

## 匀速区的测量方法

1. 使用橡皮筋在容器大致中下部位置划分出数个区域，并测量出每个区域的长度。
2. 取一较大小球（根据计算得知较小小球匀速区包含较大小球匀速区），在液面处静止释放，使用秒表测量出小球经过每段区域的时间，并以此计算小球经过每段区域的平均速度。
3. 若小球经过每段区域的平均速度一样（在误差允许范围内），则这段区域为匀速区，最上、最下皮筋间距即为匀速区长度；若平均速度不一样，则更改皮筋位置并重复上述步骤。

## 数据处理

液面高度 $h$ 的平均值

$$\bar{h} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_i = \frac{41.1 + 41.15 + 41.2}{3} \text{ cm} = 41.15 \text{ cm}$$

匀速下降区 $l$ 的平均值

$$\bar{l} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n l_i = \frac{22.53 + 22.55 + 22.59 + 22.54 + 22.55 + 22.56}{6} \text{ cm} = 22.55 \text{ cm}$$

量筒直径 $D$ 的平均值

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i = \frac{81.34 + 81.38 + 81.4}{3} \text{ mm} = 81.373 \text{ mm}$$

温度 $T$ 的平均值

$$\bar{T} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i = \frac{8.75 + 9.12 + 9.21}{3} \text{ C}^\circ = 9.02 \text{ C}^\circ$$

液体密度 $\rho_0$ 的平均值

$$\bar{\rho}_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \rho_{0i} = \frac{0.9620 + 0.9621 + 0.9622}{3} \text{ g/cm}^3 = 0.9621 \text{ g/cm}^3$$

重力加速度 $g$ （查阅资料得）

$$g = 9.7949 \text{ m/s}^2$$

## 大球

直径 $d_1$ 的平均值

$$\bar{d}_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_{1i} = \frac{3.968 + 3.97 + 3.97 + 3.978 + 3.979 + 3.977}{6} \text{ mm} = 3.9737 \text{ mm}$$

质量 $m_1$ 的平均值

$$\bar{m}_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m_{1i} = \frac{0.2569 + 0.2568 + 0.2587 + 0.2594 + 0.2588 + 0.2578}{6} \text{ g} = 0.2581 \text{ g}$$

球密度

$$\rho_1 = \frac{3\bar{m}_1}{4\pi \frac{\bar{d}_1^3}{2}} = \frac{3 \times 0.2581}{4\pi \frac{0.39737^3}{2}} \text{ g/cm}^3 = 7.8543 \text{ g/cm}^3$$

下落时间 $t_1$ 的平均值

$$\bar{t}_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_{1i} = \frac{3.12 + 3.19 + 3.17 + 3.12 + 3.1 + 3.19}{6} \text{ s} = 3.1483 \text{ s}$$

下落速度

$$v_1 = \frac{\bar{l}}{\bar{t}_1} = \frac{0.2255}{3.1483} \text{ m/s} = 0.071625 \text{ m/s}$$

粘度的零级近似值

$$\eta_{01} = \frac{\bar{d}_1^2 g \left( \frac{\rho_1}{18} - \frac{\rho_0}{18} \right)}{v_1 \left( 1 + \frac{2.4\bar{d}_1}{D} \right) \left( \frac{1.65\bar{d}_1}{h} + 1 \right)} = 0.72845 \text{ Pas}$$

雷诺数

$$Re_1 = \frac{\bar{d}_1 \bar{\rho}_0 v_1}{\eta_{01}} = 0.37591$$

$0.1 < Re_1 < 0.5$ , 进行一级修正:

粘度

$$\eta_{11} = -\frac{3\bar{d}_1 \bar{\rho}_0 v_1}{16} + \eta_{01} = 0.6771 \text{ Pas}$$

## 中球

同上述计算方法可得:

粘度的零级近似值

$$\eta_{02} = \frac{\bar{d}_2^2 g \left( \frac{\rho_2}{18} - \frac{\rho_0}{18} \right)}{v_2 \left( 1 + \frac{2.4\bar{d}_2}{D} \right) \left( \frac{1.65\bar{d}_2}{h} + 1 \right)} = 0.71295 \text{ Pas}$$

雷诺数

$$Re_2 = \frac{\bar{d}_2 \bar{\rho}_0 v_2}{\eta_{02}} = 0.27659$$

$0.1 < Re_1 < 0.5$ ，进行一级修正：

粘度

$$\eta_{12} = -\frac{3\bar{d}_2 \bar{\rho}_0 v_2}{16} + \eta_{02} = 0.67597 \text{ Pas}$$

小球

同上述计算方法可得：

粘度的零级近似值

$$\eta_{03} = \frac{\bar{d}_3^2 g \left( \frac{\rho_3}{18} - \frac{\rho_0}{18} \right)}{v_3 \left( 1 + \frac{2.4\bar{d}_3}{D} \right) \left( \frac{1.65\bar{d}_3}{h} + 1 \right)} = 0.70751 \text{ Pas}$$

雷诺数

$$Re_3 = \frac{\bar{d}_3 \bar{\rho}_0 v_3}{\eta_{03}} = 0.1058$$

$0.1 < Re_1 < 0.5$ ，进行一级修正：

粘度

$$\eta_{13} = -\frac{3\bar{d}_3 \bar{\rho}_0 v_3}{16} + \eta_{03} = 0.69347 \text{ Pas}$$

思考题

1、本实验中可能引起误差的因素有哪些？

答：1. 小号球下落速度较慢，秒表测量通过匀速区时间时容易测不准引起误差。

2. 未等液面平静就释放小球，液面晃动得扰动可能引起实验误差。

3. 小球释放点离液面较高，导致小球在进入液面时有较大的初速度，引起实验误差。

4. 测量时没有让视线与液面刻度线齐平，导致读数误差较大。

2、设容器内 N1和 N2之间为匀速下降区，那么对于同样材质但直径较大的球，该区间也是匀速下降区吗？反过来呢？

答：根据斯托克斯公式可以得出，在同一液体中（粘度系数不变），体积越大的小球匀速下降区越长，由此得出，对于直径较大的球，该区间不是匀速下降区，反过来，对于

直径较小的球，该区间仍是匀速下降区。

**3、什么是雷诺系数？说明其物理意义，结合以上实验，分析其影响。**

答：流体的流动形态除了与流速有关外，还与管径、流体的粘度、流体的密度这3个因素有关。雷诺数物理上表示惯性力和粘性力量级的比，是一个用以判别粘性流体流动状态的无因次数群。在此实验中，雷诺数较小时，粘滞力对流场的影响大于惯性，流场中流速的扰动会因粘滞力而衰减，流体流动稳定，为层流；反之，若雷诺数较大时，惯性对流场的影响大于粘滞力，流体流动较不稳定，流速的微小变化容易发展、增强，形成紊乱、不规则的紊流流场。因此可以根据雷诺数对测算出的粘度系数进行修正。

**4、本实验所采用的测液体粘滞系数的方法是否对一切液体都适用？**

答：本实验采用的“落球法测粘度系数”并不对所有液体都适用，只适用于一些粘度系数较大的（半）透明液体，如蓖麻油、甘油、变压器油、机油等。