

复习与练习

与电解质溶液有关的图像题探究

安徽省临泉一中

236400

陶相雷

图像题在有效地考查学生读图、识图、用图的能力基础上,要求学生能迅速从图像中提取有用信息去解决实际问题。在电解质溶液的考查中,有关的概念和理论都具有很强的抽象性,但如果借助图像把各种变化规律和特点形象直观地表述出来,对学生能力的要求就更近了一步,从而更直观地认识到外界条件对电离平衡、水解平衡、沉淀溶解平衡的影响,认识中和滴定的突变、离子浓度的变化等。

一、分析解答此类图像问题的注意事项

1. 首先是读图,理解图像的含义,弄清横坐标、纵坐标的含义及单位;特殊点的意义,例如坐标轴的原点,曲线的起点、终点、交叉点、极值点、转折点等;认清曲线的变化趋势以及斜率的大小及升降。

2. 其次是识图,提取信息,挖掘隐含信息、排除干扰信息、提炼有用信息,在系统分析信息的基础上进行判断、逻辑推理并且运用数据进行计算。

3. 最后是用图,结合所学知识解答实际问题。

二、电解质溶液图像的类型及解题策略

题型一 强、弱电解质加水稀释的变化曲线

此类内容如图1所示。

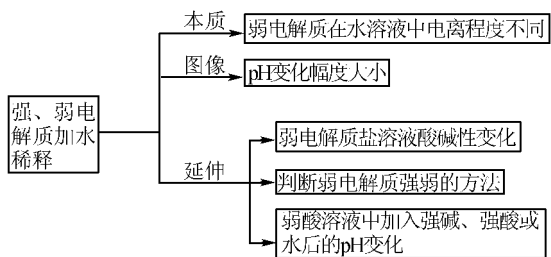


图1

例1 常温下,有下列四种溶液,下列说法正确的是()。

- ① $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液
- ② pH = 11 的 NaOH 溶液
- ③ $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ CH_3COOH 溶液
- ④ pH = 3 的 CH_3COOH 溶液

A. ②与④混合,若溶液显酸性,则所得溶液

中离子浓度可能为: $c(\text{CH}_3\text{COO}^-) > c(\text{H}^+) > c(\text{Na}^+) > c(\text{OH}^-)$

B. 由水电离出的 $c(\text{OH}^-)$: ① > ③

C. ③稀释到原来的100倍后, pH与④相同

D. ①与③混合,若溶液 pH = 7, 则 $V(\text{NaOH 溶液}) > V(\text{CH}_3\text{COOH 溶液})$

解析 B项, $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液中,由水电离出的 $c(\text{OH}^-)$ 为 $1 \times 10^{-13} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ CH_3COOH 溶液中, $c(\text{H}^+) < 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则由水电离出的 $c(\text{OH}^-)$ 大于 $1 \times 10^{-13} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 所以由水电离出的 $c(\text{OH}^-)$ 为 ① < ③, 错误; C项, $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ CH_3COOH 溶液稀释100倍, 浓度变为 $0.001 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则 $\text{pH} > 3$, 错误; D项, ①与③等体积混合时, 溶液 $\text{pH} > 7$, 若让溶液的 $\text{pH} = 7$, 则需要 $V(\text{CH}_3\text{COOH 溶液}) > V(\text{NaOH 溶液})$, 错误。

答案: A.

题型二 中和滴定曲线

1. 思路分析(如图2所示)

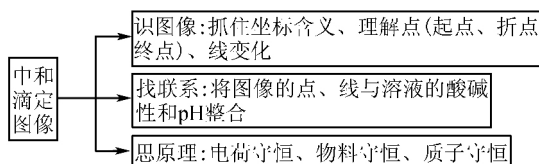


图2

2. 巧抓“四点”,突破“粒子”浓度关系

(1) 抓反应“一半”点,判断是什么溶质的等量混合。

(2) 抓“恰好”反应点,生成什么溶质,溶液呈什么性,是什么因素造成的。

(3) 抓溶液“中性”点,生成什么溶质,哪种反应物过量或不足。

(4) 抓反应“过量”点,溶质是什么,判断谁多、谁少还是等量。

例2 $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2$ 是食品加工中常用的食品添加剂,用于焙烤食品中; NH_4HSO_4 在分析试剂、医药、电子工业中用途广泛。请回答下列问题:

