

拉脱法测定液体表面张力系数的实验研究

詹 强, 张道清, 陈 霞*

(湛江师范学院 物理科学与技术学院, 广东 湛江 524048)

摘 要:经典的拉脱法测定液体表面张力系数实验中,我们改变实验的液体和拉起液体框的形状,以此探讨不同液体和不同浓度液体的表面张力系数.实验表明,用圆环测得液体表面张力系数比用门形框准确;蔗糖和盐水的液体表面张力系数均随溶液浓度增大而增大,呈近似线性关系.酒精则随浓度的增大而减小,呈近似对数关系.

关键词:拉脱法;液体表面张力系数;圆环;门形框;溶液浓度

中图分类号: O484

文献标识码: A

文章编号: 1006—4702(2009)06—0064—04

0 引 言

液体的表面张力是表征液体性质的一个重要参数.测量液体的表面张力系数有多种方法,拉脱法是测量液体表面张力系数常用的方法之一^[1].在教学实验中,我们仅对水的表面张力系数进行了测量.由于仅通过一次简单实验,学生对于其中的一些问题和理论认识还仅仅停留在表面^[2],不利于学生实验研究能力的提高.将本课题作为研究性实验,让学生在开放实验室分别用圆环和门形框测量液体表面张力系数,并作对比研究;还可研究不同液体的表面张力系数与其浓度的关系,一方面可以加深对液体表面张力概念的理解和认识,拓展知识面.另一方面使学生学会用实验的方法探究两个变量之间的关系,从而真正提高学生的实验创新能力.

1 改变拉起液体框的形状以及放置方位的实验研究

在大多实验方案中我们都是采用门形框作实验物体,这次改用一定规格的门形框和圆环框分别进行实验.

1.1 门形框的相关测量及数据处理

实验中,门形框的长度 l 为 45.04 mm,金属丝的直径 d 为 0.405 mm,弹簧劲度系数 $k = 1.348 \text{ N/m}$,实验液体为纯净水,环境温度 $31.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

表 1 用门形框测量

l'_0/mm	51.7	51.8	51.7	51.8	51.8	51.8
l'/mm	56.6	56.8	56.6	56.7	56.8	56.7
$l' - l'_0/\text{mm}$	4.9	5.0	4.9	4.9	5.0	4.9

代入公式 $\alpha = \frac{k(l' - l'_0)}{2(l + d)}$ ^[3], 即可算得 $\alpha = 72.67 \times 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$

收稿日期: 2009—11—10

基金项目: 湛江师范学院学生课外学术科技基金资助项目.

作者简介: 詹强(1988—), 男, 江西九江人, 湛江师范学院物理科学与技术学院学生.

* 通讯作者.

已知测量时温度为 31.6 °C,则标准值.

$$\alpha = (75.75 - 0.15t) \times 10^{-3} \text{ N/m} = 71.01 \times 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$$

故可得:门形框测得值与标准值的相对误差:

$$E = \frac{|\alpha_1 - \alpha|}{\alpha} = \frac{|72.67 - 71.01|}{71.01} = 2.34 \%$$

1.2 圆环框的相关测量及数据处理

实验中,圆环的外径 d_1 为 21.762 mm,内径为 20.952 mm,弹簧劲度系数 $k = 1.348 \text{ N/m}$,实验液体为纯净水,环境温度 31.6 °C.

表 2 用圆环框测量

l'_0 / mm	51.7	51.8	51.8	51.7	51.8	51.8
l' / mm	58.9	59.0	59.1	58.9	59.0	59.1
$l' - l'_0 / \text{mm}$	7.2	7.2	7.3	7.2	7.2	7.3

代入公式 $\alpha = \frac{k(l' - l_0)}{\pi(d_1 + d_2)}$,即可算得 $\alpha_e = 72.36 \times 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$

门形框测得值与公认值的相对误差: $E = \frac{|\alpha_e - \alpha|}{\alpha} = \frac{|72.36 - 71.01|}{71.01} = 1.91 \%$

1.3 门形框与圆环的实验对比分析及误差研究

在普通实验室条件下,用圆环框测得液体表面张力系数的值与公认值的相对误差比门形框小,即用圆环框测得结果比门形框准确.主要是由于圆环是个对称图形,各个方向受力对称,从而能比较准确地找出液体膜破裂的临界位置,减小了系统误差;其次,我们用圆环框测量时候,可以有效地避免用门形框测量时门形框两端不一致而造成的误差.

