

微专题 4 pH 的计算

1. 单一溶液 pH 的计算

溶液类型	相关计算
强酸 H_nA 溶液(浓度为 $c \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$)	① $c(\text{H}^+) = nc \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$; ② $\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+) = -\lg nc$
强碱 $B(\text{OH})_n$ 溶液(浓度为 $c \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$)	① $c(\text{OH}^-) = nc \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$; ② $c(\text{H}^+) = \frac{K_w}{c(\text{OH}^-)} = \frac{10^{-14}}{nc} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$; ③ $\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+) = 14 + \lg nc$

2. 混合溶液 pH 的计算

溶液类型	相关计算
强酸混合	$\left. \begin{array}{l} \text{强酸: } c_1(\text{H}^+) \\ \text{强酸: } c_2(\text{H}^+) \end{array} \right\} \rightarrow c_{\text{混}}(\text{H}^+) = \frac{c_1(\text{H}^+)V_1 + c_2(\text{H}^+)V_2}{V_1 + V_2} \rightarrow \text{pH}$
强碱混合	$\left. \begin{array}{l} \text{强碱: } c_1(\text{OH}^-) \\ \text{强碱: } c_2(\text{OH}^-) \end{array} \right\} \rightarrow c_{\text{混}}(\text{OH}^-) = \frac{c_1(\text{OH}^-)V_1 + c_2(\text{OH}^-)V_2}{V_1 + V_2} \rightarrow c(\text{H}^+) = \frac{K_w}{c_{\text{混}}(\text{OH}^-)} \rightarrow \text{pH}$
强酸 强碱 混合	<p>中性 由 $n(\text{H}^+) = n(\text{OH}^-)$ 判断溶液显中性, $\text{pH} = 7$(常温)</p> <p>酸性 $c_{\text{混}}(\text{H}^+) = \frac{c_{\text{酸}}(\text{H}^+)V_{\text{酸}} - c_{\text{碱}}(\text{OH}^-)V_{\text{碱}}}{V_{\text{酸}} + V_{\text{碱}}} \rightarrow \text{pH}$</p> <p>碱性 $c_{\text{混}}(\text{OH}^-) = \frac{c_{\text{碱}}(\text{OH}^-)V_{\text{碱}} - c_{\text{酸}}(\text{H}^+)V_{\text{酸}}}{V_{\text{酸}} + V_{\text{碱}}} \rightarrow c_{\text{混}}(\text{H}^+) = \frac{K_w}{c_{\text{混}}(\text{OH}^-)} \rightarrow \text{pH}$</p>

【跟踪训练】

1. (1)常温下, 有 $0.01 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的三种溶液:

a. HCl b. NaOH c. NaHSO_4

解答下列问题:

①三种溶液中水电离的 $c(\text{H}^+) =$ _____。

②三种溶液的 pH 分别是: a. _____, b. _____, c. _____。

(2) 25°C 某溶液由水电离出的 $c(\text{H}^+) = 1 \times 10^{-12} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 请探究该溶液的 pH 可能是_____。

答案 (1)① $1 \times 10^{-12} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

② 12 2

(2)2 或 12

解析 (1)①相同浓度的氢离子和氢氧根离子对水的抑制程度相同, $\text{NaHSO}_4 \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$, $0.01 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 NaHSO_4 溶液中 $c(\text{H}^+) = 0.01 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 水电离的氢离子浓度等于溶液中

的氢氧根离子浓度, $c(\text{H}^+)_{\text{水}} = c(\text{OH}^-) = \frac{K_w}{c(\text{H}^+)} = \frac{10^{-14}}{1 \times 10^{-2}} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} = 1 \times 10^{-12} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

②a. $\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+) = -\lg 0.01 = 2$;

b. $0.01 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液中 $c(\text{OH}^-) = 0.01 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, $c(\text{H}^+) = \frac{K_w}{c(\text{OH}^-)} = \frac{10^{-14}}{1 \times 10^{-2}} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} = 1 \times 10^{-12} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, $\text{pH} = -\lg(1 \times 10^{-12}) = 12$ 。

