

拉脱法测量液体表面张力系数实验装置的改进

杨能勋, 王晓红, 崔 凯

(延安大学 物理与电子信息学院 陕西 延安 716000)

摘 要: 对用力敏传感器测量液体表面张力系数仪器进行研究, 利用连通器和浮力原理对原仪器的升降装置进行了改进, 提高了仪器的稳定性和重复性。同时将待测液体和吊环封装在玻璃容器中, 消除了空气的流通对实验的影响, 减少了实验误差。

关键词: 液体表面张力系数; 连通器; 改进; 升降装置

中图分类号: O4 - 33 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004 - 602X(2013) 03 - 0038 - 03

液体表面张力系数是表征液体性质的一个重要参量。由于液体分子间的相互吸引力, 使得液体具有尽量收缩其表面的趋势, 其表面像一张绷紧的弹性薄膜。即在液体表面存在沿着液面作用的张力, 这种张力使液体表面产生收缩的倾向称为表面张力。表面张力垂直于液体表面的任何一条线段, 沿着液体表面, 作用于单位长度的张力称为表面张力系数^[1]。测定液体表面张力系数的方法有: 拉脱法、悬滴法、静滴法、旋转液滴法、等密度法、最大气泡压力法和毛细管上升法等。拉脱法测量液体表面张力系数是最常用的方法, 此实验是大学物理实验中的基本实验, 最早测量液体表面张力是用约利弹簧秤和扭秤, 其测量系统误差大, 后来改用力敏传感器测量表面张力, 测量精度提高了很多。现有国内外生产的液体表面张力系数测量仪多采用硅压阻式力敏传感器进行测量, 液面升降采用旋转螺丝手动升降法, 液体和吊环都裸露在实验室中, 这样在进行实验时, 手动调节会引起被测液面的震动, 同时受到周围气流的影响, 都会在实验中导致液体薄膜在表面张力未达到临界状态就断裂, 容易带来实验误差。基于此, 笔者对实验仪器的升降装置进行了改进, 并增加了隔离空气流通的装置, 提高了实验测量的准确度和效率。

1 实验原理

1.1 力敏传感器

硅压阻式力敏传感器是由弹性梁和贴在梁上的传感器芯片组成, 该芯片由4个扩散电阻集成一个微型的惠斯通电桥^[2]。当外界拉力作用于梁上时, 在拉力的作用下, 梁产生弯曲, 硅压阻式力敏传感器受力的作用, 电桥失去平衡, 输出电压与所加外力成线性关系, 即

$$\Delta U = BF \quad (1)$$

式中 F 为所加外力, ΔU 为相应的电压改变量, B 为力敏传感器的灵敏度。

1.2 测量液体表面张力系数原理

设想在液面上作一长为 l 的线段, 则张力的作用表现在线段两侧液面以一定的力 f 相互作用, 而且力的方向恒与线段垂直, 其大小与线段长 l 成正比^[3], 即

$$f = \alpha l \quad (2)$$

比例系数 α 称为液体表面张力系数, 它表示单位长线段两侧液体的相互作用力, 表面张力系数的单位为 $\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$ 。

一个金属吊环固定在硅压阻力敏传感器上, 将该环浸没于液体中, 并渐渐拉起吊环, 则吊环从液面

收稿日期: 2013-06-14

基金项目: 延安大学第五届大学生科技创新训练计划项目(D2011 - 64)

作者简介: 杨能勋(1972—), 男, 陕西镇安人, 延安大学讲师。

拉脱瞬间传感器受到的拉力差值即为液体的表面张力^[4] f 为

$$f = \pi(D_1 + D_2)\alpha \quad (3)$$

式中 D_1 、 D_2 分别为吊环外径和内径, α 为液体表面张力系数。

所以液体表面张力系数为

$$\alpha = f / [\pi(D_1 + D_2)] \quad (4)$$

由(1)式, 得传感器受到的拉力差

$$f = \Delta U / B \quad (5)$$

式中 $\Delta U = U_1 - U_2$ 为液膜拉断前电压读数 U_1 与拉断后电压读数 U_2 之差。则液体的表面张力系数 α 为

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

由式(6)可知, 只要测出传感器的灵敏度 B , 吊环的外、内直径 D_1 、 D_2 , 液膜被拉断前和断后瞬间的电压表的电压 U_1 、 U_2 , 就可计算出表面张力系数 α 。

2 原实验装置存在的不足

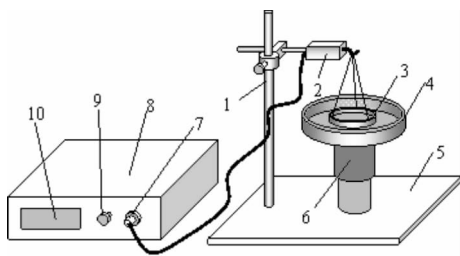


图1

液体表面张力系数测量仪如图1所示^[5]。图中1为支架, 2为力敏传感器, 3为吊环, 4为玻璃器皿, 5为底座, 6为升降螺帽, 7为航空插头, 8为数字电压表, 9为调零旋扭, 10为电压读数视窗。

