

机密★启用前

河南省 2025 年普通高中学业水平选择性考试

化学

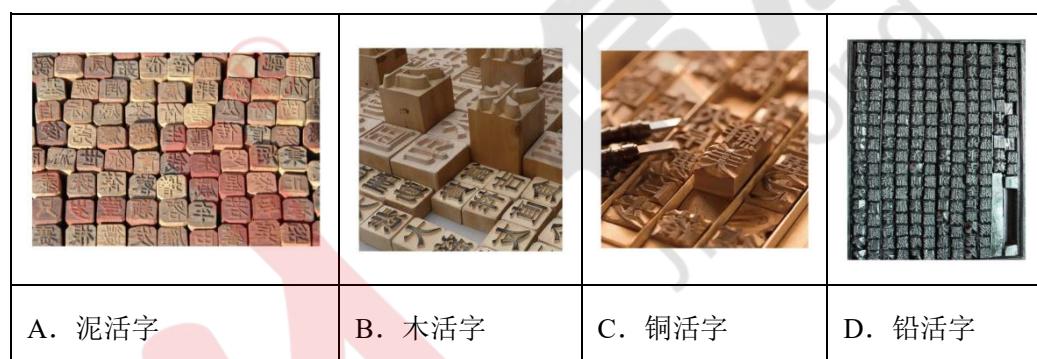
注意事项:

1. 答卷前, 考生务必将自己的姓名、考生号等填写在试卷、答题卡上。
2. 回答选择题时, 选出每小题答案后, 用 2B 铅笔把答题卡上对应题目的答案标号涂黑。如需改动, 用橡皮擦干净后, 再选涂其他答案标号。回答非选择题时, 将答案写在答题卡上。写在本试卷上无效。
3. 考试结束后, 将本试卷和答题卡一并交回。

可能用到的相对原子质量: H1 Li7 C12 N14 O16 Na23 S32 Cl35.5 Fe56 Br80

一、选择题: 本题共 14 小题, 每小题 3 分, 共 42 分。在每小题给出的四个选项中, 只有一项是符合题目要求。

1. 活字印刷术极大地促进了世界文化的交流, 推动了人类文明的进步。下列“活字”字坯的主要成分为硅酸盐的是



A. A

B. B

C. C

D. D

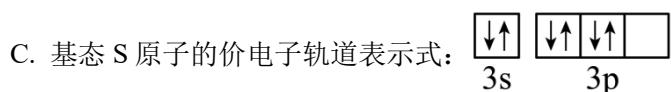
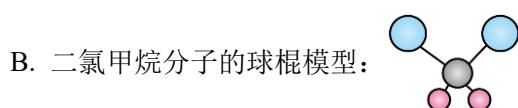
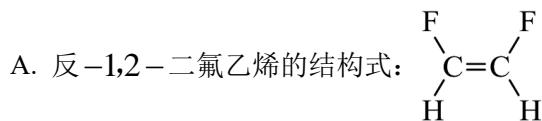
【答案】A

【解析】

- 【详解】**A. 泥活字的主要材料是粘土, 粘土的主要成分是硅酸盐, A 正确;
- B. 木活字主要成分是纤维素, B 错误;
- C. 铜活字是铜合金, 主要成分是铜, C 错误;
- D. 铅活字主要成分是铅, D 错误;

故选 A。

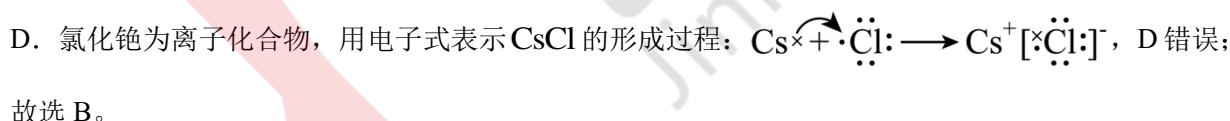
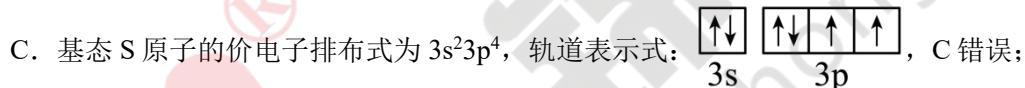
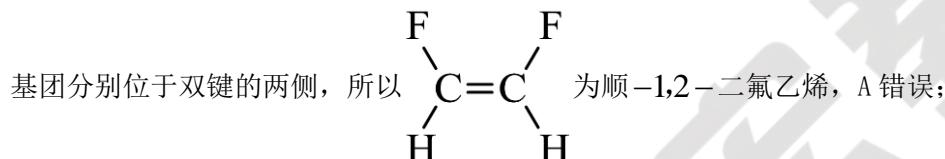
2. 下列化学用语或图示正确的是



【答案】B

【解析】

【详解】A. 顺式结构中，两个相同的原子或基团位于双键的同一侧；而反式结构中，两个相同的原子或



3. 下列图示中，实验操作或方法符合规范的是

A. 溶解氯化钠固体	B. 量取 20.00mL 草酸溶液	C. 收集二氧化碳气体	D. 观察钠与水的反应

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】B**【解析】**

【详解】A. 溶解氯化钠固体应该在烧杯中进行,为了加快溶解,可用玻璃棒搅拌,不能在试管中溶解,

A 错误;

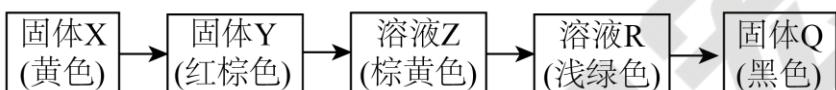
B. 滴定管能精确到两位小数,量取 20.00mL 草酸溶液,要选择酸式滴定管,实验操作符合规范, B 正确;

C. 收集二氧化碳可用向上排空气法,但不能用瓶塞塞紧集气瓶,这样空气排不出去,而且易发生爆炸, C 错误;

D. 钠与水的反应比较剧烈,而且产生的氢氧化钠有腐蚀性,不能把眼睛凑上去观察, D 错误;

故选 B

4. X 是自然界中一种常见矿物的主要成分,可以通过如图所示的四步反应转化为 Q(略去部分参与反应的物质和反应条件)。已知 X 和 Q 的组成元素相同。



下列说法错误的是

A. Y 常用作油漆、涂料等的红色颜料

B. 溶液 Z 加热煮沸后颜色会发生变化

C. R → Q 反应需要在强酸性条件下进行

D. Q 可以通过单质间化合反应制备

【答案】C**【解析】**

【分析】X 是自然界中一种常见矿物的主要成分,根据溶液 Z、R、Q 的颜色可知 X 中含有铁元素,根据固体颜色可知 X 是 FeS₂, Y 是 Fe₂O₃, 溶液中 Z 含有 Fe³⁺、溶液 R 中含有 Fe²⁺, Q 是 FeS。

【详解】A. Fe₂O₃ 可用作油漆、涂料等的红色颜料, A 正确;

B. 含有 Fe³⁺ 的溶液加热转化为 Fe(OH)₃ 胶体,溶液颜色发生变化, B 正确;

C. FeS 可溶于酸,所以 R → Q 反应不能在酸性溶液中进行, C 错误;

D. 在加热条件下 Fe 和 S 化合生成 FeS, D 正确;

答案选 C。

5. 对于下列过程中发生的化学反应。相应离子方程式正确的是

A. 磷酸二氢钠水解: H₂PO₄⁻ + H₂O ⇌ H₃PO₄ + OH⁻

- B. 用稀盐酸浸泡氧化银: $\text{Ag}_2\text{O} + 2\text{H}^+ = 2\text{Ag}^+ + \text{H}_2\text{O}$
- C. 向次氯酸钠溶液中加入碘化氢溶液: $\text{ClO}^- + \text{H}^+ = \text{HClO}$
- D. 向硫酸氢钠溶液中滴加少量碳酸氢钡溶液: $\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + \text{Ba}^{2+} + \text{HCO}_3^- = \text{BaSO}_4 \downarrow + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

【答案】A

【解析】

- 【详解】**A. 磷酸二氢钠水解产生 OH^- , 离子方程式为 $\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{OH}^-$, A 正确;
- B. 用稀盐酸浸泡氧化银生成 AgCl 沉淀, 离子方程式为 $\text{Ag}_2\text{O} + 2\text{H}^+ + 2\text{Cl}^- = 2\text{AgCl} + \text{H}_2\text{O}$, B 错误;
- C. 向次氯酸钠溶液中加入碘化氢溶液发生氧化还原反应, 离子方程式为 $\text{ClO}^- + 2\text{I}^- + 2\text{H}^+ = \text{I}_2 + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$, C 错误;
- D. 向硫酸氢钠溶液中滴加少量碳酸氢钡溶液, 反应的离子方程式为 $2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + \text{Ba}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{CO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$, D 错误;

