



液体表面张力系数的测定

理学院物理实验中心

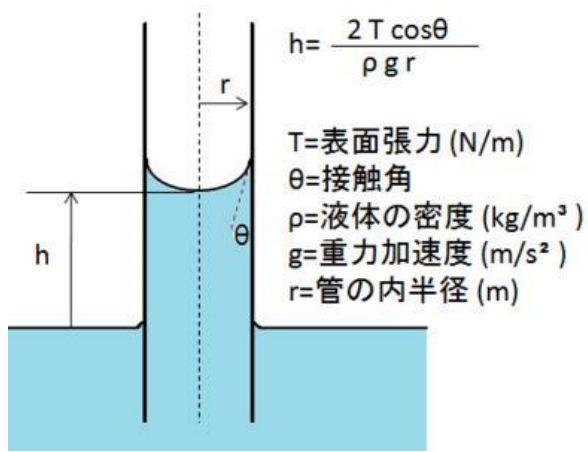
廖飞

2021.03

廖老师课程群: 625105265(二维码如下)



背景简介



表面研究从力学开始的，早在19世纪初就形成了表面的概念。

- 1805, **T.Young**最早提出表面张力概念。表面是一层弹性膜，并导出表面张力与接触角的杨氏方程。
- 1806年，**拉普拉斯**导出了弯曲液面两边附加压力与表面张力和曲面半径的关系。用该公式可解释毛细管现象。
- 1869年，**达普里**研究了润湿和黏附现象
- 1859，**开尔文**将表面扩展时的热效应与表面张力随温度的变化联系起来，导出蒸汽压随表面曲率变化的开尔文方程
- 1878年，表面热力学奠基人**吉布斯**，提出吉布斯界面模型
- 1913-1942年间，美国科学家**朗格缪尔**，表面化学的开拓者，获1932年诺贝尔奖
- **1950年代后**，光谱分析、微观测试、超高真空、低能电子衍射、光电子能谱等先进技术不断出现，使表面进入微观研究水平，从而成为一门独立的学科
- **目前**，科学家已经能够在低于微米级的表面上，获得小于1%原子单层的原子信息，可在优于 10^{-7} 帕的超高真空下，从分子水平上研究表面现象。2007年，德国科学家Gerhard Ertl因固-气界面基本分子的过程研究获诺贝尔奖

测量液体表面张力系数的方法有**拉脱法**、**毛细管法**、**最大气泡压力法**等。**拉脱法**是常用的方法之一。

1. 学习力敏传感器的**定标方法**
2. 观察拉脱法测液体表面张力的物理现象和规律
3. **测量室温下纯水的表面张力系数**

1. 表面(surface)概念

①液体表面：液体与气体、固体以及与别的不相混合的液体间的界面(interface)

②表面张力：是表面层内分子相互间作用力的宏观表现

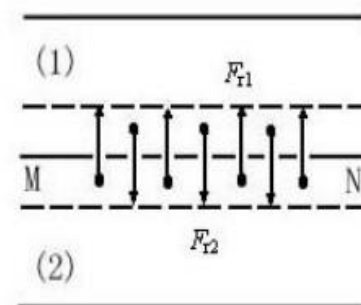
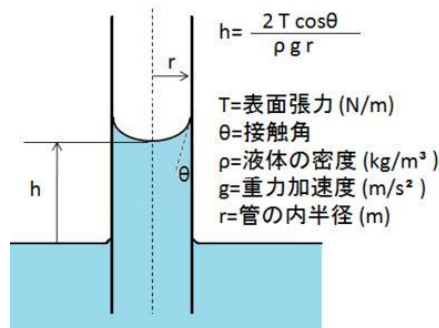
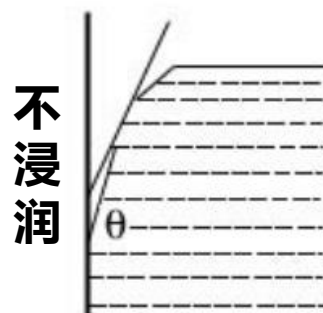
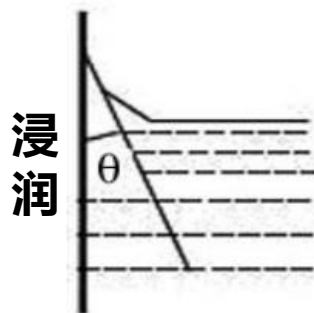
$$f = \alpha L$$

③表面张力系数：是沿液面作用在分界线单位长度上的表面张力

其单位：N/m.大小与液体成分、浓度、纯度及温度有关。

④浸润与不浸润现象

$$\sigma = \left(\frac{\partial G}{\partial A} \right)_{T,p}$$



实验原理

2.拉脱法测液体表面张力系数

①拉脱法:

测量一个已知周长的金属圆环或金属片从待测液体表面脱离是所需要的拉力，从而求得该液体表面张力系数的方法称为**拉脱法**。所需拉力是由液体表面张力、环的内、外径及液体性质、纯度等因素决定。

