

第四节 难溶电解质的沉淀溶解平衡 课时作业

一. 选择题

1. (2022·大连第三次模拟) 常温下, 有关物质的溶度积如下:

物质	CaCO ₃	MgCO ₃	Ca(OH) ₂	Mg(OH) ₂	Fe(OH) ₃
K _{sp}	4.96×10 ⁻⁹	6.82×10 ⁻⁶	4.68×10 ⁻⁶	5.61×10 ⁻¹²	2.64×10 ⁻³⁹

下列有关说法不正确的是 ()。

- A. 常温下, 除去NaCl溶液中的MgCl₂杂质。选用NaOH溶液比Na₂CO₃溶液效果好。
- B. 常温下, 除去NaCl溶液中的CaCl₂杂质。选用NaOH溶液比Na₂CO₃溶液效果好。
- C. 向含有Mg²⁺、Fe³⁺的溶液中滴加NaOH溶液, 当两种沉淀共存且溶液的pH=8时, $c(\text{Mg}^{2+}) : c(\text{Fe}^{3+}) = 2.125 \times 10^{21}$ 。
- D. 将适量的Ca(OH)₂固体溶于100mL水中, 刚好达到饱和 [$c(\text{Ca}^{2+}) = 1.054 \times 10^{-2} \text{mol/L}$], 若保持温度不变, 向其中加入100mL 0.012mol/L的NaOH, 则该溶液变为不饱和溶液。

2. (2022·北京顺义区一模) 某实验小组探究常温下难溶电解质的溶解平衡, 查得如下资料:

难溶电解质	FeS	CuS	Mg(OH) ₂	Fe(OH) ₃
K _{sp} (溶解平衡常数)	6.3×10 ⁻¹⁸	6.3×10 ⁻³⁶	1.8×10 ⁻¹¹	4.0×10 ⁻³⁸

依据上述数据进行的预测不合理的是 ()。

- A. 向饱和FeS溶液中加入少量Na₂S固体, 有浑浊出现。
- B. 除去FeSO₄溶液中的CuSO₄, 可选用FeS做沉淀剂。
- C. 向含等物质的量的MgCl₂和FeCl₃的混合溶液中逐滴加入NaOH溶液, 最先出现的沉淀是Mg(OH)₂。
- D. 向1mL 0.1mol·L⁻¹MgCl₂溶液中滴加2mL 0.1mol·L⁻¹NaOH溶液, 取澄清溶液滴加2滴0.1mol·L⁻¹FeCl₃溶液, 有浑浊出现。

3. 已知: 25℃时, $K_{sp}[\text{Zn}(\text{OH})_2] = 1.0 \times 10^{-18}$, $K_a(\text{HCOOH}) = 1.0 \times 10^{-4}$ 。该温度下, 下列说法错误的是 ()。

- A. HCOO⁻的水解平衡常数为 1.0×10^{-10} 。
- B. 向Zn(OH)₂悬浊液中加少量HCOOH, 溶液中 $c(\text{Zn}^{2+})$ 增大。
- C. Zn(OH)₂溶于水形成的饱和溶液中, $c(\text{Zn}^{2+}) > 1.0 \times 10^{-6} \text{mol/L}$ 。
- D. $\text{Zn}(\text{OH})_2(\text{s}) + 2\text{HCOOH}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{HCOO}^{-}(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 的平衡常数 $K = 100$ 。

4. (四川宜宾2020~2021学年度高三上学期期中) 某研究性学习小组通过传感器测量一定温度下溶液的电导率(电导率越大, 说明溶液的导电能力越强), 各物质的电导率数据如下:

序号	物质	电导率
①	CaCO ₃ (固体)	0
②	H ₂ O	7
③	CaCO ₃ 饱和溶液	37
④	CaSO ₄ 饱和溶液	389
⑤	NaCl 0.001 mol·L ⁻¹	1989
⑥	AgNO ₃ 0.001 mol·L ⁻¹	1138
⑦	AgCl饱和溶液	13

