

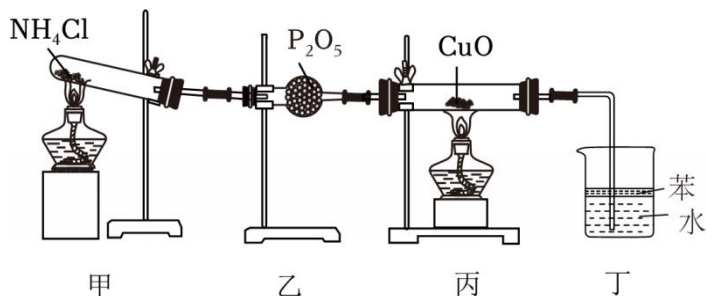
苏州市昆山市 2024-2025 学年苏州市高二(下)期末化学试卷

一、单项选择题：共 13 题，每题 3 分，共 39 分。每题只有一个选项最符合题意。

1. 嫦娥六号在月球背面采集的月壤中含有 Si、Mn、Ti、Fe 等元素，这些元素基态原子中 3p 有空轨道的是()
- A. Si B. Mn C. Ti D. Fe
2. 金属 Na 能与水发生反应 $2\text{Na}+2\text{H}_2\text{O}=2\text{NaOH}+\text{H}_2\uparrow$ 。下列说法正确的是()

- A. H_2O 的电子式为 $\text{H}^+[\text{O}:\ddot{\text{O}}:\text{O}]^2-\text{H}^+$
- B. NaOH 中只含离子键
- C. 中子数为 12 的 Na 原子: ${}^{23}_{11}\text{Na}$
- D. 固态水属于离子晶体

3. 实验室制取 NH_3 并探究其性质，下列实验装置能达到实验目的的是()



- A. 用装置甲制取 NH_3
- B. 用装置乙除去 NH_3 中的水蒸气
- C. 用装置丙验证氨气具有还原性
- D. 用装置丁吸收尾气中的 NH_3 并防倒吸

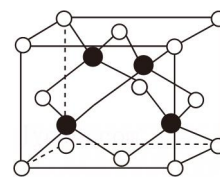
4. Na、Mg、Al、S 是元素周期表中短周期主族元素。下列说法正确的是()

- A. S 在周期表中位于第 3 周期 IVA 族
- B. 第一电离能: $I_1(\text{Al}) > I_1(\text{Mg}) > I_1(\text{Na})$
- C. 离子半径: $r(\text{S}^{2-}) > r(\text{Mg}^{2+}) > r(\text{Na}^+)$
- D. 碱性: $\text{NaOH} > \text{Mg}(\text{OH})_2 > \text{Al}(\text{OH})_3$

阅读下列资料，完成 5~7 题。

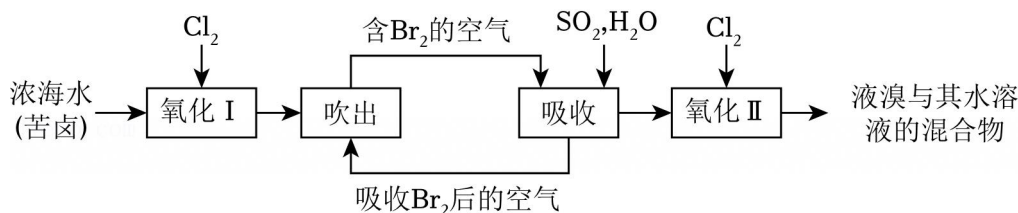
N、P 为 VA 族元素。 $\text{NH}_3\text{N}_2\text{H}_4$ 是氮的常见氢化物，工业上可利用 NH_3 和 CO_2 在催化剂条件下制取尿素 $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ 。 N_2H_4 常温下为液体，有很高的燃烧热 $622.1\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ，碱性条件下 NaClO 与尿素反应可生成 N_2H_4 和 Na_2CO_3 ，黄色液体 NCl_3 水解生成 NH_3 ，碱性废水中的 NH_3 可用电解法转化为 N_2 除去。 GaN 被誉为第三代半导体材料，具有硬度大、熔点高的特点，其晶胞结构如图所示。次磷酸

$(\text{H}-\text{P}(\text{OH})_2)$ 与 Ag^+ 反应转化为 Ag 与 H_3PO_4 ，可用于化学镀银。

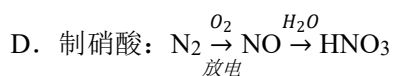
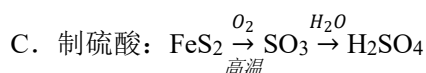
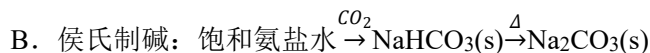


○ Ga 原子 ● N 原子

5. 下列说法正确的是()
- A. NH_3 转化为 NH_4^+ 键角 $\angle\text{H}-\text{N}-\text{H}$ 变小
- B. NCl_3 转化为 NH_3 , 分子空间构型的类型不变
- C. CO_2 转化为尿素, C 的化合价升高
- D. H_3PO_2 转化为 H_3PO_4 P 原子的杂化方式发生改变
6. 下列化学反应表示正确的是()
- A. 制备 $\text{N}_2\text{H}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$: $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 2\text{OH}^- + \text{ClO}^- = \text{N}_2\text{H}_4\cdot\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_3^{2-} + \text{Cl}^-$
- B. N_2H_4 燃烧: $\text{N}_2\text{H}_4(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \Delta\text{H} = 622.1\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
- C. H_3PO_2 与足量 NaOH 溶液反应: $\text{H}_3\text{PO}_2 + 3\text{NaOH} = \text{Na}_3\text{PO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$
- D. 电解法除 NH_3 的阳极反应: $2\text{NH}_3 + 6\text{OH}^- + 6\text{e}^- = \text{N}_2\uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$
7. 下列物质的结构与性质或物质的性质与用途具有对应关系的是()
- A. $\text{H}-\text{N}$ 的键能大于 $\text{H}-\text{P}$, NH_3 的热稳定性大于 PH_3
- B. N_2H_4 中的 N 原子可与 H^+ 形成配位键, N_2H_4 具有还原性
- C. Ag^+ 具有氧化性, 可用于杀菌消毒
- D. GaN 硬度大, 可用作半导体材料
8. 由硫酸铜溶液制取 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$ 晶体的实验如下:
- 步骤①: 向 $4\text{mL} 0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{CuSO}_4$ 溶液中滴加 $1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 氨水, 有蓝色沉淀生成;
- 步骤②: 继续滴加 $1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 氨水并振荡试管, 沉淀溶解, 得深蓝色溶液;
- 步骤③: 向试管中加入 $8\text{mL} 95\%$ 乙醇, 有深蓝色 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$ 晶体析出。
- 下列说法正确的是()
- A. 步骤①中发生反应的离子方程式为 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow$
- B. 步骤③中加入乙醇的目的是增大铜氨配合物溶解度
- C. $1\text{mol} [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ 晶体中含有 $16\text{mol} \sigma$ 键
- D. 实验说明与 Cu^{2+} 的配位能力 NH_3 强于 H_2O
9. 工业上利用苦卤提取溴的流程如下。其中空气将 Br_2 “吹出”, 用 SO_2 和 H_2O “吸收” Br_2 后, 空气再循环利用。



- 下列说法不正确的是()
- A. 该流程中的反应说明氧化性: $\text{Cl}_2(\text{aq}) > \text{Br}_2(\text{aq}) > \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$
- B. “氧化 I”通入的 Cl_2 的量远小于“氧化 II”
- C. “吸收”时通入 SO_2 过量会使“吹出”时 Br_2 吹出率减小
- D. “氧化 II”所得混合物通过分液可获得液溴
10. 下列工业生产或处理过程涉及的物质转化关系正确的是()
- A. 制漂白粉: $\text{浓盐酸} \xrightarrow[\Delta]{\text{MnO}_2} \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{澄清石灰水}} \text{漂白粉}$

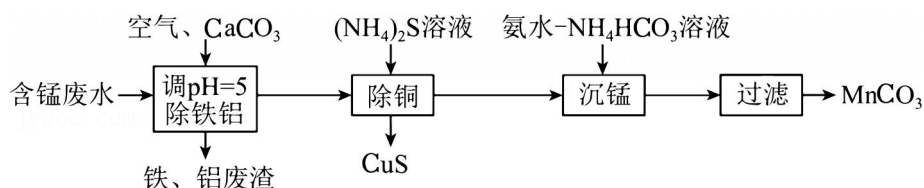


11. 下列实验方案及现象与所得结论一致的是()

选项	实验方案及现象	实验结论
A	将某铁氧化物溶于浓盐酸，再滴入酸性 $KMnO_4$ 溶液，酸性 $KMnO_4$ 溶液褪色	氧化物中含+2 价的 Fe
B	向 $FeCl_3$ 溶液中加入少量铜粉，铜粉溶解	Cu 的还原性比 Fe 强
C	用洁净铂丝蘸取某盐的固体，置于酒精灯上灼烧，透过蓝色钴玻璃，火焰呈紫色	固体中含钾盐
D	将 SO_2 气体通入滴有酚酞的 $NaOH$ 溶液中，溶液褪色	SO_2 有漂白性

A. A B. B C. C D. D

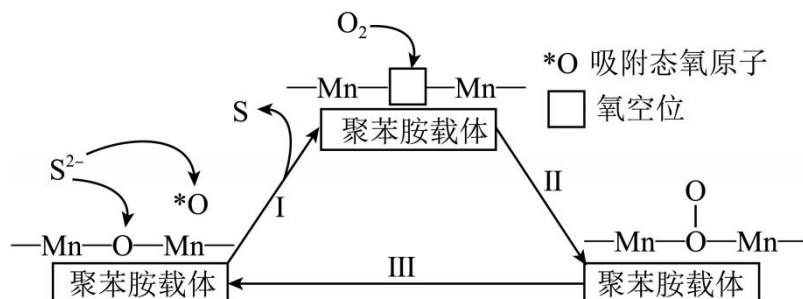
12. 用酸性含锰废水(含少量 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 、 Cu^{2+})制备 $MnCO_3$ 的过程如图：



下列说法正确的是()

- A. 该酸性含锰废水中可能还含 NO_3^-
- B. “铁、铝废渣”的主要成分为 $Fe(OH)_2$ 、 $Fe(OH)_3$ 和 $Al(OH)_3$
- C. “除铜”所得滤液中存在 $c(S^{2-}) \cdot c(Cu^{2+}) \geq K_{sp}(CuS)$
- D. NH_4HCO_3 溶液中添加氨水可以减少反应中 CO_2 的逸出

13. MnO_2 - 聚苯胺可用作空气氧化含硫废水的催化剂。碱性条件下，催化氧化 S^{2-} 的机理如图所示。下列说法正确的是()



- A. 过程I中锰元素的化合价升高
- B. 经催化氧化除硫后废水的 pH 增大
- C. 通入 $^{18}O_2$ ，一段时间后 ^{18}O 仅存在于 O_2 、 MnO_2 中
- D. 硫也可填充氧空位使废水中硫的去除率上升

