

## 2025 年黑龙江省普通高等学校招生选择性考试

### 化学

本试卷共 19 题，共 100 分，共 8 页。考试结束后，将本试题和答题卡一并交回。

注意事项：

- 1.答题前，考生先将自己的姓名、准考证号码填写清楚，将条形码准确粘贴在条形码区域内。
- 2.选择题必须使用 2B 铅笔填涂；非选择题必须使用 0.5 毫米黑色字迹的签字笔书写，字体工整，笔记清楚。
- 3.请按照题号顺序在答题卡各题目的答题区域内作答，超出答题区域书写的答案无效：在草稿纸、试卷上答题无效。
- 4.作图可先使用铅笔画出，确定后必须用黑色字迹的签字笔描黑。
- 5.保持卡面清洁，不要折叠、不要弄破、弄皱，不准使用涂改液、修正带、刮纸刀。

可能用到的相对原子质量：H 1 C 12 O 16 Na 23 W 184

一、选择题：本题共 15 小题，每小题 3 分，共 45 分。在每小题给出的四个选项中，只有一项符合题目要求。

1. 东北三省及内蒙古资源丰富，下列资源转化的主要过程不属于化学变化的是

- A. 石灰石煅烧                      B. 磁铁矿炼铁                      C. 煤的液化                      D. 石油分馏

【答案】D

【解析】

- 【详解】A. 石灰石煅烧是碳酸钙分解生成氧化钙和二氧化碳，有新物质生成，属于化学变化，A 不符合题意；  
B. 磁铁矿炼铁是四氧化三铁被还原为铁单质，有新物质生成，属于化学变化，B 不符合题意；  
C. 煤的液化是通过化学反应将煤转化为液态燃料，生成新物质，属于化学变化，C 不符合题意；  
D. 石油分馏是利用沸点差异分离混合物，未生成新物质，属于物理变化，D 符合题意；  
故答案选 D。

2. 侯氏制碱法突破西方技术垄断，推动了世界制碱技术的发展，其主要反应为

$\text{NaCl} + \text{CO}_2 + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{NaHCO}_3 \downarrow + \text{NH}_4\text{Cl}$ 。下列有关化学用语或说法正确的是

- A.  $\text{CO}_2$  的电子式： $\ddot{\text{O}}:\ddot{\text{C}}:\ddot{\text{O}}$                       B.  $\text{H}_2\text{O}$  的空间结构：直线形  
C.  $\text{NH}_4\text{Cl}$  的晶体类型：离子晶体                      D. 溶解度： $\text{NaHCO}_3 > \text{NH}_4\text{HCO}_3$

【答案】C

【解析】

【详解】A.  $\text{CO}_2$  中 C 和 O 之间有两对共用电子, 其结构为  $:\ddot{\text{O}}::\text{C}::\ddot{\text{O}}:$ , A 错误;

B.  $\text{H}_2\text{O}$  的中心原子为 O, 根据价层电子对互斥理论, 其外层电子对数为 4, VSEPR 模型为四面体形, O 原子与 H 原子形成共价键, 剩余两对孤电子对, 因此,  $\text{H}_2\text{O}$  为 V 形分子, B 错误;

C.  $\text{NH}_4\text{Cl}$  由  $\text{NH}_4^+$  和  $\text{Cl}^-$  组成为离子化合物, 晶体类型为离子晶体, C 正确;

D.  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  溶液中含有  $\text{NH}_4^+$  和  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  可以与水分子形成氢键, 增大了  $\text{NH}_4^+$  在水中的溶解度, D 错误;

故答案选 C。

3.  $\text{Cl}_2\text{O}$  可用于水的杀菌消毒, 遇水发生反应:  $\text{Cl}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HClO}$ 。下列说法正确的是

A. 反应中各分子的  $\sigma$  键均为 p-p  $\sigma$  键

B. 反应中各分子的 VSEPR 模型均为四面体形

C. Cl-O 键长小于 H-O 键长

D.  $\text{HClO}$  分子中 Cl 的价电子层有 2 个孤电子对

【答案】B

【解析】

【详解】A. 反应中各分子的  $\sigma$  键不全是 p-p  $\sigma$  键。例如,  $\text{H}_2\text{O}$  中的 H-O 键是 s-p  $\sigma$  键, 而非 p-p  $\sigma$  键, A 错误;

B. 根据价层电子对互斥理论,  $\text{Cl}_2\text{O}$  中 O 原子周围的孤电子对数为  $\frac{1}{2}(6-2\times 1)=2$ , 还含有 2 个成键电子对, 因此其 VSEPR 模型为四面体形;  $\text{H}_2\text{O}$  中 O 原子周围的孤电子对数为  $\frac{1}{2}(6-2\times 1)=2$ , 还含有 2 个成键电子对, 因此其

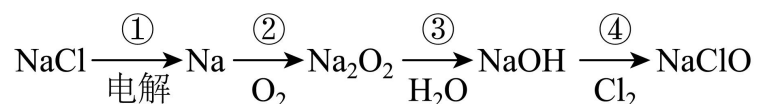
VSEPR 模型为四面体形;  $\text{HClO}$  中 O 原子周围的孤电子对数为  $\frac{1}{2}(6-2\times 1)=2$ , 还含有 2 个成键电子对, 因此其 VSEPR 模型为四面体形; 反应中各分子的 VSEPR 模型均为四面体形, B 正确;

C. Cl 的原子半径大于 H, Cl-O 键长应大于 H-O 键长, 因此 C 错误;

D.  $\text{HClO}$  中 Cl 的最外层电子数为 7, 其 1 个价电子与 O 形成共价键, 剩余 6 个价电子形成 3 对孤电子对, D 错误;

故答案选 B。

4. 钠及其化合物的部分转化关系如图。设  $N_A$  为阿伏加德罗常数的值, 下列说法正确的是



A. 反应①生成的气体, 每 11.2L(标准状况)含原子的数目为  $N_A$

B. 反应②中 2.3gNa 完全反应生成的产物中含非极性键的数目为  $0.1N_A$

C. 反应③中 1mol $\text{Na}_2\text{O}_2$  与足量  $\text{H}_2\text{O}$  反应转移电子的数目为  $2N_A$



A	空气中灼烧过的铜丝伸入乙醇中，黑色铜丝恢复光亮的紫红色	$2\text{CuO} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = \text{CH}_3\text{CHO} + \text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$
B	$\text{Mg}(\text{OH})_2$ 悬浊液中加入 $\text{FeCl}_3$ 溶液，固体由白色变为红褐色	$3\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s}) + 2\text{Fe}^{3+} = 2\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s}) + 3\text{Mg}^{2+}$
C	$\text{FeSO}_4$ 溶液中加入 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ，浅绿色溶液出现蓝色浑浊	$\text{Fe}^{2+} + [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} + \text{K}^+ = \text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6] \downarrow$
D	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液中加入 $\text{NaOH}$ 溶液，溶液由橙色变为黄色	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 2\text{OH}^- = 2\text{CrO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】A

【解析】

【详解】A. 醇的催化氧化反应中，铜作催化剂，先发生  $2\text{Cu} + \text{O}_2 \xrightarrow{\Delta} 2\text{CuO}$ ，然后乙醇与  $\text{CuO}$  在加热条件下

$\text{CuO} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \xrightarrow{\Delta} \text{CH}_3\text{CHO} + \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$ ，A 错误；

B. 因为溶度积常数  $K_{\text{sp}}(\text{Mg}(\text{OH})_2)$  大于  $K_{\text{sp}}(\text{Fe}(\text{OH})_3)$ ，所以  $\text{Fe}^{3+}$  与  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  发生沉淀转化生成  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ，符合溶度积规则，B 正确；

C.  $\text{Fe}^{2+}$  与  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  反应生成  $\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  沉淀，化学方程式为

$\text{Fe}^{2+} + [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} + \text{K}^+ = \text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6] \downarrow$ ，电荷和配平正确，蓝色浑浊现象合理，C 正确；

D.  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  在碱性条件下转化为  $\text{CrO}_4^{2-}$ ，化学方程式为  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 2\text{OH}^- = 2\text{CrO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ ，颜色由橙变黄，D 正确；

