

江苏省姜堰、南菁、金陵、前黄中学 2026 届高三上学期 12 月联考 化学试题

注意事项:

1. 本试卷分选择题和非选择题两部分,共 100 分。考试时间 75 分钟。
2. 答案全部写在答题卡上,写在试题纸上一律无效。
3. 可能用到的相对原子质量: $H-1$ $I-127$ $C-12$ $N-14$ $O-16$ $Mg-24$ $S-32$
 $Cl-35.5$ $K-39$ $Co-59$

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

1. 2025 年诺贝尔化学奖与金属有机框架(MOFs)的研发有关。MOFs 以金属为节点、有机分子为连接,形成具有规则多孔结构、内部表面积巨大的化合物。因金属及有机分子的不同,MOFs 种类很多。下列关于 MOFs 说法不正确的是

- A. 可用于二氧化碳的捕捉
B. 可作氢气、甲烷等存储材料
C. 可制作具有活性位点多的催化剂
D. 属于硅酸盐材料

【答案】D

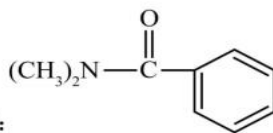
【详解】A. MOFs 具有多孔结构和高表面积,适合吸附二氧化碳, A 正确;

B. 多孔结构能有效存储气体如氢气和甲烷, B 正确;

C. 金属节点和巨大表面积可提供丰富的催化活性位点, C 正确;

D. MOFs 由金属和有机配体构成,属于配位聚合物,而非硅酸盐材料, D 错误;
故选 D。

2. 下列化学用语表达正确的是



- A. N,N -二甲基苯甲酰胺的结构简式:

3d

4s

- B. 基态 Fe^{2+} 离子的价电子排布图为:

↑	↑	↑	↑	
---	---	---	---	--

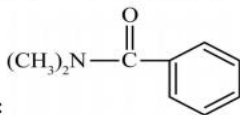
↓	↑
---	---

- C. O_3 分子的球棍模型:

- D. CaO_2 的电子式: $[: \ddot{O} :]^- Ca^{2+} [: \ddot{O} :]^-$

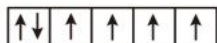
【答案】A

【详解】A. N,N -二甲基苯甲酰胺中的氮原子与苯环直接相连的碳原子相连,同时该氮原子还与

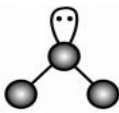


两个甲基相连,结构简式为: ,故 A 正确;

B. 基态 Fe^{2+} 的价电子排布应为 $3d^6$, Fe 原子失电子时先失 4s 电子,故 Fe^{2+} 无 4s 电子,价电子排布

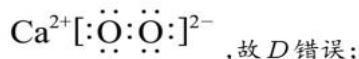


图为: $3d$, 故 B 错误;



C . O_3 分子为三原子 V 形结构, 为臭氧分子的 $VSEPR$ 模型, 故 C 错误;

D . CaO_2 是由钙离子和过氧根离子构成的, 过氧根中两个氧原子之间形成共价键, 电子式为



, 故 D 错误;

故答案选 A 。

3. $Ca_5(PO_4)_3F$ 晶体可作激光发射材料。下列说法正确的是

A . 半径: $r(Ca^{2+}) > r(P^{3-})$

B . 第一电离能: $I_1(P) > I_1(S)$

C . 键角: $PH_3 > NH_3$

D . 电负性: $\chi(O) > \chi(F)$

【答案】 B

【详解】 A . 具有相同电子层结构的离子, 核电荷数越大, 离子半径越小, Ca^{2+} 和 P^{3-} 均为 18 电子结构, 但 Ca 原子序数大于 P , 故 $r(Ca^{2+}) < r(P^{3-})$, A 错误;

B . 同周期元素第一电离能从左至右呈增大趋势, 但第 VA 族元素 (P) 因 p 轨道半充满状态更稳定, 其第一电离能高于相邻的第 VI 族元素 (S), 故 $I_1(P) > I_1(S)$, B 正确;

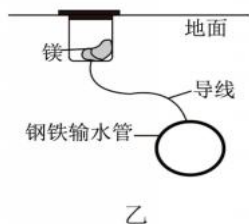
C . NH_3 中 N 电负性大于 PH_3 中 P , 成键电子对更靠近中心原子, 键角更大, 故 PH_3 键角小于 NH_3 , C 错误;

D . 同周期元素电负性从左至右递增, F 在 O 右侧且为电负性最大元素, 故 $\chi(F) > \chi(O)$, D 错误; 故选 B 。

4. 下列装置或操作能达到实验目的的是



甲



乙



丙



丁

A . 甲: 除去 $Fe(OH)_3$ 胶体中的 $NaCl$ 溶液

B . 乙: 利用牺牲阳极的阴极保护法来保护钢铁输水管

C . 丙: 测定 KI 溶液的浓度

D . 丁: 可通过关闭 a , 打开 b , 观察水是否能顺利滴下来判断装置的气密性

【答案】 B

【详解】 A . $Fe(OH)_3$ 胶体和溶液都能透过滤纸, 不能用过滤的方法除去 $Fe(OH)_3$ 胶体中的 $NaCl$ 溶液, A 错误;

B . Mg 比 Fe 活泼, 将 Mg 与钢铁输水管相连, Mg 作负极, 钢铁作正极被保护, 属于牺牲阳极的阴极保护法, B 正确;

C. 溴水具有氧化性,应该放在酸式滴定管种, C 错误;

D. 可通过关闭 a, 打开 b, 不管装置气密性是否良好, 水都能顺利滴下, D 错误;

故选 B。

阅读下列材料, 完成下面小题:

周期表中第 VIA 族元素的单质及其化合物应用广泛。O₃、H₂O₂ 等都是生产中常见的氧化剂; H₂S 的燃烧热为 586 kJ·mol⁻¹; 单质硒可以用作光敏材料, 工业上可由甲酸与含亚硒酸 (H₂SeO₃) 的废液在 103°C 反应制得; 我国科学家还研发了一种硒电池, 放电时总反应为 $Se + 2CuSO_4 + 2Zn = Cu_2Se + 2ZnSO_4$, 其表现出了超强的电容量和出色的循环性能。

5. 下列说法正确的是

A. H₂O₂ 分子中所有原子在同一直线上

B. H₂S 晶体属于共价晶体

C. SeO₃²⁻ 的空间构型是平面三角形

D. 1 mol H₂SeO₃ 中含有 5 mol σ 键

6. 下列物质的结构与性质或性质与用途具有对应关系的是

A. O₃ 是极性分子, O₃ 可溶于水

B. 键能: H—O > S—H, 沸点: H₂O > H₂S

C. CuSO₄ 溶液有酸性, 可用于泳池的杀菌消毒

D. H₂O₂ 有氧化性, 可用于和 Ba(OH)₂ 反应制备 BaO₂

7. 下列化学反应表示正确的是

A. H₂S 稀溶液中通入少量 SO₂ 气体: $H_2S + 3SO_2 = 2S \downarrow + 2H_2SO_3$

B. H₂S 燃烧的热化学方程式: $2H_2S(g) + 3O_2(g) = 2SO_2(g) + 2H_2O(g) \Delta H = -1172 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