误差分析告诉我们,系统误差主要与薄膜的重量、金属框所受浮力、接触角 θ 、测量方法等方面有关,而采用联合法测量液体表面张力系数就可以很好的解决这一问题^[4].同时在一定程度上还和实验物体的规格有关,如:门形框的横丝长度,侧丝长度,金属丝直径^[5].偶然误差主要和平台引起的液面振动、圆环的净化处理、液体浸润不充分、外界环境变化(如空气流动)等方面有关.为避免由此产生的系统误差,实验前应对实验物体作净化处理,操作时动作要平稳连续,减少振动,但操作不宜过慢^[6].

2 几种液体表面张力系数与其浓度关系的实验研究

在对水进行测量以后,我们对不同浓度的蔗糖、盐水、酒精等溶液进行测量,这样可以明显观察到表面张力系数随液体浓度的变化现象,同时还对不同液体表面张力系数的差异进行了初步探究.

2.1 不同浓度的蔗糖

用旋光率为 $+66.60^\circ \text{cm}^3/\text{dm} \cdot \text{g}$ 的蔗糖和蒸馏水,配制以下不同质量浓度的蔗糖溶液.用上面提及的测量原理,采用圆环框作实验物体测得相应的 α 值,如表 3:

表 3 不同浓度的蔗糖的表面张力系数

浓度 $c / \%$	5	10	15	20	25	30
α	74.34	75.48	77.41	79.180	79.76	81.23

利用 Excel 作近似拟合,如图 1 发现蔗糖溶液的表面张力系数与浓度近似成线性关系,即蔗糖溶液的表面张力系数随其浓度增大而增大.

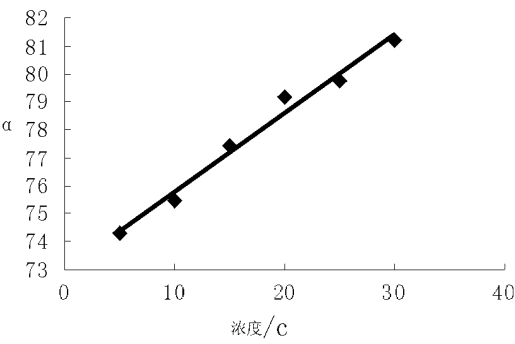


图 1 蔗糖溶液的表面张力系数与其浓度的关系

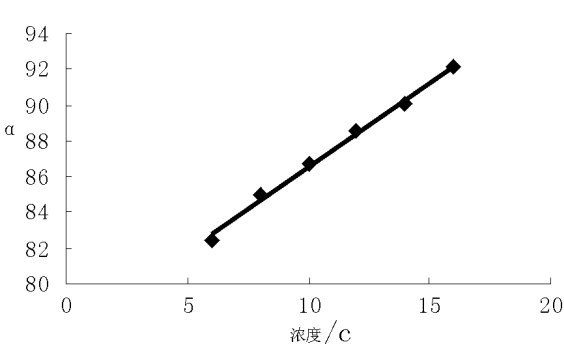


图 2 盐水的表面张力系数与其浓度的关系

2.2 不同浓度的盐水

用纯净的氯化钠和蒸馏水,配制以下不同质量浓度的盐水.用同一测量原理,采用圆环框作实验物体测得相应的 α 值,如表 4:

表 4 不同浓度的盐水的表面张力系数

浓度 $c/\%$	6	8	10	12	14	16
α	82.44	84.89	86.68	88.75	90.14	92.28

利用 Excel 作近似拟合,如图 2 发现这种溶液的表面张力系数与浓度近似成线性关系,即盐水的表面张力系数随其浓度增大而增大.

2.3 不同浓度的酒精

用酒精(化学纯 99.5%)和蒸馏水,配制以下不同质量浓度的酒精溶液.用同一测量原理,采用圆环框作实验物体测得相应的值 α ,如表 5:

表 5 不同浓度的酒精的表面张力系数

浓度 $c/\%$	10	20	40	60	80	100
α	47.18	36.87	29.47	25.40	24.10	22.65

利用 Excel 作近似拟合,如图 3 发现这种溶液的表面张力系数与浓度近似成对数关系,即酒精溶液的表面张力系数随其浓度增大而减小^[7].

