





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；

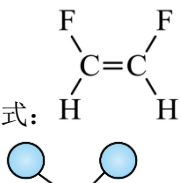
C. 铜活字是铜合金，主要成分是铜，C 错误；

D. 铅活字主要成分是铅，D 错误；

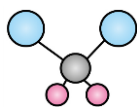
故选 A。

2. 下列化学用语或图示正确的是

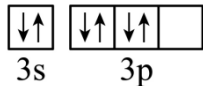
A. 反-1, 2-二氟乙烯的结构式:



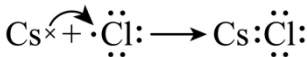
B. 二氯甲烷分子的球棍模型:



C. 基态 S 原子的价电子轨道表示式:



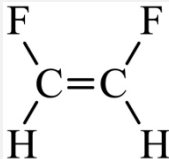
D. 用电子式表示 CsCl 的形成过程:

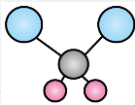


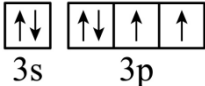
【答案】B

【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  为顺-1, 2-二氟乙烯，A 错误；



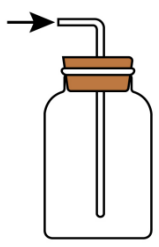

B. 二氯甲烷中含有两根碳氢键和两根碳氯键，键长不一样，球棍模型为 ，B 正确；

C. 基态 S 原子的价电子排布式为 $3s^2 3p^4$ ，轨道表示式: ，C 错误；

D. 氯化铯为离子化合物，用电子式表示 CsCl 的形成过程: ，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 FeS_2 , Y 是 Fe_2O_3 , 溶液中 Z 含有 Fe^{3+} 、溶液 R 中含有 Fe^{2+} , Q 是 FeS 。

【详解】

- A. Fe_2O_3 可用作油漆、涂料等的红色颜料, A 正确;
 B. 含有 Fe^{3+} 的溶液加热转化为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体, 溶液颜色发生变化, B 正确;
 C. FeS 可溶于酸, 所以 $\text{R} \rightarrow \text{Q}$ 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: $\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{OH}^-$
 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

【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: $W > Z$
D. 1个 X_2 分子中有2个 π 键

【答案】D

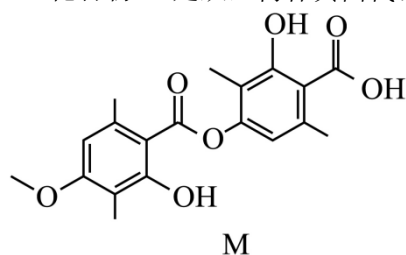
【分析】Q、W、X、Y和Z为原子序最依次增大的短周期元素, 基态X原子的s轨道中电子总数比P轨道中电子数多1, X是N; X所在族的族序数等于Q的质子数, Q是B, 所以W是C; 基态Y和Z原子的原子核外均只有1个未成对电子, 且二者核电荷数之和为Q的4倍, 即质子数之和为20, 所以Y是F, Z是Na。

【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 $C < Li < Na$, 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. 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

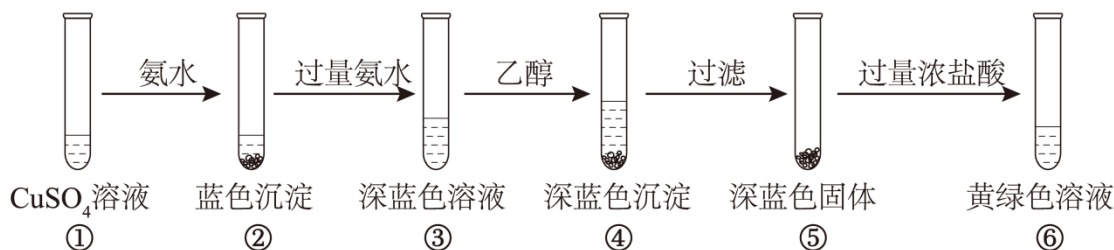
【答案】C

【详解】

- A. 该分子中存在 $-CH_3$, 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1molM最多能消耗5molNaOH, 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 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

【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，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，说明配位结合能力： $\text{NH}_3 > \text{H}_2\text{O}$ ，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)。

