

# 2024 年普通高中学业水平选择性考试(贵州卷)





## 化学

本卷满分 100 分，考试时间 75 分钟。

可能用到的相对原子质量：H 1 C 12 O 16 Na 23 Si 28 Cl 35.5 W 184

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，只有一项符合题目要求。

1. 历史文物见证了中华民族共同体在发展中的交往交流交融。下列贵州出土的文物中主要由天然高分子材料制成的是

选项	A	B	C	D
文物图示	 东汉	 南朝	 宋	 明
选项	青陶罐	带盖铜托杯	鹭鸟纹蜡染百褶裙	九凤三龙嵌宝石金冠

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】C

【解析】

【详解】A. 青陶罐属于无机非金属材料，A 不符合题意；

B. 带盖铜托杯成分为铜合金，属于金属材料，B 不符合题意；

C. 鹭鸟纹蜡染百褶裙是由棉麻制成的，属于天然高分子材料，C 符合题意；

D. 九凤三龙嵌宝石金冠是明代时期金器文物，主要为金属材料，D 不符合题意；

故选 C。

2. 下列叙述正确的是

A. KBr 的电子式： $K^+[:Br:]^-$

B. 聚乙炔的结构简式： $[-CH=CH-]_n$

C.  $SO_3^{2-}$  的空间结构：平面三角形

D.  $CH_3CH_2C(CH_3)=CH_2$  的名称：2-甲基-2-丁烯

【答案】B

【解析】

【详解】A. KBr 的电子式为  $K^+ [\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{Br}}}]^-$ ，A 错误；

B. 聚乙炔的结构为单双键交替结构，结构简式为  $[-CH=CH-]_n$ ，B 正确；

C.  $SO_3^{2-}$  中心原子的价层电子对数为 4，孤电子对数为 1，空间结构为三角锥形，C 错误；

D.  $CH_3CH_2C(CH_3)=CH_2$  的系统命名为 2-甲基-1-丁烯，D 错误；

故选 B。

3. 厨房中处处有化学。下列说法错误的是

选项	生活情境	涉及化学知识
A	清洗餐具时用洗洁精去除油污	洗洁精中的表面活性剂可使油污水解为水溶性物质
B	炒菜时不宜将油加热至冒烟	油脂在高温下容易生成对身体有害的稠环化合物
C	长期暴露在空气中的食盐变成了糊状	食盐中常含有容易潮解的 $MgCl_2$
D	久煮的鸡蛋蛋黄表面常呈灰绿色	蛋白中硫元素与蛋黄中铁元素生成的 $FeS$ 和蛋黄混合呈灰绿色

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】A

【解析】

【详解】A. 洗洁精去除油污主要是利用乳化原理，油污没有水解，A 错误；

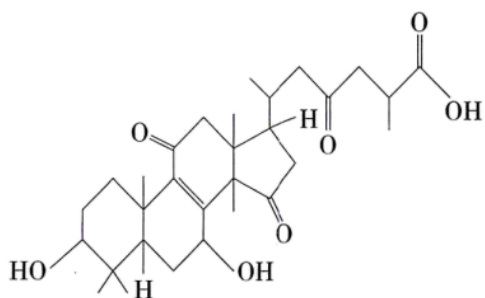
B. 炒菜时不宜将油加热至冒烟，主要是油脂在高温下容易生成对身体有害的稠环化合物，B 正确；

C. 长期暴露在空气中的食盐变成了糊状，因为食盐中常含有容易潮解的  $MgCl_2$ ，C 正确；

D. 久煮的鸡蛋蛋黄表面常呈灰绿色，是由于蛋白中硫元素与蛋黄中铁元素生成的  $FeS$  和蛋黄混合呈灰绿色，D 正确；

故选 A。

4. 贵州盛产灵芝等中药材。灵芝酸 B 是灵芝的主要活性成分之一，其结构简式如图。下列说法错误的是



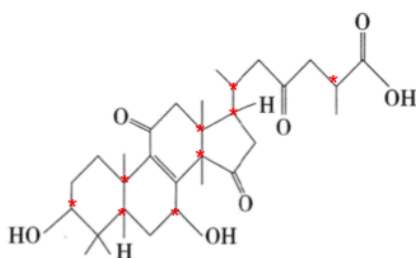
- A. 分子中只有 4 种官能团  
 B. 分子中仅含 3 个手性碳原子  
 C. 分子中碳原子的杂化轨道类型是  $sp^2$  和  $sp^3$   
 D. 该物质可发生酯化反应、加成反应和氧化反应

【答案】B

【解析】

【详解】A. 分子中的官能团有羟基、碳碳双键、羰基、羧基 4 种官能团，A 正确；

B. 分子中的手性碳原子如图所示

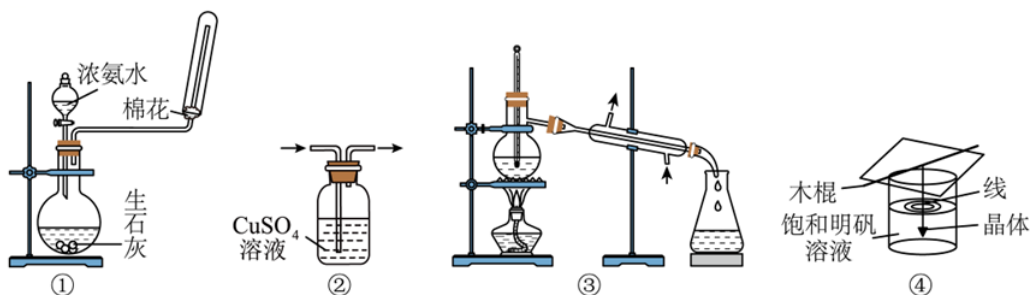


，总共 9 个，B 错误；

- C. 分子中的碳原子有饱和碳原子和碳碳双键的碳原子，其杂化类型有  $sp^2$  和  $sp^3$ ，C 正确；  
 D. 该物质中有羟基和羧基，可以发生酯化反应，含有碳碳双键和羰基，可以发生加成反应，同时，也一定能发生氧化反应，D 正确；

故选 B。

5. 下列装置不能达到实验目的的是



A. 图①可用于实验室制  $NH_3$

B. 图②可用于除去  $C_2H_2$  中少量的  $H_2S$

C. 图③可用于分离  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  和  $\text{CCl}_4$

D. 图④可用于制备明矾晶体

【答案】C

【解析】

【详解】A.  $\text{CaO}$  与水反应生成  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  使  $c(\text{OH}^-)$  增大，溶剂(水)减少，且反应放热，促使  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  分解，化学方程式： $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CaO} = \text{NH}_3 \uparrow + \text{Ca}(\text{OH})_2$ ，试管口放一团用水或稀硫酸浸湿的棉花球，既可以减小空气对流，使  $\text{NH}_3$  充满试管，又可以吸收多余的氨气，防止污染空气，故 A 正确；

B. 硫化氢能和硫酸铜溶液反应生成硫化铜沉淀，所以图②可用于除去  $\text{C}_2\text{H}_2$  中少量的  $\text{H}_2\text{S}$ ，故 B 正确；

C.  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  和  $\text{CCl}_4$  沸点不同，应采用蒸馏的方法分离，蒸馏时温度计水银球应置于蒸馏烧瓶支管口处，故 C 错误；

