

江苏省常州市 2025-2026 学年高三上学期期中化学试题

学校: _____ 姓名: _____ 班级: _____ 考号: _____

一、单选题

1. 我国科学家于 1981 年合成了酵母丙氨酸转移核糖核酸。下列物质属于高分子化合物的是

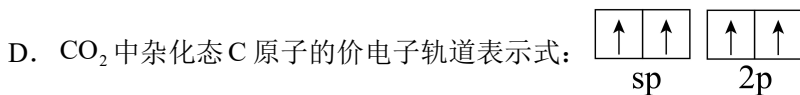
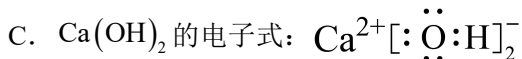
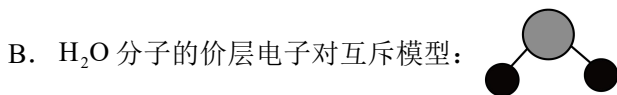
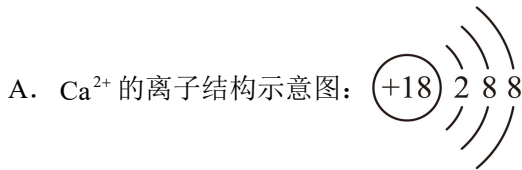
- A. 核酸 B. 核苷酸 C. 核糖 D. 丙氨酸

【答案】A

【详解】高分子化合物通常指分子量极大的物质，如蛋白质、核酸、多糖等。核酸（如 DNA、RNA）由核苷酸聚合而成，分子量极大，属于高分子。核苷酸、核糖、丙氨酸均为小分子单体，分子量较小，不符合高分子定义。

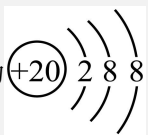
故选 A。

2. 实验室常用澄清石灰水检验 CO_2 。下列化学用语表示正确的是



【答案】D

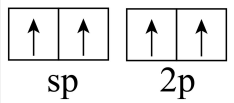
【详解】

A. Ca^{2+} 的核电荷数为 20，最外层为 8 个电子，故正确离子结构示意图为 ，故 A 错误；

B. H_2O 分子的价层电子对为 4，价层电子对互斥模型为四面体形，故 B 错误；

C. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的正确电子式为 $[:\ddot{\text{O}}:\text{H}]^- \text{Ca}^{2+} [:\ddot{\text{O}}:\text{H}]^-$ ，故 C 错误；

D. CO_2 分子中 C 原子为 sp 杂化：2 个 sp 轨道各含 1 个电子用于与 2 个 O 原子形成 σ 键，剩余 2 个未杂化的 p 轨道（各含 1 电子）与 O 原子的 p 轨道侧向重叠形成 π 键， CO_2 中杂化

态 C 原子的价电子轨道表示式：，故 D 正确；

故选 D。

3. 关于实验室安全，下列说法正确的是

- A. 将绿豆大小的钠块投入盛水的烧杯中，戴好护目镜，再近距离俯视烧杯观察现象
- B. Cl_2 有毒，实验室制备氯气时，可将尾气直接通过导管导入 NaOH 溶液吸收
- C. 汞易挥发，若不慎打碎水银温度计，可及时打开通风设备，无需其他处理
- D. 若将浓硫酸沾到皮肤上，应立即用大量水冲洗，再用 3%~5% Na_2CO_3 溶液冲洗

【答案】B

【详解】A. 钠与水反应剧烈，产生氢气和热量，可能爆炸或飞溅，近距离俯视观察极不安全，A 错误；

B. 氯气是有毒气体，可根据其能够与碱反应的性质，利用 NaOH 溶液进行尾气处理，B 正确；

C. 汞挥发有毒，需用硫粉处理，仅通风无法彻底清除，C 错误；

D. 处理皮肤上少量浓硫酸时，应先用干布拭去，再用大量水冲洗，最后涂上 3%~5% 的 NaHCO_3 溶液， Na_2CO_3 碱性较强会刺激皮肤，D 错误；

故选 B。

4. 根据元素周期律，下列说法正确的是

- A. 原子半径： $r(\text{Si}) > r(\text{N})$
- B. 金属性： $\text{Al} > \text{Mg}$
- C. 热稳定性： $\text{H}_2\text{S} > \text{H}_2\text{O}$
- D. 电离能： $I_1(\text{Ne}) > I_2(\text{Na})$

【答案】A

【详解】A. 同周期元素，从左到右原子半径依次减小，则磷原子的原子半径小于硅原子；同主族元素，从上到下原子半径依次增大，则氮原子的原子半径小于磷原子，所以硅原子的原子半径大于氮原子，A 正确；

B. 同周期元素，从左到右金属性依次减弱，则镁元素的金属性大于铝元素，B 错误；

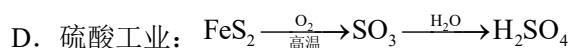
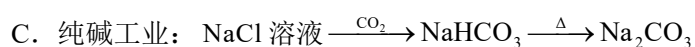
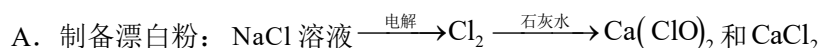
C. 同主族元素，从上到下非金属性依次减弱，氢化物的热稳定性依次减弱，则水的热稳定

性强于硫化氢，C 错误；

D. 氙原子和钠离子的 2p 轨道都为稳定的全充满结构，都较难失去电子，但钠离子的核电荷数大于氙原子，所以失去电子的能力小于氙原子，则钠元素的第二电离能大于氙原子的第一电离能，D 错误；

故选 A。

5. 在给定条件下，下列制备过程涉及的物质转化均可实现的是



【答案】B

【详解】A. 电解 NaCl 溶液生成 Cl_2 ， Cl_2 与石灰水反应生成 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 和 CaCl_2 。但工业制漂白粉需用石灰乳（浓 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ），石灰水浓度低，反应不完全，无法有效生成漂白粉，A 不能实现；

B. AgNO_3 溶液加氨水先生成 AgOH 沉淀，继续加氨水沉淀溶解生成 $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ ，两步转化均符合银氨溶液的配制过程，B 可以实现；

C. 纯碱工业需先向饱和食盐水中通 NH_3 （增强溶液碱性），再通 CO_2 析出 NaHCO_3 ，直接通 CO_2 无法有效生成 NaHCO_3 ，C 不能实现；

D. FeS_2 高温下与 O_2 反应生成 SO_2 而非 SO_3 ， SO_2 需催化氧化为 SO_3 后才能与水生成 H_2SO_4 ，D 不能实现；

故选 B。

阅读下列材料，完成下面小题。

氨是其它含氮化合物的生产原料。氨气在氧气中燃烧生成 N_2 ，燃烧热为 $316.25 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

-33°C 时，液氨的电离平衡常数约为 1.0×10^{-30} 。金属钠与液氨反应生成 NaNH_2 ， NaNH_2 遇水转化为 NaOH 。 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 溶于氨水得到深蓝色 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$ 溶液，继续加入稀硫酸又转化为蓝色 $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]\text{SO}_4$ 溶液。氨气能被 NaClO 氧化生成 N_2H_4 。