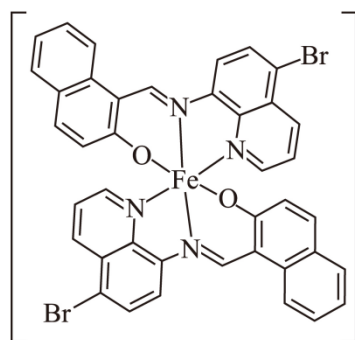


图1

$\text{NO}_3^- \cdot x\text{CH}_3\text{OH}$

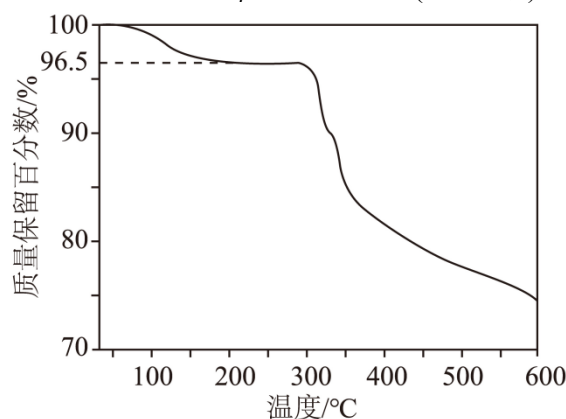


图2

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

【详解】

A. 该化合物在氯气的气氛中加热，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；

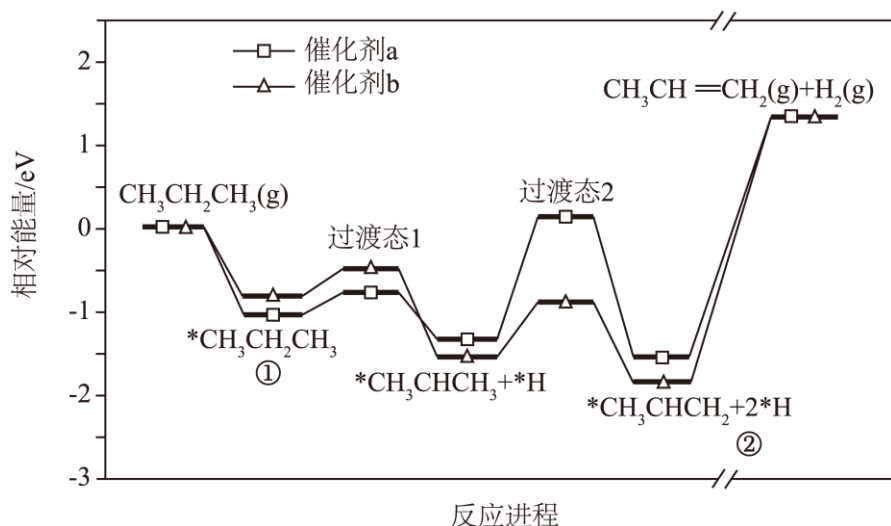
B. 同周期元素从左到右，第一电离能呈增大趋势，但 N 原子 2p 轨道为半充满稳定结构，第一电离能： $\text{N} > \text{O} > \text{C}$ ，B 错误；

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

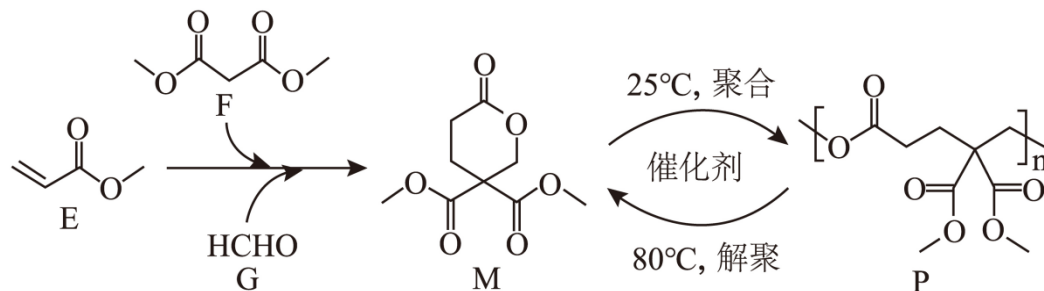
- A. 总反应是放热反应
- B. 两种不同催化剂作用下总反应的化学平衡常数不同
- C. 和催化剂 b 相比, 丙烷被催化剂 a 吸附得到的吸附态更稳定
- D. ①转化为②的进程中, 决速步骤为 $*CH_3CH_2CH_3 \rightarrow *CH_3CHCH_3 + *H$

【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 $*CH_3CHCH_3 \rightarrow *CH_3CHCH_2 + *H$ 或 $*CH_3CHCH_3 + *H \rightarrow *CH_3CHCH_2 + 2*H$, 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。



