

河北省 2022 年普通高中学业水平选择性考试

化学

本试卷满分 100 分，考试时间 75 分钟。

可能用到的相对原子质量：H-1 N-14 O-16 Na-23 Mg-24 Al-27 Si-28 S-32

一、单项选择题：本题共 9 小题，每小题 3 分，共 27 分。在每小题给出的四个选项中，只有一项是符合题目要求的。

1. 定窑是宋代五大名窑之一，其生产的白瓷闻名于世。下列说法正确的是

- A. 传统陶瓷是典型的绝缘材料
B. 陶瓷主要成分为 SiO_2 和 MgO
C. 陶瓷烧制的过程为物理变化
D. 白瓷的白色是因铁含量较高

【答案】A

【解析】

【详解】A. 陶瓷有良好的绝缘性，传统陶瓷是典型的绝缘材料，常用于高压变压器的开关外包装和器件，A 正确；

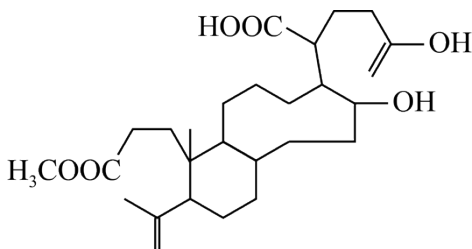
B. 陶瓷的主要成分为硅酸盐，而不是 SiO_2 和 MgO ，C 错误；

C. 陶瓷烧制过程发生复杂的化学反应，有新物质生成，属于化学变化，C 错误；

D. 由于 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 和铁的氧化物均有颜色，故陶瓷中含铁量越多，陶瓷的颜色越深，白瓷的白色是因为铁含量较低甚至几乎不含，D 错误；

故答案为：A。

2. 茯苓新酸 DM 是从中药茯苓中提取的一种化学物质，具有一定生理活性，其结构简式如图。关于该化合物，下列说法不正确的是



- A. 可使酸性 KMnO_4 溶液褪色
B. 可发生取代反应和加成反应
C. 可与金属钠反应放出 H_2
D. 分子中含有 3 种官能团

【答案】D

【解析】

【详解】A. 由题干有机物的结构简式可知，分子中含有碳碳双键，故可使酸性高锰酸钾溶液褪色，A 正

D. 参与反应的 $n(\text{Br}_2):n(\text{BaS}):n(\text{H}_2\text{SO}_4)$ 为 1:1:1

【答案】A

【解析】

【分析】由流程可知，氢溴酸中含有少量的溴，加入硫化钡将溴还原生成溴化钡和硫，再加入硫酸除杂，得到的滤渣为硫酸钡和硫；加入碳酸锂进行中和，得到的溴化锂溶液经浓缩等操作后得到产品溴化锂。

【详解】A. 还原工序逸出的 Br_2 用 NaOH 溶液吸收，吸收液中含有溴化钠和次溴酸钠等物质，若直接返回还原工序，则产品中会有一定量的溴化钠，导致产品的纯度降低，A 说法错误；

B. 除杂工序中产生的滤渣为硫酸钡和硫，硫属于非极性分子形成的分子晶体，而硫酸钡属于离子晶体，根据相似相溶原理可知，硫可溶于煤油，而硫酸钡不溶于煤油，因此可用煤油进行组分分离，B 说法正确；

C. 中和工序中，碳酸锂和氢溴酸发生反应生成溴化锂、二氧化碳和水，该反应的化学方程式为 $\text{Li}_2\text{CO}_3 + 2\text{HBr} = \text{CO}_2\uparrow + 2\text{LiBr} + \text{H}_2\text{O}$ ，C 说法正确；

D. 根据电子转化守恒可知，溴和硫化钡反应时物质的量之比为 1:1；根据硫酸钡的化学组成及钡元素守恒可知， $n(\text{BaS}):n(\text{H}_2\text{SO}_4)$ 为 1:1，因此，参与反应的 $n(\text{Br}_2):n(\text{BaS}):n(\text{H}_2\text{SO}_4)$ 为 1:1:1，D 说法正确；

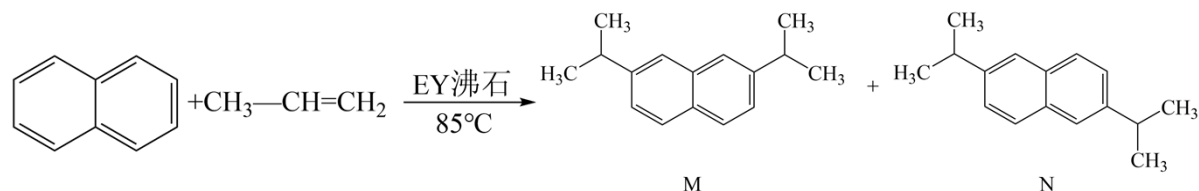
综上所述，本题选 A。

暂无 9 题，后续如有题目会及时更新

二、不定项选择题：本题共 4 小题，每小题 4 分，共 16 分。在每小题给出的四个选项中，有一项或两项符合题目要求。若正确答案只包括一个选项，多选时，该小题得 0 分；若正确答案包括两个选项，只选一个且正确的得 2 分，选两个且都正确的得 4 分，但只要选错一个，该小题得 0 分。

