

# 液体表面张力系数的测量

Measurement of Surface Tension Coefficient



华中科技大学物理实验中心

2023年秋

# 《物理实验》注意事项

- 上课期间，不得使用手机(ipad、笔记本电脑等)以及任何自带资料，违者第一次扣10分，第二次本次实验计0分。
- 手机静音或关机后放在书包里，书包和水杯按要求统一放置在指定位置。
- 每次课3小时，不得迟到，不得早退。
- 按要求独立完成实验内容，规范记录实验数据。
- 实验结束，整理仪器及配件，保持整洁。
- 实验完成后1周内提交报告。

桌上仅放：

预习报告

空白数据记录纸

必要文具或计算器

**注意：实验桌上打印的讲义和ppt，均不得带走。**

**如不小心带走，请返还（讲义有编号）**

# 目 录

**一、表面张力 现象 应用**

**二、实验目的**

**三、液体表面张力测量：拉脱法 毛细管法**

➤ **原理**

➤ **实验装置**

➤ **步骤 数据处理**

➤ **注意事项**

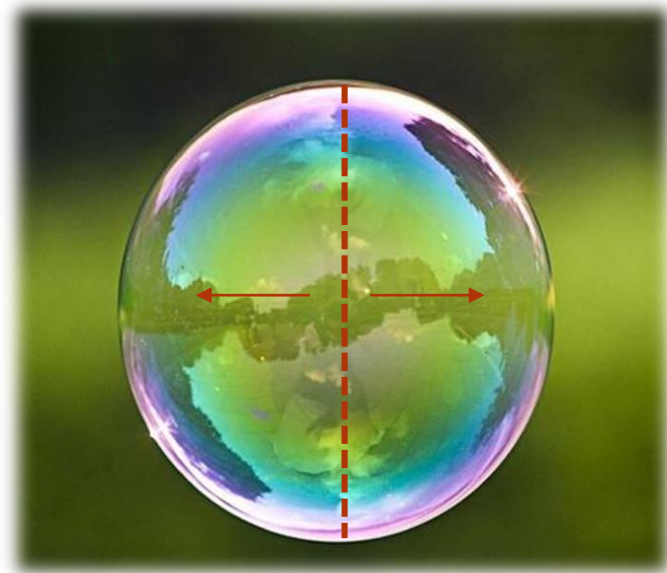
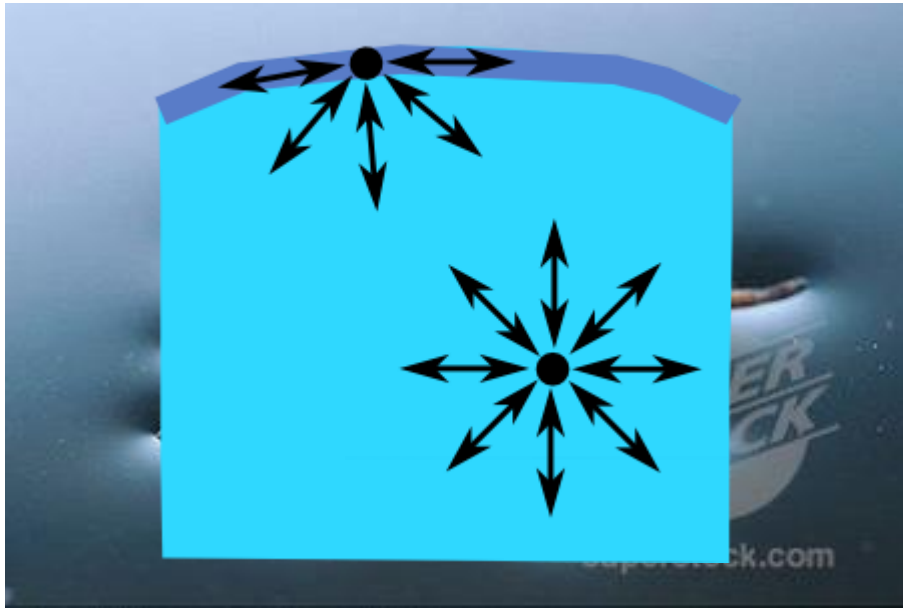
**四、思考题**

**五、仪器整理**

# 一、表面张力 现象 应用

## 一)、什么是表面张力？

液体的表面如紧张的薄膜,存在着张力,有收缩成表面积最小的趋势,这种张力称为表面张力。



**表面张力的方向：**与表面相切，与面内分界线垂直。

**表面张力的大小：**  $F = \sigma L$ ,  $\sigma$  :表面张力系数

**表面张力系数 $\sigma$ 和很多因素有关，比如液体成分、温度、纯度等。**

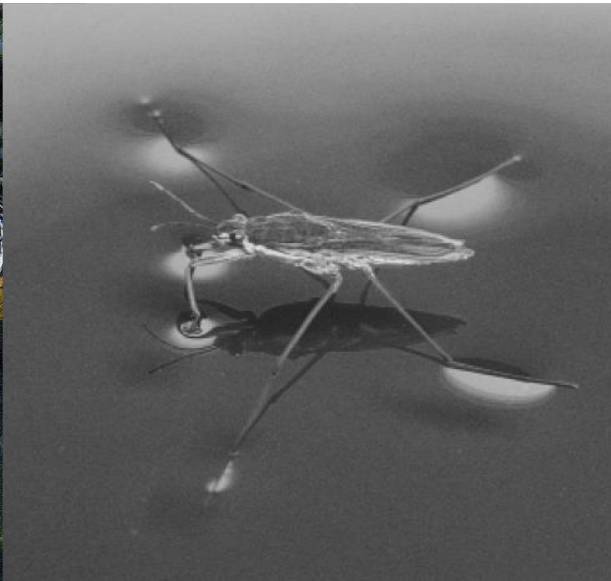
**Table 1 Surface Tensions of Common Liquids**

