

可能用到的相对原子质量：H—1 C—12 N—14 O—16 Na—23 S—32  
Cl—35.5 Pb—207

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 氮是自然界各种生物体生命活动不可缺少的重要元素。下列过程属于氮的固定的是( )

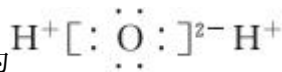
- A. 将  $\text{N}_2$  转化成硝酸盐      B. 将 NO 转化成硝酸  
C. 将  $\text{NH}_3$  转化成铵盐      D. 将  $\text{NO}_2$  转化成氮气

2 反应  $\text{SiO}_2 + 4\text{HF} = \text{SiF}_4 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$  用于生产磨砂玻璃。下列说法正确的是( )

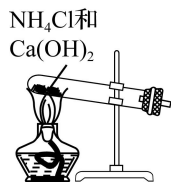
- A.  $\text{SiO}_2$  为分子晶体      B. HF 分子间可形成氢键

C.  $\text{SiF}_4$  中 Si 元素的化合价为 -4

D.  $\text{H}_2\text{O}$  的电子式为



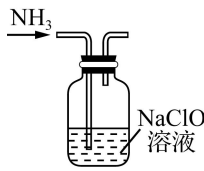
3 水合肼( $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )具有强还原性，其制备原理为  $\text{NaClO} + 2\text{NH}_3 = \text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{NaCl}$ 。下列关于实验室制备水合肼的装置不能达到实验目的的是( )



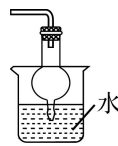
甲



乙



丙



丁

- A. 装置甲用于制取氨气      B. 装置乙作为制备过程的安全瓶  
C. 装置丙用于制取水合肼      D. 装置丁用于吸收尾气中的氨气

4 磷酸二氢钙[ $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ]和硫酸钾( $\text{K}_2\text{SO}_4$ )均可用作化肥。下列说法正确的是( )

- A. 半径：  $r(\text{Ca}^{2+}) > r(\text{K}^+)$       B. 碱性：  $\text{Ca}(\text{OH})_2 > \text{KOH}$   
C. 热稳定性：  $\text{H}_2\text{S} > \text{H}_2\text{O}$       D. 第一电离能：  $I_1(\text{P}) > I_1(\text{S})$

阅读下列材料，完成 5~7 题：

催化反应广泛存在，如植物光合作用、合成氨、 $\text{CH}_4$  和  $\text{H}_2\text{O}$  重整制  $\text{H}_2$  和  $\text{CO}$ 、工业尾气中  $\text{NH}_3$  的无害化处理、 $\text{SO}_2$  的催化氧化[ $\text{SO}_2(\text{g})$ 和  $\text{O}_2(\text{g})$ 生成 1 mol  $\text{SO}_3(\text{g})$ 放出 98.3 kJ 热量]等。催化剂有选择性，如酸性条件下铈电催化还原  $\text{CO}_2$  生成  $\text{HCOOH}$  的选择性大于  $\text{CO}$ 。非均相催化指催化剂与反应物处于不同聚集状态的催化反应，反应在催化剂表面进行，主要包括吸附、反应、脱附等过程。

5 下列说法不正确的是( )

- A. 植物光合作用过程中，酶能增大该反应的活化分子百分数
- B.  $\text{H}_2\text{O}_2$  制  $\text{O}_2$  反应中， $\text{Fe}^{3+}$  能加快化学反应速率
- C. 酸性条件下铈电催化还原  $\text{CO}_2$  生成两种产物的速率： $v(\text{CO}) > v(\text{HCOOH})$
- D. 铁触媒催化合成氨的反应属于非均相催化

6 下列化学反应表示不正确的是( )

- A.  $\text{CH}_4$  和  $\text{H}_2\text{O}$  催化重整制  $\text{H}_2$  和  $\text{CO}$ ：
$$\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \xrightleftharpoons[\text{高温}]{\text{催化剂}} \text{CO} + 3\text{H}_2$$
- B. 工业尾气中  $\text{NH}_3$  的无害化处理：
$$4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \xrightleftharpoons[\Delta]{\text{催化剂}} 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$$
- C. 铈电催化还原  $\text{CO}_2$  生成  $\text{HCOOH}$  的阴极反应：
$$\text{CO}_2 + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ = \text{HCOOH}$$
- D.  $\text{SO}_2$  的催化氧化：
$$2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{SO}_3(\text{g}) \quad \Delta H = -196.6 \text{ kJ/mol}$$

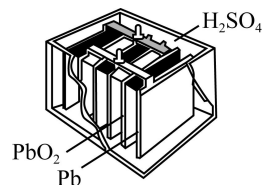
7 下列有关反应描述正确的是( )

- A. 合成氨温度选择  $400 \sim 500^\circ\text{C}$  的重要原因之一是铁触媒在该温度范围内活性大
- B. 浓硫酸催化下， $\text{CH}_3\text{CH}_2^8\text{OH}$  与  $\text{CH}_3\text{COOH}$  的酯化反应产物中可检测到  $\text{H}_2^8\text{O}$
- C. 乙醛催化加氢反应中， $\text{H}_2$  在催化剂  $\text{Ni}$  表面吸附过程的  $\Delta S > 0$
- D.  $\text{SO}_2$  转化为  $\text{SO}_3$  时，S 原子轨道的杂化类型由  $\text{sp}^2$  转变为  $\text{sp}^3$

8 铅酸蓄电池的工作原理可表示为 
$$\text{PbO}_2 + \text{Pb} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightleftharpoons[\text{充电}]{\text{放电}} 2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$$

其构造示意图如图所示。下列有关说法不正确的是( )

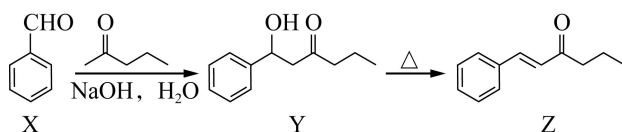
- A. 放电时，正、负电极质量均增大
- B. 放电时，溶液的 pH 增大
- C. 充电时， $\text{H}^+$  移向 Pb 极
- D. 充电时，每消耗 2 mol  $\text{PbSO}_4$ ，转移电子数为



$4 \times 6.02 \times 10^{23}$



9 抗病毒药物普拉那的部分合成路线如下：



下列说法正确的是( )

A. X→Y 的反应类型为取代反应

B. X→Y 有副产物  生成

C. Z 不存在顺反异构体

D. X、Y、Z 用银氨溶液和酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液进行鉴别

10 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( )

A. 硫酸： $\text{S(s)} \xrightarrow[\text{点燃}]{\text{O}_2(\text{g})} \text{SO}_3(\text{g}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O(l)}} \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$

B. 硝酸： $\text{N}_2(\text{g}) \xrightarrow[\text{放电或高温}]{\text{O}_2(\text{g})} \text{NO}(\text{g}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O(l)}} \text{HNO}_3(\text{aq})$

C. 纯碱： $\text{NaCl(aq)} \xrightarrow{\text{NH}_3(\text{g}), \text{CO}_2(\text{g})} \text{NaHCO}_3(\text{s}) \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s})$

D. 镁： $\text{Mg(OH)}_2(\text{s}) \xrightarrow{\text{HCl(aq)}} \text{MgCl}_2(\text{aq}) \xrightarrow{\text{通电}} \text{Mg(s)}$

11 室温下，下列实验探究方案不能达到相应探究目的的是( )

选项	探究方案	探究目的
A	用电导率传感器分别测定等体积的 $\text{CH}_3\text{COOH}$ 溶液和盐酸的电导率，比较溶液的导电性强弱	探究 $\text{CH}_3\text{COOH}$ 是否为弱电解质
B	向圆底烧瓶中加入 2.0 g $\text{NaOH}$ 、15 mL 无水乙醇、碎瓷片和 5 mL 1-溴丁烷，微热。将产生的气体通入溴的 $\text{CCl}_4$ 溶液，观察现象	探究 1-溴丁烷的消去产物
C	向盛有 2 mL 0.1 mol/L $\text{NaCl}$ 溶液的试管中滴加 2 滴 0.1 mol/L $\text{AgNO}_3$ 溶液，振荡试管，然后向其中滴加 4 滴 0.1 mol/L $\text{KI}$ 溶液，观察现象	探究 $K_{\text{sp}}(\text{AgCl})$ 和 $K_{\text{sp}}(\text{AgI})$ 的大小
D	以 $\text{Zn}$ 、 $\text{Fe}$ 为电极，以酸化的 3% $\text{NaCl}$ 溶液作电解质溶液，连接成原电池装置，过一段时间，从 $\text{Fe}$ 电极区域取少量溶液于试管中，滴入 2 滴 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液，观察现象	探究金属的电化学保护法

12 室温下,通过下列实验探究  $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$  与  $\text{KHC}_2\text{O}_4$  的性质(忽略溶液混合时的体积变化)。

已知:  $K_{a1}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 5.6 \times 10^{-2}$ 、 $K_{a2}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 1.5 \times 10^{-4}$ 、 $K_{sp}(\text{CaC}_2\text{O}_4) = 2.3 \times 10^{-9}$ 。

实验 1: 向  $0.1 \text{ mol/L KHC}_2\text{O}_4$  溶液中滴加少量等浓度  $\text{NaOH}$  溶液,无明显现象;

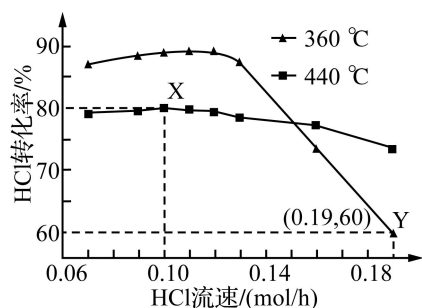
实验 2: 向  $0.1 \text{ mol/L K}_2\text{C}_2\text{O}_4$  溶液中加入等体积  $0.2 \text{ mol/L CaCl}_2$  溶液,溶液变浑浊;

实验 3: 向酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液中滴加  $0.1 \text{ mol/L KHC}_2\text{O}_4$  溶液至溶液紫红色恰好褪去。

下列说法不正确的是( )

- A.  $0.1 \text{ mol/L KHC}_2\text{O}_4$  溶液中:  $c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) < c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$
- B. 实验 1 所得溶液中:  $c(\text{K}^+) = c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) + c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) + c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$
- C. 实验 2 过滤后所得清液中:  $c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) = 2.3 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$
- D. 实验 3 所得溶液中:  $\frac{c(\text{K}^+)}{c(\text{Mn}^{2+})} > 2.5$

13 反应  $4\text{HCl}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$   $\Delta H$ , 可将工业废气中的  $\text{HCl}$  转化为  $\text{Cl}_2$ , 实现氯资源的循环利用。在  $n_{\text{起始}}(\text{HCl}) : n_{\text{起始}}(\text{O}_2) = 1 : 1$  时, 将  $\text{HCl}$ 、 $\text{O}_2$  混合气分别以不同流速通过装有催化剂的反应管, 不同温度下出口处  $\text{HCl}$  转化率与  $\text{HCl}$  流速的关系如图所示。流速低于  $0.12 \text{ mol/h}$  时  $\text{HCl}$  转化率可近似为平衡转化率。若仅考虑该反应, 下列说法正确的是( )



- A.  $\Delta H > 0$
- B. 减小  $\frac{n(\text{HCl})}{n(\text{O}_2)}$  或选用更高效的催化剂, 均能提高 X 点  $\text{HCl}$  的平衡转化率
- C.  $\text{HCl}$  流速高于  $0.12 \text{ mol/h}$  时, 流速越大, 反应速率越快
- D.  $360 \text{ }^\circ\text{C}$  时, 当  $\text{HCl}$  流速为  $0.19 \text{ mol/h}$  时, 每小时约获得  $4 \text{ g Cl}_2$

二、非选择题：共4题，共61分。

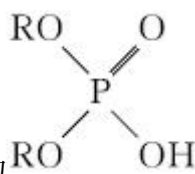
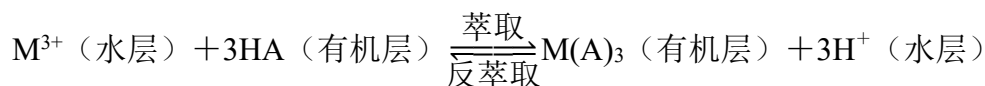
14 (15分) 回收废石油裂化催化剂（主要成分为  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{La}_2\text{O}_3$  和  $\text{CeO}_2$ ）可获得氧化镧( $\text{La}_2\text{O}_3$ )和二氧化铈( $\text{CeO}_2$ )。

(1) 用一定浓度的盐酸和  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液浸取废催化剂，过滤得到含  $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{La}^{3+}$ 、 $\text{Ce}^{3+}$  的酸浸液。

①废催化剂表面的积碳会降低稀土元素的浸出率，浸取前去除积碳的方法是\_\_\_\_\_。

②浸取时  $\text{CeO}_2$  与  $\text{H}_2\text{O}_2$  反应生成  $\text{Ce}^{3+}$  的离子方程式为\_\_\_\_\_。

(2) 酸浸液经萃取、反萃取提纯后可获得较纯的  $\text{LaCl}_3$  和  $\text{CeCl}_3$  溶液。用有机萃取剂（简称 HA）提纯稀土离子（ $\text{M}^{3+}$  代表  $\text{La}^{3+}$  或  $\text{Ce}^{3+}$ ），其反应原理如下：

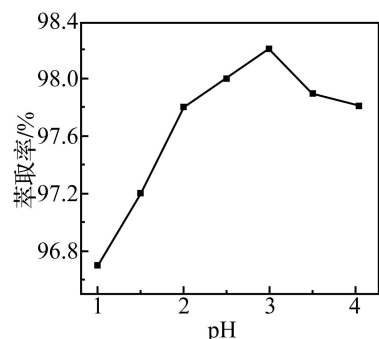


①一种萃取剂的结构可表示为  $\begin{array}{c} \text{RO} \quad \text{O} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{P} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{RO} \quad \text{OH} \end{array}$  (R 为烷基)，其  $K_a$  \_\_\_\_\_ (填“>” “<” 或 “=”)  $K_{a1}(\text{H}_3\text{PO}_4)$ 。

②其他条件不变，La 元素萃取率

( $\frac{\text{有机层中某元素的物质的量}}{\text{某元素的总物质的量}} \times 100\%$ ) 随水层初始 pH

的变化如图甲所示。随水层初始 pH 增大，La 元素萃取率先上升后下降的原因是\_\_\_\_\_



甲

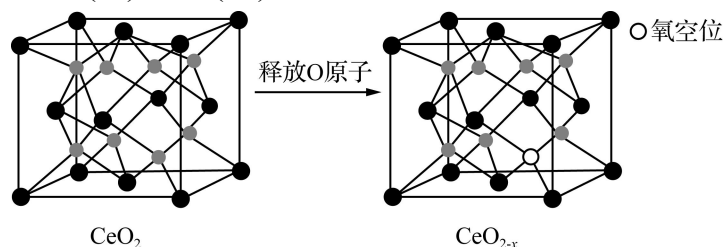
③现用 50 mL HA 萃取 100 mL 含  $\text{Ce}^{3+}$  的溶液。该实验条件下， $\text{Ce}^{3+}$  的分配系

数  $\left[ \frac{c_{\text{有机层}}(\text{Ce}^{3+})}{c_{\text{水层}}(\text{Ce}^{3+})} \right]$  为 8，若每次用 25 mL HA，分两次萃取，则  $\text{Ce}^{3+}$  的总萃取率为 (写出计算过程)。

(3) 提纯后的  $\text{LaCl}_3$  和  $\text{CeCl}_3$  溶液分别通过沉淀、焙烧得到  $\text{La}_2\text{O}_3$  和  $\text{CeO}_2$ 。

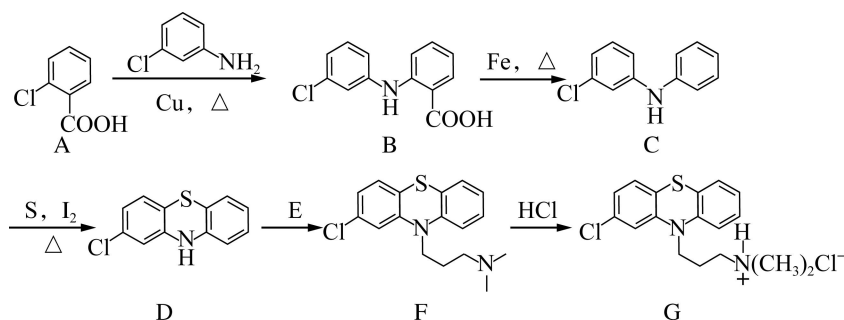
①将  $\text{La}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$  沉淀在氩气中焙烧得到  $\text{La}_2\text{O}_3$ ，同时生成的气体为\_\_\_\_\_（填化学式）。

②制得的  $\text{CeO}_2$  可用于催化消除 CO 尾气，该过程中  $\text{CeO}_2$  晶胞结构变化如图乙所示， $\text{CeO}_{2-x}$  中 Ce(III)与 Ce(IV)的数目之比为\_\_\_\_\_。



乙

15 (15 分) 化合物 G 可用于治疗心力衰竭，其合成路线如下：




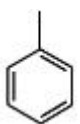
(1) B 分子中的含氧官能团名称为\_\_\_\_\_。

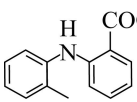
(2) C  $\rightarrow$  D 反应中生成的无机物的化学式为\_\_\_\_\_。

(3) E 的分子式为  $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{NCl}$ ，其结构简式为\_\_\_\_\_。

(4) F 也可用于治疗心力衰竭，却通常将 F 转化为 G 保存和使用，其目的是\_\_\_\_\_。

(5) 写出同时满足下列条件的 A 的一种链状同分异构体的结构简式：\_\_\_\_\_。碱性条件下水解只生成一种有机产物，且该产物只有 2 种不同化学环境的氢原子。

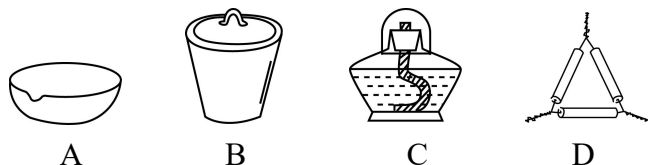
(6) 已知：。写出以为原料制备

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）。

16 (15 分) 实验室用海带提取碘的过程如下:

(1) 灼烧、浸取。将干海带灼烧成灰烬, 转移至烧杯中, 加水煮沸, 过滤得含  $I^-$  的溶液。

①灼烧时不会用到下列仪器中的\_\_\_\_\_ (填字母)。



②灼烧海带时用酒精浸润海带的目的是\_\_\_\_\_。

(2) 氧化。向硫酸酸化后的含  $I^-$  溶液中加入稍过量的氧化剂, 可获得含  $I_2$  溶液。

①实验表明, 相同条件下,  $NaClO$  作氧化剂时  $I_2$  的产率明显低于  $H_2O_2$  或  $NaNO_2$  作氧化剂时的产率, 其可能原因是\_\_\_\_\_。

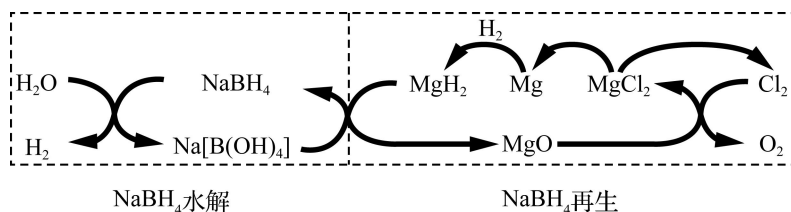
② $NaNO_2$  氧化  $I^-$  生成  $NO$  的离子方程式为\_\_\_\_\_。

③判断溶液中  $I^-$  是否被  $NaNO_2$  完全氧化, 补充实验方案: 取适量氧化后的溶液\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (实验中必须使用的试剂和设备:  $NaNO_2$  溶液、稀硫酸、淀粉溶液、 $CCl_4$ 、通风设备)。

(3) 提碘。室温下  $I_2$  微溶于水。向所得含  $I_2$  的水溶液中分多次加入  $CCl_4$  萃取后, 再向合并后的有机层中加入  $NaOH$  溶液, 振荡, 静置后分液, 向所得水层中加入硫酸溶液, 产生棕褐色沉淀, 过滤得固体  $I_2$ 。为尽可能提高固体  $I_2$  的产率, 实验过程中可采取的措施有\_\_\_\_\_。

17\* (16 分) 氢能是重要的绿色能源。 $NaBH_4$  水解再生并循环制氢的原理示意图如下:



(1)  $NaBH_4$  的水解。

① $NaBH_4$  水解生成  $Na[B(OH)_4]$  的化学方程式为\_\_\_\_\_。

②相同条件下, 实验测得  $NaBH_4$  水解速率随溶液初始 pH 的增大而下降, 其可能原因是\_\_\_\_\_。

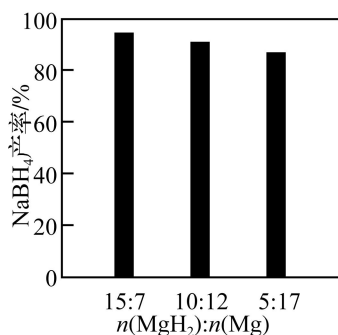
(2)  $NaBH_4$  的再生。

①NaBH<sub>4</sub>再生过程中化合价降低的元素有\_\_\_\_\_（填元素符号）。

②每消耗 1 mol MgH<sub>2</sub>，理论上可生成标准状况下 O<sub>2</sub> 的体积约为\_\_\_\_\_。

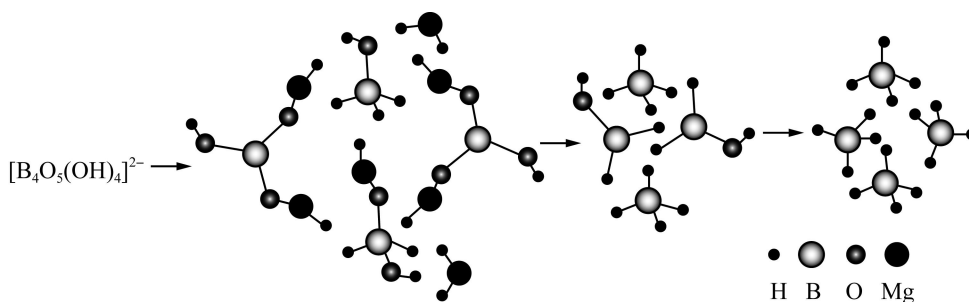
(3) NaBH<sub>4</sub> 的新制法。

①Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>·10H<sub>2</sub>O 和 MgH<sub>2</sub> 反应生成 NaBH<sub>4</sub>。相同条件下，测得 NaBH<sub>4</sub> 的产率与  $n(\text{MgH}_2) : n(\text{Mg})$  关系如图甲所示。随着  $n(\text{MgH}_2) : n(\text{Mg})$  减小，NaBH<sub>4</sub> 仍能保持较高产率的原因是\_\_\_\_\_。



甲

②Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>·10H<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 和 Mg 反应生成 NaBH<sub>4</sub> 的机理如图乙所示（图中离子所带电荷已省略）。已知 Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>·10H<sub>2</sub>O 的化学式可写作 Na<sub>2</sub>[B<sub>4</sub>O<sub>5</sub>(OH)<sub>4</sub>]·8H<sub>2</sub>O，其中[B<sub>4</sub>O<sub>5</sub>(OH)<sub>4</sub>]<sup>2-</sup>是以八元环为主体的环状结构阴离子，由两个硼氧四面体与两个硼氧平面三角形共用氧原子而构成，[B<sub>4</sub>O<sub>5</sub>(OH)<sub>4</sub>]<sup>2-</sup>的结构式为\_\_\_\_\_。反应过程中含 B 且不含 Mg 的中间产物有\_\_\_\_\_（填化学式）。



乙

可能用到的相对原子质量：H—1 C—12 N—14 O—16 S—32 Fe—56 Mo—96

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 第 19 届杭州亚运会采用石墨烯纳米防滑涂层以增加地面防滑性。石墨烯属于( )

- A. 有机材料 B. 无机非金属材料 C. 金属材料 D. 复合材料

2 草酸易被 NaClO 氧化： $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{NaClO} = \text{NaCl} + 2\text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ，下列说法不正确的是( )

- A.  $\text{CO}_2$  的空间结构为直线形 B. NaClO 属于离子化合物

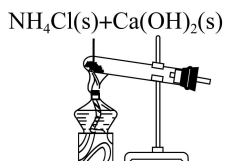
C.  $\text{H}_2\text{O}$  的电子式为  $\text{H}^+ [\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}]^{2-} \text{H}^+$

D. Cl 的结构示意图为

3 实验室模拟侯氏制碱法制备  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ，下列装置与原理均正确的是( )



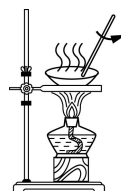
A. 制取  $\text{CO}_2$



B. 制取  $\text{NH}_3$



C. 制取  $\text{NaHCO}_3$



D. 制取  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

4  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$  常用作杀虫剂、媒染剂。下列说法正确的是( )

- A. 原子半径： $r(\text{N}) > r(\text{O}) > r(\text{S})$  B. 沸点： $\text{H}_2\text{S} > \text{H}_2\text{O} > \text{NH}_3$   
C. 第一电离能： $I_1(\text{N}) > I_1(\text{O}) > I_1(\text{S})$  D. 电负性： $\chi(\text{N}) > \chi(\text{O}) > \chi(\text{Cu})$

阅读下列材料，完成 5~7 题：

VA 族元素及其化合物应用广泛。 $\text{NH}_3$  催化氧化生成 NO，NO 继续被氧化为  $\text{NO}_2$ ，将  $\text{NO}_2$  通入水中可制得  $\text{HNO}_3$ ；肼( $\text{N}_2\text{H}_4$ )常温下为液态，燃烧热大(642 kJ/mol)，产物无污染，常用作火箭燃料；白磷( $\text{P}_4$ )为正四面体结构，常用来制烟雾弹、燃烧弹；雄黄( $\text{As}_4\text{S}_4$ )具有解毒、杀虫功效，燃烧后生成砒霜( $\text{As}_2\text{O}_3$ )和一种具有刺激性气味的气体；锑是一种银白色金属，其氧化物  $\text{Sb}_2\text{O}_3$  可用于制造颜料，铅锑合金可用作铅酸蓄电池的电极材料。

5 下列说法正确的是( )

- A.  $\text{N}_2\text{H}_4$  分子中既有极性键，又有非极性键  
B.  $\text{NH}_3$  中键角比  $\text{P}_4$  中键角小  
C. 1 mol 白磷含有 4 mol P—P  
D. As 基态原子核外电子排布式为  $[\text{Ar}]4s^24p^3$

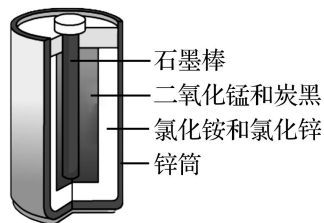
6 下列化学反应表示正确的是( )

- A. 雄黄燃烧:  $\text{As}_4\text{S}_4 + 7\text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{As}_2\text{O}_3 + 4\text{SO}_2$
- B.  $\text{NO}_2$  制  $\text{HNO}_3$  的离子方程式:  $2\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^-$
- C. 肼的燃烧:  $\text{N}_2\text{H}_4(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = -642 \text{ kJ/mol}$
- D. 铅酸蓄电池放电时的负极反应:  $\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pb}$

7 下列有关物质的性质与用途具有对应关系的是( )

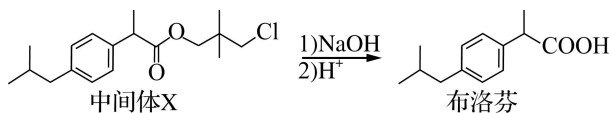
- A. 氨气易液化, 可用于工业制硝酸
- B. 肼具有碱性, 可用作火箭燃料
- C. 三氧化二锑呈白色, 可用于制造颜料
- D. 铅锑合金熔点低, 可用作铅酸蓄电池电极材料

8 普通锌锰干电池的构造如图所示。关于该电池及其工作原理, 下列说法正确的是( )



- A. 石墨作电池的负极材料
- B. 电池工作时,  $\text{NH}_4^+$  向负极方向移动
- C. 电池工作时,  $\text{MnO}_2$  发生氧化反应
- D. 环境温度过低, 不利于电池放电

9 布洛芬是一种非甾体抗炎药, 可用于缓解轻至中度疼痛, 部分合成路线如下:



下列有关中间体 X、布洛芬的说法正确的是( )

- A. X 分子中含有 1 个手性碳原子
- B. 1 mol X 最多能与 1 mol NaOH 反应
- C. 布洛芬不能使酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液褪色
- D. 布洛芬分子中所有碳原子共平面

10 以  $\text{Cu-ZnO-Al}_2\text{O}_3$  作催化剂发生如下反应:  $2\text{CH}_3\text{CHO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{g}) + \text{CH}_3\text{COOH}(\text{g}) \quad \Delta H < 0$ , 下列说法正确的是( )

- A. 该反应的  $\Delta S > 0$
- B. 该反应的平衡常数  $K = \frac{c(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) \cdot c(\text{CH}_3\text{COOH})}{c^2(\text{CH}_3\text{CHO})}$
- C. 催化剂  $\text{CuZnOAl}_2\text{O}_3$  能降低该反应的活化能
- D. 该反应中每消耗 1 mol  $\text{CH}_3\text{CHO}$ , 转移电子数约为  $2 \times 6.02 \times 10^{23}$



11 下列实验探究方案能达到探究目的的是( )

选项	探究方案	探究目的
A	向淀粉溶液中加入适量 20% $\text{H}_2\text{SO}_4$ 溶液, 加热, 冷却后加新制 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ , 加热, 观察溶液变化	淀粉发生水解
B	向 $\text{NaCl}$ 、 $\text{NaI}$ 的混合稀溶液中滴入少量 $\text{AgNO}_3$ 稀溶液, 观察产生沉淀颜色	$K_{\text{sp}}(\text{AgCl}) > K_{\text{sp}}(\text{AgI})$
C	用 pH 计测定等浓度盐酸和 $\text{HI}$ 溶液的 pH	$\text{Cl}$ 的非金属性比 $\text{I}$ 强
D	向含有 $\text{FeSO}_4$ 溶液的试管中滴加几滴 $\text{KSCN}$ 溶液, 振荡, 再滴加几滴新制氯水, 观察溶液颜色变化	$\text{Fe}^{2+}$ 具有还原性

12 工程师研究利用  $\text{Na}_2\text{S}$  和  $\text{FeS}$  处理水样中的  $\text{Cd}^{2+}$ 。已知:  $25^\circ\text{C}$  时,  $K_{\text{a1}}(\text{H}_2\text{S}) = 10^{-6.97}$ ,  $K_{\text{a2}}(\text{HS}^-) = 10^{-12.90}$ ,  $K_{\text{sp}}(\text{FeS}) = 10^{-17.20}$ ,  $K_{\text{sp}}(\text{CdS}) = 10^{-26.10}$ 。下列说法正确的是( )

A.  $0.01 \text{ mol/L Na}_2\text{S}$  溶液中:  $c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+) + c(\text{HS}^-) + c(\text{H}_2\text{S})$

B.  $0.01 \text{ mol/L Na}_2\text{S}$  溶液中:  $c(\text{Na}^+) > c(\text{S}^{2-}) > c(\text{OH}^-) > c(\text{HS}^-)$

C. 反应  $\text{FeS} + \text{Cd}^{2+} \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + \text{CdS}$  正向进行, 需满足  $\frac{c(\text{Fe}^{2+})}{c(\text{Cd}^{2+})} > 10^{8.9}$

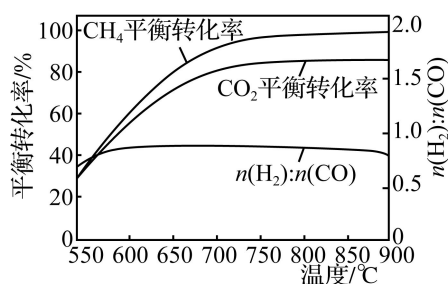
D. 向含  $\text{Cd}^{2+}$  水样中加入足量  $\text{FeS}$  浸泡一段时间后, 上层清液中存在  $c(\text{Cd}^{2+}) = \frac{K_{\text{sp}}(\text{CdS})}{c(\text{S}^{2-})}$

13  $\text{CH}_4$  和  $\text{CO}_2$  联合重整能减少温室气体的排放。重整时发生如下反应:

反应I:  $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2(\text{g}) + 2\text{CO}(\text{g}) \quad \Delta H_1 = +247.1 \text{ kJ/mol}$

反应II:  $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_2 = +41.2 \text{ kJ/mol}$

其他条件相同,  $n(\text{CH}_4) : n(\text{CO}_2)$  投料比为 1 : 1.5 时,  $\text{CH}_4$  和  $\text{CO}_2$  的平衡转化率与温度变化关系如图所示。下列说法不正确的是( )



A. 其他条件不变,  $n(\text{CH}_4) : n(\text{CO}_2)$  投料比为 1 : 1, 则平衡时  $\text{CO}_2$  转化率一定高于  $\text{CH}_4$

B. 一定条件下, 使用高效催化剂可以提高单位时间内氢气的产量

C.  $n(\text{H}_2) : n(\text{CO})$  始终低于 1.0, 是因为发生了反应II

D. 其他条件不变,  $550 \sim 650^\circ\text{C}$ , 升高温度更有利于反应II进行

## 二、非选择题：共4题，共61分。

14\* (15分)  $\text{MoS}_2$  (Mo的化合价为+4) 被誉为“固体润滑油王”。不溶于水,也不溶于大多数有机溶剂,对空气中少量的  $\text{NH}_3$  具有高灵敏度检测性能(气敏性),是优良的  $\text{NH}_3$  传感器检测材料。

### I. $\text{MoS}_2$ 的制备

方法一:将钼酸钠( $\text{Na}_2\text{MoO}_4$ )和硫脲 $[\text{CS}(\text{NH}_2)_2]$ 混合溶解在去离子水中,充分搅拌,将混合溶液转移到密闭反应釜中。调节反应温度和反应时间,可分别制得纳米花状、纳米片状、纳米球状的  $\text{MoS}_2$  晶体。

已知:反应釜内气压越大,越有利于纳米  $\text{MoS}_2$  结晶。

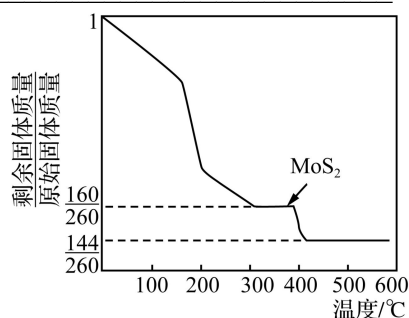
(1) 纳米片状  $\text{MoS}_2$  具有类似石墨的层状结构。层与层之间的作用力为\_\_\_\_\_。

(2) 该反应同时生成  $\text{Na}_2\text{S}$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{NH}_3$ ,写出反应的化学方程式:\_\_\_\_\_。

(3) 制备过程中使用硫脲作还原剂的优点是\_\_\_\_\_。

方法二:将 $(\text{NH}_4)_2\text{MoS}_4$ 在空气中加热可得  $\text{MoS}_2$  加热时所得剩余固体的质量与原始固体质量的比值与温度的关系如图甲所示。

(4)  $450\sim 550\text{ }^\circ\text{C}$ 时,得到 Mo 的一种氧化物,该氧化物的化学式为\_\_\_\_\_ (写出计算过程)。

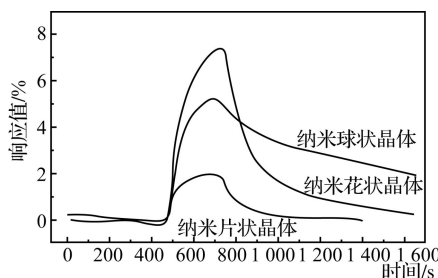


甲

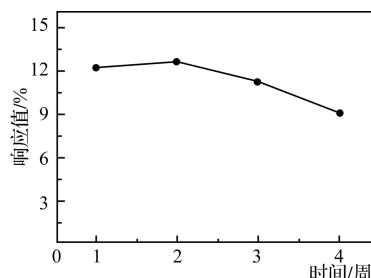
### II. $\text{MoS}_2$ 的应用

利用方法一制得的三种不同形状  $\text{MoS}_2$  作  $\text{NH}_3$  传感器检测材料,对  $\text{NH}_3$  气敏性能进行研究。传感器对  $\text{NH}_3$  的响应值越大,气敏性能越好。

(5) 一定氨气浓度下,响应值随时间变化如图乙所示。随气体通入,400 s 后响应曲线急剧增加;随气体排出,响应曲线又回到基线附近。响应曲线结果表明:\_\_\_\_\_ (填形状)  $\text{MoS}_2$  晶体具有灵敏易观察的优异性能,其原因是\_\_\_\_\_。



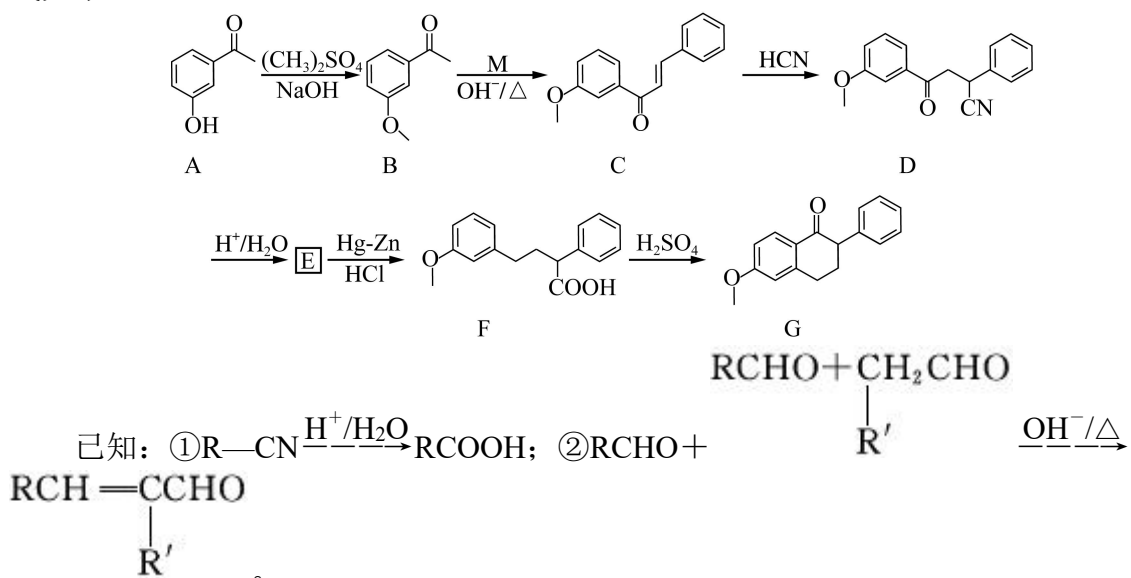
乙



丙

(6) 为进一步探究  $\text{MoS}_2$  传感器的重复性、长期稳定性等性能, 将传感器暴露在另一种氨气浓度中进行循环测试, 4 周内测试结果如图丙所示, 第 3、4 周气敏性能有所下降的可能原因是\_\_\_\_\_。

15 (15 分) 化合物 G 是合成抗肿瘤药物萘氧啉的重要中间体, 一种合成路线如下:



(1) A 中的含氧官能团名称为\_\_\_\_\_。

(2) M 的结构简式为\_\_\_\_\_。

(3)  $\text{E} \rightarrow \text{F}$  的反应类型是\_\_\_\_\_。 $\text{F} \rightarrow \text{G}$  的过程中会生成与 G 互为同分异构体的副产物, 其结构简式为\_\_\_\_\_。

(4) 写出同时满足下列条件的 B 的一种芳香族化合物同分异构体的结构简式:

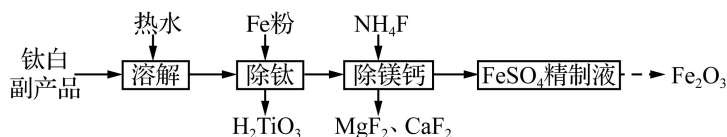
\_\_\_\_\_。

①既能发生水解反应又能发生银镜反应;

②在核磁共振氢谱上峰面积比为 1 : 1 : 2 : 6。

(5) 写出以  $\text{CH}_3\text{CHO}$  和 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)。

16 (16分) 以工业钛白副产品(主要成分为  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 含少量  $\text{MgSO}_4$ 、 $\text{TiOSO}_4$ 、 $\text{CaSO}_4$ ) 为原料制备铁红( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), 部分实验流程如下:



### I. 精制 $\text{FeSO}_4$

(1) “除钛”时, 利用  $\text{TiOSO}_4$  电离出的  $\text{TiO}^{2+}$  水解, 生成  $\text{H}_2\text{TiO}_3$  沉淀。

①  $\text{TiO}^{2+}$  水解的离子方程式为\_\_\_\_\_。

② 加入 Fe 粉的作用是\_\_\_\_\_。

(2) “除镁钙”时, 当溶液中  $\text{Mg}^{2+}$  和  $\text{Ca}^{2+}$  沉淀完全时, 溶液中  $\text{F}^-$  浓度最小值为\_\_\_\_\_mol/L [已知:  $K_{\text{sp}}(\text{CaF}_2) = 1 \times 10^{-10}$ ,  $K_{\text{sp}}(\text{MgF}_2) = 7.5 \times 10^{-11}$ ; 当离子浓度  $\leq 10^{-5}$  mol/L 认为沉淀完全]。

### II. 制铁红( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )

方法一:  $\text{FeSO}_4$  精制液与  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  溶液反应生成  $\text{FeCO}_3$  沉淀, 再用  $\text{O}_2$  将  $\text{FeCO}_3$  氧化为铁红。

(3) 补充完成由  $\text{FeSO}_4$  精制液制备  $\text{FeCO}_3$  的实验方案:  $70^\circ\text{C}$  下将精制液浓缩成饱和溶液, \_\_\_\_\_,

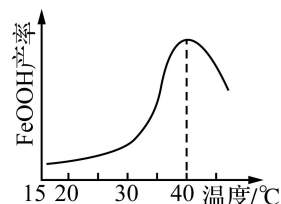
干燥, 得到  $\text{FeCO}_3$  [  $\text{FeCO}_3$  沉淀需 “洗涤完全”,  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  开始沉淀的  $\text{pH} = 6.5$  ]。

(4)  $70^\circ\text{C}$  时,  $\text{O}_2$  氧化  $\text{FeCO}_3$  的化学方程式为\_\_\_\_\_。

方法二:  $\text{FeSO}_4$  精制液与  $\text{NaNO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{O}_2$  反应生成铁黄( $\text{FeOOH}$ ), 再由铁黄制取铁红。

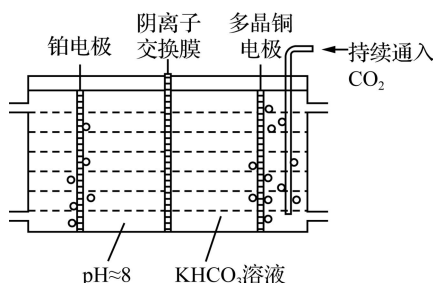
(5)  $\text{NaNO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4$  产生的  $\text{NO}_x$  作催化剂, 使精制  $\text{FeSO}_4$  溶液被  $\text{O}_2$  氧化为铁黄。其中  $\text{NO}$  作催化剂时分两步进行: 第一步反应为  $\text{Fe}^{2+} + \text{NO} = \text{Fe}(\text{NO})^{2+}$ , 第二步反应的离子方程式为\_\_\_\_\_。

(6) 实验测得铁黄产率随反应液温度变化情况如图所示当温度高于  $40^\circ\text{C}$  时, 铁黄产率下降的原因可能是\_\_\_\_\_。

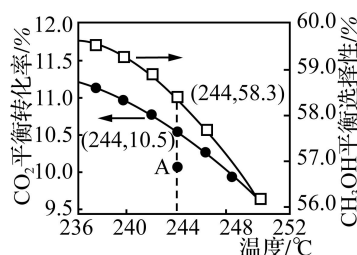


17 (15 分) 甲醇是重要的化工基础原料, 以  $\text{CO}_2$  为原料制甲醇具有重要的社会价值。

(1) 电化学法制甲醇。工业上采用如图甲所示装置电解制备甲醇, 反应前后  $\text{KHCO}_3$  浓度基本保持不变。生成  $\text{CH}_3\text{OH}$  的电极反应式为\_\_\_\_\_。

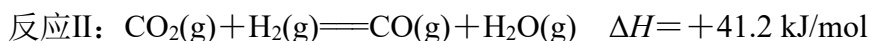
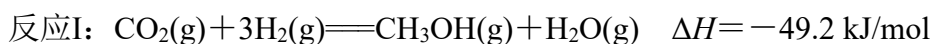


甲



乙

(2)  $\text{CO}_2$  催化加氢制甲醇。 $\text{CO}_2$  催化加氢制甲醇过程中的主要反应如下:



在恒压、 $n(\text{CO}_2):n(\text{H}_2)$  投料比为 1:3 时,  $\text{CO}_2$  平衡转化率和  $\text{CH}_3\text{OH}$  平衡选择性随温度的变化如图乙所示 [ $\text{CH}_3\text{OH}$  选择性 =  $\frac{n(\text{生成 CH}_3\text{OH})}{n(\text{消耗 CO}_2)} \times 100\%$ ]

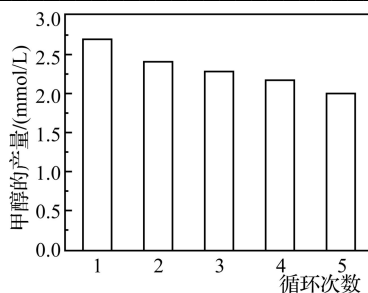
① 236~250 °C 范围内,  $\text{CO}_2$  平衡转化率随温度升高而下降的原因是\_\_\_\_\_。

② 244 °C 时, 反应一段时间后, 测得  $\text{CH}_3\text{OH}$  选择性为 56.8% (图中 A 点)。不改变反应时间和温度, 一定能提高  $\text{CH}_3\text{OH}$  选择性的措施有\_\_\_\_\_。

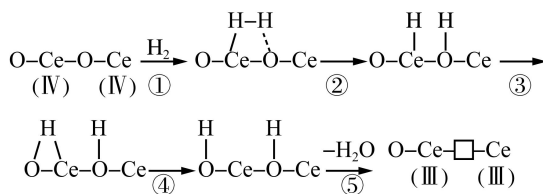
③ 244 °C 时, 向密闭容器内投入 1 mol  $\text{CO}_2$  和 3 mol  $\text{H}_2$  充分反应, 则平衡时生成  $\text{CH}_3\text{OH}$  的物质的量为\_\_\_\_\_ (保留小数点后 4 位) mol。

(3)  $\text{CO}_2$  加氢制甲醇催化剂的研究。

① 用 CoC 作催化剂, 可得到含少量甲酸的甲醇。相同条件下, 将催化剂循环使用, 甲醇产量与催化剂循环次数的关系如图丙所示。甲醇产量随循环次数增加而减小的原因可能是\_\_\_\_\_。



丙



丁

②用  $\text{CeO}_2$  作催化剂,  $\text{H}_2$  在  $\text{CeO}_2$  催化剂表面吸附活化是  $\text{CO}_2$  还原制甲醇的一个重要环节。 $\text{H}_2$  在  $\text{CeO}_2$  表面异裂使其产生氧空位( $\square$ )和  $\text{Ce(III)}$ 的可能机理如图丁所示。根据元素电负性的变化规律,步骤②可描述为\_\_\_\_\_

。

可能用到的相对原子质量：H—1 O—16 S—32 Cl—35.5 Cu—64 Zn—65

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。

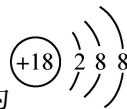
1 2024 年中国“六五环境日”主题为“全面推进美丽中国建设”。下列做法不应提倡的是( )

- A. 大力发展火力发电 B. 开发使用清洁能源  
C. 植树造林增加绿色植被 D. 健全生态环境治理体系

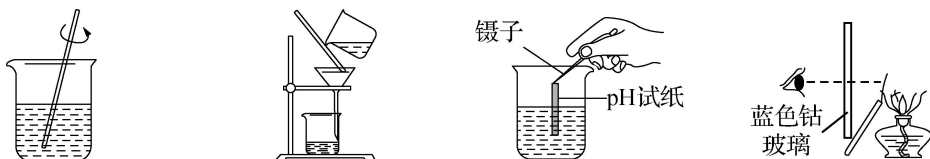
2 将  $\text{CoCl}_2$  溶于浓盐酸能形成  $[\text{CoCl}_4]^{2-}$ ，溶液中存在平衡： $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+} + 4\text{Cl}^- \rightleftharpoons [\text{CoCl}_4]^{2-} + 6\text{H}_2\text{O}$ 。下列说法正确的是( )

- A.  $\text{H}_2\text{O}$  为非极性分子 B.  $1 \text{ mol } [\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$  含 18 mol 共价键

C. 基态 Co 的价电子排布式为  $4s^2$  D.  $\text{Cl}^-$  的结构示意图为



3 检验草木灰浸出液的性质，下列实验操作不正确的是( )



- A. 浸取草木灰 B. 过滤草木灰浊液 C. 测量浸出液 pH D. 检验浸出液中  $\text{K}^+$

4 反应  $\text{Na} + \text{KCl} \xrightarrow{\text{高温}} \text{K} \uparrow + \text{NaCl}$  可用于冶炼钾。下列说法正确的是( )

- A. 第一电离能： $I_1(\text{K}) < I_1(\text{Na})$  B. 电负性： $\chi(\text{Cl}) < \chi(\text{Na})$   
C. 离子半径： $r(\text{Cl}^-) < r(\text{Na}^+)$  D. 碱性： $\text{KOH} < \text{NaOH}$

阅读下列材料，完成 5~7 题：

地壳中的硫黄矿、硫铁矿和煤等都含有硫元素，这些矿物通过风化分解、燃烧、火山爆发等方式释放出  $\text{SO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$  等气体，这些气体有些进入大气，有些转化为亚硫酸盐、硫酸盐溶入河流或海洋，还有些则被土壤中的硫化细菌催化吸收。大气中的  $\text{SO}_2$  还可以被银杏、夹竹桃等植物吸收，而水体中的含硫化合物可被浮游植物吸收。

5 对于反应  $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g}) \quad \Delta H$ 。下列说法不正确的是( )

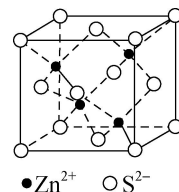
- A. 上述反应的  $\Delta H < 0$   
B. 上述反应的平衡常数  $K = \frac{c^2(\text{SO}_3)}{c^2(\text{SO}_2) \cdot c(\text{O}_2)}$   
C. 提高  $\frac{n(\text{O}_2)}{n(\text{SO}_2)}$  的值可增大  $\text{SO}_2$  的转化率  
D. 使用催化剂提高了反应的活化能

6 下列化学反应表示正确的是( )

- A. 单质硫与铜反应:  $\text{Cu} + \text{S} \xrightarrow{\Delta} \text{CuS}$   
 B.  $\text{SO}_2$  通入过量氨水:  $\text{SO}_2 + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{HSO}_3^-$   
 C.  $\text{CuSO}_4$  溶液吸收  $\text{H}_2\text{S}$ :  $\text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{CuS} \downarrow + 2\text{H}^+$   
 D.  $\text{NaHSO}_3$  溶液被空气氧化:  $2\text{SO}_3^{2-} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_4^{2-}$

7 下列描述正确的是( )

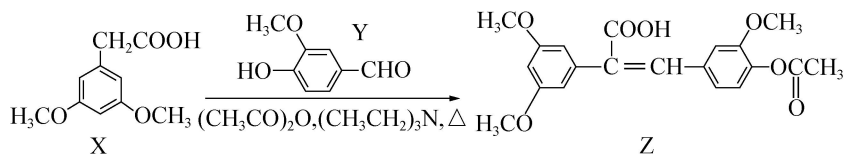
- A. 自然界硫元素在转化中都是被氧化  
 B.  $\text{SO}_3^{2-}$  中 S 为  $\text{sp}^3$  杂化  
 C.  $\text{H}_2\text{S}$  氧化为 S 时,  $\text{H}_2\text{S}$  断裂  $\sigma$  键和  $\pi$  键  
 D. 如图所示  $\text{ZnS}$  晶胞中有 14 个  $\text{S}^{2-}$



8 下列物质的性质与用途具有对应关系的是( )

- A.  $\text{ClO}_2$  具有氧化性, 可用于自来水的杀菌消毒  
 B. 晶体硅熔点高, 可用作半导体材料  
 C.  $\text{NaHCO}_3$  受热易分解, 可用于制胃酸中和剂  
 D. 氨气易溶于水, 液氨可用作制冷剂

9 化合物 Z 是一种药物的重要中间体, 部分合成路线如下:



下列说法正确的是( )

- A. X 分子中最多有 12 个原子共平面  
 B. 可以用  $\text{NaHCO}_3$  溶液鉴别 X、Y  
 C. Z 分子不存在顺反异构体  
 D. 1 mol Z 最多能与 6 mol  $\text{H}_2$  发生加成反应

10 在给定条件下, 下列选项所示的物质间转化均能实现的是( )

- A. 制漂白粉: 浓盐酸  $\xrightarrow[\Delta]{\text{MnO}_2}$   $\text{Cl}_2$   $\xrightarrow{\text{澄清石灰水}}$  漂白粉  
 B. 硝酸工业:  $\text{NH}_3 \xrightarrow[\text{催化剂}]{\text{O}_2}$   $\text{NO}_2 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}}$   $\text{HNO}_3$   
 C. 硫酸工业:  $\text{FeS}_2 \xrightarrow[\text{高温}]{\text{O}_2}$   $\text{SO}_2 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}}$   $\text{H}_2\text{SO}_4$   
 D.  $\text{HCl}$  制备:  $\text{NaCl}$  溶液  $\xrightarrow{\text{通电}}$   $\text{H}_2$  和  $\text{Cl}_2$   $\xrightarrow{\text{点燃}}$   $\text{HCl}$



11 室温下, 根据下列实验过程及现象, 能验证相应实验结论的是( )

选项	实验过程及现象	实验结论
A	向乙醇中加入绿豆大小的钠块, 有气泡产生	乙醇中含有水
B	向 3 mL KI 溶液中滴加几滴溴水, 振荡, 再滴加 1 mL 淀粉溶液, 溶液显蓝色	氧化性: $\text{Br}_2 > \text{I}_2$
C	向淀粉溶液中加入适量 20% $\text{H}_2\text{SO}_4$ 溶液, 加热, 冷却后加 $\text{NaOH}$ 溶液至中性, 再滴加少量碘水, 溶液变蓝	淀粉未水解
D	用 pH 计测量醋酸、盐酸的 pH, 比较溶液 pH 大小	$\text{CH}_3\text{COOH}$ 是弱电解质

12 已知:  $25^\circ\text{C}$  时,  $K_{a1}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 5.9 \times 10^{-2}$ 、 $K_{a2}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 6.4 \times 10^{-5}$ 。室温下, 通过下列实验探究  $\text{NaHC}_2\text{O}_4$ 、 $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  溶液的性质。

实验 1: 向  $0.01 \text{ mol/L}$   $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  溶液中滴加酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液, 溶液的紫红色褪去。

实验 2: 用 pH 计测得  $0.01 \text{ mol/L}$   $\text{NaHC}_2\text{O}_4$  溶液 pH 为 5.50。

实验 3: 向  $0.01 \text{ mol/L}$   $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  溶液中加入等浓度等体积的  $\text{CaCl}_2$  溶液, 出现白色沉淀。

实验 4: 向等浓度的  $\text{NaHC}_2\text{O}_4$ 、 $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  混合溶液中滴加酚酞, 溶液颜色无明显变化。

下列说法正确的是( )

A. 实验 1 证明  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  溶液具有漂白性

B. 实验 2 溶液中:  $c(\text{Na}^+) > c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) > c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$

C. 实验 3 可得到  $K_{sp}(\text{CaC}_2\text{O}_4) = 2.5 \times 10^{-5}$

D. 实验 4 溶液中:  $2c(\text{Na}^+) = 3[c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) + c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) + c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)]$

13\* 实现“碳中和”一种路径是将二氧化碳和氢气合成  $\text{CH}_3\text{OCH}_3$ 。其主要反应如下:

反应 I:  $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_1 = -49.5 \text{ kJ/mol}$

反应 II:  $2\text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OCH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_2 = -23.5 \text{ kJ/mol}$

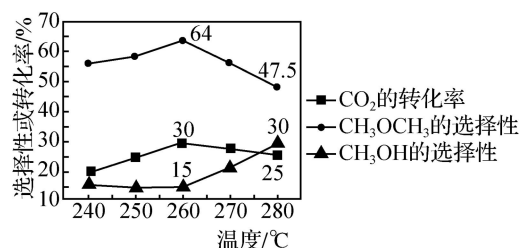
反应 III:  $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_3 = +41.2 \text{ kJ/mol}$

若仅考虑上述反应, 在  $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$  下, 将  $V(\text{CO}_2) : V(\text{H}_2) = 1 : 3$  的混合气体以一定流速通过装有催化剂的反应管,  $\text{CH}_3\text{OCH}_3$  和  $\text{CH}_3\text{OH}$  的选择性及  $\text{CO}_2$  的转化率随温度的变化如图所示。  $\text{CH}_3\text{OCH}_3$  的选择性 =

$\frac{\text{生成 } \text{CH}_3\text{OCH}_3 \text{ 消耗的 } n(\text{CO}_2)}{\text{反应的 } n(\text{CO}_2)} \times 100\%$ 。下列说法正确的是( )

A. 一定温度下, 使用高效催化剂可提高  $\text{CH}_3\text{OCH}_3$  的平衡产率

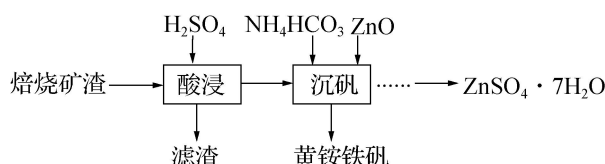
B. 其他条件不变,  $260 \sim 280^\circ\text{C}$  时, 随温度升高生成  $\text{H}_2\text{O}$  的量增多



- C. 其他条件不变, 260 °C 时, 通入 1 mol  $\text{CO}_2$ , 生成 0.096 mol  $\text{CH}_3\text{OCH}_3$   
 D. 温度高于 260 °C 时, 主要是因为反应 III 正向进行程度增大使  $\text{CH}_3\text{OCH}_3$  的选择性降低

## 二、非选择题: 共 4 题, 共 61 分。

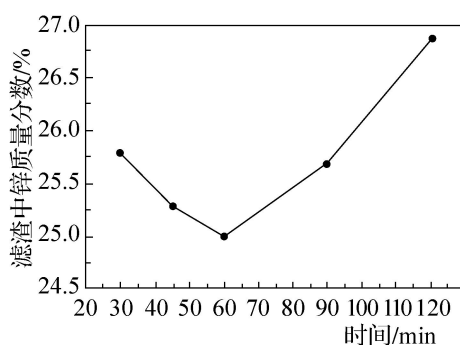
14 (15 分) 高铁锌焙烧矿渣主要含  $\text{ZnO}$ 、 $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$ 、 $\text{SiO}_2$ 。一种利用焙烧矿渣制备  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  并生产黄铵铁矾的流程如下:



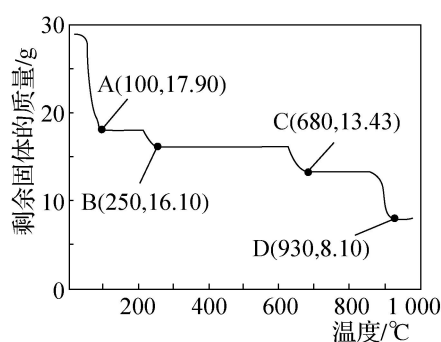
回答下列问题。

(1) “酸浸”前要将焙烧矿渣进行粉碎处理的原因是\_\_\_\_\_。

(2) “酸浸”时, 控制反应温度 65 °C、硫酸初始酸度 50 g/L, 滤渣中锌元素的质量分数随时间变化的关系如图甲所示。当浸出时间超过 60 min 后, 滤渣中锌元素的质量分数反而升高的原因是\_\_\_\_\_。



甲



乙

(3) “沉矾”生成黄铵铁矾 $[\text{NH}_4\text{Fe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6]$ , 需控制溶液  $\text{pH}=1.5$ 、温度不超过 85 °C。

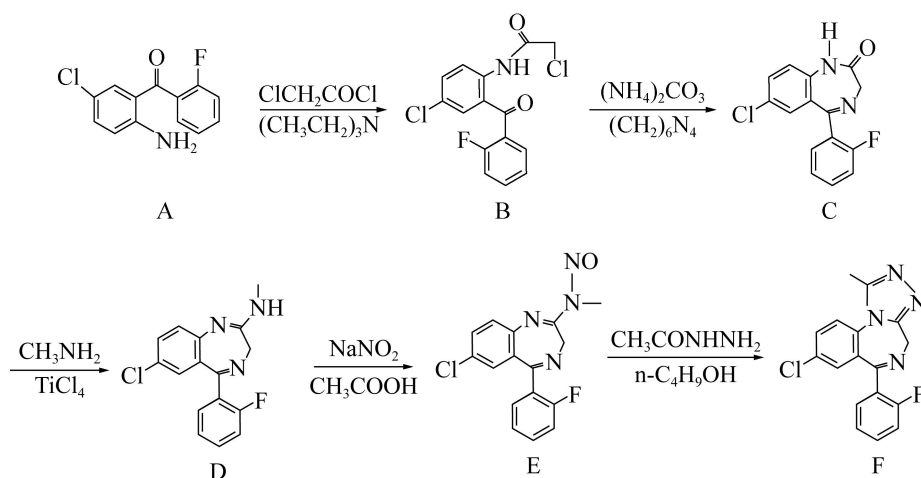
①生成黄铵铁矾的化学方程式为\_\_\_\_\_。

②控制溶液温度不能过高的原因是\_\_\_\_\_。

③ $\text{pH}$  超过 1.5, 可发生反应  $\text{Fe}^{3+} + 3\text{HCO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{H}_2\text{CO}_3$ 。其平衡常数  $K$  与  $K_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3)$ 、 $K_{sp}[\text{Fe}(\text{OH})_3]$  的代数关系式为  $K =$ \_\_\_\_\_。

(4) 加热 28.7 g  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  晶体, 测得加热过程中剩余固体的质量随温度的变化关系如图乙所示。A 点物质为\_\_\_\_\_ (填化学式)。

15 (15 分) 药物氟普唑仑具有疗效良好的镇静催眠作用, 其合成路线如下。



(1) A  $\rightarrow$  B 的反应类型为\_\_\_\_\_。

(2) C 中含氧官能团的名称为\_\_\_\_\_。

(3) C  $\rightarrow$  D 的反应需经历 C  $\rightarrow$  X  $\rightarrow$  D 的过程, 中间体 X 的分子式为  $C_{16}H_{15}N_3OClF$ , X 的结构简式为\_\_\_\_\_。

(4) 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含有苯环, 能使  $FeCl_3$  溶液显色; ②分子中含有一个手性碳原子; ③核磁共振氢谱有 3 组峰, 峰面积之比为 2 : 2 : 1。

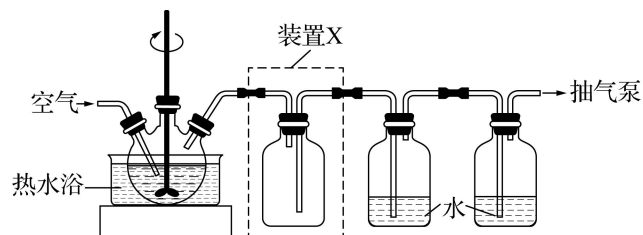
(5) 写出以  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH=CH}_2$  为原料制备  $\text{C}_6\text{H}_5\text{C(=NCH(CH}_3\text{))CH}_3$  的合成路线流程图 (无

机试剂和流程中有机试剂任用, 合成路线流程图示例见本题题干)。

16 (16分) 生产印刷电路板所用的蚀刻液成分为 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$ 、 $\text{NH}_4\text{Cl}$ 、 $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ 等。

(1) 蚀刻反应原理为 $\text{Cu} + [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2 = 2[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ 。蚀刻过程中 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$ 浓度下降，蚀刻能力降低。当通入空气后，即可恢复其蚀刻能力，反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。

(2) 利用蚀刻废液可制备 $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ 。取一定量蚀刻废液和稍过量的 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液加入如图所示实验装置的三颈瓶中，在搅拌下加热并通入空气，待产生大量沉淀时停止加热，冷却、过滤、洗涤，得到 $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ 固体。



①向反应液中通入空气，除了使 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ 被氧化，另一个作用是\_\_\_\_\_。

②图中装置X的作用是\_\_\_\_\_。

③检验 $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ 固体是否洗涤干净的实验操作是\_\_\_\_\_。

(3) 利用铜精炼炉渣(含有 $\text{CuO}$ 、 $\text{SiO}_2$ 及 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )制取该蚀刻液，请补充完整相应的实验方案：取一定量的铜精炼炉渣，\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_, 得到蚀刻液。

(实验中须选用的试剂：1.0 mol/L  $\text{HCl}$ 、浓氨水)

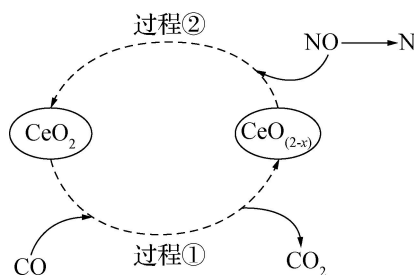
(4) 利用蚀刻废液还可制备 $\text{Cu}_2\text{O}$  (产品中会混有 $\text{CuO}$ )。测定产品中 $\text{Cu}_2\text{O}$ 纯度的方法：准确称取 4.480 g  $\text{Cu}_2\text{O}$  产品，加适量稀硫酸溶解，过滤、洗涤，滤液及洗涤液一并转移至碘量瓶中，加过量  $\text{KI}$  溶液，以淀粉溶液为指示剂，用 1.000 mol/L  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  标准溶液滴定至终点，消耗  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  溶液 40.00 mL。测定过程中发生下列反应： $\text{Cu}_2\text{O} + 2\text{H}^+ = \text{Cu}^{2+} + \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$ ； $2\text{Cu}^{2+} + 4\text{I}^- = 2\text{CuI} \downarrow + \text{I}_2$ ； $2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{I}_2 = \text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 2\text{I}^-$ 。计算样品中 $\text{Cu}_2\text{O}$ 的纯度(写出计算过程，结果保留至小数点后2位)。

17 (15 分) 研究脱除烟气中的  $\text{NO}_x$  是环境保护、促进社会可持续发展的重要课题。

(1) 催化脱硝。用  $\text{CeO}_2$  催化脱除汽车尾气中的  $\text{CO}$  和  $\text{NO}$ 。

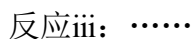
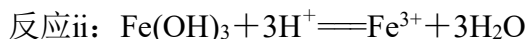
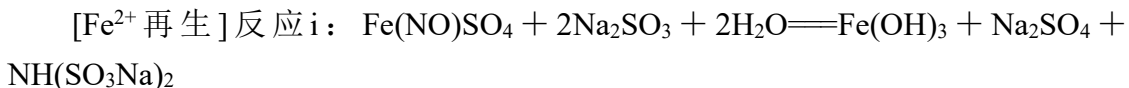
① 已知： $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{NO}(\text{g})$   $\Delta H = +180 \text{ kJ/mol}$ ， $\text{CO}$  的标准燃烧热  $\Delta H = -283 \text{ kJ/mol}$ 。则反应  $2\text{NO}(\text{g}) + 2\text{CO}(\text{g}) = \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{CO}_2(\text{g})$   $\Delta H =$   $\text{kJ/mol}$ 。

②  $\text{CeO}_2$  催化脱硝的反应机理如图甲所示。“过程①”部分  $\text{Ce}^{4+}$  转化成  $\text{Ce}^{3+}$ 。当 1 mol  $\text{CeO}_2$  氧化标准状况下 2.24 L  $\text{CO}$  时，生成的  $\text{CeO}_{(2-x)}$  中  $n(\text{Ce}^{3+}) : n(\text{Ce}^{4+}) =$   $\text{_____}$ 。



甲

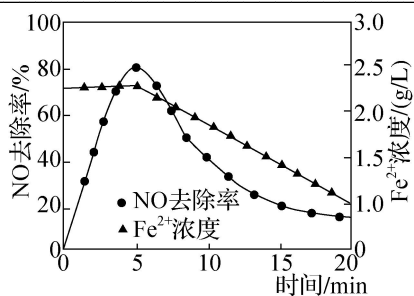
(2) 络合吸收脱硝。用  $\text{FeSO}_4$ 、 $\text{Na}_2\text{SO}_3$  混合液吸收烟气中  $\text{NO}$ ，反应机理示意如下。



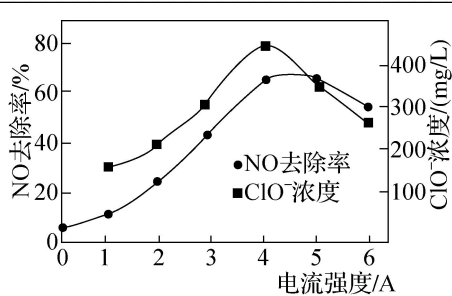
① 从结构上分析  $\text{FeSO}_4$  与  $\text{NO}$  成键络合的原理为  $\text{_____}$ 。

② 反应 iii 的离子方程式为  $\text{_____}$ 。

③ 探究烟气中  $\text{O}_2$  对吸收液脱除  $\text{NO}$  的影响。将一定比例  $\text{O}_2$ 、 $\text{NO}$  和  $\text{N}_2$  的混合气体匀速通过装有吸收液的反应器。 $\text{NO}$  去除率、吸收液中  $\text{Fe}^{2+}$  浓度随时间的变化如图乙所示。在 5 min 前后， $\text{NO}$  去除率先上升后下降的原因是  $\text{_____}$ 。



乙



丙

(3) 电解氧化脱硝。电解食盐水，利用生成的  $\text{ClO}^-$  将废气中  $\text{NO}$  氧化为  $\text{NO}_3^-$ 。电解  $0.1 \text{ mol/L NaCl}$  溶液， $\text{NO}$  去除率、溶液中  $\text{ClO}^-$  浓度与电流强度的关系如图丙所示。当电流强度大于  $4 \text{ A}$  时，随着电流强度的增大， $\text{NO}$  去除率降低的可能原因是\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_。

可能用到的相对原子质量：H—1 C—12 N—14 O—16 Cl—35.5  
Mn—55

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。

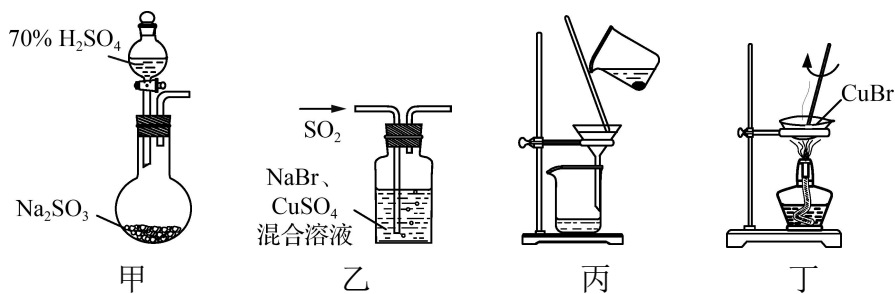
1 蛋白质是生命活动的物质基础。下列有关蛋白质的说法正确的是( )

- A. 蛋白质由 C、H、O 三种元素组成 B. 蛋白质属于高分子化合物  
C. 棉、麻、蚕丝的主要成分均为蛋白质 D. 蛋白质水解生成葡萄糖

2 可用  $\text{CoCl}_2$ 、 $\text{NH}_4\text{Cl}$ 、 $\text{H}_2\text{O}_2$ 、浓氨水制备  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{H}_2\text{O}]\text{Cl}_3$ 。下列说法正确的是( )

- A.  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{H}_2\text{O}]\text{Cl}_3$  中 Co 为 +2 价 B.  $\text{H}_2\text{O}_2$  的电子式为  $\text{H}^+ \text{F} \ddot{\text{O}} \ddot{\text{O}} \text{F}^+ \text{H}^+$   
C. 中子数为 18 的氯原子： $^{18}\text{Cl}$  D.  $\text{NH}_4^+$  的空间结构为四面体形

3 实验室利用  $\text{SO}_2 + 2\text{CuSO}_4 + 2\text{NaBr} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{CuBr} \downarrow + 2\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4$  制备 CuBr。潮湿的 CuBr 受热易分解。用下列装置进行实验，不能达到实验目的的是( )



- A. 用装置甲制取  $\text{SO}_2$  B. 用装置乙制取 CuBr  
C. 用装置丙分离出 CuBr D. 用装置丁干燥 CuBr

4 月球土壤中含橄榄石( $\text{Mg}_2\text{Fe}_2\text{SiO}_6$ )、辉石( $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ )和  $\text{SiO}_2$  等。下列说法正确的是( )

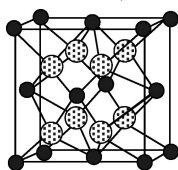
- A. 电负性： $\chi(\text{O}) > \chi(\text{Si})$  B. 离子半径： $r(\text{Mg}^{2+}) > r(\text{Ca}^{2+})$   
C.  $\text{SiO}_2$  属于分子晶体 D. 碱性： $\text{Mg}(\text{OH})_2 > \text{Ca}(\text{OH})_2$

阅读下列材料，完成 5~8 题：

自然界中硫元素主要存在于岩石圈，水圈和大气圈中有少量含硫化合物。单质硫大部分来自岩石圈中硫化物与水蒸气、 $O_2$  等物质的共同作用。可溶性硫酸盐矿会随雨水或地下水进入河流与海洋。 $H_2S$  和  $SO_2$  是大气圈中的主要含硫物质。人类根据需要可将硫元素转化为指定物质，以减少环境污染，满足生产、生活的需求。

5 下列有关自然界中含硫物质的说法正确的是 ( )

- A.  $S_2$ 、 $S_8$  互为同位素
- B.  $H_2S$ 、 $SO_2$  中硫原子的杂化轨道类型相同
- C. 大气圈与水圈中主要含硫物质的类别相同
- D. 如图所示  $Cu_2S$  晶胞中硫原子的配位数为 8



6 下列有关自然界中单质硫形成及转化的化学反应表示正确的是 ( )

- A.  $CaS$  与高温水蒸气反应生成  $H_2S$ :  $CaS + 2H_2O \xrightarrow{\text{高温}} CaO + H_2S$
- B.  $H_2S$  与  $O_2$  发生置换反应:  $H_2S + O_2 = H_2 + SO_2$
- C.  $H_2S$  与  $SO_2$  反应生成单质硫:  $2H_2S + SO_2 = 3S \downarrow + 2H_2O$
- D. 单质硫在空气中燃烧:  $2S + 3O_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2SO_3$

7 下列物质结构与性质或物质性质与用途具有对应关系的是 ( )

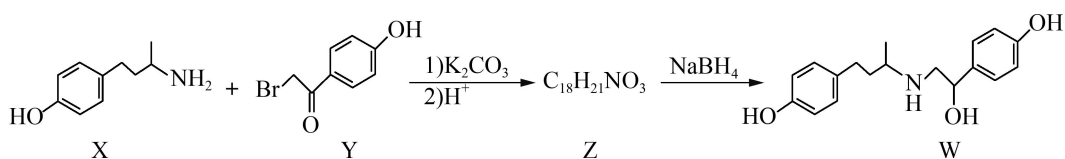
- A.  $CS_2$  为非极性分子，可用于溶解硫黄
- B. 浓硫酸具有脱水性，可用作干燥剂
- C.  $H_2S$  的空间结构为 V 形， $H_2S$  的还原性比  $H_2O$  的强
- D.  $S-H$  的键长比  $O-H$  长， $CH_3SH$  的沸点低于  $CH_3OH$

8 反应  $8SO_3(g) + 6CH_4(g) \rightleftharpoons S_8(g) + 6CO_2(g) + 12H_2O(g)$   $\Delta H < 0$  可用于治理大气污染。下列关于该反应的说法正确的是 ( )

- A. 该反应的  $\Delta S < 0$
- B. 反应物的键能总和大于生成物的键能总和
- C. 反应的平衡常数  $K = \frac{c(S_8) \cdot c^6(CO_2) \cdot c^{12}(H_2O)}{c^8(SO_3) \cdot c^6(CH_4)}$
- D. 使用高效催化剂可以降低反应的焓变



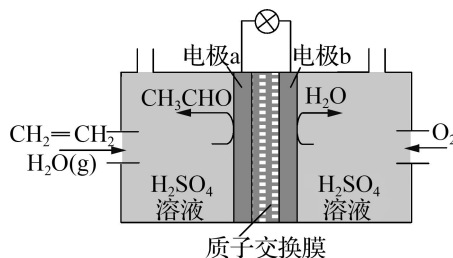
9 化合物 W 是一种药物合成中间体，其合成路线如下：



下列叙述正确的是( )

- A. Y 可以发生水解反应和消去反应
- B. Z 分子中含有 1 个手性碳原子
- C. 用  $\text{FeCl}_3$  溶液可检验 W 中是否含有 X
- D. 1 mol W 最多可与 3 mol NaOH 反应

10 某乙烯燃料电池的工作原理如图所示。下列说法正确的是 ( )



- A. 放电时，电子由电极 b 经外电路流向电极 a
- B. 电极 a 的电极反应式为  $\text{CH}_2=\text{CH}_2 - 2\text{e}^- + \text{H}_2\text{O} = \text{CH}_3\text{CHO} + 2\text{H}^+$
- C. 当有 0.2 mol  $\text{H}^+$  通过质子交换膜时，电极 b 表面理论上消耗  $\text{O}_2$  的体积为 1.12 L
- D. 验证生成  $\text{CH}_3\text{CHO}$  的操作：取反应后的左室溶液，加入新制  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ，加热，观察现象

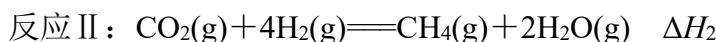
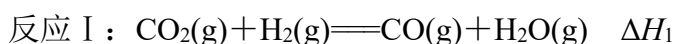
11 室温下，根据下列实验过程及现象，能验证相应实验结论的是 ( )

选项	实验过程及现象	实验结论
A	向 2 mL 0.1 mol/L NaCl 溶液中滴加 2 滴 0.1 mol/L $\text{AgNO}_3$ 溶液，产生白色沉淀，再滴加 4 滴 0.1 mol/L KI 溶液，产生黄色沉淀	$K_{\text{sp}}(\text{AgCl}) > K_{\text{sp}}(\text{AgI})$
B	分别向  和  中滴加酸性 $\text{KMnO}_4$ 溶液，前者溶液颜色褪去	甲基使苯环上的氢变得更活泼
C	向 5 mL 0.1 mol/L $\text{FeCl}_3$ 溶液中滴加 1 mL 0.1 mol/L KI 溶液，再滴加几滴 KSCN 溶液，溶液变为红色	$\text{FeCl}_3$ 和 KI 反应为可逆反应
D	向 $\text{CuSO}_4$ 溶液中滴加几滴氨水，生成蓝色沉淀，继续添加氨水，沉淀溶解，得到深蓝色溶液	$\text{Cu}(\text{OH})_2$ 能溶于氨水生成 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$

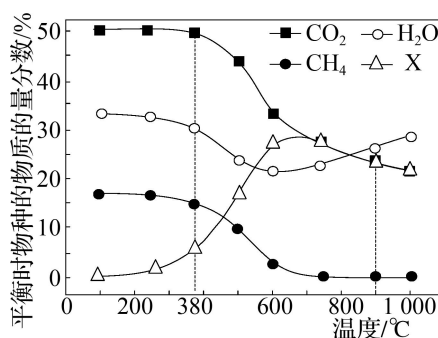
12★ 室温下，用 0.1 mol/L 的氨水吸收  $\text{SO}_2$ ，再向溶液中通入  $\text{O}_2$ 。已知  $K_{a1}(\text{H}_2\text{SO}_3)=1.3\times 10^{-2}$ 、 $K_{a2}(\text{H}_2\text{SO}_3)=6.2\times 10^{-8}$ ， $K_b(\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O})=1.8\times 10^{-5}$ 。下列说法正确的是 ( )

- A. 0.1 mol/L 的氨水： $10<\text{pH}<11$
- B. 向 0.1 mol/L 的氨水中通入适量  $\text{SO}_2$  得  $\text{pH}=7$  的溶液： $c(\text{NH}_4^+)=c(\text{HSO}_3^-)+c(\text{SO}_3^{2-})$
- C.  $\text{NH}_4\text{HSO}_3$  溶液中： $c(\text{H}^+)+c(\text{H}_2\text{SO}_3)=c(\text{OH}^-)+c(\text{SO}_3^{2-})+c(\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O})$
- D. 向吸收了足量  $\text{SO}_2$  的溶液中通  $\text{O}_2$ ，反应过程中  $\frac{c(\text{HSO}_3^-)}{c(\text{H}_2\text{SO}_3)}$  的值增大

13 二氧化碳催化加氢可获得 CO。其主要反应如下：



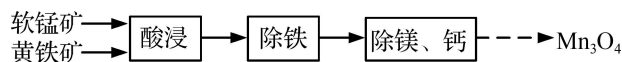
在  $1.01\times 10^5 \text{ Pa}$ 、 $n_{\text{始}}(\text{CO}_2):n_{\text{始}}(\text{H}_2)=1:1$  时，若仅考虑上述反应，平衡时物种的物质的量分数随温度的变化如图所示。下列说法不正确的是 ( )



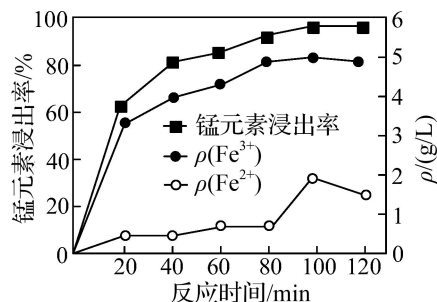
- A.  $\Delta H_1>0$ 、 $\Delta H_2<0$
- B. 图中 X 表示  $\text{H}_2$
- C. 提高 CO 的产率，需研发 380 °C 以下的高效催化剂
- D. 900 °C 时，其他条件不变，增大容器压强， $n(\text{CO})$  不变

## 二、非选择题：共4题，共61分。

14 (14分) 一种以软锰矿（主要含  $\text{MnO}_2$  和少量  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{SiO}_2$  等）和黄铁矿（主要成分为  $\text{FeS}_2$ ）为原料制备  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  的流程如下：



(1) 酸浸。将软锰矿、黄铁矿与  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液混合搅拌，反应过程中铁元素的变化为  $\text{FeS}_2 \xrightarrow{\text{H}^+} \text{Fe}^{2+} \xrightarrow{\text{MnO}_2} \text{Fe}^{3+}$ 。90 °C 下酸浸，锰元素浸出率及  $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$  的  $\rho$ （质量浓度）随时间的变化如图所示。



①0~20 min 内， $\text{FeS}_2$  中的硫元素被氧化为  $\text{SO}_4^{2-}$ 。此时， $\text{FeS}_2$  和  $\text{MnO}_2$  发生的主要反应的离子方程式为\_\_\_\_\_。

②0~20 min 内， $\rho(\text{Fe}^{2+})$  逐渐增大的原因是\_\_\_\_\_。

③100 min 后， $\rho(\text{Fe}^{2+})$  逐渐减小的原因是\_\_\_\_\_。

(2) 除铁。向“酸浸”所得浸出液中加入过量  $\text{H}_2\text{O}_2$ ，调节溶液 pH，充分反应后过滤。 $\text{H}_2\text{O}_2$  的实际用量比理论计算用量大得多，其原因是\_\_\_\_\_。

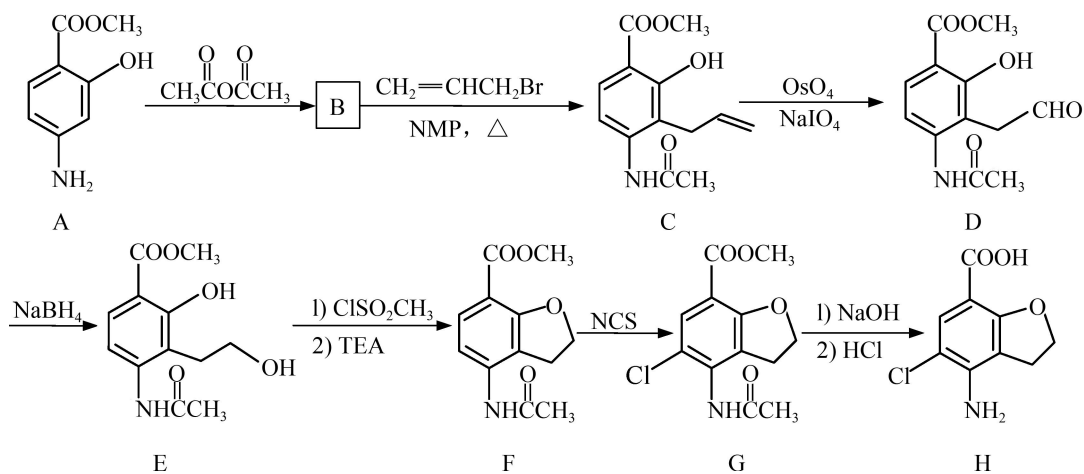
(3) 制  $\text{Mn}_3\text{O}_4$ 。向“除镁、钙”后的溶液中滴加适量氨水，充分反应后过滤、洗涤。将所得沉淀加水制成悬浊液，向其中通入空气可制得  $\text{Mn}_3\text{O}_4$ 。若通入空气时间过长，所得  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  样品中锰元素的质量分数会降低，其原因是\_\_\_\_\_。

(4) 测  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  样品纯度。称取 0.250 0 g 样品于锥形瓶中，加入 25.00 mL 0.200 0 mol/L  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  溶液和适量稀硫酸，加热。待固体完全溶解后，冷却，用 0.100 0 mol/L 的  $\text{KMnO}_4$  溶液滴定过量的  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ，消耗  $\text{KMnO}_4$  溶液 16.00 mL。不考虑杂质反应，计算样品中  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  的纯度（写出计算过程）。

已知： $\text{C}_2\text{O}_4^{2-} + \text{Mn}_3\text{O}_4 + \text{H}^+ \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{Mn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$ ， $\text{C}_2\text{O}_4^{2-} + \text{MnO}_4^- + \text{H}^+ \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{Mn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$ 。

15 (15 分) 化合物 H 是一种治疗胃肠道疾病药物的中间体, 其合成路线

如下:



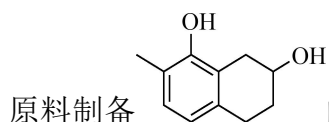
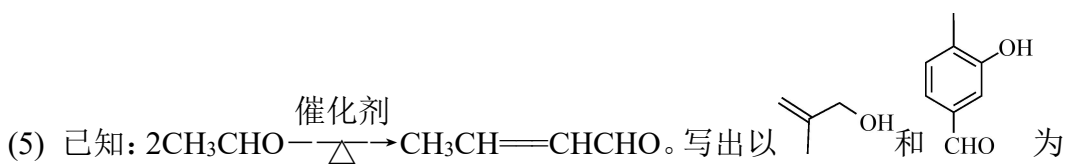
(1) C 中含氧官能团的名称为羟基、\_\_\_\_\_。

(2) D  $\rightarrow$  E 的反应类型为\_\_\_\_\_。

(3) 化合物 B 的分子式为  $\text{C}_{10}\text{H}_{11}\text{NO}_4$ , 其结构简式为\_\_\_\_\_。

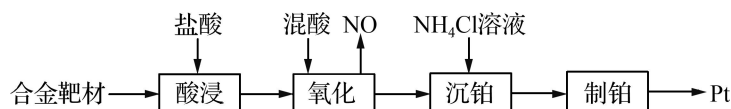
(4) 写出同时满足下列条件的 F 的一种同分异构体的结构简式:\_\_\_\_\_。

能发生银镜反应; 苯环上一取代物只有一种; 分子中含有 3 种不同化学环境的氢原子。

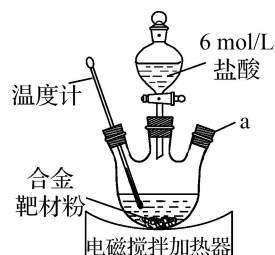


的合成路线流程图 (无机试剂和有机溶剂任用, 合成路线示例见本题题干)。

16 (16 分) 利用废弃的铂镍合金靶材回收金属铂的部分实验过程如下:



(1) 拟利用如图所示装置边搅拌边持续加热 8 h。为提高盐酸利用率, 图中三颈烧瓶 a 口处还需要添加的仪器为\_\_\_\_\_。



(2) 将“酸浸”后的固体充分洗涤后加至浓硝酸和浓盐酸的混酸中发生氧化反应, 得到含  $\text{H}_2[\text{PtCl}_6]$  的溶液。

①写出 Pt 发生反应的化学方程式: \_\_\_\_\_。

②该过程需控制在  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  左右的原因是\_\_\_\_\_。

(3) “沉铂”原理为  $[\text{PtCl}_6]^{2-} + 2\text{NH}_4^+ \rightleftharpoons (\text{NH}_4)_2[\text{PtCl}_6] \downarrow$ ,  $(\text{NH}_4)_2[\text{PtCl}_6]$  的  $K_{\text{sp}} = 1.6 \times 10^{-6}$ 。向  $c([\text{PtCl}_6]^{2-}) = 0.1\text{ mol/L}$  的溶液中加入等体积的  $\text{NH}_4\text{Cl}$  溶液, 为使  $c([\text{PtCl}_6]^{2-}) < 10^{-5}\text{ mol/L}$ , 所加  $\text{NH}_4\text{Cl}$  溶液浓度最小为\_\_\_\_\_mol/L (忽略混合时溶液的体积变化)。

