

2024 北京清华附中高三 9 月月考

化 学

2024. 09

可能用到的相对原子质量：O 16 Mg 24 Ca 40 Ti 48 Zr 91 Ba 137

第一部分

本部分共 14 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. 我国“天问一号”探测器使用了大量新材料，其中属于金属材料的是

- A. 探测器结构材料——镁铝合金
B. 深空太阳能电池材料——砷化镓
C. 隔热组件材料——二氧化硅纳米气凝胶
D. 柔性可伸缩材料——形状记忆聚合物

2. 下列物质的应用中，与氧化还原反应无关的是

- A. 用含 Fe_2O_3 的铁矿石冶炼 Fe
B. 用 Na_2O_2 作潜水艇的供氧剂
C. 用 NaOH 作沉淀剂去除粗盐水中的 Mg^{2+}
D. 以 NH_3 为原料制备 HNO_3

3. 下列比较正确的是

- A. 第一电离能：Be > B
B. 热稳定性： $\text{H}_2\text{S} > \text{H}_2\text{O}$
C. 碱性： $\text{Al}(\text{OH})_3 > \text{Mg}(\text{OH})_2$
D. 原子半径：N > C

4. 下列说法正确的是

- A. 标准状况下，5.6L CH_4 中所含 C-H 键的数目为 6.02×10^{23}
B. 室温下，1L $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ CH_3COOH 溶液中 CH_3COO^- 的数目为 6.02×10^{22}
C. 质量相同的 H_2O 和 D_2O （重水）所含的原子数相同
D. 室温下，pH=12 的氨水中， OH^- 的物质的量为 0.01mol

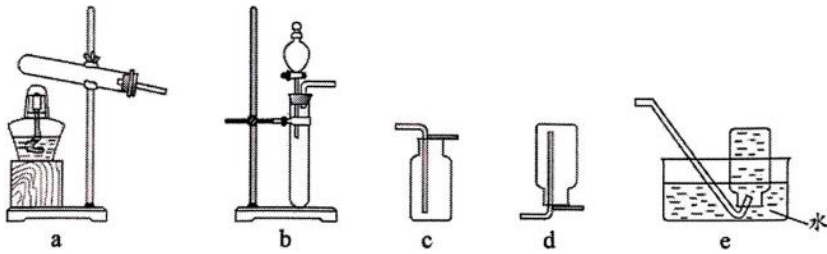
5. 元素 X、Y、Z 和 R 在周期表中的位置如下图所示。R 位于第四周期，X、Y、Z 原子的最外层电子数之和为 17。下列说法正确的是

| | | | |
|---|---|---|---|
| X | | | |
| | | Y | Z |
| | R | | |

- A. X 基态原子的核外电子排布式为 $2s^2 2p^2$
B. 电负性：R > Y
C. $0.033 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 H_3RO_4 溶液的 pH 约等于 1
D. 还原性： $\text{Y}^{2-} > \text{Z}^-$

6. 萤石是制作光学玻璃的原料之一，其主要成分氟化钙的晶胞结构如下图所示。下列说法正确的是

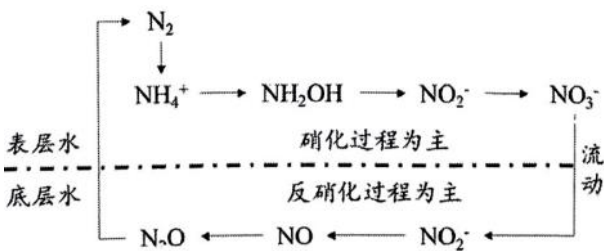




| | 气体 | 试剂 | 制备装置 | 收集方法 |
|---|-----------------|--|------|------|
| A | Cl ₂ | MnO ₂ 和浓盐酸 | b | C |
| B | SO ₂ | Na ₂ SO ₃ 和 70%硫酸 | b | e |
| C | NO | Cu 和浓硝酸 | b | C |
| D | NH ₃ | NH ₄ Cl 和 Ca(OH) ₂ | a | d |



