

2025 年河南高考真题化学试题

一、单选题

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. 泥活字	B. 木活字	C. 铜活字	D. 铅活字

A. A B. B C. C D. D

【答案】A

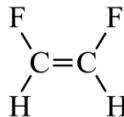
【详解】

- 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；

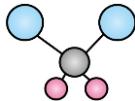
- C. 铜活字是铜合金，主要成分是铜，C 错误；
 D. 铅活字主要成分是铅，D 错误；

故选 A。

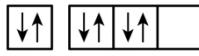
2. 下列化学用语或图示正确的是



A. 反-1, 2 -二氟乙烯的结构式:



B. 二氯甲烷分子的球棍模型:



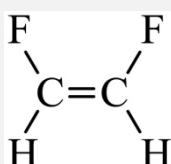
C. 基态 S 原子的价电子轨道表示式:

D. 用电子式表示 CsCl 的形成过程: $\text{Cs}^{\times} + \cdot\ddot{\text{Cl}}:\rightarrow \text{Cs}:\ddot{\text{Cl}}:$

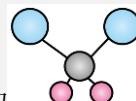
【答案】B

【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，两个相同的原子或基团分别位于双键



的两侧，所以 $\text{H} \quad \text{H}$ 为顺-1, 2 -二氟乙烯，A 错误；



B. 二氯甲烷中含有两根碳氢键和两根碳氯键，键长不一样，球棍模型为



C. 基态 S 原子的价电子排布式为 $3s^23p^4$ ，轨道表示式:

D. 氯化铯为离子化合物，用电子式表示 CsCl 的形成过程: $\text{Cs}^{\times} + \cdot\ddot{\text{Cl}}:\rightarrow \text{Cs}^{+}[\ddot{\text{Cl}}^{-}]$ ，D 错误；
 故选 B。

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

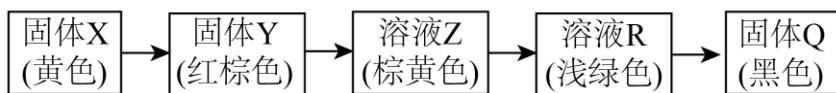
D. D

【答案】B

【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

【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：Ag₂O + 2H⁺ = 2Ag⁺ + H₂O
C. 向次氯酸钠溶液中加入碘化氢溶液：ClO⁻ + H⁺ = HClO
D. 向硫酸氢钠溶液中滴加少量碳酸氢钡溶液：H⁺ + SO₄²⁻ + Ba²⁺ + HCO₃⁻ = BaSO₄ ↓ + CO₂ ↑ + H₂O

【答案】A

【详解】

- A. 磷酸二氢钠水解产生 OH⁻，离子方程式为 H₂PO₄⁻ + H₂O ⇌ H₃PO₄ + 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 Ag₂O + 2H⁺ + 2Cl⁻ = 2AgCl + H₂O，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 ClO⁻ + 2I⁻ + 2H⁺ = I₂ + Cl⁻ + H₂O，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 2H⁺ + SO₄²⁻ + Ba²⁺ + 2HCO₃⁻ = BaSO₄ ↓ + 2CO₂ ↑ + 2H₂O，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

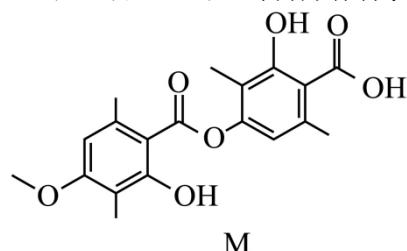
【分析】Q、W、X、Y和Z为原子序数依次增大的短周期元素，基态X原子的s轨道中电子总数比P轨道中电子数多1，X是N；X所在族的族序数等于Q的质子数，Q是B，所以W是C；基态Y和Z原子的原子核外均只有1个未成对电子，且二者核电荷数之和为Q的4倍，即质子数之和为20，所以Y是F，Z是Na。

【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



- M
A. 分子中所有的原子可能共平面
B. 1mol M最多能消耗4mol NaOH
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

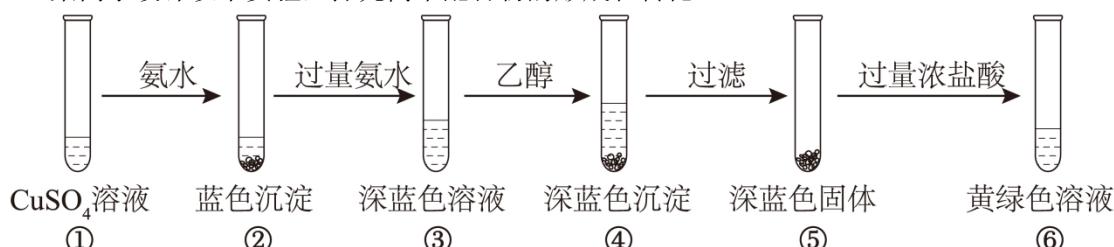
【答案】C

【详解】

- A. 该分子中存在 $-\text{CH}_3$ ，因此不可能所有原子共面，A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1mol M最多能消耗5mol NaOH，B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，C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，D错误；

