大学物理实验

荆楚理工学院数理学院应用物理教研室

刘　进

2013年9月

主要内容

- 如何正确认识实验课的作用
- 明确实验课的目的和意义
- 实验绪论的主体内容
- 实验报告撰写与实验考核指导

某些同学的错误观念

- 实验课是为了培养动手能力
- 实验课仅仅是为了培养动手能力?
- 更重要的是：观察、思考和读懂文字
- 眼观六路（想），耳听八方（想）
- 四年大学学习你能够带走的是什么?

实验课的目的和意义

- 学习并掌握各种基本物理量的测量方法
- 学习并掌握各种基本测量仪器的使用方法
- 学习并掌握实验数据处理的基本方法
- 学习并掌握实验报告的撰写方法

四个基本方法=基本工作能力

创造性的思维能力

大学物理实验课的任务

通过大学物理实验课的学习，学生应在习惯、知识、能力三方面达到如下要求：

（一）培养良好的科学实验素养。

（二）掌握物理实验的基础知识，加深对物理学原理的理解。

（三）培养与提高科学实验能力。

大学物理实验课的作用

大学物理实验课是高等工科院校的一门必修基础课程，是对学生进行科学实验基本训练，提高学生分析问题和解决问题能力的重要课程。物理实验课和物理理论课具有同等重要的地位。

诺贝尔物理学奖获得者、著名理论物理学家杨振宁教授曾经说过，“物理学是以实验为本的科学”，这充分说明了物理实验的作用和重要性。

物理实验课的基本程序和要求

一、实验课前预习

1、预习讲义中与本实验相关的全部内容。

2、写出预习报告（实验题目、目的、仪器、原理、主要计算公式、原理简图），准备原始实验数据记录表格。

二、课堂实验操作

1、上课需带实验讲义、笔、尺、计算器等。

2、必须在了解仪器的工作原理、使用方法、注意事项的基础上，方可进行实验。

3、仪器安装调试后经教师检查无误后方可进行实验操作。

4、注意观察实验现象，认真记录测量数据，将数据填入实验记录表格,数据须经指导老师检查及签字。

5、实验后请将使用的仪器整理好，归回原处。经教师允许后方可离开实验室。

三、课后按要求完成实验报告,并在规定的时间交任课老师。

教学安排

大学物理实验课—力学、热学、光学部分

本学期:

讲课、基本实验、考试（笔试）

共计36学时，按课表排定时间上课

大学物理实验绪论

§1.物理实验的地位和作用

§2.测量误差和不确定度

§3.实验数据的列表与作图

§4.怎样上好物理实验课

测量与误差

测量的概念和常用词汇

测量和测量单位

测量的实质就是将待测物体的某物理量与相应的标准做定量比较。

测量的结果应包括数值（即度量的倍数）、单位以及结果可信赖的程度（用不确定度来表示）。

直接测量、间接测量、等精度测量

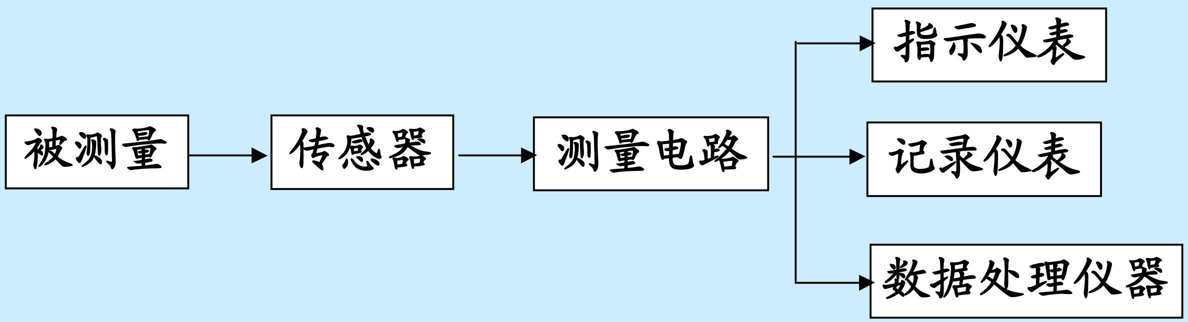
直接测量：把待测物理量直接与作为标准的物理量进行比较。例如用米尺测物体的长度，用电流计测线路中的电流

间接测量：指利用直接测量的量与被测的量之间已知的函数关系，从而得到该被测量的量。例如测物体密度时，先测出该物体的体积和质量，再用公式算出物体的密度。

等精度测量：同一个人，用同样的方法，使用同样的仪器，并在相同的条件下，对同一物理量进行的多次测量。物理实验中所说的多次测量通常指等精度测量。

测量方法

- § 比较法、补偿法、放大法、模拟法、平衡测量法
- § 振动与波动方法
- § 光学实验方法：干涉法、衍射法、光谱法、光测法
- § 非电量的电测法



图：　非电量电测法

误差（绝对误差、相对误差）与真值

§ 误差：测量误差就是测量结果与被测量的真值（或约定真值）之间的差值，测量误差的大小反映了测量结果的准确程度。测量误差可以用绝对误差表示，也可以用相对误差表示。

§ 绝对误差(δ)=测量结果（x）－被测量的真值（a）

§ 相对误差（Er）=绝对误差（δ）/ 真值（a）×100%

§ 真值：是一个理想概念，一般说来实验者对真值是不知道的。通常用算术平均值来代替真值，称为约定真值。

§2.测量误差和不确定度

2-1 测量的误差和不确定度基础知识

2-2 实验数据的有效位数

2-1测量的误差和不确定度基础知识

§ 测量

被测量 ⟷ 标准量

仪器、方法

§ 测量结果应包括**数值**、**单位**和对**测量结果精确程度**的评价

以电阻测量为例：

$$R = 910.3 \pm 0.4\,\Omega$$

测量对象　　数值　　不确定度　　单位

含义：R 的真值有相当大（例如95%）的可能（概率）位于区间（909.9，910.7）Ω之内。

不必写成

R=(910.3±0.4) Ω

R=910.3 Ω ±0.4 Ω

R=910.3 ± 0.4(Ω)

§ 测量分为直接测量和间接测量

- 直接测量：被测量直接与标准量相比较而得出测量结果
- 间接测量：利用被测量与可以直接测量的的函数关系，通过计算而得出测量结果

例:

测量铜柱的密度时，我们可以用米尺量出它的高h和直径d，算出体积 $V = \frac{p d^2 h}{4}$ 后用天平称出它的质量M，算出密度:

$$r = \frac{M}{V} = \frac{4M}{p d^2 h}$$

这里，我们说:

铜柱的高 h、直径d 和质量M是直接测得量，体积V和密度 ρ 是间接测得量。

误差的定义、分类和性质

误差公理：测量总是存在误差的

误差定义： $\Delta' = x - x'$ 。 x :测量值； x' :真值

推论:

(1).真值不可确知

(2).误差不可确知

误差虽然不可确知，但我们可以分析误差的主要来源，尽可能消除或减小某些误差分量对测量的影响，把它控制在允许范围之内。对于最终不能消除的误差分量，我们还可以估计出它的限值或分布范围，对测量结果的精确程度作出合理的评价。

误差分类

系统误差：由于确定的原因，以确定的方式引起。

具有确定性，服从因果律；

随机误差：由大量、微小、不可预知的因素引起。

具有随机性，服从统计律；

§ 产生原因：

系统误差：　如仪器误差，方法误差，人员误差

随机误差：　如实验条件和环境因素的起伏，估读数的偏差，测量对象的不稳定

系统误差的处理

①已定系统误差：设法消除，或修正

测量结果 ＝ 测得值(或其平均值)±已定系统误差

（如电表、螺旋测微计的零位误差；伏安法测电阻时电表内阻引起的误差）

②未定系统误差：估计其限值，归入B类不确定度参与对测量结果的评价（如仪器误差）

随机误差的处理

随机误差的特点:

①小误差出现的概率大；大误差出现的概率小

②正、负误差对称分布，具有抵偿性

处理方法:

