广西师范大学
GUANGXI NORMAL UNIVERSITY

大学物理实验(I)

绪论

授课老师 - 朱长明

目录

一、物理实验课的地位、作用和任务

“ 物理学是以实验为本的科学。”

——————杨振宁教授

“大学物理实验”是对高等学校学生进行**科学实验基本训练**的一门独立的**必修基础课程**；是学生在大学接受**系统实验方法**和**实验技能训练**的开端。

一、物理实验课的地位、作用和任务

1

学习系统的实验方法和实验技能，培养从事科学实验的基本能力。

2

培养实事求是的科学态度和坚韧不拔的工作作风。

3

通过对物理实验现象的观察、分析和对物理量的测量，加深对基本物理概念和基本物理定律的认识和理解。

二、有效数字及其运算规则

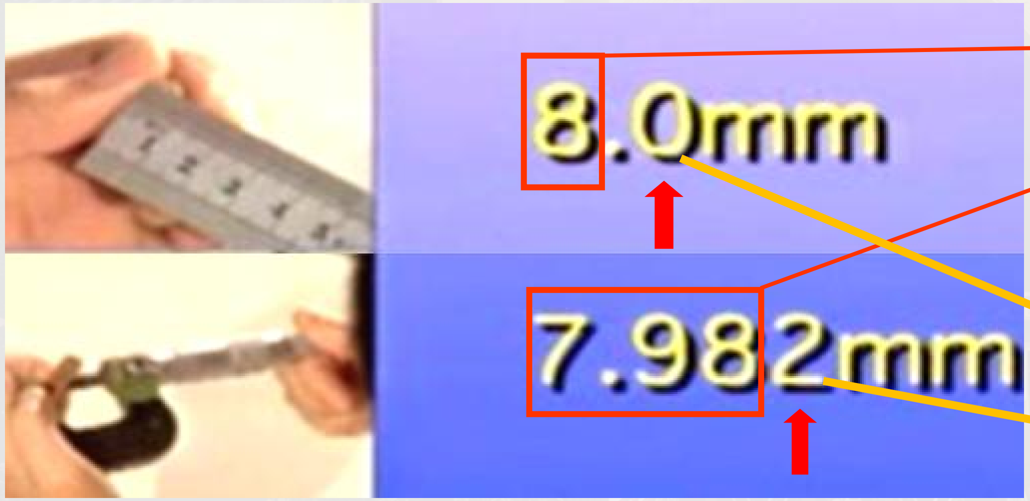
1 有效数字的定义

正确而有效地表示**测量和实验结果**的数字，称为**有效数字**。

它由**可靠的若干位**数字加上**可疑的一位**数字构成的。

二、有效数字及其运算规则

1 有效数字的定义



可靠数字

可疑数字

二、有效数字及其运算规则

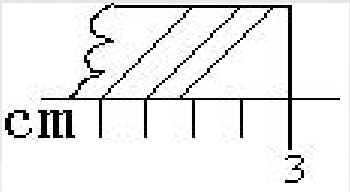
2 有效数字的特点

① 有效数字**位数与单位和小数点位置无关**；

如： 59.6mm = 5.96cm = 0.0596m。

② 当 **“0”** 不是表示小数点位置时（0在数字中间或数字后面），为有效数字，因此数据最后的 “0” 不能随便加上，也不能随便减去。

如：



应记为3.00cm，而不是3cm或3.0cm。

二、有效数字及其运算规则

2 有效数字的特点

③ 有效数字反映**仪器的精度**，读数时必须读到估读的一位；

如：1.35cm，其中**0.05cm**为估读位。米尺的最小分度值为**0.1**cm，因此估读位为 **0.01**cm。

④ 有效数字的**科学书写方式**（浮点书写规则）

如：31千克~~=~~**31000**克　　应写成，31千克= **3.1**$\times 10^4$克。

二、有效数字及其运算规则

3 有效数字运算规则

1）有效数字的**加、减**

- 例1：251.3
- ＋ 24.45
- 275.75
- 记作275.8

- 例2: 583.5
- \- 41.23
- 542.27
- 记作542.3

加减法的结果的**小数位**与参与运算各量中**小数点位数最少的相同**。

二、有效数字及其运算规则

3 有效数字运算规则

2）有效数字的**乘、除**

- 例3:　562.31
- 　　× 　12.1
- 　　56231
- 　112462
- 56231
- 6803.951

记作6.80×10^3

乘除法运算后的有效数字位数，与参与运算各数中**有效位数最少的相同。**

二、有效数字及其运算规则

3 有效数字运算规则

3）乘方、开方的有效数字

乘方、开方的**有效数字位数**与其**底**的**有效数字位数相等**。

4）有效数字的修约

去掉第二位可疑数字时要用"**四舍六入五凑偶**"法，即：尾数**小于 5 则舍；大于5则入；等于5时**，若5的前一位为**奇数则入**，5的前一位为**偶数则舍**，这样可使舍入的机会相等。

如：0.5025——0.502；0.5015——0.502

二、有效数字及其运算规则

3 有效数字运算规则

5）注意事项

- 对于参与运算的**准确数或常数**，如倍数3、测量次数n,**不受有效数字运算规则限制**。常数**π、e**等的有效数字位数可以认为是无限制的，一般取与被测量的**有效数字位数相同**。
- 运算过程中**参与运算的数值的有效数字**可以比按有效数字运算规则规定的**多保留一位**，以防止多次取舍引入误差，但运算最后仍按有效数字运算规则执行。