Liquid	Surface Tension (N/m)
Benzene (20 °C)	0.029
Blood (37 °C)	0.058
Glycerin (20 °C)	0.063
Mercury (20 °C)	0.47
Water (20 °C)	0.073
Water (100 °C)	0.059

- **纯水中加入表面活性剂后，其表面张力系数可以减小好几个数量级。**
- **在钢液脱碳过程中，钢液和一氧化碳气体之间的表面张力约为1.50N/m。**

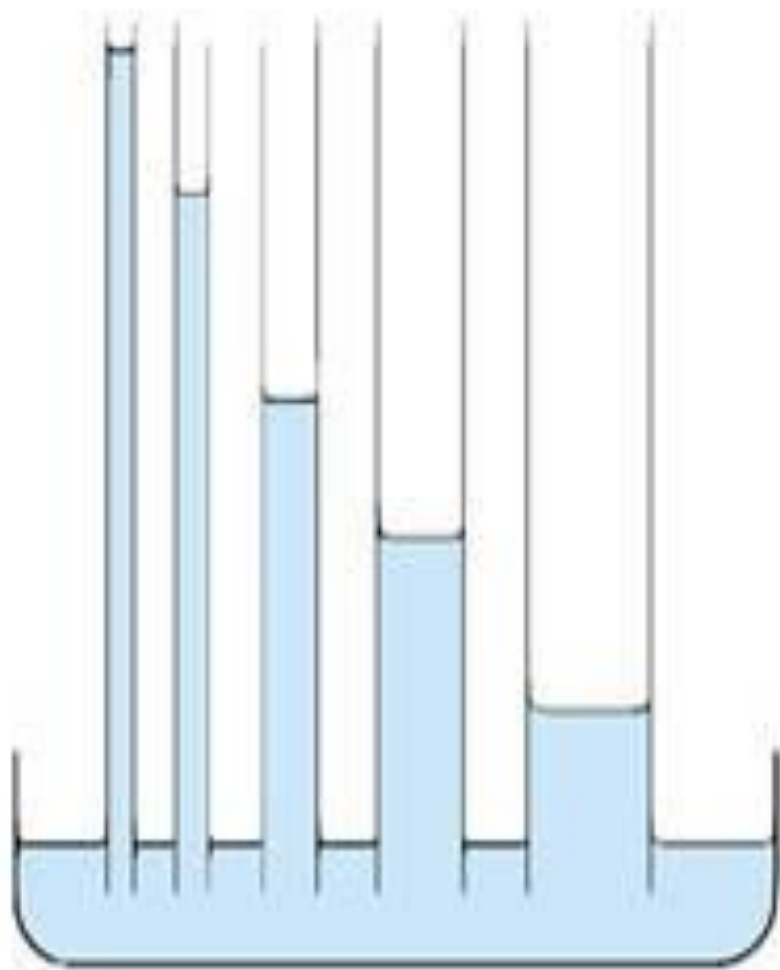


## 二)、日常生活中的表面张力现象





## 毛细现象





### 三)、表面张力现象的应用

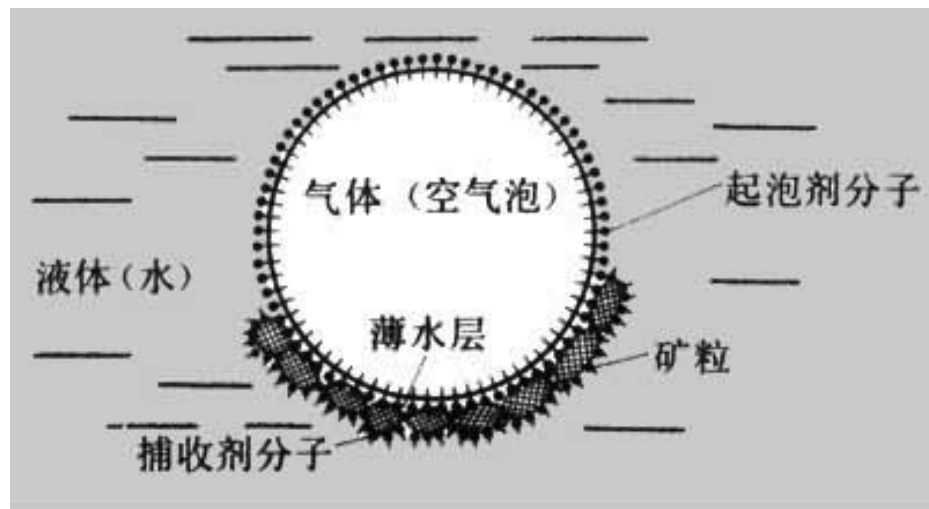
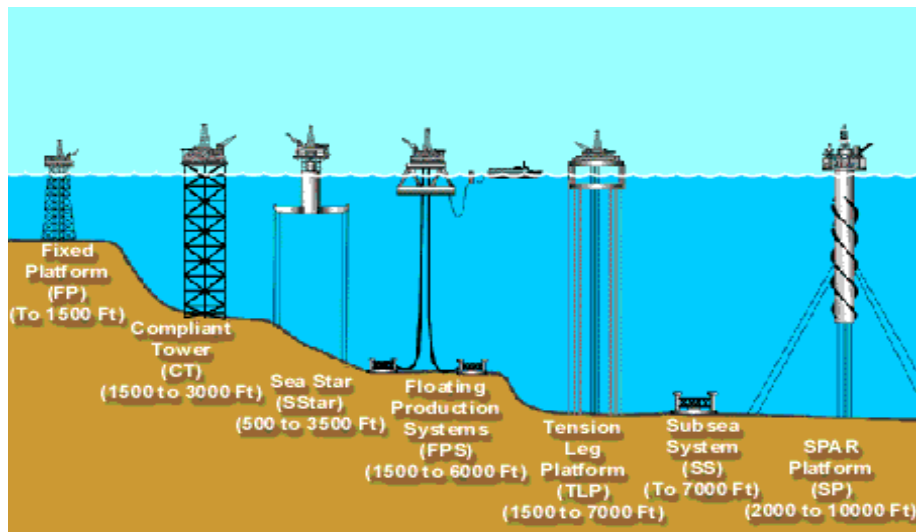


图2 浮选捕收剂作用示意图



## 二、实验目的

- 1、用**拉脱法**测量室温下液体（水）的表面张力系数；  
学习**力敏传感器**的使用和定标；
- 2、用**毛细管法**测量室温下液体（水）的表面张力系数；  
了解**读数显微镜**的结构、原理及使用方法
- 3、认真观察、分析实验现象，加深对物理规律的认识。

