

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: 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. “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}U 为核燃料, ^{235}U 与 ^{238}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 CH_4 为非极性分子, 燃烧时其非极性共价键被破坏

D. 利用 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

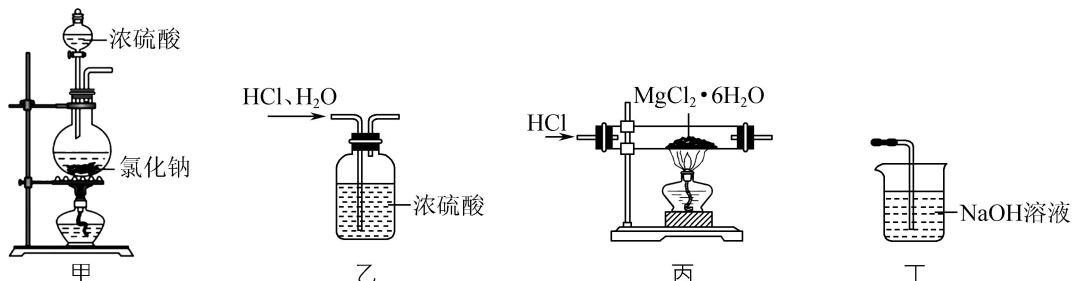
2. 生石灰和焦炭在电炉中制得碳化钙(CaC_2), 再用碳化钙和空气在高温下反应生成氰氨化钙(CaCN_2), 氰氨化钙进一步水解可得到碳酸钙与粗氨。下列说法不正确的是()

- A. 碳化钙的电子式为 $\text{Ca}^{2+}[\text{:}\ddot{\text{C}}\text{:}\ddot{\text{C}}\text{:}]^{2-}$ B. 氰氨化钙中 C 元素化合价为 +4

C. NH_3 为极性分子

D. CO_3^{2-} 的 VSEPR 模型为 

3. 已知: NaCl 与浓硫酸共热可以制备 HCl 气体。实验室以 $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 为原料制备无水 MgCl_2 , 下列实验原理、装置及操作不正确的是()



- A. 用装置甲制备氯化氢 B. 用装置乙干燥氯化氢
 C. 用装置丙去除 $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 中结晶水 D. 用装置丁吸收氯化氢尾气

4. 一种钠硫电池以钠和硫为电极反应物, NaFePO_4 为正极材料, Al_2O_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: $\text{Al}(\text{OH})_3 > \text{NaOH}$

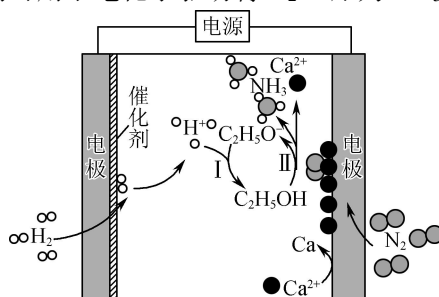
阅读下列资料, 完成 5~7 题。

铁、钴、镍被称为铁系元素, 应用广泛。已知: 高铁酸钾 K_2FeO_4 是一种环境友好型水处理剂, 可用于杀菌消毒、净水; FeCl_3 易升华; 纳米 Fe_3O_4 是重要的储氢材料; CoC_2O_4 可在空气中焙烧制备催化剂 Co_3O_4 , 同时生成没有还原性的气体; 废镍渣 NiO 与硫酸铵 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 一起煅烧可得 NiSO_4 , 在碱性溶液中用 NaClO 氧化 NiSO_4 可制得电极材料 $\text{NiO}(\text{OH})$ 。

5. 下列说法正确的是()

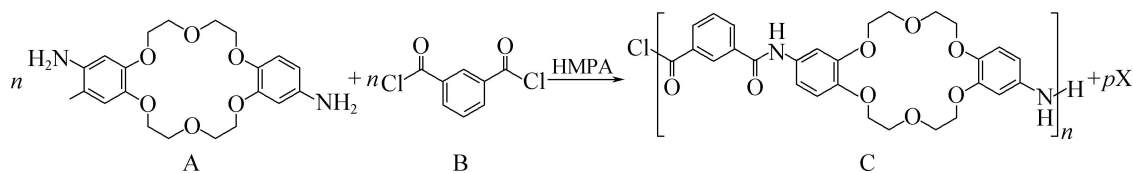
- A. Fe 原子基态核外电子排布式为 $[\text{Ar}]4s^24p^6$
 B. NiSO_4 与 FeCl_3 都是离子化合物

