

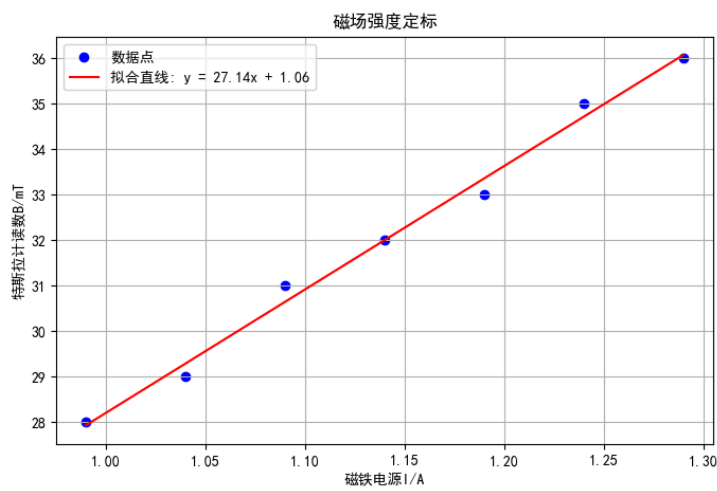
数据处理与误差分析

磁场强度定标

实验数据

磁铁电源 <i>I</i> /A	0.99	1.04	1.09	1.14	1.19	1.24	1.29
特斯拉计读数 <i>B</i> /mT	28	29	31	32	33	35	36

拟合曲线



根据拟合曲线，磁感应强度 $B(\text{mT})$ 与磁铁电源 $I(\text{A})$ 的关系为：

$$B(\text{mT}) = 27.143 \times I(\text{A}) + 1.057$$

不确定度

斜率不确定度（A类）：

$$U(a) = t(N - 2) \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \left[y_i - \left(\hat{a}x_i + \hat{b} \right) \right]^2}{(n - 2) \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}} = 3.076$$

截距不确定度（A类）：

$$U(b)=t(N-2)\cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N\left[y_i-\left(\hat{a}x_i+\hat{b}\right)\right]^2}{(n-2)}}\cdot \sqrt{\frac{\bar{x}^2}{\sum_{i=1}^N(x_i-\bar{x})^2}+\frac{1}{n}}=3.520$$

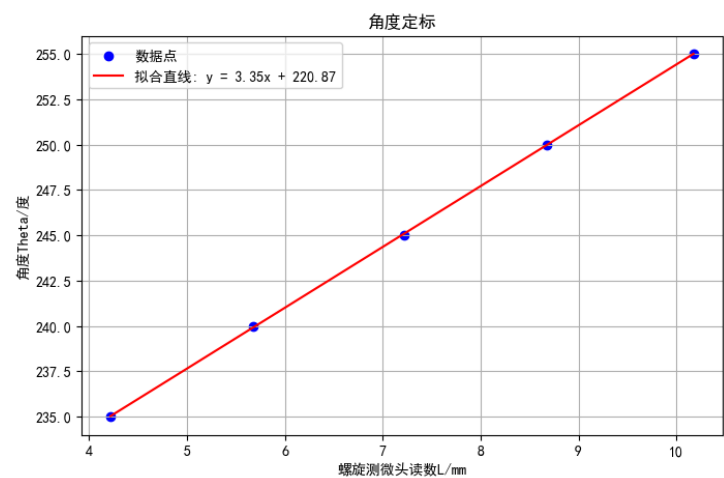
置信度为 0.95.

角度定标

实验数据

螺旋测微头读数 L/mm	4.220	5.680	7.215	8.675	10.175
角度 $\theta/^{\circ}$	235	240	245	250	255

拟合曲线



根据拟合曲线，角度 $\theta(^{\circ})$ 与螺旋测微头读数 $L(\text{mm})$ 的关系为：

$$\theta(^{\circ})=3.354\times L(\text{mm})+220.872$$

不确定度

斜率不确定度（A类）：

$$U(a)=t(N-2)\cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N\left[y_i-\left(\hat{a}x_i+\hat{b}\right)\right]^2}{(n-2)\sum_{i=1}^N(x_i-\bar{x})^2}}=0.060$$

截距不确定度（A类）：

$$U(b) = t(N - 2) \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \left[y_i - \left(\hat{a}x_i + \hat{b} \right) \right]^2}{(n - 2)}} \cdot \sqrt{\frac{\bar{x}^2}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} + \frac{1}{n}} = 0.445$$

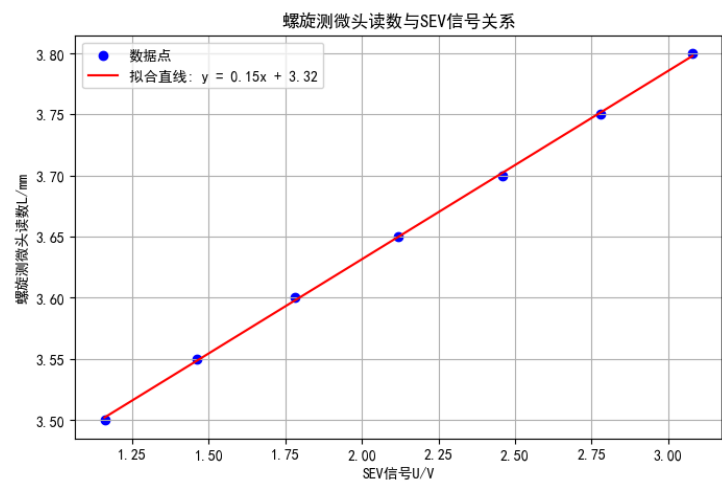
置信度为 0.95.

