

探究离子共存问题

江苏省石庄高级中学 226531 刘万青

离子共存问题是中学化学的重要知识,也是高考命题的必考考点,这一部分内容较多,与其他知识联系紧密,考查方式灵活。下面将其重要知识总结如下。

一、复分解反应

①离子间相互结合生成难溶物或微溶物,如: Ba^{2+} (或 Ca^{2+}) 与 SO_4^{2-} 、 SO_3^{2-} 、 CO_3^{2-} 等。

②离子间相互结合生成气态物质,如: H^+ 与 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 S^{2-} 、 HS^- 、 SO_3^{2-} 、 HSO_3^- 等。

③离子间相互作用生成弱电解质,如: H^+ 与 CH_3COO^- 、 F^- ; OH^- 与 NH_4^+ 等。

例 1 某溶液中存在较多的 H^+ 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- , 则溶液中还可能大量存在的离子组是()。

- A. Mg^{2+} 、 Ba^{2+} 、 Br^- B. Al^{3+} 、 CH_3COO^- 、 Cl^-
C. Mg^{2+} 、 Cl^- 、 Fe^{2+} D. Na^+ 、 NH_4^+ 、 Cl^-

解析 选项 A, Ba^{2+} 与 SO_4^{2-} 反应而不能大量存在; 选项 B, CH_3COO^- 与 H^+ 反应而不能大量存在; 选项 C, Fe^{2+} 会被 NO_3^- (H^+) 氧化而不能大量存在; 选项 D, H^+ 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Na^+ 、 NH_4^+ 、 Cl^- 之间不发生反应,能大量共存。答案: D。

二、离子间形成络合物

Fe^{3+} 与 SCN^- 形成络合物 $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ 为红色,不能大量共存, Ag^+ 与 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 形成银氨溶液而不能大量共存等。

例 2 常温下,下列各组离子在指定溶液中能大量共存的是()。

- A. pH = 1 的溶液中: Fe^{2+} 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+
B. 由水电离的 $c(\text{H}^+) = 1 \times 10^{-14} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液中: Ca^{2+} 、 K^+ 、 Cl^- 、 HCO_3^-
C. $c(\text{H}^+)/c(\text{OH}^-) = 10^{12}$ 的溶液中: NH_4^+ 、 Al^{3+} 、 NO_3^- 、 Cl^-
D. $c(\text{Fe}^{3+}) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液中: K^+ 、 ClO^- 、 SO_4^{2-} 、 SCN^-

解析 Fe^{2+} 、 H^+ 、 NO_3^- 因发生反应: $3\text{Fe}^{2+} + \text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ = 3\text{Fe}^{3+} + \text{NO} \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 不能大量共

存, A 错; $c(\text{H}^+)_{\text{水}} = 1 \times 10^{-14} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, pH = 0 或 pH = 14, HCO_3^- 不能大量存在, B 错; C 项中 $c(\text{H}^+)/c(\text{OH}^-) = 10^{12}$, 而 $c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-) = 10^{-14}$, 推知 $c(\text{H}^+) = 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, pH = 1, 四种离子不反应,也都与 H^+ 不反应,可以大量共存, C 正确; D 项中 Fe^{3+} 与 SCN^- 发生络合反应而不能大量共存, D 错。答案: C。

三、水解相互促进的反应

离子间发生水解相互促进: 如: Al^{3+} 与 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 S^{2-} 、 HS^- 、 AlO_2^- 等。

例 3 能在水溶液中大量共存的一组离子是()。

- A. H^+ 、 I^- 、 NO_3^- 、 SiO_3^{2-} B. Ag^+ 、 Fe^{3+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-}
C. K^+ 、 SO_4^{2-} 、 Cu^{2+} 、 NO_3^-
D. NH_4^+ 、 Al^{3+} 、 Cl^- 、 HCO_3^-

解析 A 项中 NO_3^- 和 H^+ 能氧化 I^- 而不能共存, H^+ 和 SiO_3^{2-} 生成硅酸沉淀也不能共存; B 项中 Ag^+ 与 Cl^- 、 SO_4^{2-} 不能共存; D 项中 Al^{3+} 与 HCO_3^- 不能共存。答案: C。

