

## 一、选择题

1. 化学与生活密切相关。下列叙述正确的是

- A. 漂白粉与盐酸可混合使用以提高消毒效果  
B. 温室气体是形成酸雨的主要物质  
C. 棉花、麻和蚕丝均为碳水化合物  
D. 干冰可用在舞台上制造“云雾”

【答案】D

【解析】

【详解】A. 漂白粉的有效成分次氯酸钙与盐酸混合，会发生氧化还原反应生成有毒的氯气，两者不能混合使用，A 错误；

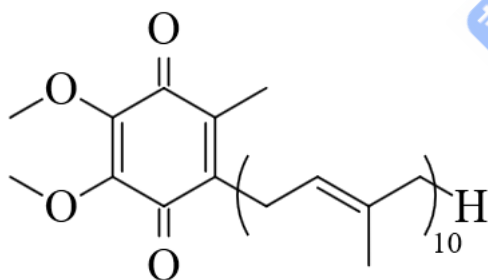
B. 温室气体主要是指二氧化碳，二氧化碳不是形成酸雨的主要物质，形成酸雨的主要物质是硫氧化物、氮氧化物等，B 错误；

C. 棉花、麻来源于植物，主要成分均是纤维素，为碳水化合物，但蚕丝来源于动物，主要成分是蛋白质，蛋白质不是碳水化合物，C 错误；

D. 干冰是固态的二氧化碳，干冰升华时，吸收大量的热，使周围温度降低，大量的水蒸气凝结成了小液滴，形成“云雾”效果，D 正确；

答案选 D。

2. 辅酶  $Q_{10}$  具有预防动脉硬化的功效，其结构简式如下。下列有关辅酶  $Q_{10}$  的说法正确的是



- A. 分子式为  $C_{60}H_{90}O_4$   
B. 分子中含有 14 个甲基  
C. 分子中的四个氧原子不在同一平面  
D. 可发生加成反应，不能发生取代反应

【答案】B

【解析】

【详解】A. 由该物质的结构简式可知，其分子式为  $C_{59}H_{90}O_4$ ，A 错误；

B. 由该物质的结构简式可知，键线式端点代表甲基，10 个重复基团的最后一个连接 H 原子的碳是甲基，故分子中含有  $1+1+1+10+1=14$  个甲基，B 正确；

C. 双键碳以及与其相连的四个原子共面，羰基碳采取  $sp^2$  杂化，羰基碳原子和与其相连的氧原子及另外两

个原子共面，因此分子中的四个氧原子在同一平面上，C 错误；

D. 分子中有碳碳双键，能发生加成反应，分子中含有甲基，能发生取代反应，D 错误；

答案选 B。

3. 能正确表示下列反应的离子方程式为

A. 硫化钠溶液和硝酸混合： $S^{2-}+2H^+=H_2S\uparrow$

B. 明矾溶液与过量氨水混合： $Al^{3+}+4NH_3+2H_2O=AlO_2^-+4NH_4^+$

C. 硅酸钠溶液中通入二氧化碳： $SiO_3^{2-}+CO_2+H_2O=HSiO_3^-+HCO_3^-$

D. 将等物质的量浓度的  $Ba(OH)_2$  和  $NH_4HSO_4$  溶液以体积比 1 : 2 混合： $Ba^{2+}+2OH^-+2H^++SO_4^{2-}$   
 $=BaSO_4\downarrow+2H_2O$

【答案】D

【解析】

【详解】A. 硝酸具有强氧化性，可以将  $S^{2-}$  氧化为 S 单质，自身根据其浓度大小还原为 NO 或  $NO_2$ ，反应的离子方程式为  $4H^++2NO_3^-+S^{2-}=S\downarrow+2NO_2\uparrow+2H_2O$ (浓)或  $8H^++2NO_3^-+3S^{2-}=3S\downarrow+2NO\uparrow+4H_2O$ (稀)，A 错误；

B. 明矾在水中可以电离出  $Al^{3+}$ ，可以与氨水中电离出的  $OH^-$  发生反应生成  $Al(OH)_3$ ，但由于氨水的碱性较弱，生成的  $Al(OH)_3$  不能继续与弱碱发生反应，故反应的离子方程式为

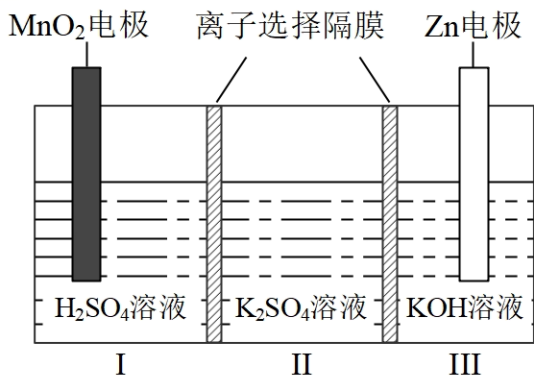
$Al^{3+}+3NH_3\cdot H_2O=Al(OH)_3\downarrow+3NH_4^+$ ，B 错误；

C. 硅酸的酸性小于碳酸，向硅酸钠溶液中通入二氧化碳时，生成硅酸沉淀，二氧化碳则根据其通入的量的多少反应为碳酸根或碳酸氢根，反应的离子方程式为  $SiO_3^{2-}+H_2O+CO_2=H_2SiO_3\downarrow+CO_3^{2-}$  ( $CO_2$  少量)或  $SiO_3^{2-}+2H_2O+2CO_2=H_2SiO_3\downarrow+2HCO_3^-$  ( $CO_2$  过量)，C 错误；

D. 将等物质的量浓度的  $Ba(OH)_2$  与  $NH_4HSO_4$  溶液以体积比 1 : 2 混合， $Ba(OH)_2$  电离出的  $OH^-$  与  $NH_4HSO_4$  电离出的  $H^+$  反应生成水， $Ba(OH)_2$  电离出的  $Ba^{2+}$  与  $NH_4HSO_4$  电离出的  $SO_4^{2-}$  反应生成  $BaSO_4$  沉淀，反应的离子方程为  $Ba^{2+}+2OH^-+2H^++SO_4^{2-}=BaSO_4\downarrow+2H_2O$ ，D 正确；

故答案选 D。

4. 一种水性电解液 Zn-MnO<sub>2</sub> 离子选择双隔膜电池如图所示(KOH 溶液中， $Zn^{2+}$  以  $Zn(OH)_4^{2-}$  存在)。电池放电时，下列叙述错误的是



- A. II区的  $K^+$  通过隔膜向III区迁移
- B. I区的  $SO_4^{2-}$  通过隔膜向II区迁移
- C.  $MnO_2$  电极反应:  $MnO_2 + 2e^- + 4H^+ = Mn^{2+} + 2H_2O$
- D. 电池总反应:  $Zn + 4OH^- + MnO_2 + 4H^+ = Zn(OH)_4^{2-} + Mn^{2+} + 2H_2O$

