

班级：18 级软件 6 班

姓名：乔翱

实验操作成绩	报告成绩	总评

实验名称：液体表面张力系数的测定

实验目的：

1. 了解焦利氏秤的测量原理和测量方法。
2. 学习利用拉脱法测量自来水的表面张力系数。

实验仪器：

焦利氏秤、砝码托盘、金属环、金属框、镊子、砝码、游标卡尺、螺旋测微器、烧杯。

原始数据记录：

表 1：悬挂不同数量的砝码时，焦利氏秤的读数

主要仪器：焦利氏秤

精度：0.01cm

砝码数量	1	2	3	4	5	6
增重时读数 (cm)	10.52	11.06	11.57	12.10	12.60	13.10
减重时读数 (cm)	10.52	11.06	11.59	12.10	12.60	13.10
读数的平均值 h (cm)	10.52	11.06	11.58	12.10	12.60	13.10

表 2：金属框拉脱液膜时，焦利氏秤的读数

主要仪器：焦利氏秤、金属框、烧杯、游标卡尺、螺旋测微器

精度：0.01cm

测量次数	1	2	3	4	6	6
h_1 (cm)	10.92	10.90	10.90	10.93	10.94	10.88
$h_1 - h_0$ (cm)	0.72	0.70	0.70	0.73	0.74	0.68

$h_0 = 10.20\text{cm}$

$l = 4.500\text{cm}$

$d = 0.0800\text{cm}$

液体的温度：24.0℃

表 3：金属环拉脱液膜时，焦利氏秤的读数

主要仪器：焦利氏秤、金属环、烧杯、游标卡尺

精度：0.01cm

测量次数	1	2	3	4	6	6
h_1 (cm)	3.35	3.36	3.35	3.32	3.33	3.34
$h_1 - h_0$ (cm)	1.00	1.01	1.00	0.97	0.98	0.99

$h_0 = 2.35\text{cm}$

$D_1 = 2.200\text{cm}$

$D_2 = 2.000\text{cm}$

液体的温度：24.0℃

数据处理：

1. 用逐差法求弹簧的倔强系数

$$\Delta N_1 = L_4 - L_1 = 12.10 - 10.52 = 1.58\text{cm}$$

$$\Delta N_2 = L_5 - L_2 = 12.60 - 11.06 = 1.54\text{cm}$$

$$\Delta N_3 = L_6 - L_3 = 13.10 - 11.58 = 1.52\text{cm}$$

$$\text{倔强系数 } K = \frac{F}{\Delta h} = \frac{0.0005 \times 3 \times 9.8}{(0.0158 + 0.0154 + 0.0152) / 3} = 0.970 \text{ N/m}$$

2. 用金属框测量液体的表面张力系数

$$\overline{h_1 - h_0} = \frac{0.72 + 0.70 + 0.70 + 0.73 + 0.74 + 0.68}{6} = 0.712 \text{ cm}$$

$$l = 4.500 \text{ cm}, d = 0.0800 \text{ cm}$$

$$\text{液体表面张力系数 } \sigma = \frac{K(\overline{h_1 - h_0})}{2(l + d)} = \frac{0.970 \times 0.00712}{2 \times (0.04500 + 0.000800)} = 0.075 \text{ N/m}$$

3. 用金属环测量液体的表面张力系数

$$\overline{h_1 - h_0} = \frac{1.00 + 1.01 + 1.00 + 0.97 + 0.98 + 0.99}{6} = 0.992 \text{ cm}$$

$$D_1 = 2.200 \text{ cm}, D_2 = 2.000 \text{ cm}$$

$$\text{液体表面张力系数 } \sigma = \frac{K(\overline{h_1 - h_0})}{\pi(D_1 + D_2)} = \frac{0.970 \times 0.00992}{3.14 \times (0.02200 + 0.02000)} = 0.073 \text{ N/m}$$

误差分析：

- 1、环境因素可能会引起误差。
- 2、仪器的精度所限可能会引起误差。
- 3、操作不规范，例如读数的不准确可能会引起误差。

实验原理：

1. 液体分子受力情况

液体表面层中分子的受力情况与液体内部不同。在液体内部，分子在各个方向上受力均匀，合力为零。而在表面层中，由于液面上方气体分子数较少，使得表面层中的分子受到向上的引力小于向下的引力，合力不为零，这个合力垂直于液体表面并指向液体内部，如图 1 所示。所以，表面层的分子有从液面挤入液体内部的倾向，从而使得液体的表面自然收缩，直到达到动态平衡（即表面层中分子挤入液体内部的速率与液体内部分子热运动而达到液面的速率相等）。这时，就整个液面来说，如同拉紧的弹性薄膜，这种沿着表面，使液面收缩的力称为表面张力。

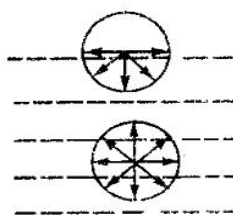


图 1 液体分子受力示意图

2. 液体表面张力系数

将一表面清洁的长度为 l 、金属丝直径为 d 的矩形金属框竖直浸入水中，使其底面水平并轻轻提起。当金属框底面与水面相平，或略高于水面时，由于液体表面张力的作用，金属框的四周将带起一部分水，使水面弯曲，呈图 2 所示的形状。