三、测量和误差的基本概念

1 测量

1）**定义**：以确定**被测对象量值**为目的的全部操作。

测量是将**待测量**与**选作标准的同类量**进行比较，得出**倍数值**。该标准量为**单位**，倍数值为**数值**。

$$\underbrace{L=3.15}_{\text{数值}}\ \underbrace{\text{cm}}_{\text{单位}}$$

$$\boxed{L=\cancel{3.15}}$$

表示一个被测对象的测量值时**必须**包括**数值**和**单位**

三、测量和误差的基本概念

1 测量

2）测量的分类:

直接测量	间接测量
可以用测量仪器或仪表直接读出测量值的测量。如长度、质量、温度等。	依据待测量和某几个直接测量值的函数关系求出，这样的测量称为间接测量。如体积、密度等。

三、测量和误差的基本概念

2 误差

1）真值与误差

真值：某**物理量**在一定**客观条件**下的**真实大小**，称为该物理量的**真值**。

误差: **测量结果**和**真值**之间的**差异**。

误差来源： A.小于仪器刻度的值是测量者估计的；

B.仪器分度线本身不可能绝对准确；

C.外界环境的变化对测量产生影响。

三、测量和误差的基本概念

2 误差

绝对误差

设被测量的**真值为x_0**，**测量值为x**，**误差为Δx**，则$\Delta x = x - x_0$，Δx反映了**测量值偏离真值**的**大小和方向**，称为**绝对误差**。

相对误差

相对误差定义为**测量的绝对误差**与**真值之比**，即：

$$E = \frac{\Delta x}{x_0} \times 100\%$$

三、测量和误差的基本概念

2 误差

2）误差的分类

系统误差：在一定的条件下（仪器、方法、环境和观测者不变），**多次测量同一量时，符号和绝对值保持不变**的误差，或按照**某一确定的规律变化**的误差。

随机误差：在实际测量条件下，对同一量进行**多次**测量时，**误差的绝对值符号**以**不可预定方式变化**的误差。

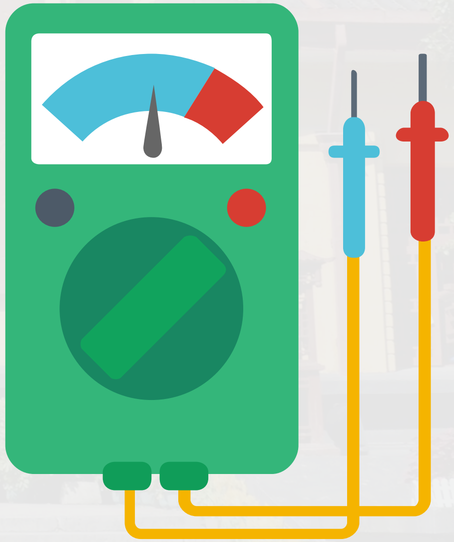
四、算术平均值与误差的估算

1 单次直接测量的误差估算

1）取仪器误差

仪器示值的最大绝对误差

Δx =±量程×准确度等级%



例如：0.5级电压表量程为3 V时，

ΔV =±3×0.5%=±0.015 V

四、算术平均值与误差的估算

1 单次直接测量的误差估算

2）**取仪器最小刻度的一半**（**若没有给出仪器误差**）

说明：对有游标的器具和非连续读数的仪器（**电子秒表，数字仪表**），取**分度值**。

- 如电子秒表的最小分度为**0.01**秒，其仪器误差取**0.01**秒。
- 对**连续读数仪器，取分度值的一半**。如米尺的分度值为1mm，仪器误差取分度值的一半0.5mm。

四、算术平均值与误差的估算

2 多次直接测量的平均值及误差估算

在同等条件下，对物理量x进行多次测量，测量量分别为x_1，x_2，x_3，…，x_n

1）多次测量的**算术平均值**

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

四、算术平均值与误差的估算

2 多次直接测量的平均值及误差估算

2）**算术平均偏差**

$$\Delta x = \frac{1}{n}(|x_1 - \overline{x}| + |x_2 - \overline{x}| + \cdots + |x_n - \overline{x}|)$$

$$= \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|x_i - \overline{x}|$$

四、算术平均值与误差的估算

2 多次直接测量的平均值及误差估算

3）标准偏差

$$S_x=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\overline{x})^2}{n-1}}$$

这一公式称为**贝塞尔公式**。

四、算术平均值与误差的估算

2 多次直接测量的平均值及误差估算

3）**标准偏差**

平均值的标准偏差$S_{\bar{x}}$是一系列单次测量的**标准偏差**S_x的$1/\sqrt{n}$。

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$

标准偏差小的测量值，表示**分散范围较窄**，测量值偏离真值的**可能性较小**，即测量值的**可靠性较高**。

测量值的结果表示为：$x = \bar{x} \pm \Delta x$或$x = \bar{x} \pm S_{\bar{x}}$

例题

将某物体的长度测量5次，得到的测量量分别为

$x_1 = 3.41cm$，$x_2 = 3.43cm$，$x_3 = 3.45cm$，$x_4 = 3.44cm$，$x_1 = 3.42cm$

则**算术平均值为:**

$$\bar{x} = \frac{1}{5}(3.41 + 3.43 + 3.45 + 3.44 + 3.42) = 3.43cm$$

算术平均偏差为：

$$\Delta x = \frac{1}{5}(|3.41 - 3.43| + |3.43 - 3.43| + |3.45 - 3.43| + |3.44 - 3.43| + |3.42 - 3.43|) \approx 0.01cm$$