【答案】A

【解析】

【分析】根据图示的电池结构和题目所给信息可知，III区 Zn 为电池的负极，电极反应为  $Zn - 2e^- + 4OH^- = Zn(OH)_4^{2-}$ ，I区  $MnO_2$  为电池的正极，电极反应为  $MnO_2 + 2e^- + 4H^+ = Mn^{2+} + 2H_2O$ ；电池在工作过程中，由于两个离子选择隔膜没有指明的阳离子隔膜还是阴离子隔膜，故两个离子隔膜均可以通过阴、阳离子，因此可以得到I区消耗  $H^+$ ，生成  $Mn^{2+}$ ，II区的  $K^+$  向I区移动或I区的  $SO_4^{2-}$  向II区移动，III区消耗  $OH^-$ ，生成  $Zn(OH)_4^{2-}$ ，II区的  $SO_4^{2-}$  向III区移动或III区的  $K^+$  向II区移动。据此分析答题。

- 【详解】A. 根据分析，II区的  $K^+$  只能向I区移动，A 错误；
- B. 根据分析，I区的  $SO_4^{2-}$  向II区移动，B 正确；
- C.  $MnO_2$  电极的电极反应式为  $MnO_2 + 2e^- + 4H^+ = Mn^{2+} + 2H_2O$ ，C 正确；
- D. 电池的总反应为  $Zn + 4OH^- + MnO_2 + 4H^+ = Zn(OH)_4^{2-} + Mn^{2+} + 2H_2O$ ，D 正确；
- 故答案选 A。

5.  $N_A$  为阿伏加德罗常数的值，下列说法正确的是

- A.  $25^\circ C$ ， $101kPa$  下， $28L$  氢气中质子的数目为  $2.5N_A$
- B.  $2.0L$   $1.0mol \cdot L^{-1}$   $AlCl_3$  溶液中， $Al^{3+}$  的数目为  $2.0N_A$

C. 0.20mol 苯甲酸完全燃烧，生成  $\text{CO}_2$  的数目为  $1.4N_A$

D. 电解熔融  $\text{CuCl}_2$ ，阴极增重 6.4g，外电路中通过电子的数目为  $0.10N_A$

【答案】C

【解析】

【详解】A.  $25^\circ\text{C}$ 、 $101\text{kPa}$  不是标准状况，不能用标况下的气体摩尔体积计算氢气的物质的量，故 A 错误；

B.  $\text{Al}^{3+}$  在溶液中会发生水解生成  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ，因此 2.0L 1.0 mol/L 的  $\text{AlCl}_3$  溶液中  $\text{Al}^{3+}$  数目小于  $2.0N_A$ ，故 B 错误；

C. 苯甲酸燃烧的化学方程式为  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} + \frac{15}{2}\text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 7\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ ，1mol 苯甲酸燃烧生成

7mol  $\text{CO}_2$ ，则 0.2mol 苯甲酸完全燃烧生成 1.4mol  $\text{CO}_2$ ，数目为  $1.4N_A$ ，故 C 正确；

D. 电解熔融  $\text{CuCl}_2$  时，阳极反应为  $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2 \uparrow$ ，阴极反应为  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$ ，阴极增加的重量为 Cu 的质量，6.4g Cu 的物质的量为 0.1mol，根据阴极反应可知，外电路中通过电子的物质的量为 0.2mol，数目为  $0.2N_A$ ，故 D 错误；

答案选 C。

6. Q、X、Y、Z 是原子序数依次增大的短周期主族元素，其最外层电子数之和为 19。Q 与 X、Y、Z 位于不同周期，X、Y 相邻，Y 原子最外层电子数是 Q 原子内层电子数的 2 倍。下列说法正确的是

A. 非金属性：X>Q

B. 单质的熔点：X>Y

C. 简单氢化物的沸点：Z>Q

D. 最高价含氧酸的酸性：Z>Y

【答案】D

【解析】

【分析】Q、X、Y、Z 为原子序数依次增大的短周期主族元素，Q 与 X、Y、Z 不在同一周期，Y 原子最外层电子数为 Q 原子内层电子数的 2 倍，则 Q 应为第二周期元素，X、Y、Z 位于第三周期，Y 的最外层电子数为 4，则 Y 为 Si 元素，X、Y 相邻，且 X 的原子序数小于 Y，则 X 为 Al 元素，Q、X、Y、Z 的最外层电子数之和为 19，则 Q、Z 的最外层电子数之和为  $19 - 3 - 4 = 12$ ，主族元素的最外层电子数最多为 7，若 Q 的最外层电子数为 7，为 F 元素，Z 的最外层电子数为 5，为 P 元素，若 Q 的最外层电子数为 6，为 O 元素，则 Z 的最外层电子数为 6，为 S 元素，若 Q 的最外层电子数为 5，为 N 元素，Z 的最外层电子数为 7，为 Cl 元素；综上所述，Q 为 N 或 O 或 F，X 为 Al，Y 为 Si，Z 为 Cl 或 S 或 P，据此分析解题。

【详解】A. X为Al, Q为N或O或F, 同一周期从左往右元素非金属性依次增强, 同一主族从上往下依次减弱, 故非金属性:  $Q > X$ , A错误;

B. 由分析可知, X为Al属于金属晶体, Y为Si属于原子晶体或共价晶体, 故单质熔点  $Si > Al$ , 即  $Y > X$ , B错误;

C. 含有氢键的物质沸点升高, 由分析可知Q为N或O或F, 其简单氢化物为 $H_2O$ 或 $NH_3$ 或 $HF$ , Z为Cl或S或P, 其简单氢化物为 $HCl$ 或 $H_2S$ 或 $PH_3$ , 由于前者物质中存在分子间氢键, 而后者物质中不存在, 故沸点  $Q > Z$ , C错误;

D. 元素的非金属性越强, 其最高价含氧酸的酸性越强, P、S、Cl的非金属性均强于Si, 因此最高价含氧酸酸性:  $Z > Y$ , D正确;

故答案为: D。

7. 根据实验目的, 下列实验及现象、结论都正确的是

选项	实验目的	实验及现象	结论
A	比较 $CH_3COO^-$ 和 $HCO_3^-$ 的水解常数	分别测浓度均为 $0.1mol \cdot L^{-1}$ 的 $CH_3COONH_4$ 和 $NaHCO_3$ 溶液的pH, 后者大于前者	$K_h(CH_3COO^-) < K_h(HCO_3^-)$
B	检验铁锈中是否含有二价铁	将铁锈溶于浓盐酸, 滴入 $KMnO_4$ 溶液, 紫色褪去	铁锈中含有二价铁
C	探究氢离子浓度对 $CrO_4^{2-}$ 、 $Cr_2O_7^{2-}$ 相互转化的影响	向 $K_2CrO_4$ 溶液中缓慢滴加硫酸, 黄色变为橙红色	增大氢离子浓度, 转化平衡向生成 $Cr_2O_7^{2-}$ 的方向移动
D	检验乙醇中是否含有水	向乙醇中加入一小粒金属钠, 产生无色气体	乙醇中含有水

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】C

### 【解析】

【详解】A.  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  中  $\text{NH}_4^+$  水解,  $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+$ , 会消耗  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  水解生成的  $\text{OH}^-$ , 测定相同浓度的  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  和  $\text{NaHCO}_3$  溶液的 pH, 后者大于前者, 不能说明  $K_h(\text{CH}_3\text{COO}^-) < K_h(\text{HCO}_3^-)$ , A 错误;

