

浙江大学 实验报告

专业: 混合班

姓名: /

学号: /

日期: 2025年3月11日

地点: 紫金港化学实验中心431

课程名称: 普通化学实验(乙) 指导老师: 李海燕

成绩: 96

实验名称: 乙酸解离度及解离常数的测定(pH法) 实验类型: /

同组学生姓名: /

一、实验目的和要求(必填)

实验内容和原理(必填)

三、主要仪器设备(必填)

四、操作方法与实验步骤

五、实验数据记录和处理

六、实验结果与分析(必填)

七、讨论、心得

一、实验目的

- (1) 学习通过电位分析法测量溶液pH的原理;
- (2) 学习使用pH计,掌握用标准缓冲溶液校准仪器的方法和意义;
- (3) 学习利用pH法测定弱酸的解离常数和解离度的原理和方法;
- (4) 熟练掌握移液管、容量瓶和滴定管的基本操作;

二、实验原理

乙酸(HAc)是弱电解质,在水溶液中存在以下电离平衡:



标准解离常数 K_a^\ominus 的表达式为

$$K_a^\ominus = \frac{[\text{c}(\text{H}^+)/\text{c}^\ominus] \cdot [\text{c}(\text{Ac}^-)/\text{c}^\ominus]}{\text{c}(\text{HAc})/\text{c}^\ominus} \quad (1)$$

$\text{c}(\text{H}^+)$, $\text{c}(\text{Ac}^-)$, $\text{c}(\text{HAc})$ 分别为 H^+ , Ac^- , HAc 在水溶液中的平衡浓度(在稀溶液中,离子浓度与活度近似相等)。若HAc的起始浓度为 c , 则平衡时 $\text{c}(\text{HAc}) = c - \text{c}(\text{H}^+)$, 及 $\text{c}(\text{H}^+) = \text{c}(\text{Ac}^-)$, 而HAc的解离度 α 可表示为

$$\alpha = \frac{\text{c}(\text{H}^+)}{c} \quad (2)$$

可得:

$$K_a^\ominus = \frac{[\text{c}(\text{H}^+)/\text{c}^\ominus]^2}{\text{c}(\text{HAc})/\text{c}^\ominus} = \frac{c\alpha^2}{1-\alpha} \quad (3)$$

实验中配制系列已知浓度的乙酸溶液,用pH计测定相应pH,代入式(2)和式(3),即可求得系列 α 和 K_a^\ominus 值, K_a^\ominus 的平均值即为该温度下乙酸的解离常数。

对于未知一元弱酸HA及其钠盐NaA组成的缓冲溶液,pH可采用以下近似公式计算:

$$\text{pH} = \text{p}K_a^\ominus + \lg \frac{\text{c}(\text{A}^-)}{\text{c}(\text{HA})}$$

当 $\text{c}(\text{A}^-) = \text{c}(\text{HA})$ 时, $\text{p}K_a^\ominus = \text{pH}$, 因而得 $K_a^\ominus = \text{c}(\text{H}^+)$ 。

三、实验步骤

1. 乙酸解离度和解离常数的测定



CS 扫描全能王

3亿人都在用的扫描App

实验名称: 乙酸解离度及解离常数的测定(pH法) 姓名:

学号:

配制不同浓度
乙酸标准溶液
 0.1000 mol/L
————→ 测pH值 ———→ 计算 α 、 K_a 及其平均值
从稀到浓依次测定

分别移取 5.00 mL , 10.00 mL , 25.00 mL HAC 原液于 50 mL 容量瓶中, 定容, 摇匀, 编号为 1, 2, 3 号。HAC 原液为 4 号。

2. 未知一元弱酸解离常数的测定

50 mL 未知酸 $\xrightarrow{10.00\text{ mL}}$ 酚酞 $\xrightarrow{1\sim 2\text{ 滴}}$ NaOH 溶液 $\xrightarrow{\text{滴定至微红色}}$ 未知酸 $\xrightarrow{10.00\text{ mL}}$ 搅拌 ———→ 测pH值 ———→ 计算 K_a