测量结果：$x = \bar{x} \pm \Delta x = (3.43 \pm 0.01)cm$

3 间接测量的误差计算

设N为间接测得量，而A、B、C …为直接测得量，$A=\overline{A}\pm\Delta A$， $B=\overline{B}\pm\Delta B$， $C=\overline{C}\pm\Delta C$，

它们之间满足一定的关系，即$N=f(A，B，C,\cdots)$，那么，我们如何求得

$$\overline{N}=?，\Delta N=?，E_r=?，N=?\pm?$$

四、算术平均值与误差的估算

3 间接测量的误差计算

1）**加法运算**中的误差（**和**的误差）

$$N = A + B + C + \cdots$$

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

近似真值：$\bar{N} = \bar{A} + \bar{B} + \bar{C} + \cdots$

绝对误差：$\Delta N = \Delta A + \Delta B + \Delta C + \cdots$

相对误差：$E_r = \frac{\Delta N}{\bar{N}} \times 100\%$

测量结果：$\mathrm{N} = \bar{N} \pm \Delta N$

四、算术平均值与误差的估算

3 间接测量的误差计算

2）**减法运算**中的误差（**差**的误差）

$$N = A - B - C - \cdots$$

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

近似真值：$\overline{N}=\overline{A} - \overline{B} - \overline{C} - \cdots$

绝对误差：$\Delta N = \Delta A + \Delta B + \Delta C + \cdots$（误差取大原则）

相对误差：$E_r = \dfrac{\Delta N}{\overline{N}} \times 100\%$

测量结果：N=$\overline{N} \pm \Delta N$

四、算术平均值与误差的估算

3 间接测量的误差计算

3）乘法运算中的误差（积的误差）

$$N = A \times B$$

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

近似真值： $\bar{N}=\bar{A} \times \bar{B}$

绝对误差： $\Delta N = \bar{A} \times \Delta B \pm \bar{B} \times \Delta A$

相对误差： $E_r = \frac{\Delta N}{\bar{N}} = \frac{\bar{A}\times\Delta B \pm \bar{B}\times\Delta A}{\bar{A}\times\bar{B}} = \frac{\Delta A}{\bar{A}} + \frac{\Delta B}{\bar{B}}$

测量结果： $N=\bar{N} \pm \Delta N$

四、算术平均值与误差的估算

3 间接测量的误差计算

乘、除运算中的相对误差表达式可以推广到任意个直接测得量的情况，即

$$E_r = \frac{\Delta A}{\overline{A}} + \frac{\Delta B}{\overline{B}} + \frac{\Delta C}{\overline{C}} + \cdots$$

- 乘除运算的相对误差等于各直接测得量的相对误差之和；
- 乘除法运算中的误差先算相对误差后算绝对误差。

四、算术平均值与误差的估算

4 误差传递的一般方法

设有函数关系 $y = f(x_1, x_2, \cdots)$，对该式求微分并以误差符号表示，即可求出y的绝对误差

$$\Delta y = \frac{\partial f}{\partial x_1}\Delta x_1 + \frac{\partial f}{\partial x_2}\Delta x_2 + \cdots$$

对$y = f(x_1, x_2, \cdots)$两边先取自然对数，再求微分并以误差符号表示，即可求出y的相对误差

$$\frac{\Delta y}{y} = \left|\frac{\partial \ln f}{\partial x_1}\right|\Delta x_1 + \left|\frac{\partial \ln f}{\partial x_2}\right|\Delta x_2 + \cdots$$

例题

已知$\rho=\frac{4m}{\pi d^2 h}$，其中$m=\bar{m}\pm\Delta m,\ d=\bar{d}\pm\Delta d,\ h=\bar{h}\pm\Delta h$,求$\rho$的误差传递公式。

解：对公式$\rho=\frac{4m}{\pi d^2 h}$两边**取自然对数**：

$$\ln\rho=\ln\frac{4}{\pi}+\ln m-2\ln d-\ln h$$

$\ln\rho$分别对各直接量求**一阶导数**：

$$\frac{\partial\ln\rho}{\partial m}=\frac{1}{m},\quad \frac{\partial\ln\rho}{\partial d}=-\frac{2}{d},\quad \frac{\partial\ln\rho}{\partial h}=-\frac{1}{h}$$

得**误差传递公式**：

$$\frac{\Delta\rho}{\rho}=\left|\frac{\partial\ln\rho}{\partial m}\right|\Delta m+\left|\frac{\partial\ln\rho}{\partial d}\right|\Delta d+\left|\frac{\partial\ln\rho}{\partial h}\right|\Delta h=\frac{1}{m}\Delta m+\frac{2}{d}\Delta d+\frac{1}{h}\Delta h$$

五、测量的不确定度

不确定度是建立在**误差理论**上的一个新概念，是**误差的数字指标**，它表示由于测量误差的存在而对被测量值**不能肯定的程度**，即测量结果**不能肯定的误差范围。**

每个测量结果**总存在不确定度**，作为一个完整的测量结果，不仅要标明其**量值大小**，还要标出**不确定度**，以表示该测量结果的**可信赖程度**。

五、测量的不确定度

1 A类不确定度$u_A(x)$

A类分量等于用统计方法计算出的**标准偏差**，即A类不确定度$u_A(x)$为平均值的**标准偏差**：

$$u_A(x) = S(\overline{x}) = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \overline{x})^2}{n(n-1)}}$$

