

江苏省 2024 年普通高中学业水平选择性考试

化学

限时 75 分钟 满分 100 分

可能用到的相对原子质量：H—1 B—11 C—12 N—14 O—16 Cl—35.5 Cr—52 Fe—56 Ag—108 Nd—144

一、单项选择题：共 13 题，每题 3 分，共 39 分。每题只有一个选项最符合题意。

1. 我国探月工程取得重大进展。月壤中含有 Ca、Fe 等元素的磷酸盐，下列元素位于元素周期表第二周期的是

- A. O B. P C. Ca D. Fe

【答案】A

【解析】

【详解】A. O 元素位于元素周期表第二周期 VIA，A 符合题意；

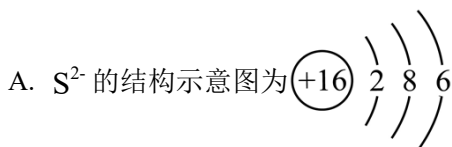
B. P 元素位于元素周期表第三周期 VA，B 不符合题意；

C. Ca 元素位于元素周期表第四周期 IIA，C 不符合题意；

D. Fe 元素位于元素周期表第四周期 VIII 族，D 不符合题意；

综上所述，本题选 A。

2. 反应 $\text{PbS} + 4\text{H}_2\text{O}_2 = \text{PbSO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$ 可用于壁画修复。下列说法正确的是



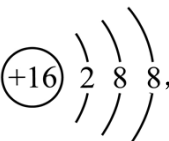
B. H_2O_2 中既含离子键又含共价键

C. SO_4^{2-} 中 S 元素的化合价为 +6

D. H_2O 的空间构型为直线形

【答案】C

【解析】

【详解】A. S^{2-} 核外有 18 个电子，其结构示意图为 ，A 错误；

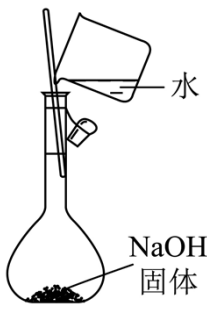
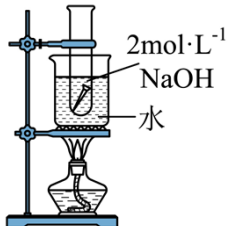
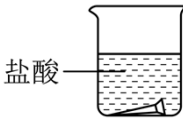
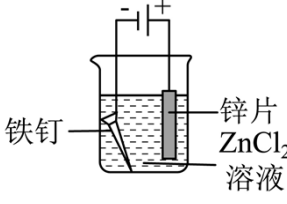
B. H_2O_2 是共价化合物，其中只含共价键，B 错误；

C. SO_4^{2-} 中 O 元素化合价为 -2，S 元素的化合价为 +6，C 正确；

D. H_2O 中的 O 的杂化类型为 sp^3 ，O 有 2 个孤电子对，因此 H_2O 的空间构型为 V 形，D 错误；

综上所述，本题选 C。

3. 实验室进行铁钉镀锌实验。下列相关原理、装置及操作不正确的是

A	B	C	D
			
配制 NaOH 溶液	铁钉除油污	铁钉除锈	铁钉镀锌

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】A

【解析】

【详解】A. 配制一定物质的量浓度的溶液时，溶质要放在烧杯中溶解，不能直接放在容量瓶中溶解，A 不正确；

B. 油污的主要成分是油脂，油脂在碱性条件下可以发生水解反应生成可溶于水的甘油和高级脂肪酸盐，因此，铁钉放在 NaOH 溶液中加热后可以除去其表面的油污，B 正确；

C. 铁锈的主要成分是 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ，其可溶于盐酸，因此，将铁钉放在盐酸中可以除去其表面的铁锈，C 正确；

D. 该装置为电解池，铁钉与电源负极相连作阴极，锌片与电源的正极相连作阳极，电解质溶液为 ZnCl_2 溶液，因此，该装置为电镀装置，可以实现铁钉上镀锌，D 正确；

综上所述，本题选 A。

4. 明矾 $[\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}]$ 可用作净水剂。下列说法正确的是

A. 半径： $r(\text{Al}^{3+}) > r(\text{K}^+)$

B. 电负性： $\chi(\text{O}) > \chi(\text{S})$

C. 沸点： $\text{H}_2\text{S} > \text{H}_2\text{O}$

D. 碱性： $\text{Al}(\text{OH})_3 > \text{KOH}$

【答案】B

【解析】

【详解】A. Al^{3+} 有 2 个电子层，而 K^+ 有 3 个电子层，因此， K^+ 的半径较大，A 错误；

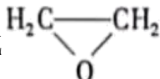
B. 同一主族的元素，其电负性从上到下依次减小，O 和 S 都是 VIA 的元素，O 元素的电负性较大，B 正确；

C. 虽然 H_2S 的相对分子质量较大，但是 H_2O 分子间可形成氢键，因此 H_2O 的沸点较高，C 错误；

D. 元素的金属性越强，其最高价的氧化物的水化物的碱性越强，K 的金属性强于 Al，因此 KOH 的碱性较强，D 错误；

综上所述，本题选 B。

催化剂能改变化学反应速率而不改变反应的焓变，常见催化剂有金属及其氧化物、酸和碱等。催化反应广泛存在，如豆科植物固氮、石墨制金刚石、 CO_2 和 H_2 制 CH_3OCH_3 (二甲醚)、 V_2O_5 催化氧化 SO_2 等。催

化剂有选择性，如 C_2H_4 与 O_2 反应用 Ag 催化生成  (环氧乙烷)、用 $\text{CuCl}_2 / \text{PdCl}_2$ 催化生成

CH_3CHO 。催化作用能消除污染和影响环境，如汽车尾气处理、废水中 NO_3^- 电催化生成 N_2 、氯自由基

催化 O_3 分解形成臭氧空洞。我国在石油催化领域领先世界，高效、经济、绿色是未来催化剂研究的发展

方向。完成下列小题。

5. 下列说法正确的是

A. 豆科植物固氮过程中，固氮酶能提高该反应的活化能

B. C_2H_4 与 O_2 反应中，Ag 催化能提高生成 CH_3CHO 的选择性

C. H_2O_2 制 O_2 反应中， MnO_2 能加快化学反应速率

D. SO_2 与 O_2 反应中， V_2O_5 能减小该反应的焓变

6. 下列化学反应表示正确的是

A. 汽车尾气处理： $2\text{NO} + 4\text{CO} \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{N}_2 + 4\text{CO}_2$

B. NO_3^- 电催化为 N_2 的阳极反应： $2\text{NO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10\text{e}^- = \text{N}_2 \uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$

C. 硝酸工业中 NH_3 的氧化反应： $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{催化剂}} 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

D. CO_2 和 H_2 催化制二甲醚： $2\text{CO}_2 + 6\text{H}_2 \xrightarrow[\text{高温、高压}]{\text{催化剂}} \text{CH}_3\text{OCH}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$

7. 下列有关反应描述正确的是

A. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 催化氧化为 CH_3CHO ， $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 断裂 C-O 键