C. H₂SeO₃ 制取单质硒的化学方程式: $2HCOOH + H_2SeO_3 \xrightarrow{103^\circ C} Se + 2CO_2 \uparrow + 3H_2O$

D. 硒电池放电时正极反应式: $Se + 2Cu^{2+} - 4e^- = Cu_2Se$

【答案】5. D 6. A 7. C

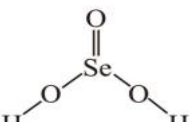
【解析】

【5 题详解】

A. H₂O₂ 空间结构为二面角形, 分子中 H 原子没有与两个 O 原子在同一直线上, A 错误;

B. H₂S 晶体由分子构成, 属于分子晶体, B 错误;

C. 根据价层电子对互斥理论可知, SeO₃²⁻ 的中心原子 Se 的价层电子对数为 $3 + \frac{6+2-3 \times 2}{2} = 3 + 1 = 4$, 中心原子的孤电子对数为 1, 空间构型是三角锥形, C 错误;

D. H₂SeO₃ 分子结构式:  由图可知 1 个 H₂SeO₃ 分子中含有 5 个 σ 键, 故 1 mol H₂SeO₃ 中含有 5 mol σ 键, D 正确;

故答案选 D;

【6 题详解】

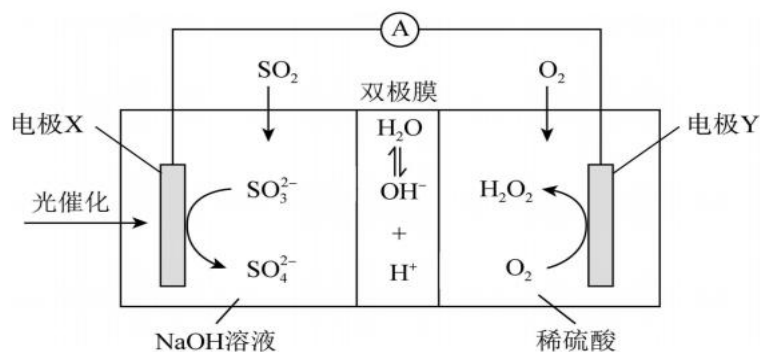
A. O₃ 为 V 型结构, 属于极性分子, 根据相似相溶原理, O₃ 可溶于水 (极性溶剂), A 正确;

- B. H_2O 的沸点大于 H_2S 的沸点的原因是 H_2O 分子间有氢键,与键能大小无关, B 错误;
 C. $CuSO_4$ 溶液的杀菌作用源于含重金属离子 Cu^{2+} (有毒性,使蛋白质变性),与溶液的酸性无关, C 错误;
 D. H_2O_2 具有弱酸性,可以和 $Ba(OH)_2$ 反应制备 BaO_2 ,与 H_2O_2 的氧化性无关, D 错误;
 故答案选 A;

【7 题详解】

- A. H_2S 稀溶液与少量 SO_2 气体发生氧化还原反应: $2H_2S + SO_2 = 3S \downarrow + 2H_2O$, A 错误;
 B. 燃烧热是生成液态水时放出的热量, H_2S 燃烧的热化学方程式应为: $2H_2S(g) + 3O_2(g) = 2SO_2(g) + 2H_2O(l) \Delta H = -1172 kJ \cdot mol^{-1}$, 水的状态应该是液态而非气态, B 错误;
 C. H_2SeO_3 具有氧化性,甲酸 $HCOOH$ 具有还原性,故二者在一定条件下可发生氧化还原反应:
 $2HCOOH + H_2SeO_3 \xrightarrow{103^\circ C} Se + 2CO_2 \uparrow + 3H_2O$, 方程式的原子守恒、得失电子守恒均成立, C 正确;
 D. 硒电池放电时,正极得到电子发生还原反应: $Se + 2Cu^{2+} + 4e^- = Cu_2Se$, D 错误;
 故答案选 C。

8. 上海交通大学利用光电催化脱除 SO_2 与制备 H_2O_2 相耦合,高效协同转化过程如图(在电场作用下,双极膜中间层的 H_2O 解离为 OH^- 和 H^+ ,并向两极迁移)。下列说法中正确的是



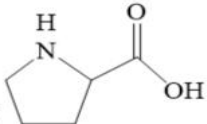
- A. 电流的转移方向为电极 $Y \rightarrow$ 电解质溶液 $\rightarrow$ 电极 X
 B. 每消耗标准状况下 $22.4L$ 氧气,转移 $4mol$ 电子
 C. 当生成 $0.1mol H_2O_2$ 时,负极区溶液质量增重 $13.2g$
 D. 协同转化总反应: $SO_2 + 2H_2O + O_2 = H_2O_2 + H_2SO_4$

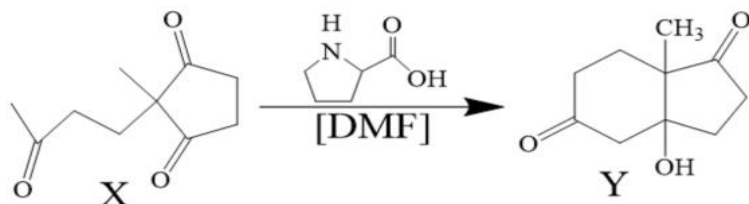
【答案】D

- 【详解】A. 由分析可知,左侧电极为负极,右侧电极为正极,电流的转移方向为电极 $X \rightarrow$ 电解质溶液 $\rightarrow$ 电极 Y , A 错误;
 B. 右侧电极发生反应 O_2 转化为 H_2O_2 , 电极方程式为: $O_2 + 2e^- + 2H^+ = H_2O_2$, 每消耗标准状况下 $22.4L$ 氧气,氧气的物质的量为 $1mol$,转移 $2mol$ 电子, B 错误;
 C. 由电极反应式 $O_2 + 2e^- + 2H^+ = H_2O_2$, 生成 $0.1mol H_2O_2$ 时,有 $0.2mol$ 电子转移,负极区变化为 $4OH^- + SO_2 - 2e^- = SO_4^{2-} + H_2O$, 有 $0.2mol$ 电子转移时,吸收 $0.1mol SO_2$, 同时双极膜将水解离产生的 OH^- 有 $0.2mol$ 移向负极区, 负极区溶液增加 $0.1mol \times 64g/mol + 0.2mol \times 17g/mol = 9.8g$, C 错误;
 D. 由电极反应式 $O_2 + 2e^- + 2H^+ = H_2O_2$, $4OH^- + SO_2 - 2e^- = SO_4^{2-} + H_2O$ 可知,协同转化总反应

