

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. 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

【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；

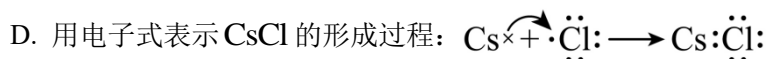
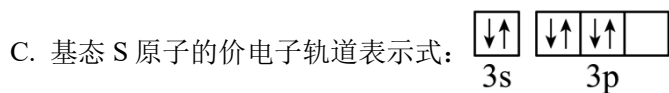
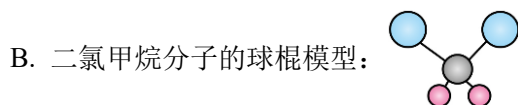
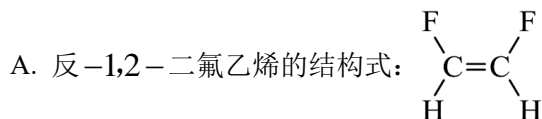
B. 木活字主要成分是纤维素，B 错误；

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；

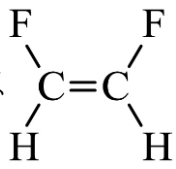
故选 A。

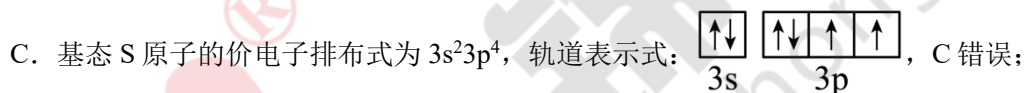
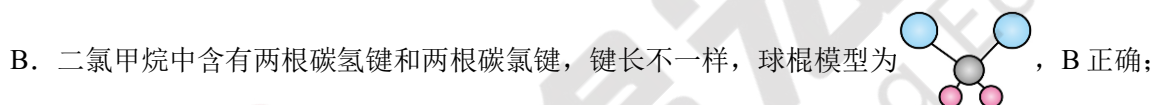
2. 下列化学用语或图示正确的是



【答案】B


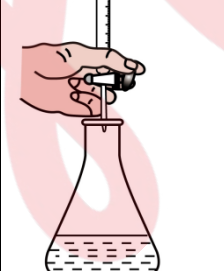
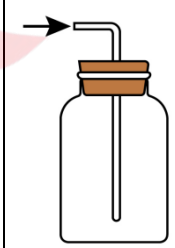

【解析】

【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，两个相同的原子或基团分别位于双键的两侧，所以  为顺-1,2-二氟乙烯，A 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

【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；

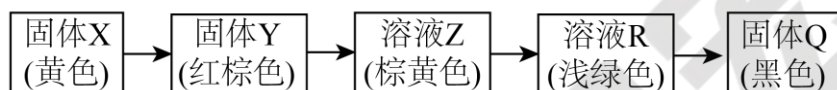
B. 滴定管能精确到两位小数，量取 20.00mL 草酸溶液，要选择酸式滴定管，实验操作符合规范，B 正确；

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.  $R \rightarrow Q$  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  $FeS_2$ ，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  $Fe(OH)_3$  胶体，溶液颜色发生变化，B 正确；

C.  $FeS$  可溶于酸，所以  $R \rightarrow Q$  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： $H_2PO_4^- + H_2O \rightleftharpoons H_3PO_4 + OH^-$

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  $\text{OH}^-$ ，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  $\text{AgCl}$  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.  $\text{QY}_3$  为极性分子

B.  $\text{ZY}$  为共价晶体

C. 原子半径： $\text{W} > \text{Z}$

D. 1 个  $\text{X}_2$  分子中有 2 个  $\pi$  键

【答案】D

【解析】

【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.  $\text{BF}_3$  为平面正三角形结构，结构对称，属于非极性分子，A 错误；

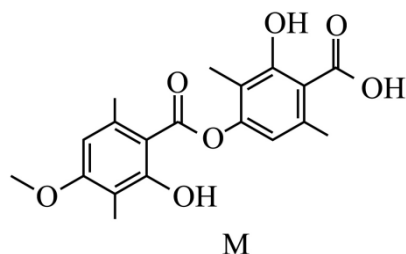
B.  $\text{NaF}$  是离子晶体，B 错误；

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  $\pi$  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.  $1\text{mol M}$  最多能消耗  $4\text{mol NaOH}$
- 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