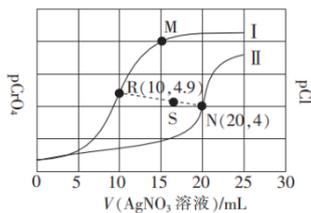
下列分析不正确的是 ()。

- A. 依据数据, CaCO₃固体中不存在自由移动的离子。
- B. 与②对比, 说明⑦中存在: $\text{AgCl}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$ 。
- C. 将Na₂CO₃固体加入④中, 可以生成CaSO₄沉淀。
- D. ⑤⑥等体积混合后过滤, 推测滤液电导率大于13。

5. (广东省名校联盟2021~2022学年高三下学期开学考试) 化工生产中含Cu²⁺的废水常用MnS(s)作沉淀剂, 其反应原理为 $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{MnS}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CuS}(\text{s}) + \text{Mn}^{2+}(\text{aq})$ 。一定温度下, 下列有关该反应的推理正确的是 ()。

- A. 该反应达到平衡时, $c(\text{Mn}^{2+}) = c(\text{Cu}^{2+})$ 。
- B. 平衡体系中加入少量CuS(s)后, $c(\text{Mn}^{2+})$ 变小。
- C. 平衡体系中加入少量Cu(NO₃)₂(s)后, $c(\text{Mn}^{2+})$ 变大。
- D. 该反应平衡常数表达式: $K = \frac{K_{\text{sp}}(\text{MnS})}{K_{\text{sp}}(\text{CuS})}$ 。

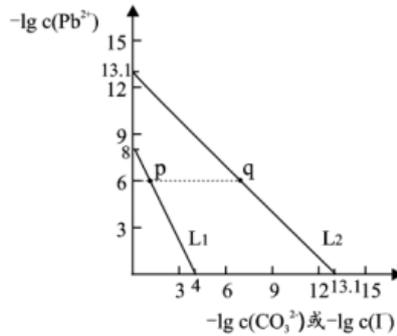
6. (福建省莆田市2021届高三下学期4月模拟) 某温度下, 分别向体积均为10mL、浓度均为0.1mol·L⁻¹的KCl溶液和K₂CrO₄溶液中滴加0.1mol·L⁻¹的AgNO₃溶液, 滴加过程中pCl和pCrO₄随加入AgNO₃溶液的体积(V)的变化关系如图所示。已知: $\text{pCl} = -\lg c(\text{Cl}^-)$, $\text{pCrO}_4 = -\lg c(\text{CrO}_4^{2-})$ 。下列说法不正确的是 ()。



- A. 曲线I表示pCl与V(AgNO₃溶液)的变化关系。
- B. 若仅增大KCl的浓度, 平衡点由R点沿虚线移向S点。
- C. M点溶液中: $c(\text{NO}_3^-) > c(\text{Ag}^+) > c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$ 。

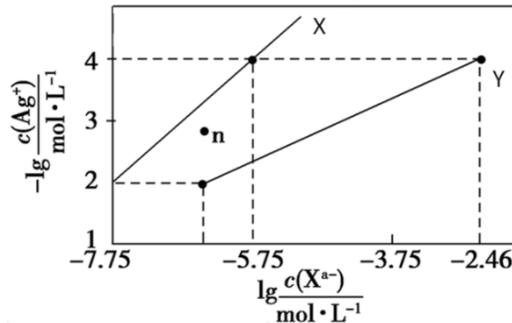
D. 该温度下, $K_{sp}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4) = 4.0 \times 10^{-12}$

7. 某些难溶性铅盐可用作涂料, 如秦俑彩绘中使用的铅白(PbCO_3)和黄金雨中黄色的 PbI_2 。室温下, PbCO_3 和 PbI_2 在不同的溶液中分别达到溶解平衡时 $-\lg c(\text{Pb}^{2+})$ 与 $-\lg c(\text{CO}_3^{2-})$ 或 $-\lg c(\text{I}^-)$ 的关系如图所示。下列说法错误的是()。



