

班号 自动化5班 学号 190320517 姓名 葛旭 教师签字

实验日期 9月8日 组号 B4 预习成绩 总成绩

### 实验(三) 液体黏度的测定

#### 一. 实验目的

1. 了解有关液体黏性的知识, 学习用落球法测定液体的黏度
2. 掌握读数显微镜的使用方法

#### 二. 实验原理

$$F = \eta S \frac{v}{x}$$

$F$  与板面积  $S$  成正比, 与速度  $v$  成正比, 与距离成反比  
 小球在液体中缓慢下落时, 它受到三个力作用, 重力, 浮力, 黏滞力。当小球在液体中下落速度很小, 球体积很小, 液体在各个方向上无限宽广时, 斯托克斯指出, 此时的黏滞力为  $F = 6\pi\eta v r$

$$\frac{4}{3}\pi r^3(\rho - \rho_0)g = 6\pi\eta v r$$

$$\eta = \frac{2}{9} \frac{(\rho - \rho_0)g r^2}{v}$$

若在圆筒形容器中, 液体高度为  $H$ , 圆筒内径为  $D$

$$\text{则应修正为 } \eta = \frac{1}{18} \frac{(\rho - \rho_0)g d^2}{v(1 + 2.4 \frac{\eta}{\rho H})}$$

因为  $H \gg d$ , 所以修正为

$$\eta = \frac{1}{18} \frac{(\rho - \rho_0)g d^2}{L(1 + 2.4 \frac{\eta}{\rho H})}$$

## 三. 数据处理

$$\eta = \frac{1}{18} \frac{(p-p_0)gt d^2}{L(1+2.4 \frac{d}{D})} \quad \bar{\eta} = \frac{1}{18} \frac{(p-p_0)g(\bar{d})^2}{L(1+2.4 \frac{\bar{d}}{D})}$$

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

$$U_d = \sqrt{S_d^2 + u_d^2} \quad S_d = \sqrt{\frac{1}{n-1} (d_i - \bar{d})^2} \quad u_d = \frac{\Delta d}{\sqrt{3}} = 5.7735 \times 10^{-7}$$

$$U_L = \sqrt{u_L^2} \quad u_L = \frac{\Delta L}{\sqrt{3}} = 0.1155$$

56°C 时

$$S_d = \sqrt{\frac{1}{n-1} (d_i - \bar{d})^2} = 8.4534 \times 10^{-6}$$

$$U_d = \sqrt{S_d^2 + u_d^2} = 8.47467 \times 10^{-6} \quad E_{\eta} = 0.0259456$$

$$\bar{\eta} = 0.0944816 \quad U_{\eta} = E_{\eta} \cdot \bar{\eta} = 0.00245138$$

所以最终结果  $\eta = (0.0945 \pm 0.0259) \text{ pa}\cdot\text{s}$   $E_{\eta} = 2.59\%$  置信概率 68.3%

$$50^\circ\text{C} \quad S_d = 2.12071 \times 10^{-5} \quad U_d = 2.12156 \times 10^{-5} \quad \bar{\eta} = 0.106593$$

$$U_{\eta} = 0.00475869 \quad E_{\eta} = 0.0446437$$

所以最终结果  $\eta = (0.1066 \pm 0.0048) \text{ pa}\cdot\text{s}$   $E_{\eta} = 4.46\%$  置信概率 68.3%

$$44^\circ\text{C} \quad S_d = 1.67708 \times 10^{-5} \quad U_d = 1.67815 \times 10^{-5} \quad \bar{\eta} = 0.172625$$

$$U_{\eta} = 0.00588119 \quad E_{\eta} = 0.0340691$$

所以最终结果  $\eta = (0.1726 \pm 0.0059) \text{ pa}\cdot\text{s}$   $E_{\eta} = 3.41\%$  置信概率 68.3%

$$38^\circ\text{C} \quad S_d = 9.20543 \times 10^{-6} \quad U_d = 9.22497 \times 10^{-6} \quad \bar{\eta} = 0.255703$$

