

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: 本题共 13 小题, 每小题 3 分, 共 39 分。每小题只有一个选项最符合题意。

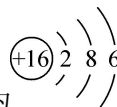
1. 我国北斗系统组网成功, 北斗芯片中的半导体材料为硅。硅在元素周期表中属于( )

- A. s 区 B. p 区 C. d 区 D. ds 区

2. 反应  $11\text{P}_4 + 60\text{CuSO}_4 + 96\text{H}_2\text{O} = 20\text{Cu}_3\text{P} + 24\text{H}_3\text{PO}_4 + 60\text{H}_2\text{SO}_4$  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



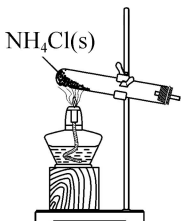
C.  $\text{H}_2\text{O}$  的空间构型为 V 形

D. 基态  $\text{Cu}^{2+}$  的价层电子排布式为  $3d^8 4s^1$

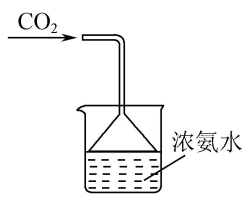
3. 碳酸氢铵是一种常用氮肥, 其制备原理为  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3 = \text{NH}_4\text{HCO}_3$ 。下列相关原理、装置及操作正确的是( )



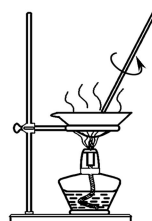
A. 制取  $\text{CO}_2(\text{g})$



B. 制取  $\text{NH}_3(\text{g})$



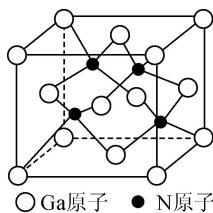
C. 制备  $\text{NH}_4\text{HCO}_3(\text{aq})$



D. 获得  $\text{NH}_4\text{HCO}_3(\text{s})$

阅读下列材料, 回答 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  $\text{GaN}$ 。 $\text{GaN}$  誉为第三代半导体材料, 具有硬度大、熔点高的特点。已知  $\text{GaN}$  成键结构与金刚石相似, 其晶胞结构如下图。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:  $\text{Ga} + 2\text{NH}_3 = \text{GaN} + 3\text{H}_2$

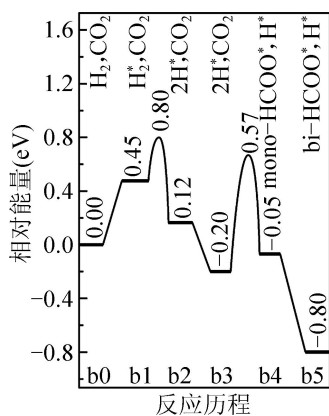
B.  $\text{BF}_3$  水解的离子方程式:  $4\text{BF}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = 3\text{HBF}_4 + \text{H}_3\text{BO}_3$

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:  $2\text{Ga} + 2\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{Na}[\text{Ga}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2 \uparrow$

5. 下列说法不正确是( )

- 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取  $\text{sp}^3$  杂化  
 D. 与 N 原子相连的 Ga 原子构成的空间构型为正四面体形



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( )

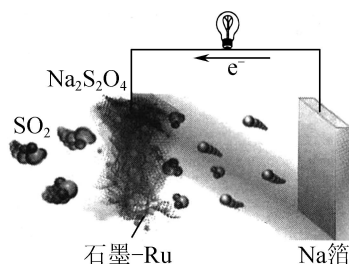
- A. 制二甲醚的总反应式为  $2\text{CO}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OCH}_3(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{g})$   
 B. 二甲醚中元素电负性:  $\chi(\text{O}) > \chi(\text{C}) > \chi(\text{H})$   
 C. 图示的反应历程中, 决速步骤为  $\text{H}_2^* \rightarrow 2\text{H}^*$   
 D. 催化剂的不同界面可以改变反应的路径

