

三. 数据处理

参数	数值	单位
小球密度 \rho	7.80E+03	kg/m^3
蓖麻油密度 \rho_{0}	9.50E+02	kg/m^3
重力加速度 g	9.78	m/s^2
小球匀速下落距离 L	2.00E-01	M
圆筒内径 D	2.00E-02	M
时间测量不确定度	2.00E-01	S

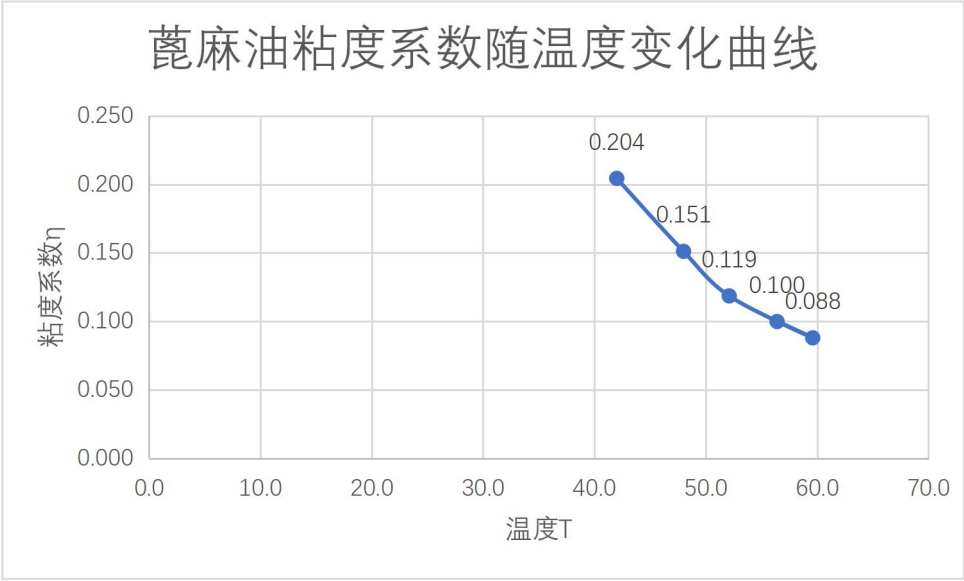
粘度系数计算公式为：

$$\eta = \frac{(\rho - \rho_0)gd^2}{18v_0\left(1 + 2.4\frac{d}{D}\right)} = \frac{(\rho - \rho_0)gtd^2}{18L\left(1 + 2.4\frac{d}{D}\right)}$$

由原始数据计算填表可得下表：

小球编号	次数	x1(mm)	x2(mm)	d(mm)	avg d(mm)	T(°C)	t(s)	η(Pa·s)
1	1	20.819	21.821	1.002	1.016	56.4	5.84	0.100
	2	26.116	27.218	1.102				
	3	28.618	29.621	1.003				
	4	30.243	31.210	0.967				
	5	32.417	33.421	1.004				
2	1	4.332	5.328	0.996	0.996	59.6	5.34	0.088
	2	5.470	6.466	0.996				
	3	8.432	9.428	0.996				
	4	10.653	11.649	0.996				
	5	12.620	13.616	0.996				
3	1	13.402	14.406	1.004	1.003	52.1	7.10	0.119
	2	18.314	19.317	1.003				
	3	21.222	22.225	1.003				
	4	26.421	27.424	1.003				
	5	28.924	29.926	1.002				
4	1	32.104	33.105	1.001	1.004	48.0	9.03	0.151
	2	37.200	38.201	1.001				
	3	38.412	39.415	1.003				
	4	42.722	43.732	1.010				
	5	48.219	49.223	1.004				
5	1	10.992	11.982	0.990	0.984	42.0	12.69	0.204
	2	15.510	16.492	0.982				
	3	19.996	20.970	0.974				
	4	23.649	24.634	0.985				
	5	26.328	27.315	0.987				

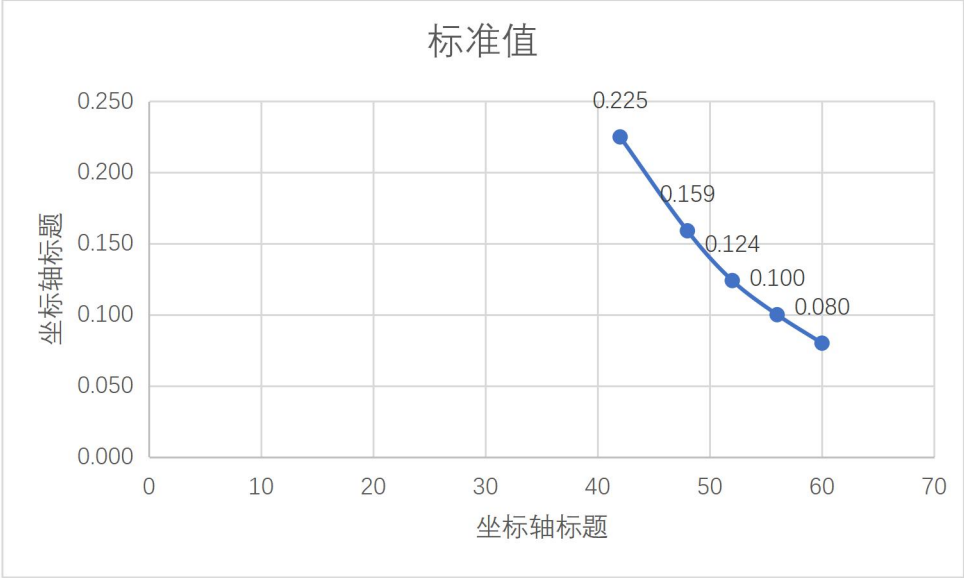
作图可得：



标准值为：

T(°C)	$\eta(\text{Pa}\cdot\text{s})$
42	0.225
48	0.159
52	0.124
56	0.100
60	0.080