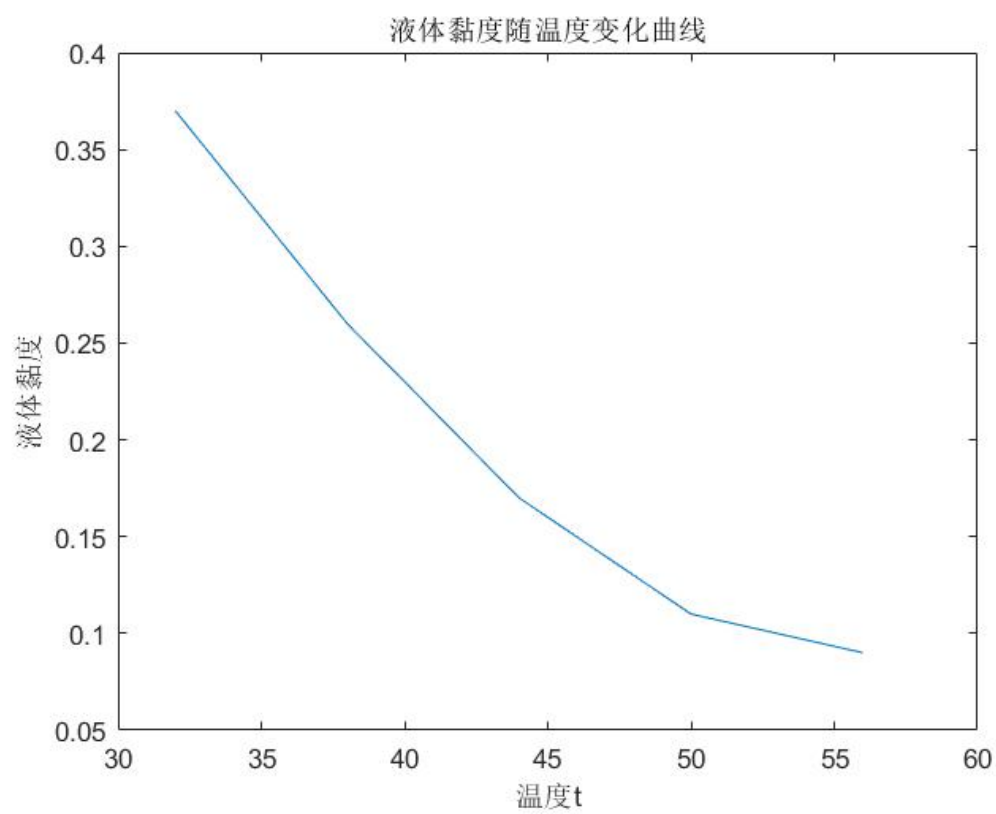
$$E_{\eta} = 0.0190716 \quad U_{\eta} = 0.00487666$$

所以最终结果  $\eta = (0.2557 \pm 0.0049) \text{ pa}\cdot\text{s}$   $E_{\eta} = 1.91\%$  置信概率 68.3%

$$32^\circ\text{C} \quad S_d = 8.08332 \times 10^{-6} \quad U_d = 8.10555 \times 10^{-6} \quad \bar{\eta} = 0.369171$$

$$U_{\eta} = 0.00589 \quad E_{\eta} = 0.015957$$

所以最终结果  $\eta = (0.3692 \pm 0.0059) \text{ pa}\cdot\text{s}$   $E_{\eta} = 1.59\%$  置信概率 68.3%





## 四. 实验结论及现象分析

我测得数据

温度	黏度
32°C	0.37
38°C	0.26
44°C	0.17
50°C	0.11
56°C	0.09

随着温度的升高,蓖麻油的黏度  
会下降,小球下落速度加快。

## 五. 讨论问题

~~1. 温度较高的时候自己测得的蓖麻油黏度偏高,  
原因是什么?怎样避免?~~

1. 在这个落球法实验中出现实验误差的原因。

- ① 小球直径观测有误差。
- ② 计算小球下落时间有误差,人有反应时间。
- ③ 小球碰到了管壁,受到了阻力。
- ④ 装蓖麻油的管子不竖直,小球运动路径有偏差。
- ⑤ 实验仪器存在系统误差。

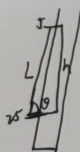
2. 为什么液体黏度随着温度上升而下降?

液体分子间距小彼此紧密,温度升高提高分子动能,  
促进分子间流动,使液体动力增加黏度减小。

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?  
小球在靠近玻璃管壁处下落会受到摩擦力使小球下落时间变  
长,从而根据 $\eta$ 的计算式会使液体黏度测量值偏高。

4. 如果玻璃管是倾斜的,会对液体黏度的测量值有什么影响?

因为玻璃管倾斜,所以当小球按刻度值走过  
距离 $L$ 时实际上下落距离 $h = L \sin \theta < L$ , 所以用的  
时间偏短,液体黏度测量值偏低。



如图

# 实验现象观察与原始数据记录

小球编号	直径测量次数	$x_1(\text{mm})$	$x_2(\text{mm})$	$d =  x_1 - x_2 (\text{mm})$	$\bar{d}$	$T(^{\circ}\text{C})$	$t_s$
1	1	11.535	10.521	1.014	1.0034	56 $^{\circ}\text{C}$	5.65 s
	2	10.682	9.711	0.971			
	3	11.079	10.071	1.008			
	4	8.580	7.561	1.019			
	5	9.385	8.380	1.005			
2	1	11.445	10.551	0.894	0.9758	50 $^{\circ}\text{C}$	6.72 s
	2	9.552	8.559	0.993			
	3	10.828	9.849	0.979			
	4	13.335	12.321	1.014			
	5	15.081	14.082	0.999			
3	1	13.031	12.019	1.012	<del>0.9936</del> 0.9836	44 $^{\circ}\text{C}$	10.72 s
	2	14.750	13.722	1.008			
	3	15.098	14.090	1.008			
	4	15.929	15.002	0.927			
	5	17.688	16.725	0.963			
4	1	20.659	19.644	1.015	0.9942	38 $^{\circ}\text{C}$	15.56 s
	2	21.502	20.542	0.960			
	3	23.160	22.157	1.003			
	4	23.619	22.624	0.995			
	5	24.405	23.407	0.998			
5	1	25.531	24.509	1.022	1.0208	32 $^{\circ}\text{C}$	21.37 s
	2	26.612	25.611	1.001			
	3	26.809	25.799	1.010			
	4	25.060	24.038	1.022			
	5	26.099	25.050	1.049			

学生	姓名	学号	日期
签字	葛旭	190320517	9.8

教师	姓名
签字	王