

# 江苏省 2021 年普通高中学业水平选择性考试

## 化学

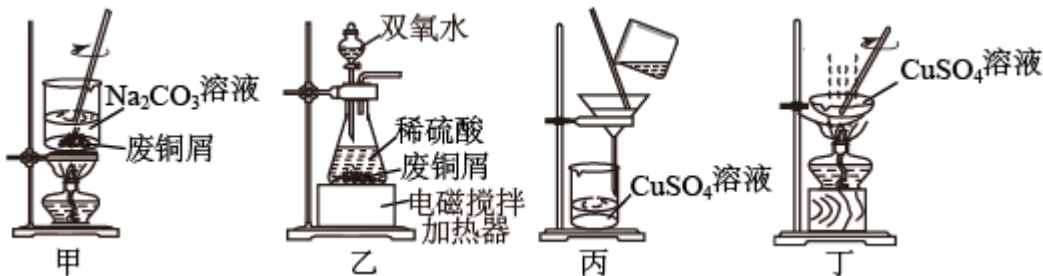
注意事项:

1. 本试卷满分为 100 分, 考试时间为 75 分钟。考试结束后, 请将本试卷和答题卡一并交回。
2. 答题前, 请务必将自己的姓名、准考证号用 0.5 毫米黑色墨水的签字笔填写在试卷及答题卡的规定位置。
3. 请认真核对监考员在答题卡上所粘贴的条形码上的姓名、准考证号与本人是否相符。
4. 作答选择题, 必须用 2B 铅笔将答题卡上对应选项的方框涂满、涂黑; 如需改动, 请用橡皮擦干净后, 再选涂其他答案。作答非选择题, 必须用 0.5 毫米黑色墨水的签字笔在答题卡上的指定位置作答, 在其他位置作答一律无效。
5. 如需作图, 必须用 2B 铅笔绘写清楚, 线条符号等须加黑加粗。

可能用到的相对原子质量: H-1 C-12 N-14 O-16 S-32 Cl-35.5 Mn-55 Fe-56  
Zn-65

一、单项选择题: 共 14 题, 每题 3 分, 共 42 分。每题只有一个选项最符合题意。

1. 黑火药是中国古代四大发明之一, 其爆炸反应为  $2\text{KNO}_3 + \text{S} + 3\text{C} = \text{K}_2\text{S} + \text{N}_2\uparrow + 3\text{CO}_2\uparrow$ 。下列说法正确的是  
A. 黑火药中含有两种单质  
B. 爆炸时吸收热量  
C. 反应中 S 作还原剂  
D. 反应为置换反应
2. 反应  $\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{NaClO} + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$  可用于制备含氯消毒剂。下列说法正确的是  
A.  $\text{Cl}_2$  是极性分子  
B. NaOH 的电子式为  $\text{Na}:\ddot{\text{O}}:\text{H}$   
C. NaClO 既含离子键又含共价键  
D. Cl<sup>-</sup> 与 Na<sup>+</sup> 具有相同的电子层结构
3. 下列由废铜屑制取  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  的实验原理与装置不能达到实验目的的是



- A. 用装置甲除去废铜屑表面的油污
- B. 用装置乙在加热的条件下溶解废铜屑
- C. 用装置丙过滤得到  $\text{CuSO}_4$  溶液
- D. 用装置丁蒸干溶液获得  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

4. 下列有关物质的性质与用途不具有对应关系的是

- A. 铁粉能与  $O_2$  反应，可用作食品保存的吸氧剂
- B. 纳米  $Fe_3O_4$  能与酸反应，可用作铁磁性材料
- C.  $FeCl_3$  具有氧化性，可用于腐蚀印刷电路板上的  $Cu$
- D. 聚合硫酸铁能水解并形成胶体，可用于净水

5. 前 4 周期主族元素 X、Y、Z、W 的原子序数依次增大，X 是空气中含量最多的元素，Y 的周期序数与族序数相等，基态时 Z 原子 3p 原子轨道上有 5 个电子，W 与 Z 处于同个主族。下列说法正确的是

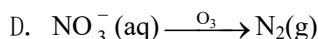
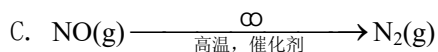
- A. 原子半径： $r(X) < r(Y) < r(Z) < r(W)$
- B. X 的第一电离能比同周期相邻元素的大
- C. Y 的最高价氧化物对应水化物的酸性比 Z 的强
- D. Z 的简单气态氢化物的热稳定性比 W 的弱

