



大学物理实验课程绪论

上海交通大学物理实验中心

2017年3月



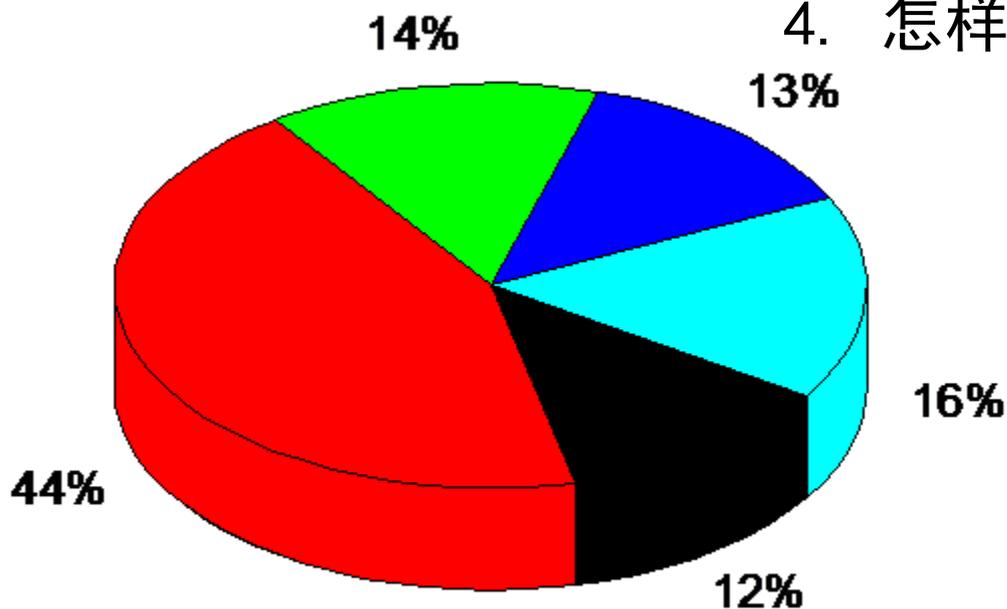


本课内容

3. 作图法和最小二乘法

4. 怎样上好物理实验课

5. 网上选课须知



2. 测量、误差和不确定度估计

1. 为什么要上物理实验课





1. 为什么要上物理实验课

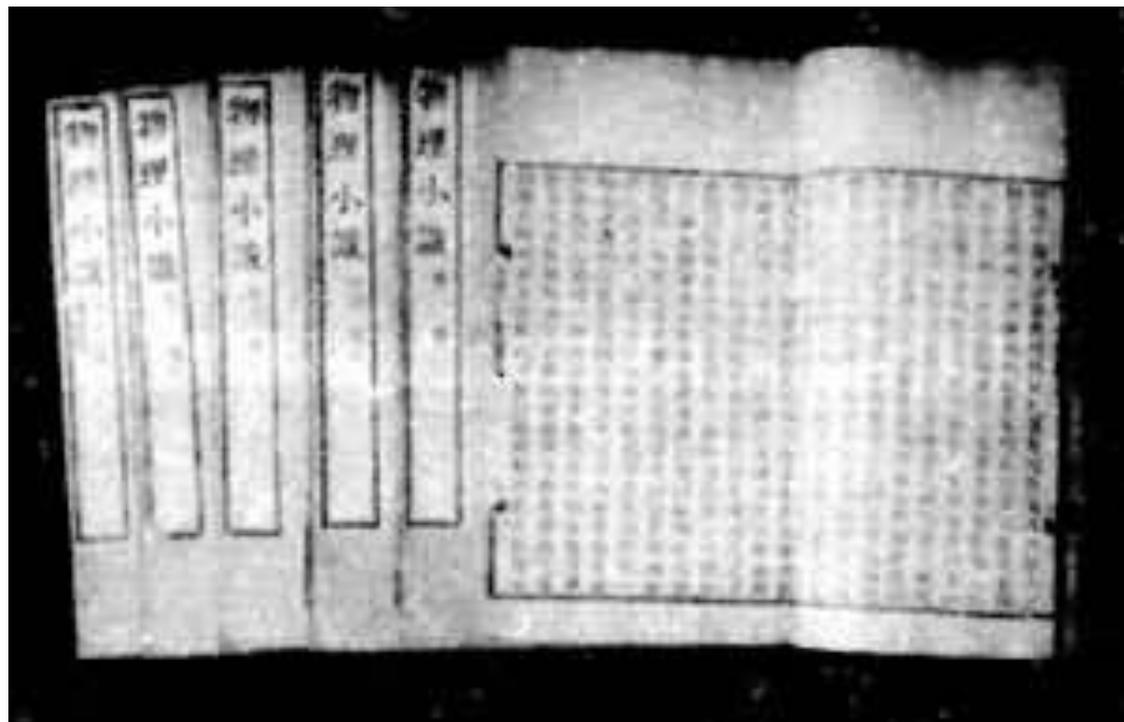
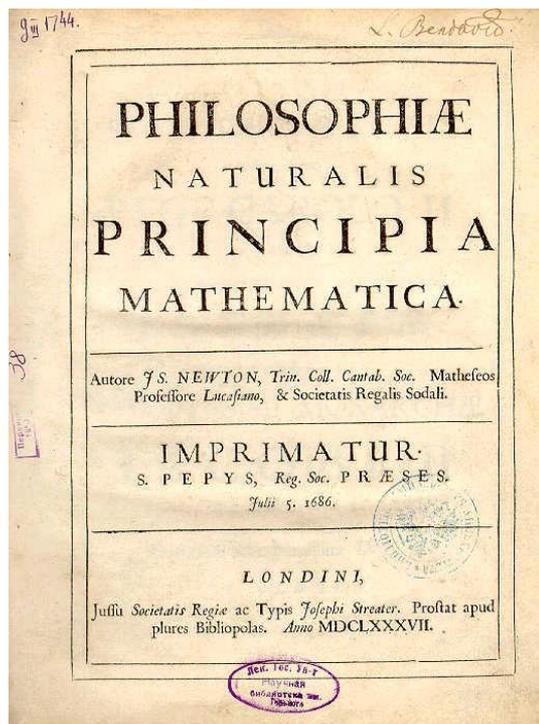
1.1 物理实验的作用

1.2 物理实验课的目的





“物理”起源



“物理”源于古希腊文
 $\varphi\upsilon\sigma\iota\kappa$ ，原意：自然。
上图为牛顿所著“自然哲学之数学原理”

汉、日语中“物理”一词源自**方以智**
(明末清初)百科全书式著作
《物理小识》



物理学是研究物质运动一般规律及物质基本结构的科学，是**自然科学的基础学科**。



物理实验的作用

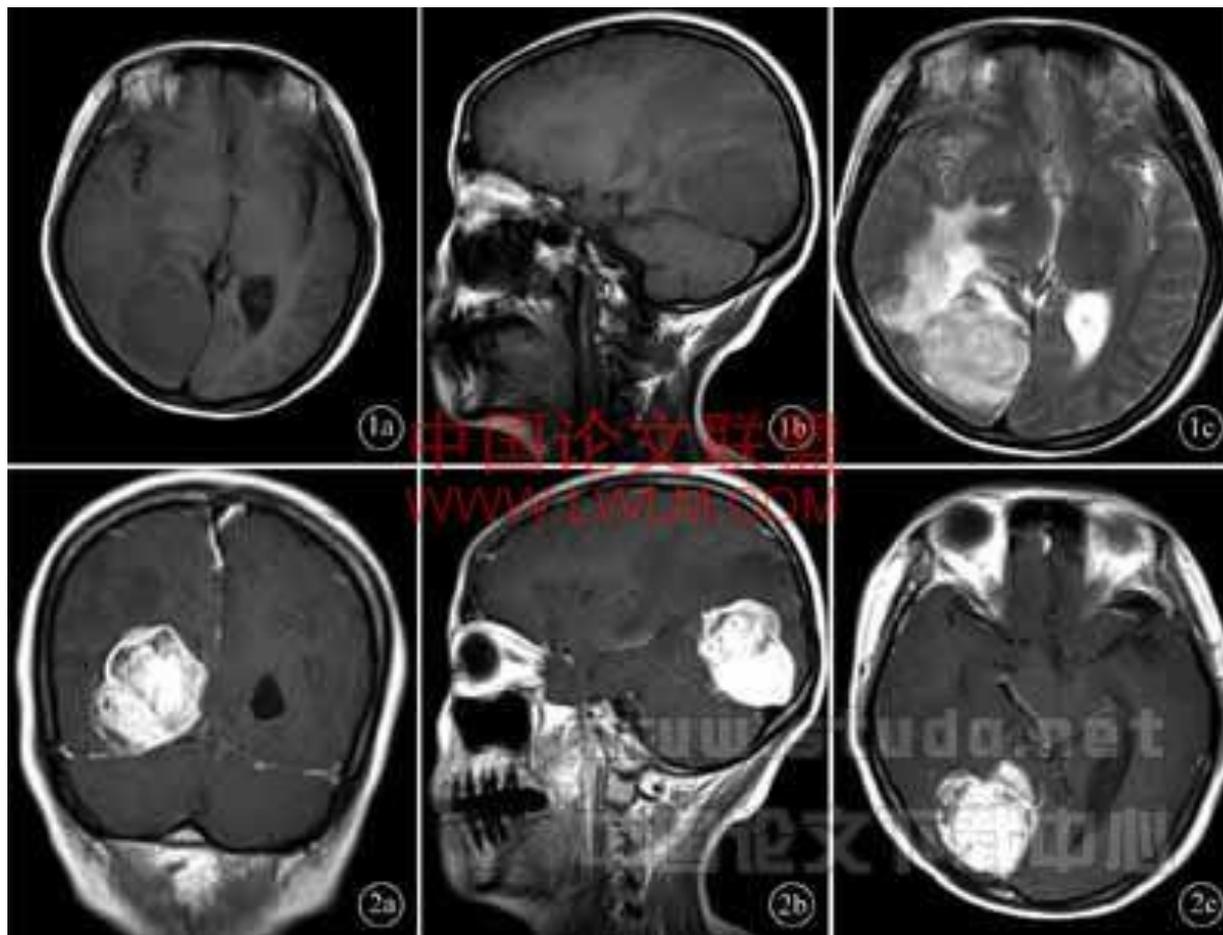


物理学是一门**实验科学**，物理实验在物理学的产生、发展和应用过程中起着重要作用。



马德堡半球实验（奥托·冯·居里克）

物理实验的作用



超导核磁共振成像 (MRI)