D. 制备明矾晶体时，先用饱和明矾溶液制取小晶体，再将小晶体悬挂在饱和明矾溶液的中央位置，有利于获得对称性更好的晶体，盖上硬纸片可防止空气中的灰尘等掉入溶液中，影响大晶体形成，故 D 正确；故答案为：C。

6. 二氧化氯( $\text{ClO}_2$ )可用于自来水消毒。实验室用草酸( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ )和  $\text{KClO}_3$  制取  $\text{ClO}_2$  的反应为

$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{KClO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{ClO}_2 \uparrow + 2\text{CO}_2 \uparrow + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。设  $N_A$  为阿伏加德罗常数的值。下列说法正确的是

A.  $0.1\text{molH}_2^{18}\text{O}$  中含有的中子数为  $1.2N_A$

B. 每生成  $67.5\text{gClO}_2$ ，转移电子数为  $2.0N_A$

C.  $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  溶液中含有的  $\text{H}^+$  数目为  $0.2N_A$

D. 标准状况下， $22.4\text{LCO}_2$  中含  $\sigma$  键数目为  $2.0N_A$

【答案】D

【解析】

【详解】A.  $\text{H}_2^{18}\text{O}$  分子中 H 原子无中子， $^{18}\text{O}$  原子的中子数为 10，则  $0.1\text{molH}_2^{18}\text{O}$  中含有的中子数为  $N_A$ ，故 A 错误；

B. 由反应方程式  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{KClO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{ClO}_2 \uparrow + 2\text{CO}_2 \uparrow + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$  可知，每生成  $2\text{mol}$   $\text{ClO}_2$  转移电子数为  $2\text{mol}$ ，则每生成  $67.5\text{gClO}_2$ ，即  $1\text{molClO}_2$  转移电子数为  $N_A$ ，故 B 错误；

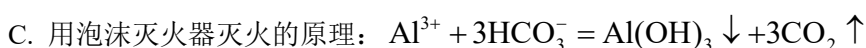
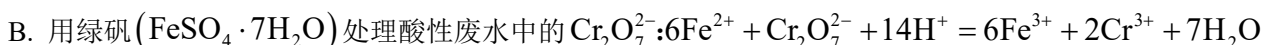
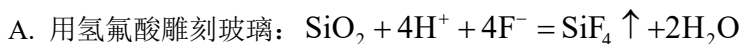
C.  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  是弱酸，不能完全电离，则  $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$   $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  溶液中含有的  $\text{H}^+$  数目小

于  $0.2N_A$ ，故 C 错误；

D. 1 个二氧化碳分子中含有 2 个  $\sigma$  键和 2 个  $\pi$  键，则标准状况下  $22.4LCO_2$ ，即  $1molCO_2$  中含  $\sigma$  键数目为  $2.0N_A$ ，故 D 正确；

故选 D。

7. 下列离子方程式书写错误的是

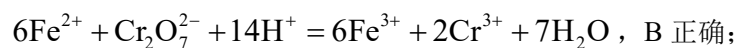


【答案】A

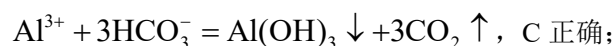
【解析】

【详解】A. 氟化氢是弱酸，不能拆写成离子，用氢氟酸雕刻玻璃： $SiO_2 + 4HF = SiF_4 \uparrow + 2H_2O$ ，A 错误；

B. 用绿矾( $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ )处理酸性废水中的  $Cr_2O_7^{2-}$ ，生成铬离子和铁离子，



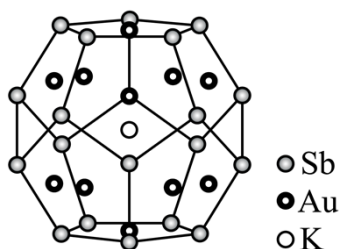
C. 泡沫灭火器灭火的原理，铝离子、碳酸氢根水解反应完全生成氢氧化铝沉淀和二氧化碳：



D. 工业电解饱和食盐水生成烧碱、氯气和氢气： $2Cl^- + 2H_2O \xrightarrow{\text{电解}} 2OH^- + H_2 \uparrow + Cl_2 \uparrow$ ，D 正确；

故选 A。

8. 我国科学家首次合成了化合物  $[K(2, 2, 2\text{-crypt})][K@Au_{12}Sb_{20}]^{\ominus}$ 。其阴离子  $[K@Au_{12}Sb_{20}]^{\ominus}$  为全金属富勒烯(结构如图)，具有与富勒烯  $C_{60}$  相似的高对称性。下列说法错误的是



A. 富勒烯  $C_{60}$  是分子晶体

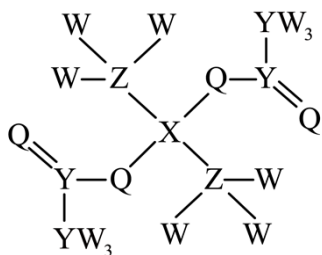
- B. 图示中的  $K^+$  位于 Au 形成的二十面体笼内  
 C. 全金属富勒烯和富勒烯  $C_{60}$  互为同素异形体  
 D. 铈(Sb)位于第五周期第 V A 族, 则其基态原子价层电子排布式是  $5s^25p^3$

【答案】C

【解析】

- 【详解】A. 富勒烯  $C_{60}$  是由  $C_{60}$  分子通过范德华力结合形成的分子晶体, A 正确;  
 B. 由题图可知, 中心  $K^+$  周围有 12 个 Au 形成二十面体笼(每个面为三角形, 上、中、下层分别有 5、10、5 个面), B 正确;  
 C. 全金属富勒烯不是碳元素的单质, 因此其与富勒烯  $C_{60}$  不能互为同素异形体, C 错误;  
 D. 铈(Sb)位于第五周期第 V A 族, 则根据元素位置与原子结构关系可知: 其基态原子价层电子排布式是  $5s^25p^3$ , D 正确;  
 故合理选项是 C。

9. 某化合物由原子序数依次增大的短周期主族元素 W、X、Y、Z、Q 组成(结构如图)。X 的最外层电子数等于内层电子数, Y 是有机物分子骨架元素, Q 和 W 能形成两种室温下常见的液态化合物。下列说法错误的是



- A. 第一电离能:  $Y < Z < Q$   
 B. 该化合物中 Q 和 W 之间可形成氢键  
 C. X 与 Al 元素有相似的性质  
 D. W、Z、Q 三种元素可形成离子化合物

【答案】A

【解析】

【分析】X 的最外层电子数等于内层电子数, 则 X 的核外电子排布式为  $1s^22s^2$ , X 为 Be 元素, W 只能形成一条共价键, 结合 X 的位置可知 X 为 H 元素, Y 是有机物分子骨架元素, 则 Y 为 C 元素, Q 和 W 能形成两种室温下常见的液态化合物, 则 Q 为 O 元素, 则 Z 为 N 元素, 据此解答。

- 【详解】A. 同一周期, 从左到右, 元素的第一电离能呈增大的趋势, N 原子中 2p 能级上电子为半满结构, 较为稳定, 第一电离能大于同周期与之相邻的元素, 则第一电离能:  $C < O < N$ , 故 A 错误;  
 B. 该化合物中 O 的电负性较大, 可以和 H 之间形成氢键, 故 B 正确;