②受力分析:

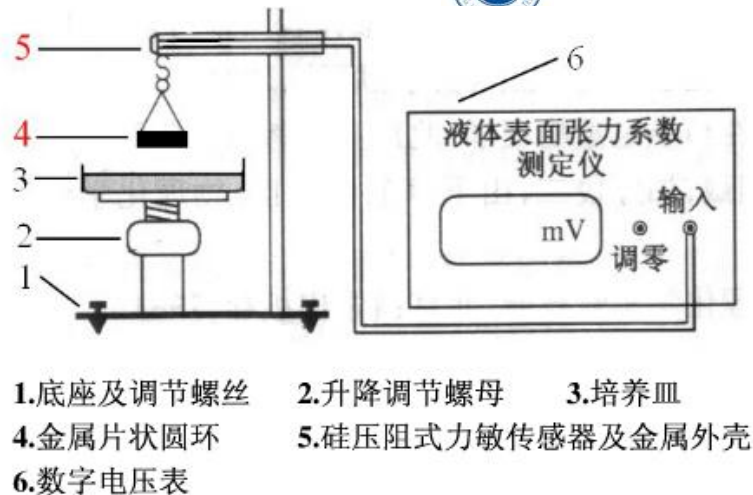
吊环拉起水柱，最大受力时 $F_1 = G + f$

水柱破裂 $F_2 = G$

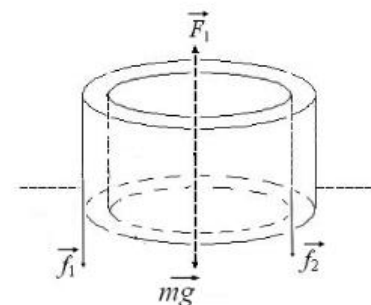
$$f = F_1 - G = F_1 - F_2$$

$$f = \alpha \pi (D_1 + D_2)$$

$$\alpha = \frac{(F_1 - F_2)}{\pi (D_1 + D_2)}$$



- 1.底座及调节螺丝
- 2.升降调节螺母
- 3.培养皿
- 4.金属片状圆环
- 5.硅压阻式力敏传感器及金属外壳
- 6.数字电压表



液膜拉破前瞬间的受力分析图

3. 力敏传感器

$$F = \frac{U}{B} \longrightarrow \text{力敏传感器线性测量模型}$$

$$f = F_1 - F_2 = \frac{U_1 - U_2}{B}$$

$$\alpha = \frac{(U_1 - U_2)}{\pi(D_1 + D_2) B} \longrightarrow \text{拉脱法测量模型}$$

1. 仪器名称：表面张力系数测定仪、游标卡尺

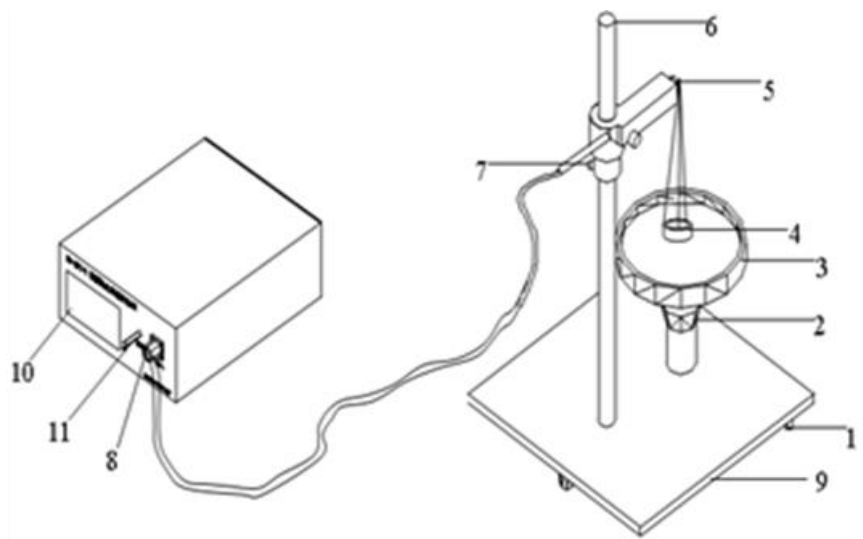
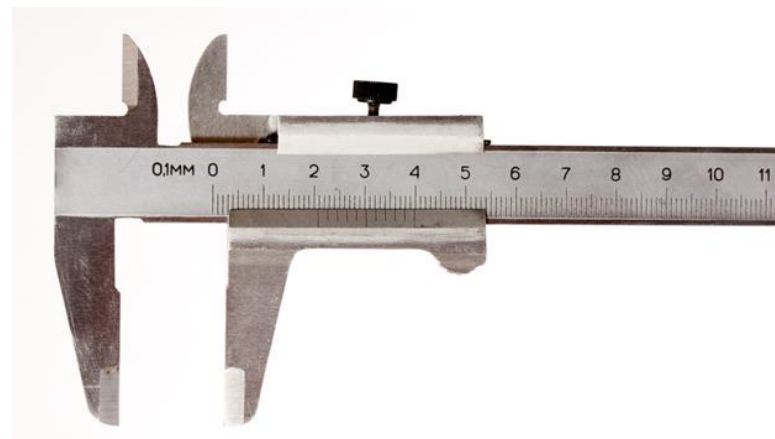


