

聚焦溶液的酸碱性及 pH

四川省攀枝花市第三高级中学 (617000) 杨伦平

一、溶液的酸碱性

溶液的酸碱性取决于溶液中 $c(\text{H}^+)$ 和 $c(\text{OH}^-)$ 的相对大小。(1) $c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$, 溶液呈酸性; (2) $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$, 溶液呈中性; (3) $c(\text{H}^+) < c(\text{OH}^-)$, 溶液呈碱性。

例 1 下列叙述正确的是()。

A. 无论是纯水, 还是酸性、碱性或中性稀溶液, 在常温下, 其 $c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-14}$

B. $c(\text{H}^+)$ 等于 1×10^{-7} mol/L 的溶液一定是中性溶液

C. 0.2 mol/L CH_3COOH 溶液中的 $c(\text{H}^+)$ 是 0.1 mol/L CH_3COOH 溶液中的 $c(\text{H}^+)$ 的 2 倍

D. 任何浓度的溶液都可以用 pH 来表示其酸性的强弱

解析 选 A, $K_w = c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-)$, 且 K_w 只与温度有关, 所以, 在常温下, 纯水、酸性、碱性或中性稀溶液, 均有 $K_w = 1 \times 10^{-14}$; 在温度不确定时, 中性溶液里的 $c(\text{H}^+)$ 不一定等于 1×10^{-7} mol/L; 0.2 mol/L CH_3COOH 溶液中的 CH_3COOH 电离程度比 0.1 mol/L CH_3COOH 溶液中的 CH_3COOH 电离程度小, 所以, 0.2 mol/L CH_3COOH 溶液中的 $c(\text{H}^+)$ 小于 0.1 mol/L CH_3COOH 溶液中的 $c(\text{H}^+)$ 的 2 倍; 当 $c(\text{H}^+)$ 或 $c(\text{OH}^-)$ 大于 1 mol/L 时, 一般不用 pH 表示溶液的酸碱性, 而是直接用 $c(\text{H}^+)$ 或 $c(\text{OH}^-)$ 来表示。

二、溶液的 pH

(1) 定义式: $\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+)$ 。

(2) 溶液的酸碱性跟 pH 的关系(室温下):

$c(\text{OH}^-)/\text{mol/L}$	10^{-14}	10^{-7}	1
$c(\text{H}^+)/\text{mol/L}$	1	10^{-7}	10^{-14}
pH	0	7	14

← 酸性增强 中性 碱性增强 →

(3) pH 适用范围: 0 ~ 14

(4) 在温度不确定的情况下, $\text{pH} = 7$ 的溶液不一定显中性。

(5) 计算溶液的 pH 时, 要特别注意溶液的温度。如 100°C 时 0.01 mol/L 盐酸的 $\text{pH} = 2$, 而 0.01 mol/L 的 NaOH 溶液的 $\text{pH} = 10$ 。

(6) pH 试纸的使用: 把小片试纸放在表面皿上, 用玻璃棒蘸取待测液点在干燥的 pH 试纸上, 试纸变色后, 与标准比色卡对比即可确定溶液的 pH。

(7) pH 试纸使用前不能用蒸馏水润湿, 否则待测液因被稀释可能会产生误差。广泛 pH 试纸只能测出整数。

例 2 室温时, 下列混合溶液的 pH 与 7 的关系是:

(1) $\text{pH} = 3$ 的盐酸和 $\text{pH} = 11$ 的氨水等体积混合, pH ____ 7(填“大于”、“小于”或“等于”, 下同)

(2) $\text{pH} = 3$ 的盐酸和 $\text{pH} = 11$ 的氢氧化钡溶液等体积混合, pH ____ 7。

(3) $\text{pH} = 3$ 的醋酸溶液和 $\text{pH} = 11$ 的氢氧化钡溶液等体积混合, pH ____ 7。

(4) $\text{pH} = 3$ 的硫酸溶液和 $\text{pH} = 11$ 的氨水等体积混合, pH ____ 7。

解析 (1) 氨水过量, $\text{pH} > 7$; (2) 恰好完全反应, $\text{pH} = 7$; (3) CH_3COOH 过量, $\text{pH} < 7$; (4) 氨水过量, $\text{pH} > 7$ 。