### 三、液体表面系数的测量：拉脱法 毛细管法

#### 1、拉脱法测液体表面张力系数

##### ◆实验原理

液膜拉破前瞬间：

$$F = mg + 2\sigma L$$

液膜拉破后：

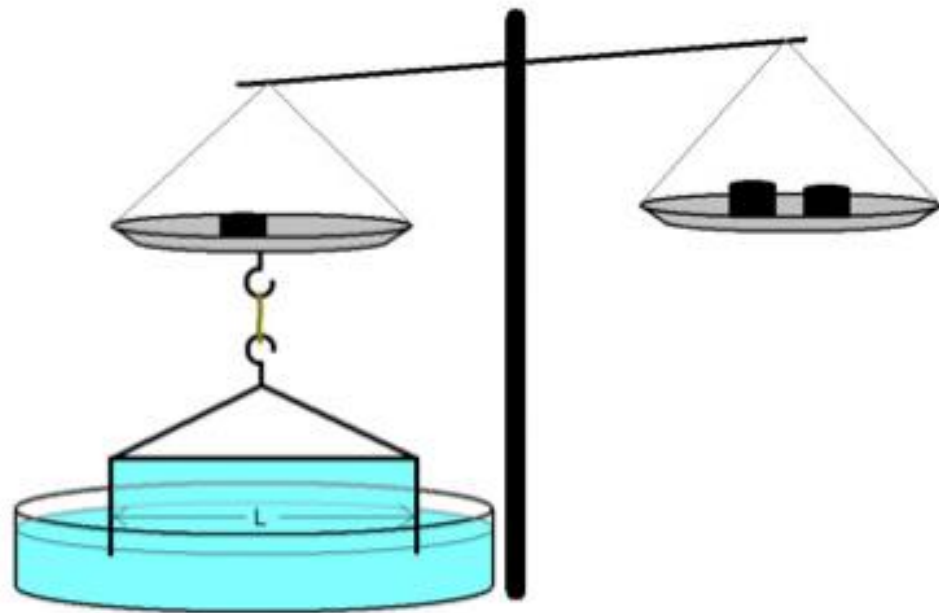
$$F' = mg$$

$$F - F' = 2\sigma L = 2\sigma\pi \frac{D_1 + D_2}{2}$$

因此

$$\sigma = \frac{\Delta F}{\pi(D_1 + D_2)}$$

测力！



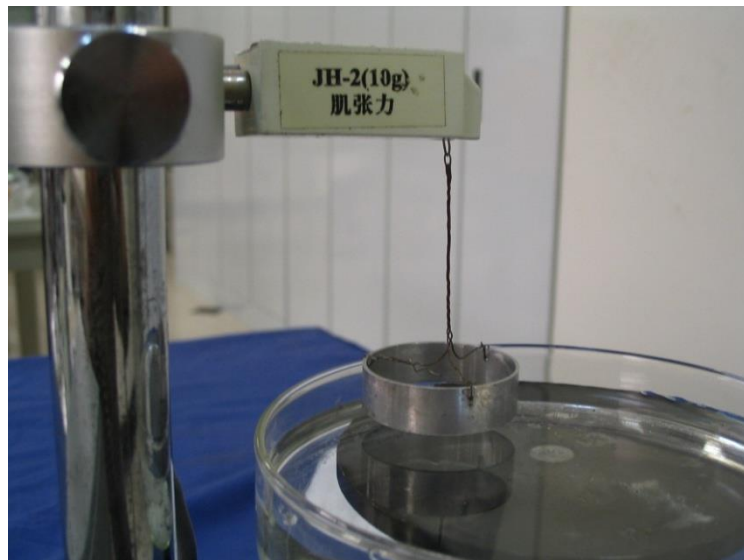
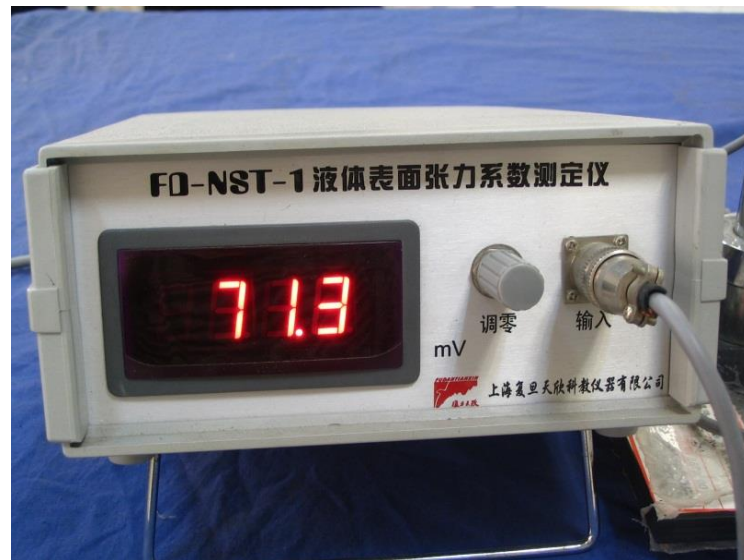
## 硅压阻式力敏传感器：

输出电压一般和输入的力成  
线性关系：

$$\Delta U = K \Delta F$$

于是，表面张力系数：