- C. 1 mol $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 中存在 2 mol 配位键
- D. NH_3 与 NH_4^+ 中的键角相等
6. 下列反应方程式书写正确的是()
- A. K_2FeO_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 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. CoC_2O_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. NaClO 氧化 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. K_2FeO_4 中 FeO_4^{2-} 具有正四面体结构, K_2FeO_4 具有强氧化性
- B. Fe_3O_4 中含有 Fe^{2+} 和 Fe^{3+} , Fe_3O_4 可用于储氢
- C. NiSO_4 具有还原性, 可用于电极材料 $\text{NiO}(\text{OH})$ 的制备
- D. 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 N_2 还原为 NH_3 , 反应原理如图所示。

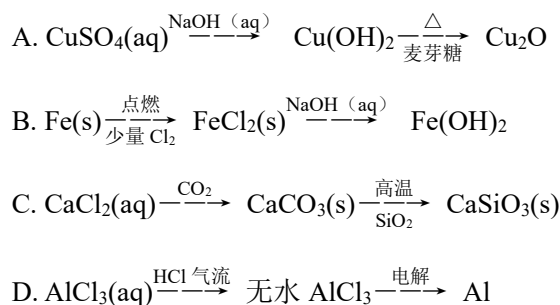


- 已知: 电解质溶液由 $\text{Ca}(\text{BH}_4)_2$ 和少量 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 溶于有机溶剂形成。下列说法正确的是()
- A. 电解时, H_2 发生还原反应
- B. 过程 II 生成 NH_3 的离子方程式为 $3\text{Ca} + \text{N}_2 + 6\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 2\text{NH}_3 \uparrow + 3\text{Ca}^{2+} + 6\text{C}_2\text{H}_5\text{O}^-$
- C. 理论上电解一段时间后 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 浓度逐渐增大
- D. 推测用 H_2O 代替 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 更有利于生成 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. 分子 B 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. 反应方程式中 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()



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 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 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: $\text{CF}_3\text{COOH} > \text{CH}_3\text{COOH}$
B	向盛有 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaHCO_3 溶液中滴入几滴 $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ 溶液, 产生白色沉淀, 无气体产生	结合 H^+ 能力: $\text{CO}_3^{2-} < [\text{Al}(\text{OH})_4]^-$
C	向盛有 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaClO 溶液的试管中滴入几滴 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 CH_3COOH 溶液, 无明显现象	电离平衡常数: $K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) > K_a(\text{HClO})$
D	向 $\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$ 中加入过量的 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	$\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$ 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 $\text{pH} = 12.35$ 。

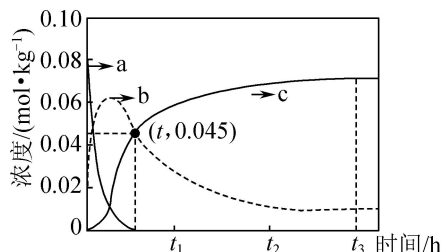
实验 2: 将 CO_2 气体通入饱和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液中, 测得溶液的 $\text{pH} = 11$ 时停止通气。

实验 3: 向实验 2 中继续通入 CO_2 , 持续通入过量 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 $0.10 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$, $t_3 \text{ h}$ 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: $K_1/K_2 > 1$
- 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。

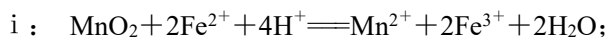
14. (15 分) 锌在电池制造、合金生产等领域有着广泛的用途。现代冶炼锌主要采取湿法工艺。

(1) 工业浸锌: 向闪锌矿(主要成分为难溶性 ZnS)中加入稀硫酸与软锰矿(主要成分为

MnO₂)可得到 ZnSO₄ 与 MnSO₄ 混合溶液和单质 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 FeSO₄ 能“催化” ZnS 的浸出, 其过程可表示如下:

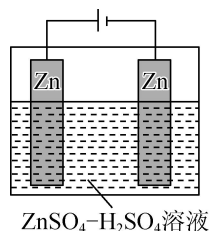


ii: _____。

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_____。

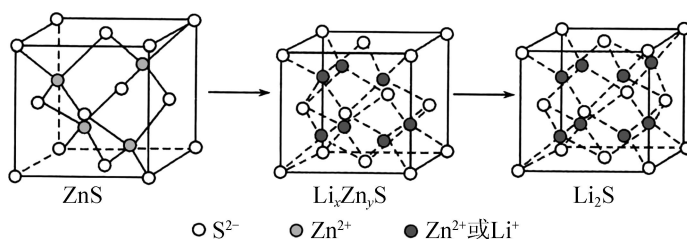
③ 为验证上述“催化”过程。补充完整实验方案: 取酸化的 FeSO₄ 溶液, _____。