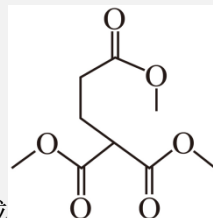
下列说法错误的是

- 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

【详解】

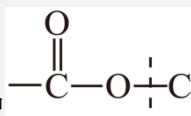
- A. E 含有碳碳双键, 能使溴的四氯化碳溶液褪色, A 正确;



- 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

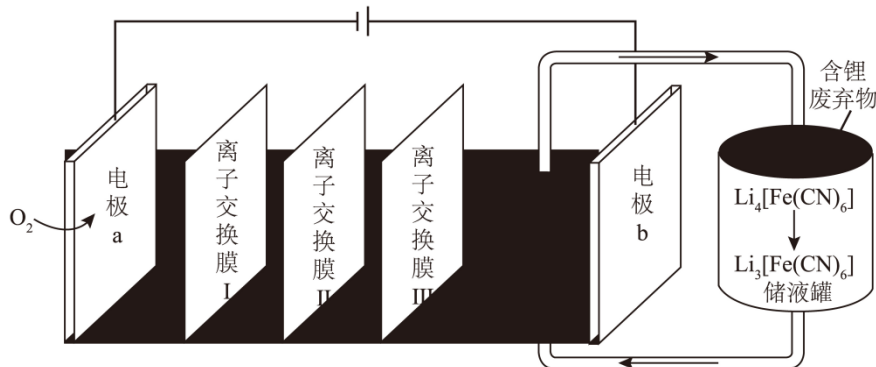
再与甲醛发生加成反应，再脱去 1 分子 CH_3OH 可生成 M，B 错误；

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 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

【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

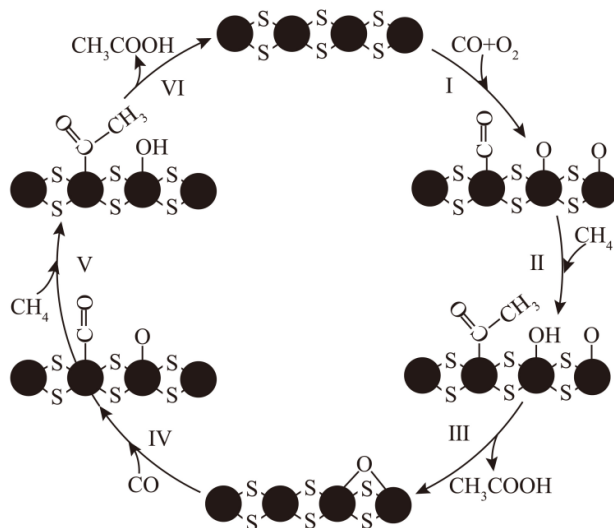
B. a 电极的反应为 $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{OH}^-$ ，pH 变大，B 错误；

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 58.5g NaCl ，转移电子数为 1mol，有 1mol Li^+ 和 1mol Cl^- 分别透离子交换膜 III、膜 II，可得到 1mol LiCl ，D 正确；

故选 D。

13. 在 MoS_2 负载的 Rh-Fe 催化剂作用下， CH_4 可在室温下高效转化为 CH_3COOH ，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 $2\text{CO} + 2\text{CH}_4 + \text{O}_2 = 2\text{CH}_3\text{COOH}$, 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: $\text{CD}_3\text{COOD} \rightleftharpoons \text{CD}_3\text{COO}^- + \text{D}^+$, CD₃COO⁻结合水电离出的H⁺可得到CD₃COOH, D 正确;
- 故选 B。

14. 乙二胺(H₂NCH₂CH₂NH₂, 简称为 Y)可结合H⁺转化为[H₂NCH₂CH₂NH₃]⁺(简称为HY⁺)[H₃NCH₂CH₂NH₃]²⁺(简称为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 $1.00 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $1.15 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。-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

$$\delta(\text{H}_2\text{Y}^{2+}) = \frac{c(\text{H}_2\text{Y}^{2+})}{c(\text{Y}) + c(\text{HY}^+) + c(\text{H}_2\text{Y}^{2+})}。$$