故选 A。

7. 化学家用无机物甲  $(\text{YW}_4\text{ZXY})$  成功制备了有机物乙  $[(\text{YW}_2)_2\text{XZ}]$ ，开创了有机化学人工合成的新纪元。其中 W、X、Y、Z 原子序数依次增大，X、Y、Z 同周期，基态 X、Z 原子均有 2 个单电子。下列说法正确的是

A. 第一电离能： $Z > Y > X$

B. 甲中不存在配位键

C. 乙中  $\sigma$  键和  $\pi$  键的数目比为 6:1

D. 甲和乙中 X 杂化方式分别为  $\text{sp}$  和  $\text{sp}^2$

【答案】D

【解析】

【分析】 $(YW_2)_2XZ$  为有机物，基态 X、Z 原子均有 2 个单电子，X、Z 分别为 IVA 族和 VIA 族元素，X、Y、Z 同周期、原子序数依次增大，若 X、Y、Z 为第三周期元素，则 X、Y、Z 分别为 Si、P、S；若 X、Y、Z 为第二周期元素，则 X、Y、Z 分别为 C、N、O；又  $YW_4ZXY$  为无机物， $(YW_2)_2XZ$  为有机物，所以 X、Y、Z 分别为 C、N、O，W、X、Y、Z 原子序数依次增大，能形成  $YW_4ZXY$ ，则 W 为 H，综上所述，W、X、Y、Z 分别为 H、C、N、O。

【详解】A. C、N、O 同周期，同一周期主族元素，从左到右第一电离能有逐渐增大的趋势，第 VA 族的第一电离能大于同周期相邻的两种元素，则第一电离能  $N > O > C$ ，故 A 错误；

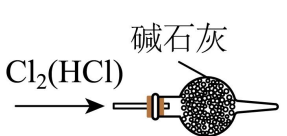
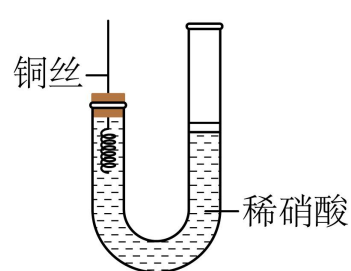
B. 甲为  $NH_4OCN$ ， $NH_4^+$  中有 N 原子提供孤对电子、 $H^+$  提供空轨道形成的  $N \rightarrow H$  配位键，故 B 错误；

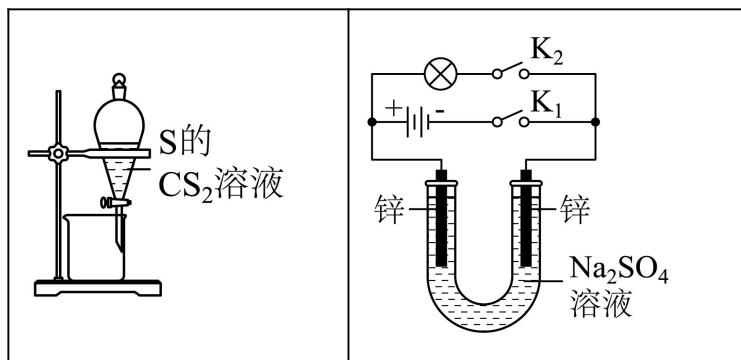
C. 乙为  $H_2N-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-NH_2$ ，其中有 4 个 N-H、2 个 C-N、碳氧原子之间 1 个  $\sigma$  键，则一个  $H_2N-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-NH_2$  中有 7 个  $\sigma$  键、1 个  $\pi$  键， $\sigma$  键与  $\pi$  键的数目比为 7:1，故 C 错误；

D. 甲为  $NH_4OCN$ ，其中的 C 原子与 N 原子形成三键、与 O 原子形成单键， $\sigma$  键电子对数为 2，无孤对电子，C 原子采取  $sp$  杂化，乙为  $H_2N-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-NH_2$ ，其中的 C 原子形成 3 个  $\sigma$  键，即  $\sigma$  键电子对数为 3，无孤对电子，C 原子采取  $sp^2$  杂化，故 D 正确；

故答案为：D。

8. 巧设实验，方得真知。下列实验设计合理的是

A. 除去 $Cl_2$ 中的 HCl	B. 制备少量 NO 避免其被氧化
	
C. 用乙醇萃取 $CS_2$ 中的 S	D. 制作简易氢氧燃料电池



A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】B

【解析】

【详解】A. 碱石灰为 NaOH 和 CaO 的混合物，既能吸收 HCl 又能吸收  $\text{Cl}_2$ ，不能用碱石灰除去  $\text{Cl}_2$  中的 HCl，故 A 错误；

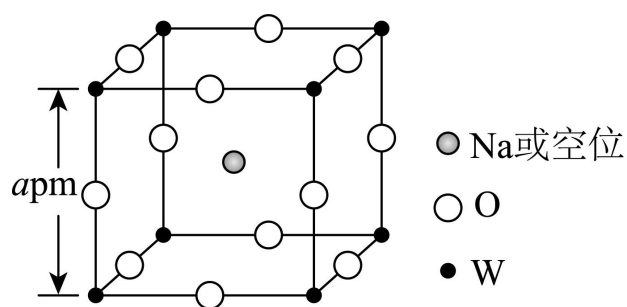
B. 铜丝和稀硝酸反应生成硝酸铜、NO 和水，NO 难溶于水，U 形管左侧与大气隔绝，即 NO 存在于无氧环境中，故 B 正确；

C. S 微溶于酒精、易溶于  $\text{CS}_2$ ，不能用乙醇萃取  $\text{CS}_2$  中的 S，故 C 错误；

D. 关闭  $\text{K}_1$ 、打开  $\text{K}_2$  时，该装置为电解池，锌为活性阳极，无氧气生成，阴极生成氢气，则打开  $\text{K}_1$ 、关闭  $\text{K}_2$  时，不能形成氢氧燃料电池，故 D 错误；

故答案为：B。

9.  $\text{Na}_x\text{WO}_3$  晶体因 x 变化形成空位而导致颜色各异，当  $0.44 \leq x \leq 0.95$  时，其立方晶胞结构如图。设  $N_A$  为阿伏加德罗常数的值，下列说法错误的是



A. 与 W 最近且等距的 O 有 6 个

B. x 增大时，W 的平均价态升高

C. 密度为  $\frac{243.5 \times 10^{30}}{a^3 \cdot N_A} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  时， $x = 0.5$

D. 空位数不同，吸收的可见光波长不同

【答案】B

【解析】

【详解】A. W 位于立方体的顶角，以顶角 W 为例，在此晶胞内，离该顶角最近且距离相等的 O 原子位于该顶角所在 3 条棱的棱心，由于该顶角在 8 个晶胞里，而棱上的原子被 4 个晶胞共有，所以与 W 最近且距离相等的

O 原子有  $3 \times 8 \times \frac{1}{4} = 6$ ，故 A 正确；

B. O 元素化合价为 -2 价，负化合价总数为 -6，设 W 元素的平均化合价为 y，据正负化合价代数和为 0 可得：-6+y+x=0，y=6-x，x 的值增大 y 减小，即 W 元素的平均化合价降低，故 B 错误；

C.  $0.44 \leq x \leq 0.95$  时，立方晶胞中 W 个数为  $8 \times \frac{1}{8} = 1$ 、O 个数为  $12 \times \frac{1}{4} = 3$ ，若 x=0.5，晶胞质量为

$$m = \frac{184 + 16 \times 3 + 23x}{N_A} \text{ g}，\text{晶胞体积为 } V = (a \times 10^{-10})^3 \text{ cm}^3，\text{则密度}$$