五、测量的不确定度

2 B类不确定度$u_B(x)$

用**非统计方法**评定测量结果的不确定度就是**B类不确定度**。

标准不确定度的B类评定有几种不同的情况，但一般参照**仪器的分度值**去确定其**极限误差**，一般认为仪器的误差服从**均匀**分布，其极限误差为Δ，则其标准差为$\Delta/\sqrt{3}$，故其B类不确定度为：

$$u_B(x) = \Delta/\sqrt{3}$$

五、测量的不确定度

3 合成不确定度$u_c(x)$

最后**测量结果的不确定度**，由A、B两类不确定度合成，即

$$u_c(x) = \sqrt{u_A{}^2(x) + u_B{}^2(x)}$$

五、测量的不确定度

4 合成不确定度的计算

对于**直接测量量**：设被测量量的不确定度有k项，不论A类或B类，都按**方和根**合成，其**合成不确定度**

$$u_c(x)=\sqrt{\sum_{i}^{k}u^2(x_i)}$$

五、测量的不确定度

4 合成不确定度的计算

对**间接测量量**：设$y=f(x_1,x_2,\cdots,x_m)$，各直接测量结果为$\bar{x}_1 \pm u_c(\bar{x}_1)$，$\bar{x}_2 \pm u_c(\bar{x}_2)$，⋯，则间接测量结果量$y=\bar{y}\pm u_c(\bar{y})$，合成不确定度为

$$u_c(\bar{y})=\sqrt{\sum_{i=1}^{m}\left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 {u_c}^2(x)}$$

合成不确定度可以套用标准误差传递公式进行估算。

五、测量的不确定度

5 测量结果的有效数字取舍原则

- **不确定度**一般只保留**1~2位有效数字**；
- 当**首位数字≥3**时，取**1位**；小于3时，可取2位；
- 对于后面多余的数字采用进位法舍去；
- 如：计算结果得到不确定度为0.0231mm，则应取u =0.024mm;
- 如果计算结果得到不确定度为0.0431mm，则应取u =0.05mm;
- 测得值的保留位数与不确定度保留位数相同，即**测得值的有效数字的末位和不确定度末位对齐**，如$g = (979.2 \pm 0.6)\ cm/s^2$

例题

实验　测量一金属管的体积并求其误差及不确定度

分析：金属管为中空的圆柱形物体，要测量其外径、内径、管高等物理量，再通过公式计算其体积。这些物理量中，**外径、内径、管高**为**直接测得量**。而**体积是间接测得量**，其**误差**及**不确定度**要按前面所讲方法进行计算。

测量一段金属管外径，内径，高,卡尺精度0.05mm

项目 次数	外径 D_1(mm)	△ d_1 （mm）	内径 D_2(mm)	△ d_2 （mm）	高 h（mm）	△h (mm)
1	21.50	0.03	16.50	0.08	43.35	0.19
2	21.25	0.28	16.30	0.12	43.50	0.04
3	21.40	0.13	16.25	0.17	43.35	0.19
4	21.70	0.17	16.60	0.18	43.70	0.16
5	21.80	0.27	16.45	0.03	43.80	0.26
平均值	21.53	(0.176) 0.2	16.42	(0.116) 0.2	43.54	(0.168) 0.2
结果	$d_1=(21.5\pm0.2)mm$		$d_2=(16.4\pm0.2)mm$		$h=(43.5\pm0.2)mm$	

测量一段金属管外径，内径，高,卡尺精度0.05mm

得到了内、外径及管高的表达式后应该先求体积的近似真值

近似真值:

$$\bar{V}=\frac{\pi}{4}\left(\bar{d}_1^2-\bar{d}_2^2\right)\bar{h}$$

将内、外径和管高的近似真值代入体积公式

$$\overset{?}{=}\frac{3.142}{4}(21.5^2-16.4^2)\times 43.5$$

$$=\frac{3.142}{4}(462-\underset{?}{269})\times 43.5$$

$$=\frac{3.142}{4}193\times 43.5$$

$$=6.\underset{?}{5}9\times 10^3\,mm^3$$

对体积的误差及测量结果的求解

求出体积的近似真值后，接下来要求出体积的相对误差和绝对误差。先求哪一个呢？

从体积V的求解公式可以看出V是三个表达式相乘而得到的间接测得量，根据经验“乘除法先算相对误差”。

$$V = \frac{\pi}{4} \left(d_1^2 - d_2^2\right) h$$

误差传递公式：？

对体积的误差及测量结果的求解

相对误差

$$E_V = E_{\frac{\pi}{4}} + E_{(d_1^2 - d_2^2)} + E_h$$

$$= 0 + \frac{\Delta(d_1^2 - d_2^2)}{(d_1^2 - d_2^2)} + \frac{\Delta h}{h}$$

$$= \frac{2d_1\Delta d_1 + 2d_2\Delta d_2}{(d_1^2 - d_2^2)} + \frac{\Delta h}{h}$$

$$= \frac{2 \times 21.5 \times 0.2 + 2 \times 16.4 \times 0.2}{(21.5^2 - 16.4^2)} + \frac{0.2}{43.5}$$

$$= 6.2\% + 0.16\% = 7\%$$

对体积的误差及测量结果的求解

绝对误差 $\Delta\overline{V} = \overline{V} \times E_v = 6.59 \times 10^3 \times 0.07 = 0.5 \times 10^3 \, mm^3$

测量结果 $V = \overline{V} \pm \Delta\overline{V} = (6.6 \pm 0.5) \times 10^3 mm^3$

测量值有效数字末位和误差末位对齐。

对体积的误差及测量结果的求解

- d_1、d_2和h的A类不确定度分别为：

$$u_A(\bar{d}_1) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{5}(d_{1i} - \bar{d}_1)^2}{n(n-1)}} = 0.099$$

