

液体表面张力系数的测定物理实验报告

袁子强 2025533009

2025 年 11 月 28 日

1 圆环内外径 D_1 与 D_2 的测定

| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $D_1 (10^{-3} \text{ m})$ | 35.16 | 35.12 | 35.10 | 34.90 | 35.02 |
| $D_2 (10^{-3} \text{ m})$ | 32.96 | 32.90 | 33.08 | 33.04 | 32.86 |

求 \bar{D} , 以及 $\sigma_{\bar{D}}$ 。

外径 D_1 的数据处理

$$\text{平均值 } \bar{D}_1 = 35.06 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\text{标准偏差 } \sigma_{\bar{D}_1} = 0.0460 \times 10^{-3} \text{ m}$$

使用拉依达准则 (3σ 准则) 进行判断, 所有数据点均未超过 3 倍标准偏差, 因此无需剔除任何数据。

计算不确定度 U_{D_1}

$$U_{D_1} = \sigma_{\bar{D}_1} = 0.0460 \times 10^{-3} \text{ m}$$

内径 D_2 的数据处理

$$\text{平均值 } \bar{D}_2 = 32.97 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\text{标准偏差 } \sigma_{\bar{D}_2} = 0.0413 \times 10^{-3} \text{ m}$$

使用拉依达准则 (3σ 准则) 进行判断, 所有数据点均未超过 3 倍标准偏差, 因此无需剔除任何数据。

计算不确定度 U_{D_2}

$$U_{D_2} = \sigma_{\overline{D_2}} = 0.0413 \times 10^{-3} \text{ m}$$

综上，

$$\overline{D_1} = (35.06 \pm 0.05) \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\overline{D_2} = (32.97 \pm 0.04) \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\overline{D} = \overline{D_1} + \overline{D_2} = 68.03 \times 10^{-3} \text{ m}$$

1.1 误差分析

系统误差

1. 仪器固有误差；
2. 圆环几何缺陷。

随机误差

1. 估读误差；
2. 由于圆环可能存在几何缺陷，在不同方位测量时获得略有差异的直径值；
3. 金属圆环的热胀冷缩可能引起微小尺寸变化；
4. 游标卡尺夹紧力不一致可能导致微小形变。

2 力敏传感器定标， $U = B \cdot f$ 。

定标时 $f = mg$ ，上海地区 $g = 9.794 \text{ N/kg}$ 。

| | | | | | | | |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 砝码质量 m (10^{-3} kg) | 0.500 | 1.000 | 1.500 | 2.000 | 2.500 | 3.000 | 3.500 |
| 电压 U (10^{-3} V) | 15.8 | 29.5 | 48.2 | 64.2 | 80.1 | 95.9 | 111.3 |

作 $U - f$ 拟合直线，求 B 。

计算拉力 f

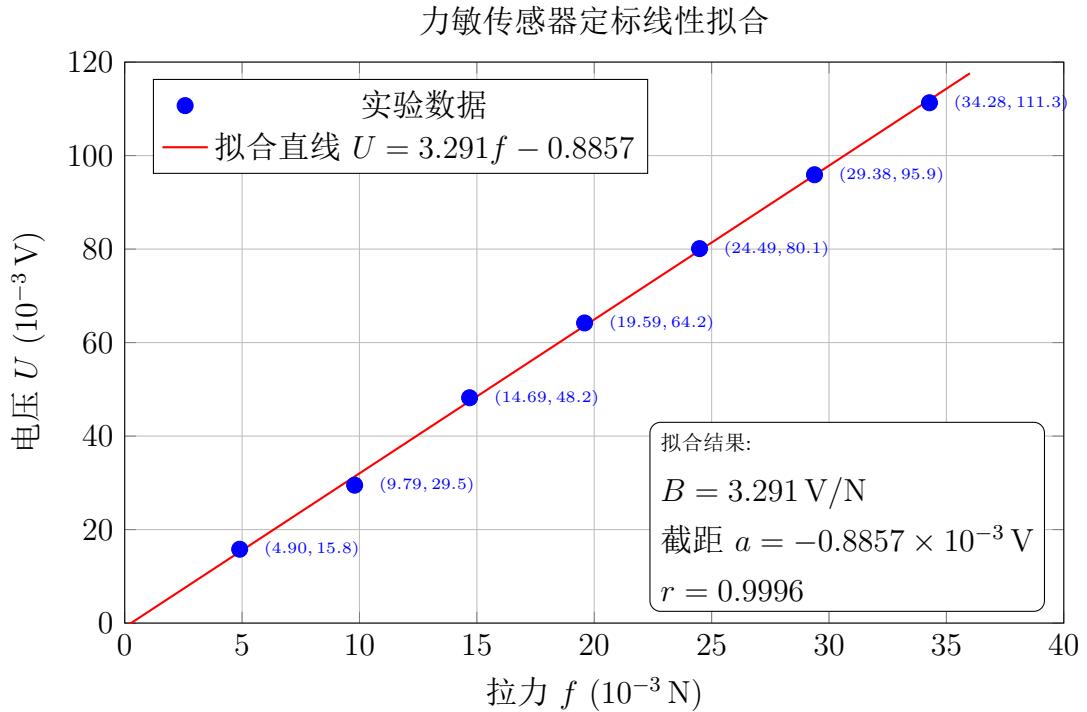
| | $f = m \cdot g$ | | | | | | |
|--------------------------|-----------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $m (10^{-3} \text{ kg})$ | 0.500 | 1.000 | 1.500 | 2.000 | 2.500 | 3.000 | 3.500 |
| $f (10^{-3} \text{ N})$ | 4.897 | 9.794 | 14.691 | 19.588 | 24.485 | 29.382 | 34.279 |
| $U (10^{-3} \text{ V})$ | 15.8 | 29.5 | 48.2 | 64.2 | 80.1 | 95.9 | 111.3 |

