

内蒙古工业大学物理实验报告

姓名	杨昊泽	班级	材20-2	教师签字	刘
学号	202010401061	组别		成绩	46
日期	2021.11.5	题目	液体粘滞系数测量		

[实验目的]

1. 了解粘滞系数与雷诺数的科学原理
2. 了解泊肃叶公式及其应用
3. 掌握毛细管流量法液体粘滞系数的测量及数据处理方法

[实验仪器]

计时器、储水筒、毛细排水管
蓄水槽、游标卡尺

[实验步骤]

1. 用游标卡尺测量储水筒内径，多次测量求平均值并记录
2. 向储水筒加水，使液面高度达到49cm以上
3. 将计时遥控器接入电气控制箱后面的计时遥控接口，打开电气箱上的电源开关，给实验装置供电
4. 取下实验主机排水口的挡盖，使水通过毛细管排出，待水流呈平抛线形状并稳定后，按动遥控器的开始按钮，电子秒表开始计时
5. 储水筒内的水位缓缓下降，当水位线与某一刻度线齐平时，迅速按下记录按钮，计时器会记录并保存数据
6. 当记录完十组以上的数据时，按下停止按钮，并用挡盖挡住排水口，停止实验
7. 按动相应按键，查看实验数据，记录到表中对应的位置
8. 处理实验数据，得出实验结果

[实验原理概述]

粘滞系数及粘性定律

$$f = \eta \frac{\partial u}{\partial y} S$$

$$\tau = f/S = \eta \frac{\partial u}{\partial y}$$

雷诺数

$$Re = \frac{\rho v d}{\eta}$$

泊肃叶公式及其应用

$$\text{令 } P_1 - P_2 = P$$

由受力平衡得： $p\pi r^2 = -2\pi r\eta L \frac{dv}{dr}$

$$\text{积分后得： } v = \frac{P}{4\eta L} (a^2 - r^2)$$

流量为 $dQ = v ds = 2\pi r v dr$

$$Q = \int_0^a 2\pi r v dr = \frac{\pi P a^4}{8\eta L}$$

$$Q = \frac{\pi \rho g y a^4}{8\eta L} = -A \frac{dy}{dt}$$

$$y = y_0 e^{(-\frac{\rho g a^4}{8\eta L R^2} t)}$$

$$\Rightarrow V = V_0 e^{(-\frac{\rho g a^4}{8\eta L R^2} t)}$$

$$\text{令 } b = \frac{\rho g a^4}{8\eta L R^2}$$

$$\Rightarrow V = V_0 e^{(-bt)}$$

$$V = V_0 e^{(-bt)}$$

$$\Rightarrow \ln V = \ln V_0 - bt$$

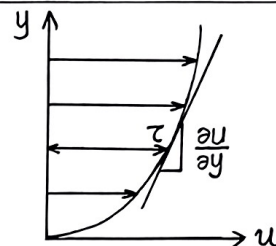
$$-b = \frac{\sum_{i=1}^5 (\ln V_{i+5} - \ln V_i)}{\sum_{i=1}^5 (t_{i+5} - t_i)}$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{\rho g a^4}{8 L R^2 b}$$

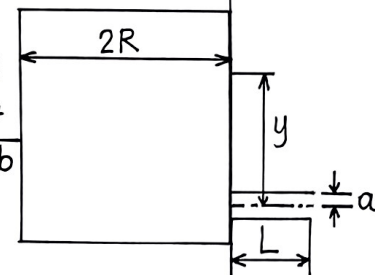
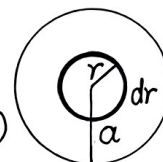
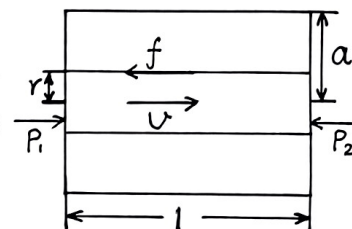
$$\bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^5 (V_{i+5} - V_i)}{\sum_{i=1}^5 (t_{i+5} - t_i)}$$

$$\bar{v} = \frac{\bar{Q}}{S}$$

$$\Rightarrow Re = \frac{\rho \bar{v} d}{\eta}$$



2300以下是层流状态，在其以上处于紊流以及湍流状态



[实验数据记录]

毛细管内径: 1.0 mm		毛细管长度: 150 mm	
蓄水管内径: 73.81 mm			
待测液体种类: 纯净水		液体温度: 23 °C	
序号	液面高度/cm	液体有效体积/mL	时间/s
	49.0	1863.41	32.96
2	48.5	1842.02	61.73
3	48.0	1820.62	89.90
4	47.5	1799.23	119.99
5	47.0	1777.83	150.61
6	46.5	1756.44	179.69
7	46.0	1735.05	210.67
8	45.5	1731.65	241.26
9	45.0	1692.26	272.39
10	44.5	1670.86	305.17

液体在毛细管中的流速 = 0.903 m/s 液体粘滞系数 = $9.35 \times 10^{-4} \text{ Pa}\cdot\text{s}$

液体雷诺数 = 71139

[数据处理及结果表达]	
$\bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^5 (V_{i+5} - V_i)}{\sum_{i=1}^5 (t_{i+5} - t_i)} = -0.709 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ $S = (0.5 \times 10^{-3})^2 \pi = 7.854 \times 10^{-7} \text{ m}^2$ $\bar{v} = \frac{\bar{Q}}{S} = 0.903 \text{ m/s}$ $-b = \frac{\sum_{i=1}^5 (\ln V_{i+5} - \ln V_i)}{\sum_{i=1}^5 (t_{i+5} - t_i)} = -4 \times 10^{-4}$ $b = 4 \times 10^{-4}$	查表可知, 水在 23°C 下的密度 $\rho = 997.54 \text{ kg/m}^3$ 重力加速度约为 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ 则 $\eta = \frac{\rho g a^4}{8 L R^2 b} = 9.35 \times 10^{-4} \text{ Pa}\cdot\text{s}$

说明: 实验报告共 50 分。其中前实验目的、实验仪器和实验步骤共 5 分, 这三项要求课前完成; 实验原理概述 15 分 (课后完成); 数据记录 5 分 (课上完成); 数据处理及结果表达 10 分 (课后完成); 思考题 5 分 (课后完成); 实验心得 5 分 (课后完成); 报告整洁度 5 分。上课迟到扣 10 分, 未按时交实验报告扣 10 分, 补做实验扣 10 分。每人必须准备一个“原始实验数据记录本”, 实验数据首先记录于此, 经教师检查确定后再誊抄到实验报告上, 无“原始实验数据记录本”扣 20 分。

963.4

$$Re = \frac{\rho \bar{v} d}{\eta} = 71139$$

$$963.4 < 2300$$

$$71139 > 2300$$

液体的粘滞系数为 $9.35 \times 10^{-4} \text{ Pa}\cdot\text{s}$, 雷诺数为 71139。
由雷诺数可知毛细管内的液体为湍流。

思考题]

- 1、液面越高, 测量误差越小, 所以液面高一些好。
- 2、影响。毛细管的内径过大, 测量时间过短, 数据处理起来会有很大误差。测量时间过长, 实验时间不允许, 也易造成误差。
- 3、计算雷诺数的目的是判断毛细管中的水流状态, 是层流、紊流还是湍流。

实验心得]

- 1、了解了“雷诺数”的概念, 通过计算知道了毛细管中的水流是湍流, 相对来说不是很平稳。
- 2、明白了团队协作的重要性, 锻炼了团队成员间的默契, 读数与记时一气呵成。
- 3、明白了水的清洁度对实验的重要性。