6.  $N_2$  是合成氨工业的重要原料， $NH_3$  不仅可制造化肥，还能通过催化氧化生产  $HNO_3$ ； $HNO_3$  能溶解  $Cu$ 、 $Ag$  等金属，也能与许多有机化合物发生反应；在高温或放电条件下， $N_2$  与  $O_2$  反应生成  $NO$ ， $NO$  进一步氧化生成  $NO_2$ 。 $2NO(g) + O_2(g) = 2NO_2(g)$   $\Delta H = -116.4 kJ \cdot mol^{-1}$ 。大气中过量的  $NO_x$  和水中过量的  $NH_4^+$ 、 $NO_3^-$  均是污染物。通过催化还原的方法，可将烟气和机动车尾气中的  $NO$  转化为  $N_2$ ，也可将水体中的  $NO_3^-$  转化为  $N_2$ 。下列有关  $NH_3$ 、 $NH_4^+$ 、 $NO_3^-$  的说法正确的是

- A.  $NH_3$  能形成分子间氢键
- B.  $NO_3^-$  的空间构型为三角锥形
- C.  $NH_3$  与  $NH_4^+$  中的键角相等
- D.  $NH_3$  与  $Ag^+$  形成的  $[Ag(NH_3)_2]^+$  中有 6 个配位键

7.  $N_2$  是合成氨工业的重要原料， $NH_3$  不仅可制造化肥，还能通过催化氧化生产  $HNO_3$ ； $HNO_3$  能溶解  $Cu$ 、 $Ag$  等金属，也能与许多有机化合物发生反应；在高温或放电条件下， $N_2$  与  $O_2$  反应生成  $NO$ ， $NO$  进一步氧化生成  $NO_2$ 。 $2NO(g) + O_2(g) = 2NO_2(g)$   $\Delta H = -116.4 kJ \cdot mol^{-1}$ 。大气中过量的  $NO_x$  和水中过量的  $NH_4^+$ 、 $NO_3^-$  均是污染物。通过催化还原的方法，可将烟气和机动车尾气中的  $NO$  转化为  $N_2$ ，也可将水体中的  $NO_3^-$  转化为  $N_2$ 。在指定条件下，下列选项所示的物质间转化能实现的是

- A.  $NO(g) \xrightarrow{H_2O} HNO_3(aq)$
- B. 稀  $HNO_3(aq) \xrightarrow{Cu} NO_2(g)$



8.  $\text{N}_2$  是合成氨工业的重要原料,  $\text{NH}_3$  不仅可制造化肥, 还能通过催化氧化生产  $\text{HNO}_3$ ;  $\text{HNO}_3$  能溶解  $\text{Cu}$ 、 $\text{Ag}$  等金属, 也能与许多有机化合物发生反应; 在高温或放电条件下,  $\text{N}_2$  与  $\text{O}_2$  反应生成  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}$  进一步氧化生成  $\text{NO}_2$ 。  $2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{NO}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -116.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。大气中过量的  $\text{NO}_x$  和水中过量的  $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{NO}_3^-$  均是污染物。通过催化还原的方法, 可将烟气和机动车尾气中的  $\text{NO}$  转化为  $\text{N}_2$ , 也可将水体中的  $\text{NO}_3^-$  转化为  $\text{N}_2$ 。对于反应  $2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$ , 下列说法正确的是

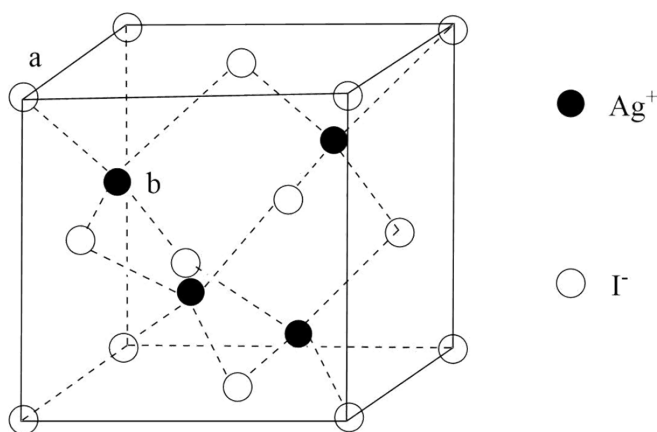
A. 该反应的  $\Delta H < 0$ ,  $\Delta S < 0$

