

预习 操作记录		实验报告 总评成绩	

《大学物理实验》课程实验报告

学院：

专业：

年级：

实验人姓名(学号)：

参加人姓名：

日期： 201 年 月 日

室温：

相对湿度：

实验 液体表面张力系数测定

（用拉脱法测定液体表面张力系数）

一、 实验前的思考题

- 1、 什么叫表面张力？ 表面张力系数与哪些因素有关？
2. 拉脱法的物理本质是什么？
3. 检索资料，列举若干种表面张力系数的测量方法。

二、实验目的

1. 了解液体的表面张力系数测定仪的基本结构，掌握用标准砝码对测量仪进行定标的方法，计算该传感器的灵敏度。
2. 观察拉脱法测液体表面张力的物理过程和物理现象,并用物理学基本概念和定律进行分析和研究,加深对物理规律的认识。
3. 掌握用拉脱法测定纯水和不同浓度酒精的表面张力系数及用逐差法处理数据
4. 掌握用 NI MyDAQ 数据处理器测定液体的表面张力系数。

三、实验仪器

编号	仪器名称	数量	主要参数（型号，测量范围，精度）
1	液体的表面张力系数测定仪		
2	标准砝码（砝码盘）		
3	圆筒形吊环		
4	游标卡尺		
5	NI MyDAQ		
6	微型计算机		
7	75%医用酒精		
8	50%酒精		
9	30%酒精		

四、实验简介

液体表层厚度约 $10^{-10}m$ 内的分子所处的条件与液体内部不同,液体内部每一分子被周围其它分子所包围,分子所受的作用力合力为零。由于液体表面上方接触的气体分子,其密度远小于液体分子密度,因此液面每一分子受到向外的引力比向内的引力要小得多,也就是说所受的合力不为零,力的方向是垂直与液面并指向液体内部,该力使液体表面收缩,直至达到动态平衡。因此,在宏观上,液体具有尽量缩小其表面积的趋势,液体表面好像一张拉紧了橡皮膜。这种沿着液体表面的、收缩表面的力称为表面张力。表面张力能说明液体的许多现象,例如润湿现象、毛细管现象及泡沫的形成等。在工业生产和科学研究中常常要涉及到液体特有的性质和现象。比如化工生产中液体的传输过程、药物制备过程及生物工程研究领域关于动、植物体内液体的运动与平衡等问题。因此,了解液体表面性质和现象,掌握测定液体表面张力系数的方法是具有重要实际意义的。测定液体表面张力系数的方法通常有:拉脱法、毛细管升高法和液滴测重法等。本实验仅介绍拉脱法。拉脱法是一种直接测定法。

五、实验原理

如果将一洁净的圆筒形吊环浸入液体中,然后缓慢地提起吊环,圆筒形吊环将带起

一层液膜。使液面收缩的表面张力 f 沿液面的切线方向，

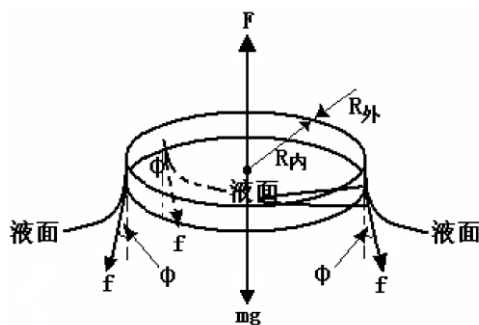


图1 圆形吊环从液面缓慢拉起受力示意图

ϕ 角称为湿润角（或接触角）。当继续提起圆筒形吊环时， ϕ 角逐渐变小而接近为零，这时所拉出的液膜的里、外两个表面的张力 f 均垂直向下，设拉起液膜破裂时的拉力为 F ，则有

$$F = (m + m_0) \cdot g + 2f \quad (1)$$

式中， m 为粘附在吊环上的液体的质量， m_0 为吊环质量，因表面张力的大小与接触面周边界长度成正比，则有

$$2f = \pi(D_{\text{内}} + D_{\text{外}}) \cdot \alpha \quad (2)$$

比例系数称为表面张力系数，单位是 N/m 。 α 在数值上等于单位长度上的表面张力。式中为圆筒形吊环内、外圆环的周长之和。

$$\alpha = \frac{F - (m + m_0) \cdot g}{\pi(D_{\text{内}} + D_{\text{外}})} \quad (3)$$

由于金属膜很薄，被拉起的液膜也很薄， m 很小可以忽略，于是公式简化为：

$$\alpha = \frac{F - m_0 \cdot g}{\pi(D_{\text{内}} + D_{\text{外}})} \quad (4)$$

表面张力系数 α 与液体的种类、纯度、温度和它上方的气体成分有关。实验表明，液体的温度越高 α 值越小，所含杂质越多， α 值也越小。只要上述这些条件保持一定， α 值就是一个常数。本实验的核心部分是准确测定 $F - m_0 \cdot g$ ，即圆筒形吊环所受到向下的表面张力，我们用 FB236 型液体的表面张力系数测定仪测定这个力。

