



物理实验绪论

何学敏

hxm@njupt.edu.cn

<http://www.researcherid.com/rid/D-7197-2014>

课程QQ群：2023春物理实验(上)
308159950

南京邮电大学理学院



实验课时间:

上午 9:50-12:15

下午 13:45-16:20

晚上(周一)18:30-21:05

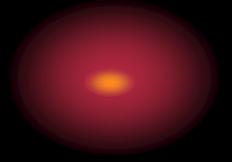
严禁迟到、早退和无故旷课

本学期实验课内容:

| | | |
|---|----------------|---------|
| 1 | 分光计的调节和棱镜顶角的测定 | 教 2-532 |
| 2 | 迈克尔逊干涉仪测定激光波长 | 教 2-534 |
| 3 | 示波器的调整和使用 | 教 2-418 |
| 4 | 双臂电桥测量低电阻 | 教 2-417 |
| 5 | 用惠斯通电桥测电阻 | 教 2-416 |
| 6 | 电介质电容率的测量 | 教 2-429 |
| 7 | 扭摆法测量物体的转动惯量 | 教 2-427 |

第一部分

物理实验课的基本程序



1. 实验成绩考核方法
2. 实验前的预习
3. 实验的进行—中心环节
4. 实验后写实验报告

1. 成绩考核

占比：1、期末考试40%，笔试；

内容：《物理实验绪论》部分+7个具体的实验。

2、平时成绩60%，主要考核实验操作，实验报告、实验素养纪律等方面。

实验规范：

- 1、要求课前带预习报告到课堂；
- 2、不迟到，不旷课，学生按照学号就坐；
- 3、课堂秩序井然，做完实验要收拾并保持仪器桌面整洁；
- 4、不抄袭数据或实验报告；
- 5、按时在下次课前交报告(按照学号排好)；
- 6、缺课补课需要跟班重新上课，并要老师签字认可；
- 7、实践周不停课，确实需要调整的需要提前和老师沟通。

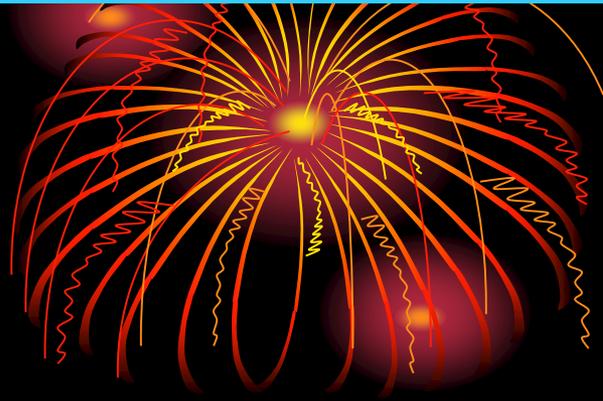


2 . 实验前的预习

完成预习报告内容:

- ①实验名称;
- ②实验目的;
- ③实验仪器 (型号、规格等) ;
- ④实验原理: 在理解的基础上, 用简短的文字扼要阐述实验原理, 切忌照抄。包含主要原理公式及简要说明, 画出必要的原理图、电路图或光路图;

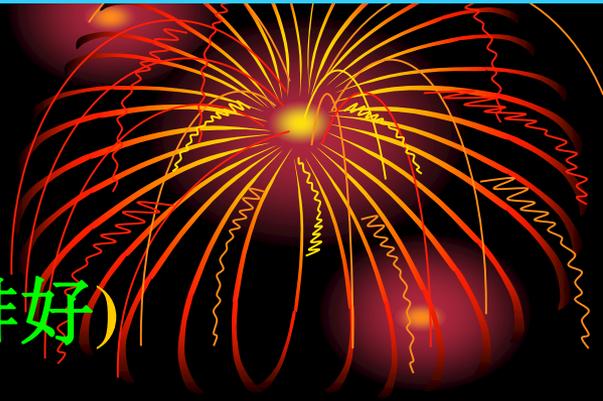
未预习或未写好预习报告者, 老师有权停止其实验或实验成绩降一档!



3. 实验的进行—中心环节

- 老师检查预习报告
- 交上次实验报告(学委收齐, 按学号排好)
- 听老师讲解实验原理及注意事项等
- 按操作规程使用仪器, 禁止私自搬挪、调换仪器;
- 如实记录实验原始数据, 数据记录在实验报告的原始数据记录页面上。

原始数据必须给教师审阅后签字! 离开实验室前, 要整理好所用的实验仪器, 做好清洁工作。



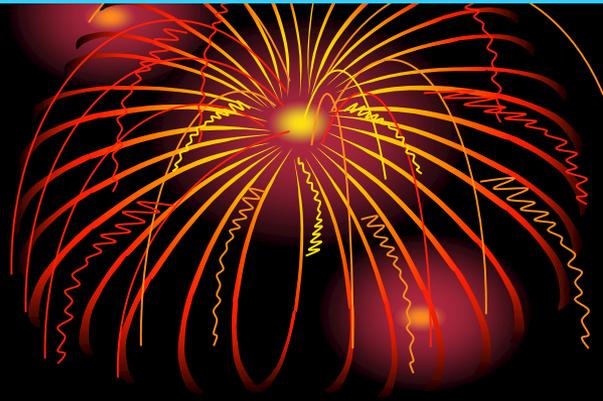
4、实验后写实验报告

要养成及时处理实验数据和交报告的习惯，
对原始数据进行处理和分析，得出实验结果并
进行不确定度评估和讨论。

A vibrant display of fireworks exploding in the upper right quadrant of the slide. The fireworks are primarily orange and red, with some yellow and white streaks. The background is dark, making the bright colors of the fireworks stand out. There are also some faint, glowing purple and blue spheres scattered around the fireworks.

实验报告的内容包括:

- 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、实验数据记录及处理:
- 7、讨论与分析。



此部分在实验前进行

此部分在实验后进行，
紧接着“实验原理”写

实验内容与步骤:

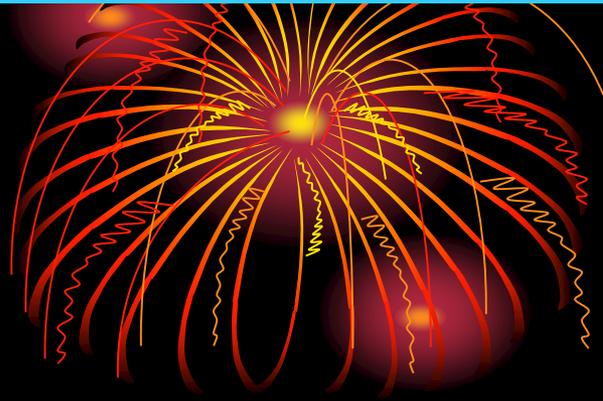
重点写出“做什么，怎么做”

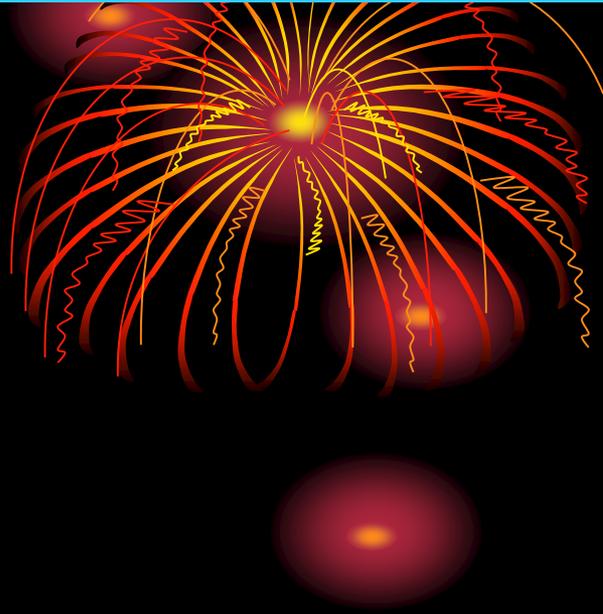
实验数据记录及处理:

(1)重新规范合理地画出正式数据的表格

(应与“原始数据的记录表格”不同)

(2)实验数据处理结果要求写在实验报告册的“实验数据处理”页面上。





第二部分

测量误差与不确定度评定

一、测量与单位

➤ 测量---就是将待测物理量与一个选作标准的同类量进行比较，得出它们之间的关系。

➤ 数值+单位，构成一个物理量，数据应包含：

数值大小和单位，二者缺一不可。

如测量值：175.0 cm

数值大小 单位

实验中要求采用国际单位制(SI):
米(m)、千克(kg)、秒(s)、安培(A)、开尔文(K)、摩尔(mol)、坎德拉(cd)