B. 氟氯烃破坏臭氧层，氟氯烃产生的氯自由基改变 O_3 分解的历程

C. 丁烷催化裂化为乙烷和乙烯，丁烷断裂 σ 键和 π 键

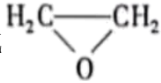
D. 石墨转化为金刚石，碳原子轨道的杂化类型由 sp^3 转变为 sp^2

【答案】5. C 6. D 7. B

【解析】

【5题详解】

A. 固氮酶是豆科植物固氮过程的催化剂，能降低该反应的活化能，A 错误；

B. 根据题意，催化剂有选择性，如 C_2H_4 与 O_2 反应用 Ag 催化生成  (环氧乙烷)、用 $CuCl_2/PdCl_2$ 催化生成 CH_3CHO ，则判断 Ag 催化不能提高生成 CH_3CHO 的选择性，B 错误；

C. MnO_2 是 H_2O_2 制 O_2 反应的催化剂，能加快化学反应速率，C 正确；

D. V_2O_5 是 SO_2 与 O_2 反应的催化剂，能加快反应速率，但不能改变该反应的焓变，D 错误；

故选 C。

【6题详解】

A. 该反应方程式配平错误，汽车尾气处理： $2NO + 2CO \xrightarrow{\text{催化剂}} N_2 + 2CO_2$ ，A 错误；

B. NO_3^- 电催化为 N_2 ，N 元素化合价降低，发生还原反应，应是在阴极发生反应，反应方程式是：

$2NO_3^- + 12H^+ + 10e^- = N_2 \uparrow + 6H_2O$ ，B 错误；

C. 硝酸工业中 NH_3 发生催化氧化生成 NO ， NO 进一步反应得到 NO_2 后再与水反应制得硝酸，该氧化反

应： $4NH_3 + 5O_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{催化剂}} 4NO + 6H_2O$ ，C 错误；

D. CO_2 和 H_2 催化制二甲醚： $2CO_2 + 6H_2 \xrightarrow[\text{高温、高压}]{\text{催化剂}} CH_3OCH_3 + 3H_2O$ ，D 正确；

故选 D。

【7题详解】

A. CH_3CH_2OH 催化氧化为 CH_3CHO ， CH_3CH_2OH 断裂 C-H 键和 O-H 生成 C=O，A 错误；

B. 根据题意，氯自由基催化 O_3 分解氟氯烃破坏臭氧层，则氟氯烃产生的氯自由基改变 O_3 分解的历程，B 正确；

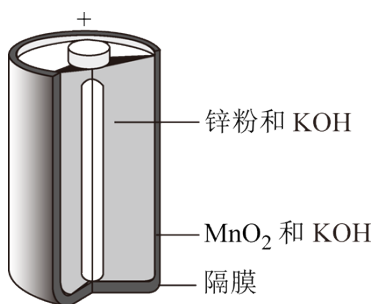
C. 丁烷催化裂化为乙烷和乙烯，丁烷断裂 σ 键，丁烷是饱和烷烃，没有 π 键，C 错误；

D. 石墨碳原子轨道的杂化类型为转化为 sp^2 ，金刚石碳原子轨道的杂化类型为 sp^3 ，石墨转化为金刚石，

碳原子轨道的杂化类型由 sp^2 转变为 sp^3 ，D 错误；

故选 B。

8. 碱性锌锰电池的总反应为 $Zn + 2MnO_2 + H_2O = ZnO + 2MnOOH$ ，电池构造示意图如图所示。下列有关说法正确的是

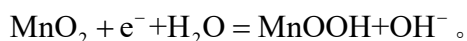


- A. 电池工作时， MnO_2 发生氧化反应
- B. 电池工作时， OH^- 通过隔膜向正极移动
- C. 环境温度过低，不利于电池放电
- D. 反应中每生成 $1mol MnOOH$ ，转移电子数为 $2 \times 6.02 \times 10^{23}$

【答案】C

【解析】

【分析】Zn 为负极，电极反应式为： $Zn - 2e^- + 2OH^- = ZnO + H_2O$ ， MnO_2 为正极，电极反应式为：



【详解】A. 电池工作时， MnO_2 为正极，得到电子，发生还原反应，故 A 错误；

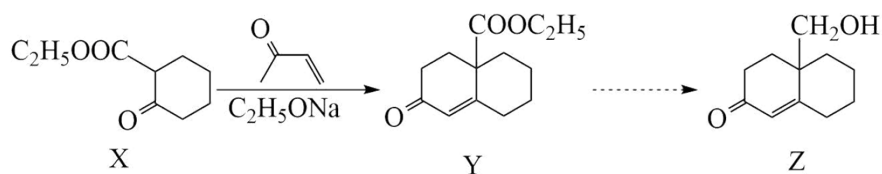
B. 电池工作时， OH^- 通过隔膜向负极移动，故 B 错误；

C. 环境温度过低，化学反应速率下降，不利于电池放电，故 C 正确；

D. 由电极反应式 $MnO_2 + e^- + H_2O = MnOOH + OH^-$ 可知，反应中每生成 $1mol MnOOH$ ，转移电子数为 6.02×10^{23} ，故 D 错误；

故选 C。

9. 化合物 Z 是一种药物的重要中间体，部分合成路线如下：



下列说法正确的是

- A. X 分子中所有碳原子共平面
B. 1mol Y 最多能与 1mol H₂ 发生加成反应
C. Z 不能与 Br₂ 的 CCl₄ 溶液反应
D. Y、Z 均能使酸性 KMnO₄ 溶液褪色

【答案】D

【解析】

【详解】A. X 中饱和的 C 原子 sp³ 杂化形成 4 个单键，具有类似甲烷的四面体结构，所有碳原子不可能共平面，故 A 错误；

B. Y 中含有 1 个羰基和 1 个碳碳双键可与 H₂ 加成，因此 1mol Y 最多能与 2mol H₂ 发生加成反应，故 B 错误；

C. Z 中含有碳碳双键，可以与 Br₂ 的 CCl₄ 溶液反应，故 C 错误；

D. Y、Z 中均含有碳碳双键，可以使酸性 KMnO₄ 溶液褪色，故 D 正确；

故选 D。

10. 在给定条件下，下列制备过程涉及的物质转化均可实现的是

- A. HCl 制备：NaCl 溶液 $\xrightarrow{\text{电解}}$ H₂ 和 Cl₂ $\xrightarrow{\text{点燃}}$ HCl
B. 金属 Mg 制备：Mg(OH)₂ $\xrightarrow{\text{盐酸}}$ MgCl₂ 溶液 $\xrightarrow{\text{电解}}$ Mg
C. 纯碱工业：NaCl 溶液 $\xrightarrow{\text{CO}_2}$ NaHCO₃ $\xrightarrow{\Delta}$ Na₂CO₃
D. 硫酸工业：FeS₂ $\xrightarrow[\text{高温}]{\text{O}_2}$ SO₂ $\xrightarrow{\text{H}_2\text{O}}$ H₂SO₄