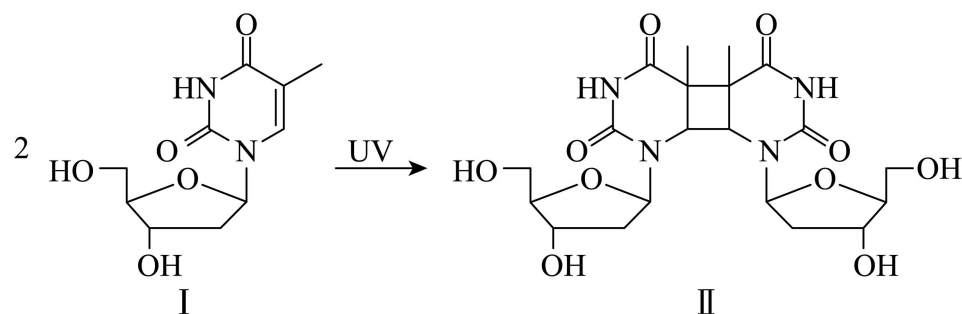
$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{\frac{184 + 16 \times 3 + 23 \times 0.5}{N_A}}{(a \times 10^{-10})^3} \text{ g/cm}^3 = \frac{243.5 \times 10^{30}}{a^3 \cdot N_A} \text{ g/cm}^3，\text{所以密度为 } \frac{243.5 \times 10^{30}}{a^3 \cdot N_A} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} \text{ 时，} x=0.5，\text{故}$$

C 正确；

D.  $\text{Na}_x\text{WO}_3$  晶体因 x 变化形成空位而导致颜色各异，即空位数不同，吸收的可见光波长不同，故 D 正确；

故答案为：B。

10. 人体皮肤细胞受到紫外线(UV)照射可能造成 DNA 损伤，原因之一是脱氧核苷上的碱基发生了如下反应。下列说法错误的是



A. 该反应为取代反应

B. I 和 II 均可发生酯化反应

C. I 和 II 均可发生水解反应

D. 乙烯在 UV 下能生成环丁烷

【答案】A

【解析】

【详解】A. 由反应 I→II 可知，2 分子 I 通过加成得到 1 分子 II，该反应为加成反应，A 错误；

B. I 和 II 中都存在羟基，可以发生酯化反应，B 正确；

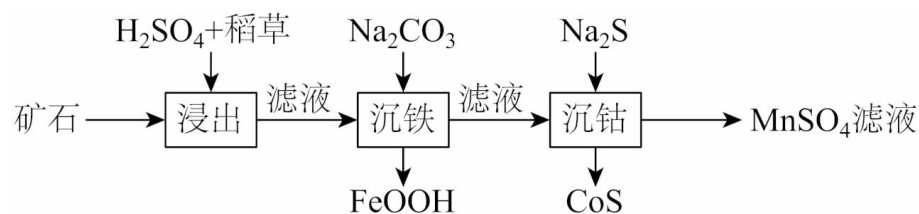
C. I 和 II 中都存在酰胺基，可以发生水解反应，C 正确；

D. 根据反应 I→II 可知，2 分子 I 通过加成得到 1 分子 II，双键加成形成环状结构，乙烯在 UV 下能生成环丁烷，D 正确；

答案选 A。

11. 某工厂利用生物质(稻草)从高锰钴矿(含  $\text{MnO}_2$ 、 $\text{Co}_3\text{O}_4$  和少量  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )中提取金属元素，流程如图。已知“沉

钴”温度下  $K_{sp}(\text{CoS})=10^{-20.4}$ ，下列说法错误的是



- A. 硫酸用作催化剂和浸取剂
- B. 使用生物质的优点是其来源广泛且可再生
- C. “浸出”时，3种金属元素均被还原
- D. “沉钴”后上层清液中  $c(\text{Co}^{2+}) \cdot c(\text{S}^{2-}) = 10^{-20.4}$

【答案】C

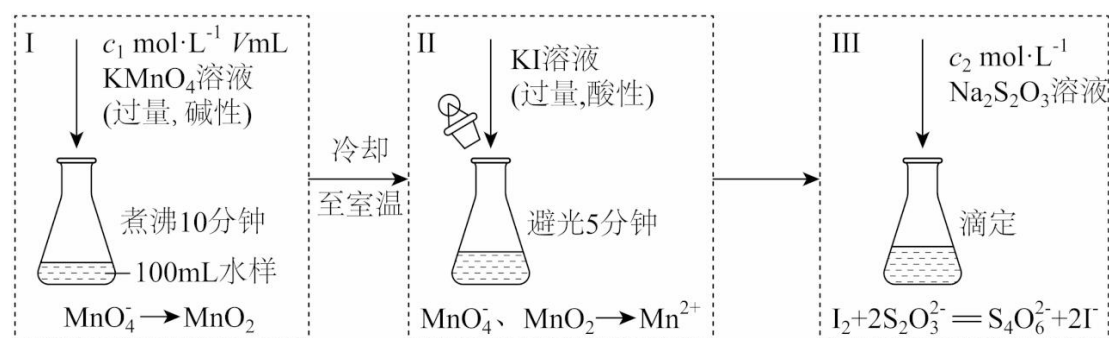
【解析】

【分析】矿石(含  $\text{MnO}_2$ 、 $\text{Co}_3\text{O}_4$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )经过硫酸和稻草浸出过滤得到滤液，滤液含有  $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Co}^{2+}$ ，加入  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  沉铁得到  $\text{FeOOH}$ ，过滤，滤液再加入  $\text{Na}_2\text{S}$  沉钴得到  $\text{CoS}$ ，过滤最后得到硫酸锰溶液。

- 【详解】A. 根据分析可知，加入硫酸和稻草浸出，硫酸作催化剂和浸取剂，A 正确；
- B. 生物质(稻草)是可再生的，且来源广泛，B 正确；
- C. 根据图示可知，“浸出”时，Fe 的化合价没有变化，Fe 元素没有被还原，C 错误；
- D. “沉钴”后的上层清液存在  $\text{CoS}$  的沉淀溶解平衡，满足  $Q=K_{sp}=c(\text{Co}^{2+}) \cdot c(\text{S}^{2-})=10^{-20.4}$ ，D 正确；

答案选 C

12. 化学需氧量(COD)是衡量水体中有机物污染程度的指标之一，以水样消耗氧化剂的量折算成消耗  $\text{O}_2$  的量(单位为  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )来表示。碱性  $\text{KMnO}_4$  不与  $\text{Cl}^-$  反应，可用于测定含  $\text{Cl}^-$  水样的 COD，流程如图。



下列说法错误的是

- A. II 中发生的反应有  $\text{MnO}_2 + 2\text{I}^- + 4\text{H}^+ = \text{Mn}^{2+} + \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- B. II 中避光、加盖可抑制  $\text{I}^-$  被  $\text{O}_2$  氧化及  $\text{I}_2$  的挥发
- C. III 中消耗的  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  越多，水样的 COD 值越高
- D. 若 I 中为酸性条件，测得含  $\text{Cl}^-$  水样的 COD 值偏高



【答案】C

【解析】

【分析】I 中  $\text{KMnO}_4$  与水样中的有机物在碱性条件下反应得到  $\text{MnO}_2$ ，溶液中剩余有  $\text{KMnO}_4$ ，II 中在酸性条件下  $\text{KMnO}_4$ 、 $\text{MnO}_2$  与 I 反应得到  $\text{I}_2$  单质和  $\text{Mn}^{2+}$ ，III 中生成的  $\text{I}_2$  再用  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  滴定。

【详解】A. II 中  $\text{MnO}_4^-$  和  $\text{MnO}_2$  在酸性条件下与过量的 KI 反应得到  $\text{I}_2$  和  $\text{Mn}^{2+}$ ，存在  $\text{MnO}_2 + 2\text{I}^- + 4\text{H}^+ = \text{Mn}^{2+} + \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ，

A 正确；

B. II 中避光防止  $\text{I}_2$  升华挥发，加盖防止 I 被氧气氧化，B 正确；

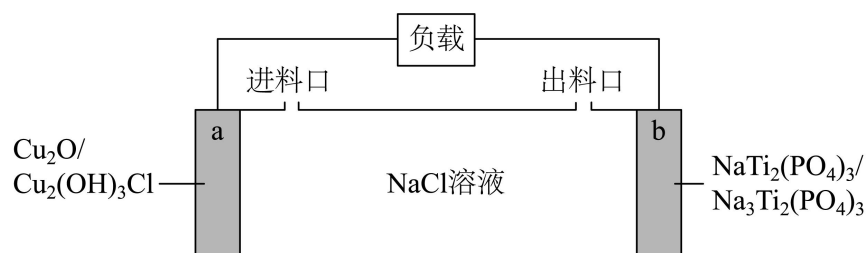
C. 整个反应中， $\text{KMnO}_4$  得电子生成  $\text{Mn}^{2+}$ ，有机物和碘离子失去电子数目与  $\text{KMnO}_4$  得电子数目相等，III 中消耗的  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  越多，说明生成的  $\text{I}_2$  单质越多，也说明有机物消耗的  $\text{KMnO}_4$  的量少，水样中的 COD 值越低，C 错误；