二、测量的分类

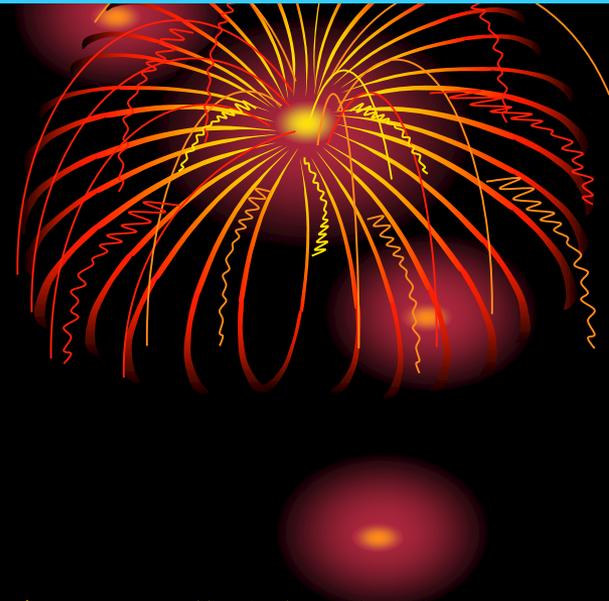
按测量过程分：

直接测量

间接测量

直接测量——将待测量与定标的测量仪器或量具比较，直接读出待测物理量的值。

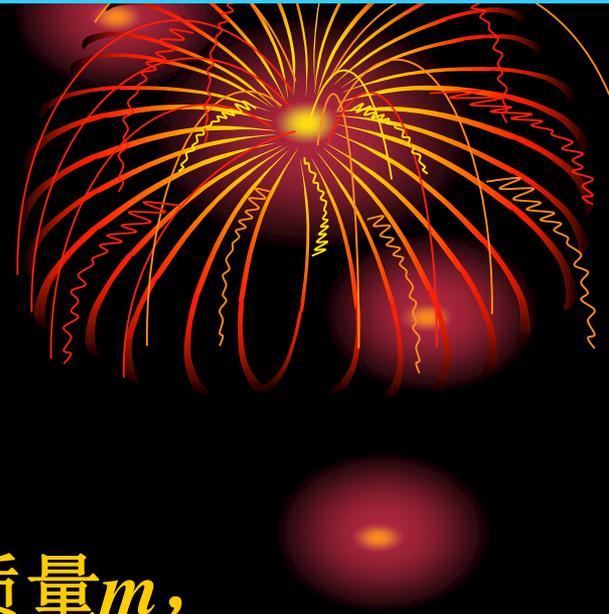
间接测量——有些无法用仪表或量具直接测量的物理量只能通过对一些相关物理量的直接测量，再通过这些物理量间的一定的函数关系求出待测量的大小。



例：测量圆柱体的密度

$$\rho = \frac{4m}{\pi D^2 h}$$

首先测出圆柱体的直径 D 、高度 h 和质量 m ，
再通过公式可以间接测得圆柱体的密度。



三、有效数字的概念

❖ 测量值存在误差是不可避免的，因而测量值包含了准确数字和欠准数字。我们将准确数字和欠准数字总称为有效数字。

❖ 在大学物理实验中，通常只取一位欠准数字。因此有效数字由若干位准确数字和一位欠准数字组成。

❖ 有效数字不仅反映了待测量的大小，正确书写的有效数字还可以反映测量的精确程度。



1). 有效数字定义:

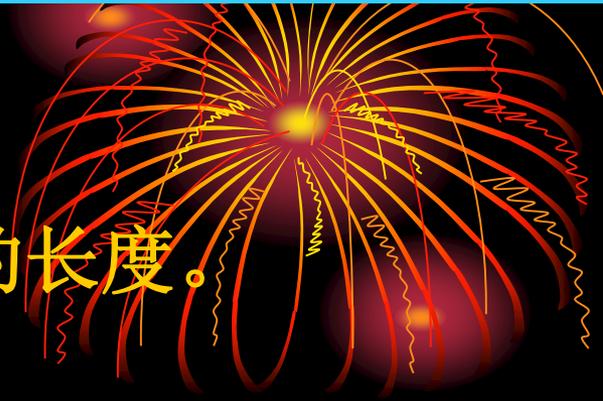
由测量结果的**第一位非零数**起到**最后那一位数字止**的全部数字统称为测量的有效数字。

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

2). 有效数字的性质

- (1) 有效数字位数的多少与被测对象数值大小有关。
- (2) 有效数字位数的多少与测量仪器的精度有关。





例如：用不同精度的量具测同一物体的长度。

用钢直尺测量： $L=46.0\text{mm}$ ， $\Delta_{\text{仪}}=0.1\text{mm}$ ，
 $E_r=0.22\%$

用游标卡尺测量： $L=46.00\text{mm}$ ， $\Delta_{\text{仪}}=0.02\text{mm}$ ，
 $E_r=0.044\%$

用千分尺测量： $L=46.000\text{mm}$ ， $\Delta_{\text{仪}}=0.004\text{mm}$ ，
 $E_r=0.009\%$

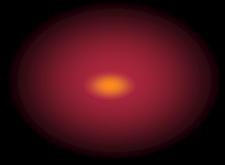
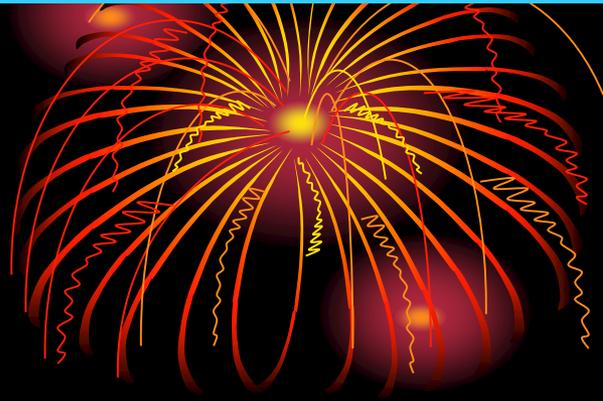
有效数字多一位，相对不确定度值几乎小一个数量级，
测量准确度高。

(3) 有效数字位数与小数点的位置、
单位换算无关。

例如：4.60 cm 0.0460m 46.0mm

(4) 测量结果第一位非零数字前的“0”不属于有效数字，
测量结果第一位非零数字后的“0”都是有效数字。

0.0125m=1.25cm 1.0900cm \neq 1.09cm



3). 科学记数法

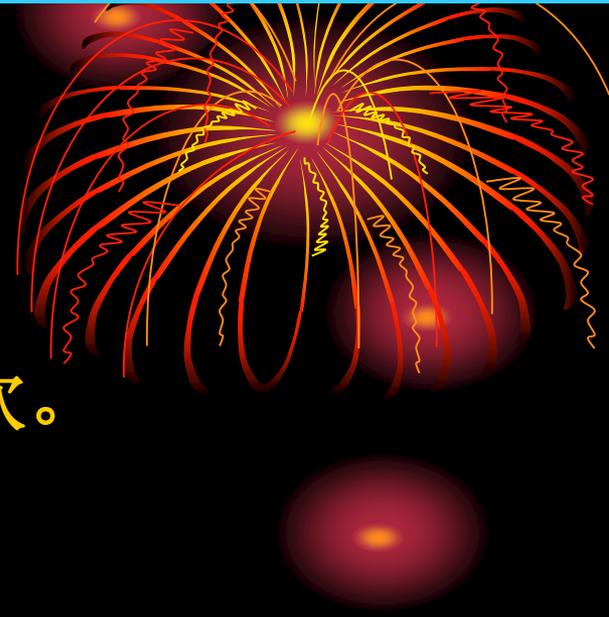
科学记数法: $a \times 10^n$ (单位)

a 小数点前只取一位, 再乘以10的幂次。

$$8.88\text{m} = 8.88 \times 10^3\text{mm}$$

$$80.30\text{g} = 0.0803\text{kg} ? = 80300\text{mg} ?$$

$$\begin{aligned} 80.30\text{g} &= 8.030 \times 10^1\text{g} = 8.030 \times 10^4\text{mg} \\ &= 8.030 \times 10^{-2}\text{kg} \end{aligned}$$



不论采用何种记数法, 有效数字位数不变。

4). 有效数字的修约规则

- 根据GB8017-87规定的数值修约规则，**测量结果**尾数的修约原则是：四舍六入五凑偶。
- 即小于5者舍，大于5者入，等于5者把尾数凑成偶数。[5后非零则进1；5后全零凑成偶]

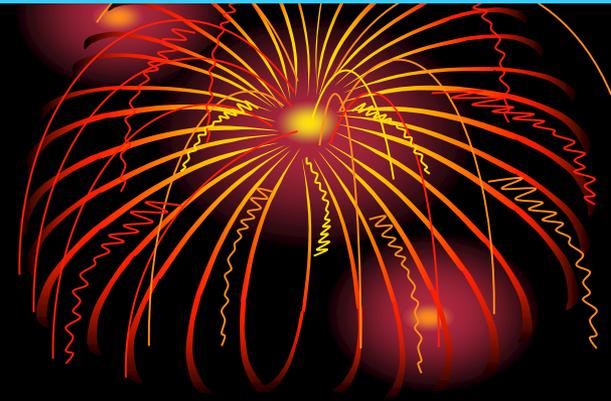
2.4352 取3位有效数字为 2.44

17.415 取4位有效数字为 17.42

17.425 取4位有效数字为 17.42



5).有效数字的运算法则



➤ 运算结果有效数字的位数，

需求出不确定度才可以确定出来。

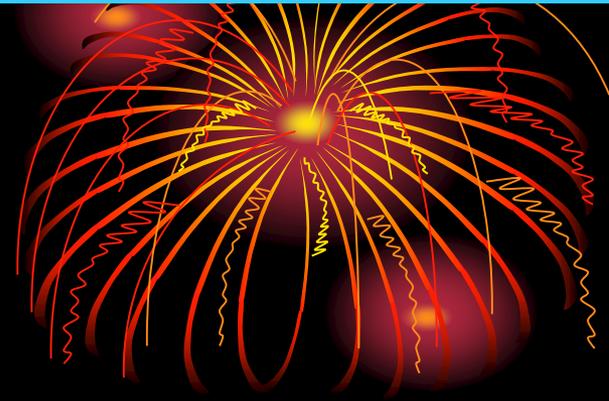
➤ 在不要求不确定度时，按以下粗略的方法来确定。

(1) 加减运算

规则： 几个数相加减时，结果的末位与各数末位数中数量级最大的那一位对齐。

例如：

$$\begin{aligned}
 A + B + C &= 14.7\bar{8} + 0.004\bar{7} - 1.50\bar{3} \\
 &= 13.2\bar{8}\bar{1}\bar{7} = 13.2\bar{8}
 \end{aligned}$$



