

化 学

2024 年 10 月 9 日

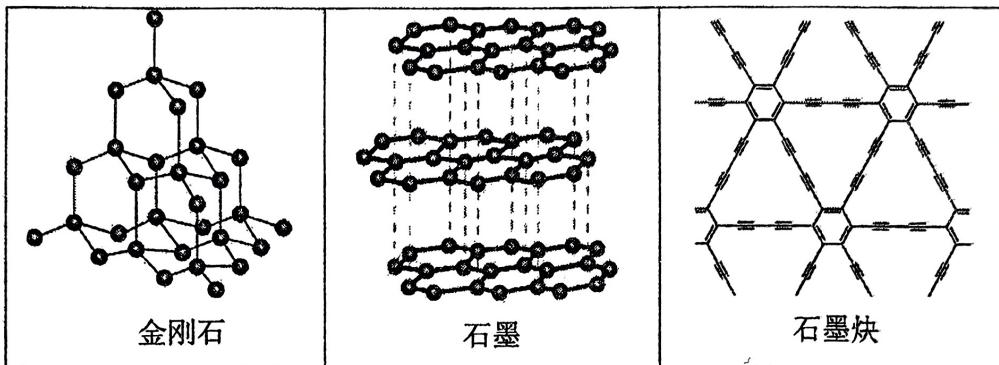
本试卷共 10 页，100 分。考试时长 90 分钟。考生务必将答案答在答题纸卡上，在试卷上作答无效。考试结束后，交答题卡。

可能用到的相对原子质量：P 31 S 32

第一部分

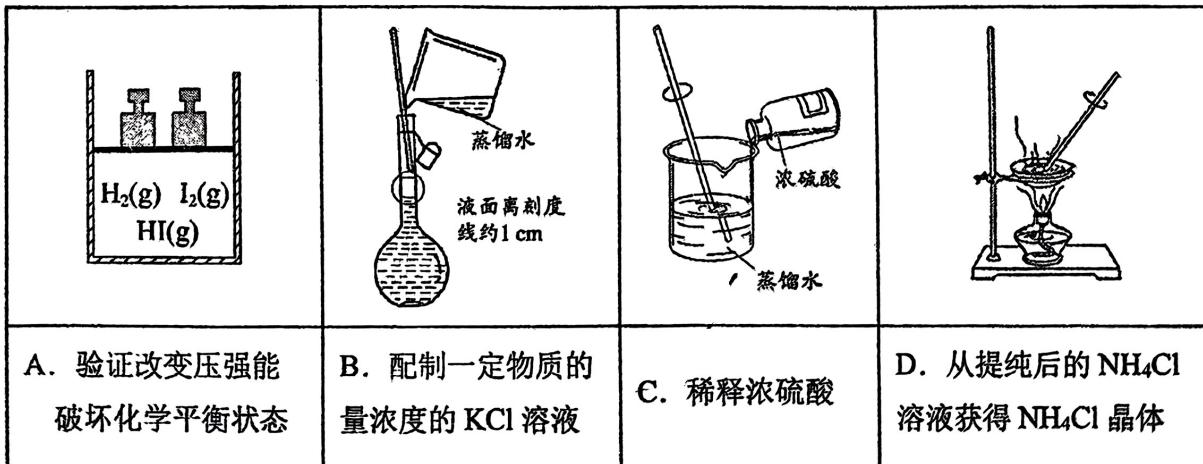
本部分共 14 道题，每题 3 分，共 42 分。在每题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。

1. 中国科学家首次成功制得大面积单晶石墨炔，是碳材料科学的一大进步。



下列关于金刚石、石墨、石墨炔的说法正确的是

- A. 三种物质均能导电
 - B. 三种物质中均有碳碳原子间的 σ 键
 - C. 三种物质的晶体类型相同
 - D. 三种物质中的碳原子都是 sp^3 杂化
2. 下列化学用语或图示表达正确的是
- A. $-OH$ 的电子式：
 - B. 基态 Cu 原子的价层电子排布式： $3d^94s^2$
 - C. NaCl 的晶胞：
 - D. CO_2 的空间结构模型：
3. 下列实验的对应操作中，合理的是