故选C。

8. 某同学设计以下实验，探究简单配合物的形成和转化。

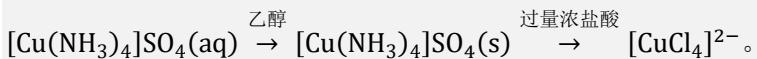


下列说法错误的是

- 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Cu²⁺的结合能力: NH₃ > H₂O
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

【分析】该实验过程中，相关物质转化如下： $\text{CuSO}_4(\text{aq}) \xrightarrow{\text{氨水}} \text{Cu}(\text{OH})_2(\text{s}) \xrightarrow{\text{过量氨水}}$



【详解】

- A. ②中沉淀为 $\text{Cu}(\text{OH})_2(s)$, ④中沉淀为 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4(s)$, 二者不是同一物质, A 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: $\text{NH}_3 > \text{H}_2\text{O}$, B 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, C 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, D 错误;
故选 D。

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)。

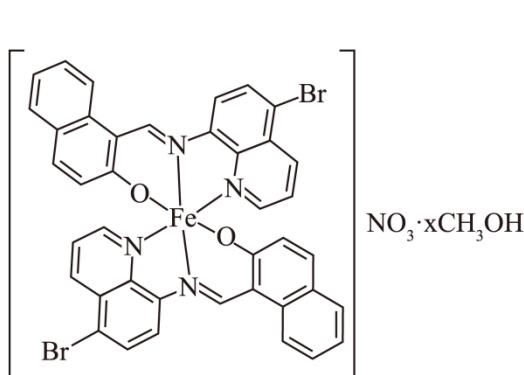


图 1

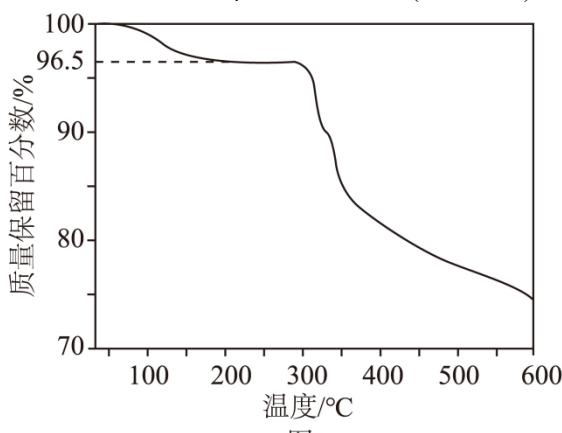


图2

下列说法正确的是

- A. $x = 1$ B. 第一电离能: C < N < 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

【详解】

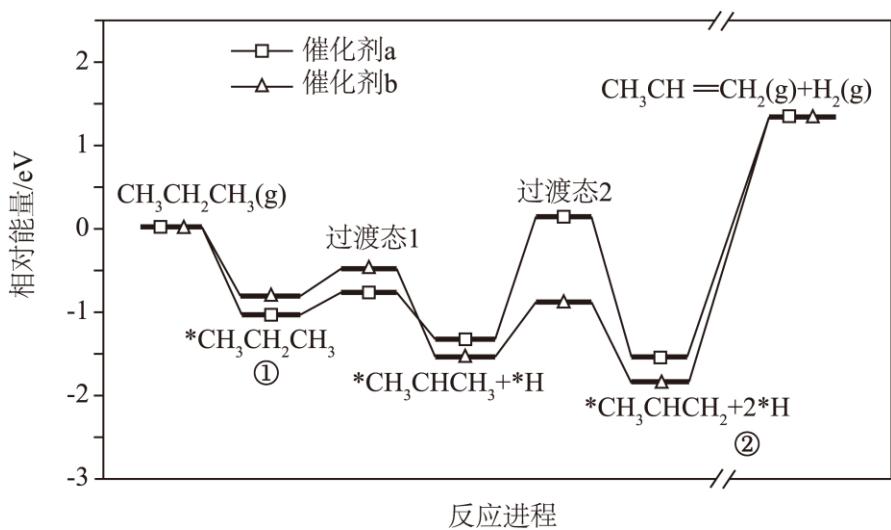
- A. 该化合物在氮气的气氛中加热，先失去 CH_3OH ，若 $x=1$ ， CH_3OH 的质量分数为 $\frac{32}{870+32} \times 100\% \approx 3.5\%$ ，结合图像可知，该化合物中 $x=1$ ，A 正确；

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，B 错误；

C. 该化合物中，配离子与 NO_3^- 之间为离子键，C 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，D 错误；故选 A。

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 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$, 反应进程中的相对能量变化如图所示(*表示吸附态, $*\text{CH}_3\text{CHCH}_2 + 2*\text{H} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ 中部分进程已省略)。



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 ${}^*\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3 \rightarrow {}^*\text{CH}_3\text{CHCH}_3 + {}^*\text{H}$

