

## 2024 年福建高考化学试题

1. 福建某科研团队发现，木材中交联纤维素的木质素可替代酚醛树脂、脲醛树脂等作为木材黏合剂。下列说法正确的是

- A. 木质素是无机物  
B. 纤维素的分子中有数千个核糖单元  
C. 脲醛树脂属于天然高分子  
D. 酚醛树脂可由苯酚与甲醛缩聚得到

【答案】D

【解析】

【详解】A. 木质素为纤维素，属于多糖类，为有机物，A 错误；

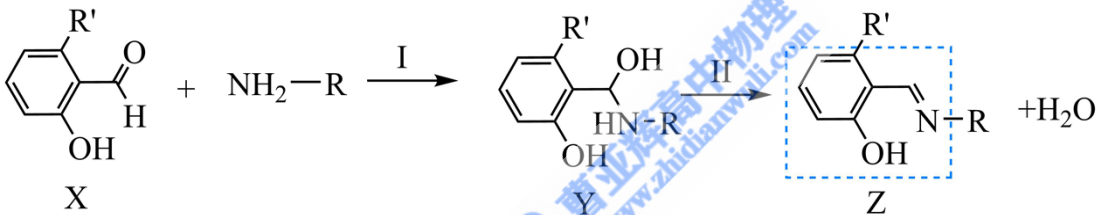
B. 纤维素的分子中有数千个葡萄糖单元，B 错误；

C. 脲醛树脂由尿素和甲醛缩聚而成，属于合成高分子，C 错误；

D. 酚醛树脂可由苯酚与甲醛缩聚得到，D 正确；

故选 D。

2. 药物 X 与病毒蛋白对接的原理如图。下列说法错误的是



- A. I为加成反应  
B. X 中参与反应的官能团为醛基  
C. Y 无手性碳原子  
D. Z 中虚框内所有原子可能共平面

【答案】C

【解析】

【详解】A. 对比 X、Y 的结构简式可知，X 中醛基与  $\text{H}_2\text{N-R}$  中氨基发生加成反应，故 A 正确；

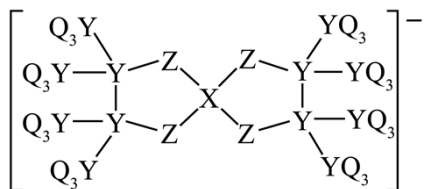
B. 由以上分析可知 X 中参与反应的官能团为醛基，故 B 正确；

C. 由 Y 的结构简式可知，羟基所连碳原子为手性碳原子，故 C 错误；

D. 苯环为平面结构，C=N 双键也为平面结构，因此虚框中所有原子可能共面，故 D 正确；

故选：C。

3. 某电解质阴离子的结构如图。X、Y、Z、Q 为原子序数依序增大的同周期元素，Z 的单质为空气的主要成分之一。下列说法错误的是



- A. 第一电离能:  $X > Y > Z$
- B. 最简单氢化物沸点:  $Y < Z$
- C. 键长:  $Y - Y > Y - Z > Y - Q$
- D. Y 的最高价氧化物对应水化物在水中电离:  $\text{H}_n\text{YO}_m \rightleftharpoons \text{H}_{n-1}\text{YO}_m^- + \text{H}^+$

【答案】A

【解析】

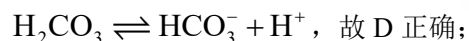
【分析】由该阴离子结构可知 Z 形成 2 条共价键, Z 的单质为空气的主要成分之一, 可知 Z 为 O; Y 形成 4 条共价键, Y 为 C, Q 形成 1 条共价键, Q 为 F, X 得 1 个电子后形成 4 条共价键, 则 X 最外层电子数为 3, X 为 B, 据此分析解答。

【详解】A. B、C、O 为同周期元素, 从左到右, 第一电离能呈增大趋势, 则第一电离能:  $B < C < O$ , 故 A 错误;

B.  $\text{CH}_4$  不能形成分子间氢键,  $\text{H}_2\text{O}$  可以形成分子间氢键, 沸点  $\text{CH}_4 < \text{H}_2\text{O}$ , 故 B 正确;

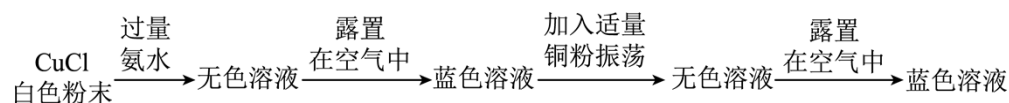
C. 原子半径:  $C > O > F$ , 原子半径越小键长越短, 则键长:  $C - C > C - O > C - F$ , 故 C 正确;

D. Y 为 C, 其最高价氧化物的水化物为  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , 碳酸为二元弱酸, 分步电离, 电离方程式为:

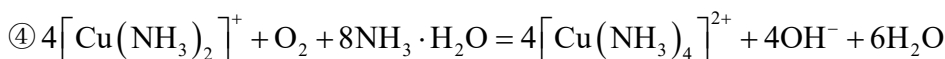
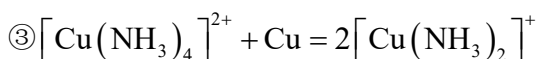
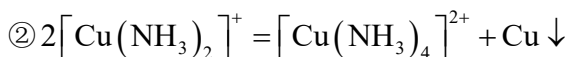
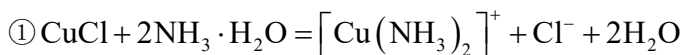


故选 A。

4. 用  $\text{CuCl}$  探究  $\text{Cu(I)}$ 、 $\text{Cu(II)}$  性质, 实验步骤及观察到的现象如下:



该过程中可能涉及的反应有:



下列说法错误的是

- A. 与  $\text{Cu}^{2+}$  的配位能力:  $\text{NH}_3 < \text{OH}^-$                       B.  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+$  (aq) 无色
- C. 氧化性:  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+ < [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$                       D. 探究过程未发生反应②

【答案】A

【解析】

【分析】  $\text{CuCl}$  加入过量氨水生成无色溶液，过程中发生反应  $\text{CuCl} + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = [\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+ + \text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O}$ ，其中  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+$  (aq) 为无色，无色溶液在空气中被氧气氧化为蓝色溶液，发生反应  $4[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+ + \text{O}_2 + 8\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = 4[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 4\text{OH}^- + 6\text{H}_2\text{O}$ ，其中  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  (aq) 为蓝色，加入铜粉发生反应  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + \text{Cu} = 2[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+$ ，放置在空气中又发生反应  $4[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+ + \text{O}_2 + 8\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = 4[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 4\text{OH}^- + 6\text{H}_2\text{O}$ ，溶液又变为蓝色，据此解答。

【详解】A.  $\text{NH}_3$  中由 N 原子提供孤对电子用于形成配位键， $\text{OH}^-$  中由 O 原子提供孤对电子用于形成配位键，电负性  $\text{O} > \text{N}$ ，则 O 给电子能力弱，则与  $\text{Cu}^{2+}$  的配位能力:  $\text{NH}_3 > \text{OH}^-$ ，故 A 错误；

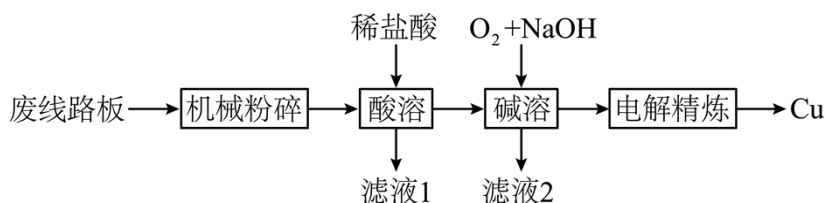
B. 由分析可知， $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+$  (aq) 无色，故 B 正确；

