

0.5分

学生回答

实验 4.5 液体表面张力系数的测量

[实验目的]

- 1)用砝码对硅压阻力敏传感器进行定标, 计算该传感器的灵敏度, 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)测量水和乙醇的表面张力系数。↓
- 4)测量不同浓度蔗糖水溶液的表面张力系数。↓

[实验仪器]

FD- NST-I 液体表面张力系数测定仪、铝合金吊环、0. 500g 砝码(七个)、砝码吊篮、镊子、游标卡尺、电吹风、水、乙醇和不同浓度蔗糖水溶液等。

得分: 0.3 分

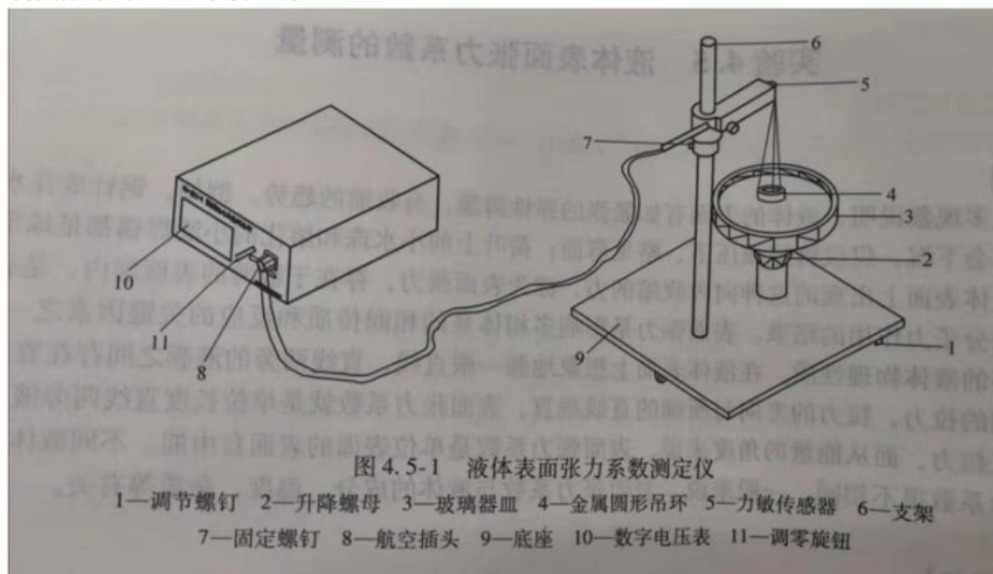
实验目的与实验仪器部分不完整

1分

学生回答

[实验原理]

FD-NST-I 液体表面张力系数测量实验仪是一种拉脱法液体表面张力系数测量仪, 实验装置如图 4.5-1 所示, 主要由硅压阻力敏传感器(又称半导体应变计)、数字电压表、支架与金属圆形吊环、砝码等组成。



如图 4.5-1 所示, 把一个金属圆形吊环固定在力敏传感器上。将该圆环浸没于液体中, 然后缓慢地拉起使其脱离液面。在圆环脱离液面瞬间, 力敏传感器所受到的拉力 F_1 为圆环所受到的液体表面张力与重力之和。假设圆环与液体接触角为零, 根据表面张力系数的定义, 此时圆环所受到的液体表面张力可以写为 $\alpha \cdot \pi(D_1 + D_2)$, 其中 D_1 、 D_2 分别为圆环外径和内径, α 为液体表面张力系数。而圆环所受到的重力为 mg , 其中 m 为圆环质量, g 为重力加速度。这样, F_1 可以写为

$$F_1 = \pi(D_1 + D_2)\alpha + mg \quad (4.5-1)$$

圆环拉脱后，力敏传感器受到的拉力 F_2 为

$$F_2 = mg \quad (4.5-2)$$

所以，在圆环拉脱液面瞬间与拉脱后力敏传感器受到的拉力的差值 F 为

$$F = F_1 - F_2 = \pi(D_1 + D_2)\alpha \quad (4.5-3)$$

因而液体表面张力系数可以写为

$$\alpha = \frac{F}{\pi(D_1 + D_2)} = \frac{F_1 - F_2}{\pi(D_1 + D_2)} \quad (4.5-4)$$