暂无 10 题，后续如有题目会及时更新

5. 在 EY 沸石催化下，萘与丙烯反应主要生成二异丙基萘 M 和 N。



下列说法正确的是

- A. M 和 N 互为同系物
- B. M 分子中最多有 12 个碳原子共平面
- C. N 的一溴代物有 5 种
- D. 萘的二溴代物有 10 种

【答案】CD

【解析】

【详解】A. 由题中信息可知，M 和 N 均属于二异丙基萘，两者分子式相同，但是其结构不同，故两者互为同分异构体，两者不互为同系物，A 说法不正确；

B. 因为萘分子中的 10 个碳原子是共面的，由于单键可以旋转，异丙基中最多可以有 2 个碳原子与苯环共面，因此，M 分子中最多有 14 个碳原子共平面，B 说法不正确；

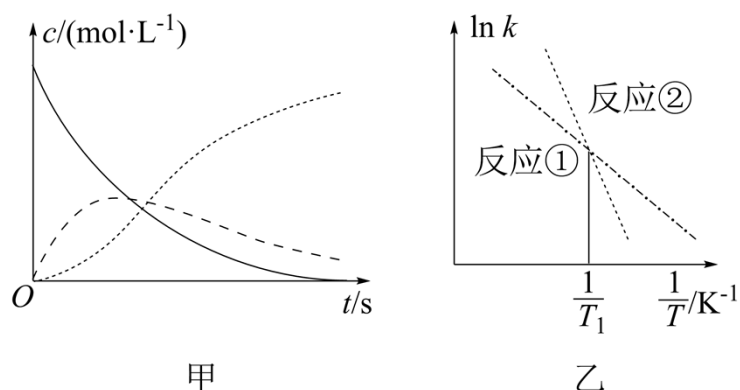
C. N 分子中有 5 种不同化学环境的 H，因此其一溴代物有 5 种，C 说法正确；

D. 萘分子中有 8 个 H，但是只有两种不同化学环境的 H（分别用 α 、 β 表示，其分别有 4 个），根据定一议二法可知，若先取代 α ，则取代另一个 H 的位置有 7 个；然后先取代 1 个 β ，然后再取代其他 β ，有 3 种，因此，萘的二溴代物有 10 种，D 说法正确；

本题选 CD。

暂无 12 题，后续如有题目会及时更新~

6. 恒温恒容条件下，向密闭容器中加入一定量 X，发生反应的方程式为① $X \rightleftharpoons Y$ ；② $Y \rightleftharpoons Z$ 。反应①的速率 $v_1 = k_1 c(X)$ ，反应②的速率 $v_2 = k_2 c(Y)$ ，式中 k_1 、 k_2 为速率常数。图甲为该体系中 X、Y、Z 浓度随时间变化的曲线，图乙为反应①和②的 $\ln k \sim \frac{1}{T}$ 曲线。下列说法错误的是



- A. 随 $c(X)$ 的减小，反应①、②的速率均降低
- B. 体系中 $v(X) = v(Y) + v(Z)$
- C. 欲提高 Y 的产率，需提高反应温度且控制反应时间
- D. 温度低于 T_1 时，总反应速率由反应②决定

【答案】AB

【解析】

【分析】由图中的信息可知，浓度随时间变化逐渐减小的代表的是 X，浓度随时间变化逐渐增大的代表的是 Z，浓度随时间变化先增大后减小的代表的是 Y；由图乙中的信息可知，反应①的速率常数随温度升高增大的幅度小于反应②的。

【详解】A. 由图甲中的信息可知，随 $c(X)$ 的减小， $c(Y)$ 先增大后减小， $c(Z)$ 增大，因此，反应①的速率随 $c(X)$ 的减小而减小，而反应②的速率先增大后减小，A 说法错误；

B. 根据体系中发生的反应可知，在 Y 的浓度达到最大值之前，单位时间内 X 的减少量等于 Y 和 Z 的增加量，因此， $v(X) = v(Y) + v(Z)$ ，但是，在 Y 的浓度达到最大值之后，单位时间内 Z 的增加量等于 Y 和 X 的减少量，故 $v(X) + v(Y) = v(Z)$ ，B 说法错误；

C. 升高温度可以加快反应①的速率，但是反应①的速率常数随温度升高增大的幅度小于反应②的，且反应②的速率随着 Y 的浓度的增大而增大，因此，欲提高 Y 的产率，需提高反应温度且控制反应时间，C 说法正确；

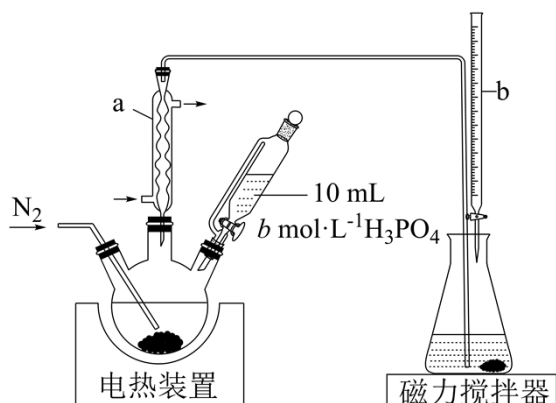
D. 由图乙信息可知，温度低于 T 时， $k_1 > k_2$ ，反应②为慢反应，因此，总反应速率由反应②决定，D 说法正确；

综上所述，本题选 AB。

三、非选择题：共 57 分。第 14~16 题为必考题，每个试题考生都必须作答。第 17~18 题为选考题，考生根据要求作答。

(一)必考题：共 42 分。

7. 某研究小组为了更准确检测香菇中添加剂亚硫酸盐的含量，设计实验如下：



①三颈烧瓶中加入 10.00g 香菇样品和 400mL 水；锥形瓶中加入 125mL 水、1mL 淀粉溶液，并预加 0.30mL $0.01000\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的碘标准溶液，搅拌。

②以 $0.2\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ 流速通氮气，再加入过量磷酸，加热并保持微沸，同时用碘标准溶液滴定，至终点时滴定消耗了 1.00mL 碘标准溶液。

③做空白实验，消耗了 0.10mL 碘标准溶液。

④用适量 Na_2SO_3 替代香菇样品，重复上述步骤，测得 SO_2 的平均回收率为 95%。

已知： $K_{a1}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 7.1 \times 10^{-3}$ ， $K_{a1}(\text{H}_2\text{SO}_3) = 1.3 \times 10^{-2}$

回答下列问题：

(1) 装置图中仪器 a、b 的名称分别为_____、_____。

(2) 三颈烧瓶适宜的规格为_____ (填标号)。

A. 250mL B. 500mL C. 1000mL

(3) 解释加入 H_3PO_4 ，能够生成 SO_2 的原因：_____。

(4) 滴定管在使用前需要_____、洗涤、润洗；滴定终点时溶液的颜色为_____；滴定反应的离子方程式为_____。

(5) 若先加磷酸再通氮气，会使测定结果_____ (填“偏高”“偏低”或“无影响”)。

(6) 该样品中亚硫酸盐含量为_____ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (以 SO_2 计，结果保留三位有效数字)。