此实验装置存在如下不足:

1) 升降台采用调节螺帽的手动升降法实现液面的升降。调节过程中容易造成仪器的震动, 导致液体薄膜在表面张力未达到临界状态就断裂, 测量的数据存在偏差。

2) 液面和吊环暴露在实验室环境中, 由于学生实验人数多以及人的呼吸等因素造成实验室空气流通, 从而导致测量数据存在误差。

3 实验装置的改进

针对原实验装置存在的问题, 笔者对仪器做了改进, 具体改进方法如下:

1) 利用连通器和浮力原理, 将手动升降台改成

控制液体液面使载物台上下移动^[6]。升降台改装如图2所示, 图中1为放置玻璃器皿的载物台, 2为盛水容器, 3为密闭容器, 4为软管, 5为阀门开关。载物台和密闭容器通过硬质杆相连, 密闭容器内为空气, 当右盛水容器抬高时, 其中的水通过软管流向左盛水容器, 载物台由于受到浮力作用做上升运动, 当右盛水容器降低时, 水从左盛水容器流到右盛水容器, 这样载物台做下降运动, 从而实现了载物台自动升降, 避免了手动调节造成的震动, 并且调节过程具有连续性, 利用连通器原理还节约了升降用的液体。图中阀门开关5可调节水流的流速以控制载物台下降的速度, 可以保证载物台缓慢下降。制作仪器时载物台和密闭容器的连杆与盛水容器的摩擦尽量小, 并且不能使载物台左右晃动。

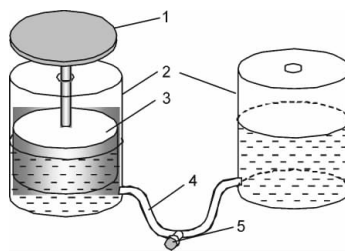


图2

2) 装置隔离罩。用有机玻璃制作一个面开口的长方体, 长方体的大小要能将除数字电压表和右盛水容器之外的所有仪器罩住。在长方体开口处开两个小口, 放置左右盛水容器的软管和数字电压表与力敏传感器连接的电线。实验时先将力敏传感器调节水平, 放置盛有待测液体的玻璃器皿后用此长方体罩住(长方体开口的一面向下放置) 仪器进行实验。这样可以避免由于人的流动和呼吸造成的空气流动对实验结果的影响。

4 新旧仪器实验对比分析

4.1 力敏传感器定标

在力敏传感器的砝码盘中, 依次加入500 mg的砝码, 测出相应的电压输出值, 实验数据见表1。

表1 力敏传感器的定标

砝码质量 m/g	0.500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	3.500	4.000
电压 U/mV	15.2	28.8	43.4	57.7	71.9	86	100.3	116.1

用最小二乘法作直线拟合, 得传感器的灵敏度为 $B = 2.93089 \times 10^3 \text{ mV} \cdot \text{N}^{-1}$, 拟合的线性相关系数 $r = 0.9999$, 正相关性很强, 延安地区重力加速度 $g = 9.7955 \text{ m} \cdot \text{N}^{-2}$ 。

4.2 纯水的液体表面张力系数的测定

用游标卡尺测量吊环的外径 $D_1 = 35.86 \text{ mm}$,内径 $D_2 = 33.66 \text{ mm}$ 。

4.2.1 原仪器的测量结果

用原仪器测量纯水的液体表面张力系数 ,测量步骤及结果如下^[7]。

先将吊环调水平 ,将待测纯水倒入玻璃器皿 ,调节吊环的高低使吊环与纯水液面接触 ,然后手动调节升降台螺帽使吊环缓慢上升 ,记录吊环在即将拉断液柱时的数字电压表的读数 U_1 ,拉断后数字电压表的读数 U_2 ,数据记录见表 2。

表 2 原仪器测量纯水的表面张力系数(水的温度 25.0°C)

测量次数	U_1/mV	U_2/mV	$\Delta U/\text{mV}$	$\alpha/$ ($10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$)
1	15.9	-29.2	45.1	70.4559
2	32	-15.3	47.3	73.8928
3	48.7	4.5	44.2	69.0499
4	59.6	14.4	45.2	70.6121
5	65.9	20.2	45.7	71.3932
6	68.1	24.3	43.8	68.4250

处理数据 ,计算出在原仪器测量的纯水的表面张力系数为 $(70.64 \pm 0.79) \times 10^{-3} \text{ N/m}$ 相对误差为 1.12%。

4.2.2 改进仪器的测量结果

用改进后的仪器测量纯水的液体表面张力系数 ,测量步骤及结果如下。

先将吊环调水平 ,将待测纯水倒入玻璃器皿并放到载物台上 ,调节吊环的高低使吊环在纯水液面附近 ,然后罩上有机玻璃长方体外罩 ,调节阀门开关使水的流速合适 ,抬高外盛水容器(即如图 2 的右盛水容器)使载物台上升与吊环接触 ,然后降低外盛水容器使载物台缓慢下降 ,记录吊环在即将拉断液柱时的数字电压表的读数 U_1 ,拉断后数字电压表的读数 U_2 ,数据记录见表 3。

