

## 2024 年甘肃省普通高校招生统一考试

### 化学

#### 注意事项:

- 1.答卷前，考生务必将自己的姓名、准考证号填写在答题卡上。
- 2.回答选择题时，选出每小题答案后，用 2B 铅笔把答题卡上对应题目的答案标号框涂黑。如需改动，用橡皮擦干净后，再选涂其它答案标号框。回答非选择题时，将答案写在答题卡上。写在本试卷上无效。
- 3.考试结束后，将本试卷和答题卡一并交回。

可能用到的相对原子质量：Si-28

一、选择题：本题共 14 小题，每小题 3 分，共 42 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. 下列成语涉及金属材料的是

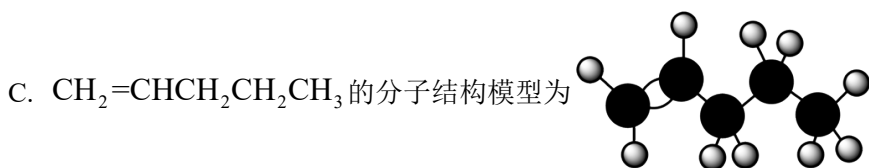
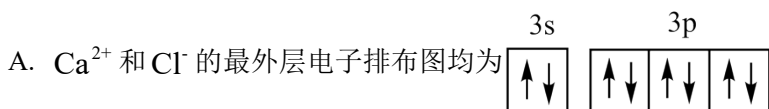
- A. 洛阳纸贵                      B. 聚沙成塔                      C. 金戈铁马                      D. 甘之若饴

【答案】 C

【解析】

- 【详解】 A. 纸的主要成分是纤维素，不是金属材料，A 错误；  
B. 沙的主要成分是硅酸盐，不是金属材料，B 错误；  
C. 金和铁都是金属，C 正确；  
D. 甘之若饴意思是把它看成像糖那样甜，糖类是有机物，不是金属材料，D 错误；  
故选 C。

2. 下列化学用语表述错误的是



D.  ${}^{12}_6\text{C}$ 、 ${}^{13}_6\text{C}$ 和 ${}^{14}_6\text{C}$ 互为同位素

【答案】B

【解析】

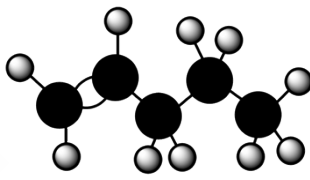
【详解】A.  $\text{Ca}^{2+}$ 和 $\text{Cl}^-$ 的核外电子数都是18，最外层电子排布图均为  $\begin{array}{|c|c|c|c|} \hline 3s & & 3p & \\ \hline \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow \\ \hline \end{array}$ ，故A正

确；

B.  $\text{PH}_3$ 中磷原子和每个氢原子共用一对电子，中心原子P原子价层电子对数为 $3 + \frac{1}{2} \times (5 - 3 \times 1) = 4$ ，孤电

子对数为1， $\text{PH}_3$ 的电子式为  $\begin{array}{c} \text{H} : \ddot{\text{P}} : \text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array}$ ，故B错误；

C.  $\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ 分子中存在1个碳碳双键，位于1号碳原子与2号碳原子之间，存在3个碳碳单

键，无支链，且氢原子半径小于碳原子半径，其分子结构模型表示为 ，故C正

确；

D.  ${}^{12}_6\text{C}$ 、 ${}^{13}_6\text{C}$ 和 ${}^{14}_6\text{C}$ 是质子数相同、中子数不同的碳原子，是碳元素的不同核素，互为同位素，故D正

确；

故选B。

3. 化学与生活息息相关，下列对应关系错误的是

	物质	性质	用途
A	次氯酸钠	氧化性	衣物漂白
B	氢气	可燃性	制作燃料电池
C	聚乳酸	生物可降解性	制作一次性餐具
D	活性炭	吸附性	分解室内甲醛

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】D

【解析】

【详解】A. 次氯酸钠有强氧化性，从而可以做漂白剂，用于衣物漂白，A 正确；  
B. 氢气是可燃气体，具有可燃性，能被氧气氧化，可以制作燃料电池，B 正确；  
C. 聚乳酸具有生物可降解性，无毒，是高分子化合物，可以制作一次性餐具，C 正确；  
D. 活性炭有吸附性，能够有效吸附空气中的有害气体、去除异味，但无法分解甲醛，D 错误；  
故本题选 D。

4. 下列措施能降低化学反应速率的是

- A. 催化氧化氨制备硝酸时加入铂  
B. 中和滴定时，边滴边摇锥形瓶  
C. 锌粉和盐酸反应时加水稀释  
D. 石墨合成金刚石时增大压强

【答案】C

【解析】

【详解】A. 催化剂可以改变化学反应速率，一般来说，催化剂可以用来加快化学反应速率，故催化氧化氨制备硝酸时加入铂可以加快化学反应速率，A 项不符合题意；  
B. 中和滴定时，边滴边摇锥形瓶，可以让反应物快速接触，可以加快化学反应速率，B 项不符合题意；  
C. 锌粉和盐酸反应时加水稀释会降低盐酸的浓度，会降低化学反应速率，C 项符合题意；  
D. 石墨合成金刚石，该反应中没有气体参与，增大压强不会改变化学反应速率，D 项不符合题意；  
故选 C。

5. X、Y、Z、W、Q 为短周期元素，原子序数依次增大，最外层电子数之和为 18。Y 原子核外有两个单电子，Z 和 Q 同族，Z 的原子序数是 Q 的一半，W 元素的焰色试验呈黄色。下列说法错误的是

- A. X、Y 组成的化合物有可燃性  
B. X、Q 组成的化合物有还原性  
C. Z、W 组成的化合物能与水反应  
D. W、Q 组成的化合物溶于水呈酸性

【答案】D

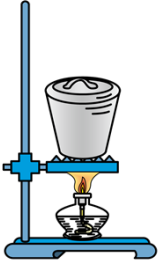

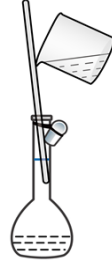

【解析】

【分析】X、Y、Z、W、Q 为短周期元素，W 元素的焰色试验呈黄色，W 为 Na 元素；Z 和 Q 同族，Z 的原子序数是 Q 的一半，则 Z 为 O、Q 为 S；Y 原子核外有两个单电子、且原子序数小于 Z，Y 为 C 元素；X、Y、Z、W、Q 的最外层电子数之和为 18，则 X 的最外层电子数为  $18-4-6-1-6=1$ ，X 可能为 H 或 Li。

