

电导法测定醋酸的电离平衡常数实验的改进

陈玉焕* 张姝明 王桂香 张 颖

(河北工业大学化工学院, 天津 300130)

摘要: 对电导法测定醋酸电离平衡常数实验做出以下改进: 使用恒温水浴、改变溶液配制方法和电极使用方法。以上改进使实验结果更加准确、可靠; 避免了实验中大量容量瓶的使用、清洗及润洗过程, 使实验操作更加简单快捷; 减少了醋酸的用量, 降低实验成本; 延长了电极的使用寿命; 同时加深了学生对该实验原理和方法的理解。

关键词: 醋酸; 电离平衡常数; 电导率; 实验改进

中图分类号: O646.1; G64

Experimental Improvements on Determination of Dissociation Constant of Acetic Acid by Conductometry

CHEN Yu-Huan* ZHANG Shu-Ming WANG Gui-Xiang ZHANG Ying

(School of Chemical Engineering, Hebei University of Technology, Tianjin 300130, P. R. China)

Abstract: Experimental improvements on determination of dissociation constant of acetic acid have been made by using thermostat, improving solution preparation, and changing the way of using electrode. These improvements greatly expand the lifetime of electrodes and reduce the amount of reagents, reducing the experimental cost. The experimental procedure is much simpler and results are more accurate. These improvements enhance the students' understanding about the principle and the method.

Key Words: Acetic acid; Dissociation constant; Conductivity; Experimental improvement

电导法测定电离平衡常数是物理化学实验教学中的一个重要实验。该实验通过测定不同浓度的醋酸(HAc)溶液的电导率计算其电离度, 并借助电离度与摩尔电导率的关系进一步得到醋酸的电离平衡常数 K 和无限稀释摩尔电导 Λ_m^∞ 。

该实验方法中多数^[1-5]需要使用容量瓶配制5–6个不同浓度的溶液, 通过电导率仪的温度补偿功能分别测定其电导率, 并进一步计算其电离度和电离平衡常数。

但该方法存在以下不足之处: ① 温度对电导率有较大的影响。本实验中通过不同浓度的醋酸溶液电导率的变化来计算其电离度, 并进一步确定其电离平衡常数, 因此电导率必须非常准确。而在实验过程中多数采用电导率仪的温度补偿方法, 即按照一定的温度系数换算出某一温度下的电导率, 这会使对准确度要求较高的本实验产生较大误差, 从而影响电离度及平衡常数的确定。② 实验中大量容量瓶的使用使得实验操作较为繁琐、复杂。③ 每测定一个样品时, 都需要润洗电导池, 把电极冲洗

*通讯作者, Email: yhchen@hebut.edu.cn

基金资助: 河北工业大学2015年教育教学改革研究项目(201501003); 河北省高等教育学会“十二五”规划2015年度课题(GJXH2015-274)

干净,并用滤纸条吸干电极上的水,否则会对样品溶液的浓度产生影响。此步骤操作必然会损伤铂电极,从而影响电极的使用寿命;同时使该实验更加耗时且浪费大量的醋酸溶液。

针对以上实验方法中所存在的不足之处,本实验从实验装置、溶液配制及测定中电极的使用等方面做出改进,以保证良好的实验结果,同时还可以简化实验操作、缩短实验时间、减少仪器设备和试剂的损耗。

1 实验部分

1.1 仪器与试剂

DDSJ-308A型电导率仪1台(上海雷磁仪器设备有限公司);DJS-1型铂电极1支(上海雷磁仪器设备有限公司);SYP-III恒温水浴1套(南京桑力电子设备厂);干燥单管电导池1个;25 mL、50 mL移液管各1个;0.1000 mol·L⁻¹ HAc标准溶液;电导水。

1.2 实验步骤

首先配制0.1000 mol·L⁻¹ HAc标准溶液留做备用。打开恒温水浴调节温度至25 °C,开通电导率仪,预热20 min。用移液管准确量取50 mL上述HAc标准溶液于干燥单管电导池中,在水浴中恒温10 min后测定其电导率。测定完毕后,用25 mL移液管移出25 mL样品,并加入25 mL电导水,用电极轻轻搅拌,并手摇震荡混合均匀,恒温后,测其电导率。按上述方法,依次配制不同浓度的醋酸样品并测其电导率。以上样品恒温后每2 min读1次,平行读3次,3次电导率比较接近(误差为±0.005 × 10⁻³ S·m⁻¹),取其平均值。

2 结果与讨论

2.1 实验装置的改进

本实验通过测定不同浓度醋酸溶液的电导率来确定其电离平衡常数,因此电导率必须非常准确。而电导率仪的温度补偿功能多按照一定的温度系数进行转换,使对准确度要求较高的本实验产生较大的误差,影响平衡常数的确定。因此,本实验改进中通过使用恒温水浴避免了电导率仪温度补偿操作对电导率数值所产生的影响,从而保证平衡常数的准确性。

2.2 溶液配制方法的改进

事先配制好浓度为0.1000 mol·L⁻¹的HAc溶液作为标准溶液,实验操作中不同浓度的待测样品则通过以下方式配制:用移液管准确移出25 mL样品,并加入25 mL电导水,每一个样品浓度均为上一样品浓度的1/2,震荡混合均匀后形成一系列不同浓度的醋酸溶液,在水浴中恒温后测定其电导率。此改进避免了大量容量瓶的使用、清洗和后期电导测定过程中的润洗步骤,使实验操作更加简单,从而显著地缩短了实验时间。同时在实验过程中还可以根据数据采集密度的需要灵活设置、调节溶液的浓度。