答案: (1) 大于 (2) 等于 (3) 小于 (4) 大于

三、溶液 pH 的计算

解答有关 pH 的计算时, 首先要注意温度, 明确是 25°C 还是非 25°C , 然后判断溶液的酸碱性, 再根据“酸按酸”, “碱按碱”的原则进行计算。

1. 总体原则

(1) 若溶液为酸性, 先求 $c(\text{H}^+)$, 再求 pH;

(2) 若溶液为碱性, 先求 $c(\text{OH}^-)$, 再由 $c(\text{H}^+) = \frac{K_w}{c(\text{OH}^-)}$ 求 $c(\text{H}^+)$, 最后求 pH。

2. 分别剖析(室温时)

(1) 强酸溶液: 如浓度为 c mol/L 的 H_nA 溶液, $c(\text{H}^+) = nc$ mol/L, 所以 $\text{pH} = -\lg nc$ 。

(2) 强碱溶液: 如浓度为 c mol/L 的 $\text{B}(\text{OH})_n$ 溶液, $c(\text{OH}^-) = nc$ mol/L, $c(\text{H}^+) = 10^{-14} nc$ mol/L, 所以 $\text{pH} = 14 + \lg nc$ 。

(3) 酸碱混合溶液 pH 的计算:

① 两强酸溶液混合:

$$c_{\text{混}}(\text{H}^+) = \frac{c_1(\text{H}^+)V_1 + c_2(\text{H}^+)V_2}{V_1 + V_2}$$

②两强碱溶液混合:

$$c_{混}(\text{OH}^-) = \frac{c_1(\text{OH}^-) V_1 + c_2(\text{OH}^-) V_2}{V_1 + V_2}$$

③强酸、强碱溶液混合:

$$\text{若酸过量: } c_{混}(\text{H}^+) = \frac{c_{酸}(\text{H}^+) V_{酸} - c_{碱}(\text{OH}^-) V_{碱}}{V_{酸} + V_{碱}}$$

$$\text{若碱过量: } c_{混}(\text{OH}^-) = \frac{c_{碱}(\text{OH}^-) V_{碱} - c_{酸}(\text{H}^+) V_{酸}}{V_{酸} + V_{碱}}$$

(4) 酸碱溶液稀释时 pH 的变化(见表 1)

表 1

	酸(pH = a)		碱(pH = b)	
	弱酸	强酸	弱碱	强碱
加水稀释 10 ⁿ 倍	a < pH < a + n	a + n	b - n < pH < b	b - n
无限稀释	pH 趋向于 7			

3. 牢记溶液酸碱性 with $c(\text{H}^+)$ 、 $c(\text{OH}^-)$ 之间的 3 个关系

- (1) $c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$ 溶液呈酸性;
- (2) $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$ 溶液呈中性;
- (3) $c(\text{H}^+) < c(\text{OH}^-)$ 溶液呈碱性.

4. 牢记 pH 计算的 1 个口诀

酸按酸(H^+), 碱按碱(OH^-); 同强相混直接算; 异强相混看过量; 无限稀释“7”为限.

例 3 已知在 100 °C 的温度下, 水的离子积 $K_w = 1 \times 10^{-12}$, 本题涉及的溶液其温度均为 100 °C. 下列说法中正确的是().

- A. 0.005 mol/L 的 H_2SO_4 溶液 pH = 2
- B. 0.001 mol/L 的 NaOH 溶液 pH = 11
- C. 0.005 mol/L 的 H_2SO_4 溶液与 0.01 mol/L 的 NaOH 溶液等体积混合, 混合溶液的 pH 为 6, 溶液显酸性