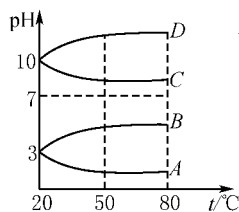


图3

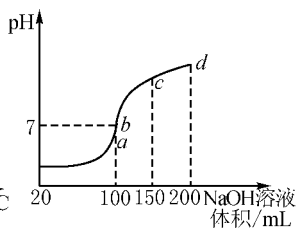


图4

(1) 相同条件下 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2$ 溶液中 $c(\text{N})$ ____ (填“等于”“大于”或“小于”) $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NH}_4\text{HSO}_4$ 溶液中 $c(\text{N})$ 。

(2) 图3是 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 某溶液的 pH 随温度变化的图像。

① 其中符合 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2$ 溶液的 pH 随温度变化的曲线是 ____ (填写字母);

② 20°C 时 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2$ 溶液中 $2c(\text{S}) - c(\text{N}) - 3c(\text{Al}^{3+}) \approx$ ____ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(3) 室温时,向 $100 \text{ mL } 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NH}_4\text{HSO}_4$ 溶液中滴加 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 溶液,得到溶液的 pH 与 NaOH 溶液体积的关系曲线如图4所示。试分析图2中 a, b, c, d 四个点,水的电离程度最大的是 ____; 在 b 点,溶液中各离子浓度由大到小的排列顺序是 ____。

(4) 已知 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 为难溶物 { 常温下, $K_{\text{sp}}[\text{Al}(\text{OH})_3] = 2.0 \times 10^{-33}$ }。常温下当溶液 $\text{pH} = 5$ 时,某溶液中的 Al^{3+} ____ (填“能”或“不能”) 完全沉淀 (溶液中的离子浓度小于 $1 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,可认为沉淀完全)。

解析 (1) 相同条件下,铝离子抑制铵根离子水解程度小于氢离子,故 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2$ 溶液中 $c(\text{N})$ 小于 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NH}_4\text{HSO}_4$ 溶液中 $c(\text{N})$ 。

(2) ① $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2$ 溶液中铵根离子和铝离子水解使溶液呈酸性,则 $\text{pH} < 7$, 升高温度促进水解,溶液酸性增强,溶液的 pH 减小; ② 根据电荷守恒得 $2c(\text{S}) - c(\text{N}) - 3c(\text{Al}^{3+}) = c(\text{H}^+) - c(\text{OH}^-) \approx 1 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ [$c(\text{OH}^-)$ 太小,可忽略]。

(3) a 点溶液中溶质只有 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 与 Na_2SO_4 ; b, c, d 三点溶液中均含有 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 促进水的电离,而 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 抑制水的电离。 b 点溶液呈中性,溶液中溶质有

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4, \text{Na}_2\text{SO}_4, \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, a 点时 $c(\text{Na}^+) = c(\text{S})$, b 点时 $c(\text{Na}^+) > c(\text{S})$, 故 $c(\text{Na}^+) > c(\text{S}) > c(\text{N}) > c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+)$ 。

(4) 常温下 $\text{pH} = 5$ 的溶液中 $c(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-9} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{Al}^{3+}) = 2.0 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} < 1 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 所以能完全沉淀。

答案: (1) 小于 (2) A 1×10^{-3} (3) a $c(\text{Na}^+) > c(\text{S}) > c(\text{N}) > c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+)$ (4) 能

例3 常温下,向所得饱和氯水中滴加 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液。实验过程中溶液的 pH 变化曲线如图5所示,下列叙述正确的是 ()。

