

大学物理实验报告

第一部分 (实验目的与原理)

学部(院) 电子信息学院 姓名 乔洪煜寒 学号 2028410073 专业 电科

实验日期 2021.4.1 成绩 92

【实验名称】

液体表面张力系数的测定

【实验目的】

1. 掌握力敏传感器测量微小力的原理和方法
2. 了解液体的表面性质, 掌握脱环法测量液体表面张力系数的方法
3. 学会逐差法处理数据

【实验原理】

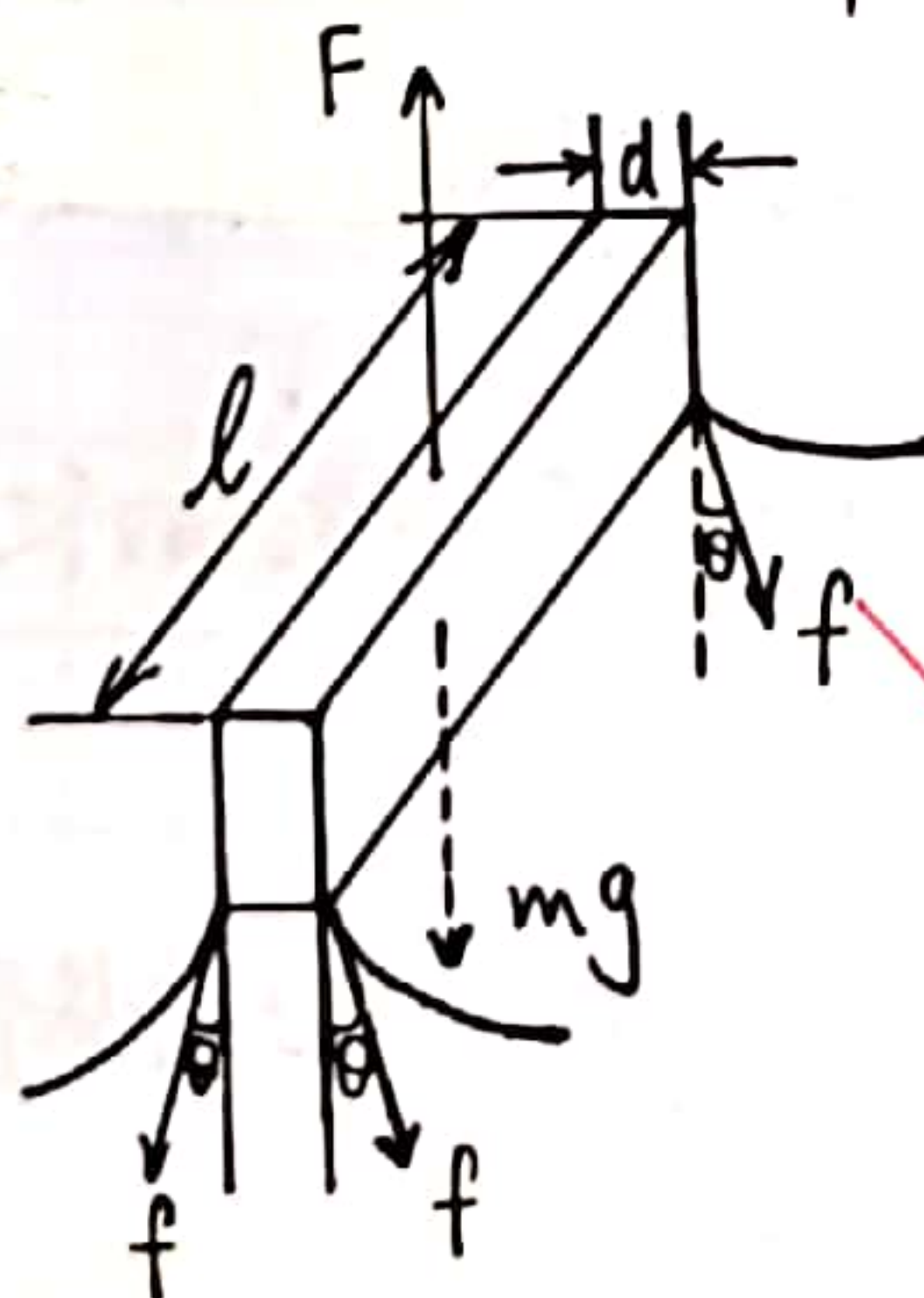
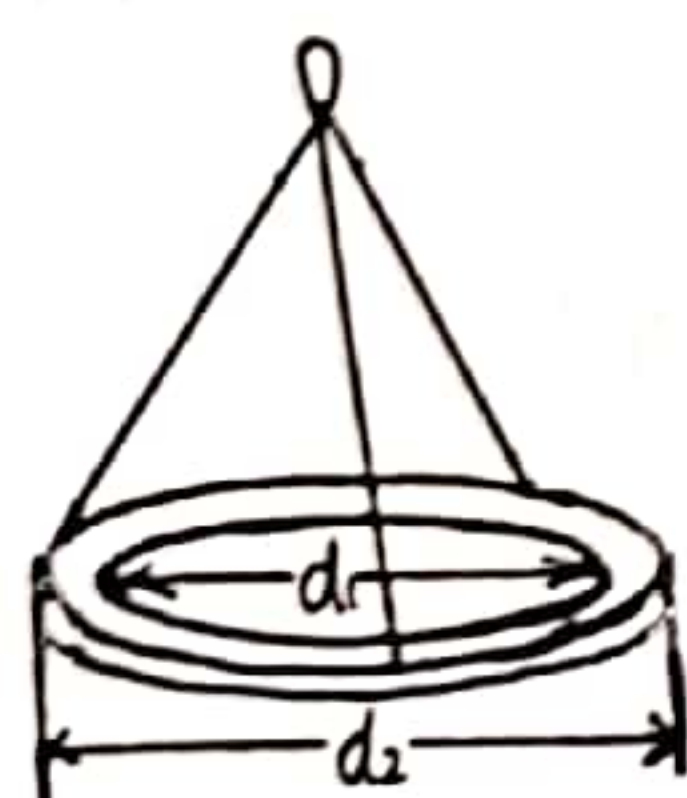
1. 浸润与不浸润:

