

注 意 事 项

考生在答题前请认真阅读本注意事项及各题答题要求

1. 本试卷共 6 页，满分为 100 分，考试时间为 75 分钟。考试结束后，请将答题卡交回。
2. 答题前，请务必将自己的学校、姓名、准考证号用 0.5 毫米黑色墨水的签字笔填写在答题卡的规定位置，并在相应区域贴好条形码。
3. 作答选择题，必须用 2B 铅笔将答题卡上对应选项的方框涂满、涂黑；如需改动，请用橡皮擦干净后，再选涂其他答案。作答非选择题，必须用 0.5 毫米黑色墨水的签字笔在答题卡上的指定位置作答，在其他位置作答一律无效。
4. 如需作图，必须用 2B 铅笔绘、写清楚，线条、符号等须加黑、加粗。

可能用到的相对原子质量：H-1 C-12 N-14 O-16 Na-23 S-32 I-127

单项选择题：本题包括 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. 燃料能为人类生产、生活提供热能和动力。下列物质中可作为燃料直接燃烧的是
A. NH_3 B. O_2 C. H_2O D. CO_2
2. 对于反应 ${}^1_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^8_8\text{O} + {}^1_1\text{H}$ ，下列说法正确的是
A. ${}^1_7\text{N}$ 原子核中有 14 个中子 B. 基态 ${}^4_2\text{He}$ 的核外电子排布式为 $1s^2$
C. ${}^8_8\text{O}$ 与 ${}^{16}_8\text{O}$ 互为同素异形体 D. ${}^1_1\text{H}$ 原子核中有 1 个质子和 1 个中子
3. AlCl_3 酸性溶液中滴入饱和 NH_4HCO_3 溶液至 pH 为 4，可制备 $[\text{Al}_2(\text{OH})_n\text{Cl}_{6-n}]_m$ 胶体。

下列说法不正确的是

- A. 铝箔与盐酸反应制备 AlCl_3 酸性溶液可用题 3 图-1 所示装置
- B. 分离出反应后剩余的铝箔可用题 3 图-2 所示装置
- C. 测量反应液的 pH 可用湿润的 pH 试纸
- D. 光束通过制得的胶体可产生丁达尔效应



4. 合成苦杏仁酸涉及反应：

$$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}(\text{SO}_3\text{Na})\text{OH} \xrightarrow[2) \text{HCl}, \text{H}_2\text{O}]{1) \text{NaCN}} \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}(\text{COOH})\text{OH}$$

A. 电负性： $\chi(\text{S}) > \chi(\text{Cl})$

B. $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}(\text{COOH})\text{OH}$ 可以形成分子间氢键

C. 电离能： $I_1(\text{O}) > I_1(\text{N})$

D. $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}(\text{SO}_3\text{Na})\text{OH}$ 只含共价键



11. $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 的制备过程如下:

步骤 I 在锥形瓶中加入 $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、 NH_4Cl 和蒸馏水, 加热溶解后再加入活性炭作催化剂, 冷却后加浓氨水, 生成 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ 。

步骤 II 向锥形瓶中缓慢加入双氧水并加热, 生成 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 。

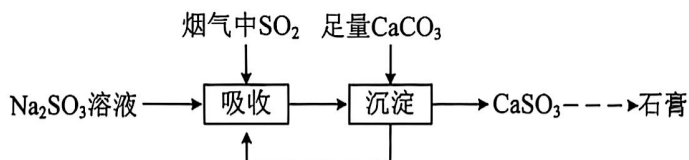
步骤 III 冷却, 过滤, 得到含 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 和活性炭的沉淀, 再向其中加入热的稀盐酸, 充分溶解后趁热过滤, 除去活性炭。

步骤 IV 向所得滤液中加入浓盐酸, 用冰水冷却后析出沉淀 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$, 过滤、洗涤、干燥、称量。

