

浙 江 大 学

物 理 实 验 报 告

实验名称：环状法测量液体表面张力

指导教师：蔡寿福

信 箱 号：

专 业：统计学

班 级：统计1401

姓 名：崔尔佳

学 号：3140104692

实验日期：10 月 8 日 星期四 上/√下/午

【实验目的】

1. 了解液体表面的性质
2. 了解扭力计测定表面张力系数的原理和方法
3. 了解测定水的表面张力与温度之间的函数关系

【实验原理】（电学、光学画出原理图）

液体表面张力产生于表面分子之间的相互作用。处于液体表层以下的分子由于受到各方向来的引力和斥力，总体呈相互抵消的态势，因而总合力为零。但液体表面的分子受到合力不为零，于是在液体表层形成一个分子引力场，使表面分子有进入液体内部的收缩趋势，即表面张力，表面张力的方向与液面相切，并与液面任何两部分分界线垂直， $F_{\text{拉}} = \sigma \cdot l$

本实验采用环状法测量，即将内半径为 r 的圆环浸没于盛水容器中，圆环上部用线连接到扭力计左臂，当容器里的水慢慢吸出，圆环逐渐暴露出水面，直到圆环上的液体膜被撕破时，读取此时扭力计上的刻度数。

若沿圆环周长任取一小段 dl ，由受力分析，得：

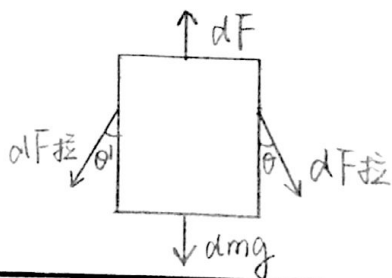
$dF = dm \cdot g + 2dF_{\text{拉}} \cdot \cos\theta$ ，其中 $dF_{\text{拉}} = \sigma \cdot dl$ ， dm 为小段质量， θ 很小，故 $\cos\theta \approx 1$ ，则 $dF = dm \cdot g + 2dF_{\text{拉}}$ ，因此，整个圆环受力：

$$F = \int dm \cdot g + \int 2dF_{\text{拉}} = mg + 2\sigma \int dl = mg + \sigma \cdot 4\pi r$$

所以 $\sigma = \frac{F - mg}{4\pi r}$

由于扭力计已作了重力补偿，所以 $\sigma = \frac{F'}{4\pi r}$ ， F' 为扭力计读数。

因为实验采用的圆环壁厚度薄，被它排出的液体重量可忽略不计，所以测得的表面张力系数不需修正。



【实验内容】（重点说明）

1. 用丝线将环系在扭力测力计的左臂。
2. 将扭力测力计读数盘的读数置零,并调节读数盘后面的旋钮,使测力计的力臂位于两个标记之间的白色区域内。
3. 将被测液体小心地倒入干净的、容量为900ml的烧杯内,并将环完全浸没。
4. 将温度计插入烧杯内,调至 0.1°C 档,打开加热器,在液体升温过程中不断用磁力搅拌器搅拌。
5. 温度接近测量温度时,关闭加热器,利用余温加热。
6. 温度达到测量温度时,关闭搅拌器。慢慢打开放水管开关让液体流到旁边的烧杯中,降低液面。
7. 在液体流出的同时沿顺时针调整扭力计,使其力臂始终位于两个标记之间的白色区域内。直到液体膜撕破停止,读数并记录液体温度值。
8. 记录实验数据,参考上述步骤进行下一温度测量,间隔 $5\sim 7^{\circ}\text{C}$ 测量一次,测量范围一般在 $20\sim 90^{\circ}\text{C}$,在origin8.0中作图处理数据,作出 σ -T曲线,与给出的 σ -T曲线进行对比分析。

【实验器材及注意事项】

实验器材:

烧杯、加热器、扭力测力计、温度计、导管、铁架台

注意事项:

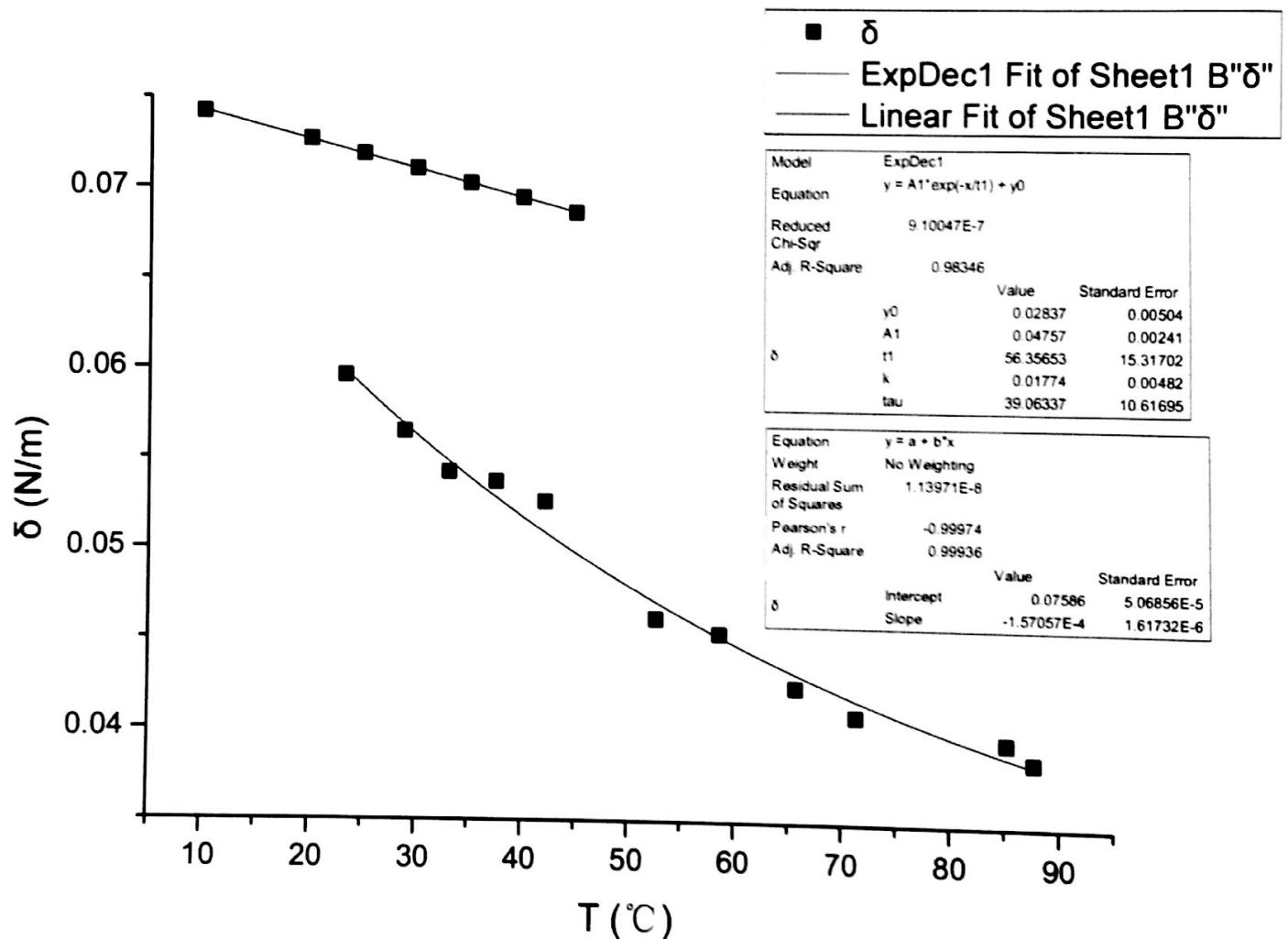
1. 加热器电源做完实验后要关闭
2. 温度计电源做完后要关闭
3. 容器中水要放净
4. 补偿钮复位(扭丝展平)
5. 打开加热器后温度较高,须防止烫伤
6. 要减少容器震动
7. 测量时扭力计沿顺时针旋转,使其力臂始终在白色区域内
8. 扭力计调零时,需沿逆时针旋转,直至指示为零。

