

1. 【必选题】误差和数据处理知识 (28%)

1. 系统误差、随机误差的概念, **分类** (P41)
2. A类、B类不确定度, 计算公式 (P10 1-1-7 P41 1-1-10, 1-1-11, **1-1-13**) 合成不确定度 (P10 1-1-14)
3. 直接测量量的数据计算过程及有效数字的保留 (P16)
4. 间接测量量的数据计算过程及有效数字的保留 (P19)
误差传递公式! (P17 1-1-24)
5. 逐差法处理数据 (等间距) (P25)
6. 最小二乘法处理数据 (线性关系, 注意非线性的要先将公式变形至线性) (P27 1-2-8)
7. 有效数字的四则运算、函数运算 (P43 11题)

1.1 系统误差、随机误差的概念

- 系统误差：有规律、可消除
- 随机误差：无规律、不可消除
- 例如：游标卡尺零点不准、视差、天平零点漂移

1.2 A类、B类不确定度，合成不确定度

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

$$\sigma_B = \sigma_{\text{仪}} = \frac{\Delta_{\text{仪}}}{\sqrt{3}}$$

$$\sigma_{\text{合}} = \sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_B^2}$$

$$\Delta_{\text{仪}} = \begin{cases} \text{量程} \times \text{级别} \% \\ \frac{\text{最小刻度}}{2} \end{cases}$$

1.3 直接测量量的数据计算过程及有效数字的保留

• 多次测量结果的不确定度的数据处理过程

1. 求平均值: $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ \bar{x} 有效位与 x_i 对齐, 尾数四舍六入五凑偶

2. 求不确定度: $\sigma_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$; $\sigma_B = \frac{\Delta_{\text{仪}}}{\sqrt{3}}$

$\sigma_{\text{合}} = \sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_B^2}$ $\sigma_{\text{合}}$ 仅取1位有效数字, 尾数只进不舍

3. 结果表示: $x = \bar{x} \pm \sigma_{\text{合}}$ \bar{x} 有效位与 $\sigma_{\text{合}}$ 对齐, 尾数四舍六入五凑偶

4. 相对不确定度: $E_x = \frac{\sigma_{\text{合}}}{\bar{x}} \times 100\%$; $A = \frac{|\bar{x} - x_0|}{x_0} \times 100\%$

E_x 、 A 一般取2位有效数字, 尾数只进不舍

1.4 间接测量量的数据计算过程及有效数字的保留

- 多次测量结果的不确定度的数据处理过程

1. 求平均值: $\bar{Y} = f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3, \dots, \bar{x}_m)$ $x_1 = \bar{x}_1 \pm \sigma_1, \dots$

2. 求不确定度: $\sigma_y = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x_1} \sigma_1\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2} \sigma_2\right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial x_n} \sigma_n\right)^2}$

σ_y 仅取1位有效数字, 尾数只进不舍

3. 结果表示: $Y = \bar{Y} \pm \sigma_y$ \bar{Y} 有效位与 σ_y 对齐, 尾数四舍六入五凑偶

4. 相对不确定度: $E_y = \frac{\sigma_y}{\bar{Y}} \times 100\%; A = \frac{|\bar{Y} - Y_0|}{Y_0} \times 100\%$

E_x, A 一般取2位有效数字, 尾数只进不舍

1.4 间接测量量的数据计算过程及有效数字的保留

- 多次测量结果的不确定度的数据处理过程

1. 求平均值: $\bar{Y} = f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3, \dots, \bar{x}_m)$ $x_1 = \bar{x}_1 \pm \sigma_1, \dots$

2. 求相对不确定度: $E_y = \frac{\sigma_y}{\bar{Y}} = \sqrt{\left(\frac{\partial \ln f}{\partial x_1} \sigma_1\right)^2 + \left(\frac{\partial \ln f}{\partial x_2} \sigma_2\right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial \ln f}{\partial x_m} \sigma_m\right)^2}$

3. 不确定度: $\sigma_y = \bar{Y} \cdot E_y$

4. 结果表示: $Y = \bar{Y} \pm \sigma_y$

有效数字保留见前一页

1.5 逐差法处理数据 (等间距)

- 适用对象：等间距测量的数据进行逐项或等间隔项相减得到的结果。

► [例题2] 测量弹簧的倔强系数,

$$F = k\Delta x \rightarrow \bar{F} = k\Delta\bar{x} \rightarrow \bar{m}g = k\Delta\bar{L}$$

