

实验目的

- (1) 学习传感器的定标方法。
- (2) 观察拉脱法测液体表面张力的物理现象, 加深对物理规律的认识。
- (3) 测量室温下纯水和其他液体的表面张力系数。

实验原理

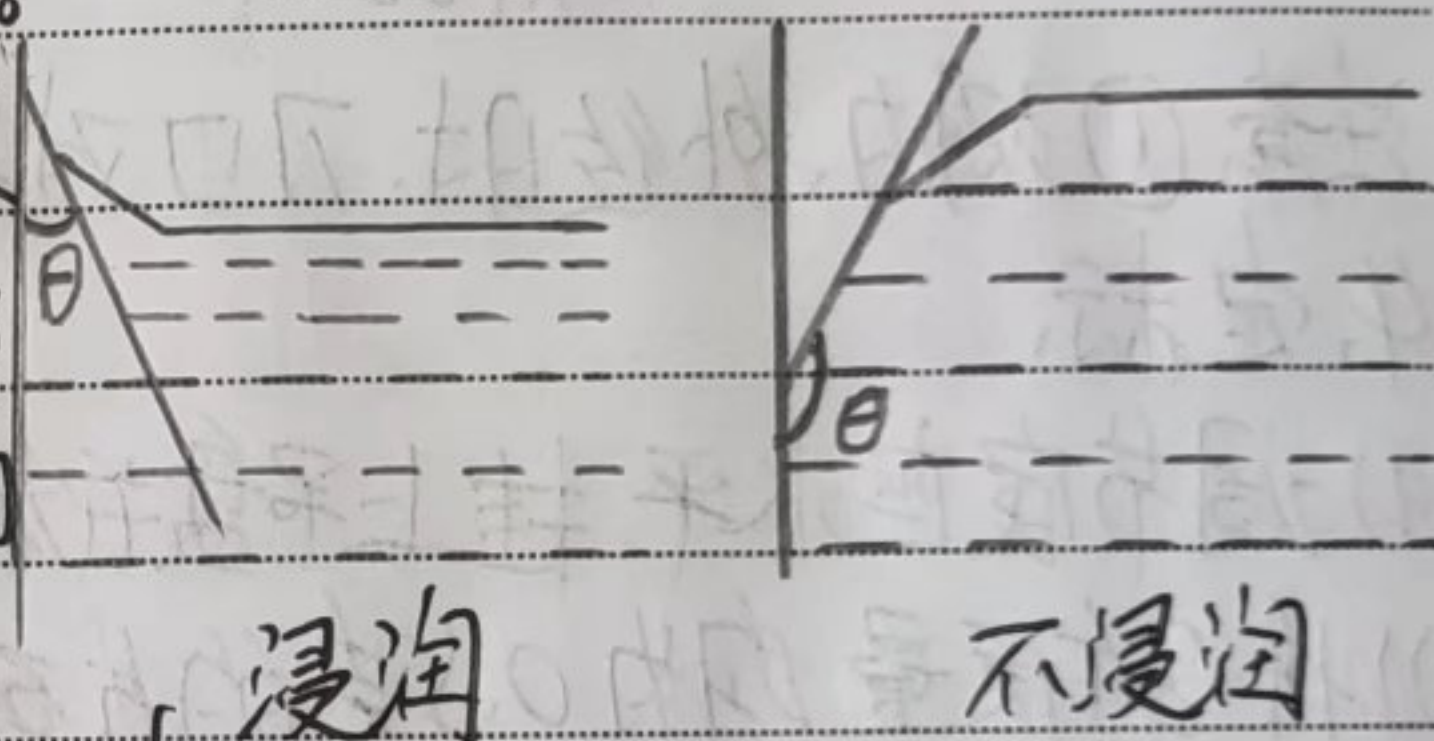
1. 液体表面张力

(1) 液体表面层内的分子, 其上层空间的分子对它的吸引力小于液体内部的分子对它的吸引力, 所以该分子所受合力不为零, 其合力方向垂直指向液体内部, 结果导致液体表面具有收缩的趋势, 这种收缩力称为表面张力。