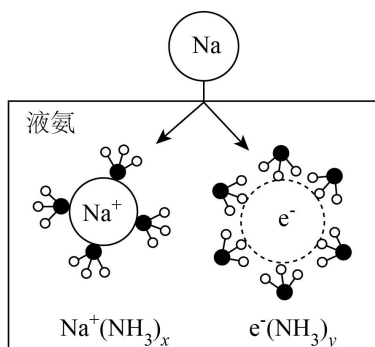
6. 下列说法正确的是

- A. H-N-H 键角: $\text{NH}_3 < \text{NH}_2^-$
- B. 与 H^+ 结合的能力: $\text{OH}^- > \text{NH}_2^-$
- C. 同浓度溶液的碱性: $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} < [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$
- D. 与 Cu^{2+} 形成配位键的能力: $\text{H}_2\text{O} > \text{NH}_3$

7. 下列方程式表示正确的是

- A. 氨气在氧气中燃烧: $4\text{NH}_3(\text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g}) = 2\text{N}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = 1265 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- B. -33°C 时, 液氨发生电离: $2\text{NH}_3 = \text{NH}_4^+ + \text{NH}_2^-$
- C. $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 溶于氨水: $\text{Cu}^{2+} + 4\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$
- D. 氨气被 NaClO 氧化: $2\text{NH}_3 + \text{ClO}^- = \text{N}_2\text{H}_4 + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$

8. 将钠投入液氨中, 钠沉入液氨底部, 迅速发生溶剂化, 生成溶剂合钠离子和蓝色的溶剂合电子(过程示意如下图), 随后缓慢产生气泡。



下列说法不正确的是

- A. 溶剂化的过程发生氧化反应
- B. 导电性: 蓝色溶液 > 液氨
- C. 反应产生的气体主要成分为 N_2
- D. 图中 Na^+ 和 e^- 周围 NH_3 的取向与 NH_3 的极性有关

【答案】6. C 7. D 8. C

【解析】6. A. NH_3 中氮原子的孤电子对数目为 $\frac{5-1 \times 3}{2} = 1$, NH_2^- 中氮原子的孤电子对数目为 $\frac{5+1-1 \times 2}{2} = 2$, 二者中 N 原子的价层电子对数均为 4, 孤电子对数目越多, 键角越小,

则 H-N-H 键角: $\text{NH}_3 > \text{NH}_2^-$, A 错误;

B. 由材料可知, NaNH_2 遇水转化为 NaOH , 其本质是 NH_2^- 夺取水中 H^+ , 生成 OH^- 和 NH_3 , 因此与 H^+ 结合的能力: $\text{OH}^- < \text{NH}_2^-$, B 错误;

C. 同浓度的 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 和 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$ 溶液, 弱电解质 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 在水中部分电离出 OH^- , 而配合物 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$ 属于强电解质, 在水中完全电离出 OH^- , 碱性更强, C 正确;

D. N 原子电负性小于 O 原子, 更易给出电子与 Cu^{2+} 形成配位键, 故与 Cu^{2+} 形成配位键的能力: $\text{H}_2\text{O} < \text{NH}_3$, D 错误;

故答案为 C。

7. A. 由材料可知, 氨气在氧气中燃烧生成 N_2 , 燃烧热为 $316.25 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 该反应为放热反应, 则氨气在氧气中燃烧的化学方程式为 $4\text{NH}_3(\text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g}) = 2\text{N}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{l})$, 放出的热量为 $4 \times 316.25 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = 1265 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 故该反应的热化学方程式为

$4\text{NH}_3(\text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g}) = 2\text{N}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -1265 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, A 错误;

B. -33°C 时, 液氨的电离平衡常数约为 1.0×10^{-30} , 不能完全电离, 故液氨的自偶电离为可逆反应, 电离方程式为 $2\text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{NH}_2^-$, B 错误;

C. $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 溶于氨水时, 得到深蓝色 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$ 溶液, 书写离子方程式时, $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 不拆, 故该反应的离子方程式为 $\text{Cu}(\text{OH})_2 + 4\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 2\text{OH}^- + 4\text{H}_2\text{O}$, C 错误;

D. 氨气被 NaClO 氧化生成 N_2H_4 , 配平离子方程式为 $2\text{NH}_3 + \text{ClO}^- = \text{N}_2\text{H}_4 + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$, D 正确;

故答案为 D。

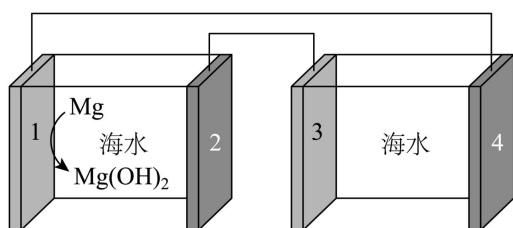
8. A. 由图可知, 金属钠化合价升高, 失去电子, 被氧化为 Na^+ , 故溶剂化的过程发生氧化反应, A 正确;

B. 蓝色溶液中存在大量自由移动的溶剂合钠离子和蓝色的溶剂合电子, 导电性大于液氨, B 正确;

- C. 该过程反应为 $2\text{Na} + 2\text{NH}_3 = 2\text{NaNH}_2 + \text{H}_2 \uparrow$ ，放出的气体主要是 H_2 ，C 错误；
- D. NH_3 分子为极性分子， Na^+ 带正电荷，吸引 NH_3 分子中的负极端（N 原子端）， e^- 带负电荷，吸引 NH_3 分子中的正极端（H 原子端），则 Na^+ 和 e^- 周围 NH_3 分子的定向排列（溶剂化）与 NH_3 的极性有关，D 正确；

故答案为 C。

9. 一种以新型 $\text{MoNi} / \text{NiMoO}_4$ 为催化剂的 Mg-海水电池驱动电解海水 ($\text{pH} = 8.2$) 系统如下图所示。在电池和电解池中同时产生氢气。



下列说法正确的是

- A. 在外电路中，电流从电极 1 流向电极 4
- B. 电极 2 为 Mg-海水电池的负极
- C. 电极 3 的反应为 $2\text{H}_2\text{O} + 2e^- = \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$
- D. 理论上每通过 2 mol 电子，共产生 2 mol H_2

【答案】D

【分析】该装置为两池串联的电化学装置，左侧是原电池，电极 1 发生反应：

$\text{Mg} - 2e^- + 2\text{OH}^- = \text{Mg}(\text{OH})_2$ ，失电子，发生氧化反应，作负极；电极 2 为正极，发生还原反应：

$2\text{H}_2\text{O} + 2e^- = \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$ ；右侧是电解池，电极 3 连接电极 2，则电极 3 是阳极，发生氧化反应；

电极 4 连接电极 1，则电极 4 是阴极，发生还原反应： $2\text{H}_2\text{O} + 2e^- = \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$ 。