【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；

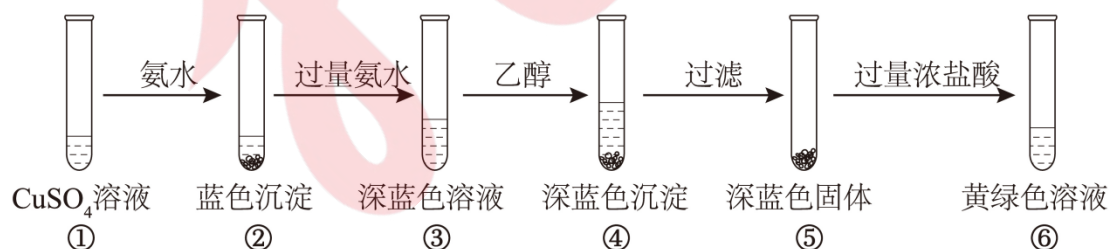
B. 该分子中能与  $\text{NaOH}$  反应的官能团为 2 个酚羟基、酯基(1 个普通酯基、1 个酚酯基)、1 个羧基，除酚羟基形成的酯基外，其余官能团消耗  $\text{NaOH}$  的比例均为 1:1，因此  $1\text{mol M}$  最多能消耗  $5\text{mol NaOH}$ ，故 B 项错误；

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  $\text{Cu}^{2+}$  的结合能力： $\text{NH}_3 > \text{H}_2\text{O}$





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  $\text{CH}_3\text{OH}$ ，若  $x=1$ ， $\text{CH}_3\text{OH}$  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：

$\text{N} > \text{O} > \text{C}$ ，故 B 项说法错误；

C. 该化合物中，配离子与  $\text{NO}_3^-$  之间为离子键，故 C 项说法错误；

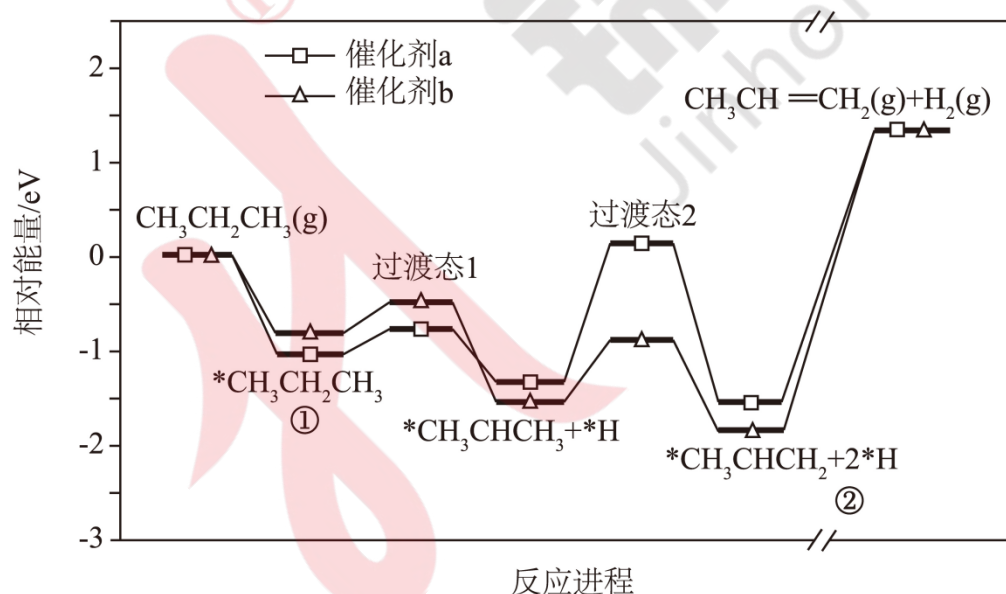
D. 该化合物中，根据 O、N 原子成键数可知，O-Fe 为共价键，N-Fe 为配位键，配位数为与中心原子或离子键合的原子总数，因此配位数为 6，配体为与中心原子或离子形成配位键的分子或离子个数，因此配体个数为 2，故 D 项说法错误；

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

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ ，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

【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；

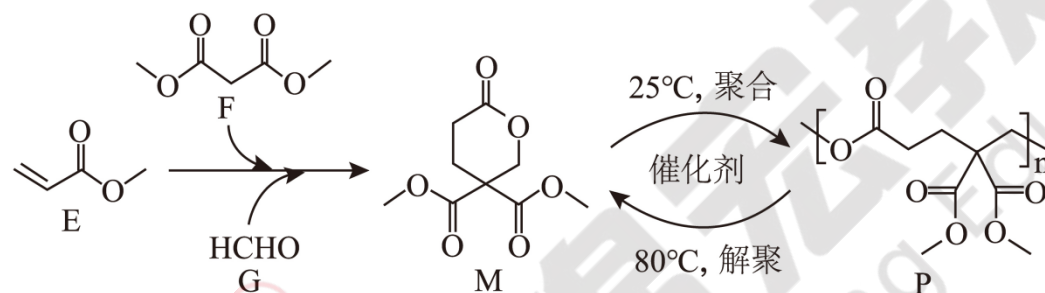
B. 平衡常数只和温度有关，与催化剂无关，B 错误；

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  $\text{HCOOH}$  生成

C. P 在碱性条件下能够发生水解反应而降解

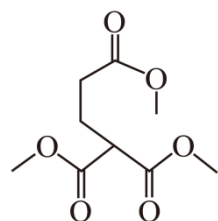
D. P 解聚生成 M 的过程中，存在 C—O 键的断裂与形成

【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



，再与甲醛发生加成反应，再脱去 1 分子  $\text{CH}_3\text{OH}$  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；