11. 水体中的局部氮循环如下图所示，其中含氮物质转化方向与水深有关。

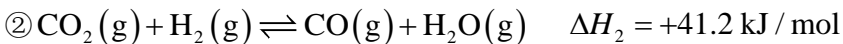
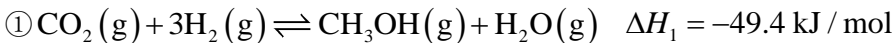


下列说法不正确的是

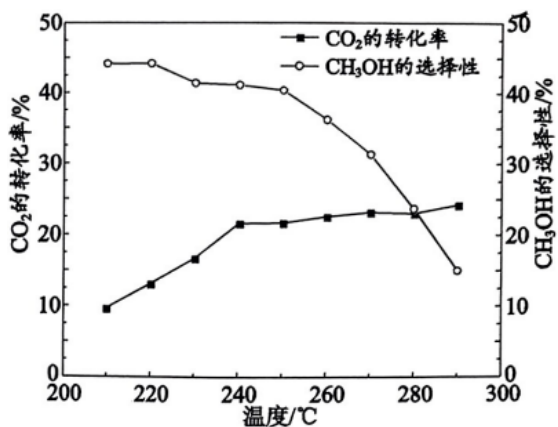
- A. 图中涉及的反应均为氧化还原反应
- B. 反硝化过程中含 N 物质被还原
- C. 不同水深含氮物质转化方向不同，可能与溶氧量有关
- D. 排放含 NH₄⁺ 废水不会影响水体中 NO₂⁻ 的浓度

12. 中国科学家在淀粉人工光合成方面取得重大突破性进展，该实验方法首先将 CO₂ 催化还原为 CH₃OH。

已知 CO₂ 催化加氢的主要反应有：



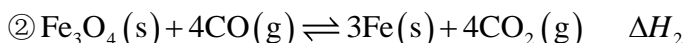
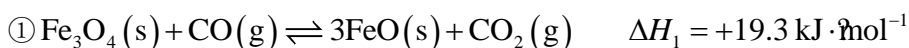
其他条件不变时，在相同时间内温度对 CO₂ 催化加氢的影响如下图。下列说法不正确



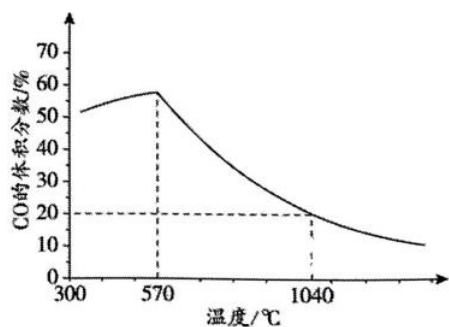
【注】CH₃OH的选择性 = $\frac{n(\text{生成CH}_3\text{OH所用的CO}_2)}{n(\text{反应消耗的CO}_2)} \times 100\%$

- A. $\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) \quad \Delta H = -90.6 \text{ kJ/mol}$
- B. 使用催化剂，能降低反应的活化能，增大活化分子百分数
- C. 其他条件不变，增大压强，有利于反应向生成CH₃OH的方向进行
- D. 220~240°C，升高温度，对反应②速率的影响比对反应①的小

13. Fe₃O₄(s)与CO(g)主要发生如下反应。



反应的还原产物与温度密切相关。其它条件一定时，Fe₃O₄(s)和CO(g)反应达平衡时，CO(g)的体积分数随温度的变化关系如下图所示。下列说法不正确的是



- A. 反应 $\text{FeO}(\text{s}) + \text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$ 的焓变为 $\frac{1}{3}(\Delta H_2 - \Delta H_1)$
- B. 根据图像推测， ΔH_2 应当小于0
- C. 反应温度越高，Fe₃O₄主要还原产物中铁元素的价态越低
- D. 温度高于1040°C时，Fe₃O₄(s)和CO(g)发生的主要反应的化学平衡常数 $K > 4$