C. 氧化剂的氧化性大于氧化产物，由方程式  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + \text{Cu} = 2[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+$  可知，氧化性:  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+ < [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ ，故 C 正确；

D. 由分析可知，探究整个过程未发生反应②，故 D 正确；

故选 A。

5. 从废线路板(主要成分为铜，含少量铅锡合金、铝、锌和铁)中提取铜的流程如下：



已知“滤液 2”主要含  $\text{SnO}_3^{2-}$  和  $\text{HPbO}_2^-$ 。下列说法正确的是

- A. “机械粉碎”将铅锡合金转变为铅和锡单质
- B. “酸溶”时产生  $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$  和  $\text{Zn}^{2+}$  离子
- C. “碱溶”时存在反应:  $\text{Sn} + 2\text{OH}^- + \text{O}_2 = \text{SnO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$
- D. “电解精炼”时，粗铜在阴极发生还原反应

【答案】C

【解析】

【分析】废线路板先机械粉碎，可以增加其反应的接触面积，加入稀盐酸后铝、锌、铁溶解，进入滤液，通入氧气和加氢氧化钠，可以溶解锡和铅，最后电解精炼得到铜。

【详解】A. 机械粉碎的目的是增大接触面积，加快反应速率，A 错误；

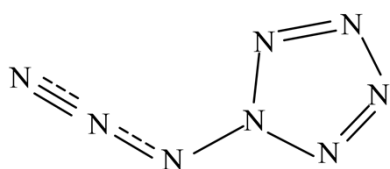
B. 酸溶的过程中 Al、Zn、Fe 转化为对应的  $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$  和  $\text{Zn}^{2+}$  离子，B 错误；

C. “碱溶”时根据产物中  $\text{SnO}_3^{2-}$ ，存在反应： $\text{Sn} + 2\text{OH}^- + \text{O}_2 = \text{SnO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ ，故 C 正确；

D. 电解精炼时粗铜在阳极发生氧化反应，逐步溶解，故 D 错误；

故选 C。

6. 我国科学家预测了稳定的氮单质分子  $\text{N}_8$  (结构如图)。设  $N_A$  为阿伏加德罗常数的值。下列说法错误的是



(所有原子共平面)

A.  $1.0\text{molN}_8$  的  $\sigma$  键电子数为  $16N_A$

B.  $1.0\text{molN}_8$  的(价层)孤电子对数为  $7N_A$

C.  $1.0\text{molN}_8$  的  $\text{sp}^2$  杂化 N 原子数为  $6N_A$

D.  $112.0\text{gN}_8$  完全分解，产生的  $\text{N}_2$  分子数为  $4\text{mol}$

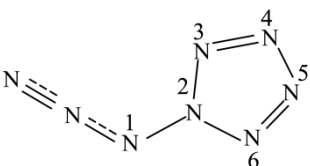
【答案】B

【解析】

【详解】A. 1 个  $\text{N}_8$  分子中有 8 个  $\sigma$  键，每个  $\sigma$  键含有 2 个电子，共 16 个电子， $1.0\text{molN}_8$  的  $\sigma$  键电子数为  $16N_A$ ，A 正确；

B.  $\text{N}_8$  分子中所有原子共面可知

1 个  $\text{N}_8$  分子 1~6 处的 6 个 N 原子采取  $\text{sp}^2$  杂化，7、8 两处 N 原子采取  $\text{sp}$  杂化，其中 8、1、3、4、5、6 六处 N 原子各有一对孤电子对即 1 个  $\text{N}_8$  分子有 6 对孤电子对， $1.0\text{molN}_8$  的(价层)孤电子对数为  $6N_A$ ，B 错误；

C.  $N_8$  分子中所有原子共面可知 ，1 个  $N_8$  分子有 6 个 N 原子采取  $sp^2$  杂化，

1.0 mol  $N_8$  的  $sp^2$  杂化 N 原子数为  $6N_A$ ，C 正确；

D. 112.0 g  $N_8$  为  $\frac{112g}{112g/mol} = 1mol$ ，含有 8 mol N，根据氮原子守恒，1 mol  $N_8$  完全分解产生 4 mol  $N_2$ ，

D 正确；

故答案为：B。

7. 多卤离子  $I_3^-$ 、 $IBr_2^-$ 、 $ICl_2^-$  在水溶液中的分解反应及平衡常数值如下：

| 离子            | 分解反应                               | 平衡常数值                |
|---------------|------------------------------------|----------------------|
| $I_3^-(aq)$   | $I_3^-(aq) = I_2(aq) + I^-(aq)$    | $1.4 \times 10^{-3}$ |
| $ICl_2^-(aq)$ | $ICl_2^-(aq) = ICl(aq) + Cl^-(aq)$ | $6.0 \times 10^{-3}$ |
| $IBr_2^-(aq)$ | $IBr_2^-(aq) = IBr(aq) + Br^-(aq)$ | K                    |

下列说法错误的是

A.  $K < 6.0 \times 10^{-3}$

B. 上述分解反应均为氧化还原反应

C. 共价键极性： $ICl > IBr$

D.  $BrCl_2^-(aq)$  可分解为  $BrCl(aq)$  和  $Cl^-(aq)$

【答案】B

【解析】

【详解】A. 已知电负性  $Cl > Br$ ，因此氯在化合物中更容易吸引电子，导致  $I-Cl$  比  $I-Br$  更容易断裂，所以电离程度  $ICl_2^- > IBr_2^-$ ， $K < 6.0 \times 10^{-3}$ ，A 正确；

B. 每个碘离子可以与一个碘分子结合，形成  $I_3^-$ ，这个过程中， $I_3^-$  离子能够离解成碘和碘离子，形成平衡反应： $I^- + I_2 \rightleftharpoons I_3^-$ ，所以溶液中存在  $I_3^-(aq) \rightleftharpoons I_2(aq) + I^-(aq)$  的电离平衡，此变化不是氧化还原反应， $ICl_2^-$ 、 $ICl$  中碘元素是 +1 价，氯元素是 -1 价， $IBr_2^-$  和  $IBr$  中，碘元素是 +1 价，溴元素是 -1 价；三

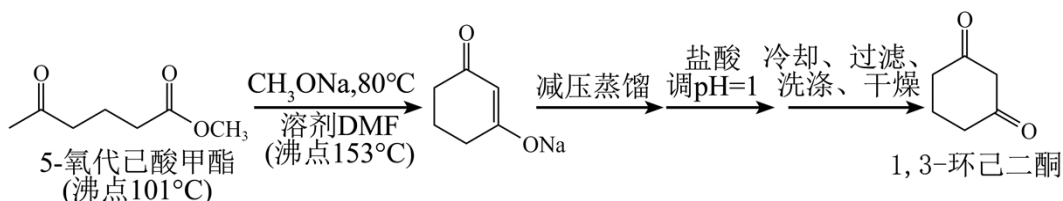
个变化过程中，各元素化合价都没有改变，不是氧化还原反应，B 错误；

C. 同主族元素从上往下，电负性逐渐减小，因此氯的电负性大于溴的电负性，形成共价键的两元素之间的电负性的差值越大，则键的极性越强，因此共价键极性的关系为  $\text{ICl} > \text{IBr}$ ，C 正确；

D. 已知电负性  $\text{Cl} > \text{Br}$ ，因此氯在化合物中更容易吸引电子，导致  $\text{Br-Cl}$  容易断裂产生为  $\text{BrCl}(\text{aq})$  和  $\text{Cl}^-(\text{aq})$ ，D 正确；

故答案选 B。

8. 药物中间体 1, 3-环己二酮可由 5-氧代己酸甲酯合成，转化步骤如下：



下列说法或操作错误的是

- A. 反应须在通风橱中进行
- B. 减压蒸馏去除  $\text{CH}_3\text{OH}$ 、5-氧代己酸甲酯和 DMF
- C. 减压蒸馏后趁热加入盐酸
- D. 过滤后可用少量冰水洗涤产物