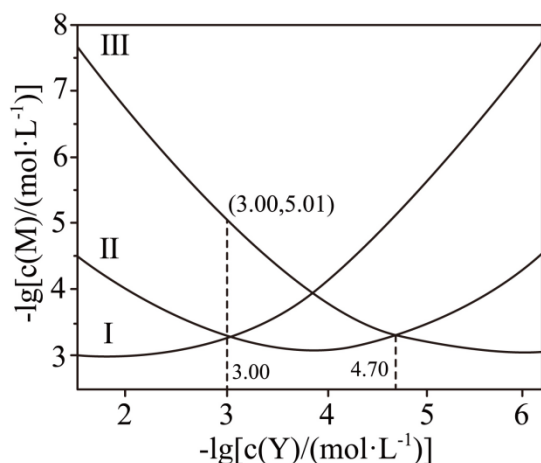


图1

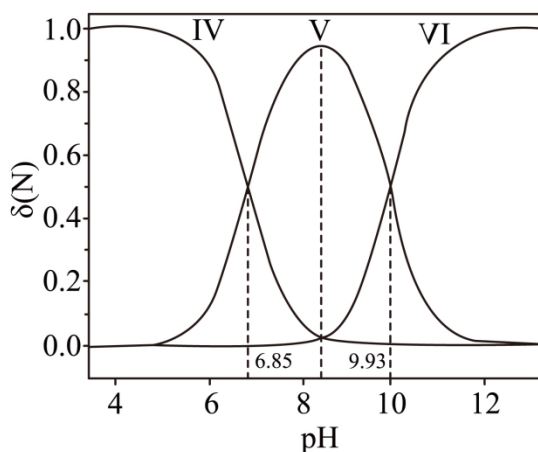


图2

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 $\text{Ag}^+ + \text{Y} \rightleftharpoons [\text{AgY}]^+$ 的平衡常数 $K_1 = 10^{4.70}$
- D. -lg[c(Y)/(mol·L⁻¹)] = 3.00时, $c(\text{HY}^+) > c(\text{H}_2\text{Y}^{2+}) > c(\text{Y})$

【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 $\text{Ag}^+ + \text{Y} \rightleftharpoons [\text{AgY}]^+$ 、 $[\text{AgY}]^+ + \text{Y} \rightleftharpoons [\text{AgY}_2]^+$, 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;

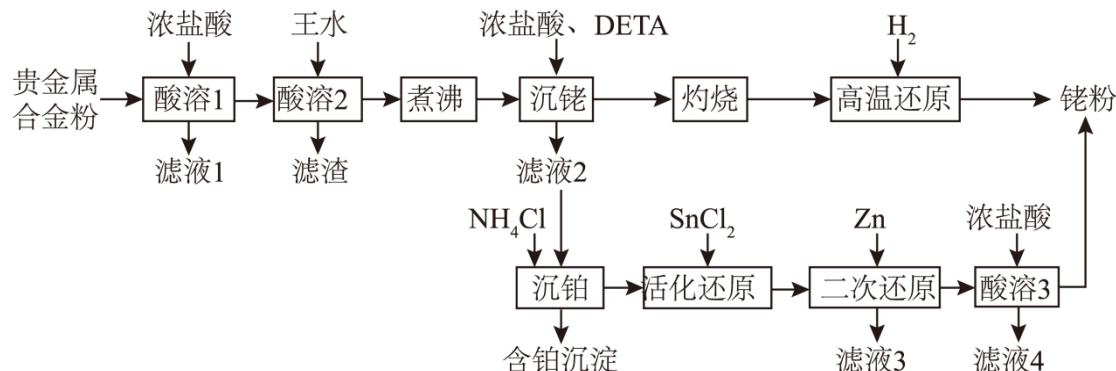
B. 由题意可知, Y 可以视为二元弱碱, 第一次电离方程式为: $Y + H_2O \rightleftharpoons HY^+ + OH^-$, $K_{b1} = \frac{c(HY^+) \cdot c(OH^-)}{c(Y)}$, 当 $c(HY^+) = c(Y)$ 时, $c(H^+) = 10^{-9.93}$, $c(OH^-) = 10^{-4.07}$, 则 $K_{b1} = 10^{-4.07}$, 同理 $K_{b2} = 10^{-7.15}$, $K_{b1} \times K_{b2} = \frac{c(HY^+) \cdot c(OH^-)}{c(Y)} \times \frac{c(H_2Y^{2+}) \cdot c(OH^-)}{c(HY^+)} = \frac{c(H_2Y^{2+}) \cdot c^2(OH^-)}{c(Y)} = 10^{-11.22}$, 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, $c[AgY]^+ = c(Ag^+)$, 则 $K = \frac{1}{10^{-4.70}} = 10^{4.70}$, C 正确;