D. 若 I 中为酸性条件， $\text{Cl}^-$  会与  $\text{KMnO}_4$  反应，水样中的 COD 值偏高，D 正确；

答案选 C。

13. 一种基于  $\text{Cu}_2\text{O}$  的储氯电池装置如图，放电过程中 a、b 极均增重。若将 b 极换成  $\text{Ag}/\text{AgCl}$  电极，b 极仍增重。

关于图中装置所示电池，下列说法错误的是



A. 放电时  $\text{Na}^+$  向 b 极迁移

B. 该电池可用于海水脱盐

C. a 极反应： $\text{Cu}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl} + \text{H}^+$

D. 若以  $\text{Ag}/\text{AgCl}$  电极代替 a 极，电池将失去储氯能力

【答案】D

【解析】

【分析】放电过程中 a、b 极均增重，这说明 a 电极是负极，电极反应式为  $\text{Cu}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl} + \text{H}^+$ ，b 电极是正极，电极反应式为  $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3 + 2\text{e}^- + 2\text{Na}^+ = \text{Na}_3\text{Ti}_2(\text{PO}_4)_3$ ，据此解答。

【详解】A. 放电时 b 电极是正极，阳离子向正极移动，所以  $\text{Na}^+$  向 b 极迁移，A 正确；

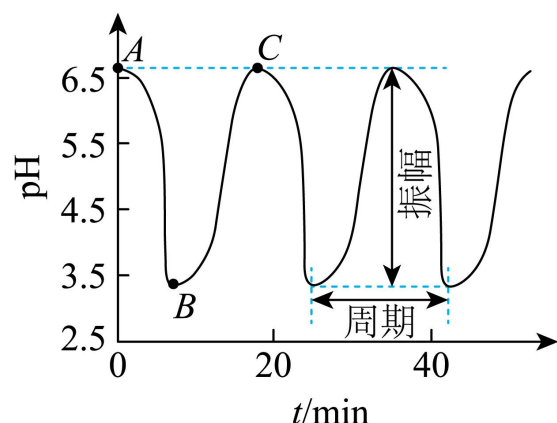
B. 负极消耗氯离子，正极消耗钠离子，所以该电池可用于海水脱盐，B 正确；

C. a 电极是负极，电极反应式为  $\text{Cu}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl} + \text{H}^+$ ，C 正确；

D. 若以  $\text{Ag}/\text{AgCl}$  电极代替 a 极，此时  $\text{Ag}$  失去电子，结合氯离子生成氯化银，所以电池不会失去储氯能力，D 错误；

答案选 D。

14. 一定条件下，“ $\text{BrO}_3^- - \text{SO}_3^{2-} - [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} - \text{H}^+$ ” 4 种原料按固定流速不断注入连续流动反应器中，体系 pH-t 振荡图像及涉及反应如下。其中 AB 段发生反应①~④，①②为快速反应。下列说法错误的是



A. 原料中  $c(\text{H}^+)$  不影响振幅和周期

B. 反应④： $3\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{BrO}_3^- = 3\text{SO}_4^{2-} + \text{Br}^- + 6\text{H}^+$

C. 反应①~④中， $\text{H}^+$  对  $\text{SO}_3^{2-}$  的氧化起催化作用

D. 利用 pH 响应变色材料，可将 pH 振荡可视化

【答案】A

【解析】

【详解】A. 根据图像可知氢离子浓度影响振幅大小，A 错误；

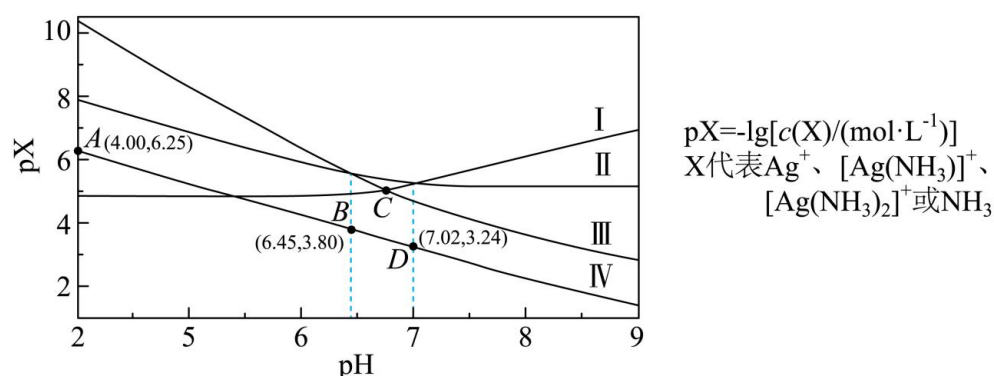
B. 反应④中亚硫酸被氧化，反应的离子方程式为  $3\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{BrO}_3^- = 3\text{SO}_4^{2-} + \text{Br}^- + 6\text{H}^+$ ，B 正确；

C. 由于①②为快速反应，而溴酸根离子直接氧化的是亚硫酸，所以反应①~④中， $\text{H}^+$  对  $\text{SO}_3^{2-}$  的氧化起催化作用，C 正确；

D. 根据题干信息和图像可知利用 pH 响应变色材料，可将 pH 振荡可视化，D 正确；

答案选 A。

15. 室温下，将  $0.1\text{mol AgCl}$  置于  $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NH}_4\text{NO}_3$  溶液中，保持溶液体积和 N 元素总物质的量不变，pX-pH 曲线如图， $\text{Ag}^+ + \text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Ag}(\text{NH}_3)]^+$  和  $\text{Ag}^+ + 2\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  的平衡常数分别为  $K_1$  和  $K_2$ ； $\text{NH}_4^+$  的水解常数  $K_h(\text{NH}_4^+) = 10^{-9.25}$ 。下列说法错误的是



A. Ⅲ为  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  的变化曲线

B. D 点:  $c(\text{NH}_4^+) - c(\text{OH}^-) > 0.1 - c(\text{H}^+)$

C.  $K_1 = 10^{3.24}$

D. C 点:  $c(\text{NH}_3) = 10^{-3.52}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$

【答案】B

【解析】

【分析】pH 越小，酸性越强， $\text{Ag}^+$  浓度越大，氨气浓度越小，所以Ⅲ代表  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ ，Ⅱ代表  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)]^+$ ，Ⅳ代表  $\text{NH}_3$ ，Ⅰ代表  $\text{Ag}^+$ ，据此解答。

【详解】A. 根据以上分析可知Ⅲ为  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  的变化曲线，A 正确；

B. 溶液中存在电荷守恒，D 点时溶液显碱性，则  $c(\text{NH}_4^+) - c(\text{OH}^-) < 0.1 - c(\text{H}^+)$ ，B 错误；

C. 根据图像可知 D 点时  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)]^+$  和  $\text{Ag}^+$  浓度相等，此时氨气浓度是  $10^{-3.24}$ ，根据

$\text{Ag}^+ + \text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Ag}(\text{NH}_3)]^+$  可知  $K_1 = 10^{3.24}$ ，C 正确；

D. C 点时  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  和  $\text{Ag}^+$  浓度相等，B 点时  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  和  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)]^+$  浓度相等，所以反应

