

基于 MATLAB GUI 编程的液体表面张力系数实验数据处理方法

邹文龙

(苏州大学光电信息科学与工程学院 江苏 苏州 215006)

(收稿日期:2017-05-27)

摘要:液体表面张力系数是反映液体性质的一个非常重要的物理量,对其精确的测量是大学普通物理实验课程追求的目标.随着信息科学的日益发展,大学普通物理实验教学也应与时俱进.运用 MATLAB GUI 可视化设计数据记录表格,通过编程进行实验数据处理.既锻炼了学生的实验操作能力,又融入了软件编程,充分发挥学生的主观能动性,摒弃了传统实验教学复杂的数据运算.

关键词:液体表面张力系数 MATLAB GUI 可视化

1 引言

液体表面张力广泛应用于半导体、化工、生物领域,精确测定液体表面张力系数意义重大.测定表面张力系数常用的方法有吊环法、吊片法、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^[1-6].在上述的测量方法中,吊环法是实验室最常用的方法.目前吊环法液体表面张力系数测量仪主要采用焦利秤和 FD-NST-I 型数显测量仪.

大学普通物理课程开设的目标不仅让学生了解物理原理,还能培养学生的动手能力,养成实事求是的科学习惯.随着信息科学的日益发展,大学普通物理实验教学也应与时俱进.运用 MATLAB GUI 可视化设计数据记录表格,通过编程进行实验数据处理,将学生从复杂的计算中解放出来,让学生更多地了解实验数据处理的依据与作用,同时锻炼学生基本的编程能力和逻辑思维.

2 实验原理

本文采用 FD-NST-I 型数显测量仪进行测量,将金属铝环固定在传感器上,将该环浸没于被测液体中,并缓慢拉起圆环,当它从液面拉脱瞬间传感器受到的拉力差值 F 为

$$F = \pi(d_1 + d_2)\alpha \quad (1)$$

其中, d_1 和 d_2 分别为铝环的内、外径, α 为液体表面张力系数.另外,由数字电压表及硅压阻力敏传感器得到液体表面张力 F 为

$$F = \frac{U_1 - U_2}{K} \quad (2)$$

其中, K 为力敏传感器灵敏度,单位为 V/N , U_1 为吊环即将脱开液面前瞬间,数字电压表的最大读数, U_2 为脱开液面后数字电压表的读数.故液体表面张力系数 α 为

$$\alpha = \frac{U_1 - U_2}{K\pi(d_1 + d_2)} \quad (3)$$

3 实验方法

本实验测定的液体是水,室温 $25\text{ }^\circ\text{C}$,此温度下水的表面张力系数理论值

$$\alpha = 72.0 \times 10^{-3} \text{ N/m}$$

(1) 将传感器的固定杆安装在立柱上,要保证测力方向和传感器弹簧片的平面垂直.

(2) 传感器定标:打开 FD-NST-I 型数显测量仪的电源,预热 10 min ;然后托盘挂在传感器的挂钩上,此时调节数字电压表的示数为零;依次将标准砝码(0.5 g)放入托盘中,记录数字电压表相应的电压输出值;然后依次减去砝码,记录数字电压表相应的电压输出值.

(3) 用游标卡尺测量铝环的外径和内径.

(4) 将金属圆环吊片洗净,挂在小钩上,将该环浸没于液体中,并慢慢拉起,测出铝环从液面即将脱开前的数字电压表的读数值 U_1 ,测出铝环从液面脱开后瞬间电压表的读数 U_2 ,重复测量 6 次.

4 软件设计与处理

MATLAB 图形用户界面是指用户与计算机程

序的接触点或交互方式,是用户与计算机进行信息交流的界面.本文采用 MATLAB GUI 可视化编程进行数据处理,软件的界面如图 1 所示,界面上包括

铝环的内径、外径、定标数据和铝环脱离液面前后数据的输入框、实验数据处理按钮.

