

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 \overline{D} , 以及 $\sigma_{\overline{D}}$ 。

外径 D_1 的数据处理

$$\text{平均值 } \overline{D_1} = 35.06 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\text{标准偏差 } \sigma_{\overline{D_1}} = 0.0460 \times 10^{-3} \text{ m}$$

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}

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

内径 D_2 的数据处理

$$\text{平均值 } \overline{D_2} = 32.97 \times 10^{-3} \text{ m}$$

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

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

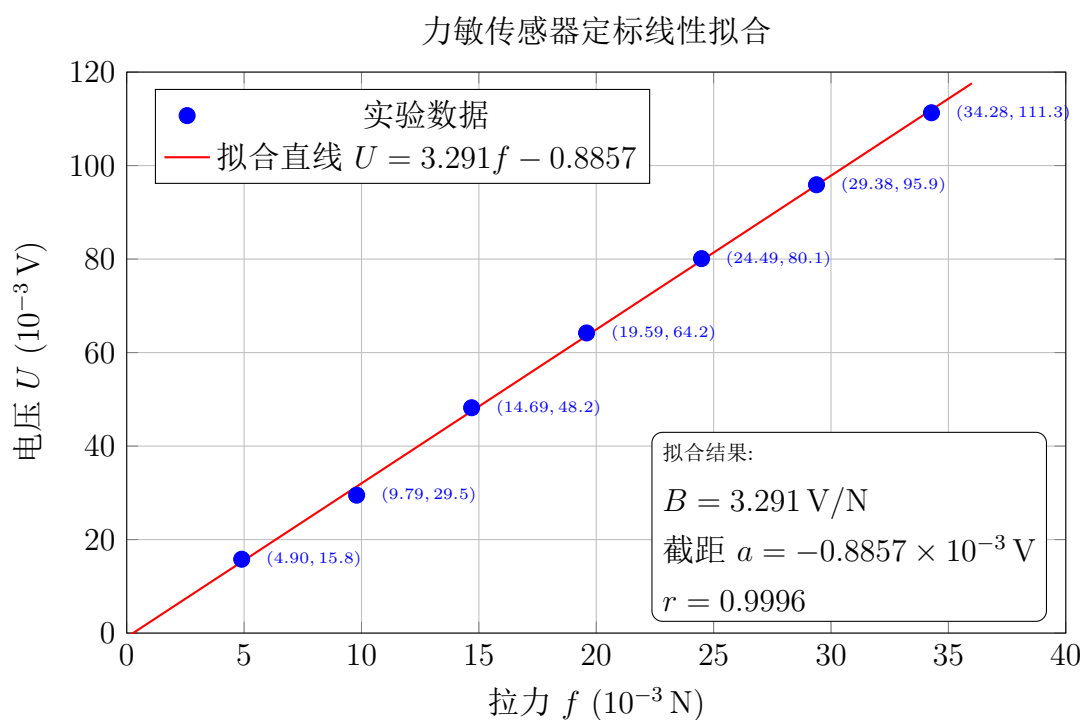
	$f = m \cdot g$						
m (10^{-3} kg)	0.500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	3.500
f (10^{-3} N)	4.897	9.794	14.691	19.588	24.485	29.382	34.279
U (10^{-3} V)	15.8	29.5	48.2	64.2	80.1	95.9	111.3

线性拟合计算

$$y = ax + b$$

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

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



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。