为： $SO_2 + 2H_2O + O_2 = H_2O_2 + H_2SO_4$ ，D 正确；
故选 D。

9. 2021 年诺贝尔化学奖授予 Benjamin List 和 David W.C. MacMillan，以奖励他们“对于有机小

分子不对称催化的重要贡献”。脯氨酸 () 催化分子内的羟醛缩合反应：



下列说法错误的是

- A. X 和 Y 互为同分异构体
- B. X 和 Y 分子中都含有手性碳原子
- C. 脯氨酸既可以与盐酸反应又可以与 NaOH 溶液反应
- D. 1.0 mol 脯氨酸与足量 $NaHCO_3$ 溶液反应，生成 44g CO_2

【答案】B

【详解】A. 由题干有机物结构简式可知，X 和 Y 的分子式均为 $C_{10}H_{14}O_3$ ，结构不同，故互为同分异构体，A 正确；

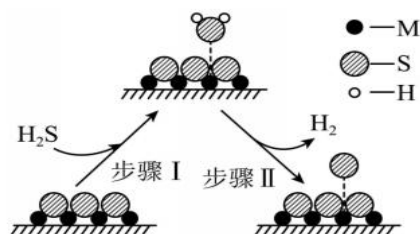
B. 手性碳原子是指同时连有四个互不相同的原子或原子团的碳原子，由题干有机物结构简式可知，X 中不存在手性碳原子，Y 分子中分别与 $-CH_3$ 和 $-OH$ 相连的两个碳原子为手性碳原子，B 错误；

C. 由题干有机物结构简式可知，脯氨酸含有羧基和氨基，故其既可以与盐酸反应又可以与 NaOH 溶液反应，C 正确；

D. 1.0 mol 脯氨酸含有 1 mol 羧基，故与足量 $NaHCO_3$ 溶液反应，生成 1 mol 即 $1\text{mol} \times 44\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} = 44\text{g}$ CO_2 ，D 正确；

故答案为：B。

10. 金属硫化物 (M_xS_y) 催化反应 $CH_4(g) + 2H_2S(g) \rightleftharpoons CS_2(g) + 4H_2(g) \Delta H$ ，TC 时，平衡常数为 K。该反应既可以除去天然气中的 H_2S ，又可以获得 H_2 。下列说法正确的是



- A. $T^{\circ}C$ 时,若 $\frac{c(CS_2) \cdot c^4(H_2)}{c(CH_4) \cdot c^2(H_2S)} < K$ 时,则 $v_{正} > v_{逆}$
- B. 选择金属硫化物 (M_xS_y) 作催化剂可以提高活化分子百分数, ΔH 减少
- C. 题图所示的反应机理中,升高温度,步骤 I 中催化剂吸附 H_2S 的能力一定增强
- D. 该反应中每消耗 $1mol H_2S$,转移电子的数目约为 $2 \times 6.02 \times 10^{23}$

【答案】A

【详解】A. $T^{\circ}C$ 时,反应的平衡常数为 $\frac{c(CS_2) \cdot c^4(H_2)}{c(CH_4) \cdot c^2(H_2S)}$,若任意时刻 $\frac{c(CS_2) \cdot c^4(H_2)}{c(CH_4) \cdot c^2(H_2S)} < K$ 时,则 $v_{正} > v_{逆}$, A 正确;

B. 催化剂可以加快反应速率,但是不能改变 ΔH , B 错误;

C. 吸附一般是放热的,所以,只要达到了吸附平衡,升高温度会使吸附量下降, C 错误;

D. 由方程式知,消耗 $1mol H_2S$ 同时生成 $2mol H_2$,转移 $4mol e^{-}$,数目为 $4 \times 6.02 \times 10^{23}$, D 错误;

故选 A。

11. 室温下,下列实验方案能达到实验目的的是

选项	实验方案	实验目的
A	向 $5mL 1mol \cdot L^{-1} FeI_2$ 溶液中先滴加几滴新制氯水,再滴加几滴 $KSCN$ 溶液,观察现象	验证氧化性: $Cl_2 > Fe^{3+}$
B	测量 $0.1mol \cdot L^{-1} CH_3COONH_4$ 溶液的 pH	比较 $K_b(NH_3 \cdot H_2O)$ 与 $K_a(CH_3COOH)$ 的大小
C	向 Na_2CO_3 稀溶液中通入足量 CO_2 气体,观察现象	验证溶解度: $Na_2CO_3 > NaHCO_3$
D	将红热的木炭投入浓 HNO_3 中,有红棕色气体产生	证明木炭具有还原性

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

【答案】B

【详解】A. 向 FeI_2 溶液中加氯水, I^{-} 优先被氧化, Fe^{2+} 可能未被氧化,加 $KSCN$ 不变红,无法验证 $Cl_2 > Fe^{3+}$, A 不能达到实验目的;

B. 测量 CH_3COONH_4 溶液的 pH ,若 $pH = 7$ 则 $K_b(NH_3 \cdot H_2O) = K_a(CH_3COOH)$,若 $pH > 7$ 则 $K_b > K_a$,若 $pH < 7$ 则 $K_b < K_a$,能比较大小, B 能达到实验目的;

C. 向 Na_2CO_3 稀溶液通入 CO_2 ,生成 $NaHCO_3$,但稀溶液可能无沉淀析出,无法验证溶解度大小, C 不能达到实验目的;

D. 将红热木炭投入浓 HNO_3 ,产生红棕色 NO_2 气体,可能是浓硝酸受热分解产生 NO_2 气体,不能说明木炭在加热条件下能与浓硝酸反应,因此不能说明木炭具有还原性, D 不能达到实验目的;

故答案选 B。

12. 某小组做如下两组实验:

实验 I:测得 $0.1mol/L NaHCO_3$ 溶液 $pH = 8.3$

实验 II:向 $0.1mol/L FeCl_2$ 溶液中加入等体积 $0.1mol/L NaHCO_3$ 溶液,有沉淀和少量气泡

{已知: $K_{sp}[Fe(OH)_2] = 8.0 \times 10^{-16}$, $K_{sp}(FeCO_3) = 3.2 \times 10^{-11}$, H_2CO_3 : $K_{a1} = 4.5 \times 10^{-7}$, $K_{a2} = 4.7 \times$

10^{-11} },

下列说法正确的是

A. 将 0.1mol/L NaHCO_3 溶液稀释到 0.05mol/L 溶液 pH 几乎不变

B. 0.1mol/L NaHCO_3 溶液存在: $c(\text{Na}^+) > c(\text{HCO}_3^-) > c(\text{H}^+) > c(\text{CO}_3^{2-}) > c(\text{OH}^-)$

C. 实验 II 中主要发生的离子方程式为 $\text{Fe}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- = \text{Fe}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{CO}_2 \uparrow$

D. 要得到更纯净的 FeCO_3 固体可采用向 $0.1\text{mol/L Na}_2\text{CO}_3$ 溶液中加入 0.1mol/L FeCl_2 溶液方法

【答案】D

【详解】A. NaHCO_3 溶液显碱性, 稀释后碳酸氢根水解程度增大, 但是氢氧根浓度减小, pH 减小, 故 A 错误;