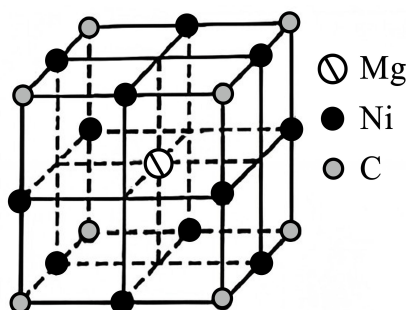
二、非选择题：共 4 题，共 61 分。

14. (14 分)镍的化合物丰富多彩，在电池、合金、催化剂等方面应用广泛。

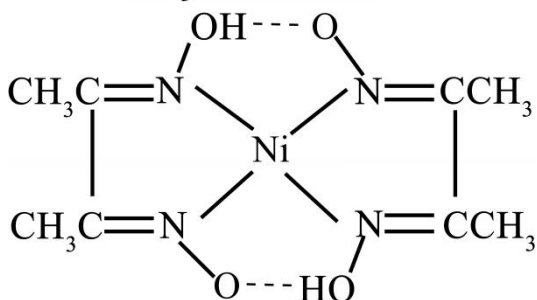
(1)镍可与 Mg、C 形成一种新型超导材料，其晶胞结构如图所示。

①与 Mg 原子距离相等且最近的 Ni 原子数目为 _____。

②该化合物的化学式为 _____。



(2)丁二酮肟($\begin{matrix} \text{CH}_3\text{C}=\text{N}-\text{OH} \\ | \\ \text{CH}_3\text{C}=\text{N}-\text{OH} \end{matrix}$)可与镍盐形成配合物二丁二酮合镍分子，其结构如图所示。



①二丁二酮合镍分子中镍元素的化合价为 _____。

②丁二酮肟分子中，C、N、O 元素的第一电离能由大到小的顺序为 _____。

③C、N 的氢化物 CH_3CH_3 、 NH_2NH_2 中，N—N 键的键能小于 C—C 键，是因为 NH_2NH_2 中存在的排斥作用。

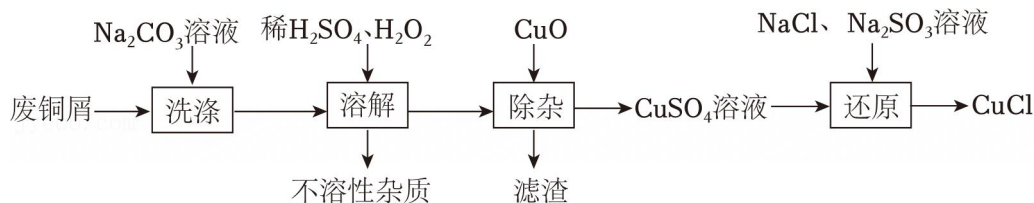
(3) NiSO_4 在隔绝空气条件下加热分解生成 SO_3 ， SO_3 常以三聚分子 $[(\text{SO}_3)_3]$ 存在。

① SO_3 分子中 S 原子的杂化类型为 _____。

②已知： $(\text{SO}_3)_3$ 具有六元环状结构。 $(\text{SO}_3)_3$ 分子的结构式可表示为 _____。

(4)Ni 可以催化 CH_3OH 氧化。 CH_3OH 沸点比， CH_3SH 高的原因是 _____。

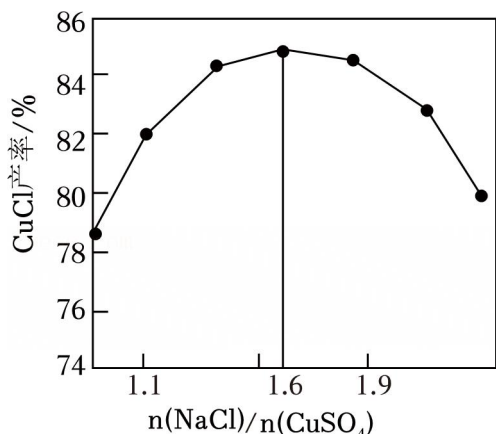
15. (16分)工业上用废铜屑(含有少量铁、油污及不溶性杂质)制 CuCl 的流程如图:



已知: ①Cl⁻能与Cu⁺形成配位数为2的配合物离子; ②K_{sp}[Fe(OH)₃]=10⁻³⁸。

- (1)基态 Cu²⁺的核外电子排布式为 _____。
- (2)“洗涤”时, Na₂CO₃ 溶液除去废铜屑表面油污的原理是 _____。
- (3)“溶解”时, 边搅拌边向废铜屑中缓慢加入稀硫酸和 H₂O₂ 溶液。写出 Cu 溶解的离子反应方程式 _____。
- (4)“除杂”时, 使 Fe³⁺浓度小于 1×10⁻⁵mol·L⁻¹, 需调节废水 pH 范围是 _____。
- (5)“还原”时, 向 CuSO₄ 溶液中加 Na₂SO₃ 和 NaCl 并加热, 生成 CuCl 沉淀。

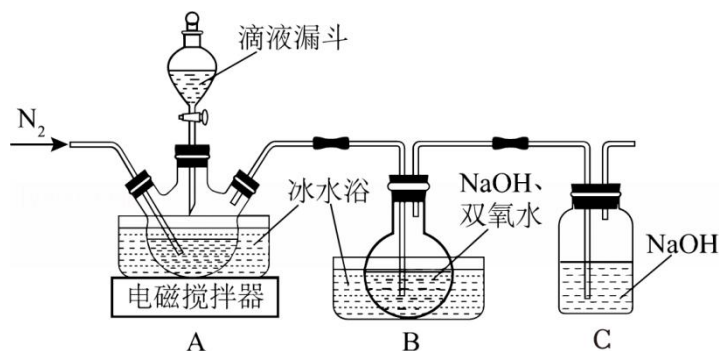
①生成 CuCl 反应的离子方程式为 _____。



- ②CuCl 收率随 n(NaCl)/n(CuSO₄) 值的变化如图所示。 $\frac{n(\text{NaCl})}{n(\text{CuSO}_4)} > 1.6$ CuCl 收率减小的原因是 _____。
- ③向 CuSO₄ 和 NaCl 的混合溶液加入 N₂H₄ 也可制得 CuCl, 但当 N₂H₄ 用量过大时, CuCl 收率减小, 其原因可能是 _____。

(6)准确称取 3.000gCuCl 样品, 加入足量 FeCl₃ 配成 250mL 溶液, 取 25mL 所得溶液于锥形瓶中, 滴加 2 滴指示剂, 用 0.1000mol·L⁻¹Ce(SO₄)₂ 标准溶液滴至终点(反应为 Fe²⁺+Ce⁴⁺=Fe³⁺+Ce³⁺), 平行滴定 3 次, 平均消耗 Ce(SO₄)₂ 溶液 24.00mL。计算样品中 CuCl 的纯度 _____ (写出计算过程)。

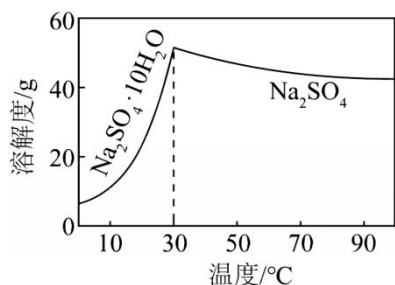
16. (16分)亚氯酸钠(NaClO_2)是一种漂白剂,受热易分解。实验室用图所示装置制取 ClO_2 并制备 NaClO_2 。装置 A 中发生的反应为 $2\text{NaClO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{ClO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 。



(1)实验时,在三颈烧瓶中加入两种反应物的混合溶液,通入 N_2 并不断搅拌,打开滴液漏斗开始反应。

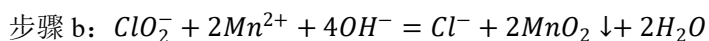
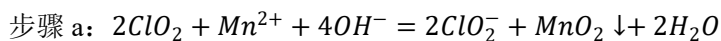
- ①滴液漏斗中盛装的溶液是 _____。
- ②反应过程中,不断通入 N_2 的作用是 _____。
- ③装置 A 中 Na_2SO_3 溶液的实际用量远大于理论值的原因是 _____。
- ④装置 B 中发生反应的离子方程式为 _____。

(2)装置 A 所得废液中主要含 Na_2SO_4 和 NaHSO_4 ,可用于获取 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 。 Na_2SO_4 的溶解度曲线如图所示。

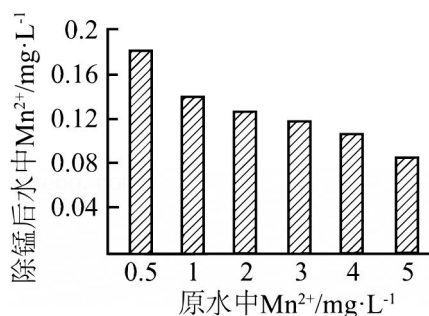


- ①实验室制取 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 的实验操作为:向废液中加 NaOH 调节溶液至中性, _____,过滤、洗涤、低温干燥。
- ②请补充验证所得 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 中是否含有 Cl^- 的实验方案:取少量样品加水溶解, _____。(实验中可选用的试剂: AgNO_3 溶液、 BaCl_2 溶液、 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 溶液、稀盐酸、稀硝酸)

(3)利用 ClO_2 可将弱碱性水中的 Mn^{2+} 转化为 MnO_2 (有吸附性)除去,反应分两步进行。



如图所示,反应相同时间,原水中 Mn^{2+} 浓度增大,但除锰后水中剩余 Mn^{2+} 浓度减小的原因是 _____。



17. (15分)铁及其化合物在环境治理方面有重要应用。

I.铁基湿式氧化除硫

(1)铁基湿式氧化净化燃气(含 H_2S 和空气)时, H_2S 被氧化为 S 。铁基吸收液中 $n(Fe^{3+})$ 及被脱除的 $n(H_2S)$ 随时间 t 的变化如图 - 1 所示。

① H_2S 与 Fe^{3+} 反应时氧化剂与还原剂的物质的量之比为 _____。

② t_1 时刻后, H_2S 与 Fe^{3+} 继续反应, 但吸收液中 $n(Fe^{3+})$ 几乎不减小的原因是 _____ (离子方程式表示)。

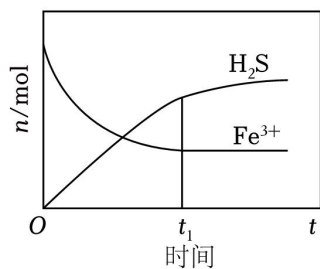


图1

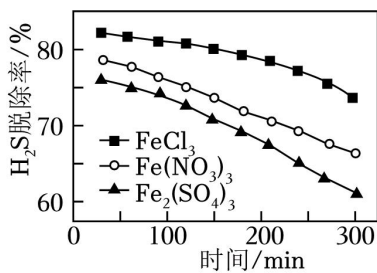


图2

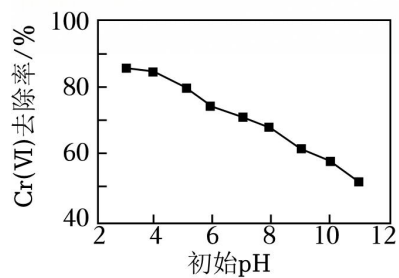


图3

(2)已知: Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 均可与 Fe^{3+} 配位。用 $c(Fe^{3+})$ 相等的三种溶液净化燃气, H_2S 脱除率随时间变化如图 - 2 所示。相同时间内, H_2S 的脱除率按 $FeCl_3$ 、 $Fe(NO_3)_3$ 、 $Fe_2(SO_4)_3$ 依次递减的原因是 _____。

II.纳米零价铁除铬

(3)纳米铁粉可将废水中的 $Cr(VI)$ 还原为 $Cr(III)$ 。纳米铁粉与硫粉反应得到表面硫化的纳米铁(表面产生可传递电子的疏松 FeS 层, 且能吸附阴离子), 比未硫化的纳米铁粉处理 $Cr(VI)$ 的效果更好。