【答案】A

【解析】

【详解】A. 电解氯化钠溶液可以得到 H₂ 和 Cl₂，H₂ 和 Cl₂ 点燃反应生成 HCl，故 A 的转化可以实现；

B. 氢氧化镁和盐酸反应可以得到氯化镁溶液，但是电解氯化镁溶液不能得到 Mg，电解熔融 MgCl₂ 才能得到金属镁单质，故 B 的转化不能实现；

C. 纯碱工业是在饱和食盐水中通入 NH₃ 和 CO₂ 先得到 NaHCO₃，然后 NaHCO₃ 受热分解为 Na₂CO₃，故 C 的转化不能实现；

D. 工业制备硫酸，首先黄铁矿和氧气反应生成 SO₂，但是 SO₂ 和水反应生成 H₂SO₃，不能得到 H₂SO₄，故 D 的转化不能实现；

故选 A。

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 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaOH 溶液分别中和等体积的 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ H_2SO_4 溶液和 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ CH_3COOH 溶液, H_2SO_4 消耗的 NaOH 溶液多	酸性: $\text{H}_2\text{SO}_4 > \text{CH}_3\text{COOH}$
B	向 2mL $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ Na_2S 溶液中滴加几滴溴水, 振荡, 产生淡黄色沉淀	氧化性: $\text{Br}_2 > \text{S}$
C	向 2mL 浓度均为 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 CaCl_2 和 BaCl_2 混合溶液中滴加少量 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ Na_2CO_3 溶液, 振荡, 产生白色沉淀	溶度积常数: $\text{CaCO}_3 > \text{BaCO}_3$
D	用 pH 试纸分别测定 CH_3COONa 溶液和 NaNO_2 溶液 pH, CH_3COONa 溶液 pH 大	结合 H^+ 能力: $\text{CH}_3\text{COO}^- > \text{NO}_2^-$

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】B

【解析】

【详解】A. H_2SO_4 是二元酸, CH_3COOH 是一元酸, 通过该实验无法说明 H_2SO_4 和 CH_3COOH 酸性的强弱, 故 A 错误;

B. 向 2mL $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ Na_2S 溶液中滴加几滴溴水, 振荡, 产生淡黄色沉淀, 说明发生反应:

$\text{S}^{2-} + \text{Br}_2 = 2\text{Br}^- + \text{S}\downarrow$, 氧化剂的氧化性大于氧化产物, 因此氧化性: $\text{Br}_2 > \text{S}$, 故 B 正确;

C. CaCO_3 和 BaCO_3 均为白色沉淀, 无法通过现象确定沉淀种类, 无法比较 CaCO_3 和 BaCO_3 溶度积常数的大小, 故 C 错误;

D. 比较 CH_3COO^- 和 NO_2^- 结合 H^+ 能力, 应在相同条件下测定相同浓度 CH_3COONa 溶液和 NaNO_2 溶液的 pH, 但题中未明确指出两者浓度相等, 故 D 错误;

故选 B。

12. 室温下, 通过下列实验探究 SO_2 的性质。已知 $K_{a1}(\text{H}_2\text{SO}_3) = 1.3 \times 10^{-2}$,

$$K_{a2}(\text{H}_2\text{SO}_3) = 6.2 \times 10^{-8}$$

实验 1: 将 SO_2 气体通入水中, 测得溶液 $\text{pH} = 3$ 。

实验 2: 将 SO_2 气体通入 $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液中, 当溶液 $\text{pH} = 4$ 时停止通气。

实验 3: 将 SO_2 气体通入 $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 酸性 KMnO_4 溶液中, 当溶液恰好褪色时停止通气。

下列说法正确的是

A. 实验 1 所得溶液中: $c(\text{HSO}_3^-) + c(\text{SO}_3^{2-}) > c(\text{H}^+)$

B. 实验 2 所得溶液中: $c(\text{SO}_3^{2-}) > c(\text{HSO}_3^-)$

C. 实验 2 所得溶液经蒸干、灼烧制得 NaHSO_3 固体

D. 实验 3 所得溶液中: $c(\text{SO}_4^{2-}) > c(\text{Mn}^{2+})$

【答案】D

【解析】

【分析】实验 1 得到 H_2SO_3 溶液, 实验 2 溶液的 pH 为 4, 实验 2 为 NaHSO_3 溶液, 实验 3 SO_2 和酸性 KMnO_4

溶液反应的离子方程式为: $5\text{SO}_2 + 2\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} = 5\text{SO}_4^{2-} + 2\text{Mn}^{2+} + 4\text{H}^+$ 。

【详解】A. 实验 1 得到 H_2SO_3 溶液, 其质子守恒关系式为:

$$c(\text{HSO}_3^-) + 2c(\text{SO}_3^{2-}) + c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+), \text{ 则 } c(\text{HSO}_3^-) + c(\text{SO}_3^{2-}) < c(\text{H}^+), \text{ A 错误;}$$

B. 实验 2 为 pH 为 4, 依据 $K_{a2} = \frac{10^{-4} \cdot c(\text{SO}_3^{2-})}{c(\text{HSO}_3^-)}$, 则 $6.2 \times 10^{-8} = \frac{10^{-4} \cdot c(\text{SO}_3^{2-})}{c(\text{HSO}_3^-)}$, 溶液, 则

$$c(\text{SO}_3^{2-}) < c(\text{HSO}_3^-), \text{ B 错误;}$$

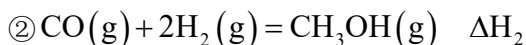
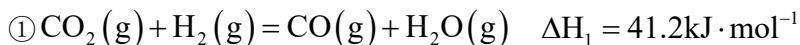
C. NaHSO_3 溶液蒸干、灼烧制得 NaHSO_4 固体, C 错误;

D. 实验 3 依据发生的反应: $5\text{SO}_2 + 2\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} = 5\text{SO}_4^{2-} + 2\text{Mn}^{2+} + 4\text{H}^+$, 则恰好完全反应后

$$c(\text{SO}_4^{2-}) > c(\text{Mn}^{2+}), \text{ D 正确;}$$

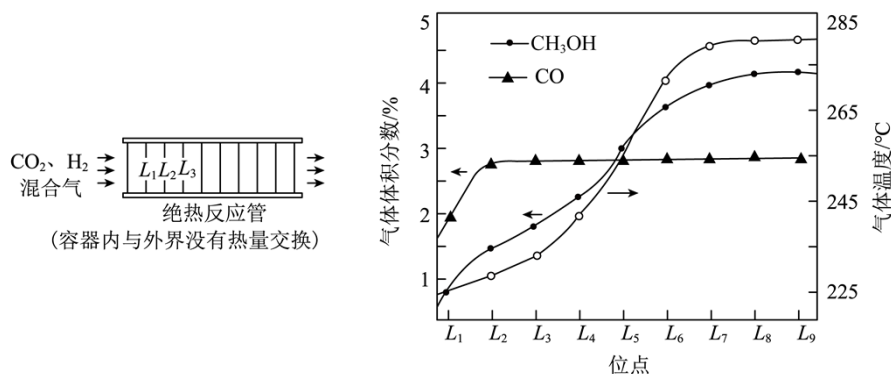
故选 D。

13. 二氧化碳加氢制甲醇的过程中的主要反应(忽略其他副反应)为:



225°C、 8×10^6 Pa 下，将一定比例 CO_2 、 H_2 混合气匀速通过装有催化剂的绝热反应管。装置及 L_1 、

L_2 、 L_3 ...位点处(相邻位点距离相同)的气体温度、CO 和 CH_3OH 的体积分数如图所示。下列说法正确的是



- A. L_4 处与 L_5 处反应①的平衡常数 K 相等
- B. 反应②的焓变 $\Delta H_2 > 0$
- C. L_6 处的 H_2O 的体积分数大于 L_5 处
- D. 混合气从起始到通过 L_1 处，CO 的生成速率小于 CH_3OH 的生成速率

【答案】C

【解析】

【详解】A. L_4 处与 L_5 处的温度不同，故反应①的平衡常数 K 不相等，A 错误；

B. 由图像可知， L_1 - L_3 温度在升高，该装置为绝热装置，反应①为吸热反应，所以反应②为放热反应， $\Delta H_2 < 0$ ，B 错误；

C. 从 L_5 到 L_6 ，甲醇的体积分数逐渐增加，说明反应②在向右进行，反应②消耗 CO，而 CO 体积分数没有明显变化，说明反应①也在向右进行，反应①为气体分子数不变的反应，其向右进行时， $n(\text{H}_2\text{O})$ 增大，反应②为气体分子数减小的反应，且没有 H_2O 的消耗与生成，故 n 总减小而 $n(\text{H}_2\text{O})$ 增加，即 H_2O 的体积分数会增大，故 L_6 处的 H_2O 的体积分数大于 L_5 处，C 正确；

D. L_1 处 CO 的体积分数大于 CH_3OH ，说明生成的 CO 的物质的量大于 CH_3OH ，两者反应时间相同，说明 CO 的生成速率大于 CH_3OH 的生成速率，D 错误；

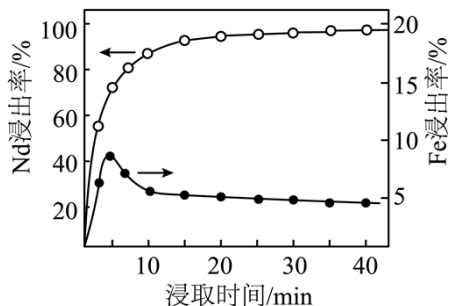
故选 C。

二、非选择题：共 4 题，共 61 分。

14. 回收磁性合金钕铁硼($\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$)可制备半导体材料铁酸钕和光学材料氧化钕。

(1) 钕铁硼在空气中焙烧转化为 Nd_2O_3 、 Fe_2O_3 等(忽略硼的化合物)，用 $0.4\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸酸浸后过滤得

到 NdCl_3 溶液和含铁滤渣。Nd、Fe 浸出率($\frac{\text{浸出液中某元素的物质的量}}{\text{某元素的总物质的量}} \times 100\%$)随浸取时间变化如图所示。

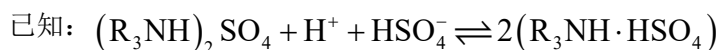
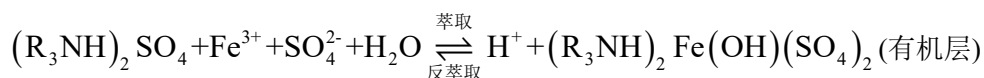


①含铁滤渣的主要成分为_____ (填化学式)。

②浸出初期 Fe 浸出率先上升后下降的原因是_____。

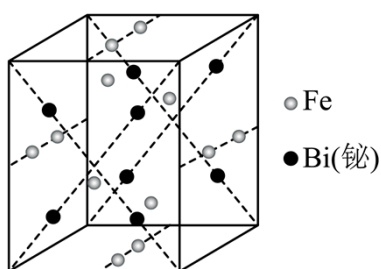
(2) 含铁滤渣用硫酸溶解, 经萃取、反萃取提纯后, 用于制备铁酸铋。

①用含有机胺(R_3N)的有机溶剂作为萃取剂提纯一定浓度的 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液, 原理为:



其他条件不变, 水层初始 pH 在 0.2~0.8 范围内, 随水层 pH 增大, 有机层中 Fe 元素含量迅速增多的原因是_____。

②反萃取后, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 经转化可得到铁酸铋。铁酸铋晶胞如图所示(图中有 4 个 Fe 原子位于晶胞体对角线上, O 原子未画出), 其中原子数目比 $N(\text{Fe}):N(\text{Bi}) =$ _____。

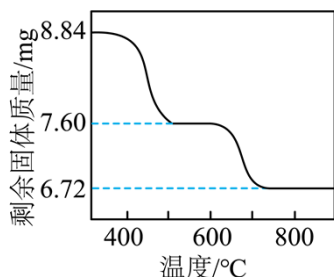


(3) 净化后的 NdCl_3 溶液通过沉铈、焙烧得到 Nd_2O_3 。

①向 NdCl_3 溶液中加入 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 溶液, Nd^{3+} 可转化为 $\text{Nd}(\text{OH})\text{CO}_3$ 沉淀。该反应的离子方程式为_____。

②将 8.84mg $\text{Nd}(\text{OH})\text{CO}_3$ (摩尔质量为 $221\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$) 在氮气氛围中焙烧, 剩余固体质量随温度变化曲线如图所示。550~600°C 时, 所得固体产物可表示为 $\text{Nd}_a\text{O}_b(\text{CO}_3)_c$, 通过以上实验数据确定该产物中

$n(\text{Nd}^{3+}):n(\text{CO}_3^{2-})$ 的比值_____ (写出计算过程)。



【答案】(1) ①. $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ②. 浸出初期, $c(\text{H}^+)$ 较大, 铁的浸出率较大, 约 5min 后, 溶液酸性减

弱, Fe^{3+} 水解生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 进入滤渣

(2) ①. 随水层 pH 增大, H^+ 的浓度减小,

$(\text{R}_3\text{NH})_2\text{SO}_4 + \text{Fe}^{3+} + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} \xrightleftharpoons[\text{反萃取}]{\text{萃取}} \text{H}^+ + (\text{R}_3\text{NH})_2\text{Fe}(\text{OH})(\text{SO}_4)_2$ 的化学平衡向正反应方向移动,

$(\text{R}_3\text{NH})_2\text{SO}_4 + \text{H}^+ + \text{HSO}_4^- \rightleftharpoons 2(\text{R}_3\text{NH}\cdot\text{HSO}_4)$ 的化学平衡逆向移动, 该平衡逆向移动引起