表 3 改进仪器测量纯水的表面张力系数(水的温度 25.0°C)

测量次数	U_1/mV	U_2/mV	$\Delta U/\text{mV}$	$\alpha/$ ($10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$)
1	93.6	47.2	46.4	72.4868
2	86.4	40.1	46.3	72.3306
3	80.3	34.1	46.2	72.1744
4	76.5	30.1	46.4	72.4868
5	58.8	12.5	46.3	72.3306
6	66.5	19.8	46.7	72.9555

处理数据 ,计算出在改进后的仪器测量纯水的表面张力系数为 $(72.46 \pm 0.11) \times 10^{-3} \text{ N/m}$ 相对误差为 0.15%。

4.2.3 两种仪器测量结果的数据分析

对比表 2 和表 3 的测量数据及数据处理结果 ,可知用原仪器测量的数据波动范围比较大 ,数据不稳定 ,存在较大的误差。改进后的仪器测量数据比较稳定 ,重复性高。从相对误差(1.12% > 0.15%)可知 ,用改进后的仪器测量液体表面张力系数的数据分散程度小 ,多次测量数据很集中 ,而且测量精度大大提高。原仪器存在震动和空气流通等影响导致测量数据不稳定 ,用改进后的仪器测量数据减少了仪器震动和空气流通等因素的影响。

5 结束语

改进后的仪器利用容器的连通器和物体的浮力等原理 ,将原仪器的手动调节螺帽使载物台升降改进成由液体液面升降实现载物台自动升降 ,并增加了隔离罩。此改进可以减少仪器的震动和空气的流动对实验结果的影响 ,测量数据误差小 ,并且利用连通器原理节约了升降用的液体 ,只要换掉玻璃器皿的待测液体可以测量任何液体的表面张力系数。通过实验对比可以明显看出 ,使用改进后的实验装置来测量液体表面张力系数不但测试方便 ,而且测量精度也比原实验装置有所提高 ,另外 ,该装置造价低廉、操作简单 ,便于普及和推广。

参考文献:

- [1]杨述武.普通物理实验(一、力学及热学部分)[M].北京:高等教育出版社,2006.209-217.
- [2]黄继昌.等.传感器工作原理及应用实例[M].北京:人民邮电出版社,1998.120-122.
- [3]陈骏逸,范伟民.用硅压阻式力敏传感器测量液体的表面张力系数[J].实验室研究与探索,2002,21(6):42-44.
- [4]杨能勋,刘竹琴.医用物理学实验[M].西安电子科技大学出版社,2011.54-57.
- [5]复旦天欣科教仪器有限公司.液体表面张力测定仪说明书[Z].2003.
- [6]徐崇,刘哲语,郇微亮.液体表面张力系数测量实验的改进[J].大学物理实验,2005,18(4):7-10.
- [7]代伟,徐平川,陈太红.等.液体表面张力系数实验装置的改进[J].大学物理,2011,30(9):38-40.

[责任编辑 贺小林]

(下转第 44 页)

Effect of Different Irrigation and Fertilizer Treatments on the Morphological Index of Pear Jujube

FENG Xiao-dong^{1 2} ,GE FANG¹ ,CHANG Hai-fei^{1 2}

(1. College of Life Science ,Yanan university ,Yan an 716000 ,China;

2. Shaanxi Key Laboratory of Chinese Jujube ,Yan an 716000 ,China)

Abstract: In different irrigation and fertilizer management , the changes of the length of bearing branch , the weight per one hundred leaves , the leaf area , the leaf thickness and the number of leaf on bearing branch of pear jujube were determined. The results showed that: compared with the control , the length of bearing branch and the number of leaf on bearing branch of pear jujube is significantly increase by different irrigation and fertilizer management , of which the best is compound fertilizer and watering; The weight per one hundred leaves , the leaf area and the leaf thickness of pear jujube is significantly increase by Irrigated the complete nutrient solution , compound fertilizer and compound fertilizer with watering. It is indicated that the growth of bearing branch and leaf of pear jujube can be significantly increase and help to improve the production of pear jujube by the fertilization combined with irrigation.

Key words: irrigation and fertilizer management; pear jujube; leaf area; weight per one hundred leaves; the number of leaf on bearing branch



(上接第 40 页)

Improvement of the Experiment Facility in Measuring Coefficient of Liquid Surface Tension by Abruption

YANG Neng-xun ,WANG Xiao-hong ,CUI KAI

(School of Physics and Electronic Information ,Yanan University ,Yan an ,716000 ,China)

Abstract: The liquid surface tension coefficient measurement facility by abruption was studied. The lifting motion was improved by connecting vessel and buoyancy principle. The stability and repeatability of the facility was enhanced. The measuring liquid and hanging ring were sealed in a glass container , which dispels the effect from the air circulation and the experimental error was reduced.

Key words: liquid surface tension coefficient; connecting vessel; improvement; lifting motion