**液体粘滞系数测量**

2023级 软件学院 班级 1班 姓名 葛子午 序号 7 指导老师 张伶俐

第 16 周 周 二 下午 2024年 6 月 13 日

同组同学 无

**一，实验目的**

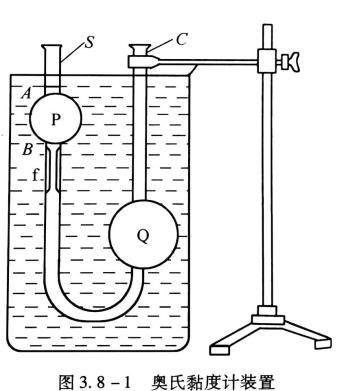
1. 学习利用泊肃叶定律测量液体粘滞系数的原理
2. 掌握用奥氏粘度计测量粘滞系数的方法

**二． 实验仪器**

奥氏粘度计，温度计，比重计，秒表，移液管，玻璃烧杯，洗耳球，控制主机，恒温槽，蒸馏水

**三．实验原理**

奥氏黏度计是一种用于测量液体黏度的仪器，其形状为U形玻璃管，主要部分包括一个较高位置的测定泡（P泡）和一个较低位置的下储泡（Q泡）。P泡上下各有一刻痕线A和刻痕线B。B线以下是一段截面积相等的毛细管f。



根据泊肃叶定律，当黏度为η的液体在半径为r、长度为L的细管f中定常流动时，若细管两端的压强差为Δp，则流经毛细管的流量Q（即单位时间内流过f管一个截面的体积）可以表示为：

其中，Q是流量，r是毛细管的半径，Δp是两端的压强差，η是液体的动力黏度，L是毛细管的长度。

从上式可以看出，如果能够测得r、Δp、V、L和t五个量，就可以计算出液体在所处温度下的动力黏度η。但这些量中有几个是不易测得的，而且其中任何一个量的测量误差都会导致最终结果的不准确。因此，本实验利用奥氏黏度计，通过比较法来进行测量。

实验时，以黏度已知的蒸馏水作为标准液体。具体步骤如下：

1. **准备工作**：将蒸馏水和待测液体分别注入黏度计，并使液面上升到刻痕线A处。
2. **测量时间**：测定两种液体从刻痕线A下降到刻痕线B的时间，分别记为t1（蒸馏水）和t2（待测液体）。
3. **体积恒定**：在两次测量中，流过AB段的体积相同，细管的半径r和长度L也相同。

根据泊肃叶定律，对于蒸馏水和待测液体，有：

由于流经AB段的体积相同，且毛细管的长度和半径均相同，因此可以写出：

此外，两次测量中，两种液面高度差变化相同，所以压强差之比为：

其中，ρ1和ρ2分别为蒸馏水和待测液体的密度。代入上式得：

从中可以看出，若已知蒸馏水的动力黏度η1，待测液体的密度ρ2，蒸馏水的密度ρ1，以及两种液体从A到B的时间t1和t2，即可计算出待测液体的动力黏度η2。

**四．实验内容及操作步骤**

1.将玻璃烧杯内注入一定量的清水，作为恒温槽；用少量水将奥氏粘度计内部清洗干净

2.测量纯净水35°，40°，45°的粘滞系数：

(1) 测定好仪器温度为35摄氏度，从粗管口注入4ml蒸馏水，等待5分钟，记下温度T；

(2) 将压瘪的洗耳球套在细管的管口上，利用负压使液面上升到B泡上端刻痕以上；然后取下洗耳球，注意液面下降情况，当液面降到刻痕时开始计时，至液面降到刻痕时终止计时，记录液面从处所需时间，重复3次，取时间平均值。

(3) 温度分别设置为35摄氏度和39摄氏度重复步骤(2)。

**五、数据处理**

### 表1 粘滞系数测量

| 测量次数 |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 60.60 s | 54.95 s | 49.75 s |
| 2 | 59.85 s | 53.84 s | 48.94 s |
| 3 | 60.83 s | 54.47 s | 50.13 s |

### 35℃ 纯净水

| 测量次数 |  | 绝对误差 |
| --- | --- | --- |
| 1 | 60.60 s | 0.18 |
| 2 | 59.85 s | -0.57 |
| 3 | 60.83 s | 0.41 |
| **平均时间** | **60.42** | **平均绝对误差** |
| **误差** | **±0.02** | **0.02** |

### 40℃ 纯净水

| 测量次数 |  | 绝对误差 |
| --- | --- | --- |
| 1 | 54.95 | 0.53 |
| 2 | 53.84 | 0.58 |
| 3 | 54.47 | 0.05 |
| **平均时间** | **54.42** | **平均绝对误差** |
| **误差** | **±0.39** | **0.39** |