D. $-\lg[c(Y)/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})] = 3.00$ 时, $c(Y) = 10^{-3} \text{ mol/L}$, $c(Ag^+) = 10^{-5.01}$, $c[AgY_2]^+ = c[AgY]^+$, 由物料守恒可知, $c(Ag^+) + c[AgY_2]^+ + c[AgY]^+ = 1.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$, 则 $c[AgY_2]^+ = c[AgY]^+ = 4.95 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$, Y 的初始浓度为 $1.15 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 由物料守恒得 $2c[AgY_2]^+ + c[AgY]^+ + c(Y) + c(HY^+) + c(H_2Y^{2+}) = 1.15 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$, 代入数据, $c(Y) + c(HY^+) + c(H_2Y^{2+}) \approx 0.01 \text{ mol/L}$, 则 $\delta(Y) = \frac{c(Y)}{c(Y) + c(HY^+) + c(H_2Y^{2+})} = \frac{10^{-3}}{0.01} = 0.1$, 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、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H₃[RhCl₆], 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Rh₂O₃和RhCl₃, 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, SnCl₂初始浓度为 $1.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 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}= 5.5×10^{-28}]
A. 2.0 B. 4.0 C. 6.0
- (5)“活化还原”中, SnCl₂必须过量, 其与Rh(III)反应可生成[Rh(SnCl₃)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[SnCl₆]²⁻, Rh(III)以[RhCl₆]³⁻计, 则理论上SnCl₂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) $Rh + 6HCl + HNO_3 = H_3[RhCl_6] + NO \uparrow + 2H_2O$ SiO₂
- (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 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,

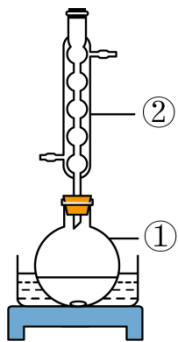
$$c(\text{OH}^-) = \sqrt{\frac{K_{\text{sp}}[\text{Sn}(\text{OH})_2]}{c(\text{Sn}^{2+})}} = \sqrt{\frac{5.5 \times 10^{-28}}{1.0 \times 10^{-4}}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \approx 2.3 \times 10^{-12}, c(\text{H}^+) = \frac{K_{\text{W}}}{c(\text{OH}^-)} = \frac{10^{-14}}{2.3 \times 10^{-12}} \approx 4.3 \times 10^{-3}, \text{pH} = -\lg c(\text{H}^+) = -\lg(4.3 \times 10^{-3}) = 3 - 0.6 = 2.4, \text{因此为避免生成 } \text{Sn}(\text{OH})_2 \text{ 沉淀, 溶液的 } \text{pH} < 2.4, \text{故答案为 A。}$$

(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 $[\text{SnCl}_6]^{2-}$, Sn(II) 被氧化为 Sn(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% H_2O_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 $\text{cmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 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) 步骤 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 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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；

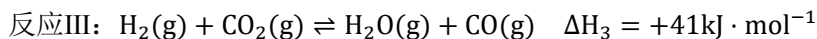
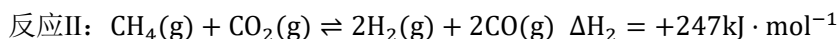
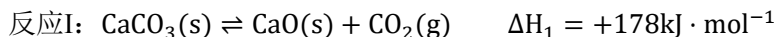
(3) 双氧水具有强氧化性，乙醇具有还原性，二者混合发生氧化还原反应，所以必须蒸馏除去乙醇；

(4) 由于实验需要加热至 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，而水的沸点就是 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，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 $V_3\text{ mL}$ ，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_y 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_____。