B. 浓盐酸也能与  $\text{KMnO}_4$  发生反应, 使溶液紫色褪去, B 错误;

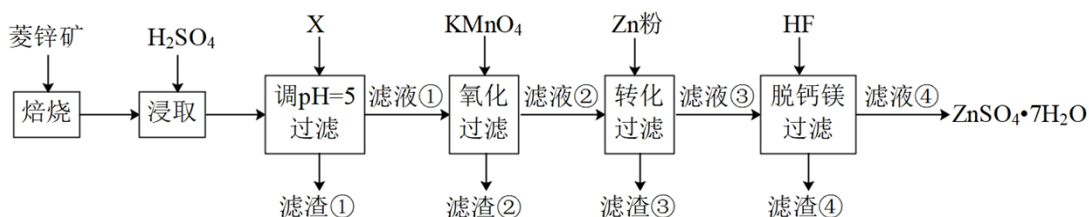
C.  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  中存在平衡  $2\text{CrO}_4^{2-}(\text{黄色}) + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{橙红色}) + \text{H}_2\text{O}$ , 缓慢滴加硫酸,  $\text{H}^+$  浓度增大, 平衡正向移动, 故溶液黄色变成橙红色, C 正确;

D. 乙醇和水均会与金属钠发生反应生成氢气, 故不能说明乙醇中含有水, D 错误;

答案选 C。

## 二、非选择题

8. 硫酸锌( $\text{ZnSO}_4$ )是制备各种含锌材料的原料, 在防腐、电镀、医学上有诸多应用。硫酸锌可由菱锌矿制备。菱锌矿的主要成分为  $\text{ZnCO}_3$ , 杂质为  $\text{SiO}_2$  以及 Ca、Mg、Fe、Cu 等的化合物。其制备流程如下:



本题中所涉及离子的氢氧化物溶度积常数如下表:

离子	$\text{Fe}^{3+}$	$\text{Zn}^{2+}$	$\text{Cu}^{2+}$	$\text{Fe}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$
$K_{sp}$	$4.0 \times 10^{-38}$	$6.7 \times 10^{-17}$	$2.2 \times 10^{-20}$	$8.0 \times 10^{-16}$	$1.8 \times 10^{-11}$

回答下列问题:

- 菱锌矿焙烧生成氧化锌的化学方程式为\_\_\_\_\_。
- 为了提高锌的浸取效果, 可采取的措施有\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。
- 加入物质 X 调溶液 pH=5, 最适宜使用的 X 是\_\_\_\_\_(填标号)。

A.  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$     B.  $\text{Ca}(\text{OH})_2$     C.  $\text{NaOH}$

滤渣①的主要成分是\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。

- 向  $80 \sim 90^\circ\text{C}$  的滤液①中分批加入适量  $\text{KMnO}_4$  溶液充分反应后过滤, 滤渣②中有  $\text{MnO}_2$ , 该步反应

的离子方程式为\_\_\_\_\_。

(5) 滤液②中加入锌粉的目的是\_\_\_\_\_。

(6) 滤渣④与浓  $\text{H}_2\text{SO}_4$  反应可以释放 HF 并循环利用, 同时得到的副产物是\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。

【答案】(1)  $\text{ZnCO}_3 \xrightarrow{\text{焙烧}} \text{ZnO} + \text{CO}_2 \uparrow$

(2) ①. 增大压强 ②. 将焙烧后的产物碾碎, 增大接触面积、增大硫酸的浓度等

(3) ①. B ②.  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ③.  $\text{CaSO}_4$  ④.  $\text{SiO}_2$

(4)  $3\text{Fe}^{2+} + \text{MnO}_4^- + 7\text{H}_2\text{O} = 3\text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{MnO}_2 \downarrow + 5\text{H}^+$

(5) 置换  $\text{Cu}^{2+}$  为 Cu 从而除去

(6) ①.  $\text{CaSO}_4$  ②.  $\text{MgSO}_4$

### 【解析】

【分析】由题干信息, 菱锌矿的主要成分为  $\text{ZnCO}_3$ , 杂质为  $\text{SiO}_2$  以及 Ca、Mg、Fe、Cu 等的化合物, 结

合流程图分析, 菱锌矿焙烧, 主要发生反应  $\text{ZnCO}_3 \xrightarrow{\text{焙烧}} \text{ZnO} + \text{CO}_2 \uparrow$ , 再加入  $\text{H}_2\text{SO}_4$  酸浸, 得到含  $\text{Zn}^{2+}$ 、

$\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$  的溶液, 加入物质 X 调节  $\text{pH}=5$ , 结合表格数据, 过滤得到  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、

$\text{CaSO}_4$ 、 $\text{SiO}_2$  的滤渣①, 滤液①中主要含有  $\text{Zn}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ , 再向滤液①中加入  $\text{KMnO}_4$  溶

液氧化  $\text{Fe}^{2+}$ , 过滤得到  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  和  $\text{MnO}_2$  的滤渣②, 滤液②中加入锌粉, 发生反应  $\text{Zn} + \text{Cu}^{2+} = \text{Zn}^{2+} + \text{Cu}$ , 过

滤后得到滤渣③为 Cu, 再向滤液③中加入 HF 脱钙镁, 过滤得到滤渣④为  $\text{CaF}_2$ 、 $\text{MgF}_2$ , 滤液④为  $\text{ZnSO}_4$

溶液, 经一系列处理得到  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 据此分析解答。

### 【小问 1 详解】

由分析, 焙烧时, 生成 ZnO 的反应为:  $\text{ZnCO}_3 \xrightarrow{\text{焙烧}} \text{ZnO} + \text{CO}_2 \uparrow$ ;

### 【小问 2 详解】

可采用增大压强、将焙烧后的产物碾碎, 增大接触面积、增大硫酸的浓度等方式提高锌的浸取率;

### 【小问 3 详解】

A.  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  易分解产生  $\text{NH}_3$  污染空气, 且经济成本较高, 故 A 不适宜;

B.  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  不会引入新的杂质, 且成本较低, 故 B 适宜;

C.  $\text{NaOH}$  会引入杂质  $\text{Na}^+$ , 且成本较高, C 不适宜;

故答案选 B;

当沉淀完全时(离子浓度小于  $10^{-5}\text{mol/L}$ ), 结合表格  $K_{\text{sp}}$  计算各离子完全沉淀时  $\text{pH}<5$  的只有  $\text{Fe}^{3+}$ , 故滤渣

①中有  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ，又  $\text{CaSO}_4$  是微溶物， $\text{SiO}_2$  不溶于酸，故滤渣①的主要成分是  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{CaSO}_4$ 、 $\text{SiO}_2$ ；

【小问 4 详解】

向  $80\sim 90^\circ\text{C}$  滤液①中加入  $\text{KMnO}_4$  溶液，可氧化  $\text{Fe}^{2+}$ ，得到  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  和  $\text{MnO}_2$  的滤渣②，反应的离子方程式为  $3\text{Fe}^{2+} + \text{MnO}_4^- + 7\text{H}_2\text{O} = 3\text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{MnO}_2 \downarrow + 5\text{H}^+$ ；