【详解】A. 若 X 为 H，H 与 C 组成的化合物为烃，烃能够燃烧，若 X 为 Li，Li 与 C 组成的化合物也具有可燃性，A 项正确；  
B. X、Q 组成的化合物中 Q（即 S）元素呈 -2 价，为 S 元素的最低价，具有还原性，B 项正确；  
C. Z、W 组成的化合物为  $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}_2$ ， $\text{Na}_2\text{O}$  与水反应生成 NaOH， $\text{Na}_2\text{O}_2$  与水反应生成 NaOH 和  $\text{O}_2$ ，C 项正确；  
D. W、Q 组成的化合物  $\text{Na}_2\text{S}$  属于强碱弱酸盐，其溶于水所得溶液呈碱性，D 项错误；

答案选 D。

6. 下列实验操作对应的装置不正确的是

A	B	C	D
灼烧海带制海带灰	准确量取 15.00mL 稀盐酸	配制一定浓度的 NaCl 溶液	使用电石和饱和食盐水制备 $C_2H_2$
			

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】A

【解析】

【详解】A. 灼烧海带制海带灰应在坩埚中进行，并用玻璃棒搅拌，给坩埚加热时不需要使用石棉网或陶土网，A 项错误；

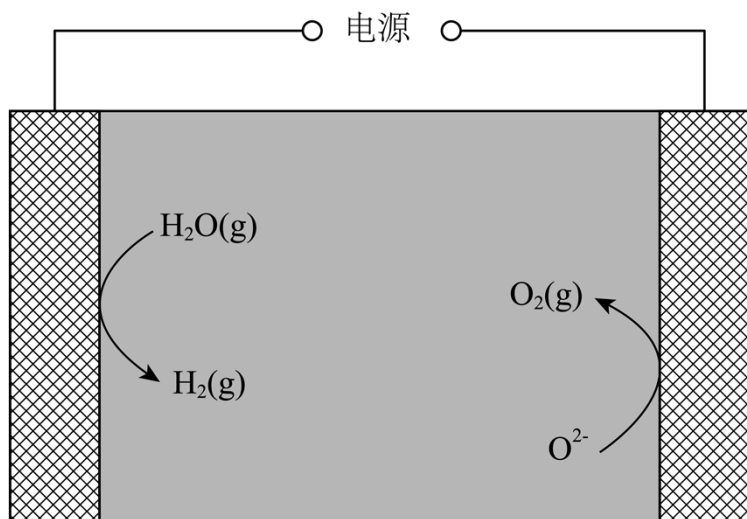
B. 稀盐酸呈酸性，可用酸式滴定管量取 15.00mL 稀盐酸，B 项正确；

C. 配制一定浓度的 NaCl 溶液时，需要将在烧杯中溶解得到的 NaCl 溶液通过玻璃棒引流转移到选定规格的容量瓶中，C 项正确；

D. 电石的主要成分  $CaC_2$  与水发生反应  $CaC_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + CH \equiv CH \uparrow$  制取  $C_2H_2$ ，该制气反应属于固体与液体常温制气反应，分液漏斗中盛放饱和食盐水，具支锥形瓶中盛放电石，D 项正确；

答案选 A。

7. 某固体电解池工作原理如图所示，下列说法错误的是



多孔电极1                      固体电解质                      多孔电极2

- A. 电极 1 的多孔结构能增大与水蒸气的接触面积
- B. 电极 2 是阴极，发生还原反应： $O_2 + 4e^- = 2O^{2-}$
- C. 工作时  $O^{2-}$  从多孔电极 1 迁移到多孔电极 2
- D. 理论上电源提供  $2\text{mol}e^-$  能分解  $1\text{molH}_2\text{O}$

【答案】B

【解析】

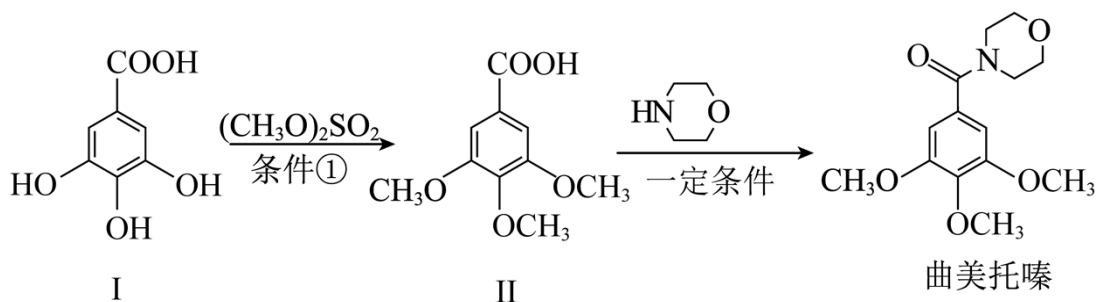
【分析】多孔电极 1 上  $H_2O(g)$  发生得电子的还原反应转化成  $H_2(g)$ ，多孔电极 1 为阴极，电极反应为  $2H_2O + 4e^- = 2H_2 + 2O^{2-}$ ；多孔电极 2 上  $O^{2-}$  发生失电子的氧化反应转化成  $O_2(g)$ ，多孔电极 2 为阳极，电极反应为  $2O^{2-} - 4e^- = O_2$ 。

- 【详解】A. 电极 1 的多孔结构能增大电极的表面积，增大与水蒸气的接触面积，A 项正确；
- B. 根据分析，电极 2 为阳极，发生氧化反应： $2O^{2-} - 4e^- = O_2$ ，B 项错误；
- C. 工作时，阴离子  $O^{2-}$  向阳极移动，即  $O^{2-}$  从多孔电极 1 迁移到多孔电极 2，C 项正确；
- D. 根据分析，电解总反应为  $2H_2O(g) \xrightarrow{\text{电解}} 2H_2 + O_2$ ，分解  $2\text{molH}_2\text{O}$  转移  $4\text{mol}$  电子，则理论上电源提供  $2\text{mol}$