(4) 通过还原法或直接煅烧法均可制金属铂。

①向  $(\text{NH}_4)_2[\text{PtCl}_6]$  溶液中加入  $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  溶液, 充分反应后得到金属铂, 同时有  $\text{N}_2$  逸出。还原  $0.1\text{ mol } (\text{NH}_4)_2[\text{PtCl}_6]$ , 参加反应的  $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  的物质的量为 mol。

②将  $(\text{NH}_4)_2[\text{PtCl}_6]$  隔绝空气煅烧可以得到 Pt、 $\text{N}_2$ 、 $\text{NH}_3$  和  $\text{HCl}$ 。实验室可通过测定分解产物中  $\text{HCl}$  的量计算 Pt 回收率。请补充完整该测定过程的实验方案: 称取一定质量的  $(\text{NH}_4)_2[\text{PtCl}_6]$  样品于硬质直玻璃管中, 加强热, 用去离子水充分吸收产生的气体后, 稀释至一定体积, \_\_\_\_\_。

已知: (i) 当溶液 pH 介于  $6.5 \sim 10$  时,  $\text{Cr(VI)}$  的主要存在形式为  $\text{CrO}_4^{2-}$ ; (ii)  $K_{\text{sp}}(\text{AgCl}) = 1.8 \times 10^{-10}$ ,  $K_{\text{sp}}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4, \text{砖红色}) = 1.1 \times 10^{-12}$ 。须使用的试剂和仪器:  $\text{KOH}$  溶液、 $\text{K}_2\text{CrO}_4$  溶液、 $0.010\text{ }00\text{ mol/L AgNO}_3$  标准溶液; 滴定管、锥形瓶、pH 计。

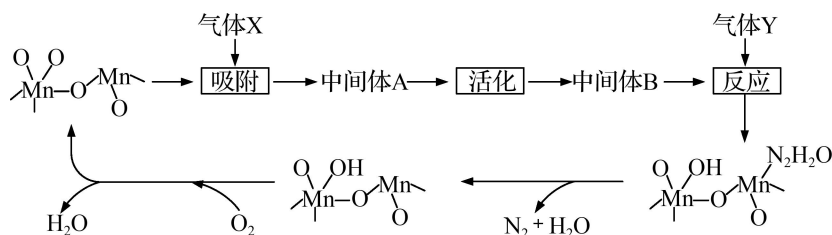
17 (16分) 研究 NO 的形成和催化转化具有重要意义。

(1) 已知:  $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}(\text{g}) \quad \Delta S > 0$ ; 25 °C 下, 该反应的  $K = 5 \times 10^{-31}$ 。燃油车高温发动机内发生上述反应, 此时  $K$  \_\_\_\_\_ (填 “>” “=” 或 “<”)  $5 \times 10^{-31}$ 。

(2) 在催化剂作用下,  $\text{NH}_3$  可将 NO 选择性还原为  $\text{N}_2$ 。

①向 NO 中通入适量  $\text{O}_2$  使部分 NO 氧化为  $\text{NO}_2$  有利于催化反应进行。当混合气中  $n(\text{NO}) : n(\text{NO}_2) = 1 : 1$  时, 氮氧化物被催化还原的反应速率最大。此时参加反应的  $n(\text{O}_2) : n(\text{NH}_3) = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

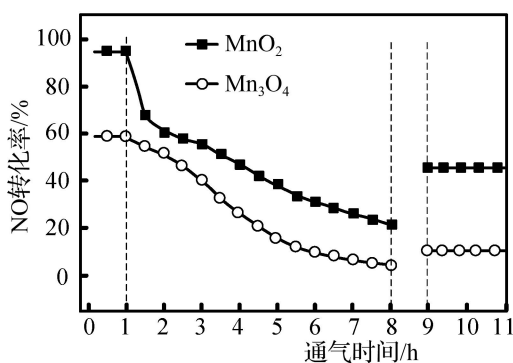
② $\text{MnO}_2$  催化  $\text{NH}_3$  还原 NO 的一种可能的反应机理如下:



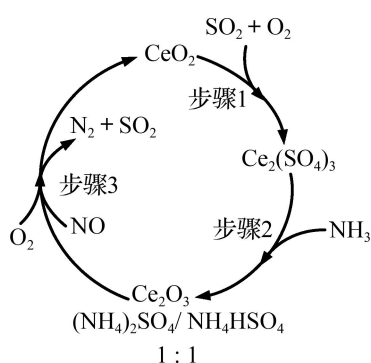
结合元素电负性分析活性中间体 B 的结构式为 \_\_\_\_\_。

(3) 烟气中  $\text{SO}_2$  会影响金属氧化物催化  $\text{NH}_3$  还原 NO 的效率。研究发现其可能原因主要有以下三点:  $\text{SO}_2$  与 NO 在催化剂表面发生竞争吸附, 抑制活性中间体的生成;  $\text{SO}_2$  与  $\text{NH}_3$  反应生成稳定性较弱的  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  和  $\text{NH}_4\text{HSO}_4$ , 覆盖了催化剂的活性位点; 金属氧化物与  $\text{SO}_2$  反应最终生成稳定性强的金属硫酸盐, 使催化剂的活性组分永远失效。

将一定比例的  $\text{NH}_3$ 、NO、 $\text{O}_2$ 、 $\text{N}_2$  充分混合均匀后, 以相同流速分别通过装有等质量  $\text{MnO}_2$  和  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  催化剂的反应器 1 h, 再分别向混合气体中添加少量  $\text{SO}_2$  继续通气 7 h 后, 将催化剂在 400 °C 下充分加热 1 h, 继续通入无  $\text{SO}_2$  的混合气体 2 h, 测得两个反应器中 NO 转化率随通气时间的曲线如图甲所示。



甲



乙

①0~1 h 内,  $\text{MnO}_2$  催化反应器中 NO 的转化率比  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  催化反应器中的大, 其原因是 \_\_\_\_\_。

②1~2 h 内,  $\text{MnO}_2$  催化  $\text{NH}_3$  还原 NO 的效率迅速降低的主要原因是 \_\_\_\_\_。

③我国学者通过大量实验研究发现添加  $\text{CeO}_2$  的复合催化剂具有优越的抗  $\text{SO}_2$  能力, 并基于实验事实提出了如图乙所示的  $\text{CeO}_2$  抗中毒反应物种转化示意图。

(i) 写出“步骤 2”的化学方程式: \_\_\_\_\_。

(ii)  $\text{CeO}_2$  能在  $250\text{ }^\circ\text{C}$  下保持其催化性能的原因是\_\_\_\_\_

---

[已知:  $\text{Ce}_2(\text{SO}_4)_3$  的理论分解温度为  $630\text{ }^\circ\text{C}$ ]。

可能用到的相对原子质量：H—1 C—12 N—14 O—16 S—32 K—39  
Ti—48 Mn—55 Fe—56

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 下列用于水处理的物质，主要成分属于有机物的是( )

- A. 活性炭 B. 聚丙烯滤膜  
C. 明矾 D. 二氧化氯

2 反应  $4\text{HCl} + \text{O}_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{CuO}} 2\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$  可实现工业副产品 HCl 资源再利用。下列说法正确的是( )

- A. O 位于元素周期表 VIA 族  
B. HCl 电子式为  $\text{H}^+[:\ddot{\text{Cl}}:]^-$   
C. 基态  $\text{Cu}^{2+}$  的电子排布式为  $3\text{d}^9$   
D.  $\text{H}_2\text{O}$  中既含极性键又含非极性键

3 实验室称量一定质量的  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  固体，并用于测定盐酸的浓度。下列相关原理、装置及操作不正确的是( )

- A. 称量  B. 加水溶解  C. 加指示剂  D. 滴定 

4 光卤石  $[\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$  可作为提取金属镁的矿物原料。下列说法正确的是( )

- A. 原子半径：  $r(\text{Cl}) > r(\text{Mg})$  B. 第一电离能：  $I_1(\text{K}) > I_1(\text{H})$   
C. 沸点：  $\text{H}_2\text{O} < \text{HCl}$  D. 碱性：  $\text{Mg}(\text{OH})_2 < \text{KOH}$

阅读下列材料，完成 5~7 题：

碳族元素及其化合物在自然界广泛存在且具有重要应用。甲烷是清洁能源，燃烧热大(890.3 kJ/mol)，完全燃烧生成  $\text{CO}_2$ ， $\text{CO}_2$  催化加氢可制  $\text{CH}_4$ ； $\text{Na}_2\text{CS}_3$  是一种杀菌剂；电解还原  $\text{SiO}_2$  可制得半导体材料晶体 Si，四氯化锗( $\text{GeCl}_4$ )水解可得到  $\text{GeO}_2$ ；醋酸铅  $[(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}]$  易溶于水，难电离，醋酸铅溶液可用于吸收  $\text{H}_2\text{S}$  气体。

5 下列说法正确的是( )

- A. 晶体 Si 属于分子晶体  
B. 1 mol  $\text{CS}_2$  中含有  $\sigma$  键数为 3 mol  
C.  $\text{GeCl}_4$  的空间结构为平面正方形  
D.  $\text{CO}_2$  中的 C 原子和  $\text{SiO}_2$  中的 Si 原子杂化方式相同



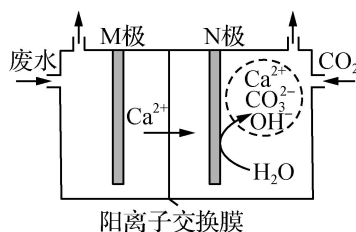
6 下列化学反应表示正确的是( )

- A. 甲烷的燃烧:  $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = +890.3 \text{ kJ/mol}$   
 B. 电解还原  $\text{SiO}_2$  制高纯 Si 的阴极反应:  $\text{SiO}_2 - 4\text{e}^- = \text{Si} + 2\text{O}^{2-}$   
 C. 水解  $\text{GeCl}_4$  制  $\text{GeO}_2$ :  $\text{GeCl}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{GeO}_2 \downarrow + 4\text{HCl}$   
 D. 醋酸铅溶液吸收  $\text{H}_2\text{S}$  气体:  $\text{Pb}^{2+} + \text{H}_2\text{S} = \text{PbS} \downarrow + 2\text{H}^+$

7 下列有关反应  $\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g}) \xrightarrow{\text{Ni/SiO}_2} \text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  的说法正确的是( )

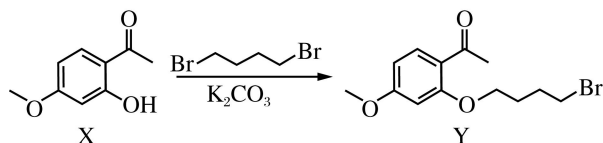
- A. 反应的  $\Delta S > 0$   
 B. 反应的平衡常数表达式  $K = \frac{c(\text{CH}_4) \cdot c^2(\text{H}_2\text{O})}{c(\text{CO}_2) \cdot c^4(\text{H}_2)}$   
 C. 反应的  $\Delta H = 4E(\text{C}-\text{H}) + 4E(\text{O}-\text{H}) - 2E(\text{C}=\text{O}) - 4E(\text{H}-\text{H})$  ( $E$  表示键能)  
 D. 反应在高温、高压和催化剂条件下进行可提高  $\text{H}_2$  的平衡转化率

8 冶金废水(主要含  $\text{CaCl}_2$ ) 通过“电解碳化”制备  $\text{CaCO}_3$  的装置如图所示。下列说法不正确的是( )



- A. M 极上产生黄绿色气体  
 B. 电解前后, N 极区溶液的 pH 基本不变  
 C. 电解总反应为  $\text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \xrightarrow{\text{通电}} \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2 \uparrow + \text{Cl}_2 \uparrow$   
 D. 1 mol  $\text{Ca}^{2+}$  通过阳离子交换膜时, 理论上共产生 44.8 L 的气体

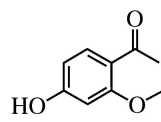
9 利用丹皮酚(X)合成一种药物中间体(Y)的流程如下:



下列有关化合物 X、Y 的说法不正确的是( )

- A. 可以用  $\text{FeCl}_3$  溶液鉴别 X 和 Y      B. 该反应属于取代反应

C. 反应前后  $\text{K}_2\text{CO}_3$  的质量不变

D. X 的沸点比  的低

10 海水资源综合利用过程中, 下列有关说法正确的是( )

A. 海水晒盐是利用溶质的溶解度随温度变化而变化的原理

B. 海水提镁的转化为  $\text{MgCl}_2(\text{aq}) \xrightarrow{\text{Ca(OH)}_2} \text{Mg(OH)}_2(\text{s}) \xrightarrow{\text{盐酸}} \text{MgCl}_2(\text{aq})$

$\xrightarrow{\text{通电}} \text{Mg}$

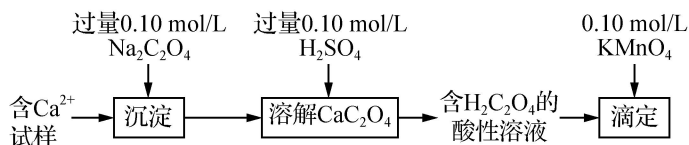
C. 用  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液吸收溴, 离子方程式为  $3\text{Br}_2 + 6\text{OH}^- = 5\text{Br}^- + \text{BrO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O}$

D. 将  $\text{I}^-$  氧化为  $\text{I}_2$  时, 加入过量的  $\text{H}_2\text{O}_2$  会使  $\text{I}_2$  的产率降低

11 室温下, 下列实验方案能达到探究目的的是( )

选项	实验方案	探究目的
A	向 2 mL 浓度均为 0.1 mol/L 的 NaCl 和 NaI 混合溶液中滴加 2 滴 0.1 mol/L 的 $\text{AgNO}_3$ 溶液, 观察产生沉淀的颜色	判断 $K_{\text{sp}}(\text{AgCl})$ 与 $K_{\text{sp}}(\text{AgI})$ 的大小
B	分别向 $\text{CH}_3\text{COONa}$ 和 $\text{NaCN}$ 溶液中滴加几滴酚酞试液, 观察溶液颜色	判断 $\text{CH}_3\text{COO}^-$ 和 $\text{CN}^-$ 结合 $\text{H}^+$ 能力的强弱
C	向滴有酚酞的 NaOH 溶液中滴加过量氯水, 观察溶液颜色	验证氯水的酸性
D	将浓硫酸与 $\text{Na}_2\text{SO}_3$ 反应生成的气体, 通入品红溶液中, 观察溶液颜色	验证浓硫酸的强氧化性

12 室温下, 测定溶液中  $\text{Ca}^{2+}$  浓度的流程如下:



已知  $K_{\text{sp}}[\text{CaC}_2\text{O}_4] = 2.5 \times 10^{-9}$ 。下列说法正确的是( )

A. 0.1 mol/L  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  溶液中:  $c(\text{Na}^+) = 2c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) + 2c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)$

B. “沉淀”后得到的上层清液中:  $c(\text{Ca}^{2+}) < 5 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$

C. 溶解得到的酸性溶液中:  $2c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) + c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) + c(\text{OH}^-) + 2c(\text{SO}_4^{2-}) = c(\text{H}^+)$

D. 滴定终点时的溶液中:  $c(\text{MnO}_4^-) > c(\text{Mn}^{2+})$

13 利用  $\text{MoCe}/\text{Al}_2\text{O}_3$  作催化剂, 可将废气中的  $\text{SO}_2$  转化为硫单质, 涉及的反应主要有:

反应 I:  $\text{SO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) = \text{H}_2\text{S}(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$

反应 II:  $\text{SO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{S}(\text{g}) = 3\text{S}(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$

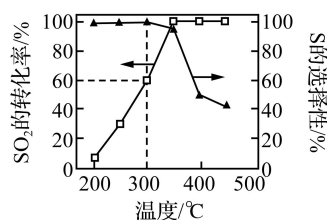
将  $n(\text{SO}_2) : n(\text{H}_2) = 1 : 3$  的混合气体以一定流速通过反应管, 其他条件不变, 出口处  $\text{SO}_2$  的转化率及 S 的选择性随温度的变化如图所示。下列说法正确的是( )

A. 低于 300 °C 时, 反应 I 的速率大于反应 II

B. 硫单质的产率随温度的升高而下降

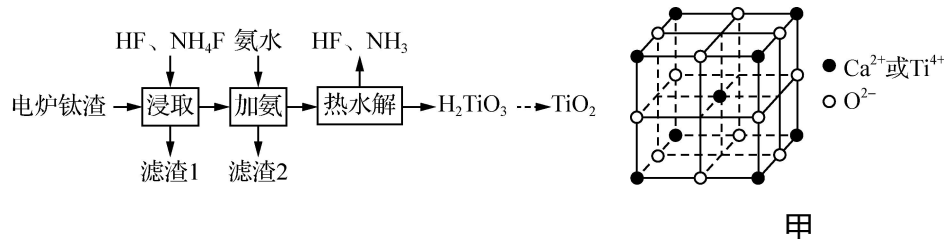
C. 300 °C 时, 出口处的气体中  $\text{H}_2\text{O}$  的体积分数约为 30%

D. 增大体系压强, S 单质的平衡选择性增大



## 二、非选择题：共 4 题，共 61 分。

14 (15 分) 以电炉钛渣（主要成分为  $\text{Fe}_2\text{TiO}_5$ ，含少量  $\text{CaTiO}_3$  等）为原料制备  $\text{TiO}_2$  催化剂的流程如下：



### (1) 原料

①  $\text{CaTiO}_3$  晶胞如图甲所示，其中  $\text{Ca}^{2+}$  的配位数（与金属离子距离最近且相等的  $\text{O}^{2-}$  的个数）比  $\text{Ti}^{4+}$  大，则处于晶胞体心的离子是\_\_\_\_\_。

② 常温下，根据  $K_a(\text{HF})=3.375 \times 10^{-4}$  计算得到 6 mol/L 的 HF 溶液中  $c(\text{H}^+)$  约为  $4.5 \times 10^{-2}$  mol/L，实际测得 6 mol/L 的 HF 溶液中  $c(\text{H}^+)$  远大于  $4.5 \times 10^{-2}$  mol/L，且存在稳定的  $\text{HF}_2^-$  离子，可能的原因是\_\_\_\_\_。

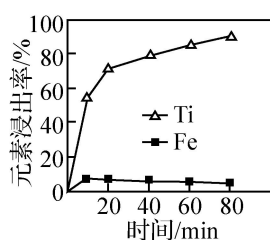
### (2) 浸取

用浓度均为 6 mol/L 的 HF 和  $\text{NH}_4\text{F}$  混合溶液浸取电炉钛渣， $\text{Fe}_2\text{TiO}_5$  中 Ti、Fe 元素的浸出率随时间的变化如图乙所示。已知： $\text{Fe}_2\text{TiO}_5$  能与 HF 反应转化为  $\text{FeF}_3$  和  $\text{TiF}_4$ ； $\text{NH}_4^+$  能与  $\text{FeF}_3$  生成微溶的  $(\text{NH}_4)_3\text{FeF}_6$ 。

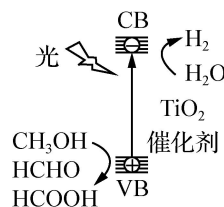
① 浸取时，发生反应的离子方程式为\_\_\_\_\_。

② 实验表明，用浓度均为 6 mol/L 的 HF 和  $\text{NH}_4\text{F}$  混合溶液浸出电炉钛渣的速率高于用 12 mol/L HF 溶液浸出的速率，其原因是\_\_\_\_\_。

③ 为提高 Ti 元素浸出速率，加料完成后，可采取的措施是\_\_\_\_\_。



乙



丙

### (3) 加氨

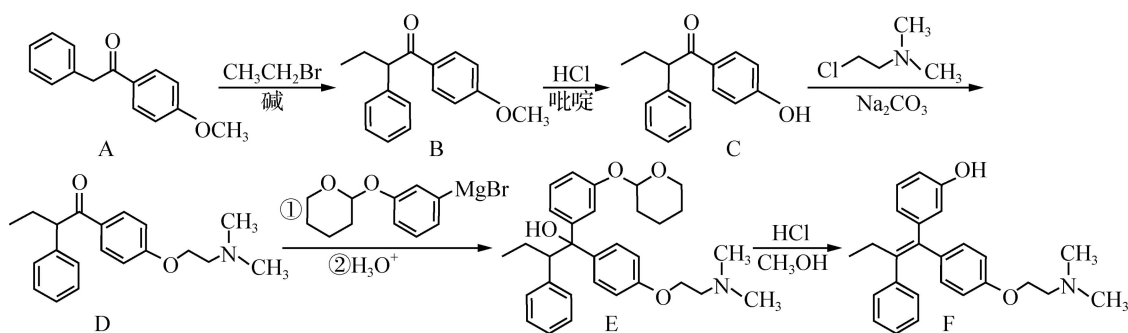
加入氨水的目的是\_\_\_\_\_。

(4)  $\text{TiO}_2$  催化甲醇水溶液光解制  $\text{H}_2$ ，同时可得到  $\text{HCHO}$ 、 $\text{HCOOH}$  等产物，

如图丙所示。光催化剂  $\text{TiO}_2$  的表观量子产率（ $\frac{\text{反应转移的电子数}}{\text{催化剂吸收的光子数}} \times 100\%$ ）为\_\_\_\_\_。

60%。实验测得催化剂吸收的光子数为  $1.4 \times 10^{-4} \text{ mol}$ ，溶液中产生  $\text{HCHO}$  的物质的量为  $2 \times 10^{-5} \text{ mol}$ ，根据以上数据计算生成  $\text{HCOOH}$  的物质的量（不考虑其他产物，写出计算过程）。

15 (15 分) 化合物 F 是一种心血管药物，其合成路线如下：

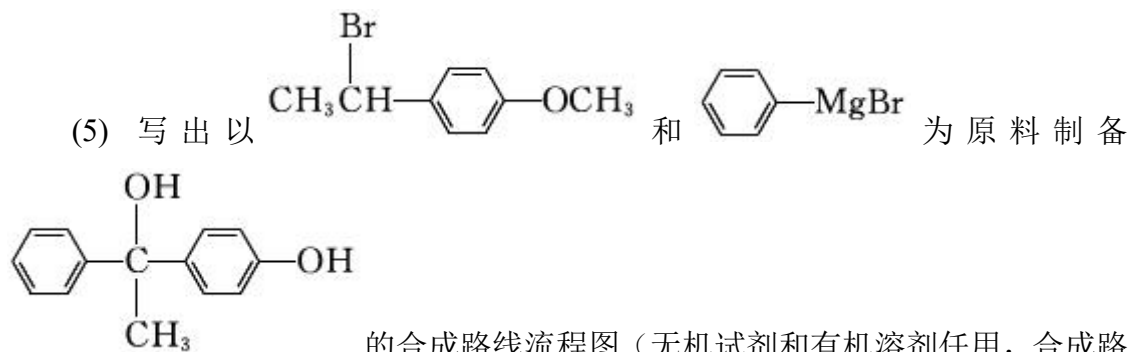


(1) C 中含氧官能团的名称为\_\_\_\_\_。

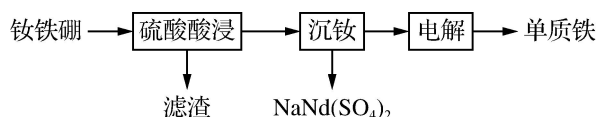
(2) 化合物 E 中有\_\_\_\_\_个手性碳原子。

(3) 若 A 经过步骤  $\xrightarrow[\text{吡啶}]{\text{HCl}}$   $\xrightarrow[\text{碱}]{\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br}}$  得到的产物中有一种 C 的同分异构体，则该产物的结构简式为\_\_\_\_\_。

(4) 写出同时满足下列条件的 A 的一种同分异构体的结构简式：\_\_\_\_\_。酸性条件下水解生成两种产物；两种产物均含有 4 种不同化学环境的氢原子，且苯环上的一氯代物均只有 2 种。

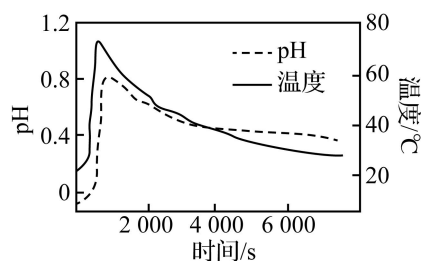


16 (16 分) 通过处理废旧磁性合金钕铁硼( $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ )可回收钕与铁。



### I. 湿法分离

(1) 向钕铁硼中加入硫酸，钕、铁分别转化为  $\text{Nd}^{3+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$  进入滤液。酸浸过程中溶液温度、pH 随时间变化如图甲所示。已知：常温下， $K_{a2}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 10^{-2}$ ； $\text{HSO}_4^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) \quad \Delta H < 0$ 。



① 常温下，pH = 1.0 的硫酸中  $\frac{c(\text{HSO}_4^-)}{c(\text{SO}_4^{2-})}$  = \_\_\_\_\_。

甲

② 酸浸初始阶段溶液的 pH 迅速上升的原因是 \_\_\_\_\_。

(2) 向酸浸后的滤液中加入 NaOH 溶液，可将  $\text{Nd}^{3+}$  转化为  $\text{NaNd}(\text{SO}_4)_2$  沉淀分离。

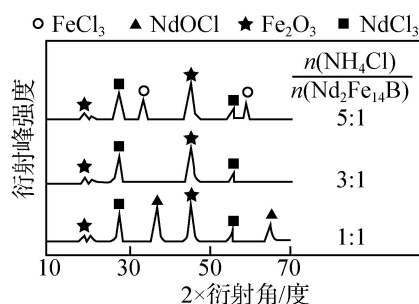
① 若加入 NaOH 溶液过多，放置时间过长可能会产生  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  或  $\text{FeOOH}$ 。 $\text{Fe}^{2+}$  转化为  $\text{FeOOH}$  的离子方程式为 \_\_\_\_\_。

② 检验所得  $\text{NaNd}(\text{SO}_4)_2$  沉淀中是否含有铁元素的实验方案为 \_\_\_\_\_。

(3) 将沉钕后过滤所得的滤液（含  $\text{FeSO}_4$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4$ ）电解可获得铁。为提高阴极的电解效率，可加入少量具有还原性的弱酸盐柠檬酸钠，其作用是 \_\_\_\_\_。

### II. 干法分离

(4) 不同  $\frac{n(\text{NH}_4\text{Cl})}{n(\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B})}$  的固体混合物在空气中焙烧所得固体物质的 X 射线衍射图（可用于判断某晶态物质是否存在）如图乙所示。已知： $\text{Nd}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$ 、 $\text{Fe}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$  难溶于水， $\text{NdOCl}$  微溶于水， $\text{NdCl}_3$  可溶于水。



请补充完整以  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  原料制备  $\text{Nd}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$

的实验方案：将  $\frac{n(\text{NH}_4\text{Cl})}{n(\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B})} = \underline{\hspace{2cm}}$  的固体混合

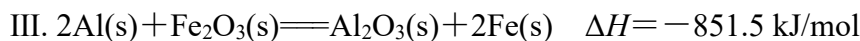
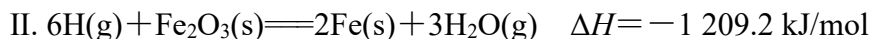
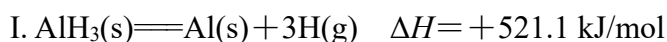
乙

物在坩埚中焙烧，冷却至室温后将固体转移至烧杯中，\_\_\_\_\_。

洗涤，干燥[须使用的试剂： $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  溶液]。

17★ (15 分) 储能材料是当前研究的热点。

(1)  $\text{AlH}_3$  易分解释氢，且可与固体氧化物混合作固体燃料推进剂。 $\text{AlH}_3$  与  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  的反应过程如下：

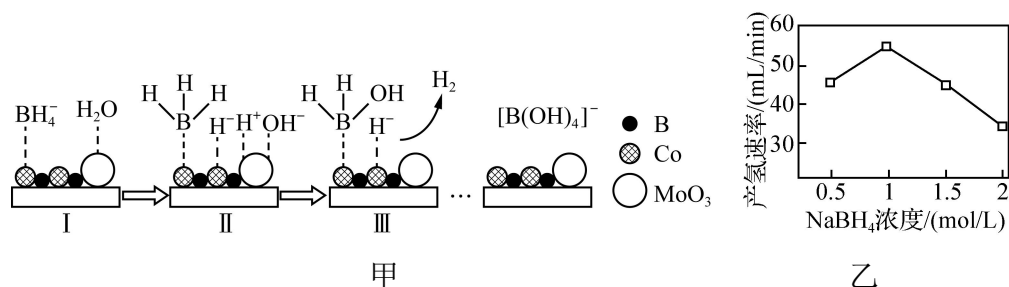


①  $\text{LiAlH}_4$  和  $\text{AlCl}_3$  在无水乙醚中反应可以生成  $\text{AlH}_3$  和  $\text{LiCl}$ ，该反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。

② 反应  $2\text{AlH}_3(\text{s}) + 2\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) = 4\text{Fe}(\text{s}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$  的  $\Delta H =$ \_\_\_\_\_。

③  $\text{AlH}_3$  与普通铝粉相比， $\text{AlH}_3$  与  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  反应更容易引发的原因是\_\_\_\_\_。

(2)  $\text{NaBH}_4$  是一种储氢材料，Co-B 催化剂催化  $\text{NaBH}_4$  释氢的原理是  $\text{OH}^-$  使催化剂表面的  $\text{BH}_4^-$  释放  $\text{H}^-$ ，催化剂表面的  $\text{H}^-$  与  $\text{H}^+$  结合生成  $\text{H}_2$  (Co 容易吸附阴离子)。在 Co-B 催化剂中掺有  $\text{MoO}_3$  会提高  $\text{NaBH}_4$  释氢速率，其部分机理如图甲所示。



①  $\text{NaBH}_4$  水解生成  $\text{H}_2$  和  $[\text{B}(\text{OH})_4]^-$  的离子方程式为\_\_\_\_\_。

② 用重水( $\text{D}_2\text{O}$ )代替  $\text{H}_2\text{O}$ ，通过检测反应生成的\_\_\_\_\_可以判断制氢的机理。

③ 掺有  $\text{MoO}_3$  能提高催化效率的原理是\_\_\_\_\_。

④ 产氢速率与  $\text{NaBH}_4$  浓度的关系如图乙所示。当  $\text{NaBH}_4$  浓度大于  $1 \text{ mol/L}$  时，产氢速率下降的原因是\_\_\_\_\_。

可能用到的相对原子质量：H—1 C—12 N—14 O—16 Na—23 Si—28  
S—32 Cl—35.5 Mn—55 Fe—56 Cu—64 Ag—108 Pr—141

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。

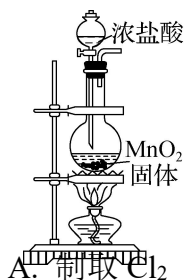
1 我国科学家研究“嫦娥六号”采集的月球土壤，分析揭示月壤中存在  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$  等多种氧化物，其中  $\text{SiO}_2$  属于( )

- A. 酸性氧化物 B. 两性氧化物 C. 过氧化物 D. 金属氧化物

2 反应  $8\text{NH}_3 + 3\text{Cl}_2 = 6\text{NH}_4\text{Cl} + \text{N}_2$  可用于检测气体泄漏，下列说法正确的是( )

- A.  $\text{NH}_3$  为非极性分子 B. 中子数为 18 的氯原子： $^{18}\text{Cl}$   
C.  $\text{NH}_4\text{Cl}$  中既含有离子键，又含有共价键 D.  $\text{N}_2$  的电子式： $\text{N}::\text{N}$

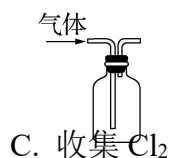
3 实验室利用下列装置进行  $\text{Cl}_2$  的有关实验，无法达到实验目的的是( )



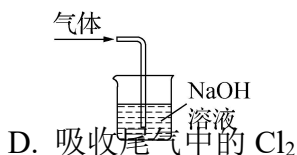
A. 制取  $\text{Cl}_2$



B. 除去  $\text{Cl}_2$  中的  $\text{HCl}$



C. 收集  $\text{Cl}_2$



D. 吸收尾气中的  $\text{Cl}_2$

4 硫磷酸铵  $[(\text{NH}_4)_2(\text{H}_2\text{PO}_4)(\text{HSO}_4)]$  具有改良土壤等多种用途，下列说法正确的是( )

- A. 沸点： $\text{NH}_3 < \text{PH}_3$  B. 电负性： $\chi(\text{S}) < \chi(\text{P})$   
C. 电离能： $I_1(\text{O}) < I_1(\text{N})$  D. 酸性： $\text{H}_2\text{SO}_4 < \text{H}_3\text{PO}_4$

5 下列物质的性质与用途具有对应关系的是( )

- A.  $\text{SO}_2$  有还原性，可用于漂白草编织物  
B. 浓硫酸有脱水性，可用于干燥某些气体  
C.  $\text{KIO}_3$  受热可分解，可用作食盐的碘添加剂  
D.  $\text{ClO}_2$  有强氧化性，可用作水体杀菌消毒剂

阅读下列材料，完成 6~8 题：

C、Si 及其化合物应用广泛。CH<sub>4</sub> 具有较大的燃烧热(890.3 kJ/mol)，常用作燃料；工业上可用 CH<sub>4</sub> 与 H<sub>2</sub>O 反应生产 H<sub>2</sub>，CH<sub>4</sub>(g)+H<sub>2</sub>O(g)⇌CO(g)+3H<sub>2</sub>(g) ΔH=+161.1 kJ/mol；用焦炭还原 SiO<sub>2</sub> 可制得粗硅，再发生两步反应可制得精硅：Si(s)+3HCl(g) $\xrightarrow{\Delta}$ SiHCl<sub>3</sub>(g)+H<sub>2</sub>(g)、SiHCl<sub>3</sub>(g)+H<sub>2</sub>(g) $\xrightarrow{\Delta}$ Si(s)+3HCl(g)，反应过程中可能会生成 SiCl<sub>4</sub>；硅酸钠的水溶液俗称水玻璃，是一种矿物黏合剂，通入 CO<sub>2</sub> 生成 H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> 沉淀。

6 下列说法正确的是( )

- A. 1 mol 晶体硅中含有 2 mol Si—Si
- B. 金刚石与石墨中碳碳键的夹角都为 109°28′
- C. CH<sub>4</sub>、SiHCl<sub>3</sub>、SiCl<sub>4</sub> 分子的空间结构均为正四面体形
- D. CO<sub>2</sub> 分子中碳原子的杂化轨道类型为 sp<sup>2</sup>

7 下列化学反应表示正确的是( )

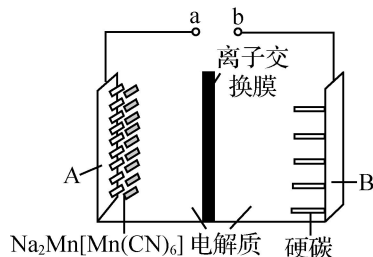
- A. 制粗硅的化学方程式：SiO<sub>2</sub>+2C $\xrightarrow{\Delta}$ Si+2CO ↑
- B. 甲烷空气碱性燃料电池正极反应式：CH<sub>4</sub>-8e<sup>-</sup>+10OH<sup>-</sup>⇌CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>+7H<sub>2</sub>O
- C. 甲烷燃烧的热化学方程式：CH<sub>4</sub>(g)+2O<sub>2</sub>(g)⇌CO<sub>2</sub>(g)+2H<sub>2</sub>O(g) ΔH=-890.3 kJ/mol
- D. 硅酸钠溶液中通入过量 CO<sub>2</sub> 反应的离子方程式：SiO<sub>3</sub><sup>2-</sup>+CO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>O⇌CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>+H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> ↓

8 对于反应 CH<sub>4</sub>(g)+H<sub>2</sub>O(g)⇌CO(g)+3H<sub>2</sub>(g)，下列说法正确的是( )

- A. 反应的平衡常数可表示为  $K=\frac{c(\text{CO})\cdot c^3(\text{H}_2)}{c(\text{CH}_4)}$
- B. 该反应的反应物总键能小于生成物总键能
- C. 升高温度，正反应速率增大，逆反应速率减小，平衡正向移动
- D. 其他条件相同，增大  $\frac{n(\text{CH}_4)}{n(\text{H}_2\text{O})}$ ，CH<sub>4</sub> 的转化率下降

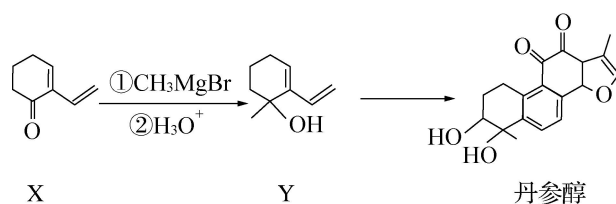
9 第二代钠离子电池是以嵌钠硬碳(Na<sub>x</sub>C<sub>y</sub>)和锰基高锰普鲁士白{Na<sub>2</sub>Mn[Mn(CN)<sub>6</sub>] }为电极的新型二次电池，充电时 Na<sup>+</sup> 嵌入硬碳，放电时发生脱嵌，其工作原理如图所示。下列说法正确的是( )

- A. 充电时，a 接电源的负极
- B. 充电时，B 极反应式为 C<sub>y</sub>+xNa<sup>+</sup>+xe<sup>-</sup>⇌Na<sub>x</sub>C<sub>y</sub>
- C. 放电时，Na<sup>+</sup> 穿过离子交换膜向 B 极移动
- D. 放电时，每转移 1 mol 电子，A 极质量减少 23 g





10 丹参醇是存在于丹参中的一种天然产物。合成丹参醇的部分路线如下：



下列说法正确的是( )

- A. X 分子中所有碳原子可能共平面
- B. Y 与  $\text{Br}_2$  发生加成反应最多可生成 3 种有机产物
- C. 丹参醇能发生加成反应、取代反应、氧化反应和消去反应
- D. Y 与丹参醇分子中均含有 1 个手性碳原子

11 室温下，根据下列实验过程及现象，能验证相应实验结论的是( )

选项	实验过程及现象	实验结论
A	向 2 mL 0.1 mol/L $\text{FeCl}_2$ 溶液中滴加几滴酸性 $\text{KMnO}_4$ 溶液，溶液紫色褪去	$\text{Fe}^{2+}$ 具有还原性
B	取 2 mL 0.1 mol/L $\text{KI}$ 溶液于试管中，加入 0.5 mL 0.1 mol/L $\text{FeCl}_3$ 溶液，充分反应后滴入几滴 $\text{KSCN}$ 溶液，溶液变成红色	$\text{KI}$ 与 $\text{FeCl}_3$ 溶液的反应有一定限度
C	用 pH 试纸分别测 $\text{CH}_3\text{COONa}$ 溶液和 $\text{NaNO}_2$ 溶液的 pH， $\text{CH}_3\text{COONa}$ 溶液的 pH 大	$K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) < K_a(\text{HNO}_2)$
D	向 2 mL 0.1 mol/L $\text{AgNO}_3$ 溶液中先滴加 4 滴 0.1 mol/L $\text{KCl}$ 溶液，再滴加 4 滴 0.1 mol/L $\text{KI}$ 溶液，先产生白色沉淀，后产生黄色沉淀	$K_{\text{sp}}(\text{AgI}) < K_{\text{sp}}(\text{AgCl})$

12 室温下，通过下列实验制备少量  $\text{NaHCO}_3$  并探究其性质。

实验 1：测得 100 mL 14 mol/L 氨水的 pH 约为 12.0。

实验 2：向上述氨水中加入  $\text{NaCl}$  至饱和，通入足量  $\text{CO}_2$ ，经过滤、洗涤、干燥得到  $\text{NaHCO}_3$  固体。

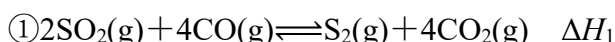
实验 3：配制 100 mL 0.1 mol/L  $\text{NaHCO}_3$  溶液，测得溶液 pH 为 8.0。

实验 4：向 2 mL 0.1 mol/L  $\text{NaHCO}_3$  溶液中滴加几滴 0.1 mol/L  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  溶液，产生白色沉淀。

下列说法正确的是( )

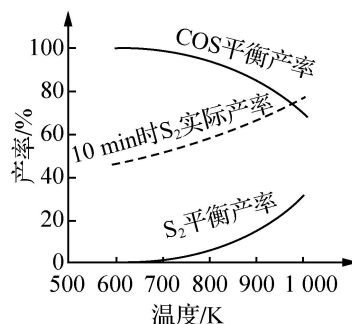
- A. 依据实验 1 推测： $K_b(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) \approx 7 \times 10^{-26}$
- B. 实验 2 所得滤液中存在： $c(\text{NH}_4^+) + c(\text{H}^+) + c(\text{Na}^+) = c(\text{Cl}^-) + c(\text{OH}^-)$
- C. 实验 3 的溶液中存在： $c(\text{CO}_3^{2-}) - c(\text{H}_2\text{CO}_3) = 9.9 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$
- D. 实验 4 发生反应的离子方程式： $2\text{HCO}_3^- + \text{Ba}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{BaCO}_3 \downarrow + \text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$

13\* 工业尾气中含有 CO 和 SO<sub>2</sub>，可将尾气通过催化剂进行处理，发生以下反应：



600~1 000 K 范围内，SO<sub>2</sub> 平衡转化率接近 100%。其他条件相同，不同温度下，S<sub>2</sub>、COS 平衡产率和 10 min 时 S<sub>2</sub> 实际产率如图所示。下列说法正确的是( )

- A. 一定存在  $\Delta H_1 > 0$
- B. 升高温度，S<sub>2</sub> 平衡产率上升的可能原因是反应物浓度增大对平衡的影响超过温度升高的影响
- C. 900 K，10 min 后继续反应足够长时间，S<sub>2</sub> 实际产率的变化趋势可能为先增大后保持不变
- D. 用该方法处理工业尾气回收单质硫(S<sub>2</sub>)，反应的温度越高越好

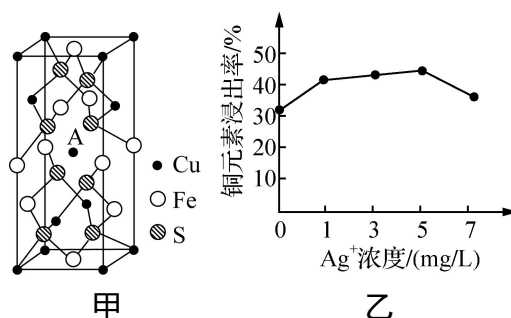


## 二、非选择题：共 4 题，共 61 分。

14 (15 分) 实验室以黄铜矿（主要含有 CuFeS<sub>2</sub>）为原料可制取草酸铜(CuC<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)，草酸铜可用于制备纳米材料、复合材料等。已知：Cu(OH)<sub>2</sub> 的分解温度为 185 °C，CuCO<sub>3</sub> 的分解温度为 200 °C。

### I. CuFeS<sub>2</sub> 的晶胞结构

(1) CuFeS<sub>2</sub> 的一种晶体晶胞结构如图甲所示（其中 S 原子均位于晶胞内部），该 CuFeS<sub>2</sub> 晶体的一个晶胞中 Cu 的数目为\_\_\_\_\_。在图 1 中用“—”将 Cu 原子（图示中的 A）与其紧邻的 S 原子连接起来。



### II. 黄铜矿浸取法制取硫酸铜

在酸性、有氧条件下，某种细菌能催化 CuFeS<sub>2</sub> 转化成硫酸盐的反应。

(2) 该反应的离子方程式为\_\_\_\_\_，生成的 Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> 又可将 CuFeS<sub>2</sub> 氧化。

(3) Ag<sup>+</sup> 对上述过程有催化作用。其他条件相同，浸出时间为 15 天，不同 Ag<sup>+</sup> 浓度对铜元素浸出率的影响如图乙所示，Ag<sup>+</sup> 浓度从 5 mg/L 上升到 7 mg/L 阶段，铜元素浸出率下降的原因是\_\_\_\_\_。

### III. 草酸铜的制取及应用

(4) 将上述黄铜矿浸出液分离提纯，得到的硫酸铜溶液与草酸反应可制备 CuC<sub>2</sub>O<sub>4</sub>，反应的离子方程式为  $\text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons \text{CuC}_2\text{O}_4 \downarrow + 2\text{H}^+$ ，常温下该反应



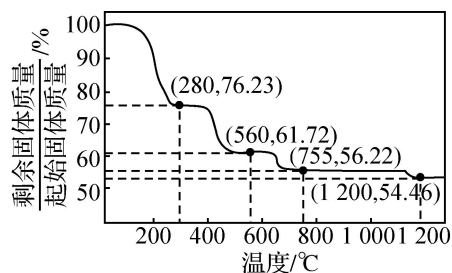
和题干流程条件中出现的有机溶剂任用，合成路线流程图示例见本题题干）。

16 (15 分)回收镨铁合金抛光废料(含 Fe 和少量 Pr 及杂质),可制备  $\text{Pr}_6\text{O}_{11}$  和  $\text{Pr}(\text{OH})_3$ 。镨铁合金抛光废料经除铁、萃取、反萃取可得  $\text{PrCl}_3$  溶液。Pr 的常见化合价为 +3 和 +4。

(1) 沉淀  $\text{Pr}^{3+}$ 。搅拌下，将一定量的  $\text{PrCl}_3$  溶液与沉淀剂  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液充分反应，过滤得到  $\text{Pr}_2(\text{CO}_3)_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  沉淀，发生反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。  
沉淀剂用  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液比用  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  溶液得到的沉淀颗粒更加致密，可能的原因是\_\_\_\_\_。

(2)  $\text{Pr}_6\text{O}_{11}$  的制备和性质。

①将  $\text{Pr}_2(\text{CO}_3)_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  置于空气中灼烧，测得剩余固体质量与起始固体质量的比值随温度变化的曲线如图所示。制备  $\text{Pr}_6\text{O}_{11}$  最适宜的温度为\_\_\_\_\_（写出计算过程）。



②将 0.5 g  $\text{Pr}_6\text{O}_{11}$  加入 20 mL 30%  $\text{H}_2\text{O}_2$  酸性溶液中产生大量气泡，反应后镨元素仅以  $\text{Pr}^{3+}$  的形式存在。该反应的离子方程式为\_\_\_\_\_。

(3)  $\text{Pr}(\text{OH})_3$  的制备。用萃取剂 P507 $[(\text{HA})_2]$  萃取  $\text{Pr}^{3+}$  的原理： $\text{Pr}^{3+} + 3(\text{HA})_2$

$\xrightleftharpoons[\text{反萃取}]{\text{萃取}} 3\text{H}^+ + \text{Pr}(\text{HA}_2)_3$ （有机层）。

已知：①P507 对  $\text{Pr}^{3+}$  和  $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$  都有萃取作用，对杂质离子无萃取作用；

② $\text{Pr}^{3+}$  开始沉淀的 pH 为 8， $\text{Fe}^{3+}$  完全沉淀的 pH 为 3.7， $\text{Fe}^{2+}$  完全沉淀的 pH 为 9.7。

为获得较高纯度  $\text{Pr}(\text{OH})_3$ ，请补充完整实验方案：将一定量镨铁合金抛光废料加入稀盐酸中，\_\_\_\_\_。

浓缩后得  $\text{PrCl}_3$  溶液，向溶液中滴加 1.0 mol/L

NaOH 溶液至不再产生沉淀,过滤,用蒸馏水洗涤,将固体干燥,得到  $\text{Pr}(\text{OH})_3$  (须选用的试剂和仪器: 1.0 mol/L HCl 溶液、1.0 mol/L NaOH 溶液、1.0 mol/L  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液、P507、分液漏斗)。

17 (16 分)  $\text{CO}_2$  的分离回收和资源化利用具有重要意义。

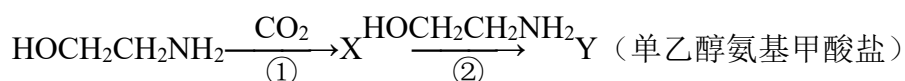
### I. $\text{CO}_2$ 的分离回收

乙醇胺类水溶液对  $\text{CO}_2$  气体具有优良的吸收性能。在  $20\sim 40\text{ }^\circ\text{C}$  条件下,单乙醇胺( $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ )水溶液吸收  $\text{CO}_2$  生成单乙醇氨基碳酸盐,升温至较高温度可实现吸收剂的再生。在吸收过程中,部分单乙醇胺会与  $\text{CO}_2$  反应生成单乙醇氨基甲酸盐,对设备有强腐蚀性。N 甲基二乙醇胺 $[(\text{CH}_3)\text{N}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH})_2]$ 水溶液吸收  $\text{CO}_2$  时,生成氨基碳酸氢盐,较低温度即可实现吸收剂再生。

(1) 单乙醇胺水溶液吸收  $\text{CO}_2$  生成单乙醇氨基碳酸盐的反应是\_\_\_\_\_ (填“吸热”或“放热”)反应。

(2) 利用 20%单乙醇胺水溶液吸收  $\text{CO}_2$ ,测得高于  $40\text{ }^\circ\text{C}$  时,单乙醇胺水溶液吸收  $\text{CO}_2$  的吸收率随温度升高呈现下降趋势,其主要原因是\_\_\_\_\_。

(3) 单乙醇胺与  $\text{CO}_2$  反应生成单乙醇氨基甲酸盐,该过程分两步进行:



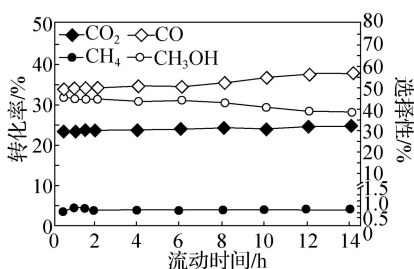
其中第①步反应类型为\_\_\_\_\_。

(4) 与 N-甲基二乙醇胺相比,单乙醇胺作为  $\text{CO}_2$  吸收剂的缺点是\_\_\_\_\_。

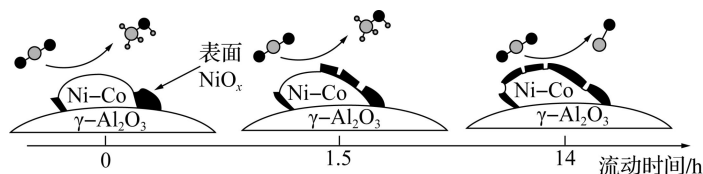
### II. $\text{CO}_2$ 的资源化利用

某研究团队使用  $\text{Ni-Co}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  催化二氧化碳加氢制甲醇。

(5) 反应选择性研究。将一定比例  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2$  的混合气体匀速通过装有  $\text{Ni-Co}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  催化剂的反应器,测得  $\text{CO}_2$  的转化率和产物的选择性随流动时间的变化如图甲所示,催化剂表面反应随流动时间的变化示意图如图乙所示,甲醇选择性发生变化的原因是\_\_\_\_\_。

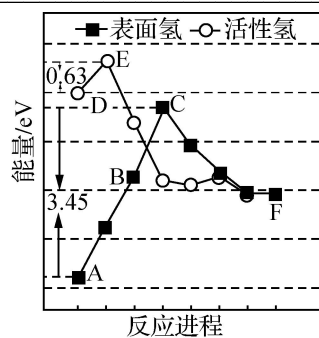


甲

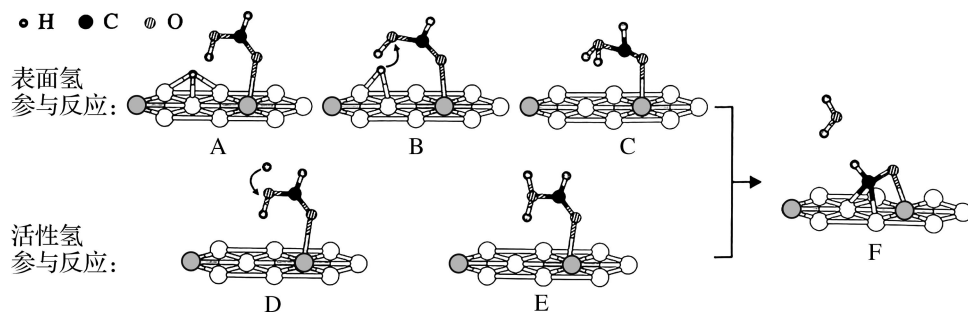


乙

(6) 反应机理研究。中间体 $^*\text{CHOOH}$ 转化为中间体 $^*\text{CHO}$ 是反应的决速步骤，表面氢或活性氢参与反应过程中的能量变化和部分中间体结构示意图分别如图丙和图丁所示。更有利于反应进行的氢为\_\_\_\_\_（填“表面氢”或“活性氢”），从结构和能量的视角分析其原因是\_\_\_\_\_



丙



丁

本试卷分选择题和非选择题两部分，共100分，考试用时75分钟。

可能用到的相对原子质量：H—1 C—12 N—14 O—16 Na—23  
Mg—24 P—31 Cu—64

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 1981 年，我国在世界上首次人工合成核糖核酸。下列物质属于高分子化合物的是( )

- A. 核酸 B. 磷酸  
C. 核糖 D. 脱氧核糖

2 下列实验选用的实验药品正确的是( )

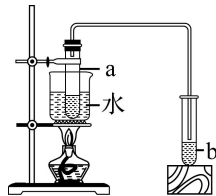
- A. 稀硫酸：去除锅炉内水垢 B. 浓硝酸：进行苯的硝化反应  
C. 浓硫酸：进行蔗糖的水解实验 D. 稀盐酸：清洗残留  $\text{MnO}_2$  的试管

3 反应  $\text{SO}_2 + 2\text{CO} \rightleftharpoons \text{S} + 2\text{CO}_2$  可用于燃煤烟气脱硫。下列说法正确的是( )

- A.  $\text{SO}_2$  的 VSEPR 模型为 V 形 B.  $\text{CO}_2$  的空间结构为直线形  
C. 第一电离能： $I_1(\text{C}) > I_1(\text{O})$  D. 上述反应中  $\text{SO}_2$  作还原剂

4 实验室在如图所示装置中制备乙酸乙酯。下列说法正确的是( )

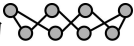
- A. 在试管 a 中先加入浓硫酸，再加入乙醇和乙酸  
B. 试管 b 中的试剂为饱和  $\text{NaOH}$  溶液  
C. 试管 b 中的导管应伸入溶液液面以下  
D. 若改为酒精灯直接加热，则产物的纯度下降



5 石油加工时获得副产物  $\text{H}_2\text{S}$ ，催化热解  $\text{H}_2\text{S}$  可同时回收  $\text{S}_8$  和  $\text{H}_2$ 。下列说法正确的是( )

- A. 石油经分馏、催化裂化和裂解加工时，均主要发生化学变化

B.  $\text{H}_2\text{S}$  的形成可用电子式表示为  $\text{H} \cdot + \cdot \ddot{\text{S}} \cdot + \cdot \text{H} \rightarrow \text{H} : \ddot{\text{S}} : \text{H}$

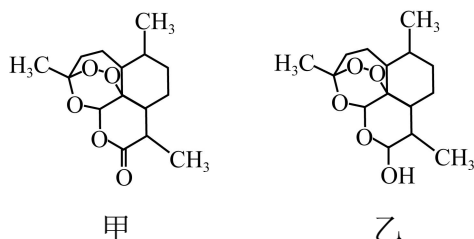
C.  $\text{S}_8$  (结构为 ) 分子中含有非极性键，固态时为共价晶体

D.  $\text{H}_2$  中  $\sigma$  键的形成可用电子云轮廓图表示为



阅读下列材料，完成 6~8 题：

青蒿素是治疗疟疾的有效药物。科学家经历了用水、乙醇、乙醚提取青蒿素的过程，最终选用乙醚冷浸法提取青蒿素，并确定了其结构如图甲所示。进一步研究发现，将青蒿素选择性地还原成双氢青蒿素（结构如图乙），极大提高了治疗疟疾的效果。



6 下列有关说法正确的是( )

- A.  $\text{H}_2\text{O}$  分子为非极性分子
- B. 乙醇与乙醚互为同系物
- C. 青蒿素中 C 原子轨道杂化类型均为  $\text{sp}^3$
- D. 双氢青蒿素比青蒿素多 1 个手性碳原子

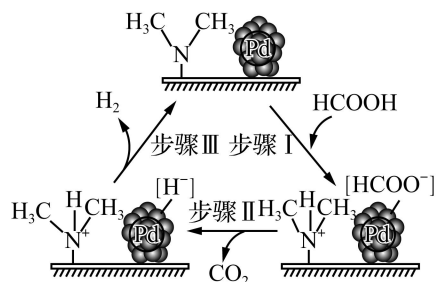
7 下列有关研究青蒿素的实验说法不正确的是( )

- A. 通过萃取法可获得含青蒿素的提取液
- B. 通过元素分析仪可确定青蒿素的元素组成
- C. 通过核磁共振氢谱可确定青蒿素的分子式
- D. 通过 X 射线衍射可确定青蒿素的分子结构

8  $\text{NaBH}_4$  可将青蒿素还原成双氢青蒿素。下列有关物质结构、性质或转化的推测不正确的是( )

- A. 青蒿素中的  $\text{—O—O—}$  对热不稳定
- B. 双氢青蒿素能使淀粉-KI 溶液变蓝
- C. 双氢青蒿素的水溶性优于青蒿素
- D. 可用  $\text{H}_2$  代替  $\text{NaBH}_4$  实现上述转化

9 甲酸在金属有机胺催化剂作用下分解制氢的反应为  $\text{HCOOH(l)} = \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ ，可能的反应机理如图所示。下列说法不正确的是( )



- A. 催化剂中的 Pd 带部分正电荷
- B. 步骤 I 有配位键形成
- C. 步骤 III 中每生成 1 mol  $\text{H}_2$ ，转移电子的数目约为  $2 \times 6.02 \times 10^{23}$
- D. 若以  $\text{DCOOH}$  代替  $\text{HCOOH}$ ，则生成 HD



$$\begin{array}{c}
 \text{H}_2\text{C}=\text{CH} \\
 | \\
 \text{HN}-\text{C}=\text{O} \\
 | \\
 \text{C}_6\text{H}_4 \\
 | \\
 \text{a} \quad \text{C}_{12}\text{H}_{18}\text{O}_6 \\
 \text{X}
 \end{array}
 +
 \begin{array}{c}
 \text{H}_2\text{C}=\text{CH} \\
 | \\
 \text{HO}-\text{C}=\text{O} \\
 \text{b} \\
 \text{Y}
 \end{array}
 \xrightarrow[\text{THF, } 65^\circ\text{C}]{\text{AIBN}}
 \begin{array}{c}
 \text{H}_2\text{C}=\text{CH} \\
 | \\
 \text{HN}-\text{C}=\text{O} \\
 | \\
 \text{C}_6\text{H}_4 \\
 | \\
 \text{C}_{12}\text{H}_{18}\text{O}_6 \\
 \text{PAB}
 \end{array}
 \left[ \text{H}_2\text{C}-\text{CH} \right]_a \left[ \text{H}_2\text{C}-\text{CH} \right]_b
 \begin{array}{c}
 | \\
 \text{C}=\text{O} \\
 | \\
 \text{HO}
 \end{array}$$

A. X 分子中所有原子可能在同一平面内  
B. PAB 没有固定的熔、沸点  
C. 该合成反应属于加聚反应  
D. PAB 的空腔直径与  $\text{Cs}^+$  的直径接近

选项	实验过程和现象	实验结论
A	向等质量的 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 和 $\text{NaHCO}_3$ 固体中分别加入等体积蒸馏水, $\text{NaHCO}_3$ 固体未完全溶解	溶解性: $\text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{NaHCO}_3$
B	向 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 粉末和 $\text{Al}$ 粉的均匀混合物中插入点燃的 $\text{Mg}$ 条, 火星四射, 有液态 $\text{Fe}$ 从固体中流出	金属活动性: $\text{Mg} > \text{Fe}$
C	向 2 mL 0.1 mol/L $\text{FeI}_2$ 溶液中滴入几滴新制氯水, 溶液变为黄色	还原性: $\text{I}^- > \text{Cl}^-$
D	向 2 mL 0.1 mol/L $\text{CuSO}_4$ 溶液中滴入几滴饱和 $\text{H}_2\text{S}$ 溶液, 产生黑色沉淀	酸性: $\text{H}_2\text{SO}_4 > \text{H}_2\text{S}$

```

graph LR
    A[烟气中的SO2] --> B[吸收]
    C[缓冲溶液] --> B
    B --> D[解吸]
    D --> E[SO2]
    D --> B
  
```

B. 吸收和解吸时，主要发生反应： $\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{HPO}_4^{2-} \xrightleftharpoons[\text{解吸}]{\text{吸收}} \text{HSO}_3^- + \text{H}_2\text{PO}_4^-$

C. 当缓冲溶液吸收  $\text{SO}_2$  至溶液的  $\text{pH}=5$  时:  $c(\text{H}_2\text{SO}_3)>c(\text{SO}_3^{2-})$

D. 缓冲溶液中  $\frac{c(\text{H}_2\text{PO}_4^-)}{c(\text{HPO}_4^{2-})}$  越大, 则烟气中  $\text{SO}_2$  的吸收效率越高

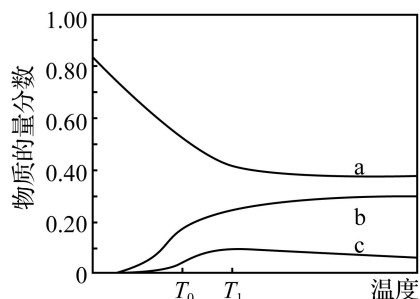
13  $\text{CaO}$  用于  $\text{C-H}_2\text{O}$  体系制  $\text{H}_2$  工艺的主要反应(忽略其他副反应)如下:

反应 I:  $\text{C(s)} + \text{H}_2\text{O(g)} \rightleftharpoons \text{CO(g)} + \text{H}_2\text{(g)}$   
 $\Delta H_1 > 0$

反应 II:  $\text{CO(g)} + \text{H}_2\text{O(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_2\text{(g)} + \text{H}_2\text{(g)}$   
 $\Delta H_2 < 0$

反应 III:  $\text{CaO(s)} + \text{CO}_2\text{(g)} \rightleftharpoons \text{CaCO}_3\text{(s)}$   $\Delta H_3 < 0$

一定压强下,  $\text{C-H}_2\text{O-CaO}$  体系达到平衡后, 气态物质中  $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2$  的物质的量分数随温度的变化关系[在图示温度范围内,  $\text{C(s)}$  已完全反应]如图所示。下列说法不正确的是 ( )



A. 反应  $\text{C(s)} + \text{CaO(s)} + 2\text{H}_2\text{O(g)} \rightleftharpoons \text{CaCO}_3\text{(s)} + 2\text{H}_2\text{(g)}$  的  $\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$

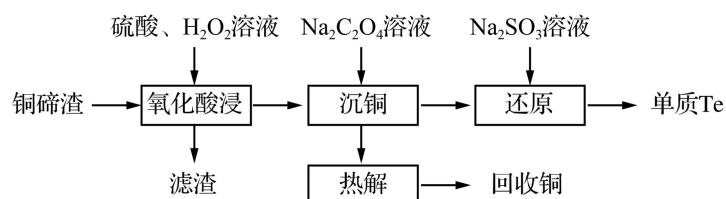
B. 曲线 a 表示平衡时  $\text{H}_2$  的物质的量分数随温度的变化

C. 温度为  $T_0$  时, 向平衡体系中通入少量  $\text{CO}_2$ , 重新达到平衡后,  $c(\text{CO}_2)$  增大

D. 温度高于  $T_1$  时,  $\text{CaCO}_3\text{(s)}$  可能已经完全分解

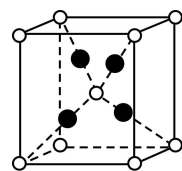
二、非选择题: 共 4 题, 共 61 分。

14 (15 分) 以铜碲渣为原料制备单质碲(Te)并回收铜的过程如下:



已知: ①  $K_{a1}(\text{H}_2\text{TeO}_3) = 2.7 \times 10^{-3}$ ,  $K_{a2}(\text{H}_2\text{TeO}_3) = 1.8 \times 10^{-8}$ ,  $K_{sp}(\text{CuC}_2\text{O}_4) = 2.8 \times 10^{-8}$ ; ②  $\text{CuC}_2\text{O}_4 + \text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_2]^{2-}$   $K = 1.8 \times 10^{-10}$ 。

(1) 原料铜碲渣的主要成分为  $\text{Cu}_2\text{Te}$  (晶胞结构如图甲所示)、 $\text{Ag}_2\text{Te}$ 、 $\text{Cu}$  等, “氧化酸浸”的浸出液中碲主要以  $\text{H}_2\text{TeO}_3$  形式存在, 滤渣可用于提炼贵金属银。



①  $\text{Cu}_2\text{Te}$  晶胞中 Te 的配位数为\_\_\_\_\_。

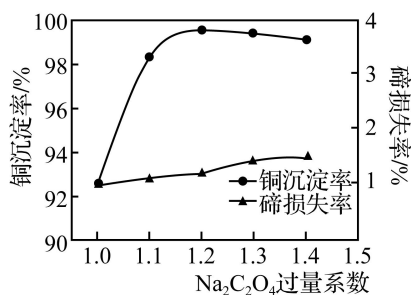
② 酸浸时温度控制在  $80^\circ\text{C}$  左右, 目的是\_\_\_\_\_。

③ 写出  $\text{Cu}_2\text{Te}$  发生反应的离子方程式: \_\_\_\_\_。

④ 滤渣中含银物质的化学式为\_\_\_\_\_。

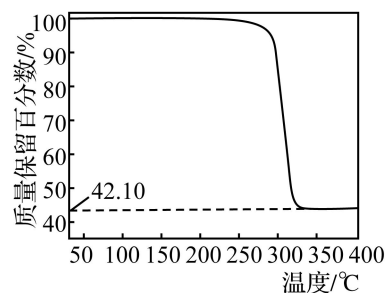
(2) “沉铜”时测得铜沉淀率随  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  投入量的变化关系如图乙所示。后续向沉铜后的溶液中加入  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  溶液“还原”制得单质  $\text{Te}$ 。

①铜沉淀率随  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  投入量的增大先增加后下降,原因是\_\_\_\_\_



乙

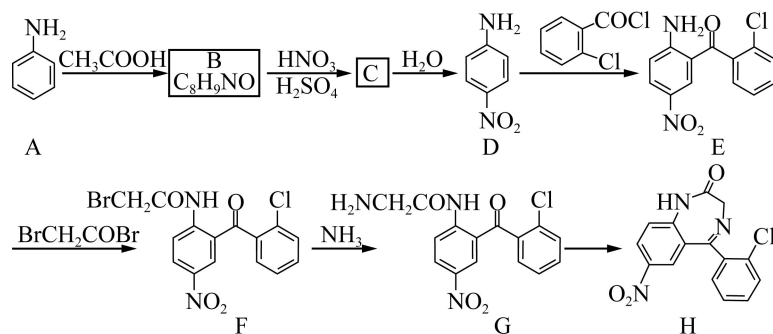
②增大  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  投入量,碲损失率略有增加的原因可用离子方程式解释为\_\_\_\_\_



丙

(3) “热解”在氩气氛围中进行。实验测得升温过程中固体质量保留百分数(剩余固体质量与起始  $\text{CuC}_2\text{O}_4$  质量的比值)随温度变化的关系如图丙所示。温度在  $330\sim 400\text{ }^\circ\text{C}$  之间,剩余固体的质量保持恒定,此时获得的含铜固体产物为\_\_\_\_\_ (填化学式)。

15 (16分) 氯硝西洋(H)可用作镇静药物,其合成路线如下:



已知:氨基易被氧化;  $\text{LiAlH}_4$  可选择性地将羰基还原为羟基,但不影响苯环的结构。

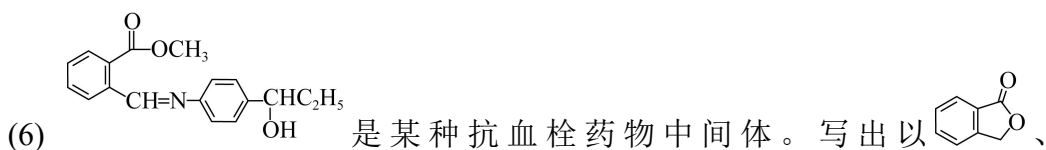
(1) A 的碱性比 D 的\_\_\_\_\_ (填“强”“弱”或“无差别”)。

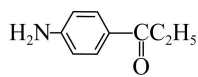
(2) B 中含氧官能团的名称是\_\_\_\_\_。

(3) 未直接使用“A $\rightarrow$ D”合成,而使用“A $\rightarrow$ B $\rightarrow$ C $\rightarrow$ D”三步的原因是\_\_\_\_\_。

(4) 整个合成路线中,与 D $\rightarrow$ E 的反应类型相同的步骤共有\_\_\_\_\_步(含 D $\rightarrow$ E)。

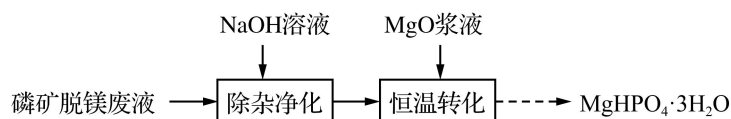
(5) G $\rightarrow$ H 的反应需要经历 G $\rightarrow$ X $\rightarrow$ H 的过程,中间体 X 与 G 互为同分异构体。X 的结构简式为\_\_\_\_\_。





和  $\text{CH}_3\text{OH}$  为原料制备该中间体的合成路线流程图(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)。

16 (15 分) 用磷矿脱镁废液制备磷酸氢镁( $\text{MgHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ )的实验过程如下:

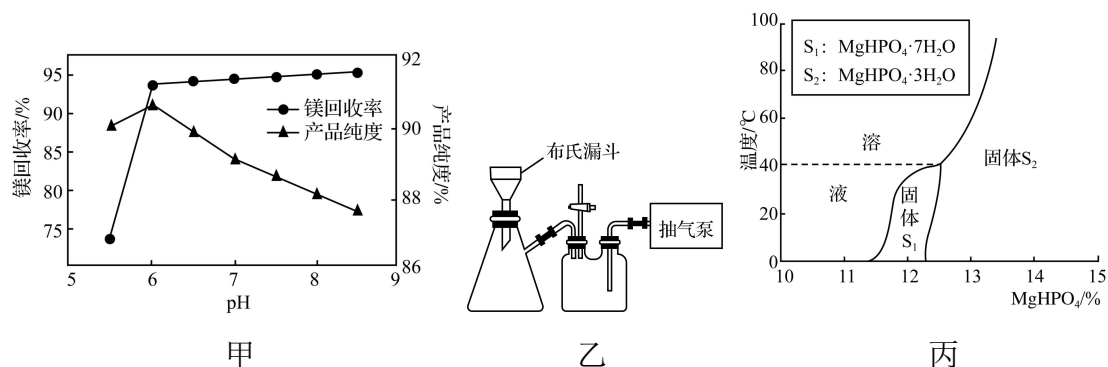


(1) 磷矿脱镁废液中主要含  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  及少量  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$  和  $\text{Al}^{3+}$ 。

①向废液中加入  $\text{NaOH}$  溶液调节  $\text{pH}$  为 4.5, 可达到  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$  和  $\text{Al}^{3+}$  的最佳沉淀效果。其中  $\text{Ca}^{2+}$  转化为  $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  的离子方程式为\_\_\_\_\_。

②将除杂净化后的清液控制在一定温度, 加入  $\text{MgO}$  浆液搅拌即可获得磷酸氢镁固体。实验测得镁回收率 ( $\frac{\text{固体中镁元素的质量}}{\text{体系中镁元素的总质量}} \times 100\%$ )、产品纯度与反

应后溶液  $\text{pH}$  关系如图甲所示。  $\text{pH} > 6$  时, 产品纯度随  $\text{pH}$  的增大而降低的可能原因是\_\_\_\_\_。



③实验室采用如图乙所示装置对产品进行“抽滤”, 操作时将固液混合物置于布氏漏斗中。与普通过滤相比, “抽滤”的优点是\_\_\_\_\_。

(2) 湿法磷酸(主要含  $\text{H}_3\text{PO}_4$  及少量  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{H}_2\text{SiF}_6$ ) 也常用作制备磷酸氢镁的原料。

已知: ① $\text{H}_2\text{SiF}_6$  为强电解质; 磷酸钡不溶于水, 在常温下可溶于大多数酸;

② $\text{BaSO}_4$ 、 $\text{BaSiF}_6$ 、 $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  的溶度积常数依次为  $1.0 \times 10^{-10}$ 、 $1.0 \times 10^{-6}$  和  $4.0 \times 10^{-6}$ ;

③磷酸氢镁体系的状态、结晶水合物的组成与原磷酸氢镁溶液中溶质的含量及温度关系如图丙所示。

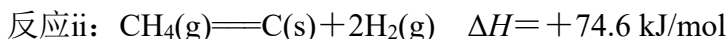
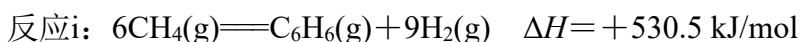
为获得较高产率和纯度的  $\text{MgHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ，请补充完整下列实验方案：用比浊法测定湿法磷酸中  $\text{SO}_4^{2-}$  的浓度后，在搅拌下向一定体积的湿法磷酸中\_\_\_\_\_

过滤、洗涤，低温干燥（须使用的试剂： $\text{BaCO}_3$  粉末、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  粉末、 $\text{MgO}$  浆液）。

(3) 磷酸氢镁吸附沉淀法是处理氨氮（含  $\text{NH}_3$  或  $\text{NH}_4^+$ ）废水的新方法。25~30℃下，调节 pH 为 9.5，磷酸氢镁可将废水中的氨氮转化为  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$  沉淀而除去。在上述实验条件下，向 2 L 含氨氮 288 mg/L（以 N 元素计）的废水中加入 6.96 g  $\text{MgHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ （摩尔质量为 174 g/mol），理论上氨氮的去除率可达到\_\_\_\_\_ %（写出计算过程，结果保留两位有效数字）。

17 （15 分）天然气的主要成分  $\text{CH}_4$  是重要的化工原料。

(1) 在无氧环境下， $\text{CH}_4$  经催化脱氢制备  $\text{C}_6\text{H}_6$  时主要发生如下反应：



①反应 i 在\_\_\_\_\_（填“低温”“高温”或“任何温度”）可自发进行。

②随着反应的进行， $\text{CH}_4$  转化率和  $\text{C}_6\text{H}_6$  产率均逐渐降低，原因是\_\_\_\_\_。

(2)  $\text{CH}_4$  在高温下可分解制得乙烷： $2\text{CH}_4 \xrightarrow{\text{高温}} \text{C}_2\text{H}_6 + \text{H}_2$ 。实验测得，反应初始阶段的化学反应速率  $v = k \cdot c(\text{CH}_4)$ ，其中  $k$  为速率常数。

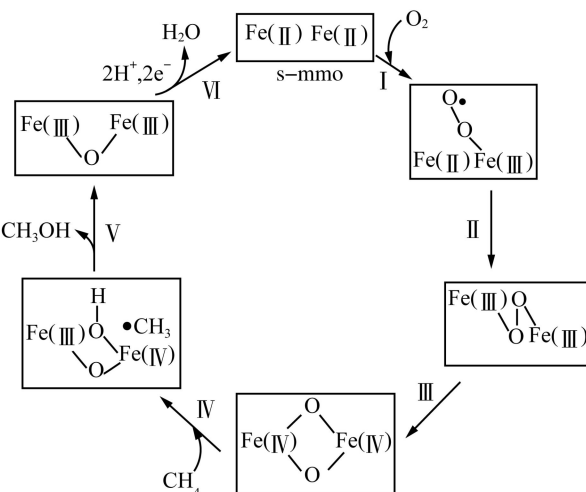
①对于处于初始阶段的该反应，下列说法正确的是\_\_\_\_\_（填字母）。

- A. 增加甲烷浓度， $v$  增大      B. 增加  $\text{H}_2$  浓度， $v$  增大  
C. 乙烷的生成速率逐渐增大      D. 降低反应温度， $k$  减小

②反应开始时的化学反应速率为  $v_1$ 。反应初始阶段，当甲烷转化率为  $\alpha$  时的化学反应速率为  $v_2$ ，则  $v_2 =$  \_\_\_\_\_（用含  $\alpha$ 、 $v_1$  的代数式表示）。

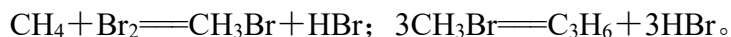
(3)  $\text{CH}_4$  在甲烷单加氧酶(s-mmo)作用下，与  $\text{O}_2$  反应可制得  $\text{CH}_3\text{OH}$ ，反应过程如图所示。

①该过程中存在铁、氧元素之间电子转移的步骤有\_\_\_\_\_（填序号）。



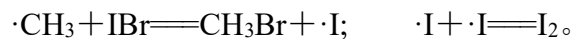
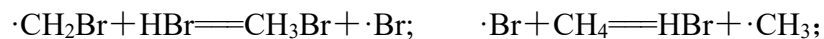
②该过程的总反应方程式为\_\_\_\_\_。

(4) 将  $\text{CH}_4$  溴化后再偶联可制得  $\text{C}_3\text{H}_6$ ，反应原理如下：



$\text{CH}_4$  溴化时，部分  $\text{CH}_3\text{Br}$  会进一步溴化为  $\text{CH}_2\text{Br}_2$ ，从而影响  $\text{C}_3\text{H}_6$  的产率。

研究表明， $\text{I}_2$  可提高  $\text{CH}_4$  溴化生成  $\text{CH}_3\text{Br}$  的选择性，可能机理如下：



已知： $\text{CH}_4$  溴化生成  $\text{CH}_3\text{Br}$  的选择性可表示为  $\frac{n_{\text{生成}}(\text{CH}_3\text{Br})}{n_{\text{生成}}(\text{CH}_3\text{Br}) + n_{\text{生成}}(\text{CH}_2\text{Br}_2)}$

$\times 100\%$ 。实际生产时，加入少量的  $\text{I}_2$  即可提高  $\text{CH}_3\text{Br}$  的选择性，其原因为\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_。

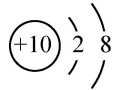
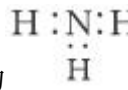
可能用到的相对原子质量：H—1 C—12 N—14 O—16 Na—23  
Mg—24 Sc—45

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 科技进步为人类发展作出了巨大贡献。下列科技成果获得的物质属于有机物的是( )

- A. 工业合成氨 B. 制取单晶硅  
C. 人工合成结晶胰岛素 D. 侯氏联合制碱

2  $\text{Mg}_3\text{N}_2$  能与水发生反应  $\text{Mg}_3\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 3\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{NH}_3 \uparrow$ 。下列说法正确的是( )

- A.  $\text{Mg}^{2+}$  的结构示意图为  B.  $\text{NH}_3$  的电子式为   
C.  $\text{H}_2\text{O}$  分子中含有非极性键 D.  $\text{Mg}_3\text{N}_2$  中只含离子键

3 以废铁屑(主要成分为 Fe, 含少量  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、FeS 等)为原料制备  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 。下列相关原理、装置及操作正确的是( )



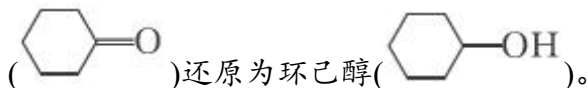
- A. 用装置甲去除废铁屑表面的油污 B. 用装置乙将废铁屑转化为  $\text{FeSO}_4$   
C. 用装置丙吸收  $\text{H}_2\text{S}$  气体 D. 用装置丁蒸干溶液获得  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

4 铝土矿除主要成分  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  外，还存在多种第三周期元素如 Mg、S。下列说法正确的是( )

- A. 半径：  $r(\text{Al}^{3+}) > r(\text{Mg}^{2+})$  B. 热稳定性：  $\text{H}_2\text{O} > \text{H}_2\text{S}$   
C. 碱性：  $\text{Al}(\text{OH})_3 > \text{Mg}(\text{OH})_2$  D. 第一电离能：  $I_1(\text{Al}) > I_1(\text{Mg})$

阅读下列材料，完成 5~7 题：

氨硼烷( $\text{NH}_3\text{BH}_3$ )是一种储氢材料，N、H、B 的电负性关系为 $\chi(\text{N}) > \chi(\text{H}) > \chi(\text{B})$ 。 $\text{NH}_3\text{BH}_3$  能与  $\text{H}_2\text{O}$  发生反应  $\text{NH}_3\text{BH}_3 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4\text{BO}_2 + 3\text{H}_2\uparrow$ ，催化剂 Co-HAP 能提高  $\text{H}_2$  生成的速率。 $\text{NH}_3\text{BH}_3$  热解时能生成  $\text{NH}_3$ 、 $\text{BH}_3$ 、BN 等。BN 晶体有多种结构，其中的六方相 BN 与石墨相似具有层状结构，立方相 BN 与金刚石相似具有空间网状结构。 $\text{NaBH}_4$  能与  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  反应生成  $\text{NH}_3\text{BH}_3$ ，也能将环己酮



5 下列说法正确的是( )

- A.  $\text{NH}_3$  是极性分子      B.  $\text{NH}_3$  能通过提供空轨道与  $\text{Co}^{3+}$  形成配合物  
C.  $\text{NH}_3$  的键角比  $\text{BH}_3$  的大      D.  $\text{NH}_4^+$  与  $\text{BH}_4^-$  的空间结构不同

6 下列有关反应描述正确的是( )

- A. 催化剂 Co-HAP 能够降低  $\text{NH}_3\text{BH}_3$  与水反应的焓变  
B. 反应  $\text{NH}_3\text{BH}_3(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{NH}_4\text{BO}_2(\text{aq}) + 3\text{H}_2(\text{g})$  的  $\Delta S < 0$   
C. 环己酮还原为环己醇时断裂碳氧  $\sigma$  键  
D.  $\text{NaBH}_4$  能还原环己酮，是因为  $\text{NaBH}_4$  中显负电性的 H 有还原性

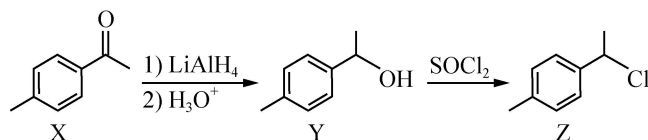
7 下列说法正确的是( )

- A. 空间网状结构的立方相 BN 熔点低  
B. 层状结构的六方相 BN 可作润滑剂  
C. 空间网状结构的立方相 BN 的硬度比层状结构的六方相 BN 的小  
D. 相同条件下，等质量的立方相 BN 与六方相 BN 在足量  $\text{O}_2$  中燃烧放出的热量相同

8 非金属及其化合物的转化具有重要应用。下列说法正确的是( )

- A. 漂白粉溶于水与  $\text{CO}_2$  反应： $\text{Ca}(\text{ClO})_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CaCO}_3\downarrow + 2\text{HClO}$   
B. 实验室制备少量  $\text{Cl}_2$ ： $\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{Cl}^- \xrightarrow{\Delta} \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$   
C. 工业制硝酸过程中的物质转化： $\text{NH}_3 \xrightarrow[\text{催化剂}, \Delta]{\text{O}_2} \text{NO} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{HNO}_3$   
D. 工业制硫酸过程中的物质转化： $\text{S} \xrightarrow[\text{点燃}]{\text{O}_2} \text{SO}_3 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{H}_2\text{SO}_4$

9 化合物 Z 是合成药物洛索洛芬钠的中间体，其合成路线如下：

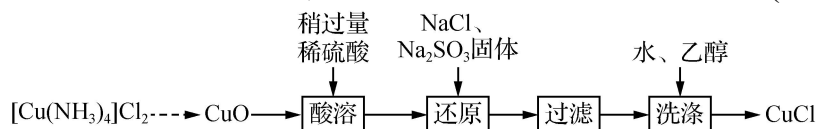


下列说法正确的是( )

- A. X 与足量  $\text{H}_2$  反应生成的产物中含有 3 个手性碳原子  
B. X、Y 可用  $\text{FeCl}_3$  溶液鉴别  
C.  $25^\circ\text{C}$  时，Y 在水中的溶解度比 Z 大  
D. Z 在浓硫酸催化下加热可发生消去反应



10  $\text{CuCl}$  难溶于水和乙醇，在潮湿空气中易被氧化。以碱性蚀刻废液中的  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$  为原料制备  $\text{CuCl}$  的部分流程如下。下列说法正确的是( )



A.  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$  溶于水所得溶液中  $c(\text{NH}_3) : c(\text{Cl}^-) = 2 : 1$

B. “酸溶”时不用稀硝酸的主要原因是硝酸易挥发

C. “还原”后溶液的 pH 增大

D. “洗涤”时先用水再用乙醇可提高产品的纯度

11 室温下，根据下列实验过程及现象，能得出相应实验结论的是( )

选项	实验过程及现象	实验结论
A	向试管中加 5 mL 乙醇、15 mL 浓硫酸和几片碎瓷片，加热，将产生的气体通入酸性 $\text{KMnO}_4$ 溶液，溶液褪色	有 $\text{C}_2\text{H}_4$ 生成
B	测定等浓度的 $\text{CCl}_3\text{COOH}$ 溶液和 $\text{CH}_3\text{COOH}$ 溶液的 pH， $\text{CCl}_3\text{COOH}$ 溶液的 pH 较小	$\text{CCl}_3\text{COOH}$ 是强电解质
C	向 6% 双氧水中滴加 0.1 mol/L $\text{KMnO}_4$ 溶液，溶液褪色	$\text{H}_2\text{O}_2$ 具有还原性
D	用 pH 计测定 $\text{NH}_4\text{HSO}_3$ 溶液的 pH， $\text{pH} < 7$	$\text{HSO}_3^-$ 的电离程度大于水解程度

12 室温下，通过下列实验探究  $\text{NaHS}$  溶液的性质。

已知： $K_{a1}(\text{H}_2\text{S}) = 1.0 \times 10^{-7}$ 、 $K_{a2}(\text{HS}^-) = 1.0 \times 10^{-13}$ 、 $K_{sp}(\text{CuS}) = 1.0 \times 10^{-36}$ 。

实验 1：向 0.10 mol/L  $\text{NaHS}$  溶液中逐滴加入  $\text{NaOH}$  溶液，至溶液  $\text{pH} = 11$ ；

实验 2：向 0.10 mol/L  $\text{NaHS}$  溶液中滴加新制氯水，氯水褪色，有淡黄色沉淀生成；

实验 3：向 0.10 mol/L  $\text{NaHS}$  溶液中滴加几滴  $\text{CuSO}_4$  溶液，有黑色沉淀生成。

下列说法正确的是( )

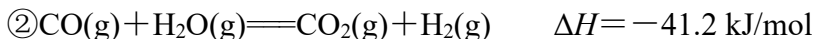
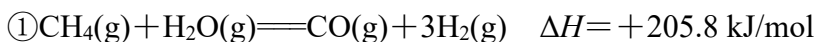
A. 实验 1 所得溶液中： $c(\text{S}^{2-}) < c(\text{H}_2\text{S})$

B. 实验 1 所得溶液中： $c(\text{Na}^+) > c(\text{HS}^-) + 2c(\text{S}^{2-})$

C. 实验 2 中主要反应的离子方程式： $\text{Cl}_2 + \text{S}^{2-} \rightleftharpoons 2\text{Cl}^- + \text{S} \downarrow$

D. 实验 3 中反应  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{HS}^- \rightleftharpoons \text{CuS} \downarrow + \text{H}_2\text{S}$  的平衡常数  $K = 1.0 \times 10^{16}$

13 甲烷和水蒸气催化重整制氢过程中的主要反应如下：



在装有催化剂的密闭容器中， $4.3 \times 10^6 \text{ Pa}$ 、 $n(\text{CH}_4) : n(\text{H}_2\text{O}) = 1 : 6$  时，若仅考虑上述反应，平衡时  $\text{CH}_4$  转化率和  $\text{CO}$  转换率随温度的变化如图所示。

$$\text{CO 转换率} = \frac{n(\text{CO}_2)}{n(\text{CO}) + n(\text{CO}_2)} \times 100\%$$

下列说法正确的是( )

A. 反应  $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g})$  的  $\Delta H = +247.0 \text{ kJ/mol}$

B. 曲线 a 表示平衡时  $\text{CH}_4$  转化率随温度的变化

C.  $850^\circ\text{C}$  平衡时生成的  $\text{CO}_2$  比  $550^\circ\text{C}$  平衡时生成的多

D. 相同条件下， $\text{CH}_4$  和  $\text{H}_2\text{O}$  总物质的量不变， $\frac{n(\text{H}_2\text{O})}{n(\text{CH}_4)}$  越大， $\text{H}_2$  产量越高

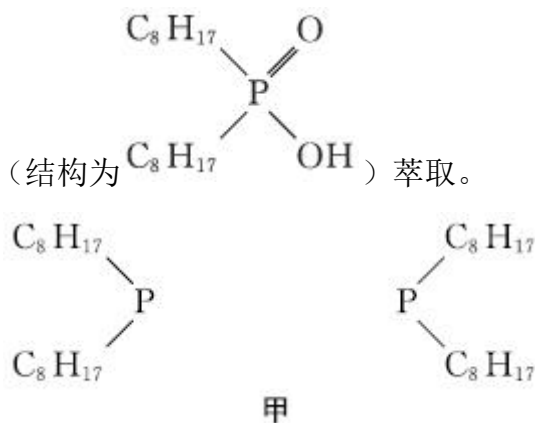
二、非选择题：共 4 题，共 61 分。

14\* (15 分) 钪(Sc)是一种重要稀土元素。由含钪矿渣制备  $\text{ScCl}_3$ ，再电解  $\text{ScCl}_3$  可制得 Sc。

(1) 矿渣酸浸所得  $\text{Sc}^{3+}$  可被萃取剂 X (结构为  $\text{C}_8\text{H}_{17}\text{P}(\text{O})(\text{OH})\text{C}_8\text{H}_{17}$ ) 萃取。