$$\sigma = \frac{\Delta U}{\pi(D_1 + D_2)K}$$



# ◆实验装置



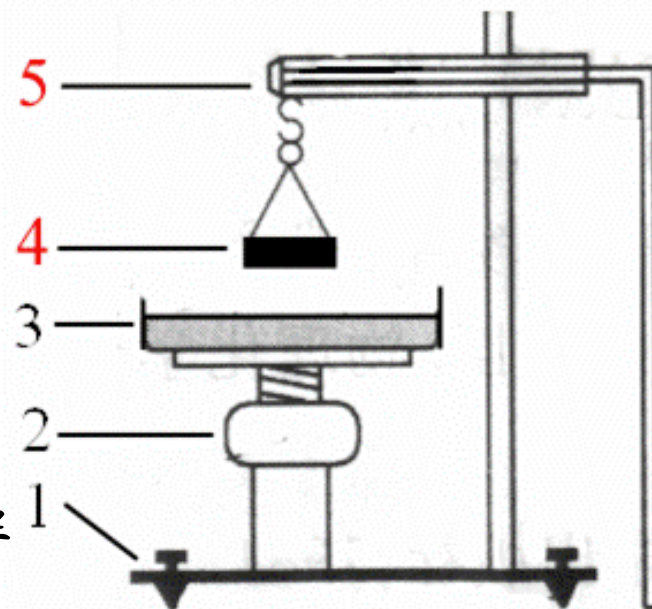
力敏传感器

吊环

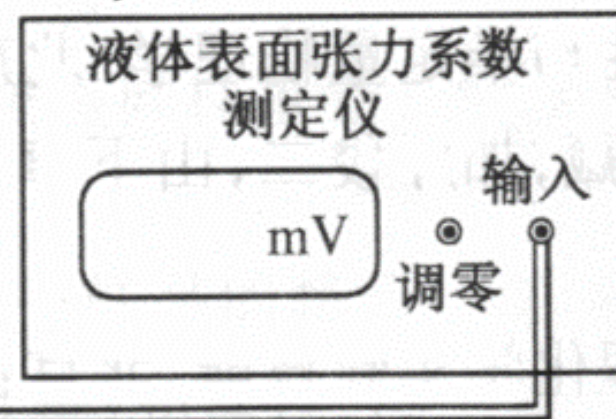
培养皿

升降调节螺母

底座及调节螺丝



6 数字电压表



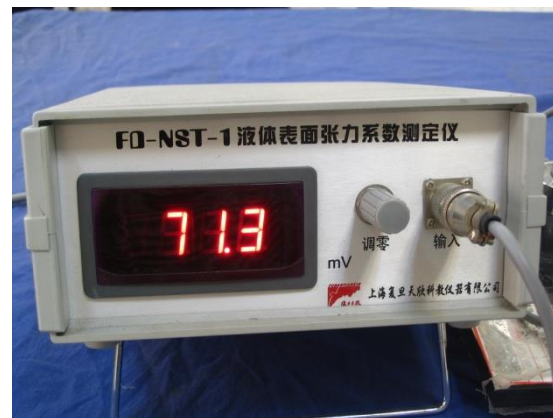


## ◆实验步骤

### 1) 力敏传感器定标

确定 $K$ 值

$$\Delta U = K \Delta F$$



$i$	1	2	3	4	5	6	7	8
砝码质量 $m / \text{g}$	0.000	0.500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	3.500
砝码重量 $F / \text{N}$								
电压 $U / \text{mV}$	##.##							