电子能分解  $1\text{molH}_2\text{O}$ ，D 项正确；

答案选 B。

8. 曲美托嗪是一种抗焦虑药，合成路线如下所示，下列说法错误的是



- A. 化合物 I 和 II 互为同系物
- B. 苯酚和  $(\text{CH}_3\text{O})_2\text{SO}_2$  在条件①下反应得到苯甲醚
- C. 化合物 II 能与  $\text{NaHCO}_3$  溶液反应
- D. 曲美托嗪分子中含有酰胺基团

【答案】A

【解析】

【详解】A. 化合物 I 含有的官能团有羧基、酚羟基，化合物 II 含有的官能团有羧基、醚键，官能团种类不同，化合物 I 和化合物 II 不互为同系物，A 项错误；

B. 根据题中流程可知，化合物 I 中的酚羟基与  $(\text{CH}_3\text{O})_2\text{SO}_2$  反应生成醚，故苯酚和  $(\text{CH}_3\text{O})_2\text{SO}_2$  在条件①下反应得到苯甲醚，B 项正确；

C. 化合物 II 中含有羧基，可以与  $\text{NaHCO}_3$  溶液反应，C 项正确；

D. 由曲美托嗪的结构简式可知，曲美托嗪中含有的官能团为酰胺基、醚键，D 项正确；  
故选 A。

9. 下列实验操作、现象和结论相对应的是

	实验操作、现象	结论
A	用蓝色石蕊试纸检验某无色溶液，试纸变红	该溶液是酸溶液
B	用酒精灯灼烧织物产生类似烧焦羽毛的气味	该织物含蛋白质
C	乙醇和浓硫酸加热，产生的气体使溴水褪色	该气体是乙烯
D	氯化镁溶液中滴入氢氧化钠溶液，生成沉淀	氢氧化钠的碱性比氢氧化镁强

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

【答案】B

【解析】

【详解】A. 用蓝色石蕊试纸检验某无色溶液，试纸变红，该溶液显酸性，但不一定是酸溶液，也有可能是显酸性的盐溶液，A 项不符合题意；

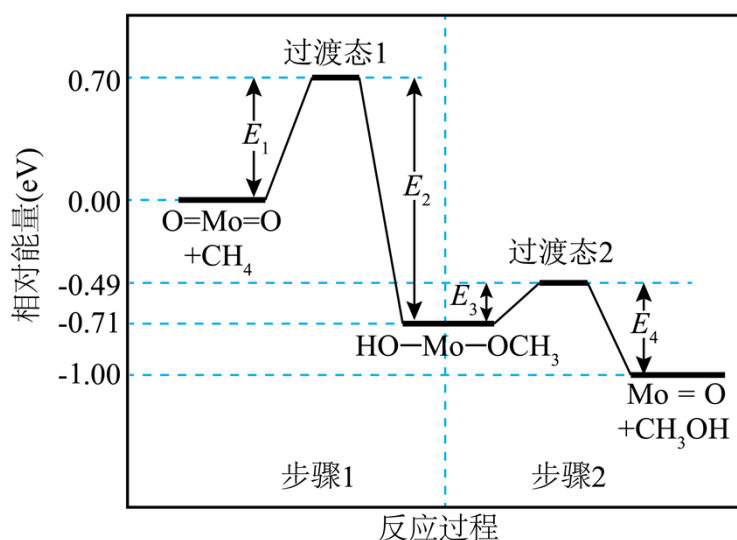
B. 动物纤维主要成分是蛋白质，灼烧后有类似烧焦羽毛的味道，若用酒精灯灼烧织物产生类似烧焦羽毛的味道，说明该织物含有动物纤维，含有蛋白质，B 项符合题意；

C. 乙醇和浓硫酸加热，会产生很多产物，如加热温度在 170℃，主要产物为乙烯；如加热温度在 140℃，主要产物为二乙醚；同时乙醇可在浓硫酸下脱水生成碳单质，继续和浓硫酸在加热条件下产生二氧化碳、二氧化硫等，其中的产物二氧化硫也能使溴水褪色，不能说明产生的气体就是乙烯，C 项不符合题意；

D. 氯化镁溶液中滴入氢氧化钠溶液，会发生复分解反应，生成难溶的氢氧化镁，与氢氧化钠和氢氧化镁的碱性无关，不能由此得出氢氧化钠的碱性比氢氧化镁强，D 项不符合题意；

故选 B。

10. 甲烷在某含 Mo 催化剂作用下部分反应的能量变化如图所示，下列说法错误的是



A.  $E_2=1.41\text{eV}$

B. 步骤 2 逆向反应的  $\Delta H=+0.29\text{eV}$

C. 步骤 1 的反应比步骤 2 快

D. 该过程实现了甲烷的氧化

【答案】C

【解析】

【详解】A. 由能量变化图可知， $E_2=0.70\text{eV}-(-0.71\text{eV})=1.41\text{eV}$ ，A 项正确；

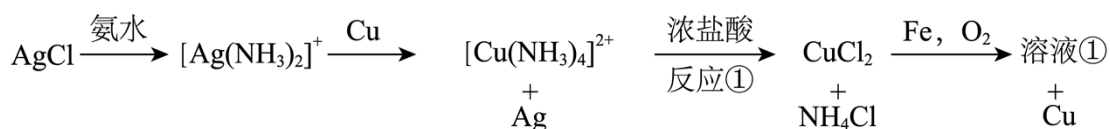
B. 由能量变化图可知，步骤 2 逆向反应的  $\Delta H=-0.71\text{eV}-(-1.00\text{eV})=+0.29\text{eV}$ ，B 项正确；

C. 由能量变化图可知，步骤 1 的活化能  $E_1=0.70\text{eV}$ ，步骤 2 的活化能  $E_3=-0.49\text{eV}-(-0.71\text{eV})=0.22\text{eV}$ ，步骤 1 的活化能大于步骤 2 的活化能，步骤 1 的反应比步骤 2 慢，C 项错误；