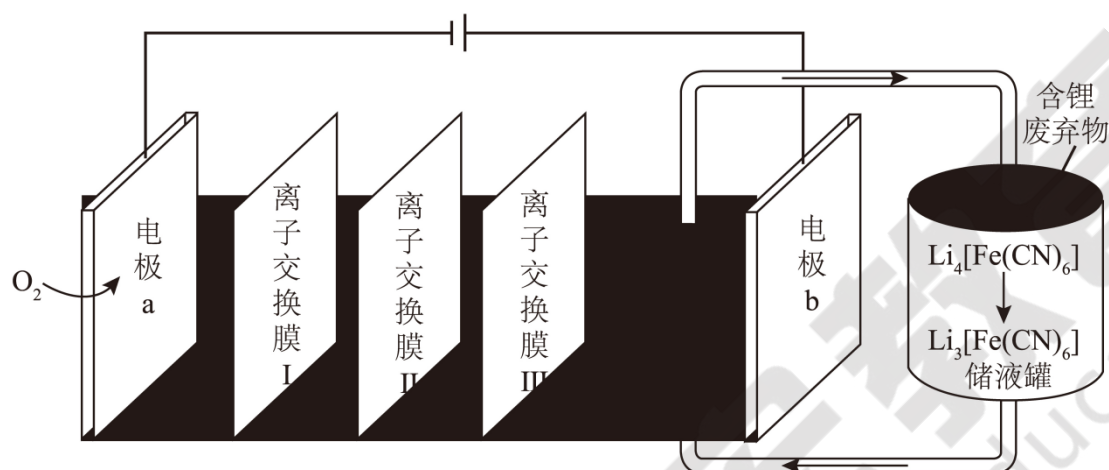


D. P 解聚生成 M 的过程中, 存在酯基中  $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{O}-\text{C}- \\ | \end{array}$  碳氧键的断裂, 形成 M 过程中存在 C-O 键的生成, D 正确;

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  $\text{LiCl}$  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  $\text{NaCl}$  溶液模拟, 则每脱除 58.5g  $\text{NaCl}$ , 理论上可回收 1mol  $\text{LiCl}$

【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  $\text{LiCl}$ , 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;

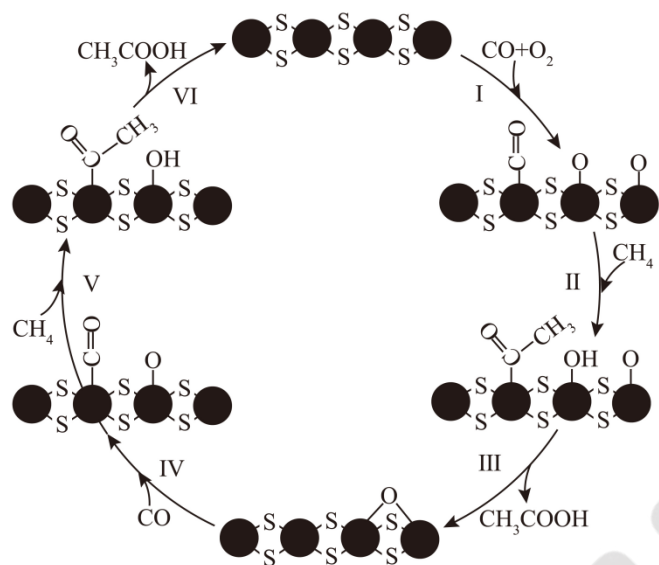
C. 由分析可知, 电极 b 的反应为  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} - \text{e}^- = [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ , C 错误;

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

D 正确;

故选 D

13. 在 MoS<sub>2</sub> 负载的 Rh-Fe 催化剂作用下, CH<sub>4</sub> 可在室温下高效转化为 CH<sub>3</sub>COOH, 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 O<sub>2</sub> 可生成 1mol CH<sub>3</sub>COOH
- C. 反应过程中, Rh 和 Fe 的化合价均发生变化
- D. 若以 CD<sub>4</sub> 为原料, 用 H<sub>2</sub>O 吸收产物可得到 CD<sub>3</sub>COOH

【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 O<sub>2</sub> 可生成 2mol CH<sub>3</sub>COOH, 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 CD<sub>4</sub> 为原料, 有反应历程可知, 会生成 CD<sub>3</sub>COOD, 用 H<sub>2</sub>O 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( $H_2NCH_2CH_2NH_2$ , 简称为 Y)可结合  $H^+$  转化为  $[H_2NCH_2CH_2NH_3]^+$  (简称为  $HY^+$ )

