

# 溶液表面张力测定

班级：化工224	姓名：陈祎洋	学号：
实验时间：2024/04/08		实验地点：实验四楼101
指导老师：魏呵呵		批阅人：魏呵呵

## 实验目的

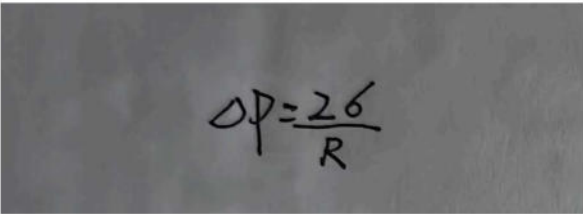
- 1. 掌握气泡的最大压力法测定溶液表面张力原理和技术。
- 2. 测定不同浓度乙醇水溶液的表面张力，计算表面吸附量。
- 3. 了解超级恒温槽的构造及使用方法。

## 实验原理

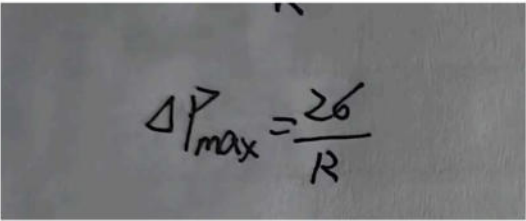
处于液体表面的分子由于受到液体内部分子与表面层外介质分子的不平衡力作用，具有表面张力。定义单位长度上沿着表面的切线方向垂直作用于表面的收缩力为表面张力 $\sigma$ ，单位  $N \cdot m^{-1}$ 。

气泡的最大压力法(或最大泡压法)是测定液体表面张力的方法之一。它的基本原理如下：

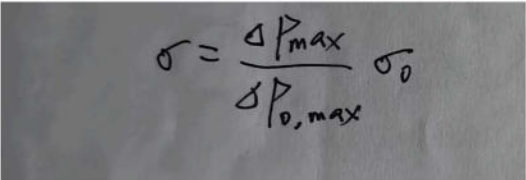
当玻璃毛细管一端与液体接触，并往毛细管内加压时，可以在液面的毛细管口处形成气泡。设气泡在形成过程中始终保持形，则气泡内外的压力差  $\Delta p$ (即施加于气泡的附加压力)与气泡的半径 $r$ 、液体表面张力 $\sigma$ 之间的关系可由拉普拉斯(Laplace)公式表示，即



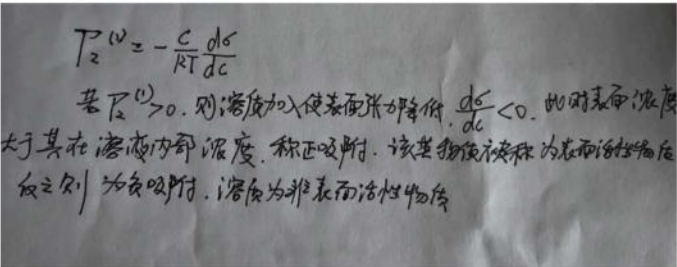
显然，在气泡形成过程中，气泡半径由大变小，再由小变大，而压力差 $\Delta p$ 则由小变大，然后再由大变小。当气泡半径 $r$ 等于毛细管半径 $R$ 时，压力差达到最大值 $\Delta p_{max}$ 。因此



由此可见，通过测定 $R$ 和  $\Delta p_{max}$ ，即可求得液体的表面张力。由于毛细管的半径较小，直接测量 $R$ 误差较大。通常用一已知表面张力 $\sigma_0$ 的液体(如水、甘油等)作为参考液体，在相同的实验条件下，测得相应最大压力差为 $\Delta p_{0,max}$ ，求得被测液体的表面张力



实验中用数字式微压差测量计测量压力差 $\Delta p$ 。在同一温度下，若测定不同浓度 $c$ 的溶液表面张力，按吉布斯(Gibbs)吸附等温式可计算溶质在单位界面过剩量，即吸附量：