① 萃取原理是  $\text{Sc}^{3+}$  与萃取剂进行离子交换，萃取完成后水相的 pH \_\_\_\_\_ (填“增大”“减小”或“不变”)。

② 两分子萃取剂易形成含 2 个氢键的二聚体，在图甲中补全该二聚体的结构。



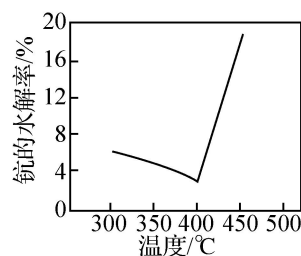
(2) 萃取液经系列工序制得  $\text{ScCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  晶体，将其与  $\text{NH}_4\text{Cl}$  混合，加热脱水制备无水  $\text{ScCl}_3$ ，再电解熔融  $\text{ScCl}_3$  获得 Sc。若不加  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ，加热脱水时  $\text{Sc}^{3+}$  易水解生成  $\text{ScOCl}$ 。 $\text{ScOCl}$  难溶于水、易溶于盐酸。

① 加热脱水时， $\text{ScCl}_3$  水解生成  $\text{ScOCl}$  的化学方程式为 \_\_\_\_\_。

②电解熔融  $\text{ScCl}_3$  时，常加入  $\text{NaCl}$ 、 $\text{KCl}$ ，其主要目的是通过降低熔点、\_\_\_\_\_，从而提高  $\text{Sc}$

的回收率、降低成本。

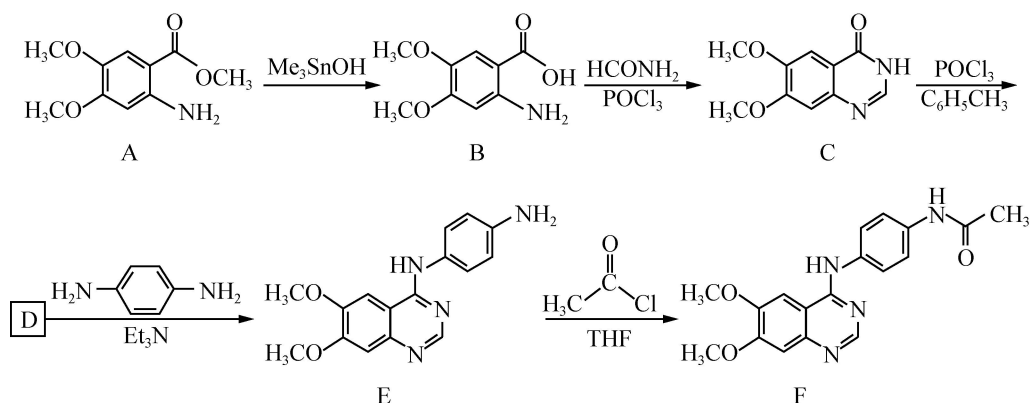
③其他条件相同，钪的水解率[钪的水解率 =  $\frac{n(\text{ScOCl})}{n(\text{ScOCl}) + n(\text{ScCl}_3)} \times 100\%$ ]随脱水温度的变化如图乙所示。



低于 400 °C，随着温度升高钪的水解率减小的原因是\_\_\_\_\_。

(3) 测定钪的水解率：取 0.500 0 g 制得的无水  $\text{ScCl}_3$ ，加水溶解，过滤，滤液中加入指示剂后，用 0.040 00 mol/L EDTA( $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$ )溶液滴定至终点（反应为  $\text{Sc}^{3+} + \text{Y}^{4-} = \text{ScY}^-$ ），平行滴定 3 次，平均消耗 EDTA 溶液 23.00 mL。另取 0.500 0 g 制得的无水  $\text{ScCl}_3$ ，加浓盐酸溶解，并滴加氨水调节 pH，加指示剂后，用 0.040 00 mol/L EDTA 溶液滴定至终点，平行滴定 3 次，平均消耗 EDTA 溶液 25.00 mL。计算钪的水解率（写出计算过程）。

15 (15 分) F 是合成苯胺喹啉类化合物的中间体，其合成路线如下：



(1) A 中碳原子的杂化方式为\_\_\_\_\_。

(2) D 的分子式为  $\text{C}_{10}\text{H}_9\text{ClN}_2\text{O}_2$ ，其结构简式为\_\_\_\_\_。

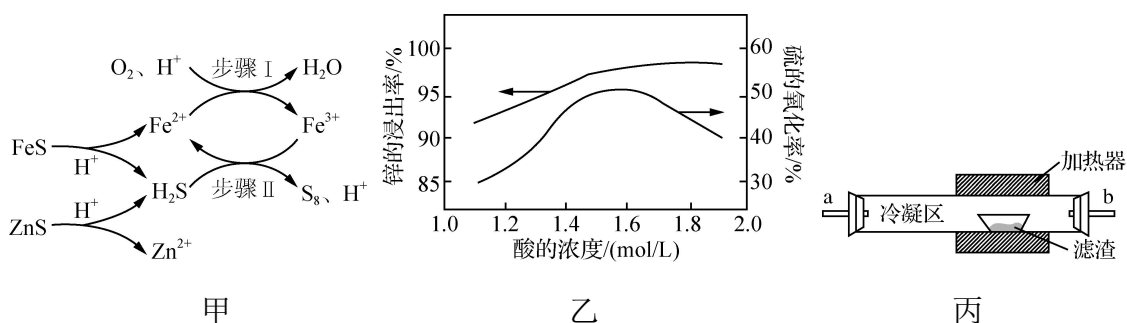
(3) E  $\rightarrow$  F 的反应类型为\_\_\_\_\_。

(4) 写出同时满足下列条件的 C 的一种芳香族同分异构体的结构简式：\_\_\_\_\_。碱性条件下水解后的产物均能发生银镜反应，且产物之一中有 4 种不同化学环境的氢原子，其个数之比为 1 : 1 : 2 : 4。



16 (15 分) 单质硫有  $\text{S}_2$ 、 $\text{S}_4$ 、 $\text{S}_6$ 、 $\text{S}_8$  等同素异形体，可由闪锌矿（主要含  $\text{ZnS}$ 、 $\text{FeS}$ ）制备。已知： $\text{S}_8$  在低于  $112^\circ\text{C}$  时在水溶液中呈固态，高于  $150^\circ\text{C}$  易分解，易溶于  $\text{CCl}_4$ 。

(1) 制备：将闪锌矿置于敞口容器中，加入硫酸浸取，边搅拌边通入  $\text{O}_2$ 。部分浸取过程如图甲所示。



①步骤II反应的离子方程式为\_\_\_\_\_。

②高于  $112^\circ\text{C}$  时，锌的浸出率更高，除反应速率加快外，主要原因是\_\_\_\_\_。

③相同条件下，锌的浸出率和硫的氧化率随初始酸浓度的变化如图乙所示，初始酸浓度大于  $1.6 \text{ mol/L}$  时，硫的氧化率随酸浓度的增加而下降，主要原因是\_\_\_\_\_。

(2) 检验：请补充完整检测过滤所得固体中是否残留  $\text{ZnS}$  等难溶硫化物的实验方案：取少量浸取后过滤所得固体，加适量  $\text{CCl}_4$  充分溶解，过滤，加热所得固体至  $\text{CCl}_4$  完全挥发，\_\_\_\_\_。

（实验须选用的试剂：饱和溴水，蒸馏水， $\text{BaCl}_2$  溶液。已知：饱和溴水可将硫化物氧化为硫酸盐）。

(3) 蒸硫：将浸取后冷却所得粗硫置于图丙所示装置中加热得到硫蒸气，再冷凝得到硫单质。

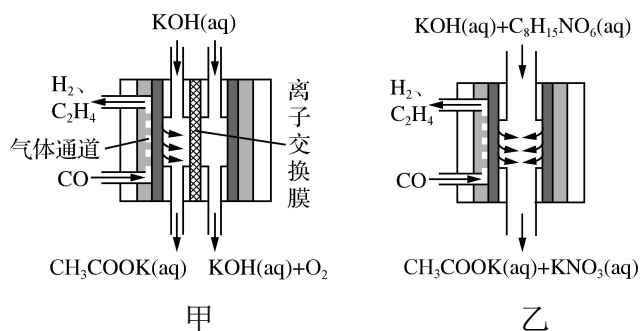
①蒸硫过程中， $N_2$  的进气口是\_\_\_\_\_（填“a”或“b”）。蒸硫前，需通入一段时间  $N_2$ ，目的是\_\_\_\_\_。

②已知： $S_8$  的沸点约为  $445\text{ }^\circ\text{C}$ 。温度约为  $280\text{ }^\circ\text{C}$ ，硫单质完全变为蒸气，原因是\_\_\_\_\_。

17 （16 分）乙酸是一种重要的有机化工原料，其制备方法受到广泛研究和关注。

(1) CO 催化电解制乙酸。

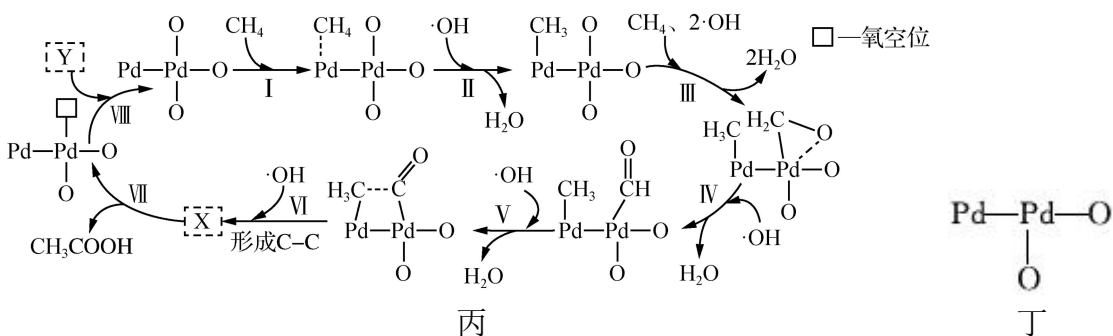
①将 CO 通入附着催化剂的多孔石墨电极，以 KOH 溶液为电解液，电解装置如图甲所示。生成的  $CH_3COOK$  经处理后得到乙酸。阴极上 CO 生成  $CH_3COO^-$  的电极反应式为\_\_\_\_\_。



② $C_8H_{15}NO_6$  是一种来源广、价格低的化工原料。其他条件不变，改进工艺，以 KOH 和  $C_8H_{15}NO_6$  的混合液为电解液也可制备乙酸，电解装置如图乙所示。从装置和物质转化的角度分析，改进后的优点有\_\_\_\_\_。

(2)  $CH_4$  光催化制乙酸。

在光照条件下，以  $PdO/Pd$  为催化剂，向反应器中匀速通入一定比例的  $CH_4$  和  $H_2O$  进行反应。 $H_2O$  在  $Pd$  表面产生  $\cdot OH$ 。生成乙酸的一种机理如图丙所示。



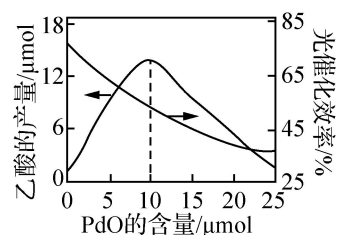
①步骤VI过程中形成碳碳单键，在图丁中补全 X 的结构。步骤VIII需在加热条件下，加入物质 Y 实现转化，Y 可能为\_\_\_\_\_（填字母）。

A. CO

B.  $O_2$

C.  $H_2$

②催化剂中 Pd 元素总量一定，乙酸的产量和光催化效率随 PdO 的含量变化如图戊所示。当 PdO 的含量大于  $10\ \mu\text{mol}$  时，随着 PdO 含量的增加，乙酸的产量逐渐减少，原因是\_\_\_\_\_



戊

若催化剂中不含 PdO 时，在 Pd 上的反应仍遵循上述反应机理，则反应得到的有机产物有  $\text{C}_2\text{H}_6$ 、\_\_\_\_\_（填结构简式）。

③在该光催化条件下， $\text{O}_2$  比  $\text{H}_2\text{O}$  更易活化，生成更多的  $\cdot\text{OH}$ 。若用  $\text{O}_2$  代替部分  $\text{H}_2\text{O}$  进行实验，随着  $\text{O}_2$  含量的上升，甲烷的消耗量略有增加，乙酸的产量却不升反降，原因是\_\_\_\_\_。

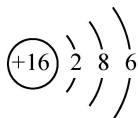
可能用到的相对原子质量：H—1 Li—7 C—12 O—16 Al—27 Zn—65  
In—115

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 材料是人类赖以生存和发展的物质基础，下列材料主要成分属于有机物的是( )

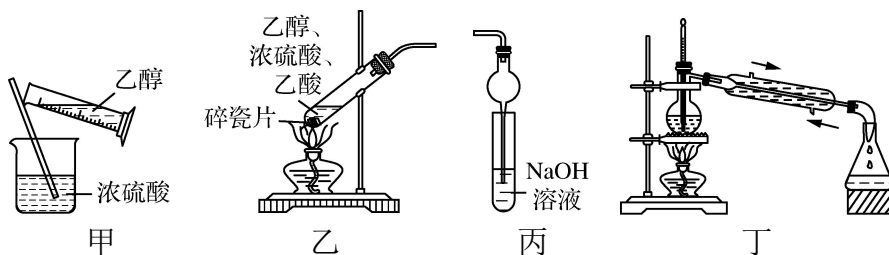
- A. 天然橡胶 B. 不锈钢 C. 足球烯 D. 光导纤维

2 “丹砂能化为汞”出自《神农本草经》，该过程涉及化学反应： $\text{HgS} + \text{O}_2 \xrightarrow{\quad} \text{Hg} + \text{SO}_2$ 。下列说法正确的是( )



- A.  $\text{S}^{2-}$ 的结构示意图为 B.  $\text{O}_2$ 属于非极性分子  
C.  $\text{HgS}$ 中S元素的化合价为-1 D.  $\text{SO}_2$ 的空间结构为直线形

3 实验室进行乙酸乙酯的制备。下列相关原理、装置及操作正确的是( )



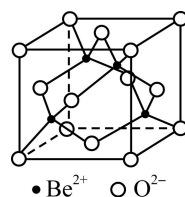
- A. 用装置甲混合乙醇与浓硫酸 B. 用装置乙制备乙酸乙酯  
C. 用装置丙收集乙酸乙酯 D. 用装置丁提纯乙酸乙酯

4 尿素 $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ 是一种氮肥。下列说法正确的是( )

- A. 原子半径： $r(\text{C}) > r(\text{O})$  B. 电离能： $I_1(\text{O}) > I_1(\text{N})$   
C. 沸点： $\text{CH}_4 > \text{H}_2\text{O}$  D. 酸性： $\text{H}_2\text{CO}_3 > \text{HNO}_3$

阅读下列材料，完成 5~7 题：

铍及其化合物具有重要应用。铍与铝性质相似，铍铝合金可用作航空材料， $\text{BeH}_2$  是很好的储氢材料； $\text{BeO}$  可用于制造耐火陶瓷，晶胞结构如图所示； $(\text{NH}_4)_2\text{BeF}_4$  固体加热至  $280\text{ }^\circ\text{C}$  得  $\text{BeF}_2$  分子和



两种气态氢化物；气态  $\text{BeCl}_2$  主要以二聚体 ( $\text{Cl}-\text{Be}-\text{Cl}$ ) 形式存在，可与  $\text{CH}_3\text{MgCl}$  在乙醚中制备  $\text{Be}(\text{CH}_3)_2$ ； $\text{Be}(\text{NO}_3)_2$  在  $125\text{ }^\circ\text{C}$  分解为  $\text{N}_2\text{O}_4$  和  $\text{Be}_4\text{O}(\text{NO}_3)_6$  等。

5 下列说法正确的是( )

- A.  $\text{NH}_3$  键角大于  $\text{NH}_4^+$
- B.  $\text{BeF}_2$  为离子化合物
- C.  $\text{BeO}$  晶胞中  $\text{O}^{2-}$  配位数为 4
- D.  $1\text{ mol Be}_2\text{Cl}_4$  气体含  $4\text{ mol } \sigma$  键

6 下列化学反应表示不正确的是( )

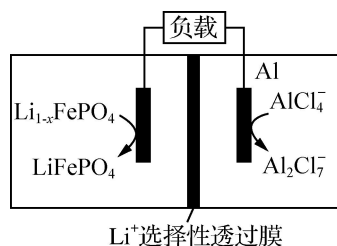
- A.  $\text{Be}$  溶于  $\text{NaOH}$  溶液： $\text{Be} + 2\text{OH}^- + 2\text{H}_2\text{O} = [\text{Be}(\text{OH})_4]^{2-} + \text{H}_2 \uparrow$
- B.  $\text{BeF}_2$  的制备： $(\text{NH}_4)_2\text{BeF}_4 \xrightarrow{280\text{ }^\circ\text{C}} \text{BeF}_2 + 2\text{NH}_3 \uparrow + 2\text{HF} \uparrow$
- C. 电解  $\text{BeCl}_2$ 、 $\text{NaCl}$  混合熔融盐阴极反应： $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2 \uparrow$
- D.  $\text{Be}(\text{NO}_3)_2$  的受热分解： $8\text{Be}(\text{NO}_3)_2 \xrightarrow{125\text{ }^\circ\text{C}} 2\text{Be}_4\text{O}(\text{NO}_3)_6 + 2\text{N}_2\text{O}_4 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$

7 下列说法不正确的是( )

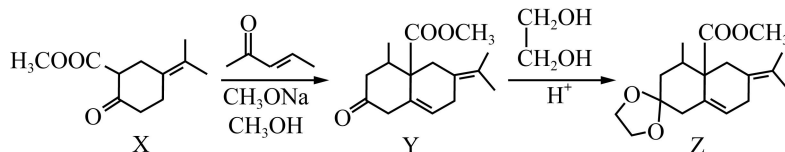
- A. 铍铝合金低密度高强度
- B.  $\text{BeH}_2$  分解产生  $\text{H}_2$
- C.  $\text{CH}_3\text{MgCl}$  水解生成  $\text{CH}_3\text{OH}$
- D.  $\text{BeO}$  熔点高

8 以  $\text{LiAlCl}_4$  为离子导体的铝磷酸铁锂电池，该电池放电时  $\text{Li}^+$  嵌入  $\text{Li}_{1-x}\text{FePO}_4$  形成  $\text{LiFePO}_4$ ，工作原理如图所示。下列关于电池放电时的说法不正确的是( )

- A. 化学能转化为电能
- B. 电极  $\text{Al}$  作负极
- C.  $\text{Li}^+$  透过离子交换膜从右向左迁移
- D. 正极的电极反应： $\text{Li}_{1-x}\text{FePO}_4 - x\text{e}^- + x\text{Li}^+ = \text{LiFePO}_4$



9 化合物 Z 是一种药物的中间体，部分合成路线如下：



下列说法正确的是( )

- A. X 分子中所有碳原子共平面
- B.  $1\text{ mol Y}$  最多能与  $2\text{ mol H}_2$  加成
- C. Z 分子存在 3 个手性碳原子
- D. X、Y、Z 均能使  $\text{Br}_2$  的  $\text{CCl}_4$  溶液褪色

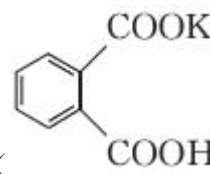


10 在给定条件下，下列制备过程涉及的物质转化均可实现的是( )

- A. 工业制硫酸： $\text{FeS}_2 \xrightarrow[\text{高温}]{\text{O}_2} \text{SO}_2 \xrightarrow[\text{催化剂}, \Delta]{\text{O}_2} \text{SO}_3 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{H}_2\text{SO}_4$
- B. 侯氏制碱法： $\text{NaCl}(\text{aq}) \xrightarrow{\text{CO}_2} \text{NaHCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{CO}_3$
- C. 海水中提取镁： $\text{Mg}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\text{稀盐酸}} \text{MgCl}_2(\text{aq}) \xrightarrow{\text{通电}} \text{Mg}$
- D. 工业制备硝酸： $\text{N}_2 \xrightarrow[\text{放电}]{\text{O}_2} \text{NO} \xrightarrow{\text{O}_2} \text{NO}_2 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{HNO}_3$

11 根据下列实验操作和现象所得到的结论正确的是( )

选项	实验操作和现象	结论
A	向饱和 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液中通入 $\text{CO}_2$ ，溶液变浑浊	$\text{NaHCO}_3$ 溶解度小于 $\text{Na}_2\text{CO}_3$
B	向等物质的量浓度的 $\text{KF}$ 和 $\text{KSCN}$ 混合溶液中滴加几滴 $\text{FeCl}_3$ 溶液，振荡，溶液颜色无明显变化	结合 $\text{Fe}^{3+}$ 的能力： $\text{F}^- > \text{SCN}^-$
C	向 $\text{AgNO}_3$ 溶液和淀粉- $\text{KI}$ 溶液中分别滴加少量新制氯水，前者有白色沉淀，后者溶液变蓝	氯气与水的反应存在限度
D	向淀粉溶液中加入适量 20% $\text{H}_2\text{SO}_4$ 溶液，加热，冷却后加 $\text{NaOH}$ 溶液至中性，再滴加少量碘水，溶液变蓝	淀粉未水解



12 室温下，通过下列实验探究邻苯二甲酸氢钾(表示)溶液性质。

实验 1：用 pH 计测定 0.05 mol/L KHA 溶液的 pH，测得 pH 约为 4.01。

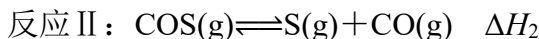
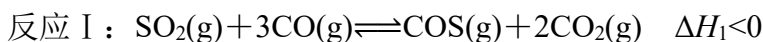
实验 2：向 10.00 mL 0.05 mol/L KHA 溶液中滴加 10.00 mL 0.05 mol/L KOH 溶液。

实验 3：向 0.05 mol/L KHA 溶液中滴加少量澄清石灰水，产生白色沉淀。

下列有关说法正确的是( )

- A. 实验 1 0.05 mol/L KHA 溶液中： $c(\text{H}_2\text{A}) > c(\text{A}^{2-})$
- B. 实验 2 滴加 KOH 溶液过程中水的电离程度逐渐减小
- C. 实验 2 所得的溶液中： $c(\text{H}^+) + c(\text{H}_2\text{A}) + c(\text{HA}^-) = c(\text{OH}^-)$
- D. 实验 3 中反应的离子方程式： $\text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^- + 2\text{HA}^- \rightleftharpoons \text{CaA} \downarrow + \text{A}^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$

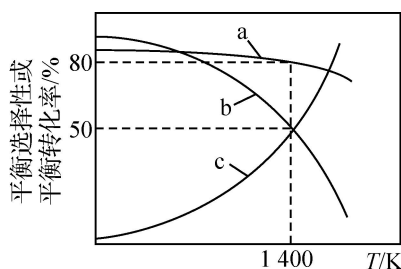
13 硫酸工业尾气中  $\text{SO}_2$  可用  $\text{CO}$  处理并回收  $\text{S}$ ，涉及的反应如下：



恒压条件下，按  $n(\text{SO}_2) : n(\text{CO}) = 1 : 3$  充入原料，其中  $\text{SO}_2$  的平衡转化率以及  $\text{COS}$  和  $\text{S}$  的平衡选择性随温度的变化如图所示。已知：曲线 b 表示  $\text{COS}$  的平衡选择性。

$$\text{X 的平衡选择性} = \frac{\text{生成 X 的物质的量}}{\text{转化的 } \text{SO}_2 \text{ 的物质的量}} \times 100\%, \text{ X 为 COS 或 S}$$

下列说法不正确的是( )



A. 曲线 c 表示  $\text{S}$  的平衡选择性

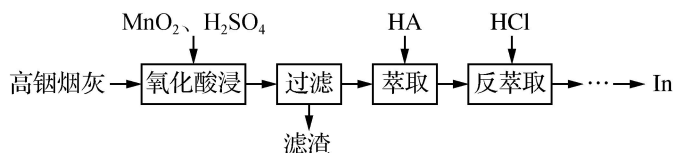
B.  $\Delta H_2 > 0$

C. 1400 K 下，反应  $\text{SO}_2(\text{g}) + 2\text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{S}(\text{g}) + 2\text{CO}_2(\text{g})$  的平衡常数  $K = 5.12$

D. 其他条件不变，增大体系压强， $\text{SO}_2$  的平衡转化率不变

二、非选择题：共 4 题，共 61 分。

14 (15 分) 从高铟烟灰中（主要含  $\text{In}_2\text{O}_3$ 、 $\text{In}_2\text{S}_3$ 、 $\text{PbO}$ 、 $\text{SiO}_2$  等）提取铟的过程如下：



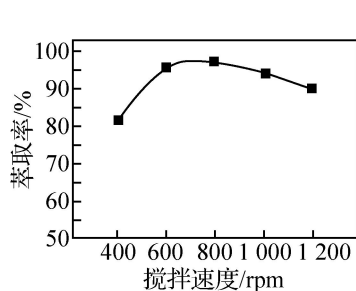
已知：使用有机萃取剂时，搅拌速度过快，易造成有机相乳化。

(1) 氧化酸浸：向高铟烟灰中加入  $\text{MnO}_2$  和稀硫酸充分反应，硫元素被氧化为  $\text{SO}_4^{2-}$ 。

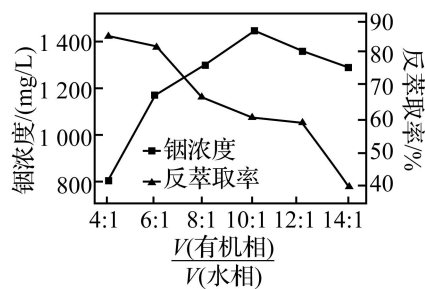
①写出  $\text{In}_2\text{S}_3$  反应的离子方程式：\_\_\_\_\_。

②过滤所得滤渣含  $\text{MnO}_2$ 、 $\text{SiO}_2$  和\_\_\_\_\_（填化学式）。

(2) 萃取：向滤液中加入有机萃取剂(HA)并搅拌，发生反应： $\text{In}^{3+}$ （水相）+  $3\text{HA}$ （有机相） $\rightleftharpoons \text{InA}_3$ （有机相）+  $3\text{H}^+$ （水相）。在一定条件下，搅拌速度与铟萃取率关系如图甲所示，铟萃取率先增大后减小的可能原因是\_\_\_\_\_。



甲

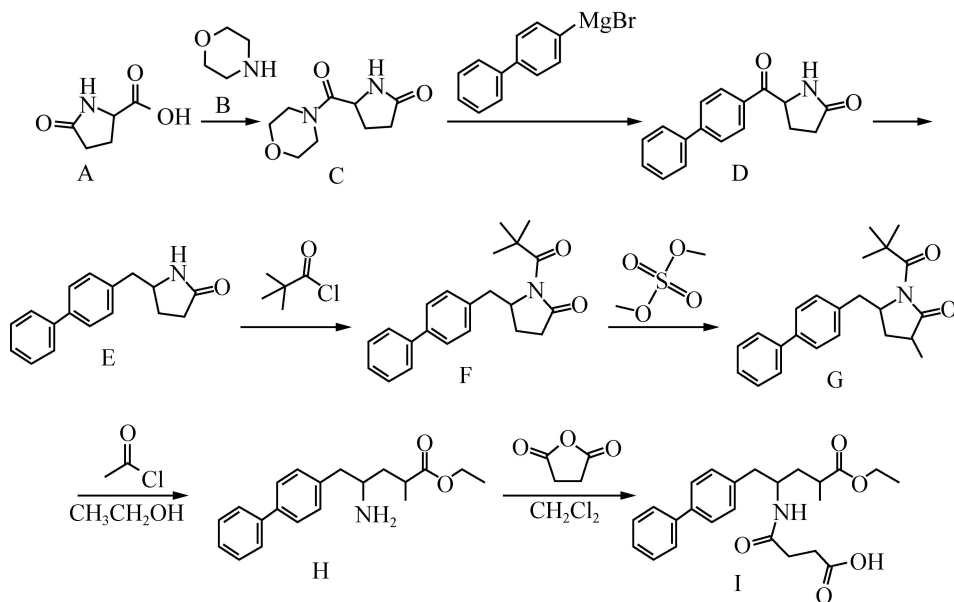


乙

(3) 反萃取:  $\text{InA}_3$  (有机相) +  $4\text{HCl}$  (水相)  $\rightleftharpoons$   $\text{HInCl}_4$  (水相) +  $3\text{HA}$  (有机相), 有机相与水相体积比和反萃取率、水相中铟浓度的关系如图乙所示, 操作时选择有机相与水相体积比为\_\_\_\_\_, 原因是\_\_\_\_\_。

(4) 制备铟: 分液, 向水相中加入足量  $\text{Zn}$ , 反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。若锌粉的利用率为 78%, 获得 6.9 kg 铟时需要使用锌粉\_\_\_\_\_kg (写出计算过程)。

15★ (15 分) 化合物 M 可用于心衰治疗, 一种合成路线如下 (部分反应条件略):



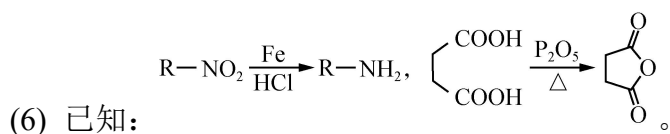
(1) A 分子中含有的官能团为\_\_\_\_\_。

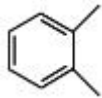
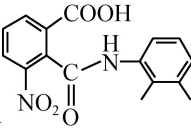
(2) B 分子中采取  $\text{sp}^3$  杂化的原子有\_\_\_\_\_个。

(3)  $\text{E} \rightarrow \text{F}$  的反应类型为\_\_\_\_\_。

(4)  $\text{F} \rightarrow \text{G}$  中有副产物  $\text{C}_{24}\text{H}_{29}\text{NO}_2$  生成, 该副产物的结构简式为\_\_\_\_\_。

(5) C 的一种同分异构体同时满足下列条件：能与  $\text{FeCl}_3$  溶液发生显色反应，分子中含有 4 种不同化学环境的氢原子。写出该同分异构体的结构简式：\_\_\_\_\_。



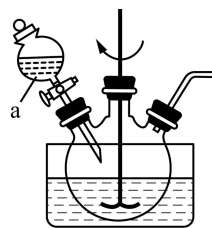
写出以  为原料制备  的合成路线流程图（无机试剂和有机溶剂任用，合成路线流程图示例见本题题干）。

16 (15 分)  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$  可用于脱除 NO 气体及制备  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 。

(1)  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$  溶液制备。在图甲所示装置中，用 0.1 mol/L  $\text{CoCl}_2$  溶液与 0.1 mol/L 氨水反应可制得  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$  溶液。

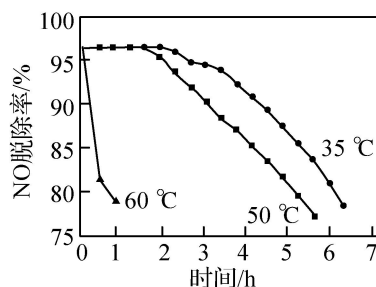
①图甲中仪器 a 的名称为\_\_\_\_\_，基态  $\text{Co}^{2+}$  的核外电子排布式为\_\_\_\_\_。

②反应  $\text{Co}(\text{OH})_2 + 6\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+} + 2\text{OH}^-$  的平衡常数  $K = \underline{\hspace{2cm}}$ 。已知： $K_{\text{sp}}[\text{Co}(\text{OH})_2] = 10^{-14.23}$ ， $\text{Co}^{2+} + 6\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$  的平衡常数  $K = 10^{5.11}$ 。



(2) 脱除 NO 气体。已知： $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$  对 NO 吸收能力很强，而  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$  对 NO 的吸收能力极低；脱除 NO 气体总反应式为  $4[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+} + 2\text{NO} + 2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+} + 2\text{OH}^- + \text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ 。

①实验得到 NO 脱除率与温度、时间变化如图乙所示；NO 脱除率随温度、时间变化的原因为\_\_\_\_\_。



②钴氨溶液经过多次循环吸收 NO 后，其吸收 NO 的能力会降低，向钴氨溶液中加入 KI 溶液可恢复

乙

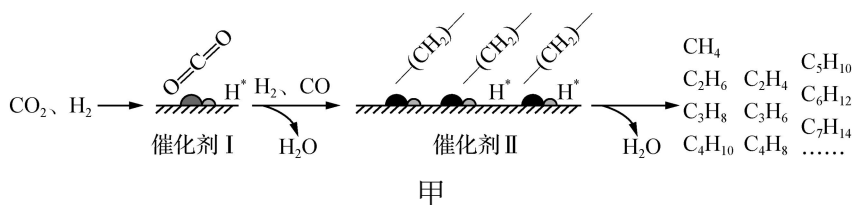
其吸收 NO 的能力, 写出该反应的离子方程式: \_\_\_\_\_。

(3)  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  晶体制备。已知:  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  晶体易溶于热水和稀盐酸, 在冰水、浓盐酸、无水乙醇中溶解度较小。请补充完整实验方案: 在通风橱中将制得的  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$  溶液加热至  $55\text{ }^\circ\text{C}$  左右, 边搅拌边加入适量  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , 再加入

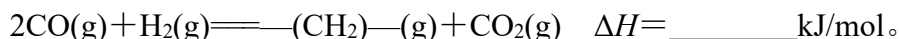
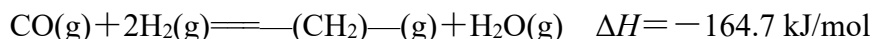
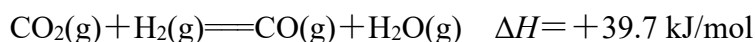
\_\_\_\_\_, 低温烘干, 得到  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  晶体 (实验中须使用: 4%  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液、红色石蕊试纸、冰水、浓盐酸、无水乙醇)。

17 (16 分)  $\text{CO}_2$  的催化加氢反应可以产生多种高附加值产品, 如甲醇、碳氢化合物等。

I. 由  $\text{CO}_2$  制碳氢化合物的过程如图甲所示。



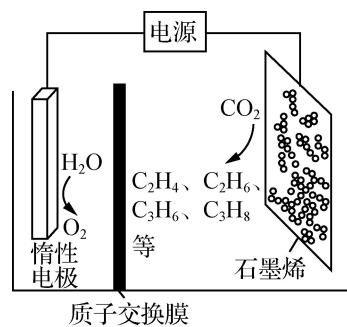
(1) 涉及部分反应:



(2) 催化剂 I 可使用铁基催化剂。

① 方铁矿 ( $\text{Fe}_{1-x}\text{O}$ ) 可用作催化剂, 当  $x=0.05$  时, 晶体中  $\frac{n(\text{Fe}^{2+})}{n(\text{Fe}^{3+})} = \text{_____}$ 。

② 地球化学研究发现, 地幔层 (温度  $1\,000 \sim 1\,300\text{ }^\circ\text{C}$ ) 中磁铁矿与石墨矿会转化为方铁矿, 该反应的化学方程式为 \_\_\_\_\_。



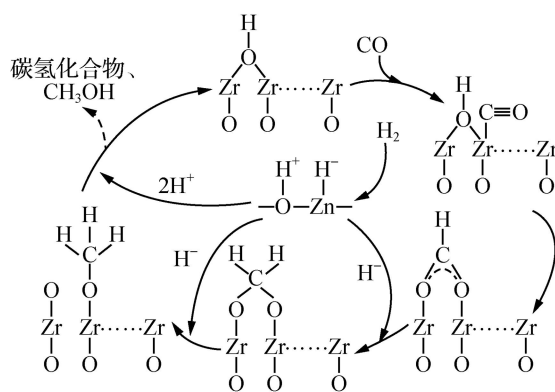
II. 电催化  $\text{CO}_2$  还原制备碳氢化合物, 其装置原理如图乙所示。

(3) 电池工作过程中, 阴极生成  $\text{C}_3\text{H}_6$  的电极反应式为 \_\_\_\_\_。

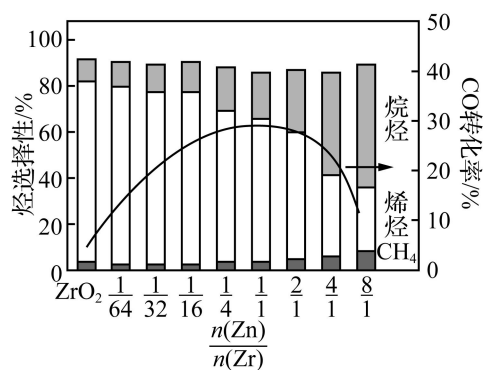
(4) 每转移  $2\text{ mol}$  电子, 阳极室溶液质量减少 \_\_\_\_\_ g。

III. 把  $\text{ZnZrO}_x$  附着在分子筛 SSZ-13 上, 可催化  $\text{CO}$ 、 $\text{H}_2$  生成  $\text{CH}_3\text{OH}$  及碳氢化合物, 部分反应机理如图丙所示。催化剂中  $\frac{n(\text{Zn})}{n(\text{Zr})}$ 、 $\text{CO}$  转化率、烃选择性关系

如图丁所示。



丙



丁

(5)  $\frac{n(\text{Zn})}{n(\text{Zr})}$  大于 1 后, CO 转化率降低的可能原因为\_\_\_\_\_。

(6) 随  $\frac{n(\text{Zn})}{n(\text{Zr})}$  增加, 烯烃选择性减少、烷烃选择性增加的可能原因为\_\_\_\_\_。

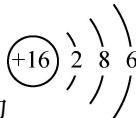
可能用到的相对原子质量：H—1 N—14 O—16 Co—59

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

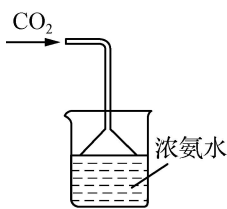
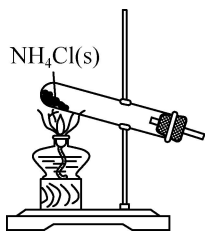
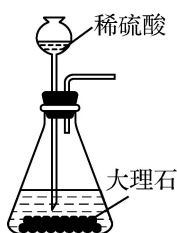
1 我国北斗系统组网成功，北斗芯片中的半导体材料为硅。硅在元素周期表中属于( )

- A. s 区 B. p 区 C. d 区 D. ds 区

2 反应  $11\text{P}_4 + 60\text{CuSO}_4 + 96\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 20\text{Cu}_3\text{P} + 24\text{H}_3\text{PO}_4 + 60\text{H}_2\text{SO}_4$  可用于处理不慎沾到皮肤上的白磷。下列说法正确的是( )

- A.  $\text{P}_4$  分子中的键角为  $109^\circ 28'$  B.  $\text{S}^{2-}$  的结构示意图为 
- C.  $\text{H}_2\text{O}$  的空间结构为 V 形 D. 基态  $\text{Cu}^{2+}$  的价层电子排布式为  $3\text{d}^8 4\text{s}^1$

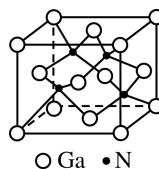
3 碳酸氢铵是一种常用氮肥，其制备原理为  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3 \longrightarrow \text{NH}_4\text{HCO}_3$ ，下列相关原理、装置及操作正确的是( )



- A. 制取  $\text{CO}_2(\text{g})$  B. 制取  $\text{NH}_3(\text{g})$  C. 制备  $\text{NH}_4\text{HCO}_3(\text{aq})$  D. 获得  $\text{NH}_4\text{HCO}_3(\text{s})$

阅读下列材料，完成 4~6 题：

元素周期表中 IIIA 族元素 ( ${}_5\text{B}$ 、 ${}_{13}\text{Al}$ 、 ${}_{31}\text{Ga}$ 、 ${}_{49}\text{In}$  等) 的单质及其化合物应用广泛。 $\text{BF}_3$  极易水解，生成  $\text{HBF}_4$  ( $\text{HBF}_4$  是一种强酸) 和硼酸 ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )。高温下  $\text{Al}_2\text{O}_3$  和过量焦炭在氯气的氛围中获得  $\text{AlCl}_3$ 。已知 Ga 与 Al 的性质相似，Ga 微量分散于铝土矿中，在一定条件下 Ga 和  $\text{NH}_3$  可以制得 GaN。GaN 誉为第三代半导体材料，具有硬度大、熔点高的特点。已知 GaN 成键结构与金刚石相似，其晶胞结构如图。已知： $\text{GaN}$ 、 $\text{GaP}$ 、 $\text{GaAs}$  的熔点高，且熔融状态均不导电。



4 下列化学反应表示正确的是( )

- A. Ga 和  $\text{NH}_3$  合成氮化镓： $\text{Ga} + 2\text{NH}_3 \longrightarrow \text{GaN} + 3\text{H}_2$
- B.  $\text{BF}_3$  水解的离子方程式： $4\text{BF}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 3\text{HBF}_4 + \text{H}_3\text{BO}_3$
- C. 制备  $\text{AlCl}_3$  时发生的反应： $2\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{C} + 6\text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 4\text{AlCl}_3 + 3\text{CO}_2$
- D. Ga 与  $\text{NaOH}$  溶液反应的化学方程式： $2\text{Ga} + 2\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Na}[\text{Ga}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2 \uparrow$

5 下列说法不正确的是( )

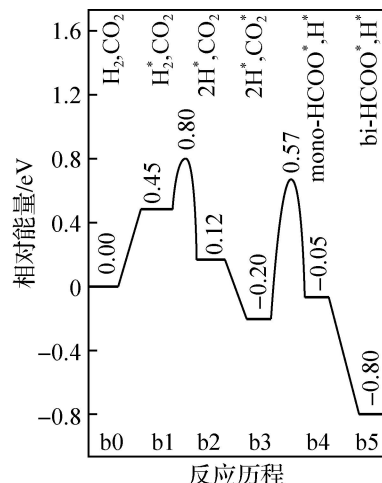
- A. 熔点:  $\text{GaN} < \text{GaP} < \text{GaAs}$
- B. GaN 为共价晶体
- C. GaN 晶体中所有原子均采用  $\text{sp}^3$  杂化
- D. 与 N 原子相连的 Ga 原子构成的空间结构为正四面体

6 催化剂 GaN 可催化  $\text{CO}_2$  直接加氢制二甲醚。

在 GaN(110)界面上的部分反应历程如图, 其反应为  $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{HCOO}^* + \text{H}^*$ 。在 GaN(100)界面上发生的反应为  $\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CH}_3^* + \text{H}^* + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 。下列说法不正确的是( )

A. 制二甲醚的总反应为  $2\text{CO}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OCH}_3(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{g})$

- B. 二甲醚中元素电负性:  $\chi(\text{O}) > \chi(\text{C}) > \chi(\text{H})$
- C. 图示的反应历程中, 决速步骤为  $\text{H}_2^* \rightarrow 2\text{H}^*$
- D. 催化剂的不同界面可以改变反应的路径



7 在给定条件下, 下列制备过程涉及的物质转化不可以实现的是( )

A. 侯氏制碱法: 饱和  $\text{NaCl}(\text{aq}) \xrightarrow{\text{NH}_3, \text{CO}_2} \text{NaHCO}_3(\text{s}) \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s})$

B. 工业制硝酸:  $\text{NH}_3 \xrightarrow[\text{催化剂}, \Delta]{\text{O}_2} \text{NO}_2 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{HNO}_3$

C. 工业制硫酸: 黄铁矿  $\text{FeS}_2 \xrightarrow[\text{燃烧}]{\text{空气}} \text{SO}_2 \xrightarrow[400 \sim 500^\circ\text{C}]{\text{空气, 催化剂}} \text{SO}_3$

98.3%的浓硫酸吸收  $\text{H}_2\text{SO}_4$

D. 工业制高纯硅:  $\text{SiO}_2 \xrightarrow[\text{高温}]{\text{C}} \text{Si}(\text{粗}) \xrightarrow[\text{HCl}]{300^\circ\text{C}} \text{SiHCl}_3 \xrightarrow[1100^\circ\text{C}]{\text{过量 H}_2} \text{Si}$

8 新型催化剂  $\text{RuO}_2$  可催化  $\text{O}_2$  氧化  $\text{HCl}$  获得  $\text{Cl}_2$ :  $4\text{HCl}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$   $\Delta H = a \text{ kJ/mol}$ 。下列说法正确的是( )

- A. 该反应  $\Delta S < 0$
- B. 4 mol  $\text{HCl}$  与 1 mol  $\text{O}_2$  反应转移电子数约为  $4 \times 6.02 \times 10^{23}$
- C. 反应的平衡常数为  $K = \frac{c^2(\text{Cl}_2)}{c^4(\text{HCl}) \cdot c(\text{O}_2)}$
- D. 使用催化剂能降低该反应的  $\Delta H$

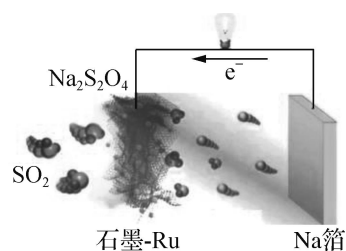


9 中国科学家设计了负载有 Ru 纳米颗粒的三维多孔结构石墨基电极“Na-SO<sub>2</sub>”电池，以乙二胺的乙醚溶液为电解质溶液，其简单示意图如图。下列有关说法正确的是( )

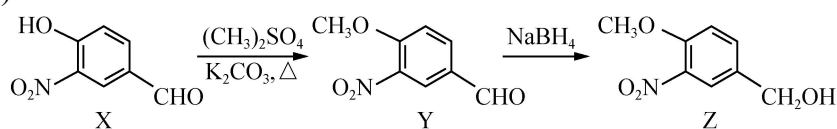
- A. 乙二胺的乙醚溶液可改为乙二胺的水溶液  
B. 三维多孔结构石墨基电极有利于气体、电极和电解质溶液充分接触

C. 充电时，每转移 0.1 mol 电子在阳极可生成标准状况下的气体 4.48 L

D. 放电时，Na 电极反应式为  $2\text{Na}^+ + 2\text{SO}_2 + 2\text{e}^- = \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$



10 Z 是合成某种抗肿瘤药物的重要中间体，其合成路线如下。下列说法正确的是( )

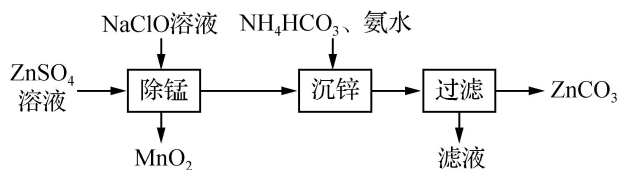


- A. 1 mol X 最多可与 3 mol H<sub>2</sub> 反应  
B. 1 mol Z 中含有 C—H σ键数目为 5 mol  
C. Y 中所有原子可能共平面  
D. X、Y、Z 可用 FeCl<sub>3</sub> 溶液和新制银氨溶液进行鉴别

11 根据实验操作、现象，能得出相应结论的是( )

选项	操作	现象	结论
A	向 Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> 固体中加入浓硝酸，并将产生的气体通入 Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> 溶液中	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> 溶液中出现白色沉淀	非金属性：S>Si
B	将浓盐酸和亚硫酸钠反应产生的气体通入酸性 KMnO <sub>4</sub> 溶液中	溶液紫红色褪去	SO <sub>2</sub> 具有还原性
C	将溴乙烷和氢氧化钠醇溶液共热后产生的气体通入盛水的试管后，再用酸性 KMnO <sub>4</sub> 溶液进行检验	酸性高锰酸钾溶液变为无色	溴乙烷发生了消去反应生成了 CH <sub>2</sub> =CH <sub>2</sub>
D	将苯、液溴、铁粉混合物反应产生的气体通入 AgNO <sub>3</sub> 溶液中	生成浅黄色沉淀	证明苯与液溴在 FeBr <sub>3</sub> 催化下发生取代反应

12 室温下,用含少量  $\text{Mn}^{2+}$  的  $\text{ZnSO}_4$  溶液制备  $\text{ZnCO}_3$  的过程如下。下列说法正确的是( )



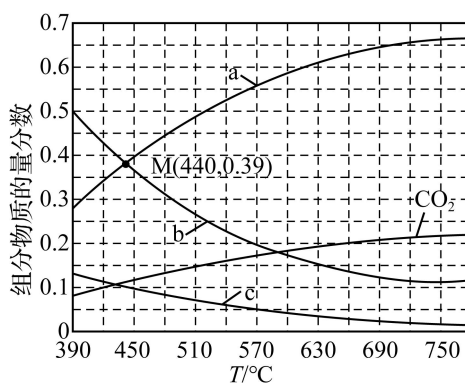
A.  $\text{NaClO}$  溶液中:  $c(\text{Na}^+) = c(\text{ClO}^-) + c(\text{OH}^-)$

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

C. “过滤”所得滤液中:  $\frac{c(\text{CO}_3^{2-})}{c^2(\text{OH}^-)} < \frac{K_{\text{sp}}(\text{ZnCO}_3)}{K_{\text{sp}}[\text{Zn}(\text{OH})_2]}$

D. “过滤”所得滤液中:  $c(\text{NH}_4^+) + c(\text{H}^+) + c(\text{Na}^+) = c(\text{OH}^-) + c(\text{HCO}_3^-) + 2c(\text{CO}_3^{2-})$

13 乙烯可由  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2$  制取:  $2\text{CO}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 。在  $0.1 \text{ MPa}$  下,反应物起始物质的量之比  $n(\text{CO}_2) : n(\text{H}_2) = 1 : 3$  的条件下,不同温度下达到平衡时,  $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{C}_2\text{H}_4$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  四种组分的物质的量分数如图所示。下列说法正确的是( )



A. 该反应的  $\Delta H > 0$

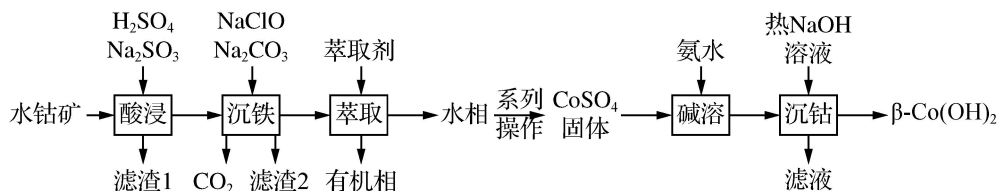
B. 曲线 a 表示  $\text{C}_2\text{H}_4$  的物质的量分数随温度的变化

C. 在  $440^\circ\text{C}$  下反应已经达到平衡时,继续通入等比例的  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2$ ,可以提高  $\text{H}_2$  和  $\text{CO}_2$  的平衡转化率

D.  $440^\circ\text{C}$  时  $\text{H}_2$  的平衡转化率为 60%

## 二、非选择题：共 4 题，共 61 分。

14 (15 分) 利用水钴矿（主要成分为  $\text{Co}_2\text{O}_3$ ，含少量  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{FeO}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MnO}_2$ ）制备二次电池添加剂  $\beta\text{-Co}(\text{OH})_2$  的流程如下。



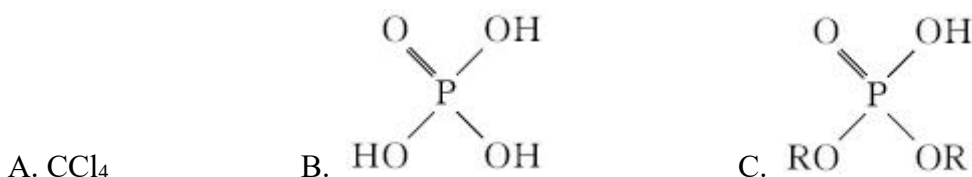
已知：i. 沉淀过快无法形成  $\beta\text{-Co}(\text{OH})_2$ ； $\text{Co}(\text{OH})_2$  在碱性溶液中易被  $\text{O}_2$  氧化。  
ii.  $\text{Co}^{2+}$ 、 $\text{Co}^{3+}$  易与  $\text{NH}_3$  形成配合物。iii. 水合肼( $\text{N}_2\text{H}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$ )为无色油状液体，具有强还原性，氧化产物为  $\text{N}_2$ 。

(1) “酸浸”固液混合时，加料方式为\_\_\_\_\_（填字母）。

A. 将水钴矿先和硫酸混合再滴加亚硫酸钠      B. 将水钴矿先和亚硫酸钠溶液混合再滴加硫酸

(2) 滤渣 2 主要成分为  $\text{NaFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ ，写出“沉铁”的离子方程式：\_\_\_\_\_。

(3) “萃取”时，有机相萃取出 Mn 元素，下列物质可作萃取剂的是\_\_\_\_\_（填字母）。



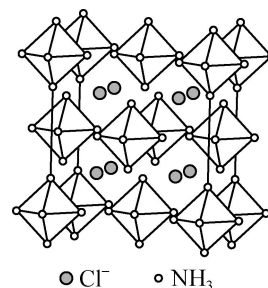
(4) 由  $\text{CoSO}_4 \rightarrow [\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+} \rightarrow \beta\text{-Co}(\text{OH})_2$  转化过程中：

①制备  $\beta\text{-Co}(\text{OH})_2$ ，先加氨水再加  $\text{NaOH}$  溶液的理由是\_\_\_\_\_。

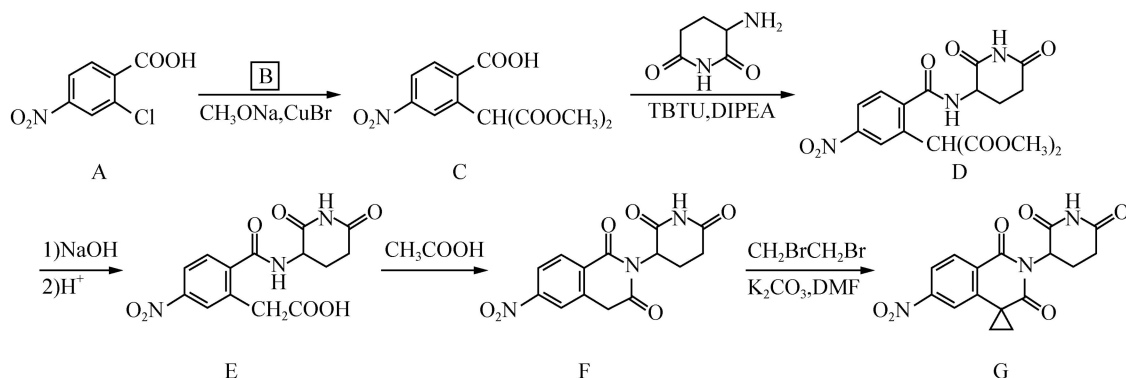
②“沉钴”中使用热  $\text{NaOH}$  溶液有利于形成较纯净的  $\beta\text{-Co}(\text{OH})_2$ ，可能原因是\_\_\_\_\_。

(5) 经仪器分析，测得按题(4)步骤制得的  $\text{Co}(\text{OH})_2$  晶体结构中含有  $\text{Co}(\text{III})$ ，进一步用碘量法测得  $\text{Co}(\text{II})$  的氧化程度为 8%。因此制备时必须加入一定量的还原剂，如水合肼。实验室模拟题(4)步骤，为确保制得的  $\text{Co}(\text{OH})_2$  产品中不含  $\text{Co}(\text{III})$ ，用 500 mL 1 mol/L  $\text{CoSO}_4$  溶液制备时至少需加入水合肼的质量为\_\_\_\_\_g（写出计算过程）。

(6) Co 和  $\text{NH}_3$  形成配离子时, Co 的 3d 电子会重排腾出空轨道。若构成化合物的原子或离子中存在不成对电子, 则化合物具有顺磁性, 否则化合物具有抗磁性。已知化合物  $\text{M}\{[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_x\}$  的晶胞如图所示, 则 M 具有\_\_\_\_\_ (填“顺”或“抗”) 磁性。



15\* (15 分) H 是一种新型的新型免疫调节剂(IMiDs), 其合成路线如下:



(1) A 中含氧官能团的名称为\_\_\_\_\_。

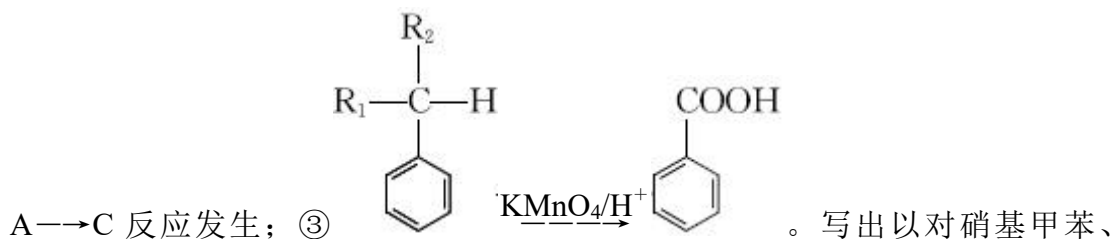
(2) B 的分子式为  $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_4$ , 其结构简式为\_\_\_\_\_。

(3)  $\text{E} \rightarrow \text{F}$  的反应类型为\_\_\_\_\_。  $\text{F} \rightarrow \text{G}$  中有副产物  $\text{C}_{16}\text{H}_{13}\text{N}_3\text{O}_6$  生成, 该副产物的结构简式为\_\_\_\_\_。

(4) 写出同时满足下列条件的 C 的一种同分异构体的结构简式: \_\_\_\_\_。

①是含有一个手性碳原子的  $\alpha$ -氨基酸。②碱性条件下水解后酸化, 生成 X、Y 和 Z 三种有机产物。Y、Z 分子中均有 2 种不同化学环境的氢原子, Y 能与  $\text{FeCl}_3$  溶液发生显色反应, Z 能使溴的四氯化碳溶液褪色。

(5) 已知: ①  $\text{R}-\text{NO}_2 \xrightarrow{\text{SnCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}} \text{R}-\text{NH}_2$ ; ②苯环上连有推电子基团时不利于



为原料制备  $\text{H}_2\text{N}-\text{C}_6\text{H}_3(\text{COOH})_2$  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)。

16 (15 分) 实验室可用多种方法分离铜阳极泥(主要成分为  $\text{Cu}_2\text{S}$ 、 $\text{AgCl}$  等)中的  $\text{Ag}$ 。

(1) 硫代硫酸盐法浸出法。用足量的  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  与  $\text{NaOH}$  混合液浸出阳极泥, 加热、搅拌。定时取样检测, 测得  $\text{Ag}$  浸出率如图甲所示。

①为使反应液受热均匀, 可采用的加热方式是\_\_\_\_\_。

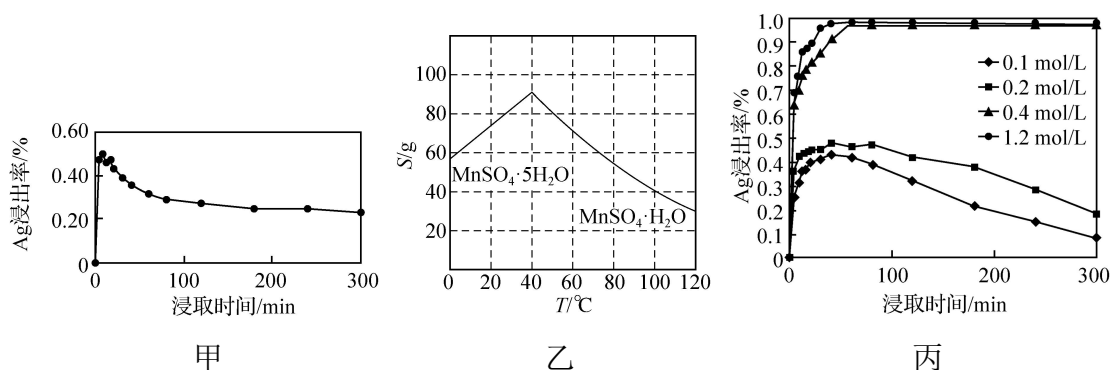
②浸出时,  $\text{AgCl}$  与  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  发生反应:  $\text{AgCl}(\text{s}) + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq}) \rightleftharpoons [\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}(\text{aq}) + \text{Cl}^{-}(\text{aq})$ ; 已知:  $K_{\text{sp}}(\text{AgCl}) = 1.8 \times 10^{-10}$ 。  $\text{Ag}^{+} + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightleftharpoons [\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$   $K = 2.8 \times 10^{13}$ 。该反应的平衡常数为\_\_\_\_\_。

③浸出过程中  $\text{Ag}$  浸出率先上升后下降的原因是\_\_\_\_\_。

④用  $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-MnO}_2$  预处理后可提高浸出率, 过程中无有害气体的排放, 且浸出后阳极泥中无硫单质。则预处理时,  $\text{Cu}_2\text{S}$  发生反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。

⑤除去  $\text{Ag}$  后的滤液含有大量  $\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ , 可用于制备高纯  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  晶体(溶解度曲线如图乙所示)。补充完整实验方案: 取除去  $\text{Ag}$  后的滤液, \_\_\_\_\_。

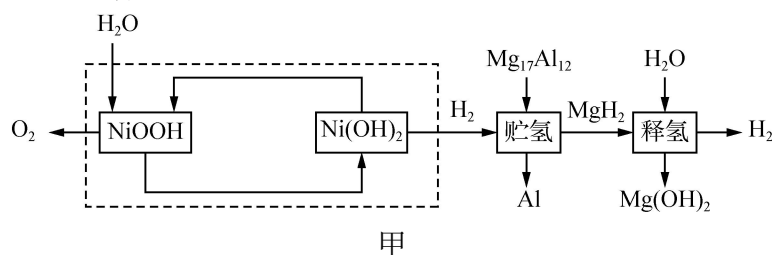
(实验中须使用: 铜萃取剂, 乙醇)。



(2)  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  也可用于浸出阳极泥中的  $\text{Ag}$ 。碱性环境下,  $\text{SO}_3^{2-}$  在溶液中能与  $\text{Ag}^{+}$  形成较为稳定的  $[\text{Ag}(\text{SO}_3)_2]^{3-}$ 。其他条件相同,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  溶液初始浓度与  $\text{Ag}$  浸出率的关系如图丙所示。初始浓度越低, 随着反应进行  $\text{Ag}$  浸出率下降程度越大, 原因可能是\_\_\_\_\_。

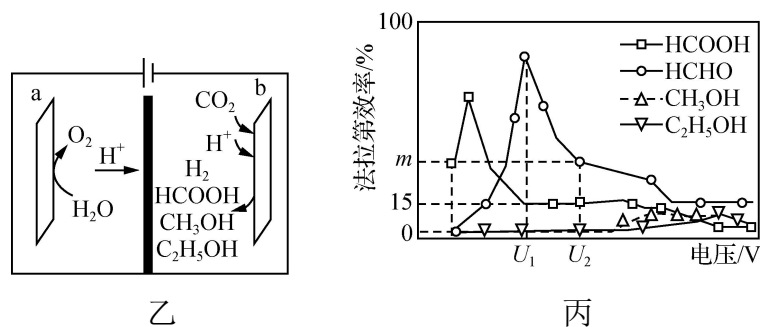
17 (16分) 氢能是理想清洁能源, 氢能产业链由制氢、储氢和用氢组成。 $\text{CO}_2$ 的资源化利用能有效减少  $\text{CO}_2$  排放, 充分利用碳资源。

(1) 制氢、贮氢与释氢的一种方法如图甲所示。



- ①虚线框内生成  $\text{O}_2$  的化学方程式为\_\_\_\_\_。
- ②释氢释放的  $\text{H}_2$  与贮氢吸收的  $\text{H}_2$  的物质的量之比为\_\_\_\_\_。
- ③从物质综合利用的角度分析, 进一步提高一定量  $\text{Mg}_{17}\text{Al}_{12}$  释氢量的操作为\_\_\_\_\_。

(2) 电催化还原法是  $\text{CO}_2$  的有机资源化的研究热点。利用有机多孔电极材料(铜粉沉积在一种含碳化合物树脂的骨架上)电催化还原  $\text{CO}_2$  的装置如图乙所示。控制其他条件相同, 将一定量的  $\text{CO}_2$  通入该电催化装置中, 恒定通过电解池的电量, 电解得到的部分还原产物的法拉第效率( $FE\%$ )随电解电压的变化如图丙所示。



$$FE\% = \frac{Q_x (\text{生成还原产物 X 所需要的电量})}{Q_{\text{总}} (\text{总电解过程中通过的总电量})} \times 100\%。 \text{其中 } Q_x = nF, n \text{ 表示}$$

电解生成还原产物 X 所转移电子的物质的量,  $F$  表示法拉第常数。

- ①b 电极生成  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$  的电极反应式为\_\_\_\_\_。
- ②电解前需向电解质溶液中持续通入过量  $\text{CO}_2$  的原因是\_\_\_\_\_。

③为确定阴极上生成的含碳化合物不是来源于有机多孔电极材料, 可通入\_\_\_\_\_ (填物质的化学式) 进行实验。

④当电解电压为  $U_2 \text{ V}$  时, 电解生成的  $\text{HCOOH}$  和  $\text{HCHO}$  的物质的量之比为  $5:6$ , 图丙中  $m = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

可能用到的相对原子质量: H—1 C—12 N—14 O—16 P—31 Fe—56  
Mo—96

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。

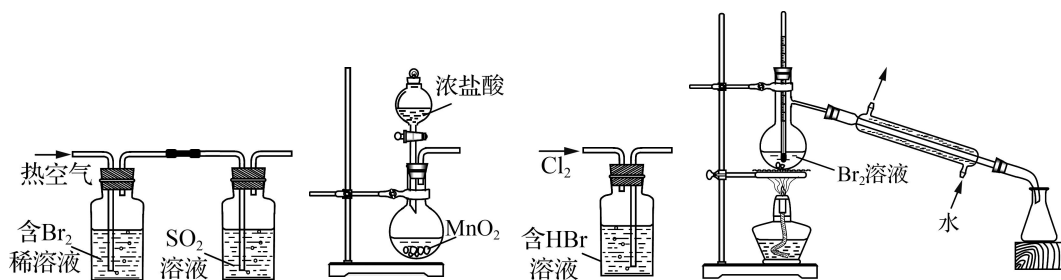
1 材料在生产生活中有着广泛的应用,下列不属于合成高分子材料的是( )

- A. 聚氯乙烯 B. 光导纤维 C. 聚酯纤维 D. 酚醛树脂

2 连二亚硝酸( $\text{HON}=\text{NOH}$ )是一种还原剂,可由反应  $\text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{NOH} = \text{HON}=\text{NOH} + \text{H}_2\text{O}$  制备。下列说法正确的是( )

- A. 中子数为 8 的氮原子:  ${}^8_7\text{N}$   
B.  $\text{H}_2\text{NOH}$  分子含极性键和非极性键  
C.  $\text{H}_2\text{O}$  的电子式为  $\text{H}^+[:\ddot{\text{O}}:]^{2-}\text{H}^+$   
D.  $\text{HON}=\text{NOH}$  中 N 元素的化合价为 +1

3 下列从含  $\text{Br}_2$  稀溶液中提取  $\text{Br}_2$  的实验操作或原理能达到目的的是( )



- A. 吹出  $\text{Br}_2$  蒸气并吸收 B. 制取  $\text{Cl}_2$  C. 制取  $\text{Br}_2$  D. 蒸馏回收  $\text{Br}_2$

4  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$  晶体可作激光发射材料。下列说法正确的是( )

- A. 半径:  $r(\text{Ca}^{2+}) > r(\text{P}^{3-})$  B. 第一电离能:  $I_1(\text{P}) > I_1(\text{S})$   
C. 沸点:  $\text{PH}_3 > \text{HF}$  D. 电负性:  $\chi(\text{O}) > \chi(\text{F})$

阅读下列材料,完成 5~7 题:

周期表中 VIA 族元素的单质及其化合物应用广泛。 $\text{O}_3$ 、 $\text{H}_2\text{O}_2$  等都是生产中常见的氧化剂; $\text{H}_2\text{S}$  的燃烧热为  $586 \text{ kJ/mol}$ ;单质硒可以用作光敏材料,工业上可由甲酸与含亚硒酸( $\text{H}_2\text{SeO}_3$ )的废液在  $103^\circ\text{C}$  反应制得;我国科学家还研发了一种硒电池,放电时总反应为  $\text{Se} + 2\text{CuSO}_4 + 2\text{Zn} = \text{Cu}_2\text{Se} + 2\text{ZnSO}_4$ ,其表现出了超强的电容量和出色的循环性能。

5 下列说法正确的是( )

- A.  $\text{H}_2\text{O}_2$  分子中所有原子在同一直线上 B.  $\text{H}_2\text{S}$  晶体属于共价晶体  
C.  $\text{SeO}_3^{2-}$  的空间结构是平面三角形 D.  $1 \text{ mol H}_2\text{SeO}_3$  中含有  $5 \text{ mol } \sigma$  键

6 下列物质的结构与性质或性质与用途具有对应关系的是( )

- A.  $O_3$  是极性微弱的分子,  $O_3$  微溶于水  
B. Se 最外层有 6 个电子, 单质硒的熔、沸点较低  
C.  $CuSO_4$  溶液显酸性, 可用于泳池的杀菌消毒  
D.  $H_2O_2$  有氧化性, 可用于和  $Ba(OH)_2$  反应制备  $BaO_2$

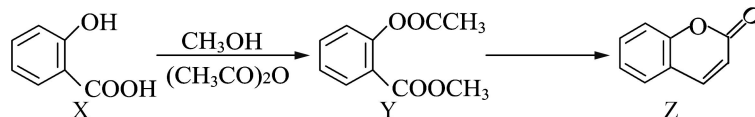
7 下列化学反应表示正确的是( )

- A.  $H_2S$  稀溶液中通入少量  $SO_2$  气体:  $H_2S + 3SO_2 \rightleftharpoons 2S \downarrow + 2H_2SO_3$   
B.  $H_2S$  燃烧的热化学方程式:  $2H_2S(g) + 3O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_2(g) + 2H_2O(g) \quad \Delta H = -1172 \text{ kJ/mol}$   
C.  $H_2SeO_3$  制取单质硒的化学方程式:  $2HCOOH + H_2SeO_3 \xrightarrow{103^\circ C} Se + 2CO_2 \uparrow + 3H_2O$   
D. 硒电池放电时正极反应式:  $Se + 2Cu^{2+} - 4e^- \rightleftharpoons Cu_2Se$

8 下列有关物质的工业制备方法在指定条件下能实现的是( )

- A. 制纯碱:  $NaCl(aq) \xrightarrow{CO_2} NaHCO_3 \xrightarrow{\Delta} Na_2CO_3$   
B. 制硫酸:  $FeS_2 \xrightarrow[高温]{O_2} SO_3 \xrightarrow{H_2O} H_2SO_4$   
C. 制硝酸:  $NH_3 \xrightarrow[催化剂, \Delta]{O_2} NO \xrightarrow{H_2O} HNO_3$   
D. 制漂白粉:  $NaCl(aq) \xrightarrow{通电} Cl_2 \xrightarrow{石灰乳} Ca(ClO)_2$

9 某抗凝血作用的药物 Z 可用下列反应合成。下列说法正确的是( )



- A. X 与  $NaHCO_3$  溶液反应可以生成
- B. 1 mol Y 与  $NaOH$  溶液反应, 最多消耗 2 mol  $NaOH$   
C. Z 分子中所有碳原子共平面  
D. X、Y、Z 均易溶于水

10 反应  $2NO(g) + 2CO(g) \rightleftharpoons N_2(g) + 2CO_2(g)$  在一定条件下能自发进行, 可用于处理汽车尾气。下列说法正确的是( )

- A. 反应的温度越高, 平衡常数  $K$  的数值越小  
B. 正反应的活化能大于逆反应的活化能  
C. 该反应的平衡常数表达式  $K = \frac{c^2(NO) \cdot c^2(CO)}{c(N_2) \cdot c^2(CO_2)}$   
D. 反应中每消耗 11.2 L  $NO$ , 转移电子的数目为  $6.02 \times 10^{23}$



11 室温下，下列实验方案能达到实验目的的是( )

选项	实验方案	实验目的
A	向 5 mL 1 mol/L FeI <sub>2</sub> 溶液中先滴加几滴新制氯水，再滴加几滴 KSCN 溶液，观察现象	验证氧化性：Cl <sub>2</sub> >Fe <sup>3+</sup>
B	测定 0.1 mol/L CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> 溶液的 pH	比较 K <sub>b</sub> (NH <sub>3</sub> ·H <sub>2</sub> O)与 K <sub>a</sub> (CH <sub>3</sub> COOH)的大小
C	向 Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 稀溶液中通入足量 CO <sub>2</sub> 气体，观察现象	验证溶解度：Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> >NaHCO <sub>3</sub>
D	向 pH=10 的 CH <sub>3</sub> COONa 溶液中加入少量 NaCl 固体，充分溶解后测定 pH	验证 CH <sub>3</sub> COONa 溶液中存在水解平衡

12 室温下，通过下列实验探究 NaClO 的性质。已知 K<sub>a</sub>(HClO)=3×10<sup>-8</sup>，K<sub>a1</sub>(H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)=4×10<sup>-7</sup>，K<sub>a2</sub>(H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)=5×10<sup>-11</sup>。下列说法正确的是( )

实验 1：测定 0.1 mol/L NaClO 溶液的 pH。

实验 2：向 0.1 mol/L NaClO 溶液中加入稀硫酸至 pH=7。

实验 3：向 0.1 mol/L NaClO 溶液中通入少量 CO<sub>2</sub>。

实验 4：向 0.1 mol/L NaClO 溶液中通入少量 SO<sub>2</sub>，再加入 BaCl<sub>2</sub> 溶液，产生白色沉淀。

A. 实验 1 所测 NaClO 溶液的 pH>11

B. 实验 2 所得的溶液中：c(HClO)=2c(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)

C. 实验 3 所得溶液中：c(CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>)>c(HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

D. 实验 4 所得的溶液中：c(Ba<sup>2+</sup>)·c(SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>)=K<sub>sp</sub>(BaSO<sub>3</sub>)

13 一碘甲烷(CH<sub>3</sub>I)热裂解可制取乙烯等低碳烯烃化工原料。CH<sub>3</sub>I 热裂解时发生如下反应：

反应 I：2CH<sub>3</sub>I(g)⇌C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>(g) + 2HI(g)  
ΔH<sub>1</sub>>0

反应 II：3C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>(g)⇌2C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>(g) ΔH<sub>2</sub><0

反应 III：2C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>(g)⇌C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>(g) ΔH<sub>3</sub><0

p=0.1 MPa，向密闭容器中起始投入 1 mol CH<sub>3</sub>I(g)，维持压强恒定，平衡时容器内

C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>、C<sub>3</sub>H<sub>6</sub> 和 C<sub>4</sub>H<sub>8</sub> 所占容器内气体的物质的量分数(X)与温度的关系如图所示。

C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> 的分压 p(C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)=p<sub>总</sub>·X(C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)，反应 I 的压强平衡常数 K<sub>p</sub>= $\frac{p(\text{C}_2\text{H}_4) \cdot p^2(\text{HI})}{p^2(\text{CH}_3\text{I})}$ 。

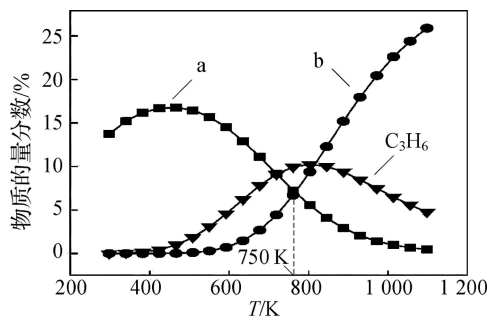
下列说法正确的是( )

A. 图中 a 对应的物质是 C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>

B. 750 K 时，反应 III 的 K<sub>p</sub>=1

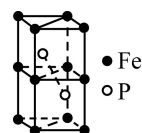
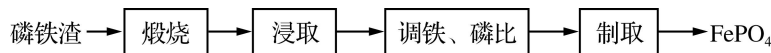
C. 300 K 时，要提高 C<sub>3</sub>H<sub>6</sub> 的物质的量分数可以使用 C<sub>3</sub>H<sub>6</sub> 选择性高的催化剂

D. 1 000 K 时，其他条件不变，若增大容器的压强，C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> 平衡时的物质的量分数一定会减小



二、非选择题：共4题，共61分。

14 (17分) 用磷铁渣（含  $\text{FeP}$ 、 $\text{Fe}_2\text{P}$  及少量杂质）制备  $\text{FePO}_4$  的工艺流程如下：

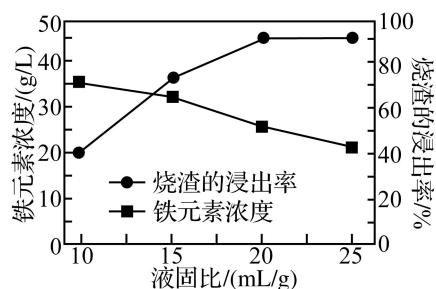


甲

(1) 图甲所示为某种磷铁化合物的晶胞，该磷铁化合物的化学式为\_\_\_\_\_。

(2) 将磷铁渣在空气中煅烧，有  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  和  $\text{P}_2\text{O}_5$  生成（杂质不反应）。若生成  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  和  $\text{P}_2\text{O}_5$  的物质的量之比为 1 : 1 : 2，则反应的  $\text{FeP}$  和  $\text{Fe}_2\text{P}$  物质的量之比为\_\_\_\_\_。

(3) 将煅烧所得烧渣用盐酸浸出，控制浸出时间、温度和盐酸浓度一定，测得烧渣的浸出率和浸出液中铁元素浓度与液固比的关系如图乙所示。当液固比大于 20 mL/g，所得浸出液中铁元素浓度降低的原因是\_\_\_\_\_。



乙

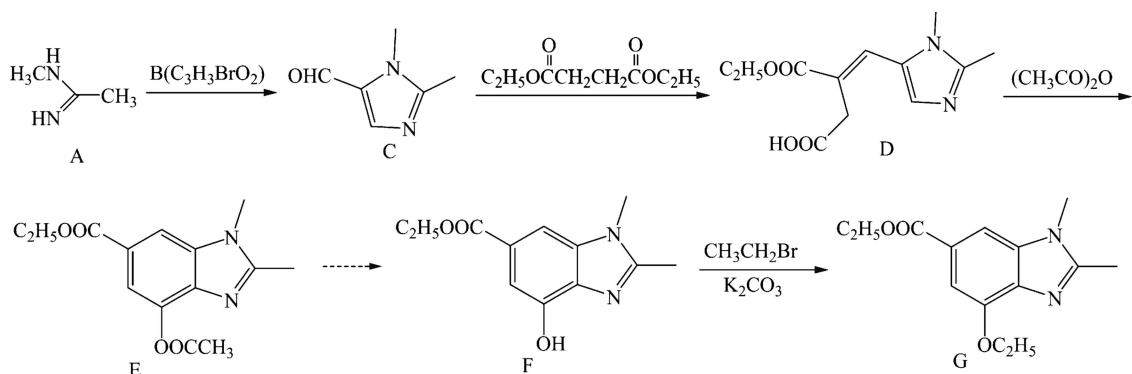
[已知：烧渣的浸出率 =  $\frac{m(\text{溶解的烧渣})}{m(\text{原烧渣})} \times 100\%$ ，液固比 =  $\frac{V(\text{盐酸的体积})}{m(\text{原烧渣})}$ ]

(4) 调铁、磷比的目的是加入  $\text{H}_3\text{PO}_4$  让溶液中铁、磷两种元素的比例接近 1 : 1。调铁、磷比前须先测定溶液中的铁、磷浓度，测定过程如下：量取 10.00 mL 浸取液，加水稀释成 100.00 mL。量取 25.00 mL 稀释液于锥形瓶中，先将  $\text{Fe}^{3+}$  全部转化为  $\text{Fe}^{2+}$ ，后加入指示剂并滴加 0.100 0 mol/L 的  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  标准溶液， $\text{Fe}^{2+}$  恰好完全反应时 ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  转化为  $\text{Cr}^{3+}$ ) 消耗  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  标准溶液 10.00 mL。另量取 25.00 mL 稀释液于锥形瓶中，向锥形瓶中加入足量的喹钼啉酮试剂， $\text{PO}_4^{3-}$  充分反应后，过滤、干燥得到磷钼酸喹啉沉淀  $\{(\text{C}_9\text{H}_7\text{N})_3[\text{PO}_4(\text{MoO}_3)_{12}]\}$ ，摩尔质量为 2 210 g/mol} 1.326 g。计算浸取液中 Fe、P 的物质的量之比，并写出计算过程。

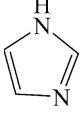
(5) 制取  $\text{FePO}_4$  时，先加入  $\text{H}_2\text{O}_2$  将溶液中的  $\text{Fe}^{2+}$  氧化，然后加入氨水生成  $\text{FePO}_4$  沉淀。写出加入氨水生成  $\text{FePO}_4$  的离子方程式：\_\_\_\_\_。  
[已知  $K_{a1}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 7.5 \times 10^{-3}$ ]

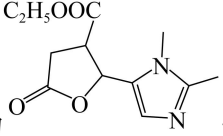
(6) 以  $\text{Fe}_2\text{P}$  为阳极、石墨为阴极电解  $\text{H}_3\text{PO}_4$  溶液也可以制取  $\text{FePO}_4$ 。写出电解时反应的化学方程式：\_\_\_\_\_。

15 (16分) 有机物 G 可以通过如下路线进行合成:



(1) B 只有一种含氧官能团且能发生银镜反应, B 的结构简式为\_\_\_\_\_。

(2) C 中含有咪唑 (  ) 的结构, 咪唑与苯性质相似, 且所有原子均位于同一平面。咪唑分子中轨道杂化方式为  $sp^2$  杂化的原子共有\_\_\_\_\_个。

(3) C  $\rightarrow$  D 反应分为多步, 其中最后一步的转化为   $\rightarrow$  D, 该步转化的反应类型为\_\_\_\_\_反应。

(4) F  $\rightarrow$  G 的反应条件除用  $K_2CO_3$  外, 也可以选择下列物质中的\_\_\_\_\_ (填字母)。

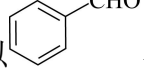
A. 浓硫酸

B.  $H_2$ , 催化剂

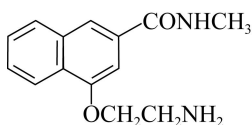
C.  $(C_2H_5)_3N$

(5) F 的一种同分异构体满足下列条件, 写出该同分异构体的结构简式: \_\_\_\_\_。

能与  $NaHCO_3$  溶液反应, 能发生水解反应。水解后所得两种有机产物的碳原子数相同, 且均含有 2 种化学环境不同的氢原子, 其中一种水解产物具有顺反异构体。

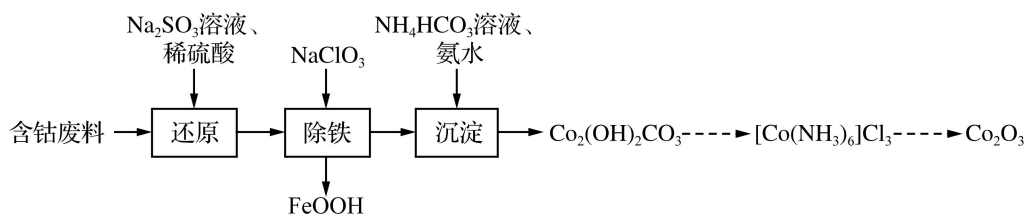
(6) 已知:  $RCOOH \xrightarrow{①SOCl_2} RCOCl \xrightarrow{②R'NH_2} RCONHR'$  (R、R' 表示 H 或烃基)。写出以 、

$C_2H_5OOCCH_2CH_2COOC_2H_5$ 、 $(CH_3CO)_2O$ 、 $CH_3NH_2$ 、 $BrCH_2CH_2NH_2$  为原料制备



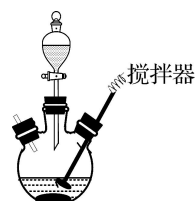
的合成路线流程图 (无机试剂和有机溶剂任选, 合成路线流程图示例见本题题干)。

16 (16分) 含钴废料(主要含  $\text{CoO}$ , 还含少量  $\text{Co}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 可以进行如下转化:



(1) “还原”时的实验装置如图甲所示, 分液漏斗中盛装的溶液是\_\_\_\_\_。

(2) “除铁”时溶液中  $\text{Fe}^{2+}$  发生反应的离子方程式为\_\_\_\_\_

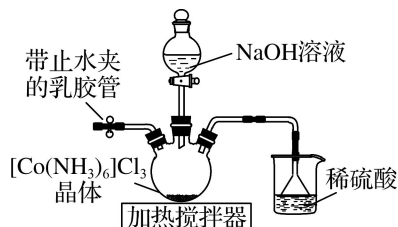


(3) “沉淀”时加入的  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  溶液和氨水所含溶质的物质的量之比为 1 : 3。写出“沉淀”时反应的离子方程式: \_\_\_\_\_。

(4) 补充由  $\text{Co}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$  制取  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  的实验方案: 将  $\text{Co}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$  溶于盐酸中, 向其中加入少量活性炭作催化剂, 加入浓氨水和过氧化氢, 充分反应  $\{2\text{CoCl}_2 + 2\text{HCl} + 12\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}_2 = 2[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3 + 14\text{H}_2\text{O}\}$  后用冰水冷却,

过滤, 用无水乙醇洗涤滤渣, 干燥后得到  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  晶体。已知:  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  难溶于冷水, 易溶于热的稀盐酸。实验中可选择的试剂有热的稀盐酸、冰水。

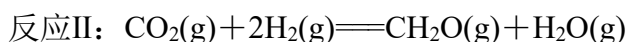
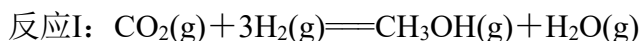
(5) 补充由  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  制取  $\text{Co}_2\text{O}_3$  的实验方案: 取一定量的  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  晶体置于图乙所示装置中, \_\_\_\_\_



干燥得到  $\text{Co}_2\text{O}_3$  固体。已知:  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  与  $\text{NaOH}$  溶液共热时可生成  $\text{Co}_2\text{O}_3$  沉淀。除装置中所示试剂外, 实验中须使用的试剂有稀硝酸、 $\text{AgNO}_3$  溶液、红色石蕊试纸。

17\* (12分)  $\text{CO}_2$  的转化是实现“碳中和”的有效途径。

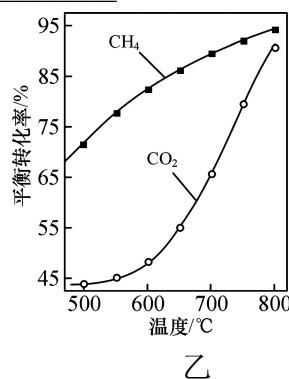
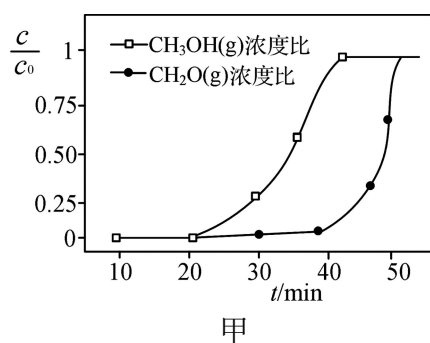
(1)  $\text{CO}_2$  催化加氢合成甲醇(反应I)中伴随反应II的发生:



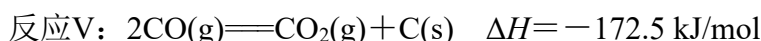
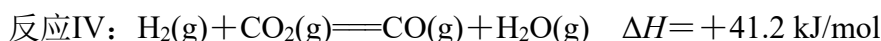
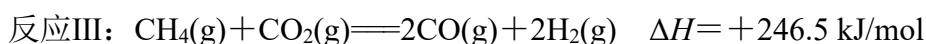
恒压时,  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2$  起始量一定的条件下, 在分子筛膜反应器中反应, 该分子筛膜能选择性分离出  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 。

①使用分子筛膜的目的是\_\_\_\_\_。

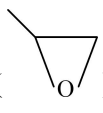
②将反应后的气体以一定流速通过含  $\text{Cu}^+$  修饰的吸附剂, 分离其中的  $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$  和  $\text{CH}_2\text{O}(\text{g})$ ,  $\text{Cu}^+$  能与  $\pi$  键电子形成作用力较强的配位键。测得两种气体的出口浓度( $c$ )与进口浓度( $c_0$ )之比随时间变化关系如图甲所示。20~40 min,  $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$  浓度比增大而  $\text{CH}_2\text{O}(\text{g})$  浓度比几乎为 0 的原因是\_\_\_\_\_。

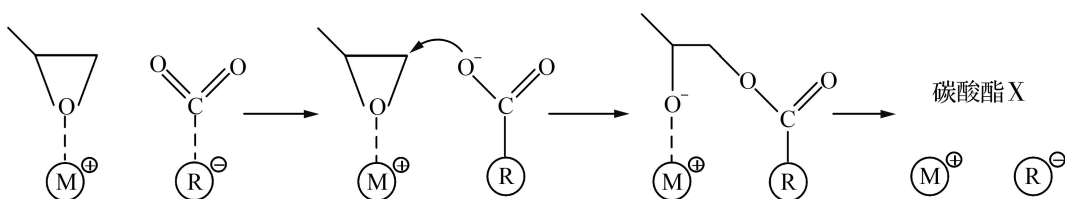


(2)  $\text{CO}_2$  与  $\text{CH}_4$  重整可以制取  $\text{CO}$  和  $\text{H}_2$ 。1.01×10<sup>5</sup> Pa 下, 将  $n_{\text{起始}}(\text{CO}_2) : n_{\text{起始}}(\text{CH}_4) = 1 : 1$  的混合气体置于密闭容器中, 发生如下反应:



不同温度下重整体系中  $\text{CH}_4$  和  $\text{CO}_2$  的平衡转化率如图乙所示。500~800 °C 范围内,  $\text{CO}_2$  的平衡转化率低于  $\text{CH}_4$  的原因是\_\_\_\_\_。

(3) 一种金属氧化物(用  $\text{MR}$  表示)催化  $\text{CO}_2$  与环氧丙烷(  )反应制碳酸酯 X 反应机理如图丙所示。已知:  $\text{CO}_2$  中的碳氧键可被催化剂中具有较强给电子能力的活性中心的电子进攻而活化断裂。



丙

①碳酸酯 X 的结构简式为\_\_\_\_\_。

②MgO 活化催化 CO<sub>2</sub> 的能力强于 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的原因是\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_。

可能用到的相对原子质量：H—1 C—12 O—16 S—32 Cu—64 I—127

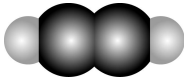
一、单项选择题：共 13 题，每题 3 分，共 39 分。每题只有一个选项最符合题意。