①在 $pH = 5$ 的废水中, 纳米 Fe 与 $Cr_2O_7^{2-}$ 反应生成 $Fe(OH)_3$ 和 $Cr(OH)_3$ 的离子方程式为 _____。

②纳米铁粉还原 $Cr(VI)$ 时, 水中少量溶解氧可加快 $Cr(VI)$ 还原速率, 其可能的原因是 _____。

③纳米铁粉表面硫化后效果更佳, 除了 FeS 能还原 $Cr(VI)$ 外, 还可能的原因是 _____。

④用表面硫化的纳米铁还原 $Cr(VI)$, $Cr(VI)$ 的去除率随废水初始 pH 的变化如图 - 3 所示。 $pH > 4$ 时, 随 pH 增大, $Cr(VI)$ 的去除率减小的可能原因是 _____。

2024-2025 学年苏州市高二(下)期末化学试卷(学业阳光指标)

参考答案与试题解析

一. 选择题(共 10 小题)

题号	1	2	3	4	8	9	10	11	12	13
答案	A	C	C	D	D	B	B	C	D	B

一、单项选择题: 共 13 题, 每题 3 分, 共 39 分。每题只有一个选项最符合题意。

1. 嫦娥六号在月球背面采集的月壤中含有 Si、Mn、Ti、Fe 等元素, 这些元素基态原子中 3p 有空轨道的是()

- A. Si B. Mn C. Ti D. Fe

【分析】Si 的价电子排布式为 $3s^23p^2$, Mn 的价电子排布式为 $3d^54s^2$, Ti 的价电子排布式为 $3d^2s^2$, Fe 的价电子排布式为 $3d^64s^2$, 据此判断。

【解答】解: Si 的价电子排布式为 $3s^23p^2$, Mn 的价电子排布式为 $3d^54s^2$, Ti 的价电子排布式为 $3d^2s^2$, Fe 的价电子排布式为 $3d^64s^2$, 因此基态原子中 3p 有空轨道的是 Si, 故 A 正确;
故选: A。

【点评】本题主要考查核外电子排布式的书写, 为高频考点, 题目难度不大。

2. 金属 Na 能与水发生反应 $2Na+2H_2O=2NaOH+H_2\uparrow$ 。下列说法正确的是()

- A. H_2O 的电子式为 $H^+[:\ddot{O}:]^-H^+$
B. NaOH 中只含离子键
C. 中子数为 12 的 Na 原子: ${}_{11}^{23}Na$
D. 固态水属于离子晶体

【分析】A. 水为共价化合物;

B. 氢氧化钠是钠离子和氢氧根离子构成的离子化合物;

C. 中子数为 12 的 Na 原子, 质子数=11, 质量数 23;

D. 固态水是分子构成的晶体。

【解答】解: A. 水是共价化合物, H 与 O 原子之间是共价键, 故其电子式为 $H:\ddot{O}:H$, 故 A 错误;

B. 氢氧化钠是钠离子和氢氧根离子构成的离子化合物, 含离子键和共价键, 故 B 错误;

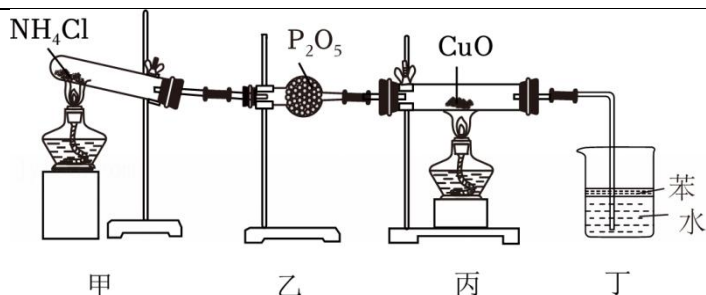
C. 中子数为 12 的 Na 原子, 质子数=11, 质量数 23, 原子符号 ${}_{11}^{23}Na$, 故 C 正确;

D. 固态水属于分子晶体, 故 D 错误;

故选: C。

【点评】本题考查了化学用语、化学键形成、原子符号、晶体类型的分析判断, 注意知识的熟练掌握, 题目难度不大。

3. 实验室制取 NH_3 并探究其性质, 下列实验装置能达到实验目的的是()



- A. 用装置甲制取 NH_3
 B. 用装置乙除去 NH_3 中的水蒸气
 C. 用装置丙验证氨气具有还原性
 D. 用装置丁吸收尾气中的 NH_3 并防倒吸

【分析】 A. 加热时氯化铵分解生成氨气和氯化氢, 在试管口氨气与氯化氢化合生成氯化铵;

B. 五氧化二磷与氨气、水反应;

C. 加热时氨气还原 CuO 生成 Cu 、氮气和水;

D. 苯不能隔绝氨气和水。

【解答】 解: A. 加热时氯化铵分解生成氨气和氯化氢, 在试管口氨气与氯化氢化合生成氯化铵, 不能制备氨气, 应选氯化铵与氢氧化钙加热制备, 故 A 错误;

B. 五氧化二磷与氨气、水反应, 不能除去 NH_3 中的水蒸气, 故 B 错误;

C. 加热时氨气还原 CuO 生成 Cu 、氮气和水, N 元素的化合价升高, 可知氨气具有还原性, 故 C 正确;

D. 苯不能隔绝氨气和水, 不能防止倒吸, 应将苯改为四氯化碳, 故 D 错误;

故选: C。

【点评】 本题考查化学实验方案的评价, 为高频考点, 把握物质的性质、物质的制备、混合物的分离提纯、实验技能为解答的关键, 侧重分析与实验能力的考查, 注意元素化合物知识的应用, 题目难度不大。

4. Na 、 Mg 、 Al 、 S 是元素周期表中短周期主族元素。下列说法正确的是()

- A. S 在周期表中位于第 3 周期 IVA 族
 B. 第一电离能: $I_1(\text{Al}) > I_1(\text{Mg}) > I_1(\text{Na})$
 C. 离子半径: $r(\text{S}^{2-}) > r(\text{Mg}^{2+}) > r(\text{Na}^+)$
 D. 碱性: $\text{NaOH} > \text{Mg}(\text{OH})_2 > \text{Al}(\text{OH})_3$

【分析】 A. 周期数 = 电子层数, 主族族序数 = 最外层电子数;

B. 同周期主族元素随原子序数增大第一电离能呈增大趋势, 但 IIA 族、VA 族第一电离能大于同周期相邻元素;

C. 离子半径比较规律: 电子层数越多, 半径越大; 电子层数相同, 核电荷数越大, 半径越小;

D. 金属性越强, 最高价氧化物对应水化物的碱性越强, 同周期从左到右, 金属性逐渐减弱。

【解答】 解: A. 硫是 16 号元素, 原子核外有 3 个电子层, 最外层电子数为 6, 位于周期表中第三周期第 VIA 族, 故 A 错误;

B. 同周期主族元素随原子序数增大第一电离能呈增大趋势, 但 IIA 族、VA 族第一电离能大于同周期相邻元素, 第一电离能: $I_1(\text{Na}) < I_1(\text{Al}) < I_1(\text{Mg})$, 故 B 错误;

C. 离子半径比较规律: 电子层数越多, 半径越大; 电子层数相同, 核电荷数越大, 半径越小, S^{2-} 有 3 个电子层, Na^+ 、 Mg^{2+} 均为 2 个电子层(电子层结构相同), 电子层相同的 Na^+ 、 Mg^{2+} 中, 核电荷数: Mg^{2+}

$>Na^+$ ，故半径： $r(Na^+) > r(Mg^{2+})$ ，综上，离子半径顺序为： $r(S^{2-}) > r(Na^+) > r(Mg^{2+})$ ，故 C 错误；

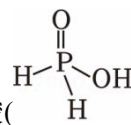
D. 金属性越强，最高价氧化物对应水化物的碱性越强，同周期从左到右，金属性逐渐减弱： $Na > Mg > Al$ ，因此，碱性顺序为： $NaOH > Mg(OH)_2 > Al(OH)_3$ ，故 D 正确，

故选：D。

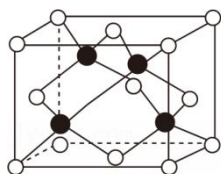
【点评】 本题主要考查了元素周期律的知识，题目难度中等，掌握元素周期律和元素周期表是解答该题的关键。

阅读下列资料，完成 5~7 题。

N、P 为 VA 族元素。 $NH_3N_2H_4$ 是氮的常见氢化物，工业上可利用 NH_3 和 CO_2 在催化剂条件下制取尿素 $[CO(NH_2)_2]$ 。 N_2H_4 常温下为液体，有很高的燃烧热 $622.1kJ \cdot mol^{-1}$ ，碱性条件下 $NaClO$ 与尿素反应可生成 N_2H_4 和 Na_2CO_3 ，黄色液体 NCl_3 水解生成 NH_3 ，碱性废水中的 NH_3 可用电解法转化为 N_2 除去。 GaN



被誉为第三代半导体材料，具有硬度大、熔点高的特点，其晶胞结构如图所示。次磷酸($\begin{array}{c} O \\ || \\ H-P-OH \\ | \\ H \end{array}$)与 Ag^+ 反应转化为 Ag 与 H_3PO_4 ，可用于化学镀银。



○ Ga 原子 ● N 原子

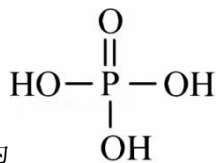
5. 下列说法正确的是()

- A. NH_3 转化为 NH_4^+ 键角 $\angle H-N-H$ 变小
- B. NCl_3 转化为 NH_3 ，分子空间构型的类型不变
- C. CO_2 转化为尿素，C 的化合价升高
- D. H_3PO_2 转化为 H_3PO_4 P 原子的杂化方式发生改变

【分析】 A. NH_3 和 NH_4^+ 中 N 原子的杂化方式相同，但 NH_3 分子中 N 原子含有 1 对孤电子对；

B. NCl_3 分子中 N 原子的价层电子对数为 $3 + \frac{1}{2}(5 - 1 \times 3) = 4$ ， NH_3 分子中 N 原子的价层电子对数为 $3 + \frac{1}{2}(5 - 3) = 4$ ，VSEPR 模型均为四面体；

C. $CO(NH_2)_2$ 中 C 元素的化合价为 +4 价；

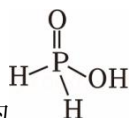
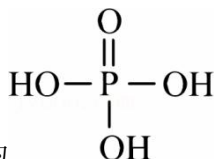


D. H_3PO_4 是三元酸、结构式为 $\begin{array}{c} O \\ || \\ HO-P-OH \\ | \\ OH \end{array}$ ，结合 H_3PO_2 结构式可知，二者的 P 原子价层电子对数均为 4。

【解答】 解：A. NH_3 和 NH_4^+ 中 N 原子均采用 sp^3 杂化，但 NH_3 分子中 N 原子含有 1 对孤电子对，孤电子对越多、键角越小，则键角： $NH_3 < NH_4^+$ ，即 NH_3 转化为 NH_4^+ 键角 $\angle H-N-H$ 变大，故 A 错误；

B. NCl_3 分子中 N 原子的价层电子对数为 $3 + \frac{1}{2}(5 - 1 \times 3) = 4$ ， NH_3 分子中 N 原子的价层电子对数为 $3 + \frac{1}{2}(5 - 3) = 4$ ，VSEPR 模型均为四面体、均含有 1 对孤电子对、空间构型均为三角锥形，即 NCl_3 转化为 NH_3 ，分子空间构型的类型不变，故 B 正确；

