

## 实验五 液体粘滞系数的测定

### 【实验目的】

学习用比较法测定液体的粘滞系数

### 【实验原理】

由实际液体在均匀细管中作层流的理论，可求得在时间  $t$  内，当管长为  $L$ 、它的横截面的半径为  $r$ 、管两端的压强差为  $\Delta P$  时，流出液体的体积  $V$  的公式：

$$V = Qt = \frac{\pi r^4 \Delta P}{8\eta L} t \quad (1)$$

上式中  $\eta$  是液体的粘滞系数。由此公式可得液体的粘滞系数为

$$\eta = \frac{\pi r^4 \Delta P}{8VL} t \quad (2)$$

用上述公式虽可直接测定  $\eta$ ，但因所测物理量多，测量又困难，误差较大。为此奥斯华德设计出奥氏粘度计，采用比较法进行测量。

本实验所用毛细管粘度计(奥氏粘度计)如图 1 所示。它是一个 U 形玻璃管，玻璃管的一侧有一段毛细管 C，其上为一小玻璃泡 B，在小玻璃泡 B 的上下有指示痕  $I_1$ ，及  $I_2$ 。

实验时以一定体积的液体从大管口 D 注入 A 泡内，再由小管口 E 将液体吸入 B 泡中，使液面升高到 B 泡的指示痕  $I_1$  以上。因两边液面的高度不同，B 泡内液体将经毛细管 C 流回 A 泡。当液面由指示痕  $I_1$  下降到指示痕  $I_2$  时，测得其流动时间  $t$ ，即为  $I_1$  与  $I_2$  刻痕间液体流经毛细管所需的时间。

如果以同样体积的水和被测液体先后注入粘度计，按上述步骤测出两种液体面从  $I_1$  降至  $I_2$  所需时间分别为  $t_1$  与  $t_2$ 。则：

$$\eta_1 = \frac{\pi r^4 \Delta P}{8VL} t_1$$

$$\eta_2 = \frac{\pi r^4 \Delta P}{8VL} t_2$$

两式中  $r$ ， $V$ ， $L$  相同，所以

$$\frac{\eta_2}{\eta_1} = \frac{\Delta P_2 t_2}{\Delta P_1 t_1} \quad (3)$$

液体是受到重力的作用而流动。由于注入粘度计的两种液体的体积相等，因而在流动过程中相对应的液面高度差  $\Delta h$  是相等的，因此有

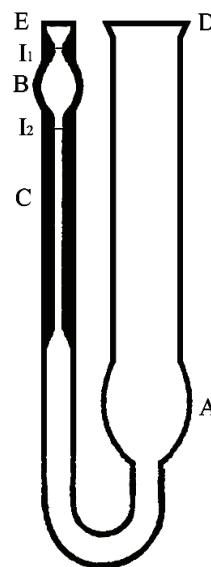


图 1 奥氏粘度计

$$\frac{\Delta P_2}{\Delta P_1} = \frac{\rho_2 g \Delta h}{\rho_1 g \Delta h} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \quad (4)$$

将(4)式代入(3)式, 得到

$$\frac{\eta_2}{\eta_1} = \frac{\rho_2 t_2}{\rho_1 t_1}$$

即 
$$\eta_2 = \eta_1 \frac{\rho_2 t_2}{\rho_1 t_1} \quad (5)$$

因此, 从后面附表查得作为标准液体蒸馏水的 $\eta_1$ 、 $\rho_1$ , 从实验得到 $t_1$ 、 $t_2$ 、 $\rho_2$ , 即可求得被测液体粘滞系数 $\eta_2$ 。(5)式表明, 待测液体的粘滞系数 $\eta_2$ 是与标准液体粘滞系数 $\eta_1$ 相比较而得出的, 故称为比较法。这种方法常使实验变得简单易行并能提高测量精度。

### 【实验仪器】

- |                  |           |                 |
|------------------|-----------|-----------------|
| 1. 毛细管粘度计(奥氏粘度计) | 2. 机械秒表   | 3. 蒸馏水、酒精、葡萄糖溶液 |
| 4. 量筒            | 5. 针筒和橡皮管 | 6. 滴管           |
|                  |           | 7. 液体密度计        |
|                  |           | 8. 温度计          |

### 【实验内容】

1. 用蒸馏水将粘度计洗涤干净(实验前由实验室工作人员先用洗涤液清洗粘度计)。E端装上橡皮管, 用支架上夹子夹住粘度计, 注意使粘度计保持竖直(见图2)。
2. 用量筒量一定体积(10毫升)的蒸馏水, 由大管口D缓慢注入A泡。针筒插入E处橡皮管, 将水缓慢地吸入B泡, 并使液面高于指示痕 $I_1$ , 但不要进入橡皮管。然后用手捏住橡皮管口, 勿使液面下降, 取下针筒, 准备好秒表。
3. 放开橡皮管, 使B泡中液体经毛细管C流回A泡, 记录液面从指示痕 $I_1$ 下降至 $I_2$ 所需的时间 $t_1$ 。
4. 重复步骤2、3六次, 取 $t_1$ 的平均值。
5. 用与水同体积(10毫升)的酒精和葡萄糖溶液, 重复步骤2、3、4, 测得时间 $t_2$ 及 $t_3$ 。
6. 用比重计测定酒精及葡萄糖溶液的密度 $\rho_2$ 及 $\rho_3$ 。
7. 记录当时温度, 从附表1、2中查出相应温度下水的粘滞系数 $\eta_1$ 及密度 $\rho_1$ 。
8. 根据(5)式计算酒精及葡萄糖溶液的粘滞系数 $\eta_2$ 及 $\eta_3$ , 并用不确定度表示结果。