4. 设 N_A 为阿伏加德罗常数的值，下列说法正确的是
- 常温常压下，22.4L 的 NH_3 约含有的质子数为 $10 N_A$
 - 6.4g S 在足量的氧气中充分燃烧，转移的电子的数目为 $1.2 N_A$
 - 标准状况下，1mol NO 和 0.5mol O_2 充分反应后所得气体体积为 22.4 L
 - 白磷分子 (P_4) 呈正四面体结构，31g 白磷中约含有 P-P 键的数目为 $1.5 N_A$

5. 下列方程式与所给事实不相符的是

- 用饱和 Na_2CO_3 溶液处理水垢中的 CaSO_4 : $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} = \text{CaCO}_3 \downarrow$
- 铝粉和氧化铁组成的铝热剂用于焊接钢轨: $2\text{Al} + \text{Fe}_2\text{O}_3 \xrightarrow{\text{高温}} \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{Fe}$
- 用绿矾 ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 将酸性工业废水中的 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 转化为 Cr^{3+} :

$$6\text{Fe}^{2+} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ = 6\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$$
- 向 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液中滴加少量浓 H_2SO_4 ，溶液橙色加深:

$$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{橙色}) + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{CrO}_4^{2-}(\text{黄色}) + 2\text{H}^+$$

6. 下列事实能用平衡移动原理解释的是

- 工业合成氨时，选择在 500°C 条件下进行
- 密闭烧瓶内的 NO_2 和 N_2O_4 的混合气体，受热后颜色加深
- 铁钉放入浓 HNO_3 中，待不再变化后，加热能产生大量红棕色气体
- 锌片与稀 H_2SO_4 反应过程中，加入少量 CuSO_4 固体，促进 H_2 的产生

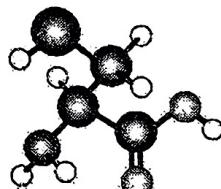
7. 硒代半胱氨酸（含 C、H、N、O、 ^{34}Se 五种元素）是一种氨基酸，其分子空间结构如图。

下列说法不正确的是

- 图中最大的球代表 Se
 - H_2Se 的沸点小于 H_2O
 - 硒代半胱氨酸难溶于水，易溶于苯
 - 硒代半胱氨酸分子中含一个手性碳原子
8. 氮代氨 (ND_3) 可用于反应机理研究。下列两种方法均可得到 ND_3 : ① Mg_3N_2 与 D_2O 的水解反应；② NH_3 与 D_2O 反应。下列说法不正确的是
- NH_3 和 ND_3 可用质谱法区分
 - NH_3 和 ND_3 均为极性分子
 - 方法②得到的产品纯度比方法①的高
 - 方法①的化学方程式是 $\text{Mg}_3\text{N}_2 + 6\text{D}_2\text{O} = 3\text{Mg}(\text{OD})_2 + 2\text{ND}_3 \uparrow$

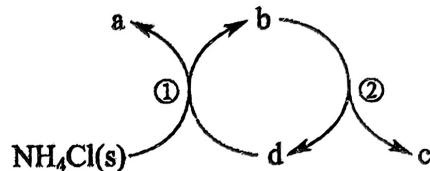
9. 下列依据相关数据作出的推断中，不正确的是

- 依据相同温度下可逆反应的 Q 与 K 大小的比较，可推断反应进行的方向
- 依据第二周期主族元素电负性依次增大，可推断它们的第一电离能依次增大
- 依据 F、Cl、Br、I 的氢化物分子中氢卤键的键能，可推断它们的热稳定性强弱
- 根据 $\text{C}=\text{C}$ 的键能小于 $\text{C}-\text{C}$ 的键能的 2 倍，推测 $\text{C}=\text{C}$ 中 σ 键的强度比 π 键的大