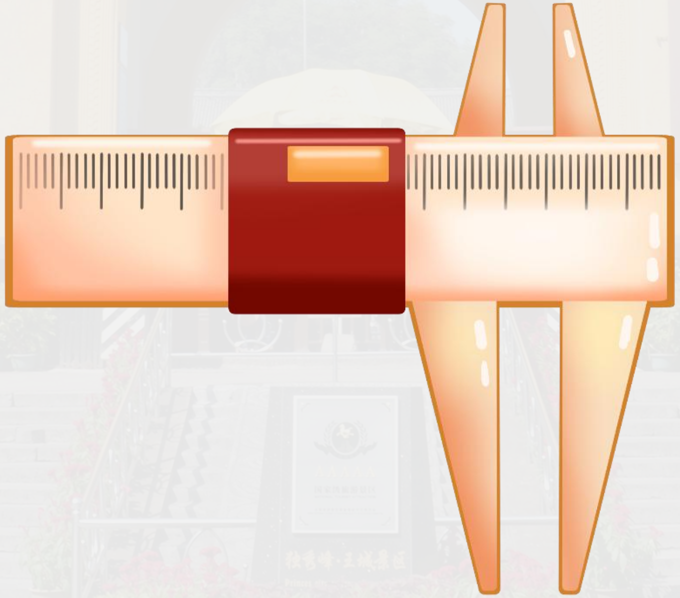
$$u_A(\bar{d}_2) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{5}(d_{2i} - \bar{d}_2)^2}{n(n-1)}} = 0.064$$

$$u_A(\bar{h}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{5}(h_i - \bar{h})^2}{n(n-1)}} = 0.091$$

对体积的误差及测量结果的求解

- 卡尺精度**0.05mm**,因此d_1、d_2和h的B类不确定度均为：

$$u_B=\Delta/\sqrt{3}=0.05/\sqrt{3}=0.0289$$



对体积的误差及测量结果的求解

- d_1、d_2和h的合成不确定度分别为：

$$u_c(\bar{d}_1) = \sqrt{u_A^2(\bar{d}_1) + u_B^2(\bar{d}_1)} = 0.103$$

$$u_c(\bar{d}_2) = \sqrt{u_A^2(\bar{d}_2) + u_B^2(\bar{d}_2)} = 0.0702$$

$$u_c(\bar{h}) = \sqrt{u_A^2(\bar{d}_2) + u_B^2(\bar{d}_2)} = 0.095$$

对体积的误差及测量结果的求解

- d_1、d_2和h的测量结果表达式为：

$$d_1 = (21.5 \pm 0.2)mm$$

$$d_2 = (16.40 \pm 0.08)mm$$

$$h = (43.5 \pm 0.1)mm$$

对体积的误差及测量结果的求解

- 体积V 不确定度为：

$$u_c^2(\overline{V})=\left(\frac{\partial f}{\partial d_1}\right)^2 u_c{}^2(d_1)+\left(\frac{\partial f}{\partial d_2}\right)^2 u_c{}^2(d_2)+\left(\frac{\partial f}{\partial h}\right)^2 u_c{}^2(h)$$

式中$\frac{\partial f}{\partial d_1}=\frac{\pi h d_1}{2}$，$\frac{\partial f}{\partial d_2}=\frac{\pi h d_2}{2}$，$\frac{\partial f}{\partial h}=\frac{\pi({d_1}^2-{d_2}^2)}{4}$，

代入数据得

$$u_c(\overline{V})=0.172\times 10^3 mm^3=0.2\times 10^3 mm^3$$

对体积的误差及测量结果的求解

- 金属管体积的测得结果为：

$$V = \overline{V} \pm u_c(\overline{V}) = (6.6 \pm 0.2) \times 10^3 mm^3$$

- 相对不确定度为：

$$E = \frac{u_c(\overline{V})}{\overline{V}} \times 100\% = \frac{0.2}{6.6} \times 100\% = 3\%$$

六、实验数据的处理方法

实验中被记录下来的一些原始数据需要经过**适当的处理和计算**才能**反映出事物的内在规律或得出测量值**，这种处理的计算过程称为数据处理。根据不同的需要，可采用不同的数据处理方法。

1	2	3	4
列表法	逐差法	**图解法**	最小二乘法

六、实验数据的处理方法

1 列表法

数据在列表时，应按以下原则：

1）表格应**简明、齐全、清楚有条理、分类明显**，便于反映各物理量之间的关系。

2）各栏目均应标明**名称和单位**。单位应按国标规定标明。名称若为自定义符号，应加以说明。

3）表中的**数据**应正确反映测量结果的**有效数字**。

4）表中列入测量**原始数据及处理过程**中的一些重要**中间结果**。

六、实验数据的处理方法

例：

物理量的名称(符号)和单位

次序	D(CM)	残差(CM)	H(CM)	残差(CM)
1	2.1367	0.0004	1.668	0.002
2	2.1370	0.0001	1.674	0.004
3	2.1369	0.0002	1.668	0.002
4	2.1380	0.0009	1.670	0.000
5	2.1369	0.0002	1.666	0.004
6	2.1374	0.0003	1.668	0.002
7	2.1373	0.0002	1.674	0.004
8	2.1369	0.0002	1.672	0.002
平均	2.1371		1.670	

有效数字正确

记录原始数据也应养成好习惯，**横平竖直**。

六、实验数据的处理方法

2 逐差法

当两个物理量的函数关系满足多项式的形式，**自变量x 等间距变化**时，常用**逐差法**处理数据。

优点：能充分利用实验数据，减小误差。

例如：在弹性限度内，弹簧的伸长量与所受的拉力满足线性关系，结果如下表所示：

砝码质量(kg)	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000	7.000	8.000
弹簧伸长量位置(cm)	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8