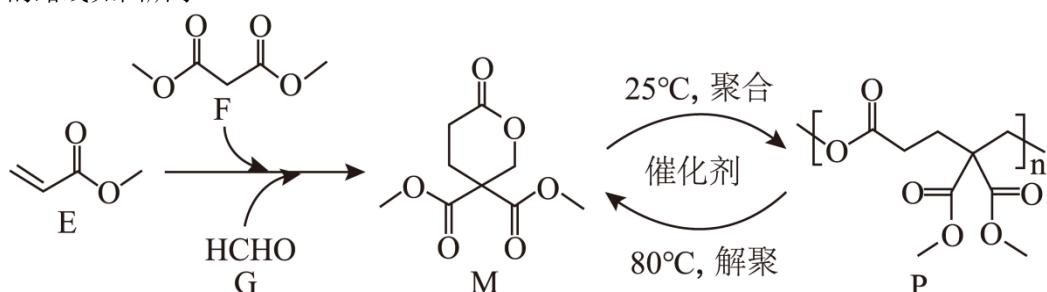
【答案】C

【详解】

- A. 由图可知，生成物能量高，总反应为吸热反应，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、生物医药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

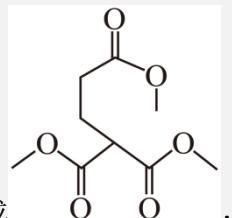
- A. E 能使溴的四氯化碳溶液褪色
- B. 由 E、F 和 G 合成 M 时，有 HCOOH 生成
- C. P 在碱性条件下能够发生水解反应而降解
- D. P 解聚生成 M 的过程中，存在 C—O 键的断裂与形成

【答案】B

【详解】

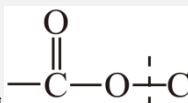
- A. E 含有碳碳双键，能使溴的四氯化碳溶液褪色，A 正确；

- 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



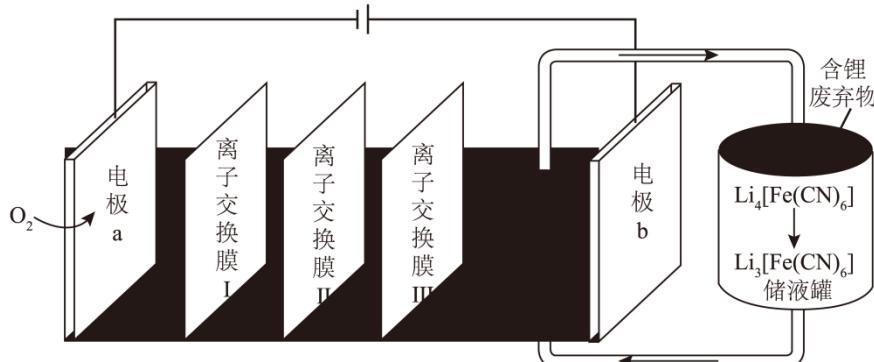
再与甲醛发生加成反应，再脱去1分子CH₃OH可生成M，B错误；

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[Fe(CN)₆]⁴⁻+e⁻=[Fe(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

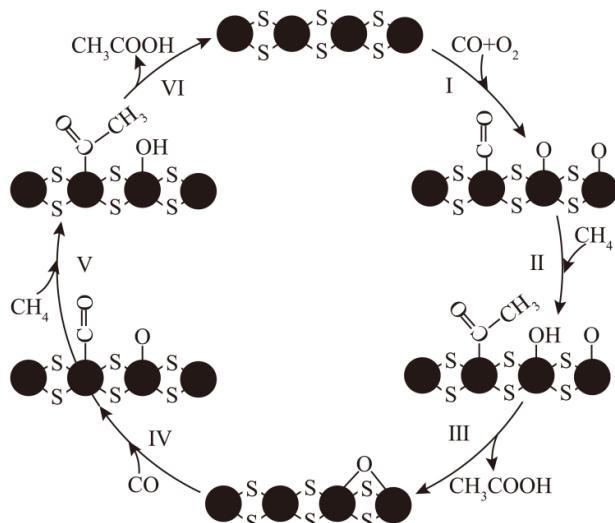
【答案】D

【分析】由图可知，左侧为阴极，电极反应为O₂+4e⁻+2H₂O=4OH⁻，右侧为阳极，电极反应为[Fe(CN)₆]⁴⁻-e⁻=[Fe(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O₂+4e⁻+2H₂O=4OH⁻，pH变大，B错误；
- C. 由分析可知，电极b的反应为[Fe(CN)₆]⁴⁻-e⁻=[Fe(CN)₆]³⁻，C错误；
- D. 每脱除58.5g NaCl，转移电子数为1mol，有1mol Li⁺和1mol Cl⁻分别透离于交换膜III、膜II，可得到1mol LiCl，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

【分析】由反应历程可知, 总反应为2CO + 2CH₄ + O₂ = 2CH₃COOH, 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: CD₃COOD ⇌ CD₃COO⁻ + D⁺, CD₃COO⁻结合水电离出的H⁺可得到CD₃COOH, D正确;

故选B。

14. 乙二胺(H₂NCH₂CH₂NH₂, 简写为Y)可结合H⁺转化为[H₂NCH₂CH₂NH₃]⁺(简写为HY⁺)[H₃NCH₂CH₂NH₃]²⁺(简写为H₂Y²⁺)。Ag⁺与Y可形成[AgY]⁺和[AgY₂]⁺两种配离子。室温下向AgNO₃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 × 10⁻³ mol · L⁻¹和1.15 × 10⁻² mol · L⁻¹。-lg[c(M)/(mol · L⁻¹)]与-lg[c(Y)/(mol · L⁻¹)]的变化关系如图1所示(其中M代表Ag⁺、[AgY]⁺或[AgY₂]⁺), 分布系数δ(N)与pH的变化关系如图2所示(其中N代表Y、HY⁺或H₂Y²⁺)。比如