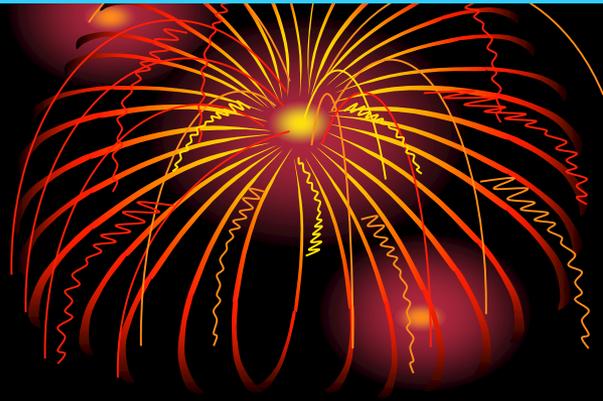
(2) 乘除运算

规则：几个数相乘除时，结果的有效数字位数与各数中位数最少的相同。

例如：

$$\begin{aligned} A \times B \times C &= 24.56\bar{8} \times \boxed{3.4\bar{5}} \times 128.\bar{4} \\ &= 10883.13264 = \boxed{1.09} \times 10^4 \end{aligned}$$

有效数字及其运算



总的原则：抓两头，简化中间。

开始测量时：测量的有效数字位数不能少。

结尾结果表达时：有效数字位数要根据不确定度规则修约。

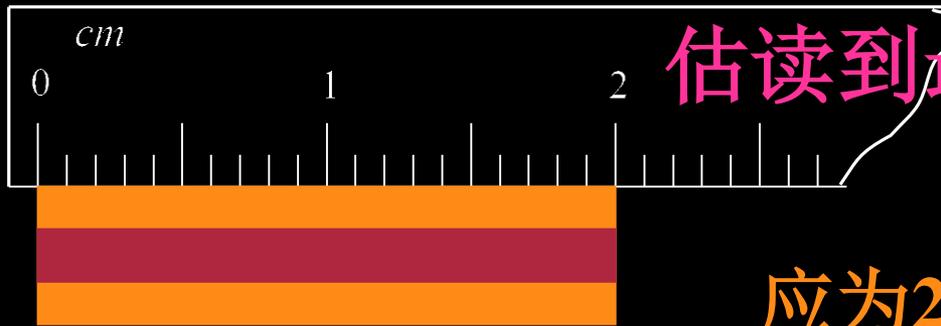
中间计算过程：由于计算器的普及，可以不考虑有效数字的位数。

6)、直接测量量的有效数字读数原则

仪器误差或最小分度决定测量值的有效数字位数。

例1：普通刻度尺

读数为2cm或20mm？

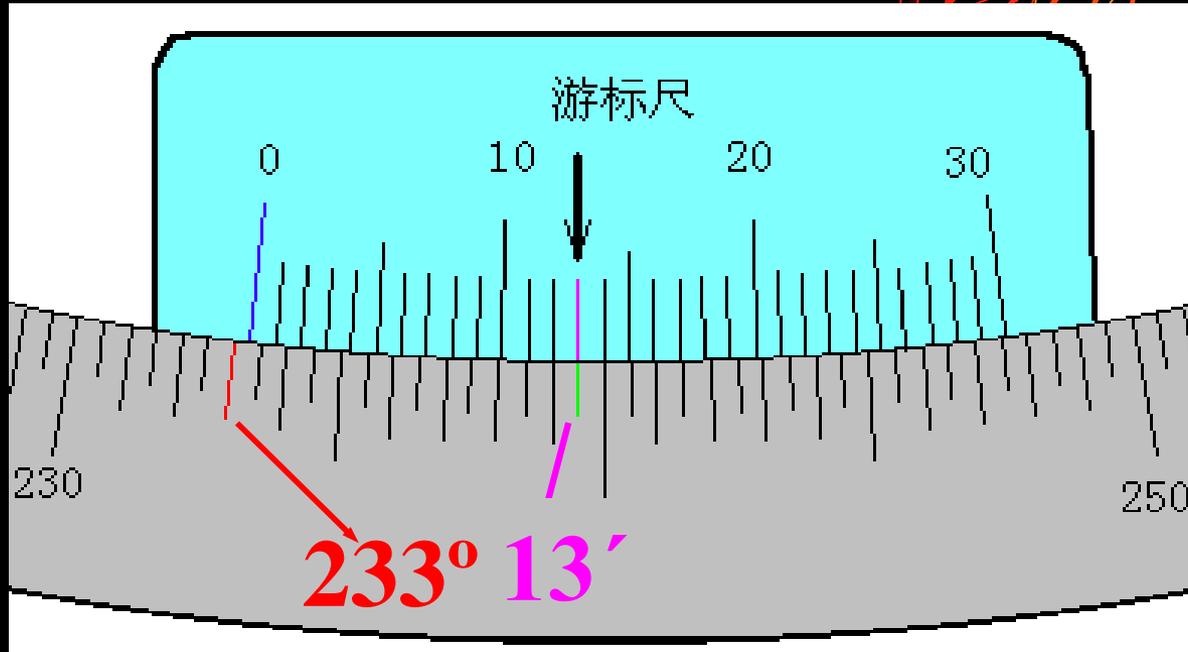


估读到最小分度值的下一位

应为2.00cm或20.0mm

所有从仪器上直接读出的数字(包括估读的一位), 都为有效数字。

例2：角游标尺



读到：最小分度值 $1'$

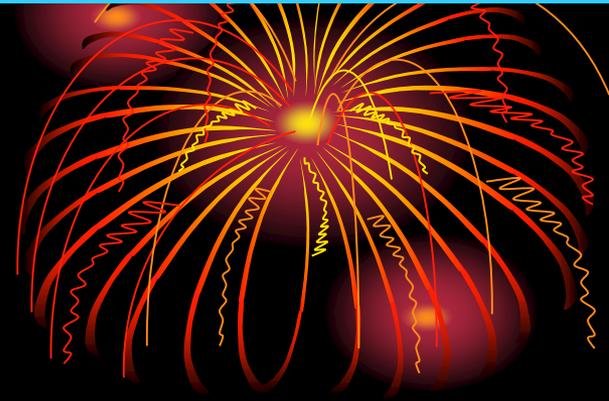
类似的例子：游标卡尺

例3：数字表头的读数



无估读值，测量值直接从表头读出： 23.9°C

四、误差与不确定度



1、误差与真值

真值：物理量在一定的条件下客观的真正大小，通常用 a 表示；

误差：由于测量仪器不准、环境等对测量的影响，测量的结果并不完全一致，存在误差，用 ε 表示。

误差与真值关系： $\varepsilon = x - a$

2、误差的分类

误差

按特征和表现

系统误差

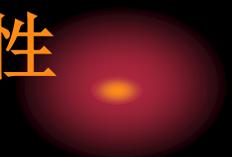
确定性

随机误差

随机性

粗差

剔除



3、不确定度

1981年10月第十七届国际计量委员会大会通过决议，建议采用“不确定度”作为测量结果正确程度的评价。

★不确定度表示测量值可能变动（不能确定）的范围。

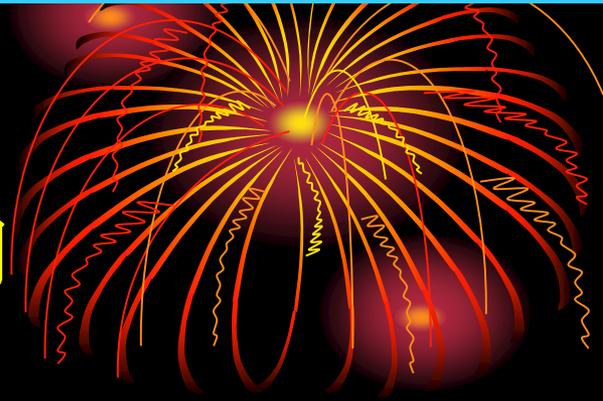
不确定度的分类：

1) 直接测量量不确定度：分为A类和B类

2) 间接测量量不确定度：由换算公式计算而得

3-1 直接测量结果不确定度

1) A类不确定度：多次重复测量后，用统计方法计算得出，用 U_A 表示



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

t 为分布因子， n 为测量次数，概率 $P=0.95$ 时，满足下表：

| 测量次数 n | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| t 因子 | 12.71 | 4.30 | 3.18 | 2.78 | 2.57 | 2.45 | 2.36 | 2.31 | 2.26 |
| $\frac{t}{\sqrt{n}}$ | 8.99 | 2.48 | 1.59 | 1.24 | 1.05 | 0.93 | 0.84 | 0.77 | 0.72 |