B. 反应的平衡常数可表示为  $K = \frac{c^2(\text{NO}) \cdot c(\text{O}_2)}{c^2(\text{NO}_2)}$

C. 使用高效催化剂能降低反应的焓变

D. 其他条件相同, 增大  $\frac{n(\text{O}_2)}{n(\text{NO})}$ ,  $\text{NO}$  的转化率下降

9. 通过下列实验可从  $\text{I}_2$  的  $\text{CCl}_4$  溶液中回收  $\text{I}_2$ 。



下列说法正确的是

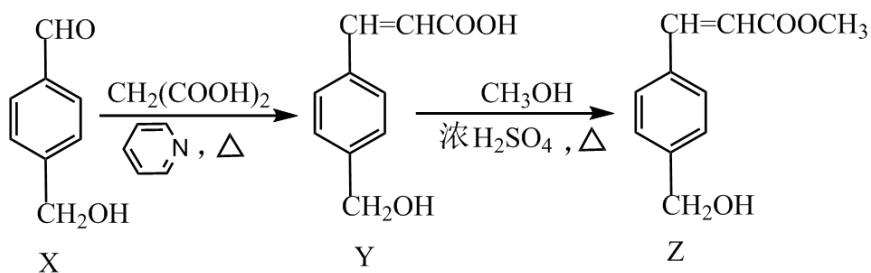
A.  $\text{NaOH}$  溶液与  $\text{I}_2$  反应的离子方程式:  $\text{I}_2 + 2\text{OH}^- = \text{I}^- + \text{IO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$

B. 通过过滤可将水溶液与  $\text{CCl}_4$  分离

C. 向加酸后的上层清液中滴加  $\text{AgNO}_3$  溶液生成  $\text{AgI}$  沉淀, 1 个  $\text{AgI}$  晶胞(如图)中含 14 个  $\text{I}^-$

D. 回收的粗碘可通过升华进行纯化

10. 化合物 Z 是合成抗多发性骨髓瘤药物帕比司他的重要中间体，可由下列反应制得。



下列有关 X、Y、Z 的说法正确的是

- A. 1molX 中含有 2mol 碳氧  $\pi$  键
- B. Y 与足量 HBr 反应生成的有机化合物中不含手性碳原子
- C. Z 在水中的溶解度比 Y 在水中的溶解度大
- D. X、Y、Z 分别与足量酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液反应所得芳香族化合物相同

11. 室温下，通过下列实验探究  $\text{NaHCO}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液的性质。

实验 1：用 pH 试纸测量  $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NaHCO}_3$  溶液的 pH，测得 pH 约为 8

实验 2：将  $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NaHCO}_3$  溶液与  $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{CaCl}_2$  溶液等体积混合，产生白色沉淀

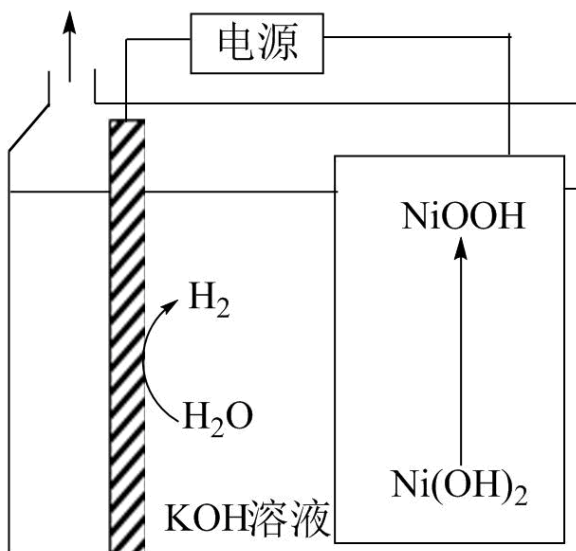
实验 3：向  $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液中通入  $\text{CO}_2$ ，溶液 pH 从 12 下降到约为 9

实验 4：向  $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液中滴加新制饱和氯水，氯水颜色褪去

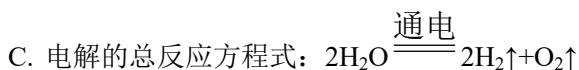
下列说法正确的是

- A. 由实验 1 可得出： $K_{a2}(\text{H}_2\text{CO}_3) > \frac{K_w}{K_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3)}$
- B. 实验 2 中两溶液混合时有： $c(\text{Ca}^{2+}) \cdot c(\text{CO}_3^{2-}) < K_{sp}(\text{CaCO}_3)$
- C. 实验 3 中发生反应的离子方程式为  $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = 2\text{HCO}_3^-$
- D. 实验 4 中  $c_{\text{反应前}}(\text{CO}_3^{2-}) < c_{\text{反应后}}(\text{CO}_3^{2-})$