C. Be 和 Al 处在元素周期表的对角线上，具有相似的化学性质，如  $\text{Be}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$  都具有两性，故 C 正确；

D. H、N、O 可以形成离子化合物，如  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ，故 D 正确；

故选 A。

10. 根据下列实验操作及现象所推出的结论正确的是

选项	实验操作及现象	结论
A	将 Zn 和 $\text{ZnSO}_4$ 溶液与 Cu 和 $\text{CuSO}_4$ 溶液组成双液原电池，连通后铜片上有固体沉积	原电池中 Zn 作正极，Cu 作负极
B	向洁净试管中加入新制银氨溶液，滴入几滴乙醛，振荡，水浴加热，试管壁上出现银镜	乙醛有氧化性
C	向苯酚浊液中加入足量 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液，溶液由浑浊变澄清	苯酚的酸性比 $\text{H}_2\text{CO}_3$ 强
D	向 $\text{BaCl}_2$ 溶液中先通入适量 $\text{SO}_2$ ，无明显现象，再加入稀 $\text{HNO}_3$ ，有白色沉淀生成	稀 $\text{HNO}_3$ 有氧化性

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】D

【解析】

【详解】A. 将 Zn 和  $\text{ZnSO}_4$  溶液与 Cu 和  $\text{CuSO}_4$  溶液组成双液原电池，Zn 活泼做负极，电极反应为：

$\text{Zn}-2\text{e}^-=\text{Zn}^{2+}$ ，Cu 做正极，电极反应为： $\text{Cu}^{2+}+2\text{e}^-=\text{Cu}$ ，连通后铜片上有固体沉积，A 错误；

B. 新制银氨溶液与乙醛反应，乙醛具有还原性被新制银氨溶液氧化，

$\text{CH}_3\text{CHO} + 2\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{OH} \xrightarrow{\Delta} 2\text{Ag}\downarrow + \text{CH}_3\text{COONH}_4 + 3\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ，试管壁上出现银镜，B 错误；

C. 向苯酚浊液中加入足量  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液，溶液由浑浊变澄清，说明苯酚与  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  反应生成苯酚钠与

$\text{NaHCO}_3$ ，酸性： $\text{H}_2\text{CO}_3 > \text{苯酚} > \text{HCO}_3^-$ ，C 错误；

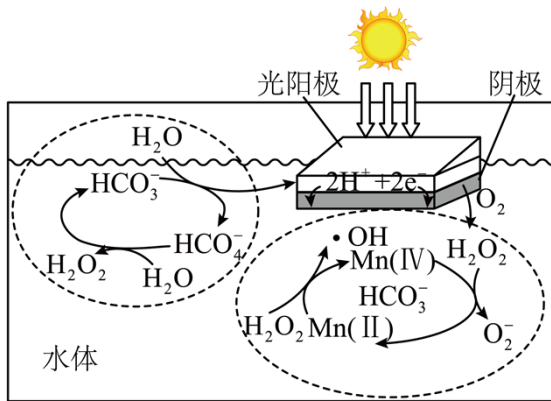
D. 向  $\text{BaCl}_2$  溶液中先通入适量  $\text{SO}_2$ ，无明显现象，不能用弱酸制强酸，加入稀  $\text{HNO}_3$  可以氧化  $\text{SO}_2$ ，

$3\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NO}_3^- = 3\text{SO}_4^{2-} + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}^+$ ，则  $\text{SO}_4^{2-}$  可以和  $\text{Ba}^{2+}$  有白色沉淀生成，D 正确；

故选 D。

11. 一种太阳能驱动环境处理的自循环光催化芬顿系统工作原理如图。光阳极发生反应：

$\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} = \text{HCO}_4^- + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$ ， $\text{HCO}_4^- + \text{H}_2\text{O} = \text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O}_2$ 。体系中  $\text{H}_2\text{O}_2$  与  $\text{Mn(II)/Mn(IV)}$  发生反应产生的活性氧自由基可用于处理污水中的有机污染物。



下列说法错误的是

- A. 该芬顿系统能量转化形式为太阳能 → 电能 → 化学能
- B. 阴极反应式为  $\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2\text{O}_2$
- C. 光阳极每消耗  $1\text{molH}_2\text{O}$ ，体系中生成  $2\text{molH}_2\text{O}_2$
- D.  $\text{H}_2\text{O}_2$  在  $\text{Mn(II)/Mn(IV)}$  的循环反应中表现出氧化性和还原性

【答案】C

【解析】

【分析】该装置为电解池，光阳极上水失电子生成氧气和氢离子，电极反应式为  $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = \text{O}_2 + 4\text{H}^+$ ，阴极上氧气和氢离子得电子生成过氧化氢，电极反应式为  $\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2\text{O}_2$ ；

【详解】A. 该装置为电解池，利用光能提供能量转化为电能，在电解池中将电能转化为化学能，A 正确；

B. 由图可知，阴极上氧气和氢离子得电子生成过氧化氢，电极反应式为  $\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2\text{O}_2$ ，B 正确；

C. 光阳极上水失电子生成氧气和氢离子，电极反应式为  $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = \text{O}_2 + 4\text{H}^+$ ，每消耗  $1\text{molH}_2\text{O}$ ，转移  $2\text{mol}$  电子，由  $\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2\text{O}_2$ ，则体系中生成  $1\text{molH}_2\text{O}_2$ ，C 错误；

D. 由 Mn(IV)和过氧化氢转化为 Mn(II)过程中, 锰元素化合价降低,  $H_2O_2$  做还原剂, 表现还原性, 由 Mn(II)转化为 Mn(IV)时,  $H_2O_2$  中 O 元素化合价降低, 做氧化剂, 表现氧化性, D 正确; 故选 C。

12. 硼砂  $[Na_2B_4O_5(OH)_4 \cdot 8H_2O]$  水溶液常用于 pH 计的校准。硼砂水解生成等物质的量的  $B(OH)_3$  (硼酸)和  $Na[B(OH)_4]$  (硼酸钠)。

已知: ①  $25^\circ C$  时, 硼酸显酸性的原理  $B(OH)_3 + 2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + \left[ \begin{array}{c} HO \quad OH \\ \diagdown \quad / \\ B \\ / \quad \diagdown \\ HO \quad OH \end{array} \right]^-$   $K_a = 5.8 \times 10^{-10}$

②  $\lg \sqrt{5.8} \approx 0.38$ 。

下列说法正确的是

- A. 硼砂稀溶液中  $c(Na^+) = c[B(OH)_3]$
- B. 硼酸水溶液中的  $H^+$  主要来自水的电离
- C.  $25^\circ C$  时,  $0.01 mol \cdot L^{-1}$  硼酸水溶液的  $pH \approx 6.38$
- D. 等浓度等体积的  $B(OH)_3$  和  $Na[B(OH)_4]$  溶液混合后, 溶液显酸性

【答案】B

【解析】

【详解】A.  $B_4O_5(OH)_4^{2-}$  水解生成等物质的量浓度的  $B(OH)_3$  和  $Na[B(OH)_4]$ , 硼酸遇水转换

$B(OH)_3 + 2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + \left[ \begin{array}{c} HO \quad OH \\ \diagdown \quad / \\ B \\ / \quad \diagdown \\ HO \quad OH \end{array} \right]^-$ , 根据物料守恒,