滴定时: 烧杯放在台面上, 一边滴定, 一边用玻璃棒搅动

3. 测量 pH 值

开机预热 $10\sim 20\text{ min}$ ———→ 检查设置 ———→ 用 $\text{pH}=4.00$ 标准缓冲溶液 校准 ———→ 用 $\text{pH}=6.86$ 标准缓冲溶液 校准 ———→ 测量 pH 顺序: 从稀到浓

(1) pH计使用前须预热 $10\sim 20\text{ min}$ 。

(2) 两点法校准: 两种标准缓冲溶液 ($\text{pH } 4.00$, $\text{pH } 6.86$, 25°C), 24 h 内无需重复校准。

(3) 每次校准或测定不同样品时, 电极都要洗净吸干, 再放入待测液。

(4) H₂可测量溶液 pH 的最适宜范围为 $1\sim 10$, 超出范围误差大。

四、注意事项

1. 小烧杯必须是洁净干燥的, 若不干燥可用吸水纸吸干。

2. 滴定管在使用前须洗涤, 并用待装液润洗 $2\sim 3$ 次。

3. 测定溶液 pH 时从稀至浓, 电极放入待测液前须洗净擦干。

4. 全部溶液配好后, 再一起测 pH。测定顺序: 由稀到浓, 接溶液时, 电极用离子水冲洗, 吸水纸吸干, 切勿用力擦电极。

5. 用标准缓冲溶液两点校准 pH 计, 要摇动或在磁力搅拌下进行。校准后用 $\text{pH } 4.00$ 的标准缓冲液来检验。

6. 同一组所有数据建议用同一台仪器测定。



实验名称: 乙酸解离度及解离常数的测定 (pH法)

姓名: _____ 学号: _____

五、实验数据处理记录和处理

室温: 20.5°C

编号	$C_0/(\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$	pH	$c(\text{H}^+)/(\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$	$c(\text{Ac}^-)/(\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$	K_a^θ	$\alpha/\%$
1	0.0105	3.47	3.4×10^{-4}	3.4×10^{-4}	1.1×10^{-5}	3.2
2	0.0211	3.29	5.1×10^{-4}	5.1×10^{-4}	1.2×10^{-5}	2.4
3	0.0527	3.04	9.1×10^{-4}	9.1×10^{-4}	1.5×10^{-5}	1.7
4	0.1054	2.94	1.1×10^{-3}	1.1×10^{-3}	1.1×10^{-5}	1.0
平均: $K_a^\theta = 1.2 \times 10^{-5}$ 解离度没有平均值						
5	—	4.81	1.5×10^{-5}	—	1.5×10^{-5}	—

计算过程:

编号1: $c(\text{H}^+) = c(\text{Ac}^-) = 10^{-3.47} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} = 3.4 \times 10^{-4} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

$$\alpha = \frac{c(\text{H}^+)}{C_0} \times 100\% = \frac{3.4 \times 10^{-4}}{0.0105} \times 100\% = 3.2\%$$

$$K_a^\theta = \frac{C_0 \alpha^2}{1-\alpha} = \frac{0.0105 \times 0.032^2}{1-0.032} = 1.1 \times 10^{-5}$$

编号2: $c(\text{H}^+) = c(\text{Ac}^-) = 10^{-3.29} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} = 5.1 \times 10^{-4} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

$$\alpha = \frac{c(\text{H}^+)}{C_0} \times 100\% = \frac{5.1 \times 10^{-4}}{0.0211} \times 100\% = 2.4\%$$

$$K_a^\theta = \frac{C_0 \alpha^2}{1-\alpha} = \frac{0.0211 \times 0.024^2}{1-0.024} = 1.2 \times 10^{-5}$$

编号3: $c(\text{H}^+) = c(\text{Ac}^-) = 10^{-3.04} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} = 9.1 \times 10^{-4} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

$$\alpha = \frac{c(\text{H}^+)}{C_0} \times 100\% = \frac{9.1 \times 10^{-4}}{0.0527} \times 100\% = 1.7\%$$

$$K_a^\theta = \frac{C_0 \alpha^2}{1-\alpha} = \frac{0.0527 \times 0.017^2}{1-0.017} = 1.5 \times 10^{-5}$$