物理实验的作用



以诺贝尔物理学奖为例：

- **80%**以上的诺贝尔物理学奖给了实验物理学家。
- 其余**20%**的奖中很多是实验和理论物理学家分享的。



物理实验的作用



诺贝尔奖华人获得者

李政道：生于上海，美籍华人，1957年获诺贝尔物理学奖，时年31岁

杨振宁：生于安徽，美籍华人，1957年获诺贝尔物理学奖，时年35岁

丁肇中：生于美国，美籍华人，1976年获诺贝尔物理学奖，时年40岁

李远哲：生于台湾，美籍华人，1986年诺贝尔获化学奖，时年50岁

朱棣文：生于美国，美籍华人，1997年诺贝尔获物理学奖，时年49岁

崔琦：生于河南，美籍华人，1998年获诺贝尔物理学奖，时年59岁

高行健：生于江西，法籍华人，2000年获诺贝尔文学奖，时年52岁

钱永健：生于纽约，美籍华人，2008年诺贝尔化学奖，时年57岁

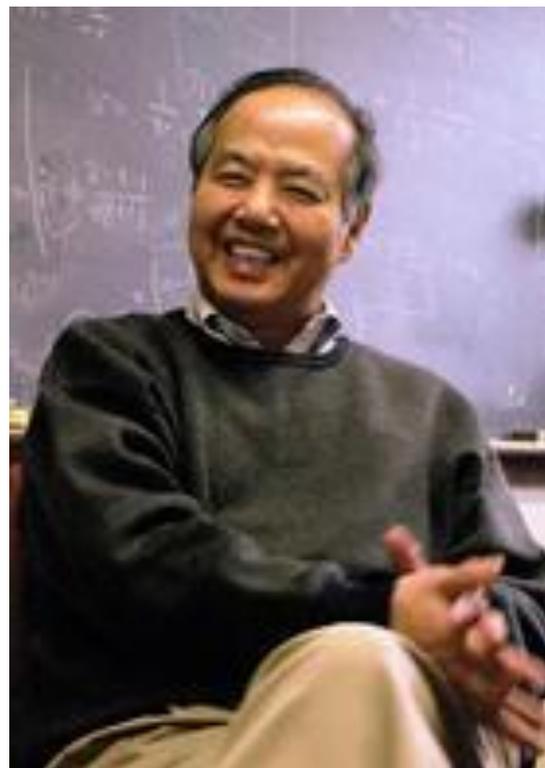
莫言：生于山东，中国人，2012年获诺贝尔文学奖，时年57岁

屠呦呦：生于浙江，中国人，2015年获诺贝尔医学奖，时年83岁



杨振宁

弱相互作用中宇称不守恒



李政道



丁肇中

独立发现新的 J/ψ 基本粒子

物理实验的作用



朱棣文

发明了用激光冷却
和俘获原子的方法



崔琦

量子霍尔效应



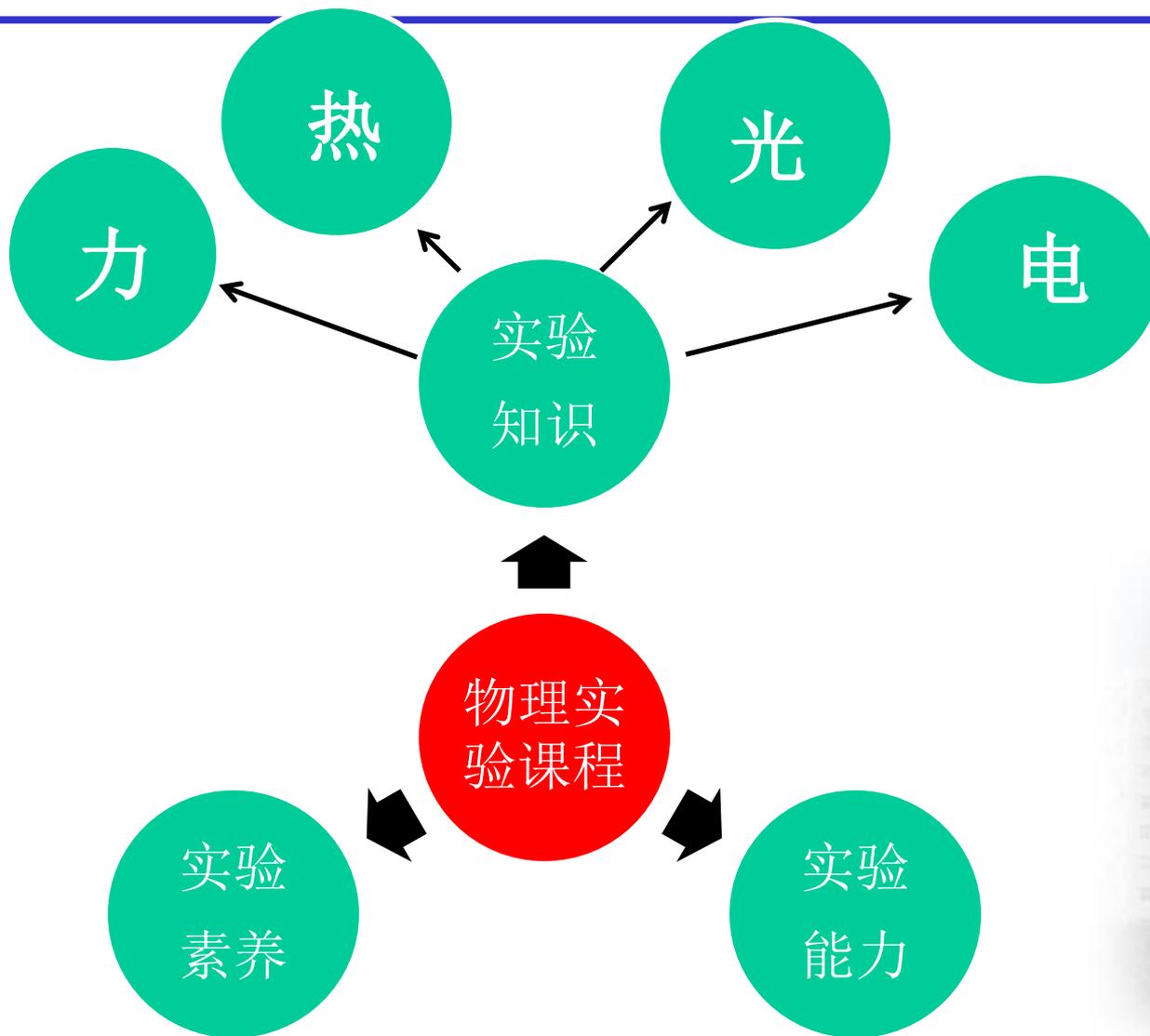
高锟

光纤之父

物理实验的作用



物理实验课的目的是什么？



学习实验知识



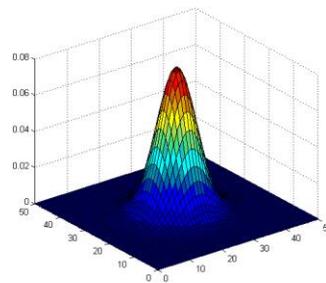
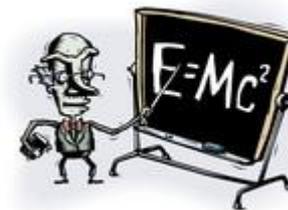
通过对实验现象的观察、分析和对物理量的测量

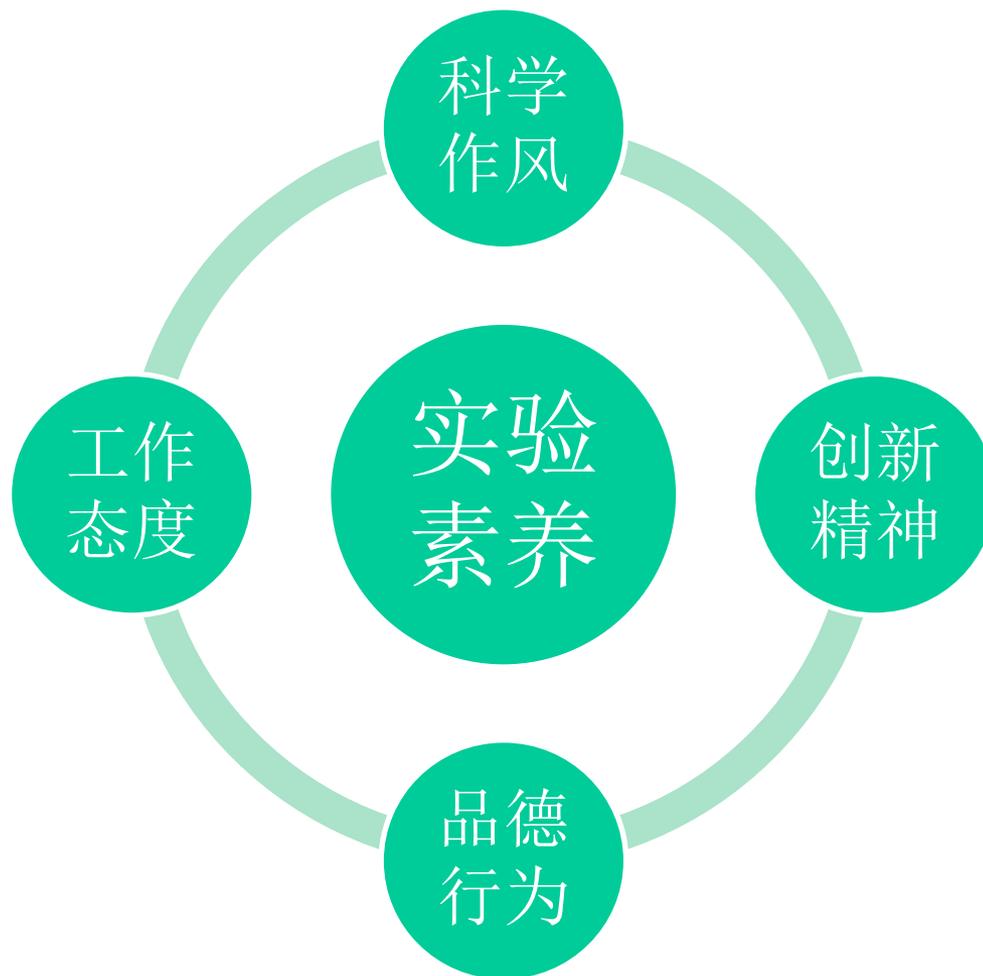


掌握和理解物理理论；学习物理实验知识和设计思想



培养实验能力







2. 测量、误差和不确定度估计

2.1 测量与有效数字

2.2 测量误差和不确定度估算的基础知识





- 测量
- 有效数字的读取
- 有效数字的运算
- 有效数字尾数的舍取规则



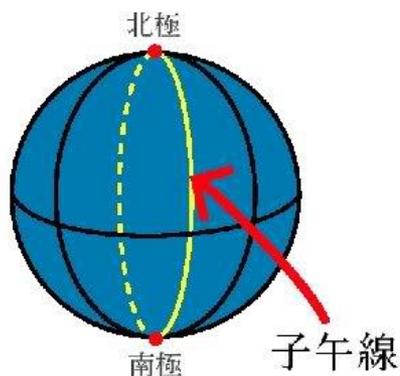
测量用合适的工具或仪器，通过科学的方法，将反映被测对象某些特征的物理量（被测物理量）与选作标准单位的同类物理量进行比较的过程，其比值即为被测物理量的测量值。





例：长度测量

标准单位：



古代常以人体的一部分作为长度的单位。

“布指知寸，布手知尺，舒肘知寻。”

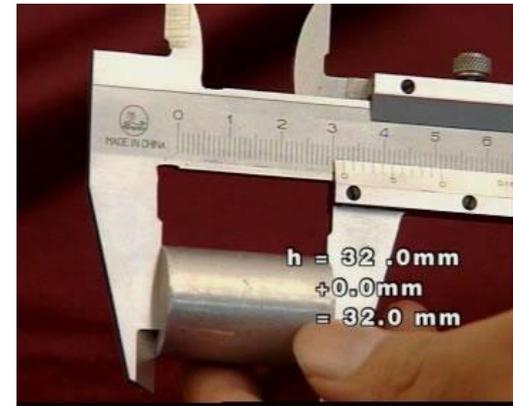
1790年法国国民议会通过决议，决定采用通过巴黎的地球子午线的四分之一的千万分之一为长度单位

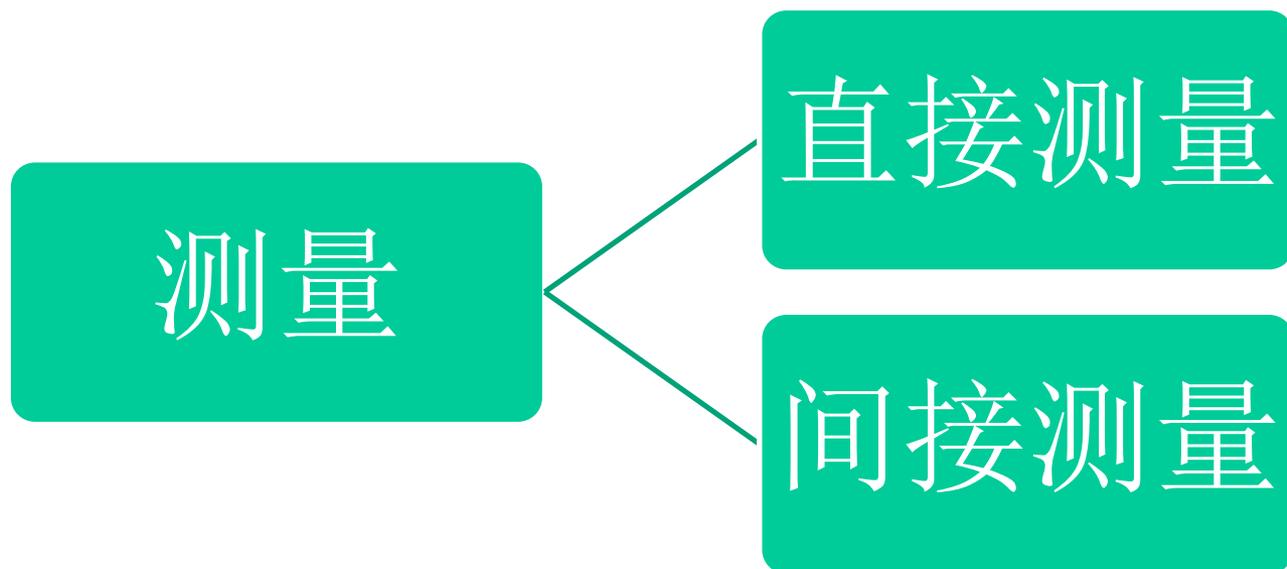
1927年国际协议，以金属镉(Cd)的红色光谱线的长度1553164.13倍作为米的长度单位

1983年10月第十七届国际计量大会通过了米的新定义：“米是光在真空中1 / 299792458秒的时间间隔内所经路程的长度”。



测量工具:





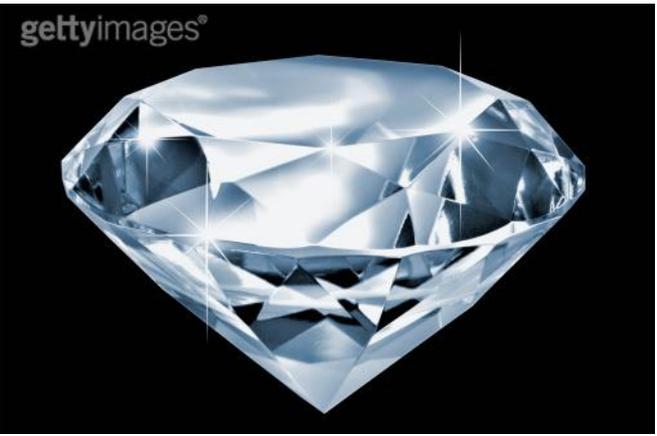


直接测量：直接将待测物理量与选定的同类物理量的标准单位相比较直接得到测量值

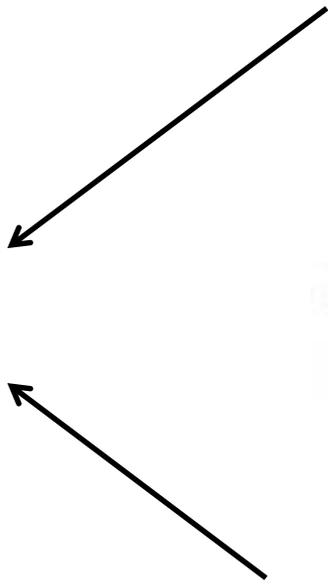




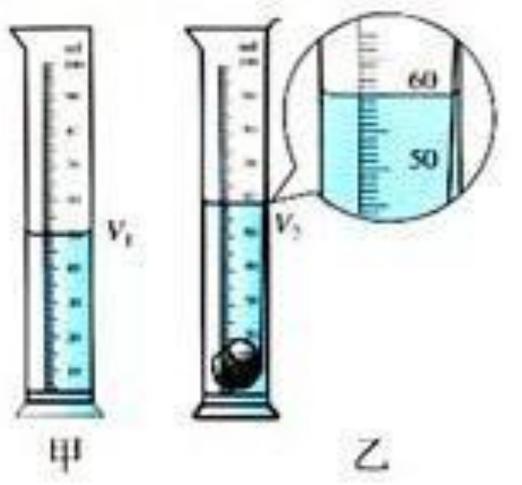
间接测量：利用直接测量的量与被测量之间的已知函数关系，求得该被测物理量



ρ



m



V



测量结果表示

测量值 = 读数值(有效数字) + 单位

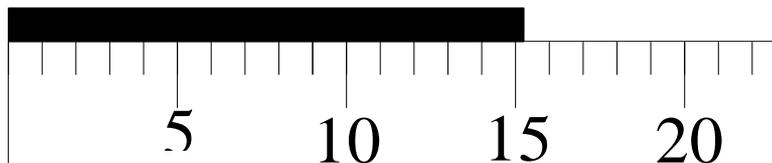
有效数字：可靠数字 + 可疑数字（一位）



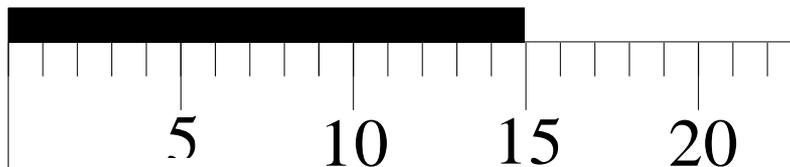


有效数字的读取

15.2mm



15.0mm



$$980\text{cm} / \text{s}^2 = 9.80\text{m}/\text{s}^2 = 0.00980\text{km}/\text{s}^2 \neq 9.8\text{m}/\text{s}^2$$



$$632.8\text{nm} = 0.6328\mu\text{m} = 6.328 \times 10^{-7} \text{ m}$$





有效数字的运算：加、减法

诸量相加（相减）时，其和（差）数在小数点后所应保留的位数与诸数中小数点后位数最少的一个相同。

$$\begin{array}{r} 4.178 \\ + 21.3 \\ \hline 25.478 = 25.5 \end{array}$$



有效数字的运算：乘、除法

诸量相乘（除）后其积（商）所保留的有效数字，只须与诸因子中有效数字最少的一个相同。

$$\begin{array}{r} 4.178 \\ \times 10.1 \\ \hline 4178 \\ 4178 \\ \hline 421978 = 42.2 \end{array}$$





有效数字的运算：乘方、开方

有效数字与其底的有效数字相同

$$2.56^3 = 16.8$$

$$2.56^{\frac{1}{3}} = 1.37$$





有效数字的运算：取对数

运算后的尾数位数与真数位数相同

例： $\lg 1.938 = 0.2973$

$$\lg 1938 = 3 + \lg 1.938 = 3.2973$$





有效数字的运算：**指数函数**

运算后的有效数字的位数与指数的小数点后的位数相同（包括紧接小数点后的零）

例： $10^{6.25} = 1.8 \times 10^6$

$$10^{0.0035} = 1.008$$





有效数字的运算：三角函数

取位随角度有效数字而定

$$\text{例： } \sin 30^{\circ} 00' = 0.5000$$

$$\cos 20^{\circ} 16' = 0.9381$$





有效数字的运算： **注意点**



- **正确数**不适用有效数字的运算规则。
- **取常数**与测量值的有效数字的位数相同。



有效数字尾数的舍入规则

数字修约

按照一定的规则确定一致的位数，然后舍去某些数字后面多余的尾数的过程

数字修约规则（国家标准文件：GB8170-87）

口诀：4舍6入5看右，5后有数进上去，
尾数为0向左看，左数奇进偶舍弃。

有效数字尾数的舍入规则

例：将下列数字全部修约为四位有效数字

- 1) 尾数 < 5 , $1.11840000 \rightarrow 1.118$
- 2) 尾数 > 5 , $1.11860000 \rightarrow 1.119$
- 3) 尾数 $= 5$,
 - a) 5右面还有不为0的数
 $1.11859999 \rightarrow 1.119$ $1.11850001 \rightarrow 1.119$
 - b) 5右面尾数为0则凑偶
 $1.11750000 \rightarrow 1.118$ $1.11850000 \rightarrow 1.118$



有效数字尾数的舍入规则

注意： 一次性修约到指定的位数

例：将数字10.2749945001修约为四位有效数字。

一步到位：**10.2749945001**——**10.27**（正确）。

错误结果：

10.2749945001——**10.274995**—— **10.275**——**10.28**





2. 测量误差和不确定度估算的基础知识

- 误差
- 随机误差的处理
- 测量结果的不确定度表示
- 间接测量不确定度的合成



误差

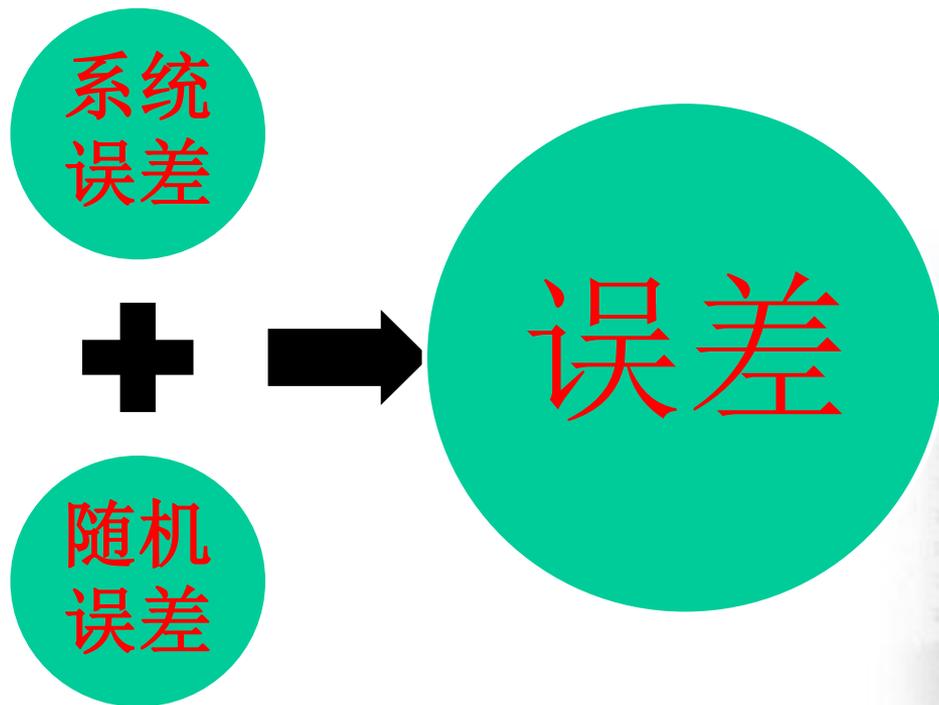
对一待测物理量 x

误差 $dx =$ 测量结果 x - 真值 μ

真值：物理量在一定实验条件下的客观存在值



测量误差存在于一切测量过程中，可以控制得越来越小，不可能为零。





系统误差

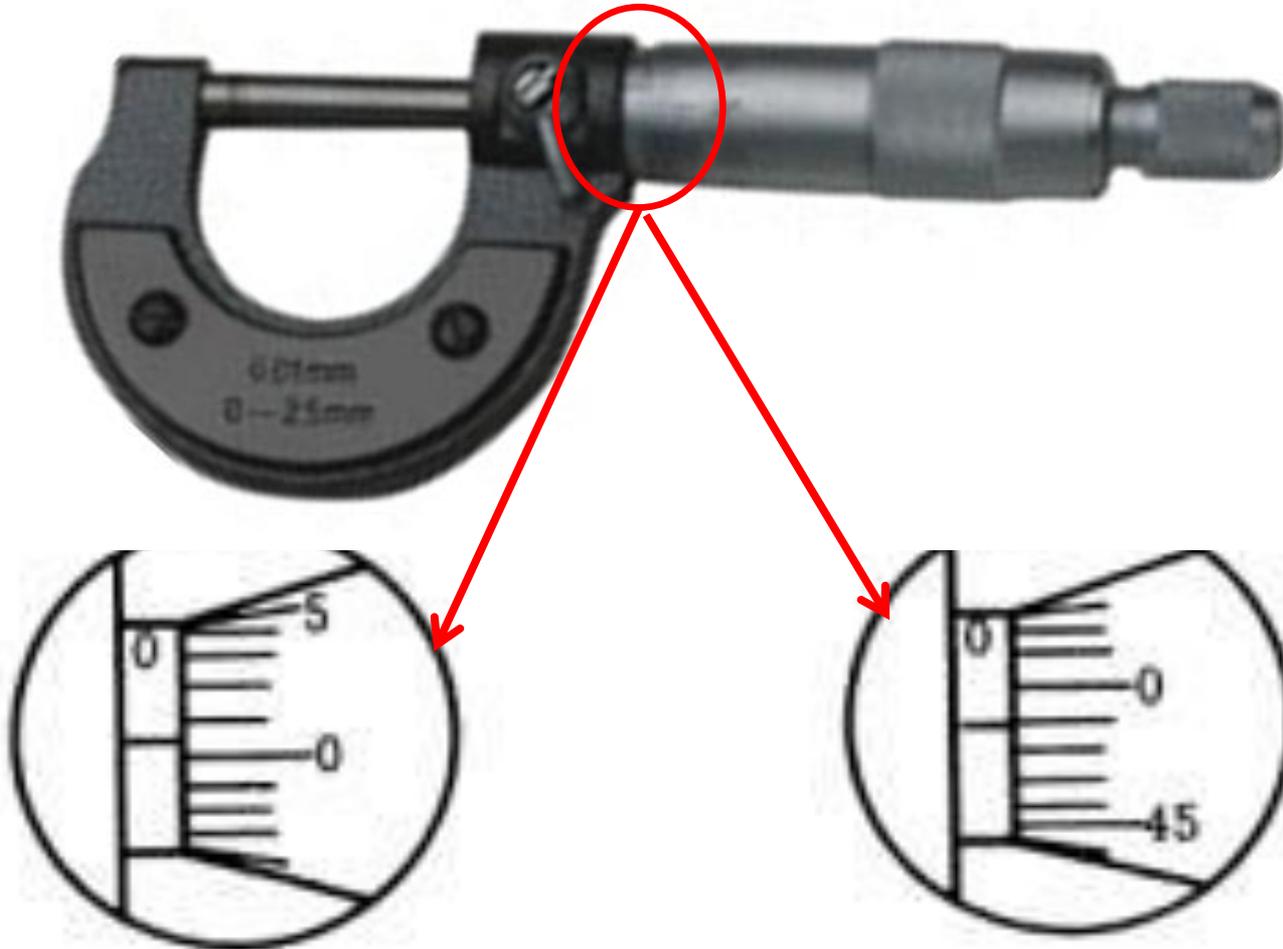
定义：在对同一被测量的多次测量过程中，绝对值和符号保持恒定或随测量条件的改变而按确定的规律变化。

- **产生原因：**由于测量仪器、测量方法、环境带入。
- **分类及处理方法：**
 - 1 **已定系统误差：**必须修正
电表、螺旋测微计的零位误差；
测电压、电流时由于忽略表内阻引起的误差。
 - 2 **未定系统误差：**要估计出分布范围
如：螺旋测微计制造时的螺纹公差等。