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  $\text{NaCl}(\text{aq}) \xrightarrow{\text{NH}_3, \text{CO}_2} \text{NaHCO}_3(\text{s}) \xrightarrow{\text{加热}} \text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s})$   
 B. 工业制硝酸:  $\text{NH}_3 \xrightarrow[\Delta]{\text{O}_2, \text{催化剂}} \text{NO}_2 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{HNO}_3$   
 C. 工业制硫酸: 黄铁矿  $\text{FeS}_2 \xrightarrow[\text{燃烧}]{\text{空气}} \text{SO}_2 \xrightarrow[400 \sim 500^\circ\text{C}]{\text{空气, 催化剂}} \text{SO}_3 \xrightarrow{98.3\% \text{ 的浓硫酸吸收}} \text{H}_2\text{SO}_4$   
 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 HCl 获得  $\text{Cl}_2$ :  $4\text{HCl}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ;  $\Delta H = a \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。下列说法正确的是( )

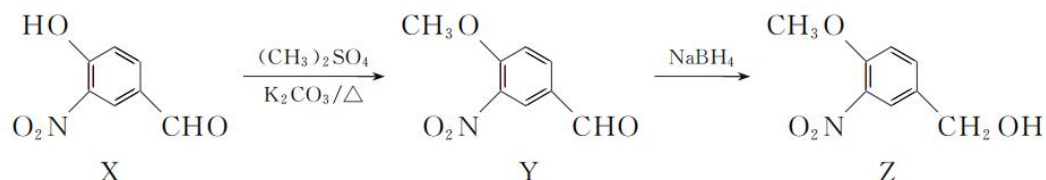
- A. 该反应  $\Delta S < 0$   
 B. 4 mol HCl 与 1 mol  $\text{O}_2$  反应转移电子数约为  $4 \times 6.02 \times 10^{23}$   
 C. 反应的平衡常数为  $K = \frac{c^2(\text{Cl}_2)}{c^4(\text{HCl}) \times c(\text{O}_2)}$   
 D. 使用催化剂能降低该反应的  $\Delta H$



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“NaSO<sub>2</sub>”电池, 以乙二胺的乙醚溶液为电解质溶液, 其简单示意图如右图。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  $2\text{Na}^+ + 2\text{SO}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$

10. 化合物 Z 是合成某种抗肿瘤药物的重要中间体, 其合成路线如下:

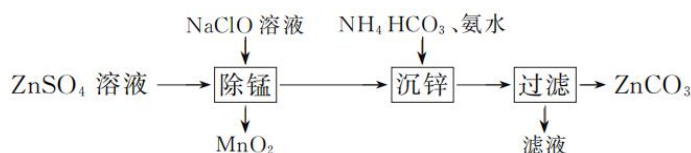


下列说法正确的是( )

- A. 1 mol X 最多可以与 3 mol H<sub>2</sub> 反应  
 B. 1 mol Z 中含有 C—H  $\sigma$  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> 溶液和新制的银氨溶液进行鉴别  
 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	生成淡黄色沉淀	证明苯与液溴在 Fe 催化下发生取代反应

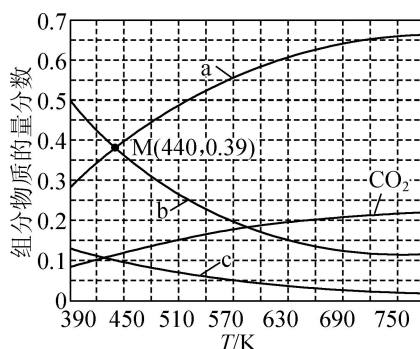
12. 室温下, 用含少量 Mn<sup>2+</sup> 的 ZnSO<sub>4</sub> 溶液制备 ZnCO<sub>3</sub> 的过程如下。下列说法正确的是( )



- A. NaClO 溶液中:  $c(\text{Na}^+) = c(\text{ClO}^-) + c(\text{OH}^-)$   
 B. NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> 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 CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub> 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 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, CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>、

C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>、H<sub>2</sub>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 $\Delta H > 0$