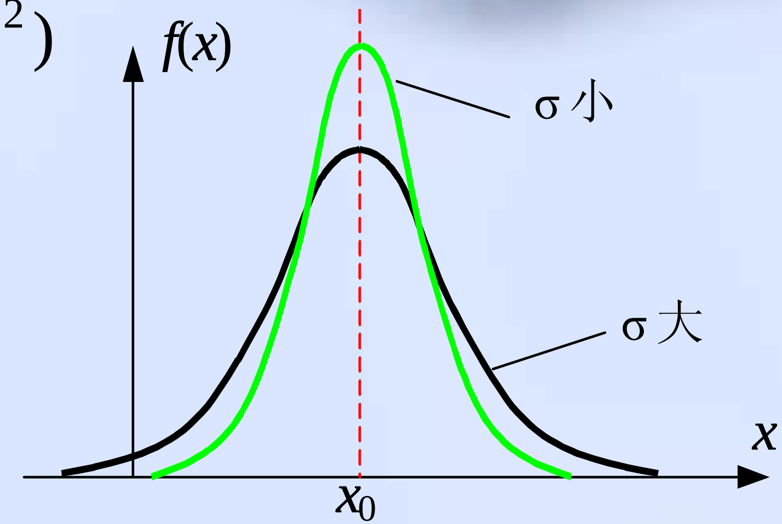
①取多次测量的平均值为测量结果的最佳估计值

②研究其分布，找出其特征值，归入A类不确定度，参与对测量结果的评价

随机误差的分布

正态分布： 随机误差一般服从正态分布

$$f(x) = \frac{1}{s\sqrt{2p}} \exp(-\frac{1}{2}(\frac{x - x_0}{s})^2)$$



特点：

(1). 分布的平均值是 x_0 ，即真值 x¢

$$< x > = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} x f(x) \mathrm{d}x}{\int_{-\infty}^{\infty} f(x) \mathrm{d}x} = x_0 = x'$$

(2). s^2 是方差 $< (x - x_0)^2 > = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} (x - x_0)^2 f(x) \mathrm{d}x}{\int_{-\infty}^{\infty} f(x) \mathrm{d}x} = s^2$

S 称为标准差，反映测量值的离散程度

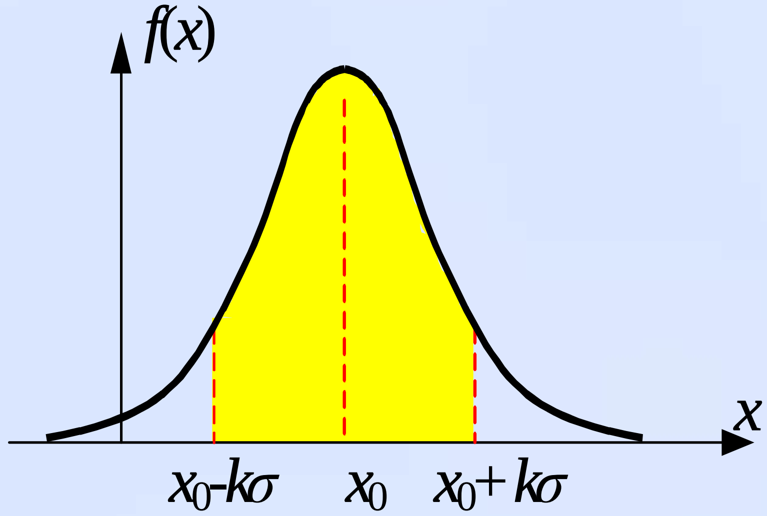
(3). 置信区间 $(x_0 - ks, x_0 + ks)$ 与置信概率（置信水平）的关系：

$$x = \int_{x_0-ks}^{x_0+ks} f(x)\mathrm{d}x$$

$$x = \int_{x_0-s}^{x_0+s} f(x)\mathrm{d}x = 0.683$$

$$x = \int_{x_0-1.96s}^{x_0+1.96s} f(x)\mathrm{d}x = 0.95$$

$$x = \int_{x_0-3s}^{x_0+3s} f(x)\mathrm{d}x = 0.997$$



参数的估算

假定系统误差已消除，对同一个物理量进行了n次测量，测得的值为x_i (i =1, 2，…，n)

(1) 用多次测量的算术平均值作为x_0的估计值：$\bar{x} = (\sum_{i=1}^{n} x_i)/n$

(2) 用标准偏差 σ_x 作为 σ 的估计值

σ_x 按贝塞耳公式求出：$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}$

不确定度

§不确定度 Δ 是概率意义上对测量结果精确程度的评价。

§在计算出不确定度后，测量结果写成

$$x \pm \Delta$$

表明 $\boldsymbol{x}$ 的真值 x' 以 x 的置信水平落在置信区间 $(x-\Delta, x+\Delta)$ 内,（误差 $\Delta' = x - x'$ 则落在区间 $(-\Delta, +\Delta)$ 内）Δ 给得越大置信水平 x 越高。

（关键是找出 Δ 与置信概率的关系）

§必要时还可以同时写出相对不确定度（用百分数表示）

$$E_x = \frac{\Delta}{x} \times 100\%$$

例：测得两个物体的长度为：

$$l_1 = (23.50 \pm 0.03)\text{cm},\ l_2 = (2.35 \pm 0.03)\text{cm}$$

其相对不确定度分别为：

$$E_1 = \frac{0.03}{23.50} \times 100\% = 0.13\%,\quad E_2 = \frac{0.03}{2.35} \times 100\% = 1.3\%$$

两者不确定度相等，但相对不确定度后者大1个数量级。

注：不确定度的小数点有效数字与测量值小数点后有效位相同。

不确定度分类

§ 不确定度分为两类:

A 类分量Δ_A —— (多次重复测量时)可用统计学方法计算的分量;

B 类分量Δ_B —— 用其他方法（非统计学方法）估算的分量。

§ 总不确定度是这两类分量的方和根合成:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_A^2 + \Delta_B^2}$$

（公式 $x \pm \Delta$中， Δ是总不确定度，置信概率取为95%）

A类不确定度Δ_A的计算

计算标准偏差 $s_x = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}$

取置信水平 $x = 0.95$ 时， $\Delta_A = (t/\sqrt{n})s_x$

（ $t/\sqrt{n}$ 参看附表1，若$5 < n \leqslant 10$ ，可粗略地取 $t/\sqrt{n} = 1$）

n	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	∞	高斯
因子 t	4.30	3.18	2.78	2.57	2.45	2.36	2.31	2.26	2.14	2.09	1.96	1.96
$t/\sqrt{n}$	2.48	1.59	1.24	1.05	0.93	0.84	0.77	0.72	0.55	0.47	$1.96/\sqrt{n}$	$1.96/\sqrt{n}$

因子$1/\sqrt{n}$ ：考虑到随机误差的抵偿性而引进

因子 t：考虑到公式 $s_x = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - x')^2}$ 与 $s_x = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}$