C. CO_2 和 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 中 C 元素的化合价均为 +4 价，即 CO_2 转化为尿素时 C 的化合价不变，故 C 错误；

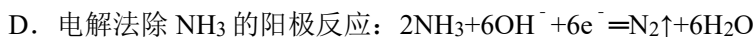
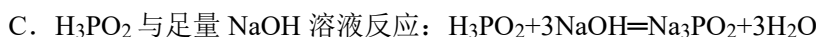
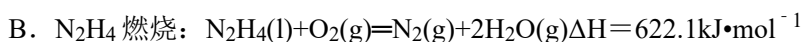


D. H_3PO_4 结构式为 $\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ \text{HO}-\text{P}-\text{OH} \\ | \\ \text{OH} \end{array}$ ， H_3PO_2 结构式为 $\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ \text{H}-\text{P}-\text{OH} \\ | \\ \text{H} \end{array}$ ，二者的 P 原子价层电子对数均为 4，均采用 sp^3 杂化，即 H_3PO_2 转化为 H_3PO_4 时 P 原子的杂化方式不变，故 D 错误；

故选：B。

【点评】 本题考查简单分子或离子空间构型即原子杂化方式判断，侧重分析判断能力和运用能力考查，把握分子或离子结构、价层电子对数计算及 VSEPR 模型的应用、键角大小比较是解题关键，题目难度中等。

6. 下列化学反应表示正确的是()



【分析】 A. 碱性条件下 NaClO 与尿素 $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ 反应生成 N_2H_4 、 NaCl 和 Na_2CO_3 ，结合电子守恒和电荷守恒写出离子方程式；

B. 根据燃烧热概念分析判断；

C. 由次磷酸结构式可知， H_3PO_2 是一元酸，不是三元酸；

D. NH_3 在阳极发生失电子的反应生成 N_2 。

【解答】 解：A. 碱性条件下 NaClO 与尿素 $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ 反应生成 N_2H_4 、 NaCl 和 Na_2CO_3 ，可用于制备 $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ，离子方程式为 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 2\text{OH}^- + \text{ClO}^- = \text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_3^{2-} + \text{Cl}^-$ ，故 A 正确；

B. N_2H_4 燃烧热为 $622.1 \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，其热化学方程式为 $\text{N}_2\text{H}_4(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \Delta H = -622.1 \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，故 B 错误；

C. H_3PO_2 是一元酸，与足量 NaOH 溶液反应的化学方程式为 $\text{H}_3\text{PO}_2 + \text{NaOH} = \text{NaH}_2\text{PO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ，故 C 错误；

D. 电解法除 NH_3 的阳极反应为 $2\text{NH}_3 + 6\text{OH}^- - 6\text{e}^- = \text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ ，故 D 错误；

故选：A。

【点评】 本题考查离子方程式或化学方程式书写判断，侧重基础知识检测和辨析能力考查，把握氧化还原反应方程式配平、燃烧热概念及热化学方程式书写、结合溶液酸碱性书写电极反应式是解题关键，注意 H_3PO_2 是一元酸，题目难度中等。

7. 下列物质的结构与性质或物质的性质与用途具有对应关系的是()

A. $\text{H}-\text{N}$ 的键能大于 $\text{H}-\text{P}$ ， NH_3 的热稳定性大于 PH_3

B. N_2H_4 中的 N 原子可与 H^+ 形成配位键， N_2H_4 具有还原性

C. Ag^+ 具有氧化性，可用于杀菌消毒

D. GaN 硬度大，可用作半导体材料

【分析】 A. 键能越大，物质越稳定；

B. N_2H_4 能与 H^+ 反应，说明 N_2H_4 具有碱性；

C. Ag^+ 属于重金属离子，能使蛋白质变性；

D. GaN 的导电性介于导体和绝缘体之间，可用作半导体材料。

【解答】解：A. H—N 的键能大于 H—P，断裂 H—N 键所需能量高，则 NH₃ 的热稳定性大于 PH₃，故 A 正确；

B. N₂H₄ 中的 N 原子具有孤电子对、可与 H⁺ 形成配位键，使 N₂H₄ 具有碱性，与 N₂H₄ 具有还原性无关，故 B 错误；

C. Ag⁺ 属于重金属离子，能使蛋白质变性，可用于杀菌消毒，与 Ag⁺ 具有氧化性无关，故 C 错误；

D. GaN 的导电性介于导体和绝缘体之间，可用作半导体材料，与 GaN 硬度大无关，故 D 错误；

故选：A。

【点评】 本题考查物质组成、性质及应用，侧重辨析能力和运用能力考查，把握物质组成及结构、性质与用途的对应关系是解题关键，题目难度不大。

8. 由硫酸铜溶液制取 [Cu(NH₃)₄]SO₄·H₂O 晶体的实验如下：

步骤①：向 4mL 0.1mol·L⁻¹ CuSO₄ 溶液中滴加 1mol·L⁻¹ 氨水，有蓝色沉淀生成；

步骤②：继续滴加 1mol·L⁻¹ 氨水并振荡试管，沉淀溶解，得深蓝色溶液；

步骤③：向试管中加入 8mL 95% 乙醇，有深蓝色 [Cu(NH₃)₄]SO₄·H₂O 晶体析出。

下列说法正确的是()

A. 步骤①中发生反应的离子方程式为 Cu²⁺+2OH⁻=Cu(OH)₂↓

B. 步骤③中加入乙醇的目的是增大铜氨配合物溶解度

C. 1mol[Cu(NH₃)₄]SO₄ 晶体中含有 16molσ键

D. 实验说明与 Cu²⁺ 的配位能力 NH₃ 强于 H₂O

【分析】 A. 步骤①中氨水作为弱碱；

B. 步骤③加入乙醇的目的是降低铜氨配合物的溶解度；

C. 1mol[Cu(NH₃)₄]SO₄ 晶体中，四个 NH₃ 分子贡献 12 个 N—Hσ键，四个 Cu—N 配位键贡献 4 个σ键，SO₄²⁻ 贡献 4 个 S—Oσ键；

D. 实验中 NH₃ 取代了水分子。

【解答】解：A. 步骤①中氨水作为弱碱，发生反应的离子方程式为 Cu²⁺ + 2NH₃·H₂O = Cu(OH)₂ ↓ + 2NH₄⁺，故 A 错误；

B. 步骤③加入乙醇的目的是降低铜氨配合物的溶解度，促使晶体析出，故 B 错误；

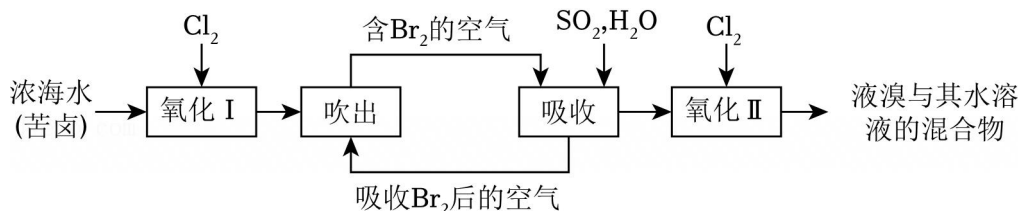
C. 1mol[Cu(NH₃)₄]SO₄ 晶体中，SO₄²⁻ 贡献 4 个 S—Oσ键，四个 NH₃ 分子贡献 12 个 N—Hσ键，四个 Cu—N 配位键贡献 4 个σ键，总计 20molσ键，故 C 错误；

D. 实验中 NH₃ 取代了水分子，说明 NH₃ 的配位能力强于 H₂O，故 D 正确；

故选：D。

【点评】 本题考查化学键，侧重考查学生配位键的掌握情况，试题难度中等。

9. 工业上利用苦卤提取溴的流程如下。其中空气将 Br₂“吹出”，用 SO₂ 和 H₂O“吸收”Br₂ 后，空气再循环利用。



下列说法不正确的是()

- A. 该流程中的反应说明氧化性： $\text{Cl}_2(\text{aq}) > \text{Br}_2(\text{aq}) > \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$
 B. “氧化I”通入的 Cl_2 的量远小于“氧化II”
 C. “吸收”时通入 SO_2 过量会使“吹出”时 Br_2 吹出率减小
 D. “氧化II”所得混合物通过分液可获得液溴

【分析】浓海水中通入 Cl_2 氧化 Br^- 得到低浓度溴的水溶液，反应为 $\text{Cl}_2 + 2\text{Br}^- = \text{Br}_2 + 2\text{Cl}^-$ ，用热空气吹出 Br_2 单质得到含 Br_2 的空气，用 SO_2 和 H_2O 吸收后得到富含 Br^- 的溶液，反应为 $\text{SO}_2 + \text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{HBr} + \text{H}_2\text{SO}_4$ ，再通入 Cl_2 氧化 HBr 得到高浓度 Br_2 的水溶液，通过分液可获得部分液溴，据此分析解答。

【解答】解：A. 该流程中发生的反应有： $\text{Cl}_2 + 2\text{Br}^- = \text{Br}_2 + 2\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_2 + \text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{HBr} + \text{H}_2\text{SO}_4$ ，根据氧化还原反应规律可知，氧化剂的氧化性大于氧化产物的氧化性，则氧化性： $\text{Cl}_2(\text{aq}) > \text{Br}_2(\text{aq}) > \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ ，故 A 正确；

B. 海水中 Br^- 浓度低且分散，需要通入过量的 Cl_2 ，溴的富集过程中存在 Br^- 损耗，则“氧化I”通入的 Cl_2 的量远大于“氧化II”，故 B 错误；

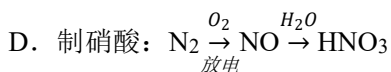
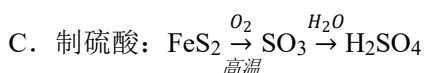
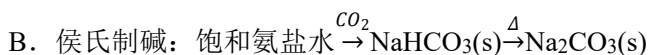
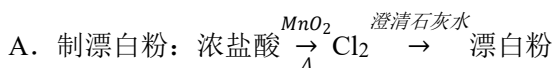
C. 过量的 SO_2 随“吸收 Br_2 后的空气”进入“吹出”步骤， SO_2 与 Br_2 反应生成 Br^- ，反应为 $\text{SO}_2 + \text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{HBr} + \text{H}_2\text{SO}_4$ ，导致 Br_2 吹出率减小，故 C 正确；

D. “氧化II”得到液溴与其水溶液的混合物，二者分层，可通过分液获得部分液溴，故 D 正确；

故选：B。

【点评】本题考查海水提溴实验，侧重分析判断能力和灵活运用能力考查，明确物质性质、发生的反应、混合物分离提纯方法是解题关键，注意掌握氧化还原反应规律的应用，题目难度中等。

10. 下列工业生产或处理过程涉及的物质转化关系正确的是()



【分析】A. 氢氧化钙微溶，澄清石灰水浓度小，不能用于工业制备；

B. 饱和的食盐水中依次通入氨气、二氧化碳反应生成碳酸氢钠晶体，碳酸氢钠受热分解生成碳酸钠；

C. 工业制备硫酸是黄铁矿煅烧生成二氧化硫，二氧化硫催化氧化反应生成三氧化硫，三氧化硫和水反应生成硫酸；

D. 工业制备硝酸是氨气催化氧化生成 NO ， NO 和氧气反应生成二氧化氮，二氧化氮溶于水生成硝酸和一氧化氮。

【解答】解：A. 制漂白粉的过程为：浓盐酸 $\xrightarrow[\Delta]{\text{MnO}_2}$ Cl_2 $\xrightarrow{\text{石灰乳}}$ 漂白粉，故 A 错误；