2.4 液体表面张力系数与其浓度关系的初步认识

水的表面张力系数因加入溶质形成溶液而有不同的改变,这和溶质的化学组成有关.对蔗糖而言,它是有机化合物,虽然有机化合物一般能降低水的表面张力,但是蔗糖里面的亲水基羟基强于憎水基碳氢链的作用,使蔗糖分子总体有进入水中的趋势,羟基的主导作用使蔗糖溶液的表面张力系数大于水,并随溶液浓度增大而增大;对盐水而言,明显是因为其离子的亲水性,使盐水的表面张力系数大于水,也随溶液浓度增大而增大.其实大多数无机盐和不挥发性的酸碱的水溶液都有类似性质;但对酒精来说,它是非离子型的有机化合物,里面的憎水基碳氢链强于羟基,故酒精溶液的表面张力系数小于水,且随溶液浓度增大而减小.大多数非离子型的有机化合物如短链脂肪酸、醇、醛类的水溶液都有此行为^[8].

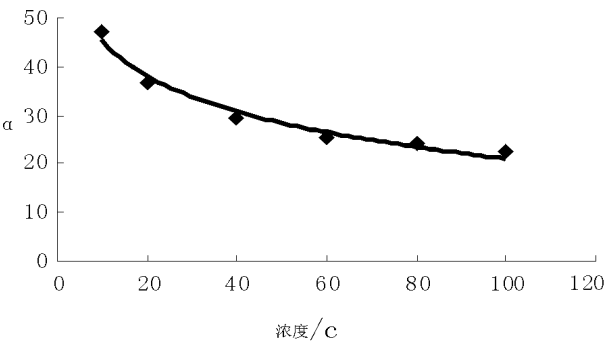


图 3 酒精的表面张力系数与其浓度的关系

3 结 论

从实验分析来看,使用圆环框测定液体表面张力系数具有的一定的优越性.对蔗糖溶液、盐水、酒精的表面张力系数和浓度关系的研究,使我们从物质结构的角度认识了这种关系,这对交叉学科领域的研究有一定意义.不仅丰富了实验内容,而且加强了学科联系,有助于加深对液体表面张力系数概念的理解和认识;另一方面有助于提高学生的分析能力和创新能力,值得在学生实验中开展.

参考文献:

[1] 岳小萍. 医学物理学实验[M]. 郑州:郑州大学出版社,2006.
[2] 邵建新. 用约利秤测液体表面张力系数实验测量公式的研究[J]. 物理与工程,2005. 15(6):34.
[3] 李静,厉志明. 普通物理实验[M]. 广州:华南理工大学出版社,1994.
[4] 陈霞,张道清,詹强,等. 测定液体表面张力系数实验的创新[J]. 湛江师范学院学报,2009,30(增刊):173—175.
[5] 魏杰,刘东红,孙建刚,等. 拉脱法测液体表面张力系数的改进[J]. 大学物理,2004. 23(12):43—44.
[6] 夏思澍,刘东红,孙建刚,等. 用力敏传感器测液体表面张力系数的误差分析[J]. 物理实验,2003. 23(7):39—41.
[7] 刘竹琴,冯红侠. 几种液体表面张力系数与其浓度关系的实验研究[J]. 延安大学学报,2008. 27(2):35—36.
[8] 傅献彩,沈文霞,姚天扬,等. 物理化学·下册[M]. 北京:高等教育出版社,2006.

Experimental study of Liquid Surface Tension
Coefficients by Pull-out Method

ZHAN Qiang, ZHANG Dao-qing, CHEN Xia

(School of Physical Science and Technology, Zhanjiang Normal College, Zhanjiang, Guangdong 524048, China)

Abstract:In the classical experiment for determining the surface tension coefficients by Pull-out method, we employ various liquid and frame with different shape to investigate the surface tension coefficients. Experiment results show that the results given by rings are more accurate than that given by fractal door. Moreover, the surface tension coefficients of the sucrose and saline increase with the solution concentration, and approximately show linear relation. However, the alcohol exhibits logarithmic relation.

Key words:Pull-out method; surface tension coefficient; ring; solution concentration