D. 完全中和 pH = 3 的 H_2SO_4 溶液 50 mL 需要 pH = 9 的 NaOH 溶液 100 mL

解析 本题考查的主要是有关 $K_w = c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-)$ 、 $\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+)$ 和酸碱中和反应的计算, $c(\text{H}^+)$ 、pH 与溶液酸碱性的关系. A 项, 0.005 mol/L 的 H_2SO_4 溶液中 $c(\text{H}^+) = 0.005 \text{ mol/L} \times 2 = 0.01 \text{ mol/L}$, $\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+) = -\lg 0.01 = 2$. 此计算与 K_w 值无关, 不要受 $K_w = 1 \times 10^{-12}$ 的干扰. B 项 0.001 mol/L 的 NaOH 溶液中 $c(\text{OH}^-) = 0.001 \text{ mol/L}$, $c(\text{H}^+) = \frac{K_w}{c(\text{OH}^-)} = \frac{1 \times 10^{-12}}{1 \times 10^{-3}} \text{ mol/L} = 1 \times 10^{-9} \text{ mol/L}$, $\text{pH} = -\lg(1 \times 10^{-9}) = 9$. C 项 0.005 mol/L 的 H_2SO_4 溶液与 0.01 mol/L 的 NaOH 溶液等体积混合, 溶液呈

中性, pH = 6. D 项, pH = 3 的 H_2SO_4 溶液 $c(\text{H}^+) = 10^{-3} \text{ mol/L}$, pH = 9 的 NaOH 溶液, $c(\text{OH}^-) = 10^{-3} \text{ mol/L}$, 二者完全中和, 溶液的体积相等. 答案: A

例 4 常温下, 将 0.1 mol/L 氢氧化钠溶液与 0.06 mol/L 硫酸溶液等体积混合, 该混合溶液的 pH 等于().

- A. 1.7
- B. 2.0
- C. 12.0
- D. 12.4

解析

$$c(\text{H}^+) = \frac{V L \times 0.06 \text{ mol/L} \times 2 - 0.1 \text{ mol/L} \times V L}{2 V L}$$

$$= 0.01 \text{ mol/L}, \text{pH} = 2. \text{ 答案: B}$$

四、酸碱混合溶液酸碱性的判断

1. 等浓度等体积一元酸与一元碱混合的溶液酸碱性的判断(见表 2)

表 2

中和反应	反应后所得溶液的酸碱性
强酸与强碱	中性
强酸与弱碱	酸性
弱酸与强碱	碱性

2. 室温下, 已知酸和碱 pH 之和, 等体积混合后溶液酸碱性的判断

(1) 若强酸与强碱溶液的 pH 之和等于 14, 则混合后溶液显中性, pH = 7.

(2) 若强酸与强碱溶液的 pH 之和大于 14, 则混合后溶液显碱性: pH > 7.

(3) 若强酸与强碱溶液的 pH 之和小于 14, 则混合后溶液显酸性: pH < 7.

(4) 若酸碱溶液的 pH 之和为 14, 酸碱中有一强一弱, 则酸碱溶液混合后, 谁弱显谁的性质.

3. 室温下, 强酸、强碱恰好完全中和, 溶液体积与 pH 的关系

V_a L pH = a 的盐酸与 V_b L pH = b 的 NaOH 溶液混合, 二者恰好完全反应, 溶液呈中性. 则 $10^{-a} \cdot V_a = 10^{b-14} V_b$, $\frac{V_a}{V_b} = \frac{10^{b-14}}{10^{-a}} = 10^{(a+b)-14}$. 若 $a + b = 14$, 则 $V_a = V_b$; 若 $a + b > 14$, 则 $V_a > V_b$; 若 $a + b < 14$, 则 $V_a < V_b$.

例 5 常温下用 pH 为 3 的某酸溶液分别与 pH 都为 11 的氨水、氢氧化钠溶液等体积混合得到 a、b 两种溶液, 关于这两种溶液酸碱性的描述正确的是().

- A. b 不可能显碱性
- B. a 可能显酸性或碱性
- C. a 不可能显酸性
- D. b 可能显碱性或酸性

解析

pH 都为 11 的氨水、氢氧化钠溶液, 其浓度分别大于 10^{-3} mol/L 和等于 10^{-3} mol/L , 由于 pH 为 3 的某酸溶液, 其强弱未知, 因此与 pH 为 11 的

“氯及其化合物”复习导航

河南省鲁山县第三高级中学 (467300) 师殿峰

一、知识归纳

1. 氯元素

(1) 存在: 氯元素在自然界中以化合态形式存在。氯元素是最重要的“成盐元素”, 主要以 NaCl 的形式存在于海水和陆地的盐矿中。

(2) 原子结构: 氯的原子序数为 17, 氯元素在元素周期表中位于第三周期第 VII A 族, 氯的原子结构示意图为 $\text{⑰} \begin{matrix} \text{2} \\ \text{8} \\ \text{7} \end{matrix}$, 氯原子的最外电子层上有 7 个电子, 氯原子很容易得到 1 个电子而形成氯离子 (Cl^-)。氯元素为典型的非金属元素。