$(\text{R}_3\text{NH})_2\text{SO}_4$ 浓度的增大, 进一步促进萃取平衡向萃取方向移动, 导致 $(\text{R}_3\text{NH})_2\text{Fe}(\text{OH})(\text{SO}_4)_2$ 的浓度

增大, 因此, 有机层中 Fe 元素含量迅速增多 ②. 2:1

(3) ①. $2\text{Nd}^{3+} + 3\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{Nd}(\text{OH})\text{CO}_3 \downarrow + \text{CO}_2 \uparrow$ ②. 2:1

【解析】

【小问 1 详解】

①钕铁硼在空气中焙烧后得到的 Nd_2O_3 、 Fe_2O_3 均可溶于盐酸, 得到含有 NdCl_3 和 FeCl_3 的溶液。由图中信息可知, Nd 的浸出率逐渐增大, 而 Fe 的浸出率先增大后逐渐减小, 说明随着 Nd 的浸出率增大, 稀盐酸中的 H^+ 的浓度逐渐减小, pH 逐渐增大导致 Fe^{3+} 水解生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀, 因此, 含铁滤渣的主要成分为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 。

②由①中分析可知, 浸出初期 Fe 浸出率先上升后下降的原因是: 浸出初期, Fe_2O_3 溶解, Fe 的浸出率增大, 约 5min 随着 Nd 的浸出率增大, 稀盐酸中的 H^+ 的浓度逐渐减小, pH 逐渐增大导致 Fe^{3+} 水解生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 进入滤渣, Fe 的浸出率又减小。

【小问 2 详解】

①减小生成物浓度, 化学平衡向正反应方向移动, 因此, 其他条件不变, 水层初始 pH 在 0.2~0.8 范围内, 随水层 pH 增大, H^+ 的浓度减小,

$(\text{R}_3\text{NH})_2\text{SO}_4 + \text{Fe}^{3+} + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} \xrightleftharpoons[\text{反萃取}]{\text{萃取}} \text{H}^+ + (\text{R}_3\text{NH})_2\text{Fe}(\text{OH})(\text{SO}_4)_2$ 的化学平衡向正反应方向移

动，又 H^+ 的浓度减小使平衡 $(\text{R}_3\text{NH})_2\text{SO}_4 + \text{H}^+ + \text{HSO}_4^- \rightleftharpoons 2(\text{R}_3\text{NH}\cdot\text{HSO}_4)$ 逆向移动，引起 $(\text{R}_3\text{NH})_2\text{SO}_4$ 浓度的增大，进一步促进平衡

$(\text{R}_3\text{NH})_2\text{SO}_4 + \text{Fe}^{3+} + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} \xrightleftharpoons[\text{反萃取}]{\text{萃取}} \text{H}^+ + (\text{R}_3\text{NH})_2\text{Fe}(\text{OH})(\text{SO}_4)_2$ 向萃取方向移动，导致 $(\text{R}_3\text{NH})_2\text{Fe}(\text{OH})(\text{SO}_4)_2$ 的浓度增大，因此，有机层中 Fe 元素含量迅速增多。

②由铁酸铋晶胞结构示意图可知，晶胞中体内有 4 个 Fe 原子，面上有 8 个 Fe 原子，根据均摊法可知，Fe 原子的数目为 $4 \times 1 + 8 \times \frac{1}{2} = 8$ ；Bi 原子全部在晶胞的面上，共有 $8 \times \frac{1}{2} = 4$ ，因此，其中原子数目比 $\text{N}(\text{Fe}) : \text{N}(\text{Bi}) = 2:1$ 。

【小问 3 详解】

①向 NdCl_3 溶液中加入 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 溶液， Nd^{3+} 和 CO_3^{2-} 相互促进对方水解生成 $\text{Nd}(\text{OH})\text{CO}_3$ 沉淀和 CO_2 ，该反应的离子方程式为 $2\text{Nd}^{3+} + 3\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{Nd}(\text{OH})\text{CO}_3 \downarrow + \text{CO}_2 \uparrow$ 。

②8.84mg $\text{Nd}(\text{OH})\text{CO}_3$ 的物质的量为 $\frac{8.84 \times 10^{-3} \text{g}}{221 \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 4 \times 10^{-5} \text{mol}$ ，其在氮气氛围中焙烧后，金属元素

的质量和化合价均保持不变，因此， $n(\text{Nd}^{3+}) = 4 \times 10^{-5} \text{mol}$ ；550 ~ 600°C 时剩余固体的质量为

7.60mg，固体减少的质量为 1.24mg，由于碱式盐在受热分解时易变为正盐，氢氧化物分解得到氧化物和

H_2O ，碳酸盐分解得到氧化物和 CO_2 ，因此，可以推测固体变为 $\text{Nd}_a\text{O}_b(\text{CO}_3)_c$ 时失去的质量是生成

H_2O 和 CO_2 的质量；根据 H 元素守恒可知，固体分解时生成 H_2O 的质量为

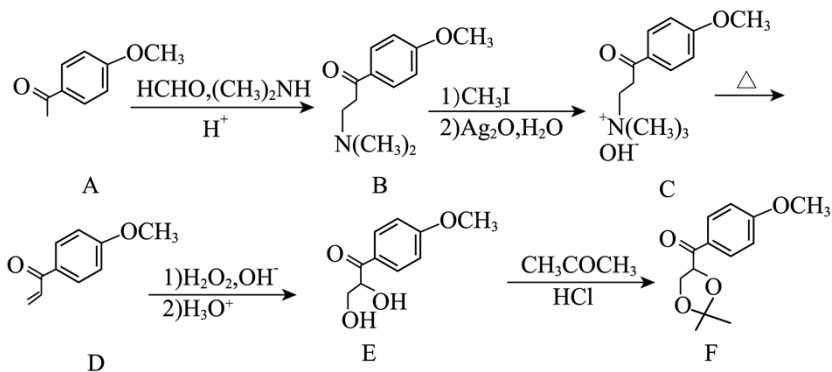
$4 \times 10^{-5} \text{mol} \times \frac{1}{2} \times 18 \times 10^3 \text{mg} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.36 \text{mg}$ ，则生成 CO_2 的质量为 $1.24 \text{mg} - 0.36 \text{mg} = 0.88 \text{mg}$ ，则生

成 CO_2 的物质的量为 $\frac{0.88 \text{mg}}{44 \times 10^3 \text{mg} \cdot \text{mol}^{-1}} = 2 \times 10^{-5} \text{mol}$ ，由 C 元素守恒可知，分解后剩余的 CO_3^{2-} 的物质

量为 $4 \times 10^{-5} \text{mol} - 2 \times 10^{-5} \text{mol} = 2 \times 10^{-5} \text{mol}$ ，因此可以确定该产物中 $n(\text{Nd}^{3+}) : n(\text{CO}_3^{2-})$ 的比值为

$$\frac{4 \times 10^{-5} \text{mol}}{2 \times 10^{-5} \text{mol}} = 2:1。$$

15. F 是合成含松柏基化合物的中间体，其合成路线如下：



- (1) A 分子中的含氧官能团名称为醚键和_____。
- (2) A → B 中有副产物 $C_{15}H_{24}N_2O_2$ 生成，该副产物的结构简式为_____。
- (3) C → D 的反应类型为_____；C 转化为 D 时还生成 H_2O 和_____ (填结构简式)。
- (4) 写出同时满足下列条件的 F 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 X、Y 和 Z 三种有机产物。X 分子中含有一个手性碳原子；Y 和 Z 分子中均有 2 种不同化学环境的氢原子，Y 能与 $FeCl_3$ 溶液发生显色反应，Z 不能被银氨溶液氧化。