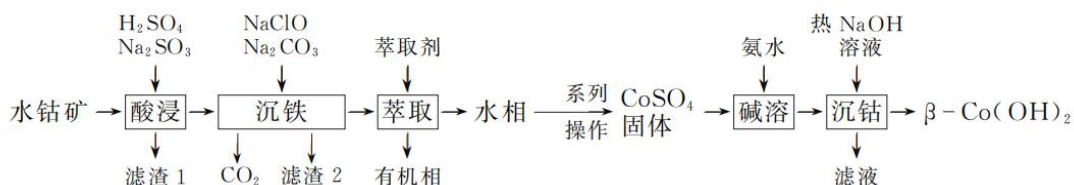
B. 曲线 a 表示 C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> 的物质的量分数随温度的变化

C. 在 440 °C 下反应已达平衡时, 继续通入等比例的 CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>, 可以提高 H<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 的平衡转化率

D. 440 °C 时 H<sub>2</sub> 的平衡转化率为 60%

二、非选择题: 本题共 4 小题, 共 61 分。

14. (15 分) 利用水钴矿(主要成分为 Co<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 含少量 SiO<sub>2</sub>、FeO、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MnO<sub>2</sub>) 制备二次电池添加剂  $\beta$ -Co(OH)<sub>2</sub> 的流程如下:



已知: i. 沉淀过快无法形成  $\beta$ -Co(OH)<sub>2</sub>; Co(OH)<sub>2</sub> 在碱性溶液中易被 O<sub>2</sub> 氧化。

ii. Co<sup>2+</sup>、Co<sup>3+</sup> 易与 NH<sub>3</sub> 形成配合物。

iii. 水合肼(N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O)为无色油状液体, 具有强还原性, 氧化产物为 N<sub>2</sub>。

(1) “酸浸”固液混合时, 加料方式为\_\_\_\_\_ (填字母)。

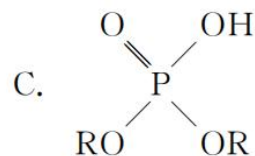
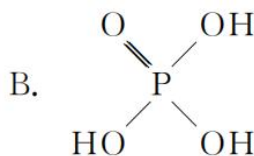
A. 将水钴矿先和硫酸混合再滴加亚硫酸钠

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 NaFe<sub>3</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(OH)<sub>6</sub>, 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)。

A. CCl<sub>4</sub>



(4) 在 CoSO<sub>4</sub> → Co(NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub><sup>2+</sup> →  $\beta$ -Co(OH)<sub>2</sub> 转化过程中:

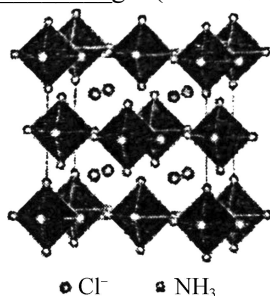
① 制备  $\beta$ -Co(OH)<sub>2</sub>, 先加氨水再加 NaOH 溶液的理由是\_\_\_\_\_。

② “沉钴”中使用热 NaOH 溶液有利于形成较纯净的  $\beta$ -Co(OH)<sub>2</sub>, 可能原因是

\_\_\_\_\_。

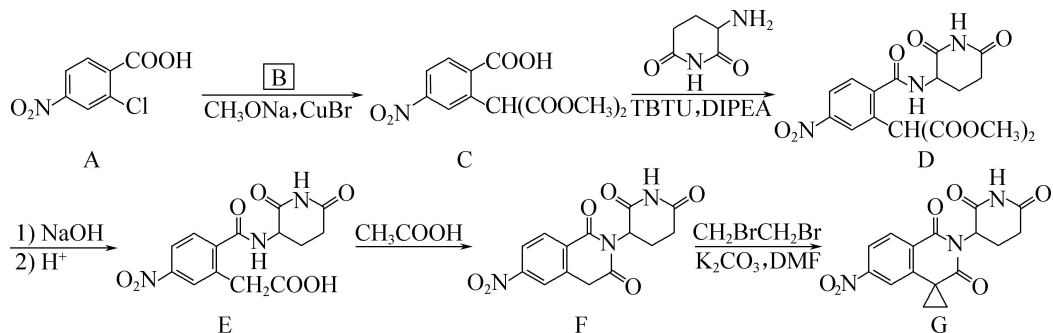
(5) 经仪器分析, 测得按题(4)步骤制得的 Co(OH)<sub>2</sub> 晶体结构中含有 Co(III), 进一步用碘量法测得 Co(II) 的氧化程度为 8%。因此制备时必须加入一定量的还原剂, 如水合肼。实验

