

下落法测粘性系数预习报告

郑晓旻

2024 年 5 月 23 日

目录

1	实验仪器	2
2	实验目的	2
3	实验原理	2
4	实验过程	2
4.1	测量小球的直径与密度	2
4.2	调整测试架	3
4.3	测量液体温度	3
4.4	测量小球的收尾速度	3
4.5	计算黏性系数	4

1 实验仪器

- DH4606 落球法液体粘滞系数测定仪
- 钢尺
- 螺旋测微器
- 电子天平
- 数字温度计

2 实验目的

1. 学习一些基本物理量的测量方法
2. 学习用落球法测量蓖麻油的黏性系数

3 实验原理

在流体（包括气体和液体）中，惯性和黏性是影响运动的两个主要因素。气体黏性的微观机制是不同速度的分子在相邻区域之间扩散，而在液体中，分子之间的作用力是产生黏性的主要原因。

斯托克斯定律（Stokes' Law）用于描述小球在流体中匀速运动时所受的黏性阻力。对于半径为 r 的球体在黏性系数为 η 的无限大流体中以速度 v 运动时，黏性阻力 F_D 为：

$$F_D = 6\pi\eta rv$$

当雷诺数 Re 很小时，斯托克斯定律适用。雷诺数的计算公式为：

$$Re = \frac{\rho dv}{\eta}$$

其中 ρ 为流体密度， d 为系统的特征尺度。

在落球法测量液体黏性系数实验中，小球在液体中下落时达到稳定速度 v_0 ，此时重力、浮力和黏性阻力平衡。由此可得黏性系数 η 的计算公式为：

$$\eta = \frac{(\rho_0 - \rho)d^2g - \frac{27}{8}\rho dv_0^2}{18v_0}$$

考虑容器尺寸的修正后，公式为：

$$\eta = \frac{(\rho_0 - \rho)d^2g - \frac{27}{8}\rho dv_0^2}{18v_0} \left(1 + 2.4\frac{d}{D}\right) \left(1 + 1.6\frac{d}{H}\right)$$

其中 D 为容器内径， H 为液柱高度。

4 实验过程

4.1 测量小球的直径与密度

使用螺旋测微器测量不少于 10 个小球的直径，计算平均直径并剔除异常值。使用电子天平测量小球的总质量，计算其平均密度。

具体步骤如下：

1. 使用螺旋测微器测量 10 个小球的直径，记录每个小球的直径值，剔除异常值后求取平均值。
2. 使用电子天平测量这 10 个小球的总质量，计算平均质量，进而计算小球的平均密度。

4.2 调整测试架

使用线锤调整测试架水平，使线锤对准底盘中心圆点。调节两个光电门发射端，使两激光束照在线锤线上，然后调节接收端，使激光正入射到接收器。用钢板尺测量上下激光束的距离 s 和液体深度 H ，用游标卡尺测量量筒内径 D 。

具体步骤如下：

1. 将线锤装在支撑横梁中间部位，调整测试架上的三个水平调节螺钉，使线锤对准底盘中心圆点。
2. 调节光电门发射端，使激光束照在线锤线上，然后收起线锤，调节接收端，使激光正入射到接收器。
3. 用钢尺测量上、下激光束之间的距离 s 以及液体的深度 H 。
4. 用游标卡尺测量量筒的内径 D 。

4.3 测量液体温度

使用数字温度计测量液体的初始温度和实验结束时的温度，取平均值作为实验温度。

具体步骤如下：

1. 在实验开始时，用数字温度计测量液体的初始温度，并记录。
2. 实验结束后，再次测量液体的温度，并记录。
3. 取两次测量值的平均值作为实验过程中液体的温度。

4.4 测量小球的收尾速度

多次测量（不少于 10 次）小球下落时间，计算平均时间 t 和收尾速度 $v_0 = \frac{s}{t}$ 。若小球下落路径偏离中线，用磁铁吸出小球并重新测量。

具体步骤如下：

1. 将小球从导管顶部释放，使其自由下落。
2. 使用计时器记录小球通过上下两个光电门的时间差。
3. 重复步骤 1 和 2，不少于 10 次，记录每次的时间差。
4. 计算这些时间差的平均值 t 。
5. 计算小球的收尾速度 $v_0 = \frac{s}{t}$ 。
6. 若小球下落路径偏离中线，导致光电门无法记录时间，用磁铁将小球吸出，擦拭干净后重新测量。

4.5 计算黏性系数

利用公式计算雷诺数 Re 和液体的黏性系数 η ，并与参考值比较。

具体步骤如下：

1. 根据实验测量数据和公式计算雷诺数 $Re = \frac{\rho d v_0}{\eta}$ 。

2. 根据公式计算液体的黏性系数 η ：

$$\eta = \frac{(\rho_0 - \rho)d^2g - \frac{27}{8}\rho d v_0^2}{18v_0} \left(1 + 2.4\frac{d}{D}\right) \left(1 + 1.6\frac{d}{H}\right)$$

3. 将计算结果与实验参考值进行比较，分析误差来源。