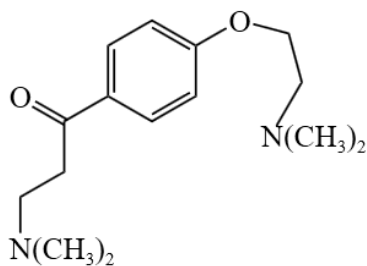
- (5) 已知： $HSCH_2CH_2SH$ 与 $HOCH_2CH_2OH$ 性质相似。写出以 、、

$HSCH_2CH_2SH$ 和 $HCHO$ 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)

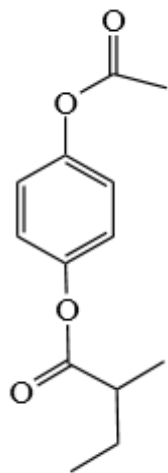
【答案】(1) 羰基

(2)

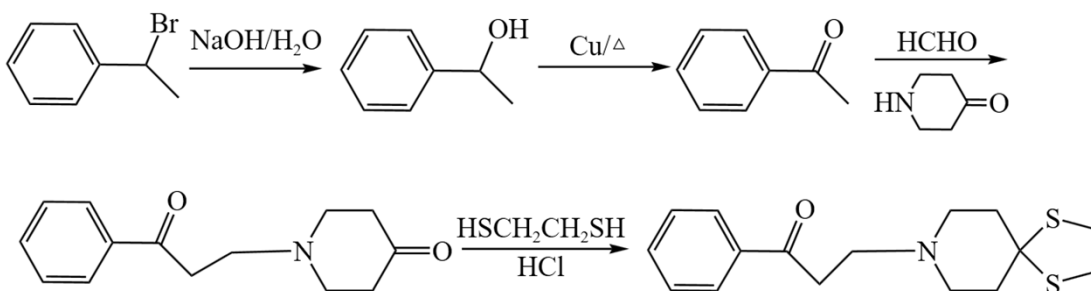


- (3) ①. 消去反应 ②. $N(CH_3)_3$

(4)



(5)



【解析】

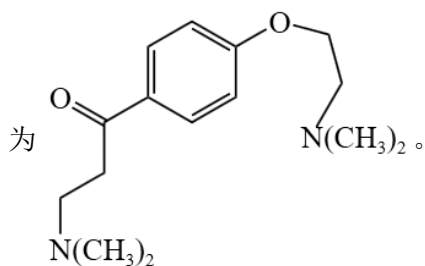
【分析】 A 中羰基相连的甲基发生加成反应，得到的羟基与 $(\text{CH}_3)_2\text{NH}$ 发生取代反应，得到物质 B，B 中 N 原子在 CH_3I 和 Ag_2O 、 H_2O 的先后作用下，引入一个 CH_3 ，得到物质 C；C 受热发生消去反应， $^+\text{N}(\text{CH}_3)_3$ 同 OH^- 与相邻 C 上的 H 发生消去反应生成 H_2O 和 $\text{N}(\text{CH}_3)_3$ ，生成碳碳双键得到物质 D，D 的碳碳双键在 H_2O_2 的碱溶液作用下发生反应，后再酸化引入两个羟基则得到物质 E，两个羟基与 CH_3COCH_3 在 HCl 环境中脱去 H_2O 得到物质 F。

【小问 1 详解】

根据题中 A 分子的结构可知，其含氧官能团有醚键和羰基。

【小问 2 详解】

A 生成 B 的过程是甲醛与 A 中羰基相连的甲基发生加成反应，得到的羟基与 $(\text{CH}_3)_2\text{NH}$ 发生取代反应，结合副产物的分子式 $\text{C}_{15}\text{H}_{24}\text{N}_2\text{O}_2$ ，可推断该副产物是一分子 A 结合了两分子的 HCHO 和 $(\text{CH}_3)_2\text{NH}$ ，结构简式

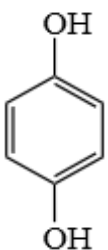


【小问 3 详解】

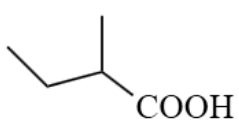
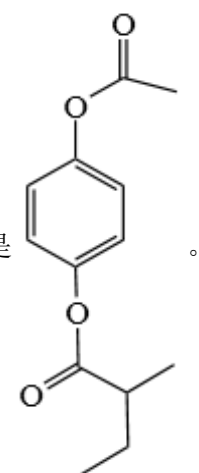
据分析，C → D 的反应类型为消去反应；C 转化为 D 时还生成 H_2O 和 $N(CH_3)_3$ 。

【小问 4 详解】

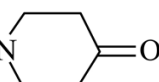
由题中 F 的结构简式可知其分子式是 $C_{13}H_{16}O_4$ ，其不饱和度为 6，其芳香族同分异构体在碱性条件下水解后酸化，生成 X、Y 和 Z 三种有机产物，推断该同分异构体中含有两个酯基。X 分子中含有一个手性碳原子，则有一个碳原子连接着四种互不相同的原子或原子团；Y 和 Z 分子中均有 2 种不同化学环境的氢原子，Y

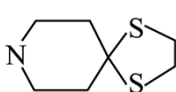
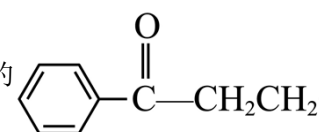
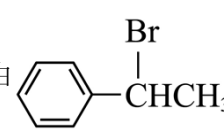
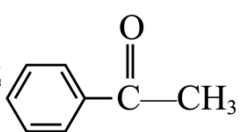
能与 $FeCl_3$ 溶液发生显色反应，则 Y 含有酚羟基，推断 Y 的结构简式是 ，Z 不能被银氨溶液氧化，