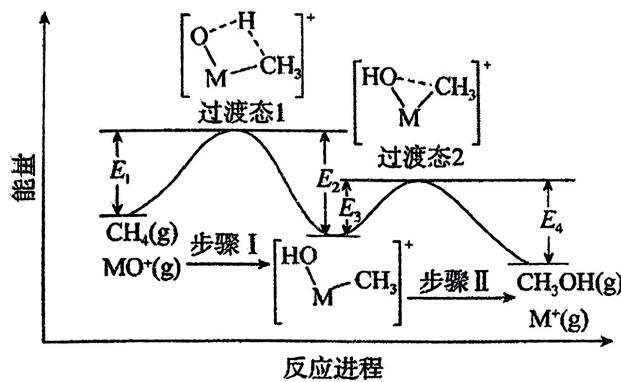


10. 一种分解氯化铵实现产物分离的物质转化关系如下, 其中 b、d 代表 MgO 或 $\text{Mg}(\text{OH})\text{Cl}$ 中的一种。下列说法正确的是

- A. a、c 分别是 HCl 、 NH_3
- B. d 既可以是 MgO , 也可以是 $\text{Mg}(\text{OH})\text{Cl}$
- C. 等压条件下, 反应①、②的反应热之和, 小于氯化铵直接分解的反应热
- D. 已知 MgCl_2 为副产物, 则通入水蒸气可减少 MgCl_2 的产生



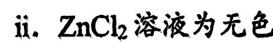
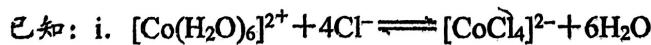
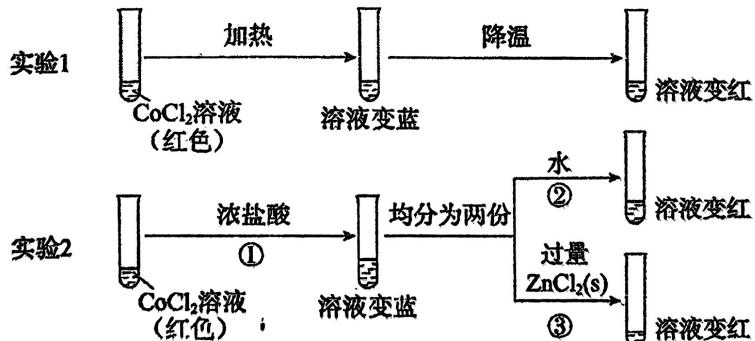
11. 过渡金属氧化物离子 (以 MO^+ 表示) 在烃类的选择性氧化等方面应用广泛。 MO^+ 与 CH_4 反应的过程如下图所示。



下列说法不正确的是

- A. 反应速率: 步骤I<步骤II
- B. CH_3OH 分子中, C—H 键和 O—H 键均为 sp^3-s σ 键
- C. 若 MO^+ 与 CH_3D 反应, 生成的氘代甲醇有 2 种
- D. $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{MO}^+(\text{g}) = \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{M}^+(\text{g}) \quad \Delta H = E_2 + E_4 - E_1 - E_3$

12. 某小组同学利用如下实验探究平衡移动原理。



下列说法正确的是

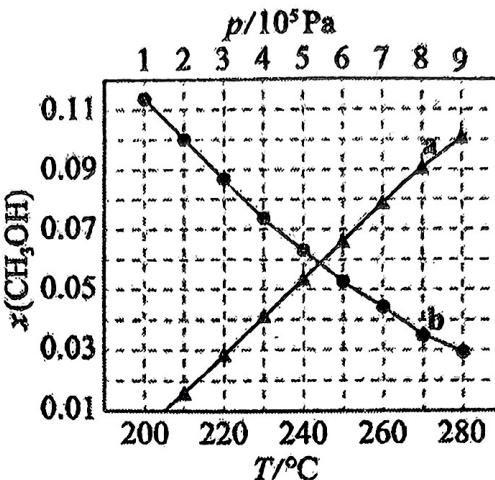
- A. 结合实验 1 和 2, 推测 i 中反应是放热反应
- B. ①中滴加浓盐酸, 增大了 $c(\text{Cl}^-)$, 导致 $Q>K$, i 中平衡正向移动
- C. ②中加水, 溶液变红, 说明平衡逆向移动, $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ 的浓度增大
- D. ③中加入 ZnCl_2 , 溶液颜色变红, 可能是因为 Zn^{2+} 与 Cl^- 形成了配合物