(2)25 °C 时, $c_{\text{水}}(\text{H}^+) = 1 \times 10^{-12} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} < 1 \times 10^{-7} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 说明水的电离受到抑制, 可能为酸性溶液, 也可能为碱性溶液。水电离出的 $c_{\text{水}}(\text{H}^+)$ 一定等于水电离出的 $c_{\text{水}}(\text{OH}^-)$, 均为

$1 \times 10^{-12} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。若为酸性溶液, 溶液中的 $c(\text{OH}^-)$ 全都由水电离, 则 $c(\text{H}^+) = \frac{K_w}{c_{\text{水}}(\text{OH}^-)} =$

$\frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-12}} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} = 1 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, $\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+) = 2$; 若为碱性溶液, 溶液中的 $c(\text{H}^+)$ 全

由水电离, $c(\text{H}^+) = 1 \times 10^{-12} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, $\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+) = 12$ 。

2. (1)常温下, pH 均为 2 的稀盐酸与稀硫酸等体积混合后, $\text{pH} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(2)常温下 pH 均为 3 的稀盐酸与醋酸等体积混合后, $\text{pH} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(3)常温下, 将 $\text{pH} = 8$ 和 $\text{pH} = 10$ 的两种强碱溶液等体积混合, 溶液的 pH 是 $\underline{\hspace{2cm}}$ (已知 $\lg 2 = 0.3$)。

答案 (1)2 (2)3 (3)9.7

解析 (3)由于两种溶液均为强碱溶液, 故应先求溶液中的 $c(\text{OH}^-)$, 再求 $c(\text{H}^+)$ 和 pH 。设混

合前两种强碱溶液的体积均为 $V \text{ L}$, 混合后 $c(\text{OH}^-) = \frac{10^{-6}V + 10^{-4}V}{2V} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \approx 5 \times 10^{-5} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$,

故 $c(\text{H}^+) = \frac{10^{-14}}{5 \times 10^{-5}} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} = 2 \times 10^{-10} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, $\text{pH} = -\lg(2 \times 10^{-10}) \approx 9.7$ 。

3. 25 °C 时, 稀溶液混合后的体积可认为是二者体积之和, 根据要求进行有关 pH 的计算。

(1) $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的盐酸和 $0.05 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的氢氧化钡溶液等体积混合后 pH 为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

(2) $\text{pH} = 12$ 的 NaOH 溶液和 $\text{pH} = 4$ 的 HCl 溶液等体积混合, pH 为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

(3) 将 $\text{pH} = 9$ 的 NaOH 溶液与 $\text{pH} = 4$ 的 H_2SO_4 溶液混合, 若所得混合溶液的 $\text{pH} = 5$, 则 NaOH 溶液与 H_2SO_4 溶液的体积比为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

(4) 常温下, 若 1 体积硫酸与 2 体积 $\text{pH} = 11$ 的氢氧化钠溶液混合后的溶液的 $\text{pH} = 3$ (混合后体积变化不计), 则二者物质的量浓度之比应为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

答案 (1)7 (2)11.7 (3)9 : 2 (4)5 : 2

解析 (1) $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的盐酸中 $c(\text{H}^+) = 0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, $0.05 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的氢氧化钡溶液中 $c(\text{OH}^-) = 0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 因而二者等体积混合, 恰好反应, 溶液呈中性, $\text{pH} = 7$ 。

(2) 设溶液体积均为 $V\text{L}$, $\text{pH} = 12$ 的 NaOH 中 $n(\text{OH}^-) = cV = 10^{-2}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1} \times V\text{L} = 10^{-2}V\text{mol}$, $\text{pH} = 4$ 的 HCl 中 $n(\text{H}^+) = cV = 10^{-4}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1} \times V\text{L} = 10^{-4}V\text{mol}$, 故混合后 NaOH 过量, 故溶液中 $c(\text{OH}^-) = \frac{10^{-2}V\text{mol} - 10^{-4}V\text{mol}}{2V\text{L}} \approx 5 \times 10^{-3}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 则 $c(\text{H}^+) = \frac{10^{-14}}{5 \times 10^{-3}}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1} = 2 \times 10^{-12}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 故 $\text{pH} = -\lg(2 \times 10^{-12}) = 12 - \lg 2 \approx 11.7$ 。