14. 研究小组为探究Na₂S晶体在空气中变质后的产物，进行实验并记录现象如下：

①取Na₂S样品加水溶解，得到澄清溶液a。

②取少量溶液 a 加入过量盐酸，有臭鸡蛋气味的气体放出，且出现淡黄色浑浊。

③将②中浊液过滤，向滤液中加入 BaCl_2 溶液，产生白色沉淀。

资料：

i. Na_2S 溶液能溶解 S 生成 Na_2S_x ， Na_2S_x 与酸反应生成 S 和 H_2S （臭鸡蛋气味）

ii. BaS 易溶于水

下列说法不正确的是

- A. ②中淡黄色浑浊可能是 S_x^{2-} 与 H^+ 反应产生的
B. ①和②说明该 Na_2S 样品中含有 S
C. ③中白色沉淀是 BaSO_4
D. 该 Na_2S 样品中可能含有 Na_2SO_3



第二部分

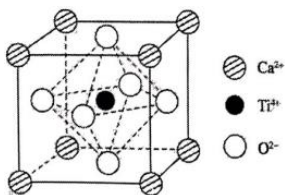
本部分共 5 题，共 58 分。

15. (9 分)

钛酸钙是最典型的钙钛矿型化合物，该类化合物具有特殊的理化性质。

(1) 基态 Ca^{2+} 的核外电子排布式为_____。

(2) 钛酸钙的晶胞如下图所示，1 个晶胞中含有 O^{2-} 的个数是_____，离子半径 Ca^{2+} 大于 Ti^{4+} ，理由是_____。



(3) 钛酸钙的阴、阳离子均可被半径相近的其它离子替代，从而衍生出多种钙钛矿型化合物。

①晶体密度 ρ 可以用晶胞的质量除以体积来求算。已知钛酸钙晶胞的棱长为 a pm ($1\text{pm} = 1 \times 10^{-10}\text{cm}$)，则钛酸钙晶体密度 $\rho =$ _____ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ (列出计算式)。

②若忽略离子替代时的体积变化，下列钙钛矿型化合物中，密度大于钛酸钙的是_____ (填字母序号)。

a. BaTiO_3

b. MgTiO_3

c. BaZrO_3

(4) 通过离子替代可获得具有优异光电性能的有机钙钛矿型化合物 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 。其中有机阳离子 CH_3NH_3^+ 可由甲胺 (CH_3NH_2) 制得。

① CH_3NH_3^+ 中 N 的杂化方式为_____。

②请从化学键的角度解释由甲胺形成 CH_3NH_3^+ 的过程：_____。

16. (8 分)

金属铬坚硬，耐腐蚀，可做镀层金属，并且在制皮革，羊毛，火柴，颜料等方面均有其应用。但是 Cr(VI) 致癌，因而工业废水中如果含有 Cr(VI) 需要处理后再排放。

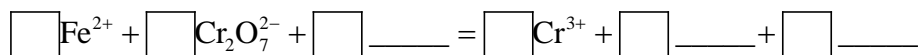
已知： $K_{sp}(\text{BaCr}_2\text{O}_7) = 2.3 \times 10^{-10}$ ， $K_{sp}[\text{Cr}(\text{OH})_3] = 6.3 \times 10^{-31}$ ， Cr^{3+} 完全沉淀时的 pH 约为 5.6。

(1) 沉淀法

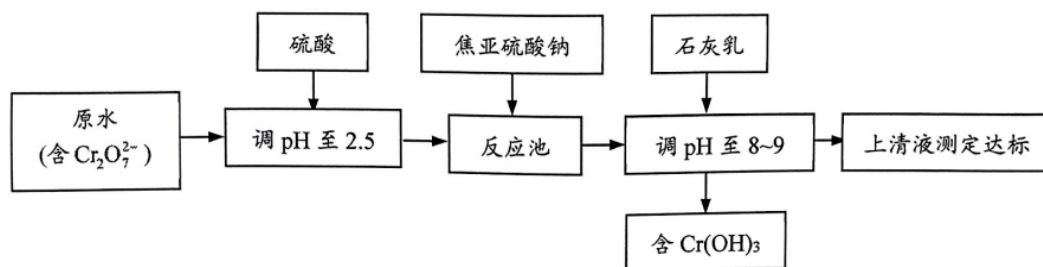
利用 BaCl_2 试剂可处理含 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 废水，离子方程式是

(2) 还原法

① 可以选择还原剂 Fe^{2+} ，对酸性含铬废水进行处理。将下述反应的离子方程式补充完整：



② 可以选择焦亚硫酸钠 ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) 处理含铬 (VI) 废水，处理费用低。其工艺流程如图：