D. 该过程甲烷转化为甲醇，属于加氧氧化，该过程实现了甲烷的氧化，D 项正确；

故选 C。

11. 兴趣小组设计了从  $\text{AgCl}$  中提取  $\text{Ag}$  的实验方案, 下列说法正确的是



- A. 还原性:  $\text{Ag} > \text{Cu} > \text{Fe}$
- B. 按上述方案消耗  $1 \text{ mol Fe}$  可回收  $1 \text{ mol Ag}$
- C. 反应①的离子方程式是  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 4\text{H}^+ = \text{Cu}^{2+} + 4\text{NH}_4^+$
- D. 溶液①中的金属离子是  $\text{Fe}^{2+}$

【答案】C

【解析】

【分析】从实验方案可知, 氨水溶解了氯化银, 然后用铜置换出银, 滤液中加入浓盐酸后得到氯化铜和氯化铵的混合液, 向其中加入铁、铁置换出铜, 过滤分铜可以循环利用, 并通入氧气可将亚铁离子氧化为铁离子。

【详解】A. 金属活动性越强, 金属的还原性越强, 而且由题中的实验方案能得到证明, 还原性从强到弱的顺序为  $\text{Fe} > \text{Cu} > \text{Ag}$ , A 不正确;

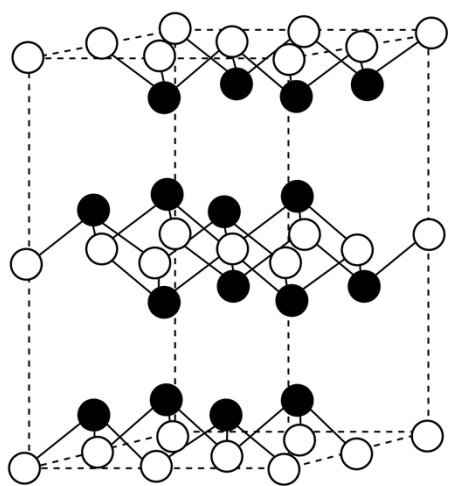
B. 由电子转移守恒可知,  $1 \text{ mol Fe}$  可以置换  $1 \text{ mol Cu}$ , 而  $1 \text{ mol Cu}$  可以置换  $2 \text{ mol Ag}$ , 因此, 根据按上述方案消耗  $1 \text{ mol Fe}$  可回收  $2 \text{ mol Ag}$ , B 不正确;

C. 反应①中, 氯化四氨合铜溶液与浓盐酸反应生成氯化铜和氯化铵, 该反应的离子方程式是  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 4\text{H}^+ = \text{Cu}^{2+} + 4\text{NH}_4^+$ , C 正确;

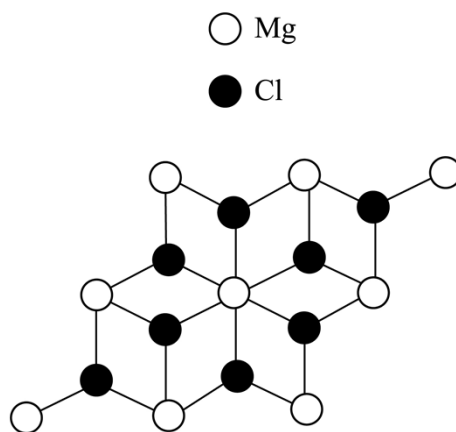
D. 向氯化铜和氯化铵的混合液中加入铁, 铁置换出铜后生成  $\text{Fe}^{2+}$ , 然后  $\text{Fe}^{2+}$  被通入的氧气氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ , 氯化铵水解使溶液呈酸性, 在这个过程中, 溶液中的氢离子参与反应, 因此氢离子浓度减少促进了铁离子水解生成氢氧化铁沉淀, 氢氧化铁存在沉淀溶解平衡, 因此, 溶液①中的金属离子是  $\text{Fe}^{3+}$ , D 不正确;

综上所述, 本题选 C。

12.  $\beta\text{-MgCl}_2$  晶体中, 多个晶胞无隙并置而成的结构如图甲所示, 其中部分结构显示为图乙, 下列说法错误的是



甲



乙

A. 电负性:  $Mg < Cl$

B. 单质 Mg 是金属晶体

C. 晶体中存在范德华力

D.  $Mg^{2+}$  离子的配位数为 3

【答案】D

【解析】

【详解】A. 电负性越大的元素吸引电子的能力越强，活泼金属的电负性小于活泼非金属，因此，Mg 的电负性小于 Cl，A 正确；

B. 金属晶体包括金属单质及合金，单质 Mg 是金属晶体，B 正确；

C. 由晶体结构可知，该结构中存在层状结构，层与层之间存在范德华力，C 正确；

D. 由图乙中结构可知，每个  $Mg^{2+}$  与周围有 6 个  $Cl^-$  最近且距离相等，因此， $Mg^{2+}$  的配位数为 6，D 错误；

综上所述，本题选 D。

温室气体  $N_2O$  在催化剂作用下可分解为  $O_2$  和  $N_2$ ，也可作为氧化剂氧化苯制苯酚。据此完成下面小题。

13. 下列说法错误的是

A. 原子半径:  $O < N < C$

B. 第一电离能:  $C < N < O$

C. 在水中的溶解度: 苯 < 苯酚

D. 苯和苯酚中 C 的杂化方式相同

14. 下列说法错误的是

A. 相同条件下  $N_2$  比  $O_2$  稳定

B.  $N_2O$  与  $NO_2^+$  的空间构型相同

C.  $N_2O$  中 N-O 键比 N-N 键更易断裂

D.  $N_2O$  中  $\sigma$  键和大  $\pi$  键的数目不相等

【答案】13. B 14. D

【解析】

### 【13 题详解】

- A. C、N、O 都是第二周期的元素，其原子序数依次递增；同一周期的元素，从左到右原子半径依次减小，因此，原子半径从小到大的顺序为  $O < N < C$ ，A 正确；
- B. 同一周期的元素，从左到右电负性呈递增的趋势，其中 IIA 和 VA 的元素因其原子结构相对稳定而出现反常，使其电负性大于同周期相邻的元素，因此，第一电离能从小到大的顺序为  $C < O < N$ ，B 不正确；
- C. 苯是非极性分子，苯酚是极性分子，且苯酚与水分子之间可以形成氢键，根据相似相溶规则可知，苯酚在水中的溶解度大于苯，C 正确；
- D. 苯和苯酚中 C 的杂化方式均为  $sp^2$ ，杂化方式相同，D 正确；