【答案】 (1) ①. (球形)冷凝管 ②. (恒压)滴液漏斗

(2) C (3) 加入 H_3PO_4 后，溶液中存在化学平衡 $\text{H}_2\text{SO}_3 \rightleftharpoons \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ， SO_2 的溶解度随着温度升高而减小， SO_2 逸出后，促进了化学平衡 $\text{H}_2\text{SO}_3 \rightleftharpoons \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 向右移动

(4) ①. 检验其是否漏水 ②. 蓝色 ③. 加入 H_3PO_4 后，溶液中存在化学平衡 $\text{H}_2\text{SO}_3 \rightleftharpoons \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ， SO_2 的溶解度随着温度升高而减小， SO_2 逸出后，促进了化学平衡 $\text{H}_2\text{SO}_3 \rightleftharpoons \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 向右移动

(5) 偏低 (6) 80.8

【解析】

【分析】 由题中信息可知，检测香菇中添加剂亚硫酸盐的含量的原理是：用过量的磷酸与其中的亚硫酸盐反应生成 SO_2 ，用氮气将 SO_2 排入到锥形瓶中被水吸收，最后用碘标准溶液滴定，测出样品中亚硫酸盐含量。

【小问 1 详解】

根据仪器 a、b 的结构可知，装置图中仪器 a、b 的名称分别为球形冷凝管和恒压滴液漏斗；

【小问 2 详解】

三颈烧瓶中加入 10.00g 香菇样品和 400 mL 水，向其中加入 H_3PO_4 的体积不超过 10 mL。在加热时，三颈烧瓶中的液体不能超过其容积的 $\frac{2}{3}$ ，因此，三颈烧瓶适宜的规格为 1000 mL 选 C。

【小问 3 详解】

虽然 $K_{a1}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 7.1 \times 10^{-3} < K_{a1}(\text{H}_2\text{SO}_3) = 1.3 \times 10^{-2}$ ，但是 H_3PO_4 为难挥发性的酸，而 H_2SO_3 易分解为 SO_2 和水， SO_2 的溶解度随着温度升高而减小， SO_2 逸出后，促进了化学平衡 $\text{H}_2\text{SO}_3 \rightleftharpoons \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 向右移动，

因此，加入 H_3PO_4 能够生成 SO_2 的原因是：加入 H_3PO_4 后，溶液中存在化学平衡 $\text{H}_2\text{SO}_3 \rightleftharpoons \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ， SO_2 的溶解度随着温度升高而减小， SO_2 逸出后，促进了化学平衡 $\text{H}_2\text{SO}_3 \rightleftharpoons \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 向右移动；

【小问 4 详解】

滴定管在使用前需要检验其是否漏水、洗涤、润洗；滴定前，溶液中的碘被 SO_2 还原为碘离子，溶液的颜色为无色，滴加终点时，过量的 1 滴或半滴标准碘液使淀粉溶液变为蓝色且半分钟之内不变色，因此，滴定终点时溶液为蓝色；滴定反应的离子方程式为 $\text{I}_2 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{I}^- + 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ ；

【小问 5 详解】

若先加磷酸再通氮气，则不能将装置中的空气及时排出，有部分亚硫酸盐和 SO_2 被装置中的氧气氧化，碘的标准液的消耗量将减少，因此会使测定结果偏低。

【小问 6 详解】

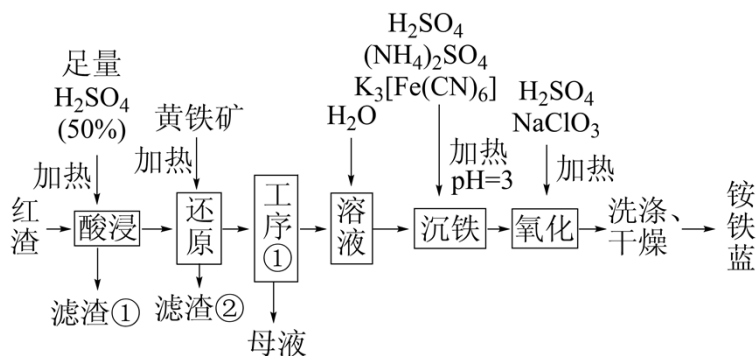
实验中 SO_2 消耗的标准碘液的体积为 $0.30 \text{ mL} + 1.00 \text{ mL} = 1.30 \text{ mL}$ ，减去空白实验消耗的 0.10 mL ，则实际消耗标准碘液的体积为 1.20 mL ，根据反应 $\text{I}_2 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{I}^- + 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ 可以计算出 $n(\text{SO}_2) = n(\text{I}_2) = 1.20 \text{ mL} \times 10^{-3} \text{ L} \cdot \text{mL}^{-1} \times 0.01000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 1.20 \times 10^{-5} \text{ mol}$ ，由于 SO_2 的平均回收率为 95%，则实际生成的 $n(\text{SO}_2) =$

$$\frac{1.20 \times 10^{-5} \text{ mol}}{0.95} \approx 1.263 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

，则根据 S 元素守恒可知，该样品中亚硫酸盐含量为

$$\frac{1.263 \times 10^{-5} \text{ mol} \times 64 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 1000 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}}{10.00 \text{ g} \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{g}^{-1}} \approx 80.8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$$

8. 以焙烧黄铁矿 FeS_2 (杂质为石英等)产生的红渣为原料制备铵铁蓝 $\text{Fe}(\text{NH}_4)\text{Fe}(\text{CN})_6$ 颜料。工艺流程如下：



回答下列问题：

- (1) 红渣的主要成分为 _____ (填化学式)，滤渣①的主要成分为 _____ (填化学式)。
- (2) 黄铁矿研细的目的是 _____。
- (3) 还原工序中，不生成 S 单质的反应的化学方程式为 _____。

