

实 验 报 告

评分:

计算机 系 21 级 姓名 常文正 日期 2022-3-31 No. PB21111706

实验题目：液体表面张力系数测定

实验目的

液体具有尽量缩小其表面的趋势，好象液体表面是一张拉紧了橡皮膜一样。把这种沿着表面的、收缩液面的力称为表面张力。表面张力的存在能说明物质处于液态时所特有的许多现象，比如泡沫的形成、润湿和毛细现象等等。测定液体表面张力的方法很多，常用的有焦利氏秤法（拉脱法）、毛细管法、平板法、滴重法、最大泡压法等。本实验采用焦利氏秤法（拉脱法）。该方法的特点是，用秤量仪器直接测量液体的表面张力，测量方法直观，概念清楚。

实验原理

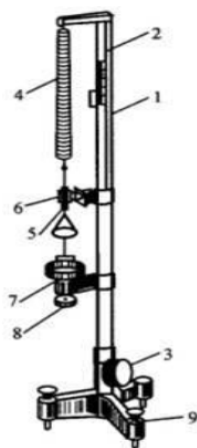
液体表面层（其厚度等于分子的作用半径）内的分子所处的环境跟液体内部的分子是不同的。表面层内的分子合力垂直于液面并指向液体内部，所以分子有从液面挤入液体内部的倾向，并使液体表面自然收缩想象在液面上划一条直线，表面张力就表现为直线两旁的液膜以一定的拉力相互作用。拉力 F 存在于表面层，方向恒与直线垂直，大小与直线的长度 l 成正比，即

$$F = \sigma l$$

式中 σ 称为表面张力系数，它的大小与液体的成分、纯度、浓度以及温度有关。

实验装置

焦利秤的构造如图所示，它实际上是一种用于测微小力的精细弹簧秤。一般的弹簧秤都是弹簧秤上端固定，在下端加负载后向下伸长，而焦利秤与之相反，它是控制弹簧下端的位置保持一定，加负载后向上拉动弹簧确定伸长值。



焦利氏秤装置图

1—秤框；2—升降金属杆；3—升降钮；4—锥形弹簧；5—带小镜子的挂钩；6—平衡指示玻璃管；7—平台；8—平台调节螺丝；9—底脚螺丝

实 验 报 告

评分:

计算机 系 21 级 姓名 常文正 日期 2022-3-31 No. PB21111706

实验题目：液体表面张力系数测定

原始数据

质量 m/g	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
距离 x/cm	3.91	4.39	4.82	5.28	5.75	6.23	6.68	7.16	7.63	8.08

距离 s/cm			直径 d/cm		
4.20	4.15	4.17	3.85	3.63	3.75

测量液体	测量组件	初始距离 l_0/cm	破裂时的距离 l/cm				
自来水	金属圈	8.07	9.34	9.44	9.40	9.41	9.42
洗洁精	金属丝	8.00	8.21	8.09	8.20	8.21	8.20
酒精	金属丝	8.00	8.20	8.17	8.17	8.19	8.16

测量液体	测量组件	初始距离 l_0/cm	浓度 (体积比)	1/100	1/10000	1/1000000
不同浓度的洗洁精	金属丝	8.00	破裂时的距离 l/cm	8.20	8.25	8.45
				8.21	8.24	8.43

数据处理

1. 最小二乘法/作图法求弹簧劲度系数:

由公式:

$$F = mg = k(x - x_0)$$

可得:

$$x = \frac{g}{k}m + x_0$$

将原始数据换算成国际单位计算:

$$\overline{m} = \frac{\sum_{i=1}^1 0m_i}{10} = 2.75 * 10^{-3}\text{kg}$$

$$\overline{x} = \frac{\sum_{i=1}^1 0x_i}{10} = 0.0599\text{m}$$

利用最小二乘法 $y = bx + a$ 可得:

$$b = \frac{g}{k} = \frac{\sum_{i=1}^{10} m_i x_i - 10\overline{x}\overline{m}}{\sum_{i=1}^{10} m_i^2 - 10\overline{m}^2} = 9.2836364\text{m/kg}$$