四、氧化还原反应

I^- (或 Fe^{2+}) 与 MnO_4^- 、 NO_3^- (H^+) 等氧化性离子不能共存; MnO_4^- (或 H^+) 与 Br^- , H^+ 与 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 等离子不能共存。

例 4 室温下,下列各组离子在指定溶液中能大量共存的是()。

- A. 饱和氯水中: Cl^- 、 NO_3^- 、 Na^+ 、 SO_3^{2-}
B. $c(\text{H}^+) = 1.0 \times 10^{-13} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 溶液中: CO_3^{2-} 、 K^+ 、 SO_4^{2-} 、 Br^-
C. Na_2S 溶液中: SO_4^{2-} 、 K^+ 、 Cl^- 、 Cu^{2+}
D. pH = 12 的溶液中: NO_3^- 、 I^- 、 Na^+ 、 Al^{3+}

解析 饱和氯水中, SO_3^{2-} 不能大量存在, A 项错误; $c(\text{H}^+) = 1.0 \times 10^{-13} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液显碱性, 所给离子均能大量共存, B 项正确; C 项中 S^{2-} 能与 Cu^{2+} 结合形成沉淀, C 项错误; pH = 12 的溶液显碱性, Al^{3+} 不能大量存在, D 项错误。答案: B。

五、离子共存题干中常见的限制条件

(1) 溶液无色(有色离子不能大量存在,如 Cu^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 MnO_4^- 等)。

(2) 溶液 $\text{pH} = 1$ 或 $\text{pH} = 13$ (溶液 $\text{pH} = 1$, 说明溶液中含大量 H^+ , 则与 H^+ 反应的离子不能存在; 溶液 $\text{pH} = 13$, 说明溶液中含大量 OH^- , 则与 OH^- 反应的离子不能存在)。

(3) 与 Al 反应放出 H_2 (溶液可能显酸性也可能显碱性)。

例 5 下列离子组一定能大量共存的是 ()。

- A. 甲基橙呈黄色的溶液中: I^- 、 Cl^- 、 NO_3^- 、 Na^+
 B. 石蕊呈蓝色的溶液中: Na^+ 、 AlO_2^- 、 NO_3^- 、 HCO_3^-
 C. 含大量 Al^{3+} 的溶液中: K^+ 、 NO_3^- 、 Na^+ 、 ClO^-
 D. 含大量 OH^- 的溶液中: CO_3^{2-} 、 Cl^- 、 F^- 、 K^+

解析 A 项中溶液可能为酸性, 在酸性条件下 NO_3^- 与 I^- 不能大量共存; B 项溶液为碱性, HCO_3^- 不能大量共存; C 项中 Al^{3+} 与 ClO^- 互相促进水解, 不能共存。答案: D。

六、离子共存数字化记忆

(1) 4 种有色离子: MnO_4^- 紫、 Cu^{2+} 蓝、 Fe^{3+} 黄、 Fe^{2+} 浅绿

(2) 5 种氧化性离子: MnO_4^- 、 ClO^- 、 Fe^{3+} 、 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 、 NO_3^- (H^+)

(3) 7 种还原性离子: S^{2-} 、 HS^- 、 SO_3^{2-} 、 HSO_3^- 、 I^- 、 Br^- 、 Fe^{2+}

(4) 7 种水解显酸性的离子: NH_4^+ 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 、 Cu^{2+} 、 Ag^+ 、 Fe^{3+} 、 Fe^{2+}

(5) 6 种水解显碱性的离子: AlO_2^- 、 ClO^- 、 CH_3COO^- 、 SO_3^{2-} 、 CO_3^{2-} 、 S^{2-}

(6) 4 种与酸、碱都反应的离子: HCO_3^- 、 HS^- 、 HSO_3^- 、 H_2PO_4^-

例 6 在水溶液中能大量共存的一组离子是 ()。

- A. Na^+ 、 Ba^{2+} 、 Cl^- 、 NO_3^- B. Pb^{2+} 、 Hg^{2+} 、 S^{2-} 、 SO_4^{2-}
 C. NH_4^+ 、 H^+ 、 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 、 PO_4^{3-} D. Ca^{2+} 、 Al^{3+} 、 Br^- 、 CO_3^{2-}