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

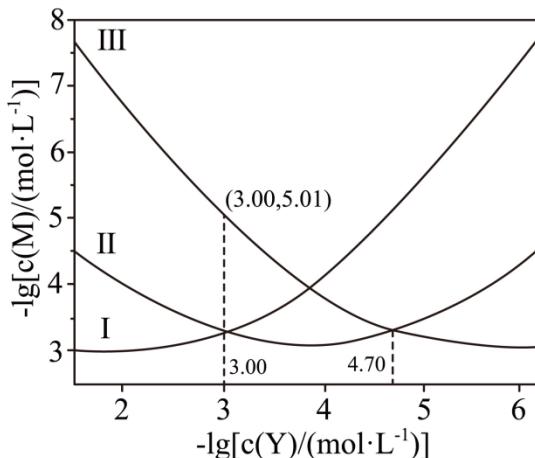


图1

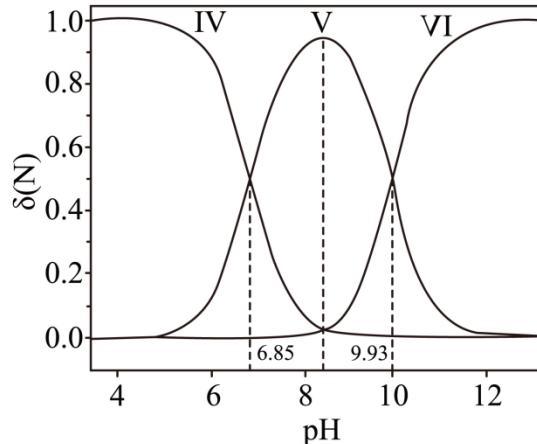


图2

下列说法错误的是

- A. 曲线I对应的离子是[AgY₂]⁺
- B. δ(HY⁺)最大时对应的pH=8.39
- C. 反应Ag⁺+Y ⇌ [AgY]⁺的平衡常数K₁=10^{4.70}
- D. -lg[c(Y)/(mol · L⁻¹)]=3.00时, c(HY⁺)>c(H₂Y²⁺)>c(Y)

【答案】D

【分析】Ag⁺与Y可形成[AgY]⁺和[AgY₂]⁺两种配离子, 发生的反应为Ag⁺+Y ⇌ [AgY]⁺、[AgY]⁺+Y ⇌ [AgY₂]⁺, 故随着Y浓度的变大, Ag⁺浓度变小, [AgY]⁺先增大后减小, [AgY₂]⁺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[AgY₂]⁺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, H₂Y²⁺浓度大, 当碱性较强时, Y的浓度大, 故曲线IV表示H₂Y²⁺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[AgY₂]⁺, A正确;

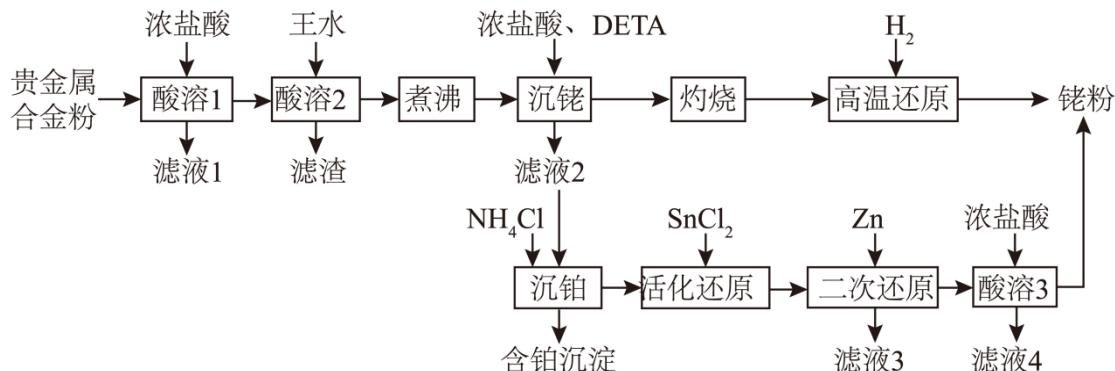
B. 由题意可知, Y 可以视为二元弱碱, 第一次电离方程式为: $\text{Y} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HY}^+ + \text{OH}^-$, $K_{\text{b}1} = \frac{c(\text{HY}^+) \cdot c(\text{OH}^-)}{c(\text{Y})}$, 当 $c(\text{HY}^+) = c(\text{Y})$ 时, $c(\text{H}^+) = 10^{-9.93}$, $c(\text{OH}^-) = 10^{-4.07}$, 则 $K_{\text{b}1} = 10^{-4.07}$, 同理 $K_{\text{b}2} = 10^{-7.15}$, $K_{\text{b}1} \times K_{\text{b}2} = \frac{c(\text{HY}^+) \cdot c(\text{OH}^-)}{c(\text{Y})} \times \frac{c(\text{H}_2\text{Y}^+) \cdot c(\text{OH}^-)}{c(\text{HY}^+)} = \frac{c(\text{H}_2\text{Y}^+) \cdot c^2(\text{OH}^-)}{c(\text{Y})} = 10^{-11.22}$, 由图像可知, 当 $\delta(\text{H}_2\text{Y}^{2+}) = \delta(\text{Y})$ 时, $\delta(\text{HY}^+)$ 最大, 则 $c(\text{OH}^-) = 10^{-5.61}$, $\text{pOH}=5.61$, $\text{pH}=8.39$, B 正确;