的差异而引进

B类不确定度的估算

在大学物理实验中，简单取D_B为仪器标定的最大允差$D_{仪}$

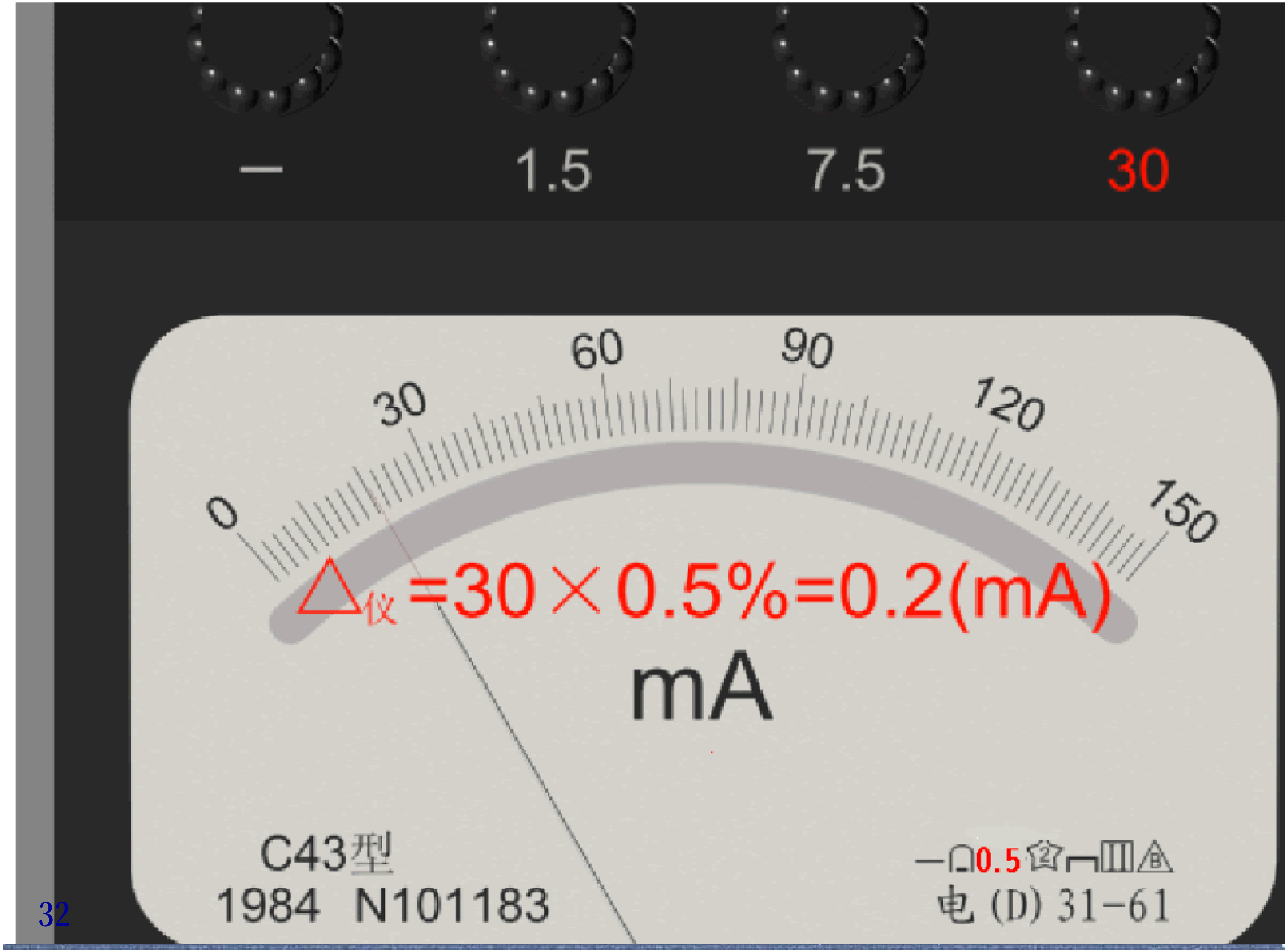
仪 器 名 称	量 程	最小分度值	最 大 允 差
钢板尺	150 mm 500 mm 1000 mm	1 mm 1 mm 1 mm	±0.10 mm ±0.15 mm ±0.20 mm
游标卡尺	125 mm	0.02 mm 0.05 mm	±0.02 mm ±0.05mm
螺旋测微器（千分尺）	0～25 mm	0.01 mm	±0.004 mm
七级天平（物理天平）	500g	0.05g	0.08g（接近满量程） 0.06g（1/2量程附近） 0.04g（1/3量程附近）
普通温度计 精密温度计（水银）	0～100℃ 0～100℃	1℃ 0.1℃	±1℃ ±0.2℃
电表			级别%×量程
数字万用电表			$a\%\times U_x + b\%\times U_m$

若还存在其他必须考虑的误差因素，还可以把 Δ_B估计得更大一些。

仪器误差 $\Delta_{仪}$举例：

电流表（量程30mA, 0.5级）

$$\Delta_{仪} = 30 \times 0.5\% = 0.2(\text{mA})$$


—
1.5
7.5
30
0
30
60
90
120
150
△仪=30×0.5%=0.2(mA)
mA
C43型
1984 N101183
0.5
电 (D) 31-61

单次测量的不确定度

§ 单次测量的几种情况:

(1).仪器精度较低;

(2).对测量的准确程度要求不高

(3).受测量条件限制

§ 单次测量只能取$D = D_B$，但D_B不能仅考虑$D_{仪}$，还要根据实际情况把D_B估计得更大一些。

直接测量的数据处理程序

- 求测量数据的平均值 $\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$
- 修正已定系统误差（例如初读数x_0），得 $x = \bar{x} - x_0$
- 用贝塞耳公式求标准偏差 $\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}$
- 标准偏差 σ_x乘以 $t/\sqrt{n}$ 得 $\Delta_A = (t/\sqrt{n})\sigma_x$

  当 $5 < n \leqslant 10$，置信概率为95%时，可简化认为 $t/\sqrt{n} = 1$
- 根据所用仪器得 $\Delta_B = \Delta_{仪}$
- 由Δ_A、Δ_B合成总不确定度u： $u = \sqrt{\Delta_A^{\ 2} + \Delta_B^{\ 2}}$
- 给出直接测量的最后结果: $\begin{cases} x = \bar{x} \pm u = \cdots \\ E = \dfrac{u}{\bar{x}} \times 100\% = \cdots \end{cases}$

例：用一级螺旋测微计测某一圆柱体的直径*d*共6次，测量值如下表：

i	1	2	3	4	5	6
D_i/mm	8.345	8.348	8.344	8.343	8.347	8.344

螺旋测微计的初读数为：- 0.003mm，

螺旋测微计的仪器误差为 $\Delta_{仪}$= 0.004mm，求测量结果。

解:(1)求直径 *d* 的算术平均值、对已定系统误差进行修正

$$\overline{d} = (8.345+8.348+8.344+8.343+8.347+8.344)/6 = 8.3451\text{mm}$$

$$d = 8.3451 - (-0.003) = 8.3481\text{mm}$$

(2)计算A类不确定度 $s_d = \sqrt{\dfrac{\sum_{1}^{n}\left(d_i - \overline{d}\right)^2}{n-1}} = \cdots = 0.0021\,\text{mm}$

查表得 $t/\sqrt{n} = 1.05$, \ $\Delta_A = 1.05\, s_d = 0.0022\ \text{mm}$

(3)计算B类不确定度

$$\Delta_{\mathrm{B}} = \Delta_{仪} = 0.004\mathrm{mm}$$

(4)合成不确定度

$$\Delta = \sqrt{\Delta_A^{\ 2} + \Delta_B^{\ 2}} = \sqrt{0.0022^2 + 0.004^2} = 0.0045 \approx 0.005\mathrm{mm}$$

$$E = \frac{0.005}{8.348} \times 100\% = 0.06\%$$

(5)测量结果为 $\begin{cases} D = 8.348 \pm 0.005\mathrm{mm} \\ E = 0.06\% \end{cases}$

间接测量的数据处理

设被测量y可写成m个直接测量量$x_1, x_2, \cdots, x_m$的函数

$$y = f(x_1, x_2, \cdots, x_m)$$

通过直接测量已得 $x_1 = \bar{x}_1 \pm u_{x1},\ x_2 = \bar{x}_2 \pm u_{x2}, \ldots, x_m = \bar{x}_m \pm u_{xm}$

则 $\bar{y} = f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \cdots, \bar{x}_m)$

$$u = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x_1} \cdot u_{x1}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2} \cdot u_{x2}\right)^2 + \cdots + \left(\frac{\partial f}{\partial x_m} \cdot u_{xm}\right)^2}$$

或 $$E = \frac{u}{\bar{y}} = \sqrt{\left(\frac{\partial \ln f}{\partial x_1}\right)^2 \cdot u_{x1}^2 + \left(\frac{\partial \ln f}{\partial x_2}\right)^2 \cdot u_{x2}^2 + \cdots + \left(\frac{\partial \ln f}{\partial x_m}\right)^2 \cdot u_{xm}^2}$$

适用条件

(1).各直接测量量 $x_1, x_2, \cdots, x_m$ 互相独立;

(2).各直接测量量 $x_1, x_2, \cdots, x_m$ 的已定系统误差已被消除或修正。

常用函数的不确定度合成公式

函数关系	不确定度合成公式	
	u	$E=\dfrac{u}{N}$
$N=x+y$	$u_N=\sqrt{u_x{}^2+u_y{}^2}$	
$N=x-y$	$u_N=\sqrt{u_x{}^2+u_y{}^2}$	
$N=xy$		$E_N=\sqrt{E_x^2+E_y^2}$
$N=\dfrac{x}{y}$		$E_N=\sqrt{E_x^2+E_y^2}$
$N=kx$	$u_N=ku_x$	$E_N=E_x$
$N=\sqrt[k]{x}$		$E_N=\dfrac{1}{k}E_x$
$N=\dfrac{x^k\times y^m}{z^n}$		$E_N=\sqrt{(kE_x)^2+(mE_y)^2+(nE_z)^2}$
$N=\sin\ x$	$u_N=\lvert\cos x\rvert u_x$	
$N=\ln\ x$	$u_N\ =\ E_x$	

间接测量的数据处理程序

1. 求出各直接测量量 $\boldsymbol{x_i}$ 的平均值 $\bar{x}_i$ 和(总)不确定度 Δ_{x_i}

2. 求y的平均值 $\bar{y} = f(\bar{x}_1, \bar{x}_2 \ldots \bar{x}_n)$

3. 据 $y = f(x_1, x_2 \ldots x_n)$ 求出 $\frac{\partial f}{\partial x_i}$ 或 $\frac{\partial \ln f}{\partial x_i}$

4.用 $\Delta_y = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (\frac{\partial f}{\partial x_i} \Delta_{x_i})^2}$ 求出 Δ_y

或先用相对不确定度 $E_y = \frac{\Delta_y}{y} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (\frac{\partial \ln f}{\partial x_i} \Delta_{x_i})^2}$ 求出 $\frac{\Delta_y}{y}$ 再求 Δ_y