六、实验数据的处理方法

2 逐差法

根据实验数据，可求出每增加1kg砝码，弹簧的平均伸长量Δx 。

如果只是采取前后逐项相减后取平均值的方法，结果如下：

$$\Delta x=\frac{1}{7}[(x_2-x_1)+(x_3-x_2)+\cdots+(x_8-x_7)]=\frac{1}{7}(x_8-x_1)$$

问题：x_2至x_7的数据都没用上，与**一次增加7个砝码**的**单次测量等价**。

六、实验数据的处理方法

2 逐差法

正确做法：采用逐差法处理数据。即把数据分为前后两组，前一组(x_1，x_2，x_3，x_4)，后一组(x_5，x_6，x_7，x_8)，然后对应项相减求平均。即：

$$\Delta x=\frac{1}{4\times 4}[(x_5-x_1)+(x_6-x_2)+(x_7-x_3)+(x_8-x_4)]$$

优点：x_1至x_8的全部数据都用上，**保持多次测量的优点**，减少随机误差，计算结果更准确。

六、实验数据的处理方法

3 作图法

作图时要先**整理出数据表格**，并要用**坐标纸**作图。

表1：伏安法测电阻实验数据

$U(V)$	0.74	1.52	2.33	3.08	3.66	4.49	5.24	5.98	6.76	7.50
$I(mA)$	2.00	4.01	6.22	8.20	9.75	12.00	13.99	15.92	18.00	20.01

1）选择**合适**的**坐标分度值**，确定坐标纸的大小

坐标分度值的选取应能基本反映测量值的**准确度**或**精密度**。

根据表 1 数据U 轴可选**1mm**对应于**0.10V**，I 轴可选**1mm**对应于**0.40mA**，并可定坐标纸的大小（略大于坐标范围、数据范围）约为130mm×130mm。