解析 从离子之间能否发生复分解反应、沉淀反应或氧化还原反应等角度分析。A 项中, 四种离子之间不发生任何反应, 可以共存, A 项正

确; B 项中, Pb^{2+} 与 S^{2-} 、 SO_4^{2-} 都可发生沉淀反应, Hg^{2+} 与 S^{2-} 可发生沉淀反应, B 项错误; C 项中, H^+ 与 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 可发生氧化还原反应: $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{S} \downarrow + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$, C 项错误; D 项中, Al^{3+} 和 CO_3^{2-} 之间能发生水解相互促进的反应: $2\text{Al}^{3+} + 3\text{CO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{CO}_2 \uparrow$; Ca^{2+} 、 CO_3^{2-} 可发生沉淀反应, D 项错误。答案: A。

七、离子共存的判断方法

1. 互促水解法

离子间发生水解相互促进, 如: Al^{3+} 与 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 S^{2-} 、 HS^- 、 AlO_2^- 等。由于能够进行彻底, 则离子不共存。如 $\text{Al}^{3+} + 3\text{AlO}_2^- + 6\text{H}_2\text{O} = 4\text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$ 。

例 7 水溶液中能大量共存的一组离子是 ()。

- A. Na^+ 、 Al^{3+} 、 Cl^- 、 CO_3^{2-} B. H^+ 、 Na^+ 、 Fe^{2+} 、 MnO_4^-
 C. K^+ 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 、 NO_3^- D. K^+ 、 NH_4^+ 、 OH^- 、 SO_4^{2-}

解析 充分运用离子反应发生的条件解决离子共存问题。A 项, Al^{3+} 和 CO_3^{2-} 发生相互促进的水解反应而不能大量共存; B 项, Fe^{2+} 和 MnO_4^- 在酸性条件下发生氧化还原反应而不能大量共存; C 项, 四种离子能大量共存; D 项, NH_4^+ 和 OH^- 易结合为弱电解质 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 而不能大量共存。答案: C。

2. 指定条件法

按照题目给出的条件, 进行判断离子之间是否共存。比如溶液 $\text{pH} = 1$, 说明溶液中含大量 H^+ , 则与 H^+ 反应的离子不能存在, 像 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 S^{2-} 、 HS^- 、 AlO_2^- 都与 H^+ 不共存。

例 8 常温下, 下列各组离子在指定溶液中一定能大量共存的是 ()。

- A. $1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 KNO_3 溶液: H^+ 、 Fe^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-}
 B. 甲基橙呈红色的溶液: NH_4^+ 、 Ba^{2+} 、 AlO_2^- 、 Cl^-
 C. $\text{pH} = 12$ 的溶液: K^+ 、 Na^+ 、 CH_3COO^- 、 Br^-
 D. 与铝反应产生大量氢气的溶液: Na^+ 、 K^+ 、 CO_3^{2-} 、 NO_3^-

解析 NO_3^- 在酸性条件下具有氧化性, 能氧化 Fe^{2+} ; 使甲基橙呈红色的溶液显酸性, AlO_2^- 不能大量共存; $\text{pH} = 12$ 的溶液呈碱性, 所给离子一定能大量共存; 与铝反应产生大量氢气的溶液显强碱

理清问题逻辑 谋求整体突破

——无机流程题的解题策略

江苏省扬州市新华中学 225009 林 军

近年来江苏、广东高考中,无机流程题持续出现。它以化工生产实践为背景,生产流程图为载体,综合考查学生对化学基本理论、元素化合物、化学实验、化学计算、绿色化学等知识的掌握情况;综合考查学生获取信息能力、分析评价能力、运用解决能力、数据处理能力和描述表达能力等。由于情境陌生度大、问题设计灵活、化学素养要求高,学生往往难以拿到高分。怎样才能有效地解决这类问题呢?