C. 反应 $\text{Ag}^+ + \text{Y} \rightleftharpoons [\text{AgY}]^+$ 的平衡常数 $K = \frac{c[\text{AgY}]^+}{c(\text{Ag}^+) \cdot c(\text{Y})}$, 由图可知, 当 $c(\text{Y}) = 10^{-4.70}$ 时, $c[\text{AgY}]^+ = c(\text{Ag}^+)$, 则 $K = \frac{1}{10^{-4.70}} = 10^{4.70}$, C 正确;

D. $-\lg[c(\text{Y}) / (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})] = 3.00$ 时, $c(\text{Y}) = 10^{-3} \text{ mol/L}$, $c(\text{Ag}^+) = 10^{-5.01}$, $c[\text{AgY}_2]^+ = c[\text{AgY}]^+$, 由物料守恒可知, $c(\text{Ag}^+) + c[\text{AgY}_2]^+ + c[\text{AgY}]^+ = 1.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$, 则 $c[\text{AgY}_2]^+ = c[\text{AgY}]^+ = 4.95 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$, Y 的初始浓度为 $1.15 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 由物料守恒得 $2c[\text{AgY}_2]^+ + c[\text{AgY}]^+ + c(\text{Y}) + c(\text{HY}^+) + c(\text{H}_2\text{Y}^+) = 1.15 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$, 代入数据, $c(\text{Y}) + c(\text{HY}^+) + c(\text{H}_2\text{Y}^+) \approx 0.01 \text{ mol/L}$, 则 $\delta(\text{Y}) = \frac{c(\text{Y})}{c(\text{Y}) + c(\text{HY}^+) + c(\text{H}_2\text{Y}^+)} = \frac{10^{-3}}{0.01} = 0.1$, 由图像可知, pH 在 8.39-9.93 之间, 此时 $c(\text{HY}^+) > c(\text{Y}) > c(\text{H}_2\text{Y}^{2+})$, D 错误;
故选 D。

二、解答题

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SiO₂]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 $\text{H}_3[\text{RhCl}_6]$, 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 $1.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 为避免生成 $\text{Sn}(\text{OH})_2$ 沉淀, 溶液适宜的 pH 为_____(填标号)[已知 $\text{Sn}(\text{OH})_2$ 的 $K_{\text{sp}} = 5.5 \times 10^{-28}$]。

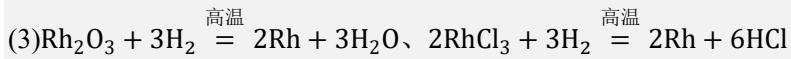
- A. 2.0 B. 4.0 C. 6.0

(5)“活化还原”中, SnCl_2 必须过量, 其与 Rh(III) 反应可生成 $[\text{Rh}(\text{SnCl}_3)_5]^{4-}$, 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 $[\text{SnCl}_6]^{2-}$, Rh(III) 以 $[\text{RhCl}_6]^{3-}$ 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



(4)A

(5) +1 6: 1

(6)除去滤渣中未反应的 Zn

【分析】贵金属合金粉[主要成分为Fe、Rh(铑)、Pt, 含有少量SiO₂]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。

【详解】

(1) 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。

(2) “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 +3, 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 $\text{Rh} + 6\text{HCl} + \text{HNO}_3 = \text{H}_3[\text{RhCl}_6] + \text{NO} \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$; 由上述分析可知该过程中滤渣的主要成分为 SiO_2 。

(3) “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 $\text{Rh}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Rh} + 3\text{H}_2\text{O}$ 、 $2\text{RhCl}_3 + 3\text{H}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Rh} + 6\text{HCl}$ 。

(4) 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,

$$c(\text{OH}^-) = \sqrt{\frac{K_{\text{sp}}[\text{Sn}(\text{OH})_2]}{c(\text{Sn}^{2+})}} = \sqrt{\frac{5.5 \times 10^{-28}}{1.0 \times 10^{-4}}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \approx 2.3 \times 10^{-12}, c(\text{H}^+) = \frac{K_{\text{W}}}{c(\text{OH}^-)} = \frac{10^{-14}}{2.3 \times 10^{-12}} \approx 4.3 \times 10^{-3}, \text{ pH} =$$

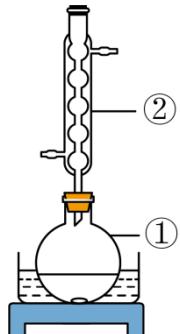
$-\lg c(\text{H}^+) = -\lg(4.3 \times 10^{-3}) = 3 - 0.6 = 2.4$, 因此为避免生成 $\text{Sn}(\text{OH})_2$ 沉淀, 溶液的 pH < 2.4, 故答案为 A。