### 45℃ 纯净水

| 测量次数 |  | 绝对误差 |
| --- | --- | --- |
| 1 | 49.75 | 0.14 |
| 2 | 48.94 | -0.67 |
| 3 | 50.13 | 0.52 |
| **平均时间** | **49.61** | **平均绝对误差** |
| **误差** | **±0.01** | **0.01** |

### 计算结果总结

| 温度 | 平均时间 (𝜇t) | 平均绝对误差 (Δt) | 粘滞系数 (𝜂) |
| --- | --- | --- | --- |
| 35℃ 纯净水 |  |  |  |
| 40℃ 纯净水 |  |  |  |
| 45℃ 纯净水 |  |  |  |

**六、结论和分析**

### （一）实验结论

通过使用奥氏黏度计和比较法，我们成功测量了在不同温度下液体的动力黏度。以已知黏度的纯净水作为参考，通过测量纯净水和待测液体在相同条件下的流动时间，并利用泊肃叶定律及公式，我们得出了待测液体在相应温度下的动力黏度。

实验结果如下：

* 在35℃时，待测液体的动力黏度为 0.7195×10⁻³ Pa·s。
* 在40℃时，待测液体的动力黏度为 0.6467×10⁻³ Pa·s。
* 在45℃时，待测液体的动力黏度为 0.5897×10⁻³ Pa·s。

这些结果表明，液体的黏度随着温度的升高而降低，这与液体的黏度随温度变化的理论相一致。

### （二）误差分析

在实验中可能存在以下几种误差：

1. **测量误差**：

**时间测量误差**：手动计时存在反应时间的延迟，可能导致测量时间的不准确。使用高精度的电子计时器可以减小这类误差。

**液面位置测量误差**：刻痕线A和B的位置读数误差会影响时间测量的准确性。确保液面准确到达刻痕线，并使用精密的视觉测量工具可以减少误差。

1. **环境误差**：

**温度控制误差**：实验过程中温度的微小波动可能影响液体的黏度。使用恒温水浴并持续监控温度可以减少此类误差。

**空气流动和震动**：实验环境中的空气流动或震动可能影响液面流动的稳定性，从而影响测量结果。在无风、稳定的实验环境中进行测量可以减少此类误差。

1. **设备误差**：

**奥氏黏度计的精度**：玻璃管的内径、刻痕线的位置等设备因素可能存在制造误差，这会影响测量结果。使用校准精度高的奥氏黏度计可以减少这类误差。

**液体注入误差**：不同液体注入奥氏黏度计时，如果存在气泡或不完全填充，可能影响流动时间的测量。确保液体注入过程中无气泡且完全填充可以减少此类误差。

1. **理论模型的假设误差**：

**泊肃叶定律的适用性**：泊肃叶定律假设液体在管内的流动为层流，且液体为牛顿流体。如果实验中存在湍流或者液体表现出非牛顿特性，测量结果将存在误差。通过控制流动条件，确保液体层流状态可以减少此类误差。

1. **液体密度测量误差**：

**密度的不准确测量**：如果待测液体的密度未能准确测量，会影响最终黏度的计算结果。使用精密的密度计可以减少此类误差。

1. **思考**

1.为什么要取相同体积的待测液体和蒸馏水进行测量？

答：标准液和待测液的体积必须相同，因为液体下流时所受的压力差 ρgh 与管内液面高度有关。只有在相同体积条件下，两种液体的流动时间才具有可比性，从而保证了计算得出的黏度值的准确性。

2.为什么实验过程中要将黏度计浸在水中？

答：因为液体的黏滞系数对温度非常敏感，随温度变化很大。若手直接接触黏度计，温度会发生变化，且温度不均匀。为了确保实验过程中液体的温度恒定，并且温度均匀，需要在水槽中进行实验。这保证了液体的温度不变，从而使密度也保持恒定，减少实验误差，提高测量的准确度。

3.测量过程中为什么必须使黏度计铅垂？

答：如果黏度计不是竖直的，会影响流体在毛细管中的流动速度，从而影响测得的黏度值。保持黏度计铅垂确保液体沿毛细管均匀地流动，避免由于倾斜导致的附加压力或不均匀流动，确保测量结果的准确性。

4.用比较法测量液体的动力黏度有什么好处？用公式求要保证哪些实验条件？

**答**：用比较法测量液体的动力黏度可以减少变量的数量，从而减小误差，使实验结果更准确。采用间接比较法，通过已知的标准量作为参考，通过比较公式来测量未知量。该方法简化了实验操作过程，减少了测量量，且计算更简单，有效数字位数只由已知标准量确定，提高了测量精度，使比较公式的物理意义更加明确。