$c(Na^+) = \frac{1}{2} \{ c[B(OH)_3] + c(B(OH)_4^-) \}$ , A 错误;

B. 根据已知, 硼酸遇水转换  $B(OH)_3 + 2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + \left[ \begin{array}{c} HO \quad OH \\ \diagdown \quad / \\ B \\ / \quad \diagdown \\ HO \quad OH \end{array} \right]^-$ , 其中的  $H^+$  是由水提供的, B

正确;

C.  $25^\circ C$  时,  $B(OH)_3 + 2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + \left[ \begin{array}{c} HO \quad OH \\ \diagdown \quad / \\ B \\ / \quad \diagdown \\ HO \quad OH \end{array} \right]^-$ ,  $K_a = \frac{c(H^+)c(B(OH)_4^-)}{c(B(OH)_3)} = 5.8 \times 10^{-10}$ ,

$c(H^+) = \sqrt{5.8 \times 10^{-10} \times c(B(OH)_3)} = \sqrt{5.8 \times 10^{-12}} = \sqrt{5.8} \times 10^{-6}$ , 因  $\lg \sqrt{5.8} \approx 0.38$ ,

$\text{pH} \approx 6 - 0.38 \approx 5.62$ ，C 错误；

D.  $\text{B}(\text{OH})_3$  的电离平衡常数为  $K_a = 5.8 \times 10^{-10}$ ， $\text{B}(\text{OH})_4^-$  的水解平衡常数

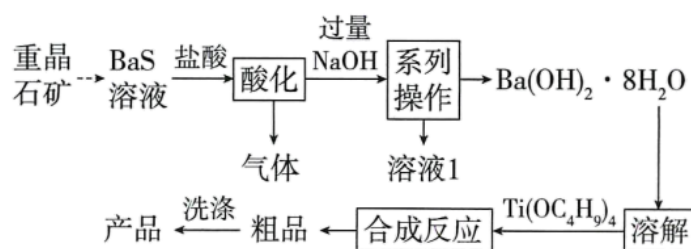
$$K_h = \frac{K_w}{K_a} = \frac{10^{-14}}{5.8 \times 10^{-10}} = \frac{1}{5.8} \times 10^{-4}$$

，水解程度大于电离程度，显碱性，D 错误；

故选 B。

13. 贵州重晶石矿(主要成分  $\text{BaSO}_4$ )储量占全国  $\frac{1}{3}$  以上。某研究小组对重晶石矿进行“富矿精开”研究，

开发了制备高纯纳米钛酸钡( $\text{BaTiO}_3$ )工艺。部分流程如下：



下列说法正确的是

- A. “气体”主要成分是  $\text{H}_2\text{S}$ ，“溶液 1”的主要溶质是  $\text{Na}_2\text{S}$
- B. “系列操作”可为蒸发浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤、干燥
- C. “合成反应”中生成  $\text{BaTiO}_3$  的反应是氧化还原反应
- D. “洗涤”时可用稀  $\text{H}_2\text{SO}_4$  去除残留的碱，以提高纯度

【答案】B

【解析】

【分析】重晶石矿（主要成分为  $\text{BaSO}_4$ ）通过一系列反应，转化为  $\text{BaS}$  溶液；加盐酸酸化，生成  $\text{BaCl}_2$  和  $\text{H}_2\text{S}$  气体；在  $\text{BaCl}_2$  溶液中加入过量的  $\text{NaOH}$ ，通过蒸发浓缩，冷却结晶、过滤、洗涤、干燥，得到  $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ；过滤得到的溶液 1 的溶质主要含  $\text{NaCl}$  及过量的  $\text{NaOH}$ ； $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  加水溶解后，加入  $\text{Ti}(\text{OC}_4\text{H}_9)_4$ ，进行合成反应，得到  $\text{BaTiO}_3$  粗品，最后洗涤得到最终产品。

【详解】A. 由分析可知，“气体”主要成分为  $\text{H}_2\text{S}$  气体，“溶液 1”的溶质主要含  $\text{NaCl}$  及过量的  $\text{NaOH}$ ，A 项错误；

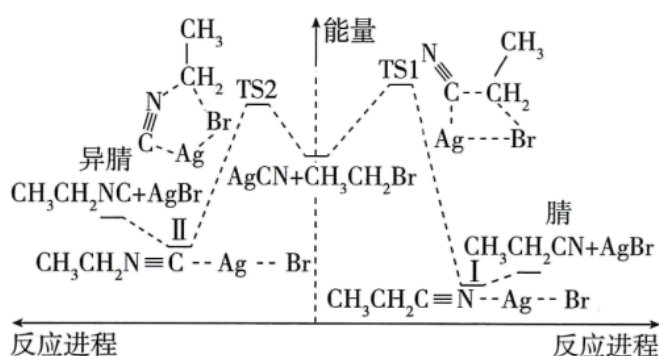
B. 由分析可知，“系列操作”得到的是  $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  晶体，故“系列操作”可以是蒸发浓缩，冷却结晶、过滤、洗涤、干燥，B 项正确；

C. “合成反应”是  $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  和  $\text{Ti}(\text{OC}_4\text{H}_9)_4$  反应生成  $\text{BaTiO}_3$ ，该反应中元素化合价未发生变化，不是氧化还原反应，C 项错误；

D. “洗涤”时，若使用稀  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ， $\text{BaTiO}_3$  会部分转化为难溶的  $\text{BaSO}_4$ ，故不能使用稀  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ，D 项错误；

故选 B。

14.  $\text{AgCN}$  与  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br}$  可发生取代反应，反应过程中  $\text{CN}^-$  的 C 原子和 N 原子均可进攻  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br}$ ，分别生成腈 ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$ ) 和异腈 ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NC}$ ) 两种产物。通过量子化学计算得到的反应历程及能量变化如图(TS 为过渡态，I、II 为后续物)。



由图示信息，下列说法错误的是

- A. 从  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br}$  生成  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$  和  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NC}$  的反应都是放热反应
- B. 过渡态 TS1 是由  $\text{CN}^-$  的 C 原子进攻  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br}$  的  $\alpha\text{-C}$  而形成的
- C. I 中 “N--Ag” 之间的作用力比 II 中 “C--Ag” 之间的作用力弱
- D. 生成  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$  放热更多，低温时  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$  是主要产物

【答案】D

【解析】

【详解】A. 由反应历程及能量变化图可知，两种路径生成的产物的总能量均低于反应物，故从  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br}$  生成  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$  和  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NC}$  的反应都是放热反应，A 项正确；

B. 与 Br 原子相连的 C 原子为  $\alpha\text{-C}$ ，由反应历程及能量变化图可知，过渡态 TS1 是由  $\text{CN}^-$  的 C 原子进攻  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br}$  的  $\alpha\text{-C}$ ，形成碳碳键，B 项正确；