螺旋测微器读数与 SEV 信号关系

实验数据

SEV 信号 U/V	1.16	1.46	1.78	2.12	2.46	2.78	3.08
螺旋测微头读数 L/mm	3.500	3.550	3.600	3.650	3.700	3.750	3.800

拟合曲线



根据拟合曲线，螺旋测微读数 $L(\text{mm})$ 与 SEV 信号 $U(\text{V})$ 的关系为：

$$L(\text{mm}) = 0.154 \times U(\text{V}) + 3.323$$

不确定度

斜率不确定度（A类）：

$$U(a) = t(N - 2) \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \left[y_i - \left(\hat{a}x_i + \hat{b} \right) \right]^2}{(n - 2) \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}} = 0.004$$

截距不确定度（A类）：

$$U(b) = t(N-2) \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N [y_i - (\hat{a}x_i + \hat{b})]^2}{(n-2)}} \cdot \sqrt{\frac{\bar{x}^2}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} + \frac{1}{n}} = 0.008$$

置信度为 0.95.

角度 θ 与 SEV 信号 U 的关系

$$\begin{cases} \theta(^{\circ}) = 3.35 \times L(\text{mm}) + 220.87 \\ L(\text{mm}) = 0.15 \times U(\text{V}) + 3.32 \end{cases} \implies \theta(^{\circ}) = 0.5025 \times U(\text{V}) + 231.992$$

磁滞回线

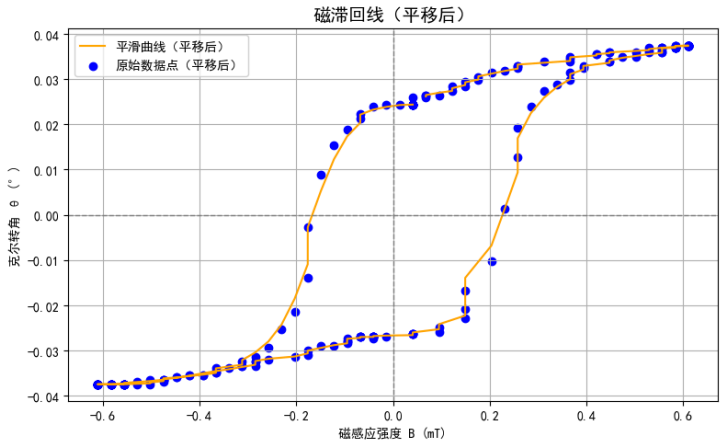
计算机自动采集了 SEV 信号 U 与磁铁电源 I 的关系。

根据定标得到的关系 $\theta(^{\circ}) = 0.5025 \times U(\text{V}) + 231.992$ 和 $B(\text{mT}) = 27.14 \times I(\text{A}) + 1.06$ 可以得到 θ 与 B 的关系。

用平滑曲线连结数据点，得到磁滞回线。

最后平移图像，使得磁滞回线的中心与坐标原点重合，得到克尔转角与磁感应强度的关系。

平移后的磁滞回线



克尔转角最大差值

$$\Delta\theta_{k,\max} = 0.075^{\circ}$$

误差分析

激光光强的波动会导致测量信号的波动，环境光的干扰可能会影响反射光强。可以采用稳定激光源，并在暗室中实验以避免环境光干扰。

光学元件不共轴会降低信噪比，降低磁滞回线的光滑性。在测量前尽量把光路调共轴以提高信噪比。

光学实验平台的微小形变会导致元件高度发生改变，从而降低信噪比。在实验过程中应避免身体倚靠光学实验平台。

思考题

1) 实验测得磁滞回线光滑性不如讲义上的磁滞回线。这是因为实验信噪比低。

2) 矫顽力是指在磁性材料已经磁化到磁饱和后，要使其磁化强度减到零所需要的磁场强度。从磁滞回线中可以读出， $B_c = 0.2 \text{ mT}$ ，矫顽力为

$$H_c = \frac{B_c}{\mu_0} = \frac{0.2 \times 10^{-3}}{4\pi \times 10^{-7}} \text{ A/m} = 159.15 \text{ A/m}$$

3) 饱和磁化强度 M_s 正比于克尔转角最大值 $\theta_{k,\max}$ ，因此可以通过饱和磁化强度已知的材料来确定比例系数，而磁滞回线中可读出样品克尔转角的最大值，于是可以确定样品的饱和磁化强度。