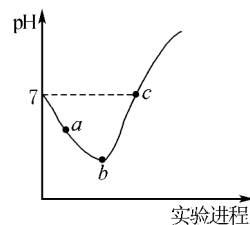


图5

A. 实验进程中可用 pH 试纸测定溶液的 pH

B. c 点所示溶液中: $c(\text{Na}^+) = 2c(\text{ClO}^-) + c(\text{HClO})$

C. 向 a 点所示溶液中通入 SO_2 , 溶液的酸性和漂白性均增强

D. 由 a 点到 b 点的过程中, 溶液中 $\frac{c(\text{H}^+)}{c(\text{ClO}^-)}$ 减小

解析 由于氯水具有漂白性, 不能用 pH 试纸测定溶液的 pH, A 错; 由于 c 点 $\text{pH} = 7$, 依据电荷守恒得关系式: $c(\text{Na}^+) = c(\text{Cl}^-) + c(\text{ClO}^-)$, 因 $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HCl} + \text{HClO}$, 所以 $c(\text{Cl}^-) = c(\text{ClO}^-) + c(\text{HClO})$, 所以 $c(\text{Na}^+) = 2c(\text{ClO}^-) + c(\text{HClO})$, B 正确; C 项 a 点通入 SO_2 时, $\text{Cl}_2 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$, 酸性增强, 漂白性降低; D 项, a 点到 b 点是 Cl_2 溶于水的过程, $\frac{c(\text{H}^+)}{c(\text{ClO}^-)}$ 增大。答案: B。

题型三 溶解平衡曲线

此类型的解题思路如图6所示。

例4 根据题目提供的溶度积数据进行计算并回答下列问题:

(1) 在 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 溶液中加入 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 溶液后过滤, 若测得滤液中 $c(\text{C}) = 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则 Ca^{2+} 是否沉淀完全? ____ (填“是”或“否”)。 { 已知 $c(\text{Ca}^{2+}) \leq 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时可视为沉淀完

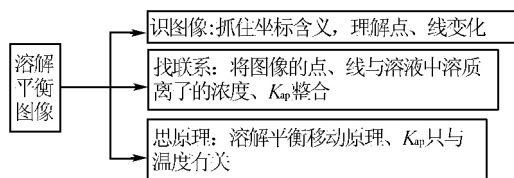


图6

全; $K_{sp}(\text{CaCO}_3) = 4.96 \times 10^{-9}$

(2) 已知: 25°C 时, $K_{sp}[\text{Mg}(\text{OH})_2] = 5.6 \times 10^{-12}$; 酸碱指示剂百里酚蓝变色的 pH 范围见表 1。

表 1

pH	<8.0	8.0~9.6	>9.6
颜色	黄色	绿色	蓝色

25°C 时, 在 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 饱和溶液中滴加 2 滴百里酚蓝指示剂, 溶液的颜色为_____。

(3) 向 50 mL $0.018 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 AgNO_3 溶液中加入 50 mL $0.020 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸, 生成沉淀。已知该温度下 AgCl 的 $K_{sp} = 1.0 \times 10^{-10}$, 忽略溶液的体积变化, 请计算:

① 完全沉淀后, 溶液中 $c(\text{Ag}^+) =$ _____。

② 完全沉淀后, 溶液的 pH =_____。

③ 如果向完全沉淀后的溶液中继续加入 50 mL $0.001 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸, 是否有白色沉淀生成? _____(填“是”或“否”)。