**注意：**采用单增砝码数量或单减砝码数量来定标

## 2 ) 测量液膜断裂前后力敏传感器的输出电压

$i$	1	2	3	4	5	6	平均值
破膜前 <b>瞬间</b> $U_1/\text{mV}$	##.##	...	...	...	...	...	
破膜后 $U_2/\text{mV}$	##.##	...	...	...	...	...	
$(U_1 - U_2) / \text{mV}$							

(吊环直径:  $D_1=3.310\text{cm}$ ,  $D_2=3.496\text{cm}$ )

## 3 ) 记录室温和相近温度下的理论值

( 温度计-216/220讲台 )

## ◆数据处理

$$\sigma = \frac{\Delta U}{\pi(D_1 + D_2)K}$$

- 1) 用图示法求传感器灵敏度 $K$ 。
- 2) 计算表面张力系数，与纯净水的标准值进行比较，计算百分误差 $U_r$ 。

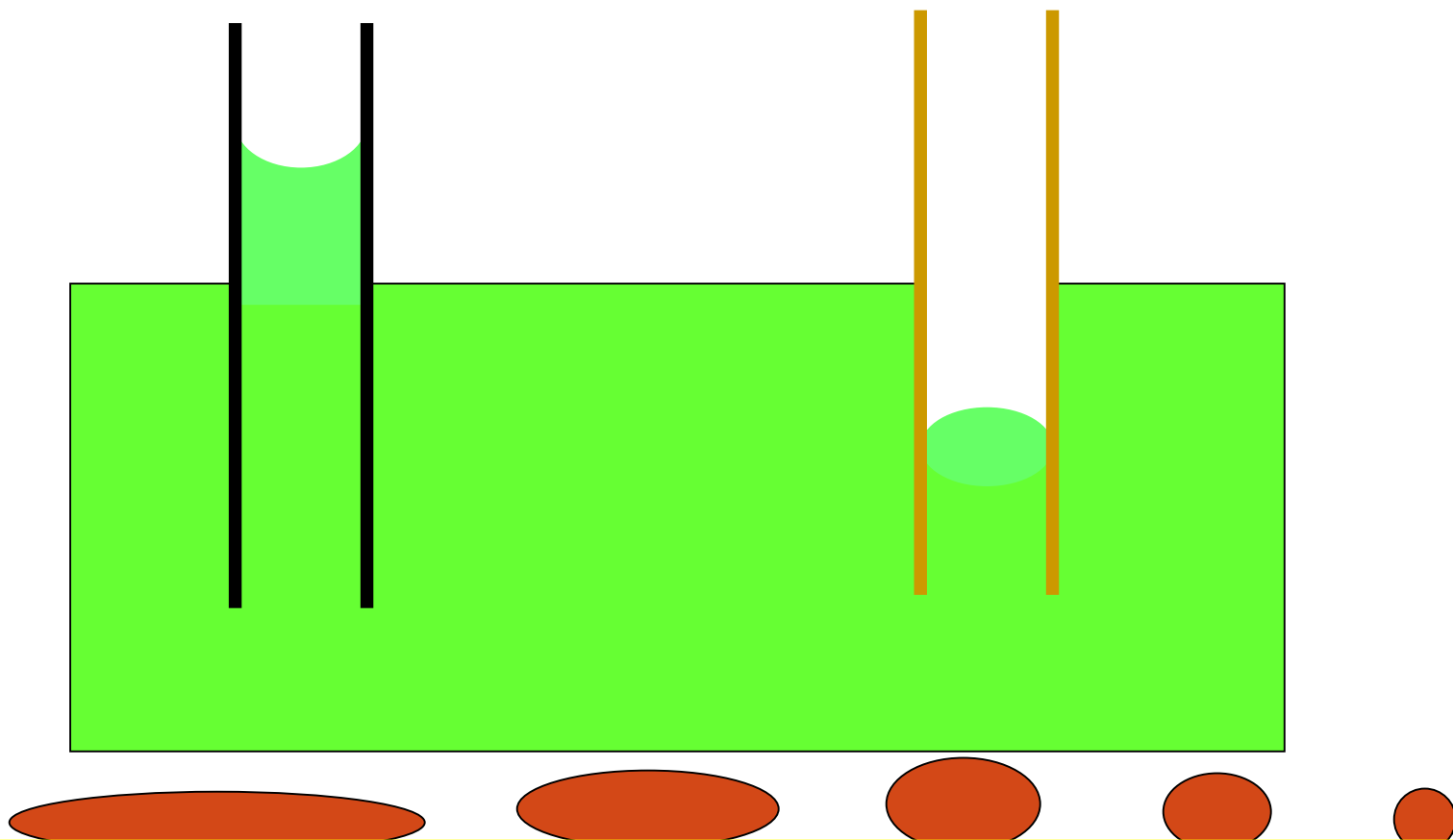
## ◆注意事项

- 1) 操作轻柔，不给力敏传感器附加额外的力( $<0.098\text{ N}$ )。
- 2) 砝码用镊子夹，不要用手拿。
- 3) 注意吊环和水面之间的应尽量平行。
- 4) 小心使用玻璃器皿。

