

1 实验内容

1.1 预热

开机预热 15 min。

1.2 硅压阻力敏传感器定标

在加砝码前应将数字电压表调零，将砝码盘挂在力敏传感器的挂勾上，安放砝码时应尽量轻。在力敏传感器上分别加不同质量的砝码，测出相应的电压值。

1.3 测量纯水和乙醇的表面张力系数

1. 用游标卡尺测量吊环外径 D_1 和内径 D_2 ，然后将吊环挂在力敏传感器的挂钩上。
2. 在玻璃器皿中放入并安放在升降台上（玻璃器皿底部可用双面胶与升降台面贴紧固定）。
3. 观察液体产生浮力与张力的情况与现象，逆时针转动升降台螺丝时页面上升，当吊环下沿部分均浸入液体中时，改为顺时针转动该螺丝，这时液面下降（或者说相对吊环往上提拉），观察吊环浸入液体中及从液体中拉起时的物理过程和现象
4. 记录铝合金吊环即将拉脱页面时数字电表的读数 U_1 和拉断时数字电压表的读数 U_2 。重复测五次。
5. 记录数据后，将吊环取下，在氢氧化钠溶液中浸泡 10 到 20 秒，取出后把吊环轻放在卫生纸上。
6. 在玻璃器皿中放入乙醇，其余操作与测量水的液体表面张力时相同。

2 原始数据

表 1: 吊环外径和内径的测量数据

测量次数	1	2	3	4	5	平均值
吊环外径 D_1/cm	3.482	3.478	3.482	3.480	3.482	3.4808
吊环内径 D_2/cm	3.312	3.316	3.316	3.314	3.316	3.3148

表 2: 力敏传感器测不同质量砝码相应电压的测量数据

砝码质量 /g	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
电压 U' /mV	0	14.3	28.8	43.2	58.3	72.3	86.5	101.3
电压 U'' /mV	0	14.4	29.0	43.3	58.4	72.3	86.5	101.5
平均电压 /mV	0	14.35	28.9	43.25	58.35	72.3	86.5	101.4
电压差值 /mV	0	14.35	14.55	14.85	15.1	14.95	14.2	14.9

表 3: 测定纯水的液体表面张力系数的测量数据

测量次数	1	2	3	4	5
拉脱前瞬间 U_1/mV	36.5	36.5	36.6	36.6	36.6
拉断后 U_2/mV	-5.2	-5.1	-5.1	-5.0	-5.1
电压差 $\Delta U/mV$	41.7	41.6	41.7	41.6	41.7

表 4: 测定乙醇的液体表面张力系数的测量数据

测量次数	1	2	3	4	5
拉脱前瞬间 U_1/mV	10.3	10.3	10.2	10.3	10.3
拉断后 U_2/mV	-4.7	-4.6	-4.7	-4.7	-4.6
电压差 $\Delta U/mV$	15.0	14.9	14.9	15.0	14.9

3 数据处理

3.1 最小二乘法拟合力敏传感器的灵敏度 k

一. 求取平均砝码质量以及砝码质量平方均值

考虑从第加入第一个砝码直到第七个砝码的数据进行最小二乘拟合

$$\begin{aligned}\bar{m} &= \frac{\sum_{i=1}^7 m_i}{7} = \frac{0.5 + \cdots + 3.5}{7} g = 2.0 g \\ \overline{m^2} &= \frac{\sum_{i=1}^7 m_i^2}{7} = \frac{0.5^2 + \cdots + 3.5^2}{7} g^2 = 5.0 g^2\end{aligned}$$

二. 求取平均电压值

$$\bar{U} = \frac{\sum_{i=1}^7 U_i}{7} = \frac{14.35 + 28.9 + \cdots + 101.4}{7} mV = 57.864 mV$$