2.3 实验测定过程的改进

因以上溶液配制方法的改进,在测定样品电导率时,每一个样品测定完毕后,电极无需清洗,可直接于电导池中测定下一个混合均匀且已恒温的样品。此改进显著地缩短了实验操作时间,且不会因电极冲洗是否干净、电导水是否擦拭干净而影响溶液浓度,同时避免了因滤纸擦拭对电极造成的损耗,从而延长其使用寿命。

2.4 实验数据处理

按照以上改进方法,本实验测得25 °C醋酸溶液浓度和电导率的结果如表1所示。根据电导率与摩尔电导率之间的关系:

$$A_m = \frac{\kappa}{c} \quad (1)$$

表1 25 °C时不同浓度醋酸溶液的实验测定结果

样品编号	$c/(\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$	$10^3k/(\text{S}\cdot\text{m}^{-1})$	$10^4A_m/(\text{S}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mol}^{-1})$	α	10^3K
1	0.1000	5.12	5.12	0.013	1.74
2	0.0500	3.64	7.28	0.019	1.77
3	0.0250	2.57	10.28	0.026	1.78
4	0.0125	1.79	14.32	0.037	1.74
5	0.0063	1.24	19.68	0.050	1.68
6	0.0031	0.89	28.71	0.073	1.81

分别计算出不同浓度醋酸溶液的摩尔电导率。依据弱电解质的电离度与摩尔电导率的关系：

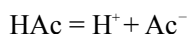
$$\alpha = \frac{A_m}{A_m^\infty} \quad (2)$$

可得：

$$\alpha = \frac{\kappa}{cA_m^\infty} \quad (3)$$

由式(3)计算得到不同浓度醋酸的电离度 α ，如表1所示。其中，25 °C醋酸无限稀释时的摩尔电导率^[6] $A_m^\infty = 0.03907 \text{ S}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mol}^{-1}$ 。

1-1型HAc弱电解质的电离平衡为：



其中HAc浓度为 $c(1 - \alpha)$ ， H^+ 、 Ac^- 浓度均为 $c\alpha$ ，则

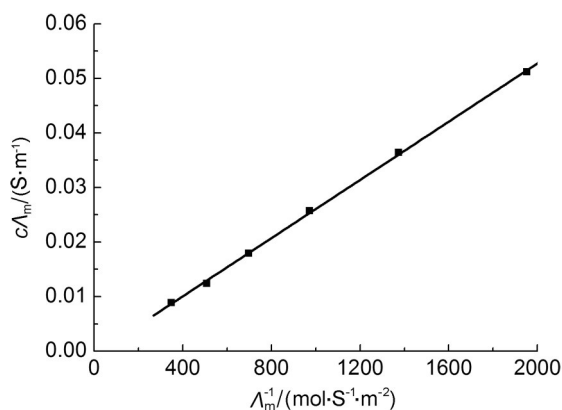
$$K = \frac{(c\alpha)^2}{c(1 - \alpha)} = \frac{c\alpha^2}{1 - \alpha} = \frac{cA_m^2}{A_m^\infty(A_m^\infty - A_m)} \quad (4)$$

也可写为：

$$cA_m = KA_m^{\infty 2} \frac{1}{A_m} - KA_m^\infty \quad (5)$$

由式(5)利用 cA_m 对 $1/A_m$ 作图可得一直线，其中斜率为 $KA_m^{\infty 2}$ 、截距为 KA_m^∞ ，由此得到电离平衡常数 K 的平均值为 1.75×10^{-5} (表1、图1)，与文献报道值^[3-5] $1.66 \times 10^{-5} - 1.86 \times 10^{-5}$ 基本一致。

因此，本报道中对电导法测定醋酸电离平衡常数的改进，使得该实验操作更加简单、快速，结果更准确，同时延缓了电极的使用寿命。

图1 25 °C时醋酸溶液的 cA_m 与 $1/A_m$ 的关系

3 结 论

通过本实验方法的改进, 显著地缩短了实验教学工作时间, 降低了仪器设备和试剂的损耗, 同时使学生能够从本实验操作的改进中更加系统、透彻地理解本实验内容, 并引导学生在遇到问题时能用变通的思维方式去寻找更加简单有效的解决方法。

参 考 文 献

- [1] 王秋长, 赵鸿喜, 张守民, 李一峻. 基础化学实验. 北京: 科学出版社, 2003: 301–303.
- [2] 陈晓明, 王亚琴, 宣 寒. 安徽建筑工业学院学报(自然科学版), **2009**, 17 (4), 83.
- [3] 周 钢, 兰叶青. 大学化学, **2004**, 19 (6), 35.
- [4] 陈彦玲, 王彬彬, 蔡 艳, 任 霞. 长春师范学院学报(自然科学版), **2009**, No. 8, 39.
- [5] 李业梅, 黄明权, 丁宗庆. **2003**, 23 (6), 34.
- [6] 傅献彩, 沈文霞, 姚天扬, 侯文华. 物理化学. 第5版. 北京: 高等教育出版社, 2006: 22.