【详解】A. 外电路中电流方向与电子流向相反。电子从原电池负极（电极 1）流向电极 4，因此电流应从电极 4 流向电极 1，A 错误；

B. 电极 1（Mg）是原电池负极，电极 2 是原电池正极，B 错误；

C. 电极 3 是电解池阳极，海水中的阴离子在电极上失去电子发生氧化反应，C 错误；

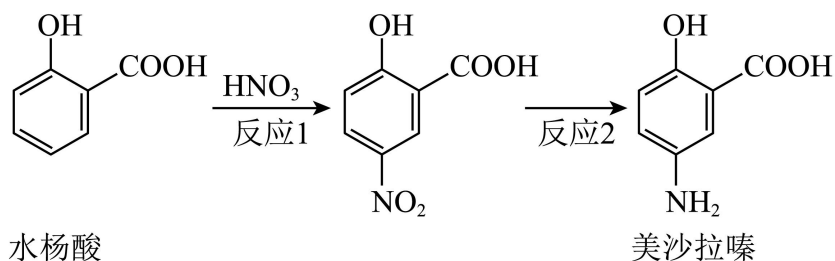
D. 根据分析可知，原电池正极（电极 2）： $2\text{H}_2\text{O} + 2e^- = \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$ ，通过 2 mol 电子，产生 1 mol H_2 ；

电解池阴极（电极 4）： $2\text{H}_2\text{O} + 2e^- = \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$ ，通过 2 mol 电子，产生 1 mol H_2 ，因此，每通

过 2 mol 电子，共产生 2 mol H_2 ，D 正确；

故答案选 D。

10. 通过对水杨酸进行分子结构修饰，得到药物美沙拉嗪，下列说法不正确的是



- A. 反应 1 中需控制反应条件，防止水杨酸被氧化
- B. 反应 2 中应加入合适的还原剂
- C. 在盐酸中的溶解性：水杨酸 > 美沙拉嗪
- D. 水杨酸还可与甲醛发生缩聚反应

【答案】C

【详解】A. 水杨酸中含有酚羟基，易被氧化，故反应 1 中需控制反应条件，防止水杨酸被氧化，故 A 正确；

B. 反应 2 中硝基转化为氨基，是去氧加氢的过程，是还原反应，故 B 正确；

C. 水杨酸分子中含有酚羟基和羧基显酸性，在盐酸中与 HCl 不反应，而美沙拉嗪分子中含有氨基，氨基显碱性，在盐酸中会与 HCl 反应生成盐，更易溶解，所以在盐酸中溶解性：水杨酸 < 美沙拉嗪，故 C 错误；

D. 水杨酸中含有酚羟基，故可与甲醛发生缩聚反应，故 D 正确；

故选 C。

11. 由下列实验事实得出的结论正确的是

选项	实验事实	结论
A	铝粉和 Fe_2O_3 的反应需要引燃	该反应的 $\Delta H > 0$
B	将点燃的镁条迅速伸入集满 CO_2 的集气瓶中，产生白烟和黑色固体	CO_2 具有氧化性

C	向 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 溶液中通入 CO_2 ，产生白色沉淀	$K_{a2}(\text{H}_2\text{CO}_3) > K_a(\text{HClO})$
D	向 FeCl_2 溶液中滴入 NaOH 溶液，出现的白色沉淀迅速变为灰绿色，最终变为红褐色	$K_{sp}[\text{Fe}(\text{OH})_3] < K_{sp}[\text{Fe}(\text{OH})_2]$

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】 B

【详解】 A. 铝粉与 Fe_2O_3 的反应需要引燃，但铝热反应是放热反应 ($\Delta H < 0$)，引燃仅用于克服活化能，与 ΔH 的正负无关，A 错误；

B. 镁在 CO_2 中燃烧生成 MgO 和 C ， CO_2 作为氧化剂被还原，说明其具有氧化性，B 正确；

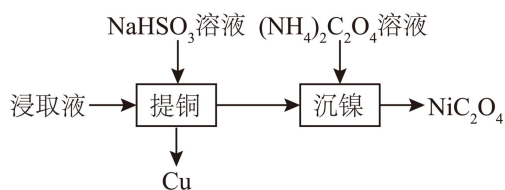
C. 向 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 中通入 CO_2 生成 CaCO_3 沉淀和 HClO ，可说明碳酸酸性强于 HClO ，即 $K_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3) > K_a(\text{HClO})$ ，反应生成了 CaCO_3 沉淀、不能说明 $K_{a2}(\text{H}_2\text{CO}_3) > K_a(\text{HClO})$ ，事实上 $K_{a2}(\text{H}_2\text{CO}_3) < K_a(\text{HClO})$ ，C 错误；

D. $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 沉淀被氧化为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 的现象由氧化反应导致，与 K_{sp} 无关，D 错误；

故答案为 B。

12. 室温下，有色金属冶炼废渣(含 Cu 、 Ni 、 Si 等的氧化物)用硫酸酸浸后，提取铜和镍的过程如下图所示。已知： $K_{a1}(\text{H}_2\text{SO}_3) = 1.2 \times 10^{-2}$ ， $K_{a2}(\text{H}_2\text{SO}_3) = 6.0 \times 10^{-8}$ ，

$K_{a1}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 5.9 \times 10^{-2}$ ， $K_{a2}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 6.4 \times 10^{-5}$ ， $K_b(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 1.8 \times 10^{-5}$ 。



下列说法正确的是

A. 等浓度的 NaHSO_3 溶液和 $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液中，水的电离程度： NaHSO_3 溶液

$< (\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液

B. $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaHSO}_3$ 溶液中： $c(\text{H}^+) > c(\text{H}_2\text{SO}_3)$

C. $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液中： $2c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) + 2c(\text{NH}_4^+) = c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) + c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) + c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$

D. “沉镍”后的上层清液中： $c(\text{Ni}^{2+}) < \frac{K_{sp}(\text{NiC}_2\text{O}_4)}{c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})}$

【答案】A

【详解】A. HSO_3^- 在水中呈较明显的酸性，溶液 pH 较低，对水的电离抑制。 $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ 属于弱酸弱碱盐，促进水的电离，等浓度的 NaHSO_3 溶液和 $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液中，水的电离程度： NaHSO_3 溶液 $<$ $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液，故 A 正确；

B. 0.1 mol L^{-1} NaHSO_3 溶液中 $c(\text{H}^+)$ 与 $c(\text{H}_2\text{SO}_3)$ 的比较：

$$K_{a1}(\text{H}_2\text{SO}_3) = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{HSO}_3^-)}{c(\text{H}_2\text{SO}_3)} = 1.2 \times 10^{-2}, \text{ 此时 } c(\text{HSO}_3^-) = 0.1 \text{ mol/L}, \text{ 则}$$

$$\frac{c(\text{H}^+)}{c(\text{H}_2\text{SO}_3)} = \frac{1.2 \times 10^{-2}}{0.1} = 0.12, \text{ 故 } c(\text{H}^+) < c(\text{H}_2\text{SO}_3), \text{ 故 B 错误；}$$

C. $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液中存在物料守恒，正确守恒为：

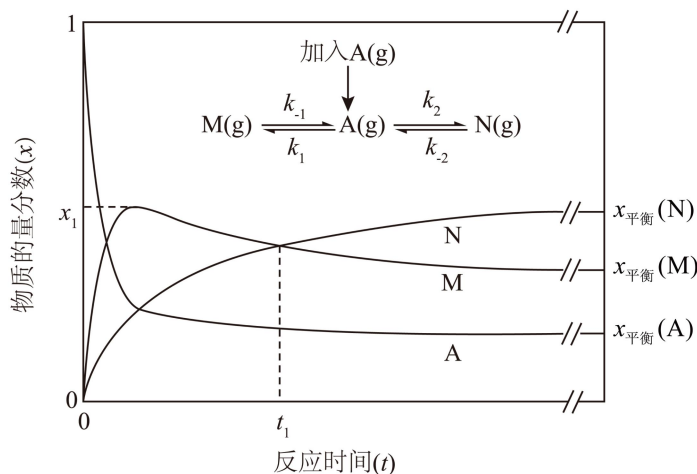
$$c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) + c(\text{NH}_4^+) = 2c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) + 2c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) + 2c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}), \text{ 故 C 错误；}$$