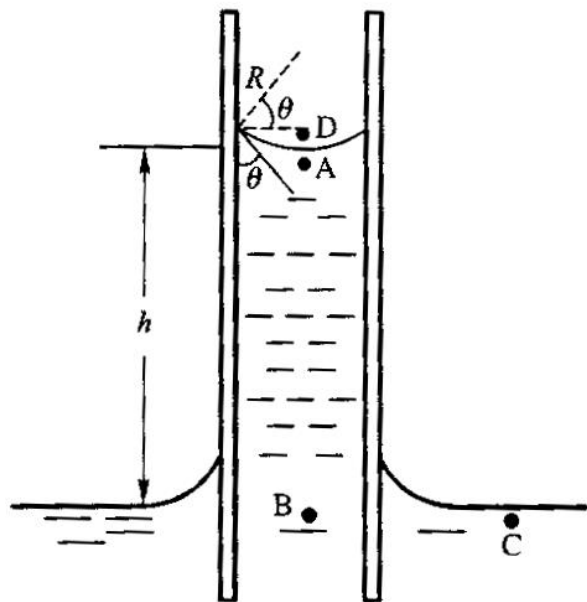
## 2、毛细管法测液体表面张力系数

### ◆实验原理

**毛细现象：**润湿管壁的液体在细管里升高，而不润湿管壁的液体在细管里降低的现象。







## 对毛细管内液体升高的情况:

平衡时，上升液柱的重力与液体由于表面张力的作用所受到向上的拉力相等，即：

$$2\pi r \sigma \cos \theta = \pi r^2 \rho g h$$

当水和玻璃都很干净时，液面为半球面，毛细管液面四周所受到的表面张力竖直向上， $\theta$ 角为零，同时水的体积用水柱高度及毛细管内径表示，

$$\sigma = \frac{1}{4} d \rho g \left( h + \frac{d}{6} \right)$$

$d$ ：毛细管内径， $h$ ：液柱高度。

(考虑凹球面下端以上的液体重量)。

# ◆实验装置

物镜

