

TomyCrane 普通物理学实验 I

绪论

测量四要素：被测对象、测量程序、测量准确度、计量单位

测量程序：根据给定的测量原理，对测量过程中使用的操作安排
测量结果的数据处理的详细描述

直接测量：被测量直接与标准量比较而得到测量值

间接测量：已知被测量与某一个或若干个其他量具有一定的函数关系，通过
直接测量这些相关量值，然后用函数式计算出被测量量。

了解误差的目的：更好地优化实验，合理选择测量仪器，提高实验准确度并给出正确、无歧义的实验结果

绝对误差 = 测量值 - 真值 有符号有单位。

相对误差 = $|\text{测量值} - \text{真值}| / \text{真值} \times 100\%$ 无符号无单位

标准误差 = $\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n |\text{绝对误差}|^2}$ (均方根差、标准差)

系统误差：不会因测量次数多少而改变，有规律性，可修正，仪器误差（未定系统一）

随机误差（偶然一）：无规律涨落，不可修正，可减小，单峰、对称、有界

粗大误差：科学评估，以决定是否剔除

正态分布： $f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$ $x \in (-\infty, +\infty)$

$\mu = \lim_{n \rightarrow +\infty} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ 期望/均值 $\sigma = \lim_{n \rightarrow +\infty} \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}$ 标准偏差

$\mu \pm \sigma$: 68.3% $\mu \pm 2\sigma$: 95.5% $\mu \pm 3\sigma$: 99.7%

测量次数有限，标准偏差 $s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}$

均匀分布： $f(x) = \frac{1}{2a}$ $x \in (-a, a)$ $\sigma = \frac{a}{\sqrt{3}}$

测量结果表达式：测得值 \bar{x} ，不确定度 u ，单位 $X = \bar{x} \pm u$ (单位)

精密性：多次测量值彼此接近的程度，一般以标准偏差表示，重复性、再现性。

准确度：测定值与真实值符合程度，最大绝对误差 = 量程 \times 准确度等级%

正确度：与系统误差有关，与随机误差无关

测量的精密度反映偶然误差. 测量的正确度反映系统误差

测量的准确度反映二者. 越高越好

不确定度: 表征测量误差.

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_N)$$

$$y = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n f(x_{1k}, \dots, x_{Nk}) \quad y = f(\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_N) \quad \text{线性时二者相等, 非线性前者优}$$

标准不确定度 A 类分量评定 由重复观测引起

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

u_A 为算术平均值的实验标准差 表征结果分散性

标准不确定度 B 类分量评定 由信息而来. 主要是仪器允差 $u_B = \Delta_{\text{仪}} / \sqrt{3}$

合成标准不确定度. $Y = f(x_1, \dots, x_N)$

$$u_c(y) = \sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u_{x_i}^2 \quad (\text{和差}) \quad \left(\frac{u_c(y)}{y} \right)^2 = \sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial \ln f}{\partial x_i} \right)^2 u_{x_i}^2 \quad (\text{积商})$$

Y 直接测量时 $u_c^2(y) = u_A^2 + u_B^2$

有效数字: 读出的可靠数字 + 1 位存疑数字

修约: 四舍六入五凑偶, 不允许连续修约

函数值有效位数: \sin 结果有效位数与角度有效位数相同

$\log \rightarrow$ 真数 其他: 自变量存疑位 ± 1 , 找结果存疑位

不确定度最多取 2 位有效数字, 第一位有效数字为 1 或 2 可取 2 位

第一位有效数字大于等于 3 则只取 1 位

测量结果有效位数由测量不确定度决定

可靠数 $+$ $-$ $*$ \div 存疑数仍存疑 加减取存疑数最高位.

乘除取有效位数最少者与之相同

作图法: ① 手工作图一定要用坐标纸 ② 非线性可通过坐标变换线性化

③ 参与作图的是已修约的数据, 最小刻度与有效位数末位对齐

④ 习惯上以自变量为横坐标, 以因变量为纵坐标 粗线画出轴的方向.

末端标注物理量名和单位. 坐标标出生标值 (1, 2.5) 原点不一定为 (0, 0)

⑤ 可用 $\times \cdot \circ +$ 等符号描点 连成光滑直/曲线. 线不能太粗.

使线与各点距离最近. 点均匀分布在线两侧

⑥ 用作图法计算 则参与计算的点坐标要标在图上.

⑦ 应写上图名和图注

最小二乘法 $y = a + bx$ $b = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\overline{x^2} - \bar{x}^2}$ $a = \bar{y} - b\bar{x}$

$u_A(b) = \frac{S_y}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2}}$ $u_A(a) = u(b) \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{n}}$ $S_y = \sqrt{\frac{\sum (y_i - a - bx_i)^2}{n-2}}$

示波器

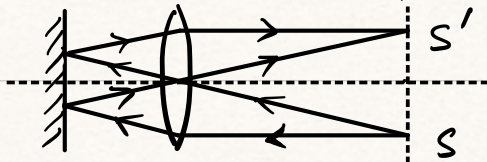
李萨如图形. $f_y : f_x = N_x : N_y$ $N_x N_y$ 为 x, y 方向一条直线与图形相交的最多交点个数. $f_y : f_x$ 越接近整数比越稳定, "转得慢"

使波形稳定: 触发扫描同步 (强制成像最左端电平相同)

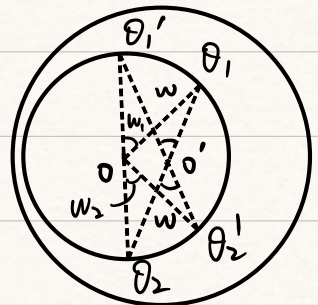
分光计

$\angle A = \frac{1}{4} (|\angle_{右I} - \angle_{左I}| + |\angle_{右II} - \angle_{左II}|)$

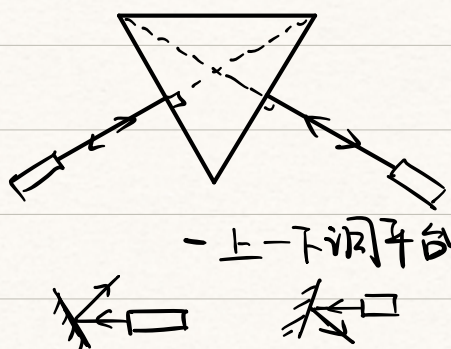
自准直光路图:



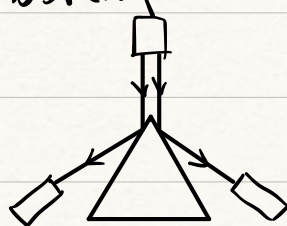
消偏心差



自准直测顶角



棱脊分束法



$w = \frac{1}{2} (w_1 + w_2)$
 $= \frac{1}{2} (\theta_1' - \theta_1 + \theta_2' - \theta_2)$

同上 同上 调望远镜