1 我国探月工程取得重大进展，嫦娥六号在月球背面采集的月壤中含有 Si、Mn、Ti、Fe 等元素，其中位于元素周期表短周期的是( )

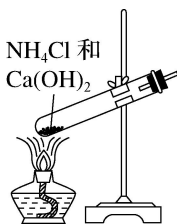
A. Si B. Mn C. Ti D. Fe

2 反应  $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \text{C}_2\text{H}_2 \uparrow$  可制备乙炔。下列说法正确的是( )

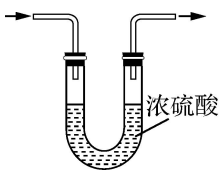
A.  $\text{CaC}_2$  中 C 元素的化合价为 -2 B.  $\text{H}_2\text{O}$  为极性分子

C. 基态 Ca 的价电子排布图为  $\begin{array}{|c|} \hline \uparrow\uparrow \\ \hline 4s \\ \hline \end{array}$  D.  $\text{C}_2\text{H}_2$  的球棍模型为 

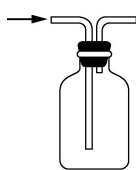
3 实验室制取  $\text{NH}_3$  的实验原理和装置正确的是( )



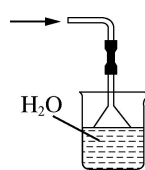
A. 制取  $\text{NH}_3$



B. 干燥  $\text{NH}_3$



C. 收集  $\text{NH}_3$



D. 处理尾气

4 铵明矾  $[\text{NH}_4\text{Al(SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}]$  在食品、化工等领域用途广泛。下列说法正确的是( )

A. 电负性： $\chi(\text{H}) > \chi(\text{N})$  B. 第一电离能： $I_1(\text{O}) > I_1(\text{N})$

C. 热稳定性： $\text{H}_2\text{O} > \text{H}_2\text{S}$  D. 离子半径： $r(\text{Al}^{3+}) > r(\text{S}^{2-})$

阅读下列材料，完成 5~7 题：

周期表中 IA 族元素及其化合物应用广泛。 $\text{H}_2$  可用于  $\text{NH}_3$  的合成、 $\text{CaH}_2$  的制备、植物油的氢化等等； $\text{LiCoO}_2$  是一种锂离子电池的正极材料，可由  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{Co}_3\text{O}_4$  混合后与  $\text{O}_2$  在高温下反应制得，废弃的该电极材料用酸性  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液浸取可回收  $\text{Co}^{2+}$ 、 $\text{Li}^+$ ； $\text{Na}_2\text{CO}_3$  广泛应用于轻工、建材、化工、食品工业等领域； $\text{K}_3[\text{Fe(CN)}_6]$  溶液遇亚铁盐生成深蓝色沉淀  $\text{KFe}[\text{Fe(CN)}_6]$ ，可用于检验  $\text{Fe}^{2+}$ 。

5 下列说法正确的是( )

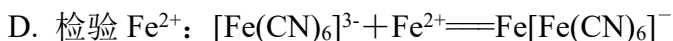
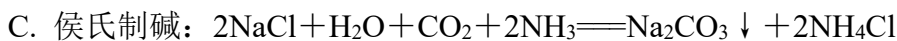
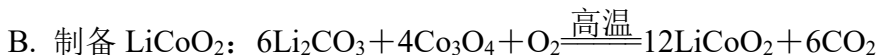
A.  $\text{N}_2$  与  $\text{H}_2$  合成  $\text{NH}_3$ ， $\text{N}_2$  仅断裂  $\pi$  键

B.  $\text{NH}_3$  易液化，原因之一是  $\text{NH}_3$  分子之间能够形成氢键

C. 植物油氢化，碳原子轨道的杂化类型由  $\text{sp}^3$  转化为  $\text{sp}^2$

D.  $1 \text{ mol } [\text{Fe(CN)}_6]^{3-}$  中含有  $6 \text{ mol } \sigma$  键

6 下列化学反应表示正确的是( )



7 下列说法正确的是( )

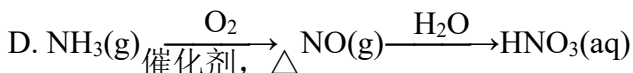
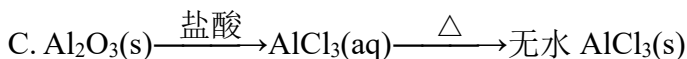
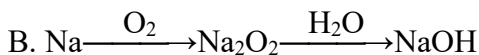
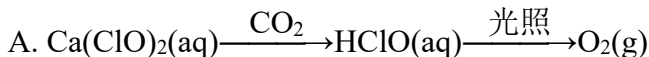
A. 工业合成  $\text{NH}_3$  时, 催化剂能降低该反应的焓变

B. 锂离子电池放电时,  $\text{Li}^+$  从电池正极移向负极

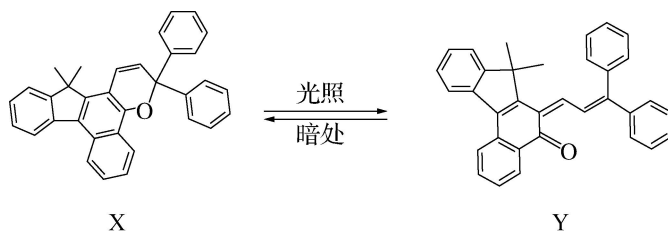
C. 浸取  $\text{LiCoO}_2$  时,  $\text{H}_2\text{O}_2$  表现还原性

D.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  用作食品膨松剂, 是因为其受热易分解产生  $\text{CO}_2$  气体

8 在给定条件下, 下列选项所示的物质间转化均能实现的是( )



9 变色眼镜的镜片在阳光下显深色, 在室内逐步转变为无色透明。一种变色原理如下:



下列说法正确的是( )

A. X 分子中所有碳原子共平面

B. 与溴水反应时, 1 mol Y 最多能消耗 4 mol  $\text{Br}_2$

C. X、Y 中均没有手性碳原子

D. X、Y 可用银氨溶液进行鉴别

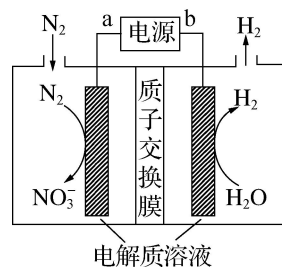
10 研究表明以  $\text{N}_2$  为氮源电解可直接制备  $\text{HNO}_3$ , 其原理如图所示。下列有关说法正确的是( )

A. a 为电源负极

B. 电解一段时间后, 阴极区溶液 pH 降低

C. 电解时阳极反应式:  $\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + 10\text{e}^- = 2\text{NO}_3^- + 12\text{H}^+$

D. 若转移 1 mol 电子, 可获得标准状况下 11.2 L  $\text{H}_2$





11 室温下进行下列实验，根据实验操作和现象所得到的结论正确的是 ( )

选项	实验操作和现象	结论
A	向 $\text{MgCl}_2$ 溶液中滴入 $\text{NaOH}$ 溶液，生成白色沉淀	碱性: $\text{NaOH} > \text{Mg}(\text{OH})_2$
B	用 pH 试纸分别测定等物质的量浓度的 $\text{NaNO}_2$ 溶液和 $\text{CH}_3\text{COONa}$ 溶液的 pH，后者的 pH 大于前者	结合 $\text{H}^+$ 能力: $\text{CH}_3\text{COO}^- > \text{NO}_2^-$
C	用饱和 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液浸泡 $\text{BaSO}_4$ ，一段时间后过滤、洗涤，向所得滤渣中滴加盐酸，产生无色气体	$K_{\text{sp}}(\text{BaSO}_4) > K_{\text{sp}}(\text{BaCO}_3)$
D	向蔗糖溶液中滴加稀硫酸，水浴加热后，加入新制的 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ，无砖红色沉淀	蔗糖未发生水解

12 室温下，通过下列实验探究  $\text{NaHSO}_3$  溶液的性质。已知:  $K_{\text{a1}}(\text{H}_2\text{SO}_3) = 1.4 \times 10^{-2}$ ,  $K_{\text{a2}}(\text{HSO}_3^-) = 6.0 \times 10^{-8}$ 。

实验 1: 向  $0.1 \text{ mol/L NaHSO}_3$  溶液滴入少量氯水，测得溶液 pH 减小。

实验 2: 将浓度均为  $0.02 \text{ mol/L NaHSO}_3$  和  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  溶液等体积混合，有沉淀产生。

下列说法正确的是 ( )

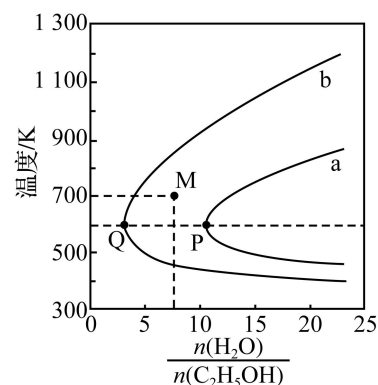
- A.  $0.1 \text{ mol/L NaHSO}_3$  溶液中:  $c(\text{H}_2\text{SO}_3) + c(\text{OH}^-) > c(\text{SO}_3^{2-}) + c(\text{H}^+)$
- B. 实验 1 所得溶液中:  $c(\text{Na}^+) = c(\text{SO}_3^{2-}) + c(\text{HSO}_3^-) + c(\text{H}_2\text{SO}_3)$
- C. 实验 2 中发生反应:  $\text{H}^+ + \text{SO}_3^{2-} + \text{Ba}^{2+} + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{BaSO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$
- D. 实验 2 所得上层清液中:  $c(\text{SO}_3^{2-}) > c(\text{HSO}_3^-)$

13 乙醇-水蒸气制  $\text{H}_2$  的过程中的主要反应 (忽略其他副反应):

- ①  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H_1 = +173.3 \text{ kJ/mol}$
- ②  $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_2$

101 kPa 时,  $\text{H}_2$  的平衡产率与温度、起始时水醇比  $[\frac{n(\text{H}_2\text{O})}{n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})}]$  的关系如图, 图中同一曲线上  $\text{H}_2$  的平衡产率相同。下列说法不正确的是 ( )

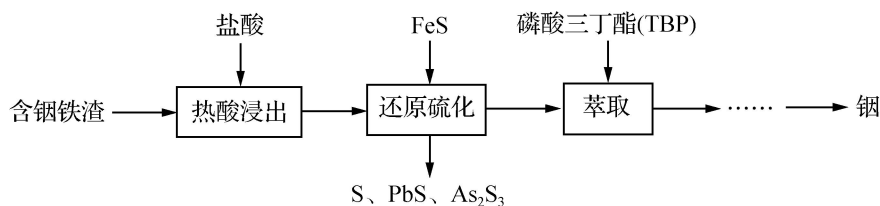
- A.  $\text{H}_2$  的平衡产率: 曲线 a < 曲线 b
- B. 反应②的焓变  $\Delta H_2 > 0$
- C. Q 点处与 P 点处反应①的平衡常数  $K$  相等
- D.  $\text{H}_2$  的平衡产率由 M 点转变为曲线 a 上任意一点时, 要提高水醇比



## 二、非选择题：共 4 题，共 61 分。

14 (15 分) 工业上用含铟铁渣（含  $\text{In}_2\text{O}_3$ 、 $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$ 、 $\text{PbSO}_4$ 、 $\text{As}_2\text{O}_3$  等）

提取铟的流程如下：



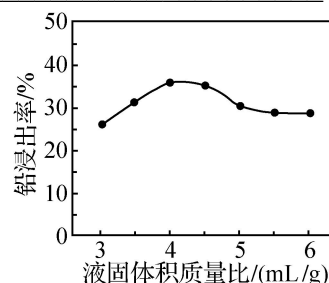
已知：①该实验条件下， $\text{PbCl}_2$  微溶于水， $\text{PbCl}_2 + 2\text{Cl}^- \rightleftharpoons [\text{PbCl}_4]^{2-}$ ；②TBP 易与  $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{In}^{3+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$  配位或与  $\text{H}^+$  结合实现萃取，对  $\text{Fe}^{2+}$  萃取率较低。

(1) 热酸浸出。一定温度下，控制盐酸用量为理论值的 2 倍，反应 2 h、过滤得酸浸液。

①写出  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  溶于盐酸的离子方程式：\_\_\_\_\_。

②酸浸液中，As 元素以  $\text{H}_3\text{AsO}_3$  形式存在，已知  $\text{H}_3\text{AsO}_3$  的核磁共振氢谱只有一个峰，其结构式为\_\_\_\_\_。

③向反应体系中加入水，测得液固体积质量比对铅浸出率的影响如图甲所示。液固体积质量比大于 4.5 mL/g 时，铅浸出率降低的原因为\_\_\_\_\_。

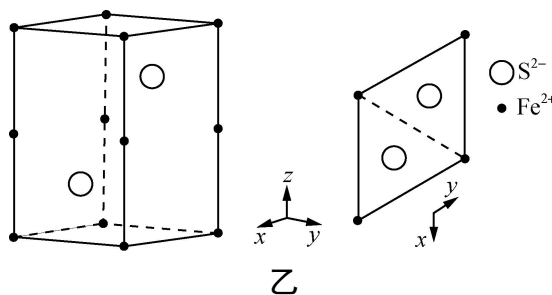


甲

(2) 还原硫化。在搅拌下，向酸浸液中加入  $\text{FeS}$ ，充分反应后过滤。

①加入  $\text{FeS}$  的目的是\_\_\_\_\_。

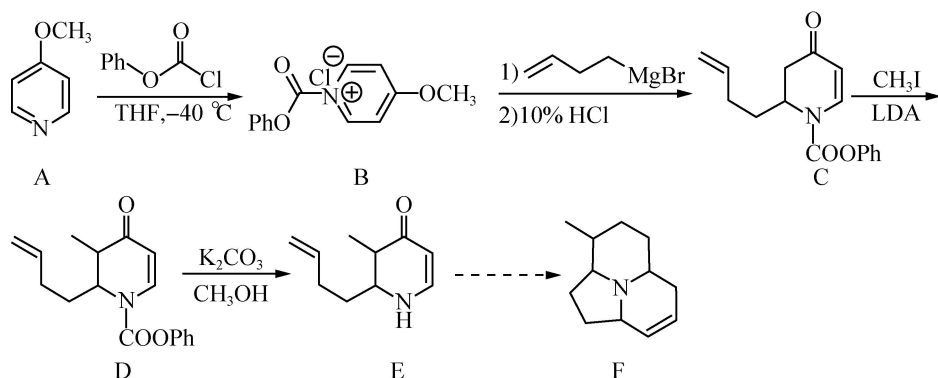
② $\text{FeS}$  晶胞及  $z$  轴方向投影如图乙所示， $\text{Fe}^{2+}$  配位数为\_\_\_\_\_。



乙


(3) 萃取。萃取时，pH 过大或过小都不利于  $\text{In}^{3+}$  和  $\text{Zn}^{2+}$  的萃取，原因是\_\_\_\_\_。

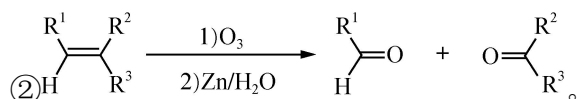
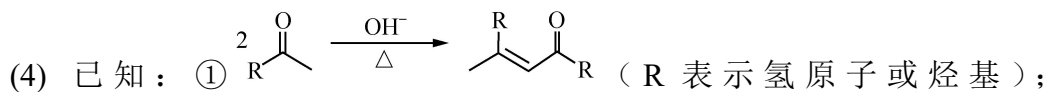
下:

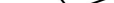


(1) A 分子中含氧官能团的名称为\_\_\_\_\_，其 N 原子上的孤电子对处于\_\_\_\_\_（填“p 轨道”或“sp<sup>2</sup> 杂化轨道”）中。

(3) 写出同时满足下列条件的 C 的一种同分异构体的结构简式：\_\_\_\_\_。  
。不能与  $\text{FeCl}_3$  溶液发生显色反应：含有

结构，每个苯环上只连有一个官能团且不含过氧键( $\text{—O—O—}$ )，分子中含有 5 种不同化学环境的氢原子。



写出以  Br、CH<sub>3</sub>I 制备  的合成路线流程图（须用 LDA，无机试剂与有机溶剂任用，合成路线流程图示例见本题题干）。

16\* (16分) 纳米铜用途广泛, 可用铜蓝矿(主要成分为  $\text{CuS}$ ) 为原料制备。

### I. 获得纳米铜

(1) 测定铜蓝矿中铜元素含量。称取样品  $0.2500\text{ g}$ , 加入稀硝酸充分溶解后蒸干; 加入  $10.00\text{ mL}$  稀盐酸溶解并完全转移至碘量瓶中, 加化学试剂掩蔽杂质离子, 再加足量的  $10\%$   $\text{KI}$  溶液, 摇匀, 塞上瓶塞, 置于暗处  $5\text{ min}$ , 充分反应; 用  $0.1000\text{ mol/L}$   $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  标准溶液滴定至微黄色, 加入  $\text{NH}_4\text{SCN}$  溶液和淀粉溶液, 继续滴定至终点, 共消耗  $15.00\text{ mL}$  标准溶液。则样品中  $\text{Cu}$  元素的质量分数是 (写出计算过程, 有关反应:  $2\text{Cu}^{2+} + 4\text{I}^- \rightleftharpoons \text{I}_2 + 2\text{CuI} \downarrow$ ,  $\text{I}_2 + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightleftharpoons 2\text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ )。

(2) 制备  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  溶液。用  $\text{FeCl}_3$  溶液浸取铜蓝矿, 除去其中含铁离子后, 再通入  $\text{NH}_3$  制取。不采用氨水直接浸取铜蓝矿的原因为\_\_\_\_\_。

[已知:  $\text{Cu}^{2+} + 4\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$   $K = 1.2 \times 10^9$ ;  $K_{\text{sp}}(\text{CuS}) = 1.2 \times 10^{-36}$ ]

(3) 制备纳米铜。调节  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  溶液的  $\text{pH} = 11$ , 加入  $3\text{ mol/L}$   $\text{N}_2\text{H}_4$  溶液,  $75^\circ\text{C}$  水浴加热, 充分反应得到纳米铜。

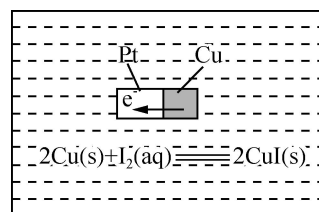
①获得纳米铜时,  $\text{N}_2\text{H}_4$  被氧化成  $\text{N}_2$ , 反应的离子方程式为\_\_\_\_\_。

②  $\text{N}_2\text{H}_4$  还原过程中可能生成难溶的  $\text{CuCl}$  (白色) 和  $\text{Cu}_2\text{O}$  (红色), 为判断纳米铜样品中是否含有上述两种杂质, 补充完整实验方案: 将制得的样品先后用蒸馏水、无水乙醇洗涤干净, \_\_\_\_\_。

(已知:  $\text{Cu}_2\text{O} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$ ; 必须使用的试剂和设备:  $2\text{ mol/L}$   $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液、 $6\text{ mol/L}$   $\text{HNO}_3$  溶液、 $2\%$   $\text{AgNO}_3$  溶液, 通风设备)

### II. 应用纳米铜

(4) 纳米铜铂电池。如图表示一种  $\text{CuPt}$  纳米棒悬浮在稀碘水中, 通过发生电极反应在  $\text{Cu}$  极和  $\text{Pt}$  极区域之间产生  $\text{I}^-$  浓度差 (即产生电势差), 形成自建电场; 该纳米棒因内部传递电子而带负电荷, 在自建电场作用下定向移动。



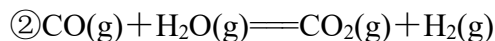
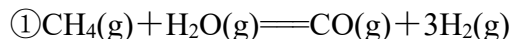
①该纳米棒的  $\text{Cu}$  极电极反应式为\_\_\_\_\_。

②该纳米棒向\_\_\_\_\_ (填“ $\text{Cu}$  极”或“ $\text{Pt}$  极”) 方向定向移动。

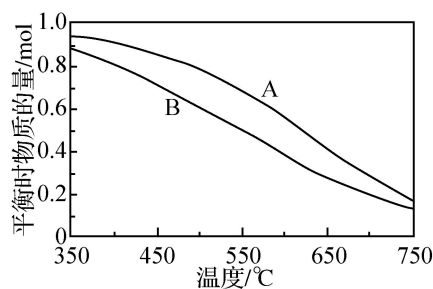
17 (15分) 甲烷是最简单的有机化合物, 可用于制备多种化工原料。

I.  $\text{CH}_4/\text{H}_2\text{O}$  重整制  $\text{CO}$  和  $\text{H}_2$

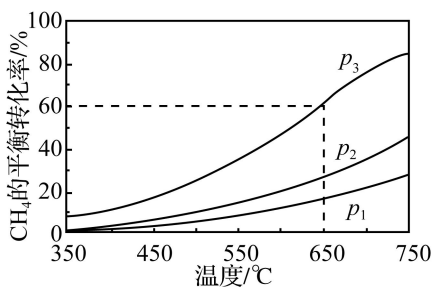
$\text{CH}_4$  与  $\text{H}_2\text{O}$  重整主要发生下列反应:



保持起始投料  $n(\text{CH}_4) = n(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ mol}$ , 相同压强下,  $\text{CH}_4$  与  $\text{H}_2\text{O}$  平衡时物质的量随温度的变化如图甲所示; 不同压强下,  $\text{CH}_4$  的平衡转化率随温度的变化如图乙所示。



甲



乙

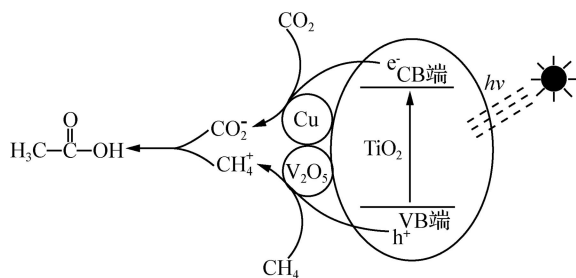
(1) 图甲中, 代表  $\text{CH}_4$  的曲线为\_\_\_\_\_ (填字母)。

(2) 图乙中, 压强  $p_1$ 、 $p_2$ 、 $p_3$  中最大的为\_\_\_\_\_。压强为  $p_3$ 、温度为  $650^\circ\text{C}$ , 测得平衡时  $\text{H}_2$  的物质的量为  $1.9 \text{ mol}$ , 则  $\text{CO}$  的物质的量为\_\_\_\_\_  $\text{mol}$ 。

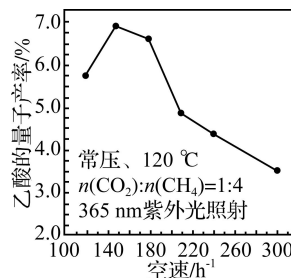
II.  $\text{CH}_4/\text{CO}_2$  直接合成乙酸

(3) 已知  $\text{CH}_4(\text{g})$  和  $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{g})$  的燃烧热分别为  $890 \text{ kJ/mol}$  和  $923 \text{ kJ/mol}$ 。请分析反应  $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH}(\text{g})$  能否自发及其原因: \_\_\_\_\_。

(4) 某课题组提出“光催化  $\text{CH}_4$  和  $\text{CO}_2$  合成乙酸技术”, 所使用的催化剂为  $\text{CuV}_2\text{O}_5\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ 。光催化反应机理如图丙所示。



丙



丁

①根据图丙所示, 在紫外光( $h\nu$ )照射下, 将会产生光电子( $e^-$ )和光生空穴( $h^+$ ), 请描述后续生成乙酸的过程: \_\_\_\_\_。

②空速是指规定的条件下, 单位时间、单位体积催化剂通过的气体量, 单位为  $\text{h}^{-1}$ , 乙酸的量子产率与空速的变化如图丁所示。当空速超过  $180 \text{ h}^{-1}$  时, 乙酸的量子产率明显下降的原因是\_\_\_\_\_。

(已知: 乙酸的量子产率 =  $\frac{\text{单位时间内生成乙酸的物质的量}}{\text{单位时间内接受辐射的光子的物质的量}} \times 100\%$ )

可能用到的相对原子质量：H—1 C—12 N—14 O—16 S—32  
Cl—35.5 Zn—65 Ag—108

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

1 “新质生产力”的概念中“新”的核心在于科技创新，下列有关说法正确的是( )

A. 小型核反应堆“零龙一号”以  $^{235}\text{U}$  为核燃料， $^{235}\text{U}$  与  $^{238}\text{U}$  互为同素异形体

B. 北斗卫星导航系统中的星载铷钟所用 Rb 元素位于元素周期表中的 s 区

C. 液氧甲烷火箭“朱雀二号”所用燃料  $\text{CH}_4$  为非极性分子，燃烧时其非极性共价键被破坏

D. 利用  $\text{CO}_2$  合成高级脂肪酸甘油酯，实现无机小分子向有机高分子的转化

2 生石灰和焦炭在电炉中制得碳化钙( $\text{CaC}_2$ )，再用碳化钙和空气在高温下反应生成氰氨化钙( $\text{CaCN}_2$ )，氰氨化钙进一步水解可得到碳酸钙与粗氨。下列说法不正确的是( )

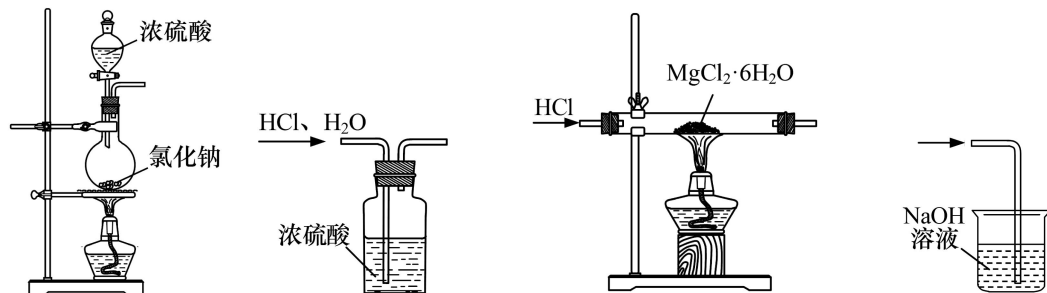
A. 碳化钙的电子式为  $\text{Ca}^{2+}[:\ddot{\text{C}}:\ddot{\text{C}}:]^{2-}$

B. 氰氨化钙中 C 元素化合价为 +4

C.  $\text{NH}_3$  为极性分子

D.  $\text{CO}_3^{2-}$  的 VSEPR 模型为 

3 已知： $\text{NaCl}$  与浓硫酸共热可以制备  $\text{HCl}$  气体。实验室以  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  为原料制备无水  $\text{MgCl}_2$ 。下列实验原理、装置及操作不正确的是( )



A. 制备氯化氢 B. 干燥氯化氢 C. 去除  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  中结晶水 D. 吸收氯化氢尾气

4 一种钠硫电池以钠和硫为电极反应物， $\text{NaFePO}_4$  为正极材料， $\text{Al}_2\text{O}_3$  陶瓷为电解质隔膜。下列说法正确的是( )

A. 半径： $r(\text{Al}^{3+}) > r(\text{Na}^+)$  B. 电负性： $\chi(\text{O}) > \chi(\text{P})$

C. 沸点： $\text{PH}_3 > \text{H}_2\text{O}$

D. 碱性： $\text{Al}(\text{OH})_3 > \text{NaOH}$

阅读下列材料，完成 5~7 题：

铁、钴、镍被称为铁系元素，应用广泛。已知：高铁酸钾( $\text{K}_2\text{FeO}_4$ )是一种环境友好型水处理剂，可用于杀菌消毒、净水； $\text{FeCl}_3$  易升华；纳米  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  是重要的储氢材料； $\text{CoC}_2\text{O}_4$  可在空气中焙烧制备催化剂  $\text{Co}_3\text{O}_4$ ，同时生成没有还原性的气体；废镍渣  $\text{NiO}$  与硫酸铵 $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ 一起煅烧可得  $\text{NiSO}_4$ ，在碱性溶液中用  $\text{NaClO}$  氧化  $\text{NiSO}_4$  可制得电极材料  $\text{NiO}(\text{OH})$ 。

5 下列说法正确的是( )

- A. 基态 Fe 核外电子排布式为 $[\text{Ar}]4s^24p^6$     B.  $\text{NiSO}_4$  与  $\text{FeCl}_3$  都是离子化合物  
C. 1 mol  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  中存在 2 mol 配位键    D.  $\text{NH}_3$  与  $\text{NH}_4^+$  中的键角相等

6 下列反应方程式书写正确的是( )

- A.  $\text{K}_2\text{FeO}_4$  与水反应： $4\text{FeO}_4^{2-} + 10\text{H}_2\text{O} = 4\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{胶体}) + 3\text{O}_2 \uparrow + 8\text{OH}^-$   
B. 用  $\text{FeCl}_3$  溶液与氨水制备  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ： $\text{Fe}^{3+} + 3\text{OH}^- = \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow$

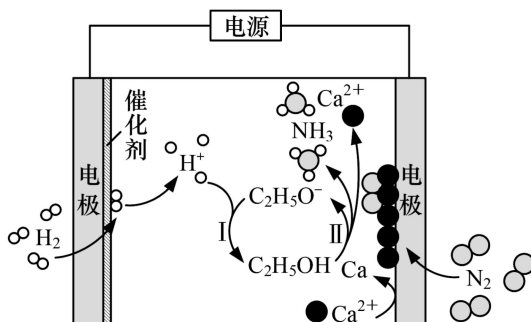
- C.  $\text{CoC}_2\text{O}_4$  在空气中焙烧： $3\text{CoC}_2\text{O}_4 \xrightarrow{\Delta} \text{Co}_3\text{O}_4 + 3\text{CO}_2 \uparrow$

- D.  $\text{NaClO}$  氧化  $\text{NiSO}_4$  制得电极材料： $2\text{Ni}^{2+} + 2\text{ClO}^- + 2\text{OH}^- = 2\text{NiO}(\text{OH}) \downarrow + \text{Cl}_2 \uparrow$

7 下列铁系元素及其化合物的结构与性质或性质与用途具有对应关系的是( )

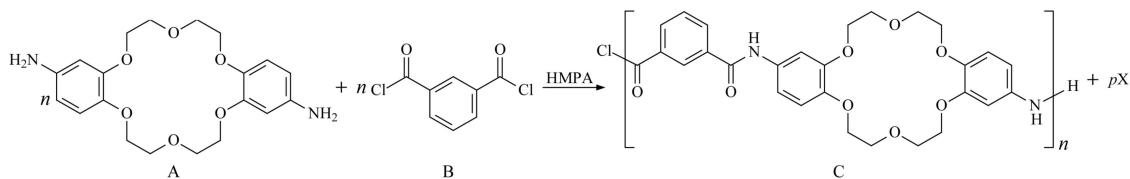
- A.  $\text{K}_2\text{FeO}_4$  中  $\text{FeO}_4^{2-}$  具有正四面体结构， $\text{K}_2\text{FeO}_4$  具有强氧化性  
B.  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  中含有  $\text{Fe}^{2+}$  和  $\text{Fe}^{3+}$ ， $\text{Fe}_3\text{O}_4$  可用于储氢  
C.  $\text{NiSO}_4$  具有还原性，可用于电极材料  $\text{NiO}(\text{OH})$  的制备  
D.  $\text{FeCl}_3$  溶液呈酸性，可用于蚀刻电路板上的铜

8 最新研究发现，金属钙可用于电化学驱动将  $\text{N}_2$  还原为  $\text{NH}_3$ ，反应原理如图所示。已知：电解质溶液由  $\text{Ca}(\text{BH}_4)_2$  和少量  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  溶于有机溶剂形成。下列说法正确的是( )



- A. 电解时， $\text{H}_2$  发生还原反应  
B. 过程II生成  $\text{NH}_3$  的离子方程式： $3\text{Ca} + \text{N}_2 + 6\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 2\text{NH}_3 \uparrow + 3\text{Ca}^{2+} + 6\text{C}_2\text{H}_5\text{O}^-$   
C. 理论上电解一段时间后  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  浓度逐渐增大  
D. 推测用  $\text{H}_2\text{O}$  代替  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  更有利于生成  $\text{NH}_3$

9 冠醚可应用于碱金属离子的分离、富集以及作相转移催化反应的催化剂。以下是合成一种高分子冠醚 C 的反应原理。下列说法正确的是( )



- A. 冠醚 A 属于超分子  
B. B 分子中最多 12 个原子共平面  
C. 1 mol C 最多能与 9 mol  $H_2$  发生加成反应  
D. X 为 HCl

10 在给定条件下，下列选项所示的物质间转化能实现的是( )

- A.  $CuSO_4(aq) \xrightarrow{NaOH(aq)} Cu(OH)_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{麦芽糖}} Cu_2O$   
B.  $Fe(s) \xrightarrow[\text{点燃}]{Cl_2} FeCl_2(s) \xrightarrow{NaOH(aq)} Fe(OH)_2$   
C.  $CaCl_2(aq) \xrightarrow{CO_2} CaCO_3(s) \xrightarrow[\text{高温}]{SiO_2} CaSiO_3(s)$   
D.  $AlCl_3(aq) \xrightarrow{HCl \text{ 气流}} \text{无水 } AlCl_3 \xrightarrow{\text{电解}} Al$

11 室温下，根据下列实验过程及现象，能验证相应实验结论的是( )

选项	实验过程及现象	实验结论
A	用 0.1 mol/L NaOH 溶液分别滴定 $CF_3COOH$ 溶液和 $CH_3COOH$ 溶液，恰好中和时， $CF_3COOH$ 溶液消耗的 NaOH 溶液少	酸性： $CF_3COOH > CH_3COOH$
B	向 0.1 mol/L $NaHCO_3$ 溶液中滴入几滴 $Na[Al(OH)_4]$ 溶液，产生白色沉淀，无气体产生	结合 $H^+$ 能力： $CO_3^{2-} < [Al(OH)_4]^-$
C	向 0.1 mol/L NaClO 溶液中滴入几滴 0.1 mol/L $CH_3COOH$ 溶液，无明显现象	电离平衡常数： $K_a(CH_3COOH) > K_a(HClO)$
D	向 $C_2H_5Br$ 中加入过量 NaOH 溶液，加热一段时间后静置，取少量上层清液于试管中，加入 $AgNO_3$ 溶液，有黑色沉淀产生	$C_2H_5Br$ 在碱性条件下可发生水解反应



12★ 室温下,通过下列实验探究二氧化碳气体与澄清石灰水的反应。已知:  
 $K_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3)=10^{-8.31}$ ,  $K_{a2}(\text{H}_2\text{CO}_3)=10^{-10.25}$ ,  $K_{sp}(\text{CaCO}_3)=10^{-8.54}$ ,  $\lg 2=0.30$ 。

实验 1: 将氢氧化钙溶于水,测得饱和溶液的  $\text{pH}=12.35$ 。

实验 2: 将  $\text{CO}_2$  气体通入饱和  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  溶液中,测得溶液的  $\text{pH}=11$  时停止通气。

实验 3: 向实验 2 中继续通入  $\text{CO}_2$ ,持续通入过量  $\text{CO}_2$  后,测得溶液中  $c(\text{CO}_3^{2-})=10^{-6.33}$ 。

下列说法不正确的是( )

A. 室温下,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  的  $K_{sp}=10^{-5.25}$

B. 实验 2 所得溶液中:  $c(\text{CO}_3^{2-}) > c(\text{HCO}_3^-)$

C. 实验 2 所得溶液中:  $2c(\text{Ca}^{2+}) + c(\text{H}^+) = 2c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{OH}^-)$

D. 实验 3 所得溶液中可观察到溶液先变浑浊,后变澄清

13 异山梨醇是一种应用广泛的化学品。在温度为  $T$ 、催化剂条件下,其制备过程及相关物质的浓度随时间变化的关系如图所示,山梨醇的初始浓度为  $0.10 \text{ mol/kg}$ ,  $t_3 \text{ h}$  后各物质浓度不再变化。已知: 山梨醇  $\xrightarrow[\text{反应①}]{K_1}$  1,4-脱水山梨醇  $\xrightarrow[\text{反应②}]{K_2}$

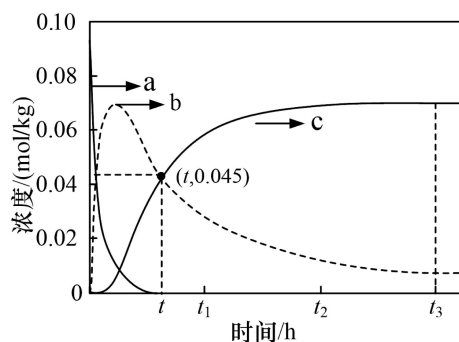
异山梨醇。下列说法正确的是( )

A. 曲线 b 表示异山梨醇的浓度

B. 该温度下的平衡常数:  $\frac{K_1}{K_2} > 1$

C.  $t \text{ h}$  时, 反应②的正、逆反应速率相等

D. 反应①存在副产物, 加入高选择性催化剂可提高反应①的平衡转化率



二、非选择题: 共 4 题, 共 61 分。

14 (15 分) 锌在电池制造、合金生产等领域有着广泛的用途。现代冶炼锌主要采取湿法工艺。

(1) 工业浸锌: 向闪锌矿(主要成分为难溶性  $\text{ZnS}$ ) 中加入稀硫酸与软锰矿(主要成分为  $\text{MnO}_2$ ) 可得到  $\text{ZnSO}_4$  与  $\text{MnSO}_4$  混合溶液和单质  $\text{S}$ 。已知:  $K_{a1}(\text{H}_2\text{S})=1.07 \times 10^{-7}$ ,  $K_{a2}(\text{H}_2\text{S})=1.26 \times 10^{-13}$ ,  $K_{sp}(\text{ZnS})=2.5 \times 10^{-22}$ 。

工业浸锌时加入  $\text{FeSO}_4$  能“催化”  $\text{ZnS}$  的浸出, 其过程可表示如下:

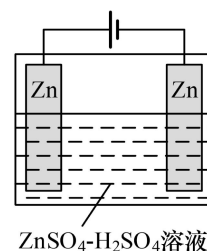
i.  $\text{MnO}_2 + 2\text{Fe}^{2+} + 4\text{H}^+ = \text{Mn}^{2+} + 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$  ii. ....

①过程 ii 的离子方程式为\_\_\_\_\_。

②浸出过程中加入的硫酸浓度不宜过大的原因是\_\_\_\_\_。

③为验证上述“催化”过程。补充完整实验方案: 取酸化的  $\text{FeSO}_4$  溶液, \_\_\_\_\_。

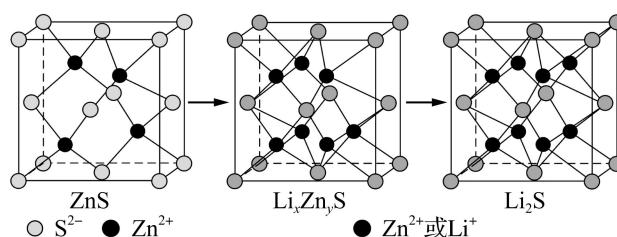
(2) 工业电解制锌粉：以  $\text{ZnSO}_4$  和  $\text{H}_2\text{SO}_4$  混合液 (pH 为 4~6) 为电解质溶液，用如图甲装置制取锌粉。一定条件下，测得电流效率为 80% (已知：电流效率 =  $\frac{\text{实际上析出金属的量}}{\text{理论上析出金属的量}} \times 100\%$ )



制得 65 g 锌粉时，电解质溶液中  $\text{Zn}^{2+}$  的质量增加 \_\_\_\_\_ g。

(3) 实验室氯氨法炼锌：一定条件下，向闪锌矿中加入  $\text{NH}_4\text{Cl}$  与  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  混合溶液并通入  $\text{O}_2$ ，可将  $\text{ZnS}$  转化为  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 。结合平衡移动原理解释  $\text{O}_2$  对浸锌的作用是 \_\_\_\_\_。

(4) 硫化锌可作为锂离子电池的负极材料。在充电过程中， $\text{ZnS}$  晶胞的组成变化如图乙所示。

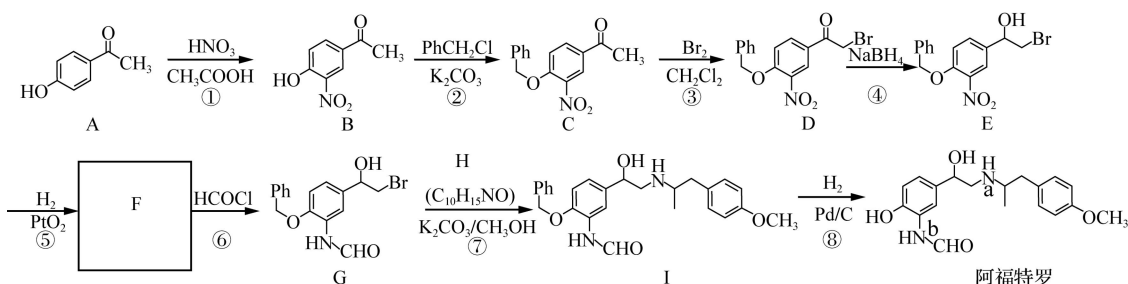


乙

充电过程中  $\text{ZnS}$  到  $\text{Li}_x\text{Zn}_y\text{S}$  的电极反应式为 \_\_\_\_\_

( $x$  和  $y$  用具体数字表示)。

15 (15 分) 阿福特罗是一种可用于治疗慢性阻塞性肺炎的药品，其合成路线如下 (“Ph—” 表示苯基)：



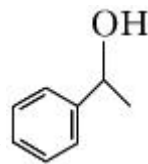
(1) A 中含氧官能团的名称为羟基和 \_\_\_\_\_。

(2)  $\text{G} \rightarrow \text{I}$  的反应类型为 \_\_\_\_\_，反应⑤生成的 F 分子式为  $\text{C}_{15}\text{H}_{16}\text{O}_2\text{NBr}$ ，F 的结构简式为 \_\_\_\_\_。

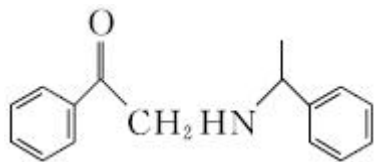
(3) 阿福特罗分子中 b 号 N 原子提供 1 对电子与苯环的大  $\pi$  键相互平行，则 b 号 N 原子的杂化方式为 \_\_\_\_\_。

(4) 写出满足下列条件的 C 的一种芳香族同分异构体的结构简式： \_\_\_\_\_。碱性条件下水解后酸化，生成的 X 和 Y 两种有机产物均有 3 种不同化学环境的氢原子；X 分子属于  $\alpha$  氨基酸；Y 分子能与  $\text{FeCl}_3$  溶液发生显色反应。

(5) 已知： $\text{RBr} \xrightarrow[\Delta]{\text{NH}_3} \text{RNH}_2$  (R 表示烃基)。写出以



为原料制备

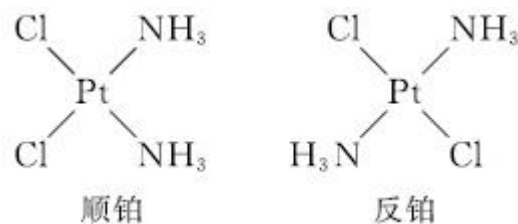


的合成路线流程图 (无机试剂和有机溶剂任用, 合成路线流程图示例见本题题干)。

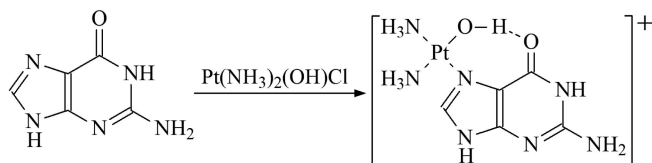
16 (16 分) 配合物顺铂 $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$ 是临床使用的第一代铂类抗癌药物。

I. 配合物 $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$ 有两种几何异构体, 其结构如图所示。

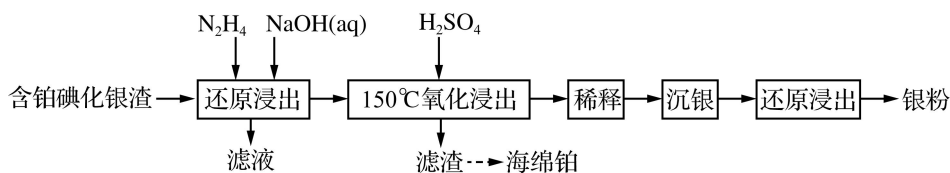
(1) “顺铂”在水中的溶解度\_\_\_\_\_ (填“大于”“小于”或“等于”) “反铂”。



(2) 已知: 顺铂的抗癌机理为在铜转运蛋白的作用下, 顺铂进入人体细胞发生水解, 生成的 $\text{Pt}(\text{NH}_3)_2(\text{OH})\text{Cl}$ 与 DNA 形成稳定的链内交联, 干扰 DNA 的复制, 阻止癌细胞增殖。从物质结构的角度分析反铂没有抗癌作用的主要原因是\_\_\_\_\_。



II. 以制备“顺铂” $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$ 的废渣 (含铂的碘化银) 为原料回收银粉和海绵铂的流程如下:



已知: ① $\text{N}_2\text{H}_4$  是一种强还原剂, 在碱性条件下可将绝大多数金属离子还原成单质, 并生成  $\text{N}_2$ 。

② $K_{\text{sp}}(\text{AgCl}) = 1.8 \times 10^{-10}$ 。③ $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  在不同浓度硫酸中的溶解量如下:

硫酸浓度/(mol/L)	18	15	12	9	6	0
硫酸银溶解量/(g/L)	209.00	78.94	31.20	11.14	8.74	4.68

(3) ① “氧化浸出”中，发生反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。

②采用 18 mol/L 硫酸“氧化浸出”，而不使用较稀硫酸的原因是\_\_\_\_\_。

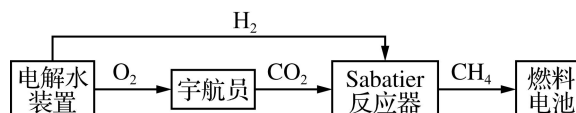
(4) “沉银”过程中， $\text{Ag}_2\text{SO}_4(\text{s}) + 2\text{Cl}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons 2\text{AgCl}(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$  的化学平衡常数为\_\_\_\_\_。

(5) 补充完整由 150 °C 氧化浸出的滤液制得银的实验步骤：取冷却后的滤液，

干燥。[实验中须使用的试剂：蒸馏水、NaCl(s)、N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>、NaOH]

17 (15 分) “碳中和”具有重要意义。

(1) 空间站里常用“Sabatier 反应”控制空气中 CO<sub>2</sub> 含量。

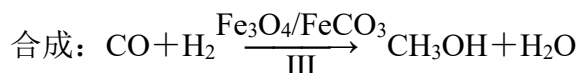
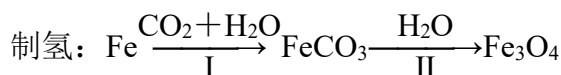


已知：i. H<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 的燃烧热分别为 285.5 kJ/mol 和 890.0 kJ/mol；

ii.  $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = +44 \text{ kJ/mol}$ 。

则 Sabatier 反应： $\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  的  $\Delta H =$ \_\_\_\_\_。

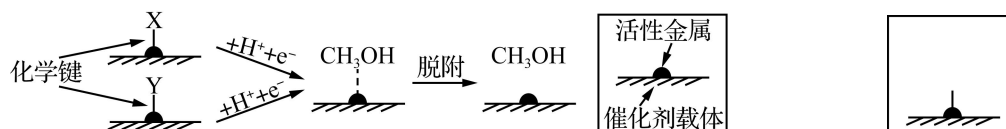
(2) 铁水热法还原 CO<sub>2</sub> 制备 CH<sub>3</sub>OH 的过程如下：



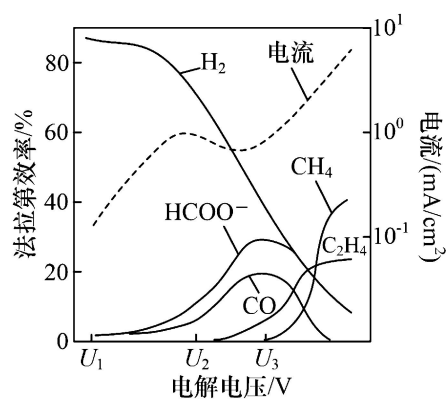
①写出步骤II的化学方程式：\_\_\_\_\_。

②“制氢”过程中，每生成 1 mol Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>，理论上可获得\_\_\_\_\_mol H<sub>2</sub>。

③“合成”过程中，CH<sub>3</sub>OH 可由中间体 X 或 Y 经过如图所示转化得到。X 和 Y 的组成相同，Y 与催化剂中金属原子结合后的相对能量低于 X。在方框内画出 X 的结构简式。



(3) CO<sub>2</sub> 通过电催化还原可转化为有机物。以 0.1 mol/L 的 KHCO<sub>3</sub> 溶液为电解质溶液，将 CO<sub>2</sub> 通入 Cu 基催化剂的电极材料上（Cu 是催化剂的活性位点），相同条件下，电解得到的部分还原产物的法拉第效率(FE%)随电解电压的变化如图所示。



$$FE\% = \frac{n_X (\text{生成还原产物 X 所需电子的物质的量})}{n_{\text{总}} (\text{电解过程中通过电子的总物质的量})} \times 100\%$$

①电解时，阴极由  $\text{CO}_2$  生成  $\text{C}_2\text{H}_4$  的电极反应式为\_\_\_\_\_。

②电解时，生成物  $\text{CO}$  与  $\text{Cu}$  之间存在强烈的相互作用而吸附在电极上，而  $\text{CH}_4$  或  $\text{C}_2\text{H}_4$  能迅速从电极表面逸出的原因是\_\_\_\_\_。

③电压从  $U_2$  增大到  $U_3$  时，电流减小的主要原因是\_\_\_\_\_。

可能用到的相对原子质量：H—1 C—12 N—14 O—16 Na—23 P—31  
K—39 Fe—56 Zn—65

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。

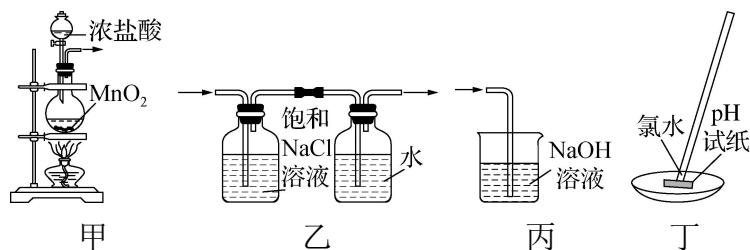
1 张青莲教授精确测得铟(In，原子序数为 49)的相对原子质量为  $114.818 \pm 0.003$ ，该值被采用为国际标准数据。下列铟元素的一种核素表示正确的是( )

- A.  $^{143}_{49}\text{In}$  B.  $^{133}_{49}\text{In}$  C.  $^{114}_{49}\text{In}$  D.  $^{113}_{49}\text{In}$

2 某细菌分解土壤中硝酸盐的原理为  $5\text{K}_2\text{S} + 8\text{KNO}_3 + 4\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{细菌}} 4\text{N}_2 \uparrow + 5\text{K}_2\text{SO}_4 + 8\text{KOH}$ 。下列说法正确的是( )

- A.  $\text{K}_2\text{S}$  的电子式为  $\text{K} : \ddot{\text{S}} : \text{K}$  B.  $\text{NO}_3^-$  的空间结构为三角锥形  
C.  $\text{H}_2\text{O}$  中 O 的孤电子对数为 2 D.  $\text{SO}_4^{2-}$  中 S 的轨道杂化类型为  $\text{sp}^2$

3 实验室制取少量氯水并测量其 pH。下列相关原理、装置及操作不正确的是( )



- A. 用装置甲制取  $\text{Cl}_2$  B. 用装置乙制取氯水  
C. 用装置丙吸收  $\text{Cl}_2$  D. 用装置丁测量氯水的 pH

4 硝酸乙基铵( $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3\text{NO}_3$ )是人类发现的第一种常温离子液体。下列说法正确的是( )

- A. 电负性： $\chi(\text{C}) > \chi(\text{H})$  B. 第一电离能： $I_1(\text{O}) > I_1(\text{N})$   
C. 热稳定性： $\text{NH}_3 > \text{H}_2\text{O}$  D. 熔点： $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3\text{NO}_3 > \text{NH}_4\text{NO}_3$

阅读下列材料，完成 5~7 题：

许多物质都以配合物的形式存在，如  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ 、 $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$ 、血红素 ( $\text{Fe}^{2+}$  的配合物) 等。配离子在水中存在解离平衡，如  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 4\text{NH}_3(\text{aq})$ ，改变条件可破坏配离子的稳定性。有些配离子呈现特殊颜色，如  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$  为蓝色、 $[\text{CuCl}_4]^{2-}$  为黄色、 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  为深蓝色。配合物在离子检验、物质制备、生命活动等方面应用广泛，如提炼黄金时可用王水（浓硝酸与浓盐酸的混合溶液）将 Au 转化为  $\text{H}[\text{AuCl}_4]$  溶液。

5 下列说法正确的是( )

- A. 1 mol  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  中含有 6 mol  $\sigma$  键
- B.  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$  中配位体是  $\text{Cl}^-$  和  $\text{NH}_3$
- C. 降低溶液 pH 能增强  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  在水中的稳定性
- D. 浓硝酸-NaCl 的混合溶液不能溶解 Au

6 下列化学反应表示不正确的是( )

- A.  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$  溶液与  $\text{Na}_2\text{S}$  溶液反应生成黑色沉淀： $\text{Cu}^{2+} + \text{S}^{2-} \rightleftharpoons \text{CuS} \downarrow$
- B.  $\text{CuSO}_4$  溶液中加入饱和 NaCl 溶液后变绿： $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+} + 4\text{Cl}^- \rightleftharpoons [\text{CuCl}_4]^{2-} + 4\text{H}_2\text{O}$

C. AgCl 沉淀溶于氨水： $\text{AgCl} + 2\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$

D. 银氨溶液氧化乙醛： $\text{CH}_3\text{CHO} + 2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} \xrightarrow{\Delta} \text{CH}_3\text{COONH}_4 + 2\text{Ag} \downarrow + 3\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$

7\* 下列有关描述或解释正确的是( )

- A. 向  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$  溶液中加入乙醇，增大溶剂极性，析出深蓝色晶体
- B. 向  $\text{FeCl}_3$  溶液中加入过量铁粉，充分振荡，再滴 2 滴 KSCN 溶液，溶液变红
- C. 银镜反应中，将  $\text{Ag}^+$  转化为  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  能减小 Ag 析出速率，有利于形成银镜
- D. CO 与血红素中  $\text{Fe}^{2+}$  形成配位键的强度小于  $\text{O}_2$ ，因而 CO 过多会导致人体中毒

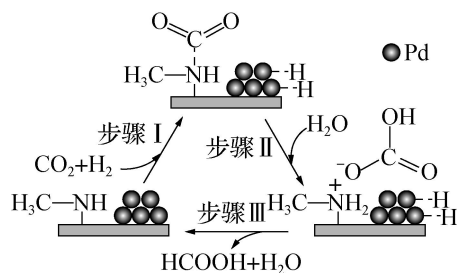
8 氮及其化合物的转化具有重要应用。下列说法正确的是( )

- A. 自然固氮、人工固氮都是将  $\text{N}_2$  转化为  $\text{NH}_3$
- B. 工业制硝酸过程中的物质转化： $\text{N}_2 \xrightarrow[\text{放电或高温}]{\text{O}_2} \text{NO} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{HNO}_3$
- C. 汽车尾气催化转化器中发生的主要反应： $2\text{NO} + \text{CO} \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{N}_2 + \text{CO}_2$
- D. 实验室探究稀硝酸与铜反应的气态产物： $\text{HNO}_3$ （稀）  
 $\xrightarrow{\text{Cu}} \text{NO} \xrightarrow{\text{O}_2} \text{NO}_2$

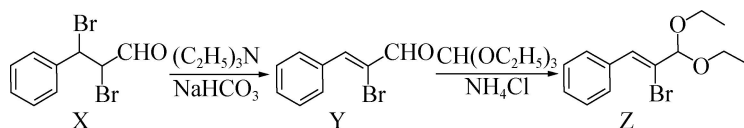
9 反应  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{HCOOH}(\text{l})$  可用于储氢, 可能机理如图所示。

下列说法正确的是( )

- A. 该反应的  $\Delta S > 0$
- B. 步骤I中  $\text{CO}_2$  带正电荷的 C 与催化剂中的 N 之间作用
- C. 步骤III中存在非极性键的断裂和形成
- D. 反应中每消耗 1 mol  $\text{CO}_2$ , 转移电子数约为  $4 \times 6.02 \times 10^{23}$



10 化合物 Z 是一种药物中间体, 其部分合成路线如下。下列说法不正确的是( )



- A. X 分子中含有 2 个手性碳原子
- B. 1 mol Y 最多能与 4 mol  $\text{H}_2$  发生加成反应
- C. Y、Z 均存在顺反异构体
- D. X、Z 均能使酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液褪色

11 室温下, 根据下列实验过程及现象, 能验证相应实验结论的是( )

选项	实验过程及现象	实验结论
A	向盛有 2 mL 1 mol/L $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液的试管中滴加几滴 0.1 mol/L 醋酸, 无气泡产生	$K_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3) > K_a(\text{CH}_3\text{COOH})$
B	向试管里滴入几滴 1-溴丁烷, 再加入 2 mL 5% $\text{NaOH}$ 溶液, 加热一段时间后静置, 取水层液体加入几滴 $\text{AgNO}_3$ 溶液, 产生沉淀	1-溴丁烷中含有溴原子
C	向苯酚溶液中滴加几滴饱和溴水, 充分振荡后无白色沉淀	苯酚不与溴水反应
D	将点燃的镁条迅速伸入集满 $\text{CO}_2$ 的集气瓶, 集气瓶中产生大量白烟, 且有黑色颗粒产生	$\text{CO}_2$ 具有氧化性

12 室温下, 通过下列实验探究  $\text{NaHCO}_3$  溶液的性质。已知:  $K_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 4.5 \times 10^{-7}$ ,  $K_{a2}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 4.7 \times 10^{-11}$ ,  $K_{sp}(\text{CaCO}_3) = 3.4 \times 10^{-9}$ 。

实验 1: 用 pH 试纸测得 0.1 mol/L  $\text{NaHCO}_3$  溶液的 pH 约为 8。

实验 2: 将 0.1 mol/L  $\text{NaHCO}_3$  溶液加热煮沸后冷却至室温, 溶液 pH 约为 11。

实验 3: 向 10 mL 0.1 mol/L  $\text{NaHCO}_3$  溶液中滴加 0.1 mol/L  $\text{CaCl}_2$  溶液, 产生白色沉淀。

下列说法正确的是( )

- A. 0.1 mol/L  $\text{NaHCO}_3$  溶液中:  $c(\text{H}_2\text{CO}_3) > c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{OH}^-)$

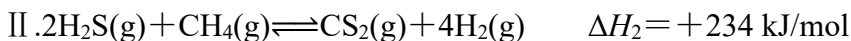


B. 实验 2 所得溶液中:  $c(\text{Na}^+) = c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{H}_2\text{CO}_3)$

C. 实验 2 所得溶液中:  $c(\text{CO}_3^{2-}) > c(\text{HCO}_3^-)$

D. 实验 3 中发生反应的离子方程式为  $\text{Ca}^{2+} + \text{HCO}_3^- = \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}^+$

13  $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{CH}_4$  热解重整制  $\text{H}_2$  过程中的主要反应如下:



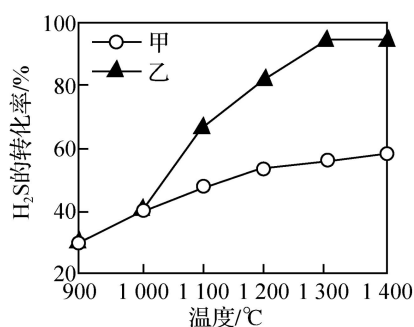
常压下, 将  $n(\text{H}_2\text{S}) : n(\text{N}_2) = 4 : 46$  的混合气甲、 $n(\text{CH}_4) : n(\text{H}_2\text{S}) : n(\text{N}_2) = 1 : 4 : 45$  的混合气乙分别以相同流速通过反应管热解,  $\text{H}_2\text{S}$  的转化率与温度的关系如图所示。  $\text{CS}_2$  的选择性  $= \frac{2n_{\text{生成}}(\text{CS}_2)}{n_{\text{总转化}}(\text{H}_2\text{S})} \times 100\%$ 。若不考虑其他副反应, 下列说法正确的是( )

A. 温度升高, 反应 I 的平衡常数  $K$  减小

B. 反应  $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{S}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CS}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g})$  的  $\Delta H = -64 \text{ kJ/mol}$

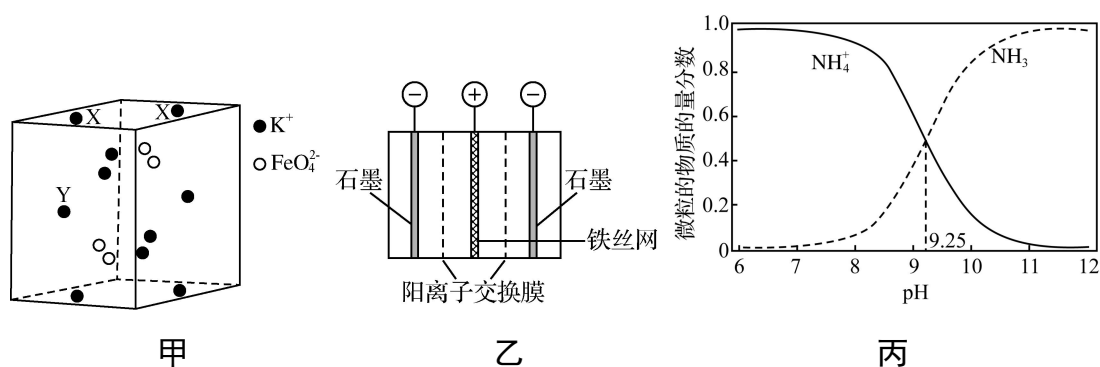
C. 900  $^\circ\text{C}$  时, 保持通入的  $\text{H}_2\text{S}$  体积分数不变, 增大  $\frac{n(\text{CH}_4)}{n(\text{H}_2\text{S})}$  可提高  $\text{H}_2\text{S}$  的转化率

D. 在 1 000~1 300  $^\circ\text{C}$  范围, 随着温度的升高, 混合气乙的体系中  $\text{CS}_2$  的选择性增大



二、非选择题: 共 4 题, 共 61 分。

14 (14 分) 高铁酸钾( $\text{K}_2\text{FeO}_4$ )可用于废水中氨氮的去除。



(1)  $\text{K}_2\text{FeO}_4$  的晶胞如图甲所示(氧原子已全部省略)。X 处  $\text{K}^+$  位于晶胞表面,  $\text{FeO}_4^{2-}$  全部位于晶胞内部, Y 处  $\text{K}^+$  位于晶胞\_\_\_\_\_ (填“表面”或“内部”)。

(2) 一种双阴极室隔膜电解  $\text{KOH}$  溶液制备  $\text{K}_2\text{FeO}_4$  的装置如图乙所示。电解时, 阳极反应式为\_\_\_\_\_。

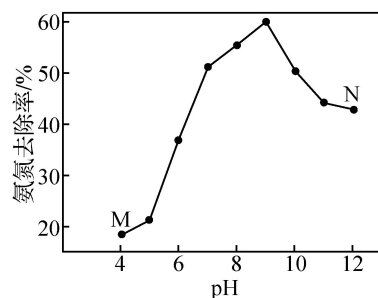
(3) 废水中氨氮主要以  $\text{NH}_3$ 、 $\text{NH}_4^+$  形式存在。25  $^\circ\text{C}$  时,  $\text{NH}_3$ 、 $\text{NH}_4^+$  的物质的量分数与 pH 的关系如图丙所示。反应  $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$  的平衡常数  $K =$ \_\_\_\_\_。

(4)  $\text{K}_2\text{FeO}_4$  具有强氧化性，其在水溶液中的氧化能力随溶液 pH 减小而增大。其他条件相同，用  $\text{K}_2\text{FeO}_4$  处理废水中氨氮，废水的初始 pH 与氨氮去除率的关系如图丁所示。

① pH=12 时， $\text{FeO}_4^{2-}$  处理废水中  $\text{NH}_3$  生成  $\text{N}_2$  的离子方程式为\_\_\_\_\_。

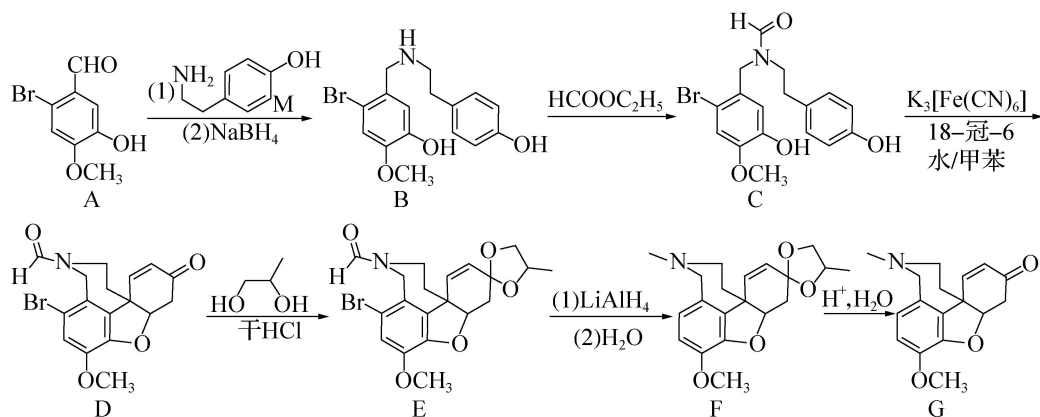
② 图丁中 M、N 两点对应的实验，必须控制相同的条件有：废水的浓度及体积、 $\text{K}_2\text{FeO}_4$  用量、搅拌速率、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_等。

③ pH=4 时氨氮去除率小于 pH=12 时的原因可能是\_\_\_\_\_。



丁

15 (15 分) 加兰他敏(G)可用于治疗阿尔兹海默症，其一种合成路线如下：

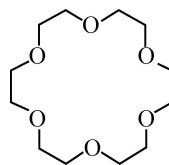


(1) A 分子中含氧官能团的名称为羟基、醚键和\_\_\_\_\_。

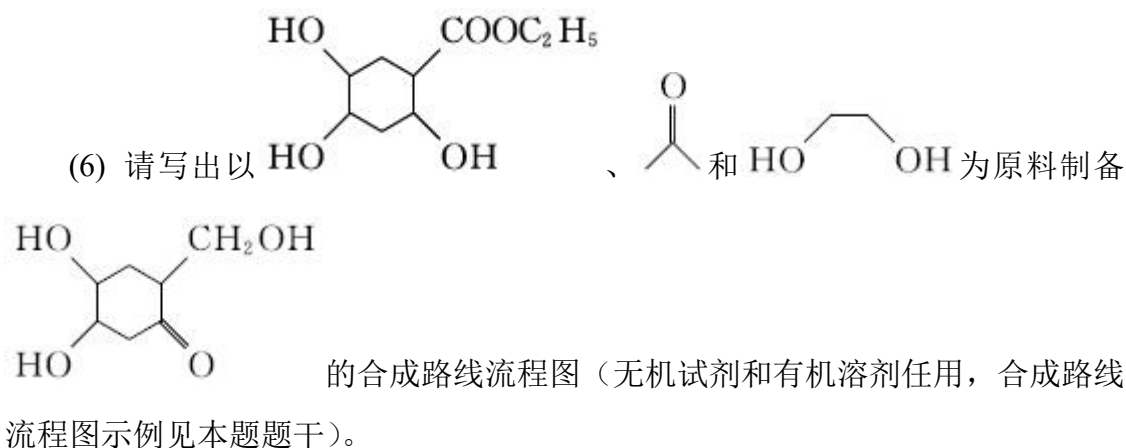
(2) A  $\xrightarrow{\text{M}}$  B 的反应经历 A  $\xrightarrow{\text{M}}$  N  $\xrightarrow{\text{NaBH}_4}$  B 的过程。中间体 N 的分子式为  $\text{C}_{16}\text{H}_{16}\text{BrNO}_3$ ，则 N 的结构简式为\_\_\_\_\_。

(3) B  $\xrightarrow{\text{C}}$  的反应类型为\_\_\_\_\_。

(4) 已知 C 难溶于水，而 18-冠-6 (结构如图所示) 可溶于水和甲苯，且分子空腔直径与  $\text{K}^+$  相当。C  $\xrightarrow{\text{D}}$  的过程中使用 18-冠-6 可提升  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  水溶液氧化 C 的效率，其原因为\_\_\_\_\_。



(5) 写出同时满足下列条件的 G 的一种同分异构体的结构简式：\_\_\_\_\_。碱性条件下水解后酸化，生成 X 和 Y 两种芳香族化合物。X 是一种  $\alpha$ -氨基酸，分子中不含甲基；Y 的核磁共振氢谱中有三组峰，且峰面积之比为 1 : 2 : 2。



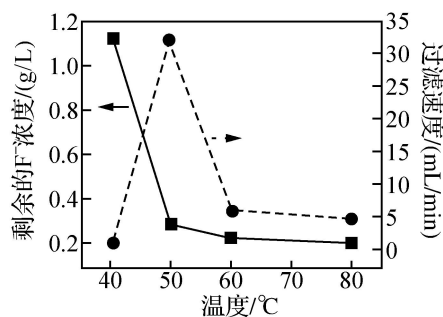
已知： $\text{RCOOR}' \xrightarrow{(1) \text{LiAlH}_4} \text{RCH}_2\text{OH} \xrightarrow{(2) \text{H}_2\text{O}} \text{RCH}_2\text{OH}$ （R 和 R' 为烃基）。

16 （16 分）磷酸锌是一种重要的活性防锈颜料，其制备和含量测定方案如下：

(1) 提纯  $\text{ZnSO}_4$ 。向含有  $\text{Mg}^{2+}$  的  $\text{ZnSO}_4$  溶液中加入  $\text{ZnF}_2$  可除去  $\text{Mg}^{2+}$ ，再经处理可得到纯度较高的  $\text{ZnSO}_4$ 。

① 用数据说明加入  $\text{ZnF}_2$  可除去  $\text{Mg}^{2+}$  的原因

\_\_\_\_\_。  
 [已知： $K_{\text{sp}}(\text{ZnF}_2) = 3.0 \times 10^{-2}$ 、 $K_{\text{sp}}(\text{MgF}_2) = 5.0 \times 10^{-11}$ ]



② 一定条件下，反应温度对溶液中剩余的  $\text{F}^-$  浓度、过滤速度的影响如图甲所示。反应温度选择  $60^\circ\text{C}$  而不选择  $50^\circ\text{C}$  的主要原因是\_\_\_\_\_。

(2) 制备  $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 。将一定量  $\text{ZnSO}_4$ 、 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  和  $\text{H}_3\text{PO}_4$  加适量水搅拌溶解，加热至隆起白色沫状物，冷却、抽滤、洗涤，得到  $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 。

① 该反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。

② 检验  $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  洗涤完全的实验操作为\_\_\_\_\_。

(3) 测定  $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  含量。

①测定含量前需用  $\text{Zn}^{2+}$  标准溶液标定  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$  溶液的浓度。请补充完整配制 250 mL 0.200 0 mol/L  $\text{Zn}^{2+}$  标准溶液的实验步骤：\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_；



轻轻摇动容量瓶，使溶液混合均匀，继续加入蒸馏水至液面离刻度线 1~2 cm 时，改用胶头滴管滴加至液面与刻度线相切，盖好瓶塞，摇匀，装瓶，贴标签。[Zn 相对原子质量为 65.38。实验中必须使用的试剂和仪器：纯锌、6.0 mol/L 盐酸、精确度为 0.000 1 g 的分析天平（如图乙所示）]。

②将 0.458 0 g 磷酸锌样品溶于盐酸，配成 100.00 mL 溶液。移取 20.00 mL 溶液，用 0.020 00 mol/L  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$  溶液滴定至终点（ $\text{Zn}^{2+}$  与  $\text{H}_2\text{Y}^{2-}$  按 1 : 1 反应，杂质不参与反应），平行滴定三次， $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$  溶液的平均用量为 28.20 mL。计算样品中  $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  ( $M=458.0$  g/mol) 的质量分数（写出计算过程）。

17 (16分) CO<sub>2</sub>的捕集与利用有助于“碳中和”。

(1) CO<sub>2</sub>的捕集。

①常温下，可用过量的氨水捕集 CO<sub>2</sub>，该反应的离子方程式为\_\_\_\_\_。

②乙醇胺(HOCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>NH<sub>2</sub>)也能捕集 CO<sub>2</sub>。乙醇胺的沸点高于氨的原因是\_\_\_\_\_。

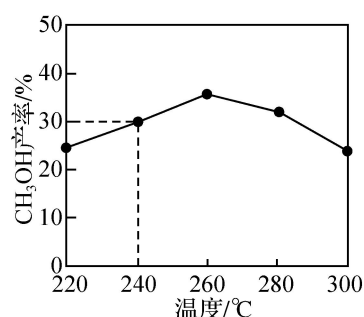
(2) CO<sub>2</sub> 催化加氢制甲醇。经过“吸附→反应→脱附”等过程，主要反应如下：

反应 I：CO<sub>2</sub>(g)+3H<sub>2</sub>(g)═CH<sub>3</sub>OH(g)+H<sub>2</sub>O(g) ΔH=−49.5 kJ/mol

反应II：CO<sub>2</sub>(g)+H<sub>2</sub>(g)═CO(g)+H<sub>2</sub>O(g) ΔH=+41.2 kJ/mol

反应III：CO(g)+2H<sub>2</sub>(g)═CH<sub>3</sub>OH(g) ΔH=−90.7 kJ/mol

3.0 MPa 时，将  $n_{\text{起始}}(\text{CO}_2) : n_{\text{起始}}(\text{H}_2) = 1 : 3$  的原料气匀速通过装有催化剂的反应管，测得 CH<sub>3</sub>OH 产率随温度的变化如图甲所示。



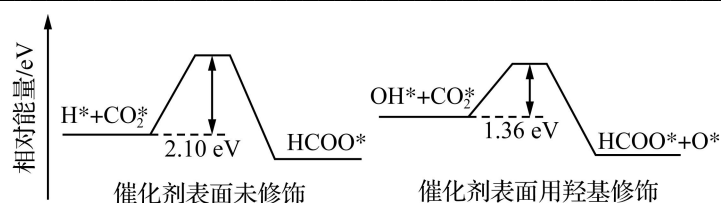
①240 °C时，若  $n_{\text{起始}}(\text{CO}_2) = 1 \text{ mol}$ ，反应管出口处检测到 0.68 mol CO<sub>2</sub>，则 CH<sub>3</sub>OH 的选择性 = \_\_\_\_\_。

[CH<sub>3</sub>OH 的选择性 =  $\frac{n_{\text{生成}}(\text{CH}_3\text{OH})}{n_{\text{总转化}}(\text{CO}_2)} \times 100\%$ ]。


②温度高于 260 °C，CH<sub>3</sub>OH 产率下降的可能原因是\_\_\_\_\_。

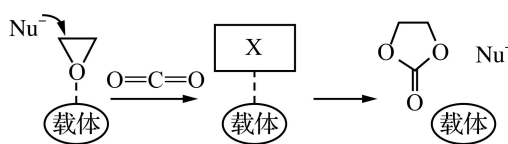
甲

③研究发现，CH<sub>3</sub>OH 可由 HCOO\*（吸附在催化剂表面的物种用\*标注）转化生成，CO<sub>2</sub>\*与 H\*或 OH\*作用生成 HCOO\*的相对能量变化如图乙所示。在催化剂表面修饰羟基的优点是\_\_\_\_\_。



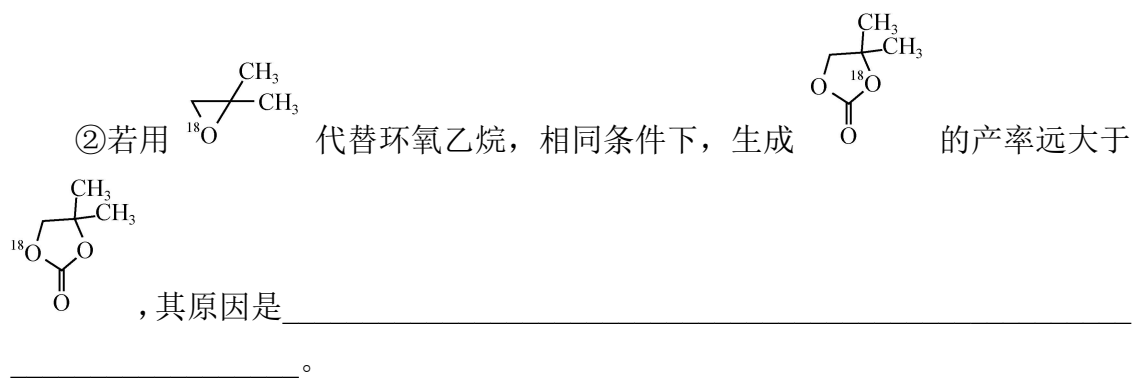
乙

(3) CO<sub>2</sub> 制环状碳酸酯。CO<sub>2</sub> 与环氧乙烷 (  ) 转化为环状碳酸酯的一种可能机理如图丙所示，图中 Nu<sup>−</sup>表示催化剂。



丙

①中间体 X 的结构简式为\_\_\_\_\_。



可能用到的相对原子质量: H—1 C—12 O—16 S—32 Cu—64 I—127

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 下列材料属于有机合成材料的是( )

- A. 钛合金 B. 酚醛树脂 C. 氮化硅陶瓷 D. 硅酸盐玻璃

2 过二硫酸铵[化学式为 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ ,其中S为+6价]可用于PCB铜膜微蚀。下列说法正确的是( )

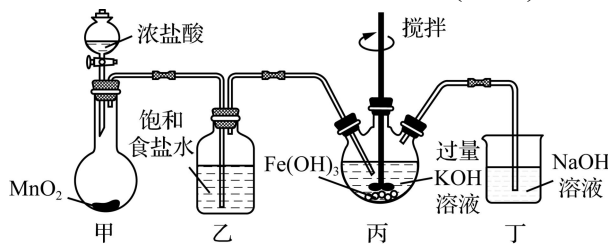
- A.  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 属于共价化合物 B.  $\text{NH}_4^+$ 的电子式为 $[\text{H}:\text{N}:\text{H},\text{H}:\text{H}]^+$   
C.  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 的空间结构为正四面体 D.  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 中不含非极性键

3 电解熔融 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 制Al时常添加少量 $\text{CaF}_2$ 和 $\text{MgF}_2$ 以提高导电性。下列说法正确的是( )

- A. 半径:  $r(\text{Al}^{3+}) > r(\text{O}^{2-})$  B. 电负性:  $\chi(\text{O}) > \chi(\text{F})$   
C. 第一电离能:  $I_1(\text{Al}) > I_1(\text{Mg})$  D. 碱性:  $\text{Ca}(\text{OH})_2 > \text{Mg}(\text{OH})_2$

4 常温下, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 与 $\text{KClO}$ 在碱性条件下反应可制得 $\text{K}_2\text{FeO}_4$ 。实验室制备 $\text{K}_2\text{FeO}_4$ 的装置(夹持装置未画出)和原理不能达到实验目的的是( )

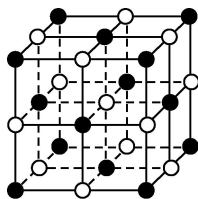
- A. 用装置甲制取 $\text{Cl}_2$   
B. 用装置乙除去HCl  
C. 用装置丙制备 $\text{K}_2\text{FeO}_4$   
D. 用装置丁吸收尾气



阅读下列材料,完成5~7题:

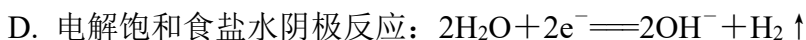
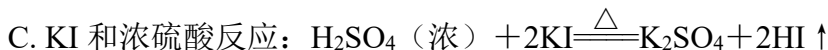
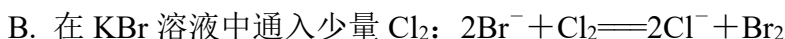
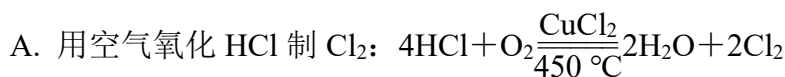
元素的发现与科学技术进步密切相关。1774年,舍勒制得了 $\text{Cl}_2$ ,1810年戴维经过电解实验确定该元素为氯。早期工业上在 $450\text{ }^\circ\text{C}$ 和 $\text{CuCl}_2$ 的催化下,用空气氧化HCl制得 $\text{Cl}_2$ 。巴拉尔在将 $\text{Cl}_2$ 通入湖盐提取的母液时制得了 $\text{Br}_2$ ,库尔特瓦将海藻灰和浓硫酸作用,得到紫色蒸气,经盖吕萨克研究确认为 $\text{I}_2$ 。1807~1808年,戴维通过电解 $\text{KOH}$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{CaO}$ 和 $\text{MgCl}_2$ 等方法陆续发现了钾、钠、钙、镁等元素。1886年,莫瓦桑通过电解 $\text{KF}$ 和 $\text{HF}$ 的混合物得到了 $\text{F}_2$ 。

5 下列说法正确的是( )



- A. 氢化物的沸点:  $\text{HF} < \text{HCl}$   
B. 键角:  $\text{ClO}_4^- > \text{ClO}_3^- > \text{ClO}_2^-$   
C. 基态Br的核外电子排布式为 $[\text{Ar}]3s^23p^5$   
D. 1个KI晶胞(如图所示)中含有14个 $\text{I}^-$

6 下列化学反应表示不正确的是( )



7 下列物质的性质与用途不具有对应关系的是( )

A. HF 水溶液呈酸性, 可用于雕刻玻璃

B.  $\text{ClO}_2$  具有强氧化性, 可用于杀菌消毒

C. MgO 熔点高, 可用作耐高温材料

D.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  水溶液呈碱性, 可用于去除油污

8 微生物电池除去废水中  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  的装置如图所示。下列说法正确的是

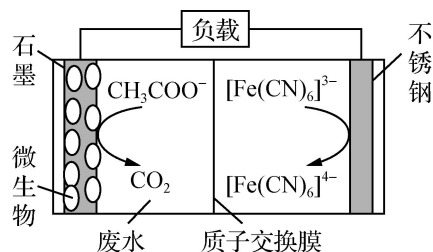
( )

A. 高温可以提高  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  的去除速率

B. 不锈钢表面发生了氧化反应

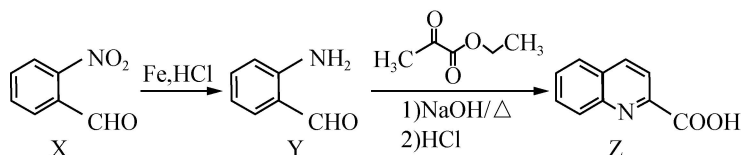
C. 石墨电极上的反应为  $\text{CH}_3\text{COO}^- - 8\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{CO}_2 \uparrow + 7\text{H}^+$

D. 电池工作时, 每消耗  $0.1\text{ mol CH}_3\text{COO}^-$ , 有  $0.7\text{ mol H}^+$  从质子交换膜左侧向右侧迁移



9 化合物 Z 是一种药物中间体, 可用下列方法合成。下列说法不正确的是

( )



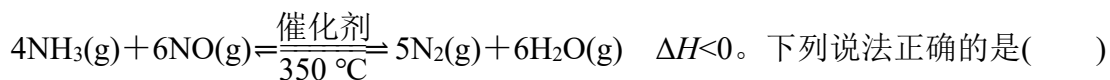
A.  $\text{X} \rightarrow \text{Y}$  的反应为还原反应

B.  $\text{Y} \rightarrow \text{Z}$  的反应过程中有乙醇生成

C. 可用银氨溶液鉴别 Y 和 Z

D.  $1\text{ mol Y}$  最多可与  $3\text{ mol H}_2$  反应

10 使用  $\text{V}_2\text{O}_5\text{WO}_3/\text{TiO}_2$  催化剂高效脱除燃煤电厂烟气中 NO 的反应为



A. 该反应的  $\Delta S < 0$

B. 该反应的平衡常数  $K = \frac{c^5(\text{N}_2)}{c^4(\text{NH}_3) \cdot c^6(\text{NO})}$

C. 反应消耗  $1\text{ mol NH}_3$  时, 转移电子的数目约为  $3 \times 6.02 \times 10^{23}$

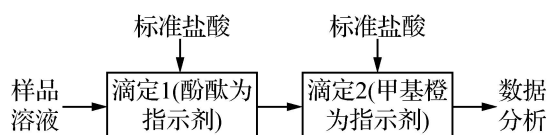
D. 反应温度越高, NO 的脱除率越高



11 室温下, 根据下列实验过程及现象, 能验证相应实验结论的是( )

选项	实验过程及现象	实验结论
A	向待测液中滴加氯水, 再加几滴 KSCN 溶液, 溶液变成红色	待测液中含有 $\text{Fe}^{2+}$
B	向 10 mL 0.1 mol/L $\text{NaNO}_3$ 溶液中加入 Cu 粉, 再滴加几滴 8 mol/L 硫酸, 微热, 溶液逐渐变成浅蓝色	8 mol/L 硫酸具有强氧化性
C	将 $\text{BaSO}_4$ 粉末加入 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 饱和溶液中, 充分振荡、静置、过滤、洗涤, 将滤渣加入盐酸中, 有气泡生成	$K_{\text{sp}}(\text{BaSO}_4) > K_{\text{sp}}(\text{BaCO}_3)$
D	向试管中加入某卤代烃( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{X}$ )和 0.5 mol/L NaOH 溶液, 加热, 再向反应后的溶液中先加入硝酸酸化, 再滴加 $\text{AgNO}_3$ 溶液, 有浅黄色沉淀生成	卤代烃中 X 为 Br 原子

12 测定湖盐(盐湖中提取的天然盐)中  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{NaHCO}_3$  含量的实验过程如下:



已知: 25 °C 时,  $\text{H}_2\text{CO}_3$  的电离平衡常数:  $K_{\text{a}1} = 4.5 \times 10^{-7}$ ,  $K_{\text{a}2} = 5 \times 10^{-11}$ 。

下列说法不正确的是( )

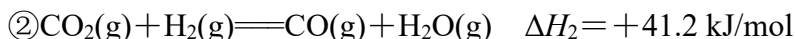
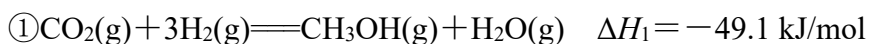
- A. 用甲基橙作指示剂滴定时发生的反应:  $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ = \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$   
 B. 滴定过程中, 溶液中存在:  $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = 2c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{OH}^-)$

~)

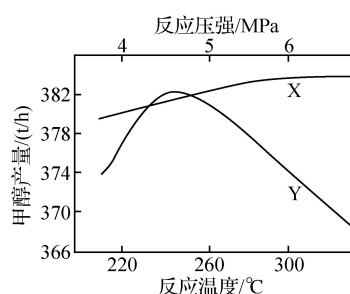
- C. 滴定过程中, pH=8 的溶液中存在:  $\frac{c(\text{HCO}_3^-)}{c(\text{CO}_3^{2-})} = 200$

- D. 滴定过程中, pH=4.4 的溶液中存在:  $c(\text{H}_2\text{CO}_3) > c(\text{HCO}_3^-) > c(\text{CO}_3^{2-})$

13  $\text{CO}_2$  加氢制  $\text{CH}_3\text{OH}$  过程中的主要反应如下:



将一定比例和流速的  $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2$  通过装有催化剂的容器, 反应相同时间, 测得 5 MPa 时反应温度变化、250 °C 时压强变化对甲醇产量影响的关系如图所示。下列说法正确的是( )



- A. 反应  $\text{CO(g)} + 2\text{H}_2\text{(g)} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH(g)}$  的  $\Delta H = +90.3 \text{ kJ/mol}$
- B. 曲线 X 表示 5 MPa 时反应温度变化对甲醇产量的影响
- C. 增大体系压强, 产物中  $\text{H}_2\text{O}$  的体积分数增大
- D. 增大碳氢比  $\left[\frac{n(\text{CO}_2)}{n(\text{H}_2)}\right]$  可提高  $\text{CO}_2$  的平衡转化率

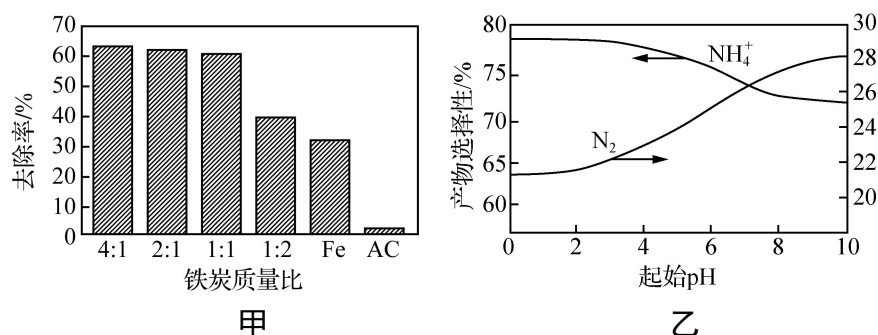
## 二、非选择题: 共 4 题, 共 61 分。

14 (15 分) 活性炭(AC)负载 Fe、Ni 材料联合  $\text{NaClO}$  可去除废水中的硝态氮。

(1) 制备材料。将活性炭、 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、脱氧水放入锥形瓶中, 在超声波振荡下加入过量  $\text{NaBH}_4$  反应 30 min, 过滤, 洗涤, 干燥, 得到 AC-Fe/Ni 材料。