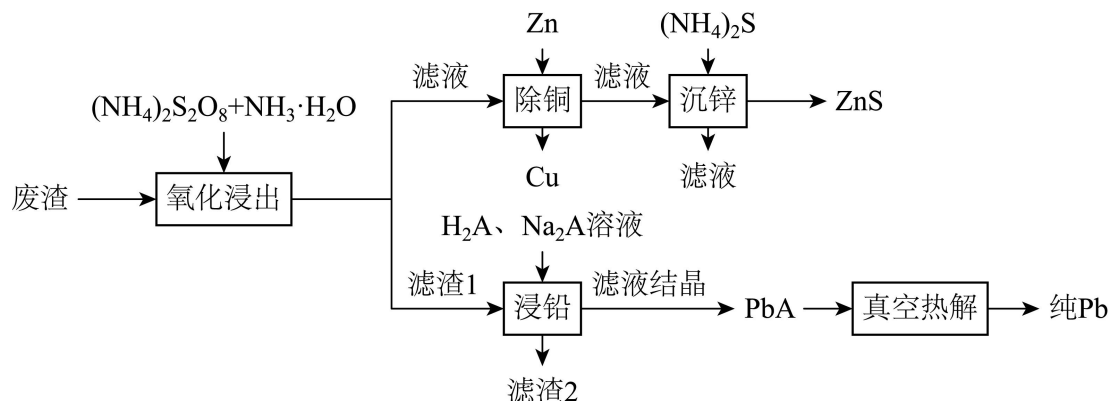
的  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)]^+ + \text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  的平衡常数为  $10^{3.8}$ ，因此  $K_2 = 10^{3.24} \times 10^{3.8} = 10^{7.04}$ ，C 点时

$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  和  $\text{Ag}^+$  浓度相等，所以  $c(\text{NH}_3) = \sqrt{10^{7.04}} = 10^{-3.52}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ，D 正确；

答案选 B。

## 二、非选择题：本题共 4 小题，共 55 分。

16. 某工厂采用如下工艺回收废渣(含有  $\text{ZnS}$ 、 $\text{PbSO}_4$ 、 $\text{FeS}$  和  $\text{CuCl}$ )中的  $\text{Zn}$ 、 $\text{Pb}$  元素。



已知：①“氧化浸出”时， $\text{PbSO}_4$  不发生变化， $\text{ZnS}$  转变为  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ ；

②  $K_{\text{sp}}[\text{Pb}(\text{OH})_2] = 10^{-14.8}$ ；

③ 酒石酸(记作  $\text{H}_2\text{A}$ )结构简式为  $\text{HOOC}(\text{CHOH})_2\text{COOH}$ 。

回答下列问题：

- (1)  $\text{H}_2\text{A}$  分子中手性碳原子数目为\_\_\_\_\_。
- (2) “氧化浸出”时，过二硫酸根( $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ )转变为\_\_\_\_\_ (填离子符号)。
- (3) “氧化浸出”时，浸出率随温度升高先增大后减小的原因为\_\_\_\_\_。
- (4) “除铜”步骤中发生反应的离子方程式为\_\_\_\_\_。
- (5) 滤渣 2 中的金属元素为\_\_\_\_\_ (填元素符号)。
- (6) “浸铅”步骤， $\text{PbSO}_4$  和  $\text{Na}_2\text{A}$  反应生成  $\text{PbA}$ 。 $\text{PbA}$  产率随体系 pH 升高先增大的原因为\_\_\_\_\_，pH 过高可能生成\_\_\_\_\_ (填化学式)。
- (7)  $290^\circ\text{C}$  “真空热解”生成 2 种气态氧化物，该反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。

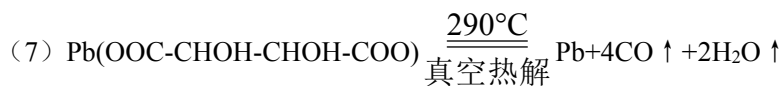
【答案】(1) 2 (2)  $\text{SO}_4^{2-}$

(3) 温度升高，浸出速率增大，浸出率升高，温度过高时， $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  分解生成  $\text{NH}_3$  逸出，且温度高时过二硫酸铵分解，造成浸出率减小

(4)  $\text{Zn} + [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} = [\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + \text{Cu}$

(5) Fe (6) ①. pH 值升高， $\text{OH}^-$  浓度增大，平衡  $\text{A}^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HA}^- + \text{OH}^-$  逆向移动， $\text{A}^{2-}$  离子浓度增大，

平衡  $\text{PbSO}_4(\text{s}) + \text{A}^{2-} \rightleftharpoons \text{PbA} + \text{SO}_4^{2-}$  正向移动， $\text{PbA}$  产率增大 ②.  $\text{Pb}(\text{OH})_2$

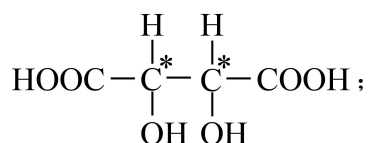


### 【解析】

【分析】废渣用 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 和 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 氧化浸出过滤，滤液中有 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 和 $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ ，滤渣 1 有 $\text{PbSO}_4$ 和 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ，滤液加 $\text{Zn}$ 置换出 $\text{Cu}$ ，除铜后的溶液加 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ 沉锌，得到 $\text{ZnS}$ ，滤渣 1 用 $\text{H}_2\text{A}$ 和 $\text{Na}_2\text{A}$ 浸铅后过滤，滤渣 2 含 $\text{Fe}$ 元素，滤液经过结晶得到 $\text{PbA}$ ，再真空热解得到纯 $\text{Pb}$ 。

### 【小问 1 详解】

碳原子周围连接四个不同的原子或原子团为手性碳原子， $\text{H}_2\text{A}$ 分子中手性碳原子有 2 个，



### 【小问 2 详解】

“氧化浸出”时，过二硫酸根作氧化剂，过二硫酸根转变为 $\text{SO}_4^{2-}$ ；

### 【小问 3 详解】

“氧化浸出”时，温度升高，浸出速率增大，浸出率升高，温度过高时， $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 分解生成 $\text{NH}_3$ 逸出，且温度高时过二硫酸铵分解，造成浸出率减小；

### 【小问 4 详解】

加入 $\text{Zn}$ 发生置换反应，从 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 置换出 $\text{Cu}$ 单质，离子方程式为： $\text{Zn} + [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} = [\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + \text{Cu}$ ；

### 【小问 5 详解】

根据分析，滤渣 1 有 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 和 $\text{PbSO}_4$ ，用 $\text{H}_2\text{A}$ 和 $\text{Na}_2\text{A}$ 浸铅后过滤，滤渣 2 含 $\text{Fe}$ 元素的沉淀；

### 【小问 6 详解】

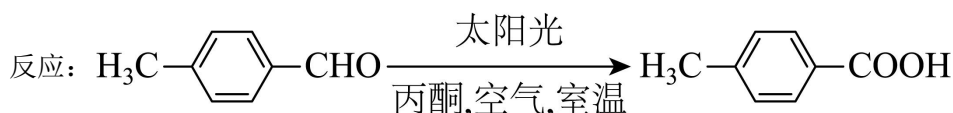
“浸铅”步骤发生 $\text{PbSO}_4(\text{s}) + \text{A}^{2-} \rightleftharpoons \text{PbA} + \text{SO}_4^{2-}$ ， $\text{Na}_2\text{A}$ 溶液中存在 $\text{A}^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HA}^- + \text{OH}^-$ ， $\text{pH}$ 值升高， $\text{OH}^-$ 浓度增大，平衡 $\text{A}^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HA}^- + \text{OH}^-$ 逆向移动， $\text{A}^{2-}$ 离子浓度增大，平衡 $\text{PbSO}_4(\text{s}) + \text{A}^{2-} \rightleftharpoons \text{PbA} + \text{SO}_4^{2-}$ 正向移动， $\text{PbA}$ 产率增大； $\text{pH}$ 过高时， $\text{OH}^-$ 浓度过大，会生成 $\text{Pb}(\text{OH})_2$ 沉淀，造成 $\text{PbA}$ 产率降低；

### 【小问 7 详解】

$290^{\circ}\text{C}$ “真空热解” $\text{PbA}$ 即 $\text{Pb}(\text{OOC-CHOH-CHOH-COO})$ 生成 $\text{Pb}$ 单质和 2 种气态氧化物为 $\text{CO}$ 和 $\text{H}_2\text{O}$ ，反应的化学方程式为：