(2) 工业电解制锌粉: 以 ZnSO₄ 和 H₂SO₄ 混合液(pH 为 4~6)为电解质溶液, 用右图装置制取锌粉。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 Zn²⁺ 的质量增加_____g。

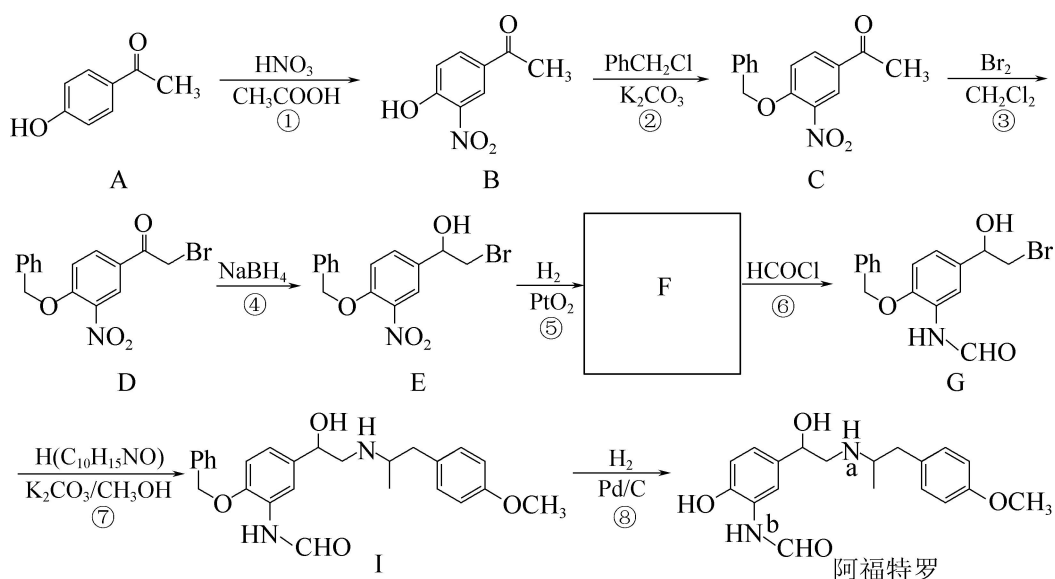
(3) 实验室氯氨法炼锌: 一定条件下, 向闪锌矿中加入 NH₄Cl 与 NH₃·H₂O 混合溶液并通入 O₂, 可将 ZnS 转化为 [Zn(NH₃)₄]²⁺。结合平衡移动原理解释 O₂ 对浸锌的作用是_____。

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



充电过程中 ZnS 到 Li_xZn_yS 的电极方程式为_____ (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):

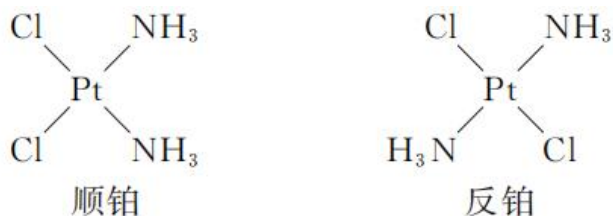


- (1) A 中含氧官能团的名称为羟基和_____。
- (2) G→I 的反应类型为_____，反应⑤生成的 F 的分子式为 $\text{C}_{15}\text{H}_{16}\text{O}_2\text{NBr}$ ，F 的结构简式为_____。
- (3) 阿福特罗分子中 b 号 N 原子提供一对电子与苯环的大 π 键相互平行，则 b 号 N 原子的杂化方式为_____。
- (4) 写出满足下列条件的 C 的一种芳香族同分异构体的结构简式：_____。
碱性条件下水解后酸化，生成的 X 和 Y 两种有机产物均有 3 种不同化学环境的氢；X 分子属于 α 氨基酸；Y 分子能与 FeCl_3 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)。