- ①加入  $\text{NaBH}_4$  的作用是\_\_\_\_\_。
- ②选用活性炭作为载体的优点是\_\_\_\_\_。

(2) 测试性能。保持材料中碳质量不变, 改变铁的质量得到铁炭质量比与  $\text{NO}_3^-$  去除率的关系如图甲所示。不同废水初始 pH 对 AC-Fe/Ni 去除  $\text{NO}_3^-$  的产物选择性的影响如图乙所示。

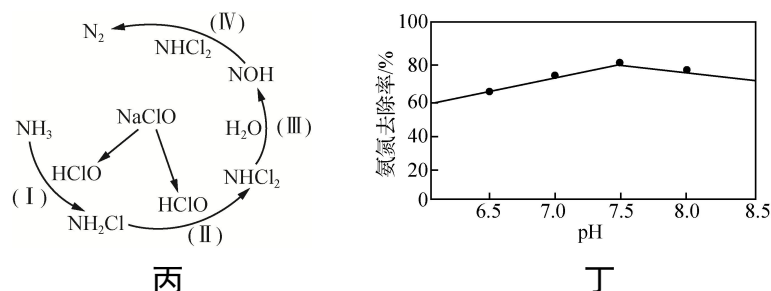


- ①pH=2 时 Fe 主要转化为  $\text{Fe}^{2+}$ , 去除  $\text{NO}_3^-$  的主要反应离子方程式为\_\_\_\_\_。

- ②铁炭质量比减小导致  $\text{NO}_3^-$  去除率减小的原因是\_\_\_\_\_。

- ③保持铁炭质量不变, 增加镍的质量,  $\text{NO}_3^-$  去除率逐渐增加的原因是\_\_\_\_\_。

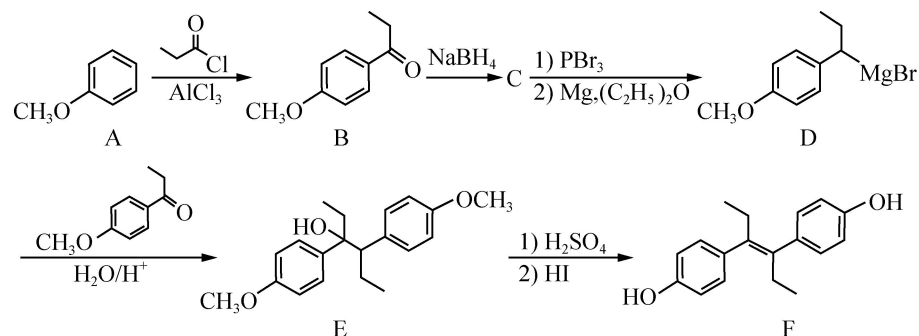
(3) 联合除氮。联合  $\text{NaClO}$  解决除硝转氨问题的机理如图丙所示。氨氮去除率与溶液 pH 之间的关系如图丁所示。



①NaClO 与  $\text{NH}_3$  反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。

②pH<7.5, 减小 pH, 导致氨氮的去除率降低的原因是\_\_\_\_\_。

15 (15 分) 化合物 G 是一种激素类药物, 其合成路线如下:

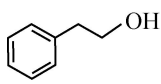
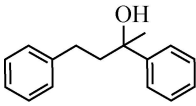


(1) A 分子中碳原子的杂化类型为\_\_\_\_\_。

(2) B 分子中含氧官能团的名称为\_\_\_\_\_。

(3) 化合物 C 的分子式为  $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}_2$ , C 的结构简式为\_\_\_\_\_。

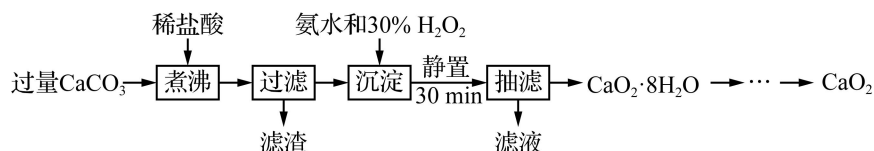
(4) F 的一种同分异构体同时满足下列条件, 写出该同分异构体的结构简式: \_\_\_\_\_。酸性条件下能水解生成 M 和 N, M 和 N 均可被酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液氧化且生成相同的芳香族化合物, 该芳香族化合物分子中不同化学环境的氢原子数目之比为 1:1。

(5) 写出以  合成  的合成路线流程图 (无机试剂、有机溶剂任用, 合成路线流程图示例见本题题干)。

16 (15 分) 过氧化钙、过氧化铜可用作化工生产的氧化剂和催化剂。

### I. 过氧化钙的制备。

过氧化钙( $\text{CaO}_2$ )在室温下稳定。微溶于水，可溶于稀酸生成过氧化氢。实验室制备过氧化钙的过程如下：

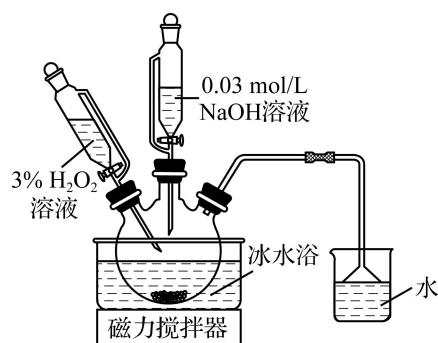


- (1) “煮沸”的目的是\_\_\_\_\_。
- (2) “沉淀”反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。
- (3)  $\text{CaO}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  需烘干转化为  $\text{CaO}_2$ 。烘干时需控温  $140\text{ }^\circ\text{C}$  的原因是\_\_\_\_\_。

### II. 过氧化铜的制备。

反应  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{CuO}_2 \downarrow + 2\text{NH}_4^+ + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  可用于制备黄褐色固体  $\text{CuO}_2$ 。实验装置与实验用到的试剂如图所示。

(4) 补充完整由胆矾制备过氧化铜的实验步骤：称取  $\text{NH}_4\text{Cl}$  和  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  各  $2.0\text{ g}$  于三颈烧瓶中，加入  $40\text{ mL}$  水溶解，\_\_\_\_\_



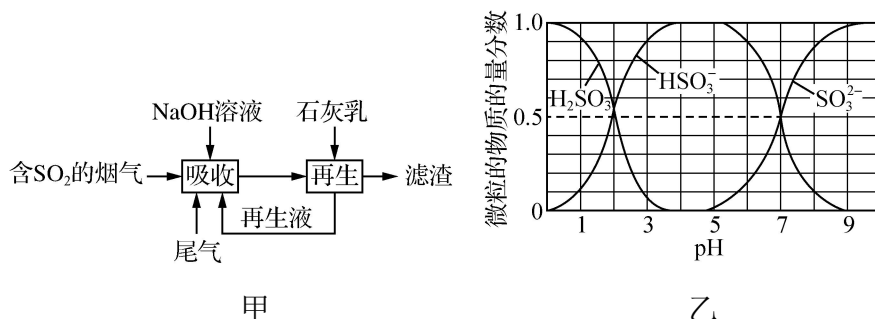
\_\_\_\_\_，过滤、洗涤、晾干、称重。

(5) 测定产品纯度。取产品  $0.1000\text{ g}$  与过量酸性  $\text{KI}$  溶液完全反应后，溶液呈弱酸性。以淀粉为指示剂，用  $0.1000\text{ mol/L Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  标准溶液滴定至终点，消耗标准溶液  $30.00\text{ mL}$ 。

已知： $\text{CuO}_2 + \text{I}^- + \text{H}^+ \longrightarrow \text{CuI} + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$ （未配平）， $\text{I}_2 + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} = 2\text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ 。  
计算产品中  $\text{CuO}_2$  的纯度（写出计算过程）。

17★ (16分) 工业脱硫是环境保护、促进社会可持续发展的重要课题。脱除工业烟气中的  $\text{SO}_2$  有多种方法。

I. 钠钙双碱法。钠钙双碱法吸收烟气中  $\text{SO}_2$  的一种流程如图甲所示， $\text{H}_2\text{SO}_3$ 、 $\text{HSO}_3^-$ 、 $\text{SO}_3^{2-}$  在水溶液中的物质的量分数随 pH 的分布如图乙所示。



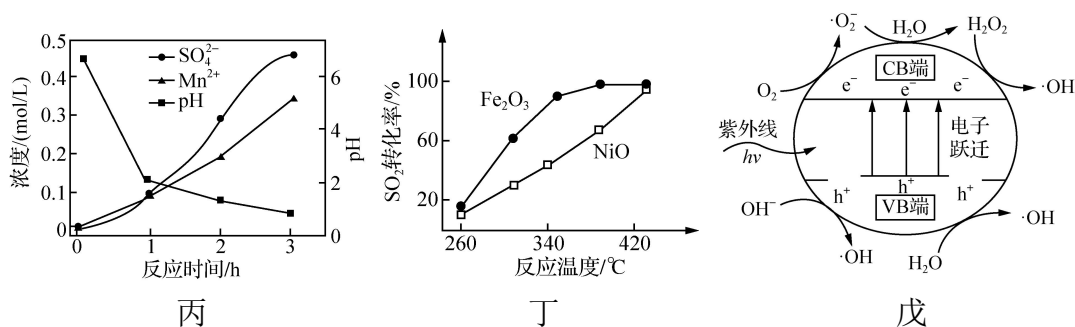
(1) “吸收”所得溶液的 pH 约为 4~5 时， $\text{SO}_2$  转化为\_\_\_\_\_ (填化学式)。“吸收”时控制溶液的 pH 略大于 9，写出“再生”反应的化学方程式：\_\_\_\_\_。

II. 氧化、还原法。

(2) 二氧化锰氧化。以软锰矿浆 (主要成分为  $\text{MnO}_2$ ，杂质为 Fe、Al 等元素的氧化物) 和烟气 (含有  $\text{SO}_2$ 、 $\text{O}_2$  等) 为原料可制备  $\text{MnSO}_4$ 。向一定量软锰矿浆中匀速通入烟气，测得溶液中  $c(\text{SO}_4^{2-})$ 、 $c(\text{Mn}^{2+})$  与 pH 随反应时间的变化如图丙所示。

①溶液中  $c(\text{SO}_4^{2-})$  的增加呈现由慢到快的趋势，其主要原因是\_\_\_\_\_。

②向吸收后的混合溶液中滴加氨水，调节 pH 进行除杂。若溶液中  $c(\text{Mn}^{2+}) = 0.2 \text{ mol/L}$ ，欲使溶液中  $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$  的浓度均小于  $1 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$ ，需控制的 pH 范围为\_\_\_\_\_ { 室温下， $K_{\text{sp}}[\text{Al}(\text{OH})_3] = 1 \times 10^{-33}$ ， $K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_3] = 3 \times 10^{-39}$ ， $K_{\text{sp}}[\text{Mn}(\text{OH})_2] = 2 \times 10^{-13}$  }。



(3) 一氧化碳还原。反应原理： $2\text{CO}(\text{g}) + \text{SO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}_2(\text{g}) + \text{S}(\text{l})$   $\Delta H = -270 \text{ kJ/mol}$ 。其他条件相同，分别选取  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{NiO}$  作上述反应的催化剂时， $\text{SO}_2$  的转化率随反应温度的变化如图丁所示。

①与  $\text{NiO}$  相比，选择  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  作催化剂的优点是\_\_\_\_\_。

②已知：硫的沸点约为 445 °C。反应温度高于 445 °C时，SO<sub>2</sub> 的平衡转化率增大，其原因是\_\_\_\_\_。

### III. 光催化法。

(4) TiO<sub>2</sub> 光催化。利用 TiO<sub>2</sub> 光催化剂在紫外线作用下产生的高活性自由基（ $\cdot\text{OH}$ 、 $\cdot\text{O}_2^-$ ）和  $\text{h}^+$ （ $\text{h}^+$ 代表光生空穴，光生空穴有很强的得电子能力），将烟气中的 SO<sub>2</sub> 氧化除去。TiO<sub>2</sub> 光催化剂粒子表面产生 $\cdot\text{OH}$  的机理如图戊所示（图中部分产物略去）。TiO<sub>2</sub> 光催化剂在紫外线作用下产生 $\cdot\text{OH}$  的过程可描述为\_\_\_\_\_。

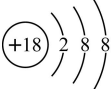
可能用到的相对原子质量：H—1 C—12 O—16 Se—79 I—127

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 制造机器人所使用的芯片的主要成分为( )

A. 合金 B. 二氧化硅 C. 硅 D. 石墨

2 向石灰氮( $\text{CaCN}_2$ )中加水并通入  $\text{H}_2\text{S}$  气体，反应生成硫脲 $[(\text{NH}_2)_2\text{CS}]$ ，硫脲在  $150\text{ }^\circ\text{C}$  时部分异构化为  $\text{NH}_4\text{SCN}$ 。下列说法正确的是( )

A.  $\text{Ca}^{2+}$  的结构示意图：

B.  $\text{H}_2\text{S}$  是由极性键构成的极性分子

C.  $\text{SCN}^-$  中碳原子采取  $\text{sp}^2$  杂化

D.  $1\text{ mol } (\text{NH}_2)_2\text{CS}$  中含有  $8\text{ mol } \sigma$  键

3 在指定条件下，下列选项所示的物质间转化能实现的是( )

A.  $\text{NH}_4\text{Cl} \xrightarrow[\Delta]{\text{Ca(OH)}_2} \text{NH}_3 \xrightarrow[\Delta]{\text{CuO}} \text{N}_2$

B.  $\text{Na} \xrightarrow{\text{O}_2} \text{Na}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{SO}_3} \text{Na}_2\text{SO}_3$

C.  $\text{Mg(OH)}_2 \xrightarrow{\text{HCl}} \text{MgCl}_2(\text{aq}) \xrightarrow{\text{蒸干}} \text{无水 MgCl}_2$

D.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl} \xrightarrow[\Delta]{\text{NaOH/水}} \text{CH}_2=\text{CH}_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{催化剂}} \text{CH}_2-\text{CH}_2$

4 硫酸亚铁铵 $[(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2]$ 可用于治疗贫血。下列说法正确的是( )

A. Fe 位于元素周期表中第三周期

B. 原子半径： $r(\text{O}) > r(\text{S})$

C. 基态  $\text{Fe}^{2+}$  未成对电子数为 4

D. 电负性： $\chi(\text{N}) > \chi(\text{O})$

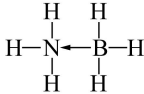
阅读下列材料，完成 5~7 题：

IIIA 族元素形成的化合物应用广泛。硼酸( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )是一种一元弱酸。硼酸三甲

酯与氯气反应可制取  $\text{BCl}_3$ ： $\text{B(OCH}_3)_3 + 6\text{Cl}_2 \xrightarrow{65\text{ }^\circ\text{C}} \text{BCl}_3 + 3\text{CO} + 9\text{HCl}$ ， $\text{B(OCH}_3)_3$  和  $\text{BCl}_3$  均易水解，沸点分别为  $68\text{ }^\circ\text{C}$  和  $12.5\text{ }^\circ\text{C}$ 。氮化镓是具有优异光电性能的第三代半导体材料，熔点约为  $1\,500\text{ }^\circ\text{C}$ ，可通过  $\text{Ga(CH}_3)_3$  与  $\text{NH}_3$  高温反应制得。

5 下列说法正确的是( )

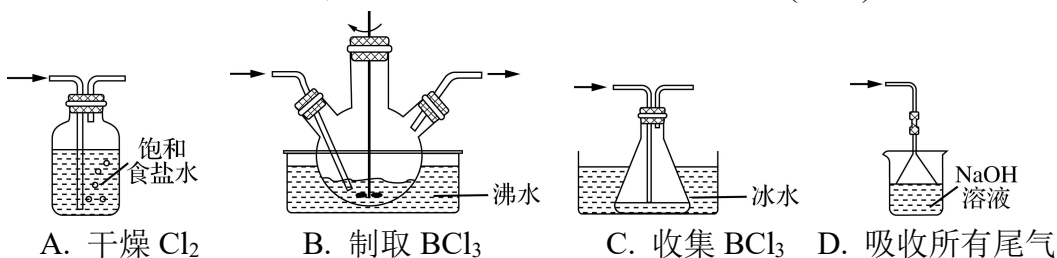
A. 基态 Ga 核外电子排布式： $[\text{Ar}]4\text{s}^24\text{p}^1$

B.  $\text{NH}_3\text{BH}_3$  的结构式：

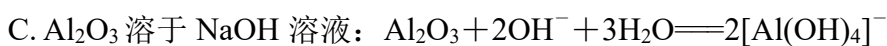
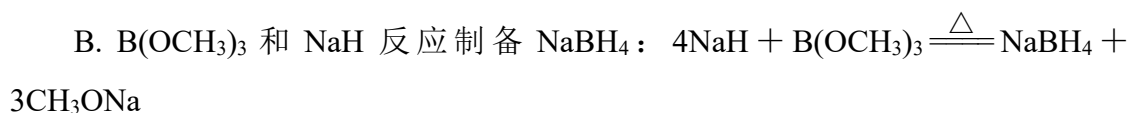
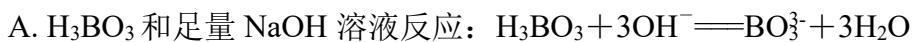
C. 氮化镓属于分子晶体

D.  $\text{BCl}_3$  分子中键角为  $120^\circ$

6 下列制取  $\text{BCl}_3$  的部分实验装置能达到实验目的的是( )



7 下列化学反应表示不正确的是( )



8 对于反应  $4\text{NH}_3(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \xrightleftharpoons{\text{催化剂}} 4\text{NO}(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})$   $\Delta H < 0$ 。下列说法正确的是( )

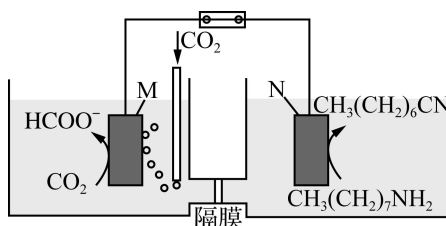
A. 该反应  $\Delta S < 0$

B. 使用催化剂能降低反应的焓变

C. 其他条件不变, 增大  $\frac{n(\text{NH}_3)}{n(\text{O}_2)}$  可提高  $\text{NH}_3$  的平衡转化率

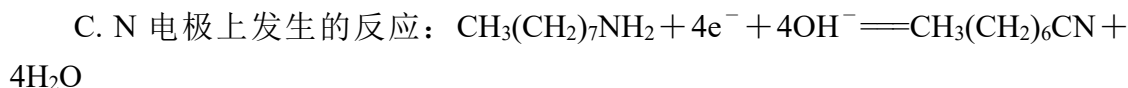
D. 1 mol N—H 断裂的同时有 1 mol O—H 断裂, 说明反应达到该条件下的平衡状态

9 一种以  $\text{NaOH}$  为介质电催化还原  $\text{CO}_2$  的工作原理如图所示。下列说法正确的是( )



A. 电解池工作时,  $\text{OH}^-$  由右室通过隔膜向左室移动

B. M 为电解池的阳极



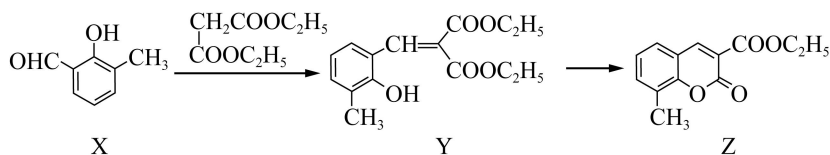
D. 电路中通过 2 mol  $\text{e}^-$  时, 理论上 1 mol  $\text{CO}_2$  被还原



10 室温下，下列实验探究方案能达到探究目的的是( )

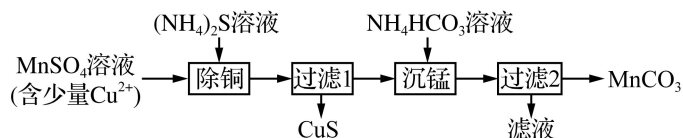
选项	探究方案	探究目的
A	向含酚酞的 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液中加入少量 $\text{BaCl}_2$ 固体，观察溶液颜色变化	$\text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液中存在水解平衡
B	向 95% 的乙醇溶液中加入足量 $\text{Na}$ ，观察是否有气体生成	$\text{Na}$ 能与乙醇发生置换反应
C	向 2 mL $\text{FeSO}_4$ 溶液中滴加酚酞试液，观察溶液颜色变化	$\text{Fe}^{2+}$ 能发生水解
D	向电石中滴加饱和食盐水，将产生的气体通入高锰酸钾溶液中，观察现象	乙炔具有还原性

11 化合物 Z 是一种药物合成中间体，其合成路线如下。下列说法正确的是( )



- A. X 与足量  $\text{H}_2$  加成后的产物分子中有 1 个手性碳原子  
 B. 可用银氨溶液检验 Y 中是否含有 X  
 C.  $\text{Y} \rightarrow \text{Z}$  有  $\text{H}_2\text{O}$  生成  
 D. 1 mol Z 与足量  $\text{NaOH}$  溶液反应，最多消耗 2 mol  $\text{NaOH}$

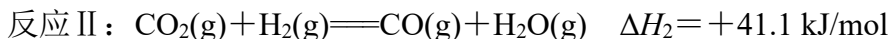
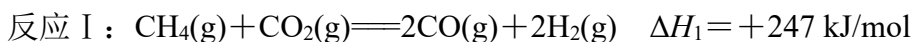
12 室温下，用含少量  $\text{Cu}^{2+}$  的  $\text{MnSO}_4$  溶液制备  $\text{MnCO}_3$  的过程如下：



注：“沉锰”时  $n(\text{NH}_4\text{HCO}_3) : n(\text{Mn}^{2+}) = 2.5 : 1$ ，控制溶液  $\text{pH} = 7$ 。下列说法正确的是( )

- A.  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  溶液中： $c(\text{NH}_4^+) = c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{H}_2\text{CO}_3)$   
 B. “过滤 1” 所得滤液中： $\frac{c(\text{Cu}^{2+})}{c(\text{Mn}^{2+})} > \frac{K_{\text{sp}}(\text{CuS})}{K_{\text{sp}}(\text{MnS})}$   
 C. “沉锰” 时发生反应： $\text{Mn}^{2+} + \text{HCO}_3^- = \text{MnCO}_3 \downarrow + \text{H}^+$   
 D. “过滤 2” 所得滤液中： $c(\text{NH}_4^+) = c(\text{HCO}_3^-) + 2c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{HS}^-) + 2c(\text{S}^{2-})$

13  $\text{CH}_4$  和  $\text{CO}_2$  重整制氢体系中主要发生下列反应:



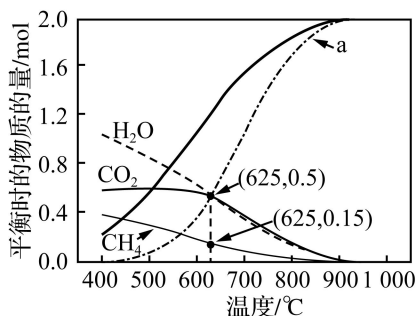
在密闭容器中,  $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、 $n_{\text{始}}(\text{CH}_4) = n_{\text{始}}(\text{CO}_2) = 1 \text{ mol}$  时, 若仅考虑上述反应, 平衡时各气态物质的物质的量随温度的变化如图所示。下列说法不正确的是( )

A. 曲线 a 表示平衡时  $\text{CO}$  的物质的量随温度的变化

B.  $625^\circ\text{C}$  时, 反应 II 的平衡常数  $K = \frac{5}{17}$

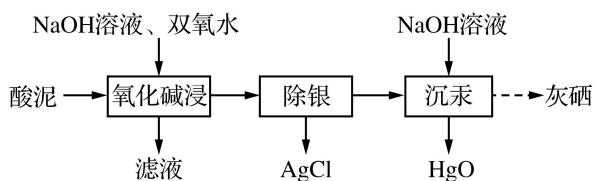
C.  $500 \sim 600^\circ\text{C}$ , 随着温度升高, 容器中积碳减少

D.  $1000^\circ\text{C}$  下, 增大压强, 平衡体系中  $\frac{n(\text{CO})}{n(\text{H}_2)}$  不变



二、非选择题: 共 4 题, 共 61 分。

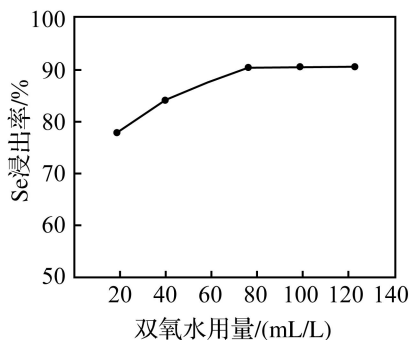
14<sup>\*</sup> (17 分) 以酸泥(主要含无定形 Se、 $\text{HgSe}$  和少量  $\text{Ag}_2\text{Se}$ ) 为原料制备灰硒( $\text{Se}_6$ )的流程如下:



已知:  $K_{a1}(\text{H}_2\text{SeO}_3) = 3 \times 10^{-3}$ 、 $K_{a2}(\text{H}_2\text{SeO}_3) = 5 \times 10^{-8}$ 。

(1) “氧化碱浸”中无定形 Se 被氧化为  $\text{SeO}_3^{2-}$  的离子方程式为\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ ; 其他条件不变时, Se 浸出率随双氧水用量变化如图甲所示, 当双氧水用量从  $80 \text{ mL/L}$  增加到  $120 \text{ mL/L}$  时, 溶液中并未检测到  $\text{H}_2\text{O}_2$  残留, 其原是\_\_\_\_\_。



甲

(2) “除银”时向滤渣中加入  $\text{NaClO}$  溶液和盐酸,  $\text{Ag}_2\text{Se}$ 、 $\text{HgSe}$  被氧化为  $\text{H}_2\text{SeO}_3$ 。

① “除银”过程中的加料方式为\_\_\_\_\_。

② 写出  $\text{Ag}_2\text{Se}$  发生反应的化学方程式: \_\_\_\_\_。

(3) “沉汞”过程中, 溶液  $\text{pH} = 7$  时存在的主要阴离子有\_\_\_\_\_。

(4) 通过如下步骤测定灰硒产品中 Se 的质量分数：

步骤 1：准确称取 0.160 0 g 灰硒产品，加入足量硝酸充分反应后生成  $\text{H}_2\text{SeO}_3$  溶液，配成 100.00 mL 溶液；

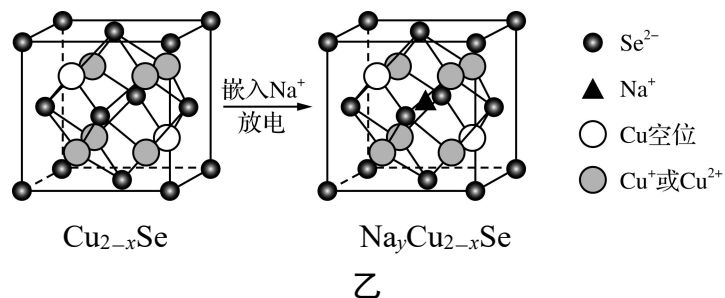
步骤 2：取 25.00 mL 溶液于锥形瓶中，加入过量的硫酸酸化的 KI 溶液，充分反应；

步骤 3：以淀粉作指示剂，用 0.100 0 mol/L 的  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  标准溶液滴定至终点，消耗 20.00 mL  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  溶液。

已知： $\text{H}_2\text{SeO}_3 + 4\text{I}^- + 4\text{H}^+ = \text{Se} \downarrow + 2\text{I}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ ； $\text{I}_2 + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} = 2\text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ 。

计算灰硒产品中 Se 的质量分数（写出计算过程）。

(5)  $\text{Cu}_{2-x}\text{Se}$  是一种钠离子电池的正极材料，放电过程中晶胞变化如图乙所示。

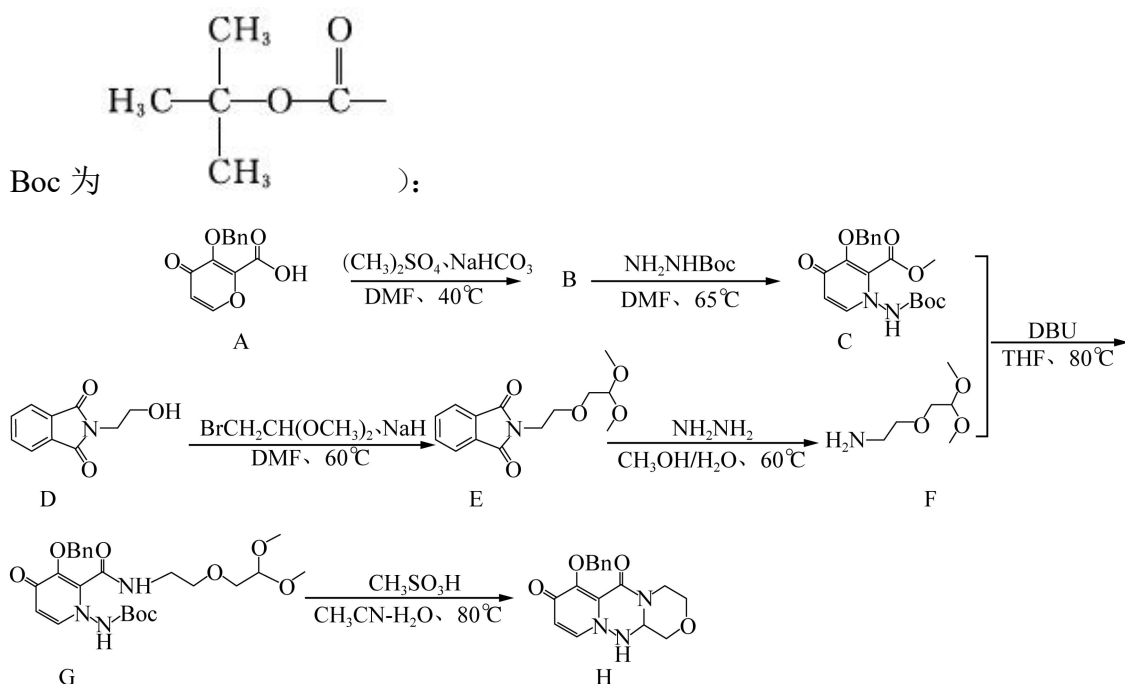


① 1 mol  $\text{Cu}_{2-x}\text{Se}$  转化为  $\text{Na}_y\text{Cu}_{2-x}\text{Se}$  时转移电子的物质的量为\_\_\_\_\_mol。

②  $\text{Na}_y\text{Cu}_{2-x}\text{Se}$  中  $\text{Cu}^+$  与  $\text{Cu}^{2+}$  的个数比为\_\_\_\_\_。

15 (14 分) 玛巴洛沙韦片是一种治疗甲型或乙型流感病毒的特效药, H

是合成玛巴洛沙韦的一种重要中间体, 其合成路线如下(注: Bn 为  $-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_5$ );

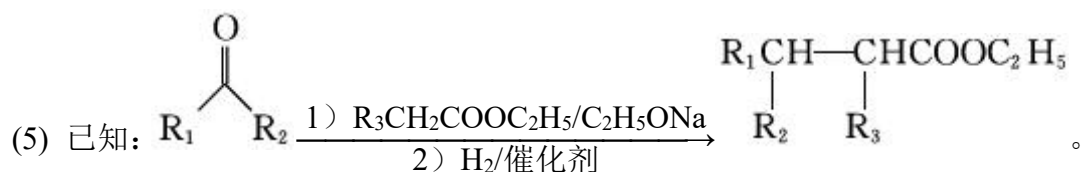


(1) A 分子中含氧官能团有羧基、醚键和\_\_\_\_\_。

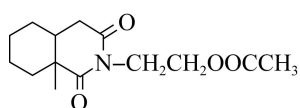
(2) 写出 B 的结构简式: \_\_\_\_\_。

(3) E  $\rightarrow$  F 中还生成另一种有机物 X, X 分子中除苯环外还含有一个六元环。写出 X 的结构简式: \_\_\_\_\_。

(4) D 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: \_\_\_\_\_。分子中含有手性碳原子; 在酸性条件下水解生成两种产物, 其中一种能与  $\text{FeCl}_3$  发生显色反应, 且有 2 种不同环境的氢原子。



设计以  $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{OH}$ 、 $\text{CH}_3\text{COOH}$ 、 $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ 、 $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$  为原料制备



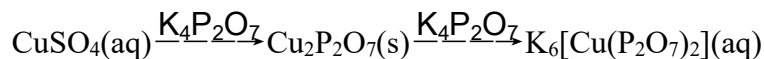
的合成路线流程图(无机试剂和有机溶剂任用, 合成路线示例见本题题干)。

16 (13 分) 焦磷酸铜盐、柠檬酸铜盐是工业常用的铜电镀液。

(1) 以酸性  $\text{CuSO}_4$  溶液作电镀液时, 镀铜效果不佳。原因: ①溶液中的  $\text{SO}_4^{2-}$  和电解过程中产生的少量  $\text{Cu}^+$  影响镀层光亮; ②\_\_\_\_\_。

(2) 控制铜电镀液 pH 在 8~8.5 之间, 采用电解法可得到均匀光亮的铜镀层。

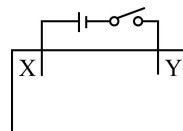
①配制  $\text{K}_6[\text{Cu}(\text{P}_2\text{O}_7)_2]$  溶液过程中主要发生如下转化:



具体操作: 向含 0.1 mol  $\text{CuSO}_4$  的溶液中加入含 \_\_\_\_\_ mol  $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$  溶液, 过滤, \_\_\_\_\_, 再加入计算量的  $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$  至沉淀溶解。

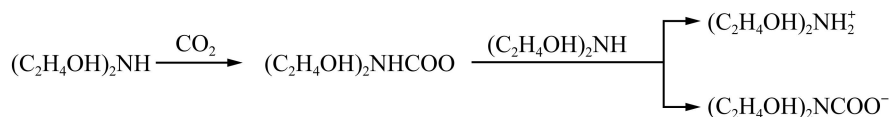
②上述配制的  $\text{K}_6[\text{Cu}(\text{P}_2\text{O}_7)_2]$  溶液中可能会存在少量  $\text{Cu}^+$ 。需向溶液中加入  $\text{H}_2\text{O}_2$  充分反应, 再加入柠檬酸晶体。加入柠檬酸晶体的目的是\_\_\_\_\_。

(3) 在塑料件上镀铜时需要首先对塑料件进行预处理, 使其表面覆盖一层铜膜。涉及反应:  $\text{HCHO} + \text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{OH}^- = \text{HCOO}^- + \text{Cu} + 2\text{H}_2\text{O}$ 。补充完整在塑料件上镀铜的实验方案: 向装有塑料片的烧杯中加入  $\text{CuSO}_4$  溶液, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, 将预处理后的塑料片从烧杯中取出并洗净后, 将待镀塑料片 \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, 通电一段时间。(实验中须使用的试剂和设备:  $\text{NaOH}$  溶液、 $\text{HCHO}$  溶液,  $\text{K}_6[\text{Cu}(\text{P}_2\text{O}_7)_2]$  溶液、 $\text{Cu}$  片; 如图所示电解池)



17 (17分)  $\text{CO}_2$  捕集包括  $\text{CO}_2$  的吸收和解吸两个过程。利用捕集的  $\text{CO}_2$  合成碳酸二甲酯有助于实现碳中和。

(1)  $\text{DEA}[(\text{C}_2\text{H}_4\text{OH})_2\text{NH}]$  是一种  $\text{CO}_2$  捕集剂。室温下, 将  $\text{CO}_2$  体积分数为 15% (其余为  $\text{N}_2$ ) 的混合气以一定流速通过装有一定量 DEA 溶液的捕集器 ( $\text{N}_2$  不被吸收), 被吸收后的混合气在出口处通过  $\text{CO}_2$  含量检测装置, 直至捕集剂吸收  $\text{CO}_2$  达到饱和。将吸收  $\text{CO}_2$  饱和后的捕集器在  $120\text{ }^\circ\text{C}$  下充分加热, 实现  $\text{CO}_2$  解吸和捕集剂的再生。DEA 吸收  $\text{CO}_2$  的过程如图甲所示。



甲

①能说明 DEA 吸收  $\text{CO}_2$  达到饱和的依据是\_\_\_\_\_。

②写出  $\text{CO}_2$  解吸时发生反应的离子方程式: \_\_\_\_\_。

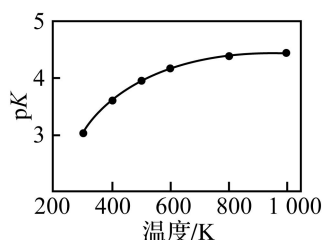
③衡量不同捕集剂的优劣, 不仅需要比较捕集剂的成本、对环境的影响及单位物质的量的捕集剂吸收  $\text{CO}_2$  的快慢和多少外, 还需要进行比较的因素为\_\_\_\_\_。

(2) 反应  $\text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{CH}_3\text{OH}(\text{l}) \rightleftharpoons (\text{CH}_3\text{O})_2\text{CO}(\text{l}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$  可用于合成碳酸二甲酯。

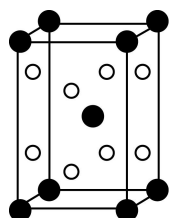
①该反应的平衡常数 ( $\text{p}K = -\lg K$ ) 与温度的关系如图乙所示。为提高原料的平衡转化率, 可采取的措施有\_\_\_\_\_ (写两条)。

② $\text{ZrO}_2$  可作为合成反应的催化剂。

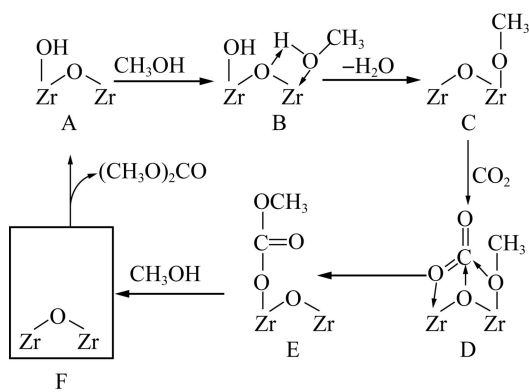
(i) 一种  $\text{ZrO}_2$  的晶胞结构如图丙所示, 该  $\text{ZrO}_2$  晶体中与  $\text{O}^{2-}$  距离最近且相等的  $\text{Zr}^{4+}$  的数目为\_\_\_\_\_。



乙

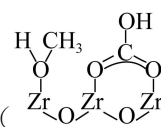


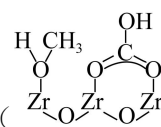
丙



丁

(ii)  $\text{ZrO}_2$  催化合成碳酸二甲酯的可能反应机理如图丁所示,  $\text{Zr}^{4+}$  是催化过程中的关键活性位点。在图丁中将 F 的结构式补充完整。



(iii) 在 C→D 的过程中还可能生成一种中间体 M (  ), 该中间体与 D 中的基团存在明显差异, 可用\_\_\_\_\_ (分析方法) 检验是否有 M 存在。

③(CH<sub>3</sub>O)<sub>2</sub>CO(l)与 CH<sub>3</sub>OH(l)的混合物经过初馏除去副产物后可得到含 70%CH<sub>3</sub>OH 和 30%(CH<sub>3</sub>O)<sub>2</sub>CO 的共沸物。请补充完整从共沸物中分离出 (CH<sub>3</sub>O)<sub>2</sub>CO 的操作: 将共沸物加热气化通入\_\_\_\_\_。

可能用到的相对原子质量: H—1 C—12 N—14 O—16 Ca—40  
As—75 I—127

一、单项选择题: 本题共 13 小题, 每小题 3 分, 共计 39 分。每小题只有一个选项符合题意。

1 稀土金属是元素周期表IIIB族中部分元素的总称, 中国是生产稀土金属的主要国家。下列元素属于IIIB族元素的是( )

- A. Sc B. Al C. Si D. V

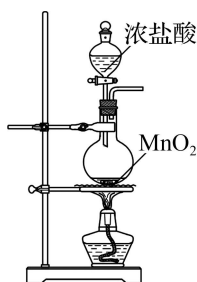
2 反应  $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 = 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$  可用于制取硫单质。下列说法正确的是( )

- A.  $\text{H}_2\text{S}$  的电子式为  $\text{H}^+[:\ddot{\text{S}}:]^{2-}\text{H}^+$   
B.  $\text{SO}_2$  分子的空间结构为平面三角形  
C.  $\text{S}_6$ 、 $\text{S}_8$ 、 $\text{S}_{12}$  等硫单质互为同素异形体  
D. 冰是含极性键的共价晶体

3 嫦娥石发现于嫦娥五号采回的月壤中, 是新发现矿物, 属于磷钠镁钙石。下列说法正确的是( )

- A. 原子半径:  $r(\text{Na}) < r(\text{Mg}) < r(\text{P})$  B. 金属性:  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na}$   
C. 电负性:  $\chi(\text{P}) > \chi(\text{Ca}) > \chi(\text{Mg})$  D. 第一电离能:  $I_1(\text{P}) > I_1(\text{Mg}) > I_1(\text{Na})$

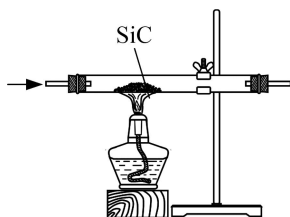
4 实验室可用 SiC 与  $\text{Cl}_2$  反应( $\text{SiC} + 2\text{Cl}_2 \xrightarrow{\Delta} \text{SiCl}_4 + \text{C}$ )制取少量  $\text{SiCl}_4$  (沸点为  $57.6^\circ\text{C}$ , 易水解)。下列实验原理和装置不能达到实验目的的是( )



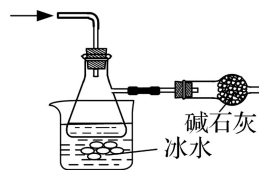
A. 制取氯气



B. 得到纯净干燥的  $\text{Cl}_2$



C. 制取四氯化硅



D. 收集四氯化硅并吸收尾气



阅读下列材料，完成 5~8 题：

Cu 和 CuCl 是许多有机反应的催化剂。Cu 可作  $\text{CO}_2$  制  $\text{CH}_3\text{OH}$  反应  $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$   $\Delta H < 0$  的催化剂。CuCl 是一种难溶于水、乙醇的白色固体，可溶于浓氨水，潮湿的环境中易被氧气氧化为  $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$ 。CuCl 制备实验过程为将硫酸铜与氯化钠加水溶解，并用盐酸调节酸度，再加入铜粉一起加热，得到可溶性的配合物  $\text{Na}[\text{CuCl}_2]$ ，经加水稀释、过滤、洗涤、干燥即得 CuCl 产品。

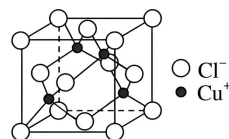
5 下列有关说法正确的是( )

A. 基态  $\text{Cu}^+$  的电子排布式为  $[\text{Ar}]3\text{d}^94\text{s}^1$

B.  $\text{NH}_3$  中所含键角大于  $\text{H}_2\text{O}$  中所含键角

C.  $[\text{CuCl}_2]^-$  中的配位键可以表示为  $[\text{Cl} \leftarrow \text{Cu} \rightarrow \text{Cl}]^-$

D. CuCl 晶胞 (如图所示) 中距离每个  $\text{Cl}^-$  最近的  $\text{Cu}^+$  有 2 个



6 关于 Cu 催化  $\text{CO}_2$  制  $\text{CH}_3\text{OH}$  的反应，下列说法正确的是( )

A. 该反应在任意条件下均能自发进行

B. 该反应的平衡常数表达式为  $K = \frac{c(\text{CH}_3\text{OH})}{c(\text{CO}_2) \cdot c^3(\text{H}_2)}$

C. 反应物所含的键能总和大于生成物所含键能总和

D. 使用 Cu 作催化剂可以提高一定时间内  $\text{CO}_2$  的转化率

7 下列化学用语正确的是( )

A. Cu 在  $\text{Cl}_2$  中燃烧的化学方程式： $2\text{Cu} + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{CuCl}$

B. Cu 与浓硫酸反应的化学方程式： $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \rightleftharpoons \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

C. CuCl 在潮湿空气中氧化的化学方程式： $4\text{CuCl} + \text{O}_2 + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl} + \text{Cl}_2$

D. 制取  $\text{Na}[\text{CuCl}_2]$  的离子方程式： $\text{Cu}^{2+} + \text{Cu} + 4\text{Cl}^- \xrightarrow{\Delta} 2[\text{CuCl}_2]^-$

8 关于 CuCl 的制取实验过程，下列说法不正确的是( )

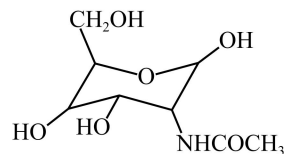
A. 适当增大 NaCl 的用量可提高铜元素的利用率

B. 加水稀释时反应为  $[\text{CuCl}_2]^- \rightleftharpoons \text{CuCl} \downarrow + \text{Cl}^-$

C. 过滤后所得滤液中的溶质为 NaCl

D. 洗涤 CuCl 时可以先用冷水，再用无水乙醇

9 D-乙酰胺葡萄糖是一种天然存在的特殊单糖，其结构如图所示。下列关于 D-乙酰胺葡萄糖的说法正确的是( )



A. 与葡萄糖互为同分异构体

B. 分子中存在两种含氧官能团

C. 每个分子中含有 5 个手性碳原子

D. 不能发生水解反应

10 科技工作者设计耦合 HCHO 制甲酸同时高效制 H<sub>2</sub> 的方法, 装置如图所示。

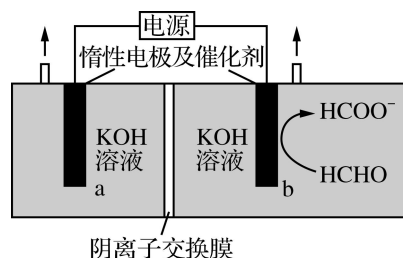
示。阳极处的反应机理为  $\text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H} \xrightleftharpoons[-\text{OH}^-]{+\text{OH}^-} \text{HO}-\overset{\text{O}^-}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}-\text{H} \xrightarrow{-\text{e}^-} \text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH} + \frac{1}{2}\text{H}_2$ 。下列关于该方法说法正确的是( )

A. 相同电量下所制 H<sub>2</sub> 产量是传统电解水的 2 倍

B. 阳极的电极反应式为  $\text{HCHO} - 2\text{e}^- + 3\text{OH}^- = \text{HCOO}^- + 2\text{H}_2\text{O}$

C. 电解时 OH<sup>-</sup> 通过阴离子交换膜向 a 极方向移动

D. 电路中每转移 1 mol 电子, 阴极生成 11.2 L 气体



11 室温下, 下列实验探究方案能达到探究目的的是( )

选项	探究方案	探究目的
A	向滴有酚酞的 0.1 mol/L 的 Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 溶液中滴加少量 NaOH 溶液, 观察现象	证明 Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 溶液中存在水解平衡
B	向 Zn 和稀硫酸反应的试管中加入少量铜粉, 观察现象	证明形成原电池可以加快 Zn 的腐蚀
C	用饱和 Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 溶液浸泡 CaSO <sub>4</sub> 沉淀, 观察现象	比较 K <sub>sp</sub> (CaCO <sub>3</sub> ) 和 K <sub>sp</sub> (CaSO <sub>4</sub> ) 的大小
D	将石油裂解后产生的气体通入高锰酸钾溶液, 观察现象	证明石油裂解气中含乙烯

12 已知: 25 °C 时,  $K_{a1}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 5.9 \times 10^{-2}$ ,  $K_{a2}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 6.4 \times 10^{-5}$ ,  $K_a(\text{HF}) = 3.5 \times 10^{-4}$ ,  $K_{sp}(\text{CaF}_2) = 4 \times 10^{-11}$  进行如下实验:

- ①向 5 mL 0.100 0 mol/L NaF 溶液中, 滴加 5 滴 0.100 0 mol/L H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 溶液;
- ②将 0.100 0 mol/L NaHC<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 溶液与 0.100 0 mol/L 氨水等体积混合;
- ③向 0.100 0 mol/L NaHC<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 溶液中滴加 KOH 溶液至中性;
- ④将浓度均为 0.200 0 mol/L 的 HF 溶液和 CaCl<sub>2</sub> 溶液等体积混合。

下列说法正确的是( )

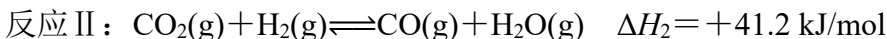
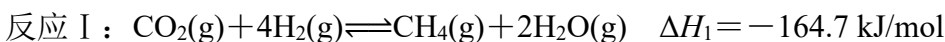
A. 实验①反应的化学方程式为  $2\text{NaF} + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 = 2\text{HF} + \text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$

B. 实验②所得溶液中存在:  $c(\text{H}^+) + c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) + 2c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = c(\text{OH}^-)$

C. 实验③所得溶液中存在:  $c(\text{K}^+) + c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 2c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$

D. 实验④混合后溶液中有沉淀生成

13 二氧化碳加氢制甲烷过程中发生如下反应：



在  $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$  条件下，按  $n_{\text{起始}}(\text{CO}_2) : n_{\text{起始}}(\text{H}_2) = 1 : 1$  投料比进行反应，平衡时  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$  和  $\text{CO}$  占有所有含碳物质的物质的量分数随温度的变化如图所示。

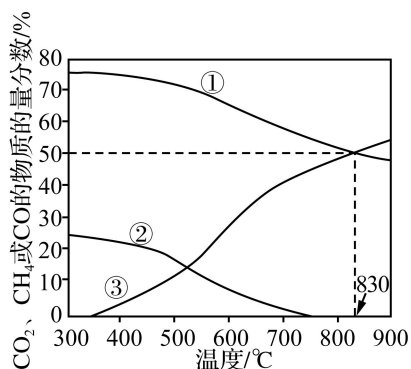
下列说法不正确的是( )

A. 曲线①对应的物质是  $\text{CO}_2$

B.  $800^\circ\text{C}$  时，反应 II 的化学平衡常数小于 1

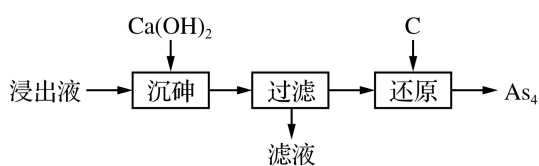
C. 温度低于  $300^\circ\text{C}$ ，曲线②对应的纵坐标数值可能大于 30%

D.  $500^\circ\text{C}$  时，其他条件一定，增大压强，反应 II 平衡逆向移动

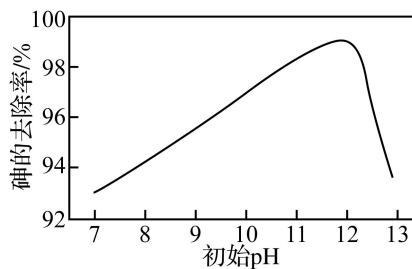


二、非选择题：本题共 4 题，共 61 分。

14 (14 分) 某含砷废渣经水浸后，得浸出液和滤渣，其中浸出液中主要含  $\text{Na}_3\text{AsO}_4$ ，滤渣中含雄黄( $\text{As}_4\text{S}_4$ )。通过如图甲所示的过程可分离制取单质砷( $\text{As}_4$ )：



甲



乙

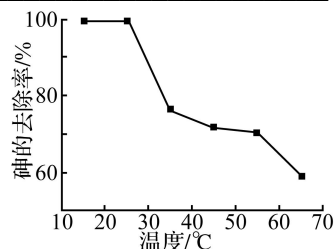
已知： $\text{H}_3\text{AsO}_4$  是一种三元弱酸； $25^\circ\text{C}$  时， $K_{\text{sp}}[\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2] = 6.8 \times 10^{-19}$ 、 $K_{\text{sp}}[\text{FeAsO}_4] = 5.7 \times 10^{-21}$ 、 $K_{\text{sp}}[\text{Ca}(\text{OH})_2] = 5.5 \times 10^{-6}$ 。

(1) 雄黄( $\text{As}_4\text{S}_4$ )在加热的条件下会被氧气氧化。1 mol  $\text{As}_4\text{S}_4$  氧化生成  $\text{As}_2\text{O}_3$  和  $\text{SO}_2$ ，转移电子的物质的量为\_\_\_\_\_mol。

(2) “沉砷”时，控制所加  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  与溶液中  $\text{AsO}_4^{3-}$  的物质的量之比为 6，调节起始溶液的 pH 不同，常温反应 24 小时，测得溶液中砷的去除率与起始 pH 的关系如图乙所示。pH 大于 12 时，pH 越大，溶液中砷的去除率越低的原因是\_\_\_\_\_。

(3) “沉砷”时，控制所加  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  与溶液中  $\text{AsO}_4^{3-}$  的物质的量之比为 6，调节起始溶液的 pH=12，反应 24 小时。

①溶液中砷的去除率与温度的关系如图丙所示。温度越高，溶液中砷的去除率越低的原因是\_\_\_\_\_。



丙

②其他条件一定,若同时加入少量  $\text{FeCl}_3$  溶液,所得溶液中砷的去除率将进一步增大,原因除生成  $\text{FeAsO}_4$  沉淀进一步减小  $\text{AsO}_4^{3-}$  浓度外,还有\_\_\_\_\_。

(4)“还原”时反应在高温条件进行,所得产物除  $\text{As}_4$  外,还有  $\text{CO}$  和  $\text{CaO}$ ,写出该反应的化学方程式:\_\_\_\_\_。

(5)“沉砷”时会得到  $\text{Ca}_x(\text{AsO}_4)_y(\text{OH})_z$  杂质。分离出该杂质,通过如下实验测定其组成:

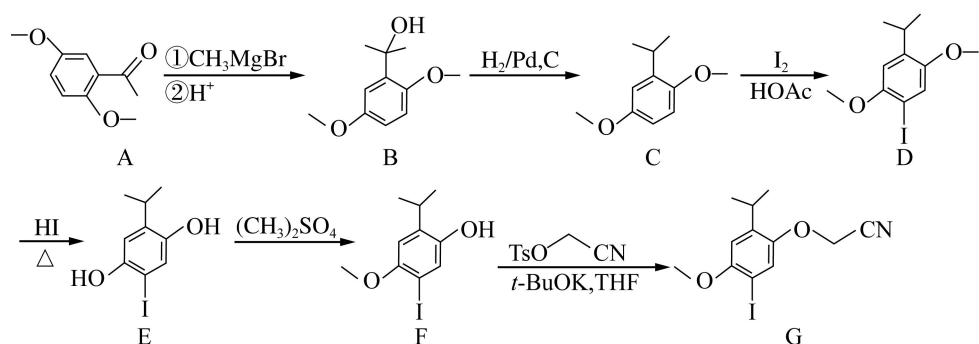
步骤 1:称取一定质量样品,加入盐酸至固体完全溶解,冷却后稀释至 500 mL;

步骤 2:取步骤 1 所得 25.00 mL 溶液于锥形瓶中,加入指示剂,用 0.200 mol/L EDTA 标准液滴定(EDTA 与  $\text{Ca}^{2+}$  反应的物质的量之比为 1:1),终点时消耗 EDTA 标准液的体积为 17.50 mL。

步骤 3:取步骤 1 所得 25.00 mL 溶液于锥形瓶中,加入适量还原剂将  $\text{As(V)}$  完全还原为  $\text{As(III)}$ 。加入指示剂,用 0.100 mol/L 碘标准溶液滴定,终点时消耗碘标准溶液体积为 21.00 mL。滴定过程发生反应为  $\text{AsO}_3^{3-} + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{AsO}_4^{3-} + 2\text{H}^+ + 2\text{I}^-$ 。

计算  $\text{Ca}_x(\text{AsO}_4)_y(\text{OH})_z$  的组成,并写出计算过程。

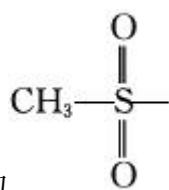
15 (16分) 化合物 G 的一种合成路线如图所示:



(1) A  $\rightarrow$  B 的反应①中有 生成, 则反应①的类型为\_\_\_\_\_反应。

(2) 制取  $\text{CH}_3\text{MgBr}$  须在无活性氢(酸、水、醇均含有活性氢)的环境中,  $\text{CH}_3\text{MgBr}$  与水会发生水解反应, 所得产物为  $\text{CH}_4$  和\_\_\_\_\_。

(3) 设计检验有机物 C 中是否存在有机物 B 的实验方案:\_\_\_\_\_。



(4) 已知 Ts—为 的简写, 则 1 mol 中所含  $\sigma$  键的物质的量为\_\_\_\_\_。

(5) G 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分子中含有苯环, 核磁共振氢谱中有 3 个吸收峰;

②能发生银镜反应, 不能发生水解反应。

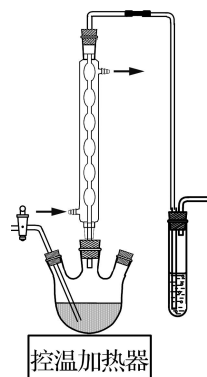
(6) 已知: ①  $\text{RBr} + \text{Mg} \xrightarrow{\text{乙醚}} \text{RMgBr}$ ; ②  $\text{R}_1-\text{CH}=\text{C}(\text{R}_2)-\text{R}_3 \xrightarrow[\text{②Zn/H}_2\text{O}]{\text{①O}_3}$

$\text{R}_1\text{CHO} + \text{R}_2-\text{C}(=\text{O})-\text{R}_3$  (R 表示烃基)。请设计以 为原料制备 的合成路线(无机试剂和流程图中的有机试剂任用, 合成路线示例见本题题干)。

16\* (17分)  $I_2$  和  $AlI_3$  在有机反应中应用广泛。

(1)  $I_2$  与  $CH_3COCH_3$  在碱性条件下反应可生成  $CHI_3$  沉淀、 $CH_3COO^-$ 、 $I^-$  和水。写出该反应的离子方程式：\_\_\_\_\_。

(2)  $AlI_3$  为无色晶体，易升华和潮解，可溶于正丁烷和热的正己烷，在空气中受热易被氧化。实验室可用如右图所示装置制取  $AlI_3$ 。



①将  $0.01\text{ mol } I_2$ 、 $0.02\text{ mol Al}$  和少量正丁烷加入烧瓶中，排尽空气后，加热烧瓶一段时间。判断反应已完成的实验现象为\_\_\_\_\_。

②反应后，将烧瓶内混合物过滤，所得滤液在通风橱内浓缩冷却后有晶体析出。浓缩时不能等到出现晶膜才停止，原因是\_\_\_\_\_。

③变质的  $AlI_3$  中会混有  $Al_2O_3$  和  $I_2$ ，设计用正己烷提纯  $AlI_3$  的实验方案：\_\_\_\_\_。

(3) 实验室常用滴定法测定  $AlI_3$  样品的纯度（杂质不参与反应）。

①补充完整测定的实验方案：称取一定质量样品，加水溶解后定容至  $100\text{ mL}$ ，取  $25.00\text{ mL}$  于锥形瓶中，加入  $10\text{ mL } 0.0100\text{ mol/L AgNO}_3$  溶液（过量），充分反应后静置，\_\_\_\_\_。

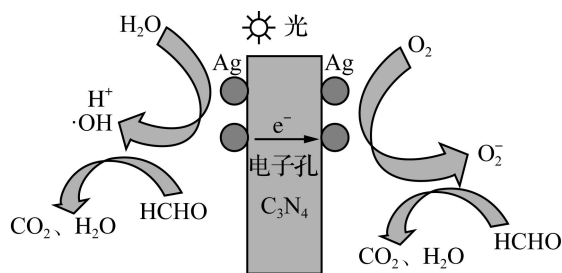
\_\_\_\_\_，  
读数，计算，\_\_\_\_\_。[已知  $K_{sp}(AgSCN, \text{白色}) = 1.0 \times 10^{-12}$ 。实验中须使用的试剂： $NH_4Fe(SO_4)_2$  溶液、 $0.0100\text{ mol/L } NH_4SCN$  标准液]

②终点读数时，若俯视装有  $NH_4SCN$  标准液的滴定管，则最终所测样品的纯度将\_\_\_\_\_（填“偏大”“偏小”或“无影响”）。

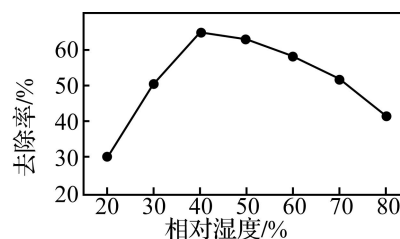
17 (14分) 甲醛是室内装修常见污染物, 可通过光触媒氧化法和催化氧化法等多种方法去除。

(1) 将  $\text{KMnO}_4$ 、 $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3$ 、 $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$  和  $\text{KOH}$  按一定比例混合充分反应, 可得一种用于去除甲醛的复合催化剂  $x\text{MnO}_2 \cdot y\text{CeO}_2$  (反应后锰元素均转化为  $\text{MnO}_2$ )。若  $x:y=5:4$ , 则反应消耗的  $\text{KMnO}_4$ 、 $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3$ 、 $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$  的物质的量之比为\_\_\_\_\_。

(2) 一种以  $\text{AgC}_3\text{N}_4$  为催化剂、多孔  $\text{SiO}_2$  为催化剂载体, 去除空气中甲醛的机理如图甲所示。



甲



乙

①该催化剂去除甲醛的机理可描述为\_\_\_\_\_。

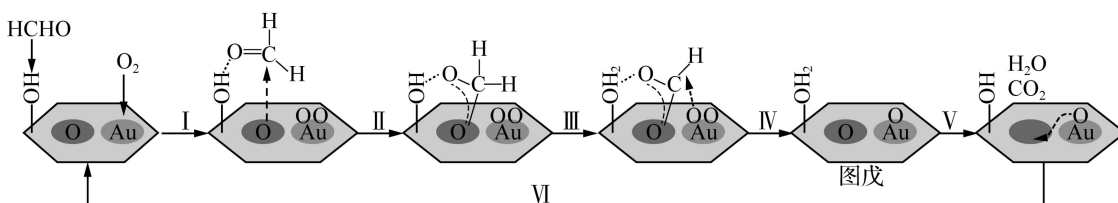
②写出酸性条件下,  $\text{O}_2^-$  与  $\text{HCHO}$  反应的离子方程式:\_\_\_\_\_。

③空气的湿度会影响甲醛的去除率, 其他条件一定, 测得甲醛的去除率与相对湿度的关系如图乙所示。相对湿度 =  $\frac{\text{单位体积空气中含水蒸气的实际质量}}{\text{单位体积空气中含水蒸气达饱和时的质量}} \times 100\%$ 。

I. 相对湿度从 20% 增大到 40%, 甲醛的去除率增大的主要原因是\_\_\_\_\_。

II. 相对湿度从 40% 增大到 80%, 甲醛的去除率减小的主要原因是\_\_\_\_\_。

(3) 一种  $\text{Au}$  氧化物催化去除甲醛的机理如图丙所示。根据信息将图戊中所缺部分补全。



丙

可能用到的相对原子质量：H—1 C—12 N—14 O—16 S—32 Cu—64  
Pd—106

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。

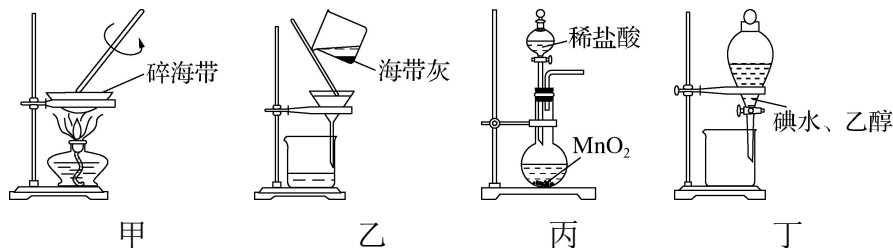
1 《中国制造 2025》对制造业提出了更高要求。下列材料的主要成分属于合金的是( )

- A. 石墨烯 B. 氮化硅 C. 玻璃钢 D. 不锈钢

2 三氟化氮( $\text{NF}_3$ )可用以下反应制备： $4\text{NH}_3 + 3\text{F}_2 = \text{NF}_3 + 3\text{NH}_4\text{F}$ 。下列说法正确的是( )

- A.  $\text{NH}_3$  中含有 N—H  $\sigma$  键 B.  $\text{F}_2$  的电子式为  $\text{F}:\text{F}$   
C.  $\text{NF}_3$  的空间结构为平面三角形 D.  $\text{NH}_4\text{F}$  中仅含离子键

3 实验室进行海带提碘实验。下列相关原理、装置及操作正确的是( )



- A. 用装置甲灼烧碎海带  
B. 用装置乙过滤海带灰的浸泡液  
C. 用装置丙制备用于氧化浸泡液中  $\text{I}^-$  的  $\text{Cl}_2$   
D. 用装置丁萃取获得的  $\text{I}_2$

4 N、P、As 位于元素周期表中VA 族。下列说法正确的是( )

- A. 第一电离能： $I_1(\text{N}) > I_1(\text{P}) > I_1(\text{As})$  B. 原子半径： $r(\text{N}) > r(\text{P}) > r(\text{As})$   
C. 酸性： $\text{H}_3\text{AsO}_4 > \text{H}_3\text{PO}_4 > \text{HNO}_3$  D. 白磷( $\text{P}_4$ )晶体属于共价晶体

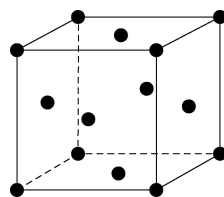


阅读下列材料，完成 5~7 题：

人类文明的演进历程与金属及其化合物的发展应用紧密相连。纳米铁粉可用于处理酸性含氮废水（主要含  $\text{NO}_3^-$ ）；铁制品经碱性发蓝工艺处理可提升其耐腐蚀性：用碱性  $\text{NaNO}_2$  溶液浸泡，在表面形成  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  的同时有  $\text{NH}_3$  逸出；铝-空气电池具有较高的比能量，在碱性电解质溶液中发生反应  $4\text{Al} + 3\text{O}_2 + 4\text{KOH} + 6\text{H}_2\text{O} = 4\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ ； $\text{TiCl}_4$  热水解可获得  $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  沉淀，焙烧后获得的  $\text{TiO}_2$  颜色细腻，性质稳定，可用作白色颜料。

5 下列说法正确的是( )

- A.  $\text{NO}_3^-$  被还原为  $\text{NH}_3$  后，键角将变大
- B.  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  中基态  $\text{Fe}(\text{II})$  的价层电子排布式为  $3\text{d}^5$
- C. Al 晶胞（见右图）中，每个 Al 周围紧邻 12 个 Al
- D.  $\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$  中  $\text{OH}^-$ 、 $\text{K}^+$  作为配体与  $\text{Al}^{3+}$  形成配位键



6 下列物质性质与用途具有对应关系的是( )

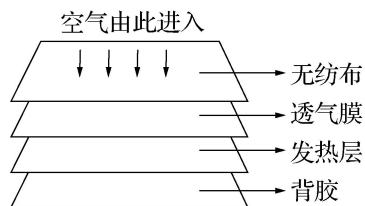
- A.  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  有磁性，可用作金属抗腐蚀层
- B.  $\text{TiO}_2$  有两性，可用作白色颜料
- C.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  熔点高，可用于电解冶炼 Al
- D. Al 易钝化，可用于储运浓硝酸

7 下列化学反应表示正确的是( )

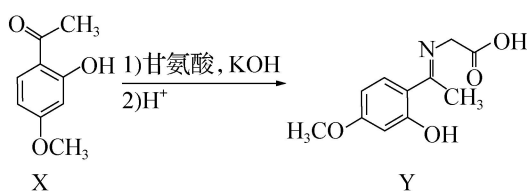
- A. 纳米铁粉处理酸性含  $\text{NO}_3^-$  的废水： $\text{Fe} + \text{NO}_3^- + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Fe}^{3+} + \text{NO} \uparrow + 4\text{OH}^-$
- B. 铁的发蓝处理： $9\text{Fe} + 4\text{NO}_2^- + 8\text{H}_2\text{O} = 3\text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{NH}_3 \uparrow + 4\text{OH}^-$
- C. 铝空气电池（碱性电解液）放电时的正极反应式： $\text{Al} + 4\text{OH}^- - 3\text{e}^- = [\text{Al}(\text{OH})_4]^-$
- D.  $\text{TiCl}_4$  热水解获得  $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ： $\text{TiCl}_4 + x\text{H}_2\text{O} = \text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O} \downarrow + 4\text{HCl}$

8 暖贴是一种便捷的自发热保暖产品，具有发热快、持续时间长等优点。它主要由铁粉、活性炭、食盐、水等成分组成，如图所示。下列有关说法不正确的是( )

- A. 暖贴生效时，将化学能转化为热能
- B. 水与食盐、活性炭共同作用可加快铁粉的腐蚀速率
- C. 正极反应式为  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$
- D. 透气膜的透氧速率可控制暖贴的发热时间和温度



9 丹皮酚具有显著的药理活性，其中间体 Y 可由 X 与甘氨酸反应获得：



下列说法正确的是( )

- A. X 分子中所有原子共平面
- B. X 能与甲醛发生缩聚反应
- C. 1 mol Y 最多能与 5 mol  $H_2$  发生加成反应
- D. X、Y 均不能使酸性  $KMnO_4$  溶液褪色

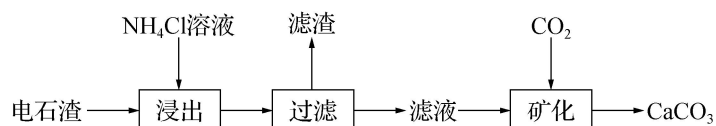
10 在给定条件下，下列制备过程涉及的物质转化均可实现的是( )

- A. 工业制硝酸： $NH_3 \xrightarrow[\text{催化剂、}\Delta]{O_2} NO_2 \xrightarrow{H_2O} HNO_3$
- B. 工业制硫酸： $S \xrightarrow[\Delta]{O_2} SO_3 \xrightarrow{H_2O} H_2SO_4$
- C. 工业制漂白粉： $CaO \xrightarrow{H_2O} Ca(OH)_2 \xrightarrow{Cl_2} Ca(ClO)_2$
- D. 工业制金属镁： $Mg(OH)_2 \xrightarrow{HCl} MgCl_2 \text{ 溶液} \xrightarrow{\text{通电}} Mg$

11 室温下，下列实验操作及现象能得出相应结论的是( )

选项	实验操作及现象	结论
A	向甲、乙两支试管中分别加入 5 mL 0.01 mol/L $CH_3COONa$ 溶液，微热甲试管，测得溶液 pH 比乙大	加热使 $CH_3COO^-$ 的水解程度增大
B	向 $CuSO_4$ 溶液中通入 $H_2S$ 气体，出现黑色沉淀	酸性： $H_2S > H_2SO_4$
C	向饱和 $Na_2CO_3$ 溶液中加少量 $BaSO_4$ 粉末，充分反应后过滤，向洗净的沉淀中加稀盐酸，有气泡产生	$K_{sp}(BaSO_4) > K_{sp}(BaCO_3)$
D	$C_2H_5OH$ 与浓硫酸 170 °C 共热，制得气体通入溴水，溶液褪色	该气体为乙烯

12 利用电石渣[主要成分为  $Ca(OH)_2$ ]和  $NH_4Cl$  溶液吸收  $CO_2$  并制备碳酸钙的工艺流程如下：



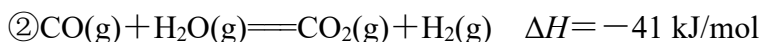
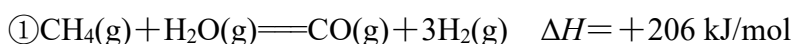
已知：常温下， $K_{sp}[Ca(OH)_2] = 4.7 \times 10^{-6}$ 。下列说法正确的是( )

- A. 0.1 mol/L  $NH_4Cl$  溶液中： $c(H^+) = c(OH^-) + c(NH_4^+)$
- B. “滤液”中水的电离程度比  $NH_4Cl$  溶液的小

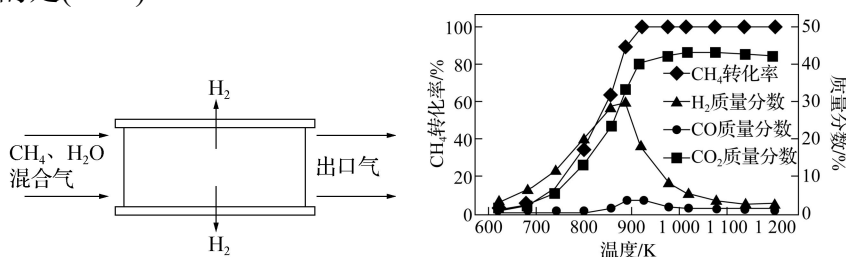
C. 若“滤液” $\text{pH}=12$ ，则  $c(\text{Ca}^{2+}) > 4.7 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$

D. “矿化”过程发生的反应为  $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_2 + 2\text{OH}^- = \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$

13\*  $\text{CH}_4\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 重整制氢过程中的主要反应（忽略其他副反应）如下：



一定温度、压强下，将  $n(\text{CH}_4) : n(\text{H}_2\text{O}) = 1 : 3$  的混合气匀速通过装有催化剂的透氢膜反应管，透氢膜用于分离  $\text{H}_2$  且透过  $\text{H}_2$  的速率随温度升高而增大。装置及  $\text{CH}_4$  转化率、出口气中  $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2$  的质量分数随温度变化如图所示。下列说法不正确的是( )



A. 反应  $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g})$  的  $\Delta H = +165 \text{ kJ/mol}$

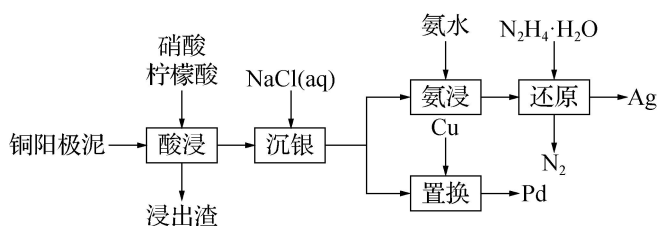
B. 适量添加  $\text{CaO}$  可提高  $\text{H}_2$  的平衡产率

C. 800 K 时，产氢速率大于透氢速率

D. 该装置理想工作温度约为 900 K

二、非选择题：共 4 题，共 61 分。

14 (15 分) 从铜阳极泥（含  $\text{Cu}$ 、 $\text{Ag}$ 、 $\text{Au}$ 、 $\text{Pd}$  等）中回收贵金属的工艺流程如下：



(1) “酸浸”（已知柠檬酸化学式为  $\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ，是一种三元弱酸）。

① 只用稀硝酸也可氧化浸出  $\text{Pd}$  生成  $\text{Pd}^{2+}$  和  $\text{NO}$ ，反应的离子方程式为\_\_\_\_\_。

② 添加柠檬酸可提高  $\text{Pd}$  的浸出率，除因为形成  $[\text{Pd}(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)]^-$  外，还有\_\_\_\_\_。

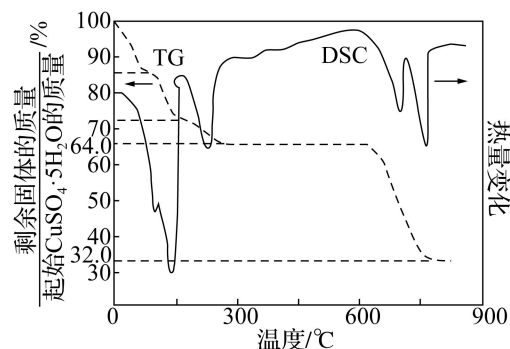
③  $\text{HNO}_3$  和柠檬酸协同浸出  $\text{Pd}$  时， $\text{HNO}_3$  浓度过大使  $\text{Pd}$  浸出率降低的原因是\_\_\_\_\_。

(2) “沉银”时  $[\text{Ag}(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)]^{2-}$  转化为  $\text{AgCl}$ 。  $[\text{Ag}(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)]^{2-}$  中与  $\text{Ag}^+$  配位的原子为\_\_\_\_\_。

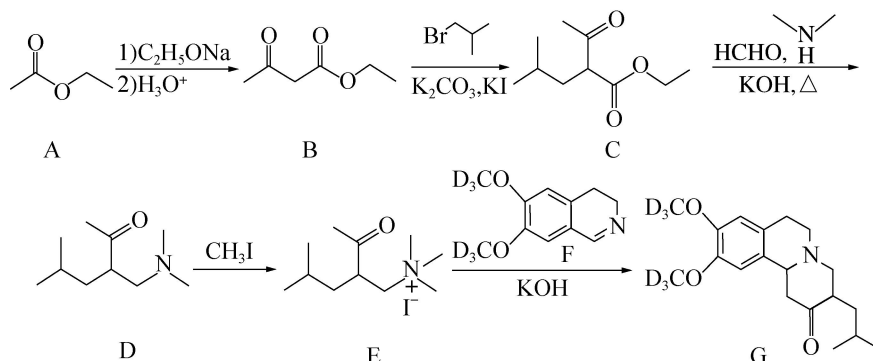
(3) “氨浸”时反应为  $\text{AgCl(s)} + 2\text{NH}_3(\text{aq}) \rightleftharpoons [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$ 。该反应的平衡常数的数值为\_\_\_\_\_。{已知:  $K_{\text{sp}}(\text{AgCl}) = 1.8 \times 10^{-10}$ ; 反应  $\text{Ag}^+(\text{aq}) + 2\text{NH}_3(\text{aq}) \rightleftharpoons [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+(\text{aq})$  的平衡常数  $K = 1.1 \times 10^7$ }

(4) “还原”在碱性条件下进行。理论上获得的  $n(\text{Ag}) : n(\text{N}_2) =$ \_\_\_\_\_。

(5) “置换”后的滤液可制备  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  晶体, 该晶体分解的 TG 曲线(热重)及 DSC 曲线(热量变化)如图所示。DSC 曲线上  $650 \sim 850^\circ\text{C}$  有 2 个吸热峰, 可能发生的吸热反应为  $\text{CuSO}_4 \xrightarrow{650 \sim 850^\circ\text{C}} \text{CuO} + \text{SO}_3 \uparrow$ 、\_\_\_\_\_。

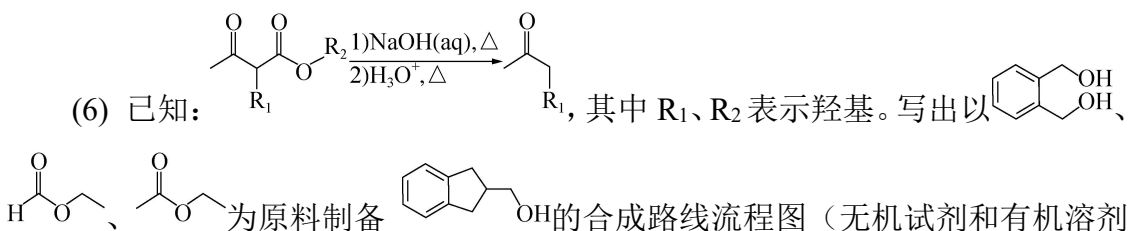


15 (15 分) 氈代丁苯那嗪(G)可用于治疗成人迟发性运动障碍, 其合成路线如下:



- (1) B 分子中的官能团名称为羰基和\_\_\_\_\_。
- (2)  $\text{B} \rightarrow \text{C}$  的反应类型为\_\_\_\_\_。
- (3)  $\text{C} \rightarrow \text{D}$  中有副产物  $\text{C}_{13}\text{H}_{28}\text{N}_2\text{O}$  生成, 该副产物一种可能的结构简式为\_\_\_\_\_。
- (4) E 转化为 G 时, 还生成一种胺类化合物, 其结构简式为\_\_\_\_\_。
- (5) 写出同时满足下列条件的 F 的一种芳香族同分异构体的结构简式: \_\_\_\_\_。

能发生水解反应, 生成 X、Y 两种有机产物。X 分子中氕(H)原子与氈(D)原子的个数比为 1 : 6; Y 分子中不同化学环境的氢原子个数比是 2 : 2 : 2 : 1 : 1, 能被银氨溶液氧化。

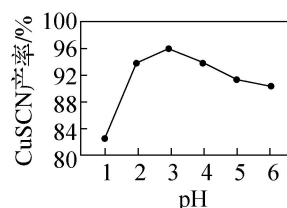


任用, 少量有机试剂可参照题目合成路线中的使用, 合成路线示例见本题题干)。

16 (16 分) 含硫化合物在材料加工、实验室分析中有重要应用。

(1) CuSCN 材料可应用于太阳能电池。向脱硫废液 (主要成分为 KSCN 和  $K_2S_2O_3$ ) 中加入  $CuSO_4$  溶液回收 CuSCN。

①  $CuSO_4$  与 KSCN、 $K_2S_2O_3$  反应生成 CuSCN 沉淀和  $K_2S_4O_6$  的化学方程式为\_\_\_\_\_。



② 控制  $CuSO_4$  溶液的 pH, CuSCN 产率如图所示。pH < 3 时, 产率随 pH 减小而降低的原因是\_\_\_\_\_。

(2)  $(NH_4)_2S_2O_8$  常用于织物漂白。测定  $(NH_4)_2S_2O_8$  样品溶液的浓度: 量取 25.00 mL 该溶液于锥形瓶中, 加入 30.00 mL 0.200 0 mol/L  $FeSO_4$  溶液。待充分反应后, 用 0.010 00 mol/L  $KMnO_4$  标准溶液滴定过量的  $FeSO_4$ , 平行滴定 3 次, 平均消耗  $KMnO_4$  标准溶液 22.80 mL。实验过程中的反应如下:  $S_2O_8^{2-} + 2Fe^{2+} = 2SO_4^{2-} + 2Fe^{3+}$ 、 $MnO_4^- + 5Fe^{2+} + 8H^+ = Mn^{2+} + 5Fe^{3+} + 4H_2O$ 。

① 取用 30.00 mL 0.200 0 mol/L  $FeSO_4$  溶液时应选用的仪器是\_\_\_\_\_ (填字母)。

- A. 25 mL 量筒                      B. 50 mL 量筒  
C. 25 mL 酸式滴定管              D. 50 mL 酸式滴定管

② 计算  $(NH_4)_2S_2O_8$  样品溶液的物质的量浓度 (写出计算过程)。

(3) 电解  $CuSO_4$  溶液可用于测定阿伏加德罗常数 ( $N_A$ ), 计算公式为  $N_A = \frac{I \times t \times M(Cu)}{2 \times e \times \Delta m}$ 。I 为电解电流, t 为电解时间, e 取  $1.60 \times 10^{-19}$  C,  $\Delta m$  为铜电极减少的质量,  $M(Cu)$  为铜的摩尔质量。

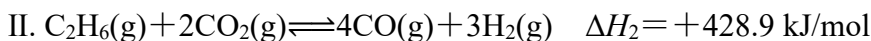
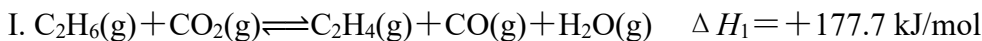
① 请补充完整实验方案: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_。

重复上述操作 2~3 次, 按公式进行数据处理 [实验中必须使用的试剂和仪器: 纯铜片、铂丝、 $CuSO_4$  溶液、秒表、分析天平、直流电源 (本实验过程中电流恒为 1 A)]。

②本实验中不采用铂电极增加的质量来测定  $N_A$ ，其原因是\_\_\_\_\_。

17 (15分) 乙烯是常用化工原料，其制备、利用和转化具有重要意义。

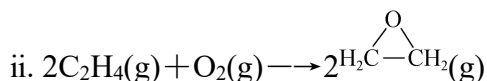
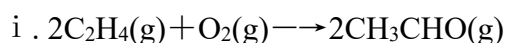
(1) 二氧化碳氧化乙烷制备乙烯，主要发生反应：



①若起始加入  $\text{CO}_2$  和  $\text{C}_2\text{H}_6$  的物质的量分别为  $n_0(\text{CO}_2)$ 、 $n_0(\text{C}_2\text{H}_6)$ ，仅考虑上述反应，达到平衡时体系中所有含碳物质  $n(\text{X})$  与起始物质之间存在的等量关系为  $n_0(\text{CO}_2) + 2n_0(\text{C}_2\text{H}_6) =$  \_\_\_\_\_ (X 用具体物质化学式表示)。

②实际投料比采用  $\frac{n_{\text{起始}}(\text{CO}_2)}{n_{\text{起始}}(\text{C}_2\text{H}_6)} = 2:1$ ，而不采用  $3:1$  的原因是\_\_\_\_\_。

(2) 乙烯催化氧化制乙醛和环氧乙烷 ( $\text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2$ )，发生以下反应：



常压下，将一定比例  $\text{C}_2\text{H}_4$ 、 $\text{O}_2$  混合气体匀速通过装有  $\text{Ag}/\text{MnO}_2$  催化剂的反应器，不同温度下测得的相关数据见下表 [乙醛的选择性 =

$$\frac{n_{\text{生成}}(\text{乙醛})}{n_{\text{生成}}(\text{乙醛}) + n_{\text{生成}}(\text{环氧乙烷})} \times 100\%]:$$

温度/ $^{\circ}\text{C}$	90	110	130	150
乙烯转化率/%	8	13	29	60
乙醛选择性/%	78	70	65	57

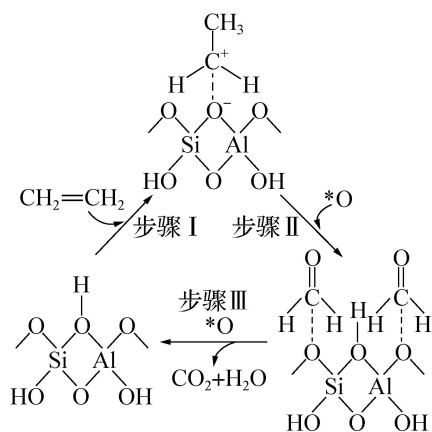
①90~150  $^{\circ}\text{C}$  范围内，乙醛产率随温度升高而\_\_\_\_\_ (填“增大”“减小”或“不变”)。

②90~150  $^{\circ}\text{C}$  范围内，乙醛选择性随温度升高而降低的原因是\_\_\_\_\_。

③150  $^{\circ}\text{C}$  时，控制反应温度和时间不变，能提高环氧乙烷选择性的措施是\_\_\_\_\_。

(3) 在果蔬储存和运输中，一种  $\text{C}_2\text{H}_4$  转化反应的部分机理如图所示 (\*O 表示

活性氧)。研究表明，催化剂表面酸性强的桥羟基 ( $\text{Si}-\text{O}-\text{Al}$ ) 是催化氧化的活性位点，而酸性弱的硅羟基 ( $\text{Si}-\text{OH}$ ) 和铝羟基 ( $\text{Al}-\text{OH}$ ) 则不显示催化活性。



①从键的极性角度,分析桥羟基酸性更强的原因是\_\_\_\_\_。

②生成的 H<sub>2</sub>O 吸附在催化剂表面使催化活性下降,其原理是\_\_\_\_\_。

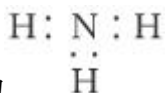
可能用到的相对原子质量: H—1 C—12 N—14 O—16 S—32  
Ce—140

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 人形机器人传动关节材料含有下列元素: Si、Fe、Cr、Ni, 其中不属于第四周期的是( )

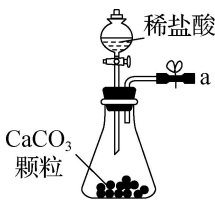
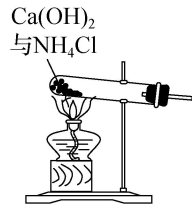
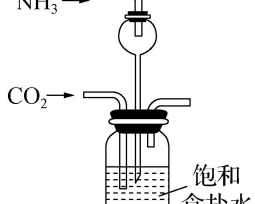
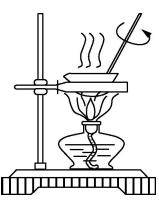
- A. Si B. Cr C. Fe D. Ni

2 反应  $2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O}$  可用于制备尿素  $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ , 下列说法正确的是( )



- A.  $\text{NH}_3$  的电子式为  $\begin{array}{c} \text{H} : \text{N} : \text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array}$  B.  $\text{CO}_2$  的空间结构为直线形  
C.  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  中既含离子键又含共价键 D.  $\text{H}_2\text{O}$  为非极性分子

3 实验室模拟侯氏制碱制备  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 。下列实验原理、装置及操作不能达到实验目的的是( )

			
A. 制取 $\text{CO}_2$	B. 制取 $\text{NH}_3$	C. 制备 $\text{NaHCO}_3$ 固体	D. 灼烧 $\text{NaHCO}_3$ 固体

4 硫氰铝镁  $[\text{MgAl}(\text{SCN})_5]$  可作为  $\text{C}_2\text{H}_4$  聚合反应的催化剂。下列说法正确的是( )

- A. 电负性:  $\chi(\text{C}) > \chi(\text{N})$  B. 原子半径:  $r(\text{Mg}) < r(\text{S})$   
C. 电离能:  $I_1(\text{N}) > I_1(\text{S})$  D. 碱性:  $\text{Mg}(\text{OH})_2 < \text{Al}(\text{OH})_3$



阅读下列材料，完成 5~7 题。

VA 族元素单质及其化合物应用广泛。氨是重要的化工原料，肼( $\text{N}_2\text{H}_4$ )是高能燃料，其标准燃烧热为  $624 \text{ kJ/mol}$ 。常温下，可用氨水与  $\text{NaClO}$  溶液制备  $\text{N}_2\text{H}_4$ 。由  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 、 $\text{SiO}_2$  和碳粉在电弧炉中高温灼烧可生成白磷( $\text{P}_4$ )和  $\text{CO}$ 。砷烷( $\text{AsH}_3$ ，砷元素的化合价为  $-3$ ，熔点为  $-116.39^\circ\text{C}$ )可由  $\text{Na}_3\text{AsO}_3$  在碱性溶液中电解制得。

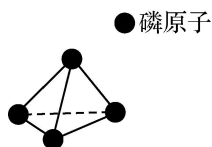
5 下列说法正确的是( )

A.  $1 \text{ mol N}_2\text{H}_4$  中含有  $5 \text{ mol } \sigma$  键

B.  $\text{AsH}_3$  晶体类型为共价晶体

C. As 的核外电子排布式为  $[\text{Ar}]4s^24p^3$

D. 白磷的空间结构为正四面体形(如图所示)，键角为  $109^\circ28'$



6 下列物质结构与性质或物质性质与用途具有对应关系的是( )