测得: $L_0, L_1, L_2, \dots, L_9$

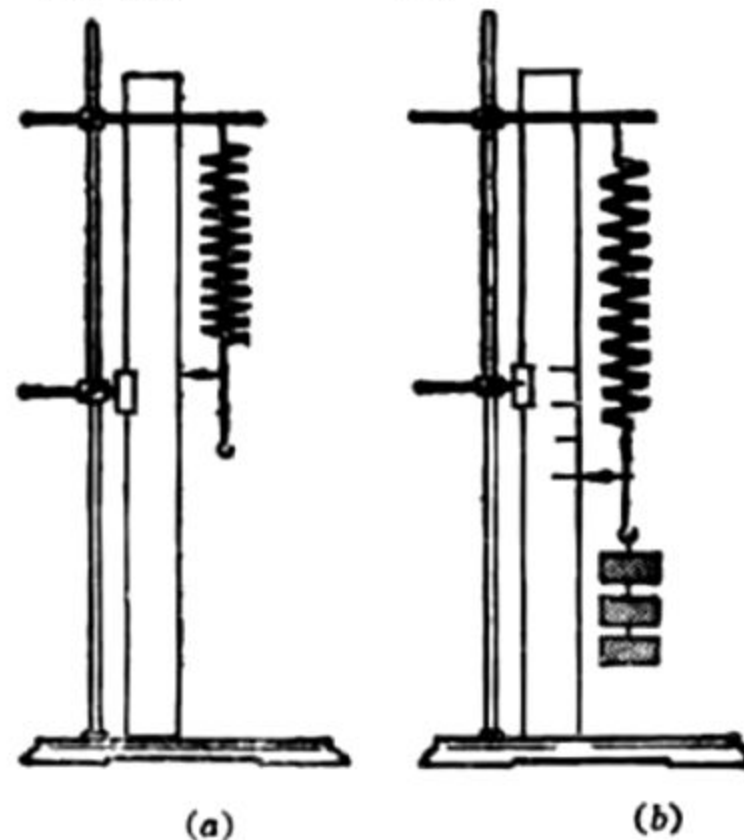
计算 $\Delta L_1 = L_1 - L_0$

$$\Delta L_2 = L_2 - L_1$$

.....

$$\Delta\bar{L} = \frac{1}{9}[(L_1 - L_0) + (L_2 - L_1) + \dots + (L_9 - L_8)]$$

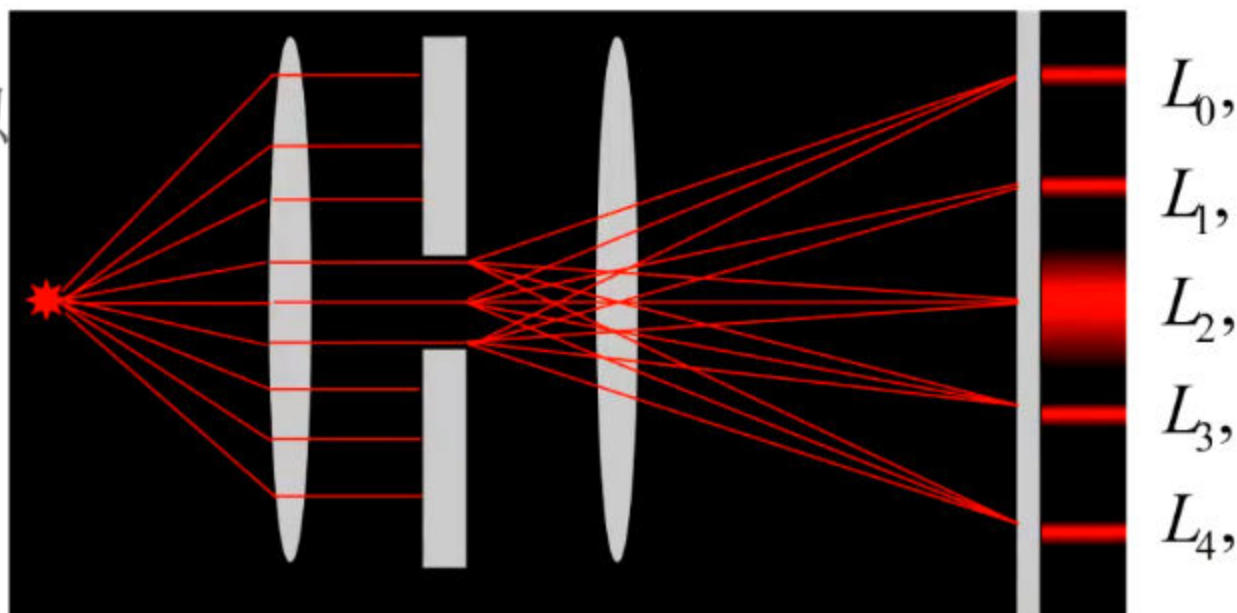
$$= \frac{1}{9}(L_9 - L_0)$$



1.5 逐差法处理数据 (等间距)