系统误差





定义：在对同一量的多次重复测量中绝对值和符号以不可预知方式变化的测量误差分量。

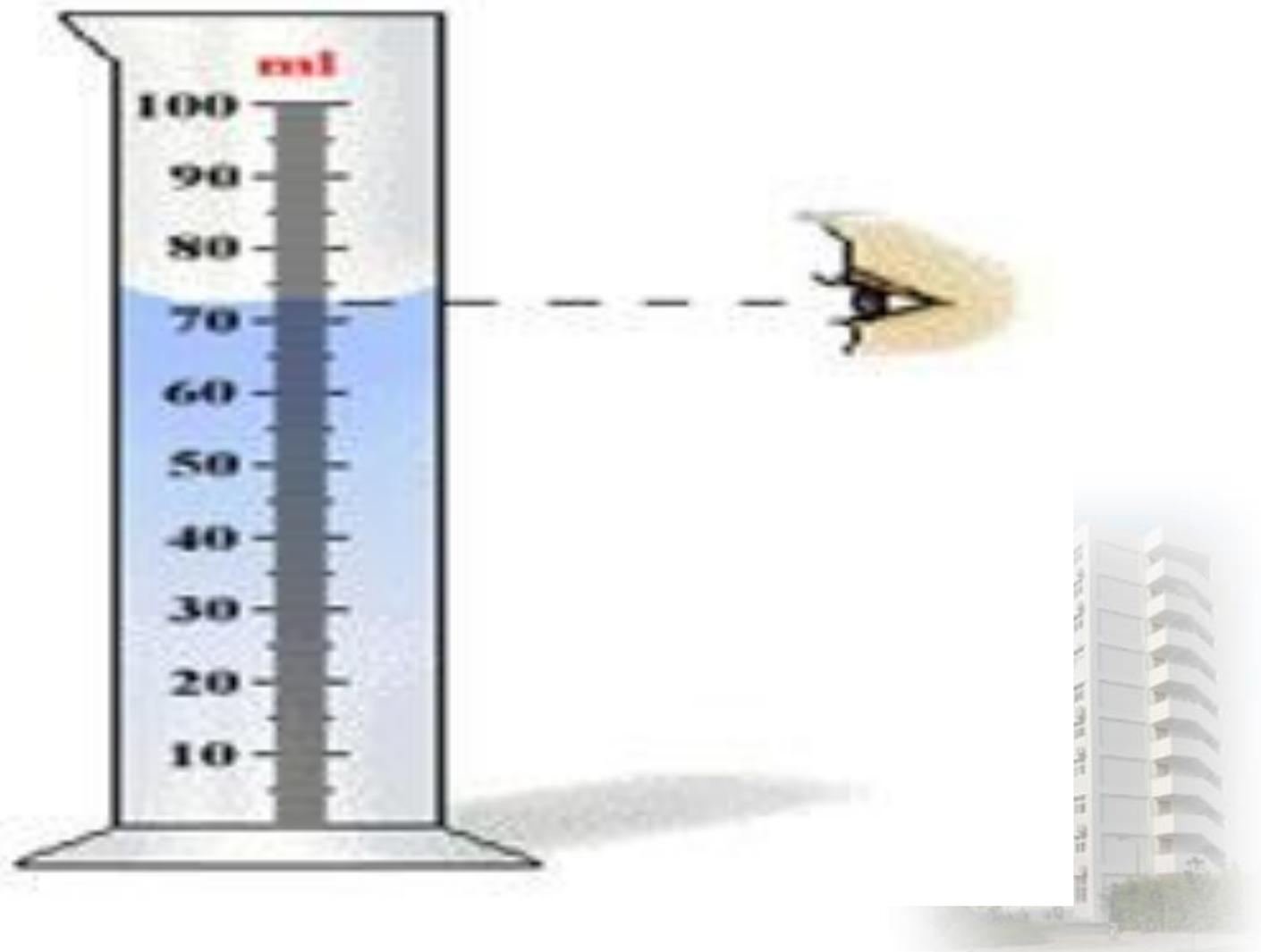
- **产生原因：**实验条件和环境因素无规则的起伏变化，引起测量值围绕真值发生涨落的变化。

例如：

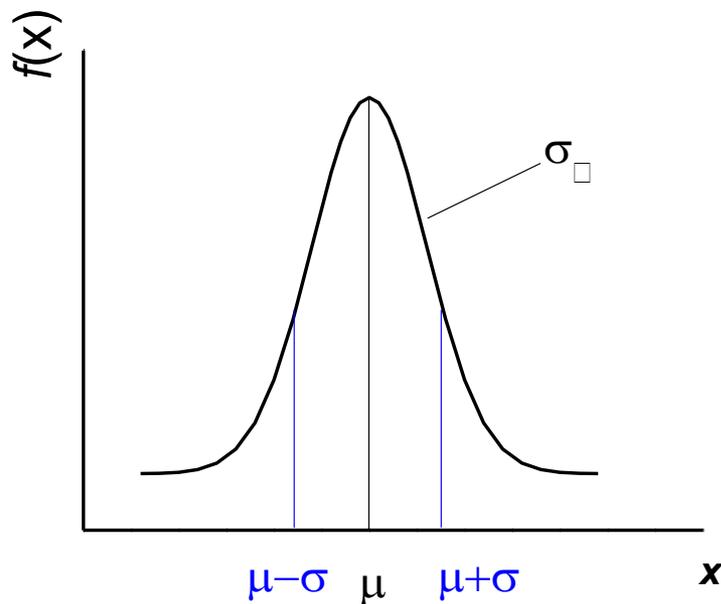
- 电表轴承的摩擦力变动
- 螺旋测微计测力在一定范围内随机变化
- 操作读数时的视差影响



随机误差



- (1) 小误差出现的概率比大误差出现的概率大；
- (2) 无穷多次测量时服从正态分布；
- (3) 具有抵偿性。取多次测量的平均值有利于消减随机误差。



$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n-1}}$$

μ 为真值

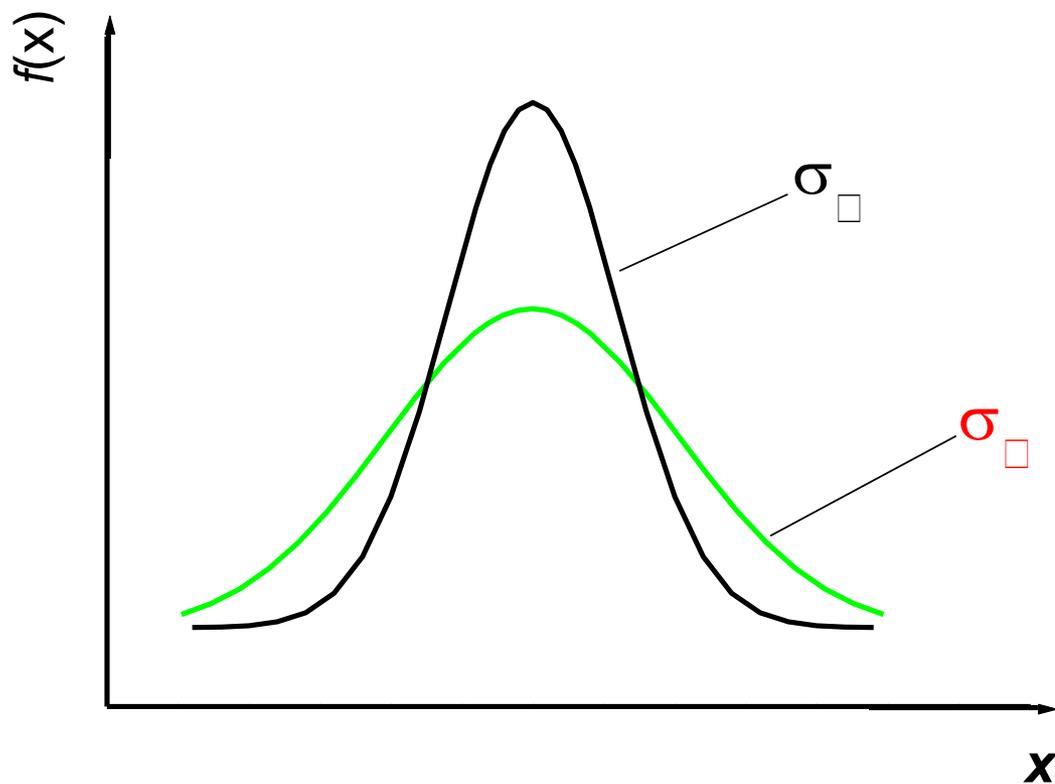
σ 为标准差

$f(x)$ 为 x 的分布函数





标准差表示测量值的离散程度



标准差小：

测得值很密集，随机误差分布范围窄，测量的精密度高；

标准差大：

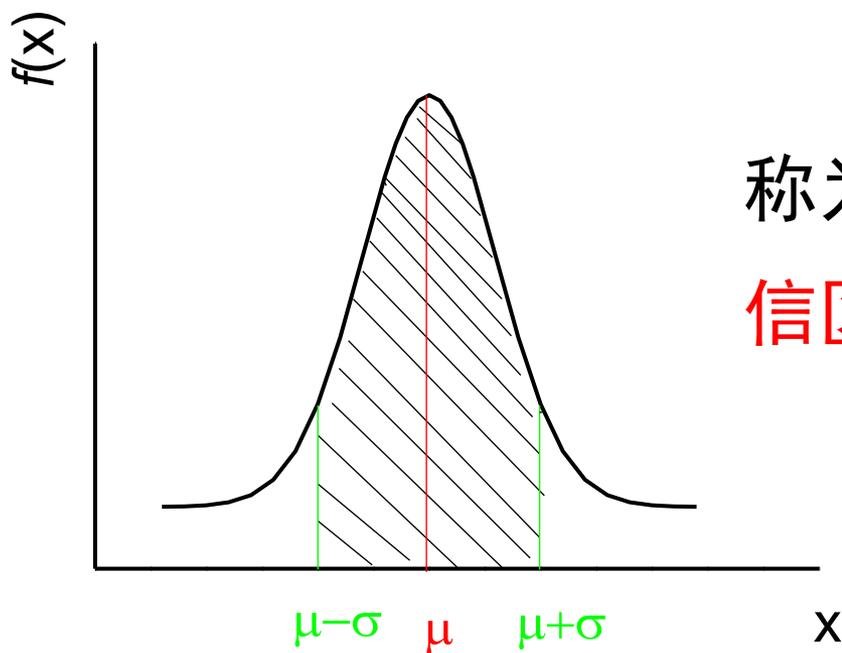
表示测得值很分散，随机误差分布范围宽，测量的精密度低。





任意一次测量值落入区间 $[\mu - \sigma, \mu + \sigma]$

的概率为 $P = \int_{\mu - \sigma}^{\mu + \sigma} f(x) dx = 0.683$



这个概率叫**置信概率**，也
称为**置信度**。对应的区间叫**置
信区间**，表示为：

$$x = \mu \pm \sigma$$





扩大置信区间，可增加置信概率

$$[\mu - 2\sigma, \mu + 2\sigma]$$

$$P = \int_{\mu-2\sigma}^{\mu+2\sigma} f(x)dx = 0.954$$

$$[\mu - 3\sigma, \mu + 3\sigma]$$

$$P = \int_{\mu-3\sigma}^{\mu+3\sigma} f(x)dx = 0.997$$



在测量次数 n 较小的情况下，测量将呈 t 分布

n 较小时，偏离正态分布较多，
 n 较大时，趋于正态分布。

t 分布时，置信区间和置信度的计算需要对特殊函数积分，且不同的测量次数对应不同的值，计算很繁。

平均值

假定对一个物理量进行了 n 次测量，测得的值为 $x_i (i = 1, 2, \dots, n)$

$$\bar{x} = \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) / n$$

可以用多次测量的算术平均值作为被测量的最佳估计值，测量次数 n 为无穷大时，算术平均值等于真值。





根据统计理论，有限测量时，算术平均值不等于真值，它的标准偏差为：

$$\sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum (\bar{x} - x_i)^2}{n(n-1)}} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}}$$

而 $\sigma_{\bar{x}}$ 的意义可以理解为：

待测物理量处于区 $[\bar{x} - \sigma_{\bar{x}}, \bar{x} + \sigma_{\bar{x}}]$ 内的概率为0.683。





物理实验中，置信度一般取作**0.95**，这时
 t 分布相应的置信区间可写为：

$$x = \bar{x} \pm t_{0.95} \sigma_{\bar{x}} = \bar{x} \pm \frac{t_{0.95}}{\sqrt{n}} \sigma_x$$

n	3	4	5	6	7
$\frac{t_{0.95}}{\sqrt{n}}$	2.48	1.59	1.24	1.05	0.926

一般，我们取测量次数为6次。



概念： 不确定度 u 是由于测量误差存在而对被测量值不能确定的程度。

意义： 不确定度是一定置信概率下的误差限值, 反映了可能存在的误差分布范围。

置信概率一般取0.95





A 类分量 Δ_A : 可以用统计学方法估算的分量, 一般指随机误差。

测量次数很大时, $\Delta_A = 2\sigma_x = \frac{2}{\sqrt{n}}\sigma_x$

测量次数不大时, $\Delta_A = \frac{t_{0.95}}{\sqrt{n}}\sigma_x$



B 类分量 Δ_B : 不能用统计学方法估算的分量, 一般指系统误差。

若不特别说明

$$\Delta_B = \frac{\text{仪器允差}}{c}$$

c 叫置信因子, 置信度取0.95时, **$c = 1.05$**





合成方法:

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

相对不确定度:

$$u_{rx} = \frac{u_x}{x} \times 100\%$$

结果表示:

$$\begin{cases} x = \bar{x} \pm u_x \\ u_{rx} = \frac{u_x}{x} \times 100\% \end{cases}$$