在液体与固体接触处, 若固体和液体分子间的吸引力大于液体分子间的吸引力, 液体就会沿固体表面扩张, 形成薄膜附在固体上这就是浸润。

反之, 若固体和液体分子间的吸引力小于液体分子间的吸引力, 液体就不会沿固体表面扩张, 不附在固体上, 这种现象称为不浸润。

2. 受力分析:

将表面洁净的金属圆环竖直浸入水中, 然后轻轻提起。圆环将带起部分液体, 液体呈弯月状。



由于液面收缩而产生的沿切线方向的力 f 为表面张力, θ 为接触角。圆环脱离液面前各力平衡条件为 $F = mg + f \cos \theta$

如图所示, F 是向上的拉力, mg 为圆环重力, f 为表面张力, f 的值与接触面界周长 L 成正比
即 $f = \alpha L$

其中 α 即为液体表面张力系数

渐渐提起圆环, θ 趋向于 0 , 当 $\theta \rightarrow 0$ 时则有

$$\alpha = \frac{f}{L} = \frac{f}{\pi(d_1 + d_2)} = \frac{F - mg}{\pi(d_1 + d_2)}$$

【实验仪器】

FD-NST-I型液体表面张力系数测定仪、砝码、铝环、玻璃皿、待测液体、水平仪、游标卡尺等。

表面张力系数值一般很小，用拉脱法测量表面张力，对测量力的仪器要求很高，本实验采用硅压阻力敏传感器来测量。

硅压阻力敏传感器：

FD-NST-I型液体表面张力测定仪如图所示，利用电桥失去平衡时的输出电压，把所受力的大小转换为电信号，由数字电压表显示输出。

硅压阻力敏输出电压 U 的大小与所加外力成正比。 $U=kF$ 。

式中 k 为力敏传感器的灵敏度，单位为 V/N 。

环形液膜即将拉断前一瞬间电压表读数 $U_1=k(mg+f)$

液膜拉断后数字电压表读数 $U_2=kmg$ 。所以 $\Delta U=U_1-U_2=kf$

可得液体表面张力系数： $\alpha = \frac{f}{\pi(d_1+d_2)} = \frac{\Delta U}{k\pi(d_1+d_2)}$

大学物理实验报告

第二部分（实验记录）

学部（院）电子信息学院 姓名乔洪煜寒 学号2028410073 专业电科实验日期2021.4.1 成绩96

【原始实验数据及实验现象记录】

表1

外径
内径

	1	2	3	4	5	平均值
d_1/cm	3.500	3.492	3.502	3.490	3.488	3.494
d_2/cm	3.290	3.286	3.290	3.282	3.292	3.288

表2

i	砝码/g	增量 u/mV	减量 u/mV	平均 u_i/mV
0	0	0	-0.6	-0.3
1	0.5	18.5	17.8	18.2
2	1.0	36.7	36.2	36.5
3	1.5	55.0	54.2	54.6
4	2.0	73.0	72.4	72.7
5	2.5	90.8	90.3	90.6
6	3.0	108.5	108.3	108.4

$$\Delta U' = 18.0$$

$$k = 3.61$$

$$\lambda = \frac{f}{\pi(d_1 + d_2)} = \frac{\Delta U}{k\pi(d_1 + d_2)}$$

表3

i	U_1/mV	U_2/mV	$\Delta U/\text{mV}$	$f(\times 10^{-3}\text{N})$	$\lambda(\times 10^{-3}\text{N/cm})$
1	41.3	-8.9	50.2	13.7	0.6
2	41.7	-9.1	50.8	13.8	0.7
3	41.6	-9.0	50.6	13.8	0.6
4	41.6	-9.0	50.6	13.8	0.6
5	42.3	-8.9	51.2	14.0	0.7

数量级
好像算错了

大学物理实验报告

第三部分（实验方法与结果讨论）

学部（院）电子信息学院 姓名乔洪煜寒 学号2028410073 专业电科

实验日期_____ 成绩_____

【实验方法及步骤】

1. 实验准备:

- (1) 连线后接通主机电源, 开机预热
- (2) 调节铁架台上的三个水平调节螺丝, 使铁架台水平
- (3) 清洗玻璃器皿
- (4) 预热15分钟后, 可对力敏传感器定标.