综上所述，本题选 B。

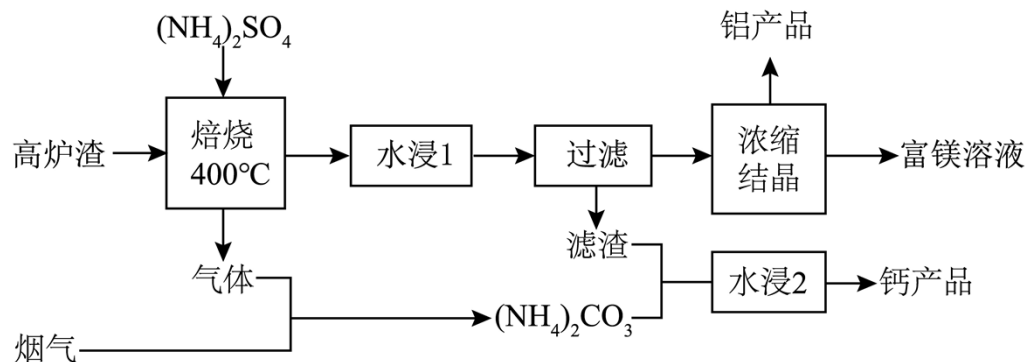
### 【14 题详解】

- A.  $N_2$  分子中存在的  $N \equiv N$ ， $O_2$  分子中虽然也存在叁键，但是其键能小于  $N \equiv N$ ，因此，相同条件下  $N_2$  比  $O_2$  稳定，A 正确；
- B.  $N_2O$  与  $NO_2^+$  均为  $CO_2$  的等电子体，故其均为直线形分子，两者空间构型相同，B 正确；
- C.  $N_2O$  的中心原子是 N，其在催化剂作用下可分解为  $O_2$  和  $N_2$ ，说明  $N_2O$  中 N-O 键比 N-N 键更易断裂，C 正确；
- D.  $N_2O$  中  $\sigma$  键和大  $\pi$  键的数目均为 2，因此， $\sigma$  键和大  $\pi$  键的数目相等，D 不正确；

综上所述，本题选 D。

## 二、非选择题：本题共 4 小题，共 58 分。

15. 我国科研人员以高炉渣(主要成分为  $CaO$ ， $MgO$ ， $Al_2O_3$  和  $SiO_2$  等)为原料，对炼钢烟气( $CO_2$  和水蒸气)进行回收利用，有效减少了环境污染，主要流程如图所示：



已知： $K_{sp}(CaSO_4)=4.9 \times 10^{-5}$   $K_{sp}(CaCO_3)=3.4 \times 10^{-9}$

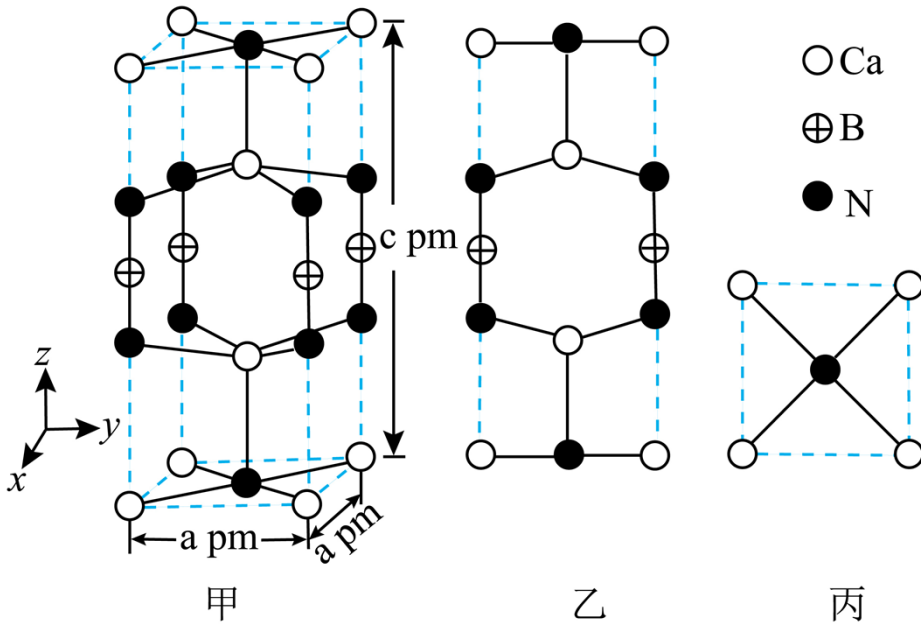
(1) 高炉渣与  $(NH_4)_2SO_4$  经焙烧产生的“气体”是\_\_\_\_\_。

(2) “滤渣”的主要成分是  $\text{CaSO}_4$  和 \_\_\_\_\_。

(3) “水浸 2”时主要反应的化学方程式为 \_\_\_\_\_，该反应能进行的原因是 \_\_\_\_\_。

(4) 铝产品  $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  可用于 \_\_\_\_\_。

(5) 某含钙化合物的晶胞结构如图甲所示，沿 x 轴方向的投影为图乙，晶胞底面显示为图丙，晶胞参数  $a \neq c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ 。图丙中 Ca 与 N 的距离为 \_\_\_\_\_ pm；化合物的化学式是 \_\_\_\_\_，其摩尔质量为  $\text{Mg} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，阿伏加德罗常数的值是  $N_A$ ，则晶体的密度为 \_\_\_\_\_  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$  (列出计算表达式)。



【答案】(1)  $\text{NH}_3$  (2)  $\text{SiO}_2$

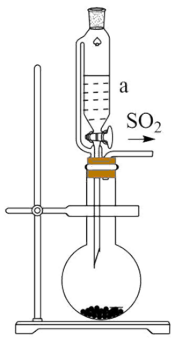
(3) ①.  $\text{CaSO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 = \text{CaCO}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  ②.  $K_{\text{sp}}(\text{CaSO}_4) > K_{\text{sp}}(\text{CaCO}_3)$ ，微溶的硫酸钙转化为更难溶的碳酸钙

(4) 净水 (5) ①.  $\frac{\sqrt{2}}{2}a$  ②.  $\text{Ca}_3\text{N}_3\text{B}$  ③.  $\frac{M}{N_A a^2 c} \times 10^{30}$