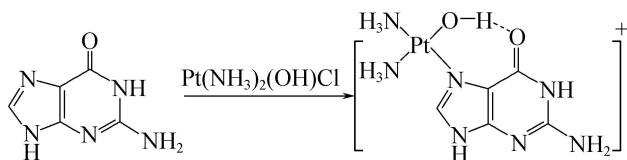
写出以 为原料制备 的合成路线流程图(无机试剂和有机溶剂任用，合成路线示例见本题题干)。

16. (16 分) 配合物 $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$ 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，其结构如下图所示：

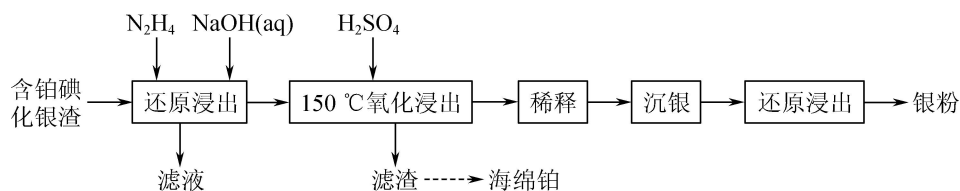


- (1) “顺铂”在水中的溶解度_____ (填“大于”“小于”或“等于”) “反铂”。
- (2) 已知：顺铂的抗癌机理为在铜转运蛋白的作用下，顺铂进入人体细胞发生水解，生成的 $\text{Pt}(\text{NH}_3)_2(\text{OH})\text{Cl}$ 与 DNA 形成稳定的链内交联，干扰 DNA 的复制，阻止癌细胞增殖。



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 N_2H_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 N_2 ;

② $K_{\text{sp}}(\text{AgCl}) = 1.8 \times 10^{-10}$; ③ Ag_2SO_4 在不同浓度硫酸中的溶解量如下:

硫酸浓度/ $(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	18	15	12	9	6	1
硫酸银溶解量/ $(\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$	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 $18 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸“氧化浸出”, 而不使用较稀硫酸的原因是_____。

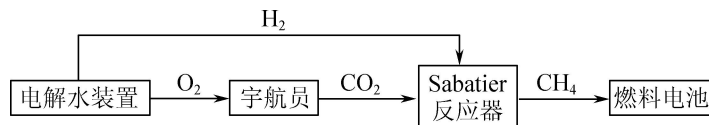
(4) “沉银”过程中, $\text{Ag}_2\text{SO}_4(\text{s}) + 2\text{Cl}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons 2\text{AgCl}(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ 的化学平衡常数为_____。

(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。

(实验中必须使用的试剂: 蒸馏水、 $\text{NaCl}(\text{s})$ 、 N_2H_4 、 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_2 含量。

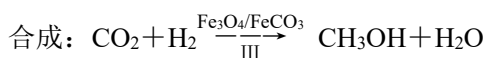
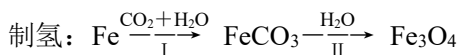


已知: i. H_2 和 CH_4 的燃烧热分别为 $285.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 和 $890.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

ii. $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{g}); \Delta H = +44 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

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 $\Delta H =$ _____。

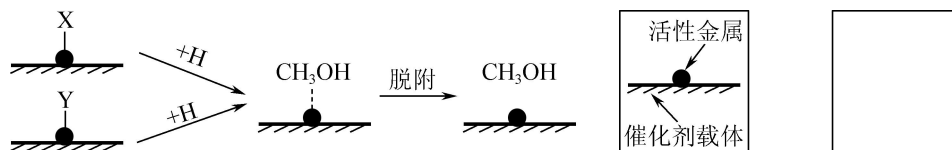
(2) 铁—水热法还原 CO_2 制备 CH_3OH 的过程如下图所示:



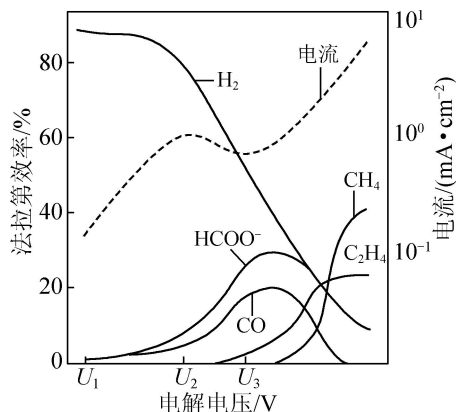
① 写出步骤 II 的化学反应方程式: _____。

② “制氢”过程中, 每生成 $1 \text{ mol Fe}_3\text{O}_4$, 理论上可获得 _____ mol H_2 。

③ “合成”过程中， CH_3OH 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_2 通过电催化还原可转化为有机物。以 $0.1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 KHCO_3 溶液为电解质溶液，将 CO_2 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 CO_2 生成 C_2H_4 的电极反应式为_____。