(4) 工序①的名称为_____，所得母液循环使用。

(5) 沉铁工序产生的白色沉淀 $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{CN})_6$ 中 Fe 的化合价为_____，氧化工序发生反应的离子方程式为_____。

(6) 若用还原工序得到的滤液制备 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 和 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ，所加试剂为_____和_____ (填化学式，不引入杂质)。

【答案】 (1) ①. Fe_2O_3 ②. SiO_2

(2) 增大固液接触面积，加快反应速率，提高黄铁矿的利用率

(3) $7\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{FeS}_2 + 8\text{H}_2\text{O} = 15\text{FeSO}_4 + 8\text{H}_2\text{SO}_4$

(4) 蒸发浓缩、冷却结晶、过滤洗涤

(5) ①. +2; ②. $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{CN})_6 + \text{ClO}^- + 2\text{H}^+ = \text{Fe}(\text{NH}_4)\text{Fe}(\text{CN})_6 + \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}^- + \text{NH}_4^+$

(6) ①. H_2O_2 ②. $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$

【解析】

【分析】 已知黄铁矿高温煅烧生成 Fe_2O_3 ，反应原理为： $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 \xrightarrow{\text{煅烧}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$ ，故产生的红渣主要成分为 Fe_2O_3 和 SiO_2 ，将红渣粉碎后加入足量的 50% 的 H_2SO_4 溶液加热充酸浸，反应原理为： $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ ，过滤出滤渣①，主要成分为 SiO_2 ，向滤液中加入黄铁矿进行还原，将 Fe^{3+} 还原为 Fe^{2+} ，由(3)小问可知不生成 S 沉淀，则硫元素被氧化为 SO_4^{2-} ，反应原理为：

$14\text{Fe}^{3+} + \text{FeS}_2 + 8\text{H}_2\text{O} = 15\text{Fe}^{2+} + 2\text{SO}_4^{2-} + 16\text{H}^+$ ，然后进行工序①为蒸发浓缩、冷却结晶，得到 FeSO_4 晶体和母液主要含有 FeSO_4 溶液和 H_2SO_4 ，加水溶解 FeSO_4 晶体，向所得溶液中加入 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 并用 H_2SO_4 调节溶液的 pH 为 3，进行沉铁过程，反应原理为： $\text{Fe}^{2+} + 2\text{NH}_4^+ + [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} = \text{Fe}(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{CN})_6 \downarrow$ ，然后过滤出沉淀，洗涤后加入 H_2SO_4 和 NaClO_3 进行氧化步骤，反应原理为： $6\text{Fe}(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{CN})_6 + \text{ClO}_3^- + 6\text{H}^+ = 6\text{Fe}(\text{NH}_4)\text{Fe}(\text{CN})_6 + 3\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}^- + 6\text{NH}_4^+$ ，过滤、洗涤干燥即制得 $\text{Fe}(\text{NH}_4)\text{Fe}(\text{CN})_6$ ，据此分析解题。

【小问 1 详解】

由分析可知，红渣的主要成分为： Fe_2O_3 ，滤渣①的主要成分为： SiO_2 ，故答案为： Fe_2O_3 ； SiO_2 ；

【小问 2 详解】

黄铁矿研细的主要目的是增大固液接触面积，加快反应速率，提高黄铁矿的利用率，故答案为：增大固液接触面积，加快反应速率，提高黄铁矿的利用率；

【小问 3 详解】

由分析可知，还原工序中，不产生 S 单质沉淀，则硫元素被氧化为 SO_4^{2-} ，反应原理为：

$14\text{Fe}^{3+} + \text{FeS}_2 + 8\text{H}_2\text{O} = 15\text{Fe}^{2+} + 2\text{SO}_4^{2-} + 16\text{H}^+$ ，故化学方程式为： $7\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{FeS}_2 + 8\text{H}_2\text{O} = 15\text{FeSO}_4 + 8\text{H}_2\text{SO}_4$ ，故

答案为： $7\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{FeS}_2 + 8\text{H}_2\text{O} = 15\text{FeSO}_4 + 8\text{H}_2\text{SO}_4$ ；

【小问 4 详解】

由分析可知，工序①的名称为蒸发浓缩、冷却结晶、过滤洗涤，所得母液主要含有 FeSO_4 溶液和 H_2SO_4 可以循环利用，故答案为：蒸发浓缩、冷却结晶、过滤洗涤；

【小问 5 详解】

沉铁工序中产生的白色沉淀 $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{CN})_6$ 中 Fe 的化合价为 +2 价和 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ 中的 +3 价，由分析可知，

氧化工序所发生的离子方程式为： $6\text{Fe}(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{CN})_6 + \text{ClO}_3^- + 6\text{H}^+ = 6\text{Fe}(\text{NH}_4)\text{Fe}(\text{CN})_6 + 3\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}^- + 6\text{NH}_4^+$ ，故

答案为： $+2$ ； $6\text{Fe}(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{CN})_6 + \text{ClO}_3^- + 6\text{H}^+ = 6\text{Fe}(\text{NH}_4)\text{Fe}(\text{CN})_6 + 3\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}^- + 6\text{NH}_4^+$ ；

【小问 6 详解】

由分析可知，还原工序所得的滤液中主要含有 FeSO_4 溶液和 H_2SO_4 ，向滤液中先加入一定量的 H_2O_2 溶液

将 Fe^{2+} 完全氧化为 Fe^{3+} ，在向氧化后的溶液中加入氨水至不再产生沉淀为止，过滤洗涤，对沉淀进行灼

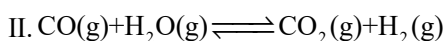
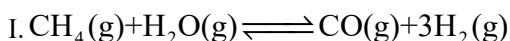
烧，即可制得 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 和 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ，故所需要加入的试剂为 H_2O_2 和 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ，故答案为： H_2O_2 ；

$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 。

9. 氢能是极具发展潜力的清洁能源，以氢燃料为代表的燃料电池有良好的应用前景。

(1) 298K 时， 1gH_2 燃烧生成 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 放热 121kJ， $1\text{mol H}_2\text{O}(\text{l})$ 蒸发吸热 44kJ，表示 H_2 燃烧热的热化学方程式为_____。