此外，力敏传感器受到的拉力与其输出电压成正比，即

$$U_1 = BF_1, U_2 = BF_2 \quad (4.5-5)$$

式中， B 为力敏传感器灵敏度，单位 V/N ； U_1 和 U_2 分别为即将拉断液柱时数字电压表读数和拉断液柱时数字电压表的读数。这样，表面张力系数也可写为

$$\alpha = \frac{U_1 - U_2}{\pi B(D_1 + D_2)} \quad (4.5-6)$$

上式是在假定液体与金属圆环间接触为全浸润接触，接触角为零条件下得到的。接触角不为零，则上式需要进行修正。

得分：0.5 分

实验原理图须手画

实验步骤

得分 0.7 / 总共 1

1分

学生回答

【实验步骤】

实验过程分为两个部分：

1. 硅压阻力敏传感器定标

在力敏传感器上分别加各种质量的砝码，测出相应的电压输出值，将实验 4.5-1，最小二乘法拟合得到仪器的灵敏度 B 。

2. 液体表面张力系数测量

用游标卡尺测量金属圆环内、外直径，数据记录于表 4.5-2 中

然后测量水、乙醇和不同浓度蔗糖水溶液的表面张力系数。将金属圆环挂在力敏传感器挂钩上，将圆环浸入待测液体中，然后缓慢调节上升架，观察拉脱法测液体表面张力的物理过程和物理现象，记录圆环在即将拉断液柱时数字电压表读数 U_1 ，拉断时数字电压表的读数 U_2 ，将实验结果记录于表 4.5-3 到表 4.5-7 中。对实验数据进行处理，获得待测液体表面张力系数。

具体实验步骤：

- 1) 开机预热。
- 2) 测量吊环的内、外直径。测量时注意不要让吊环变形。
- 3) 清洗玻璃器皿和吊环。
- 4) 在玻璃器皿内放入被测液体，并将玻璃器皿安放在升降台上。
- 5) 将砝码盘挂在力敏传感器挂钩上。
- 6) 若整机已预热 15min 以上，可对力敏传感器定标，在加砝码前应首先对仪器调零(要先把砝码盘放上，再调零!!!)，安放砝码时应尽量轻。
- 7) 将吊环挂在力敏传感器的挂钩上。在测定液体表面张力系数过程中，观察液体产生的浮力与张力的情况及现象。顺时针转动升降台大螺帽时液体液面上升，当环下沿部分均浸入

液体中时，改为逆时针转动该螺帽，这时液面往下降(或者说相对的吊环往上提拉)，观察环浸入液体中及从液体中拉起时的物理过程和现象，也可以用手机拍摄这一过程的录像。应特别注意吊环即将拉断液柱前一瞬间数字电压表读数值为 U_1 ，拉断时数字电压表读数为 U_2 。记下这两个数值。