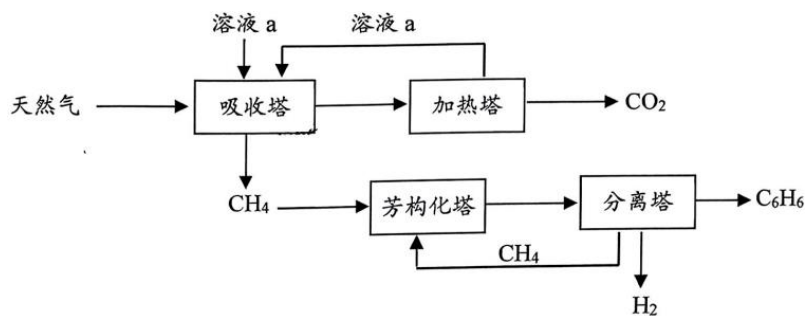
资料：焦亚硫酸钠 ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) 为白色或黄色结晶粉末，遇强酸放出 SO_2 。

i 反应池中发生反应的离子方程式是_____。

ii $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 在酸性条件下氧化性强，在实际工业中 pH 过低，则需要的焦亚硫酸钠的量比理论值高出许多，结合化学用语解释可能的原因是_____。

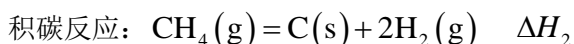
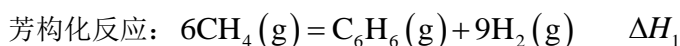
17. (10分)

某天然气含 CH_4 和一定量的 CO_2 。以天然气为原料制备苯和氢气的工艺流程如下图所示：



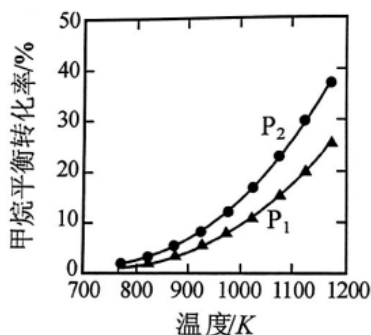
(1) 加热塔中发生反应的化学方程式是_____。

(2) 由甲烷制备苯的过程中存在如下反应：



若要用 ΔH_1 计算 ΔH_2 ，则还需要利用_____反应的 ΔH 。

(3) 已知不同温度和压强下，甲烷芳构化反应中甲烷的平衡转化率如右图所示：



① ΔH_1 _____ 0 (填“>”或“<”)

② P_1 、 P_2 的大小关系是 _____，理由是 _____。

(4) 在适宜温度下，以金属 Mo 作催化剂，由甲烷制备苯，几个小时后，单位时间内苯的产量迅速下降，主要原因是 _____。

18. (15 分)

工业上利用生产磷肥的副产品高磷镍铁制备硫酸镍晶体 $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 。

(1) 制备含 Ni^{2+} 溶液

高磷镍铁 $\xrightarrow{\text{转炉吹炼}}$ 镍铁合金 $\xrightarrow{\text{电解造液}}$ 含 Ni^{2+} 溶液

已知：

i. 高磷镍铁和镍铁合金中元素的百分含量：

| 元素/% | Ni/% | Fe/% | P/% | Co/% | Cu/% |
|------|-------|-------|-------|------|------|
| 高磷镍铁 | 4.58 | 70.40 | 16.12 | 0.22 | 0.34 |
| 镍铁合金 | 52.49 | 38.30 | 5.58 | 1.73 | 1.52 |

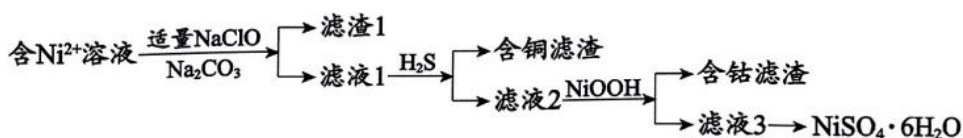
ii. 金属活动性： $\text{Fe} > \text{Co} > \text{Ni} > \text{H} > \text{Cu}$