| 13. CO_2 催化加氢制甲醇，在减少 CO_2 排放的同时实现了 CO_2 的资源化，该反应可表示为：



保持起始反应物 $n(\text{H}_2) : n(\text{CO}_2) = 3 : 1$ ， $T = 250^\circ\text{C}$ 时 $x(\text{CH}_3\text{OH})$ 随压强变化的曲线和 $p = 5 \times 10^5 \text{ Pa}$ 时 $x(\text{CH}_3\text{OH})$ 随温度变化的曲线，如下图。

已知： $x(\text{CH}_3\text{OH})$ 表示平衡体系中甲醇的物质的量分数。



下列说法正确的是

- A. 该反应 $\Delta H > 0$
- B. a、b 交点处化学平衡常数值相同
- C. 当 $x(\text{CH}_3\text{OH}) = 0.10$ 时， H_2 的平衡转化率约为 33%
- D. 当 $p = 5 \times 10^5 \text{ Pa}$ ， $T = 230^\circ\text{C}$ 时，达平衡后 $x(\text{CH}_3\text{OH}) < 0.05$

14. 不同条件下，当 KMnO_4 与 KI 按照反应①②的化学计量比恰好反应，结果如下。

反应序号	起始酸碱性	KI	KMnO_4	还原产物	氧化产物
		物质的量/mol	物质的量/mol		
①	酸性	0.001	n	Mn^{2+}	I_2
②	中性	0.001	10n	MnO_2	IO_x^-

已知： MnO_4^- 的氧化性随酸性减弱而减弱。

下列说法正确的是

- A. 对比反应①和②， $x=3$
- B. 反应①， $n(\text{Mn}^{2+}) : n(\text{I}_2) = 1 : 5$
- C. 对比反应①和②， I^- 的还原性随酸性减弱而减弱
- D. 随反应进行，体系 pH 变化：①增大，②不变

第二部分

本部分共 5 题，共 58 分

15. (15 分)

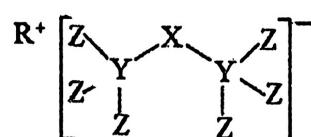
元素周期律的发现和元素周期表的诞生，开创了化学科学的新纪元。从此，人们对丰富多彩的物质世界的认识更加系统。回答下列问题：

- (1) Fe 在周期表中的位置是_____。
- (2) 下列有关性质的比较，能用元素周期律解释的是_____。
- a. 酸性： $\text{H}_2\text{SO}_3 > \text{H}_2\text{CO}_3$ b. 金属性： $\text{Ca} > \text{Al}$
c. 热稳定性： $\text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{NaHCO}_3$ d. 碱性： $\text{NaOH} > \text{Mg(OH)}_2$

(3) 比较 Br 和 I 的非金属性，从原子结构角度解释原因_____，用一个离子方程式证明_____。

6

(4) 科学家合成了一种新化合物（如图所示），其中 R、X、Y、Z 为同一短周期元素，Z 核外最外层电子数是 Y 核外电子数的一半。



- ① R 位于_____区，单质与水反应的离子方程式为_____。
- ② 1molY 单质的晶体中含有共价键的数目为_____。写出 Y 的氧化物的一种用途_____。
- ③ X 的氢化物的空间结构是_____，用电子式表示其形成过程_____。



北京
学考

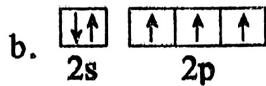
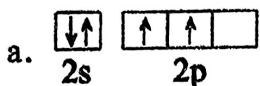
16. (10分)