答案选 A。

6. 我国科研人员合成了一种深紫外双折射晶体材料, 其由原子序数依次增大的五种短周期元素

Q、W、X、Y 和 Z 组成。基态 X 原子的 s 轨道中电子总数比 p 轨道中电子数多 1, X 所在族的族序数等于 Q 的质子数, 基态 Y 和 Z 原子的原子核外均只有 1 个未成对电子, 且二者核电荷数之和为 Q 的 4 倍。下列说法正确的是

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------------|
| A. QY_3 为极性分子 | B. ZY 为共价晶体 |
| C. 原子半径: $\text{W} > \text{Z}$ | D. 1 个 X_2 分子中有 2 个 π 键 |

【答案】D

【解析】

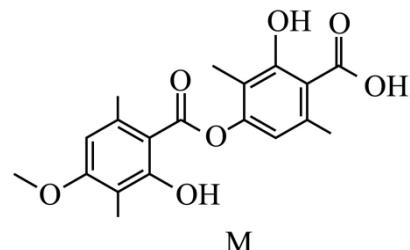
【分析】Q、W、X、Y 和 Z 为原子序数依次增大的短周期元素, 基态 X 原子的 s 轨道中电子总数比 P 轨道中电子数多 1, X 是 N; X 所在族的族序数等于 Q 的质子数, Q 是 B, 所以 W 是 C; 基态 Y 和 Z 原子的原子核外均只有 1 个未成对电子, 且二者核电荷数之和为 Q 的 4 倍, 即质子数之和为 20, 所以 Y 是 F, Z 是 Na。

- 【详解】**A. BF_3 为平面正三角形结构, 结构对称, 属于非极性分子, A 错误;
- B. NaF 是离子晶体, B 错误;
- C. 同周期自左向右原子半径逐渐减小, 同主族从上到下原子半径逐渐增大, 则原子半径 $\text{C} < \text{Li} < \text{Na}$, C 错误;

D. N_2 分子中含有三键，所以含有2个 π 键，D正确；

答案选D。

7. 化合物M是从红树林真菌代谢物中分离得到的一种天然产物，其结构如图所示。下列有关M的说法正确的是



- A. 分子中所有的原子可能共平面
- B. $1molM$ 最多能消耗 $4molNaOH$
- C. 既能发生取代反应，又能发生加成反应
- D. 能形成分子间氢键，但不能形成分子内氢键

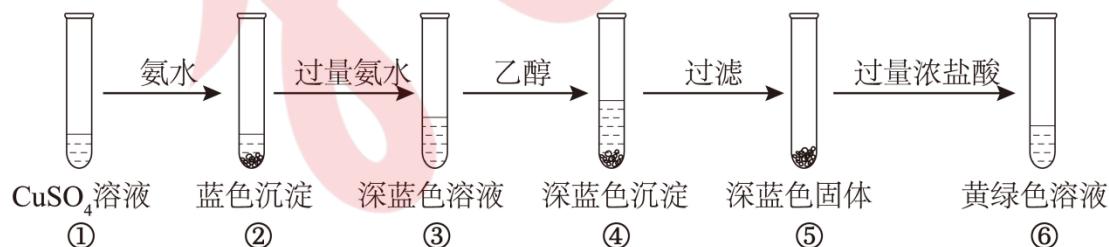
【答案】C

【解析】

- 【详解】**A. 该分子中存在 $-CH_3$ ，因此不可能所有原子共面，故A项错误；
 B. 该分子中能与 $NaOH$ 反应的官能团为2个酚羟基、酯基(1个普通酯基、1个酚酯基)、1个羧基，除酚羟基形成的酯基外，其余官能团消耗 $NaOH$ 的比例均为1:1，因此 $1molM$ 最多能消耗 $5molNaOH$ ，故B项错误；
 C. M中存在羟基、羧基等，能够发生取代反应，存在苯环结构，因此能发生加成反应，故C项正确；
 D. M中存在羟基、羧基，能形成分子间氢键，由于存在羟基与羧基相邻的结构，因此也能形成分子内氢键，故D项错误；

综上所述，说法正确的是C项。

8. 某同学设计以下实验，探究简单配合物的形成和转化。



下列说法错误的是

- A. ②中沉淀与④中沉淀不是同一种物质
- B. ③中现象说明配体与 Cu^{2+} 的结合能力： $NH_3 > H_2O$

- C. ④中深蓝色物质在乙醇中的溶解度比在水中小
D. 若向⑤中加入稀硫酸，同样可以得到黄绿色溶液

【答案】D

【解析】

【分析】该实验过程中，相关物质转化如下： $\text{CuSO}_4(\text{aq}) \xrightarrow{\text{氨水}} \text{Cu}(\text{OH})_2(\text{s}) \xrightarrow{\text{过量氨水}} [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4(\text{aq}) \xrightarrow{\text{乙醇}} [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4(\text{s}) \xrightarrow{\text{过量浓盐酸}} [\text{CuCl}_4]^{2-}$ 。

- 【详解】**A. ②中沉淀为 $\text{Cu}(\text{OH})_2(\text{s})$ ，④中沉淀为 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4(\text{s})$ ，二者不是同一物质，故A项说法正确；
B. ③中含有的溶质为 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ ， Cu^{2+} 与 NH_3 中N原子形成配位键，而未与 H_2O 中O形成配位键，说明配体结合能力： $\text{NH}_3 > \text{H}_2\text{O}$ ，故B项说法正确；
C. $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ 为离子化合物，属于强极性物质，乙醇属于极性相对低的有机物，向 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ 的水溶液中加入乙醇，扩大了溶质与溶剂的极性差，使得 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ 在水溶液中析出，即 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ 在乙醇中的溶解度小于在水中，故C项说法正确；
D. 由于⑥中溶液呈黄绿色是由于含有 $[\text{CuCl}_4]^{2-}$ ，因此向⑤中加入稀硫酸无法得到黄绿色溶液，故D项说法错误；

综上所述，说法错误的是D项。

9. 自旋交叉化合物在分子开关、信息存储等方面具有潜在的应用价值。某自旋交叉化合物的结构及在氯气气氛下的热重曲线分别如图1和图2所示。该化合物的相对分子质量 $M_r = 870 + 32x$ (x为整数)。

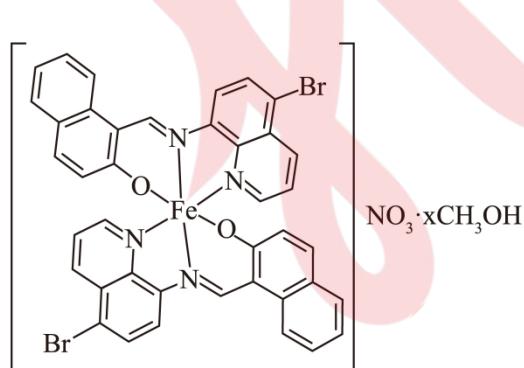
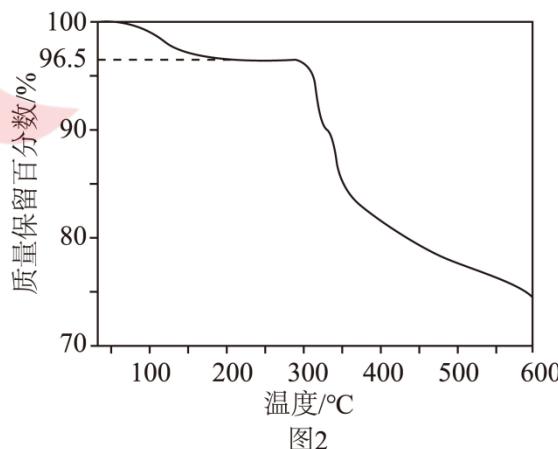