【数据处理与结果】

在对数据处理的过程中,发现记录的第6组数据和第11组数据存在较大误差,故将其排除。根据公式 $\delta = \frac{F'}{4\pi r}$ 计算得到的结果如下:
(只取有效的11组数据,保留三位有效数字)

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				
液体温度 $T/^{\circ}\text{C}$	23.3	28.9	33.1	37.6	42.2	52.7	58.7	65.8	71.4	85.3	87.8				
扭力计上刻度值/mN	7.36	6.98	6.69	6.63	6.50	5.61	5.59	5.23	5.05	4.89	4.76				
表面张力系数 $\delta/10^{-3}\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$	59.6	56.5	54.2	53.7	52.6	46.1	45.3	42.4	40.9	39.6	38.6				

在 origin 8.0 上作出测得数据满足的 δ - T 曲线,并和实验前已给出的水在不同温度下表面张力系数曲线对比,经拟合后得到的结果如下:(蓝线为水给出的 δ - T 曲线,红线为实验测得的 δ - T 曲线)



由图可知,在温度一定时,实验测得的 δ 值比理论上 δ 值小很多,使得实验测得的 δ - T 曲线在理论上的 δ - T 曲线下方。同时,拟合后的实验测定 δ - T 满足双曲线形状,而理论所得的 δ - T 图像为一条直线。

由于实验采用的圆环壁较薄,所以测得 δ 值不需修正,即为最终结果。

【误差分析】

1. 实验所用水的水质与纯水有较大不同, 使测出的 σ 明显偏小, 存在系统误差。
2. 在旋转扭力测力计进行测量的过程中由于排水管流速快难以确定水膜破裂的具体位置, 存在随机误差, 可通过测量多组数据绘制曲线来解决, 同时应减少排水管流速。
3. 关闭加热器后, 在测量一组数据的时候不能维持温度不变, 存在系统误差。
4. 存在两组异常数据, 应为测量错误导致粗大误差, 故将其剔除。

【实验心得及思考题】

实验心得:

1. 在测量的过程中, 保持容器内的水量处在合适的位置, 既不过少, 又不过满能够保证实验高效的进行。
2. 从室温开始加热, 取大概每间隔 5°C 测量多组数据, 能够有效剔除异常数据, 提升准确性。
3. 小组两人共同完成实验, 明确分工、互相帮助能够显著加快实验进行速度, 提高效率。

思考题:

1. 在圆环上提水膜即将破裂时 $F = mg + F_{\text{拉}}$, 若过早读数, 则 $F' < mg + F_{\text{拉}}$, 由于 $\sigma = \frac{F'}{4\pi r}$, 故得到的 σ 值比实际值小。
2. 圆环或玻璃容器不清洁, 在上提水膜的过程中附有额外的拉力, 使测得的 $F' > F_{\text{实}}$, 故 σ 值偏大。

【数据记录及草表】

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8
液体温度 $T/^\circ\text{C}$	23.3	28.9	33.1	37.6	42.2	48.3	52.7	58.7
扭力测力计上刻度值/ mN	7.36	6.98	6.69	6.63	6.50	5.51	5.69	5.59
表面张力系数 $\sigma/10^{-3} \text{N}\cdot\text{m}^{-1}$	59.6	56.5	54.2	53.7	52.6	44.7	46.1	45.3

9	10	11	12	13
65.8	71.4	77.1	85.3	87.8
5.23	5.05	4.78	4.89	4.76
42.4	40.9	38.7	39.6	38.6

教师签字：

蔡