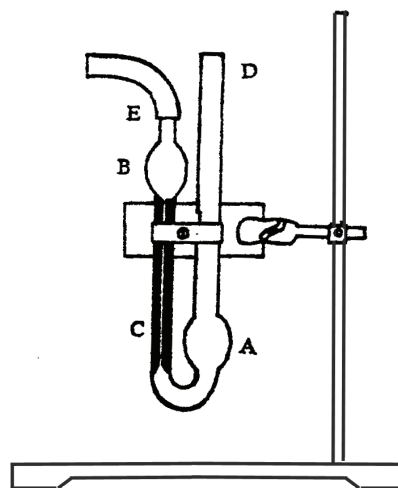


图2 实验装置图

### 数据记录及处理

| 液 体   |    | 蒸 馏 水         | 酒 精  | 葡 萄 糖  |
|---|----|---------------|--|--|
| 测量项目  |    |               |  |  |
| 所取体积 (ml)   |    | 10.0          | 10.0   | 10.0   |
| 液面从 I <sub>1</sub> 降到 I <sub>2</sub> 所需时间 t (s)   | 1  |               |  |  |
|   | 2  |               |  |  |
|   | 3  |               |  |  |
|   | 4  |               |  |  |
|   | 5  |               |  |  |
|   | 6  |               |  |  |
|   | 平均 | $\bar{t}_1 =$ | $\bar{t}_2 =$  | $\bar{t}_3 =$  |
| 密度 ( $\times 10^3 \text{ kg/m}^3$ )               |    | $\rho_1 =$    | $\rho_2 =$   | $\rho_3 =$   |
| 粘滞系数 ( $\times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ ) |    | $\eta_1 =$    | $\eta_2 = \eta_1 \frac{\rho_2 \bar{t}_2}{\rho_1 \bar{t}_1}$<br>= | $\eta_3 = \eta_1 \frac{\rho_3 \bar{t}_3}{\rho_1 \bar{t}_1}$<br>= |

### 【注意事项】

1. 实验过程中，粘度计须保持竖直位置。
2. 调换被测液体时，必须先用蒸馏水冲洗，再用少量被测液体冲洗，以免管中余留其他液体。
3. 测量时，粘度计内的液体不能有气泡。实验过程中，注意避免影响粘度计内液体的温度。
4. 奥氏粘度计下端弯曲部分很容易折断，不要一手紧握两管口。

### 【思考题】

为什么实验时注入粘度计的液体需要同样大小的体积？它是泊肃叶公式中的  $V$  吗？

附表1 水在不同温度下的粘滞系数( $\times 10^{-3}$  Pa.s)

| 温度 $^{\circ}\text{C}$ | 粘滞系数   | 温度 $^{\circ}\text{C}$ | 粘滞系数   | 温度 $^{\circ}\text{C}$ | 粘滞系数   |
|-----------------------|--------|-----------------------|--------|-----------------------|--------|
| 0                     | 1.7921 | 15                    | 1.1404 | 30                    | 0.8007 |
| 1                     | 1.7313 | 16                    | 1.1111 | 31                    | 0.7840 |
| 2                     | 1.6728 | 17                    | 1.0828 | 32                    | 0.7679 |
| 3                     | 1.6191 | 18                    | 1.0559 | 33                    | 0.7523 |
| 4                     | 1.5674 | 19                    | 1.0209 | 34                    | 0.7371 |
| 5                     | 1.5188 | 20                    | 1.0050 | 35                    | 0.7225 |
| 6                     | 1.4728 | 21                    | 0.9810 | 36                    | 0.7085 |
| 7                     | 1.4284 | 22                    | 0.9579 | 37                    | 0.6947 |
| 8                     | 1.3860 | 23                    | 0.9358 | 38                    | 0.6814 |
| 9                     | 1.3462 | 24                    | 0.9142 | 39                    | 0.6685 |
| 10                    | 1.3077 | 25                    | 0.8937 | 40                    | 0.6560 |
| 11                    | 1.2713 | 26                    | 0.8737 |                       |        |
| 12                    | 1.2363 | 27                    | 0.8545 |                       |        |
| 13                    | 1.2028 | 28                    | 0.8361 |                       |        |
| 14                    | 1.1709 | 29                    | 0.8180 |                       |        |

附表2 水在不同温度时的密度 ( $\times 10^3$  kg/m<sup>3</sup>)

| $t^{\circ}\text{C}$ | 密 度     | $t^{\circ}\text{C}$ | 密 度     | $t^{\circ}\text{C}$ | 密 度     | $t^{\circ}\text{C}$ | 密 度     |
|---------------------|---------|---------------------|---------|---------------------|---------|---------------------|---------|
| 0                   | 0.99987 | 9                   | 0.99981 | 18                  | 0.99862 | 27                  | 0.99654 |
| 1                   | 0.99993 | 10                  | 0.99973 | 19                  | 0.99843 | 28                  | 0.99626 |
| 2                   | 0.99997 | 11                  | 0.99963 | 20                  | 0.99823 | 29                  | 0.99597 |
| 3                   | 0.99999 | 12                  | 0.99952 | 21                  | 0.99802 | 30                  | 0.99567 |
| 4                   | 1.00000 | 13                  | 0.99940 | 22                  | 0.99780 | 31                  | 0.99537 |
| 5                   | 0.99999 | 14                  | 0.99927 | 22                  | 0.99757 | 32                  | 0.99505 |
| 6                   | 0.99997 | 15                  | 0.99913 | 24                  | 0.99732 | 33                  | 0.99472 |
| 7                   | 0.99993 | 16                  | 0.99897 | 25                  | 0.99707 | 34                  | 0.99440 |
| 8                   | 0.99988 | 17                  | 0.99880 | 26                  | 0.99681 | 35                  | 0.99406 |