D. 若已生成 NiC_2O_4 沉淀，则 $K_{sp}(\text{NiC}_2\text{O}_4) = c(\text{Ni}^{2+}) \cdot c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$ ，则溶液中

$$c(\text{Ni}^{2+}) = \frac{K_{sp}(\text{NiC}_2\text{O}_4)}{c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})}, \text{ 故 D 错误；}$$

故选 A。

13. 恒温恒压密闭容器中， $t = 0$ 时加入 $\text{A}(\text{g})$ ，各组分的物质的量分数 x 随反应时间 t 变化的曲线如下图所示。已知：反应速率 $v = kx$ ， k 为反应速率常数， x 为反应物的物质的量分数。下列说法正确的是



A. 该条件下， $\frac{x_{\text{平衡}}(\text{M})}{x_{\text{平衡}}(\text{N})} = \frac{k_1 k_{-2}}{k_{-1} k_2}$

B. $0 \sim t_1$ 时间段, 生成 M 和 N 的反应速率 $M > N$

C. 若加入催化剂, k_1 增大, k_2 不变, 则 x_1 和 $x_{\text{平衡}}(\text{M})$ 均变大

D. 若 $\text{A}(\text{g}) \rightarrow \text{M}(\text{g})$ 和 $\text{A}(\text{g}) \rightarrow \text{N}(\text{g})$ 均为吸热反应, 则升高温度, $x_{\text{平衡}}(\text{A})$ 变大

【答案】A

【详解】A. 设反应①为 $\text{A}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{M}(\text{g})$, 平衡时, $k_{-1}x(\text{M}) = k_1x(\text{A})$, 故 $K_1 = \frac{x(\text{M})}{x(\text{A})} = \frac{k_1}{k_{-1}}$,

设反应②为 $\text{A}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}(\text{g})$, 平衡时, $k_{-2}x(\text{N}) = k_2x(\text{A})$, 故 $K_2 = \frac{x(\text{N})}{x(\text{A})} = \frac{k_2}{k_{-2}}$, 故反应

$\text{N}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{M}(\text{g})$ 为反应①-②, 故 $K = \frac{x_{\text{平衡}}(\text{M})}{x_{\text{平衡}}(\text{N})} = \frac{K_1}{K_2} = \frac{k_1}{k_{-1}} \times \frac{k_{-2}}{k_2} = \frac{k_1 k_{-2}}{k_{-1} k_2}$, A 正确;

B. 由图可知, $0 \sim t_1$ 时间段, 生成 M 和 N 的物质的量相同, 由此可知, 成 M 和 N 的平均反应速率相等, B 错误;

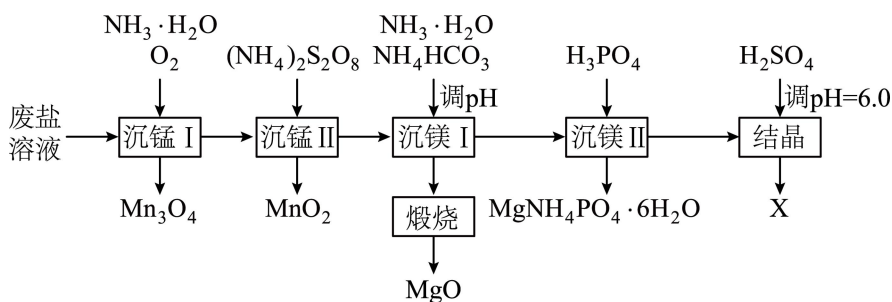
C. 若加入催化剂, k_1 增大, k_2 不变, 更有利于生成 M, 则 x_1 变大, 但催化剂不影响平衡移动, $x_{\text{平衡}}(\text{M})$ 不变, C 错误;

D. 若 $\text{A}(\text{g}) \rightarrow \text{M}(\text{g})$ 和 $\text{A}(\text{g}) \rightarrow \text{N}(\text{g})$ 均为吸热反应, 则升高温度, 两个反应均正向移动, A 的物质的量分数变小, 则 $x_{\text{平衡}}(\text{A})$ 变小, D 错误;

故选 A。

二、解答题

14. 资源化利用电解锰工业废盐(含 Mn^{2+} 、 Mg^{2+} 、 NH_4^+ 的硫酸盐)的流程如下:



已知: 常温下, $K_{\text{sp}}[\text{Mg}(\text{OH})_2] = 5.6 \times 10^{-12}$, $K_{\text{sp}}[\text{Mn}(\text{OH})_2] = 2.0 \times 10^{-13}$,

$$K_{sp}(\text{MgCO}_3) = 6.8 \times 10^{-6}$$

(1)“沉锰I”时，加入氨水并不断鼓入 O_2 ，获得的 Mn_3O_4 可用于生产软磁铁氧体。①写出“沉锰I”中由 Mn^{2+} 转化为 Mn_3O_4 的离子方程式：_____。

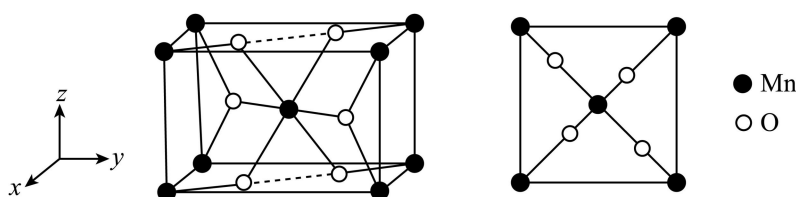
②废盐溶液中， $c(\text{Mg}^{2+}) = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。若仅加入氨水，当 Mg^{2+} 将要开始沉淀时，溶液中剩余 Mn^{2+} 浓度为_____ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(2)“沉锰II”获得的 MnO_2 常作催化剂。“沉锰II”完成后加热，过量的 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 水解生成 NH_4HSO_4 和 H_2O_2 ， H_2O_2 进一步分解释放出 O_2 ，从而去除 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 。

①写出 $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 的结构式：_____。

②结合流程分析，氧化性： $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ _____ (填“>”或“<”) O_2 。

(3) Mn 的某种氧化物 MnO_x 的晶胞及其在 xy 平面的投影如图所示，该氧化物的化学式为_____。当该晶体脱出部分 O 原子产生氧空位时，晶体会具有半导体性质。下列氧化物晶体难以通过该方式获得半导体性质的是_____ (填序号)。



A. CaO B. V_2O_5 C. Fe_2O_3 D. CuO

(4)“沉镁I”时，调节 pH 为 $8.0 \sim 10.2$ ，生成 $x\text{MgCO}_3 \cdot y\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot z\text{H}_2\text{O}$ ，煅烧得到疏松的轻质 MgO 。 pH 过大时，不能得到轻质 MgO 的原因是_____。