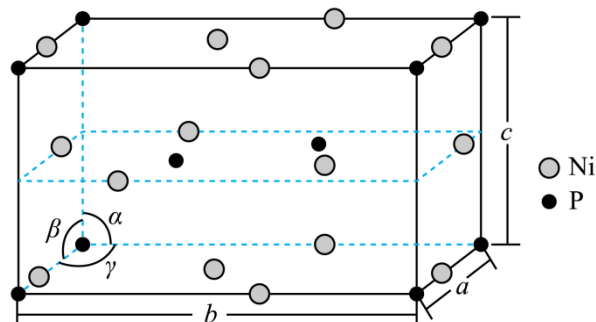


图1

(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_____。

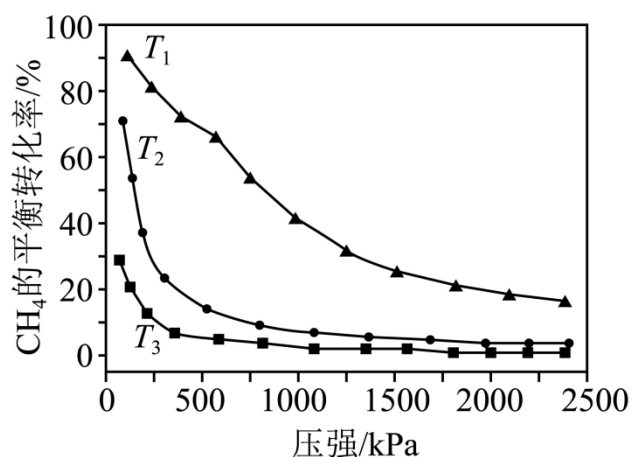


图2

(6)一定温度、100kPa下，向体系中加入1.0 mol CaCO_3 和1.0 mol CH_4 ，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 CaCO_3 转化率为80%， CH_4 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 CO_2 利用率为_____。

已知：原位 CO_2 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 $3d^8$
 (2)O 原子上存在 2 对孤电子对
 (3) Ni_2P
 (4)反应II消耗反应I产生的 CO_2 ，降低体系 CO_2 分压，使反应I平衡右移
 (5) T_1 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 $[\text{Ar}]4s^2$ ，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 $[\text{Ar}] 3d^8 4s^2$ 。Ni 失去 4s 能级上 2 个电子形成 Ni^{2+} ，价电子排布为 $3d^8$ ，故答案为：s； $3d^8$ 。

(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 Ni_2P 。

(4) CH_4 重整反应会消耗 CO_2 ，降低体系中 CO_2 分压，使 CaCO_3 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 CO_2 ，降低体系 CO_2 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， CH_4 转化率增大，因此温度最高的是 T_1 ，故答案为： T_1 ；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 CaCO_3 和1.0 mol CH_4 ，恒压反应至平衡时，体系中 CaCO_3 转化率为80%，反应I： $\text{CaCO}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g})$ 平衡时生成 $n(\text{CO}_2) = 0.8\text{mol}$ ， CH_4 转化率为60%， CO 物质的量为1.3mol，则

	$\text{CH}_4(\text{g})$	+	$\text{CO}_2(\text{g})$	\rightleftharpoons	$2\text{H}_2(\text{g})$	+	$2\text{CO}(\text{g})$
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

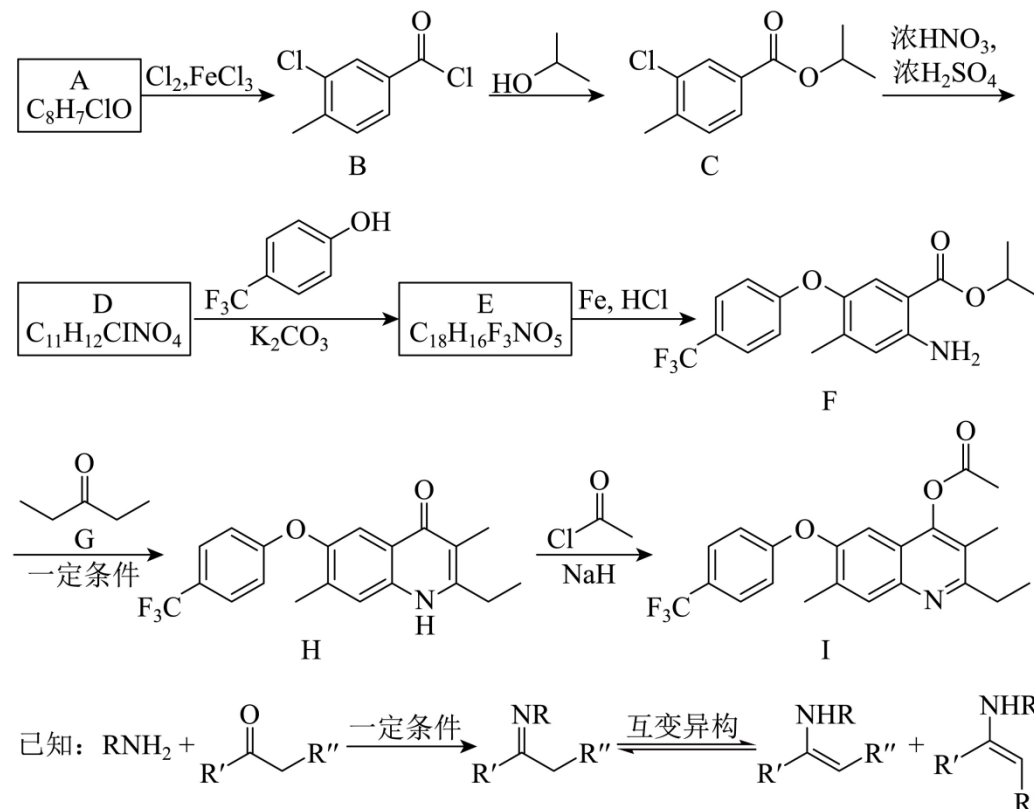
	$\text{H}_2(\text{g})$	$+$	$\text{CO}_2(\text{g})$	\rightleftharpoons	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	$+$	$\text{CO}(\text{g})$
起始/mol	1.2		0.2		0		1.2
转化/mol	0.1		0.1		0.1		0.1
平衡/mol	1.1		0.1		0.1		1.3