图 2.2.2 FD-NST-I 型液体表面张力系数测定仪装置

1. 调节螺丝 2. 升降螺丝 3. 玻璃器皿 4. 吊环 5. 力敏传感器 6. 支架
7. 固定螺丝 8. 航空插头 9. 底座 10. 数字电压表 11. 调零旋钮



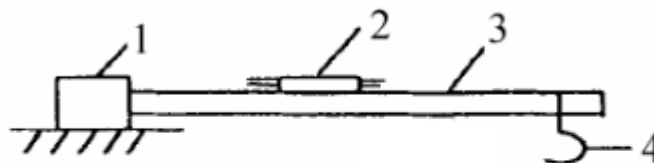
注意事项：

- (1) 保证测量液体清洁
- (2) 吊环水平要尽量调节好。
- (3) 力敏传感器使用时用力不宜大于 0.098N。过大的拉力传感器容易损坏。
- (4) 测表面张力时，防止操作台受震动。

2. 硅压阻式力敏传感器的结构和原理

① **传感器**：传感器是将感受的物理量、化学量等信息，按一定的规律转换成便于测量和传输的信号装置。电信号易于处理，所以大多数的传感器是将物理量等信号转换成电信号输出的。

② **结构简图**：



$$\Delta U \approx UA = \Delta F$$

1. 力臂固定点 2. 硅力敏传感芯片 3. 弹性梁 4. 挂钩

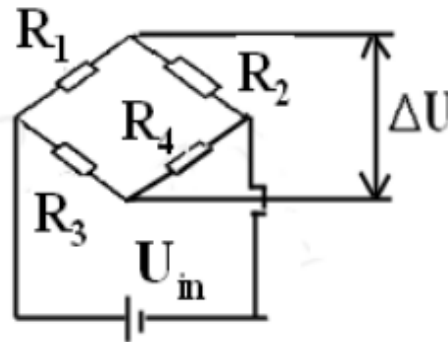
③ **灵敏度**：传感器输出量增量与相应输入量增量之比，单位是mv/N。它表示每增加1N的力，力敏传感器的电压改变量为 ΔV mv。

$$\Delta U = B \cdot \Delta F$$

式中， ΔF ：外力的增量

B ：传感器的灵敏度

ΔU ：相应的电压改变量



实验内容及步骤



1. 开机
2. 清洗玻璃器皿
3. 用游标卡尺测吊环的**内、外径**各三次，将数据填入下表

表 2.2.1 测吊环内、外径

(单位: cm)

测量次数	被测量			
	D_1	\overline{D}_1	D_2	\overline{D}_2
1				
2				
3				

实验内容及步骤



4. 测定力敏传感器的灵敏度

- (1) 调节底座水平，在力敏传感器上吊上吊环，调节吊环水平，并对电压表清零；
- (2) 将7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 U_0 到 U_7

再依次从吊盘中取走片码，记下读数 U'_7 到 U'_0 ，将各数据记入下表中

- (3) 用逐差法处理数据，求力敏传感器的灵敏度

表 2.2.2 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 $\bar{U} = \frac{U+U'}{2} / mV$
1	0.000	U_0		U'_0		
2	0.500	U_1		U'_1		
3	1.000	U_2		U'_2		
4	1.500	U_3		U'_3		
5	2.000	U_4		U'_4		
6	2.500	U_5		U'_5		
7	3.000	U_6		U'_6		
8	3.500	U_7		U'_7		

实验内容及步骤



5. 测定水的表面张力

电压表清零

重复使用拉脱法测量6次

计算液体表面张力并与标准值比较,

标准值: $T=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\alpha=7.2\times 10^{-2}\text{N/m}$

表 2.2.3 测定水的表面张力系数

测量 次数	U_1 / mV	U_2 / mV	$\Delta U / \text{mV}$	$\overline{\Delta U} / \text{mV}$	$\overline{f} / 10^{-3} \text{N}$	$\overline{\alpha} / (10^{-3} \text{N} / \text{m})$
1						
2						
3						
4						
5						
6						

讨论及拓展



1. 分析拉脱法测量的**误差来源**。
2. 查阅资料，深入学习力学传感器的结构及**工作原理**。
3. 设计一个实验，研究测定表面张力系数与**温度**间的关系。
4. 分析拉脱法模型的误差及问题，查阅CNKI数据库资料，在此基础上**提出修正模型，或新测量模型，给出图或说明**。(推荐该题)
4. 杨氏接触角的如何测量或计算

说明：

1-4题中选择2-4个讨论——做在讨论页，写不下的可放在思考题页

思考题按照要求完成