2) **B类不确定度**：用其它非统计方法估算的；
例如**仪器误差**，用 U_B 表示

$$U_B = \Delta_{\text{ins}}$$

仪器误差：是指正确使用的情況下仪器示值的最大误差，

$$\Delta_{\text{ins}} = \text{级别} \times \text{量程}$$

例 一个**1.0级**、量程为**3.5 V**的电压表，仪器误差(B类不确定度)

$$U_{BV} = \Delta_V = 1.0\% \times 3.5 = 0.035V$$



3)合成不确定度的估计

$$U = \sqrt{U_A^2 + U_B^2}$$

测量结果表示：

$$x = x_{\text{测}} \pm U \text{ (单位)}$$

U 是合成不确定度， $x_{\text{测}}$ 是测量结果的最佳估计值。

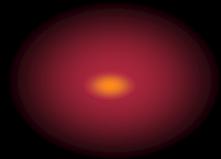
U ： 取一到两位有效数字，尾数只进不舍。

首位数字 ≥ 5 ，取一位有效数字

首位数字 < 5 ，取两位有效数字

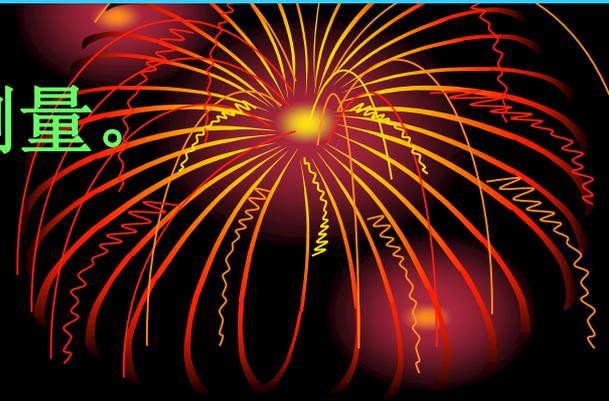
$x_{\text{测}}$ ： 保证最后一位与修约后的 U 末位对齐，

修约规则：四舍六入五凑偶。



物理量的测量可分为单次测量和多次测量。

1、单次直接测量的结果表示



单次
直接
测量

不可能或不需
要重复多次。

多次测量同一量
结果一致。

真值估计值：单次测量结果

$$U = U_B = \Delta_{\text{ins}}$$

$$x = x_{\text{测}} \pm \Delta_{\text{ins}} \quad (\text{单位})$$

Δ_{ins} ：取一到两位有效数字，尾数只进不舍。

$x_{\text{测}}$ 的最后一位应于 Δ_{ins} 末位对齐。

例 1 用1.0级、量程为3.5V的电压表测量电压，单次测量测得电压为2.62 V，写出结果表达式。



解
$$U_V = U_B = \Delta_V = 1.0\% \times 3.5 = 0.035\text{V}$$

$$U = 2.620 \pm 0.035\text{V}$$

↑ ↑
对齐

2、多次重复测量结果表示

$$x = \bar{x} \pm U_x$$

真值估计值： \bar{x} 为多次测量结果的算术平均值；

不确定度： U_x 为A类和B类不确定度合成：

$$U_{Ax} = \frac{t}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$U_{Bx} = \Delta_{\text{ins}}$$

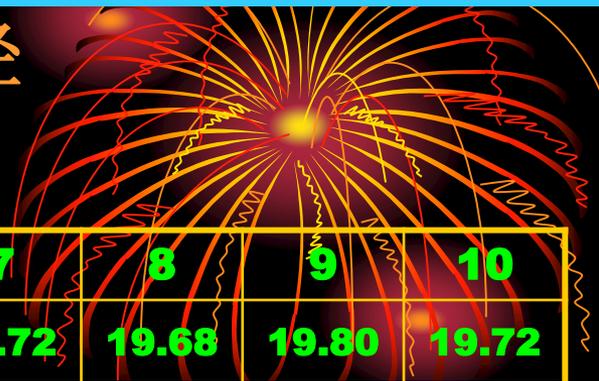
$$U_x = \sqrt{U_{Ax}^2 + U_{Bx}^2}$$

U_x 取一到两位有效数字，尾数只进不舍。

\bar{x} 的最后一位应于 U_x 末位对齐。



例2 用50分度的游标卡尺测量圆柱体直径10次，数据如下表；写出结果表达式。



| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| d_i (mm) | 19.78 | 19.80 | 19.70 | 19.78 | 19.74 | 19.76 | 19.72 | 19.68 | 19.80 | 19.72 |

解

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^{10} d_i}{10} = 19.748 \text{ mm}$$

$$u_B = \Delta_{\text{仪}} = 0.02 \text{ mm}$$

$$u_A = S_{\bar{d}} \cdot \frac{t}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (d_i - \bar{d})^2}{9}} \cdot 0.72 = 0.0108 \text{ mm}$$

$$u = \sqrt{u_A^2 + \Delta_{\text{仪}}^2} = \sqrt{0.0108^2 + 0.02^2}$$

$$\approx 0.0227 \text{ mm} \approx 0.023 \text{ mm}$$

直径的测量结果： $d = \bar{d} \pm u_d = 19.748 \pm 0.023$ (mm)

↑ 对齐 ↑

3-2 测量结果的相对不确定度表示法

为全面评价测量结果的优劣, 还应考虑被测量大小, 故引入相对不确定度 E_r 。

$$E_r = \frac{U}{\bar{N}} \times 100\%$$

$$L_1 = (170.0 \pm 0.30) \text{ (cm)} \quad E_{r1} = 0.18\%$$

$$L_2 = (17.0 \pm 0.30) \text{ (cm)} \quad E_{r2} = 1.8\%$$

3-3 百分差

如待测物理量有公认值或理论值, 可用百分差来表示测量的优劣, 定义为:

$$\eta = \frac{|N - N_0|}{N_0} \times 100\%$$



相对不确定度 E_r 或百分差修约规则 与不确定度的相同

例

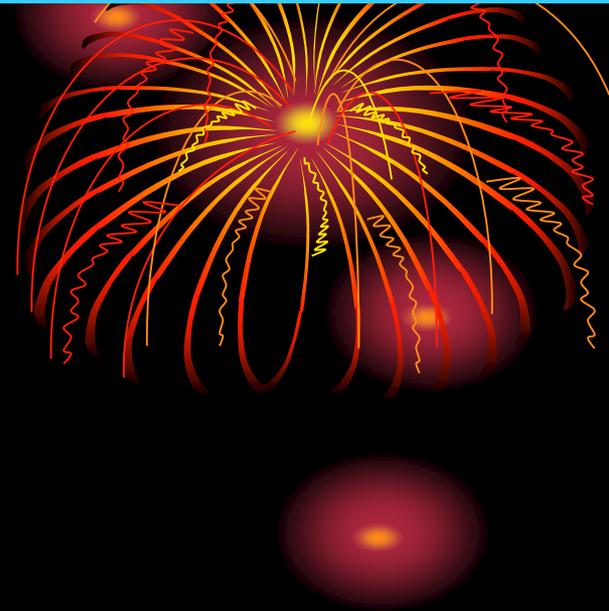
$$E_r = 1.54\% \longrightarrow E_r = \underline{1.6}\%$$