图1



下列说法正确的是

- A. $x = 1$ B. 第一电离能： $\text{C} < \text{N} < \text{O}$

C. 该化合物中不存在离子键

D. 该化合物中配位数与配体个数相等

【答案】A

【解析】

【详解】A. 该化合物在氦气的气氛中加热，先失去 CH₃OH，若 x=1，CH₃OH 的质量分数为

$$\frac{32}{870+32} \times 100\% \approx 3.5\%，结合图像可知，该化合物中 x=1，故 A 项说法正确；$$

B. 同周期元素从左到右，第一电离能呈增大趋势，但 N 原子 2p 轨道为半充满稳定结构，第一电离能：

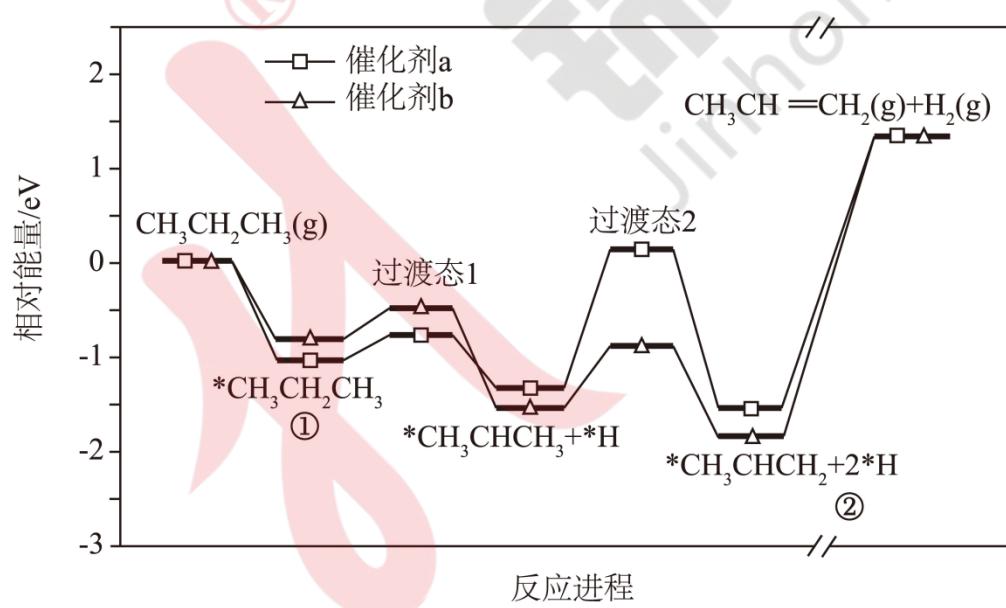
N>O>C，故 B 项说法错误；

C. 该化合物中，配离子与 NO₃⁻ 之间为离子键，故 C 项说法错误；

D. 该化合物中，根据 O、N 原子成键数可知，O-Fe 为共价键，N-Fe 为配位键，配位数为与中心原子或离子键合的原子总数，因此配位数为 6，配体为与中心原子或离子形成配位键的分子或离子个数，因此配体个数为 2，故 D 项说法错误；

综上所述，说法正确的为 A 项。

10. 在催化剂 a 或催化剂 b 作用下，丙烷发生脱氢反应制备丙烯，总反应的化学方程式为



下列说法正确的是

- A. 总反应是放热反应
- B. 两种不同催化剂作用下总反应的化学平衡常数不同
- C. 和催化剂 b 相比，丙烷被催化剂 a 吸附得到的吸附态更稳定

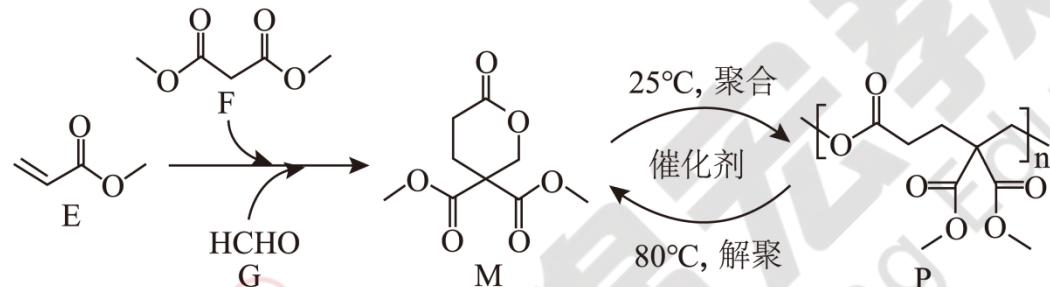
D. ①转化为②的进程中，决速步骤为 $^*\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3 \rightarrow ^*\text{CH}_3\text{CHCH}_3 + ^*\text{H}$

【答案】C

【解析】

- 【详解】**A. 由图可知，生成物能量高，总反应 吸热反应，A 错误；
 B. 平衡常数只和温度有关，与催化剂无关，B 错误；
 C. 由图可知，丙烷被催化剂 a 吸附后能量更低，则被催化剂 a 吸附后得到的吸附态更稳定，C 正确；
 D. 活化能高的反应速率慢，是反应的决速步骤，故决速步骤为 $^*\text{CH}_3\text{CHCH}_3 \rightarrow ^*\text{CH}_3\text{CHCH}_2 + ^*\text{H}$ 或 $^*\text{CH}_3\text{CHCH}_3 + ^*\text{H} \rightarrow ^*\text{CH}_3\text{CHCH}_2 + 2^*\text{H}$ ，D 错误；
 故选 C。

11. 可持续高分子材料在纺织、生物医用等领域具有广阔的应用前景。一种在温和条件下制备高性能可持续聚酯 P 的路线如图所示。



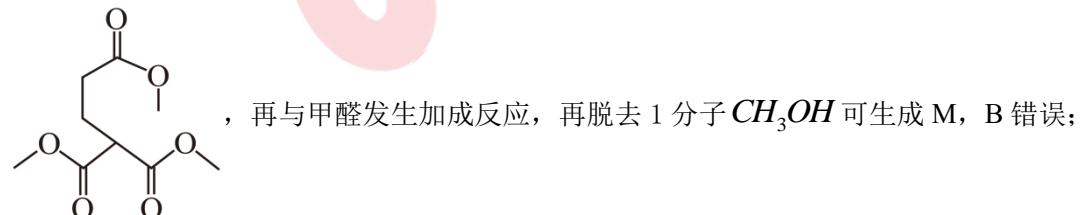
下列说法错误的是

- A. E 能使溴的四氯化碳溶液褪色
 B. 由 E、F 和 G 合成 M 时，有 HCOOH 生成
 C. P 在碱性条件下能够发生水解反应而降解
 D. P 解聚生成 M 的过程中，存在 C—O 键的断裂与形成

【答案】B

【解析】

- 【详解】**A. E 含有碳碳双键，能使溴的四氯化碳溶液褪色，A 正确；
 B. 由氧原子守恒推断，产物不是甲酸，由反应原理推断，E 与 F 发生碳碳双键的加成反应生成

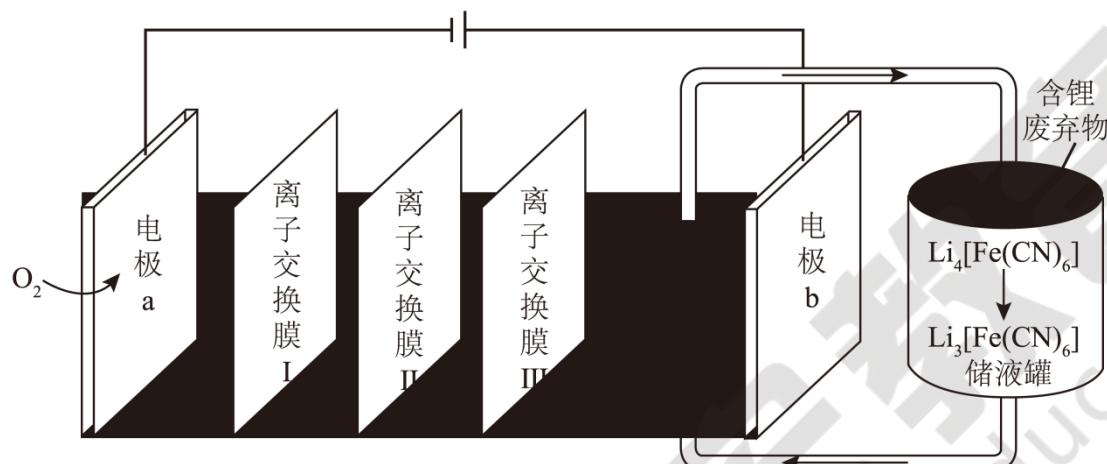


- C. P 中含有酯基，在碱性条件下，酯基会水解，导致高分子化合物降解，C 正确；

D. P 解聚生成 M 的过程中, 存在酯基中 $\text{—C}\overset{\text{O}}{=}\text{O}^+ \text{—C}$ 碳氧键的断裂, 形成 M 过程中存在 C-O 键的生成, D 正确;

故选 B。

12. 一种液流电解池在工作时可以实现海水淡化, 并以 LiCl 形式回收含锂废弃物中的锂元素, 其工作原理如图所示。



下列说法正确的是

- A. II为阳离子交换膜
- B. 电极 a 附近溶液的 pH 减小
- C. 电极 b 上发生的电极反应式为 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} + \text{e}^- = [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$
- D. 若海水用 NaCl 溶液模拟, 则每脱除 58.5g NaCl, 理论上可回收 1mol LiCl