则 Z 不含醛基，推断 Z 的结构简式是 CH_3COOH ；则 X 分子中共含有 5 个 C 原子，其中有 $-COOH$ ，则推断

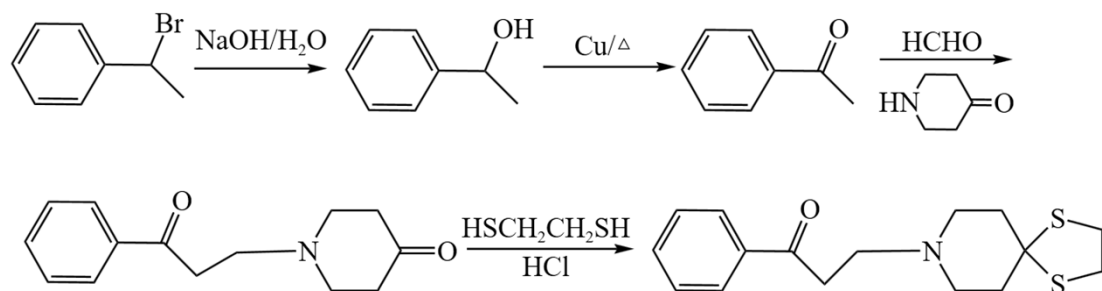
其结构简式是 ；综上所述，该芳香族同分异构体的一种结构简式是 。

【小问 5 详解】

结合物质 E 生成 F 的结构变化可推断 HN  与 $HSCH_2CH_2SH$ 反应可生成目标产物的

 部分；产物的  部分可由  生成 

后与 $HCHO$ 反应增长碳链得到，故设计合成路线：



16. 贵金属银应用广泛。Ag 与稀 HNO_3 制得 AgNO_3 ，常用于循环处理高氯废水。

(1) 沉淀 Cl^- 。在高氯水样中加入 K_2CrO_4 使 CrO_4^{2-} 浓度约为 $5 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，当滴加 AgNO_3 溶液至开始产生 Ag_2CrO_4 沉淀(忽略滴加过程的体积增加)，此时溶液中 Cl^- 浓度约为_____ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。[已知：

$K_{\text{sp}}(\text{AgCl}) = 1.8 \times 10^{-10}$ ， $K_{\text{sp}}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4) = 2.0 \times 10^{-12}$]

(2) 还原 AgCl 。在 AgCl 沉淀中埋入铁圈并压实，加入足量 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸后静置，充分反应得到 Ag。

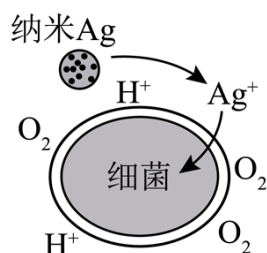
①铁将 AgCl 转化为单质 Ag 的化学方程式为_____。

②不与铁圈直接接触的 AgCl 也能转化为 Ag 的原因是_____。

③为判断 AgCl 是否完全转化，补充完整实验方案：取出铁圈，搅拌均匀，取少量混合物过滤，

_____ [实验中必须使用的试剂和设备：稀 HNO_3 、 AgNO_3 溶液，通风设备]

(3) Ag 的抗菌性能。纳米 Ag 表面能产生 Ag^+ 杀死细菌(如图所示)，其抗菌性能受溶解氧浓度影响。



①纳米 Ag 溶解产生 Ag^+ 的离子方程式为_____。

②实验表明溶解氧浓度过高，纳米 Ag 的抗菌性能下降，主要原因是_____。

【答案】 (1) 9×10^{-6}

(2) ①. $\text{Fe} + \text{AgCl} + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_3 + \text{Ag} + \text{H}_2 \uparrow$ ②. 形成了以 Fe 为负极，AgCl 为正极，盐酸为电解质溶液的原电池，正极 AgCl 得到电子，电极反应式为 $\text{AgCl} + \text{e}^- = \text{Ag} + \text{Cl}^-$ ，生成 Ag ③. 洗涤，向最后一次洗涤液中滴加硝酸银溶液，确保氯离子洗净，开启通风设备，向滤渣中加入足量稀 HNO_3 ，搅拌，若固体完全溶解，则 AgCl 完全转化，若固体未完全溶解，则 AgCl 未完全转化

(3) ①. $4\text{Ag} + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ = 4\text{Ag}^+ + 2\text{H}_2\text{O}$ ②. 纳米 Ag 与氧气生成 Ag_2O ，使得 Ag^+ 浓度下降

【解析】

【小问 1 详解】

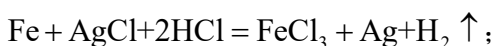
CrO_4^{2-} 浓度约为 $5 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，当滴加 AgNO_3 溶液至开始产生 Ag_2CrO_4 沉淀，此时

$$c(\text{Ag}^+) = \sqrt{\frac{K_{\text{sp}}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4)}{c(\text{CrO}_4^{2-})}} = \sqrt{\frac{2.0 \times 10^{-12}}{5 \times 10^{-3}}} \text{ mol/L} = 2 \times 10^{-5} \text{ mol/L},$$

$$c(\text{Cl}^-) = \frac{K_{\text{sp}}(\text{AgCl})}{c(\text{Ag}^+)} = \left(\frac{1.8 \times 10^{-10}}{2 \times 10^{-5}} \right) \text{ mol/L} = 9 \times 10^{-6} \text{ mol/L};$$

【小问 2 详解】

①在足量 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸中静置，铁将 AgCl 转化为单质 Ag ，反应的化学方程式为：



②不与铁圈直接接触的 AgCl 也能转化为 Ag ，是因为形成了以 Fe 为负极， AgCl 为正极，盐酸为电解质溶液的原电池，正极 AgCl 得到电子，电极反应式为 $\text{AgCl} + \text{e}^- = \text{Ag} + \text{Cl}^-$ ，生成 Ag ；

③判断 AgCl 是否完全转化，即检验混合物中是否含有 AgCl ，若 AgCl 完全转化，则剩余固体全部为银，可完全溶于稀硝酸，若 AgCl 未完全转化，剩余 AgCl 不能溶于稀硝酸，则可用稀硝酸检验，稀硝酸参与反应可能会产生氮氧化物，反应需在通风设备中进行，反应后的溶液中存在氯离子，若未将滤渣洗净，氯离子会干扰实验，所以首先需要检验氯离子是否洗净，实验方案为：取出铁圈，搅拌均匀，取少量混合物过滤，洗涤，向最后一次洗涤液中滴加 AgNO_3 溶液，确保氯离子洗净，打开通风设备，向洗涤干净的滤渣中加入足量稀 HNO_3 ，搅拌，若固体完全溶解，则 AgCl 完全转化，若固体未完全溶解，则 AgCl 未完全转化；

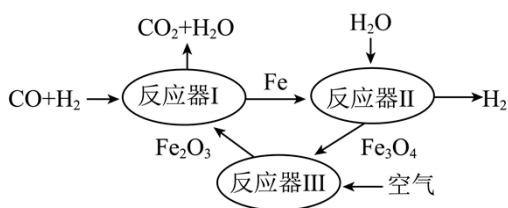
【小问 3 详解】

①纳米 Ag 溶解时被氧化为 Ag^+ ，离子方程式为： $4\text{Ag} + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ = 4\text{Ag}^+ + 2\text{H}_2\text{O}$ ；

②溶解氧浓度过高，纳米 Ag 与氧气生成 Ag_2O ，使得 Ag^+ 浓度下降，抗菌性能下降。

17. 氢能是理想清洁能源，氢能产业链由制氢、储氢和用氢组成。

(1) 利用铁及其氧化物循环制氢，原理如图所示。反应器 I 中化合价发生改变的元素有_____；含 CO 和 H_2 各 1 mol 的混合气体通过该方法制氢，理论上可获得_____ mol H_2 。