➤ 单峰衍射:

➤ 多缝干涉类似



$$\Delta \bar{L} = \frac{1}{2} [(L_3 - L_0) + (L_4 - L_1)]$$

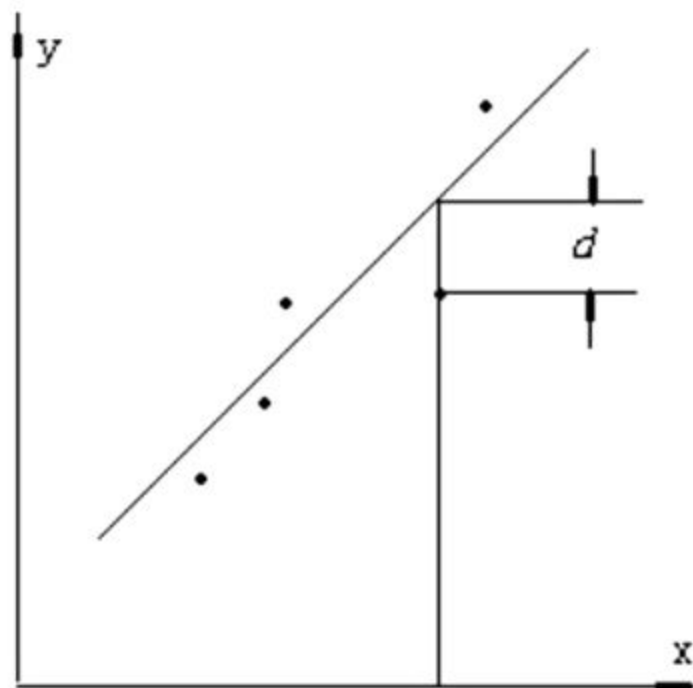
1.6 最小二乘法处理数据

$$A_1 = \frac{\bar{x} \cdot \bar{y} - \overline{xy}}{(\bar{x})^2 - \overline{x^2}}$$

$$A_0 = \bar{y} - A_1 \bar{x}$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i,$$

$$\overline{x^2} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2, \quad \overline{xy} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i y_i$$



1.7 有效数字的四则运算、函数运算

□四则运算

1. 仅最后一位是可疑，其余是可靠的。
2. 可靠数字之间的运算结果仍为可靠数字。
3. 可疑数字与任何数字的运算结果是可疑数字。
4. 仅保留一位可疑数字，尾数四舍五入。

1) 加减法:

$$5.34\textcolor{red}{5} + 30.\textcolor{red}{2}$$

$$\begin{array}{r} 5.34\textcolor{red}{5} \\ + 30.\textcolor{red}{2} \\ \hline 35.\textcolor{red}{54}\textcolor{red}{5} \end{array}$$

$$5.345 + 30.2 = 35.5$$

同样有:

$$35.4\textcolor{red}{8} - 20.\textcolor{red}{3} = 15.\textcolor{red}{2}$$

2) 乘法、除法、混合运算

$$2.7 \times 3.902 \div 3.4567 = 3.0$$

41.15cm

可靠数字 可疑数字

1.7 有效数字的四则运算、函数运算

□函数运算

- 已知 x , 计算 $y=f(x)$ 时, 取 σ_x 为 x 的最后一位为可疑数, 利用不确定度传递公式 $\sigma_y=|f'(x)|\sigma_x$ 估计 y 的可疑数位置, 尾数四舍五入。