【答案】C

【解析】

【详解】A. DMF 即 N, N-二甲基甲酰胺，对人体有危害，反应须在通风橱中进行，故 A 正确；

B. 减压蒸馏利用沸点不同，去除  $\text{CH}_3\text{OH}$ 、5-氧代己酸甲酯和 DMF，可以提纯中间产物，故 B 正确；

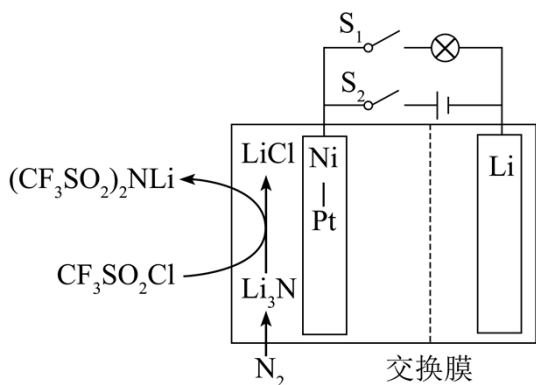
C. 减压蒸馏后不能趁热加入盐酸，因为盐酸具有挥发性，故 C 错误；

D. 1, 3-环己二酮不含有亲水基团，不溶于水，可用少量冰水洗涤产物，除去盐酸等物质，故 D 正确；

故选 C。

9. 一种兼具合成功能的新型锂电池工作原理如图。电解质为含  $\text{Li}^+$  有机溶液。放电过程中产生

$(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{NLi}$ ，充电过程中电解  $\text{LiCl}$  产生  $\text{Cl}_2$ 。下列说法正确的是



- A. 交换膜为阴离子交换膜
- B. 电解质溶液可替换为 LiCl 水溶液
- C. 理论上每生成  $1\text{molCl}_2$ ，需消耗  $2\text{molLi}$
- D. 放电时总反应： $6\text{Li} + \text{N}_2 + 4\text{CF}_3\text{SO}_2\text{Cl} = 2(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{NLi} + 4\text{LiCl}$

【答案】D

【解析】

【分析】放电过程中产生  $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{NLi}$ ，由图可知，放电过程中氮气得到电子发生还原反应生成  $\text{Li}_3\text{N}$ ， $\text{Li}_3\text{N}$  又转化为  $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{NLi}$  和  $\text{LiCl}$ ，则左侧电极为正极，右侧电极为负极；

【详解】A. 放电过程中负极锂失去电子形成锂离子，锂离子通过阳离子交换膜进入左侧生成  $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{NLi}$ ，A 错误；

B. 锂为活泼金属，会和水反应，故电解质溶液不能为水溶液，B 错误；

C. 充电过程中电解  $\text{LiCl}$  失去电子发生氧化反应产生  $\text{Cl}_2$ ： $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2 \uparrow$ ，锂离子在阴极得到电子发生还原生成锂单质： $2\text{Li}^+ + 2\text{e}^- = 2\text{Li}$ ，则每生成  $1\text{molCl}_2$ ，同时生成  $2\text{molLi}$ ；放电过程中，消耗  $6\text{molLi}$ ，同时生成  $4\text{molLiCl}$ ，则整个充放电过程来看，理论上每生成  $1\text{molCl}_2$ ，需消耗  $1\text{molLi}$ ，C 错误；

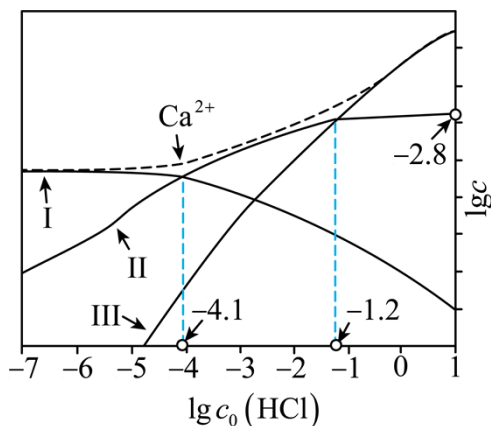
D. 由分析，放电过程中，正极氮气得到电子发生还原反应生成  $\text{Li}_3\text{N}$ ， $\text{Li}_3\text{N}$  又转化为  $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{NLi}$  和  $\text{LiCl}$ ，负极锂失去电子发生氧化反应生成锂离子，总反应为

$6\text{Li} + \text{N}_2 + 4\text{CF}_3\text{SO}_2\text{Cl} = 2(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{NLi} + 4\text{LiCl}$ ，D 正确；

故选 D。

10. 将草酸钙固体溶于不同初始浓度  $[c_0(\text{HCl})]$  的盐酸中，平衡时部分组分的  $\lg c - \lg c_0(\text{HCl})$  关系如图。

已知草酸  $K_{a1} = 10^{-1.3}$ ， $K_{a2} = 10^{-4.3}$ 。下列说法错误的是



- A.  $\lg c_0(\text{HCl}) = -1.2$  时, 溶液的  $\text{pH} = 1.3$
- B. 任意  $c_0(\text{HCl})$  下均有:  $c(\text{Ca}^{2+}) = c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) + c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) + c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$
- C.  $\text{CaC}_2\text{O}_4(\text{s}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) = \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4(\text{aq})$  的平衡常数为  $10^{-3.0}$
- D.  $\lg c_0(\text{HCl}) = -4.1$  时,  $2c(\text{Ca}^{2+}) + c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) + 2c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) + c(\text{Cl}^-)$

【答案】D

【解析】

【分析】草酸钙为强碱弱酸盐, 其溶液呈碱性, 滴加盐酸过程中体系中存在一系列平衡



据此解题。

【详解】A.  $\lg c_0(\text{HCl}) = -1.2$  时,  $c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) = c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$ , 则

$$K_{a1} = \frac{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) \times c(\text{H}^+)}{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)} = c(\text{H}^+) = 10^{-1.3}, \text{ 溶液的 } \text{pH} = 1.3, \text{ 故 A 正确;}$$

B. 草酸钙固体滴加稀盐酸, 任意  $c_0(\text{HCl})$  下均有物料守恒关系

$$c(\text{Ca}^{2+}) = c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) + c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) + c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}), \text{ 故 B 正确;}$$

C.  $\lg c_0(\text{HCl}) = 1$  时,  $c(\text{H}^+) = 10 \text{ mol/L}$ ,  $c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) = 1 \times 10^{-2.8} \text{ mol/L}$ ,

$$K_{a2} = \frac{c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) \times c(\text{H}^+)}{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)} = \frac{10 \times c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})}{1 \times 10^{-2.8}} = 10^{-4.3}, \quad c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) = 1 \times 10^{-8.1} \text{ mol/L};$$

$$K_{a1} = \frac{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) \times c(\text{H}^+)}{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)} = \frac{1 \times 10^{-2.8} \text{ mol/L} \times 10}{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)} = 10^{-1.3}, \quad c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 1 \times 10^{-0.5} \text{ mol/L}, \text{ 由图可知}$$

$\lg c_0(\text{HCl}) = 1$  时,  $c(\text{Ca}^{2+}) = c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 1 \times 10^{-0.5} \text{ mol/L}$ , 则  $K_{\text{sp}}(\text{CaC}_2\text{O}_4) =$

$c(\text{Ca}^{2+}) \times c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) = 1 \times 10^{-8.6}$ ;  $\text{CaC}_2\text{O}_4(\text{s}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) = \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4(\text{aq})$  的平衡常数  $K =$

$$\frac{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) \times c(\text{Ca}^{2+})}{c^2(\text{H}^+)} = \frac{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) \times c(\text{Ca}^{2+}) \times c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) \times c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})}{c^2(\text{H}^+) \times c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) \times c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})} = \frac{K_{\text{sp}}(\text{CaC}_2\text{O}_4)}{K_{a1} \times K_{a2}} =$$

$$\frac{1 \times 10^{-8.6}}{10^{-1.3} \times 10^{-4.3}} = 10^{-3}, \text{ 故 C 正确;}$$