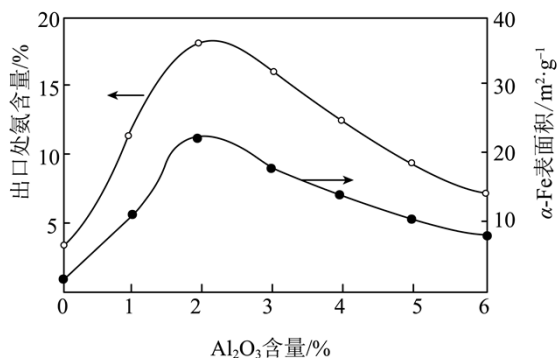


(2) 一定条件下，将氮气和氢气按 $n(\text{N}_2):n(\text{H}_2)=1:3$ 混合匀速通入合成塔，发生反应

$N_2 + 3H_2 \xrightleftharpoons[\text{高温、高压}]{\alpha\text{-Fe}/Al_2O_3} 2NH_3$ 。海绵状的 $\alpha\text{-Fe}$ 作催化剂，多孔 Al_2O_3 作为 $\alpha\text{-Fe}$ 的“骨架”和气体吸附剂。

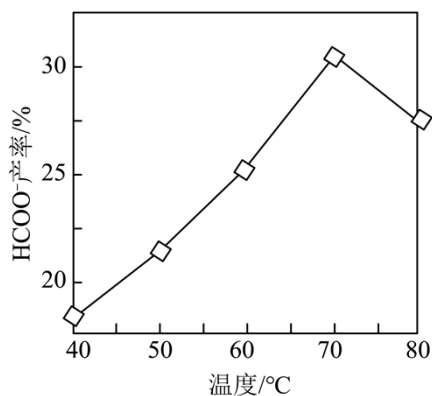
① H_2 中含有 CO 会使催化剂中毒。 $CH_3COO[Cu(NH_3)_2]$ 和氨水的混合溶液能吸收 CO 生成 $CH_3COO[Cu(NH_3)_3CO]$ 溶液，该反应的化学方程式为_____。

② Al_2O_3 含量与 $\alpha\text{-Fe}$ 表面积、出口处氨含量关系如图所示。 Al_2O_3 含量大于 2%，出口处氨含量下降的原因是_____。

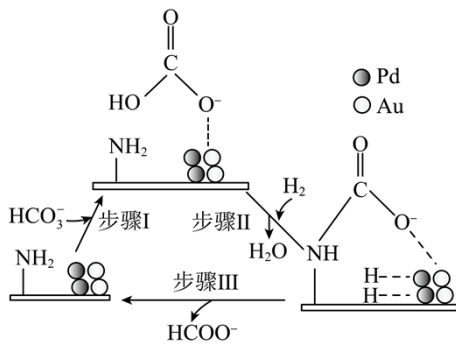


(3) 反应 $H_2 + HCO_3^- \xrightleftharpoons{\text{催化剂}} HCOO^- + H_2O$ 可用于储氢。

① 密闭容器中，其他条件不变，向含有催化剂的 $0.1 \text{ mol} \cdot L^{-1} NaHCO_3$ 溶液中通入 H_2 ， $HCOO^-$ 产率随温度变化如图所示。温度高于 $70^\circ C$ ， $HCOO^-$ 产率下降的可能原因是_____。



② 使用含氨基物质(化学式为 $CN-NH_2$ ， CN 是一种碳衍生材料)联合 $Pd\text{-}Au$ 催化剂储氢，可能机理如图所示。氨基能将 HCO_3^- 控制在催化剂表面，其原理是_____；用重氢气(D_2)代替 H_2 ，通过检测是否存在_____ (填化学式)确认反应过程中的加氢方式。



【答案】(1) ①. C、H、Fe ②. $\frac{16}{9}$

(2) ①. $\text{CH}_3\text{COO}[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2] + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CO} = \text{CH}_3\text{COO}[\text{Cu}(\text{NH}_3)_3\text{CO}] + \text{H}_2\text{O}$ ②. 多孔 Al_2O_3 可作为气体吸附剂, 含量过多会吸附生成的 NH_3 , Al_2O_3 含量大于 2% 时, $\alpha\text{-Fe}$ 表面积减小, 反应速率减小, 产生 NH_3 减少。

(3) ①. NaHCO_3 受热分解, 导致 HCOO^- 产率下降 ②. $-\text{NH}_2$ 可以与 HCO_3^- 形成氢键 ③. HDO

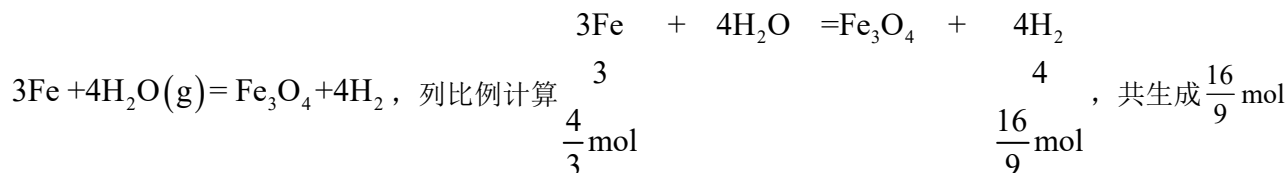
【解析】

【小问 1 详解】

① 反应器 I 中参与反应的物质有 CO 、 H_2 、 Fe_2O_3 , 产物有 CO_2 、 H_2O 、 Fe , 发生反应

$3\text{CO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$ 、 $3\text{H}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 2\text{Fe} + 3\text{H}_2\text{O}$ 化合价发生改变的元素有 C、H、Fe。

② CO 、 H_2 各 1 mol 参与上述反应, 各生成 $\frac{2}{3}$ mol Fe, 共生成 $\frac{4}{3}$ mol Fe, $\frac{4}{3}$ mol Fe 在反应器 II 中发生反应



H_2 。

【小问 2 详解】

① 根据题给反应物及生成物书写即可。② 多孔 Al_2O_3 可作为气体吸附剂, 含量过多会吸附生成的 NH_3 , Al_2O_3 含量大于 2% 时, $\alpha\text{-Fe}$ 表面积减小, 反应速率减小, 这也会导致产生的 NH_3 减少。

【小问 3 详解】

① NaHCO_3 受热易分解, 导致 HCOO^- 产率下降。② 氨基中的 H 原子连在电负性较大的 N 原子上, HCO_3^- 中的 H 原子连在电负性较大的 O 原子上, 二者之间可以形成氢键 $\text{N}-\text{H}\cdots\text{O}$ 、 $\text{N}\cdots\text{H}-\text{O}$ ③ 总反应为 $\text{H}_2 + \text{HCO}_3^- = \text{H}_2\text{O} + \text{HCOO}^-$, 用 D_2 代替 H_2 , 若生成 HDO , 则可确认反应过程中的加氢方式。