② 电解时，生成物 CO 与 Cu 之间存在强烈的相互作用而吸附在电极上，而 CH_4 或 C_2H_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_____。

化学参考答案及评分标准

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

14. (15 分)

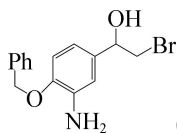
(1) ① $\text{ZnS} + 2\text{Fe}^{3+} = \text{Zn}^{2+} + 2\text{Fe}^{2+} + \text{S}$ (2 分)② 防止 ZnS 与硫酸反应生成 H_2S (1 分), 污染环境 (1 分)③ 加入 KSCN 溶液, 溶液无色 (1 分), 加入适量 MnO_2 , 溶液变红 (1 分), 取上层红色溶液, 向其中加入 ZnS , 振荡, 红色褪去 (1 分)

(2) 16.25 (2 分)

(3) ZnS 在溶液中存在平衡: $\text{ZnS(s)} \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{S}^{2-}(\text{aq})$ (1 分), O_2 与 S^{2-} 反应生成 S , S^{2-} 浓度减小 (1 分), 促进 ZnS 溶解平衡右移 (1 分)(4) $4\text{ZnS} + 6\text{Li}^+ + 6\text{e}^- = 3\text{Zn} + 4\text{Li}_{1.5}\text{Zn}_{0.25}\text{S}$ (3 分)

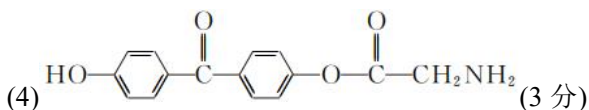
15. (15 分)

(1) 酮羰基 (1 分)

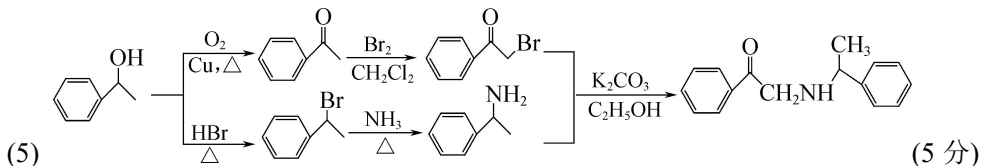


(2) 取代反应 (1 分)

(3 分)

(3) sp^2 (2 分)

(4) (3 分)



(5) (5 分)

16. (16 分)

(1) 大于 (2 分)

(2) 反铂水解产物结构中羟基与氯原子处于对位 (1 分), 不能与 DNA 形成链内交联结构 (1 分)

(3) ① $2\text{Ag} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{150^\circ\text{C}} \text{Ag}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ (2 分)② 稀硫酸不能与银反应 (1 分), Ag_2SO_4 在浓硫酸中溶解度大, 便于与 Pt 分离 (1 分)(4) 2.82×10^{16} 或 2.78×10^{16} (3 分)(5) 边搅拌边沿烧杯内壁缓慢加入装有水的烧杯中 (1 分), 冷却后加入 NaCl 至不再产生沉淀 (1 分), 过滤 (1 分), 向滤渣中加入 N_2H_4 与 NaOH 至不再产生气体 (1 分), 过滤, 用蒸馏水洗涤 2~3 次 (1 分)

17. (15 分)

(1) $-164.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ (2 分)(2) ① $3\text{FeCO}_3 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} \text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{H}_2 \uparrow + 3\text{CO}_2 \uparrow$ (2 分)

② 4 (2 分) ③ (2 分)

(3) ① $2\text{CO}_2 + 12\text{HCO}_3^- + 12\text{e}^- \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4 \uparrow + 12\text{CO}_3^{2-} + 4\text{H}_2\text{O}$ (2 分)

② CO 分子中存在孤电子对能与 Cu 形成配位键(或共价键)而吸附在 Cu 上(1 分), 而 CH₄ 或 C₂H₄ 分子中无孤电子对, 不能形成配位键(1 分)

③ 生成的 CO 与催化剂 Cu 的活性位点结合, 生成的配合物覆盖在催化剂表面, 导电能力减弱(3 分)