D. 溶液中存在电荷守恒  $2c(\text{Ca}^{2+}) + c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) + c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) + 2c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) + c(\text{Cl}^-)$ ,

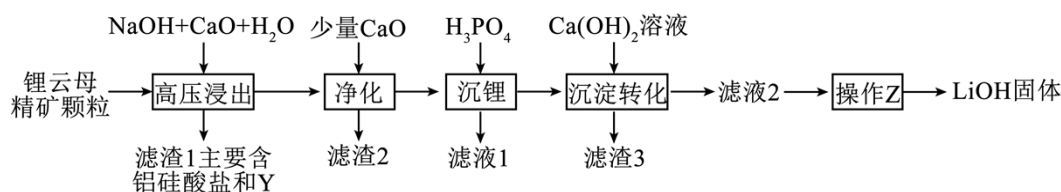
$\lg c_0(\text{HCl}) = -4.1$  时,  $c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) = c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)$ , 则存在关系

$2c(\text{Ca}^{2+}) + c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) + 3c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) + c(\text{Cl}^-)$ , 故 D 错误;

故选 D。

11. 锂云母的主要成分为  $\text{K}(\text{Li}_{1.5}\text{Al}_{1.5})(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_x\text{F}_{2-x}$ , 实验室探索一种碱浸分解锂云母制备

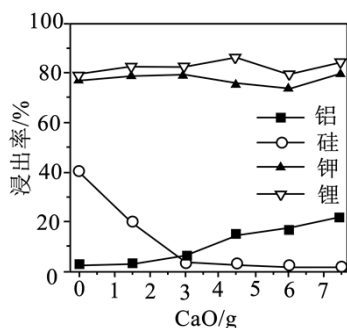
LiOH 的工艺流程如下:



(1) “高压浸出”中:

① “滤渣 1” 中卤化物 Y 为\_\_\_\_\_。(填化学式)

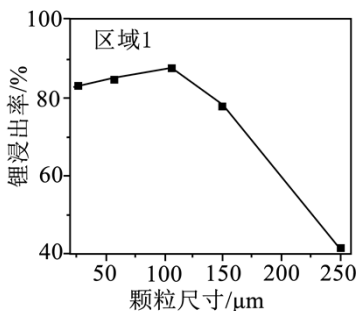
②一定条件下, 元素浸出率与 CaO 用量的关系如图, 为提高锂浸出率, CaO 最佳用量为\_\_\_\_\_g。(保留小数点后一位)



③精矿颗粒尺寸对锂浸出率的主要影响如下:

- i. 尺寸越小, 颗粒总表面积越大, 有利于反应液接触
- ii. 尺寸越小, 颗粒聚集趋势越大, 不利于反应液渗入

一定条件下，颗粒尺寸与锂浸出率关系如图。区域I中，锂浸出率随颗粒尺寸减小而降低的原因是\_\_\_\_\_。

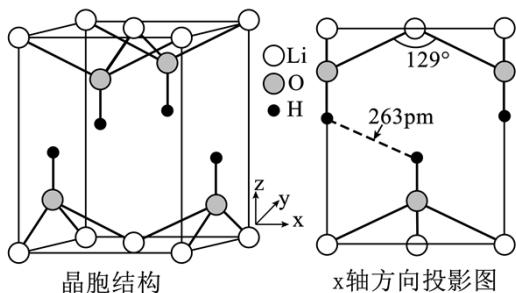


(2) “沉锂”生成磷酸锂的化学方程式为\_\_\_\_\_。

(3) “沉淀转化”反应  $2\text{Li}_3\text{PO}_4(\text{s}) + 3\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq}) = 6\text{LiOH}(\text{aq}) + \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2(\text{s})$  的平衡常数  $K =$  \_\_\_\_\_。(列出计算式)已知:  $25^\circ\text{C}$  时,  $K_{\text{sp}}(\text{Li}_3\text{PO}_4) = m, K_{\text{sp}}[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2] = n$ 。

(4) “操作 Z” 为加热、趁热过滤和\_\_\_\_\_；趁热过滤的主要目的是\_\_\_\_\_。(LiOH 分解温度约为  $1000^\circ\text{C}$ )

(5) LiOH 的晶胞结构如图所示。



①晶体中与一个 O 紧邻的 Li 有\_\_\_\_\_个。

②一个 Li 与所有紧邻 O 形成的空间结构为\_\_\_\_\_。

③晶体中微粒间作用力有\_\_\_\_\_。(填标号)

a. 氢键    b. 离子键    c. 金属键    d. 范德华力    e. 极性共价键    f. 非极性共价键

【答案】(1)    ①.  $\text{CaF}_2$     ②. 4.5    ③. 该条件下 ii 的影响程度大于 i 的影响程度

(2)  $\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{LiOH} = \text{Li}_3\text{PO}_4 \downarrow + 3\text{H}_2\text{O}$

(3)  $\frac{m^2}{n}$

(4)    ①. 蒸发结晶    ②. 除去  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  杂质

(5)    ①. 4    ②. 四面体形    ③. bde

### 【解析】

【分析】锂云母的主要成分为  $K(Li_{1.5}Al_{1.5})(AlSi_3O_{10})(OH)_x F_{2-x}$ ，加入氢氧化钠、氧化钙、水高压浸出，得到铝硅酸盐沉淀和氟化钙沉淀，所得滤液加少量氧化钙进一步净化过滤后，所得滤液中主要含氢氧化锂，以及少量的氢氧化钠和氢氧化钙，向滤液中加入磷酸生成磷酸锂沉淀，过滤分离，向沉淀中加入氢氧化钙溶液，转化得到磷酸钙沉淀和氢氧化锂溶液，过滤所得滤液 2 中溶质主要为氢氧化锂，还有少量的氢氧化钙，通过加热、趁热过滤除去氢氧化钙，滤液蒸发结晶得到氢氧化锂固体，据此分析。

#### 【小问 1 详解】

- ①“高压浸出”中，加入的  $CaO$  与水反应生成氢氧化钙，电离出的  $Ca^{2+}$  与  $F^-$  生成难溶的  $CaF_2$ ；
- ②结合图中曲线，锂的浸出率最大时， $CaO$  的最佳用量约为 4.5g；
- ③只考虑 i 的影响，尺寸越小，颗粒总表面积越大，有利于反应液接触，锂的浸出率越大；只考虑 ii 的影响，尺寸越小，颗粒聚集趋势越大，不利于反应液渗入，锂的浸出率越小，区域 I 中，锂浸出率随颗粒尺寸减小而降低，说明 ii 的影响程度大于 i 的影响程度；

#### 【小问 2 详解】

净化后的滤液中主要含氢氧化锂，以及少量的氢氧化钠和氢氧化钙，“沉锂”加入磷酸生成磷酸锂的化学方程式为： $H_3PO_4 + 3LiOH = Li_3PO_4 \downarrow + 3H_2O$ ；

#### 【小问 3 详解】

“沉淀转化”反应  $2Li_3PO_4(s) + 3Ca(OH)_2(aq) = 6LiOH(aq) + Ca_3(PO_4)_2(s)$  的平衡常数

$$K = \frac{c^6(Li^+)c^6(OH^-)}{c^3(Ca^{2+})c^6(OH^-)} = \frac{c^6(Li^+)c^6(OH^-)c^2(PO_4^{3-})}{c^3(Ca^{2+})c^6(OH^-)c^2(PO_4^{3-})} = \frac{c^6(Li^+)c^2(PO_4^{3-})}{c^3(Ca^{2+})c^2(PO_4^{3-})} = \frac{K_{sp}^2(Li_3PO_4)}{K_{sp}[Ca_3(PO_4)_2]} = \frac{m^2}{n}$$