(5)“沉镁II”获得的 $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 和“结晶”获得的 X 均可用作化肥。根据农业领域的实际需要选用其中一种化肥，并给出相应的选用理由：_____。

【答案】(1) $6\text{Mn}^{2+} + \text{O}_2 + 12\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = 2\text{Mn}_3\text{O}_4 \downarrow + 12\text{NH}_4^+ + 6\text{H}_2\text{O}$ 7.1×10^{-3}

(2) $\left[\begin{array}{c} \text{O} & & \text{O} \\ || & & || \\ \text{O}-\text{S}-\text{O}-\text{O}-\text{S}-\text{O} \\ || & & || \\ \text{O} & & \text{O} \end{array} \right]^{2-}$ >

(3) MnO_2 A

(4) pH 过大，主要生成 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ，分解产生的 CO_2 过少

(5)选择 $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ，理由：同时补充氮磷元素、长效缓释（选择 X $\left[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4\right]$ ，理由：碱性土壤、短期补氮）

【分析】废盐(含 Mn^{2+} 、 Mg^{2+} 、 NH_4^+ 的硫酸盐)溶液中加入氨水，通入氧气沉锰 I，发生 $6\text{Mn}^{2+} + \text{O}_2 + 12\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = 2\text{Mn}_3\text{O}_4 \downarrow + 12\text{NH}_4^+ + 6\text{H}_2\text{O}$ 反应得到 Mn_3O_4 ，溶液再加入 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ ，进行沉锰 II，得到 MnO_2 ，产生有气体 O_2 ，溶液再加入 NH_4HCO_3 和 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 调节 pH 沉镁 I，得到 MgCO_3 ，煅烧得到 MgO ，溶液再加入 H_3PO_4 沉镁 II，得到 $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 沉淀，溶液加入 H_2SO_4 调节 pH=6.0 结晶得到 X 硫酸铵，据此回答。

【详解】(1) ①由分析知，“沉锰 I”时， Mn^{2+} 与氨水和 O_2 发生

$6\text{Mn}^{2+} + \text{O}_2 + 12\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = 2\text{Mn}_3\text{O}_4 \downarrow + 12\text{NH}_4^+ + 6\text{H}_2\text{O}$ 反应，将 Mn^{2+} 转化为 Mn_3O_4 ；

② Mg^{2+} 开始沉淀时，由 $K_{\text{sp}}[\text{Mg}(\text{OH})_2] = c(\text{Mg}^{2+}) \cdot c^2(\text{OH}^-)$ 得：

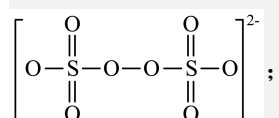
$$c(\text{OH}^-) = \sqrt{\frac{K_{\text{sp}}[\text{Mg}(\text{OH})_2]}{c(\text{Mg}^{2+})}} = \sqrt{\frac{5.6 \times 10^{-12}}{0.2}} = \sqrt{2.8 \times 10^{-11}} \approx 5.3 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

此时 Mn^{2+} 浓度由

$$K_{\text{sp}}[\text{Mn}(\text{OH})_2] = c(\text{Mn}^{2+}) \cdot c^2(\text{OH}^-) \text{ 得： } c(\text{Mn}^{2+}) = \frac{2.0 \times 10^{-13}}{(5.3 \times 10^{-6})^2} \approx 7.1 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

(2)

①由过量的 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 水解生成 NH_4HSO_4 和 H_2O_2 可知， $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 中含有过氧键，结构式为：



② $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 可氧化 Mn^{2+} 生成 MnO_2 ，且 $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 水解生成的 H_2O_2 分解放出 O_2 （ $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 是 H_2O_2 的氧化剂），故氧化性： $\text{S}_2\text{O}_8^{2-} > \text{O}_2$ ；

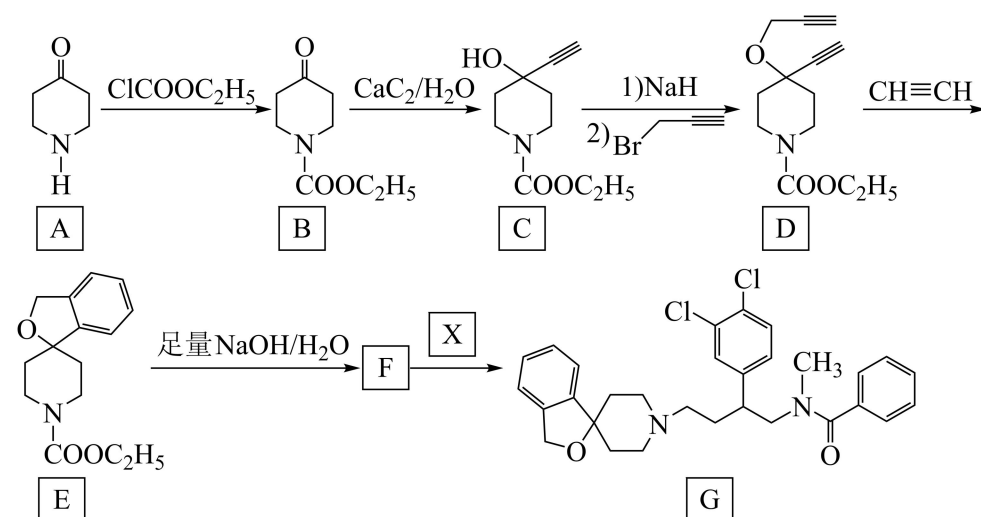
(3)由氧化物 MnO_x 的晶胞图可知，Mn 原子的个数为 $\frac{1}{8} \times 8 + 1 = 2$ ，O 原子的个数为 $\frac{1}{2} \times 4 + 2 = 4$ ，Mn 原子与 O 原子的原子个数比为 1 : 2，故该氧化物的化学式为 MnO_2 ；当 MnO_x 由 O 原子脱出时，出现 O 空位，即失去 O，被还原，Mn 的化合价降低，O 空位的产生使晶体具有半导体性质，下列氧化物晶体难以通过该方式获得半导体性质的是 CaO，因为 Ca 只有 +2 价，没有其他正价，故选 A；

(4) $x\text{MgCO}_3 \cdot y\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot z\text{H}_2\text{O}$ 煅烧有 CO_2 生成，可以得到疏松的轻质 MgO，若 pH 过大，

主要生成 $Mg(OH)_2$ ，分解产生的 CO_2 过少，不能得到疏松的轻质 MgO ；

(5) 若选择 $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ ， $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ 中含有 Mg、N、P 等，同时补充氮磷元素、长效缓释；若选择 X，X 为 $(NH_4)_2SO_4$ ， $(NH_4)_2SO_4$ 为强酸弱碱盐，水解显酸性，可以作用于碱性土壤、短期补氮。