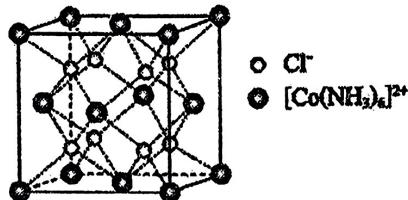
北京
学考

向 CoCl_2 溶液中滴加过量的氨水得到含有 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$ 的溶液。

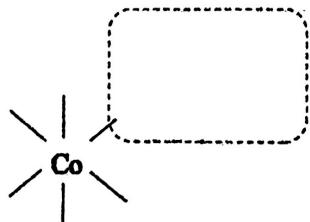
- (1) 基态 Co^{2+} 的核外电子有_____种空间运动状态。
- (2) 基态 Cl^- 占据的最高能级的电子云轮廓图的形状是_____。
- (3) O、N、H 的电负性由大到小的顺序是_____。
- (4) 下列状态的氮中，电离最外层一个电子所需能量最小的是_____ (填序号)。



(5) $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$ 的晶胞结构示意图如下。



① 在下图虚线框内画出 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ 中一个 NH_3 的结构式。



② 比较 H—N—H 键角： NH_3 _____ $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ (填“>”“<”或“=”)，

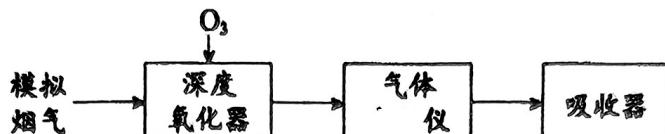
原因是_____。

③ 该立方晶胞的边长为 a cm，阿伏加德罗常数为 N_A ， $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$ 的摩尔质量为

M g/mol，则该晶体的密度为_____ g/cm³。

17. (9分)

烟气脱硝技术是环境科学研究的热点。实验室模拟 O_3 将烟气中的 NO 深度氧化为 N_2O_5 ，进一步将 N_2O_5 转化获得含氮产品，流程示意图如下。

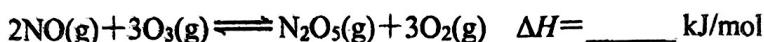


北京
学考

深度氧化器中发生的反应：

- i. $NO(g) + O_3(g) = NO_2(g) + O_2(g)$ $\Delta H_1 = -a \text{ kJ/mol}$
- ii. $NO_2(g) + O_3(g) = NO_3(g) + O_2(g)$ $\Delta H_2 = -b \text{ kJ/mol}$
- iii. $NO_2(g) + NO_3(g) \rightleftharpoons N_2O_5(g)$ $\Delta H_3 = -c \text{ kJ/mol}$ ($a, b, c > 0$)