【答案】D

【解析】

【分析】由图可知, 左侧为阴极, 电极反应为 $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{OH}^-$, 右侧为阳极, 电极反应为

$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} - \text{e}^- = [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$, 在膜 I 和膜 II 间加入海水, 钠离子透过膜 I 进入阴极区得到氢氧化钠,

氯离子透过膜 II 进入膜 II 与膜 III 之间, 锂离子透过膜 III 进入膜 II 与膜 III 之间, 在此处得到 LiCl, 则膜 I 为阳膜, 膜 II 为阴膜, 膜 III 为阳膜, 据此解答。

【详解】A. 由分析可知, 膜 II 为阴膜, A 错误

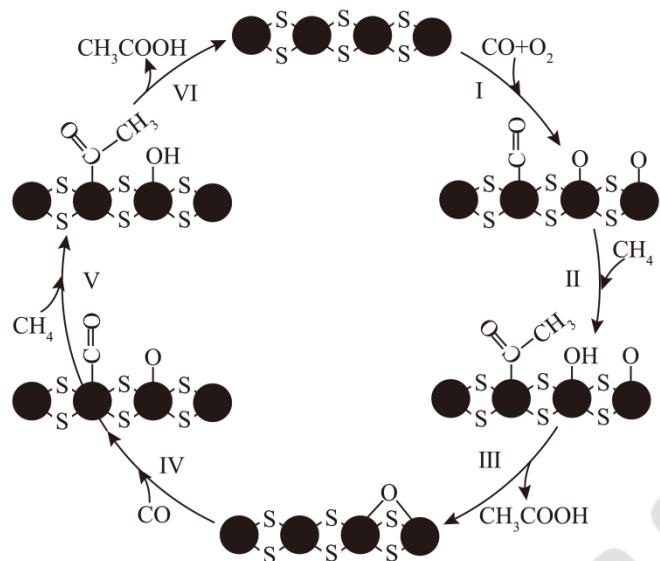
B. a 电极的反应为 $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{OH}^-$, pH 变大, B 错误;

C. 由分析可知, 电极 b 的反应为 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} - \text{e}^- = [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$, C 错误;

D. 每脱除 58.5gNaCl, 转移电子数为 1mol, 有 1molLi⁺和 1molCl⁻分别透离子交换膜III、膜II, 可得到 1molLiCl,
D 正确;

故选 D

13. 在 MoS₂ 负载的 Rh-Fe 催化剂作用下, CH₄ 可在室温下高效转化为 CH₃COOH, 其可能的反应机理如图所示。



下列说法错误的是

- A. 该反应的原子利用率为 100%
- B. 每消耗 1mol O₂ 可生成 1mol CH₃COOH
- C. 反应过程中, Rh 和 Fe 的化合价均发生变化
- D. 若以 CD₄ 为原料, 用 H₂O 吸收产物可得到 CD₃COOH

【答案】B

【解析】

【分析】由反应历程可知, 总反应为 $2CO + 2CH_4 + O_2 = 2CH_3COOH$, 据此解答。

- 【详解】**A. 该反应为化合反应, 原子利用率为 100%, A 正确;
- B. 由分析可知, 每消耗 1mol O₂ 可生成 2mol CH₃COOH, B 错误;
- C. 由反应历程可知, 催化剂 Rh-Fe 有连接 4 个 S 原子和 2 个 S 原子的, 这两种类型的原子成键数目均会发生改变, 所以 Rh 和 Fe 的化合价均发生变化, C 正确;
- D. 若以 CD₄ 为原料, 有反应历程可知, 会生成 CD₃COOD, 用 H₂O 吸收产物时, 其存在电离平衡:

$CD_3COOD \rightleftharpoons CD_3COO^- + D^+$, CD_3COO^- 结合水电离出 H^+ 可得到 CD_3COOH , D 正确;

故选 B。

14. 乙二胺($H_2NCH_2CH_2NH_2$, 简写为 Y)可结合 H^+ 转化为 $[H_2NCH_2CH_2NH_3]^+$ (简写为 HY^+) $[H_3NCH_2CH_2NH_3]^{2+}$ (简写为 H_2Y^{2+})。 Ag^+ 与 Y 可形成 $[AgY]^+$ 和 $[AgY_2]^+$ 两种配离子。室温下向 $AgNO_3$ 溶液中加入 Y, 通过调节混合溶液的 pH 改变 Y 的浓度, 从而调控不同配离子的浓度(忽略体积变化)。混合溶液中 Ag^+ 和 Y 的初始浓度分别为 $1.00 \times 10^{-3} mol \cdot L^{-1}$ 和 $1.15 \times 10^{-2} mol \cdot L^{-1}$ 。

$-\lg[c(M)/(mol \cdot L^{-1})]$ 与 $-\lg[c(Y)/(mol \cdot L^{-1})]$ 的变化关系如图 1 所示(其中 M 代表 Ag^+ 、 $[AgY]^+$ 或 $[AgY_2]^+$), 分布系数 $\delta(N)$ 与 pH 的变化关系如图 2 所示(其中 N 代表 Y、 HY^+ 或 H_2Y^{2+})。比如

$$\delta(H_2Y^{2+}) = \frac{c(H_2Y^{2+})}{c(Y) + c(HY^+) + c(H_2Y^{2+})}.$$

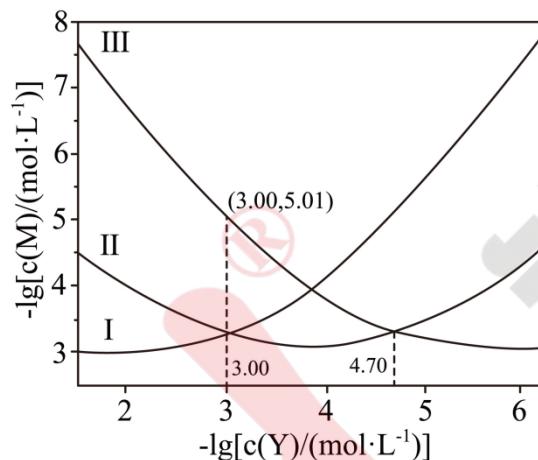


图1

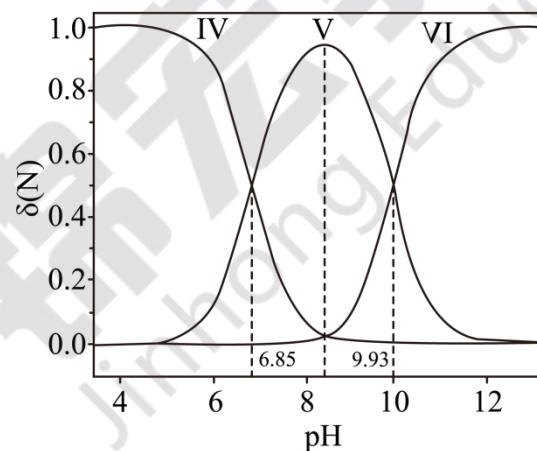


图2

下列说法错误的是

- A. 曲线 I 对应的离子是 $[AgY_2]^+$
- B. $\delta(HY^+)$ 最大时对应的 $pH=8.39$
- C. 反应 $Ag^+ + Y \rightleftharpoons [AgY]^+$ 的平衡常数 $K_1 = 10^{4.70}$
- D. $-\lg[c(Y)/(mol \cdot L^{-1})] = 3.00$ 时, $c(HY^+) > c(H_2Y^{2+}) > c(Y)$

【答案】D

【解析】

【分析】 Ag^+ 与 Y 可形成 $[AgY]^+$ 和 $[AgY_2]^+$ 两种配离子, 发生的反应为 $Ag^+ + Y \rightleftharpoons [AgY]^+$ 、

$[AgY]^+ + Y \rightleftharpoons [AgY_2]^+$, 故随着 Y 浓度的变大, Ag^+ 浓度变小, $[AgY]^+$ 先增大后减小, $[AgY_2]^+$ 增大, 则从图像上(从右向左表示 Y 浓度的变大)可以看出, 曲线I表示 $[AgY_2]^+$ 浓度, II表示浓度 $[AgY]^+$ 浓度, III表示 Ag^+ 浓度; 同理, 调节溶液 pH, 当酸性较强时, H_2Y^{2+} 浓度大, 当碱性较强时, Y 的浓度大, 故曲线IV表示 H_2Y^{2+} 浓度, 曲线V表示 HY^+ 浓度, 曲线VI表示 Y 浓度, 据此解题。