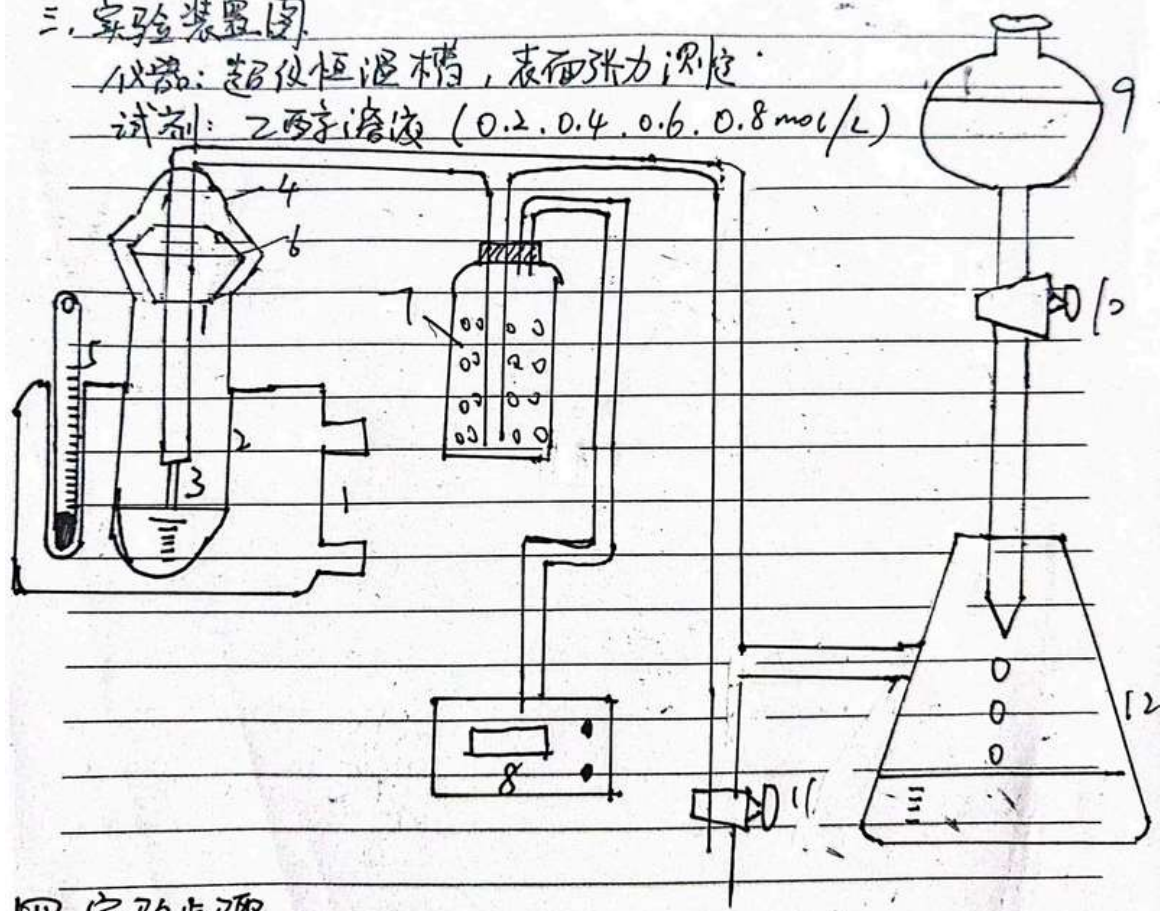
预习及原始数据记录

实验名称 溶液表面张力测定  
班级 16工224 姓名 陈祎洋 学号 22010731  
实验时间 4.7 实验地点 \_\_\_\_\_ 指导教师 \_\_\_\_\_

三. 实验装置图

仪器: 超仪恒温槽, 表面张力测定

试剂: 乙醇溶液 (0.2, 0.4, 0.6, 0.8 mol/L)



四. 实验步骤

1. 在测定管中装入一定量去离子水, 按图接好管路, 调节毛细管在液体中高度, 使毛细管口处于液面下适当位置。  
将恒温槽调至  $(25 \pm 0.1)^\circ\text{C}$  或  $(30 \pm 0.1)^\circ\text{C}$ 。
2. 待溶液恒温 10min 后, 转动活塞 10 调节水滴入增压瓶

装置中数字所代表的仪器名称:

1-恒温水槽; 2-表面张力测定管; 3-毛细管; 4-磨口塞; 5-温度计; 6-出气口; 7-干燥管; 8-数字式微压差测量仪; 9-储水瓶; 10-活塞; 11-增压瓶