$[H_3NCH_2CH_2NH_3]^{2+}$  (简称为  $H_2Y^{2+}$ )。  $Ag^+$  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

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

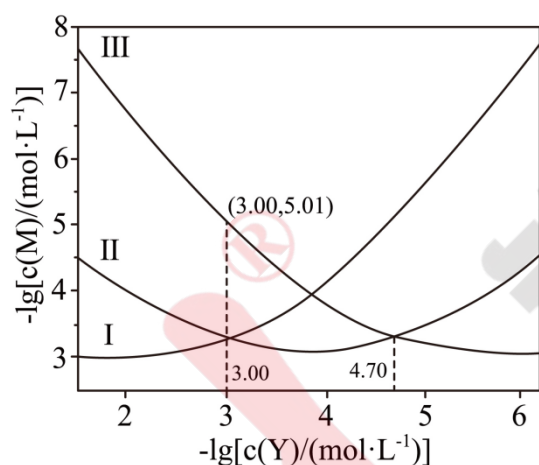


图1

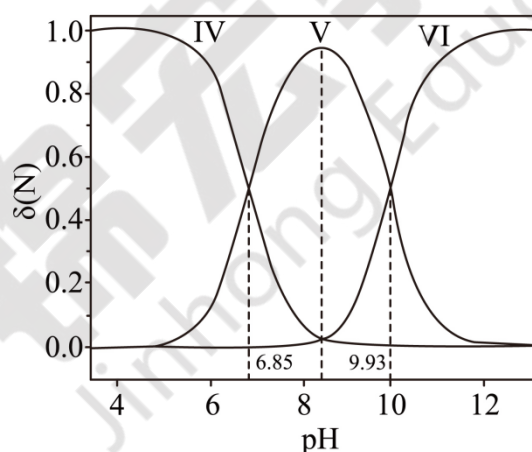


图2

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  $Ag^+ + Y \rightleftharpoons [AgY]^+$ 、

$[\text{AgY}]^+ + \text{Y} \rightleftharpoons [\text{AgY}_2]^+$ ，故随着 Y 浓度的变大， $\text{Ag}^+$  浓度变小， $[\text{AgY}]^+$  先增大后减小， $[\text{AgY}_2]^+$  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  $[\text{AgY}_2]^+$  浓度，II 表示浓度  $[\text{AgY}]^+$  浓度，III 表示  $\text{Ag}^+$  浓度；同理，调节溶液 pH，当酸性较强时， $\text{H}_2\text{Y}^{2+}$  浓度大，当碱性较强时，Y 的浓度大，故曲线 IV 表示  $\text{H}_2\text{Y}^{2+}$  浓度，曲线 V 表示  $\text{HY}^+$  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  $[\text{AgY}_2]^+$ ，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： $\text{Y} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HY}^+ + \text{OH}^-$ ，

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

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

$$K_{b1} \times K_{b2} = \frac{c(\text{HY}^+)c(\text{OH}^-)}{c(\text{Y})} \times \frac{c(\text{H}_2\text{Y}^{2+})c(\text{OH}^-)}{c(\text{HY}^+)} = \frac{c(\text{H}_2\text{Y}^{2+})c^2(\text{OH}^-)}{c(\text{Y})} = 10^{-11.22}, \text{ 由图像可知, 当}$$

$\delta(\text{H}_2\text{Y}^{2+}) = \delta(\text{Y})$  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  $K = \frac{c[\text{AgY}]^+}{c(\text{Ag}^+)c(\text{Y})}$ ，由图可知，当  $c(\text{Y}) = 10^{-4.70}$  时，

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

D.  $-\lg\left[c(\text{Y})/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})\right] = 3.00$  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

$2c[\text{AgY}_2]^+ + c[\text{AgY}]^+ + c(\text{Y}) + c(\text{HY}^+) + c(\text{H}_2\text{Y}^{2+}) = 1.15 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ ，代入数据，

$$c(\text{Y}) + c(\text{HY}^+) + c(\text{H}_2\text{Y}^{2+}) \approx 0.01 \text{ mol/L}, \text{ 则 } \delta(\text{Y}) = \frac{c(\text{Y})}{c(\text{Y}) + c(\text{HY}^+) + c(\text{H}_2\text{Y}^{2+})} = \frac{10^{-3}}{0.01} = 0.1, \text{ 由图像可}$$

