

班级 3118 学号 2023311803 姓名 邢俊原 教师签字 ✓
 实验日期 2024/11/22 预习成绩 总成绩

实验内容 液体黏度的测定

一 预习内容

实验指导书中提到, 在本实验中, 如果小钢球从蓖麻油液面处开始下落, 初速度为零, 最初是加速运动, 随着速度的增大, 其受到的黏滞力也将增大, 因此该过程是一个加速度越来越小的加速运动。但是实际操作时, 小钢球是从距离液面 h 高度开始下落的, 请分析一下, 小钢球进入蓖麻油之后, 是做加速运动还是减速运动? 设小钢球质量为 m , 直径为 d , 小球密度为 ρ , 蓖麻油密度为 ρ_0 , 黏滞系数为 η , 黏滞力由斯托克斯定律给出, 无需作修正, 忽略空气对小钢球的作用力。

球进入瞬间速度为 V .

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2$$

$$v = \sqrt{2gh}$$

球在匀速运动的速度为 V_0 有.

$$\begin{cases} V(\rho - \rho_0)g = 6\pi\eta rV_0 \\ V = \frac{4}{3}\pi r^2 \end{cases}$$

解得
$$V_0 = \frac{2}{9} \frac{r^2 g (\rho - \rho_0)}{\eta} = \frac{2}{9} \frac{g(\rho - \rho_0)}{\eta} \cdot \left(\frac{3m}{4\pi\rho}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$有 h' = \frac{2g}{81} \frac{(\rho - \rho_0)^2}{\eta^2} \cdot \left(\frac{3m}{4\pi\rho}\right)^{\frac{4}{3}}$$

当 $h > h'$ 做减速.

$h < h'$ 做加速

$h = h'$ 做匀速

二 实验现象及原始数据记录

螺旋测微器系统误差: -0.003 mm

小钢球编号	直径测量读数 $d(mm)$	蓖麻油温度 $T(^{\circ}C)$	小钢球下落时 间 $t(s)$
1	0.999	30	29.19
2	0.991	35	19.23
3	0.992	40	14.32
4	1.001	45	10.52
5	1.005	50	7.69
6	1.000	55	5.94

教师	姓名
签字	

三 数据处理

(利用测得的数据计算各温度下蓖麻油的黏度, 绘出黏度-温度关系曲线, 推导出 η 的相对不确定度公式, 然后计算某个温度下 η 的不确定度, 并完整表达测量结果, 要有详细的计算过程, 格式工整)

首先, η 的相对不确定度公式的推导如下:

$$S_D = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (d_i - \bar{d})^2}{n(n-1)}} = 0.002 \text{ mm}$$

$$u_1 = \frac{\Delta_{\text{仪}}}{c} = 0.006 \text{ mm}$$

$$u_d = \sqrt{S_D^2 + u_1^2} = 0.006 \text{ mm}$$

$$u_t = \frac{\Delta_{\text{仪}}}{c} = 0.2 \text{ s}$$

推导总不确定度:

$$\bar{\eta} = \frac{(\rho - \rho_0)gd^2t}{18L \cdot (1 + 2.4d/D)}$$

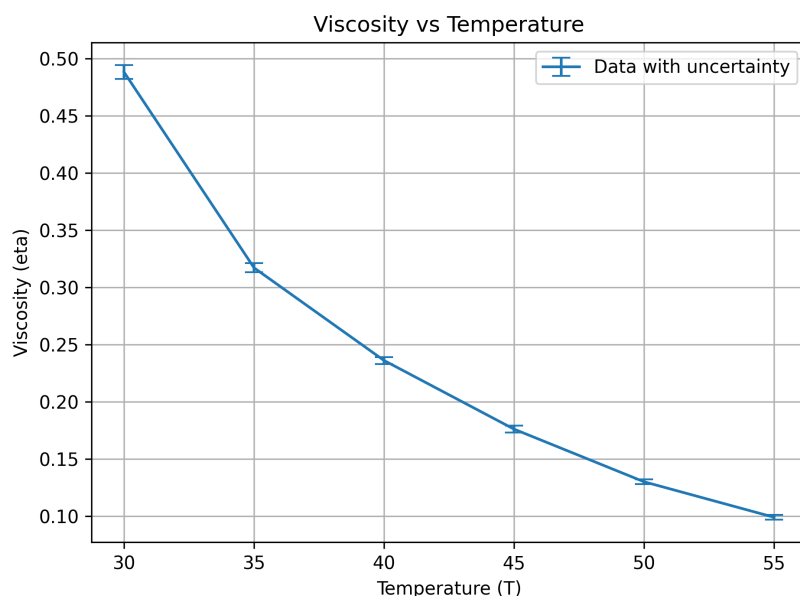
$$E_\eta = \sqrt{\left(\frac{\partial \ln \eta}{\partial t}\right)^2 u_t^2 + \left(\frac{\partial \ln \eta}{\partial d}\right)^2 u_d^2} = \sqrt{\frac{u_t^2}{t^2} + \left(\frac{2}{d} - \frac{2.4}{D + 2.4d}\right)^2 u_d^2}$$

$$u_\eta = E_\eta \cdot \bar{\eta}$$

经过计算得到如下数据: (置信概率 $P = 68.3\%$)

蓖麻油温度 $T(^{\circ}C)$	液体粘度 η (Pa·s)	u_η (Pa·s)	相对不确定度 E_η (%)
30	0.488	0.0060	1.23
35	0.317	0.0042	1.32
40	0.236	0.0034	1.43
45	0.176	0.0028	1.60
50	0.130	0.0025	1.90
55	0.099	0.0023	2.27

然后绘制了粘度-温度关系曲线如下:



四 实验结论及现象分析

计算结果显示,蓖麻油的黏度随着温度的升高而下降,这与实验现象相符合。在具体实验中,等待小球下落一段距离后才进行计时,在计时区间内下落观察到速度变化不大,近似为匀速运动。计算结果见上文。

五 讨论题

1 讨论本实验中出现实验误差的原因。

每一组实验中只计时一次,可能存在计时误差。其次,小球下落时无法完美处于中线下落,导致实验结果不准确。最后,实验中可能存在温度测量误差,导致实验结果不准确。

2 请解释为什么液体的黏度是随着温度上升而下降。

液体中的分子间距较小,彼此紧密排列。当温度升高时,分子的动能增加,促进了分子之间的流动,从而导致液体的黏度降低。

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?

实际观测到下落变慢,实验测量值会偏大;理论上:根据公式

$$\eta = \frac{(\rho - \rho_0)gd^2t}{18L \cdot (1 + 2.4d/D)}$$

相当于 D 偏大, η 偏大。

4 如果玻璃管是倾斜的,会对液体黏度的实验测量值有什么影响?

实际上观察到所需时间变短;理论上同样根据上式, L 偏小, η 偏大。