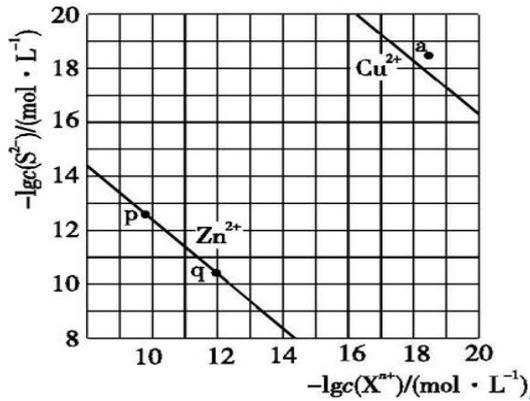
- A. $K_{sp}(\text{PbCO}_3)$ 的数量级为 10^{-14}
- B. 相同条件下, 水的电离程度 p 点大于 q 点
- C. L_1 对应的是一 $-\lg c(\text{Pb}^{2+})$ 与一 $-\lg c(\text{I}^-)$ 的关系变化
- D. p 点溶液中加入 Na_2CO_3 浓溶液, 可得白色沉淀

8. (辽宁省朝阳市2021年1月高三期末检测)(2020·宁夏石嘴山三模) 常温下, 用 AgNO_3 溶液分别滴定浓度均为 0.01 mol/L 的 KCl 、 $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液, 所得的沉淀溶解平衡图像如图所示(不考虑 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 的水解)。下列叙述正确的是()。



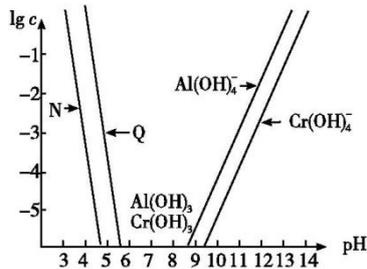
- A. n 点表示 AgCl 的不饱和溶液
- B. $K_{sp}(\text{Ag}_2\text{C}_2\text{O}_4)$ 的数量级等于 10^{-7}
- C. $\text{Ag}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{Cl}^- (\text{aq}) \rightleftharpoons 2\text{AgCl} + \text{C}_2\text{O}_4^{2-} (\text{aq})$ 的平衡常数为 $10^{9.04}$
- D. 向 $c(\text{Cl}^-) = c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$ 的混合液中滴入 AgNO_3 溶液时, 先生成 $\text{Ag}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 沉淀

9. (辽宁省朝阳市2022年1月高三期末检测) 向废水中加入硫化物可以依次获得 CuS 、 ZnS 纳米粒子。常温下, H_2S 的 $K_{a1} = 1.3 \times 10^{-7}$, $K_{a2} = 7.1 \times 10^{-15}$, 溶液中平衡时相关离子浓度的关系如图所示。下列说法错误的是()。



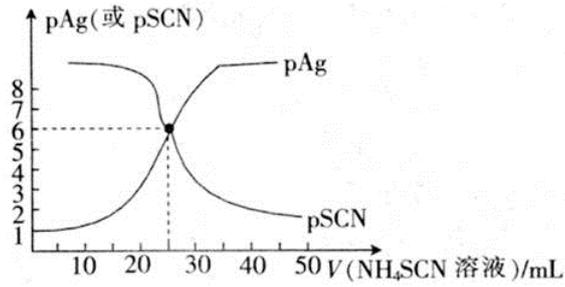
- A. $K_{sp}(\text{CuS})$ 的数量级为 10^{-37}
- B. a点对应的CuS溶液为不饱和溶液
- C. 向p点的溶液中加入少量 Na_2S 固体, 溶液组成由p向q方向移动
- D. $\text{H}_2\text{S} + \text{Zn}^{2+} \rightleftharpoons \text{ZnS} + 2\text{H}^+$ 平衡常数很大, 反应趋于完全

10. (2021·芜湖高三4月模拟) 已知 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 是类似 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 的两性氢氧化物, $K_{sp}[\text{Al}(\text{OH})_3] = 1.3 \times 10^{-33}$, $K_{sp}[\text{Cr}(\text{OH})_3] = 6.3 \times 10^{-31}$ 。如图为Cr和Al两种元素在水溶液中存在的形式与pH的关系, 图中纵轴表示 $\lg c(\text{M}^{3+})$ 或 $\lg c[\text{M}(\text{OH})_4^-]$ (其中 $\text{M} = \text{Al}$ 或 Cr)。下列说法错误的是()。