线性拟合计算

$$y = ax + b$$

$$U = 3.291f - 0.8857, r = 0.9996$$

$$\therefore B = 3.291 \text{ V/N}$$



2.1 误差分析

系统误差

1. 力敏传感器非线性，可能存在零位漂移；
2. 砝码盘悬挂系统存在微小摩擦。

随机误差

1. 电压读数波动明显；
2. 多次取放砝码可能引入微小质量变化（我把砝码掉水里了）；
3. 实验室温度变化影响传感器稳定；
4. 实验台微小振动、砝码盘摇晃导致电压读数不稳定；
5. 周围电器设备（如操作手机、平板电脑）可能对微弱电压信号产生干扰。

3 ΔU 的测定，求出 α

| 测量次数 | $U_1/(10^{-3} \text{ V})$ | $U_2/(10^{-3} \text{ V})$ | $\Delta U/(10^{-3} \text{ V})$ | $\alpha = \frac{\Delta U}{B\pi D}$ |
|------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| 1 | 29.4 | -17.0 | 46.4 | 0.06596 |
| 2 | 29.0 | -17.0 | 46.0 | 0.06540 |
| 3 | 29.3 | -17.0 | 46.3 | 0.06582 |
| 4 | 29.3 | -17.1 | 46.4 | 0.06596 |
| 5 | 28.5 | -17.2 | 45.7 | 0.06497 |
| 6 | 28.5 | -17.3 | 45.8 | 0.06511 |

根据理论公式，求出 α 。

$$\text{平均值 } \bar{\alpha} = 0.0655 \text{ N/m}$$

$$\text{标准偏差 } \sigma_{\bar{\alpha}} = 17.89 \times 10^{-3} \text{ N/m}$$

计算不确定度 U_{α}

$$U_{\alpha} = \sigma_{\bar{\alpha}} = 0.1789 \times 10^{-3} \text{ N/m}$$

综上， $\bar{\alpha} = (0.0655 \pm 0.00018) \text{ N/m}$

3.1 误差分析

系统误差

1. 使用公式基于理想假设，未完全考虑圆环浸入液体部分的浮力效应，且实际液膜形状可能偏离理论模型；
2. 各种测量误差会传递；

3. 圆环边缘可能不够锋利，影响液膜断裂行为；
4. 圆环表面可能存在微小污染物，改变液体的润湿特性；
5. 我接的是实验室的自来水而非纯水。

随机误差

1. 拉脱点判断存在主观性；
2. 手动控制升降，拉脱速度不一致；
3. 圆环圆环未完全水平放置；
4. 实验过程中液体表面可能受到微小扰动，影响表面张力的稳定性和拉脱过程的重复性；
5. 实验室温度变化影响水的表面张力系数；
6. 多次测量过程中，水中可能溶解空气中的杂质或油脂，改变表面张力；
7. 多次测量导致水量微小变化，影响液面状态。