



同浓度 NaHCO_3 溶液和 CH_3COONa 溶液 pH 的比较研究

谢 雕¹ 唐 娅²

(1 重庆第三十七中学 重庆 400084; 2 重庆育才中学 重庆 400050)

摘要:在高中阶段,同浓度的 NaHCO_3 溶液和 CH_3COONa 溶液的 pH 比较在高中习题和各地高考题中都多次涉及,但笔者经过多方面实验和计算,发现两者比较存在很多问题,教师编制练习题时应审慎处理。

关键词: NaHCO_3 溶液; CH_3COONa 溶液;pH 值;比较

文章编号:1008-0546(2016)02-0084-02

中图分类号:G633.8

文献标识码:B

doi:10.3969/j.issn.1008-0546.2016.02.027

“电离平衡”相关知识作为选修四《化学反应原理》中的重要章节,对学生的思维和理解能力要求较高,是学生学习时的难点内容。在笔者多年的高中教学中,时常遇到同浓度的 NaHCO_3 和 CH_3COONa 溶液 pH 大小的比较问题,各地模拟及高考试题中均有涉及。例如:

【2014 全国新课标卷 II 第 11 题】在一定温度下,下列溶液的离子浓度关系正确的是 ()

A.pH=5 的 H_2S 溶液中, $c(\text{H}^+) = c(\text{HS}^-) = 1 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

B.pH=a 的氨水溶液,稀释 10 倍后,其 pH=b,则 $a=b+1$

C.pH=2 的 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液与 pH=12 的 NaOH 溶液任意比例混合: $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) + c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)$

D.pH 相同的① CH_3COONa ② NaHCO_3 ③ NaClO 三种溶液的 $c(\text{Na}^+)$:①>②>③

正确答案:D

对于 D 选项在高中教学中我们很多教师通常会这样处理:常见酸的酸性强弱关系为 $\text{CH}_3\text{COOH} > \text{H}_2\text{CO}_3 > \text{HClO}$ 相同浓度盐的水解程度为 $\text{CH}_3\text{COO}^- < \text{HCO}_3^- < \text{ClO}^-$, 因此,同浓度时 pH 大小关系为 $\text{CH}_3\text{COONa} < \text{NaHCO}_3 < \text{NaClO}$ 。现三种盐的 pH 相同,故浓度关系为 $\text{CH}_3\text{COONa} > \text{NaHCO}_3 > \text{NaClO}$ 。

但整个分析过程中,我们似乎忽略了碳酸氢钠溶液中 HCO_3^- 电离的影响,那么 HCO_3^- 的电离能否忽略呢,这是一个值得探究的问题。

首先,如果仅从水解知识分析,因为酸性强弱: $\text{CH}_3\text{COOH} > \text{HCO}_3^-$, 则水解程度: $\text{HCO}_3^- > \text{CH}_3\text{COO}^-$, NaHCO_3 的碱性强于 CH_3COONa 。但实际上 NaHCO_3 较为复杂,因为 HCO_3^- 既能水解又能电离,电离和水解

过程相互抑制,相互影响,也就是说由于 HCO_3^- 的电离会减弱 HCO_3^- 水解的碱性。综合考虑,二者的碱性不能简单的比较,忽略 HCO_3^- 电离的思考是不严谨的。因此,笔者从实验及理论分析等多个方面进行了研究。

一、初步实验

实验方案:分别配制 $1.00 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.0010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaHCO_3 溶液和 $1.00 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.0010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 CH_3COONa 溶液,用广泛 pH 试纸测试。

实验结果见图(1):

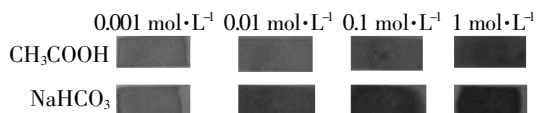


图 1 NaHCO_3 溶液和 CH_3COONa 溶液 pH 的测定

从测试结果可以看出:相同浓度的 NaHCO_3 溶液的 pH 明显大于 CH_3COONa 溶液。但是 pH 试纸的测试结果毕竟是不够精确的。因此,笔者又查阅大学教材从理论计算角度分析。

二、理论计算

1. 不同浓度 NaHCO_3 溶液的 pH 计算过程:

碳酸的电离常数: $K_{a1} = 4.2 \times 10^{-7}$ $K_{a2} = 5.6 \times 10^{-11}$,

当 $c(\text{HCO}_3^-) \geq 0.010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, $c K_{a2} > 25 K_w$

$c > 25 K_{a1}$

$[\text{H}^+] = \sqrt{K_{a1} \times K_{a2}} = \sqrt{4.2 \times 10^{-7} \times 5.6 \times 10^{-11}} = 4.85 \times 10^{-9}$ pH=8.31。

当 $c(\text{HCO}_3^-) = 0.0010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, $c K_{a2} < 25 K_w$