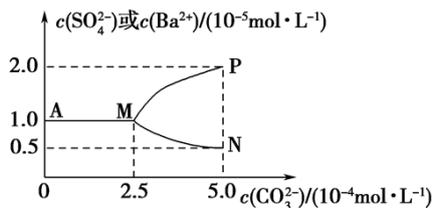
- A. 曲线N表示 Al^{3+} 的浓度变化
- B. 在 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 和 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 混合悬浊液中滴加 NaOH 溶液, $\text{Al}(\text{OH})_3$ 先溶解
- C. 在 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 和 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 共沉淀的体系中 $\frac{c(\text{Cr}^{3+})}{c(\text{Al}^{3+})} \approx 4.8 \times 10^2$
- D. 若溶液中 Al^{3+} 和 Cr^{3+} 起始浓度均为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 通过调节pH能实现两种元素的分离

11. (四川泸州2020~2021学年度高三上学期期中) 常温下, 用 $0.100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NH_4SCN 溶液滴定 $25.00 \text{ mL } 0.100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ AgNO_3 溶液, 以 $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 为指示剂, 测得溶液中 $\text{pSCN} = -\lg c(\text{SCN}^-)$ 、 $\text{pAg} = -\lg c(\text{Ag}^+)$ 随加入 NH_4SCN 溶液的体积变化如图所示。已知: $\text{Ag}^+ + \text{SCN}^- \rightleftharpoons \text{AgSCN} \downarrow$, $K_{sp}(\text{Ag}_2\text{SO}_4) = 1.4 \times 10^{-5}$ 。下列说法错误的是()。



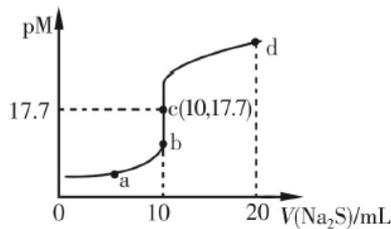
- A. 滴定至终点时溶液颜色变为红色，且振荡后不褪色
- B. 该温度下AgSCN的溶度积常数 $K_{sp}=1.0 \times 10^{-12}$
- C. 为防止指示剂失效，溶液应维持酸性
- D. 当加入15.00mL NH_4SCN 溶液时，溶液中 $c(\text{SO}_4^{2-})=0.14 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

12. (2022·广东湛江一模) 常温下，将 11.65g BaSO_4 粉末置于盛有 250mL 蒸馏水的烧杯中，然后向烧杯中加入 Na_2CO_3 固体（忽视溶液体积的变化）并充分搅拌，加入 Na_2CO_3 固体的过程中，溶液中几种离子的浓度变化曲线如图所示，下列说法中不正确的是（ ）。



- A. 相同温度时， $K_{sp}(\text{BaSO}_4) < K_{sp}(\text{BaCO}_3)$
- B. 若使 0.05mol BaSO_4 全部转化为 BaCO_3 ，至少加入 1.3mol Na_2CO_3
- C. BaSO_4 恰好全部转化为 BaCO_3 时，溶液中离子浓度大小为： $c(\text{CO}_3^{2-}) > c(\text{SO}_4^{2-}) > c(\text{OH}^-) > c(\text{Ba}^{2+})$
- D. BaSO_4 在水中的溶解度、 K_{sp} 均比在 BaCl_2 溶液中的大

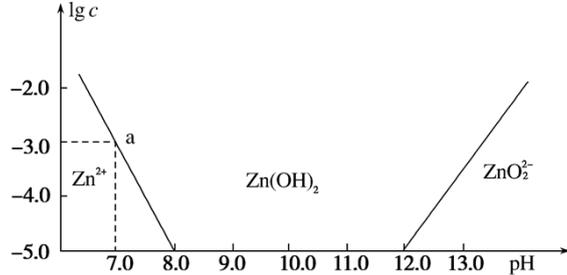
13. (2020·泰安一模) 已知：常温下， $K_{sp}(\text{ZnS}) = 1.6 \times 10^{-24}$ ； $\text{pM} = -\lg c(\text{M}^{2+})$ (M^{2+} 为 Cu^{2+} 或 Zn^{2+})。常温下，向 10mL $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{CuCl}_2$ 溶液中滴加 $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{S}$ 溶液，滴加过程中 pM 与 Na_2S 溶液体积 (V) 的关系如图所示。下列说法错误的是（ ）。