(2) 工业上常用甲烷水蒸气重整制备氢气，体系中发生如下反应。



①下列操作中，能提高 $\text{CH}_4(\text{g})$ 平衡转化率的是_____ (填标号)。

A. 增加 $\text{CH}_4(\text{g})$ 用量 B. 恒温恒压下通入惰性气体

C. 移除 $\text{CO}(\text{g})$ D. 加入催化剂

②恒温恒压条件下， $1\text{mol CH}_4(\text{g})$ 和 $1\text{mol H}_2\text{O}(\text{g})$ 反应达平衡时， $\text{CH}_4(\text{g})$ 的转化率为 α ， $\text{CO}_2(\text{g})$ 的物质的量为 $b \text{ mol}$ ，则反应 I 的平衡常数 $K_x =$ _____ (写出含有 α 、 b 的计算式；对于反应

$m\text{A}(\text{g})+n\text{B}(\text{g})\rightleftharpoons p\text{C}(\text{g})+q\text{D}(\text{g})$, $K_x = \frac{x^p(\text{C}) \cdot x^q(\text{D})}{x^m(\text{A}) \cdot x^n(\text{B})}$, x 为物质的量分数)。其他条件不变, $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$

起始量增加到 5mol , 达平衡时, $\alpha=0.90, b=0.65$, 平衡体系中 $\text{H}_2(\text{g})$ 的物质的量分数为_____ (结果保留两位有效数字)。

(3) 氢氧燃料电池中氢气在_____ (填“正”或“负”)极发生反应。

(4) 在允许 O^{2-} 自由迁移的固体电解质燃料电池中, $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ 放电的电极反应式为_____。

(5) 甲醇燃料电池中, 吸附在催化剂表面的甲醇分子逐步脱氢得到 CO , 四步可能脱氢产物及其相对能量如图, 则最可行途径为 $a \rightarrow$ _____ (用 $b \sim i$ 等代号表示)。

注: 本小问暂缺相对能量图。

【答案】 (1) $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -286 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

(2) ①. BC ②. $\frac{(\alpha-b)(3\alpha+b)^3}{(1-\alpha)(1-\alpha-b)(2+2\alpha)^2}$ ③. 0.43

(3) 负 (4) $\text{C}_n\text{H}_{2n+2} - (6n+2)\text{e}^- + (3n+1)\text{O}^{2-} = n\text{CO}_2 + (n+1)\text{H}_2\text{O}$

(5) 缺图无解

【解析】

【小问 1 详解】

298K 时, 1gH_2 燃烧生成 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 放热 121 kJ , $1 \text{ mol H}_2\text{O}(\text{l})$ 蒸发吸热 44kJ , 则 1mol H_2 燃烧生成 $1 \text{ mol H}_2\text{O}(\text{l})$ 放热 286kJ , 表示 H_2 燃烧热的热化学方程式为: $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -286 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;

【小问 2 详解】

①A. 增加 $\text{CH}_4(\text{g})$ 用量可以提高 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 的转化率, 但是 $\text{CH}_4(\text{g})$ 平衡转化率减小, A 不符合题意;

B. 恒温恒压下通入惰性气体, 相当于减小体系压强, 反应混合物中各组分的浓度减小, 反应 I 的化学平衡正向移动, 能提高 $\text{CH}_4(\text{g})$ 平衡转化率, B 符合题意;

C. 移除 $\text{CO}(\text{g})$, 减小了反应混合物中 $\text{CO}(\text{g})$ 的浓度, 反应 I 的化学平衡正向移动, 能提高 $\text{CH}_4(\text{g})$ 平衡转化率, C 符合题意;

D. 加入催化剂不能改变平衡状态, 故不能提高 $\text{CH}_4(\text{g})$ 平衡转化率, D 不符合题意;

综上所述, 上述操作中, 能提高 $\text{CH}_4(\text{g})$ 平衡转化率的是 BC;

②恒温恒压条件下, $1 \text{ mol CH}_4(\text{g})$ 和 $1 \text{ mol H}_2\text{O}(\text{g})$ 反应达平衡时, $\text{CH}_4(\text{g})$ 的转化率为 α , $\text{CO}_2(\text{g})$ 的物质的量为 $b \text{ mol}$, 则转化的 $\text{CH}_4(\text{g})$ 为 $\alpha \text{ mol}$, 剩余的 $\text{CH}_4(\text{g})$ 为 $(1-\alpha) \text{ mol}$, 根据 C 元素守恒可知, $\text{CO}(\text{g})$ 的物质的量为 $(\alpha-b) \text{ mol}$, 根据 H 和 O 守恒可知, $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 的物质的量为 $(1-\alpha-b) \text{ mol}$, $\text{H}_2(\text{g})$ 的物质的量为 $(3\alpha+b) \text{ mol}$,

则反应混合物的总物质的量为 $(2\alpha+2)$ mol，平衡混合物中， $\text{CH}_4(\text{g})$ 、 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 、 $\text{CO}(\text{g})$ 、 $\text{H}_2(\text{g})$ 的物质的量分数分别为 $\frac{1-\alpha}{2+2\alpha}$ 、 $\frac{1-\alpha-b}{2+2\alpha}$ 、 $\frac{\alpha-b}{2+2\alpha}$ 、 $\frac{3\alpha+b}{2+2\alpha}$ ，因此，反应 I 的平衡常数 $K_x =$

$$\frac{\frac{\alpha-b}{2+2\alpha} \times \left(\frac{3\alpha+b}{2+2\alpha}\right)^3}{\frac{1-\alpha}{2+2\alpha} \times \frac{1-\alpha-b}{2+2\alpha}} = \frac{(\alpha-b)(3\alpha+b)^3}{(1-\alpha)(1-\alpha-b)(2+2\alpha)^2}$$