(1) NO 被 O_3 深度氧化，补全热化学方程式：



(2) 一定条件下，不同温度时， N_2O_5 的浓度随时间的变化如图 1 所示。

① $T_1 \underline{\hspace{0.5cm}} T_2$ (填“ $>$ ”或“ $<$ ”)。

② 8 s 时， N_2O_5 的浓度不同的原因是_____。

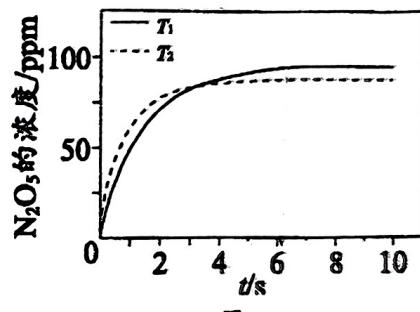


图 1

(3) 一定条件下，NO 的初始浓度为 200 ppm 时，

不同反应时间，深度氧化器中 NO_2 的浓度随 $n(O_3) : n(NO)$ 的变化如图 2 所示。反应过程中 NO_3 的浓度极低。

① $n(O_3) : n(NO) < 1.0$ 时，深度氧化器中发生的反应主要是_____ (填“i”“ii”或“iii”)。

② 0.9 s、 $n(O_3) : n(NO) > 1.0$ 时， NO_2 的浓度随 $n(O_3) : n(NO)$ 变化的原因是_____。

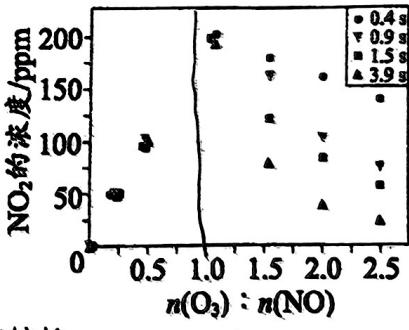


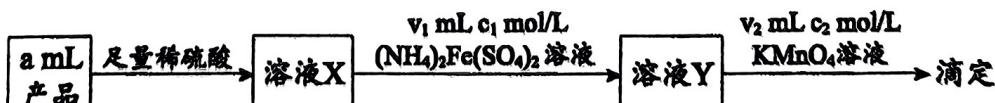
图 2

(4) 80 °C、 $n(O_3) : n(NO) = 1.5$ 且恒压的条件下进行

烟气处理，烟气达到排放标准所需深度氧化的时间仍较长。

结合(3)，保持上述条件不变，解决这一问题可采取的措施及目的分别是_____。

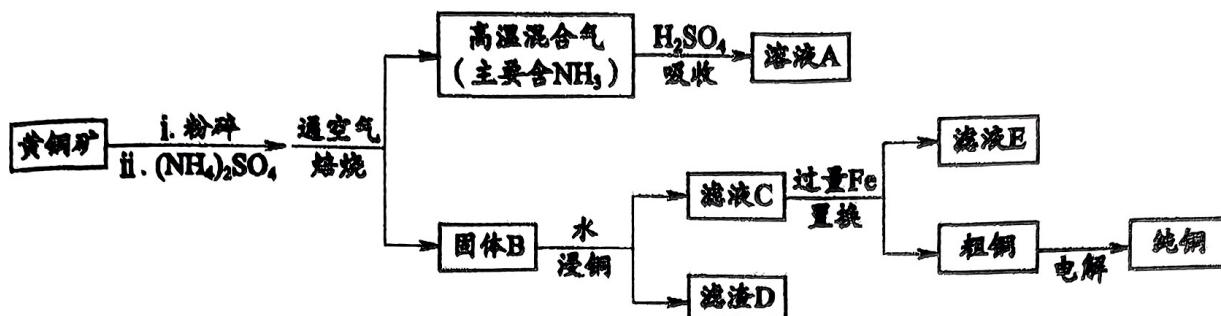
(5) 深度氧化后的烟气通过吸收器完全转化为硝酸盐产品，产品浓度的测定方法如下。



已知 NO_3^- 、 MnO_4^- 的还原产物分别是 NO 、 Mn^{2+} 。产品中 NO_3^- 的物质的量浓度为 _____ mol/L。

18. (11分)

利用黄铜矿（主要成分为 CuFeS_2 ，含有 SiO_2 等杂质）生产纯铜，流程示意图如下。

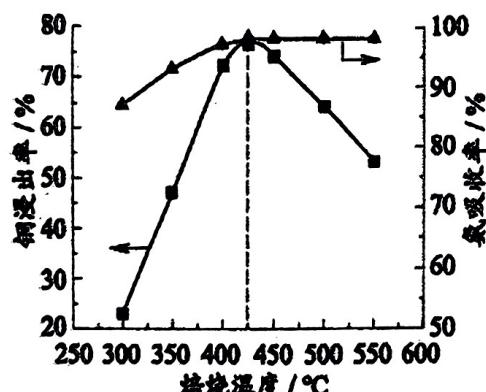


(1) 矿石在焙烧前需粉碎，其作用是_____。

(2) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 的作用是利用其分解产生的 SO_3 使矿石中的铜元素转化为 CuSO_4 。