12. 通过下列方法可分别获得  $\text{H}_2$  和  $\text{O}_2$ ：①通过电解获得  $\text{NiOOH}$  和  $\text{H}_2$ (如图)；②在  $90^\circ\text{C}$  将  $\text{NiOOH}$  与  $\text{H}_2\text{O}$  反应生成  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  并获得  $\text{O}_2$ 。下列说法正确的是



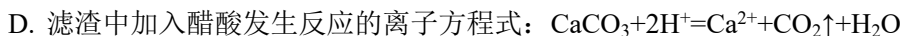
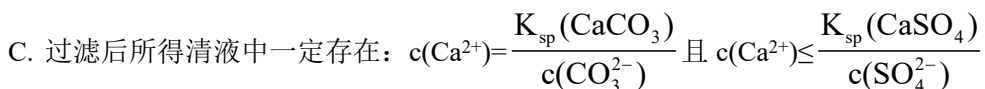
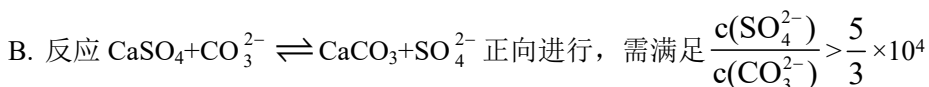
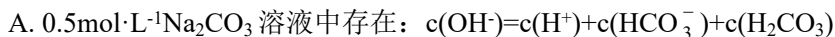
- A. 电解后 KOH 溶液的物质的量浓度减小  
 B. 电解时阳极电极反应式： $\text{Ni}(\text{OH})_2 + \text{OH}^- - \text{e}^- = \text{NiOOH} + \text{H}_2\text{O}$



D. 电解过程中转移 4mol 电子，理论上可获得 22.4L  $\text{O}_2$

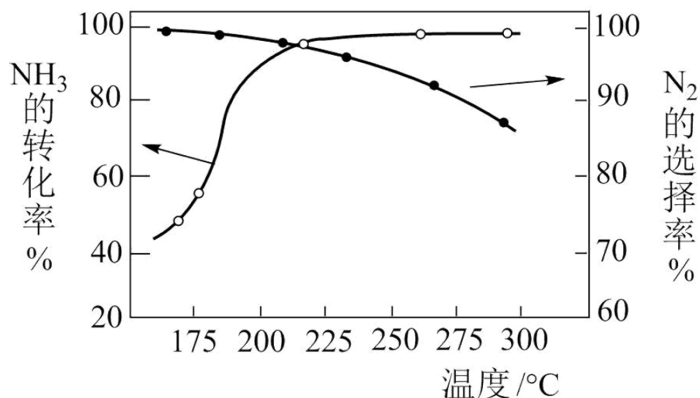
13. 室温下，用  $0.5\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液浸泡  $\text{CaSO}_4$  粉末，一段时间后过滤，向滤渣中加稀醋酸，产生气泡。

已知  $K_{\text{sp}}(\text{CaSO}_4) = 5 \times 10^{-5}$ ， $K_{\text{sp}}(\text{CaCO}_3) = 3 \times 10^{-9}$ 。下列说法正确的是



14.  $\text{NH}_3$  与  $\text{O}_2$  作用分别生成  $\text{N}_2$ 、 $\text{NO}$ 、 $\text{N}_2\text{O}$  的反应均为放热反应。工业尾气中的  $\text{NH}_3$  可通过催化氧化为  $\text{N}_2$  除去。将一定比例的  $\text{NH}_3$ 、 $\text{O}_2$  和  $\text{N}_2$  的混合气体以一定流速通过装有催化剂的反应管， $\text{NH}_3$  的转化率、生成

$\text{N}_2$  的选择性  $[\frac{2n_{\text{生成}}(\text{N}_2)}{n_{\text{总转化}}(\text{NH}_3)} \times 100\%]$  与温度的关系如图所示。

