

拉脱法测量液体的表面张力系数实验报告

郑晓旻

2024 年 6 月 7 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	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， σ 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 Δf 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 ΔU 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。测量吊环内外直径结果为： $D_1 = 0.03290(m)$ $D_2 = 0.03492(m)$

$D_1(\text{mm})$	$D_2(\text{mm})$
32.92	34.94
32.88	34.92
32.9	34.92

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，记录数据记录得到的原始数据如下：

n	U(v)	m(g)	$g(m/s^2)$	f(N)
0	1.122	0.5	9.8	0
1	1.383	0.5	9.8	0.0049
2	1.64	0.5	9.8	0.0098
3	1.903	0.5	9.8	0.0147
4	2.166	0.5	9.8	0.0196
5	2.424	0.5	9.8	0.0245
6	2.686	0.5	9.8	0.0294
7	2.949	0.5	9.8	0.0343

3. 根据记录得到的数据对 $U = a + b \cdot f$ 直线拟合，得到传感器的灵敏度 b 。
4. 拟合结果为： $a = 1.121(V)$; $b = 53.207(V/N)$; $r^2 > 0.999$

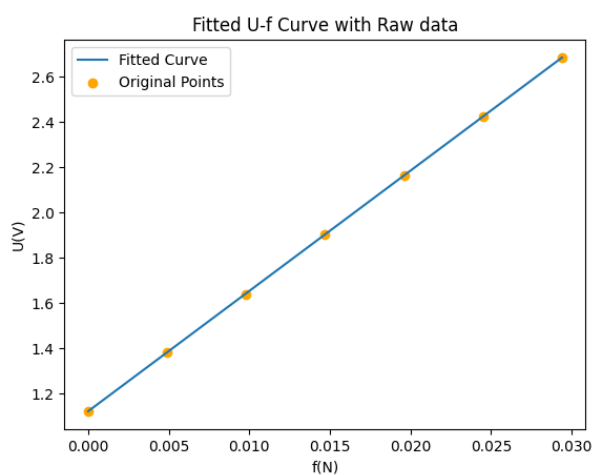


图 1: 力传感器标定曲线

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 ΔU ，根据标定系数换算拉力。
6. 多次测量得到 $\Delta U = 0.8231(V)$

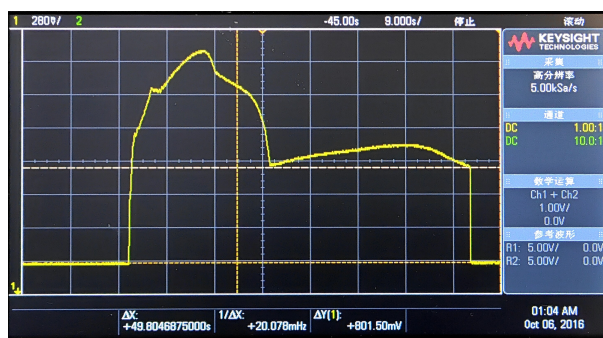


图 2: 拉脱法测量表面张力系数电压曲线

7. 计算得到表面张力系数 $\sigma = 0.0725(N/m)$