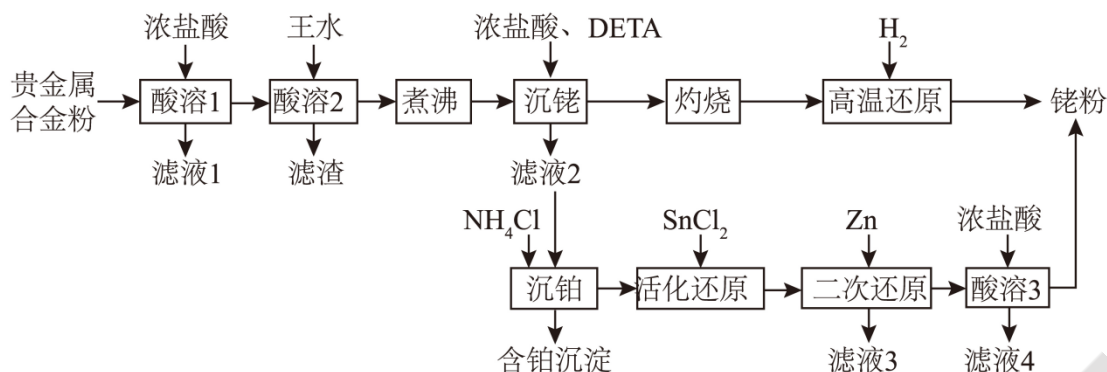
知, pH 在 8.39-9.93 之间, 此时  $c(\text{HY}^+) > c(\text{Y}) > c(\text{H}_2\text{Y}^{2+})$ ，D 错误；

故选 D。

二、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  $\text{SiO}_2$ ]中尽可能回收铑的

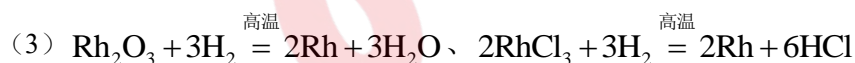
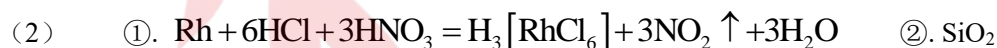
工艺流程如下：



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



(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  $H_3[RhCl_6]$ ，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  $[Rh(SnCl_3)_5]^{4-}$ ，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  $H_3[RhCl_6]$ ，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

$Rh + 6HCl + 3HNO_3 = H_3[RhCl_6] + 3NO_2 \uparrow + 3H_2O$ ；由上述分析可知该过程中滤渣的主要成分为  $SiO_2$ 。

### 【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  $Rh_2O_3 + 3H_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2Rh + 3H_2O$ 、

$2RhCl_3 + 3H_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2Rh + 6HCl$ 。

### 【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  $c(Sn^{2+}) = 1.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，当恰好生成  $Sn(OH)_2$  沉淀

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

$$c(H^+) = \frac{K_w}{c(OH^-)} = \frac{10^{-14}}{2.3 \times 10^{-12}} \approx 4.3 \times 10^{-3}, \quad pH = -\lg c(H^+) = -\lg(4.3 \times 10^{-3}) = 3 - 0.6 = 2.4, \quad \text{因此}$$

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

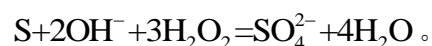
## 【小问 5 详解】

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， $\text{SnCl}_2$  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  $\text{SnCl}_2$  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  $\text{SnCl}_2$ ，因此理论上  $\text{SnCl}_2$  和 Rh(III) 反应的物质的量之比为  $(1+5):1 = 6:1$ 。

## 【小问 6 详解】

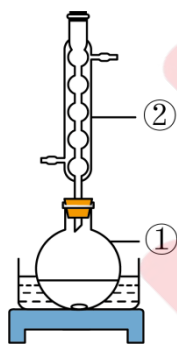
由于“二次还原”过程中，为确保  $[\text{Rh}(\text{SnCl}_3)_5]^{4-}$  完全反应，加入的 Zn 需过量，过滤后剩余 Zn 和生成物 Rh 存在于滤渣中，因此再向滤渣中加入浓盐酸的目的为：除去滤渣中未反应的 Zn。

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



主要实验步骤如下：

I. 如图所示，准确称取  $\text{mg}$  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  $100^\circ\text{C}$ ，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  $\text{cmol} \cdot \text{L}^{-1}$  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 $\text{SO}_4^{2-}$ ，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  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  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 $\text{SO}_4^{2-}$

(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  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，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 $\text{SO}_4^{2-}$ 。

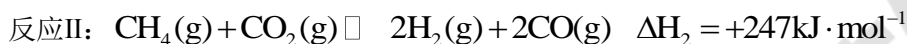
【小问 5 详解】

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  $\text{HCl}$  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.  $\text{CaCO}_3$  的热分解与  $\text{Ni}_x\text{P}_y$  催化的  $\text{CH}_4$  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)  $\text{Ca}$  位于元素周期表中\_\_\_\_\_区；基态  $\text{Ni}^{2+}$  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)  $\text{Ni}_x\text{P}$  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\_\_\_\_\_。