B. NaHCO_3 溶液显碱性, $c(\text{OH}^-)$ 大于 $c(\text{H}^+)$, 说明碳酸氢根以水解为主, 则离子浓度由大到小顺序为: $c(\text{Na}^+) > c(\text{HCO}_3^-) > c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+) > c(\text{CO}_3^{2-})$, 故 B 错误;

C. 如果发生反应: $\text{Fe}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- = \text{Fe}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{CO}_2 \uparrow$, 将其写为: $\text{Fe}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- + 2\text{H}_2\text{O} =$

$\text{Fe}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{H}_2\text{CO}_3$, 化学平衡常数 $K_1 = \frac{c^2(\text{H}_2\text{CO}_3)}{c^2(\text{HCO}_3^-)c(\text{Fe}^{2+})} = \frac{c^2(\text{H}_2\text{CO}_3)c^2(\text{H}^+)}{c^2(\text{HCO}_3^-)c^2(\text{H}^+)c(\text{Fe}^{2+})} = \frac{1}{(K_{a1})^2}$

$\times \frac{c^2(\text{H}^+)}{c(\text{Fe}^{2+})} = \frac{1}{(K_{a1})^2} \times \frac{\frac{(K_w)^2}{c^2(\text{OH}^-)}}{c(\text{Fe}^{2+})} = \frac{1}{(K_{a1})^2} \times \frac{(K_w)^2}{K_{sp}[\text{Fe}(\text{OH})_2]} = \frac{1 \times 10^{-28}}{(4.5 \times 10^{-7})^2 \times 8.0 \times 10^{-16}} \approx 0.62$, 如果

发生反应 $\text{Fe}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- = \text{FeCO}_3 \downarrow + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$, 其化学平衡常数 $K_2 = \frac{c(\text{H}_2\text{CO}_3)}{c^2(\text{HCO}_3^-)c(\text{Fe}^{2+})} =$

$\frac{c(\text{H}_2\text{CO}_3)c^2(\text{CO}_3^{2-})}{c^2(\text{HCO}_3^-)c(\text{Fe}^{2+})c^2(\text{CO}_3^{2-})} = \frac{c(\text{H}_2\text{CO}_3)c^2(\text{CO}_3^{2-})}{c^2(\text{HCO}_3^-)} \times \frac{1}{K_{sp}(\text{FeCO}_3)} = \frac{K_{a2}}{K_{a1}} \times \frac{1}{K_{sp}(\text{FeCO}_3)} =$

$\frac{4.7 \times 10^{-11}}{4.5 \times 10^{-7} \times 3.2 \times 10^{-11}} \approx 3.3 \times 10^6$, K_2 远大于 K_1 , 故向 0.1mol/L FeCl_2 溶液中加入等体积 0.1mol/L

NaHCO_3 溶液, 会生成 FeCO_3 和 CO_2 , 离子方程式为: $\text{Fe}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- = \text{FeCO}_3 \downarrow + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$, 故 C 错误;

D. 由 C 可知, 要得到更纯净的 FeCO_3 固体可采用向 $0.1\text{mol/L Na}_2\text{CO}_3$ 溶液中加入 0.1mol/L FeCl_2 溶液方法, 故 D 正确;

答案选 D。

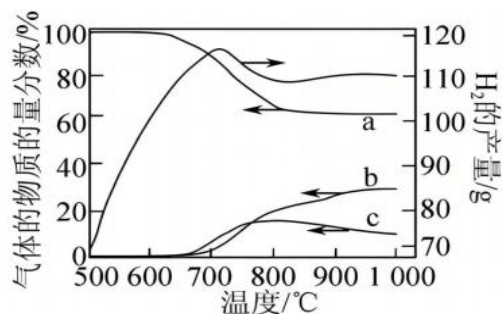
13. 水煤气法制 H_2 的主要反应 (忽略其他副反应) 如下:

① $\text{C}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}); \Delta H = 131.7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

② $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}); \Delta H = -43.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

③ $\text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) = \text{CaCO}_3(\text{s}); \Delta H = -178.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

将一定量的 $\text{C}(\text{s})$ 和 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 投入恒压密闭容器中, 再加入适量 $\text{CaO}(\text{s})$, 在不同温度下反应达平衡后, 分别对容器中气体取样进行分析 (忽略其中的水蒸气, 仅考虑其他成分), 所得 CO 、 CO_2 和 H_2 的物质的量分数及 H_2 的产量随温度变化如图所示。下列说法正确的是



- A. 制备高纯度的 H_2 最佳温度范围约为 $800 \sim 1\,000\,^{\circ}\text{C}$
 B. 图中曲线 b 表示 CO_2 的物质的量分数随温度的变化
 C. 从 $750\,^{\circ}\text{C}$ 升高至 $800\,^{\circ}\text{C}$, 反应①正向进行程度小于反应②逆向进行程度
 D. $800\,^{\circ}\text{C}$ 时对平衡体系加压, 重新达平衡后 $c(CO_2)$ 增大

【答案】C

【详解】A. 从图中可见, 约在 $700\,^{\circ}\text{C}$ 时, 体系中 H_2 的体积分数最高, 随后随温度继续升高而下降, 说明要制得高纯度的 H_2 , 其最适宜温度为: $700\,^{\circ}\text{C}$, A 错误;

B. 由于加入了 CaO 会将生成的 CO_2 不断吸收且随温度升高消耗更多, 含量降低, 故平衡混合气中 CO_2 含量始终最小, 根据分析, 曲线 c 才表示 CO_2 的物质的量分数随温度的变化, B 错误;

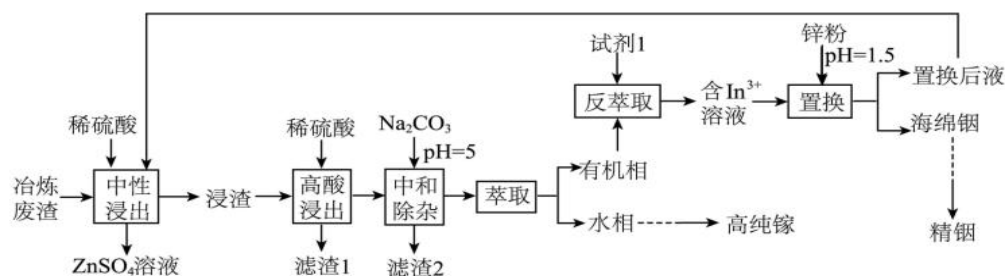
C. 随温度由 $750\,^{\circ}\text{C}$ 上升到 $800\,^{\circ}\text{C}$, 图中 H_2 的含量略有下降, 说明吸热反应①正向进行增强的程度小于放热反应②反向进行增强的程度, 从而导致 H_2 含量减小, C 正确;