B. 侯氏制碱的过程为：饱和氨盐水 $\xrightarrow{\text{CO}_2}$ $\text{NaHCO}_3(\text{s})$ $\xrightarrow{\Delta}$ $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s})$ ，故 B 正确；

C. 制硫酸： $\text{FeS}_2 \xrightarrow[\text{高温}]{\text{O}_2} \text{SO}_2 \xrightarrow[\text{催化剂}]{\text{O}_2} \text{SO}_3 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{H}_2\text{SO}_4$ ，故 C 错误；

D. 工业制备硝酸的流程为 $\text{NH}_3 \xrightarrow[\text{催化剂}]{\text{O}_2} \text{NO} \xrightarrow{\text{O}_2} \text{NO}_2 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{HNO}_3$ ，故 D 错误；

故选：B。

【点评】本题考查了物质制备原理、反应过程的分析判断，注意知识的熟练掌握，题目难度不大。

11. 下列实验方案及现象与所得结论一致的是()

选项	实验方案及现象	实验结论
A	将某铁氧化物溶于浓盐酸，再滴入酸性 KMnO_4 溶液，酸性 KMnO_4 溶液褪色	氧化物中含+2 价的 Fe
B	向 FeCl_3 溶液中加入少量铜粉，铜粉溶解	Cu 的还原性比 Fe 强
C	用洁净铂丝蘸取某盐的固体，置于酒精灯上灼烧，透过蓝色钴玻璃，火焰呈紫色	固体中含钾盐
D	将 SO_2 气体通入滴有酚酞的 NaOH 溶液中，溶液褪色	SO_2 有漂白性

A. A

B. B

C. C

D. D

【分析】A. 酸性高锰酸钾溶液可氧化浓盐酸；

B. Cu 与氯化铁溶液反应生成氯化亚铁、氯化铜；

C. 透过蓝色钴玻璃，火焰呈紫色，可知盐中一定含钾元素；

D. 二氧化硫为酸性氧化物。

【解答】解：A. 酸性高锰酸钾溶液可氧化浓盐酸，紫色褪去，不能证明氧化物中含+2 价的 Fe，故 A 错误；

B. Cu 与氯化铁溶液反应生成氯化亚铁、氯化铜，不发生金属单质之间的置换反应，不能证明 Cu 的还原性比 Fe 强，故 B 错误；

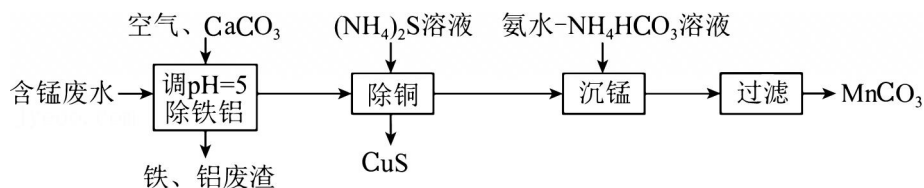
C. 透过蓝色钴玻璃，火焰呈紫色，可知盐中一定含钾元素，则固体中含钾盐，故 C 正确；

D. 二氧化硫为酸性氧化物，与 NaOH 溶液反应生成盐和水，碱性减弱，红色褪去，与漂白性无关，故 D 错误；

故选：C。

【点评】本题考查化学实验方案的评价，为高频考点，把握物质的性质、反应与现象、实验技能为解答的关键，侧重分析与实验能力的考查，注意元素化合物知识的应用，题目难度不大。

12. 用酸性含锰废水(含少量 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 、 Cu^{2+})制备 MnCO_3 的过程如图：



下列说法正确的是()

A. 该酸性含锰废水中可能还含 NO_3^-

B. “铁、铝废渣”的主要成分为 $\text{Fe}(\text{OH})_2\text{Fe}(\text{OH})_3$ 和 $\text{Al}(\text{OH})_3$

C. “除铜”所得滤液中存在 $c(S^{2-}) \cdot c(Cu^{2+}) \geq K_{sp}(CuS)$

D. NH_4HCO_3 溶液中添加氨水可以减少反应中 CO_2 的逸出

【分析】A. 在酸性条件下(H^+), NO_3^- 会表现强氧化性, 与 Fe^{2+} 发生氧化还原反应(如: $3Fe^{2+} + NO_3^- + 4H^+ = 3Fe^{3+} + NO \uparrow + 2H_2O$), 导致 Fe^{2+} 无法稳定存在;

B. Fe^{2+} 在酸性条件下直接调 pH 时, 可能部分被空气中 O_2 氧化为 Fe^{3+} , 但“铁、铝废渣”主要成分为 $Fe(OH)_3$ (Fe^{2+} 易被氧化) 和 $Al(OH)_3$, 不含 $Fe(OH)_2$ (不稳定, 易氧化);

C. “除铜”过程中, 加入硫化物(如 Na_2S) 使 Cu^{2+} 转化为 CuS 沉淀, 当反应达到平衡时, 溶液中离子浓度满足 $c(S^{2-}) \cdot c(Cu^{2+}) = K_{sp}(CuS)$; 若沉淀完全后, 溶液中 $c(S^{2-}) \cdot c(Cu^{2+}) \leq K_{sp}(CuS)$ (因 Cu^{2+} 浓度极低);

D. NH_4HCO_3 溶液中存在平衡: $HCO_3^- \rightleftharpoons H^+ + CO_3^{2-}$, $H^+ + HCO_3^- = CO_2 \uparrow + H_2O$ (CO_2 逸出的原因), 加入氨水(碱性)会消耗 H^+ , 使上述平衡左移, 减少 H^+ 与 HCO_3^- 的反应, 从而减少 CO_2 逸出。

【解答】解: A. 酸性含锰废水中含有 Fe^{2+} (还原性离子), 若存在 NO_3^- , 在酸性条件下(H^+), NO_3^- 会表现强氧化性, 与 Fe^{2+} 发生氧化还原反应(如: $3Fe^{2+} + NO_3^- + 4H^+ = 3Fe^{3+} + NO \uparrow + 2H_2O$), 导致 Fe^{2+} 无法稳定存在, 因此, 废水中不可能含 NO_3^- , 故 A 错误;

B. Fe^{2+} 在酸性条件下直接调 pH 时, 可能部分被空气中 O_2 氧化为 Fe^{3+} , 但“铁、铝废渣”主要成分为 $Fe(OH)_3$ (Fe^{2+} 易被氧化) 和 $Al(OH)_3$, 不含 $Fe(OH)_2$ (不稳定, 易氧化), 故 B 错误;

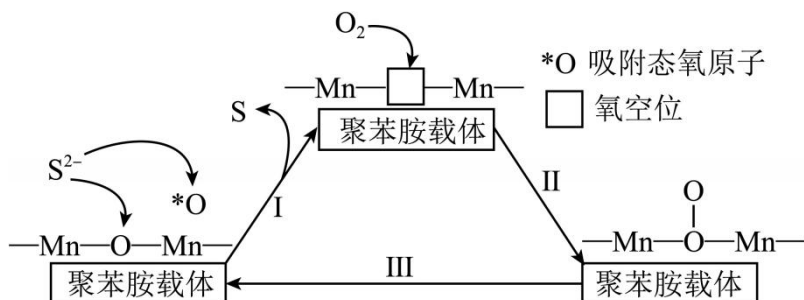
C. “除铜”过程中, 加入硫化物(如 Na_2S) 使 Cu^{2+} 转化为 CuS 沉淀, 当反应达到平衡时, 溶液中离子浓度满足 $c(S^{2-}) \cdot c(Cu^{2+}) = K_{sp}(CuS)$; 若沉淀完全后, 溶液中 $c(S^{2-}) \cdot c(Cu^{2+}) \leq K_{sp}(CuS)$ (因 Cu^{2+} 浓度极低), 故 C 错误;

D. NH_4HCO_3 溶液中存在平衡: $HCO_3^- \rightleftharpoons H^+ + CO_3^{2-}$, $H^+ + HCO_3^- = CO_2 \uparrow + H_2O$ (CO_2 逸出的原因), 加入氨水(碱性)会消耗 H^+ , 使上述平衡左移, 减少 H^+ 与 HCO_3^- 的反应, 从而减少 CO_2 逸出, 故 D 正确;

故选: D。

【点评】本题主要考查了物质的分离, 题目难度中等, 掌握物质分离的方法, 结合题给信息, 运用所学基础知识是解答该题的关键。

13. MnO_2 - 聚苯胺可用作空气氧化含硫废水的催化剂。碱性条件下, 催化氧化 S^{2-} 的机理如图所示。下列说法正确的是()



- A. 过程I中锰元素的化合价升高
- B. 经催化氧化除硫后废水的 pH 增大
- C. 通入 $^{18}O_2$, 一段时间后 ^{18}O 仅存在于 O_2 、 MnO_2 中
- D. 硫也可填充氧空位使废水中硫的去除率上升

【分析】A. 过程 I 中, $-Mn-O-Mn-$, 设 Mn 化合价为 x, 根据化合物中各元素化合价代数和为 0, $2x + (-2) = 0$, $x = +1$;

- B. 碱性条件下， S^{2-} 被氧化为 S， O_2 参与反应生成 OH^- ，溶液碱性增强；
 C. 过程 I 的变化可表示为： $2H_2O + S^{2-} + 2^*O = 4OH^- + S$ ；
 D. 硫填充氧空位，会占据催化剂活性位点。

【解答】解：A. 过程 I 中， $-Mn-O-Mn-$ ，设 Mn 化合价为 x，则 $2x + (-2) = 0$ ， $x = +1$ ，转化为 $-Mn \square Mn-$ ，化合价为 0，锰元素化合价降低，故 A 错误；