这时，金属框在竖直方向上受到三个力：金属框的重力 mg 、向上的拉力 F 以及水表面对金属框的表面张力 $f \cos \phi$ ， ϕ 为水面与金属框侧面的夹角，称为接触角。如果金属框静止，则竖直方向上合力为零，有

$$F = mg + f \cos \phi \quad (1)$$

在金属框临界脱离液体时， $\phi \approx 0$ ，即 $\cos \phi \approx 1$ ，则平衡条件变为：

$$F = mg + f \quad (2)$$

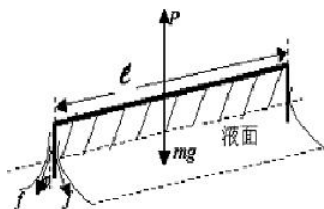


图2 金属框受力示意图

表面张力 f 是存在于液体表面上任何一条分界线两侧间的液体的相互作用拉力，其方向沿着液体表面，且垂直于该分界线。表面张力 f 的大小与接触面的周长成正比，比例系数 σ 称为表面张力系数，则由(2)式可得：

$$\sigma = \frac{f}{2(l+d)} = \frac{F-mg}{2(l+d)} \quad (3)$$

表面张力系数与液体的性质有关，密度小而易挥发的液体 σ 小，反之 σ 较大；表面张力系数还与杂质和温度有关，液体中掺入某些杂质可以增加 σ ，而掺入另一些杂质可能会减少 σ ；温度升高，表面张力系数 σ 将降低。

3. 利用焦利氏秤测量液体表面张力系数

焦利氏秤由固定在底座上的秤框、可升降的金属杆和锥形弹簧秤等部分组成，为了克服因弹簧自重引起弹性系数的变化，把弹簧做成锥形；焦利氏秤在测量过程中保持下端固定在某一位置，靠上端的位移大小来称衡；上端移动的距离 Δh 的大小恰好与外力 F 的大小成正比， $F = K\Delta h$ ，可得弹簧的倔强系数 K ：

$$K = \frac{F}{\Delta h} \quad (4)$$

由于焦利氏秤的特点，在使用中应保持让小镜中的指示横线、平衡指示玻璃管上的刻度线及其在小镜中的像三者对齐，简称为三线对齐，作为弹簧下端的固定起始点。

利用焦利氏秤测力，首先测量弹簧的倔强系数 K ；然后测出金属框在空气中，焦利氏秤的起始读数 h_0 ；再将金属框浸没在水中，测量金属框从水中拉脱后焦利氏秤的读数 h_1 ，由(3)式可得液体表面张力系数为：

$$\sigma = \frac{K(h_1 - h_0)}{2(l+d)} \quad (5)$$

用金属环（外径 D_1 ，内径 D_2 ）代替金属框，则液体表面张力系数为：

$$\sigma = \frac{K(h_1 - h_0)}{\pi(D_1 + D_2)} \quad (6)$$

测定表面张力系数的关键是测量表面张力，用普通的弹簧称是很难迅速测出液膜即将破裂时的表面张力的，焦利氏秤则克服了这一困难，可以快速准确地测量表面张力。

实验内容：

1. 测量焦利氏称弹簧的倔强系数

将砝码托盘放到焦利氏秤挂钩上，逐次向砝码托盘内放入砝码（一个砝码的质量为0.5g），分别在对应砝码个数为1、2、3、4、5、6时调节升降钮使三线对齐，记录刻度尺的读数；然后再依次减一个砝码，记录每减一个砝码三线对齐时刻度尺的相应读数；用逐差法处理数据，计算弹簧的倔强系数 K 。

2. 用金属框测量液体的表面张力系数

(1) 用游标卡尺测量金属框横梁的长度 l ；用螺旋测微器测量金属框丝的直径 d ；

(2) 取下砝码，将金属框挂到砝码托盘挂钩上，记录金属框处于空气中，三线对齐时刻度尺的读数 h_0 ；

(3) 把盛有自来水的烧杯放在焦利氏秤载物台上，调节载物台的微调螺丝和升降钮，使金属框浸入水面以下，调节升降杆及平台的高度使三线对齐；

(4) 缓慢地下降平台高度，并调节升降杆保证三线对齐，直至金属框架脱离液面为止，记下刻度尺的读数 h_1 ，重复测量6次，计算自来水的表面张力系数。

3. 用金属环测量液体的表面张力系数

(1) 用游标卡尺分别测量金属环的外径 D_1 和内径 D_2 ；

(2) 取下砝码盘和金属框，将金属环挂在焦利氏秤的挂钩上，记录金属环处于空气中，三线对齐时刻度尺的

读数 h_0 ；

（3）把盛有自来水的烧杯放在焦利氏秤载物台上，调节载物台的微调螺丝和升降钮，使金属环浸入水面以下，调节升降杆及平台的高度使三线对齐；

（4）缓慢地下降平台高度，并调节升降杆保证三线对齐，直至金属环脱离液面为止，记下刻度尺的读数 h_1 ，重复测量 6 次，计算自来水的表面张力系数。