(5) 配离子 $[\text{Rh}(\text{SnCl}_3)_5]^{4-}$ 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 $[\text{Rh}(\text{SnCl}_3)_5]^{4-}$, 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 $(1 + 5):1 = 6:1$ 。

(6) 由于“二次还原”过程中, 为确保 $[\text{Rh}(\text{SnCl}_3)_5]^{4-}$ 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 $\text{S} + 2\text{OH}^- + 3\text{H}_2\text{O}_2 = \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O}$ 。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 $30\% \text{ H}_2\text{O}_2$ 溶液, 加热至 100°C , 保持 20 min , 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】

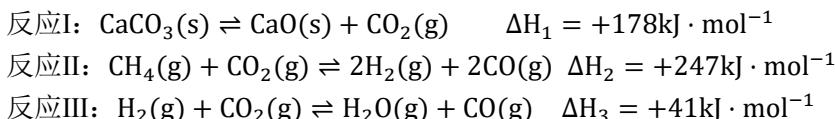
- (1) 圆底烧瓶 球形冷凝管
- (2) 作溶剂, 溶解单质硫
- (3) 防止双氧水氧化乙醇, 影响实验测定结果
- (4) 实验需要加热至 100 °C 取适量混合液先加入盐酸酸化, 无明显实验现象, 再加入氯化钡溶液产生白色沉淀, 说明含有 SO_4^{2-}
- (5) 滴入最后半滴盐酸, 溶液颜色由黄色变为橙色, 且半分钟内不褪色

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

【详解】

- (1) 根据仪器构造可知①是圆底烧瓶, ②是球形冷凝管;
- (2) 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;
- (3) 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;
- (4) 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-} 。
- (5) 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;
- (6) 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 $0.001cV_3$ mol, 反应后剩余氢氧化钾的物质的量是 $0.001cV_2$ mol, 因此与硫磺反应的氢氧化钾的物质的量是 $0.001c(V_3-V_2)$ 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 $0.0005c(V_3-V_2)$ 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 _____。

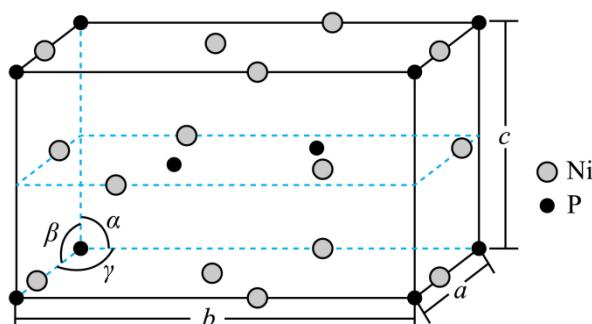


图1

- (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 _____。

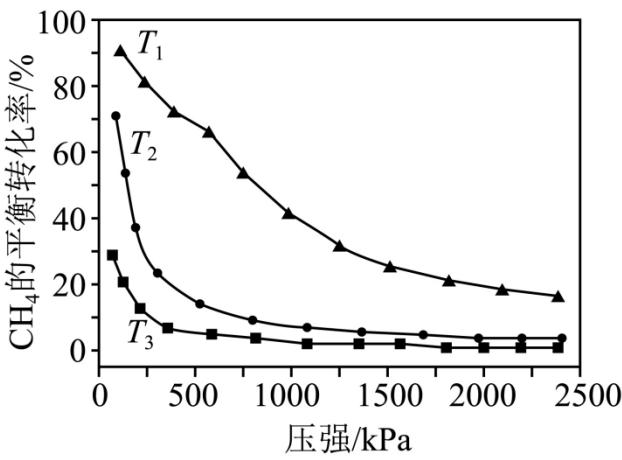


图2

(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_____。

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

【答案】

- (1) s 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) T₁ 升高温度,反应II正向移动
- (6) 1.2 70%

【详解】

(1) 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。

(2) 中心 O 原子有 2 个 σ 键, 孤电子对数为 $\frac{6-2\times 1}{2} = 2$, 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。