B. 碱性条件下， S^{2-} 被氧化为 S， O_2 参与反应生成 OH^- ，溶液碱性增强，废水的 pH 增大，故 B 正确；

C. 过程 I 可表示为： $2H_2O + S^{2-} + 2^*O = 4OH^- + S$ ，若 $^{18}O_2$ 参与反应后，则 ^{18}O 还会存在于溶液的 OH^- 中，故 C 错误；

D. 硫填充氧空位，会占据催化剂活性位点，使废水中硫的去除率下降，故 D 错误；

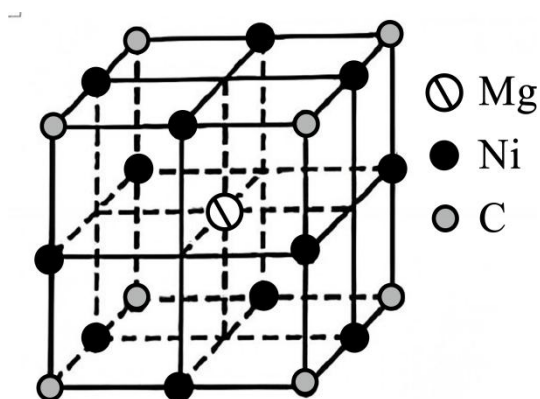
故选：B。

【点评】本题考查反应过程，侧重考查学生反应机理的掌握情况，试题难度中等。

二、非选择题：共 4 题，共 61 分。

14. (14 分) 镍的化合物丰富多彩，在电池、合金、催化剂等方面应用广泛。

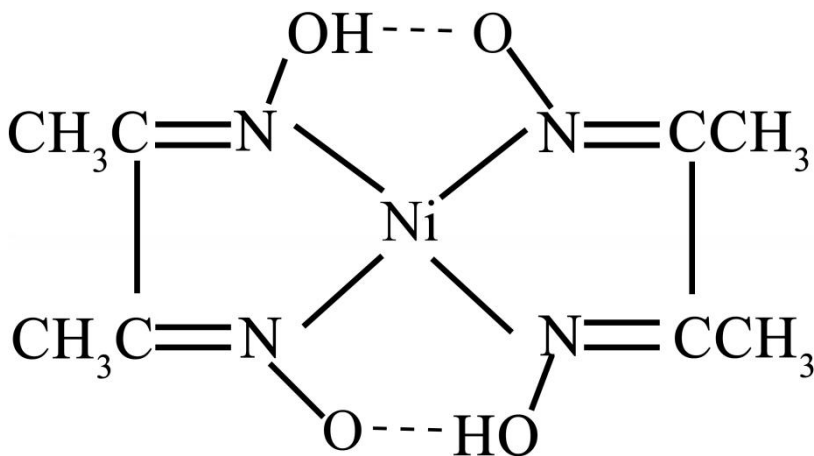
(1) 镍可与 Mg、C 形成一种新型超导材料，其晶胞结构如图所示。



① 与 Mg 原子距离相等且最近的 Ni 原子数目为 12。

② 该化合物的化学式为 $MgCNi_3$ 。

(2) 丁二酮肟 ($CH_3C(=N-OH)_2$) 可与镍盐形成配合物二丁二酮合镍分子，其结构如图所示。



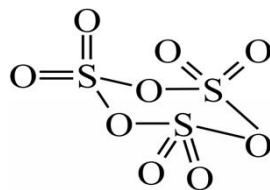
① 二丁二酮合镍分子中镍元素的化合价为 +2。

②丁二酮肟分子中，C、N、O元素的第一电离能由大到小的顺序为 $N > O > C$ 。

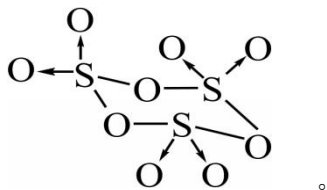
③C、N的氢化物 CH_3CH_3 、 NH_2NH_2 中，N—N键的键能小于C—C键，是因为 NH_2NH_2 中存在 N原子上的孤电子对 的排斥作用。

(3) $NiSO_4$ 在隔绝空气条件下加热分解生成 SO_3 ， SO_3 常以三聚分子 $[(SO_3)_3]$ 存在。

① SO_3 分子中S原子的杂化类型为 sp^2 。



②已知： $(SO_3)_3$ 具有六元环状结构。 $(SO_3)_3$ 分子的结构式可表示为 _____ 或



(4)Ni 可以催化 CH_3OH 氧化。 CH_3OH 沸点比 CH_3SH 高的原因是 CH_3OH 能形成分子间氢键，而 CH_3SH 不能。

【分析】(1)①根据晶体结构和几何关系分析与 Mg 原子距离相等且最近的 Ni 原子数目。

②根据晶胞中原子数目和比例确定化学式。

(2)①根据配合物的电荷平衡确定镍元素的化合价。

②根据元素周期律分析第一电离能的顺序。

③根据分子结构和键能理论分析 N—N 键和 C—C 键的键能差异。

(3)①根据 SO_3 分子的空间构型确定 S 原子的杂化类型。

②根据 $(SO_3)_3$ 的六元环状结构确定其结构式。

(4)根据分子间作用力分析 CH_3OH 和 CH_3SH 沸点差异的原因。

【解答】解：(1)①Mg 位于晶胞体心，Ni 位于棱心，与 Mg 距离相等且最近的 Ni 原子共 $4 \times 3 = 12$ 个，故答案为：12；

②由晶胞图知，Mg 位于晶胞体心，原子数为 1，Ni 位于晶胞棱心，原子数为 $\frac{1}{4} \times 12 = 3$ ，C 位于晶胞

顶点，原子数为 $\frac{1}{8} \times 8 = 1$ ，则该化合物的化学式： $MgCNi_3$ ，

故答案为： $MgCNi_3$ ；

(2)①丁二酮肟中 N 为 -1 价(与 Ni 配位)，O 为 -2 价，整体分子电荷为 0，Ni 化合价为 +2，

故答案为：+2；

②C、N、O 为同周期元素，第一电离能呈增大趋势，N 的 2p 为半满结构，更加稳定，故第一电离能： $N > O > C$ ，

故答案为： $N > O > C$ ；

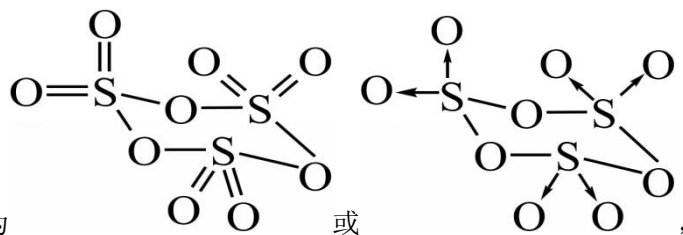
③由于 NH_2NH_2 中 N 有孤电子对，孤电子对之间的斥力大于成键电子对，导致 N—N 键的键能小于 C—C 键，

故答案为：N 原子上的孤电子对；

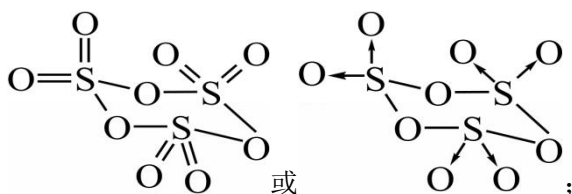
(3)①SO₃ 分子中 S 原子的价层电子对数为： $3 + \frac{6-2 \times 3}{2} = 3$ ，杂化类型为 sp²，

故答案为：sp²；

②已知：(SO₃)₃ 具有六元环状结构，六元环中 3 个 S 和 3 个 O 交替，每个 S 连 4 个 O(其中 2 个桥氧，



1 个端氧)，结构式为



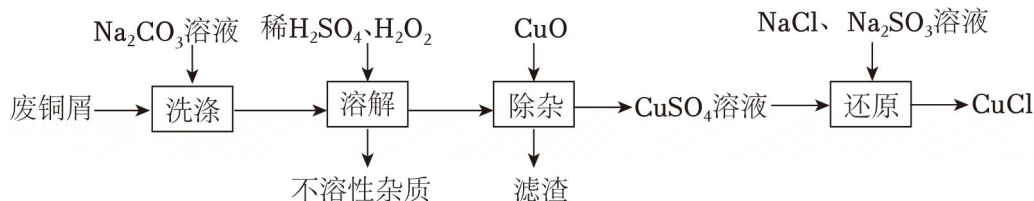
故答案为：

(4)由于 CH₃OH 能形成分子间氢键，而 CH₃SH 不能，故 CH₃OH 沸点比 CH₃SH 高，

故答案为：CH₃OH 能形成分子间氢键，而 CH₃SH 不能。

【点评】 本题主要考查了晶体结构分析、配合物的组成与性质、元素周期律、分子间作用力等知识点，注意完成此题，可以从题干中抽取有用的信息，结合已有的知识进行解题。

15. (16 分)工业上用废铜屑(含有少量铁、油污及不溶性杂质)制 CuCl 的流程如图：



已知：①Cl⁻ 能与 Cu⁺ 形成配位数为 2 的配合物离子；②K_{sp}[Fe(OH)₃]=10⁻³⁸。

(1)基态 Cu²⁺ 的核外电子排布式为 1s²2s²2p⁶3s²3p⁶3d⁹ 或 [Ar]3d⁹ 。

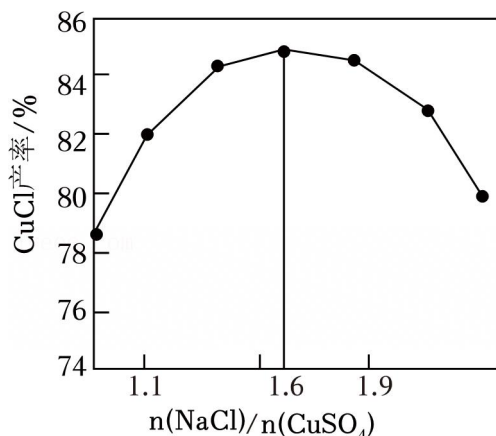
(2)“洗涤”时，Na₂CO₃ 溶液除去废铜屑表面油污的原理是 碳酸钠水解溶液呈碱性，油脂碱性条件下水解去除 。

(3)“溶解”时，边搅拌边向废铜屑中缓慢加入稀硫酸和 H₂O₂ 溶液。写出 Cu 溶解的离子反应方程式 Cu + H₂O₂ + 2H⁺ = Cu²⁺ + 2H₂O 。

(4)“除杂”时，使 Fe³⁺ 浓度小于 1×10⁻⁵ mol·L⁻¹，需调节废水 pH 范围是 pH>3 。

(5)“还原”时，向 CuSO₄ 溶液中加 Na₂SO₃ 和 NaCl 并加热，生成 CuCl 沉淀。

①生成 CuCl 反应的离子方程式为 2Cu²⁺ + SO₃²⁻ + 2Cl⁻ + H₂O $\xrightarrow{\Delta}$ 2CuCl↓ + SO₄²⁻ + 2H⁺ 。



②CuCl 收率随 $n(\text{NaCl})/n(\text{CuSO}_4)$ 值的变化如图所示。 $\frac{n(\text{NaCl})}{n(\text{CuSO}_4)} > 1.6$ CuCl 收率减小的原因是 部分 CuCl 与 Cl^- 形成了可溶性配合物 CuCl_2^- 。

③向 CuSO_4 和 NaCl 的混合溶液加入 N_2H_4 也可制得 CuCl ，但当 N_2H_4 用量过大时， CuCl 收率减小，其原因可能是 水合肼将部分 Cu^{2+} 还原为 Cu 。

(6)准确称取 3.000g CuCl 样品，加入足量 FeCl_3 配成 250mL 溶液，取 25mL 所得溶液于锥形瓶中，滴加 2 滴指示剂，用 $0.1000\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$ 标准溶液滴至终点(反应为 $\text{Fe}^{2+} + \text{Ce}^{4+} = \text{Fe}^{3+} + \text{Ce}^{3+}$)，平行滴定 3 次，平均消耗 $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$ 溶液 24.00mL。计算样品中 CuCl 的纯度 79.60% (写出计算过程)。

【分析】废铜屑(含有少量铁、油污及不溶性杂质)中加入碳酸钠溶液洗涤，碳酸钠水解溶液呈碱性，油脂碱性条件下水解去除，将洗涤后的固体稀硫酸和过氧化氢进行溶解，得到硫酸铜和硫酸铁溶液，过滤，将不溶性杂质去除，再加入 CuO 调 pH 进行除杂，将铁转化为氢氧化铁沉淀除去，得到硫酸铜溶液，加入亚硫酸钠和氯化钠进行还原，即可得到 CuCl ，据此回答。

【解答】解：(1)Cu 原子序数 29，核外电子排布为 $[\text{Ar}]3d^{10}4s^1$ ，失去 2 个电子(先失 4s，再失 3d)， Cu^{2+} 电子排布式： $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^9$ 或 $[\text{Ar}]3d^9$ ，
故答案为： $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^9$ 或 $[\text{Ar}]3d^9$ ；

(2)碳酸钠溶液呈碱性($\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$)，油污(油脂)在碱性条件下水解生成可溶于水的物质，达到除油污目的，

故答案为：碳酸钠水解溶液呈碱性，油脂碱性条件下水解去除；

(3)Cu 在酸性条件下被 H_2O_2 氧化为铜离子，离子方程式 $\text{Cu} + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ = \text{Cu}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ ，