(表面张力原理)

(2) 当液体与固体接触时, 若固体和液体分子间的吸引力大于液体分子间的吸引力, 液体就会沿固体表面扩张, 形成薄膜附着在固体上, 这种现象称为浸润。反之不浸润, 称为液体与固体之间的接触角。



(3) 表面张力系数: $f = f_1 = f_2 = \alpha \Rightarrow \alpha = \frac{f}{L}$

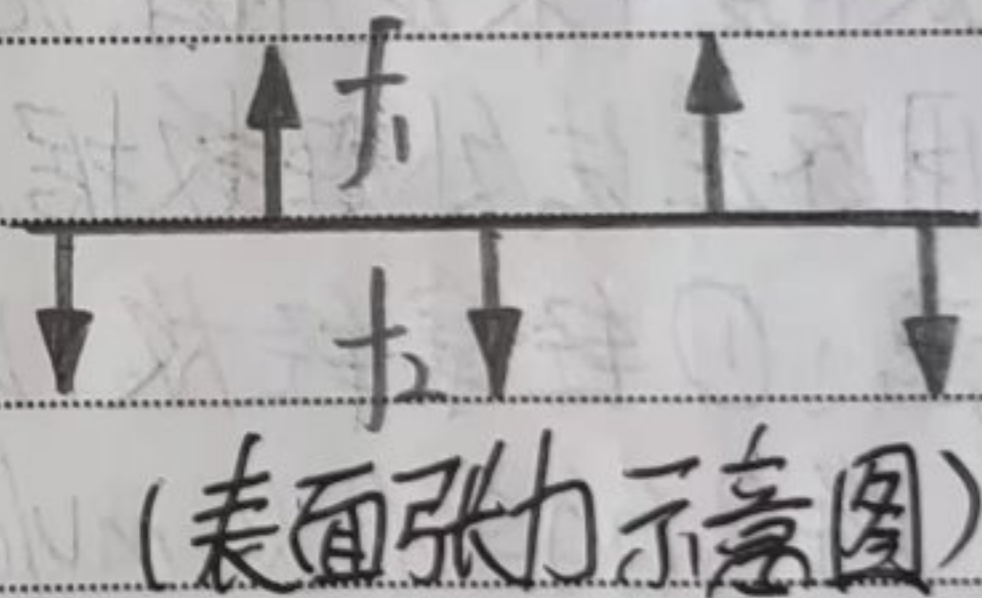
2. 拉脱法测表面张力系数

水膜破裂前: $F_1 = G + f$

水膜破裂后: $F_2 = G$

表面张力: $f = F_1 - G = F_1 - F_2$

表面张力系数: $\alpha = \frac{f}{L} = \frac{F_1 - F_2}{\pi(D_1 + D_2)}$



(表面张力示意图)