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  $500\text{ mL } 1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{ CoSO}_4$  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)  $\text{Co}$  和  $\text{NH}_3$  形成配离子时,  $\text{Co}$  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  $\text{M}[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_x$  的晶胞如右图所示, 则  $\text{M}$  具有\_\_\_\_\_ (填“顺”或“抗”)磁性。

15. (15 分)  $\text{H}$  是一种新型的免疫调节剂(IMiDs), 其合成路线如下:



(1)  $\text{A}$  中的含氧官能团名称为\_\_\_\_\_。

(2)  $\text{B}$  的分子式为  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_4$ , 其结构简式为\_\_\_\_\_。

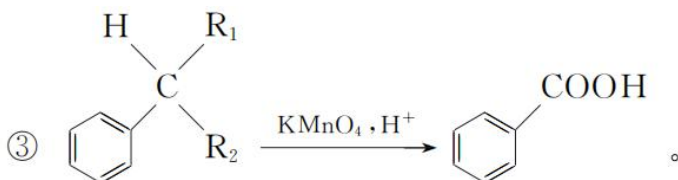
(3)  $\text{E} \rightarrow \text{F}$  的反应类型为\_\_\_\_\_。 $\text{F} \rightarrow \text{G}$  中有副产物  $\text{C}_{16}\text{H}_{13}\text{N}_3\text{O}_6$  生成, 该副产物的结构简式为\_\_\_\_\_。

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

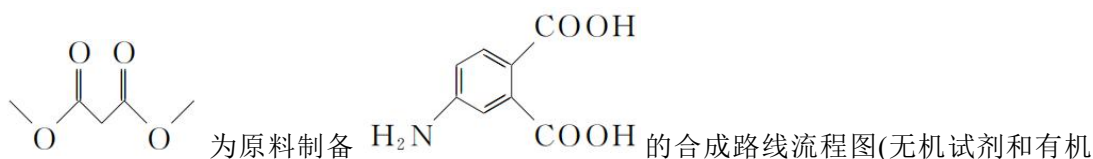
① 是含有一个手性碳的  $\alpha$ -氨基酸; ② 碱性条件下水解后酸化, 生成  $\text{X}$ 、 $\text{Y}$  和  $\text{Z}$  三种有机产物。 $\text{Y}$  和  $\text{Z}$  分子中均有 2 种不同化学环境的氢原子,  $\text{Y}$  能与  $\text{FeCl}_3$  溶液发生显色反应,  $\text{Z}$  能使溴的四氯化碳溶液褪色。

(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  $\text{A} \rightarrow \text{C}$  反应发生;



写出以对硝基甲苯、



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 1 所示。

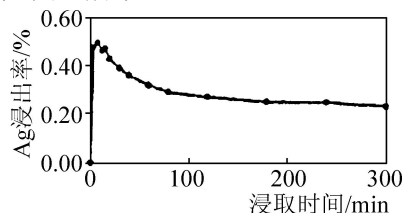


图 1

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  $\text{AgCl(s)} + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq}) \rightleftharpoons [\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$ 。

已知： $K_{\text{sp}}(\text{AgCl}) = 1.8 \times 10^{-10}$ ；

$\text{Ag}^+ + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightleftharpoons [\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-} \quad K = 2.8 \times 10^{13}$ 。

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 2 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)