17. 某实验小组采用如下方案实现了对甲基苯甲酸的绿色制备。

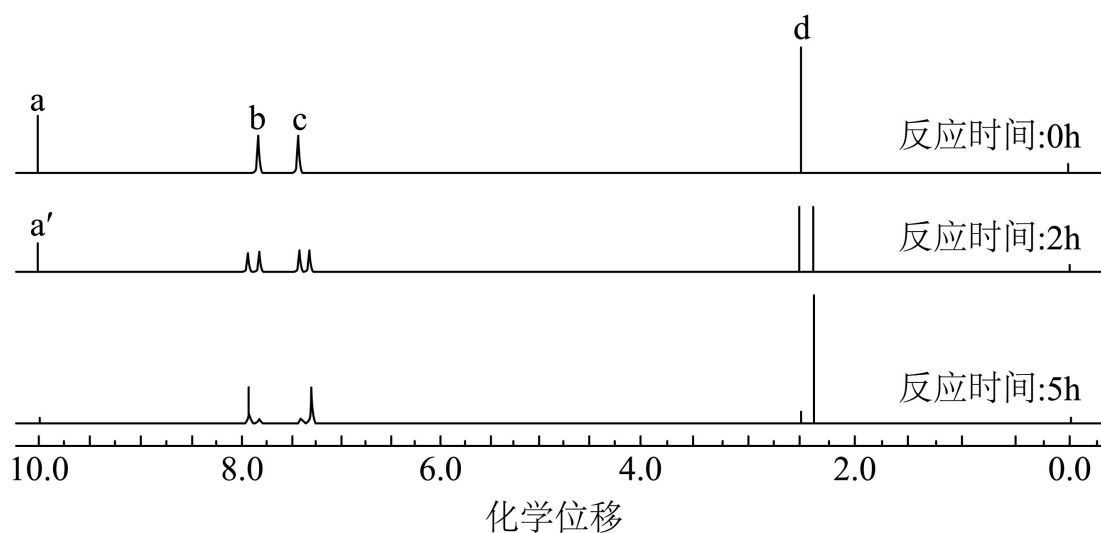


步骤:

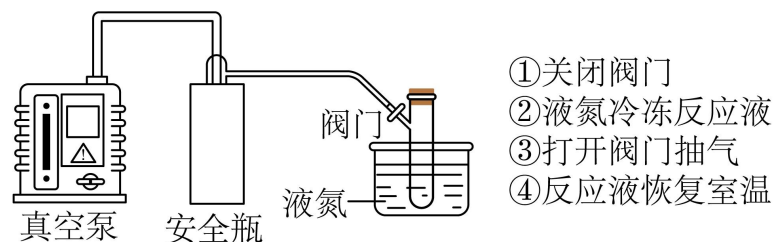
- I. 向反应管中加入 0.12g 对甲基苯甲醛和 1.0mL 丙酮, 光照, 连续监测反应进程。
- II. 5h 时, 监测结果显示反应基本结束, 蒸去溶剂丙酮, 加入过量稀 NaOH 溶液, 充分反应后, 用乙酸乙酯洗涤, 弃去有机层。
- III. 用稀盐酸调节水层 pH=1 后, 再用乙酸乙酯萃取。
- IV. 用饱和食盐水洗涤有机层, 无水  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  干燥, 过滤, 蒸去溶剂, 得目标产物。

回答下列问题:

- (1) 相比  $\text{KMnO}_4$  作氧化剂, 该制备反应的优点为\_\_\_\_、\_\_\_\_(答出 2 条即可)。
- (2) 根据反应液的核磁共振氢谱(已去除溶剂 H 的吸收峰, 谱图中无羧基 H 的吸收峰)监测反应进程如下图。已知峰面积比  $a:b:c:d=1:2:2:3$ ,  $a:a'=2:1$ 。反应 2h 时, 对甲基苯甲醛转化率约为\_\_\_\_%。



- (3) 步骤 II 中使用乙酸乙酯洗涤的目的是\_\_\_\_\_。
- (4) 步骤 III 中反应的离子方程式为\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。
- (5) 用同位素示踪法确定产物羧基 O 的来源。丙酮易挥发, 为保证  $^{18}\text{O}_2$  气氛, 通  $^{18}\text{O}_2$  前, 需先使用“循环冷冻脱气法”排出装置中(空气中和溶剂中的)  $^{16}\text{O}_2$ , 操作顺序为: ①→②→\_\_\_\_→\_\_\_\_→\_\_\_\_(填标号), 重复后四步操作数次。



同位素示踪结果如下表所示, 则目标产物中羧基 O 来源于醛基和\_\_\_\_\_。

反应条件	质谱检测目标产物相对分子质
------	---------------

	量
太阳光, $^{18}\text{O}_2$ , 室温, $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ , 5h	138
太阳光, 空气, 室温, $\text{CH}_3\text{C}^{18}\text{OCH}_3$ , 5h	136

【答案】(1) ①. 绿色环保 ②. 减少副产物的生成

(2) 50 (3) 除去未反应完的  $\text{H}_3\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CHO}$

(4) ①.  $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$  ②.  $\text{H}_3\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_3\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOH}$

(5) ①. ③ ②. ① ③. ④ ④. 氧气

【解析】

【分析】0.12g 对甲基苯甲醛和 1.0mL 丙酮在有空气存在、光照条件下反应，反应基本结束后，蒸去溶剂丙酮，加入过量稀 NaOH 溶液，充分反应后，用乙酸乙酯洗涤，弃去有机层，然后用稀盐酸调节水层  $\text{pH} = 1$  后，再用乙酸乙酯萃取，用饱和食盐水洗涤有机层，无水  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  干燥，过滤，蒸去溶剂，得目标产物。

【小问 1 详解】

$\text{KMnO}_4$  作氧化剂时可将  $\text{H}_3\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CHO}$  氧化为对苯二甲酸，即有副反应发生，该制备反应在有空气存在、光照条件下发生时，以空气中氧气为氧化剂，既绿色环保，又没有对苯二甲酸生成，所以反应的优点为绿色环保，减少副产物的生成；

【小问 2 详解】

起始 0h 时只有  $\text{H}_3\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CHO}$ ，5h 时只有  $\text{H}_3\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOH}$ ， $a : a' = 2 : 1$ ，则 2h 时反应液中既有  $\text{H}_3\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CHO}$  又有  $\text{H}_3\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOH}$ ，且两者物质的量之比为 1 : 1，即对甲基苯甲醛转化率约为 50%；

【小问 3 详解】

蒸去溶剂丙酮后，加入过量稀 NaOH 溶液将对甲基苯甲酸转化为对甲基苯甲酸钠进入水层，则充分反应后，用乙酸乙酯洗涤的目的是除去未反应完的  $\text{H}_3\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CHO}$ ；

【小问 4 详解】

步骤 II 加入过量稀 NaOH 溶液将对甲基苯甲酸转化为对甲基苯甲酸钠，步骤 III 中加稀盐酸调节水层  $\text{pH} = 1$  反应

的离子方程式为： $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{H}_3\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_3\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOH}$ ；

【小问 5 详解】

丙酮易挥发，为保证 $^{18}\text{O}_2$ 气氛，通 $^{18}\text{O}_2$ 前，需先使用“循环冷冻脱气法”排出装置中(空气中和溶剂中)的 $^{16}\text{O}_2$ ，即反应液中有 $^{16}\text{O}_2$ ，冷冻可排走一部分溶解的 $^{16}\text{O}_2$ ，然后打开阀门抽气，一段时间后，再关闭阀门，待反应液恢复室温后，再冷冻反应液，即“循环冷冻脱气法”，所以操作顺序为：①→②→③→①→④(填标号)，重复后四步操作数次； $\text{H}_3\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOH}$ 的相对原子质量为 136，太阳光，空气，室温， $\text{CH}_3\text{C}^{18}\text{OCH}_3$ ，5h 得到的物质相对原子质量为 136，为 $\text{H}_3\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOH}$ ，而太阳光， $^{18}\text{O}_2$ ，室温， $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ ，5h 得到的物质相对原子质量为 138，说明目标产物中羧基 O 来源于醛基和空气中的氧气。

18. 乙二醇是一种重要化工原料，以合成气( $\text{CO}$ 、 $\text{H}_2$ )为原料合成乙二醇具有重要意义。

I. 直接合成法： $2\text{CO}(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \xrightleftharpoons{\text{催化剂}} \text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}(\text{g})$ ，不同温度下平衡常数如下表所示。