15. G 是一种治疗哮喘的药物，其合成路线如下：



(1) 和 A 中的 N 原子相比，B 中 N 原子的碱性相对 _____ (填“较强”或“较弱”)。

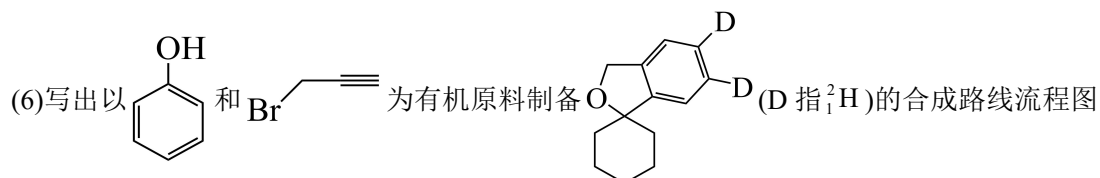
(2) 步骤 $B \rightarrow C$ 中，首先 CaC_2 与 H_2O 发生反应生成乙炔，写出该反应的化学方程式：_____。

乙炔再与 B 发生 _____ (填有机反应类型) 反应转化为 C。

(3) 步骤 $D \rightarrow E$ 中，会生成分子式为 $C_{17}H_{21}O_3N$ 且含有苯环的副产物，其结构简式为_____。

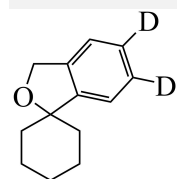
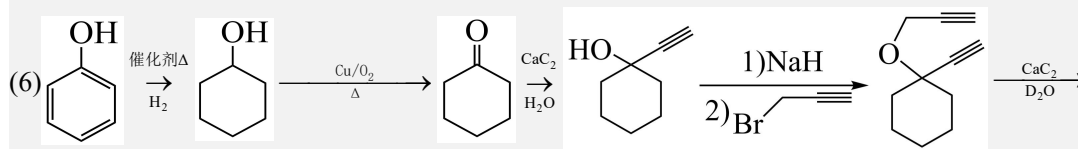
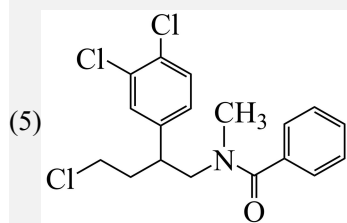
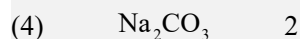
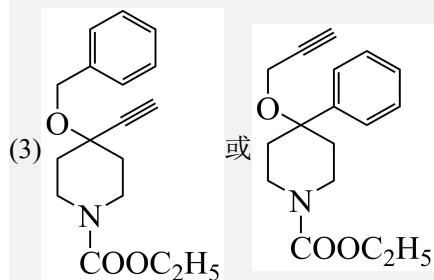
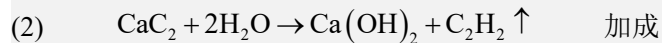
(4) 步骤 $E \rightarrow F$ 中，除生成 F 外，还生成 C_2H_5OH 和 _____ (填化学式)。1 mol E 最多能够消耗 _____ mol NaOH。

(5) 步骤 $F \rightarrow G$ 中，生成 G 和 HCl。写出 X 的结构简式：_____。



_____ (提供的水有 H_2O 和 D_2O 两种，其他无机试剂和有机溶剂任用，合成路线流程图示例见本题题干)。

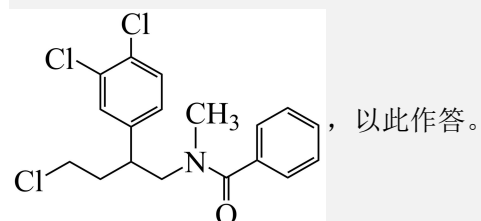
【答案】(1) 较弱



【分析】

A 和 $\text{ClCOOC}_2\text{H}_5$ 发生取代反应生成 B, B 和 CaC_2 、 H_2O 反应生成 C, C 和 NaH 、 $\text{Br}-\text{C}\equiv\text{CH}$ 反应生成 D, D 和乙炔发生加成反应生成 E, E 中含有酰胺基, 在 NaOH 溶液中发生水解生

成 F 为  , F 和 X 发生取代反应生成 G, 同时还生成了 HCl , 则 X 的结构简式是



【详解】(1) 化合物 B 中有一个酰胺基, N 原子的孤电子对与酰基共轭, 电子云被强烈拉向羰基, 碱性减弱, 而 A 中的 N 原子的孤电子对没有周围基团(羰基)的影响, 故其碱性

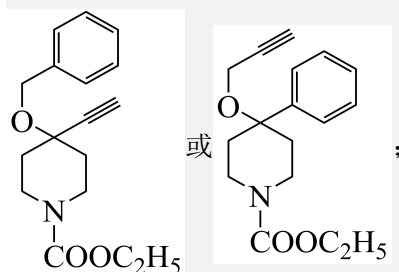
更强，故答案为：较弱；

(2) 实验室用电石 (CaC_2) 来制取乙炔气体，其反应方程式为：

$\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{C}_2\text{H}_2 \uparrow$ ；B 和乙炔反应制得 C，B 的不饱和度为 3，乙炔的不饱和度为 2，反应物的总不饱和度为 5，而生成物 C 的不饱和度为 4，故反应前后不饱和度下降，故反应类型为加成反应；故答案为： $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{C}_2\text{H}_2 \uparrow$ ；加成；

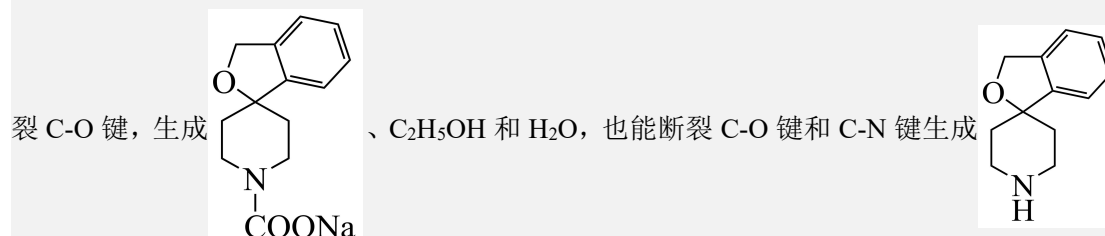
(3)

反应 $\text{D} \rightarrow \text{E}$ ，D 的分子式为 $\text{C}_{13}\text{H}_{17}\text{O}_3\text{N}$ ，乙炔的分子式为 C_2H_2 ，E 的分子式为 $\text{C}_{15}\text{H}_{19}\text{O}_3\text{N}$ ，则 $\text{D} \rightarrow \text{E}$ 是加成反应，而题干信息显示还有副反应的发生，副产物的分子式为 $\text{C}_{17}\text{H}_{21}\text{O}_3\text{N}$ ，则推断是加成了两个 C_2H_2 分子上去，类似于 $\text{D} \rightarrow \text{E}$ 的加成反应机理，故答案为：

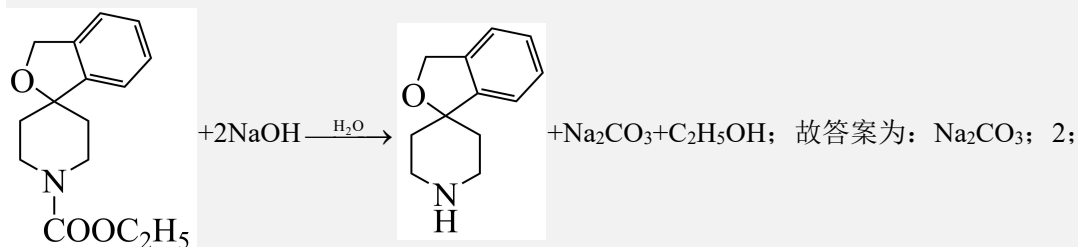


(4)