#### 【小问 4 详解】

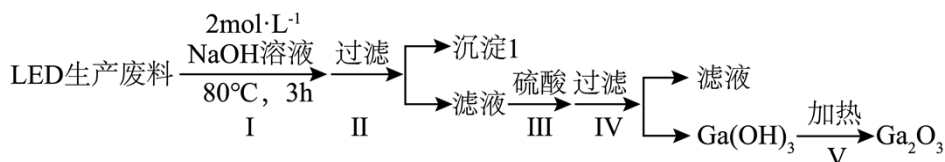
滤液 2 中溶质主要为氢氧化锂，还有少量的氢氧化钙，由于氢氧化钙的溶解度随温度升高而减小，加热升温会析出氢氧化钙晶体，故趁热过滤的主要目的是除去  $Ca(OH)_2$  杂质；除杂后的滤液主要含  $LiOH$ ，通过蒸发结晶得到  $LiOH$  固体；

#### 【小问 5 详解】

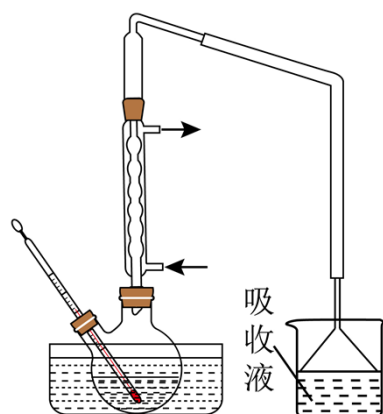
根据  $LiOH$  的晶胞结构及其 x 轴方向投影图可知，在晶胞中 Li 位于 8 个顶点和上、下底面的 2 个面心，O 位于前、后、左、右 4 个侧面上，晶体为层状结构。①晶体中与一个 O 紧邻的 Li 有 4 个，①晶体中与一个 Li 紧邻的 O 也有 4 个；②因为  $\angle O-Li-O=129^\circ$ ，故一个 Li 与所有紧邻 O 形成的空间结构为四面体形而非正四面体形；③由于 O 无法提供价层孤电子对，且层间距离远， $OH^-$  间不能形成氢键； $LiOH$  为离子

化合物，不存在金属键； $\text{Li}^+$ 与 $\text{OH}^-$ 间存在离子键；根据 $\text{LiOH}$ 晶体呈层状结构，层间存在范德华力； $\text{O-H}$ 属于极性共价键；故晶体中微粒间作用力有 bde。

12. 实验室用发光二极管(LED)的生产废料(主要成分为难溶于水的 $\text{GaN}$ ，含少量 $\text{In}$ 、 $\text{Mg}$ 金属)制备 $\text{Ga}_2\text{O}_3$ ，过程如下。已知： $\text{Ga}$ 与 $\text{In}$ 为同族元素， $\text{In}$ 难溶于 $\text{NaOH}$ 溶液。



- (1) ①基态镓( $\text{Ga}$ )原子的价电子排布式为\_\_\_\_\_。  
 ②I中 $\text{GaN}$ 反应生成 $[\text{Ga}(\text{OH})_4]^-$ 的离子方程式为\_\_\_\_\_。  
 ③I使用装置如图(加热及夹持装置省略)，吸收液可用\_\_\_\_\_。(填标号)



- a. 水    b. 浓盐酸    c. 稀硫酸    d. 四氯化碳

- (2) ①II需用到的玻璃仪器有烧杯、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。  
 ②“沉淀1”含金属元素\_\_\_\_\_。(填元素符号)  
 (3) ①III加硫酸调节溶液 $\text{pH}$ 的目的是\_\_\_\_\_。  
 ②按下列操作顺序测定溶液 $\text{pH}$ ，不规范的是\_\_\_\_\_。(填标号)
- a. 用镊子夹取湿润的 $\text{pH}$ 试纸  
 b. 将 $\text{pH}$ 试纸置于干燥清浄的玻璃片上  
 c. 用滴管吸取少量待测液，滴在 $\text{pH}$ 试纸中央  
 d. 观察试纸颜色变化，并与标准比色卡比较
- (4)  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ 纯度测定：称取 $\text{Ga}_2\text{O}_3$ 样品 $w\text{g}$ ，经处理配制成 $V\text{mL}$ 溶液，从中移取 $V_0\text{mL}$ 于锥形瓶中，一定条件下，加入 $V_1\text{mL}$   $c_1\text{mol/L}$   $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$ 溶液(此时镓以 $[\text{GaY}]^-$ 存在)，再加入 $\text{PAN}$ 作指示剂，用 $c_2\text{mol/L}$   $\text{CuSO}_4$ 标准溶液滴定过量的 $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$ ，滴定终点为紫红色。

该过程涉及反应： $\text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{Y}^{2-} = [\text{CuY}]^{2-} + 2\text{H}^+$

①终点时消耗  $\text{CuSO}_4$  溶液  $V_2\text{mL}$ , 则  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  纯度为\_\_\_\_\_  $\times 100\%$ 。(列出计算式)

②滴定时会导致所测  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  纯度偏小的情况是\_\_\_\_\_。(填标号)

- a. 未使用标准溶液润洗滴定管    b. 称重后样品吸收了空气中水汽  
c. 终点时滴定管尖嘴内有气泡    d. 终点读数时仰视滴定管刻度线

【答案】(1)    ①.  $4s^24p^1$     ②.  $\text{GaN} + \text{OH}^- + 3\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{80^\circ\text{C}} [\text{Ga}(\text{OH})_4]^- + \text{NH}_3 \uparrow$     ③. ac

(2)    ①. 玻璃棒    ②. 漏斗    ③. In、Mg

(3)    ①. 将  $\text{Na}[\text{Ga}(\text{OH})_4]$  转化为  $\text{Ga}(\text{OH})_3$  沉淀    ②. ac

(4)    ①.  $\frac{188V(c_1V_1 - c_2V_2)}{2wV_0} \times 10^{-3}$  或  $\frac{94V(c_1V_1 - c_2V_2)}{wV_0} \times 10^{-3}$     ②. ad

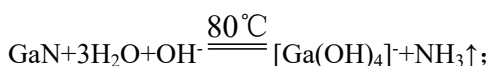
### 【解析】

【分析】由题干工艺流程图可知, LED 生成废料(主要成分为难溶于水的  $\text{GaN}$ , 含少量 In、Mg 金属)中加入  $2\text{mol/LNaOH}$  溶液在  $80^\circ\text{C}$  下反应 3 个小时, 将  $\text{GaN}$  转化为  $[\text{Ga}(\text{OH})_4]^-$ , In 和 Mg 不与  $\text{NaOH}$  溶液反应, 过滤得到沉淀 1 即为 In 和 Mg, 滤液中主要含有  $\text{Na}[\text{Ga}(\text{OH})_4]$  和  $\text{NaOH}$ , 加入硫酸将  $\text{Na}[\text{Ga}(\text{OH})_4]$  转化为  $\text{Ga}(\text{OH})_3$  沉淀, 过滤得到  $\text{Ga}(\text{OH})_3$  沉淀和滤液,  $\text{Ga}(\text{OH})_3$  沉淀加热后分解得到  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ , 据此分析解题。

### 【小问 1 详解】

①已知 Ga 是 31 号元素, 故基态镓(Ga)原子的价电子排布式为:  $4s^24p^1$ , 故答案为:  $4s^24p^1$ ;

②I 中  $\text{GaN}$  反应生成  $[\text{Ga}(\text{OH})_4]^-$  的离子方程式为:  $\text{GaN} + 3\text{H}_2\text{O} + \text{OH}^- \xrightarrow{80^\circ\text{C}} [\text{Ga}(\text{OH})_4]^- + \text{NH}_3 \uparrow$ , 故答案为:



③ $\text{GaN}$  与  $\text{NaOH}$  溶液反应时产生  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_3$  极易溶于水, 故能用水来吸收  $\text{NH}_3$ , 浓盐酸易挥发, 不利于吸收  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_3$  具有碱性, 稀硫酸可以吸收  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_3$  为极性分子,  $\text{CCl}_4$  为非极性分子,  $\text{NH}_3$  难溶于  $\text{CCl}_4$  中, 不能用  $\text{CCl}_4$  吸收  $\text{NH}_3$ , 故答案为: ac;

### 【小问 2 详解】

①由题干工艺流程图信息可知, II 为过滤操作, 则需用到的玻璃仪器有烧杯、漏斗和玻璃棒, 故答案为: 漏斗; 玻璃棒;

②由分析可知, “沉淀 1”含金属元素 In、Mg, 故答案为: In、Mg;

### 【小问 3 详解】

①由分析可知, III 加硫酸调节溶液 pH 的目的是将  $\text{Na}[\text{Ga}(\text{OH})_4]$  转化为  $\text{Ga}(\text{OH})_3$  沉淀, 故答案为: 将

Na[Ga(OH)<sub>4</sub>]转化为 Ga(OH)<sub>3</sub> 沉淀;

②用 pH 试纸测定溶液 pH 的规范操作为: 用镊子夹取一片干燥的 pH 试纸放在干燥洁净的玻璃片上, 用玻璃棒蘸取少量的待测液于试纸中央, 观察试纸颜色变化, 并与标准比色卡对照, 据此解题:

- a. pH 试纸测量溶液的 pH 时不能用湿润的 pH 试纸, 操作不规范, a 符合题意;
- b. 由上述分析可知, 将 pH 试纸置于干燥洁净的玻璃片上, 操作规范, b 不符合题意;
- c. 根据 pH 试纸的规范性操作可知, 应该用玻璃棒蘸取少量的待测液于试纸中央而不能用滴管吸取少量待测液, 滴在 pH 试纸中央, c 符合题意;
- d. 根据 pH 试纸的规范性操作可知, 观察试纸颜色变化, 并与标准比色卡比较, 读出待测液的 pH 值, d 不符合题意;

故答案为: ac;

#### 【小问 4 详解】

①终点时消耗 CuSO<sub>4</sub> 溶液 V<sub>2</sub>mL, 根据反应 Cu<sup>2+</sup>+H<sub>2</sub>Y<sup>2-</sup>=[CuY]<sup>2-</sup>+2H<sup>+</sup>可知, 过量的 Na<sub>2</sub>H<sub>2</sub>Y 的物质的量为: c<sub>2</sub>V<sub>2</sub>×10<sup>-3</sup>mol, 则与 Ga<sup>3+</sup>反应的 Na<sub>2</sub>H<sub>2</sub>Y 的物质的量为: (c<sub>1</sub>V<sub>1</sub>×10<sup>-3</sup>- c<sub>2</sub>V<sub>2</sub>×10<sup>-3</sup>)mol, 原样品中含有

Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的物质的量为:  $\frac{1}{2}(c_1V_1 \times 10^{-3} - c_2V_2 \times 10^{-3})\text{mol}$ , 则 Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 纯度为:

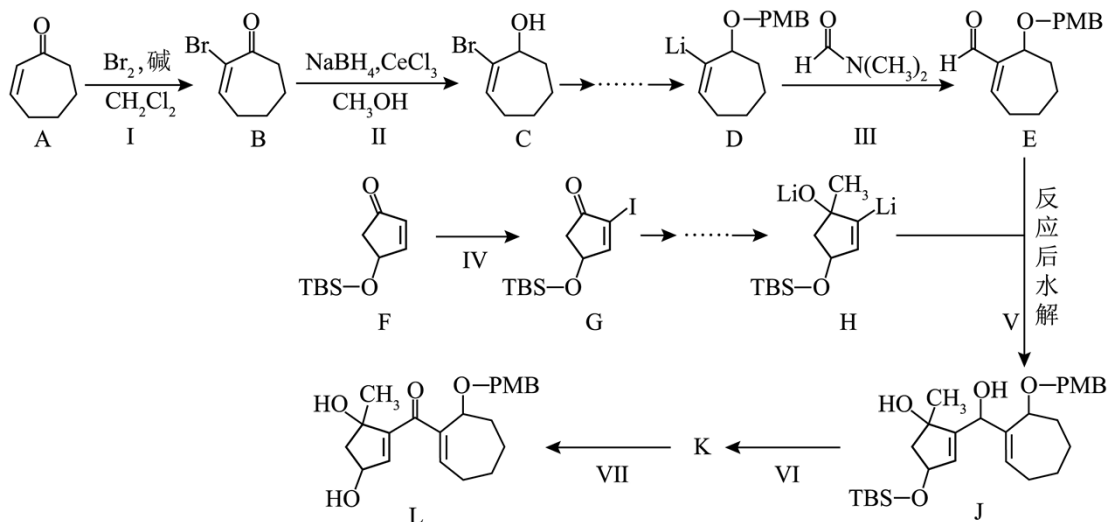
$$\frac{\frac{1}{2}V(c_1V_1 \times 10^{-3} - c_2V_2 \times 10^{-3})\text{mol} \times 188\text{g/mol}}{V_0 \times w\text{g}} \times 100\% = \frac{V(c_1V_1 \times 10^{-3} - c_2V_2 \times 10^{-3}) \times 188}{2wV_0} \times 100\% =$$

$$\frac{V(c_1V_1 \times 10^{-3} - c_2V_2 \times 10^{-3}) \times 94}{wV_0} \times 100\%, \text{ 故答案为: } \frac{V(c_1V_1 \times 10^{-3} - c_2V_2 \times 10^{-3}) \times 188}{2wV_0} \text{ 或}$$

$$\frac{V(c_1V_1 \times 10^{-3} - c_2V_2 \times 10^{-3}) \times 94}{wV_0};$$

- ②a. 未使用标准溶液润洗滴定管, 导致标准液的浓度偏小, V<sub>2</sub> 偏大, 故导致实验结果偏小, a 符合题意;
  - b. 称重后样品吸收了空气中水汽, 对实验结果没有影响, b 不符合题意;
  - c. 终点时滴定管尖嘴内有气泡, 导致标准液的体积 V<sub>2</sub> 偏小, 故导致实验结果偏大, c 不符合题意;
  - d. 终点读数时仰视滴定管刻度线, 导致标准液体积 V<sub>2</sub> 偏大, 故导致实验结果偏小, d 符合题意;
- 故答案为: ad。

13. 软珊瑚素的关键中间体(L)的某合成路线如下。(不考虑立体异构)



已知：TBS和PMB为保护基团。

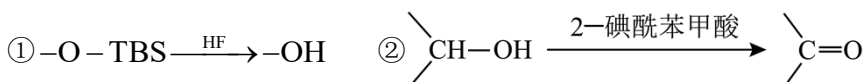
(1) B中官能团有碳碳双键、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。(写名称)

