

# 拉脱法测量液体的表面张力系数预习报告

郑晓旻

2024 年 5 月 30 日

## 目录

1	实验目的	2
2	实验仪器	2
3	实验原理	2
4	实验过程	2
4.1	准备工作	2
4.2	标定力传感器	3
4.3	测量表面张力系数	3
4.4	重复测量	3
5	注意事项	3
6	预习思考题	3
6.1	举出生活中一些由表面张力引起的物理现象	3
6.2	查阅资料，说明一种有别于拉脱法的测量表面张力系数的方法的原理	4
7	拓展问题	4

## 1 实验目的

1. 掌握拉脱法测量液体表面张力系数的原理和方法。
2. 学习微力传感器的标定方法。

## 2 实验仪器

- 液体表面张力系数测量实验仪
- 数字示波器
- 试样品（去离子水）
- 微力传感器及标定设备

## 3 实验原理

液体分子存在短程的相互吸引力。在液体内部，分子所受吸引力来自不同方向，平均值为零。但在液体表面，分子所受吸引力只来自液体内部，导致表面有向内收缩的趋势，宏观上造成表面张力现象。定义表面张力系数为：

$$\sigma = \frac{f}{L} \quad (1)$$

其中， $\sigma$  的量纲为 N/m，物理意义为液体增加单位表面积所需的能量。

实验采用拉脱法测量液体的表面张力系数。将金属吊环浸没于液体中并缓慢拉起，记录环上的拉力。在液膜破裂瞬间，拉力突然减小，差值  $\Delta f$  为液膜的拉力，即：

$$\Delta f = \sigma \pi (D_1 + D_2) \quad (2)$$

式中  $D_1$ 、 $D_2$  分别为吊环的外径和内径。液体表面张力系数为：

$$\sigma = \frac{\Delta f}{\pi(D_1 + D_2)} \quad (3)$$

实际操作中，使用微力传感器测量拉力，输出电压与拉力的关系为线性关系：

$$U_k = a + b f_k \quad (4)$$

标定后，液体表面张力系数可通过电压变化  $\Delta U$  计算得出：

$$\sigma = \frac{\Delta U}{\pi(D_1 + D_2)b} \quad (5)$$

## 4 实验过程

### 4.1 准备工作

1. 连接各部件，测量吊环内外直径，清洗玻璃盘和吊环。
2. 给水箱装置加水，验证水量足够。

## 4.2 标定力传感器

1. 将吊环挂在力传感器钩上，转至容器外部，减少晃动后传感器输出电压逐渐平稳。
2. 用镊子安放砝码对传感器进行定标，记录数据并作直线拟合，得到传感器的灵敏度  $b$ 。

## 4.3 测量表面张力系数

1. 将待测液体倒入玻璃盘中，小心放入塑料容盘中，并一起放入水箱上室。
2. 将力传感器转至容器内，挂上吊环，轻触吊环减小晃动。
3. 关闭阀门，反复挤压气囊使上室内水面上升，当吊环下沿均与待测液体接触时，松开阀门，使水面缓慢下降。
4. 观察吊环从液体中拉起的物理过程，示波器观察传感器输出的变化趋势。
5. 在液膜破裂，传感器输出发生突变后，按下示波器“STOP”按钮，测量突变前后的电压值  $U_1, U_2$ ，计算电压差  $\Delta U$ ，根据标定系数换算拉力。

## 4.4 重复测量

1. 为提高测量结果准确度，至少测量 3 次，估算结果的不确定度。
2. 验证力传感器的稳定性，实验结束前再测量一次传感器的灵敏度。

# 5 注意事项

1. 实验前吊环需严格处理干净。
2. 仪器开机预热 5 分钟。
3. 手指不要接触被测液体。
4. 力敏传感器使用时用力不宜大于 0.1N。
5. 液体上升有一定惯性，打气速度不可过快，以免产生测量误差。

# 6 预习思考题

## 6.1 举出生活中一些由表面张力引起的物理现象

- 水珠在荷叶上形成滚动的小球。
- 昆虫（如水黾）在水面上行走。
- 肥皂泡的形成和保持形状。
- 毛细现象，如毛细管中液体的上升或下降。

## 6.2 查阅资料，说明一种有别于拉脱法的测量表面张力系数的方法的原理

另一种测量表面张力的方法是毛细管上升法。该方法基于毛细现象，将细管插入液体中，液体在管中上升，直到液体的表面张力与重力达到平衡。通过测量液柱的高度  $h$  和毛细管的半径  $r$ ，表面张力  $\sigma$  可通过以下公式计算：

$$\sigma = \frac{h\rho gr}{2} \quad (6)$$

其中， $\rho$  是液体密度， $g$  是重力加速度。

## 7 拓展问题

在液膜拉断之前，如果测出吊环在不同上升高度的变化曲线，可以用来计算液体的表面张力系数。具体来说，吊环在不同高度时的拉力变化可以反映液膜的形变和受力情况，通过对这些数据进行分析，可以间接计算表面张力。