$$E_r = 3.82\% \longrightarrow E_r = \underline{3.9}\%$$

$$E_r = 5.04\% \longrightarrow E_r = \underline{6}\%$$

$$E_r = 0.901\% \longrightarrow E_r = 1.0\%$$

$$E_r = 0.491\% \longrightarrow E_r = 0.5\%$$



3-4 间接测量量的结果表示

间接测量量真值的估算

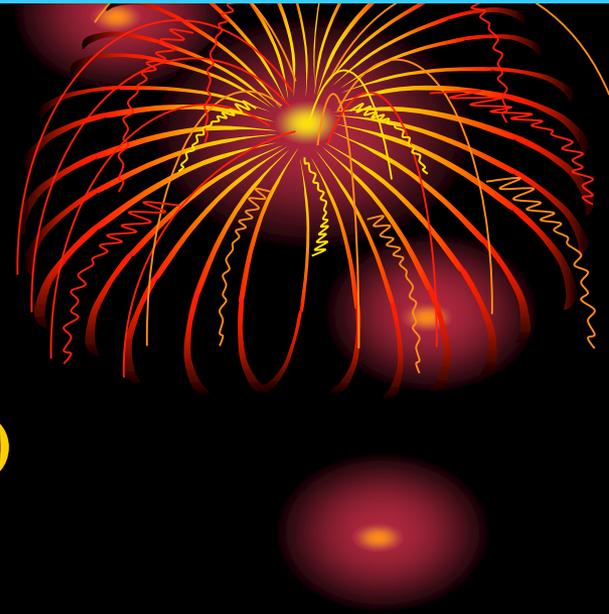
假设间接测量量 $N = f(x_1, x_2, x_3 \dots)$

其中 $x_1, x_2, x_3 \dots$ 为直接测量量

如果 $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3 \dots$ 为直接测量量真值的最佳估值

则间接测量量的最佳估值

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



间接测量量不确定度的估算

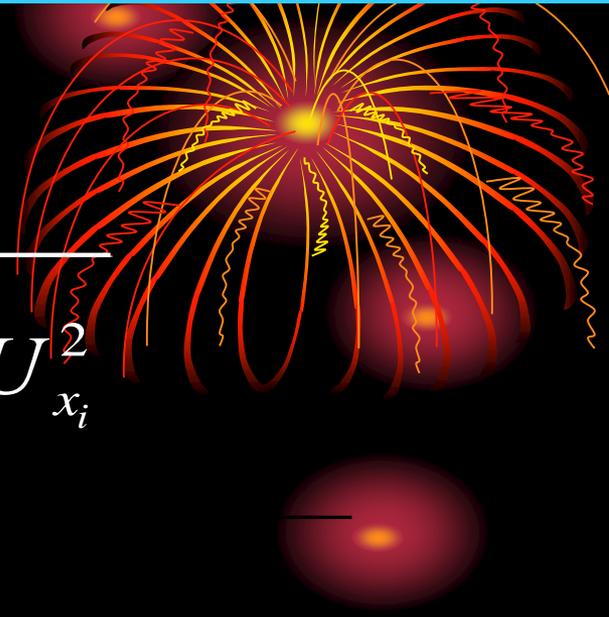
N 的不确定度

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

N 的相对不确定度

$$E_{rN} = \frac{U_N}{\bar{N}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial \ln f}{\partial x_i}\right)^2 U_{x_i}^2}$$

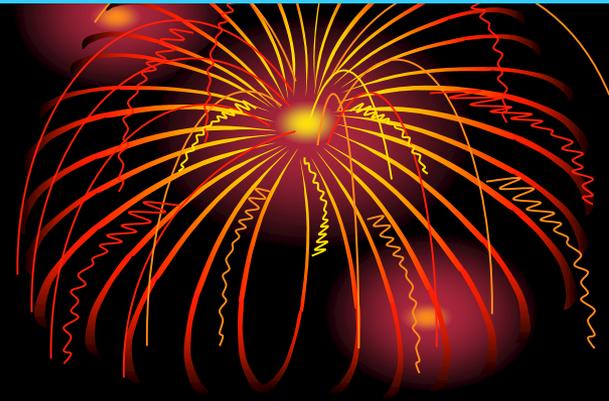
当函数 $f(x_1, x_2, x_3, \dots)$ 中各量之间是**乘除**关系时，
利用**相对不确定度传递公式**计算方便。



间接测量结果表示:

$$N = \bar{N} \pm U_N$$

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



U_N : 取一到两位有效数字, 尾数只进不舍。

首位数字 ≥ 5 , 取一位有效数字

首位数字 < 5 , 取两位有效数字

\bar{N} : 保证最后一位与修约后的 U 末位对齐,

修约规则: 四舍六入五凑偶。



例4 用单摆测重力加速度的公式为：
 $g=4\pi^2l/T^2$ ，测得： $T=2.0000 \pm 0.0020s$ ，
 $l=100.00 \pm 0.10cm$ ，试写出重力加速度 g 的结果表示式。

解：由 $g = \frac{4\pi^2l}{T^2} = g(l, T)$ 可知，是简单乘除关系

$$E_{rg} = \frac{U_g}{\bar{g}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial \ln g}{\partial x_i}\right)^2 U_{x_i}^2}$$

$$U_g = \bar{g} \cdot \sqrt{\left(\frac{\partial \ln g}{\partial l}\right)^2 \cdot U_l^2 + \left(\frac{\partial \ln g}{\partial T}\right)^2 \cdot U_T^2}$$

将 $g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$ 两边取自然对数

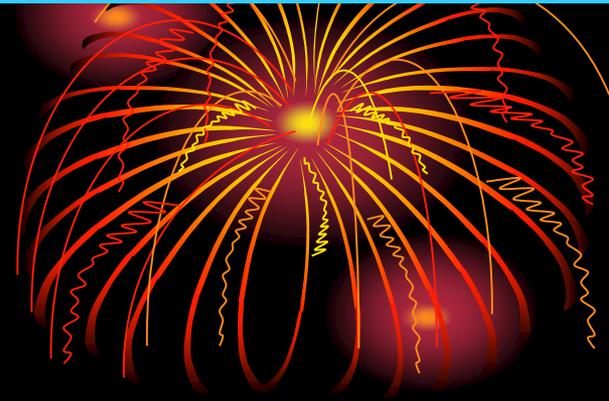
$$\ln g = \ln 4\pi^2 + \ln l - 2\ln T$$

两边分别对 l 、 T 求偏导： $\frac{\partial \ln g}{\partial l} = \frac{1}{l}$ ， $\frac{\partial \ln g}{\partial T} = -\frac{2}{T}$

则：

$$U_g = \bar{g} \cdot \sqrt{\left(\frac{\partial \ln g}{\partial l}\right)^2 \cdot U_l^2 + \left(\frac{\partial \ln g}{\partial T}\right)^2 \cdot U_T^2}$$

$$= \bar{g} \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{l}\right)^2 \cdot U_l^2 + \left(\frac{2}{T}\right)^2 \cdot U_T^2}$$




$$\bar{g} = \frac{4\pi^2 \bar{l}}{\bar{T}^2} = \frac{4 \times 3.1416^2 \times 100.0}{2.000^2} = 986.965 (\text{cm} / \text{s}^2)$$

$$U_g = \bar{g} \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{l}\right)^2 \cdot U_l^2 + \left(\frac{2}{T}\right)^2 \cdot U_T^2}$$
$$= 986.965 \times \sqrt{\frac{0.10^2}{100.0^2} + \frac{(2 \times 0.002)^2}{2.000^2}} = 2.207 (\text{cm} / \text{s}^2)$$

重力加速度 $g = (987.0 \pm 2.3) (\text{cm} / \text{s}^2)$ 取两位, 只进不舍!

↑ ↑
对齐



第三部分 数据处理的基本方法

一、列表法

列表记录和处理数据时，应注意

- 1、表格设计要合理，要简单明了，能完整地记录实验数据。物理量的排列应与测量顺序一致。
- 2、各标题栏中应注明所列物理量的名称、符号和单位（数据不要重复书写单位）。
- 3、表中数据要正确反映测量的有效数字。
- 4、提供与表格有关的说明和参数（表格名称、测量仪器规格、环境条件等），以利于对结果的复查。
- 5、表格中所列的主要是原始数据，重要的中间计算结果也可列入。





举例——测钢丝直径

表 钢丝直径测量记录

仪器：螺旋测微计，级别：一级，量程：0~25mm，仪器误差： $\pm 0.004\text{mm}$ ，初读数： -0.005mm

| 测量次序 | 读数 (mm) | 直径 $D_i(\text{mm})$ | $D_i - \bar{D}$ (mm) | $(D_i - \bar{D})^2 (\times 10^{-8} \text{mm}^2)$ |
|------|---------|---------------------|----------------------|--|
| 1 | 0.280 | 0.285 | 0.0022 | 484 |
| 2 | 0.278 | 0.283 | 0.0002 | 4 |
| 3 | 0.275 | 0.280 | -0.0028 | 784 |
| 4 | 0.284 | 0.289 | 0.0062 | 3844 |
| 5 | 0.272 | 0.277 | -0.0052 | 2704 |
| 6 | 0.278 | 0.283 | 0.0002 | 4 |
| 平均值 | | 0.282 8 | | $\sum (D_i - \bar{D})^2 = 7824$ |

二. 作图法



- 作图法就是通过图线将物理量之间的关系直观地表示出来的方法。
- 作好一张正确、实用、美观的图是实验技能训练中的一项基本功。
- 实验作图不是示意图，而是用图来表达实验中得到的物理量之间的定量关系，要反映测量的准确程度，必须满足一定的作图规则。