D. 在 $800\,^{\circ}\text{C}$ 时若对体系加压, 反应③的平衡常数不变, 所以重新平衡后气相中 $c(CO_2)$ 不变, D 错误;

故答案为: C。

二、非选择题: 本题共 4 小题, 共 61 分。

14. 稀有金属铟 (In)、镓 (Ga) 被广泛应用于电子、航空航天等高新技术领域。某锌冶炼厂产生的废渣中主要含 In 、 Ga 、 Zn 、 Fe 、 Pb 、 Si 等元素的氧化物, 现通过如下工艺流程对铟、镓进行回收。



已知: “高酸浸出”后铟以 In^{3+} 形式、铁以 Fe^{3+} 形式存在于溶液中。

回答下列问题:

(1) 基态 In 原子的价层电子排布式为 $5s^2 5p^1$, In 元素在周期表中的位置是 _____。

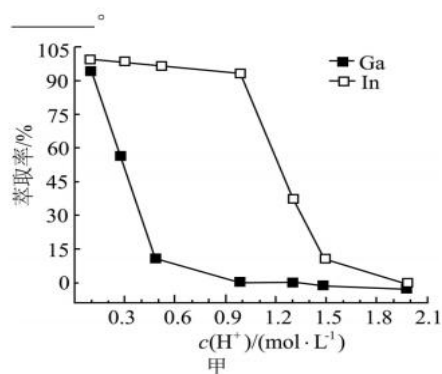
(2) “高酸浸出”中滤渣 1 的主要成分是 _____ (填化学式)。

(3) “中和除杂”中, 通过计算说明常温下所需除去的离子能否完全除尽: _____。 { 已知:

$K_{sp}[Fe(OH)_3] = 1 \times 10^{-38}$, $K_{sp}[Fe(OH)_2] = 1 \times 10^{-17}$; 当金属阳离子浓度 $c \leq 1 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 可认

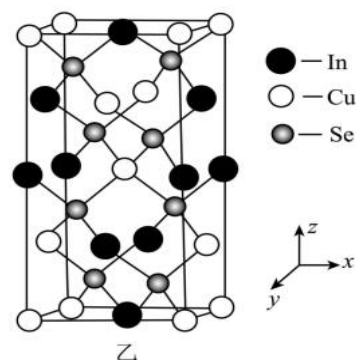
为该离子沉淀完全。

(4) 采用新型萃取剂 (H_2A_2) 协同萃取法可提高金属的综合回收率, 溶液中金属阳离子 M^{3+} 的萃取原理为 $M^{3+} + 3H_2A_2 \xrightleftharpoons[\text{反萃取}]{\text{萃取}} MA_3 \cdot 3HA + 3H^+$ 。“萃取”步骤中 Ga^{3+} 、 In^{3+} 的萃取率随 $c(H^+)$ 变化如图甲所示, 为达到萃取目的, 此时 $c(H^+)$ 应约为 $\underline{\hspace{2cm}} mol \cdot L^{-1}$, 萃取率随 $c(H^+)$ 增大而减小的原因是



(5) “置换”中发生的主要反应离子方程式为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

(6) CIGS 薄膜太阳能电池以其转化率高、光谱响应范围宽等优势作为公认的第二代太阳能电池, 形成 CIGS 的固溶体之一的晶胞由闪锌矿结构嵌套而成, 该晶胞结构如图乙所示。



①该固溶体的化学式为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

② In 的配位数是 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

【答案】(1) 第五周期 IIIA 族

(2) $PbSO_4$ 、 SiO_2

(3) “中和除杂”中 $pH = 5$, $c(OH^-) = 10^{-9} mol \cdot L^{-1}$, $c(Fe^{3+}) = \frac{K_{sp}[Fe(OH)_3]}{c^3(OH^-)} = \frac{1 \times 10^{-38}}{(10^{-9} mol \cdot L^{-1})^3} = 10^{-11} mol \cdot L^{-1} < 10^{-5} mol \cdot L^{-1}$, 故 Fe^{3+} 沉淀完全

(4) ①. 1.0 ②. 随 $c(H^+)$ 增大, $M^{3+} + 3H_2A_2 \xrightleftharpoons[\text{反萃取}]{\text{萃取}} MA_3 \cdot 3HA + 3H^+$ 平衡逆移, 金属离子在水中的浓度增大, 萃取率降低

(5) $2In^{3+} + 3Zn = 2In + 3Zn^{2+}$

(6) ①. $CuInSe_2$ ②. 4

【小问 1 详解】

基态 In 原子的价层电子排布式为 $5s^25p^1$, 故最外层在第五层属于第五周期, 价电子数为三, 故属于第 IIIA 族, In 元素在周期表中的位置是第五周期 IIIA 族。

【小问 2 详解】

“高酸浸出”流程中 In 、 Ga 、 Zn 、 Fe 的氧化物与稀硫酸反应形成易溶于水的硫酸盐进入“中和除杂”、 Pb 的氧化物与硫酸反应生成难溶物 $PbSO_4$ 进入“滤渣 1”、 Si 的氧化物 SiO_2 不与稀硫酸反应进入“滤渣 1”, 滤渣 1 的主要成分是 $PbSO_4$ 、 SiO_2 。

【小问 3 详解】

“中和除杂”中 $pH=5$, $c(OH^-)=10^{-9}mol \times L^{-1}$, $c(Fe^{3+})=\frac{K_{sp}[Fe(OH)_3]}{c^3(OH^-)}=\frac{1 \times 10^{-38}}{(10^{-9}mol \cdot L^{-1})^3}=10^{-11}mol \cdot L^{-1}<10^{-5}mol \cdot L^{-1}$, 故 Fe^{3+} 沉淀完全。

【小问 4 详解】

萃取率是金属离子进入有机相的百分数, “萃取”步骤中 Ga^{3+} 进入水相、 In^{3+} 进入有机相, 故要求 Ga^{3+} 的萃取率最小、 In^{3+} 的萃取率最大, $c(H^+)$ 约为 $1.0mol \cdot L^{-1}$ 可达到比较好的萃取目的。

随 $c(H^+)$ 增大, $M^{3+}+3H_2A_2 \xrightleftharpoons[\text{反萃取}]{\text{萃取}} MA_3 \cdot 3HA + 3H^+$ 平衡逆移, 金属离子在水中的浓度增大, 萃取率降低。