下列说法正确的是

- A. $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 的中心原子是 Co^{3+} , 配位体是 NH_3 和 Cl^-
- B. 步骤 II 中每生成 2 mol $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$, 需加入 1 mol H_2O_2
- C. 由步骤 II 不能得出结论: 向 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ CoCl_2 溶液中加入双氧水可以生成 Co^{3+}
- D. 若将步骤 III 中盐酸浓度改为与步骤 IV 中盐酸浓度相同, 则可以增加产品产量

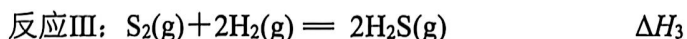
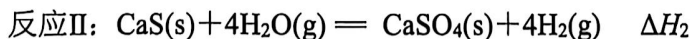
12. 室温下, 用 Na_2SO_3 溶液吸收烟气中 SO_2 的流程如图所示。



已知: $K_{a1}(\text{H}_2\text{SO}_3)=1.2 \times 10^{-2}$ 、 $K_{a2}(\text{H}_2\text{SO}_3)=6.0 \times 10^{-8}$ 、 $K_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3)=4.3 \times 10^{-7}$ 、 $K_{a2}(\text{H}_2\text{CO}_3)=5.6 \times 10^{-11}$ 、 $K_{sp}(\text{CaSO}_3)=6.8 \times 10^{-8}$ 、 $K_{sp}(\text{CaCO}_3)=3.3 \times 10^{-9}$ 。下列说法正确的是

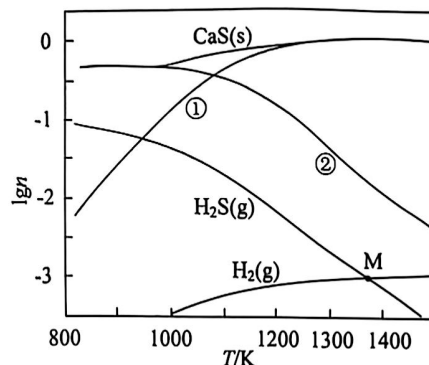
- A. Na_2SO_3 溶液中: $c(\text{H}^+) + c(\text{Na}^+) = c(\text{OH}^-) + c(\text{HSO}_3^-) + c(\text{SO}_3^{2-})$
- B. “吸收”后的 NaHSO_3 溶液中: $2\text{HSO}_3^- \rightleftharpoons \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{SO}_3$ 的平衡常数 $K=2.0 \times 10^5$
- C. “沉淀”后的上层清液中: $\frac{c(\text{SO}_3^{2-})}{c(\text{CO}_3^{2-})} < \frac{K_{sp}(\text{CaSO}_3)}{K_{sp}(\text{CaCO}_3)}$
- D. “沉淀”后的上层清液中含碳溶质主要为 NaHCO_3

13. 工业上可用 CaS 将燃煤尾气中的 SO_2 转化生产 S_2 , 涉及的反应如下:



在密闭容器中, $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$, 按 1 mol CaS 、1 mol SO_2 和 0.1 mol H_2O 投料。达平衡状态时, 体系中部分含硫物质及 H_2 的 $\lg n$ 随温度变化的理论计算结果如题 13 图所示 (n 为该物质的物质的量), 图示温度范围内反应 II 平衡常数 $K \approx 1 \times 10^{-8}$ 无明显变化。下列说法正确的是

- A. 曲线①表示平衡时 S_2 的 $\lg n$ 值随温度的变化
- B. 1300K, 体系中 S_2 、 SO_2 、 H_2S 物质的量之和为 1 mol
- C. 其他条件不变, 温度高于 1000K, 平衡时 H_2O 的物质的量随温度的升高而减小
- D. M 点处 H_2S 与 H_2 的物质的量相等, 则体系中 $n(\text{H}_2) \approx 9.8 \times 10^{-4} \text{ mol}$