【小问 5 详解】

滤液②中加入锌粉，发生反应  $\text{Zn} + \text{Cu}^{2+} = \text{Zn}^{2+} + \text{Cu}$ ，故加入锌粉的目的为置换  $\text{Cu}^{2+}$  为  $\text{Cu}$  从而除去；

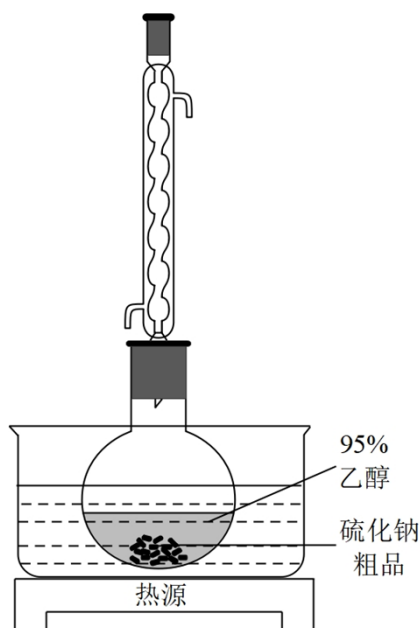
【小问 6 详解】

由分析，滤渣④为  $\text{CaF}_2$ 、 $\text{MgF}_2$ ，与浓硫酸反应可得到  $\text{HF}$ ，同时得到的副产物为  $\text{CaSO}_4$ 、 $\text{MgSO}_4$ 。

9. 硫化钠可广泛用于染料、医药行业。工业生产的硫化钠粗品中常含有一定量的煤灰及重金属硫化物等杂质。硫化钠易溶于热乙醇，重金属硫化物难溶于乙醇。实验室中常用 95% 乙醇重结晶纯化硫化钠粗品。回答下列问题：

(1) 工业上常用芒硝 ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) 和煤粉在高温下生产硫化钠，同时生成  $\text{CO}$ ，该反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。

(2) 溶解回流装置如图所示，回流前无需加入沸石，其原因是\_\_\_\_\_。回流时，烧瓶内气雾上升高度不宜超过冷凝管高度的  $1/3$ 。若气雾上升过高，可采取的措施是\_\_\_\_\_。



(3) 回流时间不宜过长，原因是\_\_\_\_\_。回流结束后，需进行的操作有①停止加热 ②关闭冷凝水 ③移去水浴，正确的顺序为\_\_\_\_\_ (填标号)。

A. ①②③    B. ③①②    C. ②①③    D. ①③②

(4) 该实验热过滤操作时，用锥形瓶而不能用烧杯接收滤液，其原因是\_\_\_\_\_。过滤除去的杂质为\_\_\_\_\_。若滤纸上析出大量晶体，则可能的原因是\_\_\_\_\_。

(5) 滤液冷却、结晶、过滤，晶体用少量\_\_\_\_\_洗涤，干燥，得到  $\text{Na}_2\text{S} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 。

【答案】(1)  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O} + 4\text{C} \xrightarrow{\text{高温}} \text{Na}_2\text{S} + 4\text{CO} \uparrow + 10\text{H}_2\text{O}$

(2) ①. 硫化钠粗品中常含有一定量的煤灰及重金属硫化物等杂质，这些杂质可以直接作沸石  
②. 降低温度

(3) ①. 硫化钠易溶于热乙醇，若回流时间过长， $\text{Na}_2\text{S}$  会直接析出在冷凝管上，使提纯率较低，同时易造成冷凝管下端堵塞，圆底烧瓶内气压过大，发生爆炸 ②. D

(4) ①. 防止滤液冷却 ②. 重金属硫化物 ③. 温度逐渐恢复至室温

(5) 冷水

【解析】

【分析】本实验的实验目的为制备硫化钠并用 95%乙醇重结晶纯化硫化钠粗品，工业上常用芒硝

( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ )和煤粉在高温下生产硫化钠，反应原理为： $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O} + 4\text{C} \xrightarrow{\text{高温}}$

$\text{Na}_2\text{S} + 4\text{CO} \uparrow + 10\text{H}_2\text{O}$ ，结合硫化钠的性质解答问题。

【小问 1 详解】

工业上常用芒硝( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ )和煤粉在高温下生产硫化钠，同时生产 CO，根据得失电子守恒，反应

的化学方程式为： $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O} + 4\text{C} \xrightarrow{\text{高温}} \text{Na}_2\text{S} + 4\text{CO} \uparrow + 10\text{H}_2\text{O}$ ；

【小问 2 详解】

由题干信息，生产的硫化钠粗品中常含有一定量的煤灰及重金属硫化物等杂质，这些杂质可以直接作沸石，因此回流前无需加入沸石，若气流上升过高，可直接降低降低温度，使气压降低；

【小问 3 详解】

硫化钠易溶于热乙醇，若回流时间过长， $\text{Na}_2\text{S}$  会直接析出在冷凝管上，使提纯率较低，同时易造成冷凝管下端堵塞，圆底烧瓶内气压过大，发生爆炸；回流结束后，先停止加热，再移去水浴后再关闭冷凝水，故正确的顺序为①③②，答案选 D。

【小问 4 详解】

硫化钠易溶于热乙醇，使用锥形瓶可有效防止滤液冷却，重金属硫化物难溶于乙醇，故过滤除去的杂质为重金属硫化物，由于硫化钠易溶于热乙醇，过滤后温度逐渐恢复至室温，滤纸上便会析出大量晶体；

【小问 5 详解】

乙醇与水互溶，硫化钠易溶于热乙醇，因此将滤液冷却、结晶、过滤后，晶体可用少量冷水洗涤，再干

燥，即可得到  $\text{Na}_2\text{S} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 。

10. 金属钛(Ti)在航空航天、医疗器械等工业领域有着重要用途，目前生产钛的方法之一是将金红石( $\text{TiO}_2$ )转化为 $\text{TiCl}_4$ ，再进一步还原得到钛。回答下列问题：

(1)  $\text{TiO}_2$  转化为  $\text{TiCl}_4$  有直接氯化法和碳氯化法。在  $1000^\circ\text{C}$  时反应的热化学方程式及其平衡常数如下：

(i) 直接氯化： $\text{TiO}_2(\text{s}) + 2\text{Cl}_2(\text{g}) = \text{TiCl}_4(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$   $\Delta H_1 = 172\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,  $K_{p1} = 1.0 \times 10^{-2}$