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

反应Ⅲ的平衡常数 $K_p = \frac{p(\text{CO}) \cdot p(\text{H}_2\text{O})}{p(\text{CO}_2) \cdot p(\text{H}_2)} = \frac{(\frac{1.3}{3} \times 100 \text{kPa}) \cdot (\frac{0.1}{3} \times 100 \text{kPa})}{(\frac{0.1}{3} \times 100 \text{kPa}) \cdot (\frac{1.1}{3} \times 100 \text{kPa})} \approx 1.2$, CaCO_3 平衡时 $n(\text{CaCO}_3) = (1 - 1 \times 80\%) \text{mol} =$

0.2mol, 原位 CO_2 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)。

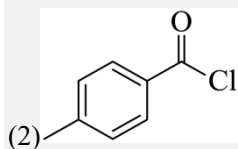
(4) 由 D 生成 E 的反应类型为_____。

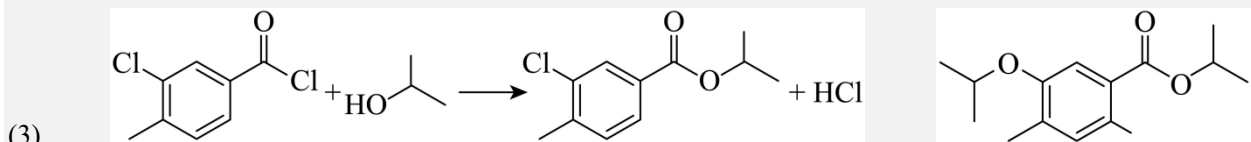
(5) 由 F 生成 H 的反应中可能生成中间体 J, 已知 J 的分子式为 $\text{C}_{23}\text{H}_{26}\text{F}_3\text{NO}_3$, 则 J 的结构简式为_____(写出一种即可)。

(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_____。

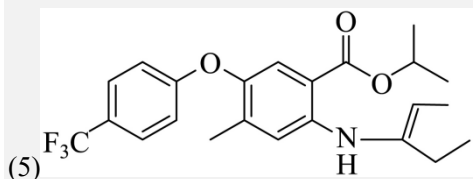
【答案】

(1) 醚键, 酯基

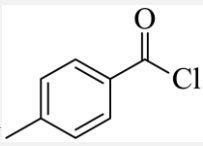


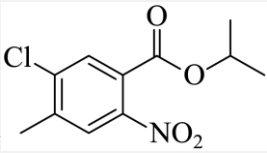
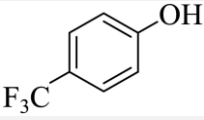


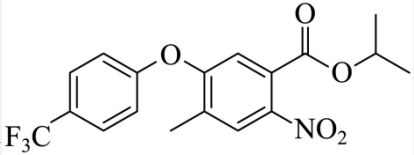
(4) 取代反应



【分析】

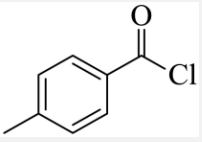
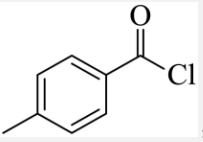
A 在氯气和氯化铁催化下生成 B，根据 B 的结构可推出 A 为 ，B 与异丙醇发生取代反应生成 C，C