温度	298K	355K	400K
平衡常数	$6.5 \times 10^4$	1.0	$1.3 \times 10^{-3}$

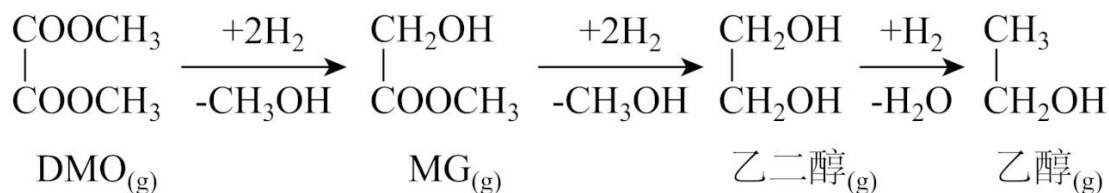
(1) 该反应的  $\Delta H$  \_\_\_\_\_ 0(填“>”或“<”)。

(2) 已知 $\text{CO}(\text{g})$ 、 $\text{H}_2(\text{g})$ 、 $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}(\text{g})$ 的燃烧热( $\Delta H$ )分别为

$-\text{a kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 $-\text{b kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 $-\text{c kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，则上述合成反应的  $\Delta H =$  \_\_\_\_\_  $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ (用 a、b 和 c 表示)。

(3) 实验表明，在 500K 时，即使压强(34MPa)很高乙二醇产率(7%)也很低，可能的原因是\_\_\_\_\_ (答出 1 条即可)。

II. 间接合成法：用合成气和  $\text{O}_2$  制备的 DMO 合成乙二醇，发生如下 3 个均放热的连续反应，其中 MG 生成乙二醇的反应为可逆反应。

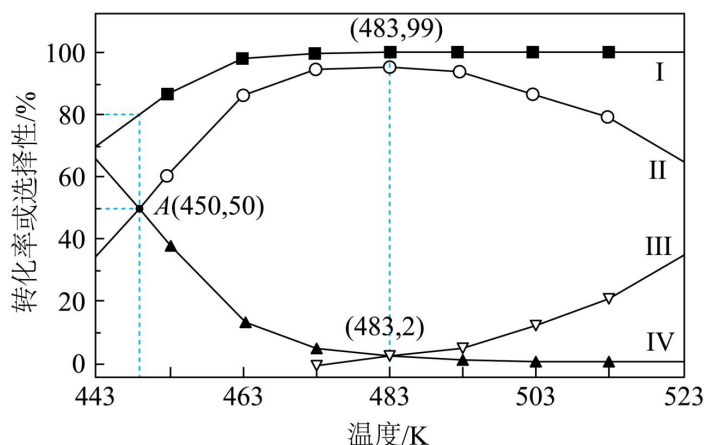


(4) 在 2MPa、Cu/SiO<sub>2</sub> 催化、固定流速条件下，发生上述反应，初始氢酯比  $\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{DMO})} = 52.4$ ，出口处检测

到 DMO 的实际转化率及 MG、乙二醇、乙醇的选择性随温度的变化曲线如图所示[某物质的选择性



$$= \frac{n_{\text{全成}}(\text{该物质})}{n_{\text{消耗}}(\text{DMO})} \times 100\%]$$



①已知曲线Ⅱ表示乙二醇的选择性，则曲线\_\_\_\_\_ (填图中标号，下同)表示 DMO 的转化率，曲线\_\_\_\_\_ 表示 MG 的选择性。

②有利于提高 A 点 DMO 转化率的措施有\_\_\_\_\_ (填标号)。

- A. 降低温度    B. 增大压强  
C. 减小初始氢酯比    D. 延长原料与催化剂的接触时间

③483K 时，出口处  $\frac{n(\text{乙醇})}{n(\text{DMO})}$  的值为\_\_\_\_\_ (精确至 0.01)。

④A 点反应  $\text{MG}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}(\text{g}) + \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$  的浓度商  $Q_x =$  \_\_\_\_\_ (用物质的量分数代替浓度计算，精确至 0.001)。

【答案】(1) <    (2)  $-2a-3b+c$  (或  $c-2a-3b$ )

(3) 温度过高，反应平衡常数较小导致产率过低 (或温度过高，催化剂的催化活性下降导致产率过低)

(4)    ①. I    ②. IV    ③. BD    ④. 1.98    ⑤. 0.025

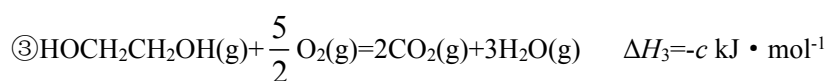
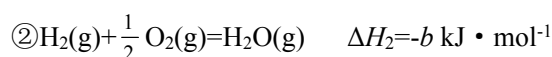
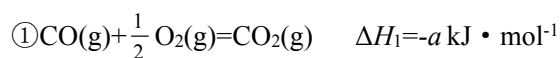
【解析】

【小问 1 详解】

根据表格中的数据，反应温度升高反应的平衡常数减小，说明反应向逆反应方向移动，又因升高温度向吸热反应方向移动，故逆反应为吸热反应，正反应为放热反应，该反应的  $\Delta H < 0$ 。

【小问 2 详解】

根据已知条件可以写出如下热化学方程式：



根据盖斯定律，用反应③减去 2 倍反应①和 3 倍反应②即可得到目标方程式，故目标方程式的  $\Delta H = (c - 2a - 3b) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

### 【小问 3 详解】

根据表格中的平衡常数，反应温度在 500K 时，平衡常数  $K < 1.3 \times 10^{-3}$ ，此时平衡常数过小，导致乙二醇产率过低；或温度过高，催化剂的催化活性下降，导致乙二醇打标产率过低。

### 【小问 4 详解】

根据图示的曲线，随着反应的温度升高 I 曲线的变化趋势为上升后逐渐平衡，此时说明 DMO 的转化率区域恒定，故 I 曲线为 DMO 的实际转化率曲线；又已知 II 为乙二醇的选择性曲线，观察曲线 II 和曲线 IV 可知，随着反应的进行 MG 逐渐转化为乙二醇，故曲线 IV 为 MG 的选择性曲线，因此曲线 III 为乙醇的选择性曲线。

①根据上述分析，曲线 I 为 DMO 的实际转化率曲线；曲线 IV 为 MG 的选择性曲线；

②A. 根据图示，降低温度，DMO 的转化率降低，A 不符合题意；

B. 增大压强，反应体系中的活化分子数增加，化学反应速率加快，DMO 的转化率增大，B 符合题意；

C. 减小初始的氢酯比导致体系中氢含量下降，DMO 的转化率降低，C 不符合题意；

D. A 点时 DMO 的转化率为 80%，升高温度后转化率持续上升说明 A 点时反应未平衡，延长原料和催化剂的反应时间可以促进反应的继续进行，增大 DMO 的转化率，D 符合题意；

故答案选 BD；

③483K 时，DMO 的实际转化率为 99%，设起始投入反应的 DMO 为 100mol，则出口流出的乙醇的物质的量

为  $100\text{mol} \times 99\% \times 2\% = 1.98\text{mol}$ ，此时还有 1mol DMO 未反应从出口流出，因此出口处  $\frac{n(\text{乙醇})}{n(\text{DMO})} = \frac{1.98\text{mol}}{1\text{mol}} = 1.98$ ；

④设初始时  $\text{H}_2$  与 DMO 的投料分别为 52.4mol 和 1mol，A 点时 DMO 的实际转化率为 80%，MG 和乙二醇的选择性为 50%，假设该反应分步进行，第一步发生 DMO 转化为 MG，可写出如下关系：

	DMO(g)	+	2H <sub>2</sub> (g)	=	MG(g)	+	CH <sub>3</sub> OH(g)
起始(mol)	1		52.4		0		0
反应(mol)	0.8		1.6		0.8		0.8
终了(mol)	0.2		50.8		0.8		0.8