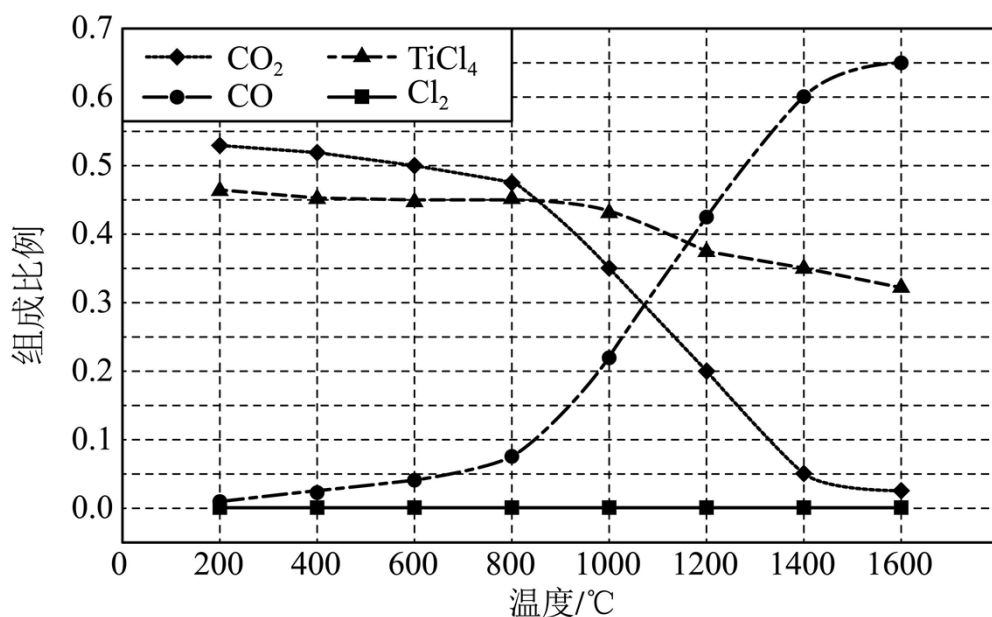
(ii) 碳氯化： $\text{TiO}_2(\text{s}) + 2\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{C}(\text{s}) = \text{TiCl}_4(\text{g}) + 2\text{CO}(\text{g})$   $\Delta H_2 = -51\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,  $K_{p2} = 1.2 \times 10^{12}\text{Pa}$

① 反应  $2\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{CO}(\text{g})$  的  $\Delta H$  为 \_\_\_\_\_  $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,  $K_p =$  \_\_\_\_\_ Pa。

② 碳氯化的反应趋势远大于直接氯化，其原因是\_\_\_\_\_。

③ 对于碳氯化反应：增大压强，平衡\_\_\_\_\_移动(填“向左”“向右”或“不”)；温度升高，平衡转化率\_\_\_\_\_ (填“变大”“变小”或“不变”)。

(2) 在  $1.0 \times 10^5 \text{Pa}$ ，将  $\text{TiO}_2$ 、C、 $\text{Cl}_2$  以物质的量比 1:2.2:2 进行反应。体系中气体平衡组成比例(物质的量分数)随温度变化的理论计算结果如图所示。



① 反应  $\text{C}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) = 2\text{CO}(\text{g})$  的平衡常数  $K_p(1400^\circ\text{C}) =$  \_\_\_\_\_ Pa。

② 图中显示，在  $200^\circ\text{C}$  平衡时  $\text{TiO}_2$  几乎完全转化为  $\text{TiCl}_4$ ，但实际生产中反应温度却远高于此温度，其原因是\_\_\_\_\_。

(3)  $\text{TiO}_2$  碳氯化是一个“气—固—固”反应，有利于  $\text{TiO}_2 - \text{C}$  “固—固”接触的措施是\_\_\_\_\_。

【答案】(1) ①. -223 ②.  $1.2 \times 10^{14}$  ③. 碳氯化反应气体分子数增加,  $\Delta H$  小于 0, 是熵增、放热过程, 熵判据与焓判据均是自发过程, 而直接氯化的体系气体分子数不变、且是吸热过程 ④. 向左 ⑤. 变小

(2) ①.  $7.2 \times 10^5$  ②. 为了提高反应速率, 在相同时间内得到更多的  $\text{TiCl}_4$  产品, 提高效益

(3) 将两固体粉碎后混合, 同时鼓入  $\text{Cl}_2$ , 使固体粉末“沸腾”

### 【解析】

#### 【小问 1 详解】

①根据盖斯定律, 将“反应 ii - 反应 i”得到反应  $2\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{CO}(\text{g})$ , 则  $\Delta H = -51\text{kJ/mol} - 172\text{kJ/mol} = -$

$223\text{kJ/mol}$ ; 则  $K_p = \frac{K_{p2}}{K_{p1}} = \frac{1.2 \times 10^{12}\text{Pa}}{1.0 \times 10^{-2}} = 1.2 \times 10^{14}\text{Pa}$ ;

②碳氯化的反应趋势远大于直接氯化, 因为碳氯化反应气体分子数增加,  $\Delta H$  小于 0, 是熵增、放热过程, 熵判据与焓判据均是自发过程, 而直接氯化的体系气体分子数不变、且是吸热过程;

③对应碳氯化反应, 气体分子数增大, 依据勒夏特列原理, 增大压强, 平衡往气体分子数减少的方向移动, 即平衡向左移动; 该反应是放热反应, 温度升高, 平衡往吸热方向移动, 即向左移动, 则平衡转化率变小。

#### 【小问 2 详解】

①从图中可知,  $1400^\circ\text{C}$ , 体系中气体平衡组成比例  $\text{CO}_2$  是 0.05,  $\text{TiCl}_4$  是 0.35,  $\text{CO}$  是 0.6, 反应

$\text{C}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) = 2\text{CO}(\text{g})$  的平衡常数  $K_p(1400^\circ\text{C}) = \frac{(0.6P_{\text{总}})^2}{0.05P_{\text{总}}} = \frac{(0.6 \times 1.0 \times 10^5)^2}{0.05 \times 1.0 \times 10^5} \text{Pa} = 7.2 \times 10^5\text{Pa}$ ;

②实际生产中需要综合考虑反应的速率、产率等, 以达到最佳效益, 实际反应温度远高于  $200^\circ\text{C}$ , 就是为了提高反应速率, 在相同时间内得到更多的  $\text{TiCl}_4$  产品。

#### 【小问 3 详解】

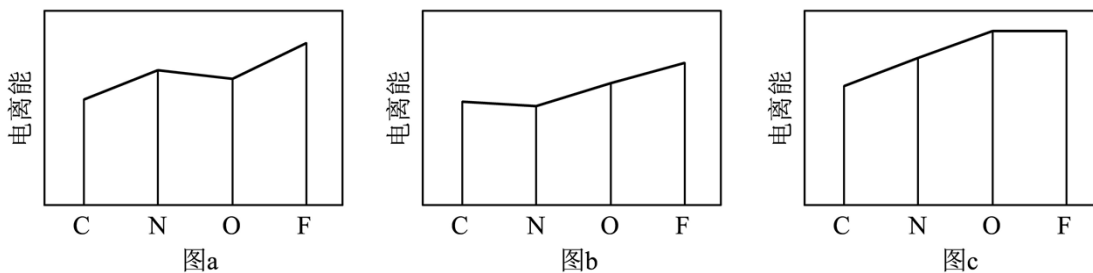
固体颗粒越小, 比表面积越大, 反应接触面积越大。有利于  $\text{TiO}_2 - \text{C}$ “固-固”接触, 可将两者粉碎后混合, 同时鼓入  $\text{Cl}_2$ , 使固体粉末“沸腾”, 增大接触面积。