编号4: $c(\text{H}^+) = c(\text{Ac}^-) = 10^{-2.94} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} = 1.1 \times 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

$$\alpha = \frac{c(\text{H}^+)}{C_0} \times 100\% = \frac{1.1 \times 10^{-3}}{0.1054} \times 100\% = 1.0\%$$

$$K_a^\theta = \frac{C_0 \alpha^2}{1-\alpha} = \frac{0.1054 \times 0.01^2}{1-0.01} = 1.1 \times 10^{-5}$$

平均: $K_a^\theta = \frac{1.1 + 1.2 + 1.5 + 1.1}{4} \times 10^{-5} = 1.2 \times 10^{-5}$

$$E_r = \frac{1.2 - 1.8}{1.8} \times 100\% = -33\%$$

$$d_r = \frac{1.1 - 1.2 + 1.2 - 1.2 + 1.5 - 1.2 + 1.1 - 1.2}{4 \times 1.2} \times 100\% = 10\%$$

编号5: $c(\text{H}^+) = K_a^\theta = 10^{-4.81} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} = 1.5 \times 10^{-5} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

$$K_a^\theta = \frac{c(\text{H}^+)}{C_0} = 1.5 \times 10^{-5}$$



实验名称: 乙酸解离度及解离常数的测定(pH法) 姓名: _____

学号: _____

六、分析和讨论

本次实验最终测得的解离常数与 25°C 下的标准值 1.8×10^{-5} 相比偏小 3% , 且相对平均偏差为 10% , 误差较大, 可能由以下原因导致:

1. 液环境温度为 20.5°C , 小于标准值所对应的 25°C . 通过查资料可知乙酸的电离焓为 7.2 kJ/mol , 则在 20.5°C 下乙酸的解离常数的标准值为 1.72×10^{-5} , 小于 25°C 下的标准值。

2. 校准时我们注意到原pH为6.86的缓冲液实际上的测量值为6.88, 存在偏差, 可能导致最终pH的测量偏差。

3. 在配制对应浓度的乙酸溶液时, 我们对移液管的操作并不是很熟练, 导致在量取液体时无法精准控制在对应的量上(都会偏小), 导致pH测量值偏大。

4. 实验要求每一次测量pH值结束后均需用去离子水洗净并擦干, 实际在操作上我们难以将测量探头擦干, 进而导致溶液被稀释, 使得pH测量值偏大。

5. 数据处理上的有效数字处理规则为指数运算结果的有效数字取决于对数值的小数位数(2位), 实际在运算时出现了大量第三位有效数字为4的情况, 导致误差被逐步放大。(若计算指数步骤保留3位小数, 则乙酸解离的测量值为 1.32×10^{-5} , 相对误差为 -23.3%)

七、思考题

1. 前一次实验会不可避免的影响下次实验, 如果从浓到稀, pH计上的残留物质的影响会大于从稀到浓, 导致误差增大。

2. (1) 不可以, 因为此时不能忽略水的电离, 此时氢离子浓度大于醋酸根离子浓度。

(2) 不可以, 因为此时醋酸根离子的浓度发生了变化, 此时氢离子浓度小于醋酸根离子浓度。

(3) 可以, NaCl 带来的是两种无关离子, 对测量不会造成任何影响。

3. 解离常数不受影响, 但解离度会受到影响。由 $\alpha = \frac{c(\text{H}^+)}{c_0}$ 可知, 解离度并不直接和氢离子浓度关联, 解离度大的原因可能是原溶液很稀。

4. 测定HAC的 pK^a 时, $\text{pK}^a = \frac{c(\text{H}^+)}{c_0 - c(\text{H}^+)}$, 不仅仅与pH有关, 而测定位置酸的 pK^a 时, 我们利用的是当HAC与 AC^- 等量时的性质, 即 $\text{pK}^a = \text{pH}$, 此时与氢离子浓度无关。

5. 有影响。取用的HAC量不准确会导致配制的溶液pH有偏差。

6. 不需要。只需要保证未知酸与碱恰好中和即可。

2025.3.23



CS 扫描全能王
3亿人都在用的扫描App