- A. $K_{sp}(\text{CuS})$ 的数量级为 10^{-36}
- B. a点溶液中， $c(\text{Na}^+) > 2 [c(\text{S}^{2-}) + c(\text{HS}^-) + c(\text{H}_2\text{S})]$
- C. d点溶液中： $c(\text{Na}^+) > c(\text{Cl}^-) > c(\text{S}^{2-}) > c(\text{H}^+)$

D. 相同条件下, 若用等浓度等体积的 ZnCl_2 溶液代替上述 CuCl_2 溶液, 则反应终点c向上移动。

14. (2020·许昌一模) 常温下氢氧化锌在碱性溶液中的变化如图所示, 横坐标为溶液的pH, 纵坐标为 Zn^{2+} 或 ZnO_2^{2-} 的物质的量浓度的对数, 下列说法正确的是 ()。



- A. 依图中数据计算可得该温度下 $\text{Zn}(\text{OH})_2$ 的溶度积 (K_{sp}) = 1×10^{-17} 。
 B. 溶液中加入足量氨水, 发生反应的离子方程式为 $\text{Zn}^{2+} + 4\text{OH}^- = \text{ZnO}_2^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ 。
 C. 为提取工业废液中的 Zn^{2+} , 可以控制溶液的pH在13左右。
 D. Zn^{2+} 在溶液中的存在形式与 Al^{3+} 相似, 碱性溶液中只以 $\text{Zn}(\text{OH})_2$ 形式存在。

二. 主观题

15. (2022·江西省龙海二中模拟) 某含镍(NiO)废料中有 FeO 、 Al_2O_3 、 MgO 、 SiO_2 等杂质, 用此废料提取 NiSO_4 的工艺流程如图 1 所示:

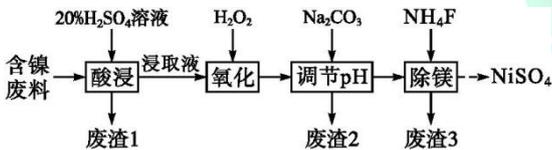


图 1

已知: ①有关金属离子生成氢氧化物沉淀时溶液的 pH 如图 2 所示。

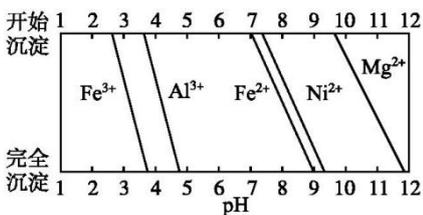
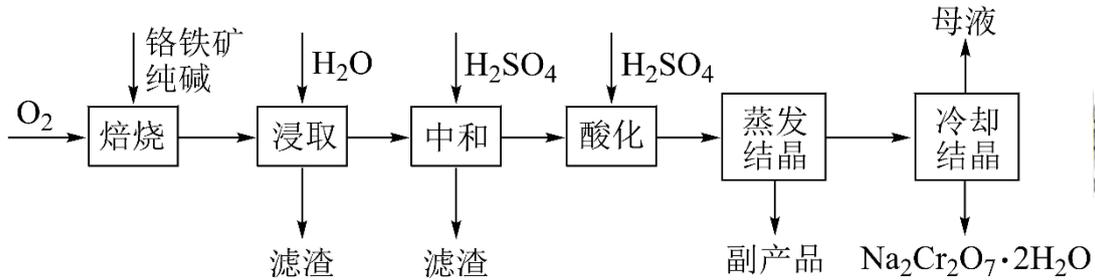


图 2

②25 °C时, $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的电离常数 $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$ 。HF 的电离常数 $K_a = 7.2 \times 10^{-4}$, $K_{\text{sp}}(\text{MgF}_2) = 7.4 \times 10^{-11}$ 。