【详解】A. 由分析可知, 曲线I表示 $[AgY_2]^+$, A 正确;

B. 由题意可知, Y 可以视为二元弱碱, 第一次电离方程式为: $Y + H_2O \rightleftharpoons HY^+ + OH^-$,

$$K_{b1} = \frac{c(HY^+) \cdot c(OH^-)}{c(Y)}, \text{ 当 } c(HY^+) = c(Y) \text{ 时, } c(H^+) = 10^{-9.93}, c(OH^-) = 10^{-4.07}, \text{ 则}$$

$$K_{b1} = 10^{-4.07}, \text{ 同理 } K_{b2} = 10^{-7.15},$$

$$K_{b1} \times K_{b2} = \frac{c(HY^+) \cdot c(OH^-)}{c(Y)} \times \frac{c(H_2Y^+) \cdot c(OH^-)}{c(HY^+)} = \frac{c(H_2Y^+) \cdot c^2(OH^-)}{c(Y)} = 10^{-11.22}, \text{ 由图像可知, 当}$$

$\delta(H_2Y^{2+}) = \delta(Y)$ 时, $\delta(HY^+)$ 最大, 则 $c(OH^-) = 10^{-5.61}$, $pOH = 5.61$, $pH = 8.39$, B 正确;

C. 反应 $Ag^+ + Y \rightleftharpoons [AgY]^+$ 的平衡常数 $K = \frac{c[AgY]^+}{c(Ag^+) \cdot c(Y)}$, 由图可知, 当 $c(Y) = 10^{-4.70}$ 时,

$$c[AgY]^+ = c(Ag^+), \text{ 则 } K = \frac{1}{10^{-4.70}} = 10^{4.70}, \text{ C 正确;}$$

D. $-\lg[c(Y)/(mol \cdot L^{-1})] = 3.00$ 时, $c(Y) = 10^{-3} mol/L$, $c(Ag^+) = 10^{-5.01}$, $c[AgY_2]^+ = c[AgY]^+$, 由物料守恒可知, $c(Ag^+) + c[AgY_2]^+ + c[AgY]^+ = 1.00? 10^{-3} mol/L$, 则

$c[AgY_2]^+ = c[AgY]^+ = 4.95? 10^{-4} mol/L$, Y 的初始浓度为 $1.15 \times 10^{-2} mol \cdot L^{-1}$, 由物料守恒得

$$2c[AgY_2]^+ + c[AgY]^+ + c(Y) + c(HY^+) + c(H_2Y^+) = 1.15 \times 10^{-2} mol/L, \text{ 代入数据,}$$

$$c(Y) + c(HY^+) + c(H_2Y^+) \approx 0.01 mol/L, \text{ 则 } \delta(Y) = \frac{c(Y)}{c(Y) + c(HY^+) + c(H_2Y^+)} = \frac{10^{-3}}{0.01} = 0.1, \text{ 由图像可}$$

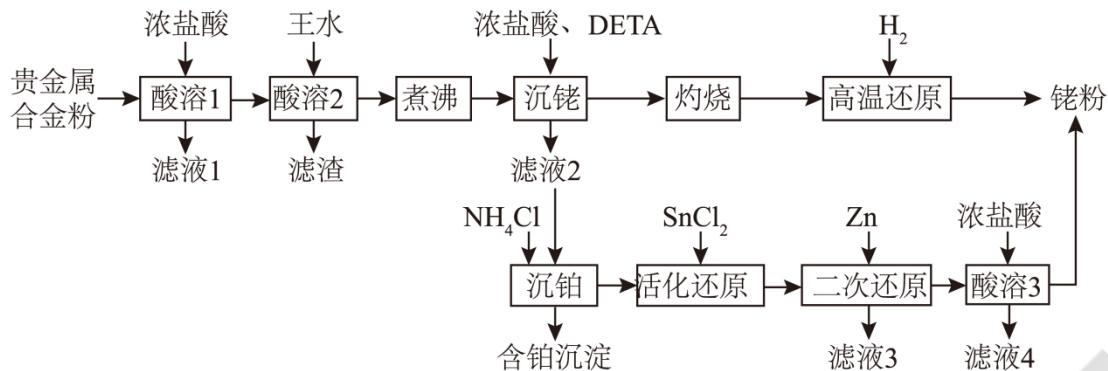
知, pH 在 8.39-9.93 之间, 此时 $c(HY^+) > c(Y) > c(H_2Y^{2+})$, D 错误;

故选 D。

二、非选择题: 本题共 4 小题, 共 58 分。

15. 一种从预处理得到的贵金属合金粉[主要成分为 Fe、Rh(铑)、Pt, 含有少量 SiO_2]中尽可能回收铑的

工艺流程如下：



回答下列问题：

(1) “酸溶 1”的目的是_____。

(2) 已知“酸溶 2”中 Rh 转化为 $H_3[RhCl_6]$ ，则生成该物质的化学方程式为_____；“滤渣”的主要成分是_____ (填化学式)。

(3) “沉铑”中得到的沉淀经“灼烧”后分解成铑单质，但夹杂少量 Rh_2O_3 和 $RhCl_3$ ，则“高温还原”中发生反应的化学方程式为_____。

(4) 若“活化还原”在室温下进行， $SnCl_2$ 初始浓度为 $1.0 \times 10^{-4} mol \cdot L^{-1}$ ，为避免生成 $Sn(OH)_2$ 沉淀，溶液适宜的 pH 为_____ (填标号) [已知 $Sn(OH)_2$ 的 $K_{sp} = 5.5 \times 10^{-28}$]。

- A. 2.0 B. 4.0 C. 6.0

(5) “活化还原”中， $SnCl_2$ 必须过量，其与 Rh(III) 反应可生成 $[Rh(SnCl_3)_5]^{4-}$ ，提升了 Rh 的还原速率，该配离子中 Rh 的化合价为_____；反应中同时生成 $[SnCl_6]^{2-}$ ，Rh(III) 以 $[RhCl_6]^{3-}$ 计，则理论上 $SnCl_2$ 和 Rh(III) 反应的物质的量之比为_____。

(6) “酸溶 3”的目的是_____。

【答案】(1) 溶解 Fe，使其进入溶液，从而通过过滤实现分离

(2) ①. $Rh + 6HCl + 3HNO_3 = H_3[RhCl_6] + 3NO_2 \uparrow + 3H_2O$ ②. SiO_2

(3) $Rh_2O_3 + 3H_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2Rh + 3H_2O$ 、 $2RhCl_3 + 3H_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2Rh + 6HCl$

(4) A (5) ①. +1 ②. 6: 1

(6) 除去滤渣中未反应的 Zn

【解析】

【分析】贵金属合金粉[主要成分为 Fe、Rh(铑)、Pt，含有少量 SiO_2]中尽可能回收铑的工艺流程中，

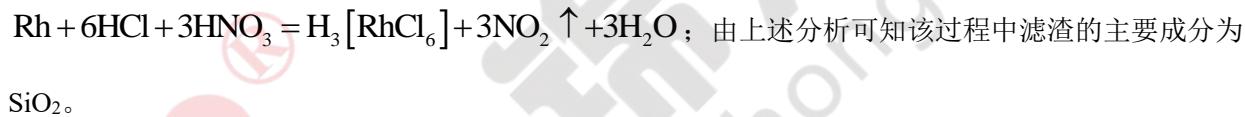
加入浓盐酸溶解其中 Fe, 过滤后实现分离, 再向滤渣中加入王水(浓盐酸与浓硝酸混合酸) 氧化溶解 Rh, Rh 转化为 $\text{H}_3[\text{RhCl}_6]$, Pt 转化为相关可溶物, SiO_2 不溶, 过滤后进行分离; 煮沸滤液除去盐酸、硝酸, 再加入浓盐酸、DETA 将部分铑元素沉淀, 过滤后, 滤渣进行灼烧分解为 Rh、 Rh_2O_3 和 RhCl_3 , 再用 H_2 进行高温还原得到铑单质, 向滤液中加入 NH_4Cl 将铂元素相关化合物转化为沉淀除去, 加入 SnCl_2 将 Rh(III) 转化为 $[\text{Rh}(\text{SnCl}_3)_5]^4$, 再加入 Zn 进行还原, 生成 Rh, 由于 Zn 过量有剩余, 加入浓盐酸溶解过量的 Zn, 实现 Zn 与 Rh 分离, 过滤获得铑粉, 以此分析解答。