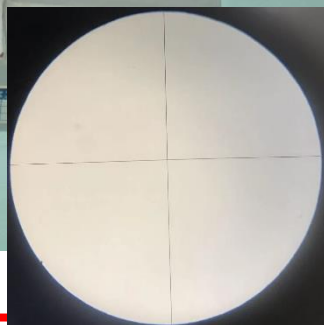
测微鼓轮上下移动旋钮

读数盘

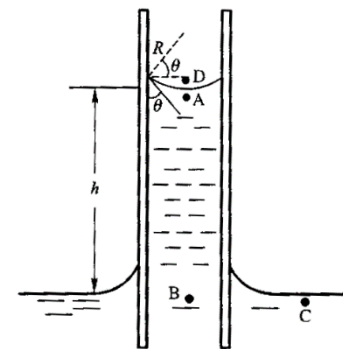
调焦螺旋水平移动旋钮

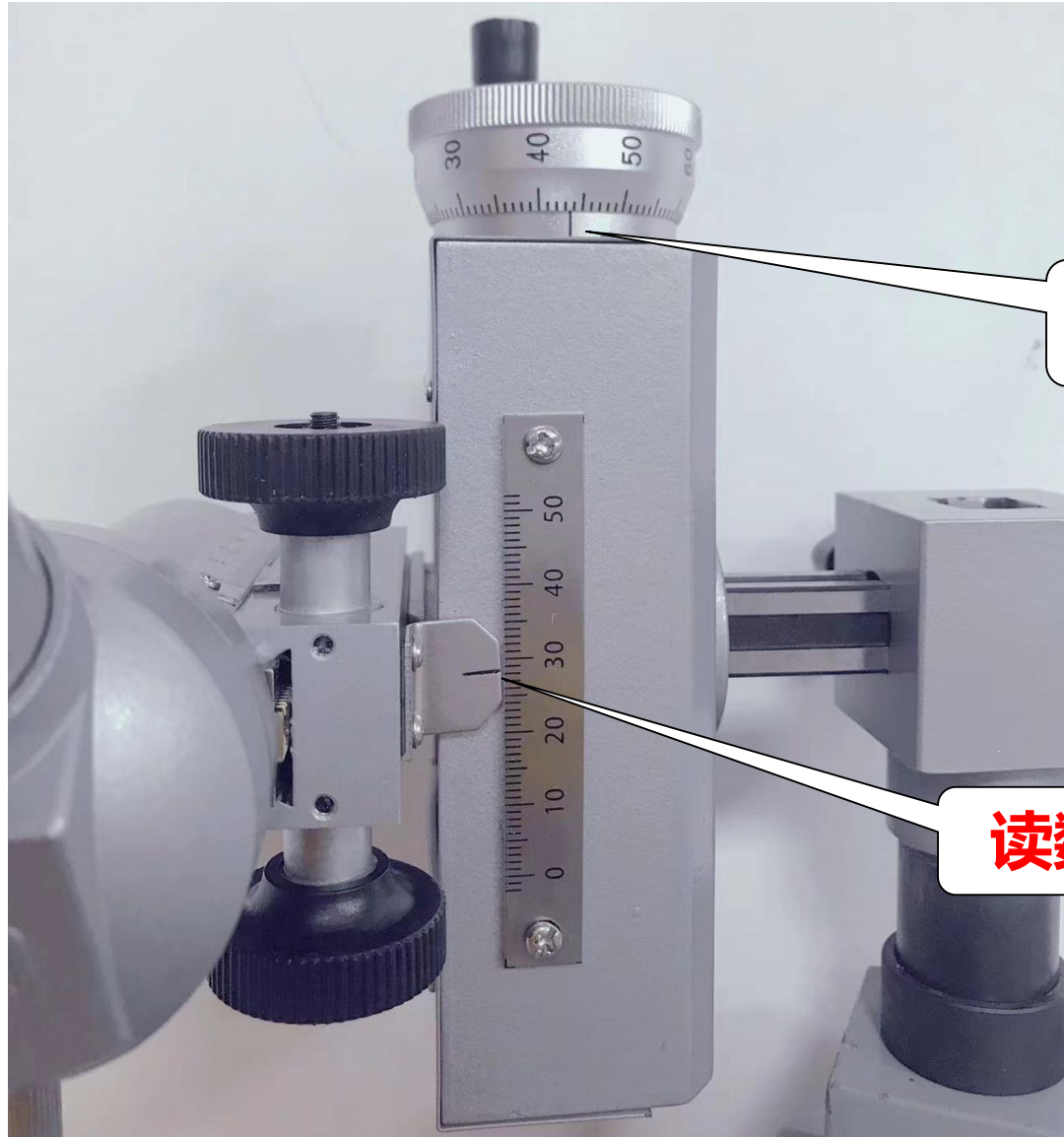
读数标尺

目镜



$$\sigma = \frac{1}{4} d \rho g \left( h + \frac{d}{6} \right)$$





读数盘

$x=28.435\text{mm}$

读数标尺

## ◆实验步骤

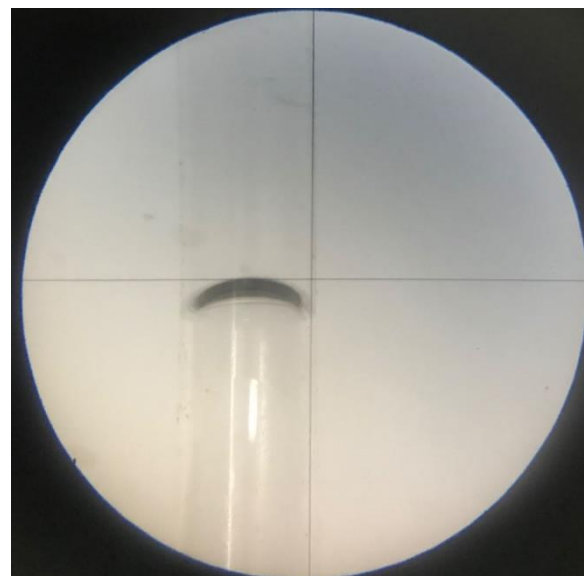
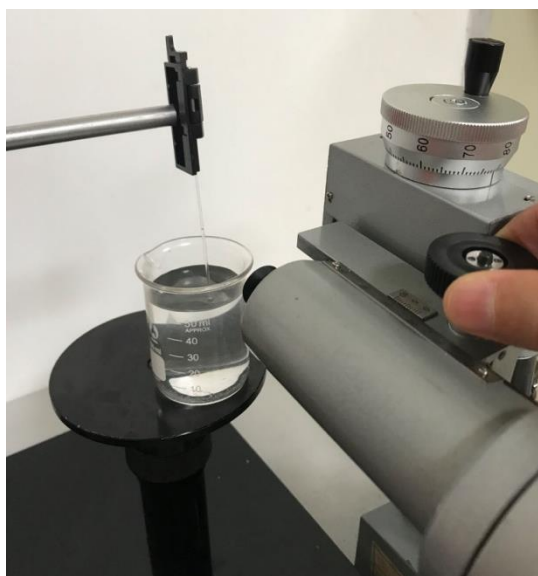
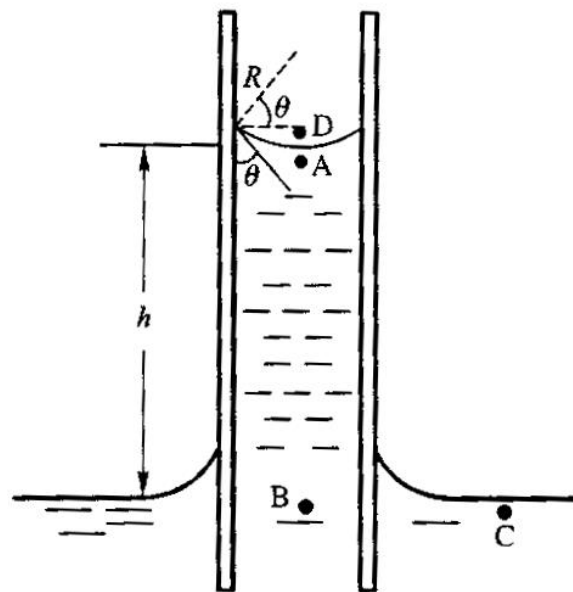
1) 清洗烧杯、培养皿