六、实验内容

1. 将砝码盘挂在力敏传感器的钩上。
2. 若已经准备好，可对力敏传感器定标，在加砝码前应首先读取电子秤的初读数 V_0 （该读数包括砝码盘的重量）。然后每加一个 500.00mg 砝码，读取一个对应数据 (mV)，记录到表格中，注意安放砝码时动作要应尽量轻巧。用逐差法求力敏传感器的转换系数

$K = \underline{\hspace{2cm}}$ (N/mV)。

3. 换吊环前应先测定吊环的内外直径，然后挂上吊环，读取一个对应数据(mV)，在测定液体表面张力系数过程中，可观察到液体产生的浮力与张力的情况与现象，逆时针转动活塞调节旋钮,使液体液面上升，当环下沿接近液面时，仔细调节吊环的悬挂线，使吊环水平，然后把吊环部分浸入液体中，这时候，按下面板上的按钮开关，仪器功能转为峰值测量，接着缓慢地顺时针转动活塞调节旋钮，这时液面逐渐往下降（相对而言即吊环往上提拉），观察环浸入液体中及从液体中拉起时的物理过程和现象。当吊环拉断液柱的一瞬间数字电压表显示拉力峰值 V_1 并自动保持该数据。拉断后，释放按钮开关，电压表恢复随机测量功能，静止后其读数值为 V_2 ，记下这个数值。连续做 5 次，求平均值。那么表面张力：

$$2f = (\overline{V}_1 - \overline{V}_2) \cdot \overline{K}$$

表面张力系数：

$$\alpha = \frac{2f}{L} = \frac{(\overline{V}_1 - \overline{V}_2) \cdot \overline{K}}{\pi \cdot (D_{\text{内}} + D_{\text{外}})}$$

七、手动记录实验数据及处理

1、用逐差法求仪器的转换系数 K(N/mV)

先记录砝码盘等作为初读数 $V_0 = \underline{\hspace{2cm}}$ mV，然后每次增加一个砝码 $m=500.0\text{mg}$ ，（该标准砝码符合国家标准，相对误差为 0.005%）

砝码质量 ($10^{-6}kg$)	增重读数 $V'_i(\text{mV})$	减重读数 $V''_i(\text{mV})$	$V_i = \frac{V'_i + V''_i}{2}(\text{mV})$	等间距逐差 (mV) $\delta V_i = V_{i+4} - V_i$
0.00				$\delta V_1 = V_4 - V_0$
500.00				
1000.00				$\delta V_2 = V_5 - V_1$
1500.00				
2000.00				$\delta V_3 = V_6 - V_2$
2500.00				
3000.00				$\delta V_4 = V_7 - V_3$
3500.00				

$\overline{\delta V} = \frac{1}{4}(\delta V_1 + \delta V_2 + \delta V_3 + \delta V_4) = \underline{\hspace{2cm}}$ $\overline{\delta V}$ 为每 2000.00mg 对应的的电子秤的

mV 读数,则 $K=\frac{m \cdot g}{\delta V}=\underline{\hspace{2cm}}$ (N/mV)

2、用拉脱法求水拉力对应的电子秤读数

水温(室温) $\underline{\hspace{2cm}}$ ℃

电子秤初数 $V_0=\underline{\hspace{2cm}}$ (mV)

测量次数	拉脱时最大读数 $V_2(mV)$	吊环读数 $V_1(mV)$	表面张力对应读数 $V = V_2 - V_1$
1			
2			
3			
4			
5			
平均值			$\bar{V} = \underline{\hspace{2cm}}$

3、吊环的内、外直径：

单位：mm

测量次数	1	2	3	4	5	平均值
内径 $D_{\text{内}}$						
外径 $D_{\text{外}}$						

4、用拉脱法求 75%（左右）医用酒精拉力对应的电子秤读数

电子秤初数 $V_0=\underline{\hspace{2cm}}$ (mV)

测量次数	拉脱时最大读数 $V_2(mV)$	吊环读数 $V_1(mV)$	表面张力对应读数 $V = V_2 - V_1$
1			
2			
3			
4			
5			
平均值			$\bar{V} = \underline{\hspace{2cm}}$

5、用拉脱法求 50%酒精拉力对应的电子秤读数

电子秤初数 $V_0=\underline{\hspace{2cm}}$ (mV)

测量次数	拉脱时最大读数 $V_2(mV)$	吊环读数 $V_1(mV)$	表面张力对应读数 $V = V_2 - V_1$
1			
2			
3			
4			
5			
平均值			$\bar{V} = \underline{\hspace{2cm}}$

6、用拉脱法求 30%酒精拉力对应的电子秤读数

电子秤初数 $V_0 = \underline{\hspace{2cm}}$ (mV)

测量次数	拉脱时最大读数 $V_2(mV)$	吊环读数 $V_1(mV)$	表面张力对应读数 $V = V_2 - V_1$
1			
2			
3			
4			
5			
平均值			$\bar{V} = \underline{\hspace{2cm}}$