3. 力敏传感器

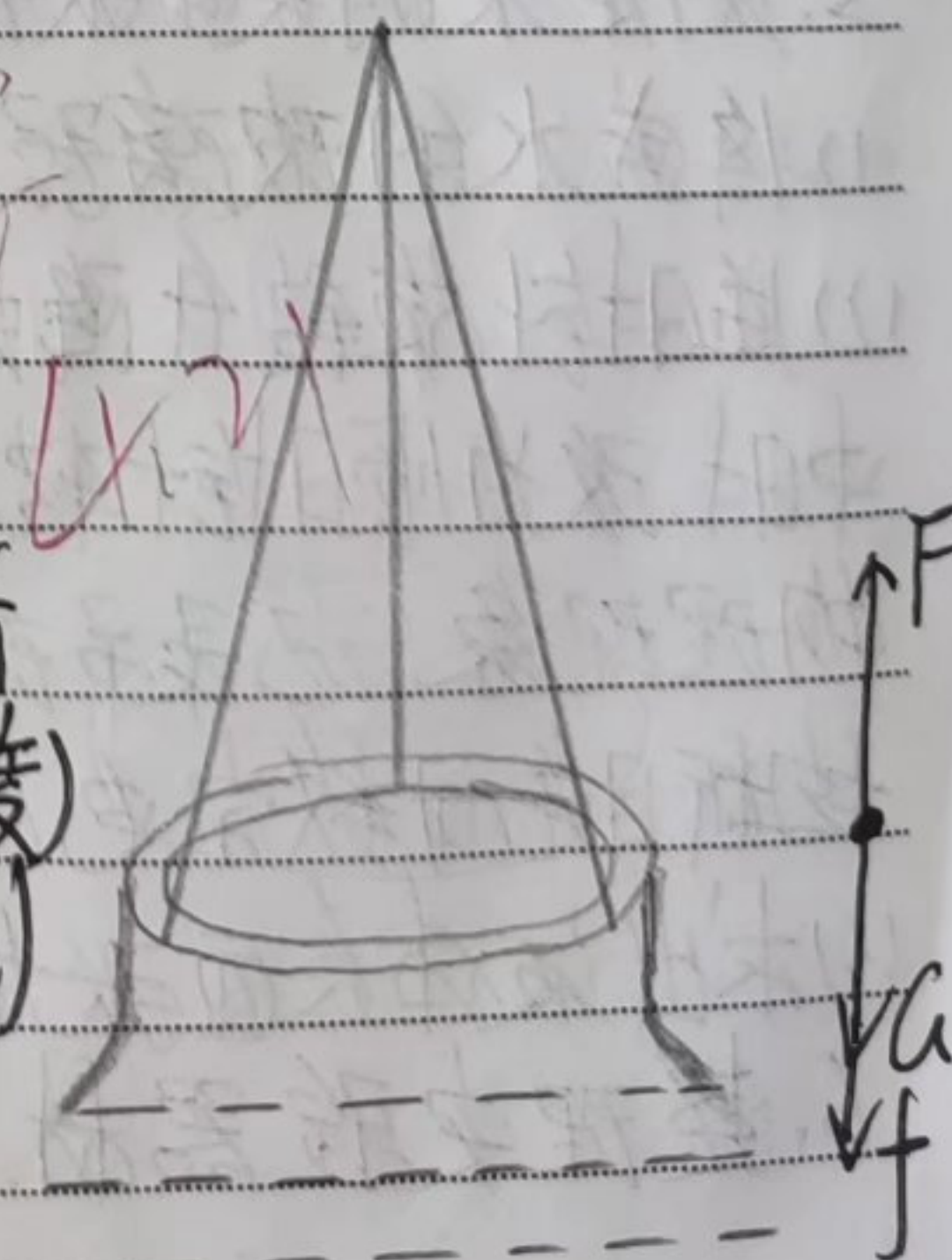
当力敏传感器为 ΔF 时, 数字电压表的示数改变量为 ΔU 则有

$$\Delta F = \frac{\Delta U}{B} \quad (B \text{ 表示力敏传感器的灵敏度})$$

因此只测水膜破裂前后传感器输出电压之差, 就能得到

压力之差: $f = F_1 - F_2 = \frac{U_1 - U_2}{B}$

\Rightarrow 表面张力系数: $\alpha = \frac{(U_1 - U_2)}{\pi(D_1 + D_2)B}$



(拉脱法原理图)

实验仪器

液体表面张力系数测定仪 DH4607A

DH4607A 液体表面张力系数测定仪

游标卡尺

实验步骤与数据记录

1. 开机预热 15 min.

2. 清洗玻璃器皿

3. 用游标卡尺测吊环的内径各三次 将数据填入下表

测量次数	D_1 (外)	\bar{D}_1	D_2 (内)	\bar{D}_2	(单位: cm)
1	3.492		3.310		
2	3.490	3.490	3.314	3.312	
3	3.488		3.312		

注意: ①测内、外径时, 刀口对准直径. ②转动吊环, 测不同位置的内、外径

4. 定标

1) 调节底座水平, 挂上吊盘并调节水平, 对电压表清零.