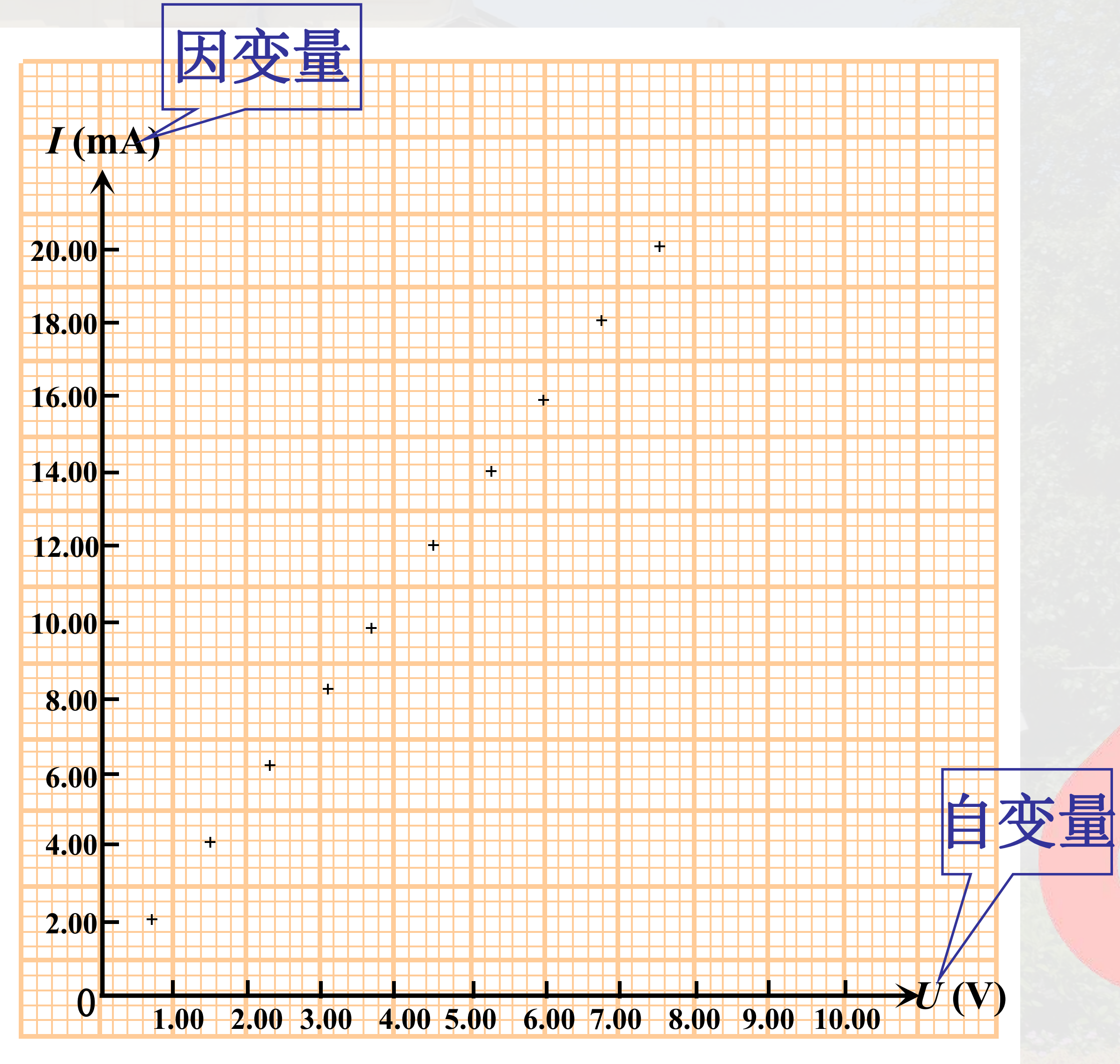
六、实验数据的处理方法

2) 标明**坐标轴**：

用**粗线画坐标轴**，用**箭头标轴方向**，标坐标轴的**名称或符号、单位**，再按顺序标出坐标轴整分格上的量值。

3) 标**实验点**：

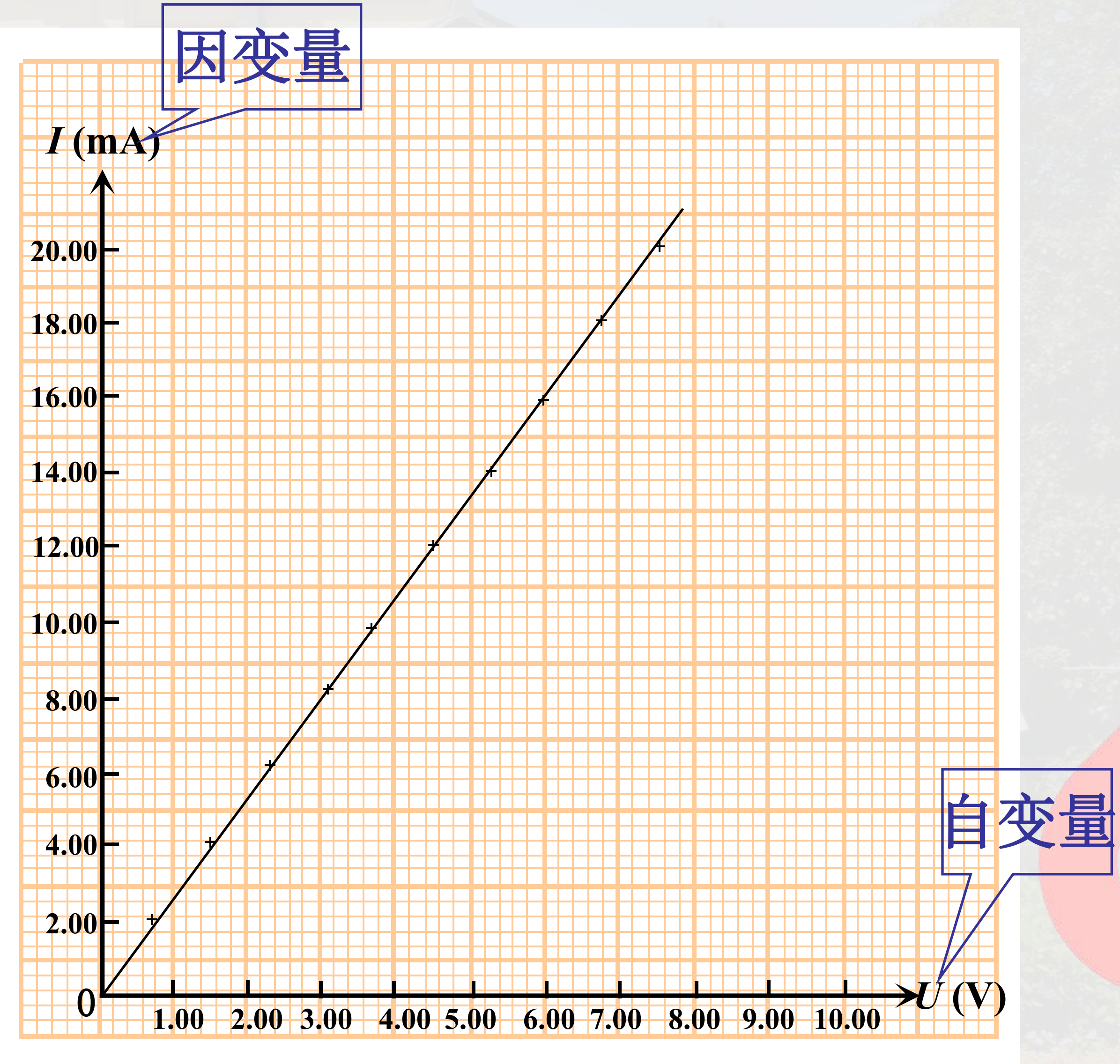
实验点可用“+”、“○”、“●”等符号标出。



六、实验数据的处理方法

4) **连成图线**：

用**直尺、曲线板**等把点连成**直线**、**光滑曲线**。一般不强求直线或曲线通过每个实验点，应使图线两边的实验点与图线最为接近且分布大体均匀。



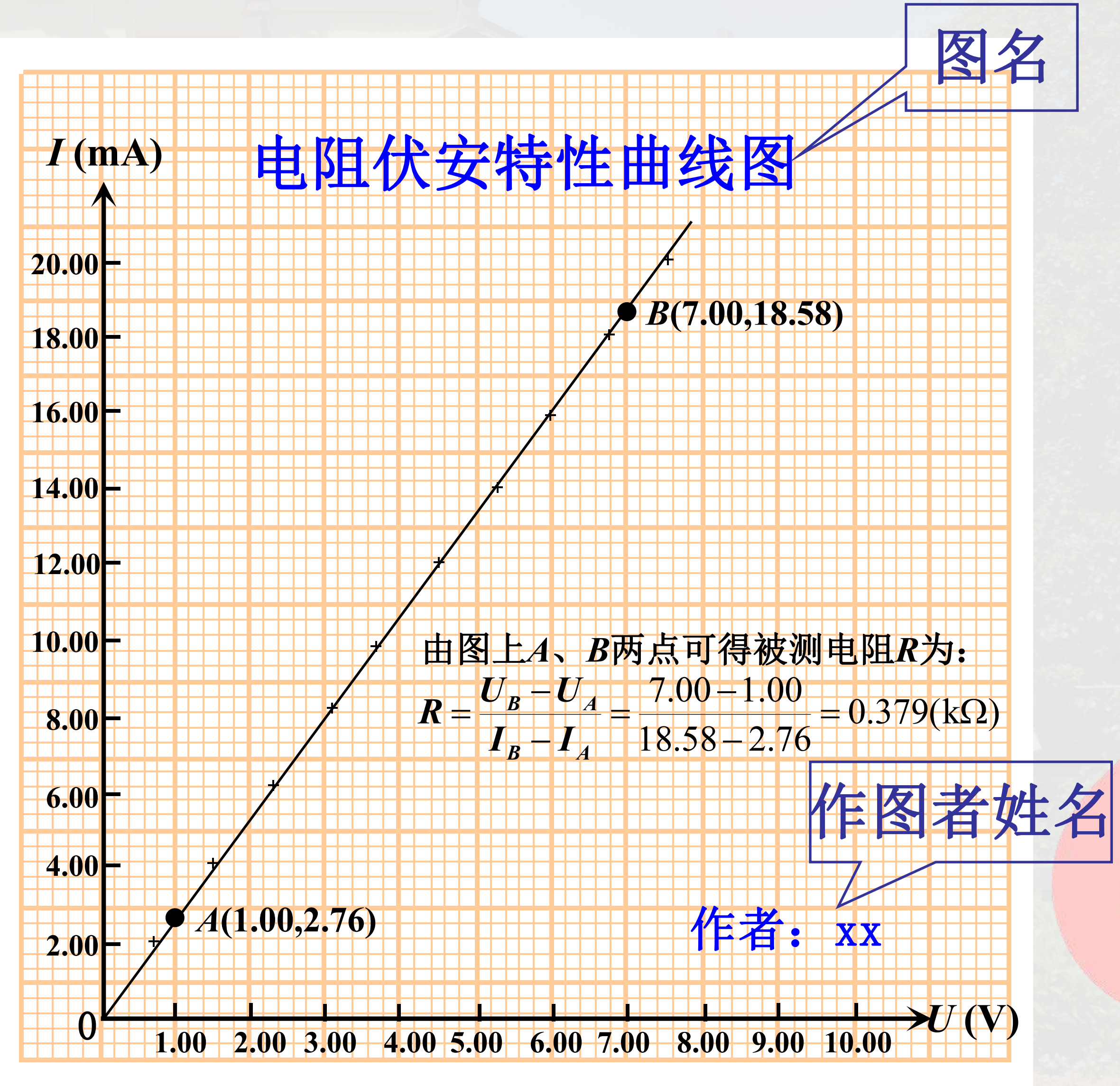
六、实验数据的处理方法

5) **标出图线特征**：

在图上空白位置标明实验条件或从图上得出的某些参数。

6) **标出图名**：

在图线下方或空白位置写出图线的名称及某些必要的说明。



六、大学物理实验(I)项目安排

- 实验一　密度的测量
- 实验二　用单摆测重力加速度
- 实验三　牛顿第二定律的验证
- 实验四　金属比热容的测定测量
- 实验五　伏安法测电阻
- 实验六　非线性元件伏安特性的测量
- 实验七　用惠斯登电桥测电阻
- 实验八　示波器的使用
- 实验九　薄透镜焦距的测定
- 实验十　用牛顿环测透镜曲率半径

七、物理实验课的基本程序和要求

1 课前预习

以理解原理为主,搞清实验内容和方法,测量哪些物理量,设计好数据记录表格，完成预习报告。

2 正式实验

① 实验前：“签到”。

② 实验中：观察实验现象；必要的现象和数据记录在原始数据记录表格中（不能用铅笔记录）。