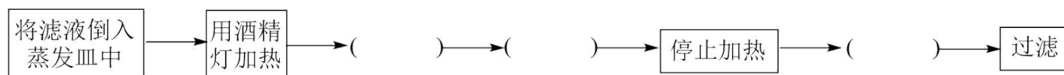
【解析】

【分析】高炉渣(主要成分为  $\text{CaO}$ ， $\text{MgO}$ ， $\text{Al}_2\text{O}_3$  和  $\text{SiO}_2$  等)加入  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  在  $400^\circ\text{C}$  下焙烧，生成硫酸钙、硫酸镁、硫酸铝，同时产生气体，该气体与烟气( $\text{CO}_2$  和水蒸气)反应，生成  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ，所以该气体为  $\text{NH}_3$ ；焙烧产物经过水浸 1，然后过滤，滤渣为  $\text{CaSO}_4$  以及未反应的  $\text{SiO}_2$ ，滤液溶质主要为硫酸镁、硫酸铝及硫酸铵；滤液浓缩结晶，析出  $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ，剩余富镁溶液；滤渣加入  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  溶液，滤渣中的  $\text{CaSO}_4$  会转化为更难溶的碳酸钙。





- (2) 步骤II应分数次加入  $\text{MnO}_2$ ，原因是\_\_\_\_\_；
- (3) 步骤III滴加饱和  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  溶液的目的是\_\_\_\_\_；
- (4) 步骤IV生成  $\text{MnCO}_3$  沉淀，判断  $\text{Mn}^{2+}$  已沉淀完全的操作是\_\_\_\_\_；
- (5) 将步骤V中正确操作或现象的标号填入相应括号中\_\_\_\_\_。



- A. 蒸发皿中出现少量晶体
- B. 使用漏斗趁热过滤
- C. 利用蒸发皿余热使溶液蒸干
- D. 用玻璃棒不断搅拌
- E. 等待蒸发皿冷却

**【答案】**(1) ①. 恒压滴液漏斗 ②. 增大  $\text{SO}_2$  的溶解度、增大  $\text{H}_2\text{SO}_3$  的浓度，同时为步骤II提供低温

(2) 防止过多的  $\text{MnO}_2$  与  $\text{H}_2\text{SO}_3$  反应生成  $\text{MnSO}_4$ ，同时防止反应太快、放热太多、不利于控制温度低于  $10^\circ\text{C}$

(3) 除去过量的  $\text{SO}_2$  (或  $\text{H}_2\text{SO}_3$ )

(4) 静置，向上层清液中继续滴加几滴饱和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液，若不再产生沉淀，说明  $\text{Mn}^{2+}$  已沉淀完全

(5) D、A、E

**【解析】**

**【分析】** 步骤 II 中  $\text{MnO}_2$  与  $\text{H}_2\text{SO}_3$  在低于  $10^\circ\text{C}$  时反应生成  $\text{MnS}_2\text{O}_6$ ，反应的化学方程式为  $\text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_3 = \text{MnS}_2\text{O}_6 + 2\text{H}_2\text{O}$ ，步骤III中滴加饱和  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  除去过量的  $\text{SO}_2$  (或  $\text{H}_2\text{SO}_3$ )，步骤IV中滴入饱和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液发生反应  $\text{MnS}_2\text{O}_6 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{MnCO}_3\downarrow + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_6$ ，经过滤得到  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_6$  溶液，步骤 V 中  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_6$  溶液经蒸发浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤、干燥得到  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。

**【小问 1 详解】**

根据仪器 a 的特点知，仪器 a 为恒压滴液漏斗；步骤 I 中采用冰水浴是为了增大  $\text{SO}_2$  的溶解度、增大  $\text{H}_2\text{SO}_3$  的浓度，同时为步骤 II 提供低温；

【小问 2 详解】

由于  $\text{MnO}_2$  具有氧化性、 $\text{SO}_2$ （或  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ）具有还原性，步骤 II 应分数次加入  $\text{MnO}_2$ ，原因是：防止过多的  $\text{MnO}_2$  与  $\text{H}_2\text{SO}_3$  反应生成  $\text{MnSO}_4$ ，同时防止反应太快、放热太多、不利于控制温度低于  $10^\circ\text{C}$ ；

【小问 3 详解】

步骤 III 中滴加饱和  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  溶液的目的在于除去过量的  $\text{SO}_2$ （或  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ），防止后续反应中  $\text{SO}_2$  与  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液反应，增加饱和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液的用量、并使产品中混有杂质；

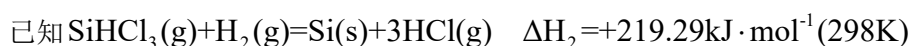
【小问 4 详解】

步骤 IV 中生成  $\text{MnCO}_3$  沉淀，判断  $\text{Mn}^{2+}$  已沉淀完全的操作是：静置，向上层清液中继续滴加几滴饱和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液，若不再产生沉淀，说明  $\text{Mn}^{2+}$  已沉淀完全；

【小问 5 详解】

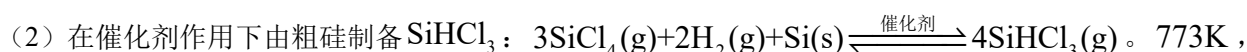
步骤 V 的正确操作或现象为：将滤液倒入蒸发皿中→用酒精灯加热→用玻璃棒不断搅拌→蒸发皿中出现少量晶体→停止加热→等待蒸发皿冷却→过滤、洗涤、干燥得到  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ，依次填入 D、A、E。