氯原子很容易得到 1 个电子而形成氯离子 (Cl^-)。氯元素为典型的非金属元素。

2. 氯气

(1) 物理性质:

在通常状况下, Cl_2 是黄绿色、有强烈刺激性气味的气体, 密度比空气大, 易液化, 能溶于水(在常温下 1 体积水约溶解 2 体积 Cl_2), Cl_2 有毒。

注意: Cl_2 有毒, 在实验室闻氯气气味时, 应用手轻轻在瓶口扇动, 仅使极少量的氯气飘进鼻孔。

(2) 化学性质:

Cl_2 是一种化学性质很活泼的非金属单质。

① 氧化性:

► 氨水反应时, 都有可能过量; 而与 pH 为 11 的氢氧化钠溶液反应时酸可能过量或二者恰好反应。答案: AB

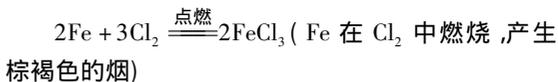
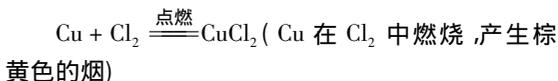
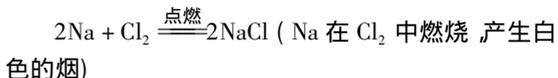
例 6 常温下, 若 HA 溶液和 NaOH 溶液混合后 pH = 7, 下列说法不合理的是()。

- A. 反应后 HA 可能有剩余
- B. 生成物 NaA 的水溶液的 pH 可能小于 7
- C. HA 溶液和 NaOH 溶液的体积可能不相等
- D. HA 溶液的 $c(\text{H}^+)$ 和 NaOH 溶液的 $c(\text{OH}^-)$ 可能不相等

解析 HA 可能是强酸也可能是弱酸, HA 和 NaOH 溶液混合后 pH = 7 的溶液可能是单一溶质溶液也可能是混合溶液。若 HA 是弱酸, HA 溶液和 NaOH 溶液混合后 pH = 7 所得溶液为 NaA 与 HA 的混合溶液, 若 HA 是强酸, 所得溶液为 NaA 溶液, NaA 为强酸强碱盐, 故 A、C 正确, B 错误。由于 HA 溶液

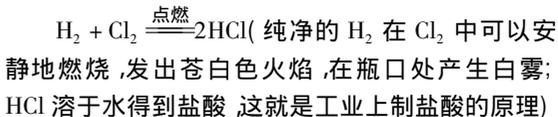
Cl_2 具有较强的氧化性, 能与多种金属或非金属直接化合, 还能与具有还原性的化合物起反应。

A. 与金属反应: Cl_2 与金属反应, 生成金属氯化物。如:



注意: Cl_2 与变价金属 Fe、Cu 反应, 生成高价金属的氯化物 FeCl_3 、 CuCl_2 。

B. 与非金属反应: 氯气与非金属反应, 生成非金属氯化物。如:



注意: 因 H_2 与 Cl_2 混合后光照会发生爆炸, 所以工业上不能在光照条件下使 H_2 与 Cl_2 反应制 HCl。

和 NaOH 的体积不一定相等, 故 HA 溶液的 $c(\text{H}^+)$ 和 NaOH 溶液的 $c(\text{OH}^-)$ 可能不相等, D 正确。答案: B

例 7 室温时下列混合溶液的 pH 一定小于 7 的是()。

- A. pH = 3 的盐酸和 pH = 11 的氨水等体积混合
- B. pH = 3 的盐酸和 pH = 11 的氢氧化钡溶液等体积混合
- C. pH = 3 的醋酸溶液和 pH = 11 的氢氧化钡溶液等体积混合
- D. pH = 3 的硫酸溶液和 pH = 11 的氨水等体积混合

解析 A 项氨水过量, pH > 7; B 项 pH = 7; C 项 CH_3COOH 过量, pH < 7; D 项氨水过量, pH > 7。答案: C

(收稿日期: 2015 - 05 - 06)