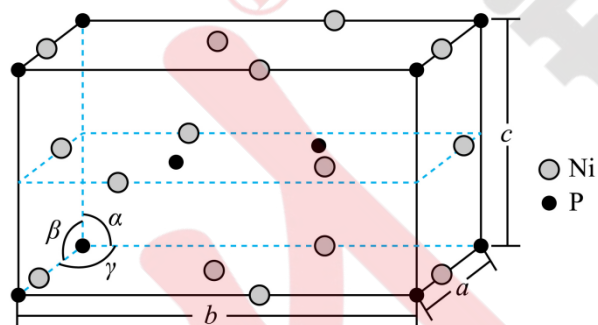


图1

- (4) 恒压条件下， $\text{CH}_4$  重整反应可以促进  $\text{CaCO}_3$  分解，原因是\_\_\_\_\_。
- (5) 在温度分别为  $T_1$ 、 $T_2$  和  $T_3$  下， $\text{CH}_4$  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\_\_\_\_\_。

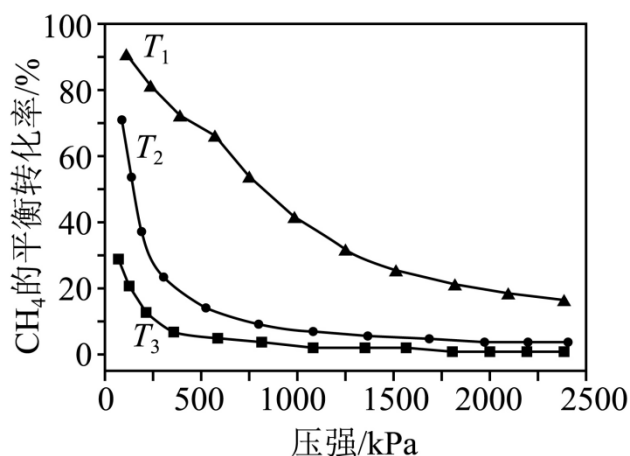


图2

(6) 一定温度、100kPa 下，向体系中加入 1.0 mol  $\text{CaCO}_3$  和 1.0 mol  $\text{CH}_4$ ，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  $\text{CaCO}_3$  转化率为 80%， $\text{CH}_4$  转化率为 60%，CO 物质的量为 1.3mol，反应 III 的平衡常数  $K_p = \underline{\hspace{2cm}}$  (保留小数点后一位)，此时原位  $\text{CO}_2$  利用率为  $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

已知：原位  $\text{CO}_2$  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) ①. s ②.  $3d^8$

(2) O 原子上存在 2 对孤电子对

(3)  $\text{Ni}_2\text{P}$  (4) 反应 II 消耗反应 I 产生的  $\text{CO}_2$ ，降低体系  $\text{CO}_2$  分压，使反应 I 平衡右移

(5) ①.  $T_1$  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  $[\text{Ar}]4s^2$ ，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  $\text{Ni}^{2+}$ ，价电子排布为  $3d^8$ ，故答案为：s； $3d^8$ 。

【小问 2 详解】

中心 O 原子有 2 个  $\sigma$  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。

【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)，故 1 个晶胞中所含 Ni 原子数为  $8 \times \frac{1}{4} + 6 \times \frac{1}{2} = 7$ ，故该晶胞的化学式为  $\text{Ni}_7\text{P}_3$ 。



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  $\text{Ni}_2\text{P}$ 。

【小问 4 详解】

$\text{CH}_4$  重整反应会消耗  $\text{CO}_2$ , 降低体系中  $\text{CO}_2$  分压, 使  $\text{CaCO}_3$  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  $\text{CO}_2$ , 降低体系  $\text{CO}_2$  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,  $\text{CH}_4$  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。

【小问 6 详解】

一定温度、100kPa 下, 向体系中加入 1.0 mol  $\text{CaCO}_3$  和 1.0 mol  $\text{CH}_4$ , 恒压反应至平衡时, 体系中  $\text{CaCO}_3$  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  $n(\text{CO}_2) = 0.8\text{mol}$ ,  $\text{CH}_4$  转化率为 60%,  $\text{CO}$  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  $n_{\text{总}} = (1.3+0.1+0.1+1.1+0.4)\text{mol} = 3\text{mol}$ ,