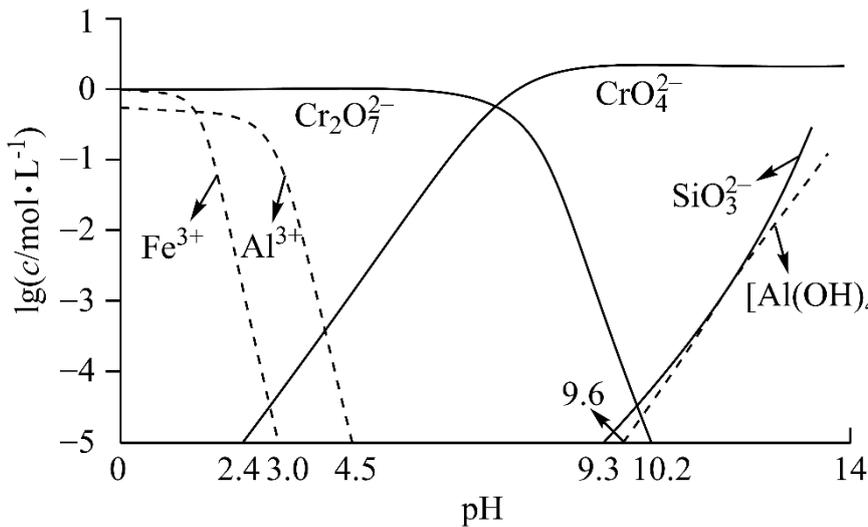
- (1) 加 Na_2CO_3 调节溶液的 pH 至 5, 得到废渣 2 的主要成分是 _____ (填化学式)。
 (2) Mg 能与饱和 NH_4Cl 溶液反应产生 NH_3 , 请用化学平衡移动原理加以解释: _____
 (用必要的文字和离子方程式回答)。
 (3) 25 °C时, $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaF 溶液中 $c(\text{OH}^-) =$ _____ (列出计算式即可) $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。 NH_4F 溶液呈 _____ (填“酸性”“碱性”或“中性”)。
 (4) 已知沉淀前溶液中 $c(\text{Mg}^{2+}) = 1.85 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 当除镁率达到 99%时, 溶液中 $c(\text{F}^-) =$ _____ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

16. (2021·山东高考试题) 工业上以铬铁矿(FeCr_2O_4 , 含 Al、Si 氧化物等杂质)为主要原料制备红矾钠($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)的工艺流程如图。回答下列问题:



(1) 焙烧的目的是将 FeCr_2O_4 转化为 Na_2CrO_4 并将 Al、Si 氧化物转化为可溶性钠盐, 焙烧时气体与矿料逆流而行, 目的是_____。

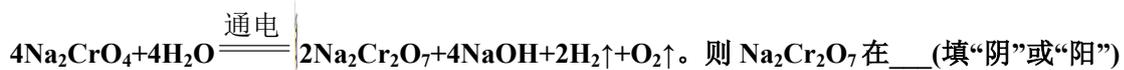
(2) 矿物中相关元素可溶性组分的物质的量浓度 c 与 pH 的关系如图所示。当溶液中可溶组分浓度 $c \leq 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 可认为已除尽。



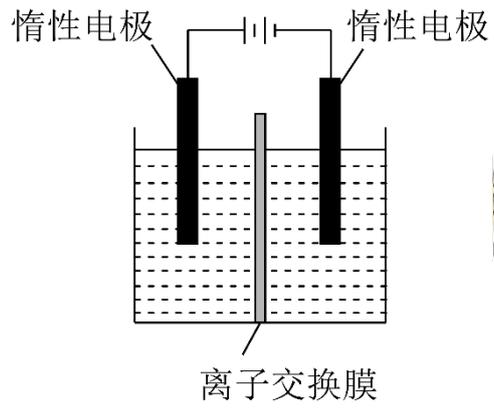
中和时 pH 的理论范围为_____; 酸化的目的是_____; Fe 元素在_____ (填操作单元的名称) 过程中除去。

(3) 蒸发结晶时, 过度蒸发将导致_____; 冷却结晶所得母液中, 除 $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 外, 可在上述流程中循环利用的物质还有_____。

(4) 利用膜电解技术(装置如图所示), 以 Na_2CrO_4 为主要原料制备 $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 的总反应方程式为:



极室制得，电解时通过膜的离子主要为__。



参考答案

一. 选择题

1. (2022·大连第三次模拟) 常温下, 有关物质的溶度积如下:

物质	CaCO ₃	MgCO ₃	Ca(OH) ₂	Mg(OH) ₂	Fe(OH) ₃
K _{sp}	4.96×10 ⁻⁹	6.82×10 ⁻⁶	4.68×10 ⁻⁶	5.61×10 ⁻¹²	2.64×10 ⁻³⁹