### 【化学—选修 3: 物质结构与性质】

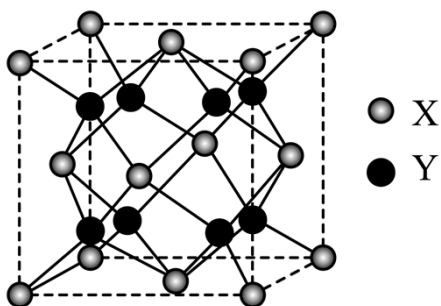
11. 2008 年北京奥运会的“水立方”, 在 2022 年冬奥会上华丽转身为“冰立方”, 实现了奥运场馆的再利用, 其美丽的透光气囊材料由乙烯( $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ )与四氟乙烯( $\text{CF}_2=\text{CF}_2$ )的共聚物(ETFE)制成。回答下列问题:

(1) 基态 F 原子的价电子排布图(轨道表示式)为\_\_\_\_\_。

(2) 图 a、b、c 分别表示 C、N、O 和 F 的逐级电离能 I 变化趋势(纵坐标的标度不同)。第一电离能的变化图是\_\_\_\_\_ (填标号), 判断的根据是\_\_\_\_\_; 第三电离能的变化图是\_\_\_\_\_ (填标号)。



- (3) 固态氟化氢中存在 $(HF)_n$ 形式，画出 $(HF)_3$ 的链状结构\_\_\_\_\_。
- (4)  $CF_2=CF_2$  和 ETFE 分子中 C 的杂化轨道类型分别为\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_；聚四氟乙烯的化学稳定性高于聚乙烯，从化学键的角度解释原因\_\_\_\_\_。
- (5) 萤石( $CaF_2$ )是自然界中常见的含氟矿物，其晶胞结构如图所示，X 代表的离子是\_\_\_\_\_；若该立方晶胞参数为  $a$  pm，正负离子的核间距最小为\_\_\_\_\_pm。



【答案】(1)  $2s$   $2p$

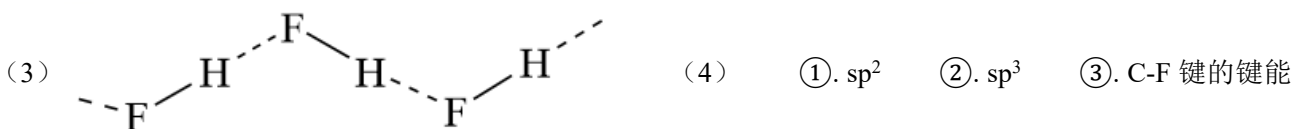
↑↓
----

↑↓	↑↓	↑
----	----	---

(2) ①. 图 a ②. 同一周期第一电离能的总体趋势是

依次升高的，但由于 N 元素的  $2p$  能级为半充满状态，因此 N 元素的第一电离能较 C、O 两种元素高

③. 图 b




大于聚乙烯中 C-H 的键能，键能越大，化学性质越稳定

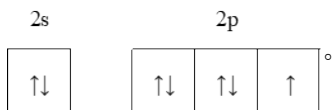
(5) ①.  $Ca^{2+}$  ②.  $\frac{\sqrt{3}}{4} a$  pm

【解析】

【分析】根据基态原子的电子表示式书写价电子排布式；根据电离能的排布规律分析电离能趋势和原因；根据氢键的表示方法书写 $(HF)_3$ 的结构；根据键能影响物质稳定性的规律分析两种物质的稳定性差异；根据均摊法计算晶胞中各粒子的个数，判断粒子种类。

【小问 1 详解】

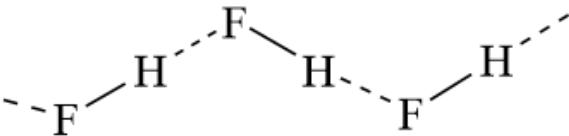
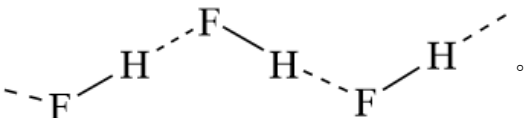
F 为第 9 号元素其电子排布为  $1s^2 2s^2 2p^5$ ，则其价电子排布图为 ，故答案为



【小问 2 详解】

C、N、O、F 四种元素在同一周期，同一周期第一电离能的总体趋势是依次升高的，但由于 N 元素的 2p 能级为半充满状态，因此 N 元素的第一电离能较 C、O 两种元素高，因此 C、N、O、F 四种元素的第一电离能从小到大的顺序为  $C < O < N < F$ ，满足这一规律的图像为图 a，气态基态正 2 价阳离子失去 1 个电子生成气态基态正 3 价阳离子所需要的的能量为该原子的第三电离能，同一周期原子的第三电离能的总体趋势也依次升高，但由于 C 原子在失去 2 个电子之后的 2s 能级为全充满状态，因此其再失去一个电子需要的能量稍高，则满足这一规律的图像为图 b，故答案为：图 a、同一周期第一电离能的总体趋势是依次升高的，但由于 N 元素的 2p 能级为半充满状态，因此 N 元素的第一电离能较 C、O 两种元素高、图 b。

【小问 3 详解】

固体 HF 中存在氢键，则  $(HF)_3$  的链状结构为 ，故答案为：  


【小问 4 详解】

$CF_2=CF_2$  中 C 原子存在 3 对共用电子对，其 C 原子的杂化方式为  $sp^2$  杂化，但其共聚物 ETFE 中 C 原子存在 4 对共用电子对，其 C 原子为  $sp^3$  杂化；由于 F 元素的电负性较大，因此在与 C 原子的结合过程中形成的 C-F 键的键能大于聚乙烯中 C-H 的键能，键能的强弱决定物质的化学性质，键能越大，化学性质越稳定，因此聚四氟乙烯的化学稳定性高于聚乙烯，故答案为： $sp^2$ 、 $sp^3$ 、C-F 键的键能大于聚乙烯中 C-H 的键能，键能越大，化学性质越稳定。

【小问 5 详解】

根据萤石晶胞结构，浅色 X 离子分布在晶胞的顶点和面心上，则 1 个晶胞中浅色 X 离子共有  $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$  个，深色 Y 离子分布在晶胞内部，则 1 个晶胞中共有 8 个深色 Y 离子，因此该晶胞的化学式应为