C. 由反应历程及能量变化图可知，后续物 I、II 转化为产物，分别断开的是 N--Ag 和 C--Ag，且后者吸收

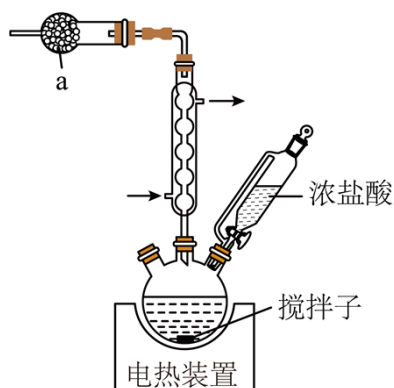
更多的能量，故I中“N--Ag”之间的作用力比II中“C--Ag”之间的作用力弱，C项正确；

D. 由于生成 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$ 所需要的活化能高，反应速率慢，故低温时更容易生成 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NC}$ ，为主要产物，D项错误；

故选D。

## 二、非选择题：本题共4小题，共58分。

15. 十二钨硅酸在催化方面有重要用途。某实验小组制备十二钨硅酸晶体，并测定其结晶水含量的方法如下(装置如图，夹持装置省略)：



I. 将适量 $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 加入三颈烧瓶中，加适量水，加热，溶解。

II. 持续搅拌下加热混合物至近沸，缓慢滴加浓盐酸至pH为2，反应30分钟，冷却。

III. 将反应液转至萃取仪器中，加入乙醚，再分批次加入浓盐酸，萃取。

IV. 静置后液体分上、中、下三层，下层是油状钨硅酸醚合物。

V. 将下层油状物转至蒸发皿中，加少量水，加热至混合液表面有晶膜形成，冷却结晶，抽滤，干燥，得到十二钨硅酸晶体( $\text{H}_4[\text{SiW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ )。

已知：

①制备过程中反应体系pH过低会产生钨的水合氧化物沉淀；

②乙醚易挥发、易燃，难溶于水且密度比水小；

③乙醚在高浓度盐酸中生成的 $[\text{C}_2\text{H}_5 - \overset{\text{H}}{\text{O}} - \text{C}_2\text{H}_5]^+$ 与 $[\text{SiW}_{12}\text{O}_{40}]^{4-}$ 缔合成密度较大的油状钨硅酸醚合物。

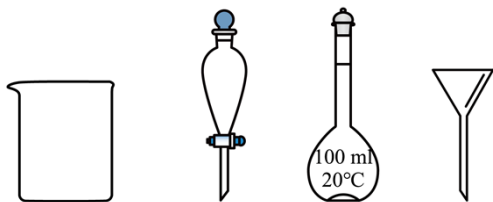
物。

回答下列问题：

(1) 仪器a中的试剂是\_\_\_\_\_ (填名称)，其作用是\_\_\_\_\_。

(2) 步骤II中浓盐酸需缓慢滴加的原因是\_\_\_\_\_。

(3) 下列仪器中，用于“萃取、分液”操作的有\_\_\_\_\_ (填名称)。



- (4) 步骤IV中“静置”后液体中间层的溶质主要是\_\_\_\_\_。
- (5) 步骤V中“加热”操作\_\_\_\_\_ (选填“能”或“不能”)使用明火,原因是\_\_\_\_\_。
- (6) 结晶水测定:称取  $m\text{g}$  十二钨硅酸晶体( $\text{H}_4[\text{SiW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , 相对分子质量为  $M$ ), 采用热重分析法测得失去全部结晶水时失重  $\omega\%$ , 计算  $n = \underline{\hspace{2cm}}$  (用含  $\omega$ 、 $M$  的代数式表示)若样品未充分干燥, 会导致  $n$  的值\_\_\_\_\_ (选填“偏大”“偏小”或“不变”)。

**【答案】** (1) ①. 碱石灰 (或  $\text{NaOH}$  固体等) ②. 吸收挥发出来的氯化氢

(2) 防止制备过程中局部  $\text{pH}$  过低而产生钨的水合氧化物沉淀

(3) 分液漏斗、烧杯 (4)  $\text{NaCl}$

(5) ①. 不能 ②. 乙醚易挥发, 易燃, 遇明火极易发生危险

(6) ①.  $\frac{m\omega\%}{18}$  ②. 偏小

**【解析】**

**【小问 1 详解】**

浓盐酸具有挥发性, 会污染环境, 故  $a$  中的试剂的作用是吸收挥发出来的氯化氢, 可以是碱石灰或  $\text{NaOH}$  固体等;

**【小问 2 详解】**

由于制备过程中反应体系  $\text{pH}$  过低会产生钨的水合氧化物沉淀, 故步骤 II 中浓盐酸需缓慢滴加, 防止制备过程中局部  $\text{pH}$  过低而产生钨的水合氧化物沉淀;

**【小问 3 详解】**

萃取分液需要使用分液漏斗, 同时需要烧杯来盛放分液后的液体, 故用于“萃取、分液”操作的有分液漏斗、烧杯;

**【小问 4 详解】**

步骤IV中“静置”后液体分为上中下三层, 其中下层液体为油状钨硅酸醚合物, 乙醚难溶于水, 且密度小于水, 故上层为乙醚, 中层为水层, 通过分析发生的反应可知, 中间层的溶质主要为  $\text{NaCl}$ ;

**【小问 5 详解】**

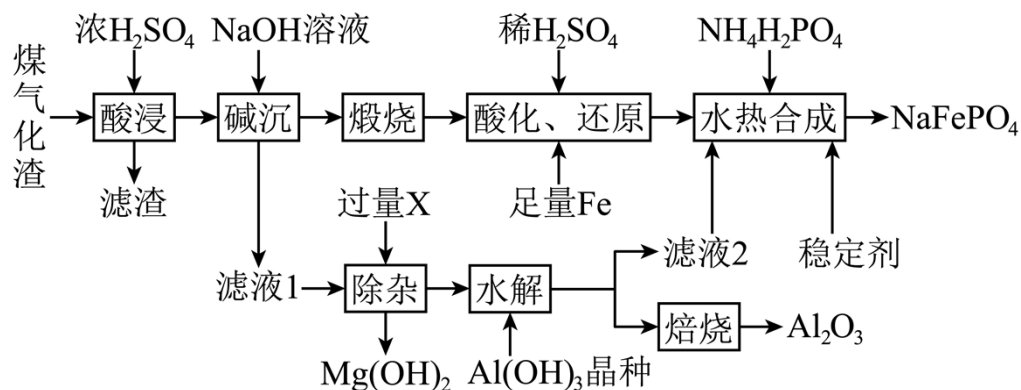
由于乙醚易挥发, 易燃, 故步骤V中“加热”操作不能使用明火;

**【小问 6 详解】**

mg 十二钨硅酸晶体的物质的量为  $n_1 = \frac{m}{M}$ ，结晶水占总质量的  $\omega\%$ ，则结晶水的物质的量为  $n_2 = \frac{m\omega\%}{18}$ ，则

$n = \frac{n_2}{n_1} = \frac{M\omega\%}{18}$ ；若未充分干燥，则  $\omega\%$  变小，n 偏小

16. 煤气化渣属于大宗固废，主要成分为  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$  及少量  $\text{MgO}$  等。一种利用“酸浸—碱沉—充钠”工艺，制备钠基正极材料  $\text{NaFePO}_4$  和回收  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的流程如下：