17.  $\text{SiHCl}_3$  是制备半导体材料硅的重要原料，可由不同途径制备。

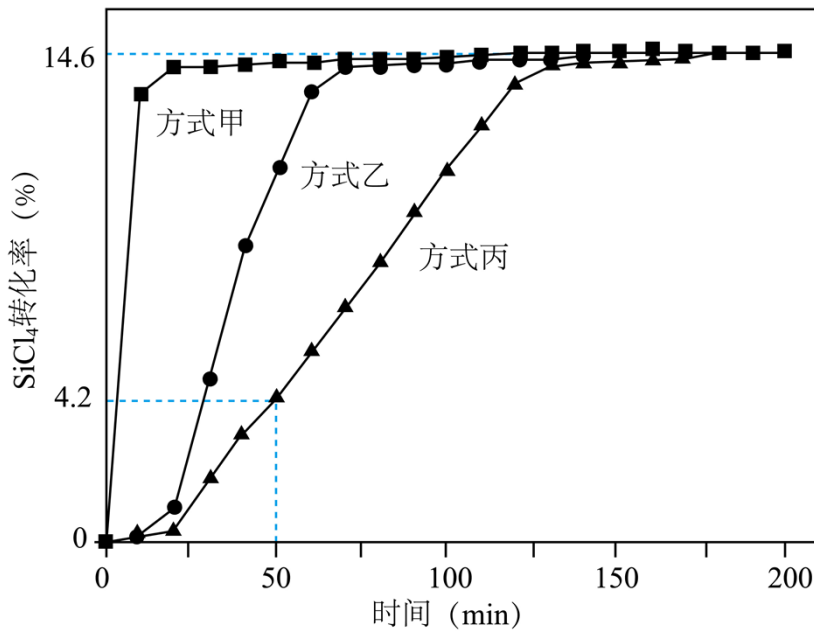


298K 时，由  $\text{SiCl}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) = \text{Si}(\text{s}) + 4\text{HCl}(\text{g})$  制备 56g 硅 \_\_\_\_\_ (填“吸”或“放”)热 \_\_\_\_\_ kJ。

升高温度有利于制备硅的原因是\_\_\_\_\_。



2L 密闭容器中，经不同方式处理的粗硅和催化剂混合物与  $0.4\text{mol H}_2$  和  $0.1\text{mol SiCl}_4$  气体反应， $\text{SiCl}_4$  转化率随时间的变化如下图所示：



① 0-50min，经方式\_\_\_\_\_处理后的反应速率最快；在此期间，经方式丙处理后的平均反应速率  $v(\text{SiHCl}_3) = \text{_____ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

② 当反应达平衡时， $\text{H}_2$  的浓度为\_\_\_\_\_  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，平衡常数  $K$  的计算式为\_\_\_\_\_。

③ 增大容器体积，反应平衡向\_\_\_\_\_移动。

【答案】(1) ①. 吸 ②. 587.02 ③. 该反应为吸热反应，升高温度，反应正向移动，有利于制备硅

(2) ①. 甲 ②.  $5.6 \times 10^{-5}$  ③. 0.1952 ④.  $\frac{0.0097^4}{0.0427^3 \times 0.1952^2}$  ⑤. 逆反应方向

【解析】

【小问 1 详解】

由题给热化学方程式：①  $\text{SiCl}_4(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) = \text{SiHCl}_3(\text{g}) + \text{HCl}(\text{g})$ ， $\Delta H_1 = +74.22 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ；②  $\text{SiHCl}_3(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) = \text{Si}(\text{s}) + 3\text{HCl}(\text{g})$ ， $\Delta H_2 = +219.29 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ；则根据盖斯定律可知，①+②，可得热化学方程式  $\text{SiCl}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) = \text{Si}(\text{s}) + 4\text{HCl}(\text{g})$ ， $\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 = +74.22 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + (+219.29 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = +293.51 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，则制备 56g Si，即 2mol Si，需要吸收热量为  $293.51 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \times 2 = 587.02 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ；该反应为吸热反应，升高温度，反应正向移动，有利于制备硅。

【小问 2 详解】

① 由转化率图像可知，0-50min，经方式甲处理后反应速率最快；经方式丙处理后，50min 时  $\text{SiCl}_4$  的转

化率为 4.2%，反应的  $\text{SiCl}_4$  的物质的量为  $0.1\text{mol} \times 4.2\% = 0.0042\text{mol}$ ，根据化学化学计量数可得反应生成的  $\text{SiHCl}_3$  的物质的量为  $0.0042\text{mol} \times \frac{4}{3} = 0.0056\text{mol}$ ，平均反应速率

$$v(\text{SiHCl}_3) = \frac{0.0056\text{mol}}{2\text{L} \times 50\text{min}} = 5.6 \times 10^{-5} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1};$$

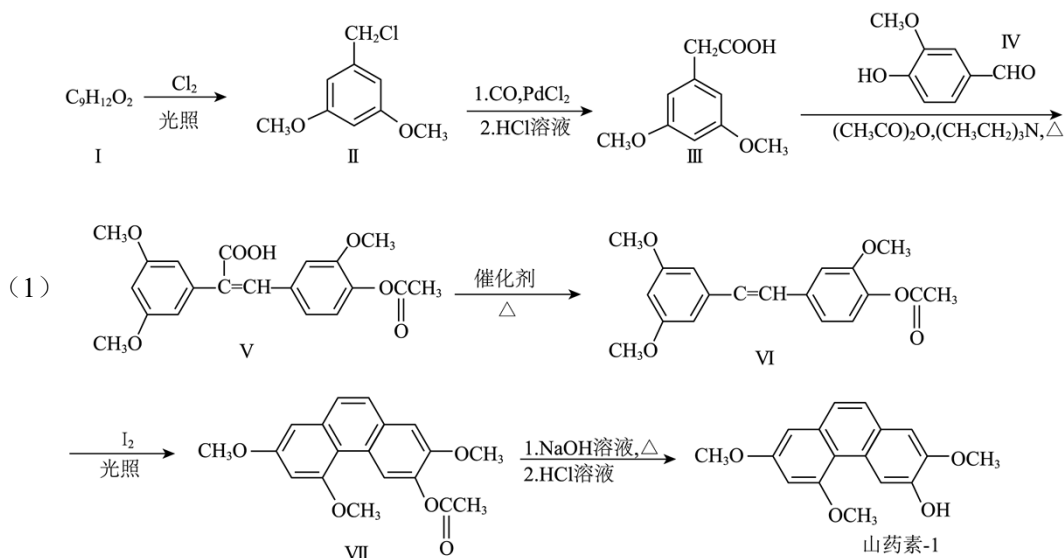
②反应达到平衡时， $\text{SiCl}_4$  的转化率为 14.6%，列出三段式为：