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 发生热分解的化学方程式是_____。

(3) 矿石和过量 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 按一定比例混合，取相同质量，在不同温度下焙烧相同时间，测得：“吸收”过程氨吸收率和“浸铜”过程铜浸出率变化如图；400℃和500℃时，固体B中所含铜、铁的主要物质如表。



温度 / °C	B 中所含铜、铁的主要物质
400	Fe_2O_3 、 CuSO_4 、 CuFeS_2
500	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 、 CuSO_4 、 CuO

① 温度低于 425°C，随焙烧温度升高，铜浸出率显著增大的原因是_____。

② 温度高于 425°C，根据焙烧时可能发生的反应，解释铜浸出率随焙烧温度升高而降低的原因是_____。

(4) 用离子方程式表示置换过程中加入 Fe 的目的_____。

(5) 粗铜经酸浸处理，再进行电解精炼；电解时用酸化的 CuSO_4 溶液做电解液，并维持一定的 $c(\text{H}^+)$ 和 $c(\text{Cu}^{2+})$ 。粗铜若未经酸浸处理，消耗相同电量时，会降低得到纯铜的量，原因是_____。

19. (13 分)

某小组同学向 $\text{pH}=1$ 的 $0.5\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 FeCl_3 溶液中分别加入过量的 Cu 粉、Zn 粉和 Mg 粉，探究溶液中氧化剂的微粒及其还原产物。

(1) 理论分析

依据金属活动性顺序，Cu、Zn、Mg 中可将 Fe^{3+} 还原为 Fe 的金属是_____。

(2) 实验验证

实验	金属	操作、现象及产物
I	过量 Cu	一段时间后，溶液逐渐变为蓝绿色，固体中未检测到 Fe 单质
II	过量 Zn	一段时间后有气泡产生，反应缓慢，pH 逐渐增大，产生了大量红褐色沉淀后，无气泡冒出，此时溶液 pH 为 3~4，取出固体，固体中未检测到 Fe 单质
III	过量 Mg	有大量气泡产生，反应剧烈，pH 逐渐增大，产生了大量红褐色沉淀后，持续产生大量气泡，当溶液 pH 为 3~4 时，取出固体，固体中检测到 Fe 单质

① 分别取实验 I、II、III 中的少量溶液，滴加 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液，证明都有 Fe^{2+} 生成，

依据的现象是_____。

② 实验 II、III 都有红褐色沉淀生成，用平衡移动原理解释原因_____。

③ 对实验 II 未检测到 Fe 单质进行分析及探究。

i. a. 甲认为实验 II 中，当 Fe^{3+} 、 H^+ 浓度较大时，即使 Zn 与 Fe^{2+} 反应置换出少量 Fe，Fe 也会被 Fe^{3+} 、 H^+ 消耗。写出 Fe 与 Fe^{3+} 、 H^+ 反应的离子方程式_____。

b. 乙认为在 pH 为 3~4 的溶液中即便生成 Fe 也会被 H^+ 消耗。设计实验_____（填实验操作和现象）。证实了此条件下可忽略 H^+ 对 Fe 的消耗。

c. 丙认为产生的红褐色沉淀包裹在 Zn 粉上，阻碍了 Zn 与 Fe^{2+} 的反应。实验证实了 Zn 粉被包裹。

ii. 查阅资料： $0.5\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{Fe}^{3+}$ 开始沉淀的 pH 约为 1.2，完全沉淀的 pH 约为 3。

结合 a、b 和 c，重新做实验 II，当溶液 pH 为 3~4 时，不取出固体，向固-液混合物中持续加入盐酸，控制 $\text{pH} < 1.2$ ，_____（填实验操作和现象），待 pH 为 3~4 时，取出固体，固体中检测到 Fe 单质。

(3) 对比实验 II 和 III，解释实验 III 的固体中检测到 Fe 单质的原因_____。