其他条件不变， $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 起始量增加到 5mol，达平衡时，

$a=0.90$ ， $b=0.65$ ，则平衡时， $\text{CH}_4(\text{g})$ 为 0.1mol，根据 C 元素守恒可知， $\text{CO}(\text{g})$ 的物质的量为 0.25mol，根据 H 和 O 守恒可知， $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 的物质的量为 $(5-0.90-0.65)$ mol=3.45mol， $\text{H}_2(\text{g})$ 的物质的量为

$(3\alpha+b)$ mol=3.35mol，平衡混合物的总物质的量为 $(2\alpha+6)$ mol=7.8mol，平衡体系中 $\text{H}_2(\text{g})$ 的物质的量分数为

$$\frac{3.35}{7.8} \approx 0.43;$$

【小问 3 详解】

燃料电池中的燃料在负极发生氧化反应，因此，氢氧燃料电池中氢气在负极发生反应：

【小问 4 详解】

在允许 O^{2-} 自由迁移的固体电解质燃料电池中， $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ 在负极发生氧化反应生成 CO_2 和 H_2O ，电极反应式为 $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}-(6n+2)\text{e}^-+(3n+1)\text{O}^{2-}=\text{nCO}_2+(n+1)\text{H}_2\text{O}$ ；

【小问 5 详解】

缺图无解

(二)选考题：共 15 分。请考生从 2 道题中任选一题作答。如果多做，则按首题计分。

【选修 3：物质结构与性质】

10. 含 Cu、Zn、Sn 及 S 的四元半导体化合物(简称为 CZTS)，是一种低价、无污染的绿色环保型光伏材料，可应用于薄膜太阳能电池领域。回答下列问题：

(1) 基态 S 原子的价电子中，两种自旋状态的电子数之比为_____。

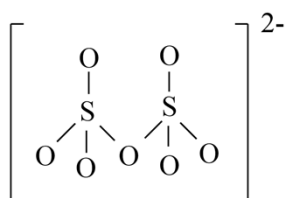
(2) Cu 与 Zn 相比，第二电离能与第一电离能差值更大的是_____，原因是_____。

(3) SnCl_3^- 的几何构型为_____，其中心离子杂化方式为_____。

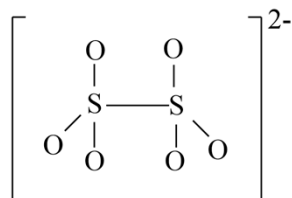
(4) 将含有未成对电子的物质置于外磁场中，会使磁场强度增大，称其为顺磁性物质，下列物质中，属于顺磁性物质的是_____ (填标号)。

A. $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ B. $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ C. $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ D. $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$

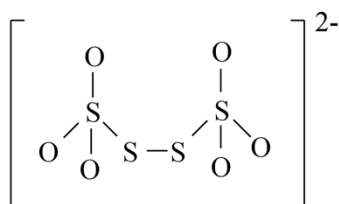
(5) 如图是硫的四种含氧酸根的结构：



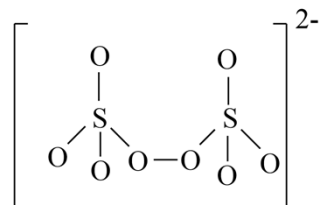
A



B



C



D

根据组成和结构推断，能在酸性溶液中将 Mn^{2+} 转化为 MnO_4^- 的是_____ (填标号)。理由是_____。

本题暂无(6)问

【答案】(1) 1; 2##2: 1

(2) ①. Cu ②. Cu 的第二电离能失去的是 $3d^{10}$ 的电子，第一电离能失去的是 $4s^1$ 电子，Zn 的第二电离能失去的是 $4s^1$ 的电子，第一电离能失去的是 $4s^2$ 电子， $3d^{10}$ 电子处于全充满状态，其与 $4s^1$ 电子能量差值更大

(3) ①. 三角锥形

②. sp^3 杂化 (4) B

(5) ①. D ②. D 中含有 -1 价的 O，易被还原，具有强氧化性，能将 Mn^{2+} 转化为 MnO_4^-

【解析】

【小问 1 详解】

基态 S 的价电子排布是 $3s^23p^4$ ，根据基态原子电子排布规则，两种自旋状态的电子数之比为：1: 2 或 2: 1;

【小问 2 详解】

Cu 的第二电离能失去的是 $3d^{10}$ 的电子，第一电离能失去的是 $4s^1$ 电子，Zn 的第二电离能失去的是 $4s^1$ 的电子，第一电离能失去的是 $4s^2$ 电子， $3d^{10}$ 电子处于全充满状态，其与 $4s^1$ 电子能量差值更大;

【小问 3 详解】

Sn 是 IVA 族元素， SnCl_3^- 的中心离子 Sn^{2+} 价层电子对数为 $3 + \frac{4+1-1 \times 3}{2} = 4$ ，有 1 对孤电子对，中心离子是 sp^3 杂化， SnCl_3^- 的几何构型是三角锥形;