5.完整表示出*y*的结果 $y = \bar{y} \pm \Delta_y$

例：已知金属环的外径 $D_2 = 3.600 \pm 0.004\text{cm}$

内径 $D_1 = 2.880 \pm 0.004\text{cm}$ 高 $h = 2.575 \pm 0.004\text{cm}$

求圆环的体积***V***，并正确表示测量结果。

解：环体积公式为 $V = \frac{p}{4} h(D_2^2 - D_1^2)$

（1）环体积的最可靠值为

$$\boldsymbol{V} = \frac{p}{4}(\boldsymbol{D}_2^2 - \boldsymbol{D}_1^2)\boldsymbol{h} = \frac{p}{4} \times (3.600^2 - 2.880^2) \times 2.575 = 9.436\mathbf{cm}^3$$

（2）首先将环体积公式两边同时取自然对数后，再求全微分

$$\ln V = \ln(\frac{p}{4}) + \ln h + \ln(D_2^2 - D_1^2)$$

$$\frac{\mathrm{d}V}{V} = 0 + \frac{\mathrm{d}h}{h} + \frac{2D_2\mathrm{d}D_2 - 2D_1\mathrm{d}D_1}{D_2^2 - D_1^2}$$

即 $$\frac{\Delta_V}{V} = \frac{\Delta_h}{h} + \frac{2D_2\Delta_{D_2} - 2D_1\Delta_{D_1}}{D_2^2 - D_1^2} = E_V$$ 相对不确定度

则相对不确定度为

$$E_V=\frac{\Delta_V}{V}=\sqrt{(\frac{\Delta_h}{h})^2+(\frac{2D_2\Delta_{D_2}}{D_2^2-D_1^2})^2+(\frac{-2D_1\Delta_{D_1}}{D_2^2-D_1^2})^2}$$

$$=\left[(\frac{0.004}{2.575})^2+(\frac{2\times3.600\times0.004}{3.600^2-2.880^2})^2+(\frac{-2\times2.880\times0.004}{3.600^2-2.880^2})^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$=0.0081=0.81\%$$

（3）不确定度为

$$\Delta_V=V\cdot E_V=9.436\times0.0081=0.08(\text{cm}^3)$$

（4）环体积的测量结果为

$$V=9.44\pm0.08\ \text{cm}^3$$

9.436应与0.08取齐，故将9.436修约为9.44。

2-2数值的有效位数及其运算规则

有效位数的概念

测量结果用且只用它的有效位数表示。

不确定度决定有效位数

具体为：不确定度的有效位数取1位，测量结果的末位与不确定度末位对齐。

测量结果的有效位数越多，其相对不确定度越小，精确度越高

例：0.0123与1.23与123的有效位数都是3位。0.01230有效位数是4位，最右边的“0”是有效位数，不可以省略不写。

科学记数法

记 $A = a \times 10^{n}$, 且 $1 \le a < 10$

例1:

光速*C*=30万公里每秒

不正确的写法：*C*=300000km/s

正确的写法：*C*=3.0 × 10^{5}km/s=3.0 × 10^{8}m/s

例2:

电子电量 e = 1.602189 × 10^{-19} C

有效位数的运算规则

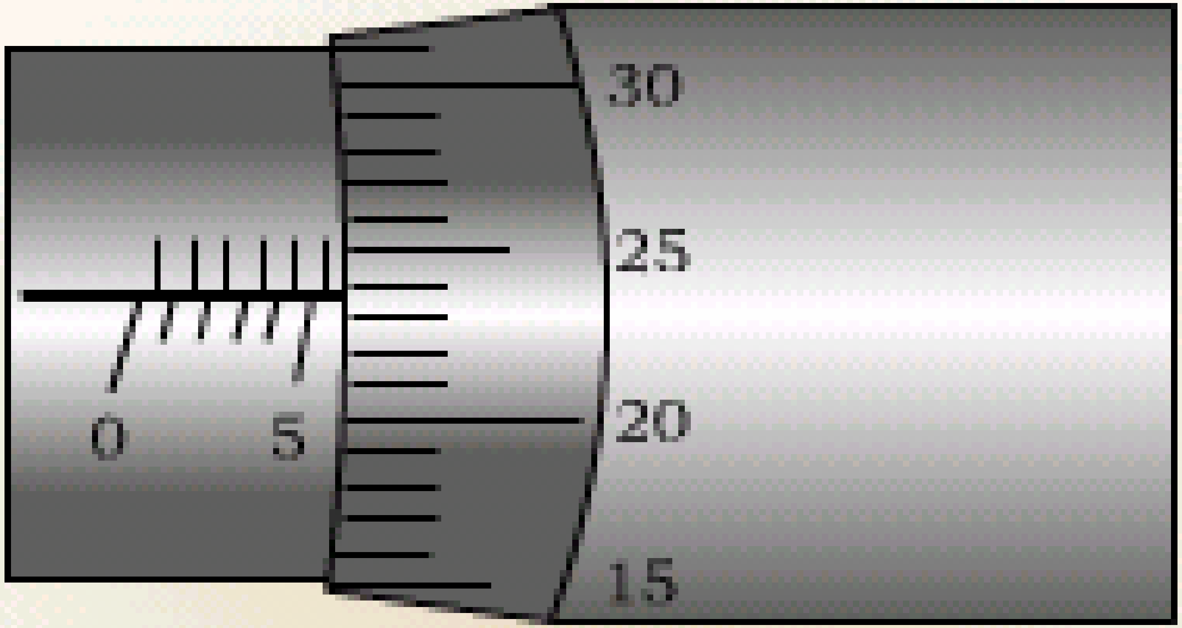
仪器的读数规则

(1) 刻度式仪表，在最小分度值后要估读一位

(2) 数字显示仪表，直接读取仪表的示值。

(3) 游标类量具，读到游标分度值的整数倍。

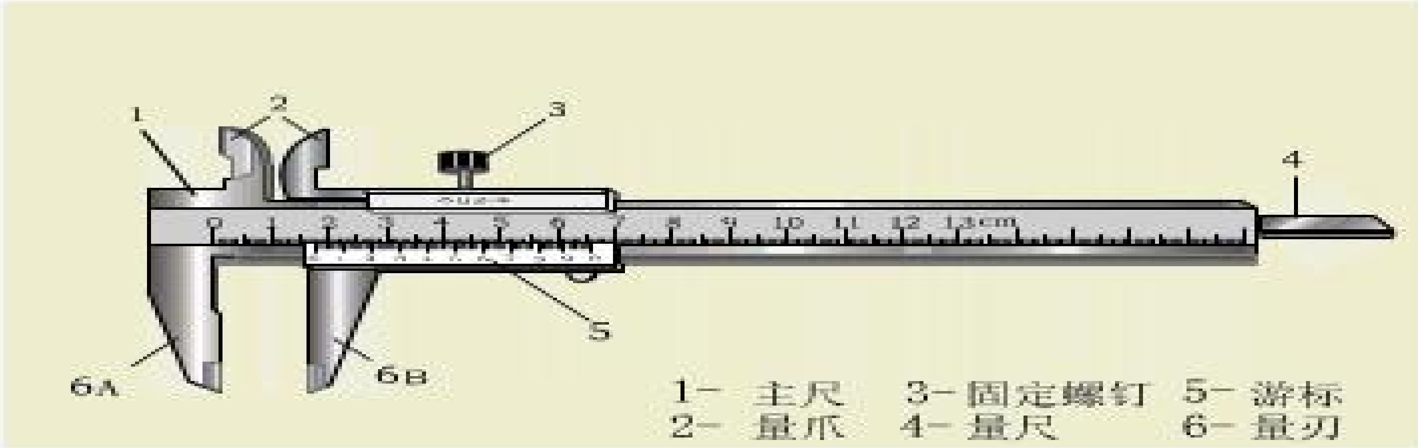
刻度式仪表

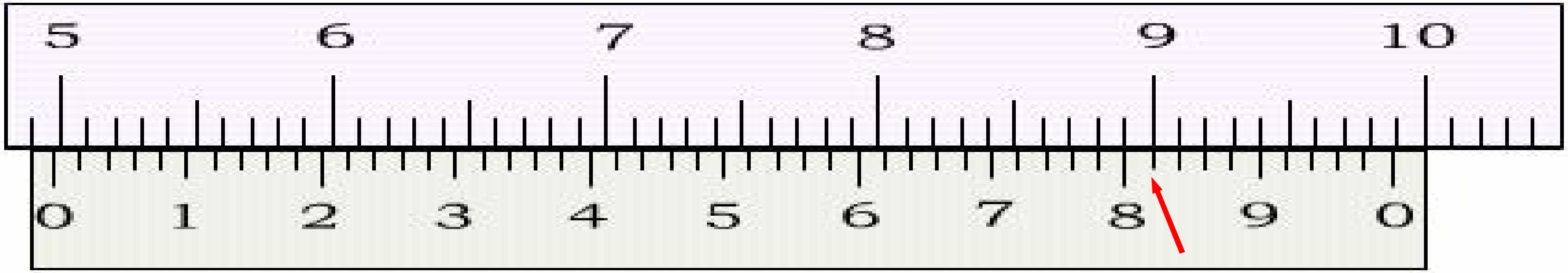


5.737mm

数显仪表及有十进步式标度盘的仪表

游标类量具





49.82mm

数值的修约规则

"4舍6入5凑偶":