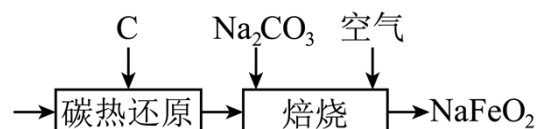
已知：

①  $25^\circ\text{C}$  时， $K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_3] = 2.8 \times 10^{-39}$ ， $K_{\text{sp}}[\text{Al}(\text{OH})_3] = 1.3 \times 10^{-33}$ ， $K_{\text{sp}}[\text{Mg}(\text{OH})_2] = 5.6 \times 10^{-12}$ ；

②  $2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4](\text{aq}) \xrightleftharpoons[\text{Al}(\text{OH})_3 \text{晶种}]{\text{加热溶出}} \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}(\text{s}) + 2\text{NaOH}(\text{aq})$ 。

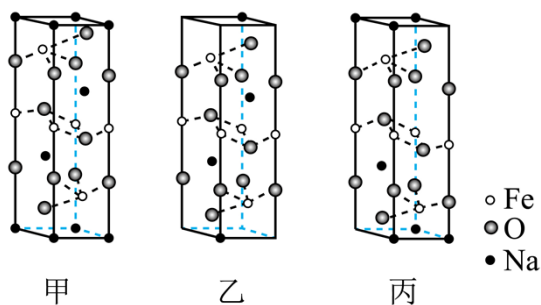
回答下列问题：

- “滤渣”的主要成分为\_\_\_\_\_ (填化学式)。
- $25^\circ\text{C}$  时，“碱沉”控制溶液 pH 至 3.0，此时溶液中  $c(\text{Fe}^{3+}) = \underline{\hspace{2cm}} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。
- “除杂”时需加入的试剂 X 是\_\_\_\_\_。
- “水热合成”中， $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  作为磷源，“滤液 2”的作用是\_\_\_\_\_，水热合成  $\text{NaFePO}_4$  的离子方程式为\_\_\_\_\_。
- “煅烧”得到的物质也能合成钠基正极材料  $\text{NaFeO}_2$ ，其工艺如下：



① 该工艺经碳热还原得到  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ，“焙烧”生成  $\text{NaFeO}_2$  的化学方程式为\_\_\_\_\_。

②  $\text{NaFeO}_2$  的晶胞结构示意图如甲所示。每个晶胞中含有  $\text{NaFeO}_2$  的单元数有\_\_\_\_\_个。



③若“焙烧”温度为 $700^{\circ}\text{C}$ ,  $n(\text{Na}_2\text{CO}_3):n(\text{Fe}_3\text{O}_4)=9:8$ 时, 生成纯相 $\text{Na}_{1-x}\text{FeO}_2$ , 则 $x=$ \_\_\_\_\_, 其可能的结构示意图为\_\_\_\_\_(选填“乙”或“丙”)。

【答案】(1)  $\text{SiO}_2$

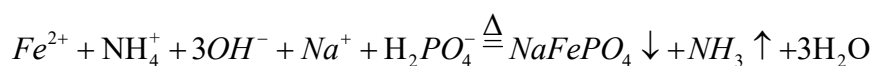
(2)  $2.8 \times 10^{-6}$

(3) NaOH 溶液

(4)

①. 提供  $\text{Na}^+$  和反应所需要的碱性环境

②.



(5) ①.  $4\text{Fe}_3\text{O}_4 + 6\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{焙烧}} 12\text{NaFeO}_2 + 6\text{CO}_2$  ②. 3 ③. 0.25 ④. 乙

【解析】

【分析】煤气化渣(主要成分为 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 及少量 $\text{MgO}$ 等)中加浓硫酸酸浸,  $\text{SiO}_2$ 不反应、也不溶解成为滤渣,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 及少量 $\text{MgO}$ 转化为硫酸铁、硫酸铝和硫酸镁, 往其中加氢氧化钠溶液进行碱浸, 将铁离子转化为氢氧化铁沉淀; 过滤, 滤液1中含硫酸铝和硫酸镁, 加过量的氢氧化钠溶液使镁离子转化为氢氧化镁沉淀除去, 过滤, 滤液主要含 $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ 和 $\text{NaOH}$ , 往其中加氢氧化铝晶种, 过滤得 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 和 $\text{NaOH}$ 溶液, 焙烧 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 得 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 在煅烧氢氧化铁所获得的产物中加稀硫酸酸浸、足量的铁还原, 然后加 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 、稳定剂和滤液2水热合成得 $\text{NaFePO}_4$ 。

【小问1详解】

煤气化渣(主要成分为 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 及少量 $\text{MgO}$ 等)中加浓硫酸酸浸,  $\text{SiO}_2$ 不反应、也不溶解成为滤渣, 即“滤渣”的主要成分为 $\text{SiO}_2$ ;

【小问2详解】

$25^{\circ}\text{C}$ 时, “碱沉”控制溶液pH至3.0, 即 $c(\text{H}^+)=10^{-3}\text{mol/L}$ , 则 $c(\text{OH}^-)=10^{-11}\text{mol/L}$ , 此时溶液中

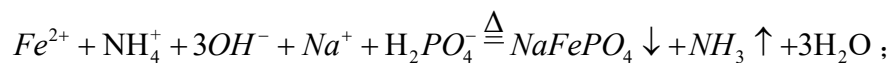
$$c(\text{Fe}^{3+}) = \frac{K_{sp}[\text{Fe}(\text{OH})_3]}{c^3(\text{OH}^-)} = \frac{2.8 \times 10^{-39}}{(10^{-11})^3} \text{mol/L} = 2.8 \times 10^{-6} \text{mol/L};$$

【小问3详解】

“除杂”时需要沉淀镁离子、得  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ ，所以加入的试剂 X 是  $\text{NaOH}$  溶液；

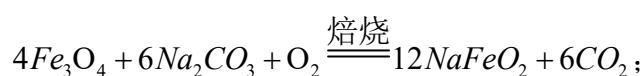
【小问 4 详解】

“水热合成”中， $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  作为磷源，“滤液 2”为  $\text{NaOH}$  溶液，其既可以提供合成  $\text{NaFePO}_4$  所需要的  $\text{Na}^+$ ，又可以提供反应所需要的碱性环境，水热合成  $\text{NaFePO}_4$  的离子方程式为



【小问 5 详解】

①该工艺经碳热还原得到  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ，“焙烧”时  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{O}_2$  反应生成  $\text{NaFeO}_2$ ，其化学方程式为

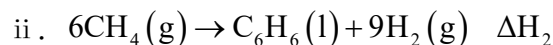
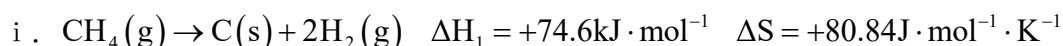


②由  $\text{NaFeO}_2$  的晶胞图如甲可知，每个晶胞中含有 Fe:  $4 \times \frac{1}{4} + 2 = 3$ ，Na:  $8 \times \frac{1}{8} + 2 = 3$ ，O:  $8 \times \frac{1}{4} + 4 = 6$ ，即每个晶胞中  $\text{NaFeO}_2$  的单元数有 3 个；