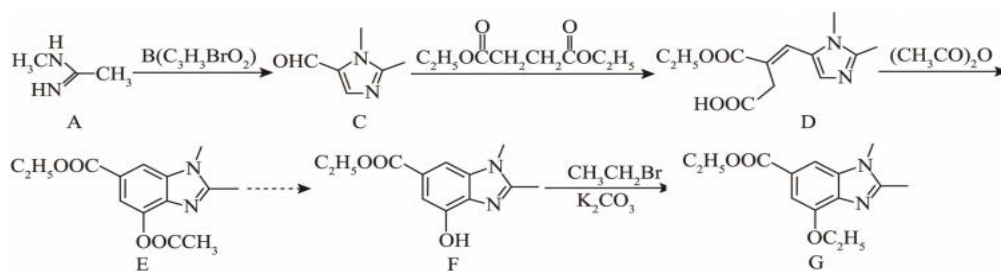
【小问 5 详解】

“置换”中 In^{3+} 与 Zn 发生置换反应, 主要反应离子方程式为 $2In^{3+}+3Zn=2In+3Zn^{2+}$ 。

【小问 6 详解】

- ①根据均摊法, In 位于晶胞的面心和棱心, 个数 $=6 \times \frac{1}{2} + 4 \times \frac{1}{4} = 4$; Cu 位于晶胞的顶点、面心和体心, 个数 $=4 \times \frac{1}{2} + 8 \times \frac{1}{8} + 1 = 4$; Se 位于晶胞内部共 8 个; 该固溶体的化学式为 $CuInSe_2$ 。
- ② In 和 Cu 均与 Se 成键, 最上面面心处 In 与 2 个 Se 距离相等且最近, 该 In 上方也有 2 个 Se , 故配位数是 4。

15. 有机物 G 可以通过如下路线进行合成:



(1) 有机物 B 只有一种含氧官能团且能发生银镜反应, B 的结构简式为_____。



(2) 有机物 C 中含有咪唑 () 的结构, 咪唑与苯性质相似, 且所有原子均位于同一平面。咪唑分子中轨道杂化方式为 sp^2 杂化的原子共有_____个。

(3) $F \rightarrow G$ 的反应条件除用 K_2CO_3 外, 也可以选择下列物质中的_____ (填字母)。

A. 浓硫酸

B. H_2 , 催化剂

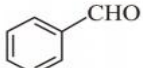
C. $(C_2H_5)_3N$

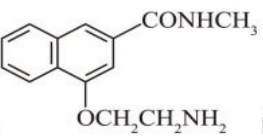
(4) *F* 的一种同分异构体满足下列条件, 写出该同分异构体的结构简式: _____。

①能与 NaHCO_3 溶液反应, 能发生水解反应。

②水解后所得两种有机产物的碳原子数相同, 且均含有 2 种化学环境不同的氢, 其中一种水解产物具有顺反异构体。

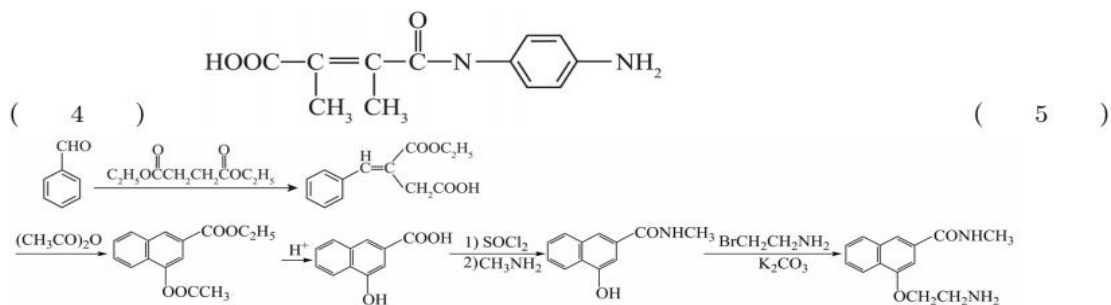
(5) 已知: $\text{RCOOH} \xrightarrow[\text{② } \text{R}'\text{NH}_2]{\text{① } \text{SOCl}_2} \text{RCONHR}'$ (R 、 R' 表示 H 或烃基)。

写出以 、 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OOCCH}_2\text{CH}_2\text{COOC}_2\text{H}_5$ 、 $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$ 、 CH_3NH_2 、 $\text{BrCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ 为原料制

备  的合成路线流程图 _____ (无机试剂和有机溶剂任用, 合成路线流程图示例见本题题干)。

【答案】(1) OHCCHBrCHO

(2) 5 (3) *C*

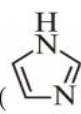


【解析】

【小问 1 详解】

有机物 *B* 只有一种含氧官能团且能发生银镜反应, 说明其中含有醛基, 结合 *B* 的分子式可以推知 *B* 为 OHCCHBrCHO 。

【小问 2 详解】

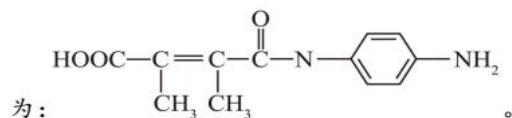
有机物 *C* 中含有咪唑 () 的结构, 咪唑与苯性质相似, 且所有原子均位于同一平面。咪唑分子中轨道杂化方式为 sp^2 杂化的原子为氮原子和碳原子, 共有 5 个。

【小问 3 详解】

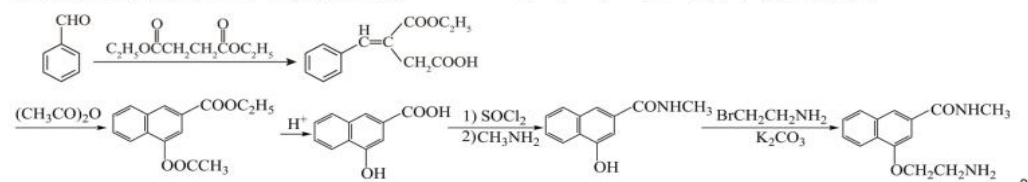
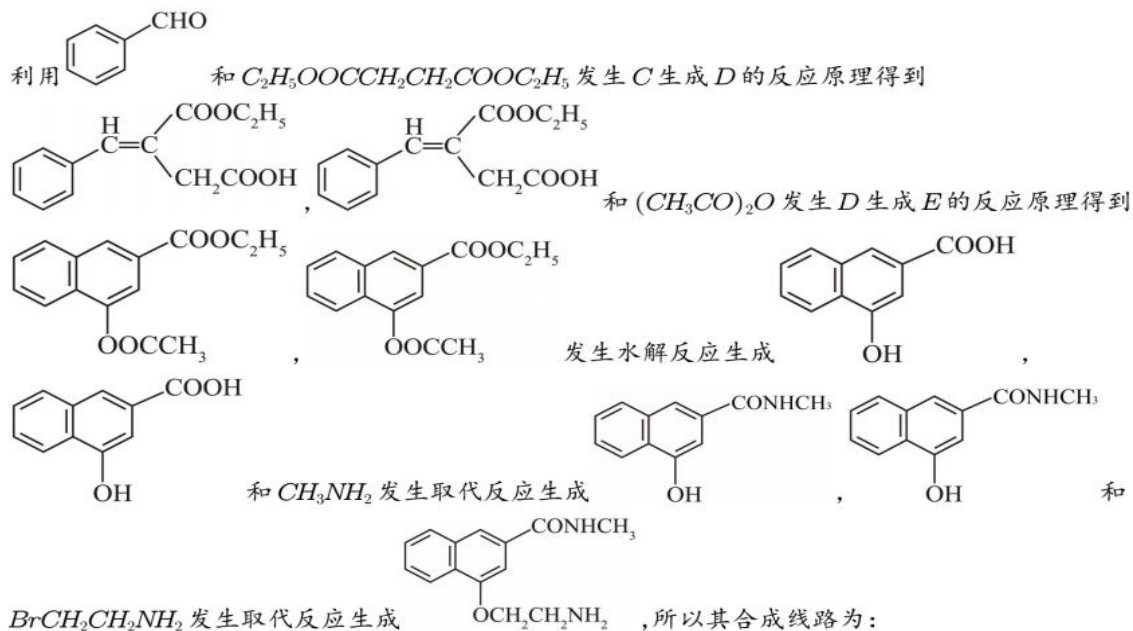
F 和 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br}$ 发生取代反应生成 *G*, 同时生成 HBr , 加入 K_2CO_3 的作用是除去 HBr , 使平衡正向移动, 提高反应物的转化率; 浓硫酸或氢气、催化剂均不能消耗 HBr , $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}$ 具有碱性可以消耗 HBr , 故选 *C*。