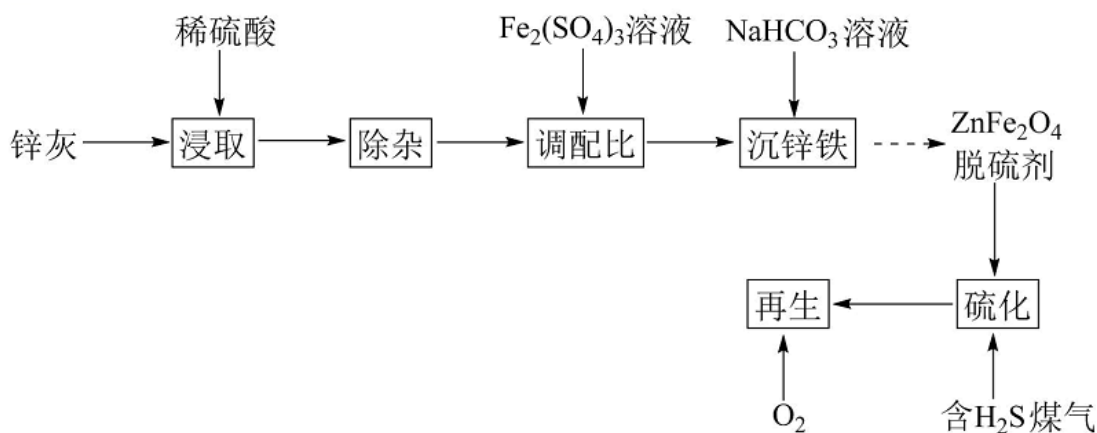


下列说法正确的是

- A. 其他条件不变，升高温度，NH<sub>3</sub>的平衡转化率增大
- B. 其他条件不变，在 175~300 °C范围，随温度的升高，出口处 N<sub>2</sub> 和氮氧化物的量均不断增大
- C. 催化氧化除去尾气中的NH<sub>3</sub> 应选择反应温度高于 250 °C
- D. 高效除去尾气中的 NH<sub>3</sub>，需研发低温下 NH<sub>3</sub> 转化率高和 N<sub>2</sub> 选择性高的催化剂

## 二、非选择题：共 4 题，共 58 分。

15. 以锌灰(含 ZnO 及少量 PbO、CuO、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>)和 Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> 为原料制备的 ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 脱硫剂，可用于脱除煤气中的 H<sub>2</sub>S。脱硫剂的制备、硫化、再生过程可表示为



(1) “除杂”包括加足量锌粉、过滤加 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 氧化等步骤。除 Pb<sup>2+</sup> 和 Cu<sup>2+</sup> 外，与锌粉反应的离子还有\_\_\_(填化学式)。

(2) “调配比”前，需测定 ZnSO<sub>4</sub> 溶液的浓度。准确量取 2.50mL 除去 Fe<sup>3+</sup> 的 ZnSO<sub>4</sub> 溶液于 100mL 容量瓶中，加水稀释至刻度；准确量取 20.00mL 稀释后的溶液于锥形瓶中，滴加氨水调节溶液 pH=10，用 0.0150mol·L<sup>-1</sup> EDTA(Na<sub>2</sub>H<sub>2</sub>Y) 溶液滴定至终点(滴定反应为 Zn<sup>2+</sup>+Y<sup>4-</sup>=ZnY<sup>2-</sup>)，平行滴定 3 次，平均消耗 EDTA 溶液 25.00mL。计算 ZnSO<sub>4</sub> 溶液的物质的量浓度\_\_\_(写出计算过程)。

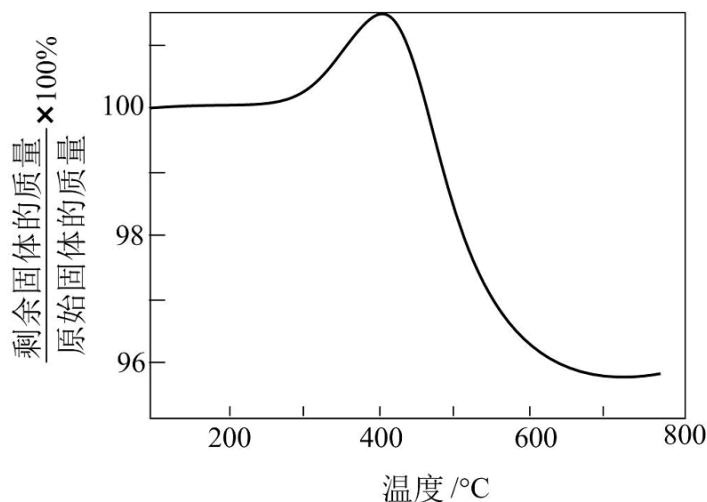
(3) 400 °C 时，将一定比例 H<sub>2</sub>、CO、CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>S 的混合气体以一定流速通过装有 ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 脱硫剂的硫化反