故答案为： $\text{Cu} + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ = \text{Cu}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ ；

(4) Fe^{3+} 沉淀完全(浓度小于 $1 \times 10^{-5}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)时，由 $K_{sp}[\text{Fe}(\text{OH})_3] = c(\text{Fe}^{3+}) \cdot c^3(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-38}$ ，得：

$c(\text{OH}^-) > \sqrt[3]{\frac{1 \times 10^{-38}}{1 \times 10^{-5}}} = 1 \times 10^{-11}\text{mol/L}$ 则 $c(\text{H}^+) < 1 \times 10^{-3}\text{mol/L}$ ， $\text{pH} > 3$ ，需保证 Cu^{2+} 不沉淀，故 $\text{pH} > 3$ ，

故答案为： $\text{pH} > 3$

(5)① Cu^{2+} 被 SO_3^{2-} 还原为 Cu^+ ，结合 Cl^- 生成 CuCl ，反应的离子方程式为： $2\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_3^{2-} + 2\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} 2\text{CuCl} \downarrow + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$ ，

故答案为： $2Cu^{2+} + SO_3^{2-} + 2Cl^- + H_2O \xrightarrow{\Delta} 2CuCl \downarrow + SO_4^{2-} + 2H^+$ ；

② $n(NaCl)/n(CuSO_4) > 1.6$ 时，由于 Cl^- 过量，部分 $CuCl$ 与 Cl^- 形成了可溶性配合物 $CuCl_2^-$ ，导致 $CuCl$ 收率减小，

故答案为：部分 $CuCl$ 与 Cl^- 形成了可溶性配合物 $CuCl_2^-$ ；

③向 $CuSO_4$ 和 $NaCl$ 的混合溶液加入 N_2H_4 也可制得 $CuCl$ ， N_2H_4 具有还原性，但当 N_2H_4 用量过大时，水合肼将部分 Cu^{2+} 还原为 Cu ，导致 $CuCl$ 收率减小，

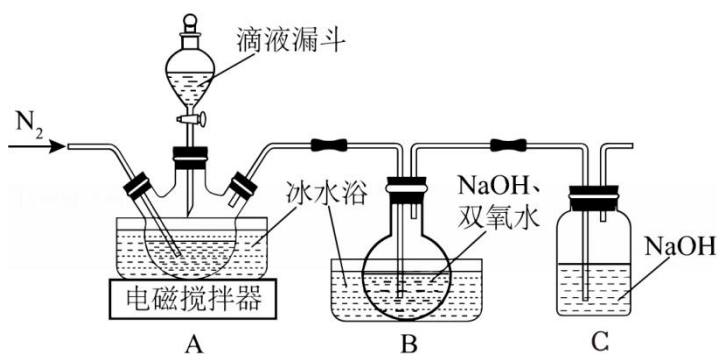
故答案为：部分 $CuCl$ 与 Cl^- 形成了可溶性配合物 $CuCl_2^-$ ；

(6)由反应 $Fe^{2+} + Ce^{4+} = Fe^{3+} + Ce^{3+}$ ， $CuCl$ 与 Fe^{3+} 发生 $Fe^{3+} + CuCl = Fe^{2+} + Cu^{2+} + Cl^-$ 反应，得关系： $CuCl \sim Fe^{2+} \sim Ce^{4+}$ ，25mL 溶液中： $n(Ce^{4+}) = 0.1000mol/L \times 0.024L = 0.0024mol$ ，则 250mL 溶液中 $n(Ce^{4+}) = 0.0024mol \times \frac{250mL}{25mL} = 0.024mol$ ，故 $n(CuCl) = 0.024mol$ ，质量 $m(CuCl) = 0.024mol \times 99.5g/mol = 2.388g$ ，纯度 $\frac{2.388g}{3.000g} \times 100\% = 79.6\%$ ，

故答案为：79.60%。

【点评】本题主要考查制备实验方案的设计等，注意完成此题，可以从题干中抽取有用的信息，结合已有的知识进行解题。

16. (16分)亚氯酸钠($NaClO_2$)是一种漂白剂，受热易分解。实验室用图所示装置制取 ClO_2 并制备 $NaClO_2$ 。装置A中发生的反应为 $2NaClO_3 + Na_2SO_3 + H_2SO_4 = 2Na_2SO_4 + 2ClO_2 \uparrow + H_2O$ 。



(1)实验时，在三颈烧瓶中装入两种反应物的混合溶液，通入 N_2 并不断搅拌，打开滴液漏斗开始反应。

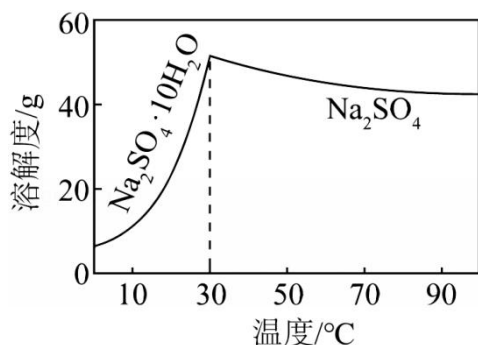
①滴液漏斗中盛装的溶液是 稀硫酸。

②反应过程中，不断通入 N_2 的作用是 尽快赶出生成的 ClO_2 ，使其进入装置B中吸收。

③装置A中 Na_2SO_3 溶液的实际用量远大于理论值的原因是 Na_2SO_3 将部分 ClO_2 还原； Na_2SO_3 与硫酸反应产生 SO_2 。

④装置B中发生反应的离子方程式为 $2ClO_2 + H_2O_2 + 2OH^- \xrightarrow{\text{冰水浴}} 2ClO_2^- + O_2 \uparrow + 2H_2O$ 。

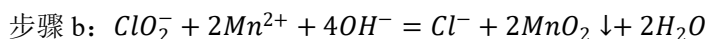
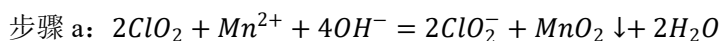
(2)装置A所得废液中主要含 Na_2SO_4 和 $NaHSO_4$ ，可用于获取 $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ 。 Na_2SO_4 的溶解度曲线如图所示。



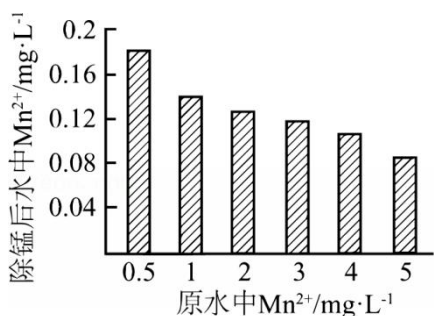
①实验室制取 Na₂SO₄·10H₂O 的实验操作为：向废液中加 NaOH 调节溶液至中性，蒸发浓缩得 30°C 时饱和溶液，冷却至 30°C 以下结晶，过滤、洗涤、低温干燥。

②请补充验证所得 Na₂SO₄·10H₂O 中是否含有 Cl⁻ 的实验方案：取少量样品加水溶解，边搅拌边加入 Ba(NO₃)₂ 溶液，至静置后的上层清液中继续滴加 Ba(NO₃)₂ 无沉淀产生，过滤，取滤液，滴加稀硝酸酸化的 AgNO₃ 溶液，若产生白色沉淀，则含 Cl⁻。(实验中可选用的试剂：AgNO₃ 溶液、BaCl₂ 溶液、Ba(NO₃)₂ 溶液、稀盐酸、稀硝酸)

(3)利用 ClO₂ 可将弱碱性水中的 Mn²⁺ 转化为 MnO₂(有吸附性)除去，反应分两步进行。



如图所示，反应相同时间，原水中 Mn²⁺ 浓度增大，但除锰后水中剩余 Mn²⁺ 浓度减小的原因是 步骤 a 生成的 ClO₂⁻ 浓度大，有利于加快步骤 b 的反应；生成 MnO₂ 多，吸附的 Mn²⁺ 多。



【分析】在三颈烧瓶中加入 NaClO₃ 溶液和 Na₂SO₃ 两种反应物的混合溶液，通入 N₂，排除装置内的空气并不断搅拌，打开滴液漏斗，滴入稀硫酸，发生 $2NaClO_3 + Na_2SO_3 + H_2SO_4 = 2Na_2SO_4 + 2ClO_2 \uparrow + H_2O$ 反应，在 B 中用 NaOH 和 H₂O₂ 与生成的 ClO₂ 发生 $2ClO_2 + H_2O_2 + 2OH^- \xrightarrow{\text{冰水浴}} 2ClO_2^- + O_2 \uparrow + 2H_2O$ 反应，制取 NaClO₂，在 C 中用 NaOH 溶液进行尾气处理，防止污染环境，据此回答。

【解答】解：(1)①装置 A 反应： $2NaClO_3 + Na_2SO_3 + H_2SO_4 = 2Na_2SO_4 + 2ClO_2 \uparrow + H_2O$ ，H₂SO₄ 为强酸，通常装在滴液漏斗中，避免与固体提前混合，生成 SO₂ 等杂质，故答案为：稀硫酸；

②由于 NaClO₂ 受热易分解，ClO₂ 需被 NaOH 和 H₂O₂ 溶液吸收，通入 N₂ 可搅拌溶液，使反应充分，并将 ClO₂ 赶入装置 B，提高产率，

故答案为：尽快赶出生成的 ClO₂，使其进入装置 B 中吸收；

③由于 Na₂SO₃ 具有还原性，Na₂SO₃ 能将部分 ClO₂ 还原，且 Na₂SO₃ 与硫酸反应产生 SO₂，故装置 A 中 Na₂SO₃ 溶液的实际用量远大于理论值，

故答案为：Na₂SO₃ 将部分 ClO₂ 还原；Na₂SO₃ 与硫酸反应产生 SO₂；

④生成 ClO₂ 进入 B 中，在 NaOH、H₂O₂ 中被还原为 ClO₂⁻，H₂O₂ 被氧化为 O₂

离子方程式为： $2ClO_2 + H_2O_2 + 2OH^- \xrightarrow{\text{冰水浴}} 2ClO_2^- + O_2 \uparrow + 2H_2O$ ，

故答案为： $2ClO_2 + H_2O_2 + 2OH^- \xrightarrow{\text{冰水浴}} 2ClO_2^- + O_2 \uparrow + 2H_2O$ ；

(2)①Na₂SO₄·10H₂O 溶解度随温度升高先增大后减小，30℃左右最大，由溶解度曲线，应蒸发浓缩得 30℃ 时饱和溶液，冷却至 30℃ 以下结晶，过滤、洗涤、低温干燥，得到 Na₂SO₄·10H₂O 晶体，

故答案为：蒸发浓缩得 30℃ 时饱和溶液，冷却至 30℃ 以下结晶；

②由于 Cl⁻ 与 Ag⁺ 生成难溶放热 AgCl 白色沉淀，故验证所得 Na₂SO₄·10H₂O 中是否含有 Cl⁻ 的实验方案：取少量样品加水溶解边搅拌边加入 Ba(NO₃)₂ 溶液，至静置后的上层清液中继续滴加 Ba(NO₃)₂ 无沉淀产生，过滤，取滤液，滴加稀硝酸酸化的 AgNO₃ 溶液，若产生白色沉淀，则含 Cl⁻，

故答案为：边搅拌边加入 Ba(NO₃)₂ 溶液，至静置后的上层清液中继续滴加 Ba(NO₃)₂ 无沉淀产生，过滤，取滤液，滴加稀硝酸酸化的 AgNO₃ 溶液，若产生白色沉淀，则含 Cl⁻；