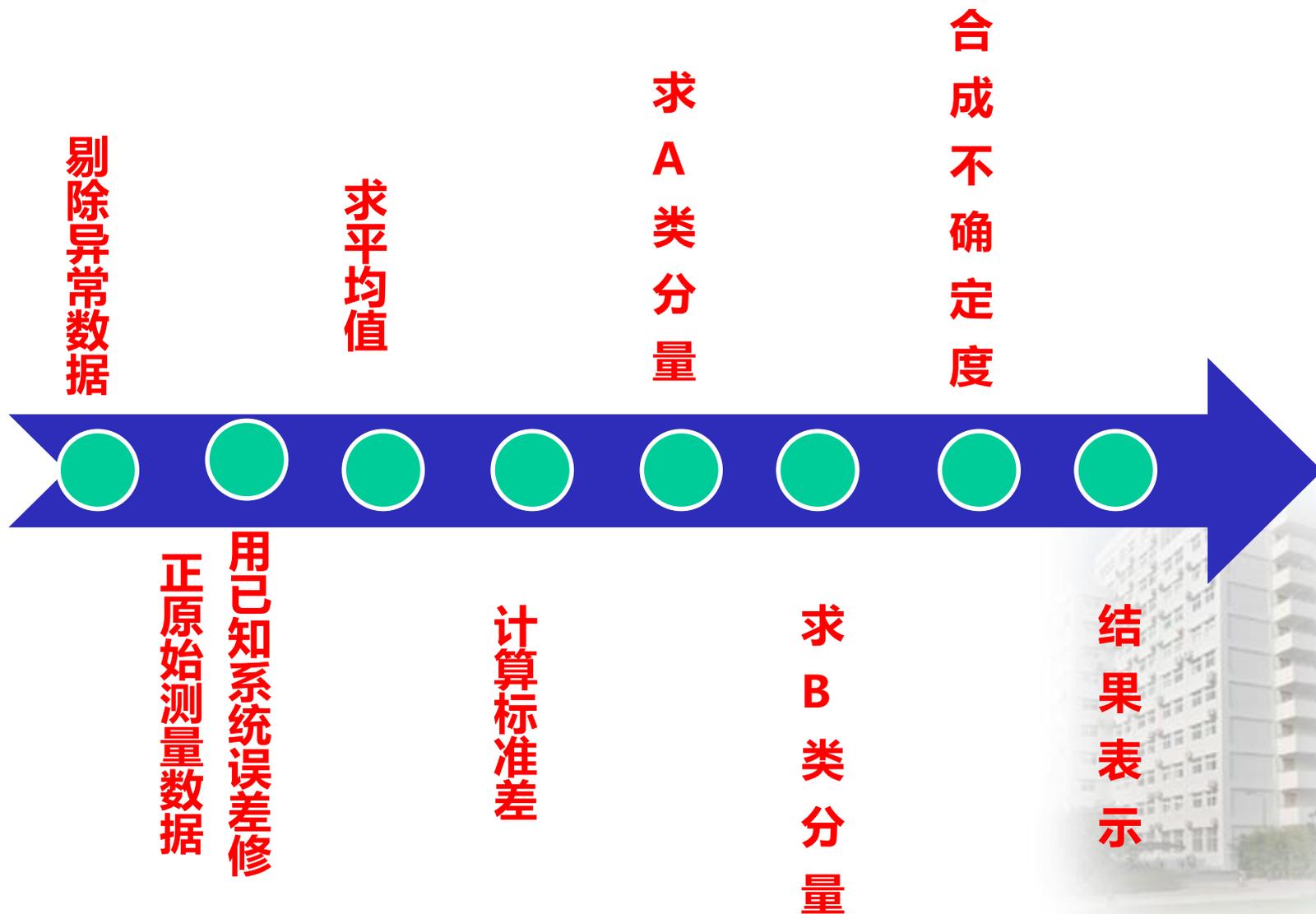


注意：

1. 平均值有效数字位数**不要超过**测量值的有效数字；
2. 不确定度和相对不确定度**保留1-2位有效数字**；
3. 不确定度的**最后一位数字要和平均值的对齐**。



直接测量量不确定度估算过程与表示



例1：用螺旋测微计测某一钢丝的直径，原始数据见下表，请给出完整的测量结果。

原始数据表格

$d_0 = +0.004 \text{ mm}$ ，螺旋测微计的仪器允差为 $\Delta_{\text{仪}} = 0.004 \text{ mm}$						
	1	2	3	4	5	6
d'_i (mm)	0.249	0.250	0.247	0.251	0.253	0.250



例 1 解:

$d_0 = +0.004 \text{ mm}$, 螺旋测微计的仪器允差为 $\Delta_{\text{仪}} = 0.004 \text{ mm}$

	1	2	3	4	5	6
d'_i (mm)	0.249	0.250	0.247	0.251	0.253	0.250
$d_i = d'_i - d_0$ (mm)	0.245	0.246	0.243	0.247	0.249	0.246
\bar{d}_i (mm)	0.246					
$\bar{d} - d_i$ (mm)	0.001	0.000	0.003	-0.001	-0.003	0.000

没有异常数据, 不用剔除



例 1 解:

$$\sigma_d = \sqrt{\sum (\bar{d} - d_i)^2 / (n-1)} = 0.002(mm)$$

$$\Delta_A = \frac{t_{0.95}}{\sqrt{n}} \sigma_x = 1.05 \sigma_x \approx 0.002mm$$

$$\Delta_B = \frac{\Delta_{\text{仪}}}{1.05} \approx 0.004(mm)$$

$$u_d = \sqrt{\Delta_A^2 + \Delta_B^2} \approx 0.004(mm)$$

$$u_{rd} = \frac{u_d}{d} \times 100\% = 2\%$$





测量结果表示为

$$\begin{cases} d = 0.246 \pm 0.004(\text{mm}) \\ u_{rd} = 2\% \end{cases}$$



设待测量与各直接测量之间有函数关系：

$$x = f(x_1, x_2, x_3, \cdots, x_n)$$

待测量的**平均值**可直接用各量平均值计算，则：

$$\bar{x} = f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3, \cdots, \bar{x}_n)$$

不可分别计算再取平均——非线性



间接测量不确定度的计算

待测量量的不确定度与各直接测量量的不确定度的关系为：

(1)
$$u_x = \sqrt{\sum_i \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} u_{x_i} \right)^2}$$
 计算和差形式方便

(2)
$$\frac{u_x}{x} = \sqrt{\sum_i \left(\frac{\partial \ln f}{\partial x_i} u_{x_i} \right)^2}$$
 计算乘除指数形式方便





常用公式

$$x = x_1 \pm x_2 \quad u_x = \sqrt{u_{x_1}^2 + u_{x_2}^2}$$

$$x = x_1 x_2 \text{ 或 } x_1 / x_2 \quad u_{rx} = \sqrt{u_{rx_1}^2 + u_{rx_2}^2}$$

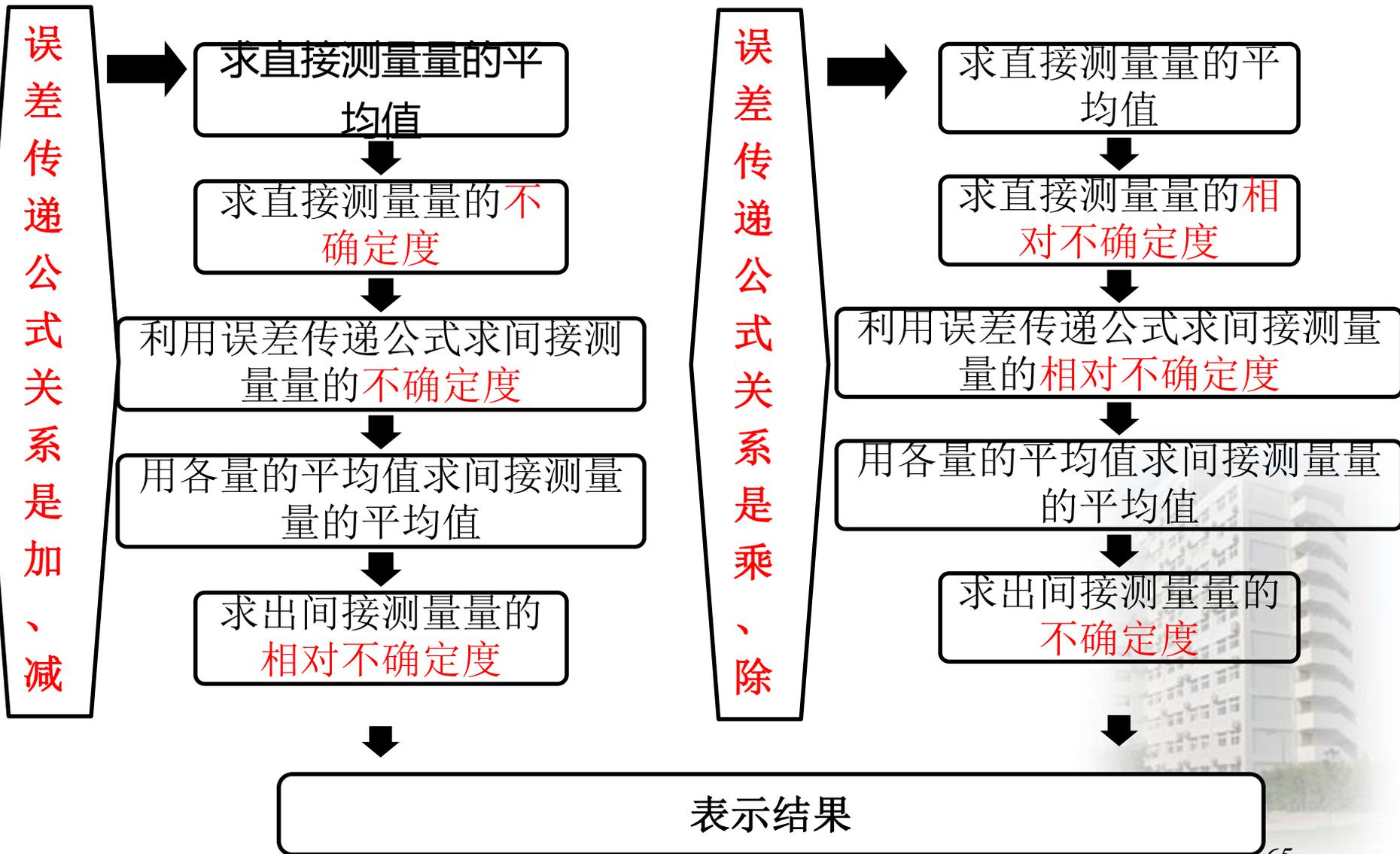
$$x = x_1^k x_2^m \quad u_{rx} = \sqrt{(ku_{rx_1})^2 + (mu_{rx_2})^2}$$

同学们可以用偏微分知识自己推导这些公式





间接测量的不确定度合成过程



间接测量量的不确定度合成举例

例2: 已测得金属环的外形尺寸如下，要求给出其体积的测量结果

$$D_{\text{内径}} = 2.880 \pm 0.004 \text{ cm}、D_{\text{外径}} = 3.600 \pm 0.004 \text{ cm}、h = 2.575 \pm 0.004 \text{ cm}$$

解:

$$1. \quad \bar{V} = \frac{\pi}{4} (\bar{D}_{\text{外径}}^2 - \bar{D}_{\text{内径}}^2) \bar{h} = 9.436 (\text{cm}^3)$$

2. 由于间接测量与直接测量量之间没有简单关系，故先推导出间接测量的合成不确定度

$$\begin{aligned} u_V &= \sqrt{\sum_i \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} u_{x_i} \right)^2} = \sqrt{\left(\frac{\partial V}{\partial D_{\text{内径}}} u_{D_{\text{内径}}} \right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial D_{\text{外径}}} u_{D_{\text{外径}}} \right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial h} u_h \right)^2} \\ &= \frac{\pi}{4} \sqrt{(2D_{\text{内径}} h u_{D_{\text{内径}}})^2 + (2D_{\text{外径}} h u_{D_{\text{外径}}})^2 + [(D_{\text{外径}}^2 - D_{\text{内径}}^2) u_h]^2} = 0.08 (\text{cm}^3) \end{aligned}$$