应器。

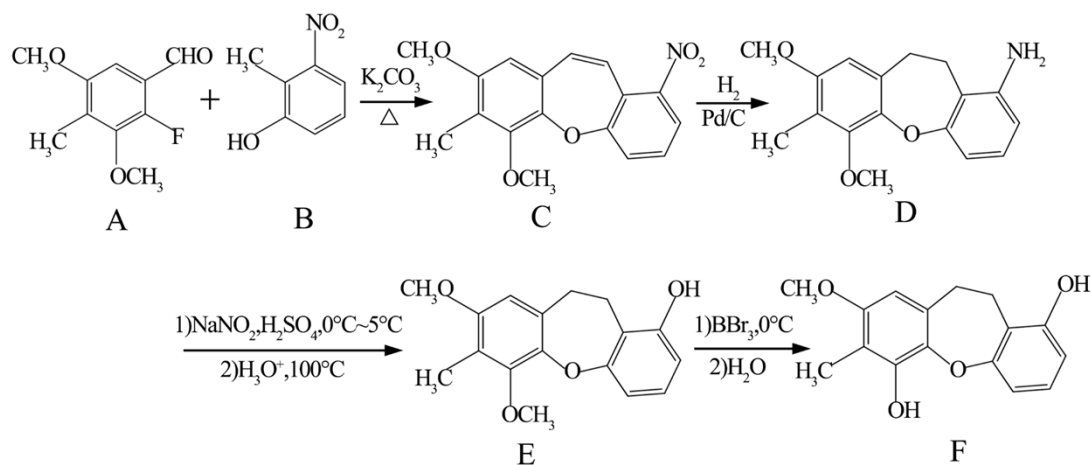
①硫化过程中  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  与  $\text{H}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$  反应生成  $\text{ZnS}$  和  $\text{FeS}$ ，其化学方程式为\_\_\_。

②硫化一段时间后，出口处检测到  $\text{COS}$ 。研究表明  $\text{ZnS}$  参与了  $\text{H}_2\text{S}$  与  $\text{CO}_2$  生成  $\text{COS}$  的反应，反应前后  $\text{ZnS}$  的质量不变，该反应过程可描述为\_\_\_。

(4) 将硫化后的固体在  $\text{N}_2$ 、 $\text{O}_2=95:5$ (体积比)的混合气体中加热再生，固体质量随温度变化的曲线如图所示。在  $280\sim 400^\circ\text{C}$  范围内，固体质量增加的主要原因是\_\_\_。



16. F 是一种天然产物，具有抗肿瘤等活性，其人工合成路线如图：



(1) A 分子中采取  $\text{sp}^2$  杂化的碳原子数目是\_\_\_。

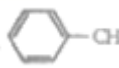
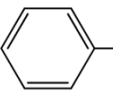
(2) B 的一种同分异构体同时满足下列条件，写出该同分异构体的结构简式:\_\_\_。

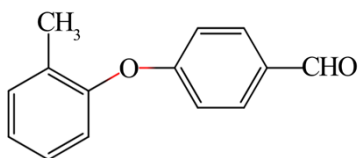
①分子中不同化学环境的氢原子个数比是 2:2:2:1。

②苯环上有 4 个取代基，且有两种含氧官能团。

(3)  $A+B \rightarrow C$  的反应需经历  $A+B \rightarrow X \rightarrow C$  的过程, 中间体 X 的分子式为  $C_{17}H_{17}NO_6$ 。X $\rightarrow$ C 的反应类型为\_\_\_\_\_。

(4) E $\rightarrow$ F 中有一种分子式为  $C_{15}H_{14}O_4$  的副产物生成, 该副产物的结构简式为\_\_\_\_\_。

(5) 写出以 、 和 F- 为原料制备



的合成路线流程图\_\_\_\_(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)。

17. 以软锰矿粉(含  $MnO_2$  及少量 Fe、Al、Si、Ca、Mg 等的氧化物)为原料制备电池级  $MnO_2$ 。

(1) 浸取。将一定量软锰矿粉与  $Na_2SO_3$ 、 $H_2SO_4$  溶液中的一种配成悬浊液, 加入到三颈瓶中(图 1),  $70^\circ C$  下通过滴液漏斗缓慢滴加另一种溶液, 充分反应, 过滤。滴液漏斗中的溶液是\_\_\_\_;  $MnO_2$  转化为  $Mn^{2+}$  的离子方程式为\_\_\_\_\_。