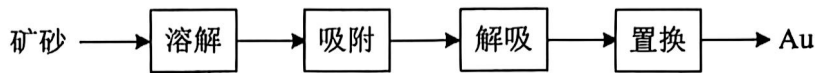


题 13 图



非选择题：共 4 题，共 61 分。

14. (15 分) 以硫代硫酸盐浸金 (Au) 的工艺流程如下：

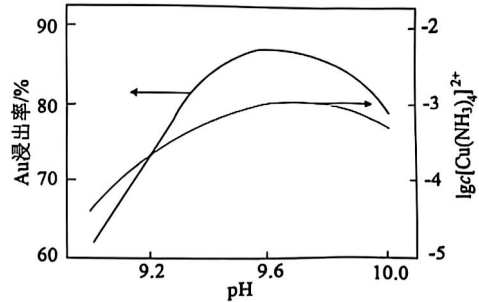


(1) “溶解”时，在 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 催化下，用硫代硫酸钠 ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 溶液浸泡含有金单质的矿砂，并通入 O_2 ，可浸出金元素。

① Au 、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液和 O_2 反应生成 $[\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$ 的离子方程式为 ▲。

② 如果通入 O_2 过多，会使 Au 浸出率降低，原因是 ▲。

③ 控制其他条件相同， $\lg c[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 和 Au 浸出率随 pH 的变化如题 14 图所示。 $\text{pH} > 9.6$ 时， Au 浸出率如图变化的原因是 ▲。



题 14 图

(2) $[\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$ 的结构为 $[\text{O}-\text{S}(=\text{O})_2-\text{S}-\text{Au}-\text{S}-\text{S}(=\text{O})_2-\text{O}]^{3-}$ 。

用树脂“吸附”时， $[\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$ 中的 ▲ 原子与树脂中季铵基 $[\text{N}^+(\text{CH}_3)_3]$ 之间存在较强的相互作用。

(3) 向含有 $[\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$ 和 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 的解吸液中加入 Cu 、 Zn 等金属都能置换出 Au ，工业上选择 Cu 而不选择 Zn 的原因是 ▲。

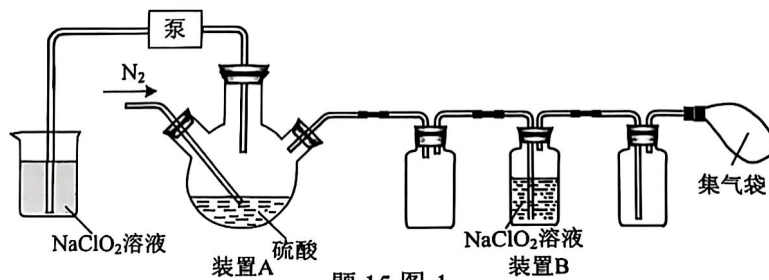
(4) 已知“溶解”过程中， $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 的消耗率 = $\frac{n_{\text{反应}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)}{n_{\text{总量}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)} \times 100\%$ 。用 $100.00 \text{ mL } 0.2000$

$\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液在相同条件下浸泡矿砂。一段时间后，取 20.00 mL 浸泡液，适当处理后用 $0.0100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 碘液滴定至终点，平行滴定 3 次，平均消耗碘液 25.00 mL 。滴定反应为 $\text{I}_2 + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} = \text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 2\text{I}^-$ ，且 $[\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$ 不参与反应。计算“溶解”过程中 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 的消耗率 (写出计算过程)。

15. (15 分) ClO_2 气体可用于脱硫脱硝。

已知：① 浓度较高的 ClO_2 气体易爆炸；② $2\text{NaClO}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{NaCl} + 2\text{ClO}_2$ 。

I. 制备 ClO_2 。反应原理为 $8\text{NaClO}_2 + 4\text{H}_2\text{SO}_4 = 4\text{Na}_2\text{SO}_4 + 6\text{ClO}_2 + \text{Cl}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ 。实验装置如题 15 图-1 所示，装置 A 中持续通入氮气，并用泵将 NaClO_2 溶液以一定流速缓慢滴入浓硫酸中。