① 依据数据，“转炉吹炼”的主要目的是：富集镍元素，除去部分 _____。

② “电解造液”时，用镍铁合金作阳极， H_2SO_4 溶液作电解质溶液。电解过程中阴极产生的气体是 _____。

电解一段时间后，有少量 Ni 在阴极析出，为防止 Ni 析出降低 $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 的产率，可向电解质溶液中加入 _____ (填试剂)。

(2) 制备 $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$



已知：常温下，金属离子完全转化为氢氧化物沉淀的 pH：

| 金属离子 | Fe^{3+} | Fe^{2+} | Cu^{2+} | Co^{3+} | Co^{2+} | Ni^{2+} | 金属离子完全沉淀的 pH |
|------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------------|
| | 2.8 | 8.3 | 6.7 | 1.1 | 9.4 | 8.9 | |

① 在酸性条件下， NaClO 和 Fe^{2+} 反应生成 Fe^{3+} 和 Cl^- 的离子方程式是 _____。


②滤液 1 中通入 H_2S 后, 发生反应的离子方程式是_____; 铜元素的质量: 镍铁合金_____含铜滤渣 (填 “>” “=” 或 “<”)。

③ $NiOOH$ 中 Ni 的化合价是: 滤液 2 中加入 $NiOOH$ 后, 发生反应的离子方程式是_____。

④从滤液 3 中获取 $NiSO_4 \cdot 6H_2O$ 的操作是_____、洗涤、干燥。

19. (16 分)

以 Na_2SO_3 溶液和不同金属的硫酸盐溶液作为实验对象, 探究盐的性质和盐溶液间反应的多样性。

| 实验 | 试剂 | | 现象 |
|---|---|---|--------------------------|
| | 滴管 | 试管 | |
|  2 mL | $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Na_2SO_3 | 饱和 Ag_2SO_4 溶液 | I. 产生白色沉淀 |
| | | $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $CuSO_4$ | II. 溶液变绿, 继续滴加产生棕黄色沉淀 |
| | | $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $Al_2(SO_4)_3$ 溶液 | III. 开始无明显变化, 继续滴加产生白色沉淀 |

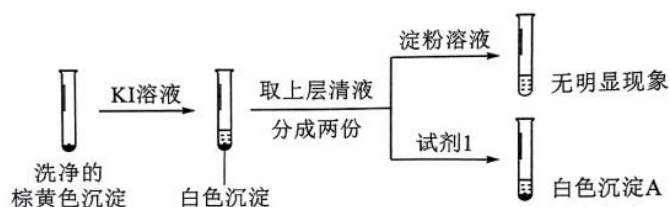
(1) 经检验, 现象 I 中的白色沉淀是 Ag_2SO_3 。用离子方程式解释现象 I: _____。

(2) 经检验, 现象 II 的棕黄色沉淀中不含 SO_4^{2-} , 含有 Cu^+ 、 Cu^{2+} 和 SO_3^{2-} 。

已知: $Cu^+ \xrightarrow{\text{稀硫酸}} Cu + Cu^{2+}$, $Cu^{2+} \xrightarrow{I^-} CuI \downarrow (\text{白色}) + I_2$ 。

①用稀硫酸证实沉淀中含有 Cu^+ 的实验现象是_____。

②通过下列实验证实, 沉淀中含有 Cu^{2+} 和 SO_3^{2-} 。



a. 白色沉淀 A 是 $BaSO_4$, 试剂 1 是_____。

b. 证实沉淀中含有 Cu^{2+} 和 SO_3^{2-} 的理由是_____。

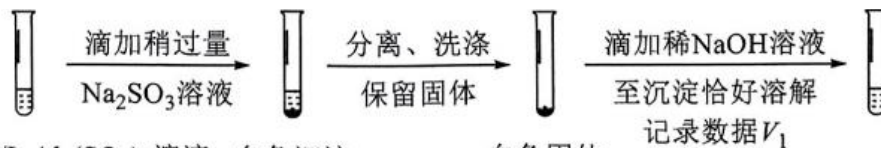
(3) 已知: $Al_2(SO_3)_3$ 在水溶液中不存在。经检验, 现象 III 的白色沉淀中无 SO_4^{2-} , 该白色沉淀既能溶于强酸, 又能溶于强碱, 还可用酸性 $KMnO_4$ 溶液褪色。