作图的基本规则

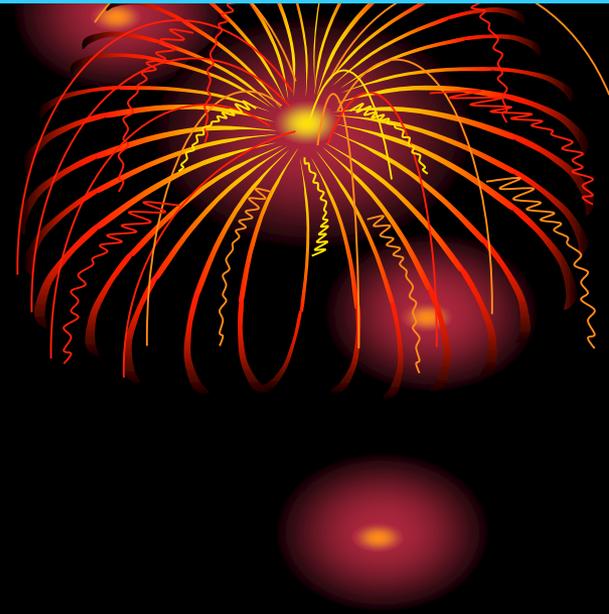
1、有完整列有数据的表格。

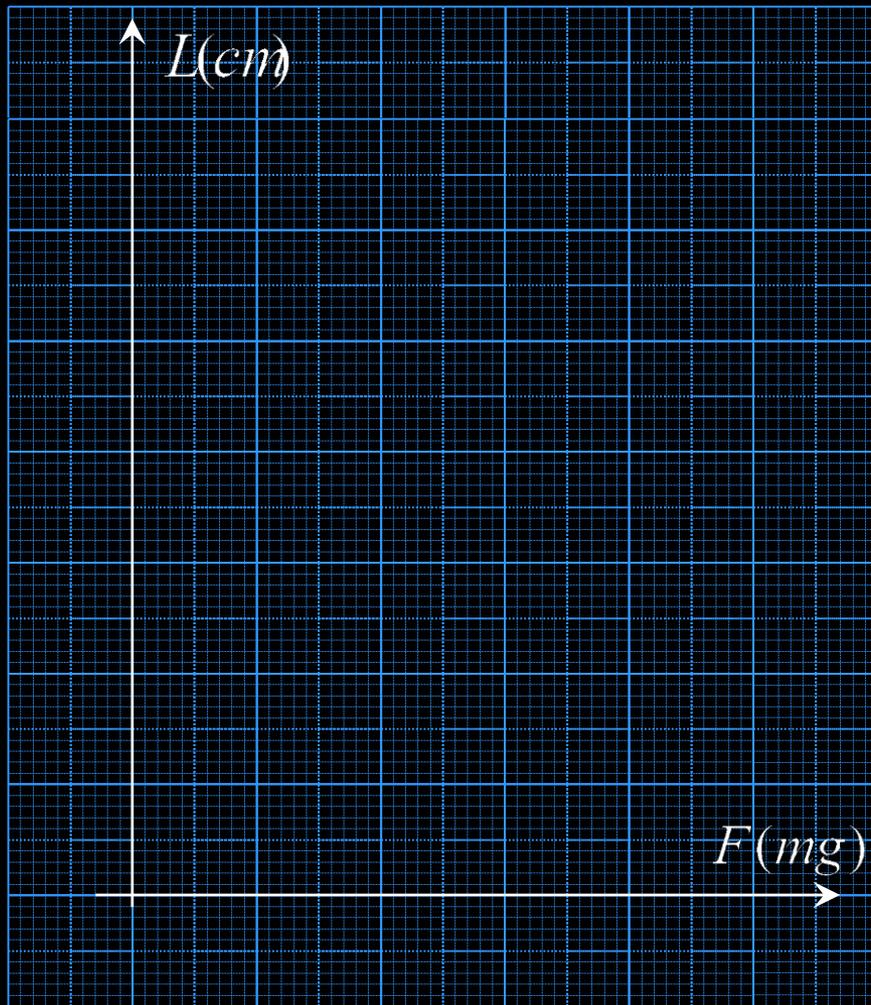
2、选用合适的坐标纸

➤作图必须用坐标纸。

➤根据需要选用合适种类和大小的坐标纸。

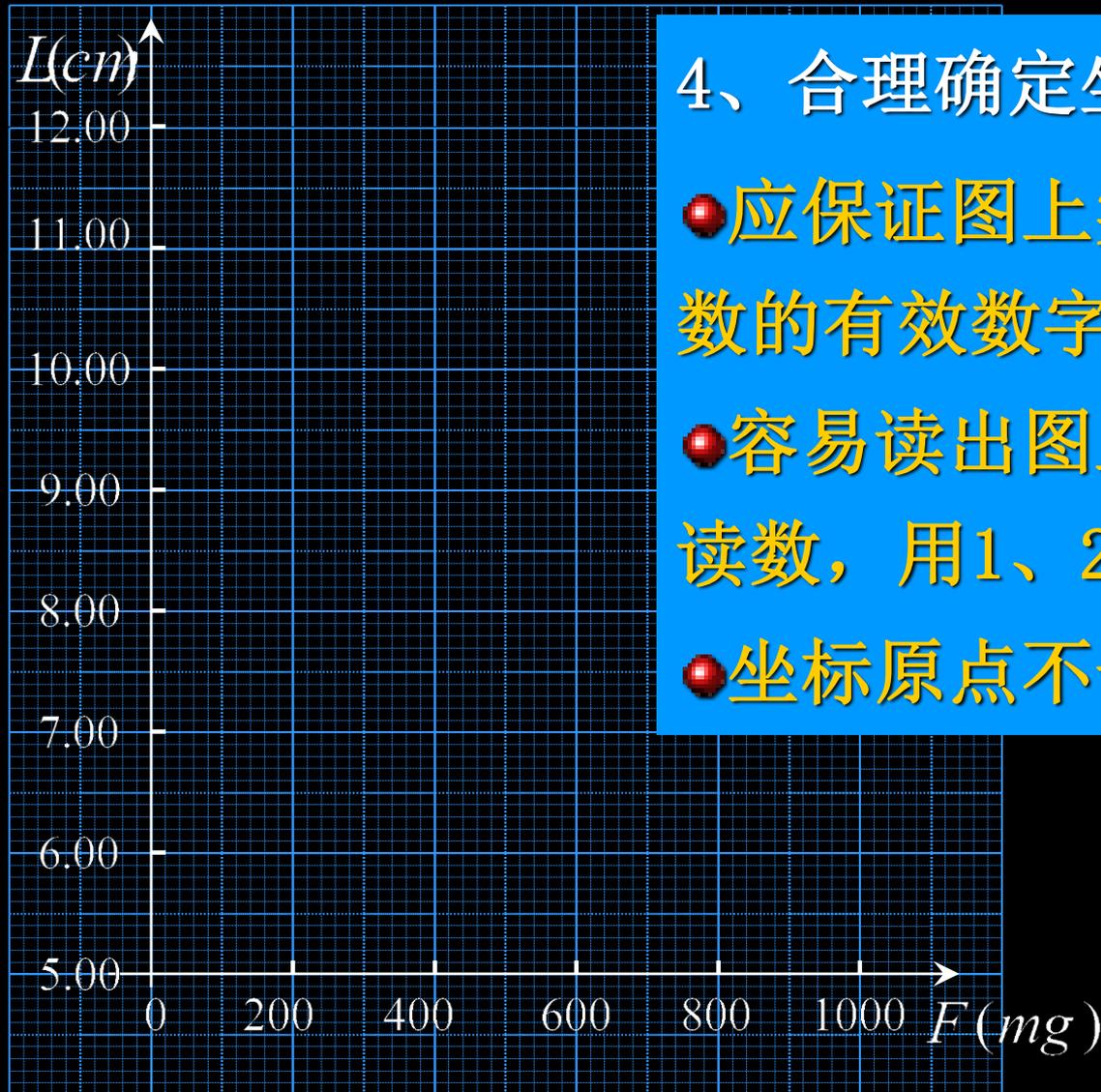
➤物理实验中常用的是直角坐标纸（毫米方格纸）





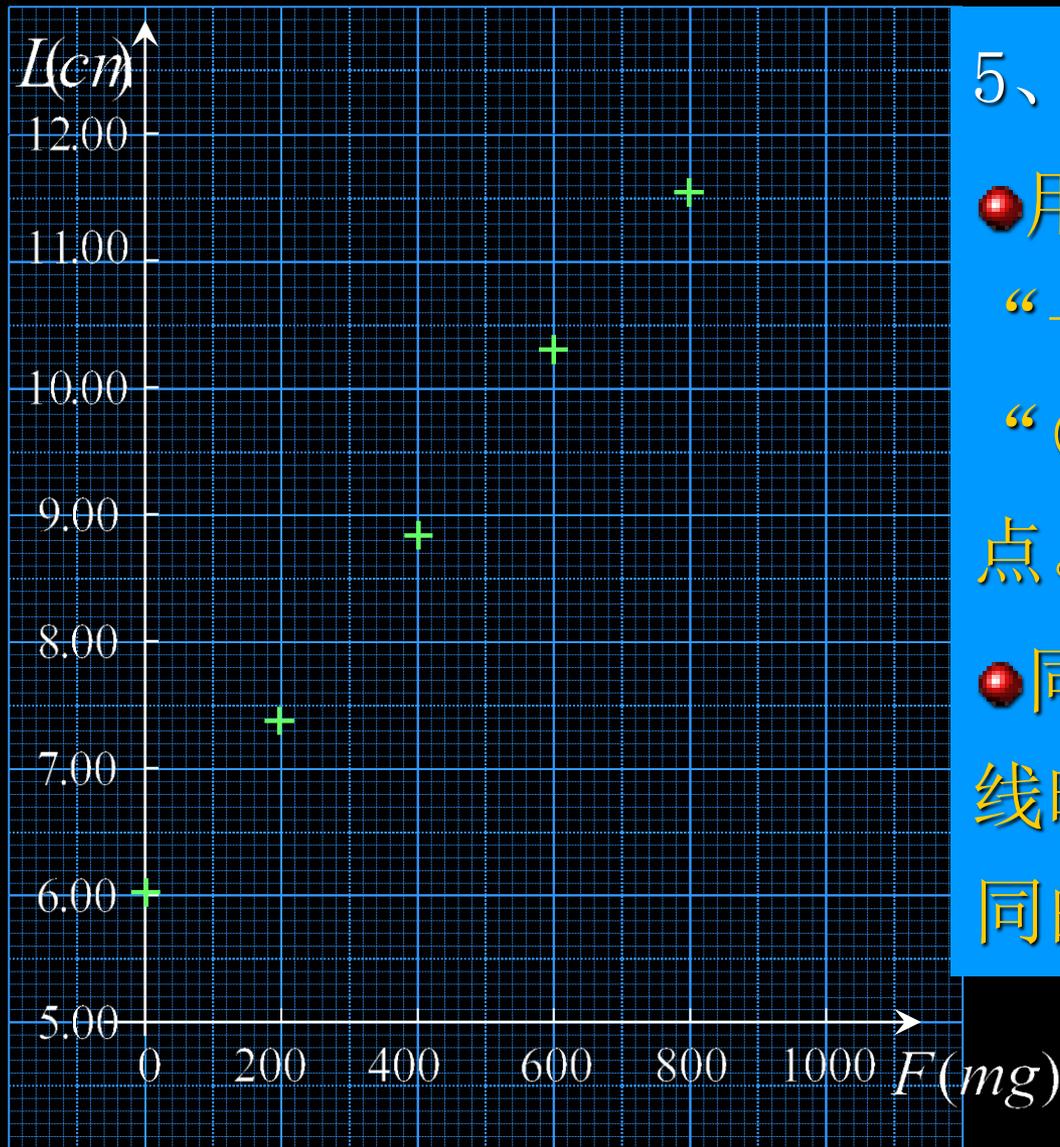
3、确定坐标轴

- 习惯以横轴表示自变量，以纵轴表示因变量。
- 在轴的端部表明其所代表的物理量的名称符号及单位。



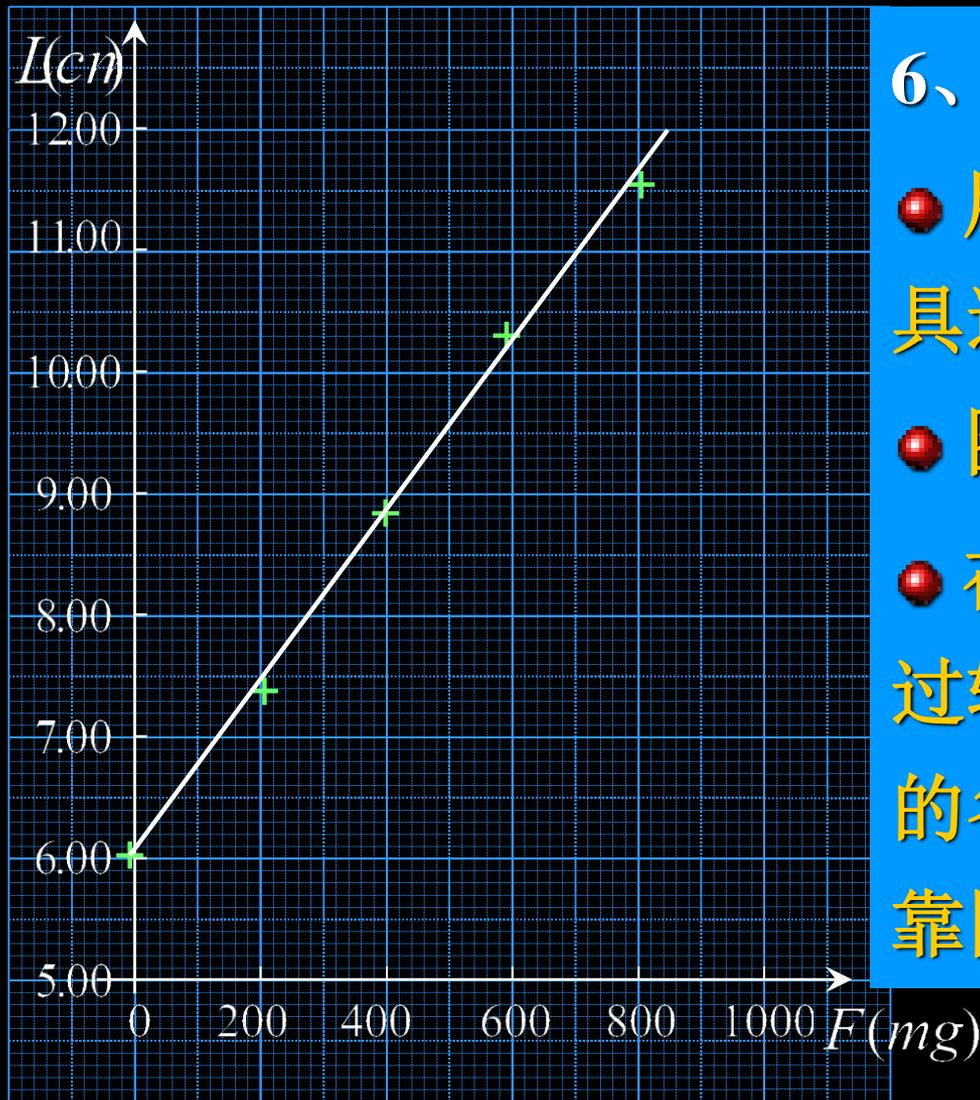
4、合理确定坐标分度

- 应保证图上实验点的坐标读数的有效数字位数不损失；
- 容易读出图上实验点的坐标读数，用1、2、5进行分度；
- 坐标原点不一定从零开始。



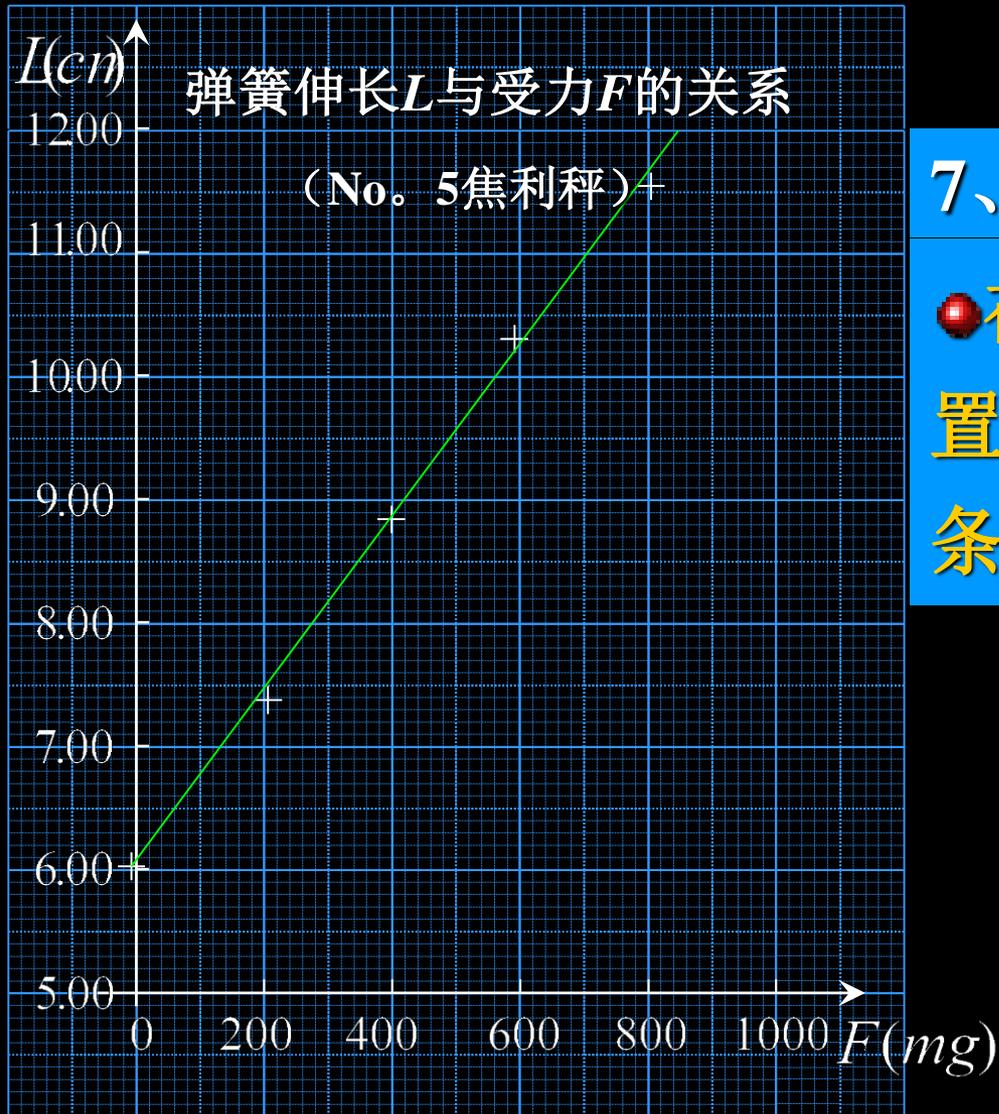
5、标出实验点

- 用削尖的铅笔以“+”、“×”、“⊙”等记号标实验点。
- 同一个图上画几条线时，每条线要用不同的符号标记。



6、连接实验曲线

- 用直尺、曲线板等工具连线。
- 图线应细而光滑。
- 在连线时，尽可能通过较多的点，不在线上的各点应均匀分布在紧靠图线的两侧。



7、图注和说明

● 在图纸的明显位置写出图名和实验条件。

图解法