【小问 1 详解】

原料合金粉主要成分为 Fe、Rh、Pt 和少量 SiO_2 , Fe 易溶于酸(如盐酸或硫酸), 而 Rh 和 Pt 在常温下不易被非氧化性酸溶解, SiO_2 不溶于酸, 因此“酸溶 1”使用非氧化性酸溶解 Fe 生成可溶性盐, 过滤后 Fe(II) 进入滤液, 剩余滤渣主要为 Rh、Pt 和 SiO_2 , 实现初步分离, 故答案为: 溶解 Fe, 使其进入溶液, 从而通过过滤实现分离。

【小问 2 详解】

“酸溶 2”中 Rh 转化为 $\text{H}_3[\text{RhCl}_6]$, Rh 元素化合价由 0 升高至 +3, HNO_3 中 N 元素化合价由 +5 降低至 +4, 结合化合价升降守恒以及原子守恒可知反应化学方程式为



【小问 3 详解】

“高温还原”过程中, Rh_2O_3 和 RhCl_3 均被 H_2 还原为 Rh, Rh 元素化合价均由 +3 降低至 0, 根据化合价升降守恒以及原子守恒可知反应方程式为 $\text{Rh}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Rh} + 3\text{H}_2\text{O}$ 、
 $2\text{RhCl}_3 + 3\text{H}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Rh} + 6\text{HCl}$ 。

【小问 4 详解】

SnCl_2 初始浓度为 $1.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则溶液中 $c(\text{Sn}^{2+}) = 1.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 当恰好生成 $\text{Sn}(\text{OH})_2$ 沉淀时, $c(\text{OH}^-) = \sqrt{\frac{K_{\text{sp}}[\text{Sn}(\text{OH})_2]}{c(\text{Sn}^{2+})}} = \sqrt{\frac{5.5 \times 10^{-28}}{1.0 \times 10^{-4}}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \approx 2.3 \times 10^{-12}$,
 $c(\text{H}^+) = \frac{K_w}{c(\text{OH}^-)} = \frac{10^{-14}}{2.3 \times 10^{-12}} \approx 4.3 \times 10^{-3}$, $\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+) = -\lg(4.3 \times 10^{-3}) = 3 - 0.6 = 2.4$, 因此

为避免生成 $\text{Sn}(\text{OH})_2$ 沉淀, 溶液的 $\text{pH} < 2.4$, 故答案为 A。

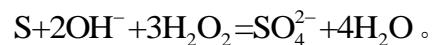
【小问 5 详解】

配离子 $\left[\text{Rh}(\text{SnCl}_3)_5\right]^4$ 中，配体 $[\text{SnCl}_3]^-$ 带 1 个负电荷，设 Rh 的化合价为 x，则 $x+5\times(-1)=-4$ ，则 $x=+1$ ；Rh(III)以 $[\text{RhCl}_6]^{3-}$ 计，反应中 Rh(III)还原至 Rh(I)，每个 Rh 得到 2 个电子， SnCl_2 为还原剂，部分被氧化为 $[\text{SnCl}_6]^{2-}$ ， $\text{Sn}(\text{II})$ 被氧化为 $\text{Sn}(\text{IV})$ ，每个 Sn 失去 2 个电子，同时反应过程中，部分 SnCl_2 结合一个 Cl 形成 $[\text{SnCl}_3]^-$ ，作为新的配体，每生成 1 个 $\left[\text{Rh}(\text{SnCl}_3)_5\right]^4$ ，需要 5 个 SnCl_2 ，因此理论上 SnCl_2 和 Rh(III)反应的物质的量之比为 $(1+5):1=6:1$ 。

【小问 6 详解】

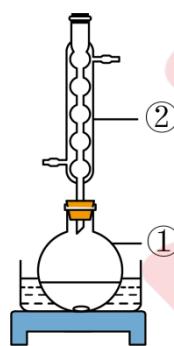
由于“二次还原”过程中，为确保 $\left[\text{Rh}(\text{SnCl}_3)_5\right]^4$ 完全反应，加入的 Zn 需过量，过滤后剩余 Zn 和生成物 Rh 存在于滤渣中，因此再向滤渣中加入浓盐酸的目的为：除去滤渣中未反应的 Zn。

16. 某研究小组设计了如下实验测定某药用硫黄中硫的含量，其中硫转化的总反应为



主要实验步骤如下：

I. 如图所示，准确称取 mg 细粉状药用硫黄于①中，并准确加入 $V_1\text{mL KOH}$ 乙醇溶液(过量)，加入适量蒸馏水，搅拌，加热回流。待样品完全溶解后，蒸馏除去乙醇。



II. 室温下向①中加入适量蒸馏水，搅拌下缓慢滴加足量 30% H_2O_2 溶液，加热至 100°C，保持 20min，冷却至室温。

III. 将①中溶液全部转移至锥形瓶中，加入 2 滴甲基橙指示剂，用 $\text{cmol}\cdot\text{L}^{-1}\text{HCl}$ 标准溶液滴定至终点，消耗 HCl 溶液体积为 $V_2\text{mL}$ 。

IV. 不加入硫黄，重复步骤 I、II、III 做空白实验，消耗 HCl 标准溶液体积为 $V_3\text{mL}$ 。计算样品中硫的质量分数。

V. 平行测定三次，计算硫含量的平均值。

回答下列问题：

- (1) 仪器①的名称是：_____；②的名称是_____。
- (2) 步骤I中，乙醇的作用是_____。
- (3) 步骤I中，样品完全溶解后，必须蒸馏除去乙醇的原因是_____。
- (4) 步骤II中不宜采用水浴加热的原因是_____。步骤II结束后，若要检验反应后溶液中的 SO_4^{2-} ，实验操作是_____。
- (5) 步III中，判断滴定达到终点的现象为_____。
- (6) 单次样品测定中硫的质量分数可表示为_____ (写出计算式)。

【答案】(1) ①. 圆底烧瓶 ②. 球形冷凝管

(2) 作溶剂，溶解单质硫

(3) 防止双氧水氧化乙醇，影响实验测定结果

(4) ①. 实验需要加热至 100 °C ②. 取适量混合液先加入盐酸酸化，无明显实验现象，再加入氯化钡溶液产生白色沉淀，说明含有 SO_4^{2-}

(5) 滴入最后半滴盐酸，溶液颜色由黄色变为橙色，且半分钟内不褪色

$$(6) \frac{1.6c(V_3 - V_2)}{m} \%$$

【解析】

【小问 1 详解】

根据仪器构造可知①是圆底烧瓶，②是球形冷凝管；

【小问 2 详解】

硫单质难溶于水，微溶于酒精，所以乙醇的作用是作溶剂，溶解单质硫；

【小问 3 详解】

双氧水具有强氧化性，乙醇具有还原性，二者混合发生氧化还原反应，所以必须蒸馏除去乙醇；

【小问 4 详解】

由于实验需要加热至 100 °C，而水的沸点就是 100 °C，所以不宜采用水浴加热；要检验溶液中的硫酸根离子，需要排除溶液中其它离子的干扰，所以实验操作是取适量混合液先加入盐酸酸化，无明显实验现象，再加入氯化钡溶液产生白色沉淀，说明含有 SO_4^{2-} 。

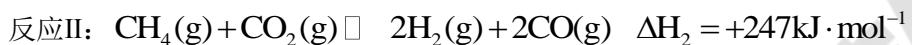
【小问 5 详解】

甲基橙作指示剂，盐酸滴定氢氧化钾溶液，则滴定终点的现象为滴入最后半滴盐酸，溶液颜色由黄色变为橙色，且半分钟内不褪色；

【小问 6 详解】

不加入硫磺，消耗 HCl 标准溶液体积为 V_3 mL，因此原氢氧化钾的物质的量是 $0.001cV_3\text{mol}$ ，反应后剩余氢氧化钾的物质的量是 $0.001cV_2\text{mol}$ ，因此与硫磺反应的氢氧化钾的物质的量是 $0.001c(V_3-V_2)\text{ mol}$ ，所以根据方程式 $\text{S}+2\text{OH}^-+3\text{H}_2\text{O}_2=\text{SO}_4^{2-}+4\text{H}_2\text{O}$ 可知硫单质的物质的量 $0.0005c(V_3-V_2)\text{ mol}$ ，所以单次样品测定中硫的质量分数可表示为 $\frac{0.0005c(V_3-V_2)\times 32}{m}\times 100\% = \frac{1.6c(V_3-V_2)}{m}\%$ 。