一、抓住命题特征,理解问题设计逻辑,明晰解题思路

无机流程题以化工生产实践为背景,而化工生产往往考虑原料的来源、利润的最大化以及对

环境的影响等因素,这就决定了化工生产的流程要尽量做到使产品“价廉物美”。“价廉物美”也就必定成为无机流程题问题设计的基本逻辑,也就是我们解决这类问题思维的基本出发点。在此逻辑下,将化学基本理论、元素化合物、化学实验、化学计算、绿色化学等知识和获取信息能力、分析评价能力、运用解决能力、数据处理能力和描述表达能力进行整合应用,从而有效解决这类问题。

二、运用建模思想,解读化工生产流程,谋求整体突破

1. 构建运用模型 泛读流程 抓住核心反应
依据“价廉物美”这一无机流程设计的基本

► 性或强酸性,若呈强碱性所给离子能大量共存,若呈强酸性,CO₃²⁻ 不能大量共存,且酸性环境中 NO₃⁻ 具有强氧化性与铝反应不会产生氢气。答案: C。

3. 排除法

把不在结论(答案)范围内的其他结论排除掉的方法。如题目要求是酸性环境,则能与 H⁺ 反应的离子不能共存。

例 9 下列各组离子,在指定环境中一定能大量共存的是()。

- A. pH = 7 的溶液中: Al³⁺、K⁺、SO₄²⁻、HCO₃⁻
B. FeCl₂ 溶液中: SO₄²⁻、H⁺、MnO₄⁻、Na⁺
C. 能使 pH 试纸变深红色的溶液中: S²⁻、SO₃²⁻、S₂O₃²⁻、SO₄²⁻
D. 滴加甲基橙试剂显红色的溶液中: Na⁺、NH₄⁺、Cl⁻、NO₃⁻

解析 选项 A 中 Al³⁺ 与 HCO₃⁻ 水解相互促进生成 Al(OH)₃ 和 CO₂, 不能大量共存; B 中 MnO₄⁻ 能氧化 Fe²⁺, 不能大量共存; C 中溶液显酸性, S²⁻、SO₃²⁻、S₂O₃²⁻ 发生氧化还原反应, 不能大量共存; D 中溶液显酸性, 可以大量共存, 所以正确的答案选 D。答案: D。

4. 隐含条件法

题目中没有明确告诉溶液的酸碱性, 需要自

己进行判断。如: 由水电离的 $c(\text{H}^+) = 1 \times 10^{-14} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液、水电离出来的 H⁺ 和 OH⁻ 浓度的乘积为 1×10^{-28} 的溶液、放入铝片能放出 H₂ 的溶液等, 其隐含的条件是该溶液既可能为酸性也可能为碱性。

例 10 下列各组离子在指定溶液中能大量共存的是()。

- ① pH = 11 的溶液中: CO₃²⁻、Na⁺、AlO₂⁻、NO₃⁻;
② 无色溶液中: K⁺、Na⁺、MnO₄⁻、SO₄²⁻;
③ 加入 Al 能放出 H₂ 的溶液中: Cl⁻、HCO₃⁻、SO₄²⁻、NH₄⁺;
④ 酸性溶液中: Fe²⁺、Al³⁺、NO₃⁻、Cl⁻;
⑤ 由水电离出的 $c(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-13} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液中: Na⁺、Ba²⁺、Cl⁻、Br⁻。

A. ①⑤ B. ②③ C. ②④ D. ③⑤

解析 ②中 MnO₄⁻ 显紫红色; ③中“加入 Al 能放出 H₂ 的溶液”显酸性或碱性, HCO₃⁻ 都不能存在; ④中 Fe²⁺、NO₃⁻ 在酸性溶液中能发生氧化还原反应, 故不能大量共存; ⑤中“由水电离出的 $c(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-13} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液”显酸性或碱性, Na⁺、Ba²⁺、Cl⁻、Br⁻ 都可以大量共存。答案: A。

(收稿日期: 2015-01-05)