题 15 图-1

(1) 与滴液漏斗相比，使用泵的优点有 ▲。



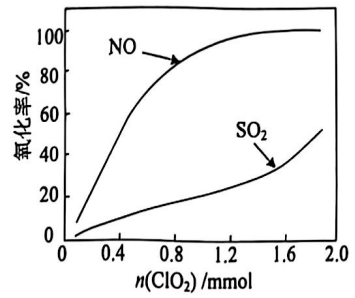
(2) 不采用向 NaClO₂ 溶液中滴加浓硫酸的滴加方式，其原因是 ▲。

(3) 装置 B 的作用是 ▲。通入 N₂ 的目的是 ▲。

II. 脱除烟气中的 NO 和 SO₂。

(4) ClO₂ 单独氧化 NO 时生成 NO₂ 和 Cl₂，该反应的化学方程式为 ▲。

(5) ClO₂ 单独氧化 SO₂ 时，若体系中湿度增加，SO₂ 的氧化率会大幅提升，其原因是 ▲。



题 15 图-2

(6) 在相同条件下，取同种烟气，通入 ClO₂ 气体，测得相

同时间后气体氧化率随初始 n(ClO₂) 变化如题 15 图-2 所示。有学生由图认为，“n(ClO₂) 为 1.6 mmol 时，NO 消耗 ClO₂ 的量多于 SO₂ 消耗的”，此推论是否合理 ▲（填“是”或“否”）。n(ClO₂) > 1.6 mmol 时，SO₂ 氧化率变化幅度更大，原因是 ▲。

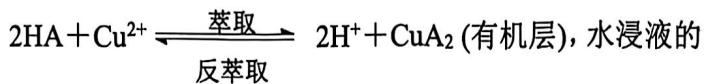
16. (15 分) 利用铁锰氧化矿（主要含 Fe₂O₃、MnO₂ 及 Cu、Co、Si 的氧化物）制备 MnO₂。

(1) 焙烧水浸。将 (NH₄)₂SO₄ 与铁锰氧化矿混合后，先低温焙烧，使金属氧化物全部转化为硫酸盐，然后增加通入空气的量、升高温度选择性焙烧，冷却后加水充分浸取。

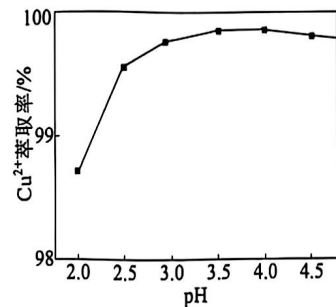
① MnO₂ 和 (NH₄)₂SO₄ 低温焙烧得到 MnSO₄，并生成可吸收再利用的气体为 ▲。

② 水浸后的滤液中几乎不含 Fe 元素，则高温选择性焙烧的作用是 ▲。

(2) 萃取除铜。有机溶剂 (HA) 萃取除去 Cu²⁺，再反萃取得到 CuSO₄ 溶液的原理为：



pH 与 Cu²⁺ 萃取率的关系如题 16 图-1 所示。pH > 4.0 时，随着 pH 增大，Cu²⁺ 萃取率略有减小，而测得水溶液中 Cu²⁺ 去除率增大，原因是 ▲。



题 16 图-1

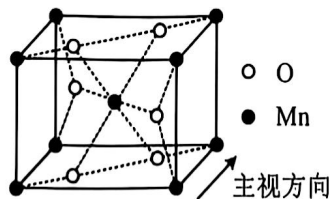
(3) 沉淀除钴。向萃取除铜后的溶液中滴加 Na₂S 溶液，调节 pH=4，Co²⁺ 恰好完全转化为 CoS 沉淀，此时 c(Co²⁺)

= 10⁻⁵ mol·L⁻¹，计算溶液中 c(H₂S) 需要的平衡常数是 ▲（填字母）。

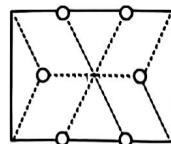
A. K_{a1}(H₂S) B. K_{a2}(H₂S) C. K_w D. K_{sp}(CoS)

(4) 制备 MnO₂。

① MnO₂ 的一种晶胞如题 16 图-2 所示（已标注主视方向），请在题 16 图-3 的晶胞主视图中补全 Mn(IV) 的位置，并判断 Mn(IV) 的配位数为 ▲。



