

物理实验复习

ming

2024 年 12 月 24 日

1 绪论

1.1 测量值、真值、误差

测量值：数值单位

真值：物理量客观存在的值（通常是未知的）

误差：测量值与真值之间的差

1.2 误差的分类及其特点

1.2.1 系统误差

来源：人员、仪器、方法、环境

1.2.2 偶然误差

特点：不可避免、也不可消除，单次测量具有随机性，重复测量服从统计规律

特征：

- 单峰性：绝对值小的误差出现的概率大，绝对值大的误差出现的概率小
- 对称性：正误差和负误差出现的概率相等
- 有界性：大量测量值都集中在真值附近，与真值差异较大的测量值出现的概率几乎为零
- 抵偿性：在相同条件下对同一物理量进行多次测量，其偶然误差的算数平均值随测量次数的增加而趋向于零

1.2.3 粗大误差

特点：不属于正常测量范畴，如果出现在测量结果中，则按一定规定剔除

1.2.4 精密度、准确度、精确度

- 精密度：数据集中程度，反映随机误差的大小
- 准确度：平均值与真值之间的接近程度，反映系统误差的大小
- 精确度：精度和准确度的综合反映

1.3 不确定度

- A 类不确定度：可以用统计方法估计的分量，通常就是测量平均值的标准偏差 u_A
- B 类不确定度：用非统计方法估计的分量 u_B
- 合成不确定度：A 类不确定度和 B 类不确定度的平方和的平方根 u_c
- 扩展不确定度：合成不确定度乘以一个因子 k ， $U = ku_c$

1.3.1 直接测量量不确定度评定（公式与计算）

- A 类不确定度： $u_A = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$
- B 类不确定度： $u_B = \frac{\Delta x}{\sqrt{3}}$
- 合成不确定度： $u_c = \sqrt{u_A^2 + u_B^2}$
- 扩展不确定度： $U = 2u_c$

正确结果表达式：

$$\begin{cases} x = \bar{x} \pm U \\ E = \frac{U}{\bar{x}} \times 100\% \end{cases} \quad (1)$$

规则：

- \bar{x} 与 U 同单位（数量级）
- \bar{x} 与 U 同指数幂（科学记数法）

- U 只保留一位数字，但计算过程中要多取一位，且 U 作为它值的代入时也保留两位
- \bar{x} 与 U 末尾对齐
- $E < 10\%$ 时，取一位数字， $E \geq 10\%$ 时，取两位数字

1.4 间接测量量不确定度度评定（公式与计算）

设间接测量量 N 与数个直接测量量有函数关系：

$$N = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (2)$$

则：

$$U_N = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} U_i \right)^2} \quad (3)$$

$$E = \frac{U_N}{\bar{N}} \times 100\% \quad (4)$$

结果表达式为：

$$\begin{cases} N = \bar{N} \pm U_N \\ E = \frac{U_N}{\bar{N}} \times 100\% \end{cases} \quad (5)$$

1.5 有效数字

1.5.1 有效数字的运算规则

- 加减法：定末尾
- 乘除法：定位数
- 有效数字的取舍：4 舍 6 入 5 凑偶
- 乘方、开方：有效数字位数与底数有效数字位数相同
- 常数：位数相同
- 无理数：比结果多保留一位