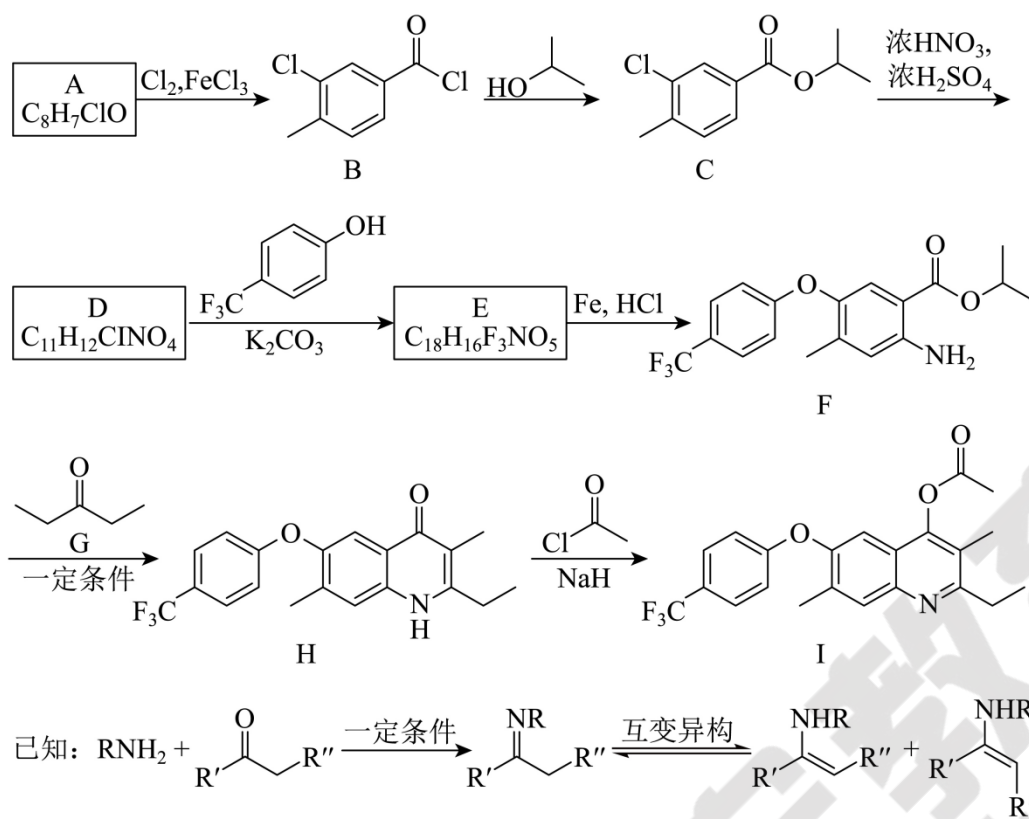
$$\text{反应III的平衡常数 } K_p = \frac{p(\text{CO}) \cdot p(\text{H}_2\text{O})}{p(\text{CO}_2) \cdot p(\text{H}_2)} = \frac{\left(\frac{1.3}{3} \times 100\text{kPa}\right) \cdot \left(\frac{0.1}{3} \times 100\text{kPa}\right)}{\left(\frac{0.1}{3} \times 100\text{kPa}\right) \cdot \left(\frac{1.1}{3} \times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

$n(\text{CaCO}_3) = (1 - 1 \times 80\%) \text{mol} = 0.2\text{mol}$ , 原位  $\text{CO}_2$  利用率为

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

70%。

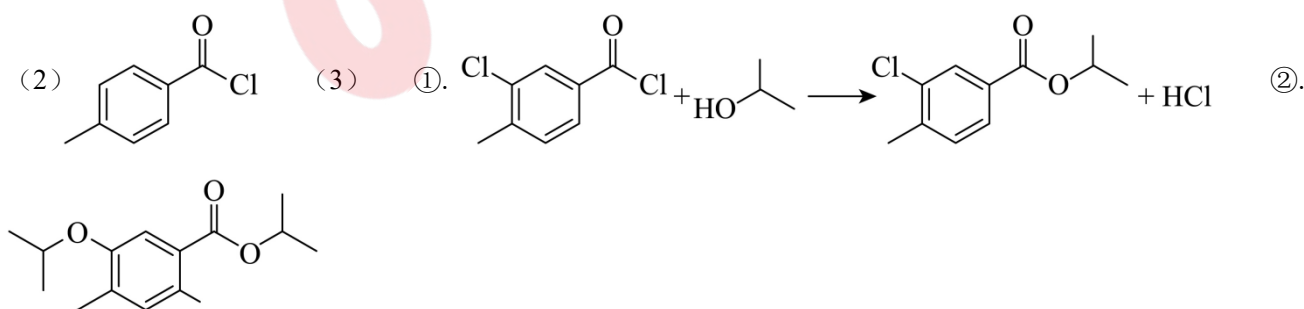
18. 化合物 I 具有杀虫和杀真菌活性, 以下为其合成路线之一(部分反应条件已简化)。