➤ [例题3] 已知 $x=56.7$, $y=\ln x$, 计算 y

$$y=\ln 56.7=4.03777421073370\dots\dots$$

➤ 取 $\sigma_x=0.1$, $\sigma_y=|f'(x)|\sigma_x=\sigma_x/x=0.1/56.7=0.002$

➤ $y=\ln 56.7=4.038$

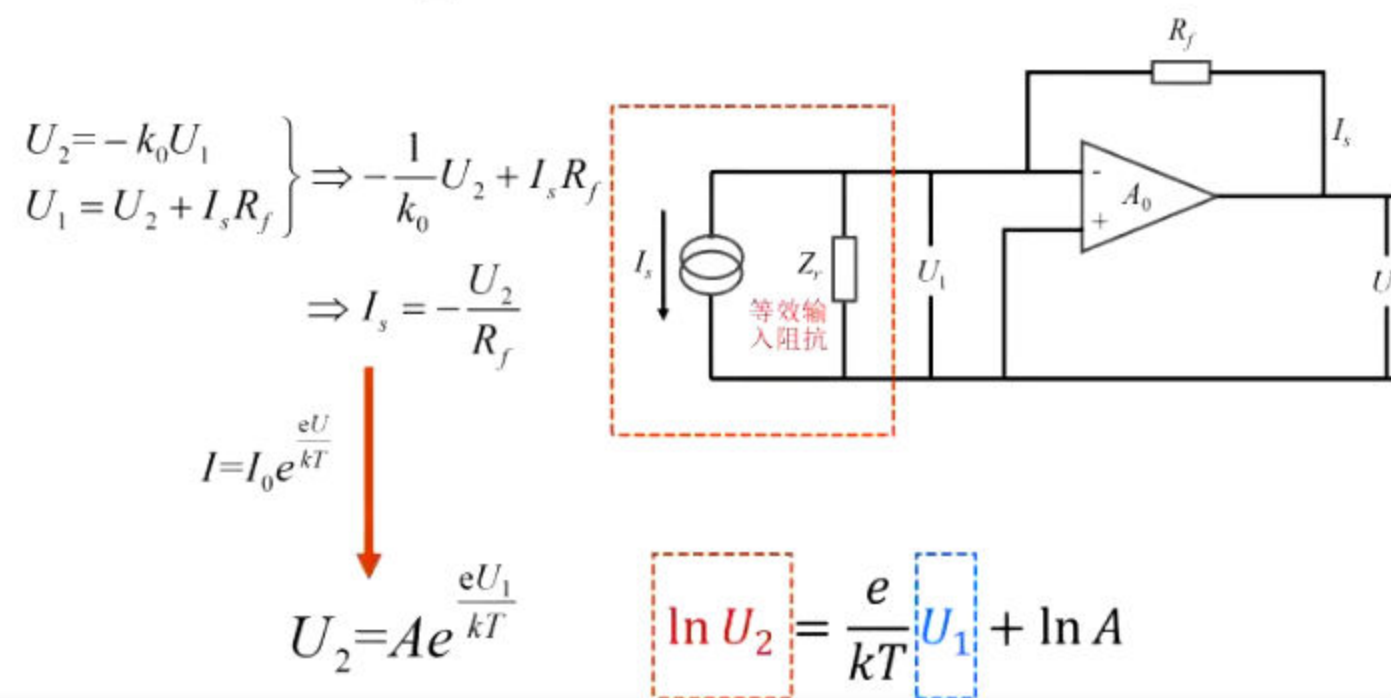
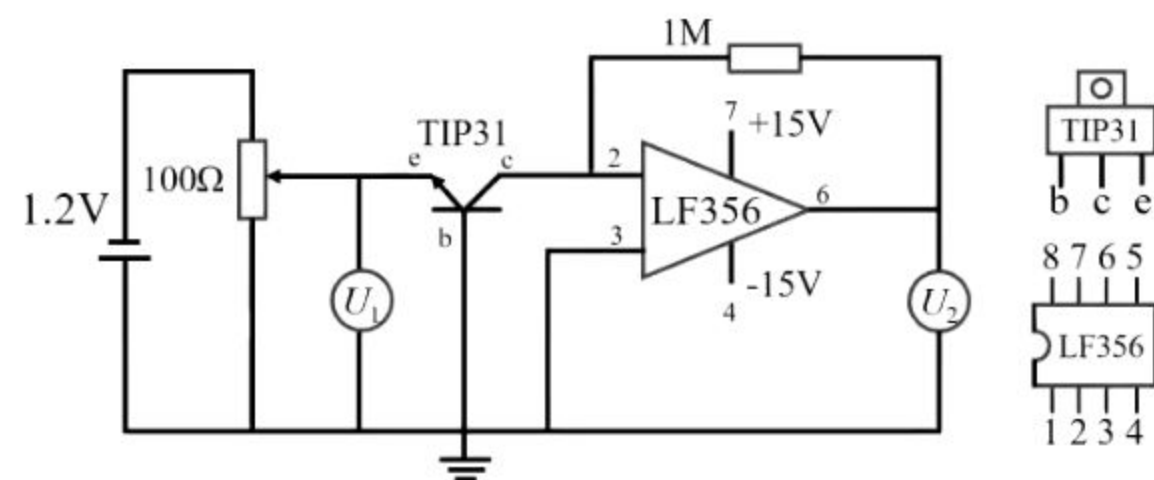
2.1 PN结