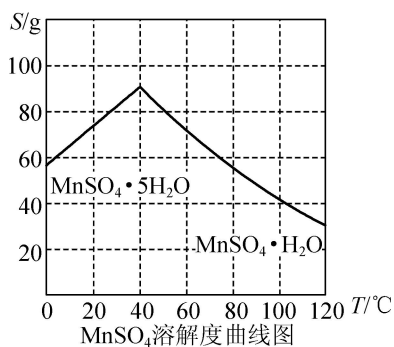


图 2

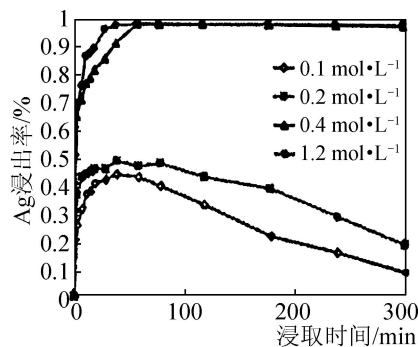
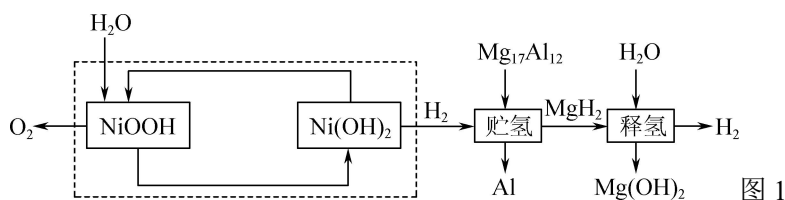


图 3

(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 3 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 1 所示。



- ① 虚线框内生成  $O_2$  的化学方程式为\_\_\_\_\_。
- ② 释氢释放的  $H_2$  与贮氢吸收的  $H_2$  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  $Mg_{17}Al_{12}$  释氢量的操作为\_\_\_\_\_。

(2) 电催化还原法是  $CO_2$  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  $CO_2$  的装置如图 2 所示。控制其他条件相同，将一定量的  $CO_2$  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 3 所示。

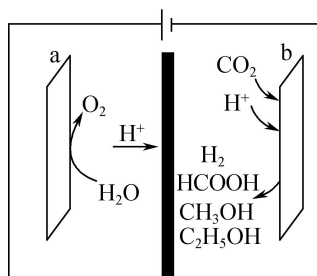


图 2

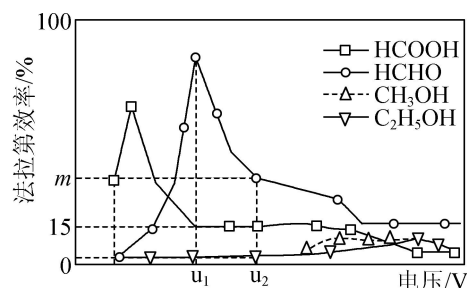


图 3

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

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 b 电极生成  $CH_3CH_2OH$  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  $CO_2$  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  $u_2$  V 时, 电解生成的  $HCOOH$  和  $HCHO$  的物质的量之比为 5 : 6, 图 3 中  $m =$ \_\_\_\_\_。

1. B 2. C 3. C 4. D 5. A 6. C 7. B 8. A 9. B 10. D 11. C 12. B  
13. D

14. (15 分)

(1) B(2 分)

(2)  $2\text{Na}^+ + 6\text{Fe}^{2+} + 3\text{ClO}^- + 4\text{SO}_4^{2-} + 3\text{CO}_3^{2-} + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6 \downarrow + 3\text{CO}_2 \uparrow + 3\text{Cl}^-$  (3 分)

(3) C(2 分)

(4) ① “碱溶”形成的  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$  在加入  $\text{NaOH}$  “沉钴”时可降低  $c(\text{Co}^{2+})$ , 利于晶体形成[2 分, 降低  $c(\text{Co}^{2+})$  即给分]

② 温度高利于减少溶解氧, 形成  $\text{NH}_3$  气氛隔绝空气, 防止产物被氧化(2 分, 溶解氧 1 分, 氨气 1 分)