间接测量量的不确定度合成举例

3. 求相对不确定度

$$u_{rV} = \frac{u_V}{V} = 0.8\%$$

4. 实验结果表示

$$\begin{cases} V = 9.44 \pm 0.08(\text{cm}^3) \\ u_{rV} = 0.8\% \end{cases}$$





3. 数据处理的作图法最小二乘法

3.1 作图法处理实验数据

3.2 最小二乘法直线拟合

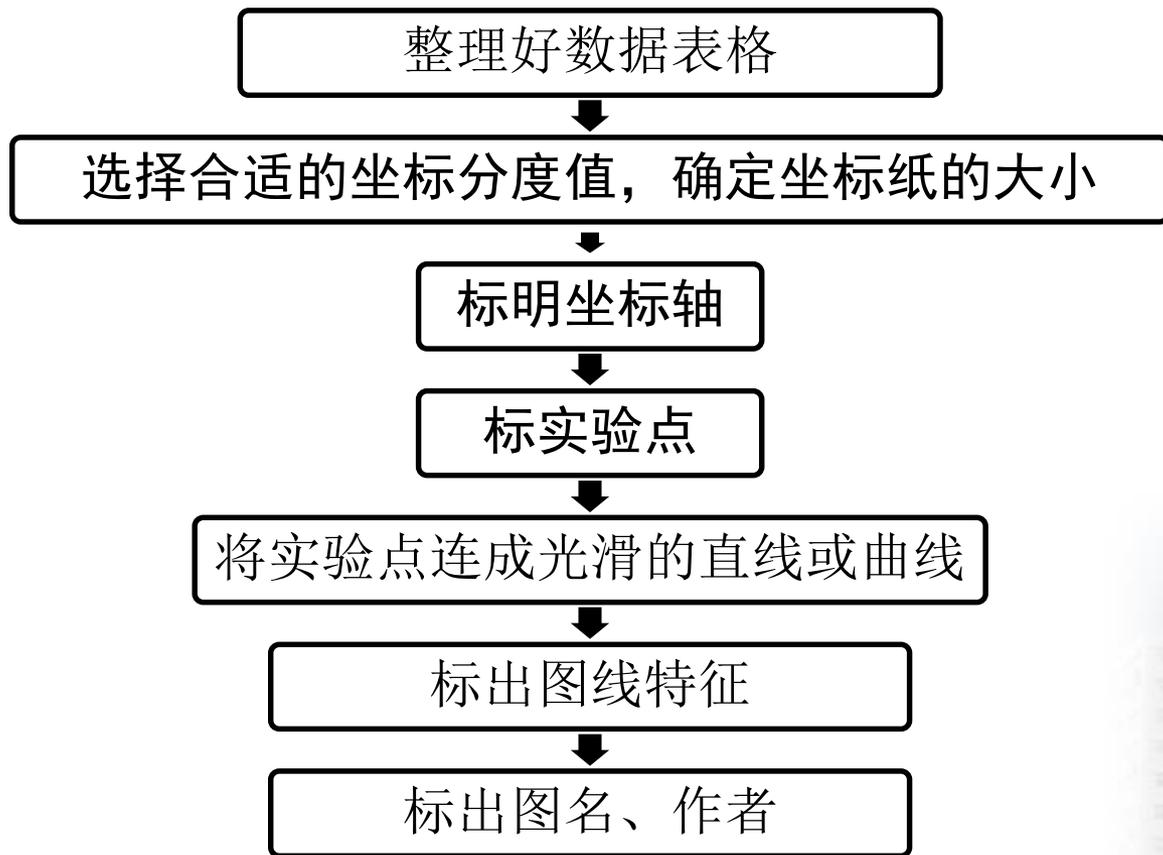




作图法可形象、直观地显示出物理量之间的函数关系，也可用来求某些物理参数，因此它是一种重要的数据处理方法。



作图法处理实验数据步骤



作图法处理实验数据步骤

例3: 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

根据表 1 数据 U 轴可选 1mm 对应于 0.10 V， I 轴可选 1mm 对应于 0.20 mA，并可定坐标纸的大小（略大于坐标范围、数据范围）约为 130 mm × 130 mm。



2. 标明坐标轴：

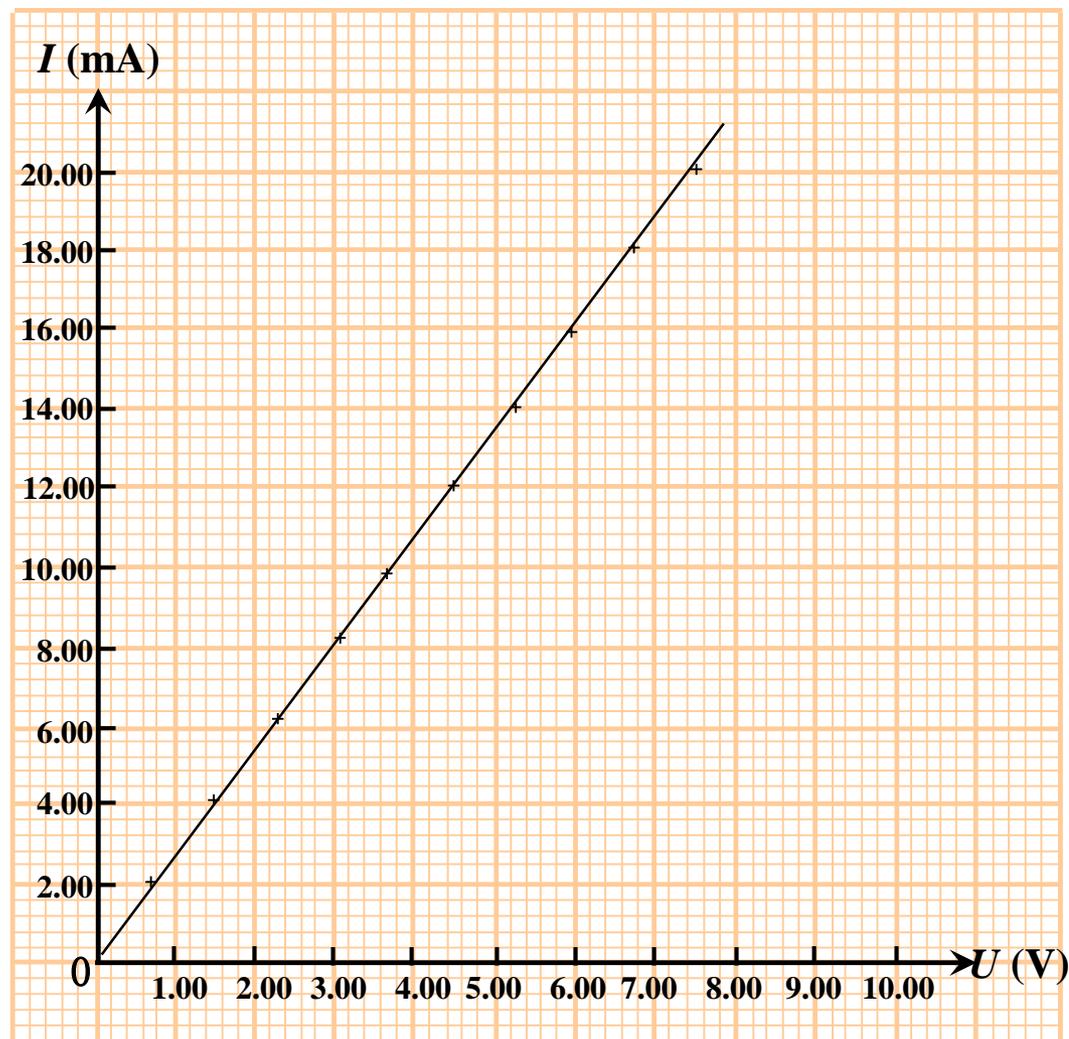
用粗实线画坐标轴，用箭头标轴方向，标坐标轴的名称或符号、单位，再按顺序标出坐标轴整分格上的量值。

3. 标实验点：

实验点可用“+”、“●”、“○”等符号标出（同一坐标系下不同曲线用不同的符号）。

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。图线正穿过实验点时可以在点处断开。

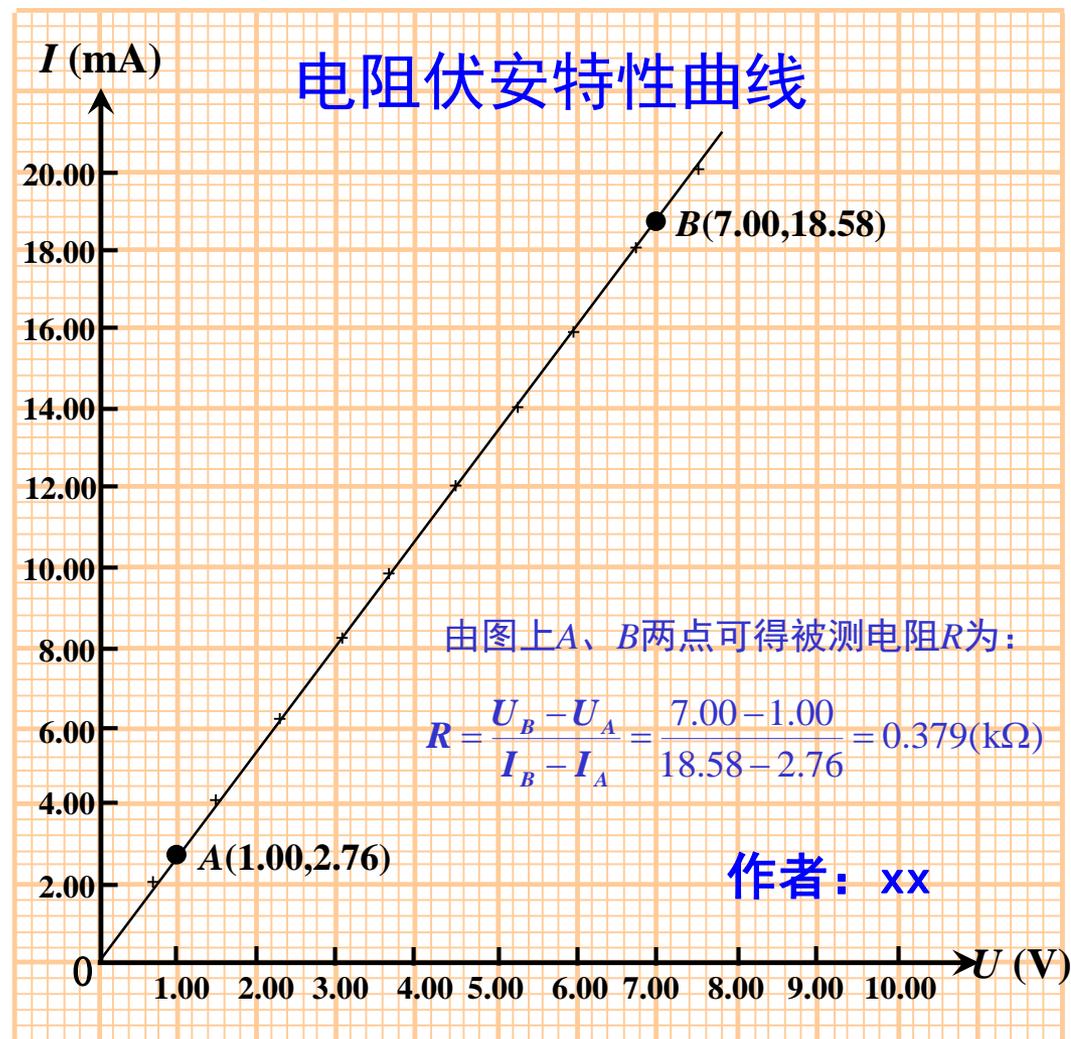


5. 标出图线特征：

在图上空白位置标明实验条件或从图上得出的某些参数。如利用所绘直线可给出被测电阻 R 大小：
 从所绘直线上读取两点 A 、 B 的坐标就可求出 R 值。

6. 标出图名：

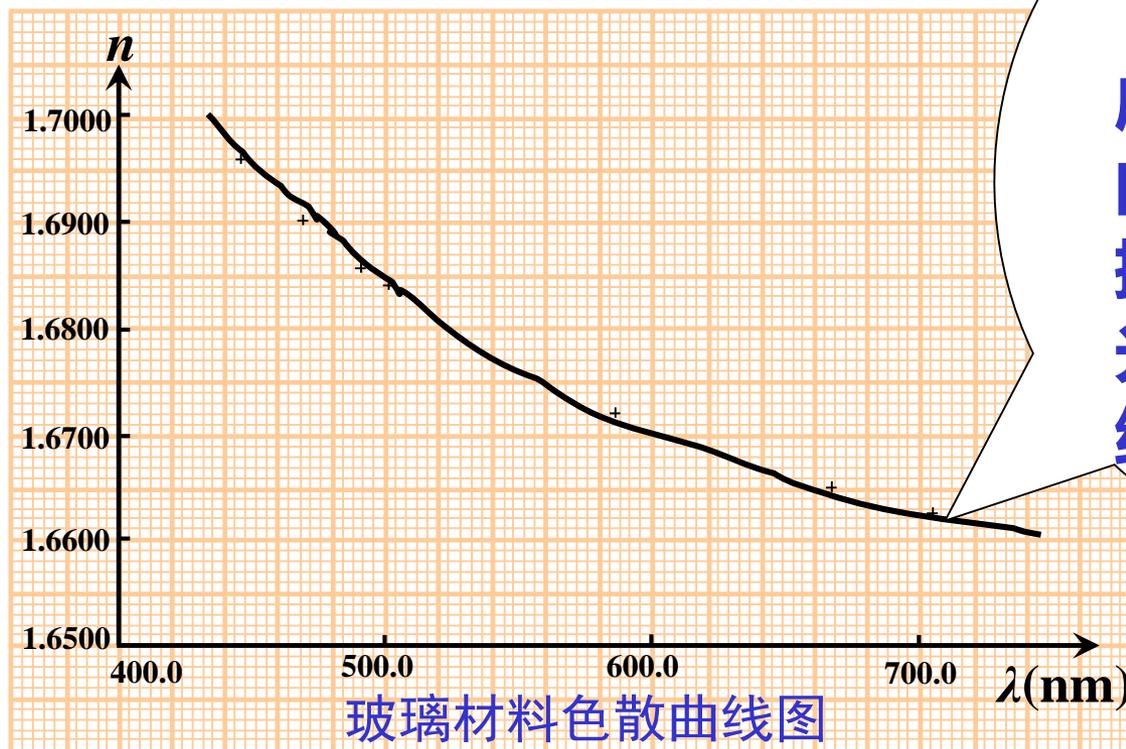
在图线下方或空白位置写出图线的名称及某些必要的说明。





● 不当图例展示:

图 1



不当：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:

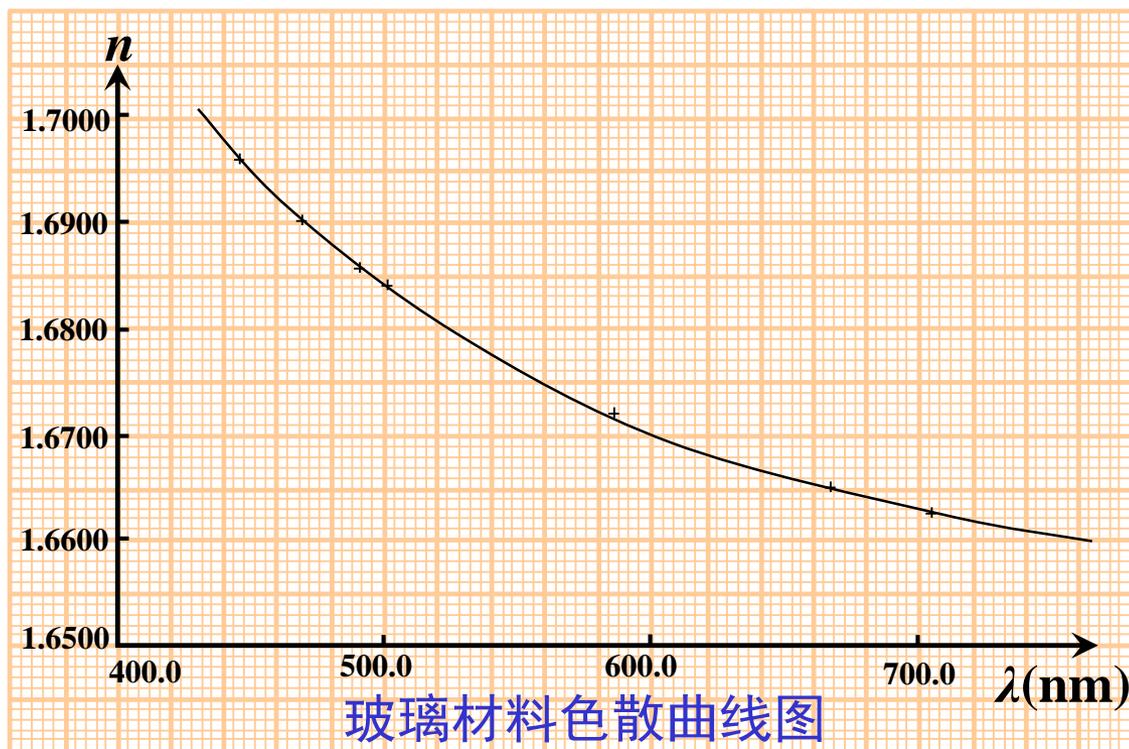
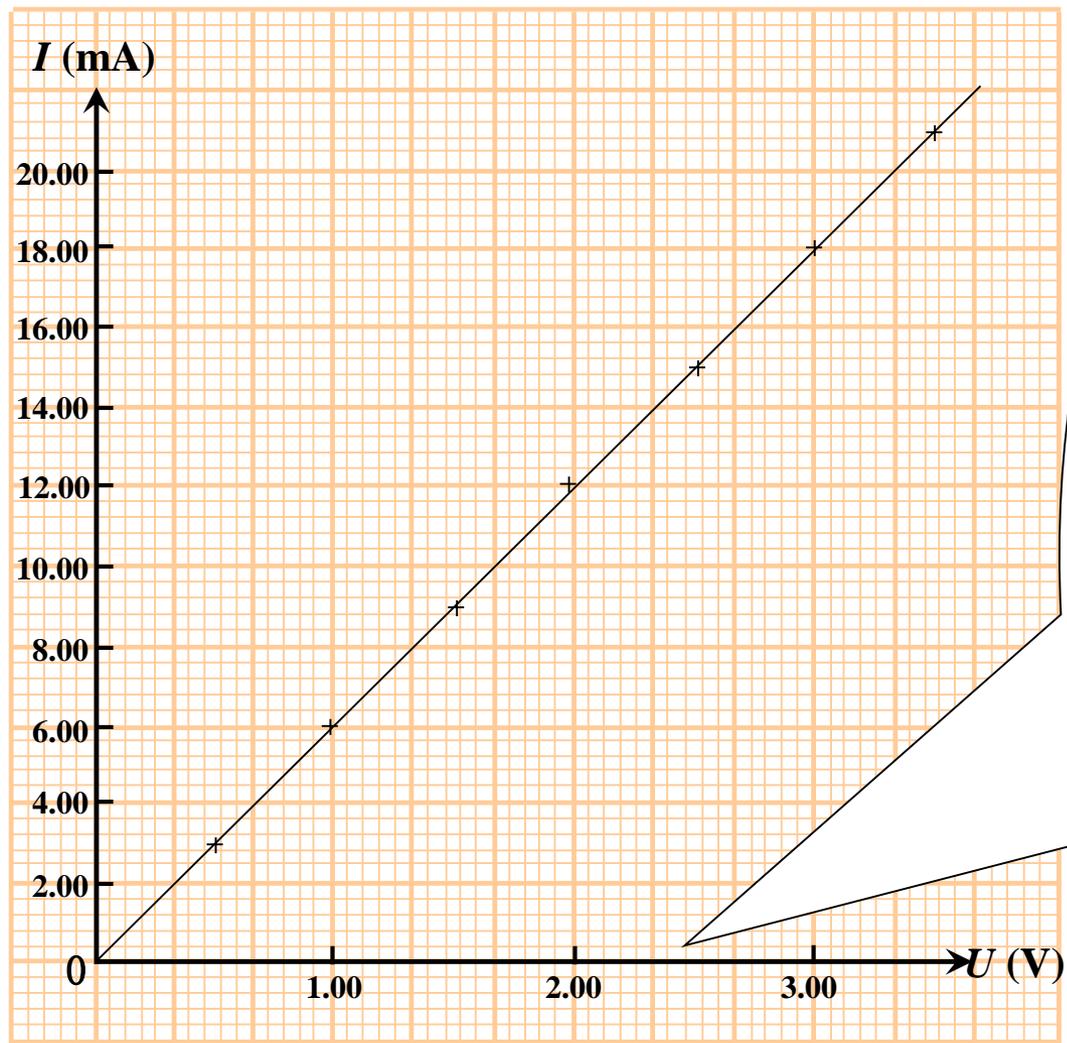




图 2



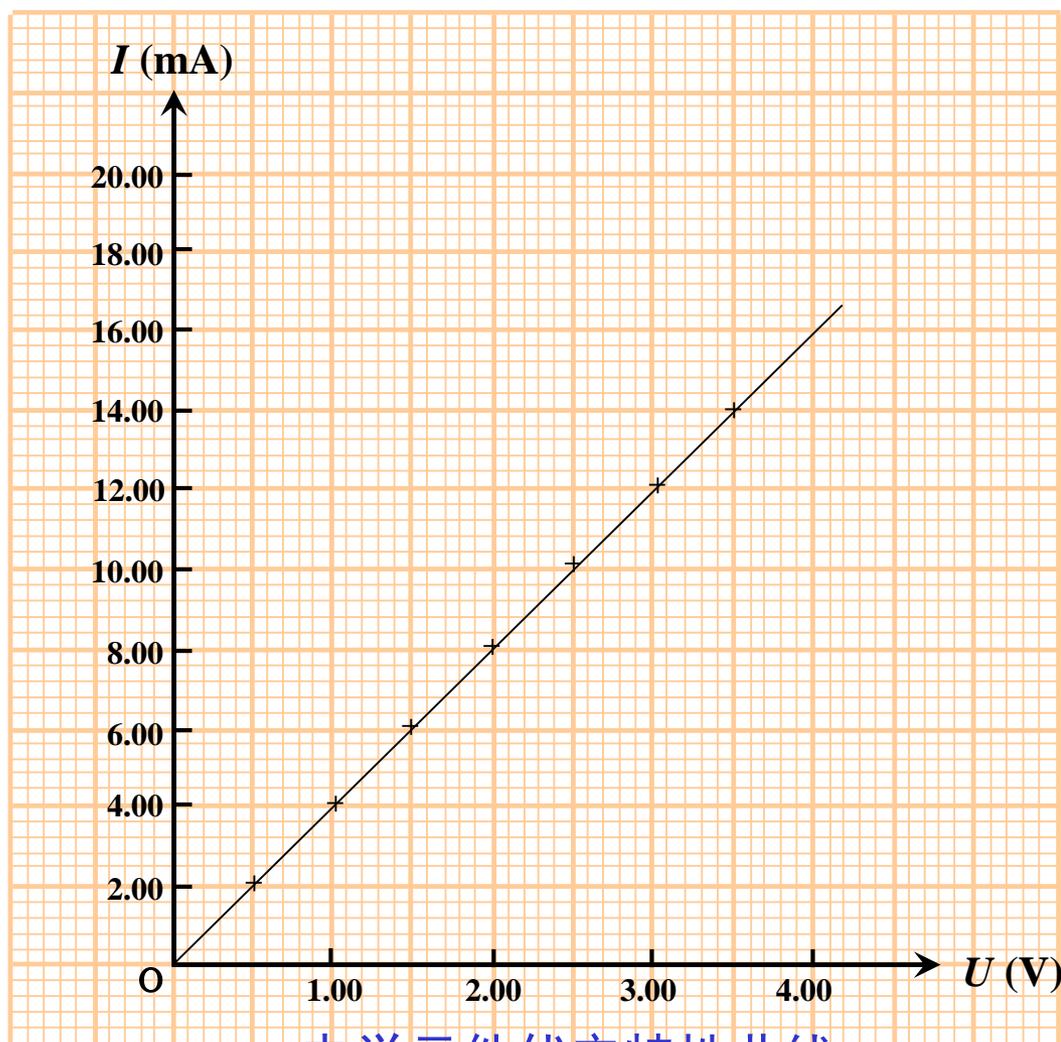
电学元件伏安特性曲线

不当：横轴坐标分度选取不当。

横轴以3 cm 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：



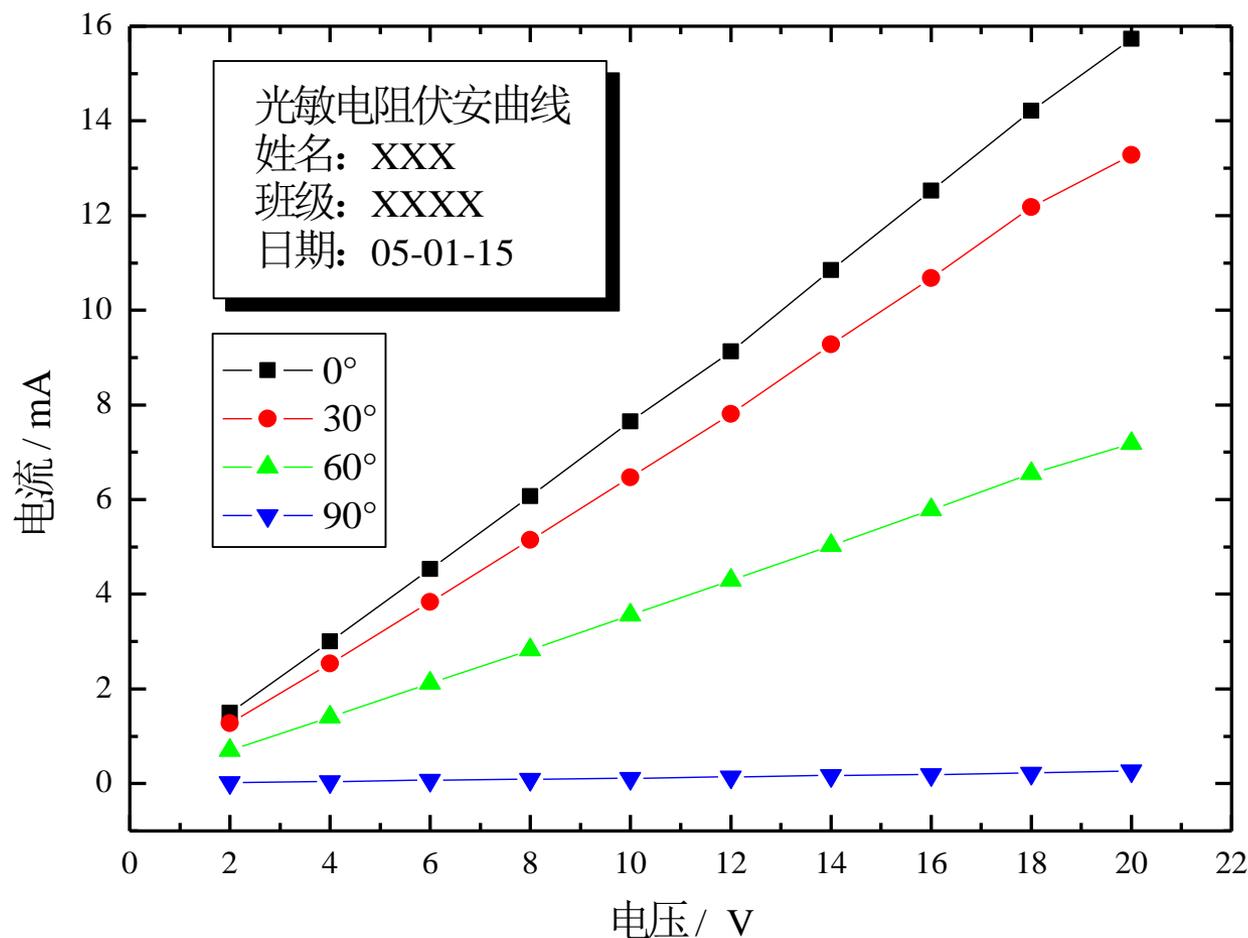
电学元件伏安特性曲线



计算机作图的例子 (ORIGIN)