回答下列问题：

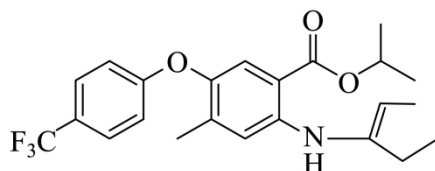
- (1) I 中含氧官能团的名称是\_\_\_\_\_。
- (2) A 的结构简式为\_\_\_\_\_。
- (3) 由 B 生成 C 的化学方程式为\_\_\_\_\_。反应时，在加热搅拌下向液体 B 中滴加异丙醇；若改为向异丙醇中滴加 B 则会导致更多副产物的生成，副产物可能的结构简式为\_\_\_\_\_ (写出一种即可)。
- (4) 由 D 生成 E 的反应类型为\_\_\_\_\_。
- (5) 由 F 生成 H 的反应中可能生成中间体 J，已知 J 的分子式为  $\text{C}_{23}\text{H}_{26}\text{F}_3\text{NO}_3$ ，则 J 的结构简式为\_\_\_\_\_ (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

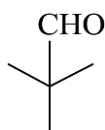
(5)



(6)

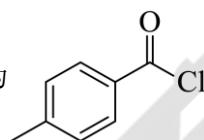
①. 6

②.

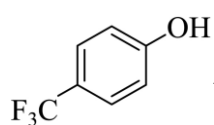
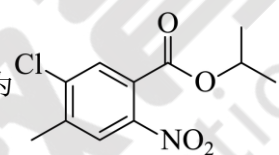


## 【解析】

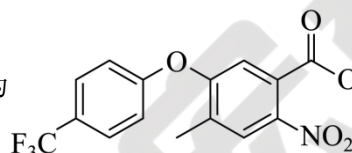
【分析】A 在氯气和氯化铁催化下生成 B，根据 B 的结构可推出 A 为



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



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】

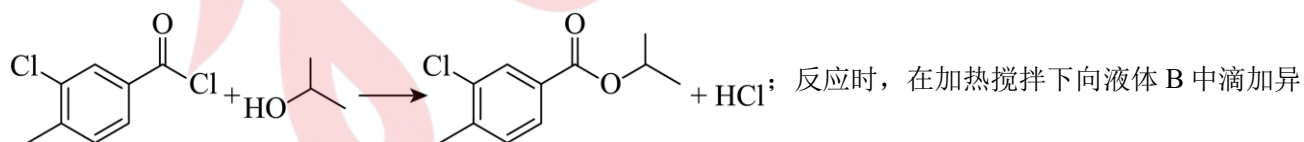
由分析可知，A 为



故答案为：

## 【小问 3 详解】

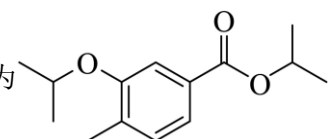
由分析可知，B 与异丙醇发生取代反应生成 C 和氯化氢，化学方程式为：



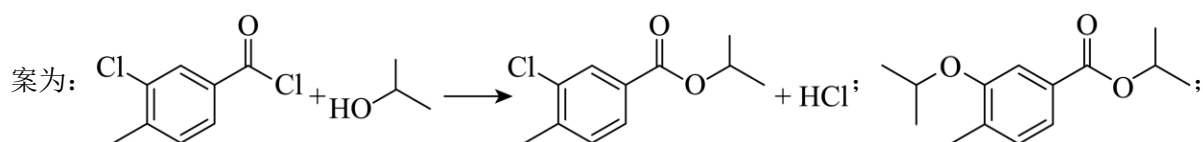
反应时，在加热搅拌下向液体 B 中滴加异

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

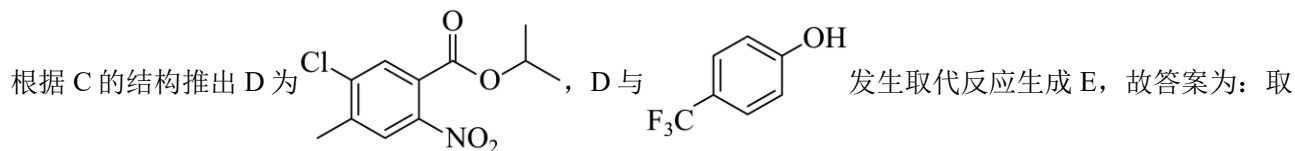
苯环上的氯原子发生取代，导致更多副产物的生成，副产物的结构简式为



，故答



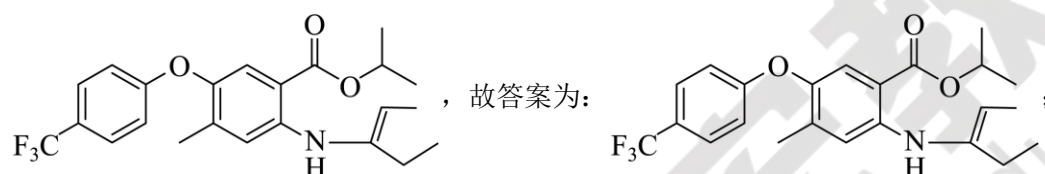
## 【小问 4 详解】



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：

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