(3) 设 NaOH 的体积为 $V_b\text{L}$, H_2SO_4 的体积为 $V_a\text{L}$, $\text{pH} = 9$ 的 NaOH 溶液中 $c(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-5}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, $\text{pH} = 4$ 的 H_2SO_4 溶液中 $c(\text{H}^+) = 1 \times 10^{-4}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

由于二者混合后 $c(\text{H}^+) = 1 \times 10^{-5}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 则酸过量, $\frac{1 \times 10^{-4}V_a - 1 \times 10^{-5}V_b}{V_a + V_b} = 1 \times 10^{-5}$

方程两边都除以 10^{-5} , 则 $10V_a - V_b = V_a + V_b$

解得 $\frac{V_b}{V_a} = \frac{9}{2}$ 。

(4) $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$, 设硫酸的物质的量浓度为 $c\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 体积为 $V\text{L}$, 氢氧化钠溶液的浓度为 $10^{-3}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 体积为 $2V\text{L}$, 混合后 $\text{pH} = 3$, 即 $c(\text{H}^+) = \frac{2cV - 10^{-3} \times 2V}{3V}$

$\text{mol}\cdot\text{L}^{-1} = 10^{-3}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 解得 $c = \frac{5}{2} \times 10^{-3}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 则二者物质的量浓度之比应为 $5:2$ 。

4. 在 25°C 时, 有 pH 为 a 的 HCl 溶液和 pH 为 b 的 NaOH 溶液, 取 $V_a\text{L}$ 该 HCl 溶液用该 NaOH 溶液中和, 需 $V_b\text{L}$ NaOH 溶液。请回答下列问题:

(1) 若 $a+b=14$, 则 $V_a:V_b = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(2) 若 $a+b=13$, 则 $V_a:V_b = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(3) 若 $a+b>14$, 则 $V_a:V_b = \underline{\hspace{2cm}}$, 且 $V_a \underline{\hspace{1cm}}$ (填 “>” “<” 或 “=”) V_b 。

答案 (1) $1:1$ (2) $1:10$ (3) $10^{a+b-14} >$

解析 发生中和反应时: $n(\text{H}^+) = n(\text{OH}^-)$, 即 $10^{-a} \times V_a = \frac{10^{-14}}{10^{-b}} \times V_b$; $V_a:V_b = 10^{a+b-14}$;

$a+b=14$ 时, $V_a:V_b = 1$; $a+b=13$ 时, $V_a:V_b = 1:10$;

$a+b>14$ 时, $V_a:V_b = 10^{a+b-14} > 1$, 且 $V_a > V_b$ 。

5. 某温度($t^\circ\text{C}$)时, 水的离子积 $K_w = 1 \times 10^{-12}$ 。请完成下列问题:

(1) 将此温度下 $\text{pH} = 11$ 的 NaOH 溶液与 $\text{pH} = 1$ 的 HCl 溶液等体积混合, 混合后溶液的 $\text{pH} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(2) 将此温度下 $\text{pH} = 11$ 的 NaOH 溶液 $a\text{L}$ 与 $\text{pH} = 1$ 的 H_2SO_4 溶液 $b\text{L}$ 混合:

① 若所得混合溶液呈中性, 则 $a:b = \underline{\hspace{2cm}}$;

② 若所得混合溶液的 $\text{pH} = 2$, 则 $a:b = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

答案 (1) 6 (2) ① $1:1$ ② $9:11$

解析 (1) 此温度下 $\text{pH} = 11$ 的 NaOH 溶液中 $c(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-1}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, $\text{pH} = 1$ 的 HCl 溶液中 $c(\text{H}^+) = 1 \times 10^{-1}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 所以两溶液等体积混合后应恰好完全反应, 则混合后溶液的 $\text{pH} = 6$ 。

(2)①若所得混合溶液呈中性, 则 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\times a \text{ L} = 0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\times b \text{ L}$, 所以 $a : b = 1 : 1$; ②

若所得混合溶液的 $\text{pH} = 2$, 则混合后 $c(\text{H}^+) = 0.01 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 则 $\frac{n(\text{H}^+) - n(\text{OH}^-)}{a \text{ L} + b \text{ L}} = 0.01 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$,

即: $\frac{0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\times b \text{ L} - 0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\times a \text{ L}}{(a + b) \text{ L}} = 0.01 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 得 $a : b = 9 : 11$ 。