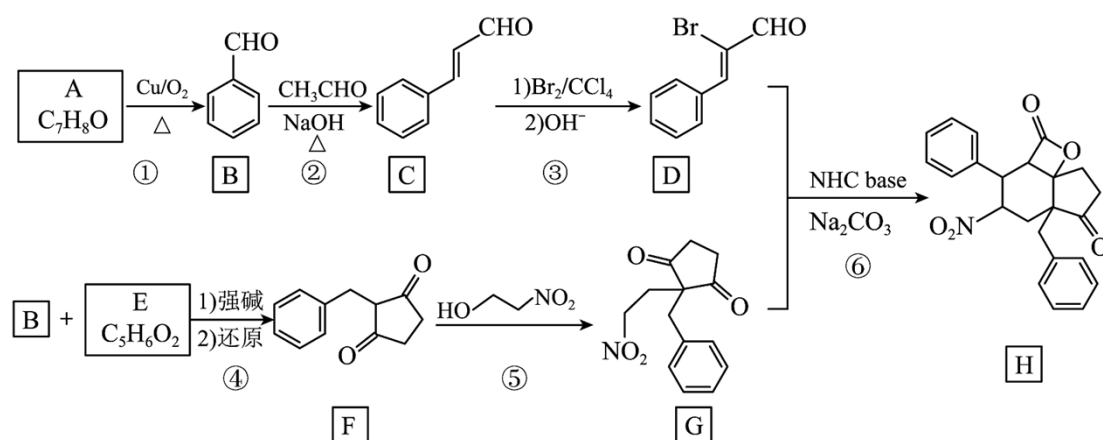
XY<sub>2</sub>，结合萤石的化学式可知，X 为 Ca<sup>2+</sup>；根据晶胞，将晶胞分成 8 个相等的小正方体，仔细观察 CaF<sub>2</sub> 的晶胞结构不难发现 F<sup>-</sup>位于晶胞中 8 个小立方体的体心，小立方体边长为  $\frac{1}{2}a$ ，体对角线为  $\frac{\sqrt{3}}{2}a$ ，Ca<sup>2+</sup>与 F<sup>-</sup>

之间距离就是小晶胞体对角线的一半，因此晶体中正负的核间距的最小的距离为  $\frac{\sqrt{3}}{4}a$  pm，故答案为：

Ca<sup>2+</sup>、 $\frac{\sqrt{3}}{4}a$  pm。

### 【化学—选修 5，有机化学基础】

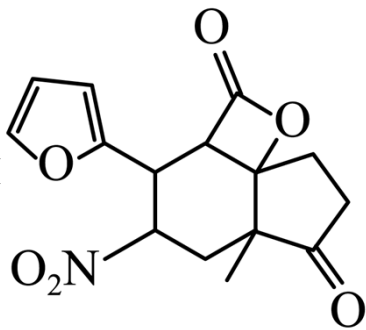
12. 用 N-杂环卡其碱(NHC base)作为催化剂，可合成多环化合物。下面是一种多环化合物 H 的合成路线(无需考虑部分中间体的立体化学)。



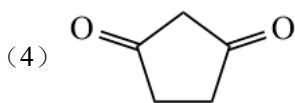
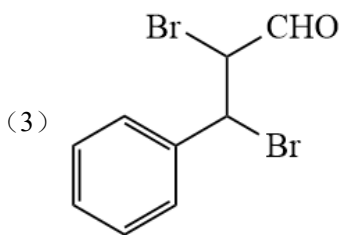
回答下列问题：

- (1) A 的化学名称为\_\_\_\_\_。
- (2) 反应②涉及两步反应，已知第一步反应类型为加成反应，第二步的反应类型为\_\_\_\_\_。
- (3) 写出 C 与 Br<sub>2</sub>/CCl<sub>4</sub> 反应产物的结构简式\_\_\_\_\_。
- (4) E 的结构简式为\_\_\_\_\_。
- (5) H 中含氧官能团的名称是\_\_\_\_\_。
- (6) 化合物 X 是 C 的同分异构体，可发生银镜反应，与酸性高锰酸钾反应后可以得到对苯二甲酸，写出 X 的结构简式\_\_\_\_\_。

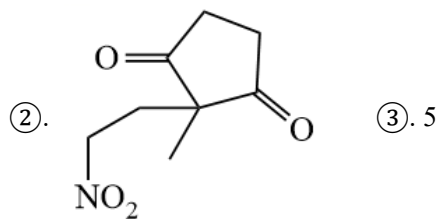
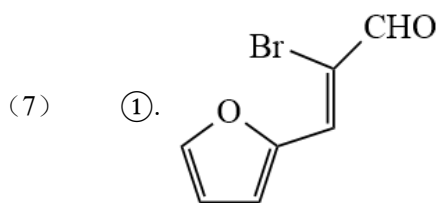
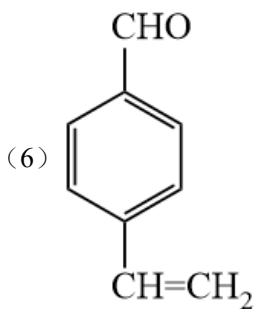
(7) 如果要合成 H 的类似物 H' ( ), 参照上述合成路线, 写出相应的 D' 和 G' 的结构简式 \_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。H' 分子中有 \_\_\_\_\_ 个手性碳 (碳原子上连有 4 个不同的原子或基团时, 该碳称为手性碳)。



**【答案】** (1) 苯甲醇 (2) 消去反应

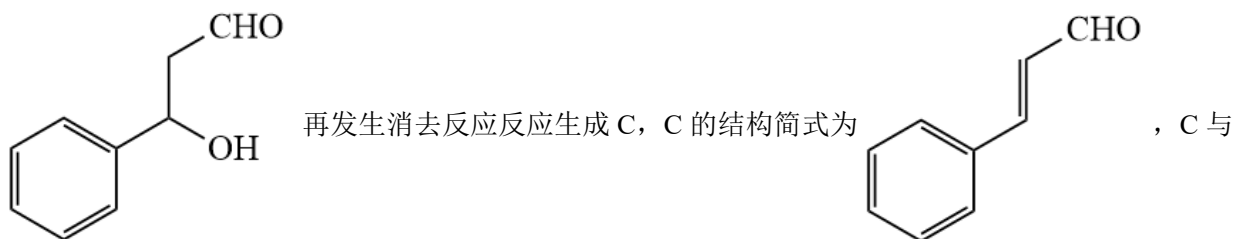
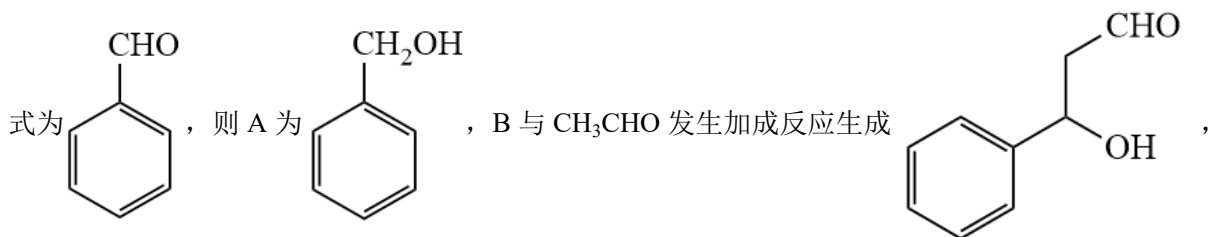


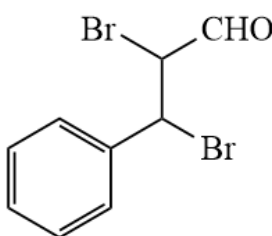
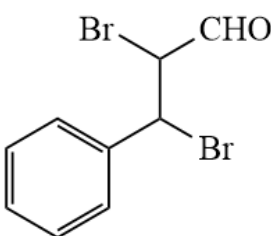
(5) 硝基、酯基和羰基