【小问 4 详解】

F 的一种同分异构体满足条件①能与 NaHCO_3 溶液反应, 能发生水解反应, 说明其中含有酰胺基和羧基; ②水解后所得两种有机产物的碳原子数相同, 且均含有 2 种化学环境不同的氢, 其中一种水解产物具有顺反异构体, 说明其中含有苯环和碳碳双键, 且为对称的结构, 则满足条件的同分异构体

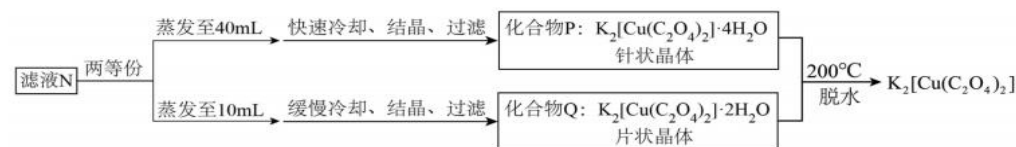


【小问 5 详解】



16. 铜的化合物在生产中有重要应用。

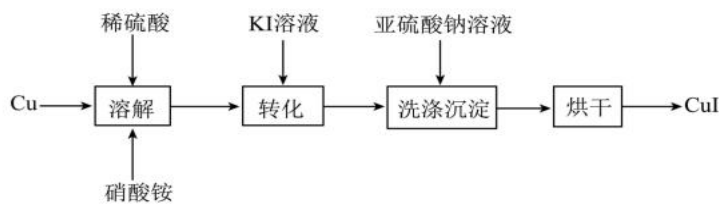
(1) 配合物二草酸合铜(II)酸钾 $\text{K}_2[\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_2]$ ，是制备金属有机框架材料的一种前驱体。某研究小组开展探究实验，步骤为：设定 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、 K_2CO_3 、 CuO 三种物质按物质的量之比为 3:2:1 投料。80°C 下，先向水中依次加入 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、 K_2CO_3 充分反应后，得到混合溶液 M；再向混合溶液 M 中加入 CuO 充分反应，趁热过滤得滤液 N；



① 粉末形态的化合物 P 和化合物 Q 可通过 _____ 实验进行区分。

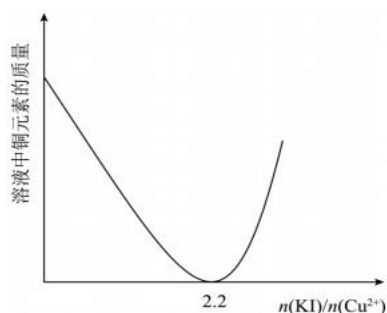
② 根据现有探究实验可知，化合物 P、化合物 Q 的结晶形状不同，其原因可能为 _____。

(2) 碘化亚铜常用于 LED 等光电子器件中。以铜为原料制备碘化亚铜的主要流程如下：



①“转化”过程中，其他条件不变，溶液中铜元素的质量随 $\frac{n(KI)}{n(Cu^{2+})}$ 变化情况如下图所示，当

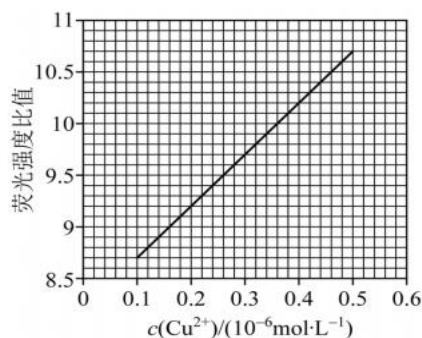
$\frac{n(KI)}{n(Cu^{2+})} > 2.2$ 时，随着 $\frac{n(KI)}{n(Cu^{2+})}$ 增大，溶液中铜元素的质量增大，其可能原因是_____。



②用 Na_2SO_3 溶液洗涤沉淀的目的是_____。

③硫酸铜为原料制备碘化亚铜。补充完整制取碘化亚铜的实验方案：取 $25\text{mL } 0.4\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{CuSO}_4$ 溶液于三颈烧中，_____。（实验中须使用的试剂和仪器有： SO_2 、 I_2 、 $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 、乙醇、真空干燥箱）。

④已知荧光强度比值与 Cu^{2+} 浓度关系如下图所示。取 0.0001g CuI 粗产品，经预处理，将 Cu 元素全部转化为 Cu^{2+} 并定容至 1000.00mL 。取 1.00mL 所配溶液，测得荧光强度比值为 10.3 ，则产品中 CuI 的纯度为_____。



【答案】(1) ①. X-射线衍射 ②. 初始浓度不同、降温速率不同

(2) ①. 过量的 I^- 与 CuI 生成 $[CuI_2]^-$ ，进入溶液 ②. 洗涤沉淀表面生成的 I_2 ③. 分批次加入 $1.27\text{g } I_2$ ，搅拌使溶液充分混合，持续不断通入 SO_2 气体，至溶液变为无色，停止通气，将尾气通入 $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 中，过滤，用乙醇洗涤所得固体，置于真空干燥箱中干燥 ④. 80.22%

【小问1详解】

①粉末形态的化合物 P 和化合物 Q 均为晶体,可通过 X -射线衍射实验进行区分。

②化合物 P 是通过蒸发至 40 mL(浓度较小)后快速冷却获得,此时的晶体形成速度比较快,不易形成大颗粒;化合物 Q 是通过蒸发至 10 mL(浓度较大)后缓慢冷却,时间比较慢,晶体在形成时原子排列更规则,更易形成大颗粒。故化合物 P 、化合物 Q 的结晶形状不同,其原因可能为初始浓度不同、降温速率不同。