题 16 图-2



题 16 图-3

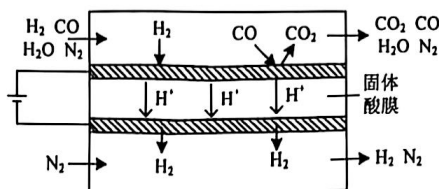
② 除钴后所得 MnSO₄ 溶液与 KMnO₄ 溶液在弱碱性条件下制备 MnO₂，其离子方程式为 ▲。补充完整由除钴后溶液制备 MnO₂ 的实验方案：取除钴后溶液，▲，

干燥得 MnO₂。（须使用的试剂：NaOH 溶液、KMnO₄ 溶液、蒸馏水、BaCl₂ 溶液）。



17. (16分) 工业上用 CH_4 制合成气 (CO 和 H_2), 再脱碳制氢, 具有良好的前景。

(1) 合成气电化学脱碳制氢的原理如题 17 图-1 所示。该装置中固体酸膜能传导 H^+ 。



题 17 图-1

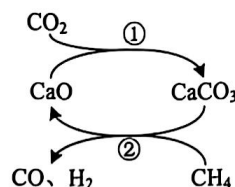
①写出阳极 CO 转化为 CO_2 的电极反应式 ▲。

②实验测得, 阳极区气体中 CO_2 的量大于阳极上电化学反应产生 CO_2 的量, 原因是 ▲。

(2) CH_4 、 CO_2 催化重整制合成气, 其原理如题 17 图-2 所示。

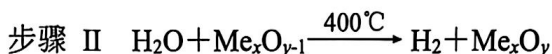
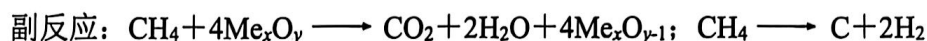
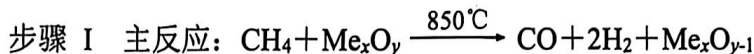
反应②中化合价发生改变的元素有 ▲ (填元素符号);

每消耗 1molCH_4 , 理论上反应②中转移电子的物质的量为 ▲ mol。



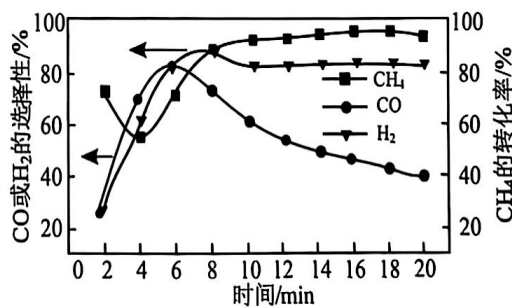
题 17 图-2

(3) CH_4 、 H_2O 与铁钵载氧体 (简称为 Me_xO_y) 反应制合成气。相同条件下, 以一定流速向装有 Me_xO_y 的反应器中间歇通入 CH_4 、 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$, 按下列步骤交替发生反应



①步骤I中铁钵载氧体表面的晶格氧将 CH_4 氧化为 CO 、 H_2 。步骤I、II中会有晶格氧在载氧体的内部和表面之间发生迁移。步骤II中晶格氧迁移的方向是 ▲。

②步骤I中, 其他条件一定, 在 850°C 下, CO 的选择性、 H_2 的选择性、 CH_4 的转化率与反应时间关系如题 17 图-3 所示。



题 17 图-3

i. 6min 后, $\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{CO})}$ 比值变化趋势为 ▲ (填“增大”“减小”或“不变”)。

已知: CO 的选择性 = $\frac{n_{\text{生成}}(\text{CO})}{n_{\text{转化}}(\text{CH}_4)} \times 100\%$; H_2 的选择性 = $\frac{1/2 n_{\text{生成}}(\text{H}_2)}{n_{\text{转化}}(\text{CH}_4)} \times 100\%$ 。

ii. 其他条件不变, 与 850°C 相比, 在 900°C 下反应初期 CO 的选择性更低, 可能原因是 ▲。

③ 步骤II中, 向反应器中通入过量 H_2O 的作用是 ▲。