	$3\text{SiCl}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{Si}(\text{s}) \xrightleftharpoons{\text{催化剂}} 4\text{SiHCl}_3(\text{g})$		
起始浓度(mol/L)	0.05	0.2	0
转化浓度(mol/L)	0.0073	0.0048	0.0097
平衡浓度(mol/L)	0.0427	0.1952	0.0097

当反应达平衡时， $\text{H}_2$  的浓度为  $0.1952\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，平衡常数  $K$  的计算式为  $\frac{0.0097^4}{0.0427^3 \times 0.1952^2}$ ；

③增大容器体积，压强减小，平衡向气体体积增大的方向移动，即反应平衡向逆反应方向移动。

18. 山药素-1 是从山药根茎中提取的具有抗菌消炎活性的物质，它的一种合成方法如下图：



化合物 I 的结构简式为\_\_\_\_\_。由化合物 I 制备化合物 II 的反应与以下反应\_\_\_\_\_的反应类型相同。

- A.  $\text{C}_6\text{H}_{12} + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{光照}} \text{C}_6\text{H}_{11}\text{Cl} + \text{HCl}$       B.  $\text{C}_6\text{H}_6 + 3\text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{光照}} \text{C}_6\text{H}_6\text{Cl}_6$   
 C.  $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2 \xrightarrow{500-550^\circ\text{C}} \text{C}_2\text{H}_3\text{Cl} + \text{HCl}$       D.  $\text{C}_3\text{H}_6 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{500-600^\circ\text{C}} \text{C}_3\text{H}_5\text{Cl} + \text{HCl}$

(2) 化合物 III 的同分异构体中，同时满足下列条件的有\_\_\_\_\_种。

- ①含有苯环且苯环上的一溴代物只有一种；  
 ②能与新制  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  反应，生成砖红色沉淀；  
 ③核磁共振氢谱显示有 4 组峰，峰面积之比为 1: 2: 3: 6。

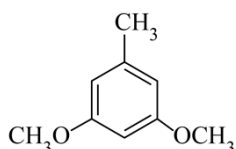
(3) 化合物 IV 的含氧官能团名称为\_\_\_\_\_。

(4) 由化合物 V 制备 VI 时，生成的气体是\_\_\_\_\_。

(5) 从官能团转化的角度解释化合物 VII 转化为山药素-1 的过程中, 先加碱后加酸的原因\_\_\_\_\_。

【答案】(1)

①.



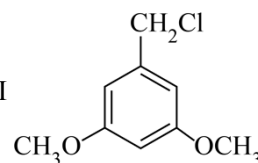
②. AD

(2) 6 (3) 羟基、醚键、醛基

(4) CO<sub>2</sub> (5) 提高化合物 VII 的转化率

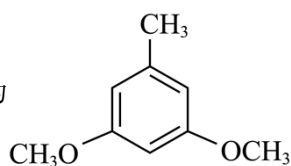
【解析】

【分析】化合物 I 的分子式为 C<sub>9</sub>H<sub>12</sub>O<sub>2</sub>, 在光照的条件下和氯气发生取代反应得 II



, 则

I 的结构简式为

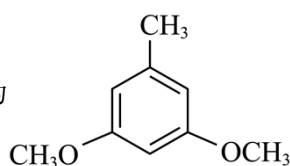


; 根据化合物 V、VI 分子结构的不同, 可知化合物 V 转化为化合物 VI

发生脱羧反应时, 还有 CO<sub>2</sub> 生成。

【小问 1 详解】

由分析可知, I 的结构简式为

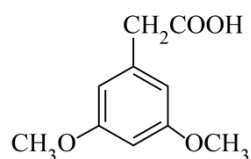


, 由化合物 I 制备化合物 II 的反应类型为取代反应, 选

项 A、D 都是烃与氯气发生取代反应; 选项 B 是苯在光照条件下和氯气发生加成反应, 选项 C 是 C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>Cl<sub>2</sub> 发生消去反应, 故反应属于取代反应是 AD;

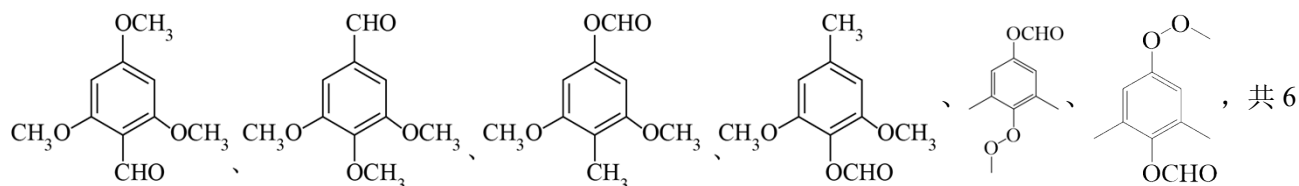
【小问 2 详解】

根据流程图可知: 化合物 III 为



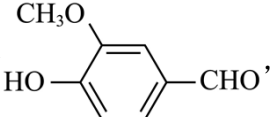
, 其分子式 C<sub>10</sub>H<sub>12</sub>O<sub>4</sub>, 其同分异构体同时满足下列条

件: ①含有苯环且苯环上的一溴代物只有一种, 说明苯环上只有一种化学环境的氢原子; ②能与新制 Cu(OH)<sub>2</sub> 反应, 生成砖红色沉淀, 说明物质分子中有醛基, 根据物质的分子式可知其不饱和度为 5, 除去苯环的不饱和度, 只有一个醛基; ③核磁共振氢谱显示有 4 组峰, 峰面积之比为 1: 2: 3: 6, 说明分子中有 4 种不同化学环境的氢原子, 数目分别为 1、2、3、6, 故满足条件的同分异构体有:



种;

**【小问 3 详解】**

根据化合物IV的结构为 ，可知其中含氧官能团的名称为羟基、醚键、醛基；

**【小问 4 详解】**

对比化合物V和化合物VI的结构，化合物VI比化合物V少一个碳原子和两个氧原子，由化合物V制备VI时，生成的气体是  $\text{CO}_2$ ；

**【小问 5 详解】**

化合物 VII 转化为山药素-1 的过程发生的是酯基水解，酯在碱性条件下水解更彻底，再加入酸将酚羟基的盐转化为酚羟基得目标产物山药素-1，若直接加酸，由于酯在酸性条件下的水解可逆，产率较低，故先加碱后加酸是为了提高化合物 VII 的转化率。