17. CaCO_3 的热分解与 Ni_xP_y 催化的 CH_4 重整结合，可生产高纯度合成气 ($\text{H}_2 + \text{CO}$)，实现碳资源的二次利用。主要反应如下：



回答下列问题：

- (1) Ca 位于元素周期表中 _____ 区；基态 Ni^{2+} 的价电子排布式为 _____。
- (2) 水分子的 VSEPR 模型与其空间结构模型不同，原因是 _____。
- (3) Ni_xP 的晶胞如图 1 所示(晶胞参数 $a=b \neq c, \alpha=\beta=90^\circ, \gamma=120^\circ$)，该物质的化学式为 _____。

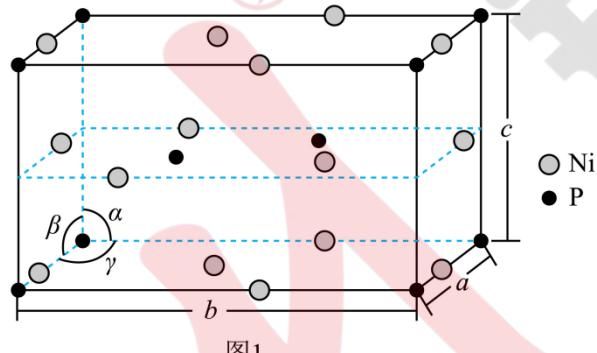


图1

- (4) 恒压条件下， CH_4 重整反应可以促进 CaCO_3 分解，原因是 _____。
- (5) 在温度分别为 T_1 、 T_2 和 T_3 下， CH_4 的平衡转化率与压强的关系如图 2 所示，反应温度最高的是 _____(填“ T_1 ”“ T_2 ”或“ T_3 ”)，原因是 _____。

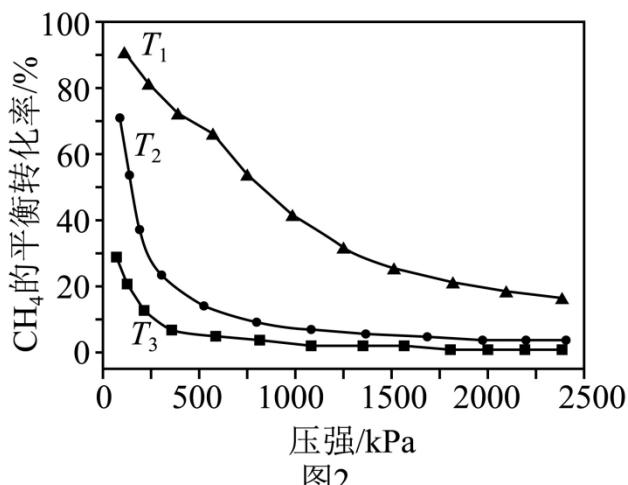


图2

(6) 一定温度、100kPa下，向体系中加入1.0 mol CaCO₃和1.0 mol CH₄，假设此条件下其他副反应可忽略，恒压反应至平衡时，体系中CaCO₃转化率为80%，CH₄转化率为60%，CO物质的量为1.3mol，反应III的平衡常数K_p=_____（保留小数点后一位），此时原位CO₂利用率为_____。

已知：原位CO₂利用率 = $\frac{[n_{\text{CaCO}_3}(\text{初始}) - n_{\text{CaCO}_3}(\text{平衡}) - n_{\text{CO}_2}(\text{平衡})]}{n_{\text{CaCO}_3}(\text{初始})} \times 100\%$

【答案】(1) ①. s ②. 3d⁸

(2) O原子上存在2对孤电子对

(3) Ni₂P (4) 反应II消耗反应I产生的CO₂，降低体系CO₂分压，使反应I平衡右移

(5) ①. T₁ ②. 升高温度，反应II正向移动

(6) ①. 1.2 ②. 70%

【解析】

【小问1详解】

Ca原子序数为20，电子排布为[Ar]4s²，价电子位于s轨道，属于周期表s区；Ni原子序数为28，基态电子排布为[Ar]3d⁸4s²。Ni失去4s能级上2个电子形成Ni²⁺，价电子排布为3d⁸，故答案为：s；3d⁸。

【小问2详解】

中心O原子有2个σ键，孤电子对数为 $\frac{6-2\times1}{2}=2$ ，共4个价电子对，VSEPR模型为四面体型，空间构型为V型，故答案为：O原子上存在2对孤电子对。

【小问3详解】

该晶胞中，P原子8个位于顶点(4个被6个晶胞共用，4个被12个晶胞共用)、2个位于体内，1个晶胞中所含P原子数为 $2+4\times\frac{1}{6}+4\times\frac{1}{12}=3$ ，Ni原子8个位于棱(均被4个晶胞共用)、6个位于面(均被2个晶胞

共用), 1个位于体内, Ni原子数为 $1+8\times\frac{1}{4}+6\times\frac{1}{2}=6$, 因此该物质的化学式为Ni₂P。

【小问 4 详解】

CH₄重整反应会消耗CO₂, 降低体系中CO₂分压, 使CaCO₃分解反应正向移动且反应放热, 可以为碳酸钙分解提供能量, 故答案为: 反应II消耗反应I产生的CO₂, 降低体系CO₂分压, 使反应I平衡右移。

【小问 5 详解】

反应II正向为吸热反应, 相同压强时, 升高温度, 反应正向移动, CH₄转化率增大, 因此温度最高的是T₁, 故答案为: T₁; 升高温度, 反应II正向移动。

【小问 6 详解】

一定温度、100kPa下, 向体系中加入1.0 mol CaCO₃和1.0 mol CH₄, 恒压反应至平衡时, 体系中CaCO₃转化率为80%, 反应I: CaCO₃(g) ⇌ CaO(g)+CO₂(g) 平衡时生成n(CO₂)=0.8mol, CH₄转化率为60%, CO物质的量为1.3mol, 则

	CH ₄ (g)	+ CO ₂ (g)	↔	2H ₂ (g)	+ 2CO(g)
起始 / mol	1	0.8		0	0
转化 / mol	0.6	0.6		1.2	1.2
平衡 / mol	0.4	0.2		1.2	1.2

	H ₂ (g)	+ CO ₂ (g)	↔	H ₂ O(g)	+ CO(g)
起始 / mol	1.2	0.2		0	1.2
转化 / mol	0.1	0.1		0.1	0.1
平衡 / mol	1.1	0.1		0.1	1.3

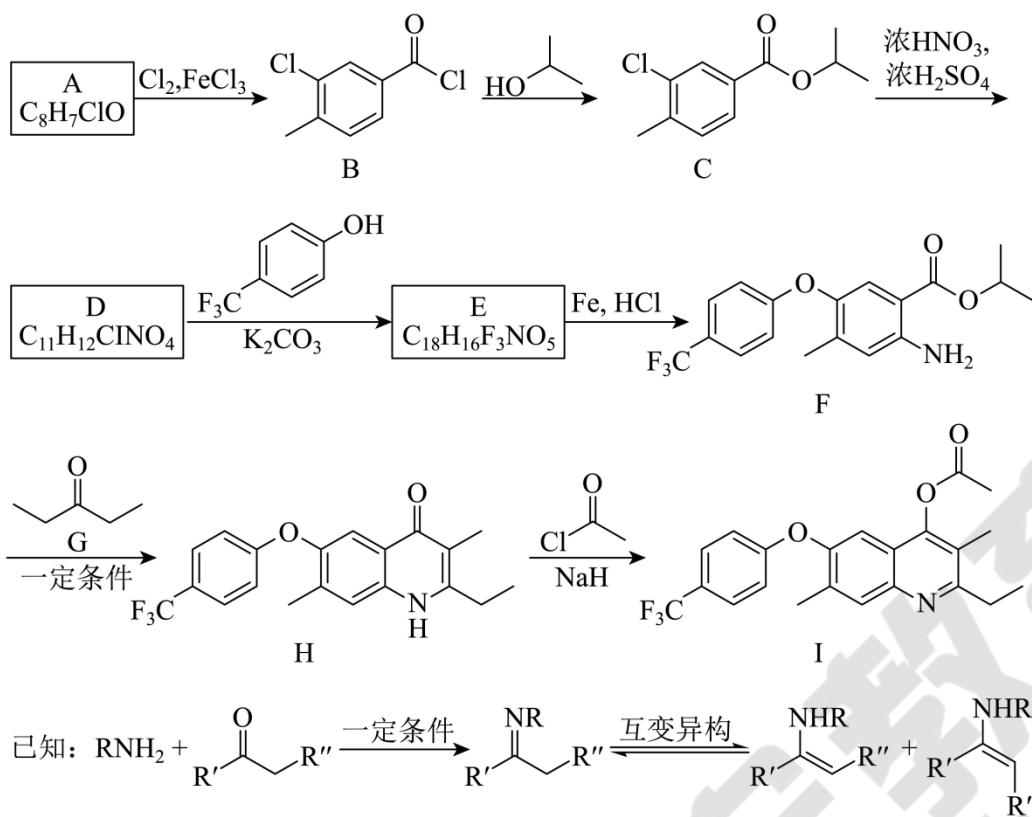
气体总物质的量 n_总=(1.3+0.1+0.1+1.1+0.4)mol=3mol,