得分：0.7 分

实验步骤部分不完整

数据处理

得分 1.2 / 总共 1.5

重力加速度 $g=9.8\text{N/g}$

游标卡尺误差 $\Delta_{\text{游}}=0.002\text{cm}$

一、传感器定标及吊环内外径测量

1.硅压阻力敏传感器定标

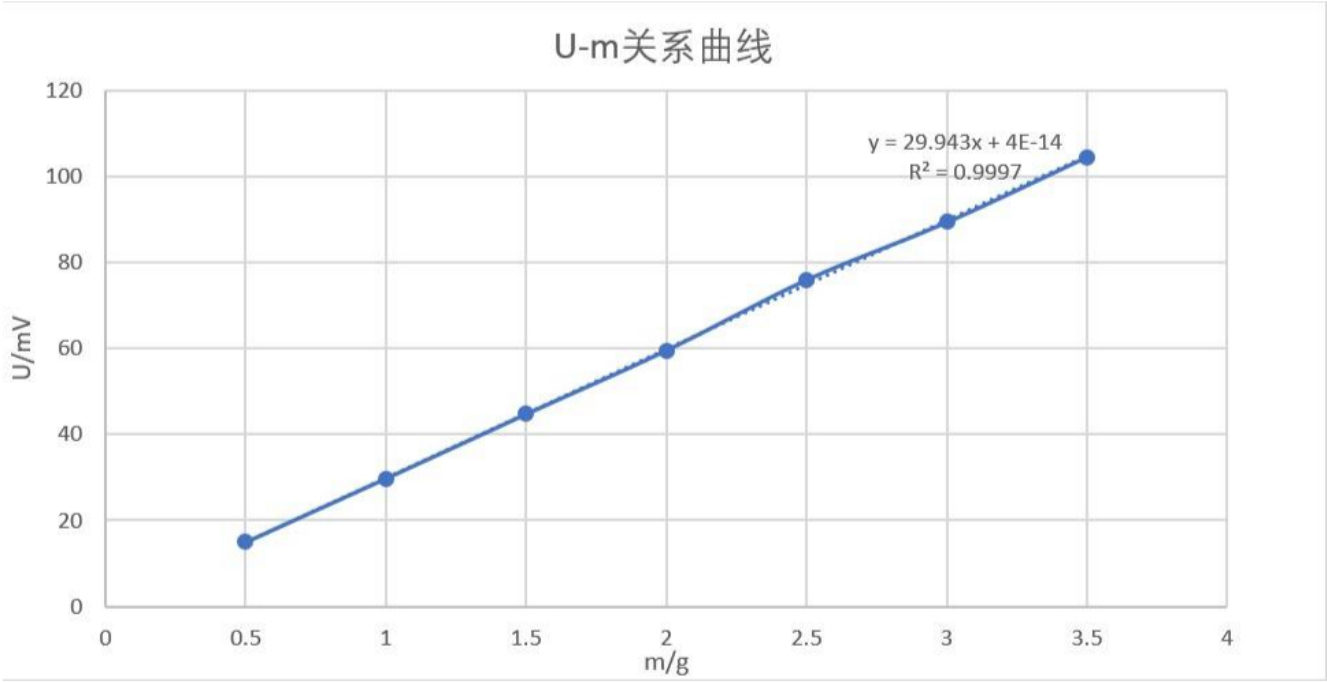
表1 力敏传感器定标

学生回答

物体质量 $m\text{ (g)}$	0.500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	3.500
输出电压 $U(\text{mV})$	15.0	29.8	44.8	59.6	76.0	89.4	104.6

0.05分 做U-m关系曲线图

学生回答



得分：0.05 分

0.025分 直线斜率的绝对值： $|b| = 29.94\text{mV/g}$

得分：0.025 分

0.025分 仪器灵敏度（请注意单位）： $B=3.06\text{/N}$

得分：0.025 分

0.05分 直线斜率标准差： $S_b=0.23\text{mV/g}$

得分：0.05 分

0.05分 则仪器灵敏度不确定度： $U_B=0.02\text{/N}$

计算结果不正确

得分：0 分

2.吊环内、外直径测量

表2 吊环内、外直径测量

学生回答

测量次数	内径 (cm)	外径 (cm)
1	3.310	3.480
2	3.320	3.470
3	3.300	3.470
4	3.300	3.510
5	3.300	3.500

0.05分 吊环平均内径： $D_1=3.306$ cm

得分：0.05 分

0.05分 吊环平均外径： $D_2=3.486$ cm

得分：0.05 分

0.1分 吊环内径不确定度： $U_{D_1}=0.0092$ m

计算结果不正确

得分：0 分

0.1分 吊环外径不确定度: $U_{D_2}=0.0183$ m

有效位数不正确,计算结果不正确

得分：0 分

二、表面张力系数测量1

液体：水

浓度：=0

温度：=20°C

表3 表面张力系数测量

学生回答

测量次数	U_1 (mV)	U_2 (mV)
1	35.2	-8.5
2	35.5	-8.4
3	35.5	-8.7
4	35.4	-8.4
5	35.5	-8.7

0.15分 表面张力系数计算

学生回答

测量次数	ΔU (mV)	F ($\times 10^{-3}$ N)	α ($\times 10^{-3}$ N/m)
1	43.7	14.28	66.93
2	43.9	14.35	67.24
3	44.2	14.44	67.69
4	43.8	14.31	67.09
5	44.2	14.44	67.69

得分：0.15 分

0.05分 表面张力系数平均值： $\overline{\alpha_1}=67.33 \times 10^{-3} N/m$

得分：0.05 分

三、表面张力系数测量2

液体：乙醇

浓度： $C_2=100$ %

温度： $T_2=20$ °C

表4 表面张力系数测量

学生回答

测量次数	U_1 (mV)	U_2 (mV)
1	6.0	-8.5
2	5.7	-8.6
3	5.7	-8.7
4	6.0	-8.5
5	6.2	-8.2

0.15分 表面张力系数计算

学生回答

测量次数	ΔU (mV)	F ($\times 10^{-3}N$)	α ($\times 10^{-3}N/m$)
1	14.5	4.74	22.21
2	14.3	4.67	21.90
3	14.4	4.71	22.06
4	14.5	4.74	22.21
5	14.4	4.71	22.06