(3) 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。

(4) 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。

(5) 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。

(6) 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

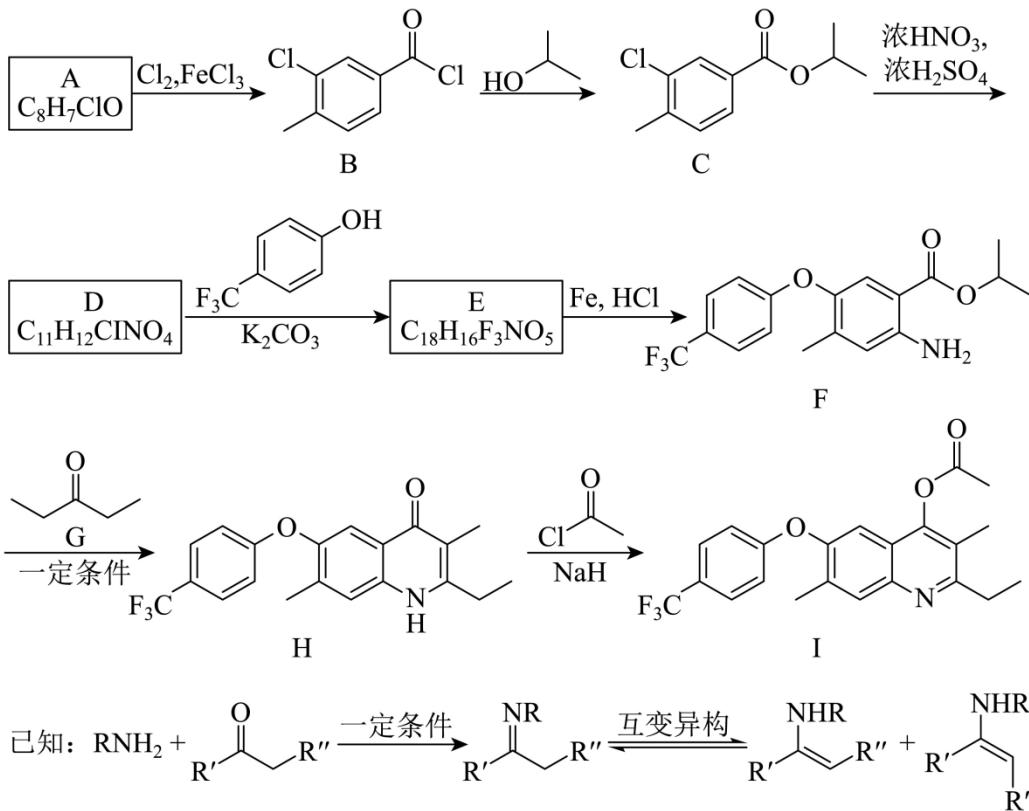
	H ₂ (g)	+	CO ₂ (g)	⇒	H ₂ O(g)	+	CO(g)
起始/mol	1.2		0.2		0		1.2
转化/mol	0.1		0.1		0.1		0.1
平衡/mol	1.1		0.1		0.1		1.3

$$\text{气体总物质的量 } n_{\text{总}} = (1.3 + 0.1 + 0.1 + 1.1 + 0.4) \text{ mol} = 3 \text{ mol},$$

$$\text{反应III的平衡常数 } K_p = \frac{p(\text{CO}) \cdot p(\text{H}_2\text{O})}{p(\text{CO}_2) \cdot p(\text{H}_2)} = \frac{\left(\frac{1.3}{3} \times 100 \text{kPa}\right) \cdot \left(\frac{0.1}{3} \times 100 \text{kPa}\right)}{\left(\frac{0.1}{2} \times 100 \text{kPa}\right) \cdot \left(\frac{1.1}{2} \times 100 \text{kPa}\right)} \approx 1.2, \quad \text{CaCO}_3 \text{ 平衡时 } n(\text{CaCO}_3) = (1 - 1 \times 80\%) \text{ mol} =$$

0.2mol, 原位CO₂利用率为 $\frac{[n_{\text{CaCO}_3(\text{初始})} - n_{\text{CaCO}_3(\text{平衡})} - n_{\text{CO}_2(\text{平衡})}]}{n_{\text{CaCO}_3(\text{初始})}} \times 100\% = \frac{(1.0 - 0.2) - 0.1}{1} \times 100\% = 70\%$, 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）。

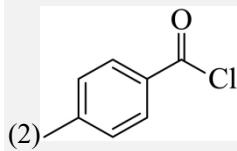
(4)由 D 生成 E 的反应类型为_____。

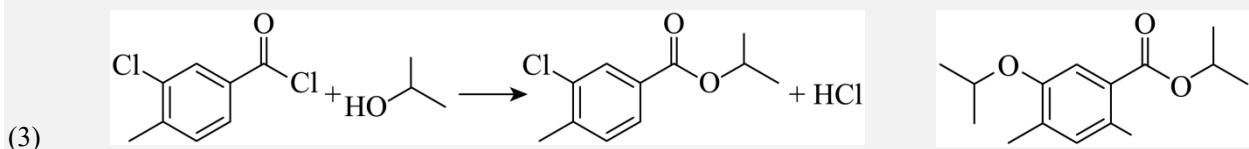
(5)由 F 生成 H 的反应中可能生成中间体 J, 已知 J 的分子式为 $C_{23}H_{26}F_3NO_3$, 则 J 的结构简式为_____ (写出一种即可)。

(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_____。

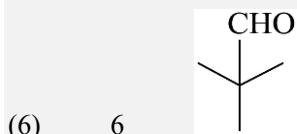
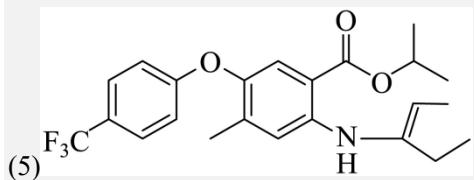
【答案】