$$\text{反应III的平衡常数 } K_p = \frac{p(\text{CO}) \cdot p(\text{H}_2\text{O})}{p(\text{CO}_2) \cdot p(\text{H}_2)} = \frac{\left(\frac{1.3}{3} \times 100\text{kPa}\right) \cdot \left(\frac{0.1}{3} \times 100\text{kPa}\right)}{\left(\frac{0.1}{3} \times 100\text{kPa}\right) \cdot \left(\frac{1.1}{3} \times 100\text{kPa}\right)} \approx 1.2, \text{ CaCO}_3 \text{ 平衡时}$$

n(CaCO₃)=(1-1×80%)mol=0.2mol, 原位CO₂利用率为

$$\frac{[n_{\text{CaCO}_3}(\text{初始}) - n_{\text{CaCO}_3}(\text{平衡}) - n_{\text{CO}_2}(\text{平衡})]}{n_{\text{CaCO}_3}(\text{初始})} \times 100\% = \frac{(1.0 - 0.2) - 0.1}{1} \times 100\% = 70\%, \text{ 故答案为: 1.2; 70\%。}$$

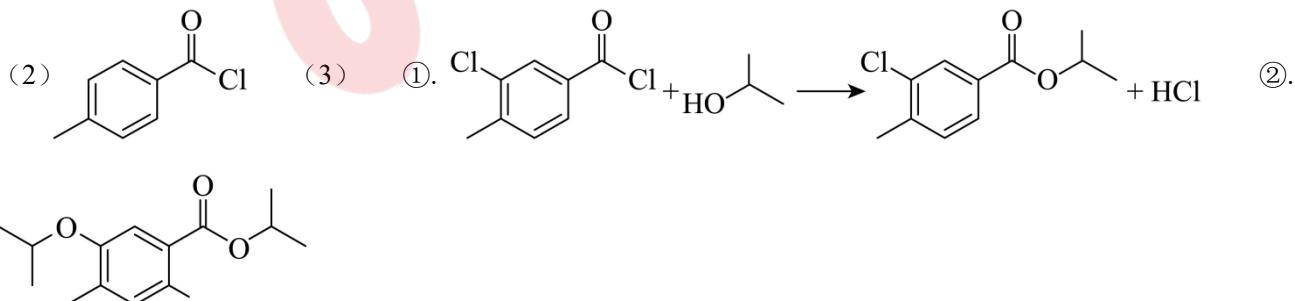
18. 化合物 I 具有杀虫和杀真菌活性, 以下为其合成路线之一(部分反应条件已简化)。



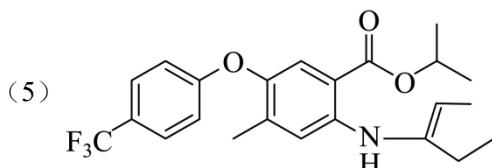
回答下列问题:

- (1) I 中含氧官能团的名称是_____。
- (2) A 的结构简式为_____。
- (3) 由 B 生成 C 的化学方程式为_____。反应时, 在加热搅拌下向液体 B 中滴加异丙醇; 若改为向异丙醇中滴加 B 则会导致更多副产物的生成, 副产物可能的结构简式为_____ (写出一种即可)。
- (4) 由 D 生成 E 的反应类型为_____。
- (5) 由 F 生成 H 的反应中可能生成中间体 J, 已知 J 的分子式为 $\text{C}_{23}\text{H}_{26}\text{F}_3\text{NO}_3$, 则 J 的结构简式为_____ (写出一种即可)。
- (6) G 的同分异构体中, 含有碳氧双键的还有_____ 种(不考虑立体异构); 其中, 能发生银镜反应, 且核磁共振氢谱显示为两组峰的同分异构体的结构简式为_____。

【答案】(1) 醚键, 酯基



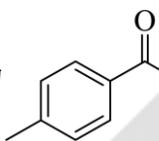
(4) 取代反应



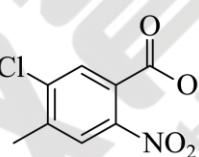
(6) ①. 6 ②. 

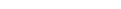
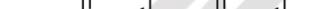
【解析】

【分析】A 在氯气和氯化铁催化下生成 B，根据 B 的结构可推出 A 为 Cl，B 与异丙醇发生取代反应。



代反应生成 C, C 与浓硝酸发生取代反应生成 D, 根据 F 的结构推出 D 为 , D 与



 发生取代反应生成 E, E 为 ，E 与铁粉，氯化氢发生还原

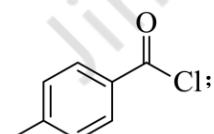
反应生成 F, F 与 3-戊酮在一定条件下生成 H, H 与乙酰氯发生反应生成 I, 据此解答。

【小问 1 详解】

由 I 结构式可知，其含氧官能团为醚键，酯基，故答案为：醚键，酯基；

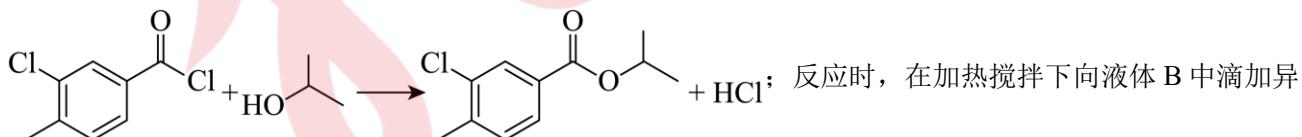
【小问 2 详解】

由分析可知，A 为 ，故答案为：



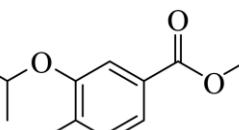
【小问 3 详解】

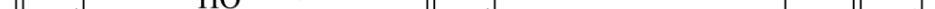
由分析可知，B与异丙醇发生取代反应生成C和氯化氢，化学方程式为：



丙醇，异丙醇较少，滴加下去优先和活泼的酰氯发生反应，若改为向异丙醇中滴加 B，则异丙醇足量，会

苯环上的氯原子发生取代，导致更多副产物的生成，副产物的结构简式为 ，故答案为：



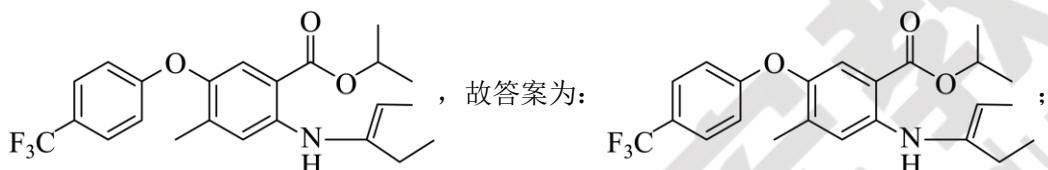
案为: 

【小问 4 详解】

根据 C 的结构推出 D 为 ，D 与  发生取代反应生成 E，故答案为：取代反应；

【小问 5 详解】

由 F 生成 H 的反应中可能生成中间体 J，已知 J 的分子式为 $C_{23}H_{26}F_3NO_3$ ，说明 F 生成 H 发生了已知信息第一步反应，然后第二步反应，第二步两种产物互为顺反异构体，则 J 的结构简式为



【小问 6 详解】

G 为 3-戊酮，分子式为 $C_5H_{10}O$ ，它的同分异构体中，含有碳氧双键，说明为醛或酮，若为醛，可以看成将醛基挂在 $-C_4H_9$ 上，共有 4 种同分异构体，分别为：

为酮，除了 G 本身外，共有 2 种同分异构体，分别为：  ，共有 6 种符合要求的同分

异构体，其中，能发生银镜反应（含有醛基），且核磁共振氢谱显示为两组峰的同分异构体的结构简式为