得分：0.15 分

0.05分 表面张力系数平均值： $\overline{\alpha_2} = 22.09 \times 10^{-3} N/m$

得分：0.05 分

四、表面张力系数测量3

液体：乙醇

浓度： $C_3 = 75\%$

温度： $T_3 = 20^\circ C$

表5 表面张力系数测量

学生回答

测量次数	U_1 (mV)	U_2 (mV)
1	3.9	-12.8
2	3.8	-12.8
3	3.8	-12.7
4	3.7	-12.8
5	3.8	-12.6

0.15分 表面张力系数计算

学生回答

测量次数	ΔU (mV)	F ($\times 10^{-3}N$)	α ($\times 10^{-3}N/m$)
1	16.7	5.46	25.58
2	16.6	5.43	25.43
3	16.5	5.39	25.27
4	16.5	5.39	25.27
5	16.4	3.36	25.12

计算结果不正确

得分：0.14 分

0.05分 表面张力系数平均值： $\overline{\alpha_3} = 25.33 \times 10^{-3} N/m$

得分：0.05 分

五、表面张力系数测量4

液体：乙醇

浓度： $C_4 = 50\%$

温度： $T_4 = 20^\circ C$

表6 表面张力系数测量

学生回答

测量次数	U_1 (mV)	U_2 (mV)
1	15.4	-8.5

2	15.7	-8.7
3	15.4	-8.6
4	15.6	-8.3
5	16.4	-8.1

0.15分 表面张力系数计算

学生回答

测量次数	ΔU (mV)	F ($\times 10^{-3}N$)	α ($\times 10^{-3}N/m$)
1	23.9	7.81	36.60
2	24.4	7.97	37.37
3	24.0	7.84	36.76
4	23.9	7.81	36.60
5	24.5	8.01	37.54

得分：0.15 分

0.05分 表面张力系数平均值： $\overline{\alpha_i} = 36.97 \times 10^{-3} N/m$

得分：0.05 分

六、表面张力系数测量5

液体：乙醇

浓度： $C_5 = 25\%$

温度： $T_5 = 20^{\circ}C$

表7 表面张力系数测量

学生回答

测量次数	U_1 (mV)	U_2 (mV)
1	21.4	-7.9
2	21.0	-8.0
3	22.3	-8.2
4	21.8	-8.4
5	21.1	-8.5

表面张力系数计算

学生回答

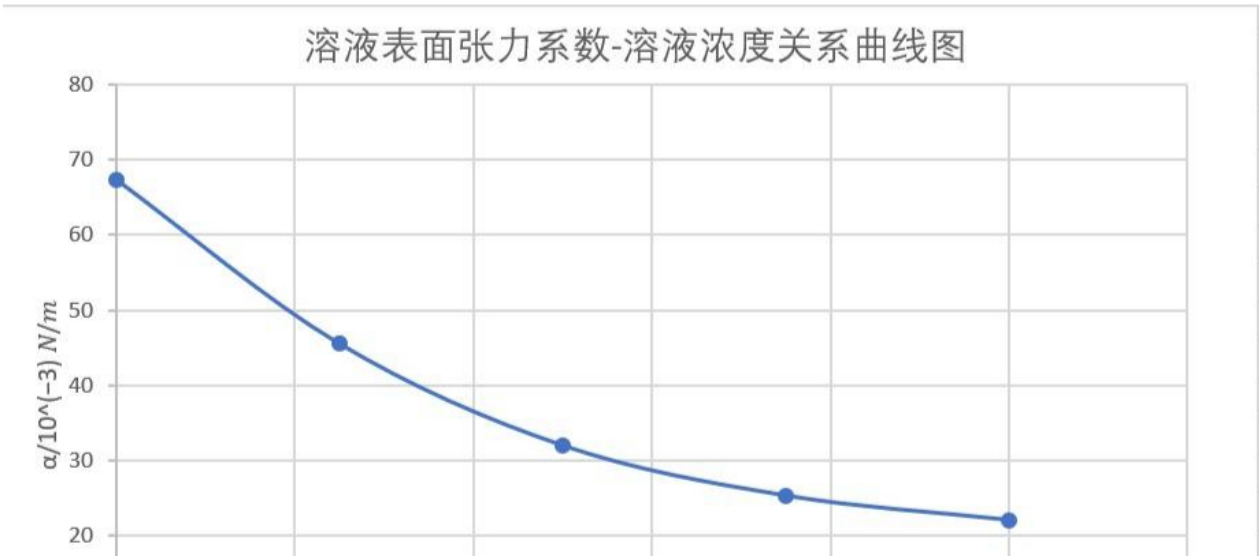
测量次数	ΔU (mV)	F ($\times 10^{-3}N$)	α ($\times 10^{-3}N/m$)
1	29.3	9.58	44.88
2	29.0	9.48	44.42
3	30.5	9.97	46.71
4	30.2	9.87	46.25
5	29.6	9.67	45.34