实验报告

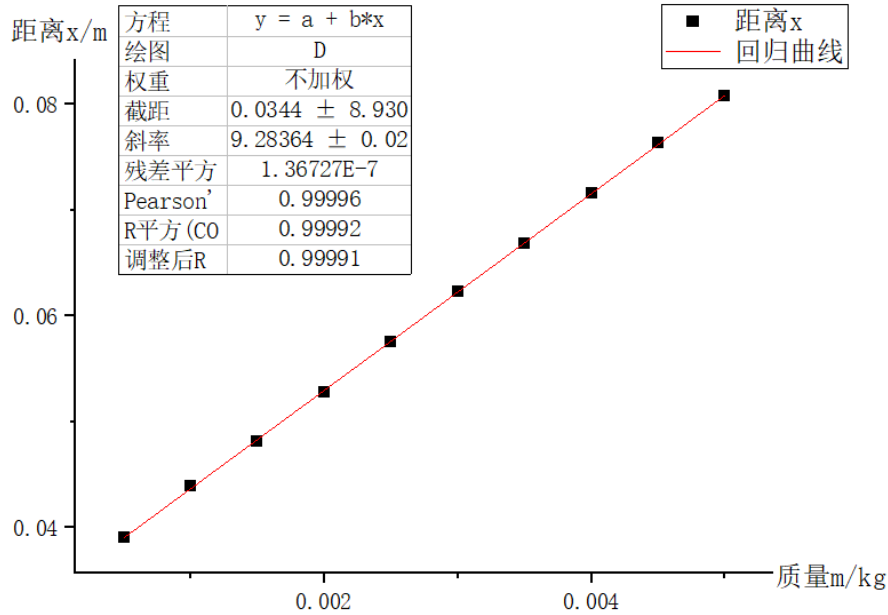
评分:

计算机系 21 级 姓名 常文正 日期 2022-3-31 No. PB21111706

实验题目：液体表面张力系数测定
进而可计算出 k 为

$$k = \frac{g}{b} = 1.05 \text{N/m}$$

将统计输入 origin 作图可得：



由作图拟合结果也可计算得到

$$k = \frac{g}{b} = 1.05 \text{N/m}$$

2. 用金属圈测量自来水的表面张力系数

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^3 d_i}{3} = 0.0374 \text{m}$$

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 (d_i - \bar{d})^2}{3 - 1}} = 0.00110 \text{m}$$

$$U_{d0.95} = \sqrt{\left(t_{0.95} \frac{\sigma_d}{\sqrt{n}}\right)^2 + \left(k_P \frac{\Delta_B}{C}\right)^2} = 0.0028 \text{m}$$

$$\bar{l} = \frac{\sum_{i=1}^5 l_i}{5} = 0.0940 \text{m}$$

$$\sigma_l = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (l_i - \bar{l})^2}{5 - 1}} = 0.000377 \text{m}$$

实 验 报 告

评分:

计算机 系 21 级 姓名 常文正 日期 2022-3-31 No. PB21111706

实验题目：液体表面张力系数测定

$$U_{l0.95} = \sqrt{\left(t_{0.95} \frac{\sigma_l}{\sqrt{n}}\right)^2 + \left(k_P \frac{\Delta_B}{C}\right)^2} = 0.0007\text{m}$$

由表面张力公式可得：

$$\sigma = \frac{F - mg}{2l} = \frac{k(\bar{l} - l_0)}{2\pi\bar{d}} = 0.0594\text{N/m}$$

对上式取微分并化为不确定度形式可得：

$$\left(\frac{U_\sigma}{\sigma}\right)^2 = \left(\frac{U_k}{k}\right)^2 + \left(\frac{U_l}{\bar{l} - l_0}\right)^2 + \left(\frac{U_d}{\bar{d}}\right)^2$$