(5) 500 mL  $\text{CoSO}_4$  溶液中含有  $n(\text{CoSO}_4) = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.5 \text{ L} = 0.5 \text{ mol}$

被氧化后的  $n[\text{Co}(\text{III})] = 0.5 \text{ mol} \times 8\% = 0.04 \text{ mol}$

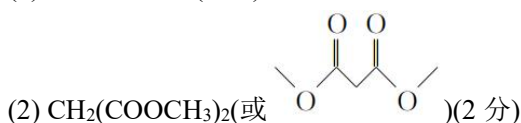
$$n(\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}) = \frac{0.04 \text{ mol}}{4} = 0.01 \text{ mol}$$

$$m(\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 0.01 \text{ mol} \times 50 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.5 \text{ g} (2 \text{ 分})$$

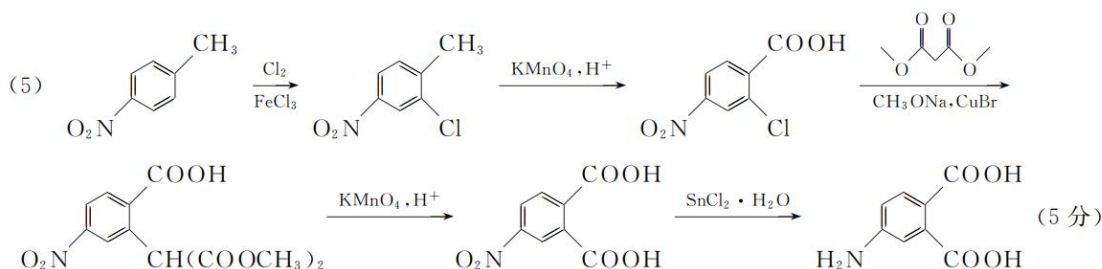
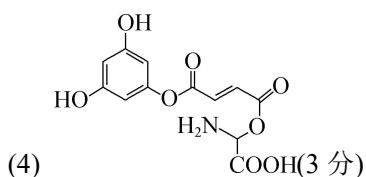
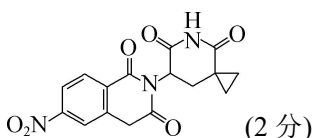
(6) 顺(2 分)

15. (15 分)

(1) 硝基、羧基(2 分)



(3) 取代反应(1 分)





16. (15 分)

(1) ① 水浴(2 分)

②  $5.04 \times 10^3$ (3 分)

③ 反应初始阶段 Ag 浸出速率非常快, 一段时间后  $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$  与硫化物反应生成难溶  $\text{Ag}_2\text{S}$  沉淀(2 分)

④  $\text{Cu}_2\text{S} + 5\text{MnO}_2 + 6\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{CuSO}_4 + 5\text{MnSO}_4 + 6\text{H}_2\text{O}$ (2 分)

⑤ 分次加入铜萃取剂萃取(1 分), 分液后, 将水溶液蒸发浓缩至有大量晶体析出(1 分), 在大于  $40^\circ\text{C}$  条件下趁热过滤(1 分), 用乙醇洗涤 2~3 次, 干燥(1 分)

(2) 较低初始浓度下,  $\text{SO}_3^{2-}$  被  $\text{O}_2$  氧化, 浓度下降, 导致 Ag 难析出(2 分)

17. (16 分)

(1) ①  $4\text{NiOOH} + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{Ni}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 \uparrow$  (2 分)

② 2 : 1 或 2(2 分)

③ 将储氢后的混合物溶解于盐酸(盐酸、硫酸或醋酸等非氧化性酸)(3 分)

(2) ①  $2\text{CO}_2 + 12\text{H}^+ + 12\text{e}^- = \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + 3\text{H}_2\text{O}$ (2 分)

② 使阴极表面尽可能被  $\text{CO}_2$  附着, 减少析氢反应的发生(减少氢离子在阴极放电)(2 分)

③  $^{13}\text{CO}_2$  或  $^{14}\text{CO}_2$ (2 分)

④ 36(3 分)