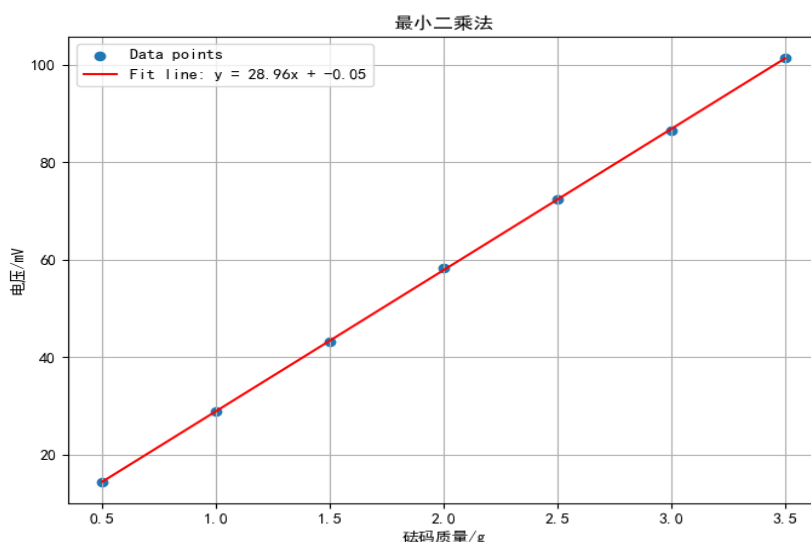
三. 求取砝码质量以及电压乘积平均值

$$\overline{mU} = \frac{\sum_{i=1}^7 m_i U_i}{7} = \frac{0.5 \times 14.35 + \cdots + 3.5 \times 101.4}{7} g \cdot mV = 144.686 g \cdot mV$$

四. 运用最小二乘法拟合灵敏度

已知长春当地重力加速度约为 $9.8048 N/kg$, 带入最小二乘法的一次项系数的最佳拟合公式求得灵敏度 k

$$k = \frac{1}{g} \frac{\sum_{i=1}^7 (m_i - \bar{m})(U_i - \bar{U})}{\sum_{i=1}^7 (m_i - \bar{m})^2} = \frac{1}{g} \frac{\bar{m}\bar{U} - \overline{mU}}{\bar{m}^2 - \overline{m^2}} = \frac{1}{9.8048} \times \frac{2.0 \times 57.864 - 144.686}{4.0 - 5.0} V/N = 2.9535 V/N$$



3.2 测定纯水的液体表面张力以及表面张力系数

根据表 3 中数据 U_1 、 U_2 、 ΔU ，带入公式

$$F = \frac{U_1 - U_2}{k} = \frac{\Delta U}{k}$$

$$\alpha = \frac{F}{\pi(D_1 + D_2)}$$

其中 $(D_1 + D_2) = 6.7956 \times 10^{-3} m$ 可得到纯水的液体表面张力及表面张力系数如下表

表 5: 纯水的液体表面张力系数的测量数据

测量次数	1	2	3	4	5	平均值
表面张力 F/N	14.21	14.08	14.21	14.08	14.21	14.158
表面张力系数 $\alpha \ 10^{-3} N/m$	66.56	65.95	66.56	65.95	66.56	66.31

其中在实验过程中的室温约为 $22^\circ C$ 。纯水在 $22^\circ C$ 条件下的标准液体表面张力系数为 $\alpha_{real} = 72.44 \times 10^{-3} N/m$

与标准值的绝对误差为 $\Delta\alpha = 72.44 - 66.31 N/m = 6.13 \times 10^{-3} N/m$

相对误差为 $E = \frac{\Delta\alpha}{\alpha_{real}} \times 100\% = 8.46\%$

3.3 测定乙醇的液体表面张力和液体表面张力系数

同 §3.2 中求纯水的表面张力和表面张力系数方法一致。结合表 4 中数据 U_1 、 U_2 、 ΔU 可得到与表类似的数据表格

其中在实验过程中的室温约为 $22^\circ C$ 。乙醇在 $22^\circ C$ 条件下的标准液体表面张力系数为 $\alpha_{real} = 22.23 \times 10^{-3} N/m$

与标准值的误差为 $\Delta\alpha = 23.68 - 22.23 N/m = 1.45 \times 10^{-3} N/m$

表 6: 乙醇的液体表面张力系数的测量数据

测量次数	1	2	3	4	5	平均值
表面张力 F/N	5.08	5.04	5.04	5.08	5.04	5.056
表面张力系数 $\alpha \ 10^{-3} N/m$	23.80	23.61	23.61	23.80	23.61	23.68

$$\text{相对误差为 } E = \frac{\Delta\alpha}{\alpha_{real}} \times 100\% = 6.52\%$$

4 结果讨论

22°C 时纯水和乙醇的测定数据相对误差分别为 8.46% 和 6.52%。二者误差均偏大，可能是由于测量吊环时读数误差偏大，从而导致拟合系数 k 偏大，从而导致整体相对误差偏大；也有可能是水体遭到污染。

5 思考题

- 一. 液体表面张力系数与液体的纯净度/杂质含量有关，与温度有关、与表面活性剂添加的剂量有关
- 二. 常见测量方法有毛细管上升法、挂环法、威廉米平板法、旋转滴法、悬滴法等