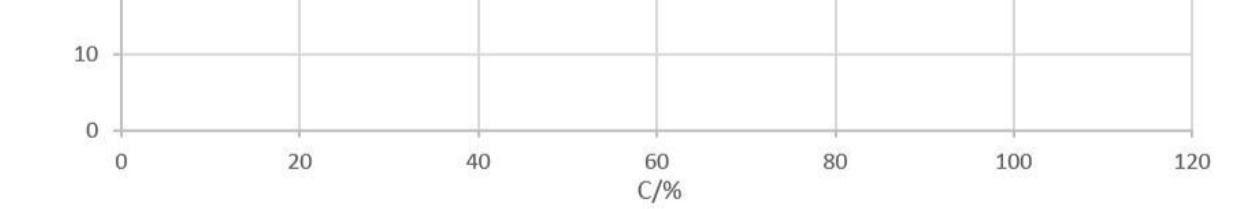
蔗糖水溶液的表面张力系数平均值： $\overline{\alpha_i} = 45.52 \times 10^{-3} N/m$

七、溶液浓度与液体表面张力系数的关系

0.2分 做溶液表面张力系数-溶液浓度关系曲线图（此处视纯水的浓度为0%）。

学生回答





得分: 0.2 分

分析讨论与结论

得分 1 / 总共 1

0.8分 分析讨论

学生回答

物理过程及物理现象: 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, 以顺时针转动升降台大螺帽时液体液面上升, 当吊环下沿部分均浸入液体中时, 改为逆时针转动该螺帽, 这时液面往下降(或者说相对吊环往上提拉), 会发现数字电压表的读数先逐渐变大, 然后接着逐渐变小, 最后稳定于一个数值附近, 随后吊环一瞬间拉断液柱, 液体表面破裂, 拉断时电压表的示数瞬间发生变化。

乙醇浓度对液体表面张力系数的影响: 通过实验数据可以得到, 随着乙醇浓度的增大, 液体表面张力系数逐渐减小, 并且下降的速度逐渐平稳。这是由于表面张力的微观解释是分子间相互作用力, 而乙醇的密度比水小, 所以表面整理系数逐渐减小。查阅相关文献可知, 乙醇水溶液的表面张力系数和浓度的关系应该有 $\alpha = \alpha_0 - A \ln(1 + BC)$ 。式中 A, B 为系数, C 为浓度, α_0 为纯水的表面张力系数。

误差分析: 1.吊环必须水平调节好。如果有偏差角度就会引入误差。2.拉脱过程不均匀, 拉脱的速度过快。3.用游标卡尺测量圆环直径会有一些的误差, 导致圆环直径测量结果不准确。4.实验室的温度不稳定, 温度发生变化会带来误差。5.在旋转升降台时, 有时候用力不均匀会使液体的波动变大, 导致薄膜提前破裂, 产生误差。或在旋转升降台时, 实验台震动导致薄膜提前破裂, 产生误差。5.金属圆环不清洁, 就可能会有杂质漂浮在液面上, 当放入金属环时, 这些杂质容易吸附在金属环与液面的交界处, 会改变水面张力的大小, 实验中拉断液柱的高度也会改变, 从而影响实验结果。

实验数据不够准确, 因为实验中会引进误差。所以我们要尽量避免误差: 1.我们要保持盛放液体的玻璃器皿的清洁; 2.旋转大螺帽使液面下降时, 缓慢旋转避免水的晃动; 3.测量吊环内外径时, 多次测量取平均值。4.测量前对整机进行预热, 这样可以使其各项参数基本稳定, 电子测量更为精准。

乙醇的浓度为0, 相当于测量纯水的表面张力系数。但是由于实验所用的水里面参杂较多的表面活性物质, 致使水的表面张力系数变小, 所以会与理论值有一定出入。

得分: 0.8 分

0.2分 结论

学生回答

通过实验可以发现, 实验现象为当吊环下沿部分均浸入液体中时, 改为逆时针转动该螺帽, 这时液面往下降(或者说相对吊环往上提拉), 会发现数字电压表的读数先逐渐变大, 然后接着逐渐变小, 最后稳定于一个数值附近, 随后吊环一瞬间拉断液柱, 液体表面破裂, 这是由于液体有表面张力。