【小问 2 详解】

①“转化”过程中,溶液中的铜离子被 KI 还原为 CuI ,离子方程式为 $2Cu^{2+} + 4I^- = 2CuI + I_2$,根据反应可知当 $\frac{n(KI)}{n(Cu^{2+})} > 2.2$ 时,随着 $\frac{n(KI)}{n(Cu^{2+})}$ 增大, KI 增多,反应 $I^- + CuI \rightleftharpoons [CuI_2]^-$ 正移,溶液中铜元素的质量增大。

② Na_2SO_3 有还原性,根据“转化”的方程式可知 CuI 和 I_2 均是沉淀,可用 Na_2SO_3 溶液洗涤沉淀表面生成的 I_2 。

③以硫酸铜为原料制备碘化亚铜方案为取 25 mL $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} CuSO_4$ 溶液 (0.01 mol) 于三颈烧瓶中,分批次加入 $0.005 \text{ mol } I_2$ (1.27 g),搅拌使溶液充分混合,持续不断通入 SO_2 气体,发生反应 $2SO_2 + I_2 + 2Cu^{2+} + 4H_2O = 2CuI \downarrow + 2SO_4^{2-} + 8H^+$,至溶液变为无色,停止通气,将尾气通入 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} NaOH$ 中,过滤,用乙醇洗涤所得固体,置于真空干燥箱中干燥。

④取 1.00 mL 所配溶液,测得荧光强度比值为 10.3,此时溶液中 $c(Cu^{2+}) = 0.42 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,该溶液中 $n(Cu^{2+}) = c(Cu^{2+})V = 0.42 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 1 \times 10^{-3} \text{ L} = 4.2 \times 10^{-10} \text{ mol}$,产品中 CuI 的纯度 = $\frac{4.2 \times 10^{-10} \text{ mol} \times \frac{1000.00 \text{ mL}}{1.00 \text{ mL}} \times 191 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{0.1 \times 10^{-3} \text{ g}} \times 100\% = 80.22\%$ 。

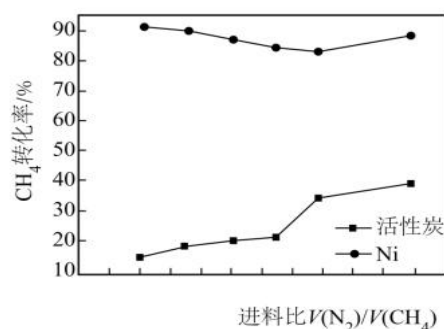
17. 甲烷、二氧化碳是重要的化工原料,常用于制 H_2 、 CO 以及实现“碳中和”。

(1) 甲烷裂解制氢的反应为 $CH_4(g) = C(s) + 2H_2(g)$ 。 $\Delta H = 75 \text{ kJ/mol}$, Ni 和活性炭均可作该反应催化剂。 CH_4 在催化剂孔道表面反应,若孔道堵塞会导致催化剂失活。

① Ni 催化剂可用 $NiC_2O_4 \cdot 2H_2O$ 晶体在氩气环境中受热分解制备,该反应方程式为 _____。

② 向反应系统中通入水蒸气可有效减少催化剂失活,其原因是 _____。

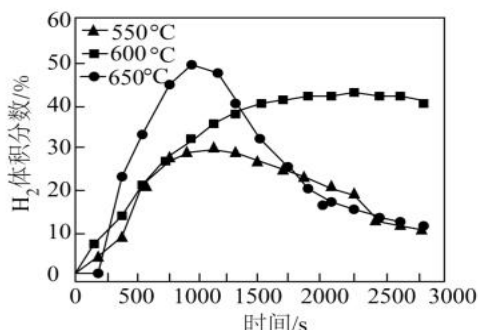
③ 在相同气体流量条件下,不同催化剂和进料比 $\left[\frac{V(N_2)}{V(CH_4)} \right]$ 对甲烷转化率的影响如下图所示。



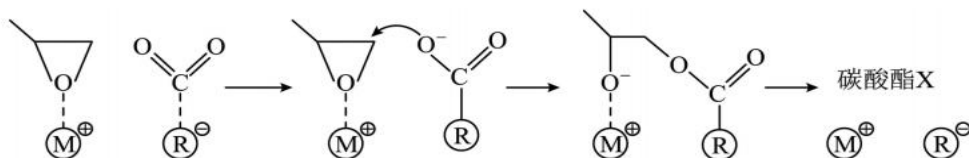
使用活性炭催化剂,且其他条件相同时,随着进料比的增大,甲烷的转化率逐渐增大的原因是 _____。

④使用 Ni 催化剂,且其他条件相同时,随时间增加,温度对 Ni 催化剂催化效果的影响如下图所示。

使用催化剂的最佳温度为_____，650°C条件下，1000 s后，氢气的体积分数快速下降的原因为_____。



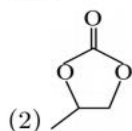
(2) 一种金属氧化物(用 MR 表示)催化 CO_2 与环氧丙烷()反应制碳酸酯 X 反应机理如下图所示。已知 CO_2 中碳氧键可以被催化剂中具有较强给电子能力的活性中心的电子进攻而活化断裂。



碳酸酯 X 的结构简式为_____。

【答案】(1) ①. $NiC_2O_4 \cdot 2H_2O \xrightarrow[\Delta]{Ar} Ni + 2CO_2 \uparrow + 2H_2O$ ②. 水蒸气与碳反应生成 CO (或 CO_2)

与氢气，减少固体碳对孔道的堵塞 ③. 进入反应的甲烷含量越低，甲烷分子与催化剂接触的几率越大，转化率越高 ④. 600°C ⑤. 温度升高反应速率加快，催化剂内积碳量增加，催化剂快速失活



(2) 【小问1详解】

①根据题意可知，在氩气环境中受热分解可得到 Ni ： $NiC_2O_4 \cdot 2H_2O \xrightarrow[\Delta]{Ar} Ni + 2CO_2 \uparrow + 2H_2O$

②向反应系统中通入水蒸气可有效减少催化剂失活，是因为水蒸气与碳反应生成 CO (或 CO_2) 与氢气，减少固体碳对孔道的堵塞；

③使用 Ni 做催化剂甲烷转化率先降低后增大，而使用活性炭催化剂，随着进料比的增大，甲烷的转化率逐渐增大，说明是催化剂的渊源，则原因是增大进料比 $\left[\frac{V(N_2)}{V(CH_4)} \right]$ ，相当于降低了体系中各组分

的分压，进入反应的甲烷含量越低，甲烷分子与催化剂接触的几率越大，转化率越高；

④由图可知，550°C，600°C，650°C 催化效率最高的是650°C时，但650°C时1000s后催化剂会失活，600°C时催化效率较高且可以一直保持较高的催化活性，故使用催化剂的最佳温度为600°C；故答案为：600°C；650°C条件下，氢气的体积分数快速下降，是因为温度升高反应速率加快，催化剂内积碳

量增加,催化剂快速失活;

【小问2详解】