(2) II的反应类型为\_\_\_\_\_； $\text{BH}_4^-$ 的空间结构为\_\_\_\_\_。

(3) III的化学方程式为\_\_\_\_\_。

(4) IV的反应条件为\_\_\_\_\_。

(5) 由J生成L的过程涉及两种官能团的转化，分别示意如下：



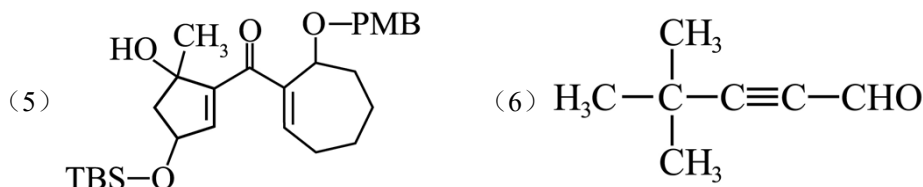
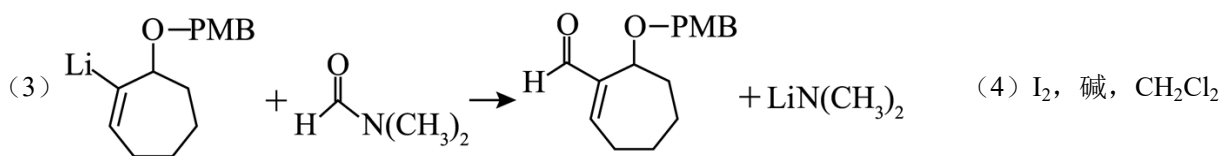
K的结构简式为\_\_\_\_\_。

(6) Y是A的同分异构体，且满足下述条件。Y的结构简式为\_\_\_\_\_。

①Y可以发生银镜反应。②Y的核磁共振氢谱有2组峰，峰面积之比为9:1。

【答案】(1) ①. 酮羰基      ②. 碳溴键

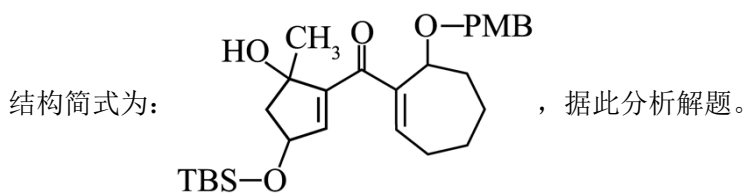
(2) ①. 还原反应      ②. 正四面体形



【解析】

【分析】由题干合成流程图可知，A与 $\text{Br}_2$ 在碱性、 $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ 作溶剂条件下发生取代反应生成B，B被 $\text{NaBH}_4$ 还原为C，C经过一系列反应生成D，D与 $\text{HCON}(\text{CH}_3)_2$ 发生取代反应生成E，根据A到B的转化信息可

知, F 与在 I<sub>2</sub>、碱、CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> 条件下发生取代反应生成 G, G 经一系列反应转化为 H, H 和 E 先反应后水解生成 J, J 经过反应 VI 生成 K, K 经过反应 VII 生成 L, 根据 J 和 L 的结构简式以及题干(5)小问信息可知, K 的



【小问 1 详解】

由合成流程图中 B 的结构简式可知, B 中官能团有碳碳双键、酮羰基、碳溴键;

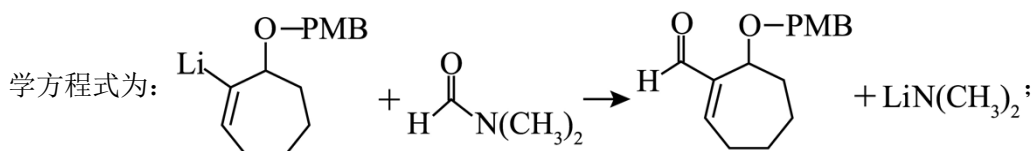
【小问 2 详解】

由分析可知, II 即 B 中的酮羰基转化为 C 中的羟基, 该反应的反应类型为还原反应; BH<sub>4</sub><sup>-</sup> 中中心原子 B

周围的价层电子对数为:  $4 + \frac{1}{2}(3 + 1 - 4 \times 1) = 4$ , 没有孤电子对, 故该离子的空间结构为正四面体形;

【小问 3 详解】

由题干合成路线图可知, 根据 D 和 E 的结构简式可知, III 即 D 与 HCON(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 发生取代反应生成 E 的化

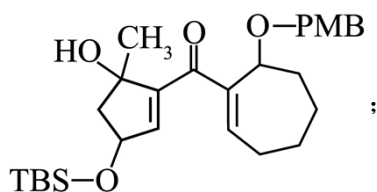


【小问 4 详解】

由题干 A 到 B 的转化条件可知, IV 的反应条件为: I<sub>2</sub>, 碱, CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>;

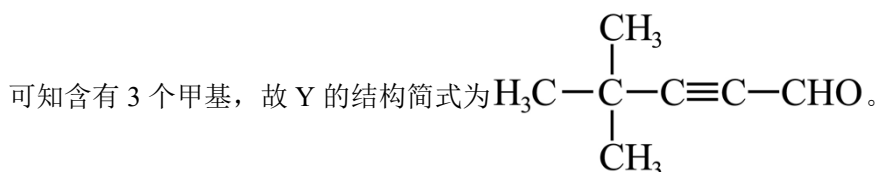
【小问 5 详解】

由分析结合题干信息: 由 J 生成 L 的过程涉及两种官能团的转化可知, K 的结构简式为

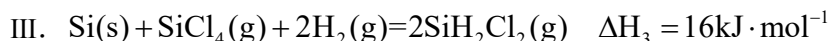
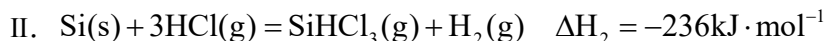
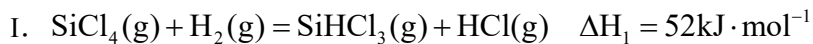


【小问 6 详解】

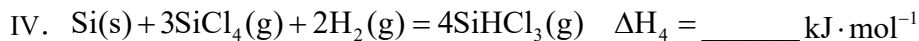
由题干流程图中 A 的结构简式可知, A 的分子式为: C<sub>7</sub>H<sub>10</sub>O, 不饱和度为 3, 故 Y 是 A 的同分异构体, 且满足下述条件①Y 可以发生银镜反应即含有醛基, ②Y 的核磁共振氢谱有 2 组峰, 峰面积之比为 9:1 则



14. SiHCl<sub>3</sub> 是制造多晶硅的原料, 可由 Si 和 SiCl<sub>4</sub> 耦合加氢得到, 相关反应如下:



(1) 生成  $\text{SiHCl}_3$  的总反应:



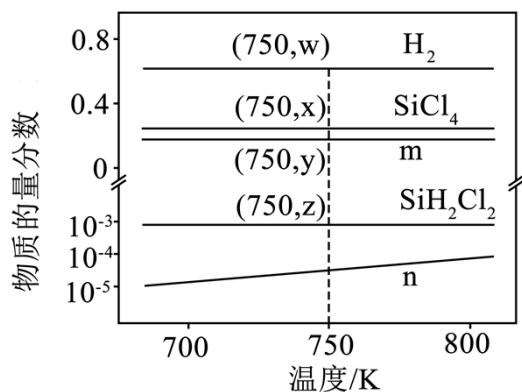
(2) 体系达到平衡状态且其他条件不变时:

① 压缩平衡体系体积, 重新达到平衡后物质的量分数增大的组分为         。(填标号)

a.  $\text{SiCl}_4$     b.  $\text{SiHCl}_3$     c.  $\text{SiH}_2\text{Cl}_2$     d.  $\text{HCl}$

② 反应温度升高不利于提高平衡时产物  $\text{SiHCl}_3$  选择性的原因是         。

(3) 在压强为  $p_0$  的恒压体系中通入  $2.0\text{molH}_2$  和  $1.0\text{molSiCl}_4$ , 达到平衡时, 气体组分的物质的量分数随温度变化如图所示(忽略气体组分在硅表面的吸附量)。已知:  $K_p$  为用气体分压表示的平衡常数, 分压=物质的量分数×总压。



① 图中 n 代表的组分为         。(填化学式)

② 750K 时, 反应III的平衡常数  $K_p = \underline{\hspace{2cm}}$ 。(列出计算式)