(1) 要舍弃的数字小于5时，舍去；

(2) 要舍弃的数字大于5时，进1；

(3) 要舍弃数字刚好是5，凑偶。但是5的下一位不是零时仍要进位

例：保留3位有效位数，则

9.82 49=9.82

9.82 571=9.83

9.82 50=9.82

9.82 51=9.83

有效位数的运算规则

运算过程多保留1至2位，

最终结果的有效位数由不确定度决定

要点：

(1)避免运算过程引入不必要的“舍入误差”

(2)最终结果按有效位数的规则进行修约，归根到底，不确定度决定有效位数

例： 已知 $D_2 = 3.600 \pm 0.004\,\text{cm}$ $D_1 = 2.880 \pm 0.004\,\text{cm}$

$h = 2.575 \pm 0.004\,\text{cm}$

求 $V = \frac{p}{4} h(D_2^2 - D_1^2)$ 并正确表示测量结果。

解：

(1) $\boldsymbol{V} = \frac{p}{4}(\boldsymbol{D}_2^2 - \boldsymbol{D}_1^2)\boldsymbol{h} = \frac{p}{4} \times (3.600^2 - 2.880^2) \times 2.575 = 9.436\,\textbf{cm}^3$

注意应取 π **= 3.1416** 参与运算

(2) $$E_V = \frac{\Delta_V}{V} = \left[\left(\frac{0.004}{2.575}\right)^2 + \left(\frac{2\times3.600\times0.004}{3.600^2 - 2.880^2}\right)^2 + \left(\frac{-2\times2.880\times0.004}{3.600^2 - 2.880^2}\right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= 0.0081 = 0.81\%$$

$$\Delta_V = V \cdot E_V = 9.436 \times 0.0081 = 0.08(\text{cm}^3)$$

注意多算出**1**位，最后再作修约

(3) V=9.44±0.08 cm³ 注意最终结果的正确表达

简化的运算规则

(1) 两数相加（减），其和（差）的有效位数的最后（即最右）一位与两数中最后一位位数高者相同。如：

$$11.\underline{4}+3.5\underline{6}=15.\underline{0}\ ;\qquad 7\underline{5}-10.35\underline{0}=6\underline{5}$$