作图方法可参见讲义附录，中心机房可提供计算机





最小二乘法直线拟合

设两物理量 x 、 y 满足线性关系 $y = a + bx$ ，
等精度地测得一组互相独立的实验数据

$$\{x_i, y_i\} \quad i = 1, \dots, n$$

当所测各 y_i 值与拟合直线上的 $a + bx_i$ 之间偏差的平方和最小，即

$$Q = \sum_{i=1}^n [y_i - (a + bx_i)]^2 \quad \text{最小}$$

Q 叫残差

所得系数 a, b 最好, 拟合公式即为最佳经验公式。





$$\frac{\partial Q}{\partial a} = \sum_{i=1}^n 2[y_i - (a + bx_i)](-1) = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial b} = \sum_{i=1}^n 2[y_i - (a + bx_i)](-x_i) = 0$$





解方程得：

$$a = \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_i y_i\right) \left(\sum_{i=1}^n x_i\right) - \left(\sum_{i=1}^n y_i\right) \left(\sum_{i=1}^n x_i^2\right)}{\left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2 - n \sum_{i=1}^n x_i^2} = \frac{\overline{xy} \cdot \overline{x} - \overline{x^2} \cdot \overline{y}}{\overline{x^2} - \overline{x^2}}$$

$$b = \frac{\left(\sum_{i=1}^n y_i\right) \left(\sum_{i=1}^n x_i\right) - n \left(\sum_{i=1}^n x_i y_i\right)}{\left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2 - n \sum_{i=1}^n x_i^2} = \frac{\overline{x} \cdot \overline{y} - \overline{xy}}{\overline{x^2} - \overline{x^2}}$$





相关系数 r :

最小二乘法处理数据除给出 a 、 b 外，还应给出相关系数 r ， r 定义为

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum (y_i - \bar{y})^2}} \quad \text{其中} \quad \bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad \bar{y} = \frac{\sum y_i}{n}$$

$r \in [-1, 1]$ 。

$|r| \rightarrow 1$ ， x 、 y 间线性关系好，

$|r| \rightarrow 0$ ， x 、 y 间无线性关系，拟合无意义。

物理实验中一般要求 r 绝对值达到0.999以上(3个9以上)





a 、 b 、 r 的具体求解方法：

1. 用计算机Excel 程序;
2. 用计算机Origin软件或Matlab软件

Origin软件的试用版下载：

<ftp://ftp2.sjtu.edu.cn/software/Science/>

3. 自己编程。

用最小二乘法处理前一定要先用

作图法作图，以剔除异常数据!!!





4. 怎样上好物理实验课

- 实验预习—实验能否取得主动的关键
- 实验操作
- 实验报告—实验的总结





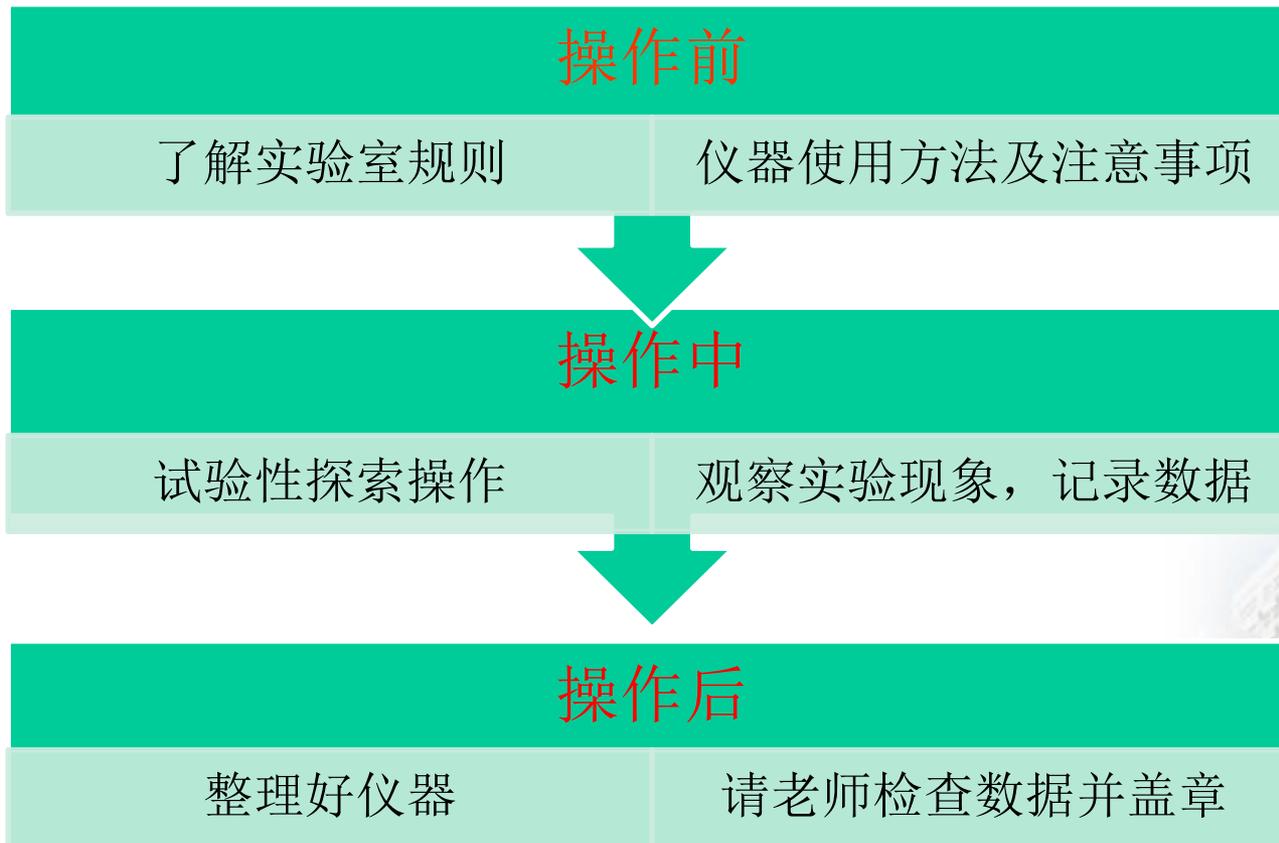
- 明确实验目的，
- 预习实验原理，
- 了解实验注意事项。



- 实验名称，实验目的
- 实验简图（电路图或光路图）
- 记录主要公式
- 列出记录数据表格



实验操作要求



用钢笔或圆珠笔记录数据，原始数据不得改动



特色



抄袭处理：

0 分 0 分





实验目的和原理

- 实验目的
- 实验原理
- 实验仪器设备

实验数据和处理

- 实验数据图表
- 数据处理

实验讨论和误差分析

- 实验结果或实验现象分析
- 实验结果误差分析
- 实验小结

中心目前暂不接受电子版实验报告！！

教学环节中应注意

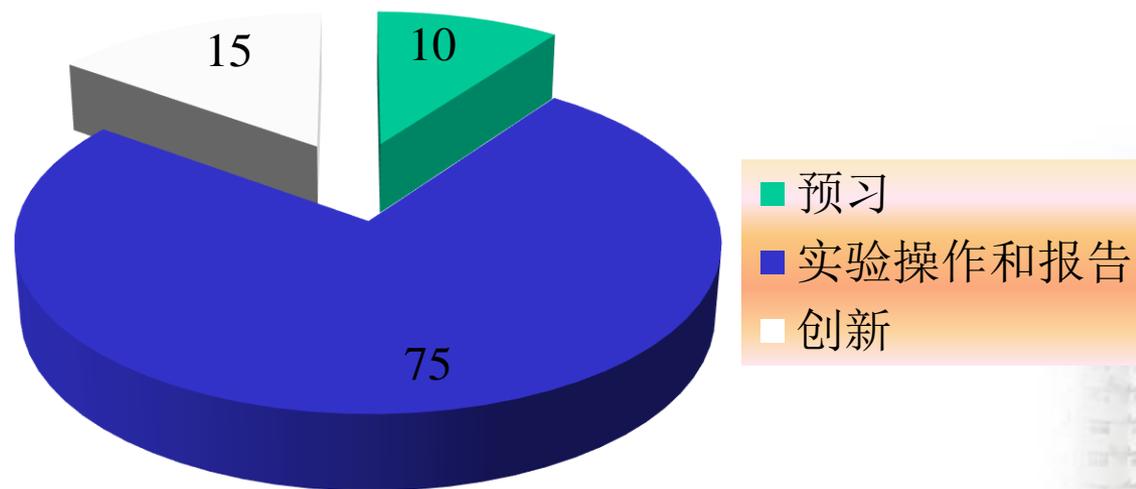
1. 学生上课必须准时，迟到按缺课处理。
2. 未完成预习和预习报告者，教师有权停止其实验或成绩降档！
3. 进实验室做实验，其实验者序号必须与仪器组号一一对应！离开实验室前，数据记录须经教师审阅签名。
4. 实验报告（含预习报告）必须在**一周内**交至物理实验楼三楼的**教师信箱（按图章标记）或上课老师**！不然该实验按缺席处理。

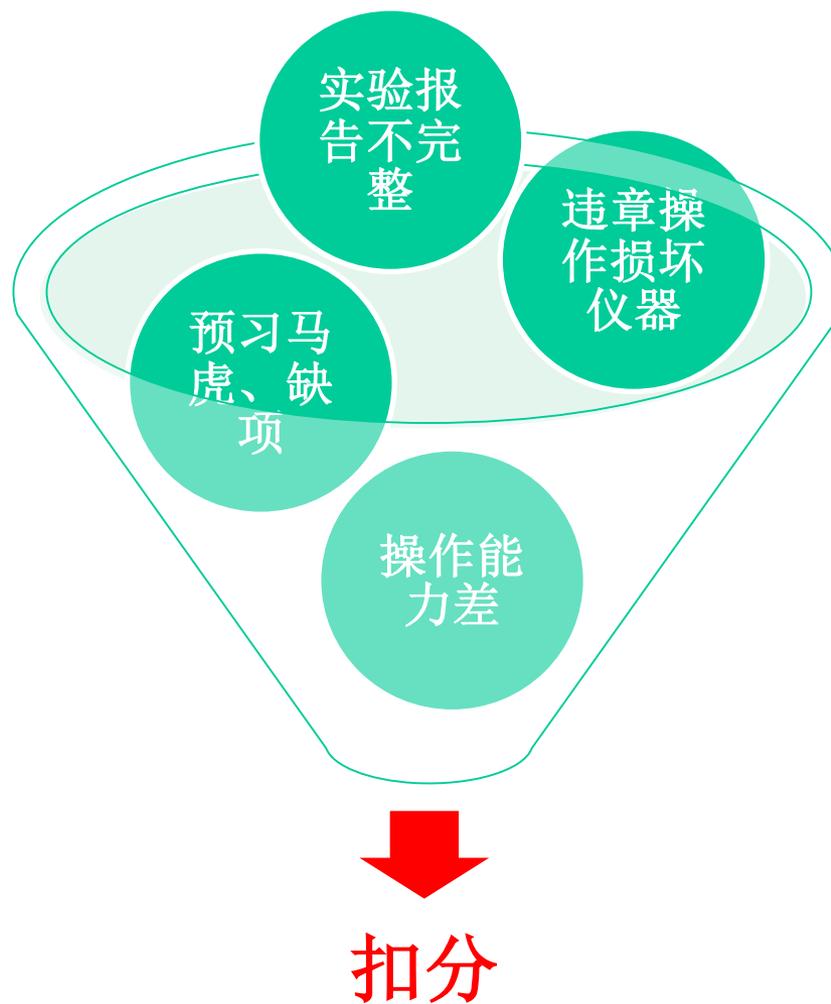




物理实验成绩评分标准

满分 1 0 0







上课时间

周三 下午: 13:00-15:15开始
晚上: 18:00-20:15开始





学生上课须知

每个同学按要求完成**8个**实验，平均成绩按**95%**的权重计入最终成绩

1. 学习用最小二乘法和逐差法处理实验数据；
2. 学习利用Origin作图并表示实验结果。如果你到实验中心机房作图，为方便你保存数据请你带好U盘；
3. 学习用不确定度表示实验结果。



物理楼和物理实验楼



上海交通大学
Shanghai Jiao Tong University



高楼
物理楼

物理实验楼

矮楼
实验楼

教务老师介绍



上海交通大学
Shanghai Jiao Tong University



赵老师 教务办公室：物理实验楼308
联系电话：54742960





绪论作业

好大学在线—大学物理实验 (I) 2017春—绪论课考试
用交大Jaccount注册
截止时间2017-03-04的00点



<http://www.cnmooc.org>

绪论实验将计入最终成绩，权重为5%。



请各班班长注意：

**3月2、3日至物理实验楼308室领
取你班信箱钥匙（押金：30元）**





收获在于努力!