下列有关说法不正确的是 ()。

- A. 常温下, 除去NaCl溶液中的MgCl₂杂质。选用NaOH溶液比Na₂CO₃溶液效果好
- B. 常温下, 除去NaCl溶液中的CaCl₂杂质。选用NaOH溶液比Na₂CO₃溶液效果好
- C. 向含有Mg²⁺、Fe³⁺的溶液中滴加NaOH溶液, 当两种沉淀共存且溶液的pH=8时, $c(\text{Mg}^{2+}) : c(\text{Fe}^{3+}) = 2.125 \times 10^{21}$
- D. 将适量的Ca(OH)₂固体溶于100mL水中, 刚好达到饱和 [$c(\text{Ca}^{2+}) = 1.054 \times 10^{-2} \text{mol/L}$], 若保持温度不变, 向其中加入100mL 0.012mol/L的NaOH, 则该溶液变为不饱和溶液

【答案】B

【解析】A项: 因为MgCO₃是微溶物, 其溶度积远远大于Mg(OH)₂, 所以除去NaCl溶液中的MgCl₂杂质。选用NaOH溶液比Na₂CO₃溶液效果好, A项正确

B项: 因为Ca(OH)₂是微溶物, 其溶度积远大于CaCO₃, 所以除去NaCl溶液中的CaCl₂杂质。选用Na₂CO₃溶液比NaOH溶液效果好, B项错误;

C项: 向含有Mg²⁺、Fe³⁺的溶液中滴加NaOH溶液, 当两种沉淀共存且溶液的pH=8时, $c(\text{Mg}^{2+}) =$

$$\frac{K_{\text{sp}}[\text{Mg}(\text{OH})_2]}{c(\text{OH}^-)^2} = \frac{5.61 \times 10^{-12}}{(1 \times 10^{-6})^2} \text{mol/L} = 5.61 \text{mol/L}, \quad c(\text{Fe}^{3+}) = \frac{K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_3]}{c(\text{OH}^-)^3} = \frac{2.64 \times 10^{-39}}{(1.0 \times 10^{-6})^3} \text{mol/L} =$$

$2.64 \times 10^{-21} \text{mol/L}$, 所以 $c(\text{Mg}^{2+}) : c(\text{Fe}^{3+}) = 5.61 \text{mol/L} : 2.64 \times 10^{-21} \text{mol/L} = 2.125 \times 10^{21}$, C项正确;

D项: 将适量的Ca(OH)₂固体溶于100mL水中, 刚好达到饱和, $c(\text{Ca}^{2+}) = 1.054 \times 10^{-2} \text{mol/L}$, $c(\text{OH}^-)$

$= 2.108 \times 10^{-2} \text{mol/L}$, 若保持温度不变, 向其中加入100mL 0.012mol/L的NaOH, 混合后, $c(\text{Ca}^{2+}) =$

$$0.527 \times 10^{-2} \text{mol/L}, \quad c(\text{OH}^-) = \frac{2.108 \times 10^{-2} \text{mol/L} + 0.012 \text{mol/L}}{2} = 1.654 \times 10^{-2} \text{mol/L}, \quad \text{此时Ca(OH)}_2 \text{的}$$

浓度熵: $Q_c = c(\text{Ca}^{2+}) \cdot c^2(\text{OH}^-) = 0.527 \times 10^{-2} \text{mol/L} \times (1.654 \times 10^{-2} \text{mol/L})^2 = 1.4 \times 10^{-6} < K_{\text{sp}}$, 则该溶液变为不饱和溶液, D项正确。

2. (2022·北京顺义区一模) 某实验小组探究常温下难溶电解质的溶解平衡, 查得如下资料:

难溶电解质	FeS	CuS	Mg(OH) ₂	Fe(OH) ₃
K _{sp} (溶解平衡常数)	6.3×10 ⁻¹⁸	6.3×10 ⁻³⁶	1.8×10 ⁻¹¹	4.0×10 ⁻³⁸

依据上述数据进行的预测不合理的是 ()。

- A. 向饱和FeS溶液中加入少量Na₂S固体, 有浑浊出现
- B. 除去FeSO₄溶液中的CuSO₄, 可选用FeS做沉淀剂
- C. 向含等物质的量的MgCl₂和FeCl₃的混合溶液中逐滴加入NaOH溶液, 最先出现的沉淀是Mg(OH)

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/907003133150010002>