#### 四. 实验步骤.

1. 在测定液中装入一定量去离子水. 按图接好管路. 调节毛细管在液体中高度. 使毛细管口处于液面下适当位置. 将恒温槽调至  $(25 \pm 0.1)^\circ\text{C}$  或  $(30 \pm 0.1)^\circ\text{C}$ .
2. 待溶液恒温 10min 后. 通过活塞 10 调节水流入贮压瓶 12 中的速度. 使气泡从毛细管口逸出. 调节速度控制在 5-15 个气泡每分钟. 记录微压计最大读数. 并  $\Delta P_{\max}$ . (要求至少测 3 次取平均)

3. 同上. 测  $0.2\text{mol/L}$ ,  $0.4$ ,  $0.6$ ,  $0.8\text{mol/L}$  的乙醇的  $\Delta P_{\max}$   
注: 调换溶液时. 测定管与毛细管需用待测液清洗

#### 五. 实验数据记录.

$t = 25.0^\circ\text{C}$ .

$c/\text{mol/L}$	$\Delta P_{\max,1}/\text{Pa}$	$\Delta P_{\max,2}/\text{Pa}$	$\Delta P_{\max,3}/\text{Pa}$	平均 $\Delta P_{\max}/\text{Pa}$	$\sigma$
0	1642	1641	1640	1641	0.07197
0.2	1533	1533	1534	1533.3	0.06725
0.4	1452	1452	1452	1452	0.06368
0.6	1388	1388	1388	1388	0.06087
0.8	1330	1330	1329	1329.7	0.05832

魏呵呵

2024.4.8

(上传有老师签名和全部实验步骤和原始数据记录的清晰图片)

#### 数据处理

含图表制作、计算示例及实验结论。(可以使用下面的表格制作表, 使用坐标系制图)

1. 计算不同浓度下乙醇溶液的表面张力, 计算溶液各浓度所对应的单位表面吸附量:

	A	B	C	D	E
1	表1: 不同浓度乙醇溶液表面张力值及对应斜率、表面吸附量计算 $t=25.0^\circ\text{C}$				
2	$c/\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$	平均 $\Delta p_{\max}/\text{Pa}$	$\sigma/\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$	$\frac{d\sigma/dc}{\text{L}\cdot\text{N}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}}$	$\frac{\Gamma_2^{(1)}}{\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}}$
3	0	1642	0.07197	-0.0236	0.000000000
4	0.2	1533.3	0.06725	-0.02073	0.000001673
5	0.4	1452	0.06368	-0.01595	0.000002574
6	0.6	1388	0.06087	-0.01340	0.000003243
7	0.8	1329.7	0.05832	-0.01275	0.000004115

2. 使用计算机拟合的方法, 绘制表面张力-浓度曲线, 并求出各个点的斜率:



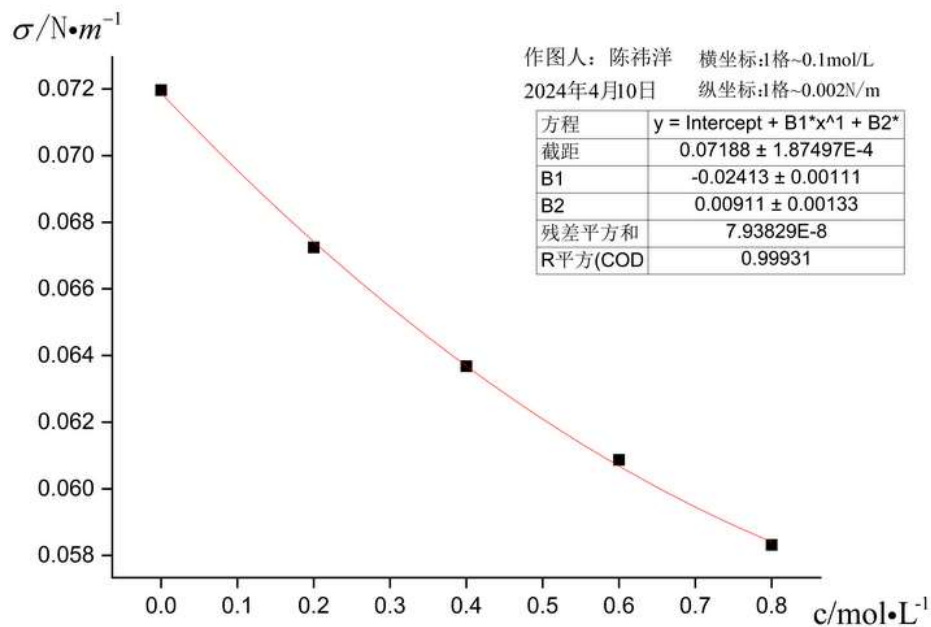


图2: 表面张力 $\sigma$ -浓度 $c$  拟合曲线

计算示例:

计算示例: 以  $c = 0.2 \text{ mol/L}$  为例:

$$\sigma = \frac{\partial P_{\text{max}}}{\partial P_{0, \text{max}}} \cdot G_0 = \frac{1533.3 \text{ Pa}}{1642 \text{ Pa}} \times 0.17197 \text{ N/m} = 0.06725 \text{ N/m}$$

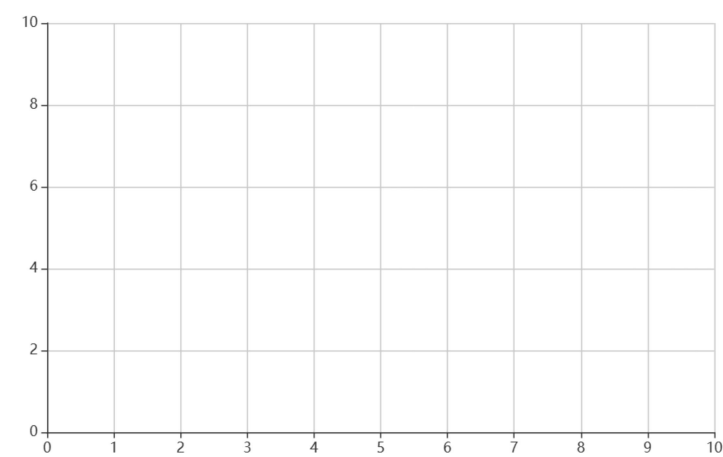
由作图拟合对应的  $\frac{d\sigma}{dc} = -0.02073$

$$\Gamma_2^{(M)} = -\frac{10c}{RT} \cdot \frac{d\sigma}{dc} = -\frac{0.2}{8.314 \times 298.15} \times (-0.02073) \text{ mol/m}^2 = 1.675 \times 10^{-6} \text{ mol/m}^2$$

表格

自定义列名	自定义列名

坐标系



分析讨论

含数据分析讨论和实验思考题。

**实验结果：**本次实验直接得到的结果作图如图2所示，可以发现，R-Square值达到0.99931，拟合程度较高。表面张力 $\sigma$ 随着正丁醇的浓度升高而逐渐降低，且降低的速度（即切线斜率）逐渐趋缓，这有可能是由于溶液中已经形成了饱和的单分子吸附层。

**思考题：**

1. 实验时，为什么毛细管口应处于刚好接触溶液表面的位置？ 如插入一定深度将对实验带来什么影响？

答：可以保证管口处的液体表面张力与细管内的空气压力平衡，插入一定深度后，需增加空气压力才能抵消这一深度的液柱压力，使实验测得的表面张力值偏高。

2. 在毛细管口所形成的气泡什么时候其半径最小？太大或者太小对实验影响？

答：与毛细管口半径相等时气泡半径最小，此时测得的 $p$ 即为 $p_{\max}$ 。毛细管太小会导致极易堵塞影响出泡量。毛细管太大会导致单位时间冒出气泡变多，测得的压力变小。

3. 实验中为什么要测定水的  $\Delta p_{0,\max}$  ？

答：通过对比法，可以直接将其作为类似参比物的物质，不用测量气泡半径（半径太小难以测量）

4. 为什么要求从毛细管中逸出的气泡必须均匀而间断？ 如何控制出泡速度？

答：有利于表面活性物质在表面达到吸附平衡，并可减少气体分子及气体与器壁之间的摩擦力，才能获得平衡的表面张力。控制出泡速度依靠调节分液漏斗来实现。若出泡速度过快，将使表面张力测定值偏高。