$\text{E} \rightarrow \text{F}$ 发生碱性条件下的水解反应，而 E 中酯基和酰胺基共用 1 个羰基，因此水解时既能断裂 C-O 键，生成

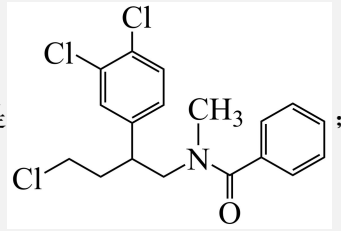


(F)、 Na_2CO_3 和 H_2O ，化学方程式为：

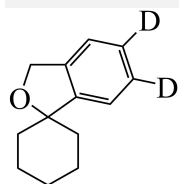
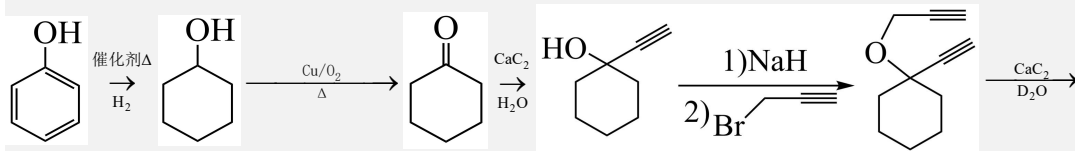
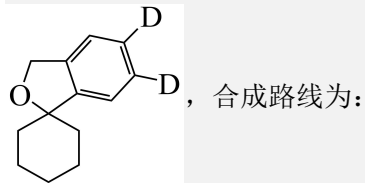
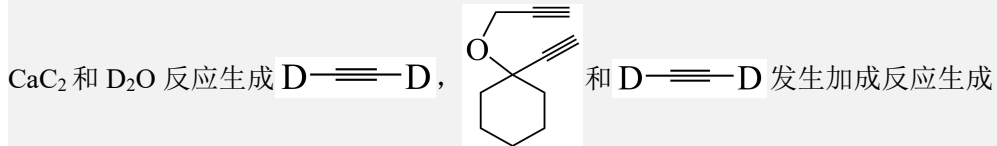
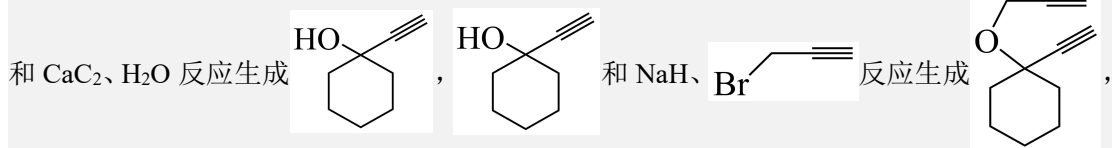
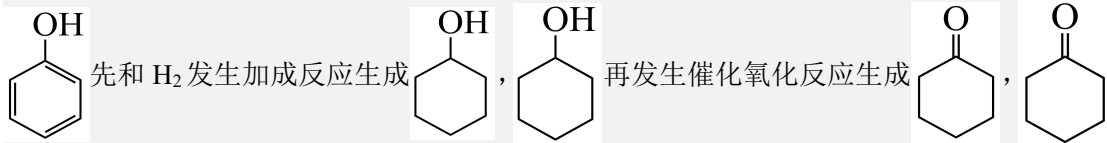


(5)

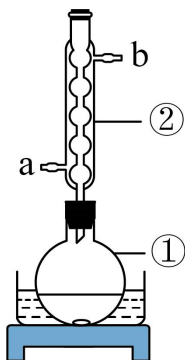
由分析可知，X 的结构简式是



(6)



16. 实验室测定药用硫黄中单质硫含量的实验步骤如下：



I. 准确称取 m g 细粉状药用硫黄于如图所示装置①中，并准确加入 V_1 mL 过量 KOH 的乙醇溶液，加入适量蒸馏水，搅拌，水浴加热回流。待样品完全溶解后，除去乙醇。

II. 室温下向①中加入适量蒸馏水，搅拌下缓慢滴加足量 30% H_2O_2 溶液，加热至 $100^\circ C$ ，保持 20min，冷却至室温。

III. 将①中溶液全部转移至锥形瓶中，加入 2 滴甲基橙指示剂，用 c mol·L⁻¹ HCl 标准溶液滴定至终点，消耗 HCl 溶液体积为 V_2 mL。

IV. _____，消耗 HCl 标准溶液体积为 V_3 mL。

V. 平行测定三次，计算硫含量的平均值。

(1) 仪器①的名称是_____。仪器②中冷水的流向为_____ (填“a 进 b 出或 b 进 a 出”)。

(2) 步骤 I 中，待样品完全溶解后，为除去乙醇，在不改变如图所示装置的前提下，对实验操作进行的简单改动是_____。

(3) 经步骤 I 和 II，单质硫完全转化为 SO_4^{2-} 。写出单质硫转化总反应的离子方程式：_____。

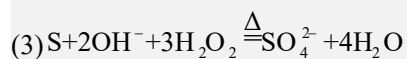
(4) 步骤 III 中，为确保①中溶液完全转移至锥形瓶，应进行的实验操作是_____。

(5) 请补充完整实验步骤 IV：_____，消耗 HCl 标准溶液体积为 V_3 mL。

(6) 依第一次测定数据，药用硫黄中单质硫的质量分数可表示为_____ (用代数式表示)。

【答案】 (1) 圆底烧瓶 a 进 b 出

(2) 提高水浴温度、减缓冷凝水的流速或停止通入冷凝水



(4) 用少量蒸馏水洗涤装置① 2~3 次，并将洗涤液也转移入锥形瓶

(5) 不加入硫黄，重复步骤 I、II、III

$$(6) \frac{1.6c(V_3 - V_2)}{m} \%$$

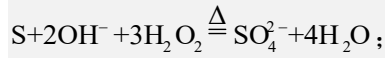
【分析】 该实验采用酸碱滴定法结合氧化还原预处理测定单质硫含量，核心是通过 KOH 与单质硫和 H_2O_2 反应，再用 HCl 滴定过量 KOH，结合空白实验消除系统误差，最终计算单质硫的质量分数，据此分析。

【详解】 (1) 根据仪器构造可知①是圆底烧瓶；仪器②是冷凝管，冷水的流向为 a 进 b 出（冷凝管冷水需下进上出，保证冷凝效果）；

(2) 乙醇易挥发，可提高水浴温度、减缓冷凝水的流速或停止通入冷凝水，利用乙醇沸点

低的特点除去乙醇；

(3) 单质硫在 KOH、 H_2O_2 完全转化为 SO_4^{2-} ，总反应的离子方程式：



(4) 为确保①中溶液完全转移至锥形瓶，应用少量蒸馏水洗涤装置①2~3次，并将洗涤液也转移入锥形瓶；

(5) 步骤IV是空白实验（消除 KOH 的影响），应补充：

准确移取 V_1 mL 与步骤I中相同浓度的 KOH 乙醇溶液，不加入硫黄，重复步骤I、II、III的操作；

(6) 空白实验消耗 HCl 体积 V_3 mL，样品实验消耗 V_2 mL，与 S 反应的 KOH 的物质的量为 $c(V_3 - V_2) \times 10^{-3}$ mol，由反应关系式， $n(S):n(KOH)=1:2$ ，故 $n(S) = \frac{c(V_3 - V_2) \times 10^{-3}}{2}$ mol，质量为： $\frac{32c(V_3 - V_2) \times 10^{-3}}{2}$ g，质量分数为： $\frac{0.016c(V_3 - V_2)g}{mg} \times 100\% = \frac{1.6c(V_3 - V_2)}{m}\%$ 。