③若“焙烧”温度为  $700^\circ\text{C}$ ， $n(\text{Na}_2\text{CO}_3) : n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 9 : 8$  时， $\frac{n(\text{Na})}{n(\text{Fe})} = \frac{2 \times 9}{3 \times 8} = \frac{3}{4}$ ，生成纯相

$\text{Na}_{1-x}\text{FeO}_2$ ，则  $\frac{1-x}{1} = \frac{3}{4}$ ，解得  $x = 0.25$ ；丙图中 Na:  $1 + 6 \times \frac{1}{8} = 1.75$ ， $\frac{1.75}{3} \neq \frac{3}{4}$ ，乙图中 Na:  $2 + 2 \times \frac{1}{8} = 2.25$ ， $\frac{2.25}{3} = \frac{3}{4}$ ，则其可能的结构示意图为乙。

17. 在无氧环境下， $\text{CH}_4$  经催化脱氢芳构化可以直接转化为高附加值的芳烃产品。一定温度下， $\text{CH}_4$  芳构化时同时存在如下反应：



回答下列问题：

(1) 反应 i 在  $1000\text{K}$  时 \_\_\_\_\_ (选填“能”或“不能”) 自发进行。

(2) 已知  $25^\circ\text{C}$  时有关物质的燃烧热数据如表，则反应 ii 的  $\Delta H_2 =$  \_\_\_\_\_  $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  (用含 a、b、c 的代数式表示)。

物质	$\text{CH}_4(\text{g})$	$\text{C}_6\text{H}_6(\text{l})$	$\text{H}_2(\text{g})$
----	-------------------------	----------------------------------	------------------------

$\Delta H / (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	a	b	c
--	---	---	---

(3) 受反应 i 影响, 随着反应进行, 单位时间内甲烷转化率和芳烃产率逐渐降低, 原因是\_\_\_\_\_。

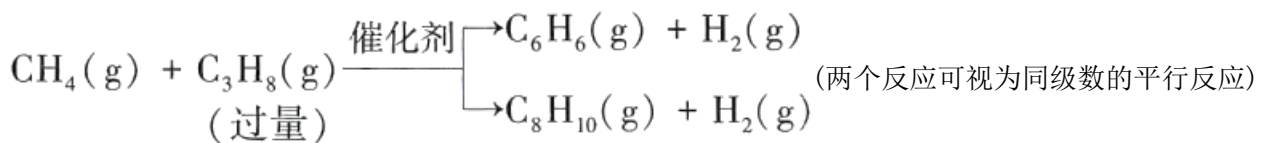
(4) 对催化剂在不同的 pH 条件下进行处理, 能够改变催化剂的活性。将催化剂在 5 种不同 pH 条件下处理后分别用于催化  $\text{CH}_4$  芳构化, 相同反应时间内测定相关数据如下表, 其中最佳 pH 为\_\_\_\_\_, 理由是\_\_\_\_\_。

pH	$\text{CH}_4$ 平均转化率/%	芳烃平均产率/%	产物中积碳平均含量/%
2.4	9.60	5.35	40.75
4.0	9.80	4.60	45.85
7.0	9.25	4.05	46.80
10.0	10.45	6.45	33.10
12.0	9.95	4.10	49.45

(5) 973K、100kPa 下, 在某密闭容器中按  $n(\text{C}_6\text{H}_6) : n(\text{CH}_4) = 1 : 5$  充入气体, 发生反应

$\text{C}_6\text{H}_6(\text{g}) + \text{CH}_4(\text{g}) \longrightarrow \text{C}_7\text{H}_8(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ , 平衡时  $\text{C}_6\text{H}_6$  与  $\text{C}_7\text{H}_8$  的分压比为 4:1, 则  $\text{C}_6\text{H}_6$  的平衡转化率为\_\_\_\_\_, 平衡常数  $K_p =$ \_\_\_\_\_ (用平衡分压代替平衡浓度计算, 分压 = 总压  $\times$  物质的量分数, 列出计算式即可)。

(6) 引入丙烷可促进甲烷芳构化制备苯和二甲苯, 反应如下:



对于同级数的平行反应有  $\frac{v_1}{v_2} = \frac{k_1}{k_2} = \frac{A_1}{A_2} e^{\left(\frac{E_{a,2} - E_{a,1}}{RT}\right)}$ , 其中  $v$ 、 $k$  分别为反应速率和反应速率常数,  $E_a$  为反

应活化能,  $A_1$ 、 $A_2$  为定值,  $R$  为常数,  $T$  为温度, 同一温度下  $\frac{k_1}{k_2}$  是定值。已知  $E_{a,\text{苯}} < E_{a,\text{二甲苯}}$ , 若要提高

苯的产率, 可采取的措施有\_\_\_\_\_。

**【答案】** (1) 能      (2)  $6a - b - 9c$

(3) 反应 i 有积炭生成, 随着反应的进行, 生成的积炭逐渐增多, 覆盖在催化剂表面, 使催化剂催化性能逐渐降低, 化学反应速率减小

(4) ①. 10.0 ②. pH=10.0 时, 产物中积炭平均含量最低, CH<sub>4</sub> 平均转化率最大, 芳烃平均产率最高

$$(5) \quad ①. 20\% \quad ②. \frac{\left(\frac{0.2}{6} \times 100\text{kPa}\right)^2}{\left(\frac{0.8}{6} \times 100\text{kPa}\right) \times \left(\frac{4.8}{6} \times 100\text{kPa}\right)} \text{ 或 } \frac{0.2^2}{0.8 \times 4.8}$$

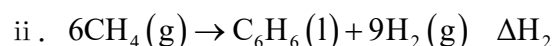
(6) 适当降低温度, 加入合适的催化剂(合理即可)

### 【解析】

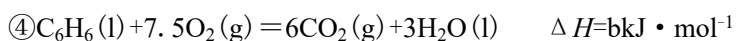
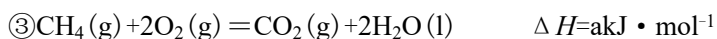
#### 【小问 1 详解】

反应 i.  $\text{CH}_4(\text{g}) \rightarrow \text{C}(\text{s}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H_1 = +74.6\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \quad \Delta S = +80.84\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ , 在 1000K 时,  $\Delta G = \Delta H - T \Delta S = +74.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 1000\text{K} \times 80.84 \times 10^{-3}\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = -6.24 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} < 0$ , 故反应 i 在 1000K 时能自发进行。

#### 【小问 2 详解】



由题给数据可得出以下热化学方程式:



依据盖斯定律, 将反应③×6-④-⑤×9 得, 反应 ii 的  $\Delta H_2 = (6a - b - 9c) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

#### 【小问 3 详解】

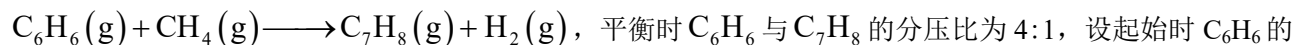
由于反应 i 生成固态炭, 会覆盖在催化剂表面, 从而减小气体与催化剂的接触面积, 因此随着反应进行, 单位时间内甲烷转化率和芳烃产率逐渐降低。

#### 【小问 4 详解】

比较表中数据可以看出, pH=10.0 时, CH<sub>4</sub> 平均转化率为最大值 10.45%, 芳烃平均产率为最大值 6.45%, 产物中积炭平均含量为最小值 33.10%, 所以最佳 pH 为 10.0。

