

测量次数($\Delta m=50$)	1	2	3	4	5	6
d_1 位置(mm)	59.70038	59.66900	59.65277	59.61223	59.62818	59.64398
d_2 位置(mm)	59.68445	59.65277	59.63691	59.62818	59.64398	59.65973
现象描述	陷入	陷入	陷入	冒出	冒出	冒出
Δd (mm)	0.01593	0.01623	0.01586	0.01595	0.01580	0.01575
λ_n (nm)	637.2	649.2	634.4	638.0	632.0	630.0
平均值 λ (nm)	636.8					

计算过程与不确定度分析

1. 各次测量波长 λ_n 的计算

根据公式 $\lambda = \frac{2\Delta d}{\Delta m}$, 其中 $\Delta m = 50$ 。

$$\lambda_1 = \frac{2 \times 0.01593 \text{ mm}}{50} = 0.0006372 \text{ mm} = 637.2 \text{ nm}$$

$$\lambda_2 = \frac{2 \times 0.01623 \text{ mm}}{50} = 0.0006492 \text{ mm} = 649.2 \text{ nm}$$

$$\lambda_3 = \frac{2 \times 0.01586 \text{ mm}}{50} = 0.0006344 \text{ mm} = 634.4 \text{ nm}$$

$$\lambda_4 = \frac{2 \times 0.01595 \text{ mm}}{50} = 0.0006380 \text{ mm} = 638.0 \text{ nm}$$

$$\lambda_5 = \frac{2 \times 0.01580 \text{ mm}}{50} = 0.0006320 \text{ mm} = 632.0 \text{ nm}$$

$$\lambda_6 = \frac{2 \times 0.01575 \text{ mm}}{50} = 0.0006300 \text{ mm} = 630.0 \text{ nm}$$

有效位数说明: Δd 的测量值为4位有效数字, $\Delta m = 50$ 为精确计数, 可视为无限位有效数字。因此计算得到的波长 λ_n 也应保留4位有效数字。

2. 平均波长 $\bar{\lambda}$ 的计算

$$\begin{aligned}
 \bar{\lambda} &= \frac{1}{6} \sum_{n=1}^6 \lambda_n \\
 &= \frac{637.2 + 649.2 + 634.4 + 638.0 + 632.0 + 630.0}{6} \text{ nm} \\
 &= \frac{3820.8}{6} \text{ nm} \\
 &= 636.8 \text{ nm}
 \end{aligned}$$

有效位数说明： 进行加法运算时，结果的末位与所有加数中末位最粗的对齐。此处所有 λ_n 值均精确到小数点后一位，因此和 3820.8 也精确到小数点后一位。除以整数6时，根据有效数字修约规则以及物理实验数据处理习惯，平均值的最后一位应与测量值对齐，故保留到小数点后一位，为 636.8。

3. A类不确定度 $u_A(\lambda)$ 的计算

A类不确定度由贝塞尔公式计算：

$$\begin{aligned} u_A(\lambda) &= \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^6 (\lambda_n - \bar{\lambda})^2}{6(6-1)}} \\ &= \sqrt{\frac{(0.4)^2 + (12.4)^2 + (-2.4)^2 + (1.2)^2 + (-4.8)^2 + (-6.8)^2}{30}} \text{ nm} \\ &= \sqrt{\frac{0.16 + 153.76 + 5.76 + 1.44 + 23.04 + 46.24}{30}} \text{ nm} \\ &= \sqrt{\frac{230.4}{30}} \text{ nm} \\ &= \sqrt{7.68} \text{ nm} \approx 2.77 \text{ nm} \end{aligned}$$

有效位数说明： 不确定度的计算结果通常取一到两位有效数字。此处修约后取两位有效数字，故 $u_A(\lambda) \approx 2.8 \text{ nm}$ 。

4. 相对误差 E_r 的计算

取标准波长 $\lambda_0 = 632.8 \text{ nm}$ ，计算相对误差：

$$\begin{aligned} E_r &= \left| \frac{\bar{\lambda} - \lambda_0}{\lambda_0} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{636.8 - 632.8}{632.8} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{4.0}{632.8} \right| \times 100\% \\ &\approx 0.006321 \times 100\% \\ &\approx 0.63\% \end{aligned}$$

有效位数说明： 减法运算 $636.8 - 632.8 = 4.0$ ，根据加减法规则，结果保留到小数点后一位，所以 4.0 是两位有效数字。除法运算中，分母 632.8 有四位有效数字，分子 4.0 有两位有效数字，故结果应保留两位有效数字，为 0.63%。