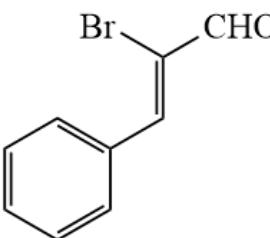


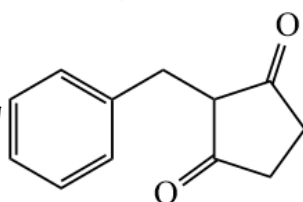
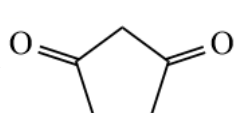
**【解析】**

**【分析】** 由合成路线, A 的分子式为 C<sub>7</sub>H<sub>8</sub>O, 在 Cu 作催化剂的条件下发生催化氧化生成 B, B 的结构简



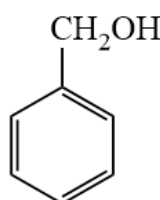
$\text{Br}_2/\text{CCl}_4$  发生加成反应得到  ,  再在碱性条件下发生消去反应

生成 D, D 为  , B 与 E 在强碱的环境下还原得到 F, E 的分子式为  $\text{C}_5\text{H}_6\text{O}_2$ , F 的结

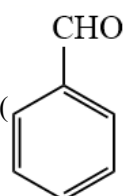
构简式为  , 可推知 E 为  , F 与  $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NO}_2$  生成

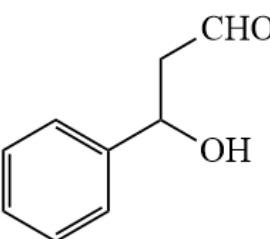
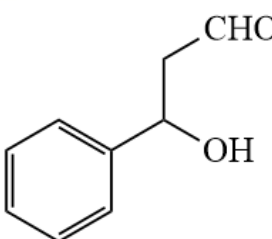
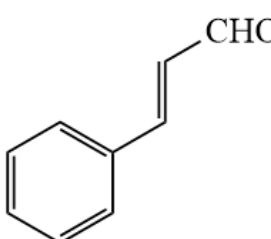
G, G 与 D 反应生成 H, 据此分析解答。

【小问 1 详解】

由分析可知, A 的结构简式为  , 其化学名称为苯甲醇;

【小问 2 详解】

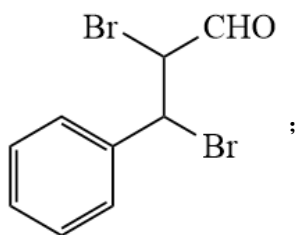
由 B、C 的结构简式, 结合反应条件, 可知 B() 先与  $\text{CH}_3\text{CHO}$  发生碳氧双键的加成反应生成

 ,  再发生消去反应生成 C() , 故

第二步的反应类型为消去反应;

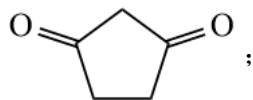
【小问 3 详解】

根据分析可知，C 与  $\text{Br}_2/\text{CCl}_4$  发生加成反应得到



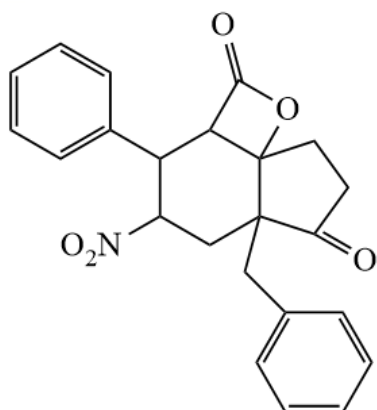
**【小问 4 详解】**

由分析，E 的结构简式为



**【小问 5 详解】**

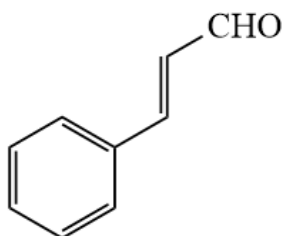
H 的结构简式为



，可其分子中含有的含有官能团为硝基、酯基和羰基；

**【小问 6 详解】**

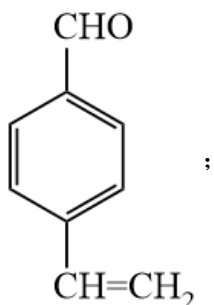
C 的结构简式为



，分子式为  $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}$ ，其同分异构体 X 可发生银镜反应，说明含有

醛基，又与酸性高锰酸钾反应后可得到对苯二甲酸，则 X 的取代基处于苯环的对位，满足条件的 X 的结

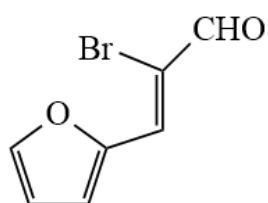
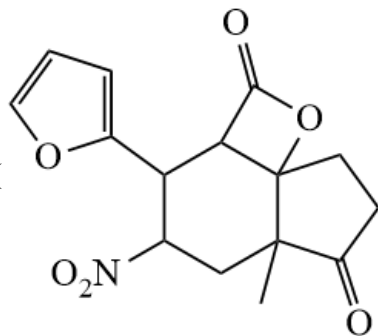
构简式为：



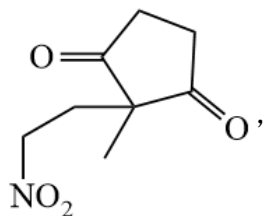
**【小问 7 详解】**

G 与 D 反应生成 H 的反应中，D 中碳碳双键断裂与 G 中  $\text{HC}-\text{NO}_2$  和  $\text{C}=\text{O}$  成环，且  $\text{C}=\text{O}$  与  $-\text{CHO}$  成

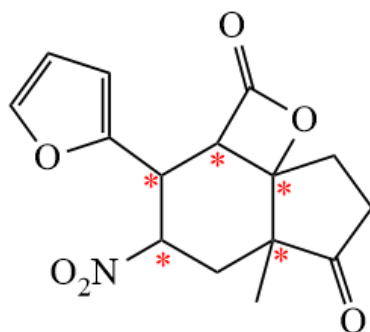
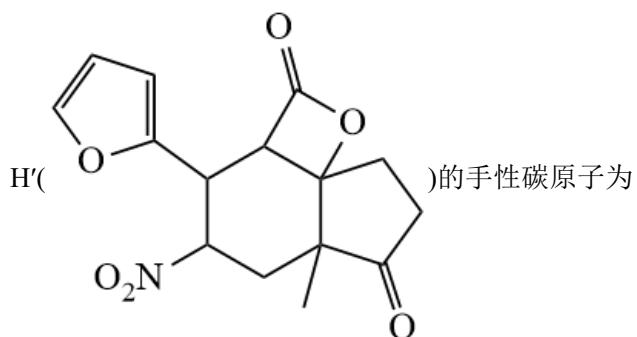
环, 从而得到 H, 可推知, 若要合成 H' (



, G'为



, 手性碳原子为连有 4 各不同基团的饱和碳原子, 则



, 共 5 个。