A.  $\text{NaClO}$  溶液具有碱性，可用作漂白剂

B.  $\text{N}_2\text{H}_4$  具有还原性，可用作燃料电池的燃料

C.  $\text{SiO}_2$  为酸性氧化物，可用作光导纤维

D.  $\text{NH}_3$  分子间可形成氢键， $\text{NH}_3$  的热稳定性比  $\text{PH}_3$  的高

7 下列化学方程式不正确的是( )

A. 电解  $\text{Na}_3\text{AsO}_3$  碱性溶液制砷烷的阴极反应： $\text{AsO}_3^{3-} + 6\text{H}_2\text{O} + 6\text{e}^- = \text{AsH}_3 + 9\text{OH}^-$

B. 氨水与  $\text{NaClO}$  溶液制  $\text{N}_2\text{H}_4$  的反应： $2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{ClO}^- = \text{Cl}^- + \text{N}_2\text{H}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$

C. 肼的燃烧： $\text{N}_2\text{H}_4(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = +624 \text{ kJ/mol}$

D. 由  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  制白磷的反应： $2\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 6\text{SiO}_2 + 10\text{C} \xrightarrow{\text{高温}} 6\text{CaSiO}_3 + \text{P}_4 \uparrow + 10\text{CO} \uparrow$

8 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( )

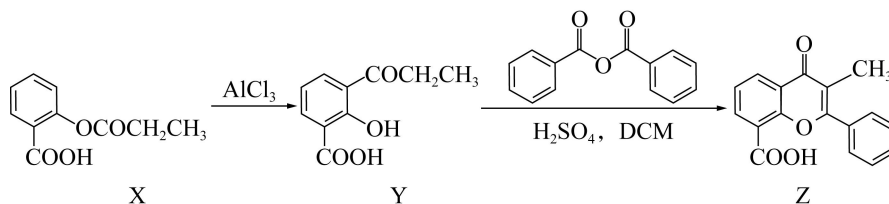
A. 制硝酸： $\text{NH}_3 \xrightarrow[\text{催化剂、}\Delta]{\text{O}_2} \text{NO} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{HNO}_3$

B. 硅的提纯： $\text{Si}(\text{粗硅}) \xrightarrow[\Delta]{\text{Cl}_2} \text{SiCl}_4 \xrightarrow[\text{高温}]{\text{H}_2} \text{Si}$

C. 工业制钛：饱和  $\text{NaCl}$  溶液  $\xrightarrow{\text{通电}} \text{Na} \xrightarrow[\text{高温}]{\text{TiCl}_4(\text{l})} \text{Ti}$

D. 工业制银镜： $\text{AgNO}_3(\text{aq}) \xrightarrow{\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}} [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}(\text{aq}) \xrightarrow[\Delta]{\text{蔗糖}} \text{Ag}$

9 化合物 Z 是一种药物的重要中间体,部分合成路线如下,下列说法正确的是( )



- A. X 分子中所有碳原子一定共平面      B. Y 能与甲醛发生缩聚反应  
C. 1 mol Z 最多能与 7 mol H<sub>2</sub> 发生加成反应      D. Y、Z 可用 FeCl<sub>3</sub> 溶液鉴别

10 反应:  $4\text{SO}_2(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) + 8\text{NH}_3(\text{g}) \xrightarrow{\text{催化剂}} 4\text{NH}_4\text{HSO}_4(\text{s}) + 2\text{N}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$  可用于氨气脱硫,下列说法正确的是( )

- A. 反应的  $\Delta S > 0$   
B. 上述反应平衡常数  $K = \frac{c^2(\text{N}_2) \cdot c^2(\text{H}_2\text{O})}{c^4(\text{SO}_2) \cdot c^5(\text{O}_2) \cdot c^8(\text{NH}_3)}$   
C. 使用高效催化剂能降低反应的焓变  
D. 该反应中每消耗 1 mol SO<sub>2</sub>, 转移电子的数目约为  $5 \times 6.02 \times 10^{23}$

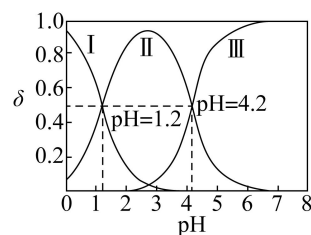
11 室温下,下列实验探究方案能达到探究目的的是( )

选项	探究方案	探究目的
A	用 pH 计分别测定浓度均为 0.1 mol/L 的 NaClO 溶液和 NaNO <sub>2</sub> 溶液的 pH, 比较读数大小	HClO 和 HNO <sub>2</sub> 的酸性强弱
B	在一支干燥的试管里加入 2 mL 无水乙醇, 溶解适量苯酚, 振荡。再加入绿豆大小的吸干煤油的金属钠, 观察是否产生气泡	苯酚能否与钠反应
C	某卤代烃与 NaOH 水溶液共热后, 滴入 AgNO <sub>3</sub> 溶液, 观察沉淀颜色	该卤代烃中含有卤素的种类
D	向 Na <sub>2</sub> S 溶液中滴加 Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> 溶液无明显现象, 再向其中加入稀硫酸, 观察是否有黄色沉淀生成	该反应中硫酸作氧化剂

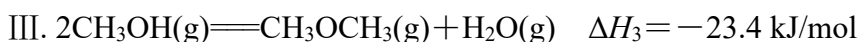
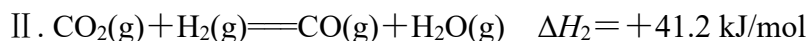
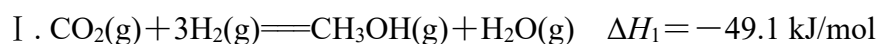
12 室温下, H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 溶液中含碳微粒的分布系数与 pH 的关系如图所示。已知 C<sub>2</sub>O<sub>4</sub><sup>2-</sup> 的分布系数:  $\delta(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) = \frac{c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})}{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) + c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) + c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})}$ 。下列

说法正确的是( )

- A. pH=3.0 时:  $c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) > c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) > c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$   
B. 浓度均为 0.1 mol/L Na<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 和 NaHC<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 的混合液中:  $c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) > c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$   
C. 向 0.1 mol/L H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 溶液中滴加氨水至 pH=7 的溶液中:  $c(\text{NH}_4^+) + c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) > c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) + c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) + c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$   
D. 向 0.1 mol/L H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 溶液中加入 NaOH 溶液至 pH=4.2 的反应:  $3\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 5\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{HC}_2\text{O}_4^- + 2\text{C}_2\text{O}_4^{2-} + 5\text{H}_2\text{O}$



13  $\text{CO}_2$  加氢转化为二甲醚( $\text{CH}_3\text{OCH}_3$ )的反应过程如下:



在 3.0 MPa 的恒压密闭容器中充入 5.4 mol  $\text{H}_2$  和 2 mol  $\text{CO}_2$  发生上述反应,  $\text{CO}_2$  的平衡转化率、 $\text{CH}_3\text{OCH}_3$  和  $\text{CO}$  生成物的选择性随温度变化如图所示。已知: 生

成物 R 的选择性 =  $\frac{\text{R 物质含有的碳原子数} \times n(\text{R})}{\text{参加反应的 } n(\text{CO}_2)} \times 100\%$ 。下列说法不正确的是

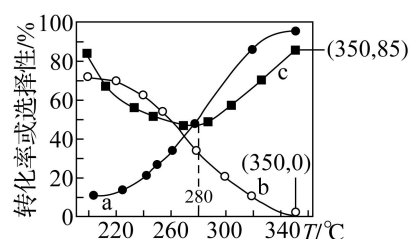
( )

A. 曲线 b 表示  $\text{CH}_3\text{OCH}_3$  的选择性

B. 升高温度, 反应 I 的平衡常数  $K$  持续减小

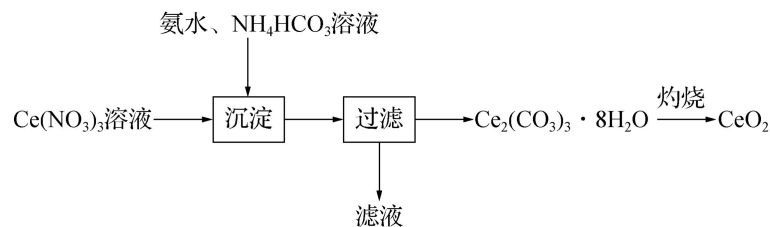
C. 350  $^\circ\text{C}$ , 达到平衡时, 容器内  $\text{H}_2\text{O}$  的物质的量小于 1.7 mol

D. 高于 280  $^\circ\text{C}$  后, 温度对反应 II 的影响程度大于反应 I



## 二、非选择题（共 61 分）

14 （15 分）稀土元素 Ce 是重要的战略资源，其氧化物  $\text{CeO}_2$  是一种重要的催化剂。一种沉淀法制备  $\text{CeO}_2$  的过程如下：

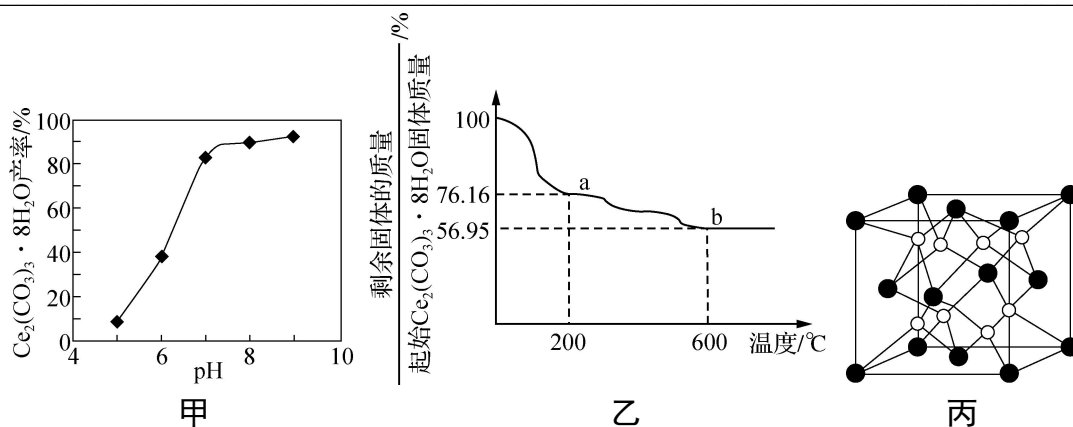


(1) 制备  $\text{Ce}_2(\text{CO}_3)_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  沉淀

①配制  $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3$  溶液时，需滴加适量稀硝酸调节酸度，其原因为\_\_\_\_\_。

②生成  $\text{Ce}_2(\text{CO}_3)_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  沉淀的化学方程式为\_\_\_\_\_。

③溶液 pH 与  $\text{Ce}_2(\text{CO}_3)_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  沉淀产率的关系如图甲所示。滴加  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  溶液（弱碱性）前，先加氨水调节溶液 pH 约为 6 的原因为\_\_\_\_\_。



(2) 灼烧  $\text{Ce}_2(\text{CO}_3)_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  制备  $\text{CeO}_2$

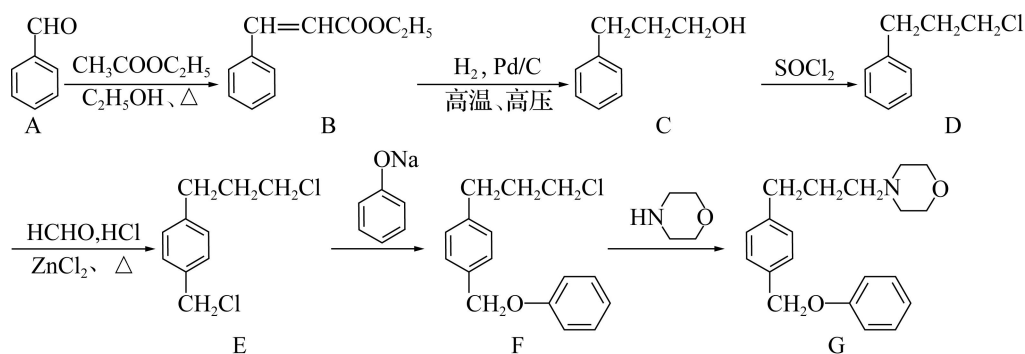
在空气中灼烧  $\text{Ce}_2(\text{CO}_3)_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ，测得灼烧过程中剩余固体质量与起始固体质量的比值随温度变化曲线如图乙所示。已知 a 到 b 过程中产生的气体不能使无水  $\text{CuSO}_4$  变蓝，但能被碱液完全吸收。

①a 点固体产物为\_\_\_\_\_（填化学式，写出计算过程）。

②“灼烧”过程中，产生的气体选用氨水吸收的原因为\_\_\_\_\_。

③b 点得到  $\text{CeO}_2$  晶体，其晶胞如图丙所示。晶胞中与每个  $\text{Ce}^{4+}$  距离最近的  $\text{Ce}^{4+}$  的个数为\_\_\_\_\_。

15 (15 分) 化合物 G 是一种麻醉药物, 其合成路线如下:

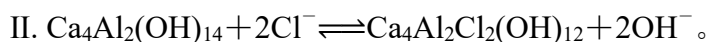


- (1) B 分子中采取  $sp^2$  杂化和  $sp^3$  杂化的碳原子个数比为\_\_\_\_\_。
- (2)  $E \rightarrow F$  中有副产物  $C_{22}H_{22}O_2$  生成, 该副产物的结构简式为\_\_\_\_\_。
- (3)  $F \rightarrow G$  的过程中,  $\text{HN} \begin{array}{c} \diagup \diagdown \\ \text{O} \end{array}$  除用作反应物, 另一作用为\_\_\_\_\_。

(4) G 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分子中含有 4 种不同化学环境的氢原子; ②酸性条件下水解, 产物之一为碳酸。

(5) 写出以  $\text{CH}_3\text{OH}$  和  $\text{HOCH}_2\text{C}_6\text{H}_5$  为原料制备  $\text{[-CH}_2\text{-C}_6\text{H}_4\text{-CH}_2\text{O-}]_n$  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)。

16\* (15 分) 超高石灰铝工艺处理高氯( $\text{Cl}^-$ )废水, 操作简单, 成本低。涉及的主要反应如下:



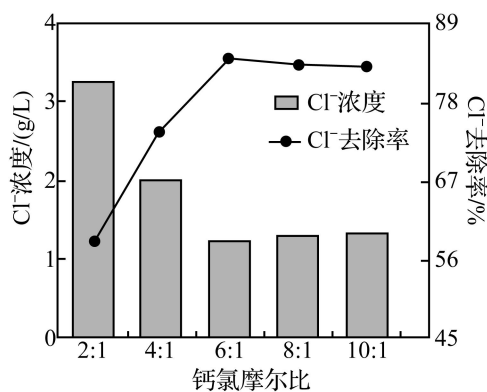
$\text{Cl}^-$  转化为弗氏盐  $[\text{Ca}_4\text{Al}_2\text{Cl}_2(\text{OH})_{12}]$  沉淀而除去。已知: 溶液中  $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{I}^-$  等离子也能发生类似反应 II 而除去;  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$  在碱性较强情况下还会生成  $\text{Ca}_2\text{Al}_2(\text{OH})_{12}$  沉淀。

(1) ①一定体积的高氯废水中加入石灰乳和  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$  溶液, 与废水中  $\text{Cl}^-$  反应生成弗氏盐的离子方程式为\_\_\_\_\_。

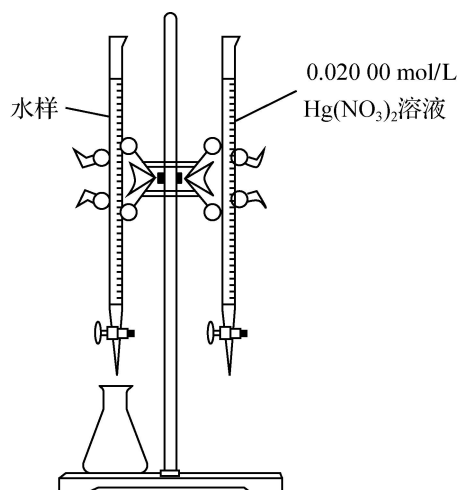
②投入的原料选用  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ , 而不选用  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  的原因为\_\_\_\_\_。

(2) 室温下, 平衡时溶液  $\text{pH}=12$ , 体系中最终存在  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  和  $\text{Al}(\text{OH})_3$  沉淀, 已知  $K_{\text{sp}}[\text{Ca}(\text{OH})_2]=1 \times 10^{-4}$ ;  $K_{\text{sp}}[\text{Al}(\text{OH})_3]=1 \times 10^{-34}$ , 此时溶液中  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{Al}^{3+}$  的浓度比为\_\_\_\_\_。

(3) 投料中  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  的量与  $\text{Cl}^-$  去除率如图甲所示。



甲

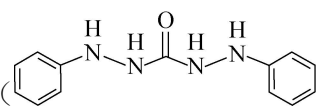


乙

钙氯摩尔比大于 6:1 后, 继续增加  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Cl}^-$  去除率不升反而略降的原因为\_\_\_\_\_。

(4) 测定废水中  $\text{Cl}^-$  的含量

已知水溶液中  $\text{Cl}^-$  可用精确浓度的  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  溶液滴定, 以二苯偶氮碳酰肼为指示剂, 滴定终点时溶液出现紫红色。滴定反应为  $\text{Hg}^{2+} + 2\text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{HgCl}_2 \downarrow$  (白色), 滴定装置如图乙所示。

①二苯偶氮碳酰肼 () 分子中的 N 原子与  $\text{Hg}^{2+}$  通过配

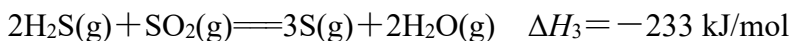
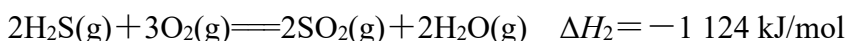
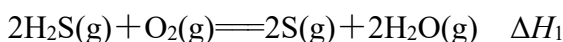
位键形成含有五元环的紫红色物质，画出该物质的结构简式：\_\_\_\_\_（须标出配位键）。

②补充完整实验方案：准确量取 25.00 mL 水样（水样中  $\text{Cl}^-$  浓度约为 0.040 0 mol/L）于锥形瓶中，调节 pH 为 2.5~3.5，将 0.020 00 mol/L  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  溶液装入酸式滴定管中，调整管中液面至“0”刻度，\_\_\_\_\_

（必须使用的试剂：二苯偶氮碳酰肼）。

17 （16 分） $\text{H}_2\text{S}$  在工业生产过程中容易导致催化剂失活，工业上脱除  $\text{H}_2\text{S}$  有多种方法。

(1) 克劳斯法脱  $\text{H}_2\text{S}$

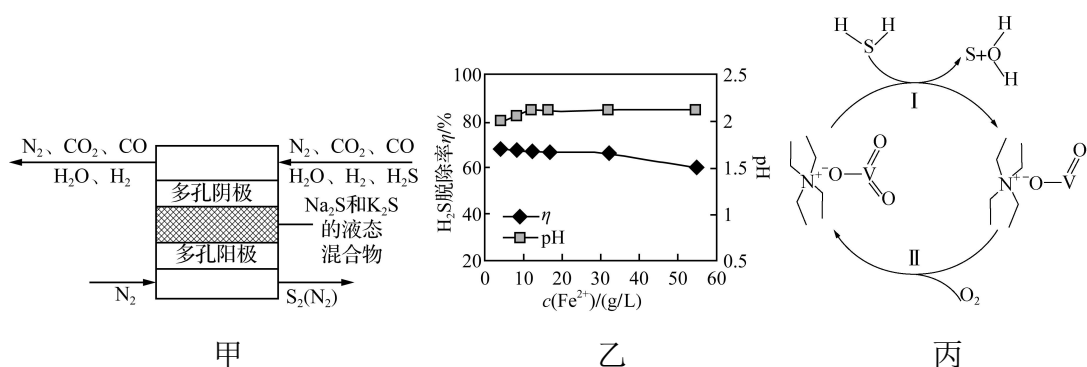


则  $\Delta H_1 =$  \_\_\_\_\_ kJ/mol。

(2) 电化学脱  $\text{H}_2\text{S}$  工作原理如图甲所示

①将含有  $\text{H}_2\text{S}$  的尾气通入电解池的阴极，阴极反应式为\_\_\_\_\_

②电解过程中，阳极区域需不断通入  $\text{N}_2$  的原因为\_\_\_\_\_



(3)  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  吸收液脱  $\text{H}_2\text{S}$

吸收：I.  $\text{H}_2\text{S}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S}(\text{aq})$ , II.  $\text{H}_2\text{S}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HS}^-$ , III. ....

再生：IV.  $4\text{Fe}^{2+} + 4\text{H}^+ + \text{O}_2 \rightleftharpoons 4\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

①写出吸收过程中步骤III的离子方程式：\_\_\_\_\_。

②固定总铁浓度  $c[\text{Fe}^{(I)}] = 60 \text{ g/L}$ ,  $c(\text{Fe}^{2+})$  与  $\text{H}_2\text{S}$  脱除率( $\eta$ )和 pH 变化关系如图乙所示。当  $c(\text{Fe}^{2+}) > 15 \text{ g/L}$  时，随着  $c(\text{Fe}^{2+})$  增大，脱硫率逐渐减小而 pH 几乎不变的原因为\_\_\_\_\_

(4) 四乙基偏钒酸铵氧化脱  $\text{H}_2\text{S}$

四乙基偏钒酸铵 $[(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{NVO}_3]$ 难溶于冷水，易溶于  $75\text{ }^\circ\text{C}$  以上的热水。其中钒元素的化合价为 +5，具有强氧化性。该氧化型离子液体对  $\text{H}_2\text{S}$  的吸收及再生机理如图丙所示。

①吸收反应的生成物中钒元素的化合价为\_\_\_\_\_。

②水浴  $80\text{ }^\circ\text{C}$ ，反应II能迅速发生，该反应的离子方程式为\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_。

③+5 价钒的氧化性随着碱性增强而降低。但研究发现，利用碱性溶剂时，四乙基钒酸铵对  $\text{H}_2\text{S}$  的脱除率更高，可能的原因为\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_。



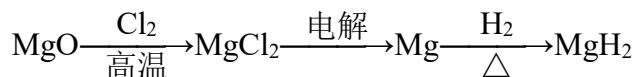
可能用到的相对原子质量：H—1 C—12 O—16 Na—23 S—32  
W—184

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 下列工业生产中的重要反应不属于氧化还原反应的是( )

- A. 在高温高压条件下  $\text{N}_2$  和  $\text{H}_2$  合成  $\text{NH}_3$       B. 煅烧黄铁矿( $\text{FeS}_2$ )制备  $\text{SO}_2$   
C. 向饱和氨盐水中通  $\text{CO}_2$  制备  $\text{NaHCO}_3$       D. 电解饱和食盐水制备  $\text{NaOH}$

2  $\text{MgH}_2$  是一种储氢材料，可用于国防工业。 $\text{MgH}_2$  的一种制备方法如下：



下列说法正确的是( )

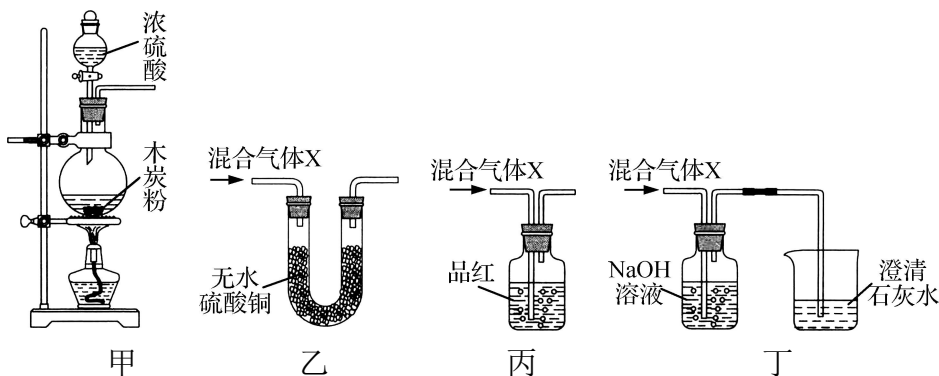
A.  $\text{MgCl}_2$  中只含有离子键

B.  $\text{Cl}^-$  的结构示意图为 

C. 中子数为 10 的氧原子： $^{10}_{16}\text{O}$

D.  $\text{MgH}_2$  的电子式为  $\text{H}:\text{Mg}:\text{H}$

3 实验室探究木炭和浓硫酸加热条件下反应所得混合气体 X 的成分。下列有关实验装置（部分夹持仪器省略）不能达到实验目的的是( )

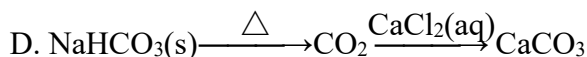
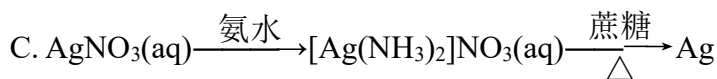
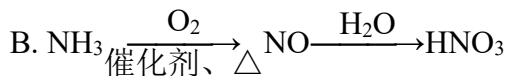
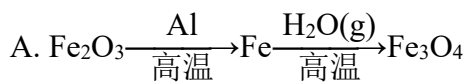


- A. 用装置甲制得混合气体  
B. 用装置乙检验混合气体中是否含有  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$   
C. 用装置丙检验混合气体中是否含有  $\text{SO}_2$   
D. 用装置丁检验混合气体中是否含有  $\text{CO}_2$

4  $\text{NF}_3$  是一种常见的蚀刻剂，与  $\text{H}_2\text{O}$  反应生成  $\text{HF}$  及氮的氧化物。下列说法正确的是( )

- A.  $\text{NF}_3$  中 N 为 -3 价      B. 沸点： $\text{H}_2\text{O} > \text{HF}$   
C.  $\text{NF}_3$  的空间结构为平面三角形      D. 电离能： $I_1(\text{O}) > I_1(\text{N})$

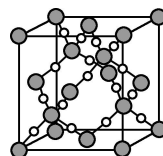
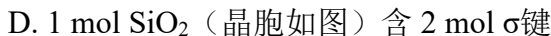
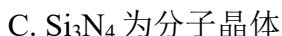
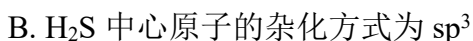
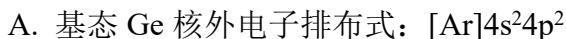
5 在指定条件下,下列选项所示的物质间转化能实现的是( )



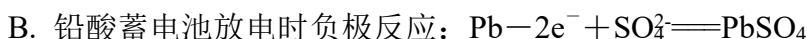
阅读下列材料,完成 6~8 题:

周期表中 IVA 族元素及其化合物应用广泛。甲烷具有较大的燃烧热(890.3 kJ/mol),甲烷与水蒸气催化重整可以生产 CO 和  $\text{H}_2$ 。Si、Ge 是重要的半导体材料, $\text{Si}_3\text{N}_4$  是一种高强度耐高温材料,可由  $\text{SiO}_2$ 、C、 $\text{N}_2$  高温反应制得,同时生成 CO。Pb、 $\text{PbO}_2$  是铅酸蓄电池的电极材料,醋酸铅 $[(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}]$ 是一种弱电解质,其水溶液可用于吸收  $\text{H}_2\text{S}$  气体。

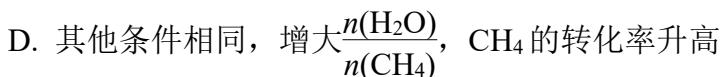
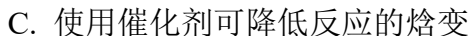
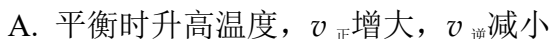
6 下列说法正确的是( )



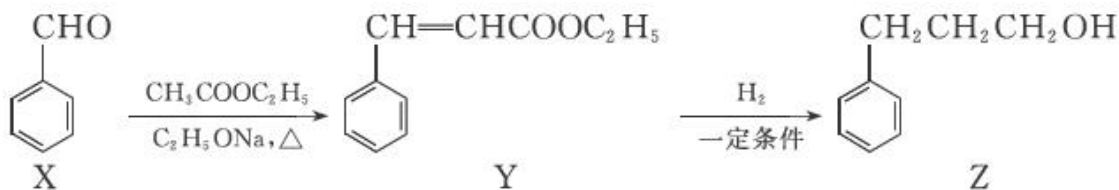
7 下列化学反应表示不正确的是( )



8 甲烷催化重整反应为  $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H > 0$ 。下列说法正确的是( )



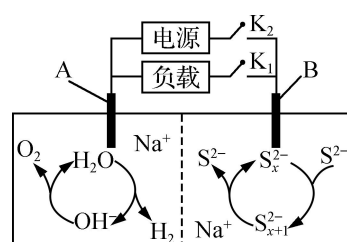
9 化合物 Z 是合成麻醉剂的重要中间体, 其合成路线如下:



下列说法正确的是( )

- A. X 与足量氢气加成所得产物分子中含有 1 个手性碳原子
- B. Y 不存在顺反异构体
- C. Z 在 NaOH 醇溶液中加热可发生消去反应
- D. X、Y、Z 均能使酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液褪色

10 一种储电制氢装置如图所示, 该装置晚间通过  $\text{S}_{x+1}^{2-} \rightarrow \text{S}_x^{2-}$  转化储存电力, 为白天制氢提供能量。下列说法正确的是( )

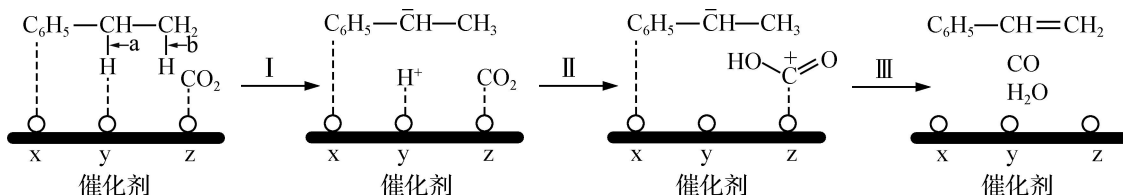


- A. 晚间储电时, 电极 A 应与电源的负极相连
- B. 白天制氢时, 溶液中  $\text{Na}^+$  从左室向右室移动

C. 储电时的总反应为  $2\text{S}_{x+1}^{2-} + 4\text{OH}^- \xrightarrow{\text{通电}} 2\text{S}_x^{2-} + 2\text{S}^{2-} + \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

D. 理论上生成 1 mol  $\text{H}_2$ , 溶液中  $m(\text{S}^{2-})$  减少 64 g

11\* 利用  $\text{C}_6\text{H}_5\text{—CH}_2\text{CH}_3(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{C}_6\text{H}_5\text{—CH=CH}_2(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$  可制备苯乙烯, 反应可能的机理如下 (x、y、z 表示催化剂的活性位点)。



下列说法正确的是( )

- A. 催化剂的 y、z 位点所带电性不同
- B. 受苯环影响, a 处 C—H 比 b 处更易断裂
- C. 整个过程中有非极性键的断裂和形成
- D. 该反应中每生成 1 mol 苯乙烯, 转移电子数目为  $6.02 \times 10^{23}$

12 某 NaCl 固体中含有少量  $\text{CaCl}_2$ 、 $\text{MgSO}_4$ ，利用该固体进行下列实验。

已知： $K_{\text{sp}}(\text{BaSO}_4)=1.1\times 10^{-10}$ ， $K_{\text{sp}}(\text{BaCO}_3)=2.6\times 10^{-9}$ 。

实验 1：将固体溶于水，得到澄清溶液，测得溶液  $\text{pH}=6$ 。

实验 2：向“实验 1”所得溶液中先后加入过量的  $\text{BaCl}_2$  溶液、过量的  $\text{NaOH}$  溶液、过量的  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液，充分反应后过滤，测得滤液的  $\text{pH}=13$ 。

实验 3：向“实验 2”所得滤液中加入过量盐酸充分反应后，蒸发结晶。

实验 4：取少量“实验 3”所得晶体溶于水配成溶液，向其中滴加  $\text{BaCl}_2$  溶液，有白色沉淀生成。

下列说法不正确的是( )

- A. “实验 1”所得溶液中： $c(\text{Ca}^{2+})\cdot c(\text{SO}_4^{2-})<K_{\text{sp}}(\text{CaSO}_4)$
- B. “实验 1”所得溶液中： $c(\text{Mg}^{2+})+c(\text{Ca}^{2+})+c(\text{Na}^+)=c(\text{Cl}^-)+c(\text{SO}_4^{2-})$
- C. “实验 2”所得滤液中： $c(\text{Na}^+)>c(\text{Cl}^-)+2c(\text{CO}_3^{2-})$
- D. “实验 4”所得白色沉淀为  $\text{BaSO}_4$

13 萨巴帝尔反应可以实现二氧化碳转化为甲烷，其主要反应如下：

反应 I： $\text{CO}_2(\text{g})+\text{H}_2(\text{g})=\text{CO}(\text{g})+\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_1>0$

反应 II： $\text{CO}(\text{g})+3\text{H}_2(\text{g})=\text{CH}_4(\text{g})+\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_2$

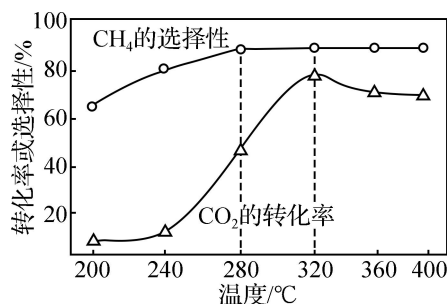
在密闭容器中， $1.01\times 10^5 \text{ Pa}$ 、 $\frac{n_{\text{始}}(\text{CO}_2)}{n_{\text{始}}(\text{H}_2)}=1:3$ ，反应一定时间， $\text{CO}_2$  的转化

率及  $\text{CH}_4$  的选择性 $[\frac{\text{生成的 } n(\text{CH}_4)}{\text{消耗的 } n(\text{CO}_2)}]$ 随温度的变化如图所示。下列说法正确的是

( )

- A.  $\Delta H_2>0$
- B. 高温和低压均有利于提高甲烷的平衡产率
- C.  $280\sim 400\text{ }^\circ\text{C}$ ， $n(\text{H}_2\text{O})$ 随温度的升高不断增大

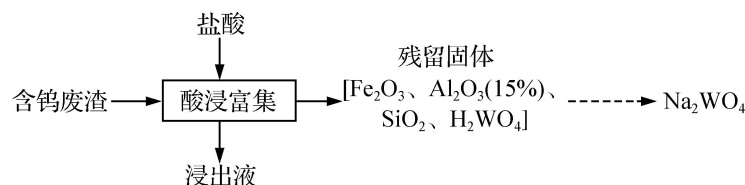
D.  $320\sim 400\text{ }^\circ\text{C}$ ， $n(\text{CO})$ 随着温度升高将不断减小



二、非选择题：共 4 题，共 61 分。

14 (15 分) 钨(W)熔点(3 430 ℃)高，在国防工业有着重要用途， $\text{Na}_2\text{WO}_4$  是制备 W 的前驱体。

(1) 以含钨废渣[难溶于水，主要成分为  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ (10%)、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{CaO}$  及少量钨酸亚铁( $\text{FeWO}_4$ )]制备  $\text{Na}_2\text{WO}_4$  的流程如下：



一段时间内，钨的浸出率  $\left( \frac{\text{浸出液中钨元素质量}}{\text{含钨废渣中钨元素质量}} \times 100\% \right)$  及固体残留率

$\left( \frac{\text{残留固体质量}}{\text{含钨废渣质量}} \times 100\% \right)$  随盐酸浓度的变化如图所示。

①选择盐酸而不选择硫酸酸浸的原因是\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

②写出  $\text{FeWO}_4$  与盐酸反应的离子方程式：\_\_\_\_\_。

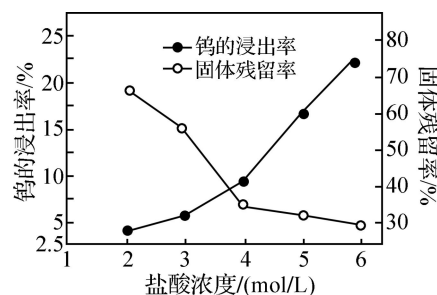
\_\_\_\_\_。

③盐酸的浓度选择 3.5 mol/L 的原因是\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_。

④残留固体中  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的质量分数大于 10%的原因是\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_。



(2) 废弃纯钨棒(W)在空气存在的条件下，溶于熔融的氢氧化钠中可制得  $\text{Na}_2\text{WO}_4$ 。该反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。

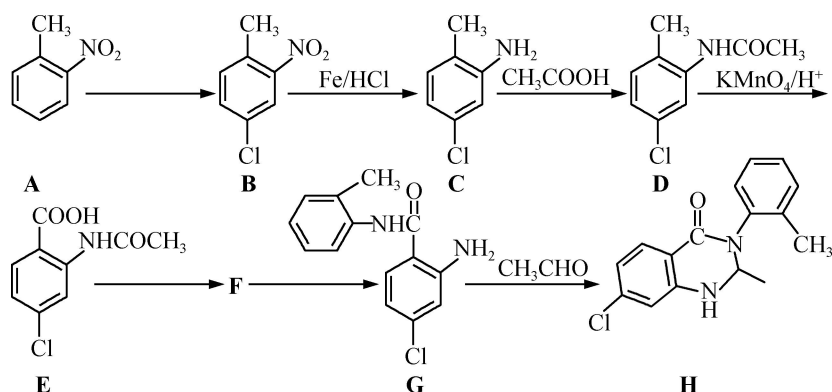
(3) 将废弃钨制品(W 与  $\text{WO}_3$  混合物)在空气中加热使之完全转化为  $\text{WO}_3$ ，所得固体溶于  $\text{NaOH}$  溶液可得  $\text{Na}_2\text{WO}_4$ 。

①某废弃钨制品，通过元素分析可知其中钨元素的质量分数为 90%。取 92.0 g 该制品在空气中加热，理论上可制得  $\text{WO}_3$  的质量为\_\_\_\_\_ (写出计算过程)。

②加热至 1 000 ℃，所得固体成分仅为  $\text{WO}_3$ ，其质量小于理论值，原因是\_\_\_\_\_。

\_\_\_\_\_。

15 (15 分) 有机化合物 H 是一种利尿药物的中间体, 其一种合成路线如图所示。



(1) A  $\rightarrow$  B 所需的反应物及反应条件是\_\_\_\_\_。

(2) C  $\rightarrow$  D 的反应类型为\_\_\_\_\_。

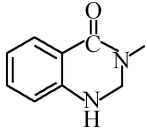
(3) F 的分子式为  $C_7H_6O_2NCl$ , F 的结构简式为\_\_\_\_\_。

(4) 写出同时满足下列条件的 H 的一种同分异构体的结构简式:\_\_\_\_\_。


①含有 2 个苯环, 能使溴的四氯化碳溶液褪色; ②含有 4 种不同化学环境的氢原子。

(5) 已知: 甲苯中甲基为邻、对位定位基, 使新引入的基团在其邻、对位。

苯甲酸中羧基为间位定位基, 使新引入的基团在其间位。设计以 、

$CH_3-NH_2$ 、HCHO 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)。

16 (16分) 氢化铝钠( $\text{NaAlH}_4$ )是有机合成中的重要还原剂,遇水剧烈发生反应。

已知:①氢化铝钠易溶于四氢呋喃(,沸点为  $66\text{ }^{\circ}\text{C}$ ),难溶于戊烷(沸点为  $36\text{ }^{\circ}\text{C}$ )、甲苯(沸点为  $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ )。②四氢呋喃能溶于水,能与戊烷、甲苯互溶。③氢化铝钠在戊烷或甲苯环境中结晶所得到的晶体具有较完整的晶体结构。

(1)以四氢呋喃为溶剂,三乙基铝 $[\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3]$ ,无色液体,沸点为  $194\text{ }^{\circ}\text{C}$ 为催化剂, $\text{AlCl}_3$ 与 $\text{NaH}$ 反应生成 $\text{NaAlH}_4$ 。

① $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$ 易溶于戊烷等有机溶剂,其原因是\_\_\_\_\_。

②实验室除去四氢呋喃中少量水的操作是\_\_\_\_\_。

③利用 $\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{Cl}_2 + 3\text{C} \xrightarrow{1273\text{ K}} 2\text{AlCl}_3 + 3\text{CO}$ 可制得 $\text{AlCl}_3$ 。 $1273\text{ K}$ 时该反应的 $\Delta S$ 明显大于 $298\text{ K}$ 时,其原因是\_\_\_\_\_。

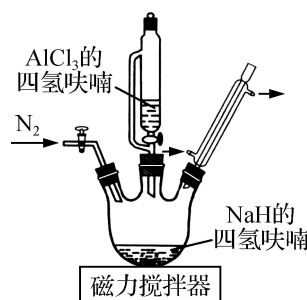
④补充完整制备 $\text{NaAlH}_4$ 的化学反应方程式。

I:  $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3 + \text{NaH} = \text{Na}[\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{H}]$

II: \_\_\_\_\_

III:  $\text{NaH} + \text{AlH}_3 = \text{NaAlH}_4$

(2)利用右图所示装置,在三颈烧瓶中加入三乙基铝并加入 $\text{NaH}$ 的四氢呋喃悬浊液,不断通入氮气,然后边搅拌边缓慢滴加含有计算量 $\text{AlCl}_3$ 的四氢呋喃溶液,充分反应,有白色固体析出,静置。



①析出的白色固体主要成分为\_\_\_\_\_。

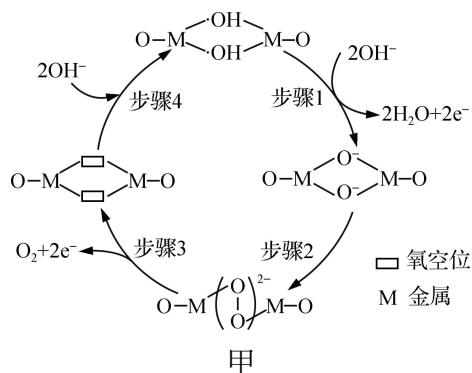
②为避免外界水蒸气对实验的干扰,可采取的措施是\_\_\_\_\_。

③补充完整获取具有较完整晶体结构 $\text{NaAlH}_4$ 的实验方案:取静置后的上层清液,\_\_\_\_\_,过滤、洗涤、干燥。(实验中可选用的试剂:戊烷、甲苯)

17 (15分) 电解水制氢时, 阳极析氧反应需较高电压, 研究其反应机理并运用协同制氢的方法来降低能耗、提升产氢效率具有重要意义。

(1) 以 KOH 为电解液, Pt 作电极, 阴极析氢反应可能经历两步。第二步反应为  $\text{H}_2\text{O} + \text{e}^- + \text{*H} = \text{OH}^- + \text{H}_2 \uparrow$  (\*H 表示吸附态氢原子)。写出第一步的电极反应式: \_\_\_\_\_。

(2) 碱性条件下阳极负载的催化剂表面可能的反应机理如图甲所示。



①步骤 3 中 M 化合价\_\_\_\_\_ (填“升高”“降低”或“不变”)。

②M 可能为\_\_\_\_\_ (填字母)。

A. Mg

B. Al

C. Ni

D. Cr

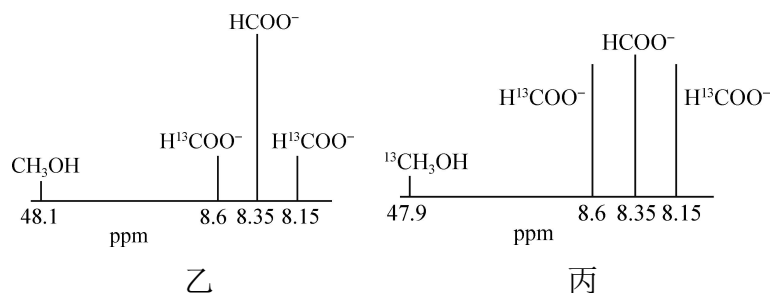
③电解过程中, 若阴极有  $\text{H}_2$  扩散到催化剂表面, 可能会导致催化剂催化效率下降甚至失去活性, 其原因是\_\_\_\_\_。

(3) 利用甘油( $\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2$ )协同制氢可降低电解时所需电压, 节约制氢成本。

①在阳极区添加一定量的甘油, 电解一段时间后, 阳极得到含碳产物的物质的量分别为  $\text{CH}_3\text{OH}$  0.03 mol、 $\text{HCOO}^-$  0.6 mol, 理论上阴极产生  $\text{H}_2$  的物质的量为\_\_\_\_\_。

②用  $\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2$  与  $\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2$  分别进行电催化协同制氢。

对电解后的含碳产物进行表征, 所得的 NMR (核磁共振氢谱) 分别如图乙、图丙所示。





$$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - {}^{13}\text{CH}_2 \\ | \qquad \quad | \\ \text{OH} \qquad \text{OH} \end{array}$$
 电催化 协同制氢所得含碳产物有\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_。

③电解时,若电压过大,甘油的转化率会降低,其原因是\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_。

可能用到的相对原子质量: H—1 C—12 N—14 O—16 Ni—59  
Mo—96

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 下列含氮物质的转化属于氮的固定的是( )

- A.  $\text{N}_2 \rightarrow \text{NH}_3$                       B.  $\text{NO} \rightarrow \text{N}_2$   
C.  $\text{NH}_3 \rightarrow \text{CO}(\text{NH}_2)_2$         D.  $\text{HNO}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3$

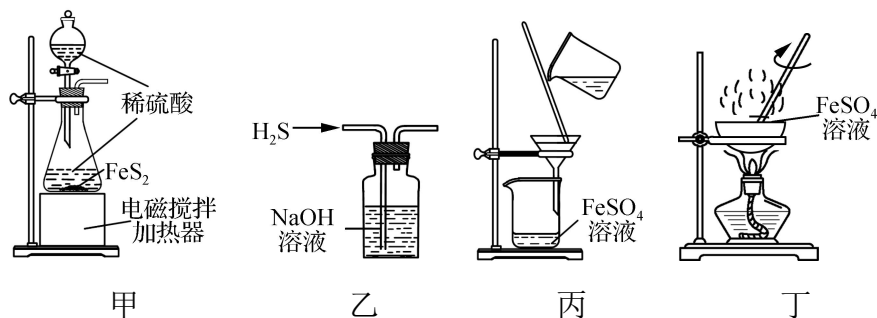
2 将印刷电路板的碱性蚀刻液与  $\text{NaOH}$  溶液共热可发生反应:  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 2\text{OH}^- \xrightarrow{\Delta} \text{CuO} \downarrow + 4\text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 。下列说法正确的是( )

- A. 基态  $\text{Cu}^{2+}$  的电子排布式为  $[\text{Ar}]3\text{d}^74\text{s}^2$   
B. 1 mol  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  中含 16 mol  $\sigma$  键  
C.  $\text{NH}_3$  所含键角小于  $\text{H}_2\text{O}$   
D. 冰属于共价晶体

3 一种用于烧制陶瓷的黏土中含  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ 、 $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ 、 $\text{MgSO}_4$  等物质。下列说法正确的是( )

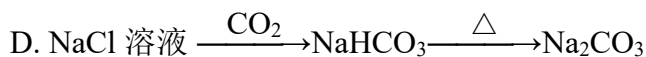
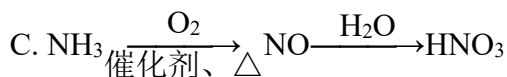
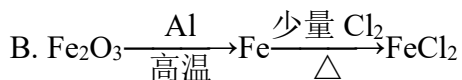
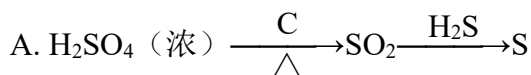
- A. 离子半径:  $r(\text{Na}^+) > r(\text{Al}^{3+}) > r(\text{O}^{2-})$   
B. 电负性:  $\chi(\text{O}) > \chi(\text{C}) > \chi(\text{Si})$   
C. 熔点:  $\text{SO}_2 > \text{SiO}_2 > \text{CO}_2$   
D. 第一电离能:  $I_1(\text{Si}) > I_1(\text{Al}) > I_1(\text{Mg})$

4  $\text{FeS}_2$  在酸性条件下可发生反应:  $\text{FeS}_2 + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + \text{S} + \text{H}_2\text{S} \uparrow$ 。以  $\text{FeS}_2$  为原料制取  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  晶体的实验操作或原理不能达到实验目的的是( )



- A. 用装置甲制取含  $\text{FeSO}_4$  的悬浊液  
B. 用装置乙吸收挥发出的  $\text{H}_2\text{S}$  气体  
C. 用装置丙除去 S 和未反应的  $\text{FeS}_2$   
D. 用装置丁蒸干溶液, 获得  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

5 在给定条件下，下列制备过程涉及的物质转化均能实现的是( )



6 粗硅制高纯硅的过程中  $300\text{ }^\circ\text{C}$  时发生反应  $\text{Si}(\text{s}) + 3\text{HCl}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{SiHCl}_3(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$   $\Delta H < 0$ 。下列说法正确的是( )

A. 该反应一定能自发进行

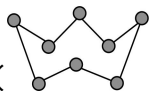
B. 该反应的平衡常数表达式  $K = \frac{c(\text{SiHCl}_3) \cdot c(\text{H}_2)}{c(\text{Si}) \cdot c^3(\text{HCl})}$

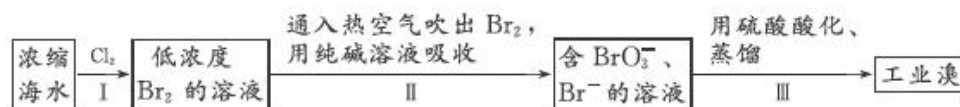
C. 每反应  $1\text{ mol Si}$ ，会断裂  $2\text{ mol Si—Si}$

D. 其他条件相同，使用催化剂可以加快正反应速率，减慢逆反应速率

阅读下列材料，完成 7~9 题：

$\text{Br}_2$  具有较强的氧化性，能够将磷氧化为  $\text{PBr}_3$  或  $\text{PBr}_5$  ( $\text{PBr}_5$  可以水解得到两种酸)，与氨反应生成溴化铵和氮气，可以氧化一些非金属阴离子，如  $\text{Br}_2$  与  $\text{S}^{2-}$

反应生成  $\text{S}_8$  (  )。在催化剂作用下，苯与  $\text{Br}_2$  发生取代反应，该反应属于放热反应。醛与  $\text{Br}_2$  在碱的催化下，醛的  $\alpha$ -氢被溴取代生成  $\alpha$ -溴代醛。工业上海水提溴的主要过程如下：



7 下列说法正确的是( )

A. 基态 Br 的电子排布式为  $[\text{Ar}]4s^24p^5$

B.  $\text{PBr}_3$  中 P 原子的轨道杂化类型为  $\text{sp}^3$

C.  $\text{S}_8$  是由极性键构成的非极性分子

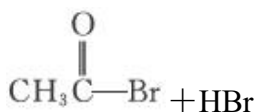
D.  $\text{BrO}_3^-$  的空间结构为平面三角形

8 下列化学用语表示正确的是( )

A.  $\text{PBr}_5$  水解反应的化学方程式： $\text{PBr}_5 + 4\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{PO}_4 + 5\text{HBrO}$

B. 溴与氨反应的化学方程式： $3\text{Br}_2 + 8\text{NH}_3 \rightleftharpoons 6\text{NH}_4\text{Br} + \text{N}_2$

C. 乙醛与溴反应生成  $\alpha$ -溴代乙醛的化学方程式： $\text{CH}_3\text{CHO} + \text{Br}_2 \xrightarrow{\text{OH}^-}$



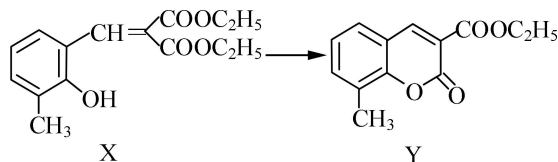
D. 纯碱溶液吸收  $\text{Br}_2$  的离子方程式： $\text{Br}_2 + \text{CO}_3^{2-} \rightleftharpoons \text{Br}^- + \text{BrO}_3^- + \text{CO}_2 \uparrow$

9 下列说法正确的是( )

- A. 浓硫酸是苯与  $\text{Br}_2$  发生取代反应的催化剂
- B. 使用催化剂可以降低苯与  $\text{Br}_2$  反应的焓变
- C. 海水提溴中的步骤II、III可以实现溴元素的富集
- D. 可以用淀粉溶液检验步骤III蒸馏后所得母液中是否含有  $\text{Br}_2$

10 有机物 Y 是一种医药中间体, 其合成路线如下。下列有关说法正确的是( )

- A. X 存在顺反异构现象
- B. X 能与甲醛发生缩聚反应
- C.  $\text{X} \rightarrow \text{Y}$  时有  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$  生成
- D. 1 mol Y 最多能与 2 mol NaOH 反应



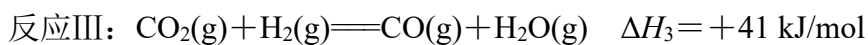
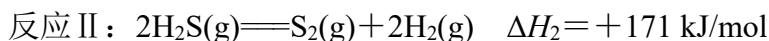
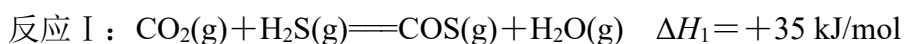
11 室温下, 下列实验方案能达到实验目的的是( )

选项	实验方案	实验目的
A	向滴有酚酞的 10 mL 0.1 mol/L $\text{NH}_4\text{Cl}$ 溶液中加入 10 mL 0.1 mol/L NaOH 溶液, 观察现象	证明 $\text{NH}_4\text{Cl}$ 可与 NaOH 溶液反应
B	将 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 溶液加到 HI 溶液中, 充分溶解后, 滴入 $\text{CCl}_4$ 后振荡、静置, 观察 $\text{CCl}_4$ 层颜色变化	证明氧化性: $\text{Fe}^{3+} > \text{I}_2$
C	在氨水中滴入酚酞溶液, 加热煮沸一段时间, 观察溶液颜色变化	验证升高温度可促进的 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 电离
D	向淀粉溶液中加入适量 20% $\text{H}_2\text{SO}_4$ 溶液, 加热, 冷却后, 加 NaOH 溶液至溶液呈碱性, 加新制 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ , 加热, 观察现象	证明淀粉水解后有还原性糖生成

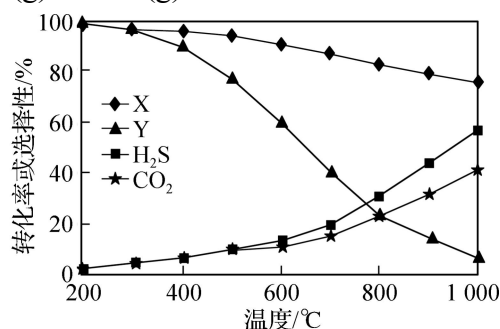
12 NaOH 溶液可以吸收废气中的  $\text{NO}_2$ , 生成  $\text{NaNO}_3$  和  $\text{NaNO}_2$ 。现用 100 mL 0.1 mol/L NaOH 溶液吸收含  $\text{NO}_2$  的废气(无其他含氮气体, 忽略溶液体积的变化)。已知  $K_a(\text{HNO}_2) = 5 \times 10^{-4}$ 、 $K_a(\text{H}_2\text{CO}_3) = 4 \times 10^{-7}$ 。室温下, 下列说法正确的是( )

- A. 0.1 mol/L  $\text{NaNO}_2$  溶液中存在:  $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) + c(\text{HNO}_2)$
- B.  $n_{\text{总}}(\text{N}) = 0.01 \text{ mol}$  时吸收液中存在:  $c(\text{Na}^+) = c(\text{NO}_3^-) + c(\text{NO}_2^-) + c(\text{HNO}_2)$
- C. 吸收过程中溶液中可能存在:  $c(\text{NO}_3^-) < c(\text{NO}_2^-)$
- D. 用 0.1 mol/L  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液吸收废气可发生反应:  $\text{CO}_3^{2-} + \text{NO}_2 = \text{NO}_3^- + \text{CO}_2$

13 一种以  $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$  为原料制取  $\text{COS}$  的过程中主要反应如下：



将等物质的量的  $\text{CO}_2(\text{g})$  和  $\text{H}_2\text{S}(\text{g})$  充入反应器中，压强一定，平衡时  $\text{CO}_2(\text{g})$  和  $\text{H}_2\text{S}(\text{g})$  的转化率、 $\text{COS}(\text{g})$  和  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  选择性与温度的关系如图所示。



$\text{COS}(\text{g})$  或  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  选择性 =  $\frac{n_{\text{生成}}(\text{COS}) \text{ 或 } n_{\text{生成}}(\text{H}_2\text{O})}{n_{\text{转化}}(\text{H}_2\text{S})} \times 100\%$ 。下列说法正确的是

( )

A. X 代表的物质是  $\text{COS}$

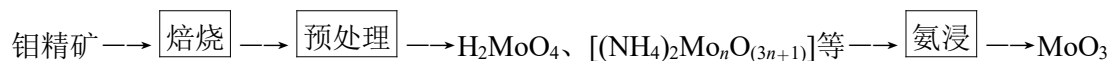
B. 温度越高，平衡时所得  $\text{H}_2\text{O}$  的物质的量越小

C. 400 °C 之前，容器内只发生反应 I

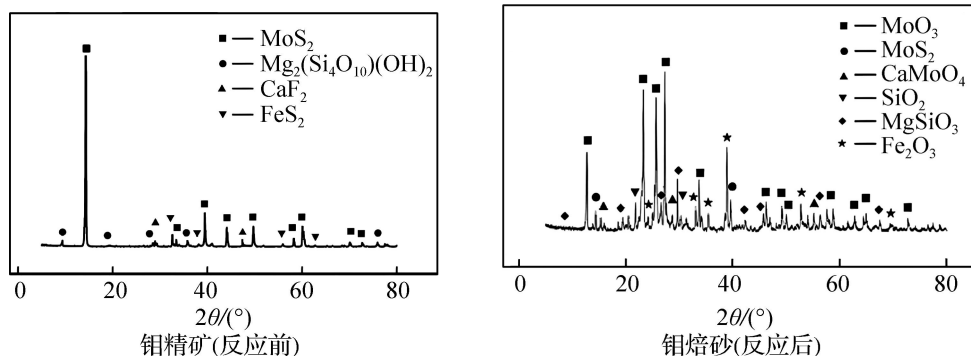
D. 600 °C 时，其他条件一定，适当增大起始反应的压强，既能加快反应速率也能提高  $\text{COS}$  的平衡选择性

## 二、非选择题：共 4 题，共 61 分。

14 (15 分) 工业以钼精矿为原料制备  $\text{MoO}_3$  的过程如下：



(1) “焙烧”：将钼精矿置于石英反应罐中并通入空气，高温充分反应得到钼焙砂。冷却后采用 XRD 分析焙烧前后物相的变化如图所示。写出焙烧时生成  $\text{MoO}_3$  的化学方程式：\_\_\_\_\_。



(2) “预处理”：将钼焙砂和  $\text{HNO}_3$ 、 $\text{NH}_4\text{NO}_3$  混合溶液按一定比例混合，加热反应一段时间，过滤后，得到含  $\text{H}_2\text{MoO}_4$ 、多钼酸铵 $[(\text{NH}_4)_2\text{Mo}_n\text{O}_{(3n+1)}]$ 、 $\text{SiO}_2$  等的滤渣。已知： $(\text{NH}_4)_2\text{Mo}_n\text{O}_{(3n+1)}$  在水中存在溶解平衡： $(\text{NH}_4)_2\text{Mo}_n\text{O}_{(3n+1)}(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{MoO}_4^{2-}(\text{aq}) + (n-1)\text{MoO}_3(\text{s})$ 。

① “预处理”需在通风设备中进行，原因是\_\_\_\_\_。

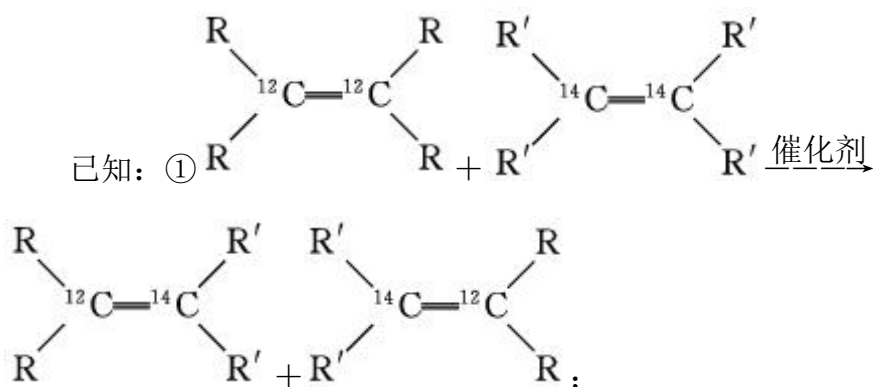
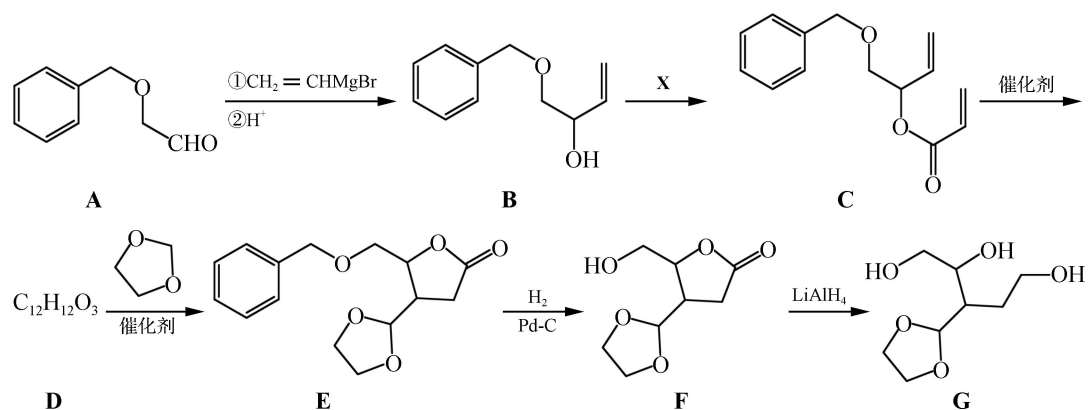
②写出  $\text{CaMoO}_4$  转化为 $(\text{NH}_4)_2\text{Mo}_n\text{O}_{(3n+1)}$ 的化学方程式：\_\_\_\_\_。

③其他条件一定，适当增大  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  浓度，所得滤渣中 Mo 的含量增大，原因是\_\_\_\_\_。

(3) “氨浸”：将预处理后所得滤渣用氨水浸泡，其中的  $\text{H}_2\text{MoO}_4$ 、 $(\text{NH}_4)_2\text{Mo}_n\text{O}_{(3n+1)}$  可转化为可溶的 $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ ，还有少量的  $\text{CaMoO}_4$  难溶于氨水。为进一步提高 Mo 元素的浸出率，可在氨水中加入的物质是\_\_\_\_\_。

(4) 五钼酸铵 $[(\text{NH}_4)_4\text{Mo}_5\text{O}_{17}]$ ， $M=824 \text{ g/mol}$ 在氮气中焙烧，可逐步分解，最终得到  $\text{MoO}_3$ 。取  $1.648 \text{ g}$  五钼酸铵固体在氮气氛围中焙烧，有气体  $\text{NH}_3$  和  $\text{H}_2\text{O}$  生成，维持  $300^\circ\text{C}$  时加热，当固体质量不再变化时，所得固体[组成为 $(\text{NH}_4)_a\text{Mo}_b\text{O}_c$ ，Mo 为 +6 价]质量为  $1.57 \text{ g}$ 。计算  $300^\circ\text{C}$  所得固体的化学式，并写出计算过程。

15 (15 分) 化合物 G 是一种抗病毒药物的中间体, 其一种合成路线如下:



②  $\text{RBr} + \text{Mg} \xrightarrow{\text{乙醚}} \text{RMgBr}$  (RMgBr 不能与酸、水、醇等共存)。

(1)  $\text{F} \rightarrow \text{G}$  的反应类型为\_\_\_\_\_反应。

(2) X 的分子式为  $\text{C}_3\text{H}_3\text{OCl}$ , 则 X 的结构简式为\_\_\_\_\_。

(3) D 的结构简式为\_\_\_\_\_。

(4) 写出符合下列条件的 C 的一种同分异构体的结构简式:\_\_\_\_\_。

①能与  $\text{FeCl}_3$  溶液发生显色反应;

②能发生水解反应, 酸性条件下水解所得 2 种有机产物中均含有 2 种化学环境不同的氢原子。



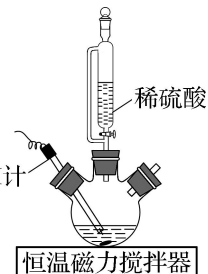
(5) 设计以  $\text{Br}$  和  $\text{CH}_3\text{COOH}$  为原料制取的合成路线流程图(无机试剂及有机溶剂任用, 合成路线流程图示例见本题题干)。

16 (16分) 三氧化二镍( $\text{Ni}_2\text{O}_3$ )常用作磁性材料,具有强氧化性。以镍铜矿(含有 $\text{NiS}$ 、 $\text{CuS}$ 、 $\text{SiO}_2$ 以及少量的不溶杂质)为原料制备 $\text{Ni}_2\text{O}_3$ 。

(1) 煅烧。将一定量的镍铜矿与 $\text{CaCO}_3$ 混合,粉碎后在富氧空气中充分煅烧。煅烧时加入 $\text{CaCO}_3$ 的目的是\_\_\_\_\_。

(2) 酸浸。将煅烧得到的固体(含 $\text{CuO}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{Ni}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaSO}_4$ 、 $\text{CaSiO}_3$ )加入三颈瓶中(装置如图甲),通过恒压滴液漏斗缓慢滴加稍过量的稀硫酸,充分反应。

①反应后所得溶液中含 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Ni}^{2+}$ ,写出酸浸时 $\text{Ni}_2\text{O}_3$ 发生反应的化学方程式:\_\_\_\_\_。



②如何判断“酸浸”反应已经完成:\_\_\_\_\_。

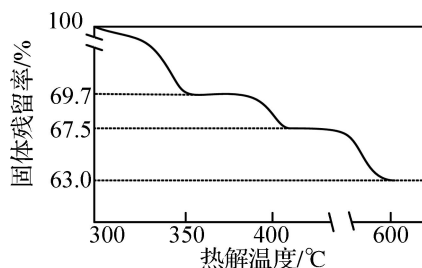
甲

(3) 除杂。将三颈瓶中悬浊液倒出、过滤后,向所得滤液中加入足量 $\text{Ni}$ 粉,充分反应后过滤,调节滤液的 $\text{pH}$ ,向滤液中加入 $\text{NaF}$ 溶液将 $\text{Ca}^{2+}$ 沉淀除去{溶液中 $c(\text{Ni}^{2+})=1\text{ mol/L}$ ,  $K_{\text{sp}}[\text{Cu}(\text{OH})_2]=1\times 10^{-20}$ ,  $K_{\text{sp}}[\text{Ni}(\text{OH})_2]=1\times 10^{-15}$ ,  $K_{\text{sp}}(\text{CaF}_2)=1.6\times 10^{-10}$ , 离子浓度 $\leq 10^{-5}\text{ mol/L}$  沉淀完全}。

①加入 $\text{Ni}$ 粉的目的是除去溶液中的 $\text{Cu}^{2+}$ 。不选择用调节 $\text{pH}$ 的方法除去 $\text{Cu}^{2+}$ 的原因是\_\_\_\_\_。

②实际消耗 $\text{Ni}$ 粉的量大于理论用量,原因是\_\_\_\_\_。

(4) 制备 $\text{Ni}_2\text{O}_3$ : 请补充完整由除杂后得到的 $\text{NiSO}_4$ 溶液制取 $\text{Ni}_2\text{O}_3$ 的实验方案: 量取 $100\text{ mL}$   $\text{NiSO}_4$ ,测得其中 $\text{NiSO}_4$ 的浓度为 $1\text{ mol/L}$ , \_\_\_\_\_。



乙

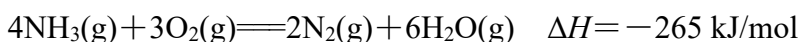
得到 $\text{Ni}_2\text{O}_3$ (可选用的试剂:  $1\text{ mol/L NaHCO}_3$ 溶液、稀盐酸、 $\text{BaCl}_2$ 溶液)。

已知: $\text{NiCO}_3$ 样品在空气中煅烧,样品的固体残留率( $\frac{\text{固体样品的剩余质量}}{\text{固体样品的起始质量}} \times 100\%$ )随热解温度的变化如图乙所示。



17\* (15 分) 氨气既是化工原料, 也是清洁能源, 研究氨气的合成具有重要意义。

(1) 已知氨气的部分反应及信息如下:



$\text{NH}_3(\text{l})$  的密度为  $0.68 \text{ kg/L}$ ,  $1 \text{ L NH}_3(\text{l})$  完全燃烧生成  $\text{N}_2(\text{g})$  和  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ , 可以产生的热量是\_\_\_\_\_。

(2) 一种合成气 (含体积分数为 54% 的  $\text{H}_2$ 、35% 的  $\text{CO}$ 、7% 的  $\text{CO}_2$  和 4% 的  $\text{N}_2$ ) 可通过如图甲所示转化制取合成氨的原料。

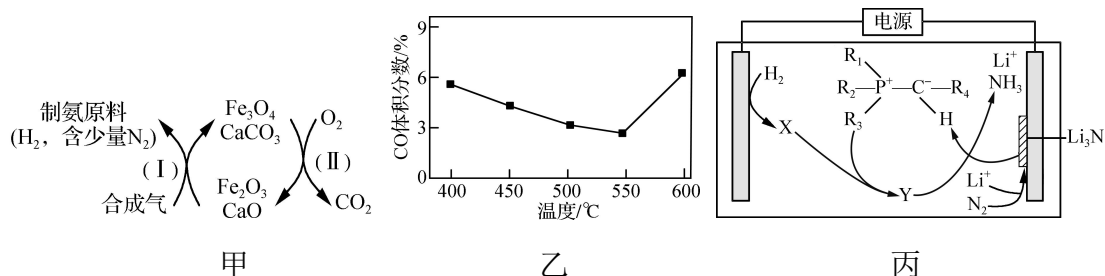
①若转化 I 中  $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$  完全反应, 得到的  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  和  $\text{CaCO}_3$  的物质的量之比为\_\_\_\_\_。

②实际进行转化 I 反应时, 合成气中需添加一定量的水蒸气。添加水蒸气的目的是\_\_\_\_\_。

③其他条件一定, 将添加了水蒸气的合成气通过装有  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  和  $\text{CaO}$  的反应管, 测得出口处  $\text{CO}$  的体积分数与反应温度的关系如图乙所示。

I.  $400 \sim 550^\circ\text{C}$ , 温度越高, 出口处  $\text{CO}$  体积分数越低的原因是\_\_\_\_\_。

II. 高于  $550^\circ\text{C}$ , 出口处  $\text{CO}$  体积分数随温度升高增大的原因是\_\_\_\_\_。



(3) 一种  $\text{H}_2$ 、 $\text{N}_2$  可持续电催化合成氨的原理如图丙所示 ( $\text{R}_1$ 、 $\text{R}_2$ 、 $\text{R}_3$ 、 $\text{R}_4$  表示烃基)。

①物质 Y 的结构简式为\_\_\_\_\_。

②与  $\text{N}_2$ 、 $\text{H}_2$  直接合成氨的工艺相比, 该方法的优点除产氨效率高外, 还有\_\_\_\_\_ (任写一点)。

可能用到的相对原子质量：H—1 C—12 N—14 O—16 S—32 Fe—56

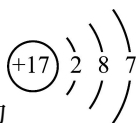
一、单项选择题：共 13 题，每题 3 分，共 39 分。每题只有一个选项最符合题意。

1 中国“人造太阳”核聚变实验装置的主要原料是  ${}^2_1\text{H}$  和  ${}^3_1\text{H}$ ，它们互为 ( )

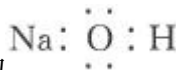
A. 同位素 B. 同素异形体 C. 同分异构体 D. 同系物

2 反应  $\text{NaClO} + 2\text{NaOH} + \text{SO}_2 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ ，可用于吸收  $\text{SO}_2$ 。下列说法正确的是 ( )

A.  $\text{Cl}^-$  的结构示意图为



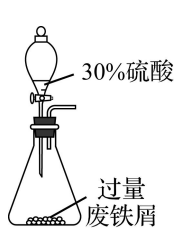
B.  $\text{NaOH}$  的电子式为



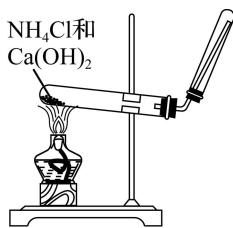
C.  $\text{NaClO}$  中  $\text{Cl}$  元素的化合价为 +1

D.  $\text{SO}_2$  为非极性分子

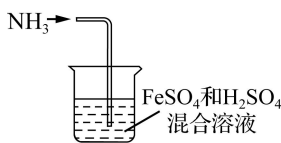
3 用废铁屑制取摩尔盐  $[(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ ，下列原理、装置及操作能达到实验目的的是 ( )



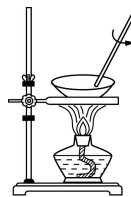
甲



乙



丙



丁

A. 用装置甲制取  $\text{FeSO}_4$  溶液

B. 用装置乙制取并收集  $\text{NH}_3$

C. 用装置丙制备  $\text{FeSO}_4$  和  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  混合溶液

D. 用装置丁蒸干溶液得到  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

4 青霉素 ( $\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{N}_2\text{O}_4\text{S}$ ) 是世界上第一种抗生素。下列说法正确的是 ( )

A. 第一电离能：  $I_1(\text{N}) < I_1(\text{O})$

B. 热稳定性：  $\text{NH}_3 < \text{H}_2\text{O}$

C. 电负性：  $\chi(\text{O}) < \chi(\text{C})$

D. 沸点：  $\text{H}_2\text{O} < \text{H}_2\text{S}$

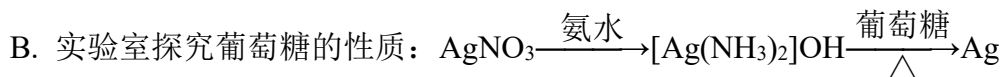
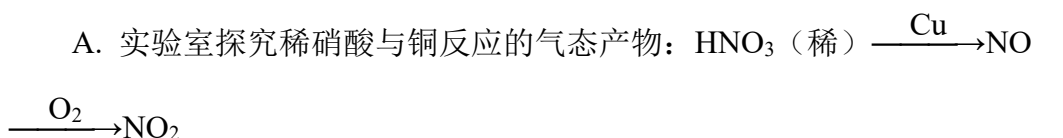
阅读下列材料，完成 5~7 题：

工业上常采用  $\text{NH}_3$  催化氧化法制硝酸。硝酸工业尾气 ( $\text{NO}$  和  $\text{NO}_2$ ) 常采用以下方法脱除：①石灰乳法：将物质的量之比约为 1:1 的  $\text{NO}$  和  $\text{NO}_2$  通入石灰乳，净化尾气并制得混凝土添加剂  $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$ ；②选择性催化还原法：一定条件下，尿素  $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$  将氮氧化物转化为  $\text{N}_2$ ；③电解法：用稀硝酸吸收氮氧化物生成  $\text{HNO}_2(K_a=5.1\times 10^{-4})$ ，再将其电解生成  $\text{HNO}_3$ 。

5 下列说法正确的是( )

- A.  $\text{NO}$  和  $\text{NO}_2$  均为酸性氧化物
- B.  $1\text{ mol } [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  中  $\sigma$  键的数目为  $12\text{ mol}$
- C. 尿素易溶于水的原因之一为尿素分子能与水分子形成氢键
- D. 反应  $2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$  能够自发进行的原因是  $\Delta S > 0$

6 下列物质转化或化学反应表示不正确的是( )



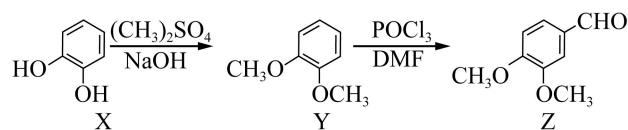
7 下列有关反应描述正确的是( )

- A. 催化剂可以降低  $\text{NH}_3$  和  $\text{O}_2$  反应的焓变，从而加快反应速率
- B. 若  $n(\text{NO}_2) : n(\text{NO}) > 1 : 1$  通入石灰乳， $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$  产品中  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  含量升高
- C. 尿素与  $\text{NO}_2$  反应过程中既有非极性共价键的断裂，又有非极性共价键的形成
- D. 电解法脱硝中  $\text{HNO}_2$  转化为  $\text{HNO}_3$ ，氮原子轨道的杂化类型由  $\text{sp}^2$  转化为  $\text{sp}^3$

8 铝及其化合物具有重要应用。下列说法正确的是( )

- A. 铝合金硬度低，可用于航空工业
- B.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  熔点高，可用于电解冶炼铝
- C.  $\text{Al}(\text{OH})_3$  有弱碱性，可用于治疗胃酸过多
- D.  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$  易溶于水，可用于净水

9 化合物 Z 是一种药物的重要中间体，部分合成路线如下：

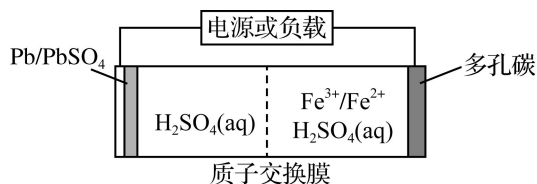


下列说法正确的是( )

- A. X 不能与  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液发生反应
- B. Y 中所有碳原子一定共平面
- C. 1 mol Z 最多能与 3 mol  $\text{H}_2$  发生加成反应
- D. X、Y、Z 可以用  $\text{FeCl}_3$  溶液和新制  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  进行鉴别

10 一种二次储能电池的构造示意图如图所示。下列说法正确的是( )

- A. 放电时，电能转化为化学能
- B. 放电时， $\text{PbSO}_4$  发生还原反应
- C. 充电时，右侧  $\text{H}^+$  通过质子交换膜



向左侧电极移动

- D. 充电时，每生成 1 mol  $\text{Fe}^{3+}$ ，转移电子数为  $2 \times 6.02 \times 10^{23}$

11 室温下，根据下列实验过程及现象，能验证相应实验结论的是( )

选项	实验过程及现象	实验结论
A	向 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ 溶液中滴入硫酸酸化的 $\text{H}_2\text{O}_2$ 溶液，溶液变黄	氧化性： $\text{H}_2\text{O}_2 > \text{Fe}^{3+}$
B	用 pH 试纸分别测定 $\text{CH}_3\text{COONa}$ 溶液和 $\text{NaHCO}_3$ 溶液 pH， $\text{NaHCO}_3$ 溶液 pH 大	酸性： $\text{CH}_3\text{COOH} > \text{H}_2\text{CO}_3$
C	向含有 $\text{ZnS}$ 和 $\text{Na}_2\text{S}$ 的悬浊液中滴加 $\text{CuSO}_4$ 溶液，生成黑色沉淀	溶度积常数： $K_{\text{sp}}(\text{ZnS}) > K_{\text{sp}}(\text{CuS})$
D	将盛有 $\text{NO}_2$ 的密闭烧瓶浸入冷水，红棕色变浅 ( $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ 为基元反应)	活化能： $E_a(\text{正反应}) < E_a(\text{逆反应})$

12 室温下，已知  $K_{a1}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 5.6 \times 10^{-2}$ ， $K_{a2}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 1.5 \times 10^{-4}$ 。通过下列实验探究  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 、 $\text{NaHC}_2\text{O}_4$  的性质。

实验 1：用 pH 计测得 0.01 mol/L  $\text{NaHC}_2\text{O}_4$  溶液的  $\text{pH} = 3.0$ 。

实验 2：向 0.01 mol/L  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  溶液中滴加等体积 0.01 mol/L  $\text{CaCl}_2$  溶液，溶液变浑浊。

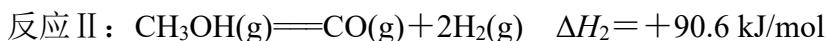
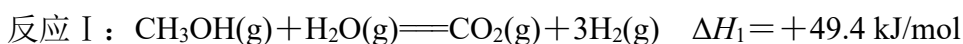
实验 3：向 20 mL 0.01 mol/L  $\text{NaHC}_2\text{O}_4$  溶液中滴加少量 0.01 mol/L  $\text{NaOH}$  溶液，无明显现象。

实验 4：向 0.01 mol/L  $\text{NaHC}_2\text{O}_4$  溶液中通入一定量  $\text{NH}_3$ ，测得溶液  $\text{pH} = 7$ 。

下列说法正确的是( )

- A. 实验 1 溶液中： $c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) > c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$
- B. 实验 2 可得到  $K_{\text{sp}}(\text{CaC}_2\text{O}_4) = 2.5 \times 10^{-5}$
- C. 实验 3 反应后的溶液中存在： $c(\text{Na}^+) = c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) + c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) + c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$
- D. 实验 4 所得的溶液中： $c(\text{NH}_4^+) = c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) - c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$

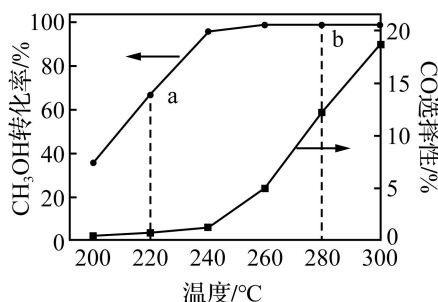
13\* 甲醇水蒸气重整制氢是生产氢气的重要途径，其主要反应如下：



$1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、 $n_{\text{起始}}(\text{H}_2\text{O}) : n_{\text{起始}}(\text{CH}_3\text{OH}) = 1.2 : 1$  时，混合气体以一定流速通过反应管，在催化剂作用下反应一段时间后测得  $\text{CH}_3\text{OH}$  转化率、 $\text{CO}$  选择性

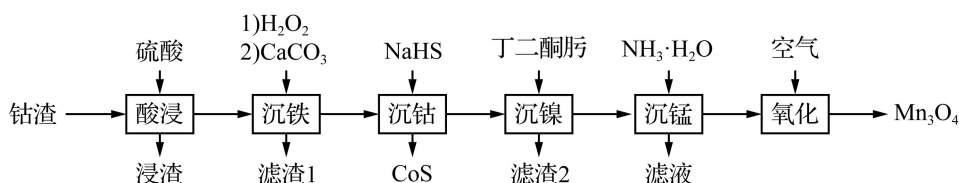
$\left[ \frac{n_{\text{生成}}(\text{CO})}{n_{\text{反应}}(\text{CH}_3\text{OH})} \times 100\% \right]$  随温度的变化如图所示。下列说法正确的是( )

- A. 反应 II 的平衡常数： $K_{220^\circ\text{C}} > K_{280^\circ\text{C}}$   
 B.  $\text{CO}_2$  的物质的量：a 点 < b 点  
 C. 其他条件不变，混合气体流速越大， $\text{CH}_3\text{OH}$  的转化率越大  
 D. 温度高于  $240^\circ\text{C}$ ， $\text{CO}$  选择性迅速上升的原因是反应 II 速率大于反应 I



二、非选择题：共 4 题，共 61 分。

14 (15 分) 一种从钴渣中分离回收金属的工艺流程如下：

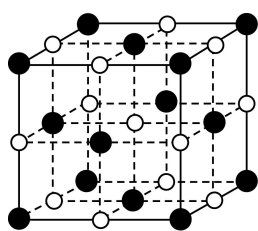


已知：酸浸液主要含有  $\text{Co}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Ni}^{2+}$ 、 $\text{Mn}^{2+}$  等金属阳离子。

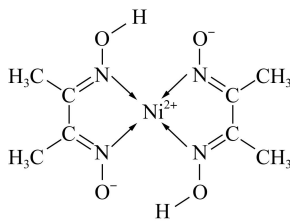
(1) “酸浸”时保持温度、浸取时间不变，能提高金属元素浸出率的措施有\_\_\_\_\_。

(2) “沉铁”时，先向酸浸液中加入一定量  $\text{H}_2\text{O}_2$ ，检验  $\text{Fe}^{2+}$  氧化完全的试剂为\_\_\_\_\_ (填化学式)。反应完成后加入  $\text{CaCO}_3$  调节 pH 至 4.0 将  $\text{Fe}^{3+}$  转为  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ，反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。

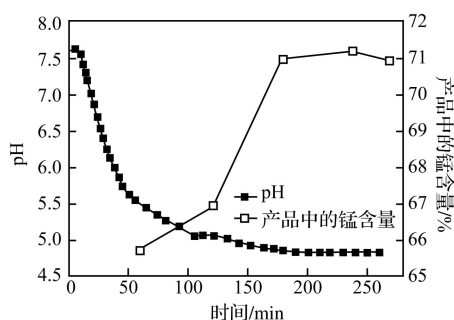
(3) “沉钴”时，选用  $\text{NaHS}$  溶液而不选等浓度  $\text{Na}_2\text{S}$  溶液的理由为\_\_\_\_\_。获得的  $\text{CoS}$  沉淀经处理可获得一种钴的氧化物，其晶胞如图甲所示，该氧化物的化学式为\_\_\_\_\_。



甲



乙



丙

(4) “沉镍”时， $\text{Ni}^{2+}$ 与丁二酮肟( $\text{CNHOCH}_3\text{CCH}_3\text{NOH}$ )反应生成鲜红色沉淀，结构如图乙所示。该沉淀中存在的化学键有\_\_\_\_\_（填字母）。

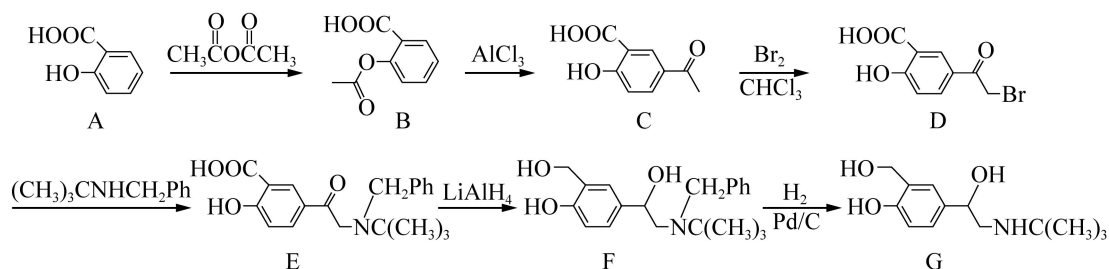
A. 氢键                  B. 共价键                  C. 配位键                  D. 金属键

(5) “沉锰”后主要生成  $\text{Mn}_2(\text{OH})_2\text{SO}_4$  和  $\text{Mn}(\text{OH})_2$  两种沉淀，再通入空气氧化得到产品  $\text{Mn}_3\text{O}_4$ 。氧化时间对  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  中锰含量及溶液 pH 的影响如图丙所示。

①15~150 min, pH 下降较快的原因是\_\_\_\_\_（用离子方程式表示）。

②氧化时间大于 225 min 时，产品中的锰含量下降，其原因是\_\_\_\_\_。

15 （15 分）沙丁胺醇(G)可用于治疗哮喘，其合成路线如下（—Ph 代表苯基）：



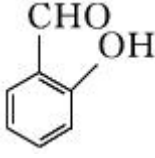
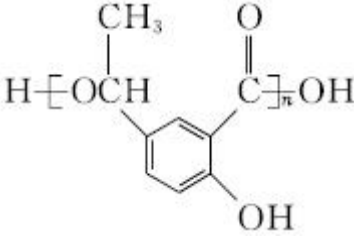
(1) A 的含氧官能团名称为\_\_\_\_\_。

(2) B→C 中有副产物 X（与 B 互为同分异构体）生成，X 的结构简式为\_\_\_\_\_。

(3) 写出同时满足下列条件的 D 的一种芳香族同分异构体的结构简式：\_\_\_\_\_。

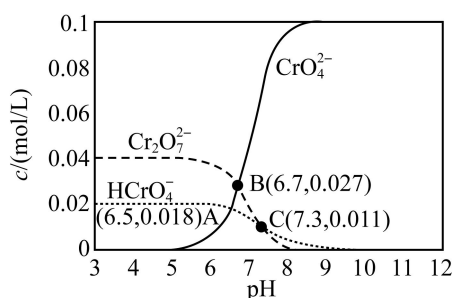
酸性条件下水解所得的三种产物均有 2 种不同化学环境的氢原子，其中一种产物遇  $\text{FeCl}_3$  溶液显色。

(4) 与  $(\text{CH}_3)_3\text{CNH}_2$  相比，D→E 中用试剂  $(\text{CH}_3)_3\text{CNHCH}_2\text{Ph}$  的优点是\_\_\_\_\_。

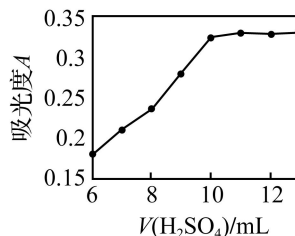
(5) 写出以  和  $\text{CH}_3\text{COCCH}_3$  为原料制备  的合成路线流程图（无机试剂和有机溶剂任用，合成路线流程图示例见本题题干）。

16 (16分) 重铬酸钾( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ )在不同领域有着重要用途。

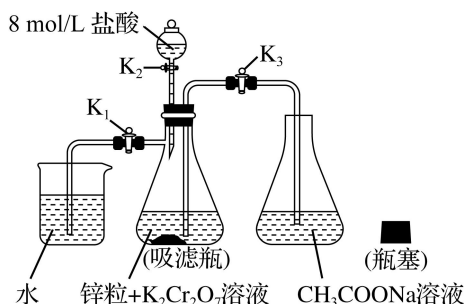
(1) 室温下,  $0.05 \text{ mol/L}$   $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  溶液中含铬物种的浓度与 pH 的关系如图甲所示, 反应  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HCrO}_4^-$  的平衡常数  $K = \underline{\hspace{2cm}}$ 。