【小问 4 详解】

根据题意，具有顺磁性物质含有未成对电子。A.[Cu(NH₃)₂]Cl 各原子核外电子均已成对，不符合题意；

B.[Cu(NH₃)₄]SO₄ 中的 Cu²⁺ 外围电子排布是 3d⁹，有未成对电子，符合题意； C.[Zn(NH₃)₄]SO₄ 各原子核外电

子均已成对，不符合题意； D.Na₂[Zn(OH)] 各原子核外电子均已成对，不符合题意；故答案选 B。

【小问 5 详解】

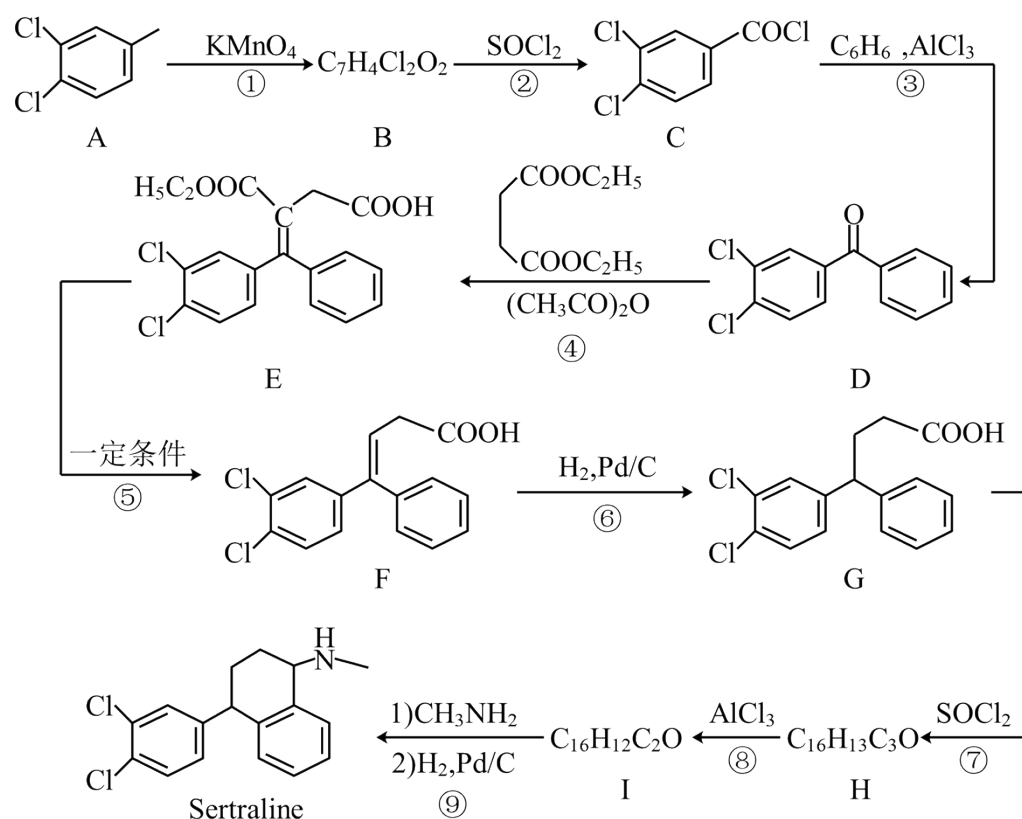
Mn²⁺ 转化为 MnO₄⁻ 需要氧化剂，且氧化性比 MnO₄⁻ 的强，由 SO₂ 使 KMnO₄ 溶液褪色可知 H₂SO₄ 的氧化性

弱于 MnO₄⁻，故 A 不符合； B、C 中的 S 化合价比 H₂SO₄ 低，氧化性更弱，故 B、C 均不符合； D 中含有-

1 价的 O，易被还原，具有强氧化性，能将 Mn²⁺ 转化为 MnO₄⁻，故 D 符合。

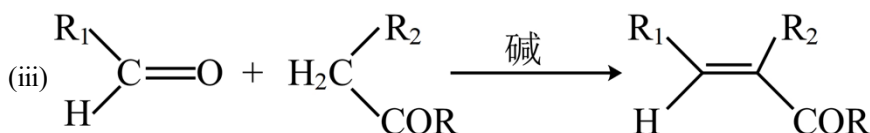
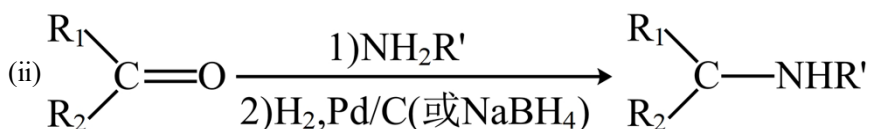
【选修 5：有机化学基础】

11. 舍曲林(Sertraline)是一种选择性 5-羟色胺再摄取抑制剂，用于治疗抑郁症，其合成路线之一如下：



已知：

(i) 手性碳原子是指连有四个不同原子或原子团的碳原子



回答下列问题：

(1) ①的反应类型为_____。

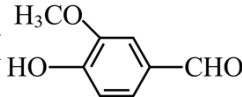
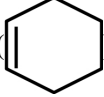
(2) B 的化学名称为_____。

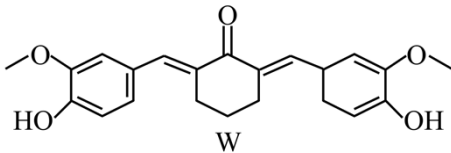
(3) 写出一种能同时满足下列条件的 D 的芳香族同分异构体的结构简式_____。