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

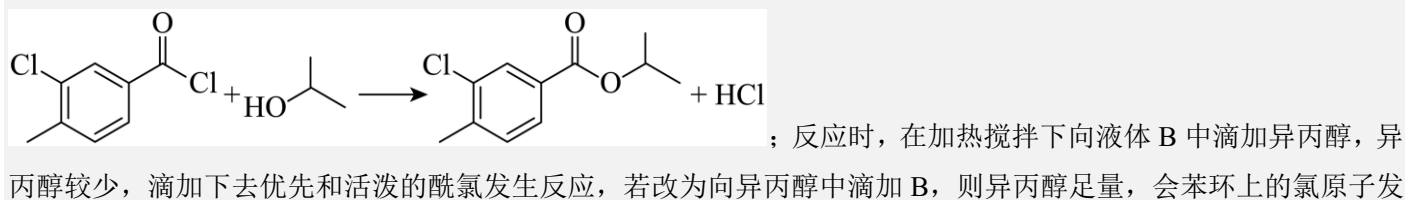
生成 E，E 为 ，E 与铁粉，氯化氢发生还原反应生成 F，F 与 3-戊酮在一定条件下生成 H，H 与乙酰氯发生反应生成 I，据此解答。

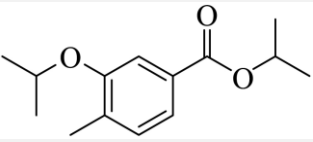
【详解】

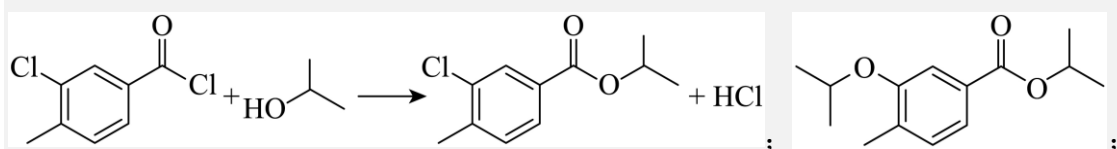
(1) 由 I 的结构式可知，其含氧官能团为醚键，酯基，故答案为：醚键，酯基；

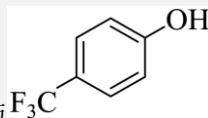
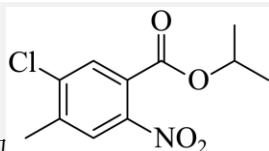
(2) 由分析可知，A 为 ，故答案为：；

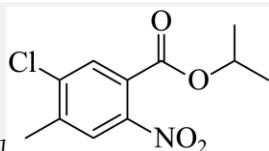
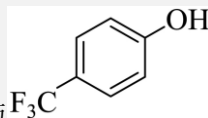
(3) 由分析可知，B 与异丙醇发生取代反应生成 C 和氯化氢，化学方程式为：



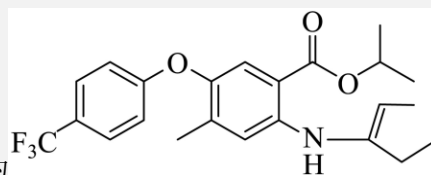
生取代，导致更多副产物的生成，副产物的结构简式为 ，故答案为：



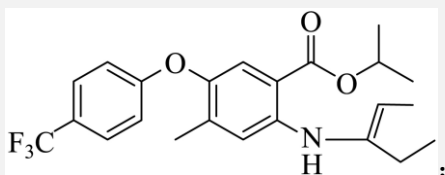


(4) 根据 C 的结构推出 D 为 , D 与  发生取代反应生成 E, 故答案为: 取代反应;

(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

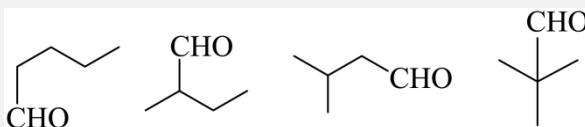


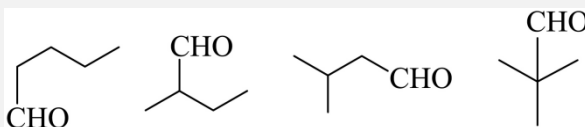
步反应, 然后第二步反应, 第二步两种产物互为顺反异构体, 则 J 的结构简式为 ,

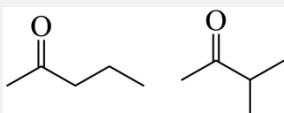


故答案为: ;

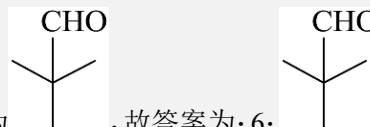
(6) G 为 3-戊酮, 分子式为 $C_5H_{10}O$, 它的同分异构体中, 含有碳氧双键, 说明为醛或酮, 若为醛, 可以看成将醛



基挂在 $-C_4H_9$ 上, 共有 4 种同分异构体, 分别为: , 若为酮, 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 , 故答案为: 6; 。