十分位　十分位　个位　个位

(2) 两数相乘（除），其积（商）的有效位数与两数中有效位数少者相同。如：

$$98\times2003=2.0\times10^{5}\quad;\qquad 2.000\div0.991=2.02$$

二位　二位　三位　三位

注：正确数不适用上述规则

常数应取足够的有效位数参与运算

§3.实验数据的列表与作图

3-1 数据列表

3-2 作图法处理实验数据

3-1 数据列表

所有实验数据都要用列表的方法记录

例：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

3-2 作图法处理实验数据

- 作图可形象、直观地显示出物理量之间的函数关系
- 可用来求某些物理参数

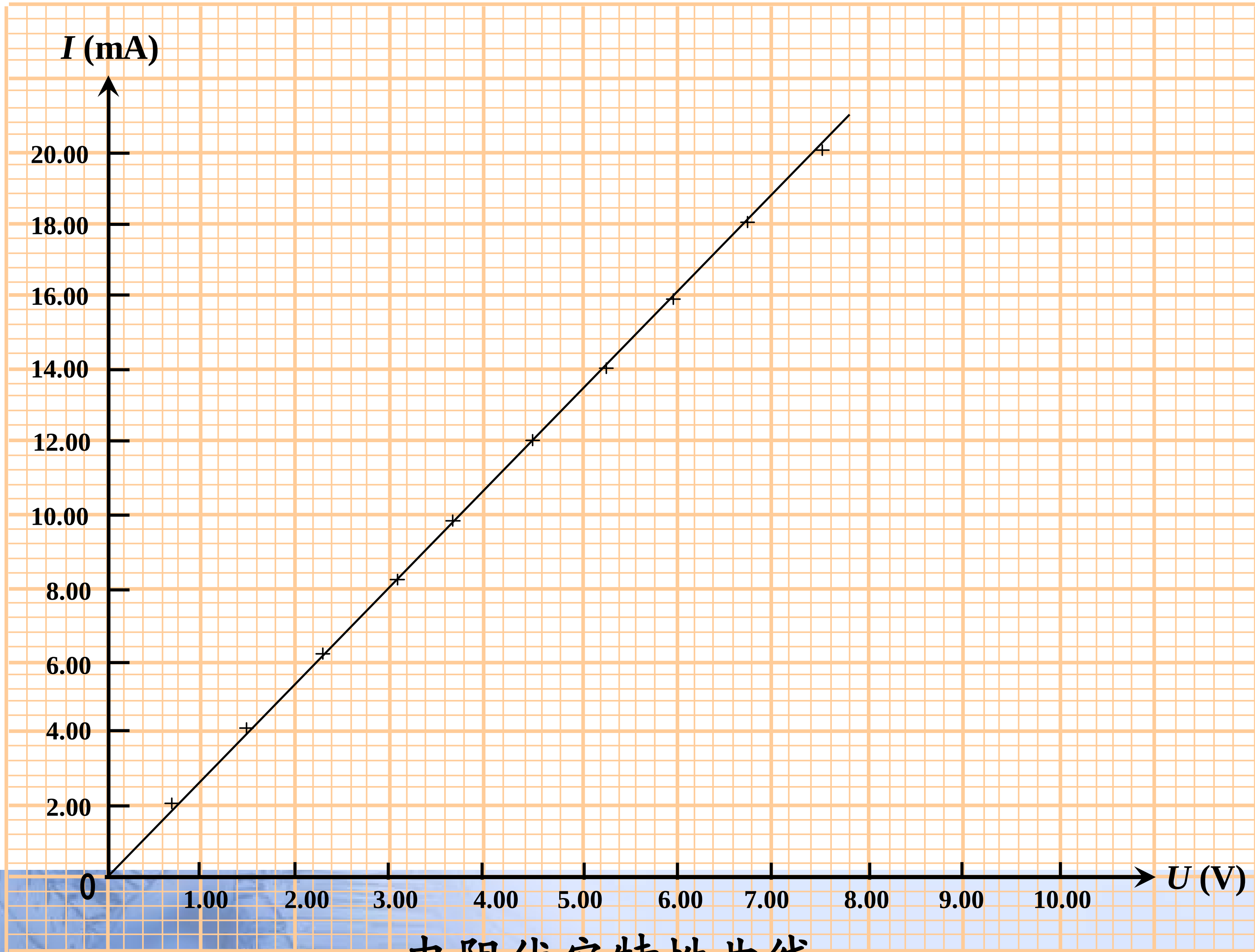
作图规则：（以伏安法测电阻实验为例）

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

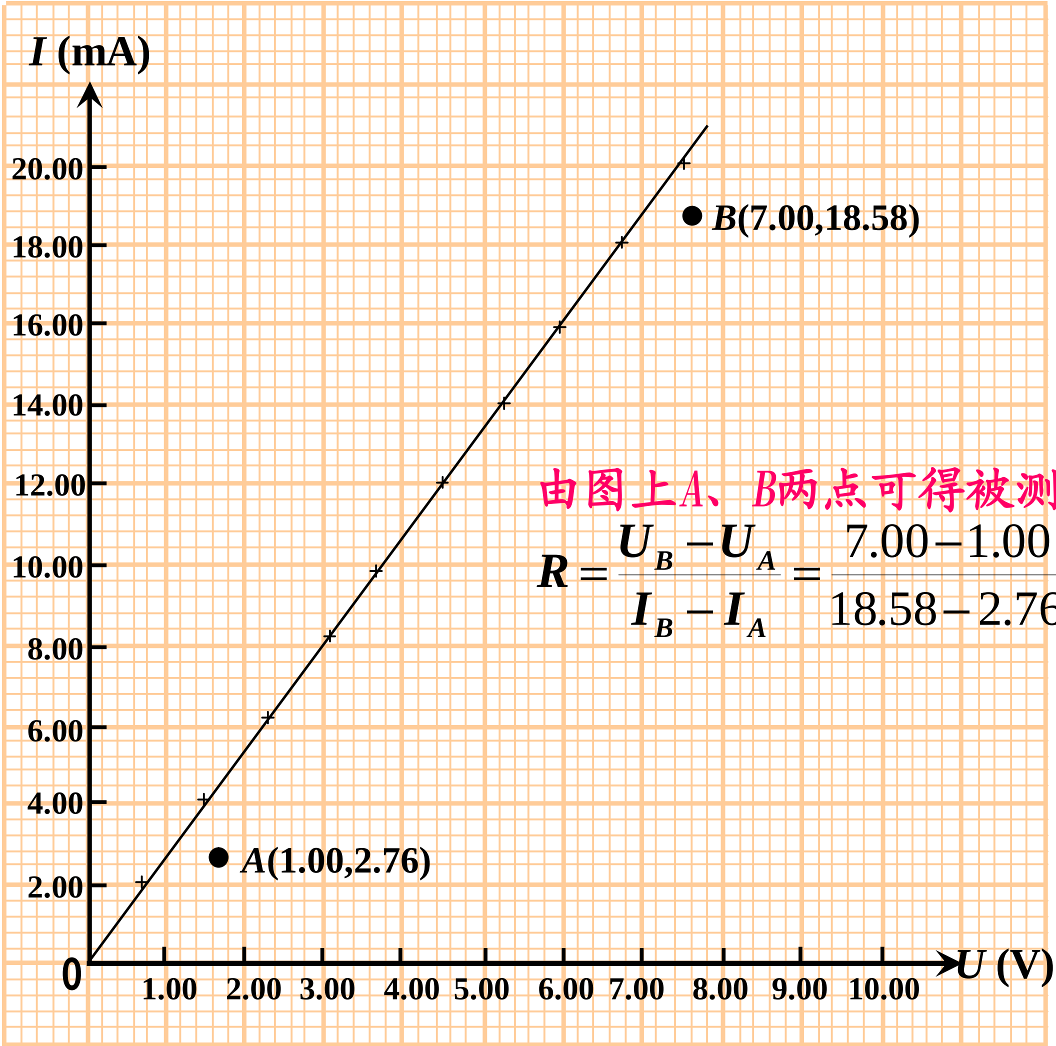
- 要用坐标纸作图
- 根据坐标分度值和数据范围，确定坐标纸的大小

  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
- 坐标轴的标注（所代表的物理量的名称、单位、分度值等）
- 标出数据点
- 连成光滑曲线，标注图题及必要的说明


I (mA)
20.00
18.00
16.00
14.00
12.00
10.00
8.00
6.00
4.00
2.00
0
1.00
2.00
3.00
4.00
5.00
6.00
7.00
8.00
9.00
10.00
U (V)

电阻伏安特性曲线

利用所绘直线作有关计算

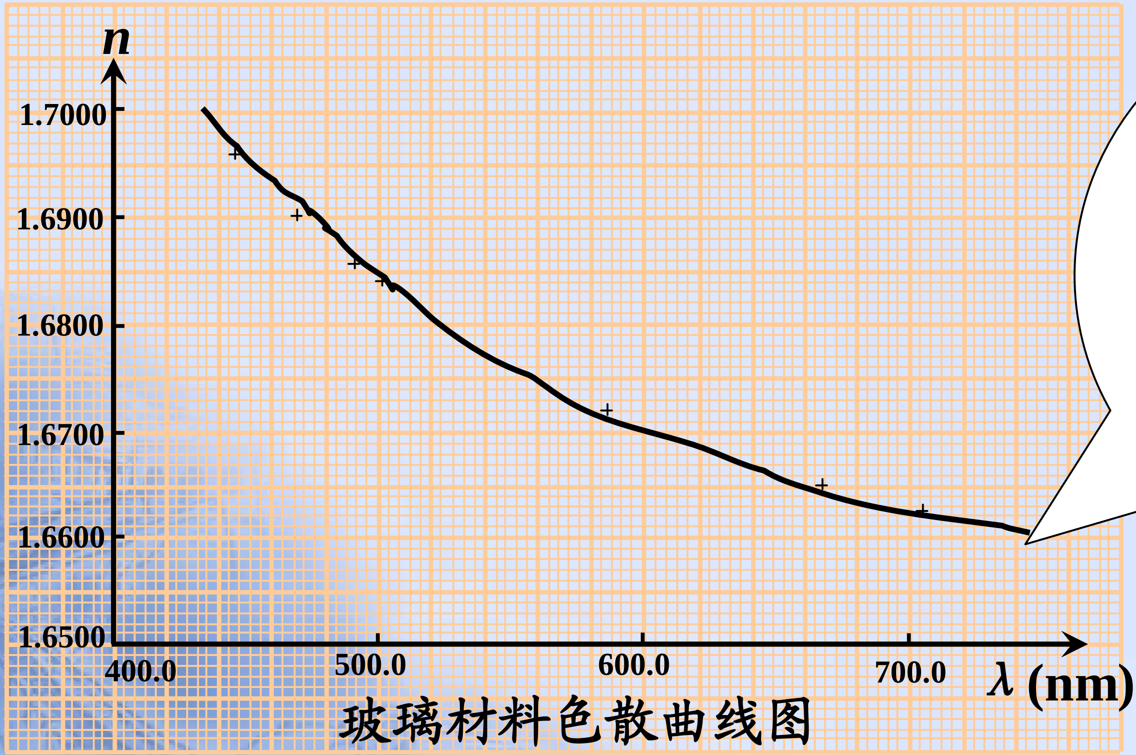


由图上A、B两点可得被测电阻R为:

$$R=\frac{U_B-U_A}{I_B-I_A}=\frac{7.00-1.00}{18.58-2.76}=0.379(\mathrm{k\Omega})$$

● 不当图例展示:

图1



曲线太粗，不均匀，不光滑。应该用直尺、曲线板等工具把实验点连成光滑、均匀的细实线。

改正为:

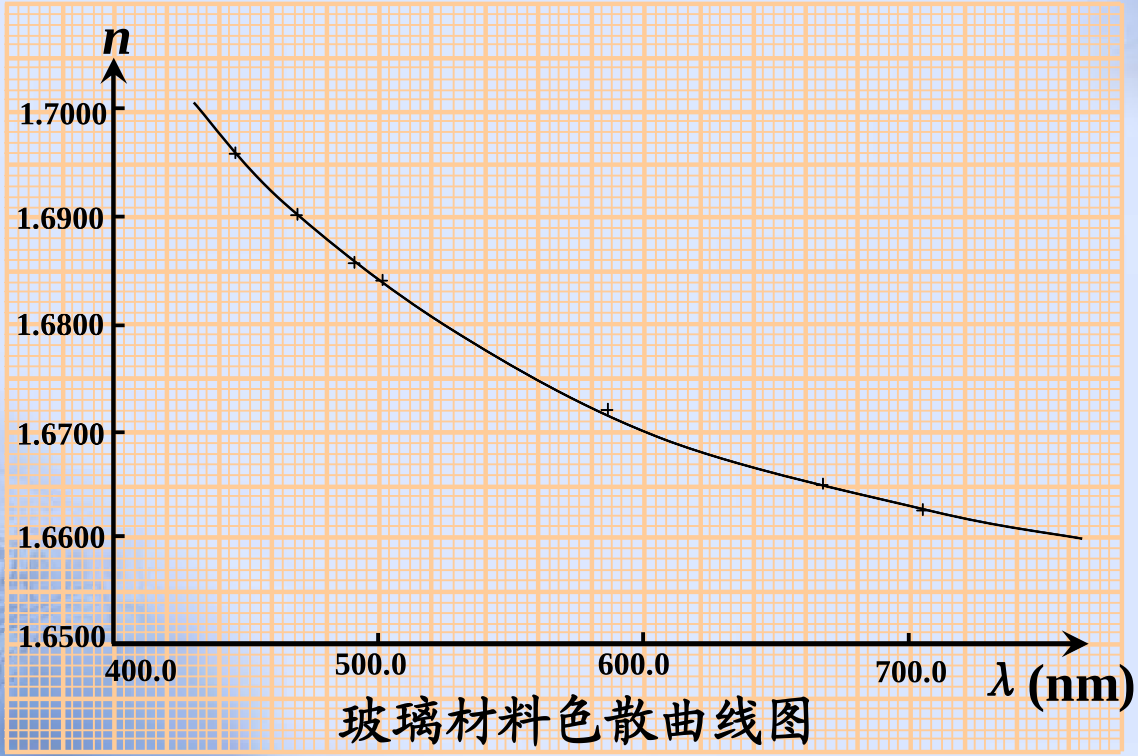
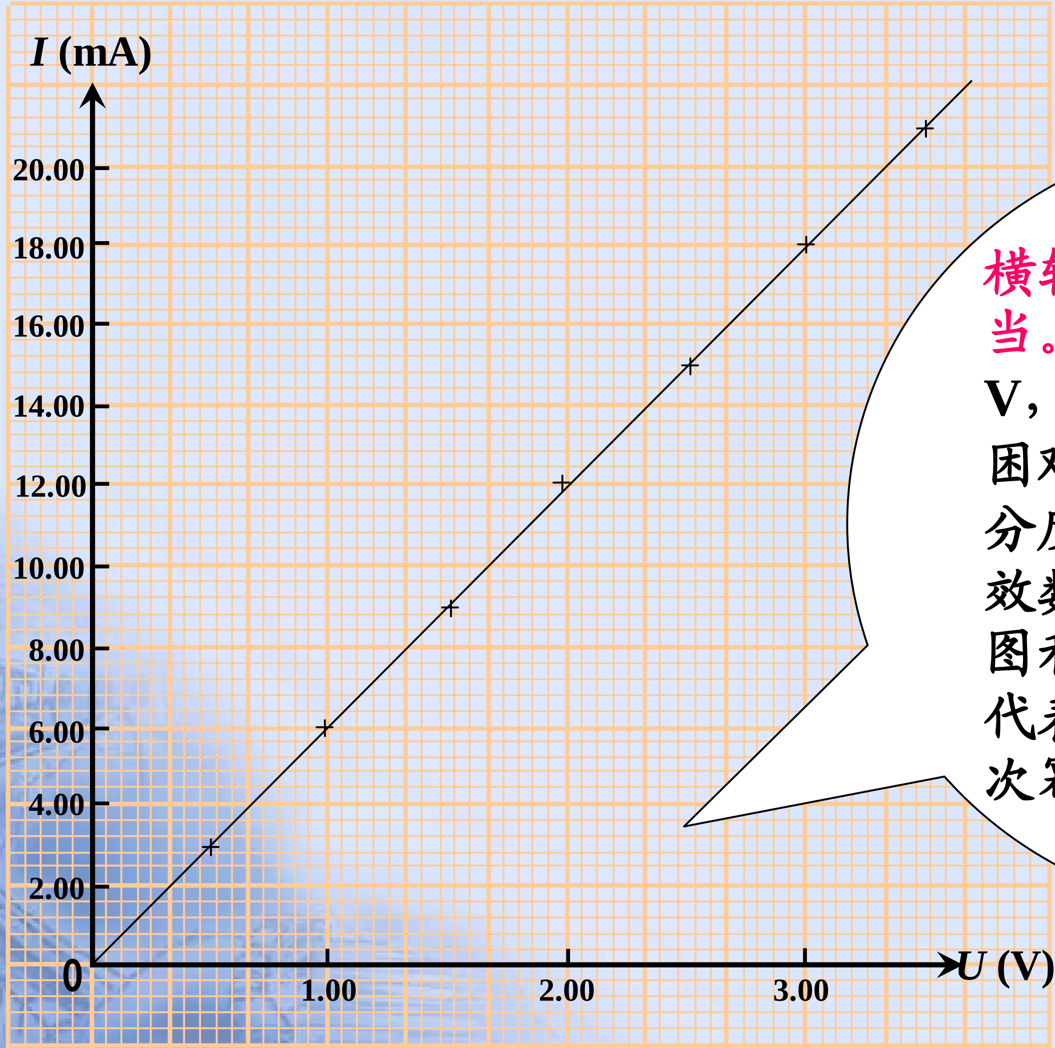

n
1.7000
1.6900
1.6800
1.6700
1.6600
1.6500
400.0
500.0
600.0
700.0
λ (nm)
玻璃材料色散曲线图