(a) 红外光谱显示有 C=O 键；(b) 核磁共振氢谱有两组峰，峰面积比为 1:1。

(4) 合成路线中，涉及手性碳原子生成的反应路线为_____、_____ (填反应路线序号)。

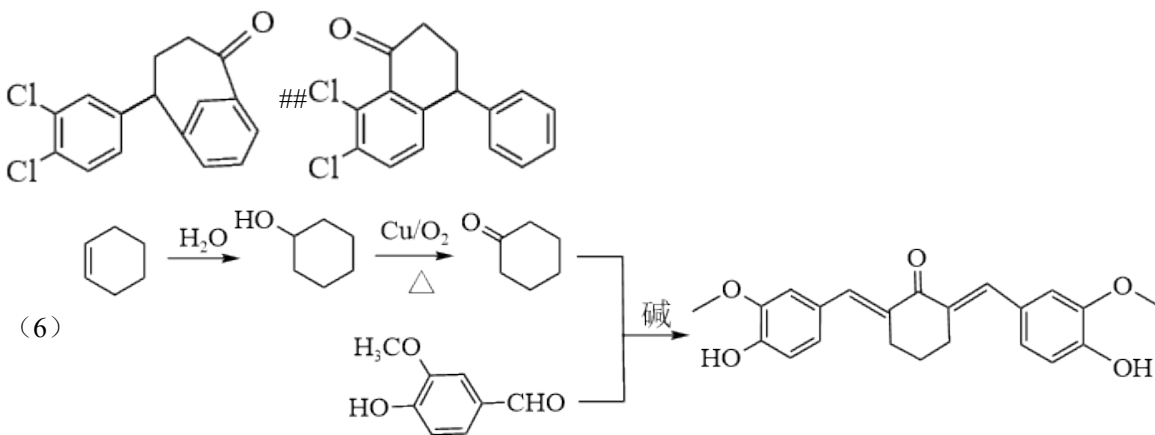
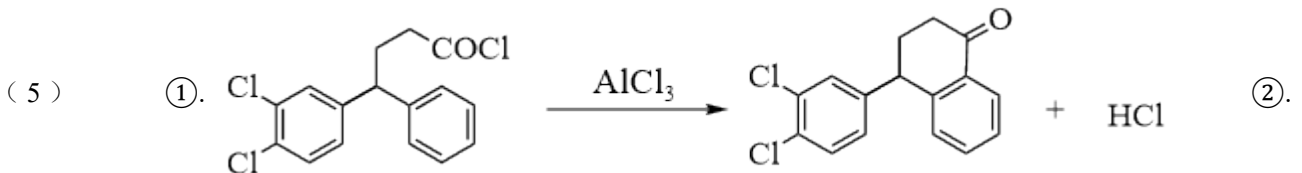
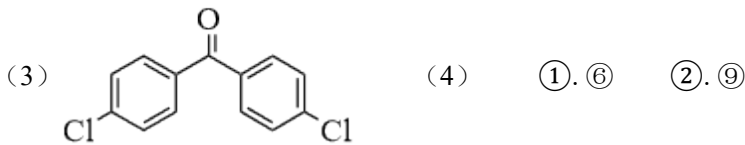
(5) H→I 的化学方程式为_____，反应还可生成与 I 互为同分异构体的两种副产物，其中任意一种的结构简式为_____ (不考虑立体异构)。

(6) W 是一种姜黄素类似物，以香兰素()和环己烯()为原料，设计合成 W 的路线_____ (无机及两个碳以下的有机试剂任选)。

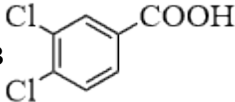


【答案】(1) 氧化反应

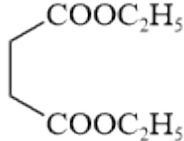
(2) 3, 4-二氯苯甲酸

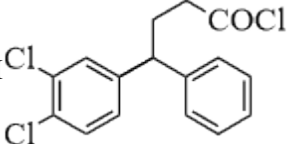


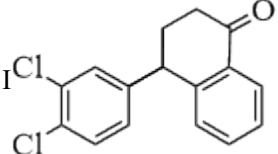
【解析】

【分析】A 在 KMnO_4 作用下，甲基被氧化为羧基，得到 B ，B 中羧基上的 -OH 被

SOCl_2 中的 Cl 取代得到 C，C 中的 Cl 原子与苯环上的 H 原子在 AlCl_3 环境发生消去反应得到 D，D 中羰基

在  和乙酸酐共同作用下生成碳碳双键得到 E，E 在一定条件下脱去酯基生成 F，F 中的碳碳

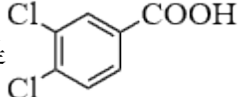
双键加氢得到 G，G 与 SOCl_2 反应得到 H ，H 脱去 HCl 得到

I ，I 中的羰基发生已知(ii)的反应得到目标产物舍曲林。

【小问 1 详解】

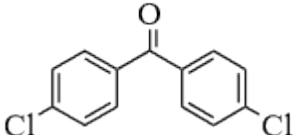
据分析，①是  中的甲基被 KMnO_4 氧化为羧基，反应类型是氧化反应。

【小问 2 详解】

据分析，B 的结构简式是 ，名称是 3,4-二氯苯甲酸。

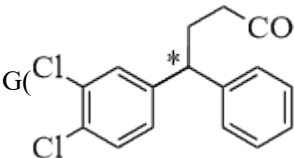
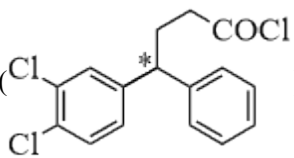
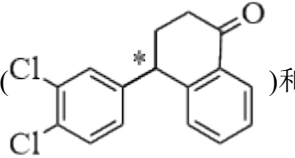
【小问 3 详解】

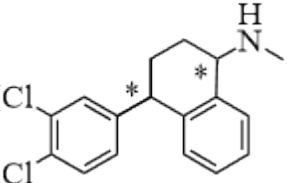
从 D 的结构简式可知，其分子式为 $\text{C}_{13}\text{H}_8\text{Cl}_2\text{O}$ ，能满足核磁共振氢谱两组峰，且峰面积比为 1:1 的结构应

是高度对称结构，又含有 $\text{C}=\text{O}$ ，则该芳香族同分异构体的结构简式为：。

【小问 4 详解】

手性碳原子指连接四个不同原子或原子团的碳，题给合成路线中涉及手性碳原子的物质是

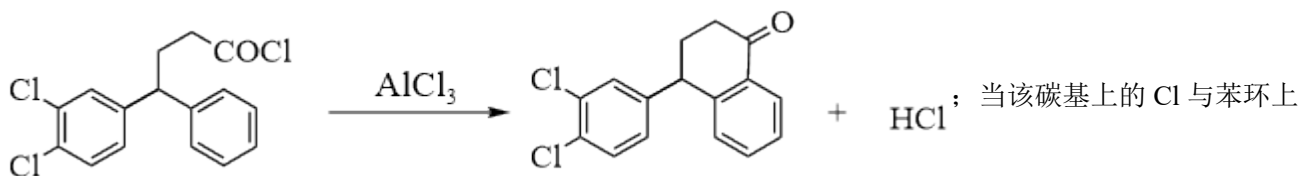
G()、H()、I()和

Sertraline()，则涉及手性碳原子生成的反应路线是 G 和 Sertraline 的生成，即路线

⑥和⑨。

【小问 5 详解】

据分析，H→I 是 H 中的碳基上的 Cl 与苯环消去 HCl，形成一个环，化学方程式为：



的其它氢原子消去，则得到 I 的同分异构体，有 和 。

【小问 6 详解】

根据题给信息(iii)，目标物资 W 可由 2 个 与 1 个 合成，故设计合成路线如下：

下：