$c > 25 K_{a1}$



$$[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{K_{a1}(cK_{a2} + K_w)}{c}} =$$

$$\sqrt{\frac{c \times 10^{-7} (10^{-3} \times 5.6 \times 10^{-11} + 10^{-14})}{10^{-3}}} \quad \text{pH} = 8.28$$

2. 不同浓度 NaHCO_3 溶液的 pH 计算过程:

醋酸的电离常数: $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$ $K_b = \frac{K_w}{K_a} = 5.6 \times 10^{-10}$

当 $c(\text{CH}_3\text{COO}^-) \geq 0.0010 \text{ mol/L}$ 时, $cK_b > 25K_w$

$$\frac{c}{K_a} > 500$$

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{c \times K_b}$$

当 $c(\text{CH}_3\text{COO}^-) = 1.00 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $\text{pH} = 9.37$

当 $c(\text{CH}_3\text{COO}^-) = 0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $\text{pH} = 8.88$

当 $c(\text{CH}_3\text{COO}^-) = 0.010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $\text{pH} = 8.37$

当 $c(\text{CH}_3\text{COO}^-) = 0.0010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $\text{pH} = 7.87$

结论: (1) NaHCO_3 溶液的 pH 随溶液浓度减小基本不变, 只要其浓度大于 $0.010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 其 pH 都为 8.31, 因此 NaHCO_3 溶液有抗稀释的能力, 可形成缓冲体系。

(2) CH_3COONa 溶液的 pH 随溶液浓度减小而减小。

(3) 在溶液的浓度都不小于 $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, CH_3COONa 溶液的 pH 大于 NaHCO_3 溶液; 而在同浓度的极稀溶液中 CH_3COONa 溶液的 pH 小于 NaHCO_3 溶液。

由此可见, 理论计算和 pH 试纸测试结果有较大出入。从 pH 试纸测试结果来看: 相同浓度的 NaHCO_3 溶液的 pH 明显大于 CH_3COONa 溶液。而根据计算结果来看: 在溶液的浓度都不小于 $0.010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 相同浓度的 CH_3COONa 溶液的 pH 大于 NaHCO_3 溶液。

由于理论计算与实验结果出现了较大的差异, 所以笔者进行了更精确的实验研究。

三、精确实验

笔者先后两次找到了当地环保局, 在监测站老师的帮助下, 用新校正好的 pH 计测试, 平行做了三次实验, 其结果见表 1: 室温: 20°C 。

四、结果分析

1. pH 计测试结果与理论计算值基本符合而与 pH 试纸测试结果不相符合。当然用 pH 计测试结果比 pH 试纸测试结果应更具有说服力。

2. 同浓度的 NaHCO_3 溶液和 CH_3COONa 溶液的 pH 比较是较为复杂的, 不能一概而论, 如果两者浓度比较大时 (大于 $0.010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$) CH_3COONa 溶液的 pH 应比 NaHCO_3 溶液大; 如果两者浓度比较小时 (小于

表 1 NaHCO_3 溶液和 CH_3COONa 溶液 pH 的测定

所配溶液 ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	理论 pH	实验 pH			
		第一次	第二次	第三次	
NaHCO_3	1.00	8.32	8.17	8.16	8.17
	0.10	8.32	8.48	8.49	8.47
	0.010	8.32	8.57	8.55	8.58
	0.0010	8.28	8.17	8.19	8.17
CH_3COONa	1.00	9.37	8.90	8.90	8.92
	0.10	8.88	8.28	8.27	8.28
	0.010	8.37	8.01	8.04	8.04
	0.0010	7.87	7.40	7.38	7.41

$0.010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$) CH_3COONa 溶液的 pH 应比 NaHCO_3 溶液小。因此, 高中阶段应该避开两者的比较。

五、问题探讨

笔者在实验过程中发现了一些新的问题提出来与各位读者共同探讨: 一是用 pH 计测出 NaHCO_3 溶液的 pH 值与浓度的关系不合常理, 从上面表格可以看出用 pH 计测得 NaHCO_3 溶液的 pH 随浓度的减小呈先增大后减小的趋势, 这与理论计算结果是不符合的, 笔者检查了各个实验环节, 结果和上表还是一样, 笔者也没有查到相关文献的解释。二是从 pH 试纸测试结果看, 相同浓度的 NaHCO_3 溶液的 pH 明显大于 CH_3COONa 溶液, 这其中的原因又该如何解释。

通过本次研究, 我深深地感受到了科研中的乐趣和挑战的激情。我们在教学中去发现, 去质疑, 去研究。在研究中, 也许我们又会发现新的问题, 产生新的疑问, 但这就是教学研究的魅力, 充满惊喜和神秘, 让我们一起享受教科研, 享受教学带给我们的惊喜!

参考文献

- [1] 华中师范大学等编. 分析化学(第 2 版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 1986, 10