(1) 醚键, 酯基

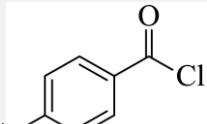


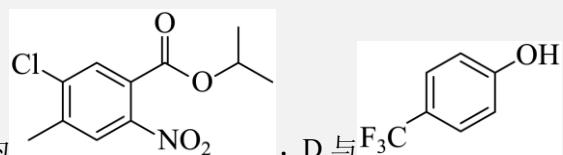


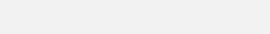
(4) 取代反应



【分析】

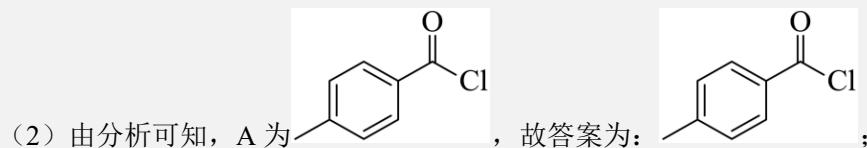
A 在氯气和氯化铁催化下生成 B，根据 B 的结构可推出 A 为 ，B 与异丙醇发生取代反应生成 C，C



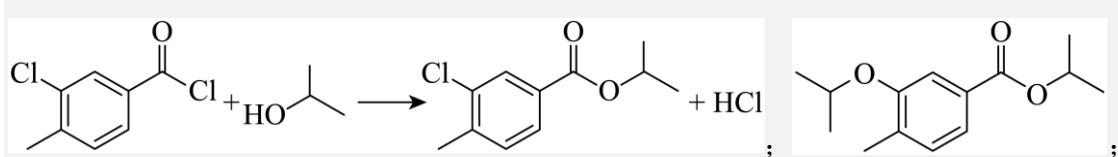
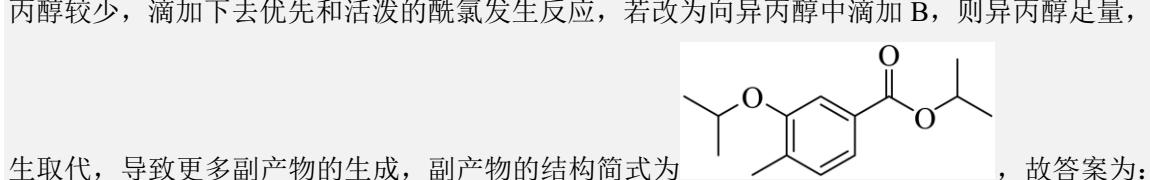
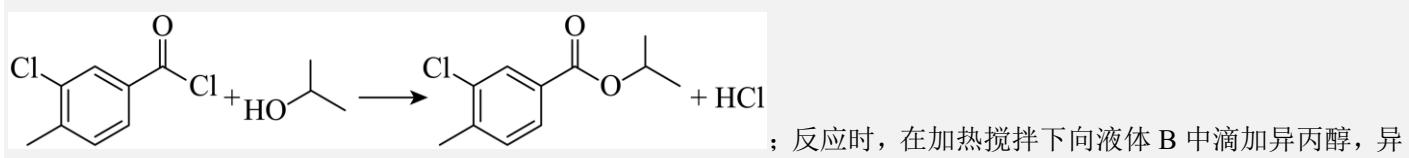
与浓硝酸发生取代反应生成 D，根据 F 的结构推出 D 为 ，E 与铁粉，氯化氢发生还原反应生成 F，F 与 3-戊酮在一定条件下生成 H，H 与乙酰氯发生反应生成 I，据此解答。

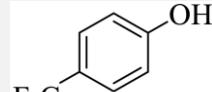
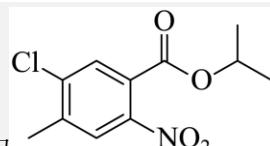
【详解】

(1) 由 I 的结构式可知，其含氧官能团为醚键，酯基，故答案为：醚键，酯基；



(3) 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：

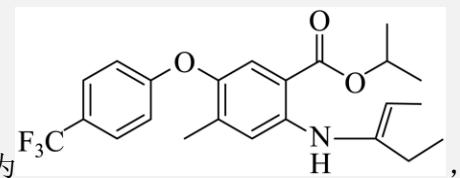




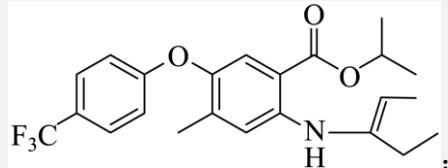
(4) 根据 C 的结构推出 D 为 , D 与

发生取代反应生成 E, 故答案为: 取代

(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 $C_{23}H_{26}F_3NO_3$, 说明 F 生成 H 发生了已知信息第一

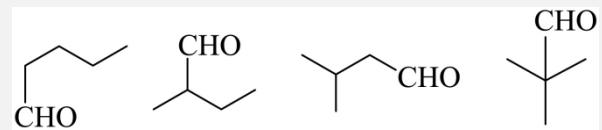


步反应, 然后第二步反应, 第二步两种产物互为顺反异构体, 则 J 的结构简式为

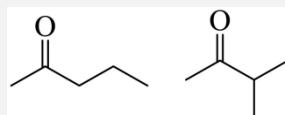


故答案为:

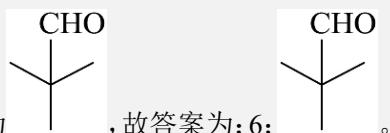
(6) G 为 3-戊酮, 分子式为 $C_5H_{10}O$, 它的同分异构体中, 含有碳氧双键, 说明为醛或酮, 若为醛, 可以看成将醛



基挂在-C₄H₉上, 共有 4 种同分异构体, 分别为:



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

, 故答案为: 6;