7、计算及不确定度：

$$\bar{\alpha} = \frac{\bar{K} \cdot \bar{V}}{\bar{L}}$$

$$\left(\frac{\Delta\bar{\alpha}}{\bar{\alpha}}\right)^2 = \left(\frac{\Delta\bar{K}}{\bar{K}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta\bar{V}}{\bar{V}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta\bar{L}}{\bar{L}}\right)^2$$

$$\alpha = \bar{\alpha} \pm \Delta\bar{\alpha}$$

8、从附录中查出室温下水的表面张力系数的理论值,把实验结果与此值比较求相对误差,并与实验值 $\Delta\bar{\alpha}$ 对比对实验结果进行分析。

八、用 NI MyDAQ 完成液体表面张力系数的测定实验数据记录及处理

1. 将砝码盘挂在力敏传感器的挂钩上。
2. 打开液体表面张力系数测定软件，点击“求转换系数 K”，设定 $g = 9.8$ ， $m = 0.002$ ，在加砝码前点击“获取数据”按钮读取初读数（该读数包括砝码盘的重量），然后每

加一个 500.00mg 砝码，当实时读数稳定后，点击“获取数据”，读取一个对应数据 (V)，数据将自动记录到表格中，注意安放砝码时动作要应尽量轻巧。依次放入砝码，读取“增重读数”，重复上述操作至总砝码数为 7 个。再依次减少砝码，读取“减重读数”，软件自动计算同一质量下“增重读数”和“减重读数”的平均值 \bar{V} ，重复上述操作至砝码全部取出。点击“计算等间距逐差”按钮，系统自动算出等间距逐差值、平均值 δV 和力敏传感器的转换系数 K。

3. 在实验架最上面的玻璃器皿内放入被测液体（水或不同浓度酒精）。
4. 点击“拉力对应读数”，挂上吊环，读取初始值 V_0 。在测定液体表面张力系数过程中，可观察到吊环进入水面和脱离水面的受力情况与现象，调节上面器皿的开关旋钮，使中间玻璃器皿液体液面上升，吊环缓慢浸入液体中，接着调节下面器皿的开关旋钮，这时液面逐渐下降，至吊环完全离开液体表面，软件自动记录力敏传感器的变化曲线，当吊环脱离水面后“实时读数”记录拉力峰值 V_1 并自动保持该数据。点击“获取数据”记录“拉钩时最大读数 V_1 ”，再次点击“获取数据”记录“吊环读数 V_2 ”，软件将自动计算“表面张力对应读数 V ”。连续做 5 次，点击“计算平均值”按钮求平均值。
5. 点击“吊环内外径”，将吊环取下擦拭干净，测定吊环的内、外直径 5 次，记录 5 组数据，点击“计算内外径平均值”，获取平均值和平均接触面周边界长度 L。
6. 点击“计算 α 及不确定度”，点击“计算 α ”获取 α 和 $\Delta \alpha$ 的数值。

7、实验数据记录情况表如下：（以截图保存）

(1)用逐差法求仪器的转换系数 $K(N/mV)$

砝码质量 ($10^{-6}kg$)	增重读数 $V'_i(mV)$	减重读数 $V''_i(mV)$	$V_i = \frac{V'_i + V''_i}{2} (mV)$	等间距逐差 (mV) $\delta V_i = V_{i+4} - V_i$
0.00				$\delta V_1 = V_4 - V_0$
500.00				
1000.00				$\delta V_2 = V_5 - V_1$
1500.00				
2000.00				$\delta V_3 = V_6 - V_2$
2500.00				
3000.00				$\delta V_4 = V_7 - V_3$
3500.00				

$\overline{\delta V} = \frac{1}{4}(\delta V_1 + \delta V_2 + \delta V_3 + \delta V_4) = \underline{\hspace{2cm}}$ $\overline{\delta V}$ 为每 2000.00mg 对应的的电子秤的 mV 读数,则 $K = \frac{m \cdot g}{\overline{\delta V}} = \underline{\hspace{2cm}} (N/mV)$

(2)、用拉脱法求水拉力对应的电子秤读数

水温(室温)_____℃

电子秤初数 V_0 = _____ (mV)

测量次数	拉脱时最大读数 $V_2(mV)$	吊环读数 $V_1(mV)$	表面张力对应读数 $V = V_2 - V_1$
1			
2			
3			
4			
5			
平均值			$\bar{V} =$ _____

(3)、吊环的内、外直径：

单位：mm

测量次数	1	2	3	4	5	平均值
内径 $D_{内}$						
外径 $D_{外}$						

(4)、用拉脱法求 75% (左右) 医用酒精拉力对应的电子秤读数

电子秤初数 V_0 = _____ (mV)

测量次数	拉脱时最大读数 $V_2(mV)$	吊环读数 $V_1(mV)$	表面张力对应读数 $V = V_2 - V_1$
1			
2			
3			
4			
5			
平均值			$\bar{V} =$ _____

[附录一]

纯净水表面张力系数的公认值：

水的温度 T(℃)	10	15	20	25	30
$\alpha(\times 10^{-2}N/m)$	7.422	7.349	7.275	7.197	7.118