甲

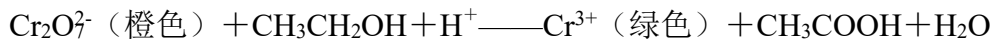


乙



丙

(2) 酸性  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  溶液曾用于检测司机是否酒后驾驶, 反应原理如下(未配平):



为探究  $\text{H}_2\text{SO}_4$  用量对该反应速率的影响, 设计如下实验: 室温下, 将不同体积的  $10 \text{ mol/L}$   $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液分别与  $10.0 \text{ mL}$   $0.1 \text{ mol/L}$   $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  溶液混合, 加入  $1.0 \text{ mL}$   $1 \text{ mol/L}$  乙醇溶液, 用蒸馏水定容至  $50 \text{ mL}$ ; 静置  $30 \text{ min}$  后, 用分光光度计测得溶液的吸光度  $A$  与  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液体积  $[V(\text{H}_2\text{SO}_4)]$  的关系如图乙所示 (吸光度  $A$  仅与  $\text{Cr}^{3+}$  的浓度成正比)。

①若实验中加入的  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  与乙醇完全反应, 转移电子的物质的量为  $\text{mol}$ 。

②随着硫酸用量增加, 吸光度  $A$  先增大后基本不变的原因是\_\_\_\_\_。

(3) 醋酸亚铬  $\{[\text{Cr}(\text{CH}_3\text{COO})_2]_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}\}$  是一种红色晶体, 在气体分析中常用作氧气吸收剂, 其难溶于冷水, 易溶于酸, 潮湿环境下易被氧化。实验室用  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  制备醋酸亚铬的装置如图丙所示。

①吸滤瓶中, 锌将  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  还原为  $\text{Cr}^{2+}$  (蓝色) 的离子方程式为\_\_\_\_\_。实验中锌必须过量的原因是\_\_\_\_\_。

②锥形瓶中发生反应  $2\text{CrCl}_2 + 4\text{CH}_3\text{COONa} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow [\text{Cr}(\text{CH}_3\text{COO})_2]_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{NaCl}$ 。请补充完整实验方案: 打开  $\text{K}_1$ , 关闭  $\text{K}_3$ , 打开  $\text{K}_2$ , 向吸滤瓶中逐滴加

入 8 mol/L 盐酸溶液；\_\_\_\_\_

依次用蒸馏水、无水乙醇、无水乙醚洗涤晶体，干燥（实验中必须使用的用品：瓶塞、冰水浴）。

17 （15 分）绿氨作为“零碳”燃料，是未来重要的清洁能源。

(1) 氨燃料的应用。NH<sub>3</sub> 和 H<sub>2</sub> 混合燃烧可改善 NH<sub>3</sub> 的燃烧性能，在 25 °C 和 101 kPa 下：

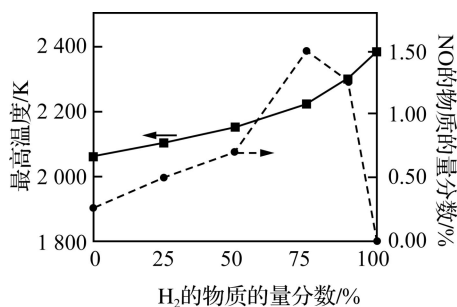
i.  $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H_1 = -571.6 \text{ kJ/mol}$

ii.  $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{NO}(\text{g}) \quad \Delta H_2 = +182.6 \text{ kJ/mol}$

iii.  $4\text{NH}_3(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) = 4\text{NO}(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H_3 = -1164.8 \text{ kJ/mol}$

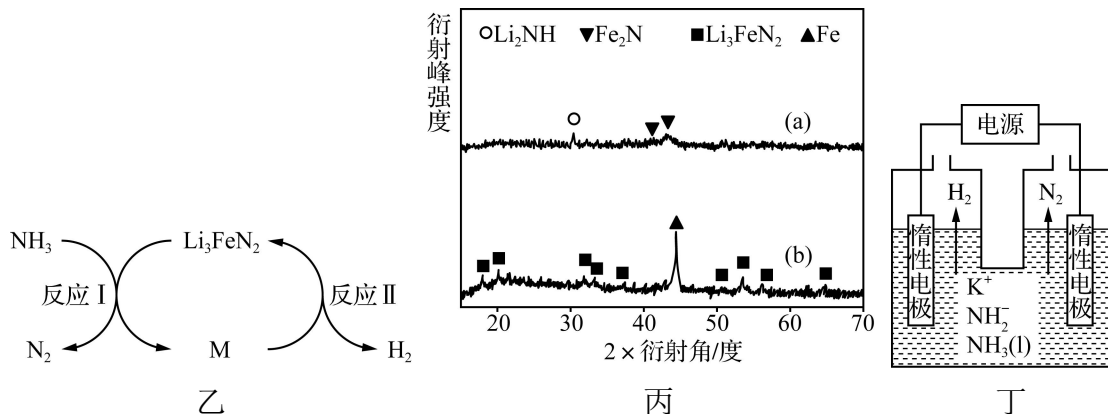
①该条件下，NH<sub>3</sub> 的燃烧热  $\Delta H =$  \_\_\_\_\_。

②在绝热容器中，将一定体积、不同组成比的 NH<sub>3</sub>、H<sub>2</sub> 混合气体在足量 O<sub>2</sub> 中燃烧，其他条件相同时，测得体系的最高温度和反应后 NO 的物质的量分数随 H<sub>2</sub> 含量的变化如图甲所示（反应后近平衡状态）。NO 的物质的量分数随 H<sub>2</sub> 含量先增大后减小的原因是\_\_\_\_\_。



甲

(2) 氨的催化分解。Li<sub>3</sub>FeN<sub>2</sub> 催化氨分解反应的原理如图乙所示。



①在 500 K 完成反应I后，用 X 射线衍射法判断残留固体 M 的组成，其 X 射线衍射图如图丙中(a)所示，该反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。

②在 723 K 完成反应II后，残留固体的 X 射线衍射图如图丙中(b)所示，单质 Fe 由 M 中的某物质分解生成。经该循环得到的 H<sub>2</sub> 与 N<sub>2</sub> 的物质的量之比  $\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{N}_2)}$  \_\_\_\_\_（填“>”“<”或“=”）3。



(3) 氨电解反应  $2\text{NH}_3 \xrightarrow{\text{通电}} \text{N}_2 \uparrow + 3\text{H}_2 \uparrow$  可用于制氢。相同条件下, 饱和氨水 ( $\text{NH}_3$  的质量分数为 34%) 的密度为  $0.90 \text{ g/cm}^3$ , 液氨的密度为  $0.77 \text{ g/cm}^3$ 。

① 电解含  $\text{KNH}_2$  的液氨溶液制  $\text{H}_2$  的装置如图丁所示, 电解时, 阳极反应式为\_\_\_\_\_。

② 氨燃料的性能可用“能量密度”来衡量, 能量密度 =  $\frac{\text{电解 } \text{NH}_3 \text{ 可释放出 } \text{H}_2 \text{ 的物质的量(mol)}}{\text{氨水或液氨的体积(L)}}$ , 则饱和氨水的能量密度为\_\_\_\_\_ (写出计算过程)。

③ 相比电解饱和氨水, 电解液氨法制  $\text{H}_2$  的优点是\_\_\_\_\_。

江苏模拟整合卷（一）

说明：本卷由 2024 年南通期末、南京期末、苏州期初等试卷中的好题整合而成。

可能用到的相对原子质量：H—1 C—12 N—14 O—16 S—32 K—39 Fe—56 Ag—108

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 2023 年是中国芯片产业突围之年。下列属于芯片中常用半导体材料的是( )

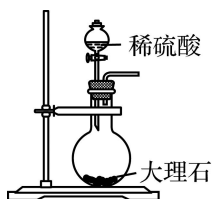


- A. 石墨                  B. 晶体硅  
C. 镁铝合金            D. 聚乙烯

2 氯碱工业的原理为  $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{通电}} 2\text{NaOH} + \text{H}_2 \uparrow + \text{Cl}_2 \uparrow$ 。下列说法正确的是( )

- A.  $\text{H}_2\text{O}$  的电子式为  $\text{H}^+[:\ddot{\text{O}}:]^{2-}\text{H}^+$                   B.  $\text{H}_2$  为极性分子  
C.  $\text{Cl}^-$  与  $\text{Na}^+$  具有相同的电子层结构                  D.  $\text{NaOH}$  中含离子键和共价键

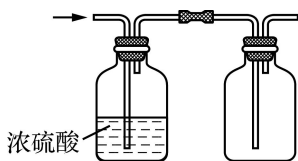
3 实验室以  $\text{CaCO}_3$  为原料，制备  $\text{CO}_2$  并获得  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  晶体。下列图示装置和原理能达到实验目的的是( )



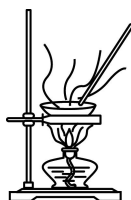
A. 制取  $\text{CO}_2$



B. 除去  $\text{CO}_2$  中的  $\text{HCl}$



C. 干燥并收集  $\text{CO}_2$



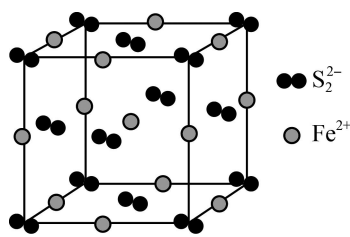
D. 蒸干溶液获得  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

4 金云母的化学式为  $\text{KMg}_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}\text{F}_x(\text{OH})_{(2-x)}$ ，下列说法正确的是( )

- A. 半径：  $r(\text{Mg}^{2+}) < r(\text{F}^-)$                   B. 非金属性：  $\text{O} < \text{Si}$   
C. 电离能：  $I_1(\text{Al}) < I_1(\text{K})$                   D. 碱性：  $\text{KOH} < \text{Mg}(\text{OH})_2$

阅读下列材料，完成 5~7 题：

铁及其化合物应用广泛。纳米铁粉可用于处理水中污染物，一定条件下，向  $\text{FeSO}_4$  溶液中滴加碱性  $\text{NaBH}_4$  溶液，生成纳米铁粉、 $\text{H}_2$  和  $[\text{B}(\text{OH})_4]^-$ ； $\text{Fe}_3\text{O}_4$  可用作锂离子电池的电极材料，电池工作时  $\text{Li}^+$  嵌入其中生成  $\text{LiFe}_3\text{O}_4$ ； $\text{FeS}_2$  可用于生产  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ，其一种晶胞结构如图 1 所示；铁氰化钾  $\{\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]\}$  遇  $\text{Fe}^{2+}$  发生反应生成特征蓝色沉淀  $\{\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]\}$ ，常用于检验  $\text{Fe}^{2+}$ 。



5 下列说法正确的是( )

- A. Fe 位于元素周期表的ⅧB 族
- B.  $\text{Fe}^{2+}$  转化为 Fe 得到的 2 个电子基态时填充在 3d 轨道上
- C.  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  中提供空轨道形成配位键的是  $\text{Fe}^{3+}$
- D.  $\text{FeS}_2$  晶体中每个  $\text{Fe}^{2+}$  周围距离最近且相等的  $\text{S}_2^{2-}$  数目为 8

6 铁及其化合物转化具有重要应用，下列表述不正确的是( )

A. 制备纳米铁粉的离子反应： $2\text{Fe}^{2+} + \text{BH}_4^- + 4\text{OH}^- \rightleftharpoons 2\text{Fe} \downarrow + 2\text{H}_2 \uparrow + [\text{B}(\text{OH})_4]^-$

B.  $\text{FeS}_2$  制硫酸过程中物质转化： $\text{FeS}_2(\text{s}) \xrightarrow[\text{高温}]{\text{O}_2(\text{g})} \text{SO}_2(\text{g}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}(\text{l})} \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$

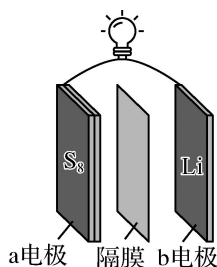
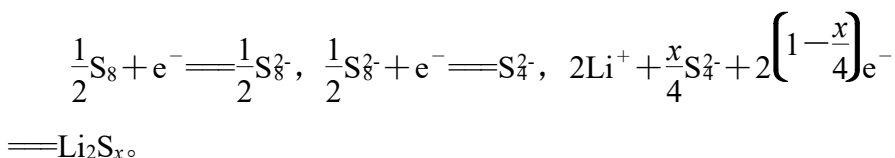
C.  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  晶体中嵌入  $\text{Li}^+$  形成  $\text{LiFe}_3\text{O}_4$  时，部分  $\text{Fe}^{3+}$  转化为  $\text{Fe}^{2+}$

D. 铁氰化钾检验  $\text{Fe}^{2+}$  的离子反应： $\text{K}^+ + \text{Fe}^{2+} + [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} \rightleftharpoons \text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6] \downarrow$

7 下列有关铁及其化合物的性质与用途具有对应关系的是( )

- A. 铁粉遇空气放热，可用于制作暖贴
- B.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  能与酸反应，可用于制作红色颜料
- C.  $\text{FeCl}_3$  溶液显酸性，可用于腐蚀印刷电路板上的铜
- D.  $\text{FeS}$  难溶于水，可用于去除废水中微量六价铬  $[\text{Cr}(\text{VI})]$

8 锂-硫电池因成本低、比能量高被寄予厚望。一种锂硫电池的结构如图所示，硫电极采用柔性聚丙烯石墨烯硫复合材料工作时，在硫电极发生反应：

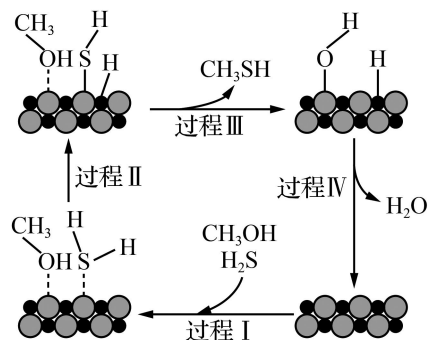


下列说法正确的是( )

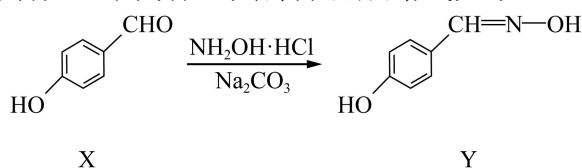
- A. 充电时， $\text{Li}^+$  从 b 电极向 a 电极迁移
- B. 放电时，外电路电子流动的方向是 a 电极  $\rightarrow$  b 电极
- C. 放电时正极反应为  $2\text{Li}^+ + \frac{x}{8}\text{S}_8 - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Li}_2\text{S}_x$
- D. 石墨烯的作用是增强硫电极导电性能

9 压强 0.7 MPa、温度 370 °C 下，化合物 WS<sub>2</sub> 催化反应  $\text{H}_2\text{S} + \text{CH}_3\text{OH} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_3\text{SH}$  可用于制备甲硫醇。下列说法正确的是( )

- A. 该反应的平衡常数  $K = \frac{c(\text{CH}_3\text{SH})}{c(\text{CH}_3\text{OH}) \cdot c(\text{H}_2\text{S})}$
- B. 过程 I 存在反应物吸附，S—H 没有断裂
- C. 图中 “●” 代表 S 原子
- D. 若用 CH<sub>3</sub>OD 代替 CH<sub>3</sub>OH，则生成 CH<sub>3</sub>SD



10 Y 是一种精细化工中间体，其部分合成路线如下：



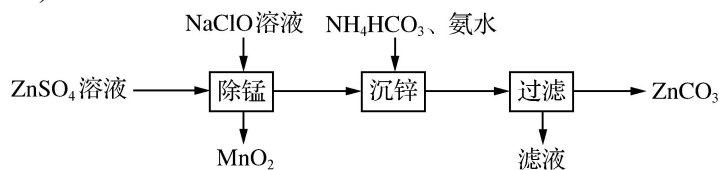
下列说法不正确的是( )

- A. X 能与 HCHO 发生缩聚反应
- B. X 含  $\overset{\delta+}{\text{C}} = \overset{\delta-}{\text{O}}$ ，能与 HCN 发生加成反应
- C. X 与足量 H<sub>2</sub> 加成的产物中含手性碳原子
- D. X → Y 转化中可能产生 Y 的顺反异构体

11 下列实验方案能达到探究目的的是( )

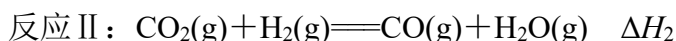
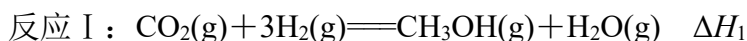
选项	探究目的	实验方案
A	酸性：CH <sub>3</sub> COOH > HCN	用 pH 计测量浓度均为 0.1 mol/L CH <sub>3</sub> COONa 溶液和 NaCN 溶液的 pH，比较溶液 pH 大小
B	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 具有氧化性	向 0.1 mol/L H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 溶液中滴加 0.1 mol/L KMnO <sub>4</sub> 溶液，观察溶液颜色变化
C	$K_{\text{sp}}(\text{AgI}) < K_{\text{sp}}(\text{AgCl})$	向盛有 3 mL 0.1 mol/L AgNO <sub>3</sub> 溶液的试管中滴加 2 滴 0.1 mol/L NaCl 溶液，振荡试管，再向试管中滴加 2 滴 0.1 mol/L KI 溶液，观察生成沉淀的颜色
D	提纯含有少量乙酸的乙酸乙酯	向含有少量乙酸的乙酸乙酯中加入过量 NaOH 溶液，振荡后静置分液

12 室温下,用含有少量  $\text{Mn}^{2+}$  的  $\text{ZnSO}_4$  溶液制备  $\text{ZnCO}_3$  的过程如下。下列说法正确的是( )



- A.  $\text{NaClO}$  溶液中:  $c(\text{Na}^+) = c(\text{ClO}^-) + c(\text{OH}^-)$
- B.  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  溶液中:  $c(\text{OH}^-) + c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = c(\text{H}^+) + c(\text{H}_2\text{CO}_3) + c(\text{CO}_3^{2-})$
- C. “过滤”所得滤液中:  $c(\text{NH}_4^+) + c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) > c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{H}_2\text{CO}_3) + c(\text{CO}_3^{2-})$
- D. “过滤”所得滤液中:  $\frac{c(\text{CO}_3^{2-})}{c^2(\text{OH}^-)} < \frac{K_{\text{sp}}(\text{ZnCO}_3)}{K_{\text{sp}}[\text{Zn}(\text{OH})_2]}$

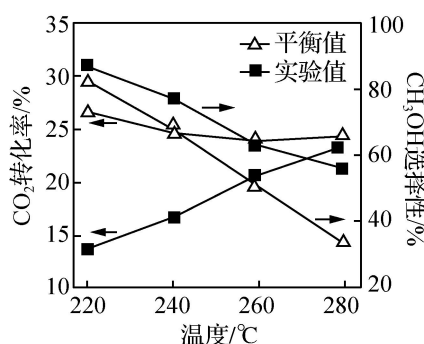
13  $\text{CO}_2$  催化加氢合成  $\text{CH}_3\text{OH}$  能实现碳的循环利用。一定压强下,  $1 \text{ mol CO}_2$  与  $3 \text{ mol H}_2$  在密闭容器中发生的主要反应如下:



反应相同时间,测得不同温度下  $\text{CO}_2$  转化率和  $\text{CH}_3\text{OH}$  选择性如图实验值所示。图中平衡值表示在相同条件下达到平衡状态时  $\text{CO}_2$  转化率和  $\text{CH}_3\text{OH}$  选择性

随温度的变化 [ $\text{CH}_3\text{OH}$  选择性 =  $\frac{n_{\text{生成}}(\text{CH}_3\text{OH})}{n_{\text{消耗}}(\text{CO}_2)} \times 100\%$ ]。下列说法不正确的是

( )



- A. 该测定实验体系未达到化学平衡状态
- B. 相同条件下,压缩容器容积能提高  $\text{CO}_2$  转化率的实验值
- C. 相同温度下,  $\text{CH}_3\text{OH}$  选择性的实验值大于平衡值,说明反应 I 的速率大于反应 II
- D.  $260 \sim 280^\circ\text{C}$ ,  $\text{CO}_2$  转化率平衡值随温度升高而增大,说明随温度升高反应 I 平衡正向移动的程度大于反应 II 平衡逆向移动的程度

二、非选择题：共4题，共61分。

14 (15分)  $\text{V}_2\text{O}_5\text{-WO}_3/\text{TiO}_2$  催化剂可以催化  $\text{NH}_3$  脱除烟气中的  $\text{NO}$ 。

反应： $4\text{NO}(\text{g})+4\text{NH}_3(\text{g})+\text{O}_2(\text{g})\rightleftharpoons 4\text{N}_2(\text{g})+6\text{H}_2\text{O}(\text{g})$   $\Delta H=-1\,632.4\text{ kJ/mol}$

已知：① $K_{\text{sp}}(\text{NH}_4\text{VO}_3)=1.7\times 10^{-3}$ ；②草酸( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ )能与含钒粒子形成易溶于水的配合物。

(1) 催化剂的制备。称取一定量的  $\text{NH}_4\text{VO}_3$  和  $\text{Na}_2\text{WO}_4$ ，加入草酸溶液完全溶解。取一定量的  $\text{TiO}_2$  粉末浸渍于上述混合溶液中，在  $60\text{ }^\circ\text{C}$  水浴中搅拌、静置、过滤、焙烧、研磨后得到  $\text{V}_2\text{O}_5\text{WO}_3/\text{TiO}_2$  催化剂。

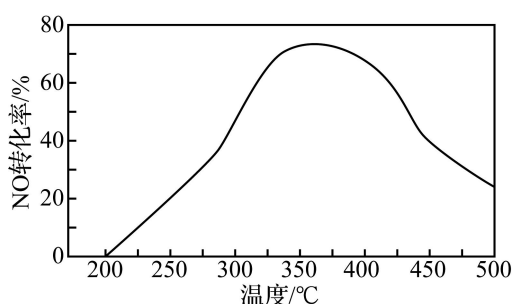
①焙烧时  $\text{NH}_4\text{VO}_3$  分解产生  $\text{V}_2\text{O}_5$  的化学方程式为\_\_\_\_\_。

② $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  的作用是\_\_\_\_\_。

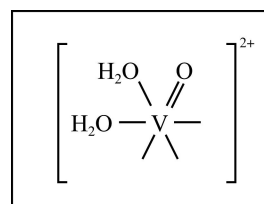
(2) 催化剂的应用。将模拟烟气以一定流速通过装有  $\text{V}_2\text{O}_5\text{-WO}_3/\text{TiO}_2$  催化剂的反应管，反应相同时间，测得  $\text{NO}$  的转化率随温度的变化如图甲所示。

①反应温度高于  $350\text{ }^\circ\text{C}$ ， $\text{NO}$  转化率下降的原因可能是\_\_\_\_\_。

②若烟气中含有  $\text{SO}_2$ ，则会导致催化剂失活，原因可能是\_\_\_\_\_。

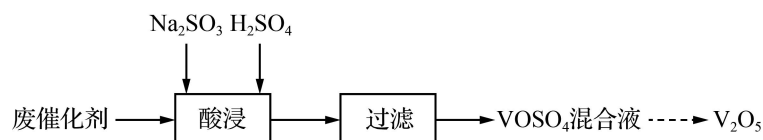


甲



乙

(3)  $\text{V}_2\text{O}_5$  的回收。回收  $\text{V}_2\text{O}_5$  的过程可表示如下：

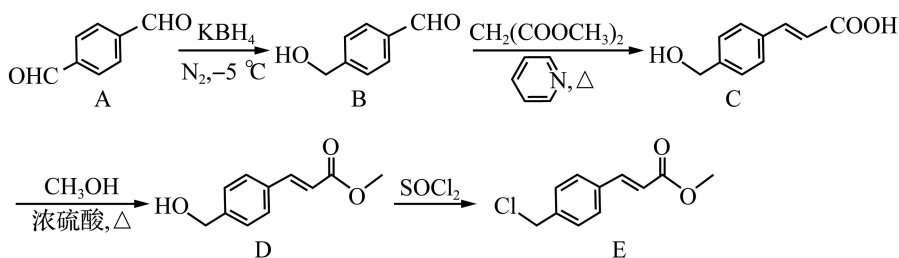


①酸浸时，投料完成后提高原料浸出率的措施有\_\_\_\_\_。

②酸浸过程中， $\text{V}_2\text{O}_5$  转化成  $\text{VO}^{2+}$ ，该反应的离子方程式为\_\_\_\_\_。

③水溶液中  $\text{VO}^{2+}$  以  $[\text{VO}(\text{H}_2\text{O})_5]^{2+}$  形式存在，如图乙所示给出了该离子部分结构，请在图中补充完整该配离子的结构。

15 (15 分) 帕比司他是治疗某些恶性肿瘤的药物, 其中间体 E 的合成路线如下:



- (1) A  $\rightarrow$  B 的反应类型为\_\_\_\_\_。
- (2) B 分子中碳原子的杂化轨道类型为\_\_\_\_\_。
- (3) B  $\rightarrow$  C 的反应需经历 B  $\rightarrow$  M  $\rightarrow$  ...  $\rightarrow$  C 的过程, 中间体 M 的分子式为  $C_{13}H_{16}O_6$ , 该中间体的结构简式为\_\_\_\_\_。
- (4) D 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: \_\_\_\_\_。

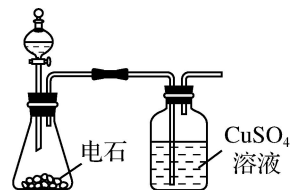
①分子中含有 4 种不同化学环境的氢原子; ②碱性条件下水解, 酸化后得到 2 种产物, 其中 1 种产物含苯环和 2 种含氧官能团, 且能发生银镜反应。

- (5) 设计以  $CH_3CH_2CH_2Cl$  和丙二酸二甲酯  $[CH_2(COOCH_3)_2]$  为原料制备  $CH_3CH=CHCOOH$  的合成路线流程图 (无机试剂和有机溶剂任用, 合成路线示例流程图见本题题干)。

16 (15 分) 学习小组利用废银催化剂制备乙炔银 ( $Ag_2C_2$ ) 和酸性乙炔银 ( $Ag_2C_2 \cdot nAgNO_3$ )。已知乙炔银和酸性乙炔银在受热时均易发生分解。

- (1) 制取乙炔。利用如图装置制取纯净的乙炔。

①电石与水反应剧烈, 为减缓反应速率, 在不改变电石用量和大小, 可采取的措施有\_\_\_\_\_



\_\_\_\_\_ (写两点)。

②电石主要含  $CaC_2$ , 还含有  $CaS$  等杂质。洗气瓶中  $CuSO_4$  溶液的作用是\_\_\_\_\_。

- (2) 制备乙炔银。向含有  $Ag(NH_3)_2OH$  的溶液中通入乙炔可得到乙炔银沉淀。

①写出生成乙炔银的化学方程式: \_\_\_\_\_。

②补充完整制取乙炔银固体的实验方案: 将废银催化剂分批加入浓硝酸中, 采用空气搅拌, 用稀硝酸和氢氧化钠溶液先后吸收反应产生的废气, 过滤除去不溶物, \_\_\_\_\_

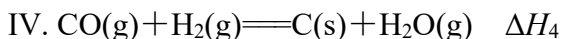
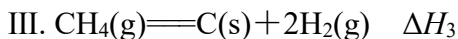
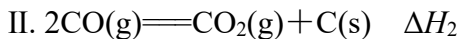
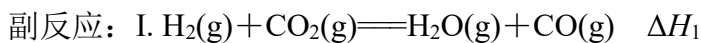
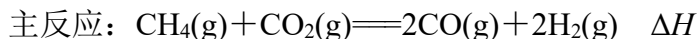
将  $\text{Ag}_2\text{C}_2$  转入棕色试剂瓶中（实验中须使用的试剂： $\text{C}_2\text{H}_2$ 、2%氨水、去离子水）。

(3) 制备酸性乙炔银并测定其组成。将乙炔通入硝酸银溶液中可制得酸性乙炔银。反应原理为  $\text{C}_2\text{H}_2 + (n+2)\text{AgNO}_3 = \text{Ag}_2\text{C}_2 \cdot n\text{AgNO}_3 \downarrow + 2\text{HNO}_3$ 。准确称取 1.260 g 样品，用浓硝酸完全溶解后，定容得 200 mL 溶液，取 20.00 mL 于锥形瓶中，以  $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$  作指示剂，用 0.050 0 mol/L  $\text{NH}_4\text{SCN}$  标准溶液进行滴定( $\text{Ag}^+ + \text{SCN}^- = \text{AgSCN} \downarrow$ )，终点时消耗标准溶液的体积为 16.00 mL。滴定终点的现象为\_\_\_\_\_。

通过计算确定  $n$  的数值（写出计算过程）。



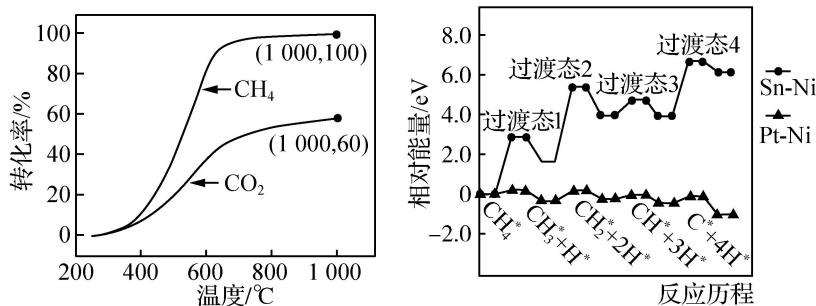
17 (16分) “碳达峰、碳中和”是我国社会发展重大战略之一。 $\text{CH}_4$ 与 $\text{CO}_2$ 经催化重整可制得 $\text{CO}$ 和 $\text{H}_2$ ,相关反应如下:



其中,副反应II、III、IV形成的积碳易导致催化剂活性降低。

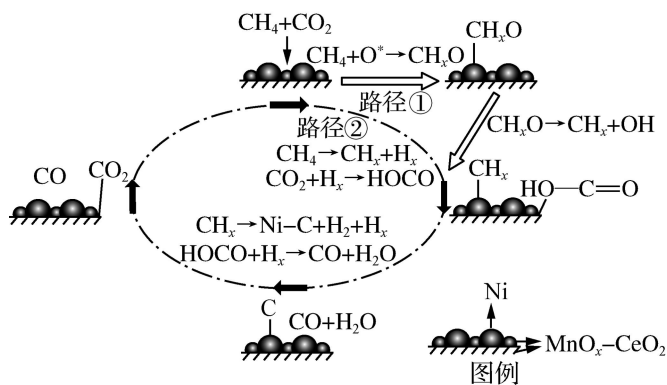
(1) 主反应的 $\Delta H =$ \_\_\_\_\_。

(2)  $\text{CH}_4$ 的还原能力( $R$ )可衡量 $\text{CO}_2$ 转化效率,  $R = \frac{\Delta n(\text{CO}_2)}{\Delta n(\text{CH}_4)}$  (同一时段内 $\text{CO}_2$ 与 $\text{CH}_4$ 的物质的量变化量之比)。常压下,将 $\text{CH}_4$ 和 $\text{CO}_2$ 按物质的量之比1:3投料,反应相同时间, $\text{CH}_4$ 和 $\text{CO}_2$ 的转化率随温度变化如图甲所示。



甲

乙



丙

① $\text{CH}_4$ 的转化率在 $800^\circ\text{C}$ 时远大于 $400^\circ\text{C}$ 时的原因是\_\_\_\_\_。

② $400 \sim 600^\circ\text{C}$ 时, $R$ 值的变化情况为\_\_\_\_\_。

③ $1000^\circ\text{C}$ 时 $R$ 值为\_\_\_\_\_ (写出计算过程)。

(3)  $\text{CH}_4$  在 Pt-Ni 合金或 Sn-Ni 合金催化下脱氢反应历程与相对能量关系如图乙所示 (\*表示吸附在催化剂表面的物质)。从化学反应速率角度分析,脱氢反应选择的催化剂为\_\_\_\_\_ (填“Pt-Ni 合金”或“Sn-Ni 合金”),理由是\_\_\_\_\_。

(4)  $\text{Ni}/6\text{MnO}_x\text{-CeO}_2$  催化  $\text{CH}_4$  与  $\text{CO}_2$  重整反应的路径①和②如图丙所示。研究表明,在催化剂  $\text{Ni}/\text{CeO}_2$  中掺入  $\text{MnO}_x$  可产生更多的氧空位,生成更多的可流动  $\text{O}^*$ ,能有效减少催化剂的积碳生成。

①路径①中生成的不同于路径②的中间产物为\_\_\_\_\_ (填化学式)。

②反应路径中,减少催化剂积碳的反应为\_\_\_\_\_。

说明:本卷由2024年扬州期末、常州期末、如皋适应性考试(二)等试卷中的好题整合而成。

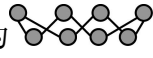
可能用到的相对原子质量: H—1 B—11 N—14 O—16 S—32  
Cl—35.5 Ga—70

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 近日,科学家研制出了由石墨烯(结构模型如图所示)材料制成的功能性半导体。这主要是利用了石墨烯的( )

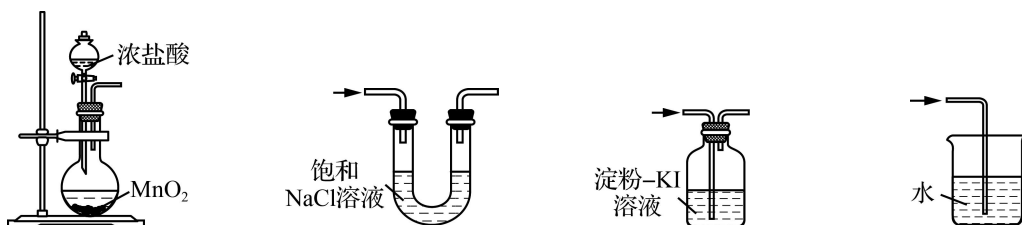
- A. 导电性 B. 导热性  
C. 高熔点 D. 高沸点



2 催化热解  $\text{H}_2\text{S}$  可同时回收  $\text{S}_8$  (结构为 ) 和  $\text{H}_2$ 。下列说法正确的是( )

- A. 中子数为17的硫原子为  $^{17}\text{S}$  B.  $\text{H}_2\text{S}$  的电子式为   
C.  $\text{S}_8$  固态时为共价晶体 D.  $\text{H}_2$  分子中含有 p-p  $\sigma$  键

3 下列制取、净化  $\text{Cl}_2$ 、验证其氧化性并进行尾气吸收的装置和原理能达到实验目的的是( )



- A. 制取  $\text{Cl}_2$  B. 除去  $\text{HCl}$  C. 验证  $\text{Cl}_2$  的氧化性 D. 吸收尾气

4 臭氧( $\text{O}_3$ )在  $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$  催化下能将烟气中的  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  分别氧化为  $\text{SO}_4^{2-}$  和  $\text{NO}_3^-$ 。下列关于 N、O、S、Fe 元素及其化合物的说法正确的是( )

- A. 原子半径:  $\text{N} > \text{O} > \text{S}$  B. 第一电离能:  $I_1(\text{N}) > I_1(\text{O}) > I_1(\text{S})$   
C. 沸点:  $\text{H}_2\text{S} > \text{H}_2\text{O} > \text{NH}_3$  D. 电负性:  $\chi(\text{Fe}) < \chi(\text{O}) < \chi(\text{N})$

阅读下列材料，完成 5~8 题：

CO<sub>2</sub> 的综合利用具有重要意义。CO<sub>2</sub> 的捕集方法众多，可以形成 NaHCO<sub>3</sub>、(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>、尿素[CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>]等重要化合物，CO<sub>2</sub> 还可以催化转化为高附加值化学品 CO、CH<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH、HCOOH 等。如用镍基催化剂催化电解 CO<sub>2</sub> 可得到 CH<sub>4</sub>，CO<sub>2</sub>(g)和 H<sub>2</sub>(g)反应生成 1 mol C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH(l)和 3 mol H<sub>2</sub>O(l)可放出 221.6 kJ 的热量。

5 下列说法不正确的是( )

- A. CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> 与 NH<sub>4</sub>CNO 互为同素异形体
- B. CO<sub>2</sub> 属于含有极性共价键的非极性分子
- C. 基态 Ni 的电子排布式为 1s<sup>2</sup>2s<sup>2</sup>2p<sup>6</sup>3s<sup>2</sup>3p<sup>6</sup>3d<sup>8</sup>4s<sup>2</sup>
- D. 可通过 X 射线衍射实验比较 CH<sub>4</sub> 和 CO<sub>2</sub> 的键角大小

6 下列有关反应原理表述正确的是( )

- A. 侯氏制碱法中制备 NaHCO<sub>3</sub>：NaCl + NH<sub>3</sub> + CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O = NaHCO<sub>3</sub> + NH<sub>4</sub>Cl ↓
- B. 碱性条件下催化电解 CO<sub>2</sub> 制 CH<sub>4</sub> 的阴极反应：CO<sub>2</sub> + 8e<sup>-</sup> + 6H<sub>2</sub>O = CH<sub>4</sub> + 8OH<sup>-</sup>
- C. 使用催化剂可降低 CO<sub>2</sub> 与 H<sub>2</sub> 合成 C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH 的活化能，从而增大反应的 ΔH
- D. 载人飞船中常用 LiOH 固体吸收 CO<sub>2</sub> 而不用 KOH 固体是由于 LiOH 碱性更强

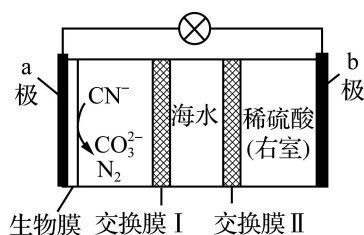
7 下列物质结构与性质或物质性质与用途具有对应关系的是( )

- A. (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 受热易分解，可用作化肥
- B. CH<sub>4</sub> 性质稳定，可作为燃料电池的燃料
- C. C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH 与水分子之间形成氢键，医用酒精可使蛋白质变性
- D. CO 可与血红蛋白中的 Fe<sup>2+</sup> 以配位键结合，CO 会引起人体中毒

8 固载 Ru 基催化剂催化反应 CO<sub>2</sub>(g) + H<sub>2</sub>(g) = HCOOH(g) 是实现 CO<sub>2</sub> 资源化的重要途径。将一定比例的 CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub> 的混合气体以一定流速通过装有催化剂的反应器，在反应器出口处检测到大量 CO，其选择性高达 90%。下列说法不正确的是( )

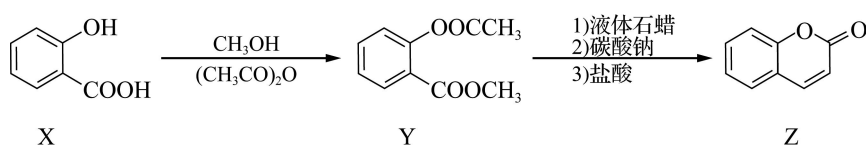
- A. HCOOH 既有酸性，又有还原性
- B. 该反应的平衡常数  $K = \frac{c(\text{HCOOH})}{c(\text{CO}_2) \cdot c(\text{H}_2)}$
- C. 该反应中每消耗 1 mol H<sub>2</sub>，转移电子的数目约为  $2 \times 6.02 \times 10^{23}$
- D. 该反应可能经历了以下过程：① CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub> = CO + H<sub>2</sub>O、② CO + H<sub>2</sub>O = HCOOH，且反应①的活化能大于反应②

9 用如图所示的新型电池可以处理含  $\text{CN}^-$  的碱性废水，同时还可以淡化海水。下列说法正确的是( )



- A. a 极电极反应式： $2\text{CN}^- + 10\text{e}^- + 12\text{OH}^- = 2\text{CO}_3^{2-} + \text{N}_2 \uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$
- B. 电池工作一段时间后，右室溶液的 pH 减小
- C. 交换膜 I 为阳离子交换膜，交换膜 II 为阴离子交换膜
- D. 若将含有 26 g  $\text{CN}^-$  的废水完全处理，理论上可除去 NaCl 的质量为 292.5 g

10 某抗凝血作用的药物 Z 可用下列反应合成。下列说法不正确的是( )

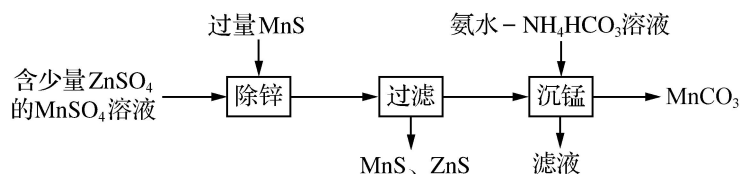


- A. 1 mol X 与溴水反应，最多消耗 2 mol  $\text{Br}_2$
- B. 1 mol Y 水解，最多能消耗 3 mol NaOH
- C. Z 分子中所有碳原子均处于同一平面上
- D. 可用  $\text{KMnO}_4$  溶液检验产品 Z 中是否含有 X

11  $25^\circ\text{C}$ ，探究  $0.1\text{ mol/L KHC}_2\text{O}_4$  溶液的性质。下列实验方案能达到探究目的的是( )

选项	探究目的	实验方案
A	钾元素的焰色试验	用洁净的铂丝蘸取溶液在酒精灯火焰上灼烧，观察火焰的颜色
B	$\text{HC}_2\text{O}_4^-$ 是否有还原性	向 2 mL $\text{KHC}_2\text{O}_4$ 溶液中滴加氯水，再滴入 $\text{AgNO}_3$ 溶液，观察是否有白色沉淀产生
C	$\text{HC}_2\text{O}_4^-$ 是否水解	向 2 mL $\text{KHC}_2\text{O}_4$ 溶液中滴加 2~3 滴酚酞试液，观察溶液颜色的变化
D	比较溶液中 $c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$ 与 $c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$ 的大小	用 pH 计测量 $0.1\text{ mol/L KHC}_2\text{O}_4$ 溶液的 pH

12 室温下,用含少量  $\text{ZnSO}_4$  杂质的  $1\text{ mol/L MnSO}_4$  溶液制备  $\text{MnCO}_3$  的过程如下图所示。下列说法正确的是( )

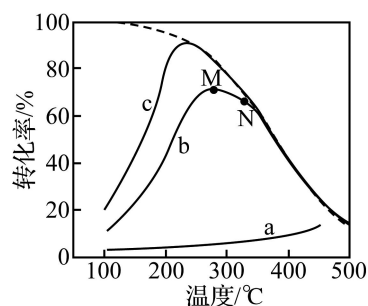


已知:  $K_{\text{sp}}(\text{MnS}) = 2 \times 10^{-10}$ 、 $K_{\text{sp}}(\text{ZnS}) = 2 \times 10^{-24}$ 、 $K_{\text{b}}(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 2 \times 10^{-5}$ ;  
 $K_{\text{a1}}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 4 \times 10^{-7}$ 、 $K_{\text{a2}}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 5 \times 10^{-11}$ 。

- A. “除锌”后所得上层清液中,  $c(\text{Zn}^{2+})$  一定小于  $1 \times 10^{-5}\text{ mol/L}$
- B.  $0.1\text{ mol/L NH}_4\text{HCO}_3$  溶液中存在:  $c(\text{H}^+) + c(\text{H}_2\text{CO}_3) = c(\text{OH}^-) + c(\text{CO}_3^{2-})$
- C. 氨水  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  溶液中存在:  $c(\text{NH}_4^+) < 2c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{HCO}_3^-)$
- D. “沉锰”后的滤液中存在:  $c(\text{NH}_4^+) + c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 2c(\text{SO}_4^{2-})$

13 为研究反应  $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$  在不同条件下  $\text{NO}$  的转化率,向恒压反应器中通入含一定浓度  $\text{NO}$  与  $\text{O}_2$  的气体,在无催化剂和有催化剂存在时,分别测得不同温度下反应器出口处  $\text{NO}$  的转化率如图中曲线 a、b 所示(图中虚线表示相同条件下  $\text{NO}$  的平衡转化率随温度的变化)。下列说法正确的是( )

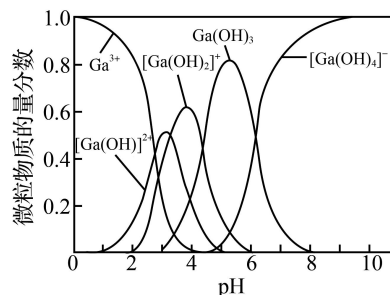
- A. 反应的  $\Delta H > 0$
- B. 曲线 a 中  $\text{NO}$  转化率随温度升高而增大,是由于催化剂的活性增强
- C. 曲线 b 中从 M 点到 N 点,  $\text{NO}$  转化率随温度升高而减小,是由于反应速率减慢
- D. 催化剂存在时,其他条件不变,增大气体中  $c(\text{O}_2)$ ,  $\text{NO}$  转化率随温度的变化为曲线 c



## 二、非选择题：共 4 题，共 61 分。

14 (15 分) 镓( $_{31}\text{Ga}$ )及其化合物在半导体、光电材料等领域有广泛应用。

(1) 以酸性含  $\text{Ga}^{3+}$  溶液 (含少量  $\text{Zn}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ ) 为原料通过除杂等一系列操作制得粗镓，粗镓经过电解精制得高纯镓。体系中含镓微粒的物质的量分数随 pH 的关系如图甲所示。



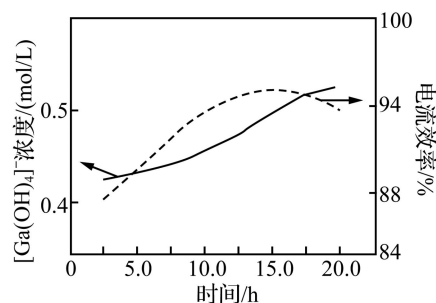
甲

已知:  $K_{\text{sp}}[\text{Ga}(\text{OH})_3] = 1 \times 10^{-35}$ 。

①基态 Ga 的简化电子排布式为\_\_\_\_\_。

②“除杂”包括加入 NaOH 溶液调节 pH、加入足量  $\text{Na}_2\text{S}$  除去  $\text{Zn}^{2+}$  和  $\text{Cu}^{2+}$ 、过滤等步骤。调节溶液 pH 的目的为\_\_\_\_\_。

③“电解精炼”时，以粗镓为阳极、含  $[\text{Ga}(\text{OH})_4]^-$  的碱性溶液为电解液，阴极析出镓的电极反应式为\_\_\_\_\_；阴极同时有少量气体产生。测得电解过程溶液中镓浓度与电流效率 ( $\eta = \frac{\text{生成镓转移的电子数}}{\text{电解池转移的电子总数}}$ ) 随时间的变化如图乙所示。反应 15 h 后， $\eta$  降低的原因是\_\_\_\_\_。

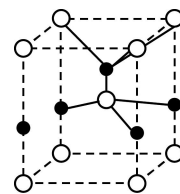


乙

(2) GaN 具有优异的光电性能，可由  $\text{NH}_3$  与  $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$  发生反应制得。

①制得 GaN 时生成一种有机物的化学式为\_\_\_\_\_。

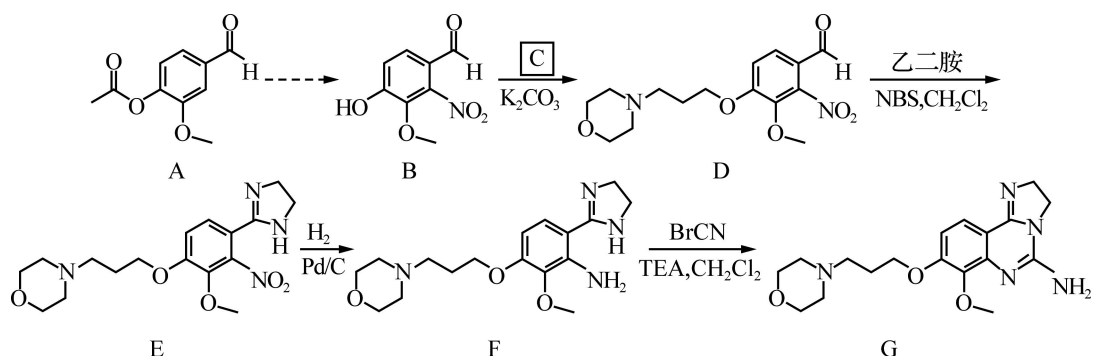
②GaN 的一种晶胞如图丙所示。晶体中距离 Ga 最近且相等的 N 的数目为\_\_\_\_\_。



丙

③准确称取 0.200 0 g GaN 样品，加入 NaOH 溶液，加热使固体充分溶解，用足量  $\text{H}_3\text{BO}_3$  溶液吸收产生的  $\text{NH}_3$ 。向吸收液中滴加指示剂，用 0.100 0 mol/L 盐酸滴定至终点，消耗盐酸 23.80 mL。过程中涉及反应:  $\text{NH}_3 + \text{H}_3\text{BO}_3 = \text{NH}_3 \cdot \text{H}_3\text{BO}_3$ ;  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_3\text{BO}_3 + \text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_3\text{BO}_3$ ，计算 GaN 样品的纯度 (写出计算过程)。

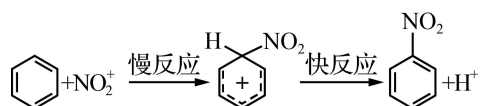
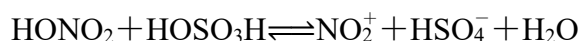
15 (15 分) 化合物 G 是合成一种激酶抑制剂的中间体, 其合成路线如下:



(1) 反应 A  $\rightarrow$  B 涉及的反应物有: a. KOH 溶液; b. 盐酸; c. 浓硝酸、浓硫酸。

①加入反应物的正确顺序是: c、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_ (填字母)。

②硝化反应的机理可表示如下:



反应中浓硫酸的作用是\_\_\_\_\_。

(2) C 的分子式为  $\text{C}_7\text{H}_{14}\text{ONCl}$ , 结构简式为\_\_\_\_\_。

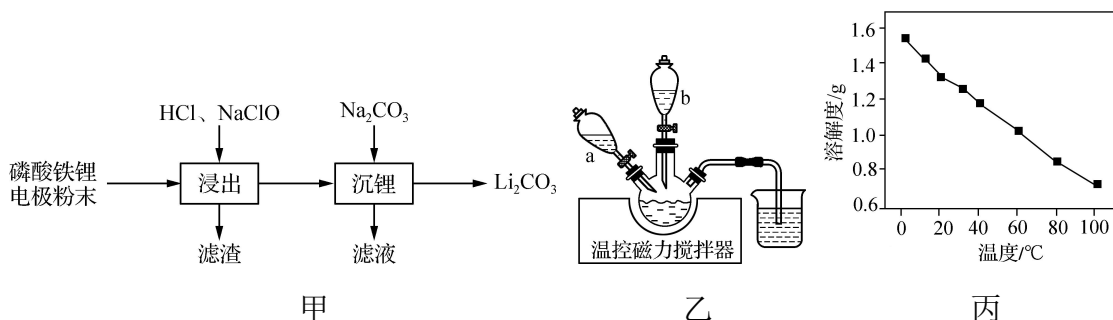
(3) 已知:  $\text{—NH}_2 + \text{BrCN} \rightarrow \text{—NH—CN} + \text{HBr}$ , TEA 为  $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}$ , 能促进该反应的进行。 $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}$  能促进反应进行的原因是\_\_\_\_\_。

(4) 写出同时满足下列条件的 A 的一种同分异构体的结构简式: \_\_\_\_\_。碱性条件水解后酸化生成两种产物, 产物之一能与  $\text{FeCl}_3$  溶液发生显色反应, 两种产物的核磁共振氢谱中都有 2 个峰。

(5) 写出以 、 为原料制备 的合成路线流程图 (无机试剂和有机溶剂任用)。



16 (15 分) 实验室以废旧磷酸铁锂( $\text{LiFePO}_4$ )电极粉末为原料回收  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ , 其实验过程如图甲。



(1) 以盐酸次氯酸钠体系选择性浸出锂。将 2 g 磷酸铁锂加入三颈烧瓶中(装置见图乙), 分液漏斗 a 装有 0.6 mol/L 盐酸、b 中装有 0.8 mol/L  $\text{NaClO}$  溶液。控制 25  $^{\circ}\text{C}$ , 依次将两种溶液加入三颈烧瓶, 充分反应 30 min 后, 过滤。

已知: 常温时,  $K_{a1}(\text{H}_3\text{PO}_4)=7.5\times 10^{-3}$ ,  $K_{a2}(\text{H}_3\text{PO}_4)=6.2\times 10^{-8}$ ,  $K_{a3}(\text{H}_3\text{PO}_4)=2.2\times 10^{-13}$ ,  $K_{sp}(\text{FePO}_4)=1.3\times 10^{-22}$ 。

①实验时应先打开分液漏斗\_\_\_\_\_ (填“a”或“b”)。

②浸出后过滤所得滤渣主要成分为  $\text{FePO}_4$ 。写出  $\text{LiFePO}_4$  转化为  $\text{FePO}_4$  的离子方程式: \_\_\_\_\_。

③控制原料  $n(\text{LiFePO}_4):n(\text{HCl}):n(\text{NaClO})=1:1.3:0.6$ , 锂的浸出率为 95.59%。若提高盐酸用量, 可使锂浸出率达 99% 以上, 但同时可能存在的缺陷有 \_\_\_\_\_。

(2) 用碳酸钠作沉淀剂从浸出液中回收碳酸锂。有同学建议用“侯氏制碱法”的原理制备  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ 。查阅资料发现文献对常温下的  $\text{LiHCO}_3$  有不同的描述:

i. 白色固体; ii. 尚未从溶液中分离出来。

为探究  $\text{LiHCO}_3$  的性质, 将饱和  $\text{LiCl}$  溶液与饱和  $\text{NaHCO}_3$  溶液等体积混合, 起初无明显变化, 随后溶液变浑浊并伴有气泡冒出, 最终生成白色沉淀。

①上述现象说明, 在该实验条件下  $\text{LiHCO}_3$ \_\_\_\_\_ (填“稳定”或“不稳定”)。

②实验中发生反应的离子方程式为\_\_\_\_\_。

(3) 盐湖提盐后的浓缩卤水(含  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Li}^+$ 、 $\text{Cl}^-$  和少量  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ ) 也常用作制备  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  的重要原料。

已知: 常温时,  $\text{Li}_2\text{SO}_4$  的溶解度为 34.8 g,  $K_{sp}(\text{CaCO}_3)=2.8\times 10^{-9}$ ,  $K_{sp}(\text{CaSO}_4)=9.1\times 10^{-6}$ ,  $K_{sp}(\text{Li}_2\text{CO}_3)=2.5\times 10^{-2}$ ,  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  的溶解度曲线如图丙所示。

为获得较高产率和纯度的  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ , 请补充完整实验方案: 向浓缩卤水中边搅拌边缓慢添加石灰乳, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_, 洗涤, 低温烘干。

[Mg(OH)<sub>2</sub> 完全沉淀 pH=10.9, 可选用的试剂: 饱和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 溶液、饱和 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 溶液、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 固体、蒸馏水]

17 (16 分) 二氧化碳的综合利用具有重要意义。

(1) 工业上以 CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 为原料可以制取合成气 (CO 和 H<sub>2</sub>)。

① 已知 CH<sub>4</sub>、H<sub>2</sub>、CO 的燃烧热分别为 890.3 kJ/mol、285.8 kJ/mol、283 kJ/mol, 则反应 CH<sub>4</sub>(g)+CO<sub>2</sub>(g)═2CO(g)+2H<sub>2</sub>(g)的ΔH=\_\_\_\_\_。

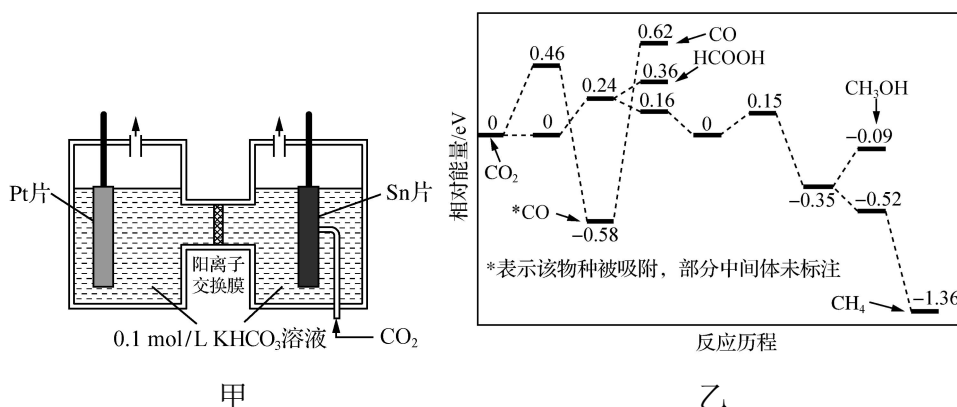
② 将 CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 以体积比 1:1 混合后, 通过装有催化剂的反应管。下列措施有利于提高 CH<sub>4</sub> 转化率的是\_\_\_\_\_ (填字母)。

- a. 将反应管控制在催化剂的最大活性温度范围内
- b. 延长混合气体通过反应管的时间
- c. 向反应管中加入少量炭粉

(2) 电解法转化 CO<sub>2</sub> 可实现 CO<sub>2</sub> 资源化利用。电解 CO<sub>2</sub> 制 HCOOH 的原理如图甲所示。

① 写出阴极 CO<sub>2</sub> 还原为 HCOO<sup>-</sup> 的电极反应式:\_\_\_\_\_。

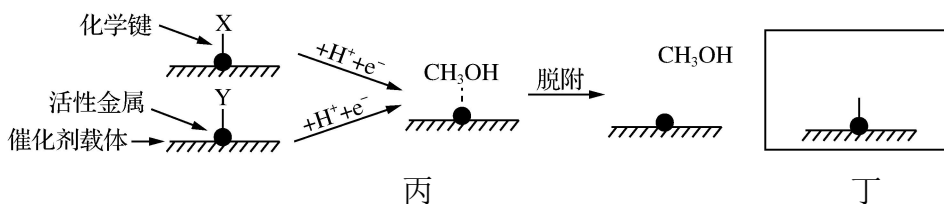
② 电解一段时间后, 阳极区的 KHCO<sub>3</sub> 溶液浓度降低, 其原因是\_\_\_\_\_。



(3) 一种负载活性金属原子催化剂可催化还原 CO<sub>2</sub>, 在催化剂表面的物质相对能量与反应历程的关系如图乙所示。

① 反应中催化剂的活性会因为生成 CO 的不断增多而逐渐减弱, 原因是\_\_\_\_\_。

② CH<sub>3</sub>OH 可由中间体 X 或 Y 经过如图丙所示 2 步转化得到。X 和 Y 的组成相同, 催化剂载体中的活性金属带正电性, Y 与活性金属结合后的相对能量低于 X。在图丁方框内画出 Y 的结构简式。



说明:本卷由2024年南通二模、苏锡常镇调研一、泰州调研等试卷中的好题整合而成。

可能用到的相对原子质量: H—1 C—12 N—14 O—16 S—32  
Cl—35.5 Cu—64

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 下列中国古代文物中,主要由硅酸盐材料制成的是( )



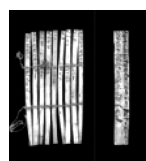
A. 青花碗



B. 铜奔马



C. 素纱禅衣

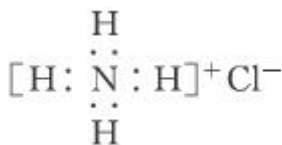


D. 竹筒牍

2 反应  $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaNO}_2 \xrightarrow{\Delta} \text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{N}_2 \uparrow$  可用于制备少量氮气。下列说法正确的是( )

A. 基态 Cl 原子的电子排布式:  $3s^2 3p^5$

B.  $\text{H}_2\text{O}$  的 VSEPR 模型: V 形



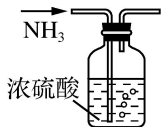
C.  $\text{NH}_4\text{Cl}$  的电子式:

D. 固态  $\text{N}_2$  的晶体类型: 分子晶体

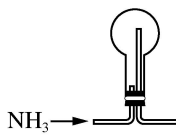
3 实验室利用下列装置进行氨气或氨水的有关实验,能够达到实验目的的是( )



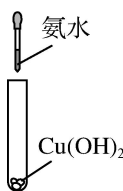
A. 制取  $\text{NH}_3$



B. 干燥  $\text{NH}_3$



C. 收集  $\text{NH}_3$



D. 制  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$  溶液

4  $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  可用作净水剂、媒染剂等。下列说法正确的是( )

A. 电负性:  $\chi(\text{N}) > \chi(\text{O})$

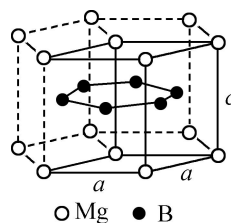
B. 原子半径:  $r(\text{Al}) > r(\text{N})$

C. 第一电离能:  $I_1(\text{S}) > I_1(\text{O})$

D. 热稳定性:  $\text{H}_2\text{S}(\text{g}) > \text{H}_2\text{O}(\text{g})$

阅读下列材料，完成 5~7 题：

硼及其化合物应用广泛。硼可用镁热还原  $B_2O_3$  制备，晶体硼硬度与金刚石相近。B 与 Mg 形成超导材料 X，B 层与 Mg 层交替排列，结构如图。 $BF_3$  水解生成强酸  $HBF_4$  和弱酸  $H_3BO_3$ 。乙硼烷( $B_2H_6$ )的标准燃烧热为 2 165 kJ/mol。 $B_2H_6$  与氨气可生成氨硼烷( $H_3NBH_3$ )，氨硼烷水解脱氢得  $NH_4BO_2$ ， $NaBH_4$  与  $NH_4Cl$  反应也能生成氨硼烷。 $NaBH_4$  能将醛、酮转化为相应的醇。



5 下列说法不正确的是( )

- A. 晶体硼为共价晶体                      B.  $BH_4^-$  离子中的 H—B—H 键角为  $109.5^\circ$   
C.  $H_3NBH_3$  分子中存在配位键          D. 超导材料 X 的化学式为  $Mg_3B_7$

6 下列化学反应表示不正确的是( )

- A. 硼的制备： $3Mg + B_2O_3 \xrightarrow{\Delta} 3MgO + 2B$   
B. 乙硼烷燃烧： $B_2H_6(g) + 3O_2(g) \xrightarrow{\Delta} B_2O_3(s) + 3H_2O(l) \quad \Delta H = -2\,165 \text{ kJ/mol}$   
C. 三氟化硼水解： $4BF_3 + 3H_2O \xrightarrow{\Delta} 6H^+ + 3BF_4^- + BO_3^{3-}$   
D. 氨硼烷的制备： $NaBH_4 + NH_4Cl \xrightarrow{\Delta} H_3NBH_3 + NaCl + H_2 \uparrow$

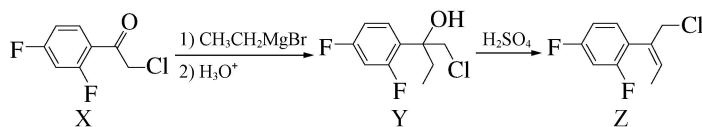
7 下列物质的性质与用途不具有对应关系的是( )

- A. 晶体硼硬度大，可用来制作切削工具  
B. 材料 X 在低温下失去电阻，可用作超导材料  
C. 氨硼烷水解脱氢，可用作储氢材料  
D.  $NaBH_4$  具有氧化性，可将醛、酮转化为醇

8 在指定条件下，下列含氯物质间的转化不能实现的是( )

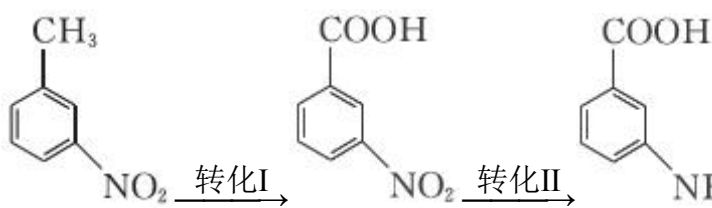
- A.  $NaCl$  (熔融)  $\xrightarrow{\text{通电}} Cl_2(g)$                       B.  $HCl$  (浓)  $\xrightarrow[\Delta]{MnO_2} Cl_2(g)$   
C.  $MgCl_2 \cdot 6H_2O(s) \xrightarrow[\Delta]{HCl(g)} MgCl_2(s)$           D.  $ClO^-(aq) \xrightarrow{SO_2} ClO_2(g)$

9 化合物 Z 是合成药物艾氟康唑的中间体。下列说法不正确的是( )

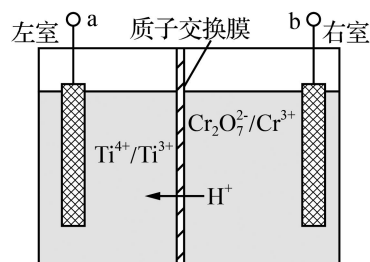


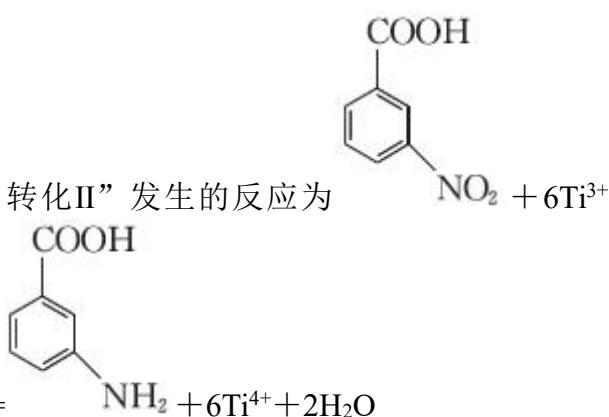
- A. X 与  $CH_3CH_2MgBr$  发生加成反应      B. Y 分子存在对映异构现象  
C. Z 分子中所有原子位于同一平面上      D. Y、Z 可用溴的四氯化碳溶液鉴别


10 一种电解装置如图所示, 电解时  $\text{H}^+$  从右室移向左室。通过电解获得的

电解液可实现 。下列说法正确的是( )

- A. 左室电解获得的电解液可用于实现“转化I”  
 B. 右室发生的电极反应为  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{e}^- = 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$



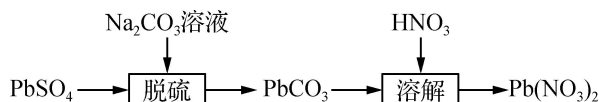
- C. “转化II”发生的反应为   
 $+ 6\text{H}^+ =$

- D. “转化I”生成 1 mol , 理论上电路中通过 3 mol  $\text{e}^-$

11 室温下, 探究 0.1 mol/L  $\text{FeCl}_3$  溶液的性质, 下列实验方案能达到探究目的的是( )

选项	实验方案	探究目的
A	向两支试管中分别加入 5 mL 5% 的 $\text{H}_2\text{O}_2$ 溶液, 再向两支试管中滴入 3 滴浓度均为 0.1 mol/L 的 $\text{FeCl}_3$ 和 $\text{CuSO}_4$ , 观察产生气体的速率	比较 $\text{Fe}^{3+}$ 和 $\text{Cu}^{2+}$ 的催化效率
B	向 2 mL 0.1 mol/L $\text{FeCl}_3$ 溶液中加入 1 mL 0.1 mol/L KI 溶液, 充分振荡后滴加 KSCN 溶液, 观察颜色变化	$2\text{Fe}^{3+} + 2\text{I}^- = 2\text{Fe}^{2+} + \text{I}_2$ 是否为可逆反应
C	向苯酚溶液中滴加几滴 0.1 mol/L $\text{FeCl}_3$ 溶液, 溶液呈紫色	$\text{FeCl}_3$ 与苯酚发生了氧化还原反应
D	将 5 mL 0.1 mol/L $\text{FeCl}_3$ 溶液和 15 mL 0.1 mol/L $\text{NaHCO}_3$ 溶液混合, 生成红褐色沉淀和气体	$\text{Fe}^{3+}$ 与 $\text{HCO}_3^-$ 发生了相互促进的水解反应

12 室温下,通过矿物中  $\text{PbSO}_4$  获得  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  的过程如下:



已知:  $K_{\text{sp}}(\text{PbSO}_4)=1.6\times 10^{-8}$ ,  $K_{\text{sp}}(\text{PbCO}_3)=7.4\times 10^{-14}$ 。下列说法正确的是 ( )

A.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液中:  $c(\text{OH}^-)<c(\text{H}^+)+c(\text{HCO}_3^-)+c(\text{H}_2\text{CO}_3)$

B. 反应  $\text{PbSO}_4+\text{CO}_3^{2-}\rightleftharpoons\text{PbCO}_3+\text{SO}_4^{2-}$  正向进行, 需满足  $\frac{c(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{CO}_3^{2-})}>\frac{8}{37}\times 10^6$

C. “脱硫”后上层清液中:  $2c(\text{SO}_4^{2-})+c(\text{OH}^-)=c(\text{Na}^+)+c(\text{H}^+)$

D.  $\text{PbCO}_3$  悬浊液加入  $\text{HNO}_3$  “溶解”过程中, 溶液中  $\text{CO}_3^{2-}$  浓度逐渐减小

13 二甲醚和水蒸气制氢气可作为燃料电池的氢能源,发生的主要反应如下:

反应 I:  $\text{CH}_3\text{OCH}_3(\text{g})+\text{H}_2\text{O}(\text{g})\rightleftharpoons 2\text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) \quad \Delta H_1>0$

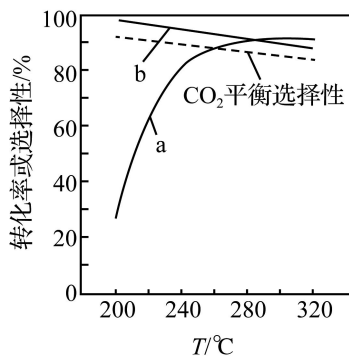
反应 II:  $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})+\text{H}_2\text{O}(\text{g})\rightleftharpoons\text{CO}_2(\text{g})+3\text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H_2>0$

反应 III:  $\text{CO}_2(\text{g})+\text{H}_2(\text{g})\rightleftharpoons\text{CO}(\text{g})+\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_3>0$

在恒压下,将一定比例的二甲醚和水蒸气混合后,以一定流速通过装有催化剂的反应器,反应相同时间测得的  $\text{CH}_3\text{OCH}_3$  实际转化率、 $\text{CO}_2$  实际选择性与  $\text{CO}_2$

平衡选择性随温度的变化如图所示。 $\text{CO}_2$  的选择性 =  $\frac{n_{\text{生成}}(\text{CO}_2)}{2n_{\text{反应}}(\text{CH}_3\text{OCH}_3)}\times 100\%$ 。下

列说法不正确的是 ( )



A. 曲线 a 表示  $\text{CH}_3\text{OCH}_3$  实际转化率随温度的变化

B. 200 °C 时, 反应 II 的速率大于反应 III 的速率

C. 适当增加  $\frac{n_{\text{起始}}(\text{H}_2\text{O})}{n_{\text{起始}}(\text{CH}_3\text{OCH}_3)}$ , 有利于提高  $\text{H}_2$  的产率

D. 一定温度下, 若增大压强,  $\text{CO}$  的平衡产量不变

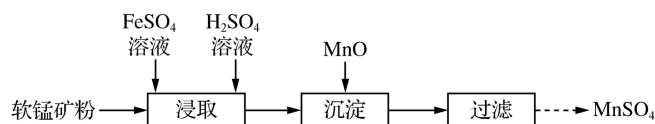
## 二、非选择题：共 4 题，共 61 分。

14 (14 分)  $\text{MnSO}_4$  可用于制备多种物质。

25  $^{\circ}\text{C}$  时，相关物质的  $K_{\text{sp}}$  见下表。

物质	$\text{Fe}(\text{OH})_2$	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\text{Al}(\text{OH})_3$	$\text{Mn}(\text{OH})_2$
$K_{\text{sp}}$	$8.0 \times 10^{-16}$	$3.0 \times 10^{-39}$	$1.0 \times 10^{-33}$	$1.0 \times 10^{-13}$

(1)  $\text{MnSO}_4$  的制备。由软锰矿粉（主要成分为  $\text{MnO}_2$ ，含少量  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ ）制备  $\text{MnSO}_4$  的过程可表示如下：



①浸取。保持温度、各物质投料量及浓度不变，能提高  $\text{Mn}^{2+}$  浸出率的措施有\_\_\_\_\_。

②沉淀。室温下，浸取后溶液中  $\text{Mn}^{2+}$  浓度为  $0.1 \text{ mol/L}$ ，欲使溶液中  $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$  的浓度均小于  $1.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$ ，则需加入  $\text{MnO}$  调节 pH 的范围为\_\_\_\_\_。

③过滤。滤渣的主要成分有\_\_\_\_\_。

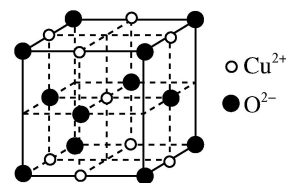
(2) 由  $\text{MnSO}_4$  制备  $\text{CuMnO}_x$  催化剂。

①基态  $\text{Mn}^{2+}$  的价电子排布式为\_\_\_\_\_； $\text{SO}_4^{2-}$  的空间结构为\_\_\_\_\_。

②将一定量  $\text{KMnO}_4$  和  $\text{MnSO}_4$  固体投入超纯水中混合搅拌，在  $120^{\circ}\text{C}$  下反应 10 h，得到黑色固体  $\text{MnO}_2$ ，反应的离子方程式为\_\_\_\_\_；再加

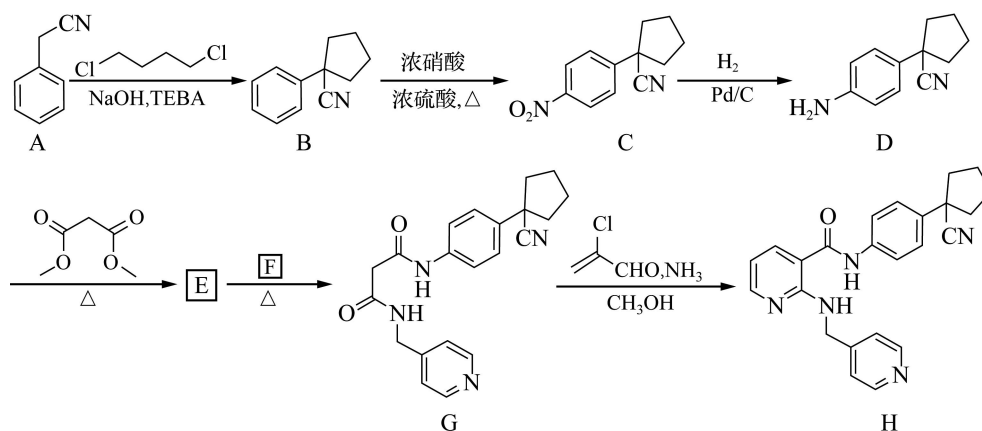
入  $\text{CuSO}_4$  和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液，经过搅拌、陈化、造粒、干燥、

煅烧等工序得到比表面积较高的催化剂。其中一种成分的晶胞结构如图所示，每个  $\text{O}^{2-}$  周围紧邻的  $\text{Cu}^{2+}$  的个数为\_\_\_\_\_。



15 (15 分) 化合物 H 是治疗胃癌的小分子靶向抗肿瘤药物, 其合成路线如下:

下:




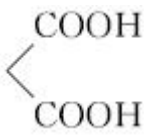
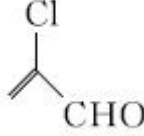
(1) A 分子中碳原子的杂化轨道类型有\_\_\_\_\_种。

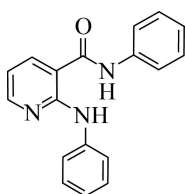
(2) 写出同时满足下列条件的 C 的一种同分异构体的结构简式: \_\_\_\_\_。

①苯环上有 4 个取代基, 能与  $\text{FeCl}_3$  溶液发生显色反应; ②核磁共振氢谱图中有 3 个峰。

(3)  $\text{D} \rightarrow \text{E}$ 、 $\text{E} \rightarrow \text{G}$  的反应中均有  $\text{CH}_3\text{OH}$  生成, 则 F 的结构简式为\_\_\_\_\_。

(4)  $\text{G} \rightarrow \text{H}$  的反应中有一种与 H 互为同分异构体的副产物生成, 其结构简式为\_\_\_\_\_。

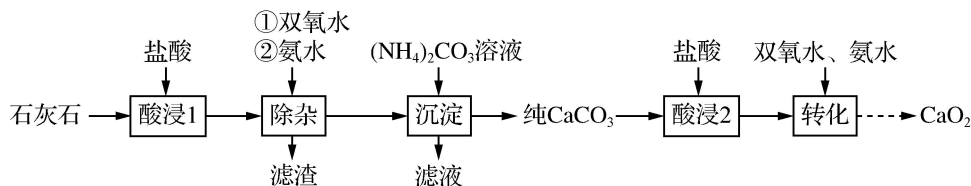
(5) 写出以 、、 和  $\text{CH}_3\text{OH}$  为原料, 制备



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)。



16 (16分) 过氧化钙( $\text{CaO}_2$ )微溶于水, 溶于酸, 是一种用途广泛的化工产品。以石灰石(含有少量铁、硅的氧化物)为原料制备  $\text{CaO}_2$  的实验流程如下:

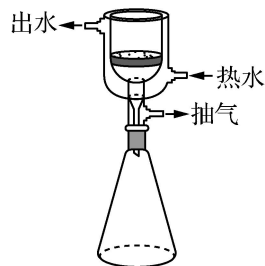


已知: ①双氧水( $\text{H}_2\text{O}_2$ )在弱酸性或中性条件下性质较稳定, 在碱性条件下不稳定;



(1) 判断“酸浸 1”完成的标志是\_\_\_\_\_。

(2) “除杂”时, 待充分反应后将溶液煮沸并趁热过滤, “滤渣”的主要成分为\_\_\_\_\_; 相比普通过滤装置, 使用如图所示的热抽滤装置的优点是\_\_\_\_\_。



(3) “转化”需在冰水浴中进行, 生成  $\text{CaO}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  晶体的离子方程式为\_\_\_\_\_;  
 $\text{CaCl}_2$  与  $\text{H}_2\text{O}_2$  直接反应不易发生, 制备时加入适量氨水有利于  $\text{CaO}_2$  生成, 其可能原因为\_\_\_\_\_。

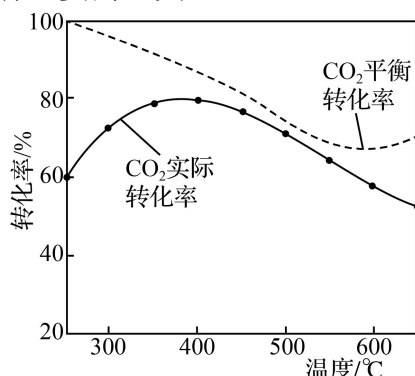
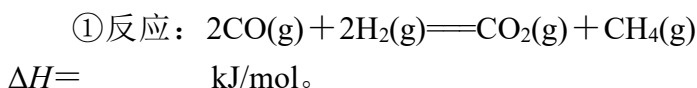
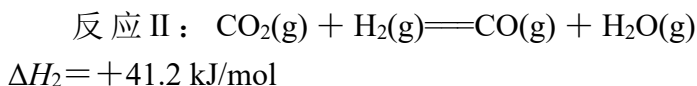
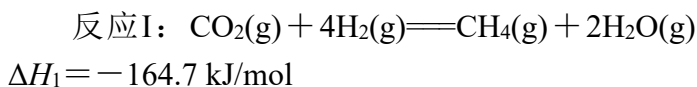
(4) 测定产品中  $\text{CaO}_2$  含量。高锰酸钾滴定法原理为在酸性条件下,  $\text{CaO}_2$  与稀酸反应生成  $\text{H}_2\text{O}_2$ , 用标准酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液滴定所生成的  $\text{H}_2\text{O}_2$ , 以确定  $\text{CaO}_2$  含量。下列关于滴定分析的说法不正确的是\_\_\_\_\_ (填字母)。

- A. 滴定时应一直观察滴定管中溶液体积的变化
- B. 当滴入半滴酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液后, 溶液颜色从无色刚好变为浅红色, 且半分钟内不变色, 表示已经到达滴定终点
- C. 滴定前滴定管尖嘴内有气泡, 滴定后尖嘴内无气泡, 则测定结果偏小
- D. 读取  $\text{KMnO}_4$  溶液体积时, 滴定前俯视读数, 滴定后仰视读数, 则测定结果偏大

(5) 以电石渣[主要成分为  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , 还含有少量  $\text{SiO}_2$  等杂质]为原料也可制备  $\text{CaO}_2$ , 设计制备  $\text{CaO}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  晶体的实验方案:\_\_\_\_\_。

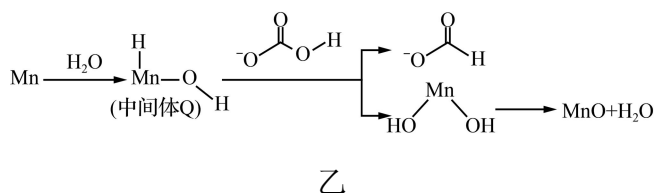
(须使用的试剂:  $\text{NH}_4\text{Cl}$  溶液、 $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液、冰水)

(1) CO<sub>2</sub> 催化加氢制 CH<sub>4</sub> 是 CO<sub>2</sub> 的有机资源转化途径之一。



②在密闭容器中， $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、 $n_{\text{始}}(\text{CO}_2)$ ：甲  
 $n_{\text{始}}(\text{H}_2)=1:4$  时， $\text{CO}_2$  平衡转化率、在催化剂作用下反应相同时间所测得的  $\text{CO}_2$  实际转化率随温度的变化如图甲所示。 $\text{CO}_2$  的平衡转化率在  $600^\circ\text{C}$  之后随温度升高而增大的主要原因是

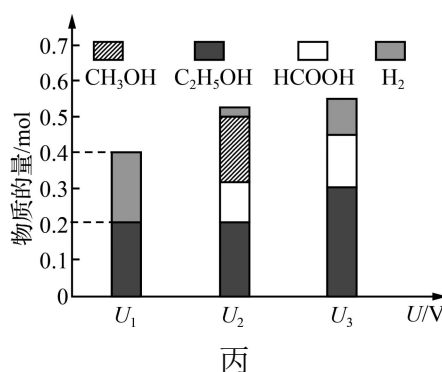
(2) 金属锰分解水原位还原  $\text{CO}_2$  产生甲酸是  $\text{CO}_2$  有机资源转化新途径。锰与水反应生成  $\text{MnO}$  与活性氢原子,  $\text{MnO}$  结合活性氢原子形成中间体 Q;  $\text{HCO}_3^-$  吸附到具有催化活性中间体 Q 后被活化产生甲酸的部分机理如图乙所示。



①从电负性角度描述中间体Q与 $\text{HCO}_3^-$ 生成 $\text{HCOO}^-$ 的过程:

②实验中将锰粉、碳酸氢钠和去离子水添加到反应器中，反应一段时间后产生甲酸的速率迅速上升的原因可能是

(3) 电催化还原法是  $\text{CO}_2$  的有机资源化的研究热点。控制其他条件相同，将一定量的  $\text{CO}_2$  通入盛有酸性溶液的电催化装置中， $\text{CO}_2$  可转化为有机物，阴极所得产物及其物质的量与电压的关系如图丙所示。



①电解电压为  $U_1$  时，电解时转移电子的物质的量为\_\_\_\_\_。

②电解电压为  $U_2$  时, 阴极由  $\text{CO}_2$  生成甲醇的电极反应式为

③在实际生产中发现当pH过低时,有机物产率降低,可能的原因是

本试卷分选择题和非选择题两部分,共100分,考试用时75分钟。

说明:本卷由2024年南京二模、海安中学等名校联考、南通等八市三模等试卷中的好题整合而成。


可能用到的相对原子质量: H—1 C—12 N—14 O—16 S—32 Cu—64 Te—128

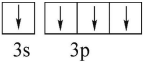
一、单项选择题:共13题,每题3分,共39分。每题只有一个选项最符合题意。

1 棉纺织业是我国传统优势产业。棉的主要成分属于( )

- A. 糖类 B. 油脂  
C. 蛋白质 D. 核酸

2 烧碱溶液可以侵蚀玻璃,反应为  $\text{SiO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ 。下列说法正确的是( )

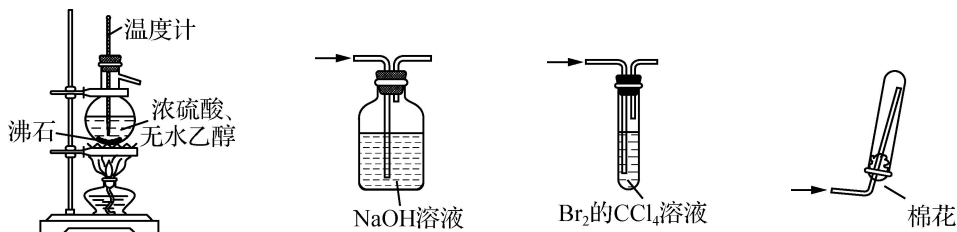
A.  $\text{Na}^+$  的结构示意图: 

B. 基态 Si 原子的价电子轨道表示式: 

C.  $\text{SiO}_2$  的结构式:  $\text{O}=\text{Si}=\text{O}$

D.  $\text{H}_2\text{O}$  的电子式:  $\text{H} \times \text{O} \times \text{H}$

3 实验室制取乙烯并验证其化学性质,下列装置不正确的是( )



A. 制备乙烯 B. 除去杂质 C. 验证加成反应 D. 收集乙烯

4 C、O、Si、Cl 等元素的单质或化合物广泛应用于半导体工业。下列说法正确的是( )

- A. 原子半径:  $r(\text{Si}) > r(\text{O}) > r(\text{C})$   
B. 电负性:  $\chi(\text{Cl}) > \chi(\text{Si}) > \chi(\text{C})$   
C. 第一电离能:  $I_1(\text{O}) > I_1(\text{C}) > I_1(\text{Si})$   
D. 酸性:  $\text{H}_2\text{SiO}_3 > \text{H}_2\text{CO}_3 > \text{HClO}$

阅读下列材料，完成 5~7 题：

周期表中 VIIA 族元素及其化合物应用广泛。 $\text{ClO}_2$  可用作自来水消毒剂； $\text{NaClO}$  可用作强氧化剂，在碱性条件下可氧化  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  制高铁酸盐；氯可形成多种含氧酸( $\text{HClO}$ 、 $\text{HClO}_2$ 、 $\text{HClO}_3$ 、 $\text{HClO}_4$ )； $\text{AgBr}$  可用作感光材料； $\text{KIO}_3$  常用作食盐中的补碘剂； $\text{Ca}(\text{ClO})_2$  溶液可除去  $\text{SO}_2$ ；电解  $\text{NaCl}$ 、 $\text{MgCl}_2$  溶液可以制  $\text{Cl}_2$ 。

5 下列说法正确的是( )

A.  $\text{ClO}_3^-$  中  $\text{O}-\text{Cl}-\text{O}$  夹角大于  $\text{ClO}_4^-$  中  $\text{O}-\text{Cl}-\text{O}$  夹角

B.  $\text{ClO}_2$  是由极性键构成的非极性分子

C. 基态碘原子( $_{53}\text{I}$ )核外电子排布式为  $5s^25p^5$

D. 前四周期的 VIIA 族元素单质的晶体类型相同

6 下列反应表示正确的是( )

A.  $\text{HClO}$  在水中见光分解： $\text{HClO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{O}_2 \uparrow + \text{H}^+ + \text{Cl}^-$

B. 惰性电极电解氯化镁溶液： $2\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{通电}} 2\text{OH}^- + \text{Cl}_2 \uparrow + \text{H}_2 \uparrow$

C.  $\text{NaClO}$  碱性溶液与  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  反应： $3\text{ClO}^- + 4\text{OH}^- + 2\text{Fe}(\text{OH})_3 \rightleftharpoons 2\text{FeO}_4^{2-} + 3\text{Cl}^- + 5\text{H}_2\text{O}$

D.  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$  溶液中通入  $\text{SO}_2$ ： $\text{Ca}^{2+} + 2\text{ClO}^- + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CaSO}_3 \downarrow + 2\text{HClO}$

7 下列有关物质的性质与用途具有对应关系的是( )

A.  $\text{ClO}_2$  具有强氧化性，可用于自来水消毒

B.  $\text{Cl}_2$  易液化，可用于生产漂白液

C.  $\text{AgBr}$  呈淡黄色，可用作感光材料

D.  $\text{KIO}_3$  易溶于水，可用于食盐中加碘

8 物质转化在工业生产中有重要作用。下列说法正确的是( )

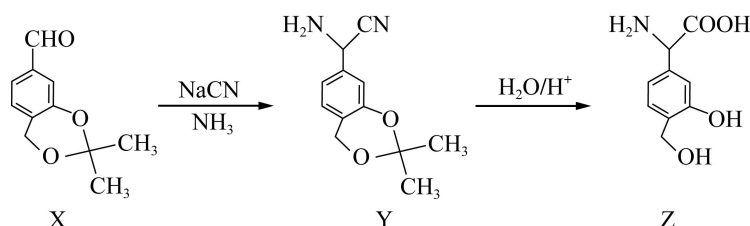
A. 工业生产盐酸： $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{HCl}$

B. 工业生产硫酸： $\text{FeS}_2 \xrightarrow[\text{点燃}]{\text{O}_2} \text{SO}_3 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{H}_2\text{SO}_4$

C. 工业生产硝酸： $\text{N}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} \text{NO}_2 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{HNO}_3$

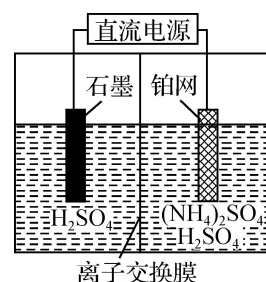
D. 工业冶炼粗硅： $\text{SiO}_2 + \text{C} \xrightarrow{\text{高温}} \text{Si} + \text{CO}_2 \uparrow$