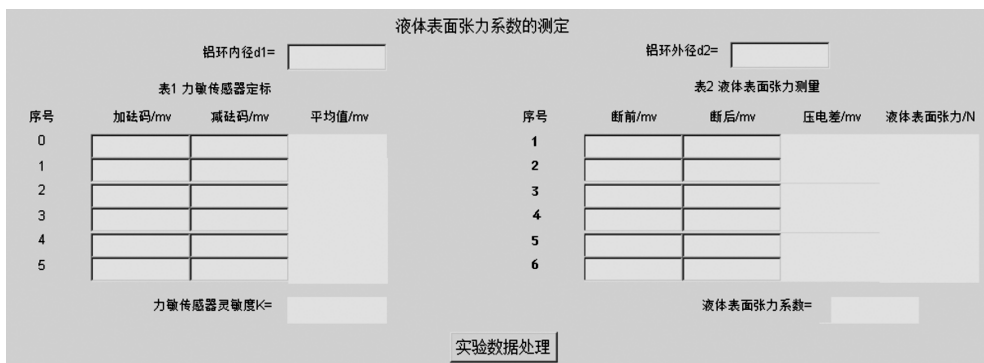


图 1 GUI 编程设计的软件界面图

具体的实验数据处理步骤如下:

(1) 将实验测量的铝环的内径 $d_1 = 3.425$ cm, 外径 $d_2 = 3.481$ cm 填入相应的空格, MATLAB GUI 通过句柄获取铝环的内外径的数据.

(2) 将力敏传感器的定标数据填入相应的空格内, 其中砝码的重力为 0.004 9, 0.0098, 0.014 7, 0.019 6, 0.024 5, 0.029 4 N, 相对应的平均电压 4.35, 9.05, 13.925, 18.7, 23.7, 28.5 mV. 通过 MATLAB GUI 句柄获取相应数据, 并采用 MATLAB 最小二乘法拟合直线, 拟合结果如图 2 所示, 直线斜率为 988.19, 即力敏传感器的灵敏度 $K = 988.19$ mV/N, 截距为 -0.577 mV, 输出电压与砝码重力之间的相关系数 $r = 0.999 7$, 线性拟合度高.

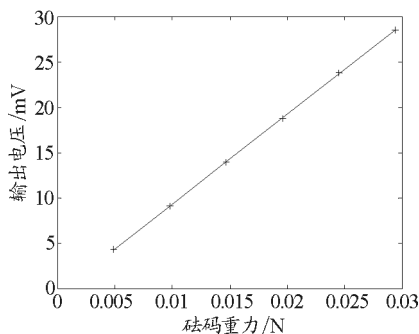


图 2 MATLAB 最小二乘法拟合图

(3) 将测量的铝环从液面即将脱开前的数字电压表的读数值 $U_1 = 8.6, 8.7, 8.4, 8.5, 8.5, 8.8$ mV 和铝环从液面脱开后瞬间的电压表的读数 $U_2 = -7.3, -7.0, -6.9, -7.4, -6.9, -7.2$ mV 依次填入相应的空格, MATLAB GUI 通过句柄获取相应的数据, 计算铝环脱离液面前后的电压差.

(4) 点击实验数据处理按钮, 计算出液体表面张

力及液体表面张力系数的平均值, 最后将实验结果直接显示在相应的空格内, 即 $\alpha = 73.2 \times 10^{-3}$ N/m, 相对误差为 1.6%. 而传统的数据处理方法是逐差法计算出电压与砝码重力之间的关系, 即 $K = 988.09$ mV/N, 相应的实验结果 $\alpha = 73.3 \times 10^{-3}$ N/m, 相对误差为 1.8%. 而本文采用最小二乘法拟合力敏传感器的灵敏度使测量更加精确, 水的表面张力系数也更加精确.

5 结论

本文通过 MATLAB GUI 软件设计, 一方面, 优化了液体表面张力系数测定的实验数据处理方法, 解决了繁琐的实验数据处理, 测量结果更加精确; 另一方面, 学生可以充分发挥主观能动性, 有更多的时间去思考本实验的物理意义, 提高软件程序阅读和编码的能力.

参考文献

- 1 代伟, 方小兵. 大学物理实验. 北京: 科学出版社, 2010. 106 ~ 108
- 2 沈元华, 陆申龙. 基础物理实验. 北京: 高等教育出版社, 2003. 116 ~ 119
- 3 李大勇, 石德全. 基于新方法的液体表面张力快速测定仪的研究. 仪器仪表学报, 2006, 27(1): 61 ~ 64
- 4 于军胜, 唐季安. 表(界)面张力测定方法的进展. 化学通报, 1997, 11(1): 11 ~ 15
- 5 尹东霞, 马沛生, 夏淑倩. 液体表面张力测定方法的研究进展. 科技通报, 2007, 23(3): 424 ~ 429
- 6 焦丽凤, 陆申龙. 用力敏传感器测量液体表面张力系数. 物理实验, 2002, 22(7): 40 ~ 42