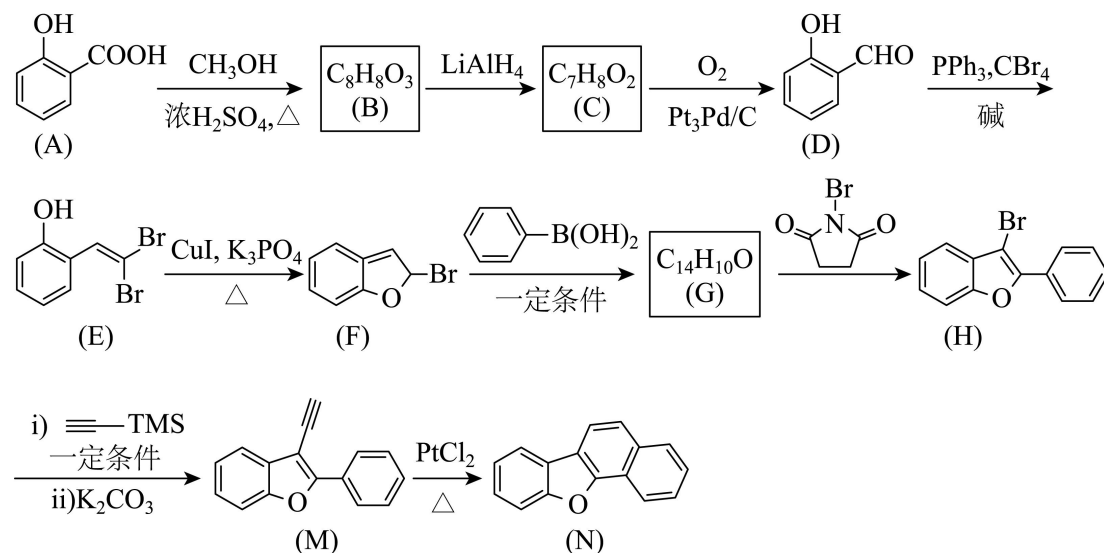
第二步反应，MG 转化为乙二醇，可写出如下关系：

	MG(g)	+	2H <sub>2</sub> (g)	$\rightleftharpoons$	乙二醇(g)	+	CH <sub>3</sub> OH(g)
起始(mol)	0.8		50.8		0		0.8
反应(mol)	0.4		0.8		0.4		0.4
终了(mol)	0.4		50.0		0.4		1.2

这时，体系中 DMO 的物质的量为 0.2mol、MG 的物质的量为 0.4mol、 $\text{H}_2$  的物质的量为 50.0mol、 $\text{CH}_3\text{OH}$  的物质的量为 1.2mol、乙二醇的物质的量为 0.4mol，体系中总物质的量为  $0.2 + 0.4 + 50.0 + 1.2 + 0.4 = 52.2\text{mol}$ 。用物质的量

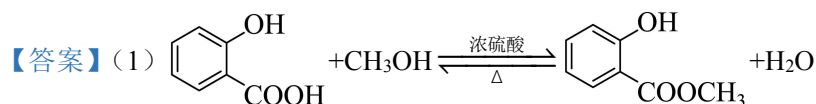
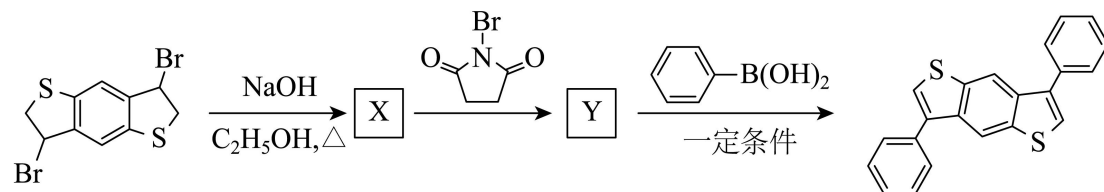
$$\text{分数代替浓度计算反应的浓度熵 } Q_x = \frac{\frac{0.4\text{mol}}{52.2\text{mol}} \times \frac{1.2\text{mol}}{52.2\text{mol}}}{\frac{0.4\text{mol}}{52.2\text{mol}} \times \left(\frac{50.0\text{mol}}{52.2\text{mol}}\right)^2} = 0.025。$$

19. 含呋喃骨架的芳香化合物在环境化学和材料化学领域具有重要价值。一种含呋喃骨架的芳香化合物合成路线如下：



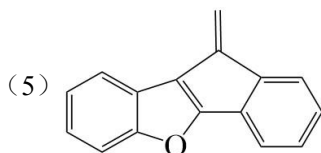
回答下列问题：

- (1) A→B 的化学方程式为\_\_\_\_\_。
- (2) C→D 实现了由\_\_\_\_\_到\_\_\_\_\_的转化(填官能团名称)。
- (3) G→H 的反应类型为\_\_\_\_\_。
- (4) E 的同分异构体中，含苯环(不含其他环)且不同化学环境氢原子个数比为3:2:1的同分异构体的数目有\_\_\_\_\_种。
- (5) M→N 的三键加成反应中，若参与成键的苯环及苯环的反应位置不变，则生成的与 N 互为同分异构体的副产物结构简式为\_\_\_\_\_。
- (6) 参考上述路线，设计如下转化。X 和 Y 的结构简式分别为\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。

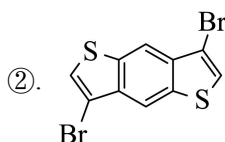
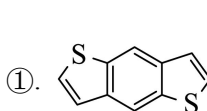


(2) ①. 羟基 ②. 醛基

(3) 取代反应 (4) 4



(6)

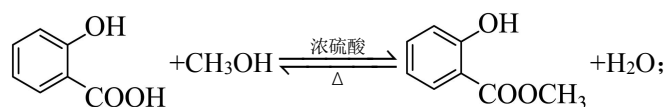


### 【解析】

【分析】A 为邻羟基苯甲酸，与甲醇发生酯化反应生成 B (), 在  $\text{LiAlH}_4$  的作用下，发生还原反应生成 C (), C 被氧气氧化为 D (), D 和  $\text{CBr}_4$  反应生成 E (), E 在  $\text{CuI}$  作用下，生成 F (), F 与  $\text{C}_6\text{H}_5\text{B(OH)}_2$  反应生成 G，结合 H 的结构可推出 G 为 ，G 与 反应生成 H，H 在一定条件下转化为 M (), M 与  $\text{PtCl}_2$  反应生成 N (), 据此解答。

### 【小问 1 详解】

由分析可知，A 为邻羟基苯甲酸，与甲醇发生酯化反应生成 B ，化学方程式为



### 【小问 2 详解】

由分析可知，C 为 ，C 被氧气氧化为 D (), 羟基转化为醛基，故答案为：羟基；醛基；

### 【小问 3 详解】

G 为 ，与 反应生成 ，属于取代反应的特征，故答案为：取代反应；

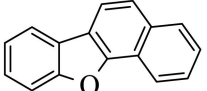
### 【小问 4 详解】

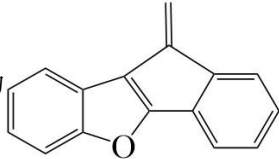
E 为 ，含苯环(不含其他环)且不同化学环境氢原子个数比为 3:2:1 的同分异构体，如果为醛基，溴

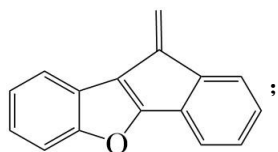
原子，甲基的组合时，可形成 两种，如果为酮碳基，溴原子组合时可形成

，一共有 4 种，故答案为：4；

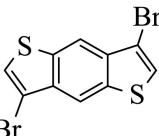
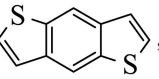
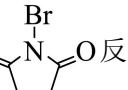
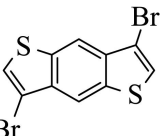
【小问 5 详解】

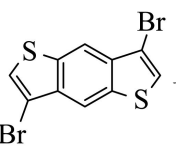
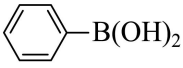
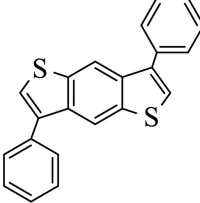
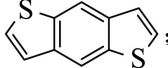
M→N 的三键加成反应中, 若参与成键的苯环及苯环的反应位置不变, N 为 , 可以推断出 M 中的

三键与右侧苯环连接时可以形成 N 中的六元环或五元环, 因此可能的副产物为 , 故答案为:



【小问 6 详解】

参考上述路线, 可先将  消去生成 , 再与  反应生成 ,

 与  在一定条件下得到目标产物 , 故答案为: ;