①推测沉淀中含有亚硫酸根和_____。

②对于沉淀中亚硫酸根的存在形式提出两种假设: i. 被 $Al(OH)_3$ 所吸附; ii. 存在于铝的碱式盐中。对假设 ii 设计了对比实验, 证实了假设 ii 成立。

a. 将对对比实验方案补充完整。





步骤一：2 mL 0.1 mol/L $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液 白色沉淀

白色固体

步骤二：_____（按上图形式呈现）。

b. 假设 ii 成立的实验证据是_____。

(4) 根据实验，亚硫酸盐的性质有_____。盐溶液间反应的多样性与_____有关。



参考答案

第一部分共 14 题，每小题 3 分，共 42 分。

题号 1 2 3 4 5 6 7

答案 A C A A D C B

题号 8 9 10 11 12 13 14

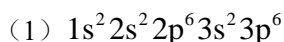
答案 B C D D D C B

题号 1 2 3 4 5 6 7

第二部分共 5 题，共 58 分。



15. (9分)



(2) 3, Ca^{2+} 和 Ti^{4+} 电子层结构相同, 核电荷数 $\text{Ti} > \text{Ca}$, 故离子半径 Ca^{2+} 大于 Ti^{4+}

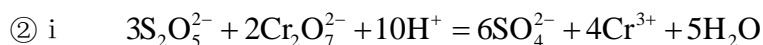
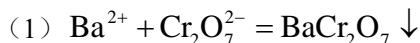
(3) ① $\frac{40 + 48 + 16 \times 3}{a^3 \times N_A \times 10^{-30}}$

② ac

(4) ① sp^3 杂化

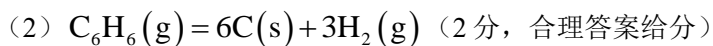
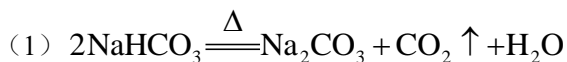
② CH_3NH_2 中的 N 原子提供孤电子对, H^+ 提供空轨道, 通过配位键形成 CH_3NH_3^+

16. (8分)



ii pH 过低, 发生反应: $2\text{H}^+ + \text{S}_2\text{O}_5^{2-} = \text{H}_2\text{O} + 2\text{SO}_2 \uparrow$, SO_2 不断逸出, 所以需要更多的 $\text{S}_2\text{O}_5^{2-}$

17. (10分)



(3) ① $\Delta H_1 > 0$

② $P_1 > P_2$

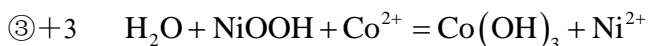
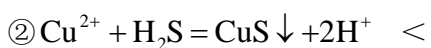
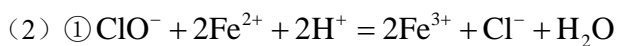
当温度一定时, 随着压强增大, $6\text{CH}_4(\text{g}) = \text{C}_6\text{H}_6(\text{g}) + 9\text{H}_2(\text{g})$ 平衡逆向移动, CH_4 平衡转化率减小

(4) 甲烷分解产生的碳覆盖在催化剂表面导致催化剂失效, 反应速率降低

18. (15分)

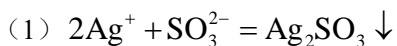
(1) ① 铁元素和磷元素

② H_2 H_2SO_4 溶液



④ 加热浓缩、冷却结晶、过滤

19. (16分)



(2) ① 析出红色固体

② a. HCl 和 BaCl_2 溶液

b. 在 I^- 作用下, Cu^{2+} 转化为白色沉淀 CuI , SO_3^{2-} 转化为 SO_4^{2-}

(3) ① Al^{3+} 、 OH^-



② a. 2 mL 0.1 mol/L $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液

b. V_1 明显大于 V_2

(4) 亚硫酸盐的溶解性、氧化还原性、在水溶液中的酸碱性

两种盐溶液中阴、阳离子的性质和反应条件