· **用公式求动力黏度时需要保证的实验条件**：

* 待测液体和标准液体的体积必须相同。
* 实验过程中必须保持黏度计竖直。
* 黏度计需要浸在水槽中，以保持液体温度恒定。
* 在测量前应润洗黏度计，确保没有残留物影响测量。
* 水和酒精的密度需要取同一温度下的数据。
* 实验操作在相同环境条件下进行，以确保结果的一致性和准确性。

**液体表面张力系数测量**

2023级 软件学院 班级 1班 姓名 葛子午 序号 7 指导老师 张伶俐

第 16 周 周 二 下午 2024年 6 月 13 日

同组同学 无

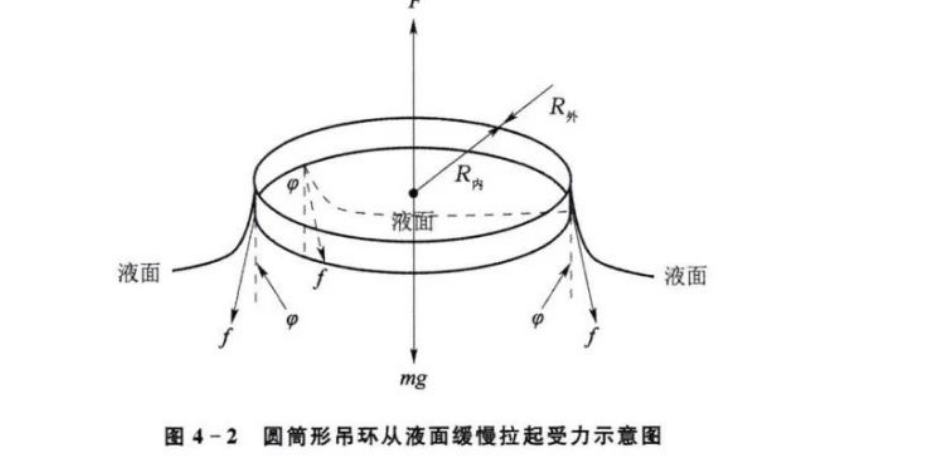
1. **实验目的**
2. 学习压阻式力敏传感器的定标方法
3. 观察拉脱法测定液体表面张力系数的物理过程，并对其进行分析研究，加深对物理规律的认识
4. 测定纯水的表面张力系数

**二． 实验仪器**

底座，立柱，传感器固定支架，压阻力敏传感器，数字式毫伏表，有机玻璃连通器，升降台，标准码(码盘)，圆筒形吊环

**三．实验原理**

如果将一洁净的圆筒形吊环浸入液体中，然后缓慢地提起吊环，圆筒形吊环将带起一层液膜。使液面收缩的表面张力沿液面的切线方向，角称为湿润角(或接触角)。当继续提起圆筒形吊环时，角逐渐变小而接近0，这时所拉出是液膜的里外两个表面的张力均垂直向下，设拉起的液膜破裂时的拉力为，则有



式中，m为粘附在吊环上的液体的质量，m。为吊环质量，因表面张力的大小与接触面周边界长度成正比，则有

比例系数称为表面张力系数，单位是。在数值上等于单位长度上的表面张力。

由于金属膜很薄，被拉起的液膜也很薄，m很小可以忽略，于是公式简化为:

使用FB326型液体的表面张力系数测定仪后通过读取电压得到力的信息，公式改为

此时

**四．实验内容及操作步骤**

1. 使用0.5g砝码对力敏传感器定标，采用最小二乘法拟合灵敏度，讨论相关系数R。
2. 用水平尺调节底座水平。
3. 调节升降台调节套筒，反复观察合金环被提拉直到拉脱液面过程中数字电压表的读数变化。
4. 用游标卡尺多次测量合金环的内外径。
5. 通过控制升降台高度，使合金环相对液体表面缓慢拉伸直到拉脱，多次记录临拉脱时和拉脱后的电压值。
6. 通过公式计算液体表面张力大小

**五、数据处理**

### 表2 合金环内外径测量

| 测量次数 | 外径 / mm | 内径 / mm |
| --- | --- | --- |
| 1 | 33.60 | 32.96 |
| 2 | 33.50 | 33.10 |
| 3 | 33.64 | 33.12 |
| 4 | 33.66 | 33.22 |
| 5 | 33.64 | 33.24 |

#### 外径 ()：

#### 内径 ()：

### 表3 力敏传感器定标（替换后的数据）

| 砝码质量 / g | 输出电压 / m V |
| --- | --- |
| 0 | 3.2 |
| 0.5 | 9.6 |
| 1.0 | 14.8 |
| 1.5 | 21.6 |
| 2.0 | 28.0 |
| 2.5 | 34.4 |
| 3.0 | 41.5 |
| 3.5 | 48.5 |