➤ 利用已作好的图线，定量地求得待测量或得出相关量的经验公式的方法。

➤ 当图线是直线时，尤为方便。

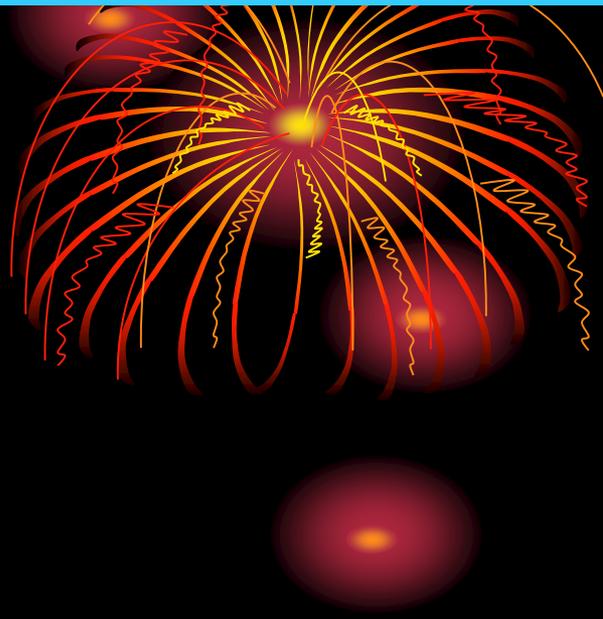
➤ 直线的图解步骤：

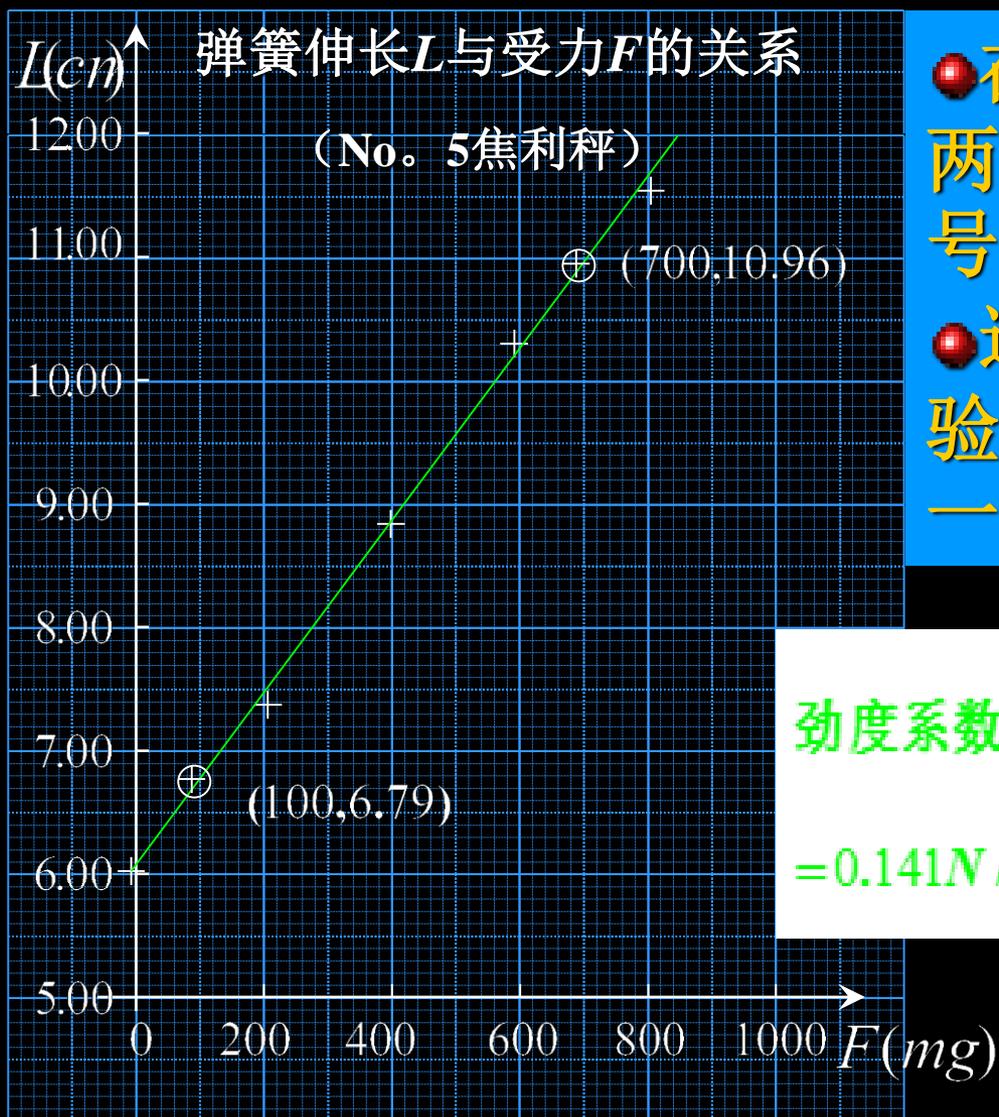
1) 在所作直线上选取相距较远的两点，从图上读取其坐标值 (x_1, y_1) 、 (x_2, y_2) 。

设直线方程为：
$$y = a + bx$$

2) 求斜率 b :
$$b = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

3) 求截距 a :
$$a = \frac{x_2 y_1 - x_1 y_2}{x_2 - x_1}$$





● 在直线上所选两点用不同的记号标出。

● 这两点应在实验范围内相距远一些。

$$\text{劲度系数 } K = \frac{(700 - 100) \times 9.794 \times 10^{-6}}{(10.96 - 6.79) \times 10^{-2}} = 0.141 \text{ N/m}$$

三、逐差法

逐差法是物理实验中常用的数据处理方法之一，
常用于处理自变量等间距变化的数据。

➤ 逐差法：

➤ 把实验数据列成表格进行逐次相减
可验证数据变化的规律。

➤ 分成高、低两组对应项相减。

可充分利用数据，减少测量误差。

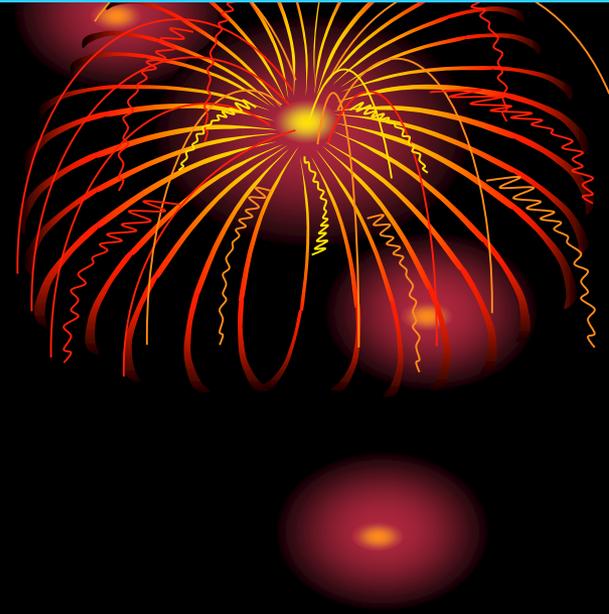




➤ 由逐次相减的数据基本相等，