2. 硅压阻力敏传感器定标:

- (1) 将砝码盘挂在力敏传感器的挂钩上
- (2) 将数字电压表调零
- (3) 依次加入0.5g的砝码, 待稳定后记下电压表读数.
注意放砝码时应尽量轻.
每次增加0.5g砝码, 待稳定后记下电压表读数增量 ΔU
- (4) 依次取走0.5g的砝码, 待稳定后记下电压表读数
注意取砝码时应尽量轻.
每次减少0.5g砝码, 待稳定后记下电压表读数减量 ΔU

3. 水表面张力系数的测量

- (1) 将砝码盘取下来换上吊环, 使吊环平面成水平状态
- (2) 在玻璃器皿内放入被测液体并安放在升降台上
- (3) 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), 观察环浸入液体中及从液体中拉起时的物理过程和现象. 特别注意吊环即将拉断液膜前一瞬间数字电压表读数值为 U_1 , 拉断时瞬间数字电压表读数为 U_2 . 记下这两个数值, 这时 $\Delta U = U_1 - U_2$, 重复测量6次.

【实验数据处理及实验结果】

(1) 吊环的内、外直径

$$L = \pi(d_1 + d_2)$$

$$L_1 = 21.331 \text{ cm}, L_2 = 21.294 \text{ cm}, L_3 = 21.338 \text{ cm}, L_4 = 21.275 \text{ cm}, L_5 = 21.300 \text{ cm}, \bar{L} = 21.308 \text{ cm}$$

$$A \text{类}: S_{\bar{L}} = \sqrt{\frac{\sum (L_i - \bar{L})^2}{n(n-1)}} = 0.0118 \text{ cm} = 0.118 \text{ mm}$$

$$B \text{类}: \sigma_L = \frac{\Delta L_{\text{标}}}{\sqrt{3}} = \frac{0.02 \text{ mm}}{\sqrt{3}} = 0.0115 \text{ mm}$$

$$U_{C.L} = \sqrt{S_{\bar{L}}^2 + \sigma_L^2} = 0.119 \text{ mm}$$

(2) 用逐差法求仪器的转换系数 k

$$\Delta \bar{U}' = \frac{1}{9} [(U_5' - U_2') + (U_4' - U_1') + (U_3' - U_0')] = 18.0 \text{ mV}$$

$$k = \frac{\Delta \bar{U}'}{mg} = 3.67$$

$$A \text{类}: S_{\Delta \bar{U}'} = \sqrt{\frac{\sum (\Delta U_i' - \Delta \bar{U}')^2}{5 \times (5-1)}} = 0.136 \text{ mV}$$

$$U_{C.\Delta \bar{U}'} = S_{\Delta \bar{U}'} = 0.136 \text{ mV}$$

$$U_{C.k} = \frac{U_{C.\Delta \bar{U}'}}{mg} = 0.0278$$

(3) 计算 α 及不确定度

$$f = \frac{\Delta U}{k}, \alpha = \frac{f}{\pi(\bar{d}_1 + \bar{d}_2)} = \frac{f}{L} = \frac{\Delta U}{kL}$$

$$\frac{U(\alpha)}{\alpha} = \sqrt{\left(\frac{U_{C.L}}{\bar{L}}\right)^2 + \left(\frac{U_{C.\Delta \bar{U}'}}{\Delta \bar{U}'}\right)^2 + \left(\frac{U_{C.k}}{k}\right)^2} = 0.011$$

$$U(\alpha) = 7.13 \times 10^{-4} \text{ (N/m)}$$

$$\alpha = \bar{\alpha} \pm U(\alpha) = (6.48 \times 10^{-2} \pm 7.13 \times 10^{-4}) \text{ (N/m)}$$

有小错误，不确定度应该只保留一位有效数字，且只进不舍。

最后一行的结果也要相应改变，前±号前后数据小数位数要统一

【问题讨论】

(1) 温度变化对表面张力有何影响？为什么？

答：温度升高，表面张力下降。表面张力与温度有关

(2) 测量前为什么要对整机进行预热？

答：实验所用的整机是使用精密电子元件制作而成的，在机器取元件通电工作时元件的温度系数会随着时间的延长而产生温度变化，温度的变化所产生的技术参数量化的误差越小越好。整机在通电工作一段时间后，它的各项参数就基本可以稳定了，这时进行电子测量是最精确的。