2) 将 8 个质量均为 0.5 克的片码依次放入吊盘中, 分别记下电压表的读数, 再依次从吊盘中取走片码, 记下电压表数据.

3) 用逐差法处理数据, 求力敏传感器的灵敏度.

注意: ①轻拿轻放, 以免拉断吊钩. ②待系统稳定后读数. ③处理数据时, 将 B 的单位从 $mV/0.5g$ 转换为 V/N .

5. 测定水的表面张力系数.

1) 将盛水的玻璃器皿放在平台上, 将吊环调节水平, 并对电压表清零.

2) 逆时针旋转升降螺钉使玻璃器皿中液面上升, 当环下沿部分浸入液体中时, 改为顺时针转动螺母, 观察环浸入液体中及从液体中拉起时的物理现象, 记录吊环拉断液柱的前一瞬间数字电压表的读数 U_1 , 拉断瞬间数字电压表的读数 U_2 , 重复测量 6 次并记录实验数据.

3) 求出液体表面张力并与标准值比较 ($T = 25^\circ C$ 时, $\alpha = 7.2 \times 10^{-2} N/m$)

6. 整理实验器材, 并放回原处.

实验数据处理

测定力敏传感器的灵敏度

测量次数	砝码质量/g	增重时读数 U/mV	减重时读数 U/mV	平均值 \bar{U} /mV
1	0.000	$U_0 = 0.6$	$U'_0 = 0.3$	0.45
2	0.500	$U_1 = 16.3$	$U'_1 = 16.2$	16.25
3	1.000	$U_2 = 32.4$	$U'_2 = 31.6$	32
4	1.500	$U_3 = 48.7$	$U'_3 = 47.9$	48.3
5	2.000	$U_4 = 65.3$	$U'_4 = 63.6$	64.45
6	2.500	$U_5 = 85.5$	$U'_5 = 79.2$	82.35
7	3.000	$U_6 = 100.1$	$U'_6 = 95.1$	97.6
8	3.500	$U_7 = 115.6$	$U'_7 = 100.2$	112.9

$$\Delta U = \frac{(U_1 - U_0) + (U_6 - U_2) + (U_5 - U_1) + (U_4 - U_0)}{4 \times 4} = \frac{66.9 + 67.7 + 69.2 + 64.7}{4 \times 4} = 16.78125$$

$$B = \frac{\Delta U}{F} = \frac{16.78 \times 10^{-3}}{0.5 \times 10^{-3} \times 10} = 3.356$$

测定水的表面张力系数

测量次数	U_1 /mV	U_2 /mV	ΔU /mV	$\bar{\Delta U}$ /mV	\bar{f} /N	$\bar{\gamma}$ (N/m)
1	48.4	-0.9	49.3	49.9	1.487	6.96
2	48.8	-0.6	49.4			
3	49.2	-0.5	49.7			
4	49.7	-0.7	50.4			
5	49.7	-0.6	50.3			
6	49.8	-0.5	50.3			

$$\bar{\Delta U} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \Delta U_i = \frac{1}{6} (49.3 + 49.4 + 49.7 + 50.4 + 50.3 + 50.3) = 49.9 \text{ mV}$$

$$\bar{f} = \frac{\bar{\Delta U}}{B} = \frac{49.9 \times 10^{-3}}{3.356} = 1.487 \times 10^{-2} \text{ N}$$

$$\bar{\gamma} = \frac{\bar{f}}{\pi(D_1 + D_2)} = \frac{1.487 \times 10^{-2}}{3.14(3.49 + 3.312) \times 10^{-2}} = 6.96 \times 10^{-2} \text{ N/m}$$

$$\text{相对误差} = \frac{\text{绝对误差}}{\text{真值}} \times 100\% = \frac{7.2 \times 10^{-2} - 6.96 \times 10^{-2}}{6.96 \times 10^{-2}} \times 100\% = 3.45\%$$

实验结论

- (1) 测得水表面张力系数为 $6.96 \times 10^{-2} \text{ N/m}$.
- (2) 实验时需保持金属环清洁, 不然会导致实验结果有误差.
- (3) 表面张力系数的大小与液体的温度、浓度、~~本~~种类以及界面处两相物质的性质有关.