(3)如图所示，由于步骤 a 生成的 ClO₂⁻ 浓度大，有利于加快步骤 b 的反应，生成 MnO₂ 多，吸附的 Mn²⁺ 多，故反应相同时间，原水中 Mn²⁺ 浓度增大，但除锰后水中剩余 Mn²⁺ 浓度减小，

故答案为：步骤 a 生成的 ClO₂⁻ 浓度大，有利于加快步骤 b 的反应；生成 MnO₂ 多，吸附的 Mn²⁺ 多。

【点评】 本题主要考查制备实验方案的设计等，注意完成此题，可以从题干中抽取有用的信息，结合已有的知识进行解题。

17. (15 分) 铁及其化合物在环境治理方面有重要应用。

I. 铁基湿式氧化除硫

(1) 铁基湿式氧化净化燃气(含 H₂S 和空气)时，H₂S 被氧化为 S。铁基吸收液中 n(Fe³⁺) 及被脱除的 n(H₂S) 随时间 t 的变化如图 - 1 所示。

① H₂S 与 Fe³⁺ 反应时氧化剂与还原剂的物质的量之比为 2: 1。

② t₁ 时刻后，H₂S 与 Fe³⁺ 继续反应，但吸收液中 n(Fe³⁺) 几乎不减小的原因是 4Fe²⁺ + O₂ + 4H⁺ = 4Fe³⁺ + 2H₂O (离子方程式表示)。

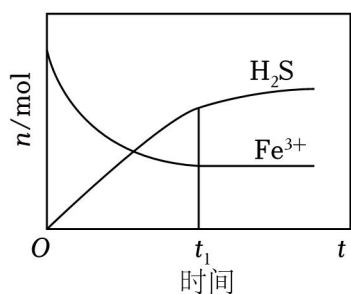


图1

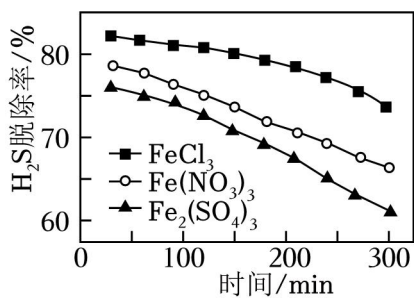


图2

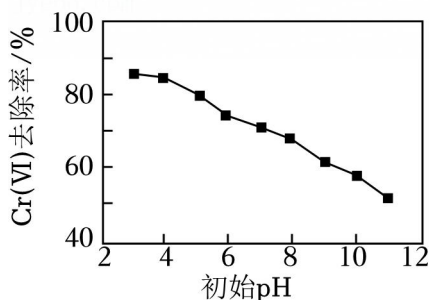


图3

(2)已知： Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 均可与 Fe^{3+} 配位。用 $c(\text{Fe}^{3+})$ 相等的三种溶液净化燃气， H_2S 脱除率随时间变化如图 - 2 所示。相同时间内， H_2S 的脱除率按 FeCl_3 、 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 、 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 依次递减的原因是 三种阴离子与 Fe^{3+} 的配位能力： $\text{Cl}^- < \text{NO}_3^- < \text{SO}_4^{2-}$ ，导致 Fe^{3+} 氧化性： $\text{FeCl}_3 > \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 > \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 。

II. 纳米零价铁除铬

(3)纳米铁粉可将废水中的 $\text{Cr}(\text{VI})$ 还原为 $\text{Cr}(\text{III})$ 。纳米铁粉与硫粉反应得到表面硫化的纳米铁(表面产生可传递电子的疏松 FeS 层，且能吸附阴离子)，比未硫化的纳米铁粉处理 $\text{Cr}(\text{VI})$ 的效果更好。

①在 $\text{pH} = 5$ 的废水中，纳米 Fe 与 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 反应生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 和 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 的离子方程式为 $3\text{Fe} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 11\text{H}_2\text{O} = 3\text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow + 2\text{Cr}(\text{OH})_3\downarrow + 7\text{OH}^-$ 。

②纳米铁粉还原 $\text{Cr}(\text{VI})$ 时，水中少量溶解氧可加快 $\text{Cr}(\text{VI})$ 还原速率，其可能的原因是 溶解氧先氧化部分 Fe 为 Fe^{2+} ， $2\text{Fe} + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ = 2\text{Fe}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ ， Fe^{2+} 再还原 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ，形成“ Fe^{2+} 介导”的快速电子传递，加快 $\text{Cr}(\text{VI})$ 还原。

③纳米铁粉表面硫化后效果更佳，除了 FeS 能还原 $\text{Cr}(\text{VI})$ 外，还可能的原因是 FeS 层疏松且能吸附阴离子，可增强 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ (阴离子)在纳米铁表面的吸附，提高局部浓度，加速还原反应。

④用表面硫化的纳米铁还原 $\text{Cr}(\text{VI})$ ， $\text{Cr}(\text{VI})$ 的去除率随废水初始 pH 的变化如图 - 3 所示。 $\text{pH} > 4$ 时，随 pH 增大， $\text{Cr}(\text{VI})$ 的去除率减小的可能原因是 pH 增大，溶液中 OH^- 浓度升高， Fe^{3+} 、 Cr^{3+} 易形成氢氧化物沉淀覆盖在纳米铁表面，阻碍电子传递；同时， $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 在碱性条件下转化为 CrO_4^{2-} ，吸附能力减弱，导致去除率下降。

【分析】I.(1)① H_2S 被 Fe^{3+} 氧化为 S ， Fe^{3+} 被还原为 Fe^{2+} ，反应的离子方程式为： $\text{H}_2\text{S} + 2\text{Fe}^{3+} = \text{S}\downarrow + 2\text{Fe}^{2+} + 2\text{H}^+$ ， Fe^{3+} 是氧化剂(化合价从+3→+2)， H_2S 是还原剂(S从-2→0)，2mol Fe^{3+} 参与反应时，1mol H_2S 被氧化，故比例为 2：1；

② t_1 时刻后 $n(\text{Fe}^{3+})$ 几乎不减少的原因分析：体系中存在空气(O_2)， Fe^{2+} 可被 O_2 在酸性条件下氧化为 Fe^{3+} ，形成循环： $4\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ = 4\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$ ， Fe^{3+} 消耗后迅速再生，因此总量几乎不变；

(2)配位能力越强， Fe^{3+} 的氧化性越弱，三种阴离子与 Fe^{3+} 的配位能力： $\text{Cl}^- < \text{NO}_3^- < \text{SO}_4^{2-}$ ，导致 Fe^{3+} 氧化性： $\text{FeCl}_3 > \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 > \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ，故 H_2S 脱除率依次递减；

II.(3)①纳米 Fe (还原剂， $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$)还原 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ (Cr 从+6 \rightarrow +3)，生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 和 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ，酸性条件($\text{pH} = 5$)下配平： $3\text{Fe} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 11\text{H}_2\text{O} = 3\text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow + 2\text{Cr}(\text{OH})_3\downarrow + 7\text{OH}^-$ ；

②溶解氧加快反应的原因溶解氧先氧化部分 Fe 为 Fe^{2+} ， $2\text{Fe} + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ = 2\text{Fe}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ ， Fe^{2+} 再还原 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ，形成“ Fe^{2+} 介导”的快速电子传递，加快 $\text{Cr}(\text{VI})$ 还原；

③ FeS 层疏松且能吸附阴离子，可增强 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ (阴离子)在纳米铁表面的吸附，提高局部浓度，加速还原反应；

④ pH 增大，溶液中 OH^- 浓度升高， Fe^{3+} 、 Cr^{3+} 易形成氢氧化物沉淀覆盖在纳米铁表面，阻碍电子传递；同时， $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 在碱性条件下转化为 CrO_4^{2-} ，吸附能力减弱，导致去除率下降。

【解答】解：I.(1)① H_2S 被 Fe^{3+} 氧化为 S ， Fe^{3+} 被还原为 Fe^{2+} ，反应的离子方程式为： $\text{H}_2\text{S} + 2\text{Fe}^{3+} = \text{S}\downarrow + 2\text{Fe}^{2+} + 2\text{H}^+$ ， Fe^{3+} 是氧化剂(化合价从+3 \rightarrow +2)， H_2S 是还原剂(S 从-2 \rightarrow 0)，2mol Fe^{3+} 参与反应时，1mol H_2S 被氧化，故比例为2:1，

故答案为：2:1；

② t_1 时刻后 $n(\text{Fe}^{3+})$ 几乎不减少的原因分析：体系中存在空气(O_2)， Fe^{2+} 可被 O_2 在酸性条件下氧化为 Fe^{3+} ，形成循环： $4\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ = 4\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$ ， Fe^{3+} 消耗后迅速再生，因此总量几乎不变，

故答案为： $4\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ = 4\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$ ；

(2)配位能力越强， Fe^{3+} 的氧化性越弱，三种阴离子与 Fe^{3+} 的配位能力： $\text{Cl}^- < \text{NO}_3^- < \text{SO}_4^{2-}$ ，导致 Fe^{3+} 氧化性： $\text{FeCl}_3 > \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 > \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ；

故答案为：三种阴离子与 Fe^{3+} 的配位能力： $\text{Cl}^- < \text{NO}_3^- < \text{SO}_4^{2-}$ ，导致 Fe^{3+} 氧化性： $\text{FeCl}_3 > \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 > \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ；

II.(3)①纳米 Fe (还原剂， $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$)还原 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ (Cr 从+6 \rightarrow +3)，生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 和 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ，酸性条件($\text{pH} = 5$)下配平： $3\text{Fe} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 11\text{H}_2\text{O} = 3\text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow + 2\text{Cr}(\text{OH})_3\downarrow + 7\text{OH}^-$ ，

故答案为： $3\text{Fe} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 11\text{H}_2\text{O} = 3\text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow + 2\text{Cr}(\text{OH})_3\downarrow + 7\text{OH}^-$ ；

②溶解氧加快反应的原因溶解氧先氧化部分 Fe 为 Fe^{2+} ， $2\text{Fe} + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ = 2\text{Fe}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ ， Fe^{2+} 再还原 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ，形成“ Fe^{2+} 介导”的快速电子传递，加快 $\text{Cr}(\text{VI})$ 还原，

故答案为：溶解氧先氧化部分 Fe 为 Fe^{2+} ， $2\text{Fe} + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ = 2\text{Fe}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ ， Fe^{2+} 再还原 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ，形成“ Fe^{2+} 介导”的快速电子传递，加快 $\text{Cr}(\text{VI})$ 还原；

③ FeS 层疏松且能吸附阴离子，可增强 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ (阴离子)在纳米铁表面的吸附，提高局部浓度，加速还原反应，

故答案为： FeS 层疏松且能吸附阴离子，可增强 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ (阴离子)在纳米铁表面的吸附，提高局部浓度，加速还原反应；

④ pH 增大，溶液中 OH^- 浓度升高， Fe^{3+} 、 Cr^{3+} 易形成氢氧化物沉淀覆盖在纳米铁表面，阻碍电子传递；同时， $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 在碱性条件下转化为 CrO_4^{2-} ，吸附能力减弱，导致去除率下降，

故答案为： pH 增大，溶液中 OH^- 浓度升高， Fe^{3+} 、 Cr^{3+} 易形成氢氧化物沉淀覆盖在纳米铁表面，阻碍电子传递；同时， $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 在碱性条件下转化为 CrO_4^{2-} ，吸附能力减弱，导致去除率下降。

【点评】本题主要考查了物质的分离，题目难度中等，掌握物质分离的方法，结合题给信息是解答该题的关键。