这里我们通过数据处理 1. 的线性拟合结果可计算 k 的不确定度为： $\frac{U_k}{k} = 0.0022$ 代入计算可得

$$\frac{U_\sigma}{\sigma} = 0.0915$$

即 $U_\sigma = 0.005\text{N/m}$

$$\sigma = (0.0594 \pm 0.005)\text{N/m}, P = 0.95$$

3. 金属丝测量洗洁精水（体积比 1/1000）的表面张力系数

$$\bar{l} = \frac{\sum_{i=1}^5 l_i}{5} = 0.0820\text{m}$$

$$\bar{s} = \frac{\sum_{i=1}^3 s_i}{3} = 0.0417\text{m}$$

由表面张力公式可得：

$$\sigma = \frac{F - mg}{2l} = \frac{k(\bar{l} - l_0)}{2\bar{s}} = 0.0252\text{N/m}$$

4. 金属丝测量其他浓度洗洁精水的表面张力，并绘制表面张力与浓度曲线
通过原始数据可得

$$\bar{l}_1 = 0.0820\text{m} \quad \bar{l}_2 = 0.0824\text{m} \quad \bar{l}_3 = 0.0844\text{m}$$

通过表面张力公式

$$\sigma = \frac{F - mg}{2l} = \frac{k(\bar{l} - l_0)}{2\bar{s}}$$

分别可得：

$$\sigma_1 = 0.0252\text{N/m} \quad \sigma_2 = 0.0302\text{N/m} \quad \sigma_3 = 0.0554\text{N/m}$$

浓度（体积比）分别为 $\frac{1}{100}$ $\frac{1}{10000}$ $\frac{1}{1000000}$

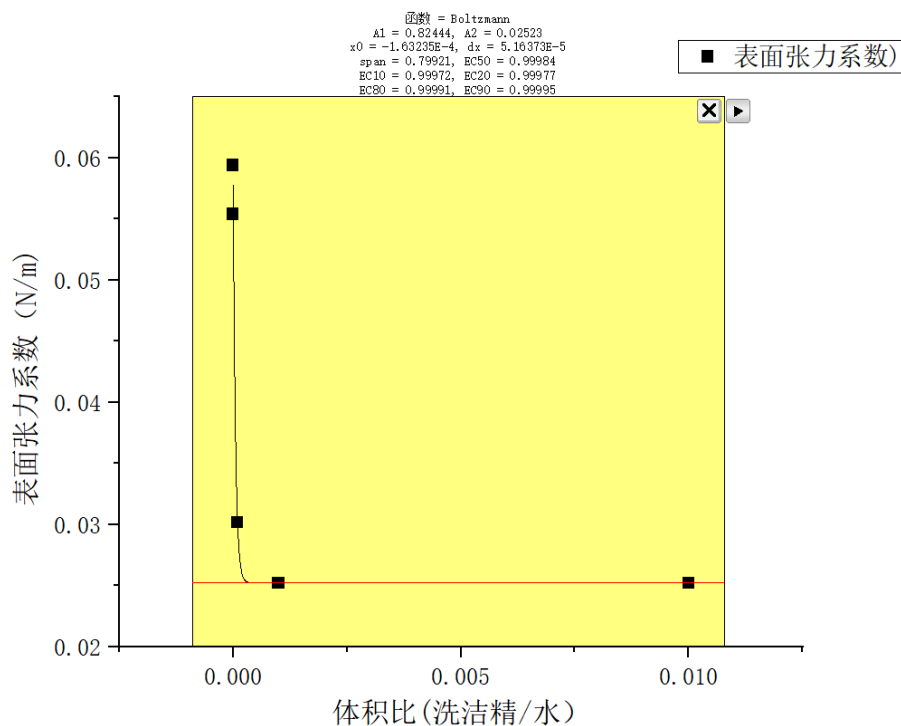
实验报告

评分:

计算机系 21 级 姓名 常文正 日期 2022-3-31 No. PB21111706

实验题目：液体表面张力系数测定

结合上述得到的水和体积比为 $\frac{1}{1000}$ 的表面张力数据，在 origin 中拟合结果如图：



实验结果

1. 实验结果

思考题

1. 思考题

实验总结

1. 实验总结