17. 工业上在恒压下用水煤气变换反应 $CO(g) + H_2O(g) = CO_2(g) + H_2(g)$ 制取氢气。

(1) 恒定总压 1.70 MPa 下，按水碳比 $[n(H_2O)/n(CO)] = 12:5$ 投料，在不同条件下达平衡时

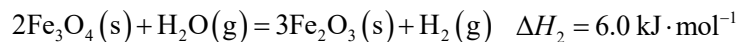
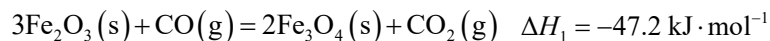
CO_2 和 H_2 的分压(某成分分压=总压×该成分的物质的量分数)如下表：

	$p(CO_2)/MPa$	$p(H_2)/MPa$	$p(CH_4)/MPa$
条件 1	0.40	0.40	0
条件 2	0.42	0.36	0.02

①在条件 1 时，水煤气变换反应的化学平衡常数 $K =$ _____ (填数值)。

②对比条件 1，条件 2 时 H_2 产率下降是因为发生了一个不涉及 CO_2 的副反应，该反应的化学方程式为 _____。

(2) Fe_2O_3 是水煤气变换反应的常用催化剂，其催化反应机理为：

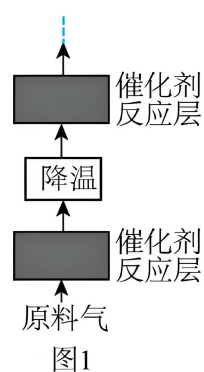


①水煤气变换反应 $CO(g) + H_2O(g) = CO_2(g) + H_2(g)$ 的 $\Delta H =$ _____ $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

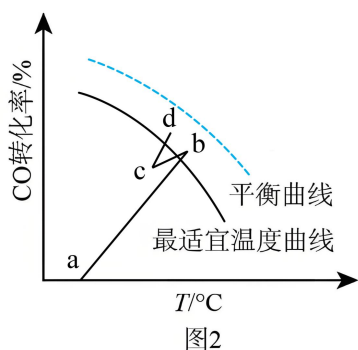
②通入过量的水蒸气可防止 Fe_3O_4 被进一步还原为 Fe ，其原因有_____。

③在催化剂活性温度范围内，水煤气变换反应的历程包含反应物分子在催化剂表面的吸附、反应及产物分子的脱附等过程。随着温度升高，该反应的反应速率先增大后减小，其速率减小的原因有_____。

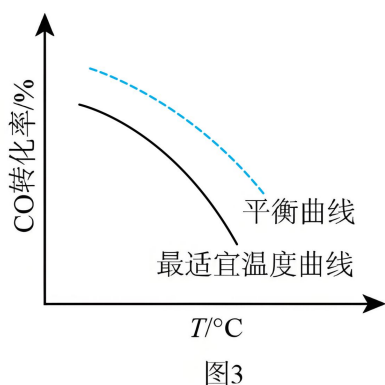
(3)工业上进行水煤气变换反应时，需在多个催化剂层间进行降温操作以去除反应过程中的余热(如图 1 所示)，保证反应在最适宜温度附近进行。



①如图 2 中折线“a → b → c → d”反映了某一阶段 CO 转化率随温度变化的实际过程，其中“b → c”段对应降温操作。写出一种该降温过程可能采用的操作：_____。

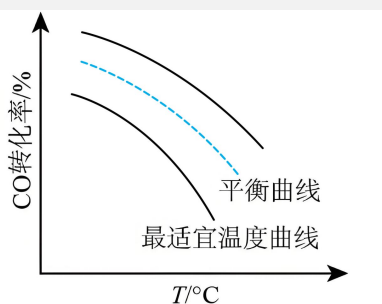


②若采用喷入冷水蒸气的操作进行降温，在图 3 中作出 CO 平衡转化率随温度变化的曲线_____ (请在答题卡的图上作图)。



【答案】(1) 2 $\text{CO}+3\text{H}_2=\text{CH}_4+\text{H}_2\text{O}$

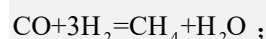
- (2) -41.2 水蒸气可促进 Fe_3O_4 被氧化为 Fe_2O_3 (或水蒸气能与 Fe 反应生成 Fe_3O_4)；还可降低体系中还原性物质 CO 和 H_2 的浓度 温度过高，不利于反应物在催化剂表面的吸附；催化剂的活性降低
- (3) 按原水碳比通入冷的原料气，或通过热交换器散热



【详解】(1)	开始分压 (Mpa)	$\frac{5}{17} \times 1.7$	$\frac{12}{17} \times 1.7$	0	0
	转化分压 (Mpa)	0.4	0.4	0.4	0.4
	平衡分压 (Mpa)	0.1	0.8	0.4	0.4

水煤气变换反应的化学平衡常数 $K = \frac{p(\text{CO}_2)p(\text{H}_2)}{p(\text{CO})p(\text{H}_2\text{O})} = \frac{0.4 \times 0.4}{0.1 \times 0.8} = 2$ ；条件 2 中有生成 CH_4 ，

且 H_2 分压降低、 CO_2 分压略升，说明与发生副反应生成 CH_4 ，根据元素守恒可得：



(2) 根据盖斯定律，将两个分步反应相加得 $\text{CO}(\text{g})+\text{H}_2\text{O}(\text{g})=\text{CO}_2(\text{g})+\text{H}_2(\text{g})$ ，故

$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 = (-47.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) + (6.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = -41.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} ;$$

水蒸气可促进 Fe_3O_4 被氧化为 Fe_2O_3 (或水蒸气能与 Fe 反应生成 Fe_3O_4)；过量水蒸气可降低体系中 H_2 分压，抑制 Fe_3O_4 进一步被还原为 Fe (即减弱还原性)。随着温度升高，水煤气变换反应速率先增大后减小，原因包括：温度过高会减弱反应物在催化剂表面的吸附，甚至导致催化剂活性下降等；

(3)

①按原水碳比通入冷的原料气，可以降低温度，同时化学反应速率稍减小，导致 CO 的转化率稍减小与图中变化相符；通过热交换器换热，可以降低温度，且不改变投料比，同时化学反应速率稍减小，导致 CO 的转化率和减小，与图中变化相符故答案为：按原水碳比通入冷

的原料气，或通过热交换器散热；②若在降温过程中喷入冷水蒸气，则体系中水蒸气分压增大，平衡将进一步向生成 CO_2 和 H_2 方向移动。在作图时，应将 CO 平衡转化率-温度曲线整体“上移”，表示在同样温度下 CO 的平衡转化率提高，（如图所示）