**误差分析：**在本次实验中，各种操作细节会对结果产生比较大的影响，包括溶液配置的浓度是否存在误差、溶液是否恒温足够长时间且完全浸泡于水浴中、实验所用样品管及毛细管是否得到完全润洗、毛细管内径是否均匀、毛细管尖端是否刚好与液面接触、出泡时间是否控制较好、实验仪器是否水平等等。下面是具体的分析：

... a.毛细管内径的不均匀会影响出泡的速度和平稳性。尤其当不均匀处接近端口，这种影响会更为明显。毛细管太粗将影响液泡的形状，太细则易粘连或堵塞。

... b.(我的猜测)毛细管的内径较小，当乙醇浓度逐渐升高时，作为一种有机溶剂，体系黏度变大，会有部分乙醇溶液挂壁而不下落，从而造成冒泡不规则或者测量不精确，进而导致实验误差。

... c.论文查阅：若考虑吸附量不会随乙醇浓度增加而减小,即存在饱和吸附量  $\Gamma_{\infty}$ ,则对数拟合法为最佳选择,且最后按照直线拟合法进行计算所得表面吸附量更加准确。<sup>1</sup>

## 感想感悟

**感想感悟：**

...在完成本实验时，我感觉实验操作以及实验步骤相对其他实验较为简单，但操作的精准度会对实验结果的测定有较大影响，特别是害怕毛细管堵塞的情况，此外还有一些琐碎的注意事项，比如说比如毛细管保持清洁，每次实验后应当彻底清洗干净；读数的时机是气泡的冒出速度适中，不能连续冒出也不能冒出过快。

...相比前几次实验，这一次的实验报告写作练习中，我撰写实验报告的技能不断提升、规范性不断加强，在速度上也有了显著的提升，使用Origin进行辅助作图2，使用excel制作图表，从而充分熟悉了这些重要软件和工具的使用。

**实验改进：**

1.测定液体表面张力除气泡的最大压力法外，常用的还有毛细管上升法、滴重法等等。

2.本实验为防止堵塞毛细管，缺失了润洗毛细管这个环节，我认为除了加上润洗毛细管的环节，还应用洗耳球将毛细管中残留的液体吹出，避免残留不同浓度的溶液对后续实验造成影响。

3.本实验在实验数据处理时可以采用其他方式比如对数拟合，指数第一顺序法拟合，指数第二顺序法拟合，三次多项式拟合，这些方法得到的可以更加准确。

4.查阅文献<sup>2, 3</sup>后，得到了改进装置如下：

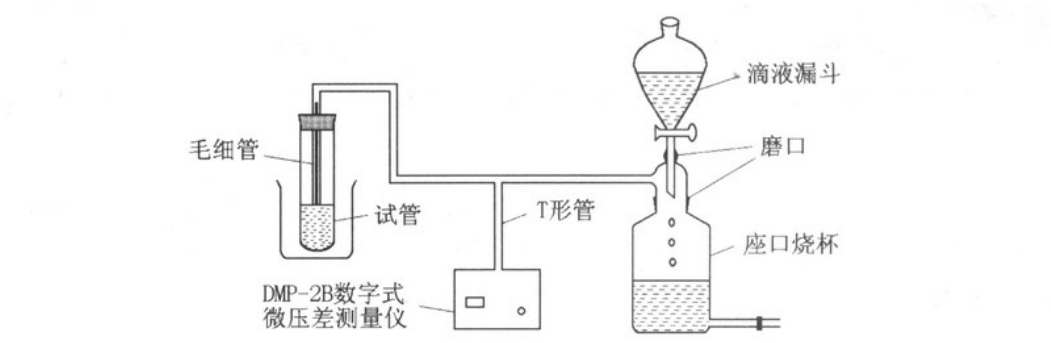


图3：改进后表面张力装置图(南京大学应用物理研究所提供)

**参考文献：**1.武正簧, 张楠祥, 安新跃, 乙醇水溶液表面张力的测定及数据处理方法[J]. 分析仪器, 2014, (01): 73-78.

2.庄志萍,孙鹏琦,马天慧,赵伟, 溶液表面张力测定实验的改进[J]. 大学化学, 2003, (03): 48-49

3.董金龙,刘雪娟,赵婷婷,等.最大泡压法测定溶液表面张力实验条件的优化[J].大学化学,2021,36(06):144-149.