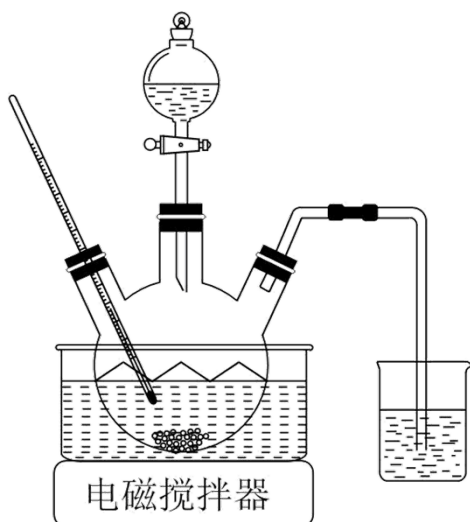


图 1

(2) 除杂。向已经除去 Fe、Al、Si 的  $MnSO_4$  溶液(pH 约为 5)中加入  $NH_4F$  溶液, 溶液中的  $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$  形

成氟化物沉淀。若沉淀后上层清液中  $c(F^-)=0.05 mol \cdot L^{-1}$ , 则  $\frac{c(Ca^{2+})}{c(Mg^{2+})}$  = \_\_\_\_。 [ $K_{sp}(MgF_2)=5 \times 10^{-11}$ ,

$K_{sp}(CaF_2)=5 \times 10^{-9}$ ]

(3) 制备  $MnCO_3$ 。在搅拌下向  $100 mL 1 mol \cdot L^{-1} MnSO_4$  溶液中缓慢滴加  $1 mol \cdot L^{-1} NH_4HCO_3$  溶液, 过滤、洗涤、干燥, 得到  $MnCO_3$  固体。需加入  $NH_4HCO_3$  溶液的体积约为\_\_\_\_\_。

(4) 制备  $MnO_2$ 。 $MnCO_3$  经热解、酸浸等步骤可制备  $MnO_2$ 。 $MnCO_3$  在空气气流中热解得到三种价态锰的

氧化物, 锰元素所占比例( $\frac{\text{某价态锰的氧化物中锰元素质量}}{\text{锰元素总质量}} \times 100\%$ )随热解温度变化的曲线如图 2 所示。

已知:  $\text{MnO}$  与酸反应生成  $\text{Mn}^{2+}$ ;  $\text{Mn}_2\text{O}_3$  氧化性强于  $\text{Cl}_2$ , 加热条件下  $\text{Mn}_2\text{O}_3$  在酸性溶液中转化为  $\text{MnO}_2$  和  $\text{Mn}^{2+}$ 。

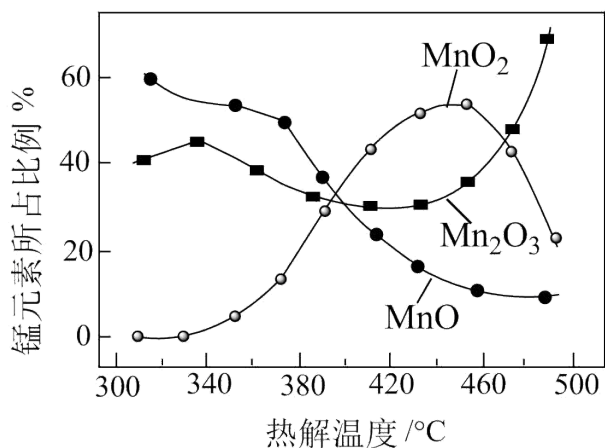
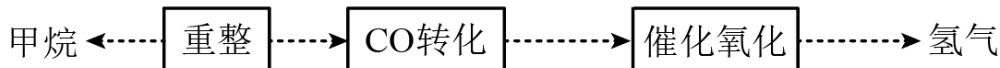


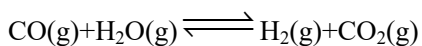
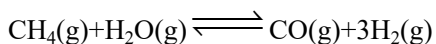
图 2

为获得较高产率的  $\text{MnO}_2$ , 请补充实验方案: 取一定量  $\text{MnCO}_3$  置于热解装置中, 通空气气流, \_\_\_\_\_, 固体干燥, 得到  $\text{MnO}_2$ 。(可选用的试剂:  $1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液、 $2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{HCl}$  溶液、 $\text{BaCl}_2$  溶液、 $\text{AgNO}_3$  溶液)。

18. 甲烷是重要的资源, 通过下列过程可实现由甲烷到氢气的转化。

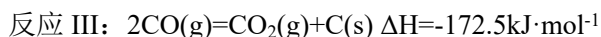
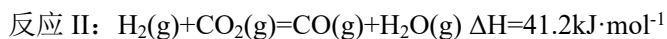
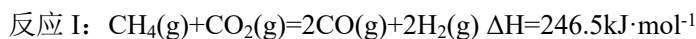