作图可得：



由图像趋势，初步判断本次实验结果较为准确

接下来计算不确定度

公式

$$E_{\eta} = \frac{U_{\eta}}{\eta} = \sqrt{\left(\frac{\partial \ln \eta}{\partial d}\right)^2 \cdot (U_d)^2 + \left(\frac{\partial \ln \eta}{\partial t}\right)^2 \cdot (U_t)^2} = \sqrt{\left(\frac{2}{d} - \frac{2.4}{D + 2.4d}\right)^2 \cdot (U_d)^2 + \left(\frac{1}{t}\right)^2 \cdot (U_t)^2}$$

$$d = |x_1 - x_2| \Rightarrow U_d = \sqrt{\left(\frac{\partial d}{\partial x_1}\right)^2 \cdot (U_{x_1})^2 + \left(\frac{\partial d}{\partial x_2}\right)^2 \cdot (U_{x_2})^2} = \sqrt{(U_{x_1})^2 + (U_{x_2})^2}$$

按照公式，理论上应当由 x 计算得 d 的不确定度，但此时同一组数据的 xi 并不是在同一位置测量所得，故直接按照 A 类不确定度计算的公式计算结果无意义，在此处近似认为 d 为直接测量量，由公式

$$\Delta_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (d_i - \bar{d})^2}{5 \times 4}}, \Delta_B = \frac{\Delta_{\text{仪}}}{\sqrt{3}}, U_d = \sqrt{(\Delta_A)^2 + (\Delta_B)^2}$$

计算的 d 不确定度 Ud, Ut, U $\eta$ 列表如下

温度	$\eta$	Ud(mm)	Ut(s)	E $\eta$ (%)	U $\eta$ (Pa·s)
56.4	0.100	0.022882	0.2	5.466959	0.005462
59.6	0.088	0.002887	0.2	3.785302	0.003333
52.1	0.119	0.002904	0.2	2.869703	0.003405
48.0	0.151	0.003328	0.2	2.30198	0.003479
42.0	0.204	0.003974	0.2	1.752077	0.00358

故最终结果表示如下( $\eta = \bar{\eta} \pm U_{\eta}$ )

56.4℃

$$\eta_1 = \bar{\eta}_1 \pm U_{\eta_1} = (0.100 \pm 0.005) \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

$$E_{\eta_1} = 5.47\%$$

$$P = 0.683$$

59.6℃

$$\eta_2 = \bar{\eta}_2 \pm U_{\eta_2} = (0.088 \pm 0.003) \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

$$E_{\eta_2} = 3.79\%$$

$$P = 0.683$$

52.1℃

$$\eta_3 = \bar{\eta}_3 \pm U_{\eta_3} = (0.119 \pm 0.003) \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

$$E_{\eta_3} = 2.87\%$$

$$P = 0.683$$

48.0℃

$$\eta_4 = \bar{\eta}_4 \pm U_{\eta_4} = (0.151 \pm 0.003) \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

$$E_{\eta_4} = 2.30\%$$

$$P = 0.683$$

42.0°C

$$\eta_5 = \bar{\eta}_5 \pm U_{\eta_5} = (0.204 \pm 0.004) Pa \cdot s$$

$$E_{\eta_5} = 1.75\%$$

$$P = 0.683$$

## 四. 实验结论及现象分析

由我们的实验结果可知，随着温度上升蓖麻油的粘度系数逐渐下降。根据以上计算过程和分析可知，本次实验结果准确度一般，误差均在 5% 上下，并且误差有随温度下降而下降的趋势，初步判断是由温度较高时小球下降速度过快时间测量不准确造成的。

为了更准确的测量结果，应当采取自动化仪器测量时间的方式而非人工手动测量。

## 五. 讨论问题

1. 讨论本实验中出现实验误差的原因。

答：

(1) 对于较高温度的测量小球下落过快时，人的反应滞后会导致时间测量偏大，粘度系数结果偏大

(2) 对于小球直径的测量，如果显微镜下小球没能与刻度线相切会导致误差增大

2. 请解释为什么液体的黏度是随着温度上升而下降。

答：液体的粘度随温度的升高而减少，原因是随着温度的升高，液体分子间距变大，从而使粘度下降。

3. 如果小球在靠近玻璃管壁处下落，会对液体黏度的实验测量值有什么影响？

答：玻璃管壁处的摩擦力阻碍小球的运动，达成的平衡会使得速度偏小，会导致时间测量结果偏大，导致粘度系数测量值偏大。

4. 如果玻璃管是倾斜的，会对液体黏度的实验测量值有什么影响？

答：会导致小球下落的垂直距离与计算所使用的 L 长度不一致，相当于时间测量偏小，使最终粘度系数测量结果偏大。