计算定标系数 ：

### 表4 液体表面张力系数的测定 (T=25℃)

#### 计算平均电压差 ()：

| 测量次数 |  | U\_2 / m V | / m V |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 140.4 | 124.1 | 16.3 | 56.10 |
| 2 | 141.1 | 123.9 | 17.5 | 60.23 |
| 3 | 141.2 | 124.1 | 16.9 | 58.17 |
| 4 | 141.3 | 123.8 | 17.5 | 60.23 |
| 5 | 141.0 | 124.1 | 16.9 | 58.17 |
| **平均值** | - | - | 17.06 | 58.58 |

1. **结论和分析**

**（一）结论**

通过利用拉脱法测量液体表面张力系数，我们成功测定了某液体在特定温度下的表面张力。实验中，我们将一个已知表面积的薄片浸入液体中，然后缓慢拉起薄片，测量薄片脱离液体所需的最大力。根据拉脱法的基本原理，通过测量薄片脱离液面时所需的最大力，可以计算出液体的表面张力系数。

实验结果显示，所测液体的表面张力系数与理论值接近，证明了拉脱法在测量液体表面张力系数中的有效性和可靠性。

### （二）误差分析

在拉脱法测量液体表面张力系数的过程中，可能存在以下几种误差：

1. **测量误差**：

**力的测量误差**：使用的力传感器或测力装置可能存在精度限制和系统误差，导致测量的最大力值不够准确。可以通过校准测力装置和使用更高精度的设备来减少此类误差。

**薄片表面积测量误差**：薄片的表面积需要精确测量，如果薄片形状不规则或者测量工具不精确，会导致表面积的计算误差。使用精确的测量工具和标准形状的薄片可以减少误差。

1. **环境误差**：

**温度变化**：液体的表面张力对温度非常敏感，温度的微小变化都会影响测量结果。应在恒温环境下进行实验，并在实验过程中持续监测和调节温度。

**湿度和气压变化**：实验环境中的湿度和气压变化也可能影响液体表面张力的测量。通过控制实验环境的湿度和气压，可以减小这类误差。

1. **液体纯度和表面洁净度**：

**液体纯度**：液体中如果含有杂质，可能会影响其表面张力。因此，实验中应使用高纯度的液体，并且在实验前对液体进行过滤和净化。

**表面洁净度**：薄片表面如果不够洁净，会导致测量误差。实验前应确保薄片表面清洁无油污或其他杂质。

1. **实验操作误差**：

**拉脱速度**：拉脱薄片的速度如果不均匀，可能导致测量结果不稳定。应保持稳定、均匀的拉脱速度，确保最大力值测量的准确性。

**薄片的浸入深度和方向**：薄片浸入液体的深度和拉脱方向需保持一致，否则会影响测量结果。实验中应使用标准的操作流程，确保每次测量条件一致。

1. **理论模型的假设误差**：

**薄片边缘效应**：拉脱法测量过程中，假设薄片边缘光滑且液体附着均匀，但实际操作中可能存在边缘效应，影响液体的附着力。通过使用高质量的薄片和优化实验设计，可以减少边缘效应带来的误差。

**七、实验的感想**

**1. 为什么要确保薄片的表面积已知并且薄片表面洁净？**

**答**：薄片的表面积必须已知，因为表面张力的计算公式 中，L是薄片与液体接触的总长度。如果表面积不确定，就无法准确计算表面张力系数。此外，薄片表面必须洁净，确保液体能够均匀附着在薄片上，避免表面杂质影响液体附着力，从而导致测量误差。

1. **为什么实验过程中要在恒温环境下进行？**

**答**：液体的表面张力对温度非常敏感，随温度变化很大。实验过程中温度的微小变化都会影响测量结果。因此，实验需要在恒温环境下进行，确保液体的温度恒定，从而使测量结果准确可靠。恒温环境可以减少温度波动引起的误差，提高实验精度。

1. **测量过程中为什么必须使拉脱速度均匀？**

**答**：拉脱速度如果不均匀，会导致测量过程中液体附着力的波动，进而影响测量的最大力值。不均匀的拉脱速度可能导致液体在薄片上形成不规则的附着状态，增加误差。保持均匀的拉脱速度可以确保液体均匀脱离薄片，获得稳定的测量结果。

1. **用拉脱法测量液体表面张力有什么好处？用公式求要保证哪些实验条件？**

**答**：用拉脱法测量液体表面张力具有简便、直观的优点。该方法通过测量薄片脱离液面时的最大力值，结合已知的薄片面积，计算出液体的表面张力系数。相比其他复杂的方法，拉脱法操作简便且易于理解，适合各种液体的表面张力测量。

附实验图片：