实验讨论

注意事项:

- (1) 保证测量环境的清洁, 每次实验前要用酒精擦拭玻璃器皿和吊环, 并且用蒸馏水冲洗干净, 用热吹风烘干, 使用过程中防止灰尘油污或其他污染, 特别注意手指不要接触被测液体.
- (2) 数字电压表需开机预热 15 min , 需待电压表输出稳定后再读数.
- (3) 吊环水平要尽量调节好.
- (4) 力敏传感器使用时力不宜过大, 过大的拉力会使传感器损坏.
- (5) 调节升降台时, 防止操作台受震动, 尽量使液体波动最小.
- (6) 测量内、外径时, 刀口对准直径.
- (7) 数据处理时, 将 B 的单位从 mV/0.5g 转换成 V/N .

误差分析:

- (1) 所测液体不纯, 引起系统误差.
保持盛水玻璃器皿的清洁, 尽量使用蒸馏水进行试验.
- (2) 升降台转动时液面存在波动.
旋转大螺母使液面下降时, 可以缓慢旋转, 避免水的晃动.
- (3) 测量内、外径时存在误差.
测量吊环内、外径时, 可以选择不同径向, 多次测量, 取平均值.

思考题

(1) 如果金属环不清洁会给测量带来什么影响? 所测得的表面张力系数会偏大还是偏小?

会使表面张力系数的测量值偏小。因为表面张力与水的纯净度有关, 水越纯净, 就越接近其真实的表面张力。若不清洁对生成的薄膜会造成一定影响, 试验中拉断液体高度也会改变从而影响实验结果。

(2) 分析水膜即将拉断前数字电压表读数减小的原因。

随着小环的继续升高, 它拉起液体的越来越高, 它拉起的水柱也越来越陡, 液体纷纷滑下来, 故数字电压表读数减小。

(3) 还可以用哪些方法对力敏传感器灵敏度的实验数据进行处理?

① 数据排列法 ② 频率分析法 ③ 图表分析法

原始记录

测定力敏传感器的灵敏度

测量次数	砝码质量/g	增重时读数 U/mV	减重时读数 U'/mV	平均值
1	0.000	$U_0 = 0.6$	$U'_0 = 0.3$	0.45
2	0.500	$U_1 = 16.3$	$U'_1 = 16.2$	16.25
3	1.000	$U_2 = 32.4$	$U'_2 = 31.6$	32
4	1.500	$U_3 = 48.7$	$U'_3 = 47.9$	48.3
5	2.000	$U_4 = 65.3$	$U'_4 = 63.6$	64.45
6	2.500	$U_5 = 85.5$	$U'_5 = 79.2$	82.35
7	3.000	$U_6 = 100.1$	$U'_6 = 95.1$	97.6
8	3.500	$U_7 = 115.6$	$U'_7 = 110.2$	112.9

测定吊环内、外径

测量次数

被测量

	D_1	\bar{D}_1	D_2	\bar{D}_2
1	3.492		3.310	
2	3.490	3.49	3.314	3.312
3	3.488		3.312	

测定水的表面张力系数

测量次数

U_1/mV

U_2/mV

ΔU

1	48.4	-0.9	49.3
2	48.8	-0.6	49.4
3	49.2	-0.5	49.7
4	49.7	-0.7	50.4
5	49.7	-0.6	50.3
6	49.8	-0.5	50.3

$$\Delta U = (U_7 - U_0) + (U_6 - U_1) + (U_5 - U_2) + (U_4 - U_3) = 66.9 + 67.7 + 69.2 + 64.7 = 268.5$$

$$B = \frac{\Delta U}{F} = \frac{268.5 \times 10^{-3}}{0.5 \times 10^{-2} \times 10} = 3.356$$