2) 观察毛细现象，准备测量

先理论上预测 $h$ 的值 ( $h > 25\text{mm}$ )，再测量

3) 测毛细管中水柱高度

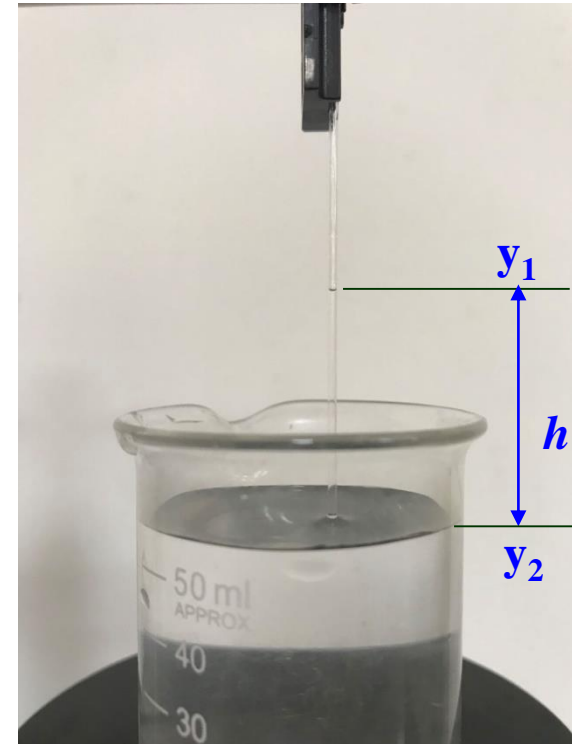
先粗测显微镜焦距，再用显微镜观察毛细管





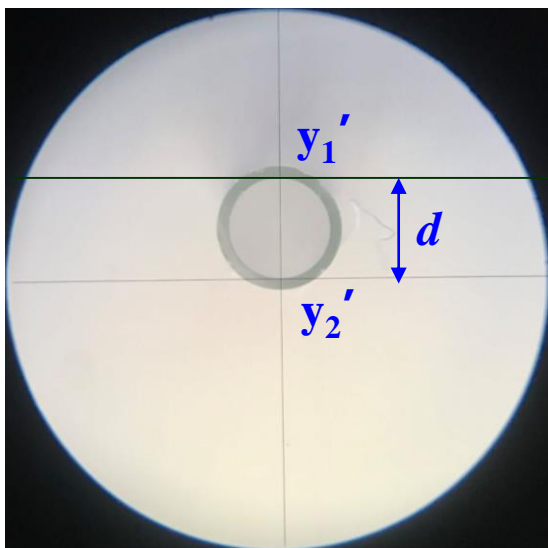
## 毛细管中水柱高度

次数	毛细管水面下沿 $y_1$ ( mm )	烧杯水面下沿 $y_2$ ( mm )	水柱高度 $h$ ( mm )
1			
...			
5			
平均			



**注意：**测微鼓轮朝同一方向旋来测量获得水柱上下沿的位置坐标，避免空程差

## 4) 测毛细管内径



**注意：成清晰端面像后再测量**

次数	毛细管上内侧 $y_1'$ (mm)	毛细管下内侧 $y_2'$ (mm)	毛细管内径 $d$ (mm )
1			
...			
5			
平均	-----	-----	

## ◆数据处理

$$\sigma = \frac{1}{4} d \rho g \left( h + \frac{d}{6} \right)$$

- 1) 计算毛细管中水柱高度的平均值。
- 2) 计算毛细管内径的平均值。
- 3) 计算表面张力系数
- 4) 与纯水的标准值比较，计算百分误差 $U_r$

水的密度，重力加速度已给出！

## ◆ 注意事项

- 1 ) 注意烧杯、水和毛细管的清洁 , 不要吹毛细管。
- 2 ) 毛细管用光纤夹固定 , 注意保持竖直。
- 3 ) 先粗略估计显微镜的焦距。
- 4 ) 读数显微镜测量时 , 注意避免视差和空程差。
- 5 ) 保护读数显微镜镜头,调节显微镜的上下位置时尤其注意。



## 四、课后思考问题

( 选两道题 , 4 必做 )

1. 若吊环下沿所在平面与液面不平行 , 测得的表面张力系数是大了还是小了 ?
2. 拉脱过程中为什么  $U_I$  会经历一个先增大后减小的过程 ? 为什么计算表面张力用拉断前一瞬间的读数作为  $U_1$  ?
3. 拉脱法和毛细管法有何异同点 , 分析其误差和优缺点。
4. 实验总结(主要误差来源分析、操作技巧、经验分享、体会、感想、建议等.....)

## 五、仪器整理

- 实验完成后小烧杯和器皿里的水要倒掉，烧杯放在器皿里；
- 废弃的毛细管置于讲台前托盘内，不得随意丢弃，不许放在工具箱内；
- 小托篮及金属环上吊钩不得随意扭曲；
- 工具箱内砝码及镊子等物不得缺少；
- 显微镜横向螺距调节完要复原，高度升降时避免重撞；
- 1-4号同学打扫卫生。

## 实验完成后仪器摆放