- PN结正向导通规律
- PN结反向截止规律
- PN结的伏安特性

$$I = I_0 e^{\frac{eU}{kT}}$$

I 是通过PN结正向电流, I_0 是反向饱和电流(在温度恒定时为常数), e 是电子电量, T 是热力学温度, U 为PN结正向压降

实验中使三极管处于较低的正向偏置, 则表面电流的影响也可以忽略。这时集电极电流与结电压将满足 $I = I_0 e^{\frac{eU}{kT}}$ 。



2.2 超声光栅

- 超声光栅的概念、原理，声光效应
- 驻波波长、光栅常数
- 光栅方程
- 衍射光规律（橙/黄 绿 蓝 白 蓝 绿 橙/黄）
- 测微目镜的读数、调节
- 逐差法处理数据（中央亮纹不读数）
- 调出最佳衍射条纹的方法：1调频率，2平行光垂直入射到超声池

2.3 密里根油滴

- 油滴的受力
- 空气粘滞力与速度的关系
- 平衡电压、下落时间和带电量、油滴大小的规律
- 仪器平衡对控制油滴的作用—倾斜-电场力方向-油滴漂移
- 平衡法测量油滴带电量
- 测量的要点：
 1. 起始下落位置？
 2. 提升-悬停-释放，提升后不能立即释放
- 数据处理方法-反过来验证

2.4 迈克尔逊

- 什么叫等倾干涉（相同的倾角有相同的干涉现象）
- 迈克尔逊干涉的定域在？（无穷远）
- 迈克尔逊干涉和牛顿环的异同？
- G_2 玻璃片的作用（补偿光程差）
- M_2 靠近 M_1' —收缩 M_2 远离 M_1' —冒出
- mm单位，5位小数，最后一位估读

2.5 螺线管磁场—霍尔效应

- 什么叫霍尔效应？
- 霍尔效应测量磁场的公式？
- 半导体霍尔效应显著的原因？
- P型、N型半导体与输出霍尔电压的关系，通过霍尔电压输出反推半导体类型
- 测量霍尔电压时，附加电压有哪些？（4种）
- 消除附加电压的方法是？（改变霍尔电流、螺线管磁场的方向）
- 哪个附加电压无法消除？（不等位电动势）
- 霍尔电流一定，励磁电流与霍尔电压的关系？
- 磁场大小一定，霍尔电流与霍尔电压的关系？
- 螺线管磁场的分布规律

2.6 导热系数

- 热传导的特点
- 傅里叶热传导定律——一维定态热传导（与哪些因素有关？）
- 何时稳态导热？如何找到稳态？
- 测量C盘冷却速率为什么要提升温度至 E_{20}/T_{20} 以上？（ $0.4\text{mV}/10^\circ\text{C}$ ）
- 传热速率——散热速率，冷却速率的关系？相等？还是不等？在什么条件下相等？
- 温度梯度什么时候可认为是一个常量或者定值？
- 实验中，温度是如何测量的？（热电偶？铂电阻温度传感器？）
- 何时高温加热？何时低温加热？
- 何时测量硅胶盘几何参数？

2.7 磁滞回线

- 什么事磁滞现象？有何规律？
- 磁滞回线的特点。
- 软磁、硬磁、矩磁如何判断？（根据 B_r 、 H_c 、 B_s ，分别是什么？）
- 为什么要用交流信号作动态测量？
- 输入线圈、输出线圈分别提供什么物理量的测量？
- 输入回路中 R_1 两端电压接到X轴（CH1），输出回路中C两端电压接到X轴（CH2）
- 实验中如何测量磁滞回线上的数据点？（CH1：___, CH2：___）**注意此时不能放大/缩小图像，否则改变CH1/CH2倍率**
- 频率变高，磁滞回线有什么特点？（矫顽磁力 和 频率一般没有关系）

2.8 声速测定

- 超声如何获得?
- 开始测量前: 两次最大 (频率, 位置)
- 什么是正压电效应/逆压电效应? 实验中对应接收/发射端
- 实验采用哪两种方法测量声速?
- 共振干涉法/驻波法什么时候形成驻波? 间隔是? 接线: Y (CH2) - 接收端
- 相位比较法接线: X (CH1) - 发射端; Y (CH2) - 接收端, 间隔规律?