9 药品 Z 是一种免疫调节剂, 其合成路线如图所示。下列说法正确的是 ( )



- A. Y 分子中含有 2 个手性碳原子  
 B. 可以用酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液检验 Y 中是否含有 X  
 C. 1 mol Z 最多能与 1 mol  $\text{NaHCO}_3$  反应  
 D.  $\text{Y} \rightarrow \text{Z}$  的反应类型为水解反应, 产物之一为  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$

10 一种电解乙酰基吡嗪废水中的  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  制备  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  的电化学装置如图所示。下列说法正确的是 ( )



- A. 石墨电极与直流电源正极相连  
 B. 电解时, 铂网电极附近 pH 增大  
 C. 离子交换膜应选择性透过阴离子  
 D. 阴极上的电极反应为  $2\text{SO}_4^{2-} + 2\text{e}^- = \text{S}_2\text{O}_8^{2-}$

11 室温下, 探究  $0.1 \text{ mol/L } \text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$  溶液的性质。下列实验方案能达到探究目的的是 ( )

选项	探究目的	实验方案
A	验证溶液中含有 $\text{NH}_4^+$	向 2 mL $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ 溶液中滴加几滴 $0.1 \text{ mol/L } \text{NaOH}$ 溶液, 将湿润的红色石蕊试纸靠近试管口, 观察试纸颜色变化
B	溶液中是否含有 $\text{Fe}^{2+}$	向 2 mL $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ 溶液中滴加几滴新制氯水, 再滴加 $\text{KSCN}$ 溶液, 观察溶液的颜色变化
C	$\text{NH}_4^+$ 是否发生水解	用玻璃棒蘸取 $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ 溶液滴在干燥的广泛 pH 试纸上, 将试纸显示的颜色与标准比色卡比较
D	$\text{Fe}^{3+}$ 是否具有氧化性	向 2 mL $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ 溶液中滴加几滴 $0.1 \text{ mol/L } \text{KI}$ 溶液, 再滴加淀粉溶液, 观察溶液颜色变化

12 室温时,用 0.100 0 mol/L 的 NaOH 溶液滴定 10.00 mL 0.100 0 mol/L 的琥珀酸溶液(结构简式为  $\text{HOOCCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ , 简写为  $\text{H}_2\text{A}$ ), 所得溶液的 pH 与 pX 的关系如图所示。已知: pX 分别代表  $-\lg \frac{c(\text{HA}^-)}{c(\text{H}_2\text{A})}$  或  $-\lg \frac{c(\text{A}^{2-})}{c(\text{HA}^-)}$ 。下列说法

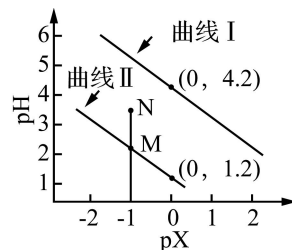
正确的是( )

A. 曲线 I 中 pX 代表  $-\lg \frac{c(\text{HA}^-)}{c(\text{H}_2\text{A})}$

B. 当  $V(\text{NaOH})=20.00 \text{ mL}$  时, 溶液中存在:  $c(\text{H}^+) + c(\text{HA}^-) + c(\text{H}_2\text{A}) = c(\text{OH}^-)$

C. 当  $V(\text{NaOH})=10.00 \text{ mL}$  时, 溶液中存在:  $c(\text{Na}^+) < c(\text{HA}^-) + 2c(\text{A}^{2-})$

D. 将 M 对应的溶液加水稀释, 最终可能变为 N 点



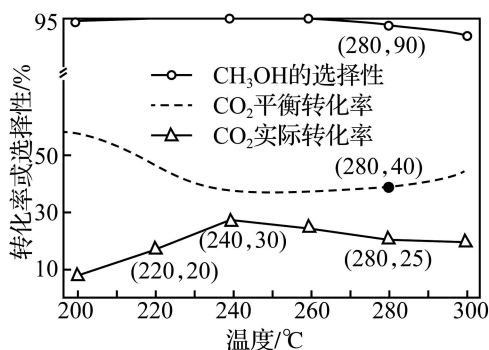
13  $\text{CH}_3\text{OH}$  是一种液体燃料。利用  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2$  合成  $\text{CH}_3\text{OH}$  的主要反应如下:

反应 I:  $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_1 = -58 \text{ kJ/mol}$

反应 II:  $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_2 = +41 \text{ kJ/mol}$

在密闭容器中,  $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ ,  $n_{\text{起始}}(\text{CO}_2) : n_{\text{起始}}(\text{H}_2) = 1 : 2$  时,  $\text{CO}_2$  平衡转化率、在催化剂作用下反应  $t \text{ min}$  所测得的  $\text{CO}_2$  实际转化率及  $\text{CH}_3\text{OH}$  的选择性随温度的变化如图所示。 $\text{CH}_3\text{OH}$  的选择性可表示为

$\frac{n_{\text{生成}}(\text{CH}_3\text{OH})}{n_{\text{生成}}(\text{CH}_3\text{OH}) + n_{\text{生成}}(\text{CO})} \times 100\%$ 。下列说法不



正确的是( )

A.  $0 \sim t \text{ min}$  内,  $240 \text{ }^\circ\text{C}$  下反应 I 的速率比在  $280 \text{ }^\circ\text{C}$  下的大

B. 从  $220 \sim 280 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  的平衡产率先增大后缓慢减小

C.  $280 \text{ }^\circ\text{C}$  时增大压强,  $\text{CO}_2$  的转化率可能大于 40%

D. 需研发低温下  $\text{CO}_2$  转化率高和  $\text{CH}_3\text{OH}$  选择性高的催化剂

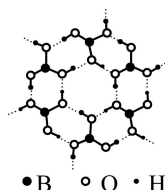
## 二、非选择题：共4题，共61分。

14 (14分) 硼镁矿中主要含硼镁石  $[\text{Mg}_2\text{B}_2\text{O}_4(\text{OH})_2]$  和蛇纹石  $[\text{Mg}_6(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_8]$ ，还含有少量的菱镁石  $(\text{MgCO}_3)$  等。以硼镁矿作为原料可以依次制取硼酸  $(\text{H}_3\text{BO}_3)$  和硼氢化钠  $(\text{NaBH}_4)$ 。

(1) 制硼酸。将硼镁矿粉碎后与水配成悬浊液，在搅拌的条件下向其中通入  $\text{SO}_2$  气体，可以浸取其中的 B 和 Mg。

① 浸取时硼镁石与  $\text{SO}_2$  反应可以生成硼酸和  $\text{Mg}(\text{HSO}_3)_2$ 。写出该反应的化学方程式：\_\_\_\_\_。

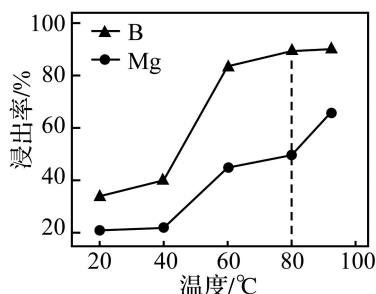
② 硼酸晶体具有层状结构，层内硼酸的结构如图甲所示。硼酸晶体中硼酸间存在的作用力有\_\_\_\_\_。



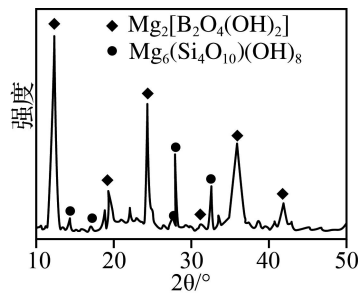
③ 硼酸是一种一元弱酸，与水分子结合后可电离出 1 个  $\text{H}^+$ 。写出硼酸电离后所得酸根离子的结构简式：\_\_\_\_\_。

④ 浸取时存在反应： $\text{MgCO}_3 + 2\text{H}_2\text{SO}_3 \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+} + 2\text{HSO}_3^- + \text{H}_2\text{CO}_3$ 。该反应的平衡常数  $K = \underline{\hspace{2cm}}$ 。[已知  $K_{\text{sp}}(\text{MgCO}_3) = 4 \times 10^{-8}$ ， $K_{\text{a1}}(\text{H}_2\text{SO}_3) = 1 \times 10^{-2}$ ， $K_{\text{a1}}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 4 \times 10^{-7}$ ， $K_{\text{a2}}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 5 \times 10^{-11}$ ]

⑤ 控制浸出的时间和其他条件一定，测得 B 和 Mg 的浸出率随温度的变化如图乙所示。其中  $80^\circ\text{C}$  时反应后所得浸出渣的 X 射线衍射图如图丙所示。温度高于  $80^\circ\text{C}$  时，Mg 的浸出率大幅上升的原因是\_\_\_\_\_。

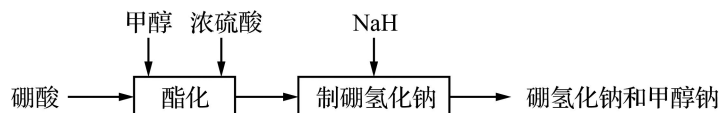


乙



丙

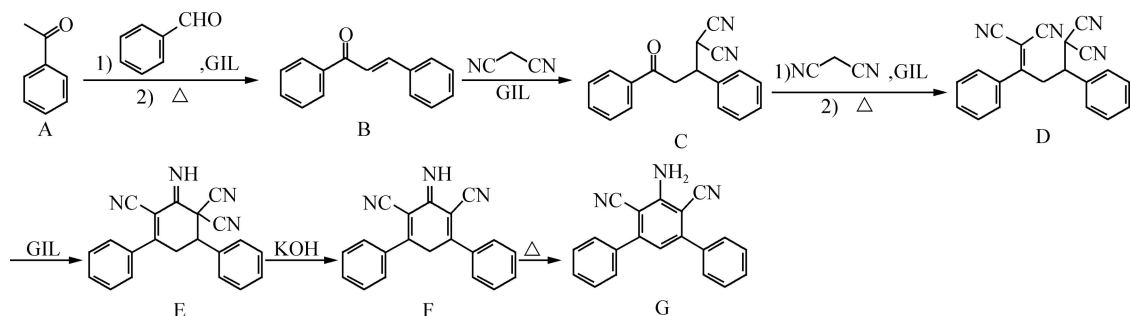
(2) 制硼氢化钠。以硼酸为原料经过如下过程可以制取  $\text{NaBH}_4$ 。



① 酯化时可制得硼酸三甲酯  $[\text{B}(\text{OCH}_3)_3]$ 。控制硼酸、甲醇和浓硫酸的用量一定，不改变反应的温度，写出一种能提高酯化反应平衡转化率的方法：\_\_\_\_\_。

② 制硼氢化钠需控制反应温度在  $240^\circ\text{C}$ 。写出该反应的化学方程式：\_\_\_\_\_。

15 (15 分) 以胍盐离子液体(GIL)为催化剂合成化合物 G 的路线如下:



(1) 化合物 G 中  $sp$ 、 $sp^2$  杂化的碳原子数目之比为\_\_\_\_\_。

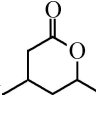
(2)  $B \rightarrow D$  过程中还可能经历  $B \rightarrow X \rightarrow D$ , 其中物质 X 与 C 互为同分异构体, X 的结构简式为\_\_\_\_\_。

(3)  $E \rightarrow F$  的反应过程中加入 KOH 溶液可以提高 F 的产率, 其原因是\_\_\_\_\_。

(4) 写出同时满足下列条件的 C 的一种同分异构体的结构简式:\_\_\_\_\_。

能发生水解反应, 生成两种产物均含苯环, 且两种产物中核磁共振氢谱分别为 2 个峰和 4 个峰。

(5) 已知: ①  $RCN \xrightarrow{H_3O^+} RCOOH$ ; ②  $RCN \xrightarrow[Ni]{H_2, \Delta} RCH_2NH_2$ 。写出以

$CH_3CHO$ 、 $CH_3COCH_3$  和  $CH_3CN$  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)。



16 (16分) 碲(Te)是元素周期表中VIA族元素,广泛应用于半导体材料、特殊合金等领域。从碲铜渣中(含 $\text{Cu}_2\text{Te}$ 及少量 $\text{CuTeO}_4$ 、 $\text{Pb}$ 等化合物)可提取单质碲。

### I. 干法炼碲

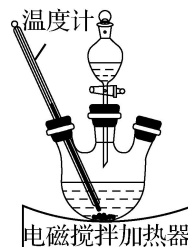
(1) 将碲铜渣加热熔化后,向其中分批加入一定量还原碳粉,控制反应温度为 $400\sim 500\text{ }^\circ\text{C}$ ,发生反应 $2\text{CuTeO}_4+4\text{C}\xrightarrow{400\sim 500\text{ }^\circ\text{C}}\text{Cu}_2\text{Te}+\text{Te}+4\text{CO}_2\uparrow$ 。每消耗 $1\text{ mol CuTeO}_4$ ,反应中转移电子的物质的量为\_\_\_\_\_mol。

(2) 已知:常温下硫黄、单质碲的沸点分别为 $445\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $1\,390\text{ }^\circ\text{C}$ 。将还原后的碲铜渣与稍过量硫黄混合加热,得到 $\text{Cu}_2\text{S}$ 、 $\text{Te}$ 和硫黄混合物。将混合物置于真空炉中,控制蒸馏温度为 $1\,050\text{ }^\circ\text{C}$ ,可收集得到较纯净的 $\text{Te}$ 。在真空炉中进行蒸馏的原因是\_\_\_\_\_。

### II. 湿法提碲

(3) 已知 $\text{Na}_2\text{TeO}_3$ 能溶于水, $\text{Na}_2\text{TeO}_4$ 难溶于水。

①将一定量粉碎后的碲铜渣与 $\text{NaOH}$ 、 $\text{NaClO}_3$ 溶液中的一种配成悬浊液,加入三颈瓶中(装置见右图), $90\text{ }^\circ\text{C}$ 下通过分液漏斗缓慢滴加另一种溶液,充分反应后过滤。 $\text{Cu}_2\text{Te}$ 与 $\text{NaOH}$ 、 $\text{NaClO}_3$ 反应生成 $\text{Cu}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{TeO}_3$ 、 $\text{NaCl}$ 的离子方程式为\_\_\_\_\_。  
分液漏斗中的溶液是\_\_\_\_\_。



②将过滤所得滤渣洗涤、烘干,分析成分主要含有 $\text{CuO}$ 、 $\text{Cu}_2\text{O}$ ,可通过还原熔炼回收 $\text{Cu}$ 。为确定还原剂添加量,现通过如下实验测定滤渣中各组分的质量分数:称取 $0.500\,0\text{ g}$ 样品,分成两等份。一份加入足量稀硝酸充分反应后过滤(杂质不参加反应),用 $0.100\,0\text{ mol/L}$ 的 $\text{EDTA}$ 溶液滴定 $\text{Cu}^{2+}$ 至终点( $\text{EDTA}$ 与 $\text{Cu}^{2+}$ 反应的化学计量比为 $1:1$ ),平均消耗 $\text{EDTA}$ 溶液 $30.00\text{ mL}$ ;另一份加入足量稀盐酸溶解后过滤(杂质不参加反应, $\text{Cu}_2\text{O}+2\text{H}^+=\text{Cu}+\text{Cu}^{2+}+\text{H}_2\text{O}$ ),用相同浓度的 $\text{EDTA}$ 溶液滴定 $\text{Cu}^{2+}$ 至终点,平均消耗 $\text{EDTA}$ 溶液 $20.00\text{ mL}$ 。通过计算确定滤渣中 $\text{CuO}$ 的质量分数(写出计算过程)。

(4) 已知:① $\text{Na}_2\text{TeO}_3+\text{H}_2\text{O}_2=\text{Na}_2\text{TeO}_4\downarrow+\text{H}_2\text{O}$ ;② $3\text{Na}_2\text{SO}_3+\text{Na}_2\text{TeO}_4+\text{H}_2\text{SO}_4=\text{Te}+4\text{Na}_2\text{SO}_4+\text{H}_2\text{O}$ 。补充完整利用碱浸后含 $\text{Na}_2\text{TeO}_3$ 和 $\text{Na}_2\text{PbO}_2$ 的滤液制备高纯碲的实验方案:取碱浸后的滤液,\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ ,  
将所得固体烘干。(必须使用的试剂: $10\%\text{ H}_2\text{O}_2$ 溶液, $2\text{ mol/L H}_2\text{SO}_4$ 溶液, $1\text{ mol/L Na}_2\text{SO}_3$ 溶液,去离子水, $0.1\text{ mol/L BaCl}_2$ 溶液)

17 (16分) 氢能是应用前景广阔的新能源。

(1) 制氢。工业上电解碱性尿素水溶液制氢。

①阳极活性物质  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  首先放电生成  $\text{NiOOH}$ ，该过程的电极反应式为\_\_\_\_\_。

② $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  吸附在  $\text{NiOOH}$  上被氧化生成  $\text{N}_2$ 。根据电负性规则， $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  分子中能被  $\text{Ni}$  吸附的原子是\_\_\_\_\_ (填元素符号)。

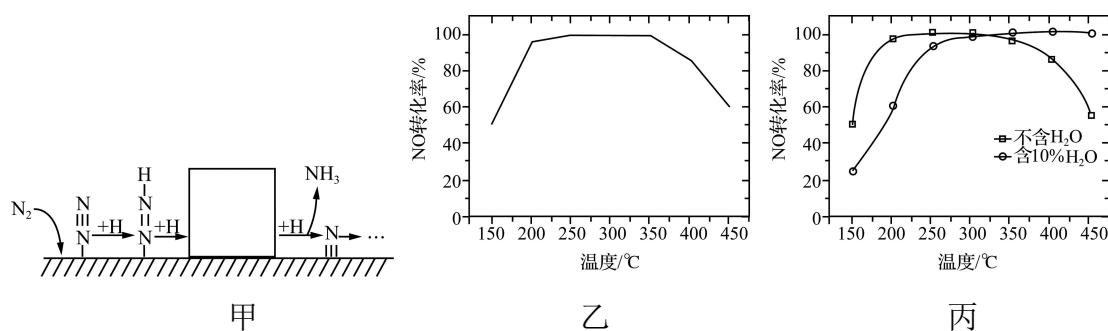
(2) 储氢。部分  $\text{H}_2$  和  $\text{Mg}$  一定条件下化合生成  $\text{MgH}_2$  以储氢；部分  $\text{H}_2$  和  $\text{N}_2$  在催化剂表面合成氨以储氢，其反应机理的部分过程如图甲所示。

①请在“□”中画出中间体 X 的结构。

②研究发现，使用  $\text{Ru}$  系催化剂时， $\text{N}_2$  在催化剂表面的吸附活化是整个反应过程的控速步骤，实际工业生产时，将  $\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{N}_2)}$  控制在 1.8~2.2 之间，比理论值 3 小，其原因是\_\_\_\_\_。

(3) 释氢。 $\text{MgH}_2$  可通过热分解和水解两种方法制得  $\text{H}_2$ 。相较于热分解，从物质转化和能量利用的角度分析， $\text{MgH}_2$  水解释氢方法的优点有\_\_\_\_\_。

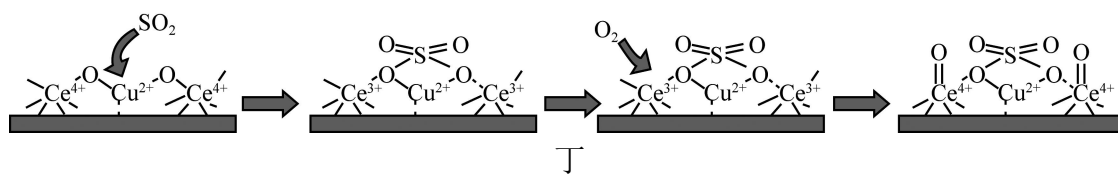
(4) 储氢物质  $\text{NH}_3$  的运用。 $\text{NH}_3$  常用于烟气 (主要成分  $\text{NO}$ 、 $\text{NO}_2$ ) 脱硝。以  $\text{N}_2$  为载气，将含一定量  $\text{NO}$ 、 $\text{NH}_3$  及  $\text{O}_2$  的模拟烟气以一定流速通过装有催化剂  $\text{CeO}_2$  的反应管，研究温度、 $\text{SO}_2(\text{g})$ 、 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  对脱硝反应的影响。



①如图乙所示，温度高于 350 °C 时，NO 转化率下降，推测原因是\_\_\_\_\_。

②如图丙所示，温度高于 350 °C 时，和不含水蒸气的烟气相比，含 10% 水蒸气的烟气的 NO 转化率更高，其原因是\_\_\_\_\_。

③实验证明，烟气中含  $\text{SO}_2$  会导致催化剂不可逆的中毒 ( $\text{Ce}^{4+}$  氧化  $\text{SO}_2$  生成  $\text{SO}_3$  覆盖在生成的  $\text{Ce}^{3+}$  表面，阻止了  $\text{O}_2$  氧化  $\text{Ce}^{3+}$ )。而添加  $\text{CuO}$  后抗硫能力显著增强，请结合图丁机理，说明抗硫能力增强的原因：\_\_\_\_\_。



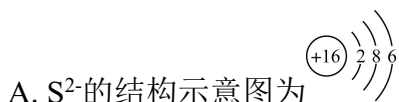
可能用到的相对原子质量：H—1 B—11 C—12 N—14 O—16  
Cl—35.5 Cr—52 Fe—56 Ag—108 Nd—144

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 我国探月工程取得重大进展。月壤中含有 Ca、Fe 等元素的磷酸盐，下列元素位于元素周期表第二周期的是( )

- A. O B. P C. Ca D. Fe

2 反应  $\text{PbS} + 4\text{H}_2\text{O}_2 = \text{PbSO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$  可用于壁画修复。下列说法正确的是( )

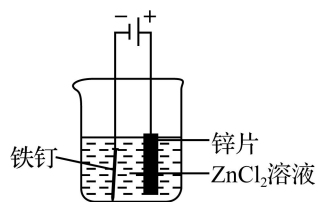
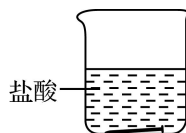
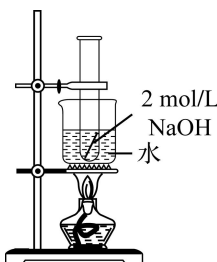
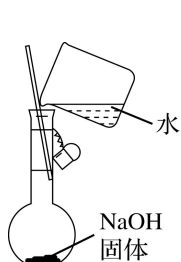


B.  $\text{H}_2\text{O}_2$  中既含离子键又含共价键

C.  $\text{SO}_4^{2-}$  中 S 元素的化合价为 +6

D.  $\text{H}_2\text{O}$  的空间结构为直线形

3 实验室进行铁钉镀锌实验。下列相关原理、装置及操作不正确的是( )



- A. 配制 NaOH 溶液 B. 铁钉除油污 C. 铁钉除锈 D. 铁钉镀锌

4 明矾  $[\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}]$  可用作净水剂。下列说法正确的是( )

- A. 半径：  $r(\text{Al}^{3+}) > r(\text{K}^+)$  B. 电负性：  $\chi(\text{O}) > \chi(\text{S})$   
C. 沸点：  $\text{H}_2\text{S} > \text{H}_2\text{O}$  D. 碱性：  $\text{Al}(\text{OH})_3 > \text{KOH}$

阅读下列材料，完成 5~7 题：

催化剂能改变化学反应速率而不改变反应的焓变，常见催化剂有金属及其氧化物、酸和碱等。催化反应广泛存在，如豆科植物固氮、石墨制金刚石、 $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2$  制  $\text{CH}_3\text{OCH}_3$  (二甲醚)、 $\text{V}_2\text{O}_5$  催化氧化  $\text{SO}_2$  等。催化剂有选择性，如  $\text{C}_2\text{H}_4$  与  $\text{O}_2$  反应用  $\text{Ag}$  催化生成  $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} \diagup \text{CH}_2 \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{O} \end{array}$  (环氧乙烷)、用  $\text{CuCl}_2/\text{PdCl}_2$  催化生成  $\text{CH}_3\text{CHO}$ 。催化作用能消除污染和影响环境，如汽车尾气处理、废水中  $\text{NO}_3^-$  电催化生成  $\text{N}_2$ 、氯自由基催化  $\text{O}_3$  分解形成臭氧空洞。我国在石油催化领域领先世界，高效、经济、绿色是未来催化剂研究的发展方向。

5 下列说法正确的是( )

- A. 豆科植物固氮过程中，固氮酶能提高该反应的活化能
- B.  $\text{C}_2\text{H}_4$  与  $\text{O}_2$  反应中， $\text{Ag}$  催化能提高生成  $\text{CH}_3\text{CHO}$  的选择性
- C.  $\text{H}_2\text{O}_2$  制  $\text{O}_2$  反应中， $\text{MnO}_2$  能加快化学反应速率
- D.  $\text{SO}_2$  与  $\text{O}_2$  反应中， $\text{V}_2\text{O}_5$  能减小该反应的焓变

6 下列化学反应表示正确的是( )

- A. 汽车尾气处理： $2\text{NO} + 4\text{CO} \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{N}_2 + 4\text{CO}_2$
- B.  $\text{NO}_3^-$  电催化为  $\text{N}_2$  的阳极反应： $2\text{NO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10\text{e}^- = \text{N}_2 \uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$
- C. 硝酸工业中  $\text{NH}_3$  的氧化反应： $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{催化剂}} 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
- D.  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2$  催化制二甲醚： $2\text{CO}_2 + 6\text{H}_2 \xrightarrow[\text{高温、高压}]{\text{催化剂}} \text{CH}_3\text{OCH}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$

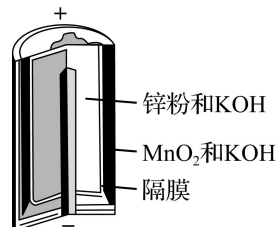
7 下列有关反应描述正确的是( )

- A.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$  催化氧化为  $\text{CH}_3\text{CHO}$ ， $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$  断裂  $\text{C}-\text{O}$
- B. 氟氯烃破坏臭氧层，氟氯烃产生的氯自由基改变  $\text{O}_3$  分解的历程
- C. 丁烷催化裂化为乙烷和乙烯，丁烷断裂  $\sigma$  键和  $\pi$  键
- D. 石墨转化为金刚石，碳原子轨道的杂化类型由  $\text{sp}^3$  转变为  $\text{sp}^2$

8 碱性锌锰电池的总反应为  $\text{Zn} + 2\text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{ZnO} + 2\text{MnOOH}$ ，电池构造示意图如图所示。下列有关说法正确的是( )

- A. 电池工作时， $\text{MnO}_2$  发生氧化反应
- B. 电池工作时， $\text{OH}^-$  通过隔膜向正极移动
- C. 环境温度过低，不利于电池放电
- D. 反应中每生成 1 mol  $\text{MnOOH}$ ，转移电子数为

$2 \times 6.02 \times 10^{23}$



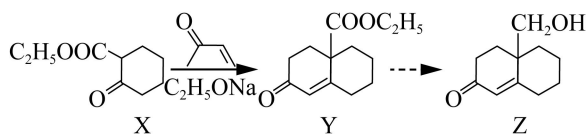
9 化合物 Z 是一种药物的重要中间体，部分合成路线如下。下列说法正确的是( )

A. X 分子中所有碳原子共平面

B. 1 mol Y 最多能与 1 mol H<sub>2</sub> 发生加成反应

C. Z 不能与 Br<sub>2</sub> 的 CCl<sub>4</sub> 溶液反应

D. Y、Z 均能使酸性 KMnO<sub>4</sub> 溶液褪色



10 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( )

A. HCl 制备：NaCl 溶液  $\xrightarrow{\text{通电}}$  H<sub>2</sub> 和 Cl<sub>2</sub>  $\xrightarrow{\text{点燃}}$  HCl

B. 金属 Mg 制备：Mg(OH)<sub>2</sub>  $\xrightarrow{\text{盐酸}}$  MgCl<sub>2</sub> 溶液  $\xrightarrow{\text{通电}}$  Mg

C. 纯碱工业：NaCl 溶液  $\xrightarrow{\text{CO}_2}$  NaHCO<sub>3</sub>  $\xrightarrow{\Delta}$  Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

D. 硫酸工业：FeS<sub>2</sub>  $\xrightarrow[\text{高温}]{\text{O}_2}$  SO<sub>2</sub>  $\xrightarrow{\text{H}_2\text{O}}$  H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

11 室温下，根据下列实验过程及现象，能验证相应实验结论的是( )

选项	实验过程及现象	实验结论
A	用 0.1 mol/L NaOH 溶液分别中和等体积的 0.1 mol/L H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 溶液和 0.1 mol/L CH <sub>3</sub> COOH 溶液，H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 消耗的 NaOH 溶液多	酸性：H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> > CH <sub>3</sub> COOH
B	向 2 mL 0.1 mol/L Na <sub>2</sub> S 溶液中滴加几滴溴水，振荡，产生淡黄色沉淀	氧化性：Br <sub>2</sub> > S
C	向 2 mL 浓度均为 0.1 mol/L 的 CaCl <sub>2</sub> 和 BaCl <sub>2</sub> 混合溶液中滴加少量 0.1 mol/L Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 溶液，振荡，产生白色沉淀	溶度积常数：CaCO <sub>3</sub> > BaCO <sub>3</sub>
D	用 pH 试纸分别测定 CH <sub>3</sub> COONa 溶液和 NaNO <sub>2</sub> 溶液 pH，CH <sub>3</sub> COONa 溶液 pH 大	结合 H <sup>+</sup> 能力：CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup> > NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>

12 室温下，通过下列实验探究 SO<sub>2</sub> 的性质。已知  $K_{a1}(\text{H}_2\text{SO}_3) = 1.3 \times 10^{-2}$ ， $K_{a2}(\text{HSO}_3^-) = 6.2 \times 10^{-8}$ 。

实验 1：将 SO<sub>2</sub> 气体通入水中，测得溶液 pH=3。

实验 2：将 SO<sub>2</sub> 气体通入 0.1 mol/L NaOH 溶液中，当溶液 pH=4 时停止通气。

实验 3：将 SO<sub>2</sub> 气体通入 0.1 mol/L 酸性 KMnO<sub>4</sub> 溶液中，当溶液恰好褪色时停止通气。

下列说法正确的是( )

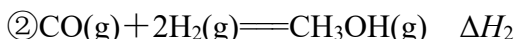
A. 实验 1 所得溶液中： $c(\text{HSO}_3^-) + c(\text{SO}_3^{2-}) > c(\text{H}^+)$

B. 实验 2 所得溶液中： $c(\text{SO}_3^{2-}) > c(\text{HSO}_3^-)$

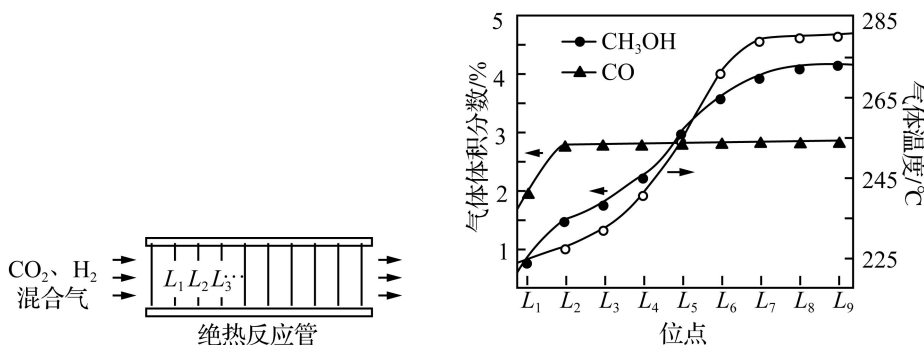
C. 实验 2 所得溶液经蒸干、灼烧制得 NaHSO<sub>3</sub> 固体

D. 实验 3 所得溶液中： $c(\text{SO}_4^{2-}) > c(\text{Mn}^{2+})$

13 二氧化碳加氢制甲醇的过程中的主要反应（忽略其他副反应）如下：



225 °C、 $8 \times 10^6 \text{ Pa}$  下，将一定比例  $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2$  混合气匀速通过装有催化剂的绝热反应管。装置及  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3 \cdots$  位点处（相邻位点距离相同）的气体温度、 $\text{CO}$  和  $\text{CH}_3\text{OH}$  的体积分数如图所示。下列说法正确的是( )



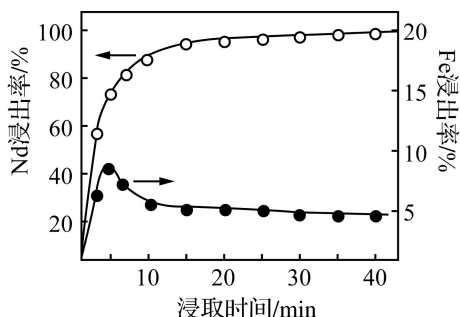
（容器内与外界没有热量交换）

- A.  $L_4$  处与  $L_5$  处反应①的平衡常数  $K$  相等
- B. 反应②的焓变  $\Delta H_2 > 0$
- C.  $L_6$  处的  $\text{H}_2\text{O}$  的体积分数大于  $L_5$  处
- D. 混合气从起始到通过  $L_1$  处， $\text{CO}$  的生成速率小于  $\text{CH}_3\text{OH}$  的生成速率

二、非选择题：共 4 题，共 61 分。

14 （15 分）回收磁性合金钕铁硼 ( $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ ) 可制备半导体材料铁酸钕和光学材料氧化钕。

(1) 钕铁硼在空气中焙烧转化为  $\text{Nd}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  等（忽略硼的化合物），用 0.4 mol/L 盐酸浸后过滤得到  $\text{NdCl}_3$  溶液和含铁滤渣。Nd、



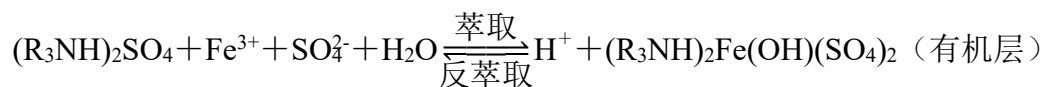
Fe 浸出率  $\left( \frac{\text{浸出液中某元素的物质的量}}{\text{某元素的总物质的量}} \times 100\% \right)$  随浸取时间变化如图所示。

① 含铁滤渣的主要成分为\_\_\_\_\_（填化学式）。

② 浸出初期 Fe 浸出率先上升后下降的原因是\_\_\_\_\_。

(2) 含铁滤渣用硫酸溶解，经萃取、反萃取提纯后，用于制备铁酸钕。

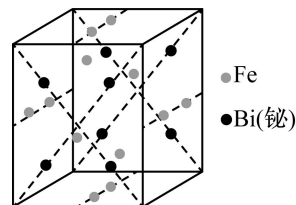
① 用含有机胺 ( $\text{R}_3\text{N}$ ) 的有机溶剂作为萃取剂提纯一定浓度的  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  溶液，原理如下：



已知： $(R_3NH)_2SO_4 + H^+ + HSO_4^- \rightleftharpoons 2(R_3NH \cdot HSO_4)$ 。

其他条件不变，水层初始 pH 在 0.2~0.8 范围内，随水层 pH 增大，有机层中 Fe 元素含量迅速增多的原因是\_\_\_\_\_。

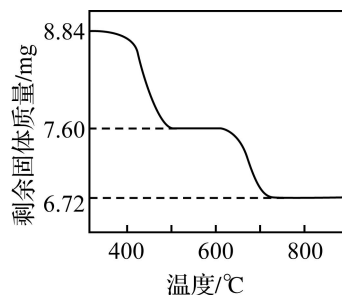
②反萃取后， $Fe_2(SO_4)_3$  经转化可得到铁酸铋。铁酸铋晶胞如图所示（图中有 4 个 Fe 原子位于晶胞体对角线上，O 原子未画出），其中原子数目比  $N(Fe) : N(Bi) =$ \_\_\_\_\_。



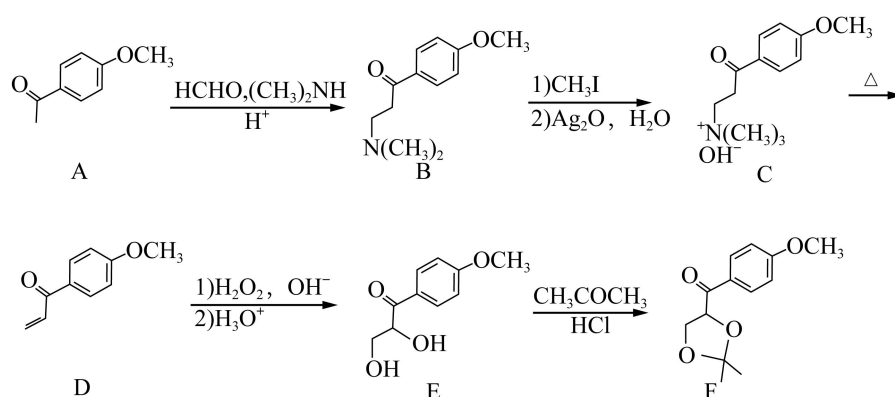
(3) 净化后的  $NdCl_3$  溶液通过沉钕、焙烧得到  $Nd_2O_3$ 。

①向  $NdCl_3$  溶液中加入  $(NH_4)_2CO_3$  溶液， $Nd^{3+}$  可转化为  $Nd(OH)CO_3$  沉淀。该反应的离子方程式为\_\_\_\_\_。

②将 8.84 mg  $Nd(OH)CO_3$ （摩尔质量为 221 g/mol）在氮气氛围中焙烧，剩余固体质量随温度变化曲线如图所示。550~600 °C 时，所得固体产物可表示为  $Nd_aO_b(CO_3)_c$ ，通过以上实验数据确定该产物中  $n(Nd^{3+}) : n(CO_3^{2-})$  的比值为（写出计算过程）。



15 (15 分) F 是合成含松柏基化合物的中间体，其合成路线如下：



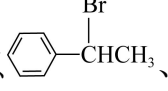
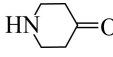
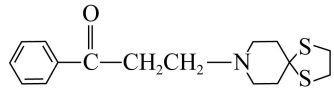
(1) A 分子中的含氧官能团名称为醚键和\_\_\_\_\_。

(2) A → B 中有副产物  $C_{15}H_{24}N_2O_2$  生成，该副产物的结构简式为\_\_\_\_\_。

(3) C → D 的反应类型为\_\_\_\_\_。C 转化为 D 时还生成  $H_2O$  和\_\_\_\_\_（填结构简式）。



(4) 写出同时满足下列条件的F的一种芳香族同分异构体的结构简式：\_\_\_\_\_。  
碱性条件下水解后酸化，生成X、Y和Z三种有机产物。X分子中含有1个手性碳原子；Y和Z分子中均有2种不同化学环境的氢原子，Y能与FeCl<sub>3</sub>溶液发生显色反应，Z不能被银氨溶液氧化。

(5) 已知：HSCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>SH与HOCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH性质相似。写出以、、HSCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>SH和HCHO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）。

16 （15分）贵金属银应用广泛。Ag与稀硝酸制得AgNO<sub>3</sub>，常用于循环处理高氯废水。

(1) 沉淀Cl<sup>-</sup>。在高氯水样中加入K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>使CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup>浓度约为5×10<sup>-3</sup> mol/L，当滴加AgNO<sub>3</sub>溶液至开始产生Ag<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>沉淀（忽略滴加过程的体积增加），此时溶液中Cl<sup>-</sup>浓度约为\_\_\_\_\_mol/L。[已知：K<sub>sp</sub>(AgCl)=1.8×10<sup>-10</sup>，K<sub>sp</sub>(Ag<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>)=2.0×10<sup>-12</sup>]

(2) 还原AgCl。在AgCl沉淀中埋入铁圈并压实，加入足量0.5 mol/L盐酸后静置，充分反应得到Ag。

①铁将AgCl转化为单质Ag的化学方程式为\_\_\_\_\_。

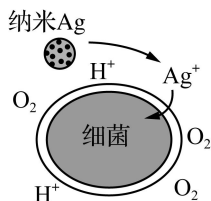
②不与铁圈直接接触的AgCl也能转化为Ag的原因是\_\_\_\_\_。

③为判断AgCl是否完全转化，补充完整实验方案：取出铁圈，搅拌均匀，取少量混合物过滤，\_\_\_\_\_。

[实验中必须使用的试剂和设备：稀硝酸、AgNO<sub>3</sub>溶液、通风设备]

(3) Ag的抗菌性能。纳米Ag表面能产生Ag<sup>+</sup>杀死细菌（如图示），其抗菌性能受溶解氧浓度影响。

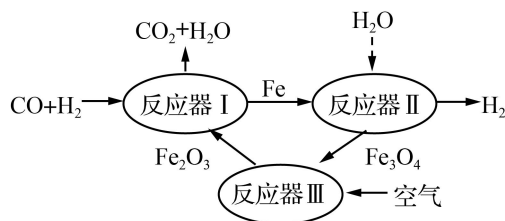
①纳米Ag溶解产生Ag<sup>+</sup>的离子方程式为\_\_\_\_\_。



②实验表明溶解氧浓度过高, 纳米 Ag 的抗菌性能下降, 主要原因是\_\_\_\_\_。

17 (16 分) 氢能是理想清洁能源, 氢能产业链由制氢、储氢和用氢组成。

(1) 利用铁及其氧化物循环制氢, 原理如图甲所示。反应器 I 中化合价发生改变的元素有\_\_\_\_\_；含 CO 和 H<sub>2</sub> 各 1 mol 的混合气体通过该方法制氢, 理论上可获得\_\_\_\_\_mol H<sub>2</sub>。

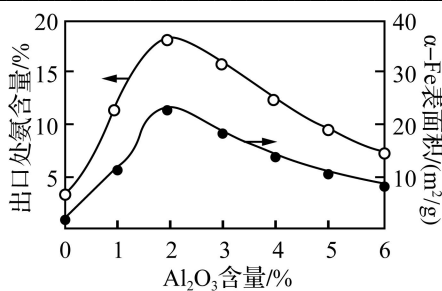


甲

(2) 一定条件下, 将氮气和氢气按  $n(\text{N}_2):n(\text{H}_2)=1:3$  混合匀速通入合成塔, 发生反应  $\text{N}_2+3\text{H}_2 \xrightleftharpoons[\text{高温、高压}]{\alpha\text{-Fe}/\text{Al}_2\text{O}_3} 2\text{NH}_3$ 。海绵状的  $\alpha\text{-Fe}$  作催化剂, 多孔  $\text{Al}_2\text{O}_3$  作为  $\alpha\text{Fe}$  的“骨架”和气体吸附剂。

①H<sub>2</sub> 中含有 CO 会使催化剂中毒。CH<sub>3</sub>COO[Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]和氨水的混合溶液能吸收 CO 生成 CH<sub>3</sub>COO[Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>CO]溶液, 该反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。

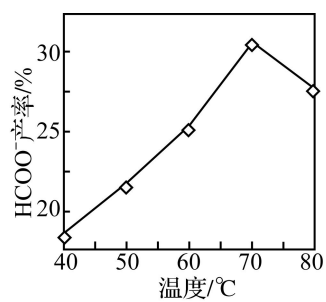
②Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量与  $\alpha\text{-Fe}$  表面积、出口处氨含量关系如图乙所示。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量大于 2%, 出口处氨含量下降的原因是\_\_\_\_\_。



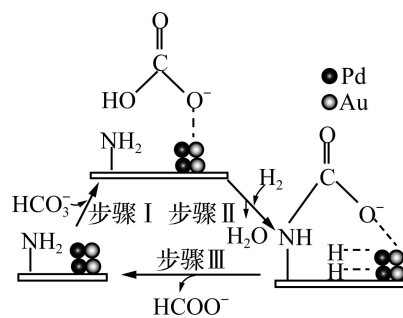
乙

(3) 反应  $\text{H}_2+\text{HCO}_3^- \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{HCOO}^-+\text{H}_2\text{O}$  可用于储氢。

①密闭容器中, 其他条件不变, 向含有催化剂的 0.1 mol/L NaHCO<sub>3</sub> 溶液中通入 H<sub>2</sub>, HCOO<sup>-</sup> 产率随温度变化如图丙所示。温度高于 70 ℃, HCOO<sup>-</sup> 产率下降的可能原因是\_\_\_\_\_。



丙



丁

②使用含氨基物质（化学式为  $\text{CN}-\text{NH}_2$ ，CN 是一种碳衍生材料）联合 PdAu 催化剂储氢，可能机理如图丁所示。氨基能将  $\text{HCO}_3^-$  控制在催化剂表面，其原理是\_\_\_\_\_；用重氢气  $\text{D}_2$  代替  $\text{H}_2$ ，通过检测是否存在\_\_\_\_\_（填化学式）确认反应过程中的加氢方式。

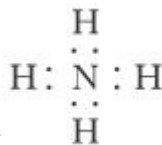
可能用到的相对原子质量：H—1 Li—7 C—12 N—14 O—16 Mg—24  
S—32 Cl—35.5 K—39 V—51 Fe—56

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 我国提出 2060 年实现碳中和的目标，体现了大国担当。碳中和中的碳是指( )

- A. 碳原子 B. 二氧化碳 C. 碳元素 D. 含碳物质

2 反应  $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaNO}_2 \rightleftharpoons \text{NaCl} + \text{N}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$  应用于石油开采。下列说法正确的是( )



- A.  $\text{NH}_4^+$  的电子式为  $\text{H} : \text{N} : \text{H}$  B.  $\text{NO}_2^-$  中 N 元素的化合价为 +5  
C.  $\text{N}_2$  分子中存在  $\text{N} \equiv \text{N}$  D.  $\text{H}_2\text{O}$  为非极性分子

3 实验室制取  $\text{Cl}_2$  的实验原理及装置均正确的是( )

A. 制取 $\text{Cl}_2$	B. 除去 $\text{Cl}_2$ 中 $\text{HCl}$	C. 收集 $\text{Cl}_2$	D. 吸收尾气中的 $\text{Cl}_2$

4 C、Si、Ge 位于元素周期表中 IVA 族。下列说法正确的是( )

- A. 原子半径：  $r(\text{C}) > r(\text{Si}) > r(\text{Ge})$   
B. 第一电离能：  $I_1(\text{C}) < I_1(\text{Si}) < I_1(\text{Ge})$   
C. 碳单质、晶体硅、SiC 均为共价晶体  
D. 可在元素周期表中 Si 附近寻找新半导体材料

阅读下列材料，完成 5~7 题：

氢元素及其化合物在自然界广泛存在且具有重要应用。 ${}^1\text{H}$ 、 ${}^2\text{H}$ 、 ${}^3\text{H}$  是氢元素的 3 种核素，基态 H 原子  $1s^1$  的核外电子排布，使得 H 既可以形成  $\text{H}^+$  又可以形成  $\text{H}^-$ ，还能形成  $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{H}_2\text{O}_2$ 、 $\text{NH}_3$ 、 $\text{N}_2\text{H}_4$ 、 $\text{CaH}_2$  等重要化合物；水煤气法、电解水、光催化分解水都能获得  $\text{H}_2$ ，如水煤气法制氢反应中， $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  与足量  $\text{C}(\text{s})$  反应生成 1 mol  $\text{H}_2(\text{g})$  和 1 mol  $\text{CO}(\text{g})$  吸收 131.3 kJ 的热量。 $\text{H}_2$  在金属冶炼、新能源开发、碳中和等方面具有重要应用，如  $\text{HCO}_3^-$  在催化剂作用下与  $\text{H}_2$  反应可得到  $\text{HCOO}^-$ 。我国科学家在氢气的制备和应用等方面都取得了重大成果。

5 下列说法正确的是( )

- A.  ${}^1\text{H}$ 、 ${}^2\text{H}$ 、 ${}^3\text{H}$  都属于氢元素
- B.  $\text{NH}_3$  和  $\text{H}_2\text{O}$  的中心原子轨道杂化类型均为  $\text{sp}^2$
- C.  $\text{H}_2\text{O}_2$  分子中的化学键均为极性共价键
- D.  $\text{CaH}_2$  晶体中存在 Ca 与  $\text{H}_2$  之间的强烈相互作用

6 下列化学反应表示正确的是( )

- A. 水煤气法制氢： $\text{C}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) \quad \Delta H = -131.3 \text{ kJ/mol}$
- B.  $\text{HCO}_3^-$  催化加氢生成  $\text{HCOO}^-$  的反应： $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{HCOO}^- + \text{H}_2\text{O}$
- C. 电解水制氢的阳极反应： $2\text{H}_2\text{O} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$
- D.  $\text{CaH}_2$  与水反应： $\text{CaH}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2 \uparrow$

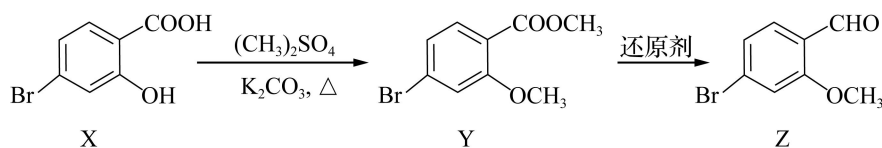
7 下列物质结构与性质或物质性质与用途具有对应关系的是( )

- A.  $\text{H}_2$  具有还原性，可作为氢氧燃料电池的燃料
- B. 氨极易溶于水，液氨可用作制冷剂
- C.  $\text{H}_2\text{O}$  分子之间形成氢键， $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  的热稳定性比  $\text{H}_2\text{S}(\text{g})$  的高
- D.  $\text{N}_2\text{H}_4$  中的 N 原子与  $\text{H}^+$  形成配位键， $\text{N}_2\text{H}_4$  具有还原性

8 氮及其化合物的转化具有重要应用。下列说法不正确的是( )

- A. 实验室探究稀硝酸与铜反应的气态产物： $\text{HNO}_3(\text{稀}) \xrightarrow{\text{Cu}} \text{NO} \xrightarrow{\text{O}_2} \text{NO}_2$
- B. 工业制硝酸过程中的物质转化： $\text{N}_2 \xrightarrow[\text{放电或高温}]{\text{O}_2} \text{NO} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{HNO}_3$
- C. 汽车尾气催化转化器中发生的主要反应： $2\text{NO} + 2\text{CO} \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{N}_2 + 2\text{CO}_2$
- D. 实验室制备少量  $\text{NH}_3$  的原理： $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\Delta} \text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_3 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

9 化合物 Z 是合成药物非奈利酮的重要中间体，其合成路线如下：



下列说法正确的是( )

- A. X 不能与  $\text{FeCl}_3$  溶液发生显色反应
- B. Y 中的含氧官能团分别是酯基、羧基
- C. 1 mol Z 最多能与 3 mol  $\text{H}_2$  发生加成反应
- D. X、Y、Z 可用饱和  $\text{NaHCO}_3$  溶液和 2% 银氨溶液进行鉴别

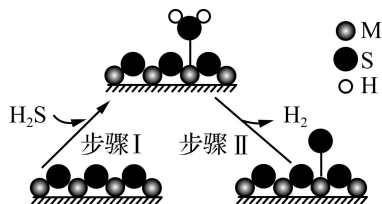
10 金属硫化物( $\text{M}_x\text{S}_y$ )催化反应  $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{S}(\text{g}) = \text{CS}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g})$ ，既可以除去天然气中的  $\text{H}_2\text{S}$ ，又可以获得  $\text{H}_2$ 。下列说法正确的是( )

A. 该反应的  $\Delta S < 0$

B. 该反应的平衡常数  $K = \frac{c(\text{CH}_4) \cdot c^2(\text{H}_2\text{S})}{c(\text{CS}_2) \cdot c^4(\text{H}_2)}$

C. 题图所示的反应机理中，步骤 I 可理解为  $\text{H}_2\text{S}$  中带部分负电荷的 S 与催化剂中的 M 之间发生作用

D. 该反应中每消耗 1 mol  $\text{H}_2\text{S}$ ，转移电子的数目约为  $2 \times 6.02 \times 10^{23}$



11 室温下，探究溶液的性质，下列实验方案能达到探究目的的是( )

选项	探究目的	实验方案
A	溶液中是否含有 $\text{Fe}^{3+}$	向 2 mL $\text{FeSO}_4$ 溶液中滴加几滴新制氯水，再滴加 KSCN 溶液，观察溶液颜色变化
B	$\text{Fe}^{2+}$ 是否有还原性	向 2 mL $\text{FeSO}_4$ 溶液中滴加几滴酸性 $\text{KMnO}_4$ 溶液，观察溶液颜色变化
C	$\text{Fe}^{2+}$ 是否水解	向 2 mL $\text{FeSO}_4$ 溶液中滴加 2~3 滴酚酞试液，观察溶液颜色变化
D	$\text{Fe}^{2+}$ 能否催化 $\text{H}_2\text{O}_2$ 分解	向 2 mL 5% $\text{H}_2\text{O}_2$ 溶液中滴加几滴 $\text{FeSO}_4$ 溶液，观察气泡产生情况

12 室温下，用含少量  $\text{Mg}^{2+}$  的  $\text{MnSO}_4$  溶液制备  $\text{MnCO}_3$  的过程如图所示。已知： $K_{\text{sp}}(\text{MgF}_2) = 5.2 \times 10^{-11}$ ， $K_{\text{a}}(\text{HF}) = 6.3 \times 10^{-4}$ 。下列说法正确的是( )

A. 0.1 mol/L NaF 溶液中： $c(\text{F}^-) = c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+)$

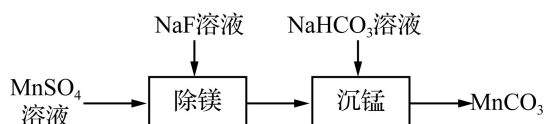
B. “除镁”得到的上层清液中：

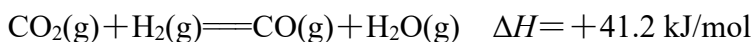
$$c(\text{Mg}^{2+}) = \frac{K_{\text{sp}}(\text{MgF}_2)}{c(\text{F}^-)}$$

C. 0.1 mol/L  $\text{NaHCO}_3$  溶液中： $c(\text{CO}_3^{2-}) = c(\text{H}^+) + c(\text{H}_2\text{CO}_3) - c(\text{OH}^-)$

D. “沉锰”后的滤液中： $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) + c(\text{HCO}_3^-) + 2c(\text{CO}_3^{2-})$

13 二氧化碳加氢制甲烷过程中的主要反应如下：





在密闭容器中， $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、 $n_{\text{起始}}(\text{CO}_2) : n_{\text{起始}}(\text{H}_2) = 1 : 4$  时， $\text{CO}_2$  平衡转化率、在催化剂作用下反应相同时间所测得的  $\text{CO}_2$  实际转化率随温度的变化如图所示。

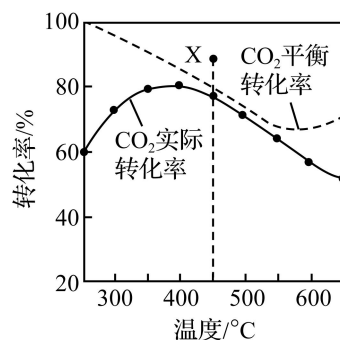
$\text{CH}_4$  的选择性可表示为  $\frac{n_{\text{生成}}(\text{CH}_4)}{n_{\text{反应}}(\text{CO}_2)} \times 100\%$ 。下列说法正确的是( )

A. 反应  $2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{CH}_4(\text{g})$  的  $\Delta H = -205.9 \text{ kJ/mol}$

B.  $\text{CH}_4$  的平衡选择性随着温度的升高而增加

C. 用该催化剂催化二氧化碳反应的最佳温度范围约为  $480 \sim 530^\circ\text{C}$

D.  $450^\circ\text{C}$  时，提高  $\frac{n_{\text{起始}}(\text{H}_2)}{n_{\text{起始}}(\text{CO}_2)}$  的值或增大压强，均能使  $\text{CO}_2$  平衡转化率达到 X 点的值



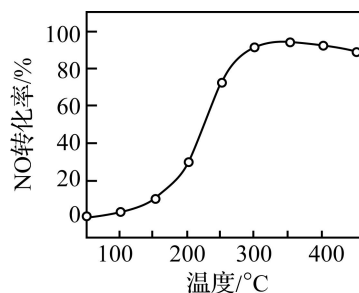
使  $\text{CO}_2$  平衡转化率达到 X 点的值

二、非选择题：共 4 题，共 61 分。

14 (15 分)  $\text{V}_2\text{O}_5\text{-WO}_3/\text{TiO}_2$  催化剂能催化  $\text{NH}_3$  脱除烟气中的  $\text{NO}$ ，反应为  $4\text{NH}_3(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) + 4\text{NO}(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{N}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = -1632.4 \text{ kJ/mol}$ 。

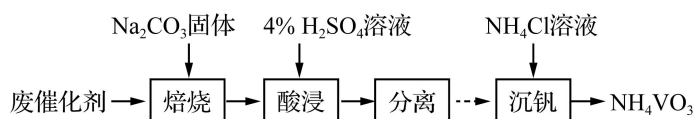
(1) 催化剂的制备。将预先制备的一定量的  $\text{WO}_3/\text{TiO}_2$  粉末置于  $80^\circ\text{C}$  的水中，在搅拌下加入一定量的  $\text{NH}_4\text{VO}_3$  溶液，经蒸发、焙烧等工序得到颗粒状  $\text{V}_2\text{O}_5\text{-WO}_3/\text{TiO}_2$  催化剂。在水溶液中  $\text{VO}_3^-$  水解为  $\text{H}_3\text{VO}_4$  沉淀的离子方程式为\_\_\_\_\_；反应选用  $\text{NH}_4\text{VO}_3$  溶液而不选用  $\text{NaVO}_3$  溶液的原因是\_\_\_\_\_。

(2) 催化剂的应用。将一定物质的量浓度的  $\text{NO}$ 、 $\text{O}_2$ 、 $\text{NH}_3$  (其余为  $\text{N}_2$ ) 气体匀速通过装有  $\text{V}_2\text{O}_5\text{WO}_3/\text{TiO}_2$  催化剂的反应器，测得  $\text{NO}$  的转化率随温度的变化如图所示。反应温度在  $320 \sim 360^\circ\text{C}$  范围内， $\text{NO}$  转化率随温度变化不明显的原因是\_\_\_\_\_；



反应温度高于  $380^\circ\text{C}$ ， $\text{NO}$  转化率下降，除因为进入反应器的  $\text{NO}$  被还原的量减少外，还有\_\_\_\_\_ (用化学方程式表示)。

(3) 废催化剂的回收。回收  $\text{V}_2\text{O}_5\text{-WO}_3/\text{TiO}_2$  废催化剂并制备  $\text{NH}_4\text{VO}_3$  的过程可表示如下：



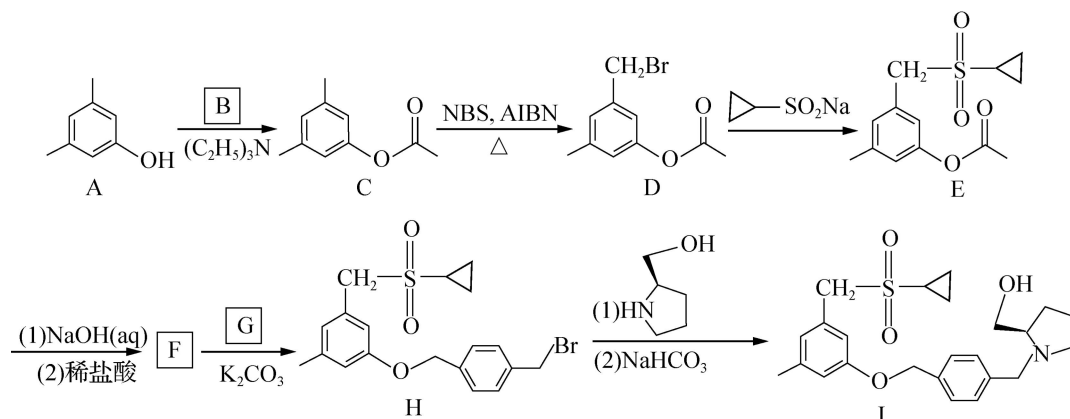
①酸浸时，加料完成后，以一定速率搅拌反应。提高钒元素浸出率的方法还

有\_\_\_\_\_。

②通过萃取可分离钒和钨，在得到的钒酸中含有  $\text{H}_4\text{V}_4\text{O}_{12}$ 。已知  $\text{H}_4\text{V}_4\text{O}_{12}$  具有八元环结构，其结构式可表示为\_\_\_\_\_。

③向  $\text{pH}=8$  的  $\text{NaVO}_3$  溶液中加入过量的  $\text{NH}_4\text{Cl}$  溶液，生成  $\text{NH}_4\text{VO}_3$  沉淀。已知： $K_{\text{sp}}(\text{NH}_4\text{VO}_3)=1.7\times 10^{-3}$ ，加过量  $\text{NH}_4\text{Cl}$  溶液的目的是\_\_\_\_\_。

15 (15 分) 化合物 I 是鞘氨醇激酶抑制剂，其合成路线如下：



(1) 化合物 A 的酸性比环己醇的\_\_\_\_\_ (填“强”“弱”或“无差别”)。

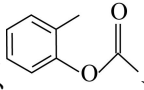

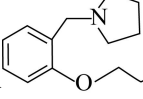
(2) B 的分子式为  $\text{C}_2\text{H}_3\text{OCl}$ ，可由乙酸与  $\text{SOCl}_2$  反应合成，B 的结构简式为\_\_\_\_\_。

(3)  $\text{A} \rightarrow \text{C}$  中加入  $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}$  是为了消耗反应中产生的\_\_\_\_\_ (填化学式)。

(4) 写出同时满足下列条件的 C 的一种同分异构体的结构简式：\_\_\_\_\_。

碱性条件水解后酸化生成两种产物，产物之一的分子中碳原子轨道杂化类型相同且室温下不能使 2% 酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液褪色；加热条件下，铜催化另一产物与氧气反应，所得有机产物的核磁共振氢谱中只有 1 组峰。

(5) G 的分子式为  $\text{C}_8\text{H}_8\text{Br}_2$ ， $\text{F} \rightarrow \text{H}$  的反应类型为\_\_\_\_\_。

(6) 写出以 、 和  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$  为原料制备  的合成路线流程图 (须用 NBS 和 AIBN，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)。

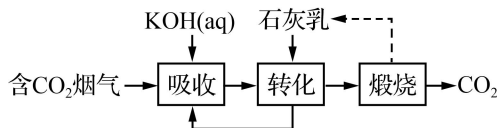
16 (15 分) 实验室模拟“镁法工业烟气脱硫”并制备  $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ，其实





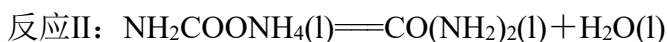
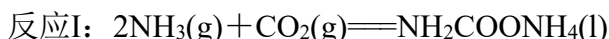
17 (16分) 空气中  $\text{CO}_2$  含量的控制和  $\text{CO}_2$  资源利用具有重要意义。

(1) 燃煤烟气中  $\text{CO}_2$  的捕集可通过如图所示的物质转化实现。

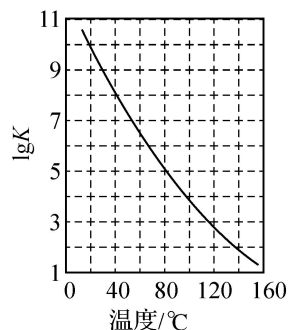


“吸收”后所得的  $\text{KHCO}_3$  溶液与石灰乳反应的化学方程式为\_\_\_\_\_；载人航天器内，常用  $\text{LiOH}$  固体而很少用  $\text{KOH}$  固体吸收空气中的  $\text{CO}_2$ ，其原因是\_\_\_\_\_。

(2) 合成尿素  $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$  是利用  $\text{CO}_2$  的途径之一，尿素合成主要通过下列反应实现。



① 密闭体系中反应I的平衡常数( $K$ )与温度的关系如图甲所示，反应I的  $\Delta H$  \_\_\_\_\_ (填“=0”“>0”或“<0”)。

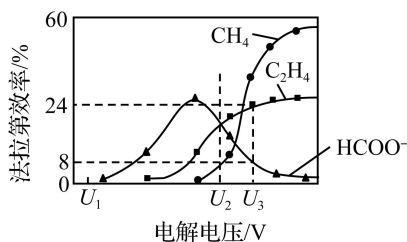


甲

② 反应体系中除发生反应I、反应II外，还发生尿素水解尿素缩合生成缩二脲  $[(\text{NH}_2\text{CO})_2\text{NH}]$  和尿素转化为氰酸铵  $(\text{NH}_4\text{OCN})$  等副反应。尿素生产中实际投入  $\text{NH}_3$  和  $\text{CO}_2$  的物质的量之比为  $n(\text{NH}_3) : n(\text{CO}_2) = 4 : 1$ ，其实际投料比值远大于理论值的原因是\_\_\_\_\_。

(3) 催化电解吸收  $\text{CO}_2$  的  $\text{KOH}$  溶液可将  $\text{CO}_2$  转化为有机物。在相同条件下，恒定通过电解池的电量，电解得到的部分还原产物的法拉第效率( $FE\%$ )随电解电压的变化如图乙所示。

$$FE\% = \frac{Q_x (\text{生成还原产物 X 所需要的电量})}{Q_{\text{总}} (\text{电解过程中通过的总电量})} \times 100\%$$



乙

其中， $Q_x = nF$ ， $n$  表示电解生成还原产物 X 所转移电子的物质的量， $F$  表示法拉第常数。

① 当电解电压为  $U_1\text{V}$  时，电解过程中含碳还原产物的  $FE\%$  为 0，阴极主要还原产物为\_\_\_\_\_ (填化学式)。

② 当电解电压为  $U_2\text{V}$  时，阴极由  $\text{HCO}_3^-$  生成  $\text{CH}_4$  的电极反应式为\_\_\_\_\_。

③ 当电解电压为  $U_3\text{V}$  时，电解生成的  $\text{C}_2\text{H}_4$  和  $\text{HCOO}^-$  的物质的量之比为\_\_\_\_\_ (写出计算过程)。

可能用到的相对原子质量：H—1 C—12 N—14 O—16 S—32  
Cl—35.5 Cr—52 Fe—56 Cu—64 Ce—140

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 我国为人类科技发展作出巨大贡献。下列成果研究的物质属于蛋白质的是( )

- A. 陶瓷烧制 B. 黑火药 C. 造纸术 D. 合成结晶牛胰岛素

2 少量  $\text{Na}_2\text{O}_2$  与  $\text{H}_2\text{O}$  反应生成  $\text{H}_2\text{O}_2$  和  $\text{NaOH}$ 。下列说法正确的是( )

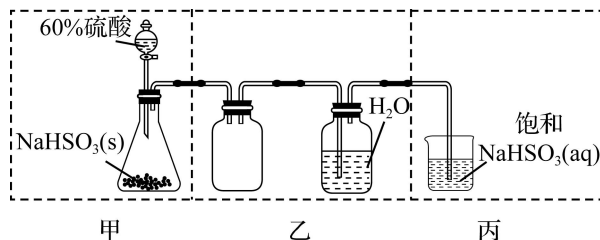
- A.  $\text{Na}_2\text{O}_2$  的电子式为  $\text{Na}^+[\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}]^{2-}\text{Na}^+$  B.  $\text{H}_2\text{O}$  的空间结构为直线形  
C.  $\text{H}_2\text{O}_2$  中 O 元素的化合价为 -1 D.  $\text{NaOH}$  仅含离子键

3 工业上电解熔融  $\text{Al}_2\text{O}_3$  和冰晶石( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ )的混合物可制得铝。下列说法正确的是( )

- A. 半径： $r(\text{Al}^{3+}) < r(\text{Na}^+)$  B. 电负性： $\chi(\text{F}) < \chi(\text{O})$   
C. 电离能： $I_1(\text{O}) < I_1(\text{Na})$  D. 碱性： $\text{NaOH} < \text{Al}(\text{OH})_3$

4 实验室制取少量  $\text{SO}_2$  水溶液并探究其酸性，下列实验装置和操作不能达到实验目的的是( )

- A. 用装置甲制取  $\text{SO}_2$  气体  
B. 用装置乙制取  $\text{SO}_2$  水溶液  
C. 用装置丙吸收尾气中的  $\text{SO}_2$   
D. 用干燥 pH 试纸检验  $\text{SO}_2$  水溶液的酸性



阅读下列材料，完成 5~7 题：

周期表中 IVA 族元素及其化合物应用广泛。甲烷具有较大的燃烧热(890.3 kJ/mol)，是常见燃料；Si、Ge 是重要的半导体材料，硅晶体表面  $\text{SiO}_2$  能与氢氟酸(HF，弱酸)反应生成  $\text{H}_2\text{SiF}_6$  ( $\text{H}_2\text{SiF}_6$  在水中完全电离为  $\text{H}^+$  和  $\text{SiF}_6^{2-}$ )；1885 年德国化学家将硫化锗( $\text{GeS}_2$ )与  $\text{H}_2$  共热制得门捷列夫预言的类硅——锗；我国古代就掌握了青铜(铜锡合金)的冶炼、加工技术，制造出许多精美的青铜器； $\text{Pb}$ 、 $\text{PbO}_2$  是铅酸蓄电池的电极材料，不同铅化合物一般具有不同颜色，历史上曾广泛用作颜料。

5 下列说法正确的是( )

- A. 金刚石与石墨中 C—C—C 夹角都为  $120^\circ$   
B.  $\text{SiH}_4$ 、 $\text{SiCl}_4$  都是由极性键构成的非极性分子  
C. 锗原子( $_{32}\text{Ge}$ )基态核外电子排布式为  $4s^24p^2$   
D. IVA 族元素单质的晶体类型相同

6 下列化学反应表示正确的是( )

- A.  $\text{SiO}_2$  与  $\text{HF}$  溶液反应:  $\text{SiO}_2 + 6\text{HF} \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + \text{SiF}_6^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$   
B. 高温下  $\text{H}_2$  还原  $\text{GeS}_2$ :  $\text{GeS}_2 + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{Ge} + 2\text{H}_2\text{S}$   
C. 铅酸蓄电池放电时的正极反应:  $\text{Pb} - 2\text{e}^- + \text{SO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{PbSO}_4$   
D. 甲烷的燃烧:  $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = +890.3 \text{ kJ/mol}$

7 下列物质性质与用途具有对应关系的是( )

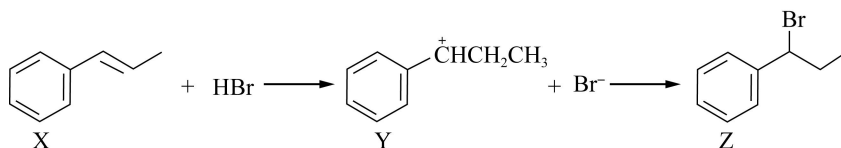
- A. 石墨能导电, 可用作润滑剂  
B. 单晶硅熔点高, 可用作半导体材料  
C. 青铜比纯铜熔点低、硬度大, 古代用青铜铸剑  
D. 含铅化合物颜色丰富, 可用作电极材料

8 氮及其化合物的转化具有重要应用。下列说法不正确的是( )

- A. 自然固氮、人工固氮都是将  $\text{N}_2$  转化为  $\text{NH}_3$   
B. 侯氏制碱法以  $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{NH}_3$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{NaCl}$  为原料制备  $\text{NaHCO}_3$  和  $\text{NH}_4\text{Cl}$   
C. 工业上通过  $\text{NH}_3$  催化氧化等反应过程生产  $\text{HNO}_3$   
D. 多种形态的氮及其化合物间的转化形成了自然界的“氮循环”

9 精细化学品 Z 是 X 与  $\text{HBr}$  反应的主产物, X  $\rightarrow$  Z 的反应机理如图所示。

下列说法不正确的是( )



A. X 与 互为顺反异构体

B. X 能使溴的  $\text{CCl}_4$  溶液褪色

C. X 与  $\text{HBr}$  反应有副产物 生成

D. Z 分子中含有 2 个手性碳原子

10 用尿素水解生成的  $\text{NH}_3$  催化还原  $\text{NO}$ , 是柴油机车尾气净化的主要方法。反应为  $4\text{NH}_3(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) + 4\text{NO}(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{N}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 。下列说法正确的是( )

A. 上述反应  $\Delta S < 0$

B. 上述反应平衡常数  $K = \frac{c^4(\text{N}_2) \cdot c^6(\text{H}_2\text{O})}{c^4(\text{NH}_3) \cdot c(\text{O}_2) \cdot c^4(\text{NO})}$

C. 上述反应中消耗 1 mol  $\text{NH}_3$ , 转移电子的数目为  $2 \times 6.02 \times 10^{23}$

D. 实际应用中, 加入尿素的量越多, 柴油机车排放的尾气对空气污染程度越小

11 室温下，下列实验探究方案不能达到探究目的的是( )

选项	探究方案	探究目的
A	向盛有 $\text{FeSO}_4$ 溶液的试管中滴加几滴 $\text{KSCN}$ 溶液，振荡，再滴加几滴新制氯水，观察溶液颜色变化	$\text{Fe}^{2+}$ 具有还原性
B	向盛有 $\text{SO}_2$ 水溶液的试管中滴加几滴品红溶液，振荡，加热试管，观察溶液颜色变化	$\text{SO}_2$ 具有漂白性
C	向盛有淀粉 $\text{KI}$ 溶液的试管中滴加几滴溴水，振荡，观察溶液颜色变化	$\text{Br}_2$ 的氧化性比 $\text{I}_2$ 的强
D	用 pH 计测量醋酸、盐酸的 pH，比较溶液 pH 大小	$\text{CH}_3\text{COOH}$ 是弱电解质

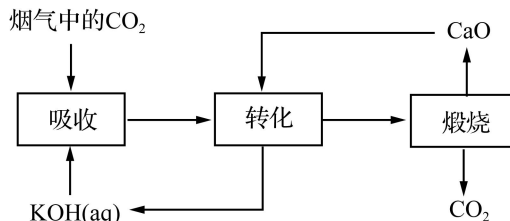
12 一种捕集烟气中  $\text{CO}_2$  的过程如图所示。室温下以  $0.1 \text{ mol/L}$   $\text{KOH}$  溶液吸收  $\text{CO}_2$ ，若通入  $\text{CO}_2$  所引起的溶液体积变化和  $\text{H}_2\text{O}$  挥发可忽略，溶液中含碳物种的浓度  $c_{\text{总}} = c(\text{H}_2\text{CO}_3) + c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{CO}_3^{2-})$ 。 $\text{H}_2\text{CO}_3$  电离平衡常数分别为  $K_{a1} = 4.4 \times 10^{-7}$ ， $K_{a2} = 4.7 \times 10^{-11}$ 。下列说法正确的是( )

A.  $\text{KOH}$  吸收  $\text{CO}_2$  所得到的溶液中：  
 $c(\text{H}_2\text{CO}_3) > c(\text{HCO}_3^-)$

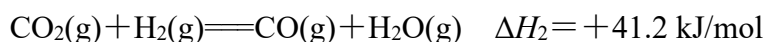
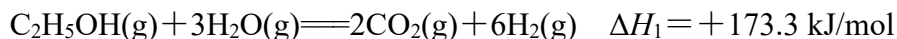
B.  $\text{KOH}$  完全转化为  $\text{K}_2\text{CO}_3$  时，溶液中：  
 $c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+) + c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{H}_2\text{CO}_3)$

C.  $\text{KOH}$  吸收  $\text{CO}_2$ ， $c_{\text{总}} = 0.1 \text{ mol/L}$  溶液中：  
 $c(\text{H}_2\text{CO}_3) > c(\text{CO}_3^{2-})$

D. 图中所示“吸收”“转化”过程中，溶液的温度下降



13 乙醇水催化重整可以获得氢气，其主要反应如下：



在  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、 $n_{\text{始}}(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) : n_{\text{始}}(\text{H}_2\text{O}) = 1 : 3$  时，若仅考虑上述反应，平衡时  $\text{CO}_2$  和  $\text{CO}$  的选择性及  $\text{H}_2$  产率随温度变化如图所示。 $\text{CO}$  的选择性 =

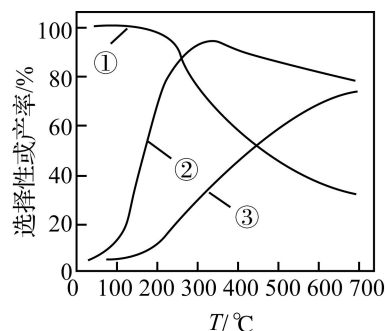
$\frac{n_{\text{生成}}(\text{CO})}{n_{\text{生成}}(\text{CO}_2) + n_{\text{生成}}(\text{CO})} \times 100\%$ 。下列说法正确的是( )

A. 图中曲线①表示平衡时  $\text{H}_2$  产率随温度的变化

B. 温度升高，平衡时  $\text{CO}$  的选择性增大

C. 一定温度下，增大  $\frac{n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})}{n(\text{H}_2\text{O})}$  可提高乙醇平衡转化率

D. 一定温度下，加入  $\text{CaO}(\text{s})$  或选用高效催化剂，均能提高平衡时  $\text{H}_2$  产率



## 二、非选择题：共4题，共61分。

14 (15分) 硫铁化合物(FeS、FeS<sub>2</sub>等)应用广泛。

(1) 纳米FeS可去除水中微量六价铬[Cr(VI)]。在pH=4~7的水溶液中，纳米FeS颗粒表面带正电荷，Cr(VI)主要以HCrO<sub>4</sub><sup>-</sup>、Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup>、CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup>形式存在，纳米FeS去除水中Cr(VI)主要经过“吸附→反应→沉淀”的过程。

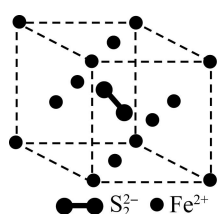
已知： $K_{sp}(\text{FeS})=6.5\times 10^{-18}$ ， $K_{sp}[\text{Fe}(\text{OH})_2]=5.0\times 10^{-17}$ 。H<sub>2</sub>S电离平衡常数分别为 $K_{a1}=1.1\times 10^{-7}$ 、 $K_{a2}=1.3\times 10^{-13}$ 。

①在弱碱性溶液中，FeS与CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup>反应生成Fe(OH)<sub>3</sub>、Cr(OH)<sub>3</sub>和单质S，其离子方程式为\_\_\_\_\_。

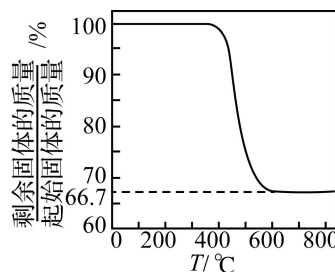
②在弱酸性溶液中，反应 $\text{FeS} + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + \text{HS}^-$ 的平衡常数K的数值为\_\_\_\_\_。

③pH=4~7时，pH越大，FeS去除水中Cr(VI)的速率越慢，原因是\_\_\_\_\_。

(2) FeS<sub>2</sub>具有良好半导体性能，FeS<sub>2</sub>的一种晶体与NaCl晶体的结构相似，该FeS<sub>2</sub>晶体的一个晶胞中S<sub>2</sub><sup>2-</sup>的数目为\_\_\_\_\_；在FeS<sub>2</sub>晶体中，每个S原子与3个Fe<sup>2+</sup>紧邻，且Fe—S间距相等，图甲给出了FeS<sub>2</sub>晶胞中的Fe<sup>2+</sup>和位于晶胞体心的S<sub>2</sub><sup>2-</sup>(S<sub>2</sub><sup>2-</sup>中的S—S位于晶胞体对角线上，晶胞中的其他S<sub>2</sub><sup>2-</sup>已省略)。在图甲中用“—”将其中1个S原子与紧邻的Fe<sup>2+</sup>连接起来。



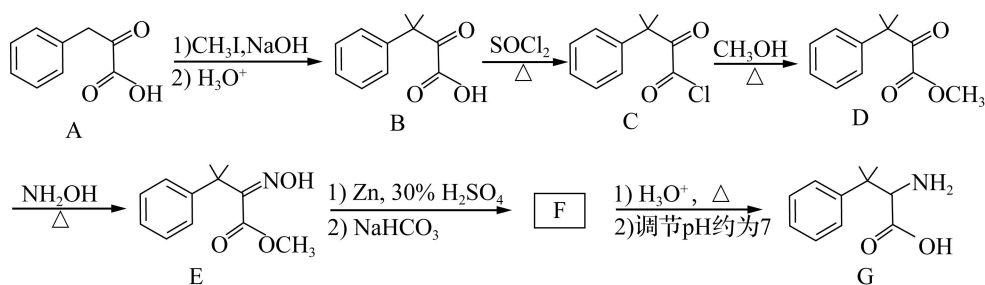
甲



乙

(3) FeS<sub>2</sub>、FeS在空气中易被氧化。将FeS<sub>2</sub>在空气中氧化，测得氧化过程中剩余固体质量与起始FeS<sub>2</sub>的质量的比值随温度变化曲线如图乙所示。800℃时，FeS<sub>2</sub>氧化成含有2种元素的固体产物为\_\_\_\_\_（填化学式，写出计算过程）。

15 (15 分) 化合物 G 可用于药用多肽的结构修饰, 其人工合成路线如下:



(1) A 分子中碳原子的杂化轨道类型为\_\_\_\_\_。

(2) B  $\rightarrow$  C 的反应类型为\_\_\_\_\_。

(3) D 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: \_\_\_\_\_。

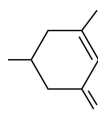
①分子中含有 4 种不同化学环境的氢原子;

②碱性条件水解, 酸化后得 2 种产物, 其中 1 种含苯环且有 2 种含氧官能团, 2 种产物均能被银氨溶液氧化。

(4) F 的分子式为  $C_{12}H_{17}NO_2$ , 其结构简式为\_\_\_\_\_。

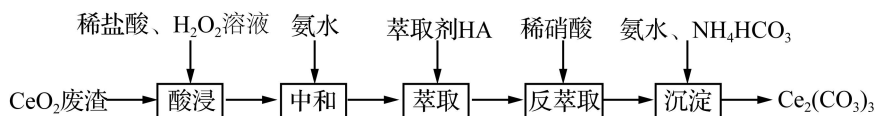
(5) 已知: ①  $R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-R' \xrightarrow[2) H_3O^+]{1) R''MgBr} \begin{matrix} R'' \\ \diagup \\ C-OH \\ \diagdown \\ R \end{matrix} \begin{matrix} R' \end{matrix}$  (R、R' 表示烃基或氢, R'' 表示烃基); ②  $\begin{matrix} O \\ \parallel \\ -C- \end{matrix} + \begin{matrix} O \\ \parallel \\ -C- \end{matrix} \xrightarrow[\Delta]{NaOH} \begin{matrix} O \\ \parallel \\ -C- \end{matrix} -CH=CH-\begin{matrix} O \\ \parallel \\ -C- \end{matrix}$ 。写出以  $\begin{matrix} O \\ \parallel \\ -C- \end{matrix}$  和  $CH_3MgBr$

为原料制备  $\begin{matrix} O \\ \parallel \\ -C- \end{matrix}$  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)。



为原料制备  $\begin{matrix} O \\ \parallel \\ -C- \end{matrix}$  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)。

16 (15分) 实验室以二氧化铈( $\text{CeO}_2$ )废渣为原料制备  $\text{Cl}^-$  含量少的  $\text{Ce}_2(\text{CO}_3)_3$ , 其部分实验过程如下:



(1) “酸浸”时  $\text{CeO}_2$  与  $\text{H}_2\text{O}_2$  反应生成  $\text{Ce}^{3+}$  并放出  $\text{O}_2$ , 该反应的离子方程式为\_\_\_\_\_。

(2) pH 约为 7 的  $\text{CeCl}_3$  溶液与  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  溶液反应可生成  $\text{Ce}_2(\text{CO}_3)_3$  沉淀, 该沉淀中  $\text{Cl}^-$  含量与加料方式有关。得到含  $\text{Cl}^-$  量较少的  $\text{Ce}_2(\text{CO}_3)_3$  的加料方式为\_\_\_\_\_ (填字母)。

- A. 将  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  溶液滴加到  $\text{CeCl}_3$  溶液中
- B. 将  $\text{CeCl}_3$  溶液滴加到  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  溶液中

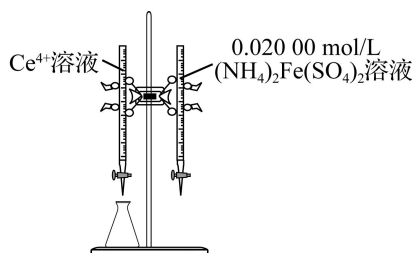
(3) 通过中和、萃取、反萃取、沉淀等过程, 可制备  $\text{Cl}^-$  含量少的  $\text{Ce}_2(\text{CO}_3)_3$ 。已知  $\text{Ce}^{3+}$  能被有机萃取剂 (简称 HA) 萃取, 其萃取原理可表示为  $\text{Ce}^{3+}$  (水层) +  $3\text{HA}$  (有机层)  $\rightleftharpoons$   $\text{Ce}(\text{A})_3$  (有机层) +  $3\text{H}^+$  (水层)。

①加氨水 “中和” 去除过量盐酸, 使溶液接近中性。去除过量盐酸的目的是\_\_\_\_\_。

②反萃取的目的是将有机层  $\text{Ce}^{3+}$  转移到水层。使  $\text{Ce}^{3+}$  尽可能多地发生上述转移, 应选择的实验条件或采取的实验操作有\_\_\_\_\_ (填两项)。

③与 “反萃取” 得到的水溶液比较, 滤去  $\text{Ce}_2(\text{CO}_3)_3$  沉淀的滤液中, 物质的量减小的离子有\_\_\_\_\_ (填离子符号)。

(4) 实验中需要测定溶液中  $\text{Ce}^{3+}$  的含量。已知水溶液中  $\text{Ce}^{4+}$  可用准确浓度的  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$  溶液滴定, 以苯代邻氨基苯甲酸为指示剂, 滴定终点时溶液由紫红色变为亮黄色, 滴定反应为  $\text{Fe}^{2+} + \text{Ce}^{4+} = \text{Fe}^{3+} + \text{Ce}^{3+}$ 。请补充完整实验方案。



①准确量取 25.00 mL  $\text{Ce}^{3+}$  溶液 [ $c(\text{Ce}^{3+})$  约为 0.2 mol/L], 加氧化剂将  $\text{Ce}^{3+}$  完全氧化并去除多余氧化剂后, 用稀硫酸酸化, 将溶液完全转移到 250 mL 容量瓶中后定容;

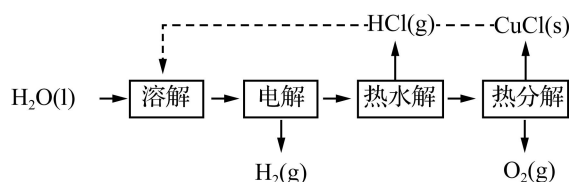
②按规定操作分别将 0.020 00 mol/L  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$  溶液和待测  $\text{Ce}^{4+}$  溶液装入如图所示的滴定管中;

③\_\_\_\_\_。



17 (16分) 氢气是一种清洁能源, 绿色环保制氢技术研究具有重要意义。

(1) “ $\text{CuCl}-\text{H}_2\text{O}$  热循环制氢” 经过溶解、电解、热水解和热分解 4 个步骤, 其过程如图所示。



①电解在质子交换膜电解池中进行。阳极区为酸性  $\text{CuCl}_2$  溶液, 阴极区为盐酸, 电解过程中  $\text{CuCl}_2$  转化为  $\text{CuCl}$ 。电解时阳极发生的主要电极反应为\_\_\_\_\_ (用电极反应式表示)。

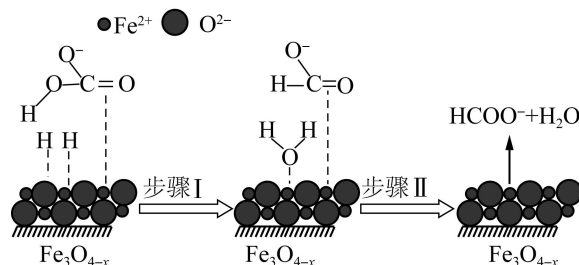
②电解后, 经热水解和热分解的物质可循环使用。在热水解和热分解过程中, 发生化合价变化的元素有\_\_\_\_\_ (填元素符号)。

(2) “ $\text{FeHCO}_3-\text{H}_2\text{O}$  热循环制氢和甲酸” 的原理: 在密闭容器中, 铁粉与吸收  $\text{CO}_2$  制得的  $\text{NaHCO}_3$  溶液反应, 生成  $\text{H}_2$ 、 $\text{HCOONa}$  和  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ;  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  再经生物柴油副产品转化为  $\text{Fe}$ 。

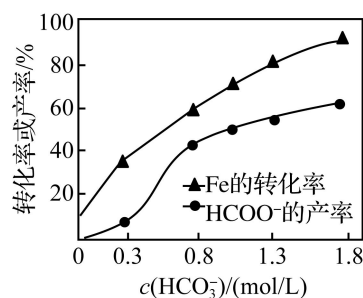
①实验中发现, 在  $300\text{ }^\circ\text{C}$  时, 密闭容器中  $\text{NaHCO}_3$  溶液与铁粉反应, 反应初期有  $\text{FeCO}_3$  生成并放出  $\text{H}_2$ , 该反应的离子方程式为\_\_\_\_\_。

②随着反应进行,  $\text{FeCO}_3$  迅速转化为活性  $\text{Fe}_3\text{O}_{4-x}$ , 活性  $\text{Fe}_3\text{O}_{4-x}$  是  $\text{HCO}_3^-$  转化为  $\text{HCOO}^-$  的催化剂, 其可能反应机理如图甲所示。根据元素电负性的变化规律, 图甲所示的反应步骤 I 可描述为\_\_\_\_\_。

③在其他条件相同时, 测得  $\text{Fe}$  的转化率、 $\text{HCOO}^-$  的产率随  $c(\text{HCO}_3^-)$  变化如图乙所示。 $\text{HCOO}^-$  的产率随  $c(\text{HCO}_3^-)$  增加而增大的可能原因是\_\_\_\_\_。



甲



乙

(3) 从物质转化与资源综合利用角度分析, “ $\text{Fe}-\text{HCO}_3-\text{H}_2\text{O}$  热循环制氢和甲酸” 的优点是\_\_\_\_\_。