_i}^2}{\bar{N}^2}}$

结果表示:  $N = \bar{N} \pm U_N$ ,  $\bar{N} = f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3, \dots)$

$U_N$ : 取 1~2 位有效数字, 尾数只进不舍.

首位数字  $\geq 5$ , 取 1 位有效数字

——  $< 5$ , —— 2 ——

$\bar{N}$ : 保证最后一位与修约后的  $U$  末位对齐

卡西欧  $f_{x-991CNx}$  统计计算

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (\text{样本标准差})$$

## 作图题评分标准:

1. 图的题图 (1')

2. 横(纵)坐标的物理符号 (横 1' 纵 1')

—— 单位 (—— 1' —— 1')

—— 角度选择 (—— 1' —— 1')

3. 用“+”或“x”标出数据点 3'

4. 正确用直线段拟合数据点 1'

5. 在拟合线段的两端各取 A 和 B 点.

利用坐标轴读出 A 和 B 的坐标 1'

6. 计算斜率 1'

7. 答案的数值 (1') 和 单位 (1')