解析 (1) 根据 $K_{sp}(\text{CaCO}_3) = c(\text{Ca}^{2+}) \cdot c(\text{C}) = 4.96 \times 10^{-9}$, 得 $c(\text{Ca}^{2+}) = 4.96 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} < 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 可视为沉淀完全。(2) 设 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 饱和溶液中 $c(\text{OH}^-)$ 为 $x \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则 $0.5x^3 = 5.6 \times 10^{-12}$, $x > 1 \times 10^{-4}$, $c(\text{H}^+) < 1 \times 10^{-10} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, pH > 10, 溶液为蓝色。(3) ① 反应前 $n(\text{Ag}^+) = 0.018 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.05 \text{ L} = 0.9 \times 10^{-3} \text{ mol}$, $n(\text{Cl}^-) = 0.020 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.05 \text{ L} = 1 \times 10^{-3} \text{ mol}$; 反应后剩余的 Cl^- 为 $0.1 \times 10^{-3} \text{ mol}$, 则混合溶液中, $c(\text{Cl}^-) = 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{Ag}^+) = K_{sp}(\text{AgCl}) / c(\text{Cl}^-) = 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。② H^+ 没有参与反应, 完全沉淀后 $c(\text{H}^+) = 0.010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, pH = 2。③ 因为加入的盐酸中 $c(\text{Cl}^-)$ 和反应后所得溶液中 $c(\text{Cl}^-)$ 相同, $c(\text{Cl}^-)$ 没有改变, $c(\text{Ag}^+)$ 变小, 所以 $Q_c = c(\text{Ag}^+) \cdot c(\text{Cl}^-) < K_{sp}(\text{AgCl})$, 没有沉淀产生。

答案: (1) 是 (2) 蓝色

(3) ① $1.0 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ② 2 ③ 否

类型四 综合应用

例 5 图 7 所示图像与对应的叙述相符的是 ()。

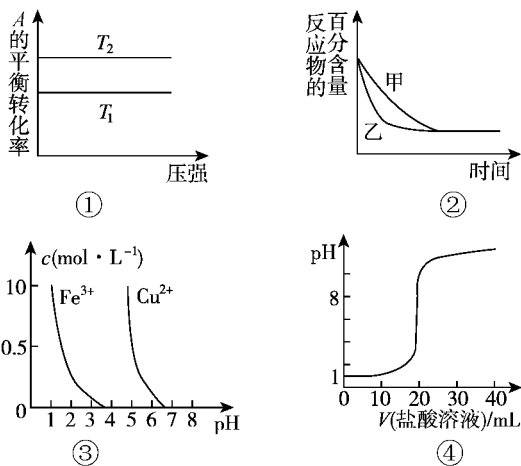


图7

A. 由图①可以判断: 若 $T_1 > T_2$, 反应 $A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$ 的 $\Delta H < 0$

B. 图②表示压强对可逆反应 $2A(g) + 2B(g) \rightleftharpoons 3C(g) + D(s)$ 的影响, 乙的压强比甲的压强大

C. 根据图③, 若除去 CuSO_4 溶液中的 Fe^{3+} , 可向溶液中加入适量 NaOH 溶液, 调节 $\text{pH} \approx 4$

D. 图④表示用 0.1 mol/L 的盐酸滴定 20 mL 0.1 mol/L NaOH 溶液, 溶液 pH 随加入盐酸体积的变化

解析 A 选项, 由图①可知, 增大压强 A 的转化率不变, 平衡不移动, 则反应为两边气体物质化学计量数相等的反应, 若 $T_1 > T_2$, 则升高温度 A 的转化率降低, 平衡逆向移动, 而升高温度, 平衡向吸热反应方向移动, 故反应 $A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$ 的 $\Delta H < 0$, A 项正确; B 选项, 增大压强, 可逆反应 $2A(g) + 2B(g) \rightleftharpoons 3C(g) + D(s)$ 向着气体体积减小的方向进行, 即向着正反应方向进行, 反应物的百分含量要减小, 与图②不符, B 项错误; C 选项, 根据图③, 若除去 CuSO_4 溶液中的 Fe^{3+} , 可将调节溶液 $\text{pH} \approx 4$, 但向溶液中加入适量 NaOH 溶液, 会引进杂质离子钠离子, C 项错误; D 选项, 滴定开始之前 0.1 mol/L NaOH 溶液的 $\text{pH} = 13$, 不是 1, D 项错误。答案: A。

(收稿日期: 2017-01-15)