通过测量数据可以发现, 随着乙醇浓度的增大, 压强差逐渐减小, 液体的表面张力系数也逐渐减小, 并且溶液表面张力系数和溶液浓度关系的曲线是一条斜率逐渐减小的曲线。在本次实验中, 水的液体表面张力系数最大, 纯乙醇的液体表面张力系数最小。

实验测量得到的纯水的表面张力系数是67.33mN/m; 纯乙醇的表面张力系数是22.09mN/M; 75%乙醇的表面张力系数是25.33mN/M; 50%乙醇的表面张力系数是36.97mN/M; 25%乙醇的表面张力系数是45.52mN/M。

得分: 0.2 分

原始数据

学生回答

实验者信息:
专业班级: 计183 学号: 41824171 姓名: 姚燕雨 同组人姓名: 王琳琳

表 4.5-1 力敏传感器定标

物体质量 m/g	0.500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	3.500
输出电压 U/mV	15.0	29.8	44.8	59.6	76.0	89.4	104.6

表 4.5-2 吊环内、外直径测量

测量次数	内径/cm	外径/cm
1	3.310	3.480
2	3.320	3.470
3	3.300	3.470
4	3.300	3.510
5	3.300	3.500

表 4.5-3 水的表面张力系数测量 (温度 20 °C)

测量次数	U_1/mV	U_2/mV	$\Delta U/mV$	$F/\times 10^{-3} N$	$\alpha/\times 10^{-3} N/m$
------	----------	----------	---------------	----------------------	-----------------------------

1	35.2	-8.5	43.7	14.28	66.93
2	35.5	-8.4	43.9	14.35	67.24
3	35.5	-8.7	44.2	14.44	67.69
4	35.4	-8.4	43.8	14.31	67.09
5	35.5	-8.7	44.2	14.44	67.69

表 4.5-4 乙醇表面张力系数测量 (温度 20 °C)

测量次数	U_1/mV	U_2/mV	$\Delta U/\text{mV}$	$F/\times 10^{-3}\text{N}$	$\alpha/\times 10^{-3}\text{N/m}$
1	6.0	-8.5	14.5	4.74	22.21
2	5.7	-8.6	14.3	4.67	21.90
3	5.7	-8.7	14.4	4.71	22.06
4	6.0	-8.5	14.5	4.74	22.21
5	6.2	-8.2	14.4	4.71	22.06

表 4.5-5 蔗糖水溶液表面张力系数测量 (浓度 75% 温度 20 °C)

测量次数	U_1/mV	U_2/mV	$\Delta U/\text{mV}$	$F/\times 10^{-3}\text{N}$	$\alpha/\times 10^{-3}\text{N/m}$
1	3.9	-12.8	16.7	5.46	25.58
2	3.8	-12.8	16.6	5.43	25.43
3	3.8	-12.7	16.5	5.39	25.27
4	3.7	-12.8	16.5	5.39	25.27
5	3.8	-12.6	16.4	5.36	25.12

数据已阅
2019-12-05
肖立明

表 4.5-6 蔗糖水溶液表面张力系数测量 (浓度 50% 温度 20 °C)

测量次数	U_1/mV	U_2/mV	$\Delta U/\text{mV}$	$F/\times 10^{-3}\text{N}$	$\alpha/\times 10^{-3}\text{N/m}$
1	15.4	-8.5	23.9	7.81	36.60
2	15.1	-8.7	24.4	7.97	37.37
3	15.4	-8.6	24.0	7.84	36.76
4	15.6	-8.3	23.9	7.81	36.60
5	16.4	-8.1	24.5	8.01	37.54

表 4.5-7 蔗糖水溶液表面张力系数测量 (浓度 25% 温度 20 °C)

测量次数	U_1/mV	U_2/mV	$\Delta U/\text{mV}$	$F/\times 10^{-3}\text{N}$	$\alpha/\times 10^{-3}\text{N/m}$
1	21.4	-7.9	29.3	9.58	44.88
2	21.0	-8.0	29.0	9.48	44.42
3	22.3	-8.2	30.5	9.97	46.71
4	21.8	-8.4	30.2	9.87	46.25

5 7 21 24.1 -8.5 29.0 9.6 45.34

数据已阅
2013-1-25
肖立叶

2.8	2.8	2.28
1.8	2.8	2.28
1.8	2.8	2.28
1.8	2.8	2.28
1.8	2.8	2.28

2.8	2.8	2.28
1.8	2.8	2.28
1.8	2.8	2.28