③ 750K 时,  $\text{SiCl}_4$  的平衡转化率为 f, 消耗硅的物质的量为          mol。(列出计算式)

(4) 673K 下、其他条件相同时, 用  $\text{Cu}$ 、 $\text{CuO}$  和  $\text{CuCl}$  分别催化上述反应, 一段时间内  $\text{SiCl}_4$  的转化率如下表所示。(产物  $\text{SiHCl}_3$  选择性均高于 98.5%)

|     |    |     |      |
|-----|----|-----|------|
| 催化剂 | Cu | CuO | CuCl |
|-----|----|-----|------|

|                              |     |      |      |
|------------------------------|-----|------|------|
| SiCl <sub>4</sub> 的转化率<br>/% | 7.3 | 14.3 | 22.3 |
|------------------------------|-----|------|------|

①使用不同催化剂时，反应IV的 $\Delta H$ :CuO 催化剂\_\_\_\_\_ CuCl 催化剂(填“>”“<”或“=”)；反应IV的活化能：Cu 催化剂\_\_\_\_\_ CuCl 催化剂(填“>”“<”或“=”)。

②使用CuCl 催化剂，初始投料 $\alpha\text{molSiCl}_4$  该段时间内得到 $\beta\text{molSiHCl}_3$ ，则SiHCl<sub>3</sub> 的选择性

$$= \frac{\text{生成SiHCl}_3\text{所消耗的SiCl}_4\text{的物质的量}}{\text{所消耗的SiCl}_4\text{的总物质的量}} \times 100\% = \underline{\hspace{2cm}} \times 100\% \text{。 (列出计算式)}$$

【答案】(1) -80

(2) ①. bc ②. 因 $\Delta H_4 < 0$ ，升温反应IV 向逆反应方向进行，SiHCl<sub>3</sub> 的产量反而减小

(3) ①. HCl ②.  $\frac{z^2}{w^2 x p_0}$  ③.  $\frac{(1-f)(x+y+z)}{x} - 1$  或  $\frac{(1-f)(y+z)}{x} - f$

(4) ①. = ②. > ③.  $\frac{3\beta}{4 \times 0.223\alpha}$

【解析】

【小问1 详解】

根据盖斯定律可知， $\Delta H_4 = \Delta H_2 + 3\Delta H_1 = -236\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + 3 \times (+52\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = -80\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

故答案为：-80。

【小问2 详解】

①压缩平衡体系体积，相当于增大压强，重新达到平衡后，对于反应I  $\rightarrow$  IV，除压强对反应I 无影响，对II  $\rightarrow$  IV 的反应都是平衡向正反应方向移动，因此SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> 和SiHCl<sub>3</sub> 的量增大；因 $\Delta H_4 < 0$ 、

$\Delta H_3 > 0$ ，升温反应IV 向逆反应方向进行，反应III 向正反应方向进行，SiHCl<sub>3</sub> 的产量反而减小。

故答案为：bc；因 $\Delta H_4 < 0$ ，升温反应IV 向逆反应方向进行，SiHCl<sub>3</sub> 的产量反而减小。

【小问3 详解】

在压强为 $p_0$  的恒压体系中通入 $2\text{molH}_2$  和 $1\text{molSiCl}_4$ ，①根据反应I  $\rightarrow$  IV 可知，温度升高反应I 和III 向正反应方向进行，产物含量增加，结合图可知n 为HCl，m 为SiHCl<sub>3</sub>；②750K 时按照反应III 进行：

$\text{Si(s)} + \text{SiCl}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) = 2\text{SiH}_2\text{Cl}_2(\text{g})$ ，由图中可知道平衡时SiCl<sub>4</sub> 的物质的量分数为x，

SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>的物质的量分数为z，H<sub>2</sub>的物质的量分数为w，则  $K_p = \frac{(z p_0)^2}{x p_0 (w p_0)^2} = \frac{z^2}{x w^2 p_0}$ ；③ 750K，

1mol SiCl<sub>4</sub> 的平衡转化率为 f，则转化的 SiCl<sub>4</sub> 为 f mol，剩余的 SiCl<sub>4</sub> 为 (1-f) mol，平衡时的物质与物质的量分数分别为：SiCl<sub>4</sub> → x、SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> → z 和 SiHCl<sub>3</sub> → y，设平衡时混合物的总物质的量为 M mol，则可以

根据剩余的 SiCl<sub>4</sub> 计算出 M， $\frac{1-f}{M} = x \Rightarrow M = \frac{1-f}{x}$  mol，再计算出

$\frac{n(\text{SiHCl}_3)}{\frac{1-f}{x}} = y \Rightarrow n(\text{SiHCl}_3) = \frac{(1-f)y}{x}$  mol， $\frac{n(\text{SiH}_2\text{Cl}_2)}{\frac{1-f}{x}} = z \Rightarrow n(\text{SiH}_2\text{Cl}_2) = \frac{(1-f)z}{x}$  mol，根据硅原

子守恒，消耗硅的物质的量=平衡物质中硅的总物质的量-起始时的 1mol SiCl<sub>4</sub>，

$n(\text{Si}) = \left[ (1-f) + \frac{(1-f)y}{x} + \frac{(1-f)z}{x} \right] - 1 = \left[ \frac{(1-f)(x+y+z)}{x} - 1 \right]$  mol 或者消耗硅的物质的量=平衡物质中

SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> 和 SiHCl<sub>3</sub> 物质的量之和-消耗的 f mol SiCl<sub>4</sub>，

$n(\text{Si}) = \left[ \frac{(1-f)y}{x} + \frac{(1-f)z}{x} \right] - f = \left[ \frac{(1-f)(y+z)}{x} - f \right]$  mol。

故答案为：HCl； $\frac{z^2}{x w^2 p_0}$ ； $\frac{(1-f)(x+y+z)}{x} - 1$  或  $\frac{(1-f)(y+z)}{x} - f$ 。

#### 【小问 4 详解】

①使用不同催化剂时，反应 IV 的 ΔH:CuO 催化剂与 ΔH:CuCl 催化剂相比较，由于反应热只和反应物的始态与生成物的终态有关，与催化剂无关，所以 ΔH:CuO 催化剂=ΔH:CuCl 催化剂；根据表中数据，在相同单位时间内，Cu 作催化剂 SiCl<sub>4</sub> 的转化率为 7.3%、CuCl 作催化剂 SiCl<sub>4</sub> 的转化率为 22.3%，由此可以得出 CuCl 作催化剂时活化能更低，效率更高，则反应 IV 的活化能：Cu 催化剂 > CuCl 催化剂；②根据反应 IV：Si(s)+3SiCl<sub>4</sub>(g)+2H<sub>2</sub>(g)=4SiHCl<sub>3</sub>(g)，初始投料 αmol SiCl<sub>4</sub> 该段时间内得到

Si(s) + 3SiCl<sub>4</sub>(g) + 2H<sub>2</sub>(g) = 4SiHCl<sub>3</sub>(g)

βmol SiHCl<sub>3</sub>，列式 3mol 4mol，得出生成 SiHCl<sub>3</sub> 所消耗的

n βmol

SiCl<sub>4</sub> 的物质的量  $n = \frac{3\beta}{4}$  mol，根据表的转化率可知所消耗的 SiCl<sub>4</sub> 的总物质的量为 α × 22.3% = 0.223α，

最后根据公式

$$\text{SiHCl}_3\text{的选择性} = \frac{\text{生成SiHCl}_3\text{所消耗的SiCl}_4\text{的物质的量}}{\text{所消耗的SiCl}_4\text{的总物质的量}} \times 100\% = \frac{\frac{3\beta}{4}}{0.223\alpha} \times 100\% = \frac{3\beta}{4 \times 0.223\alpha} \times 100\%$$

。

故答案为：=； >；  $\frac{3\beta}{4 \times 0.223\alpha}$ 。