(1)  $500^\circ\text{C}$  时,  $\text{CH}_4$  与  $\text{H}_2\text{O}$  重整主要发生下列反应:

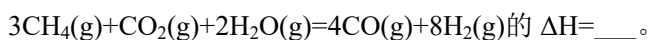


已知  $\text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) = \text{CaCO}_3(\text{s}) \Delta H = -178.8\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。向重整反应体系中加入适量多孔  $\text{CaO}$ , 其优点是\_\_\_\_\_。

(2)  $\text{CH}_4$  与  $\text{CO}_2$  重整的主要反应的热化学方程式为



①在  $\text{CH}_4$  与  $\text{CO}_2$  重整体系中通入适量  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ , 可减少  $\text{C}(\text{s})$  的生成, 反应



② $1.01 \times 10^5\text{Pa}$  下, 将  $n_{\text{起始}}(\text{CO}_2) : n_{\text{起始}}(\text{CH}_4) = 1 : 1$  的混合气体置于密闭容器中, 不同温度下重整体系中  $\text{CH}_4$  和  $\text{CO}_2$  的平衡转化率如图 1 所示。 $800^\circ\text{C}$  下  $\text{CO}_2$  平衡转化率远大于  $600^\circ\text{C}$  下  $\text{CO}_2$  平衡转化率, 其原因是\_\_\_\_\_。

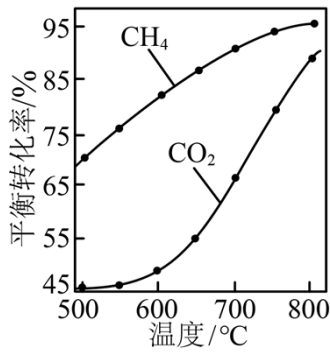


图-1

(3) 利用铜—铈氧化物( $x\text{CuO}\cdot y\text{CeO}_2$ , Ce 是活泼金属)催化氧化可除去  $\text{H}_2$  中少量  $\text{CO}$ , 催化氧化过程中 Cu、Ce 的化合价均发生变化, 可能机理如图 2 所示。将  $n(\text{CO}): n(\text{O}_2): n(\text{H}_2): n(\text{N}_2)=1: 1: 49: 49$  的混合气体以一定流速通过装有  $x\text{CuO}\cdot y\text{CeO}_2$  催化剂的反应器,  $\text{CO}$  的转化率随温度变化的曲线如图 3 所示。

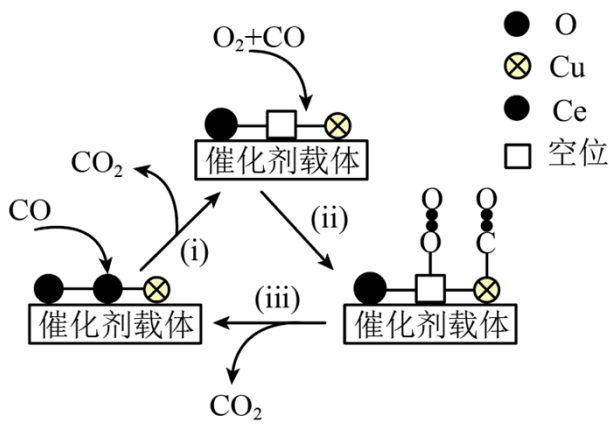


图-2

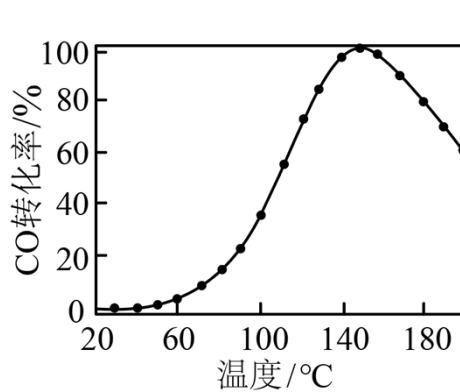


图-3

①Ce 基态原子核外电子排布式为  $[\text{Xe}]4f^15d^16s^2$ , 图 2 所示机理的步骤(i)中, 元素 Cu、Ce 化合价发生的变化为\_\_。

②当催化氧化温度超过  $150^\circ\text{C}$  时, 催化剂的催化活性下降, 其可能原因是\_\_。