可验证 L_i 与 F 的线性关系。

$$\begin{aligned}\Delta\bar{L} &= \frac{1}{7}[(L_1 - L_0) + (L_2 - L_1) + \cdots + (L_7 - L_6)] \\ &= \frac{1}{7}[L_7 - L_0]\end{aligned}$$

中间数据全没用，只有始末两个数据起作用。

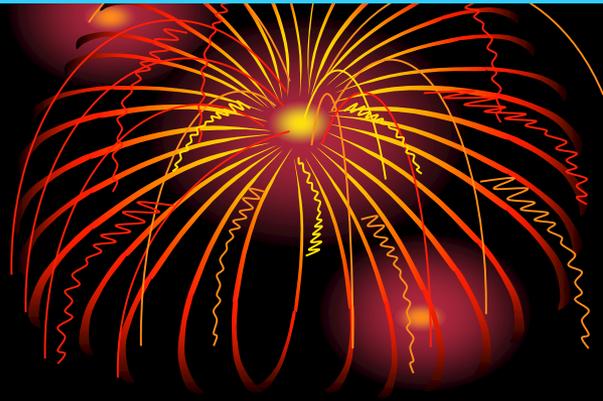


这时如将数据分成 (L_7, L_6, L_5, L_4)
和 (L_3, L_2, L_1, L_0) 两组。

$$\Delta\bar{L} = \frac{1}{4}[(L_7 - L_3) + (L_6 - L_2) \cdots + (L_4 - L_0)]$$

这样就充分利用了数据，保持了多次测量的优点。

本章重点



1、实验课规则

2、有效数字表示，修约规则，运算法则，读数

3、不确定度——计算，修约规则

A类不确定度， B类不确定度，合成

间接测量量不确定度计算过程

4、测量结果表示:

$$N = N_{\text{测}} \pm U_c \text{ (单位)}$$

U_c 是合成不确定度， $N_{\text{测}}$ 是测量结果的最佳估计值。

注:

U_c : 取一到两位有效数字，尾数只进不舍。

$N_{\text{测}}$: 保证最后一位与 U_c 末位对齐，

修约规则: 四舍六入五凑偶。

5、数据处理方法:

列表法\作图法\逐差法的注意事项。