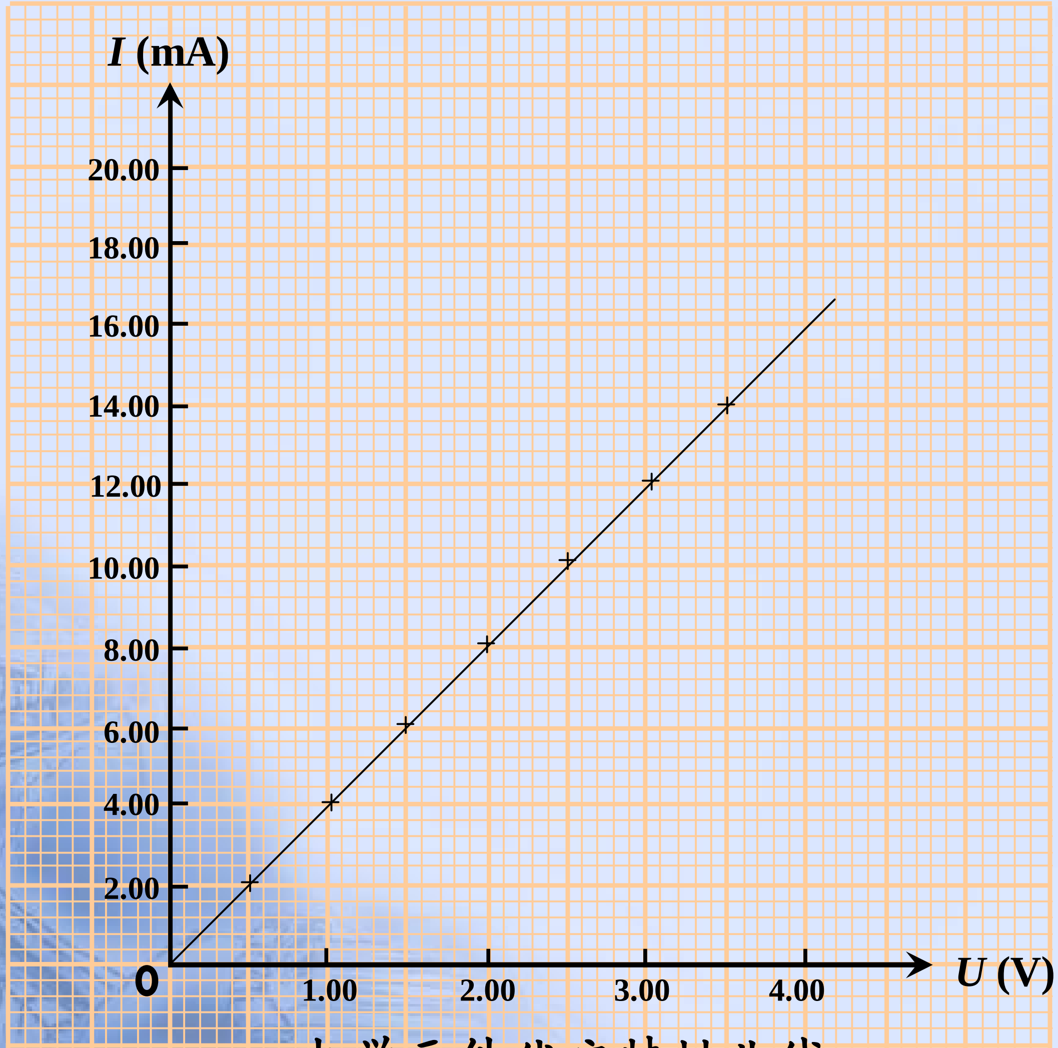
图2



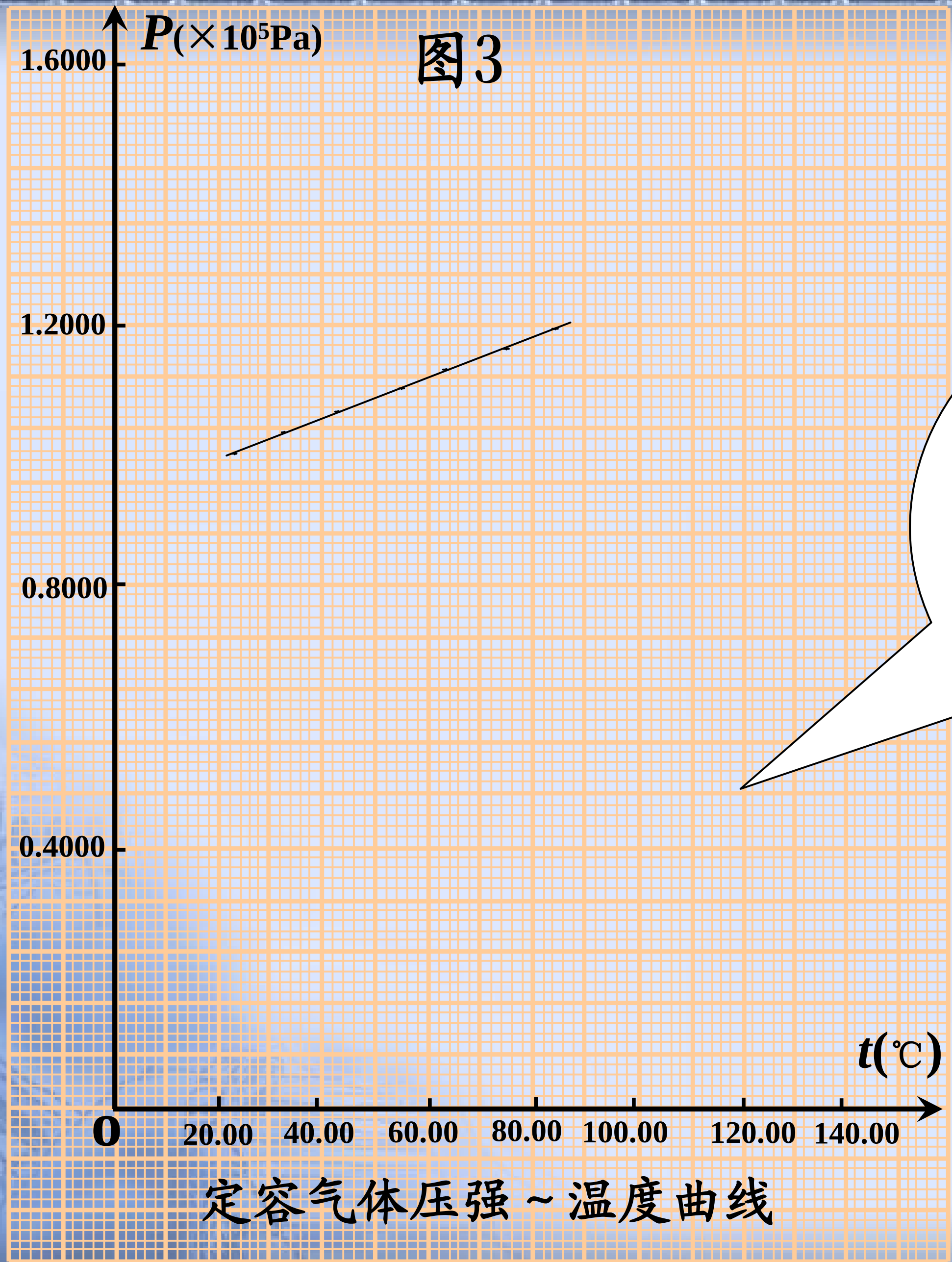
电学元件伏安特性曲线

横轴坐标分度选取不当。横轴以3cm代表1 V，使作图和读图都很困难。实际在选择坐标分度值时，应既满足有效数字的要求又便于作图和读图，一般以1 mm代表的量值是10的整数次幂或是其2倍或5倍。

改正为：

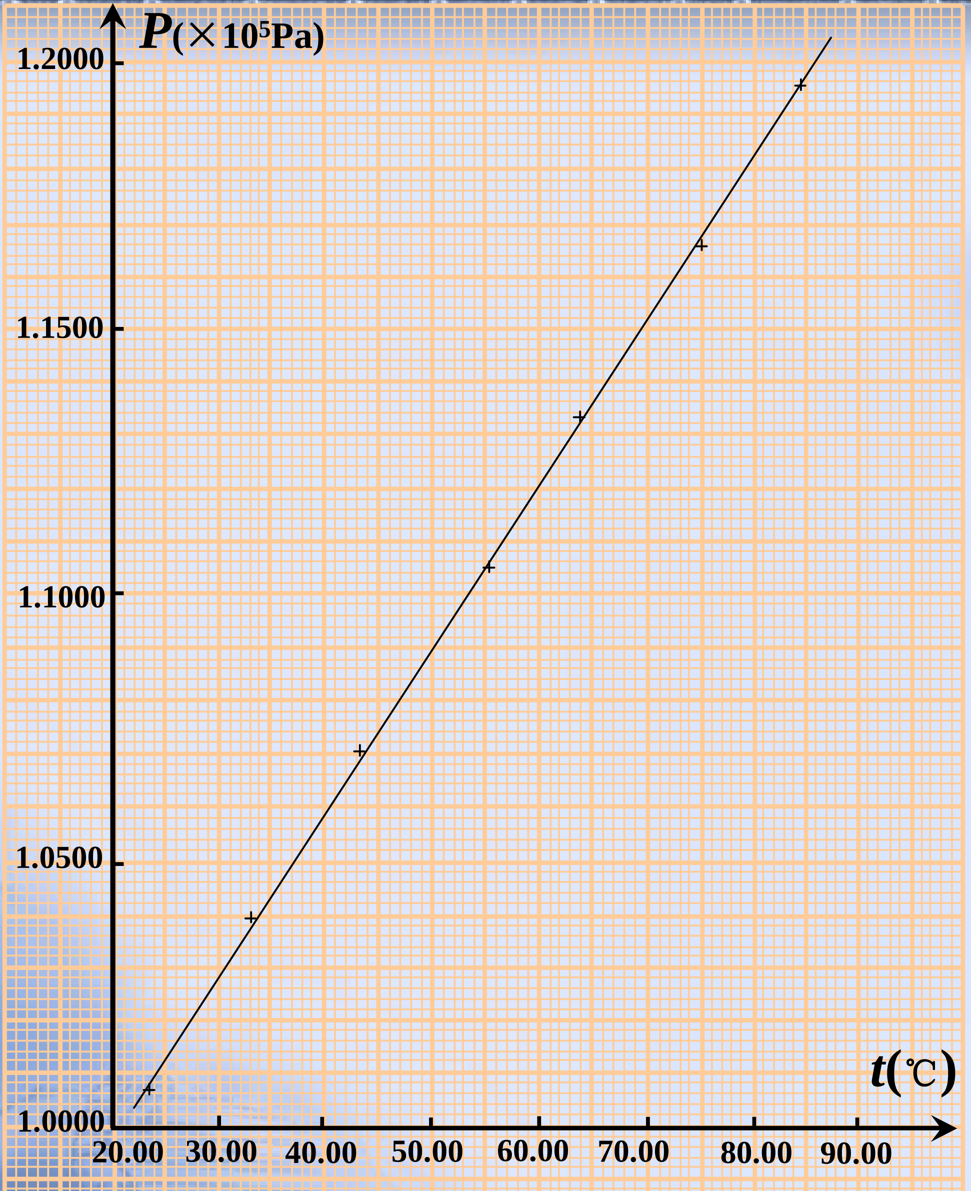


电学元件伏安特性曲线



图纸使用不当。实际作图时，坐标原点的读数可以不从零开始。

改正：



定容气体压强～温度曲线

§4 上好物理实验课

实验课三环节:

1．预习　看懂教材、明确目的、写出预习报告

要求:

- 明确实验目的、主要原理、公式（包括式中各量意义）、线路图或光路图及关键步骤，画好原始数据表格。

2. 实验操作　调整仪器、观察现象、获取数据、仪器还原

要求:

- 既动手，又动脑
- 既大胆，又心细
- 反对弄虚作假
- 反对野蛮操作
- 实验完毕必须整理好仪器，请指导教师检查签字。

3. 实验报告

实验报告要用荆楚理工学院实验报告纸。

报告内容:

（一）实验名称

（二）实验目的

（三）仪器设备

（四）实验原理

简要叙述相关的物理学内容，画出原理图、装置示意图或电路图、光路图，写出主要计算公式及公式中各量的物理含义和公式限定的条件等。

（五）实验步骤

（六）数据处理及结果

数据处理要有完整的计算、作图和不确定度的估算，而且计算要有简洁的计算式子；代入的数据要有根有据，作图要美观、规范。最后要给出实验结果，得出实验结论。

（七）回答问题或讨论

（八）原始数据

完整的预习报告和指导老师签字的实验记录，如发现原始数 据有错、漏等情况，应予以重测或补测。实验报告书应字迹工整、措词简练、步骤完整、数据真实、图表齐全、书写规范。

实验报告应在下一次上实验课时交

期末考查(操作)

1.在完成规定数目的实验并交齐实验报告书后方可参加期末考察。

2.实验课成绩是平时成绩和期末考查成绩的综合。

3.考查内容一般为本学期所做的实验内容，包括实验原理，数据处理，以及课上补充的内容。

实验室纪律

1、无故旷课者作零分处理。

2、无预习报告者不允许做实验。（实验报告体现）

3、保持实验室卫生，遵守仪器操作规程。

Thank you!