③ 实验完：原始记录交教师审阅“签字”。整理仪器，填写《仪器设备使用记录》后方可离开实验室。

3 写实验报告

实验报告

广西师范大学物理学实验教学中心

实验预习报告

专业：________ 学号：________ 姓名：________ 指导老师签名：________

实验名称：
实验目的、实验原理及步骤(简述)：

实验原始数据记录：
指导老师签名： 年 月 日

广西师范大学物理学实验教学中心

______________________实验报告

______________学院__________专业

______年级______班　第______实验小组

姓名____________学号____________

实验时间______年______月______日______时

天气______气压______温度______湿度______

指导老师意见：

成绩　　　　　　　　指导老师
　　　　　　　　　　签　　名

实验名称：
实验目的：
实验仪器（名称、型号、精度）：

实验原理、实验内容与步骤、实验数据处理及结果、误差分析、总结：

各班学委请与潘福东老师联系，电话：13087738618，购买好实验报告册本，每人1本。

考核办法

课程成绩由线上成绩和线下实验成绩两部分组成。

1、线上成绩：占总成绩的30%，包括线上相关实验项目的视频学习（预习）及相关的测试题考核；

2、线下实验成绩：占总成绩的70%，每个实验项目以100分计，取10个实验项目的成绩平均值作为线下实验成绩，包含实验操作、实验数据记录、实验报告撰写等内容；其中每缺1个实验项目扣除10分。

广西师范大学
GUANGXI NORMAL UNIVERSITY

大学物理实验(I)

祝大家学习愉快！

授课老师 - 刘富池