#### 【小问 5 详解】

973K、100kPa 下, 在某密闭容器中按  $n(\text{C}_6\text{H}_6) : n(\text{CH}_4) = 1 : 5$  充入气体, 发生反应



物质的量为 1mol，CH<sub>4</sub> 的物质的量为 5mol，参加反应 C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> 的物质的量为 xmol，则可建立如下三段式：

	$C_6H_6(g)$	+	$CH_4(g)$	$\rightleftharpoons$	$C_7H_8(g)$	+	$H_2(g)$
起始量(mol)	1		5		0		0
变化量(mol)	$x$		$x$		$x$		$x$
平衡量(mol)	$1-x$		$5-x$		$x$		$x$

依题意， $\frac{\frac{1-x}{6} \times p_{\text{总}}}{\frac{x}{6} \times p_{\text{总}}} = \frac{4}{1}$ ，解得  $x=0.2$ ，平衡时， $n(C_6H_6)=0.8\text{mol}$ ， $n(CH_4)=4.8\text{mol}$ ， $n(C_7H_8)=0.2\text{mol}$ ，

$n(H_2)=0.2\text{mol}$ ，则 C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> 的平衡转化率为  $\frac{0.2\text{mol}}{1\text{mol}} \times 100\% = 20\%$ ，平衡常数  $K_p =$

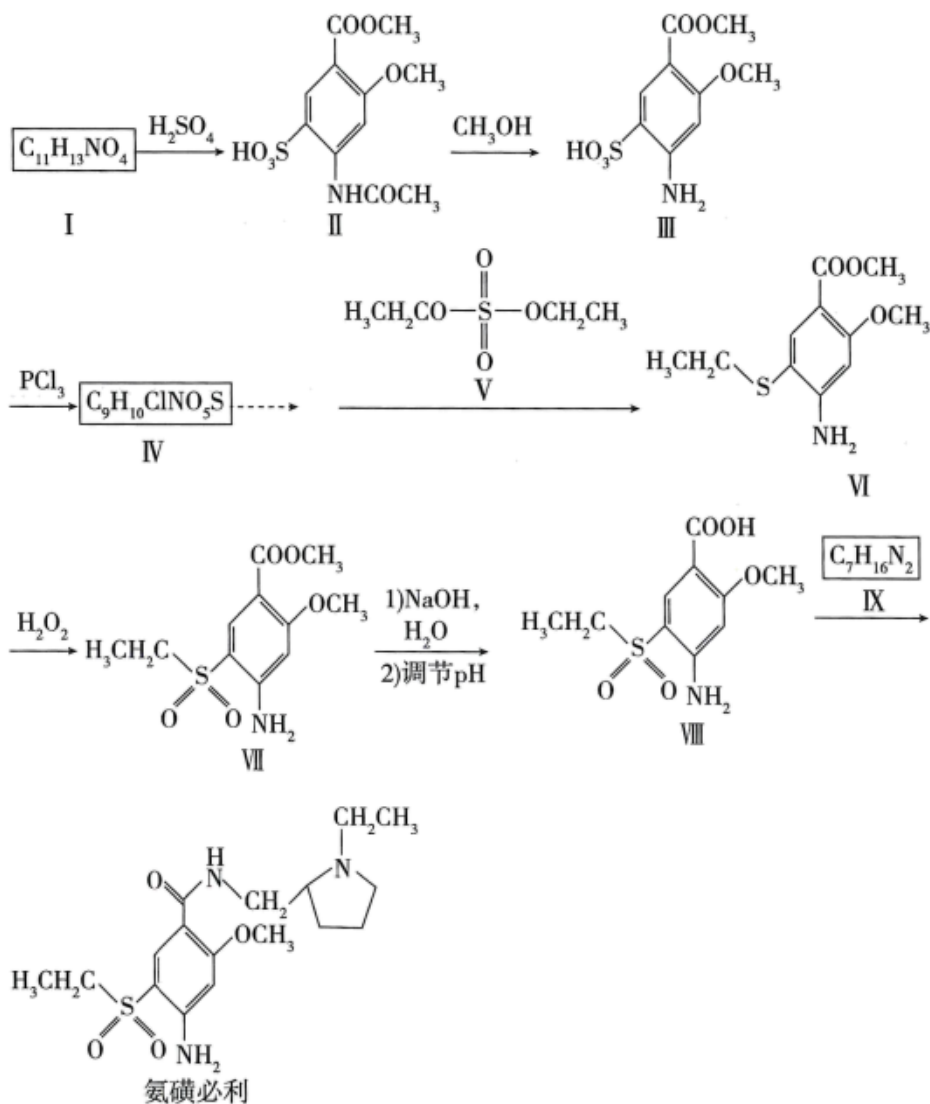
$$\frac{\left(\frac{0.2}{6} \times 100\text{kPa}\right)^2}{\left(\frac{0.8}{6} \times 100\text{kPa}\right) \times \left(\frac{4.8}{6} \times 100\text{kPa}\right)} \text{ 或 } \frac{0.2^2}{0.8 \times 4.8}。$$

**【小问 6 详解】**

已知  $E_{a,\text{苯}} < E_{a,\text{二甲苯}}$ ， $\frac{v_{\text{苯}}}{v_{\text{二甲苯}}} = \frac{A_1}{A_2} e^{\left(\frac{E_{a,\text{二甲苯}} - E_{a,\text{苯}}}{RT}\right)}$ ，则温度降低， $\frac{v_{\text{苯}}}{v_{\text{二甲苯}}}$  增大，可提高苯的产率；加入合

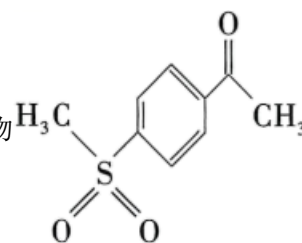
适的催化剂，选择性降低  $E_{a,\text{苯}}$ ，加快生成苯的速率，提高苯的产率。所以若要提高苯的产率，可采取的措施有：适当降低温度，加入合适的催化剂(合理即可)。

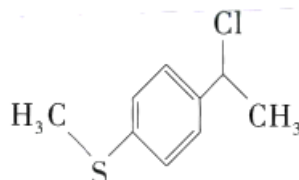
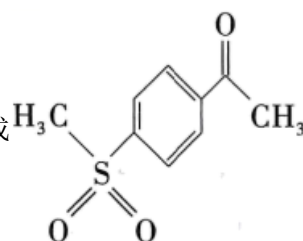
18. 氨磺必利是一种多巴胺拮抗剂。以下为其合成路线之一(部分试剂和条件已略去)。

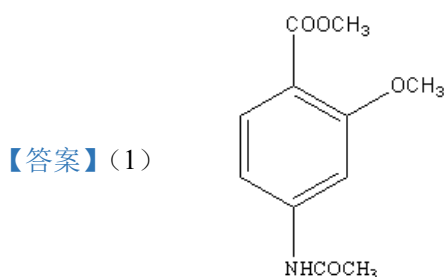


回答下列问题：

- (1) I 的结构简式是\_\_\_\_\_。
- (2) II 含有的官能团名称是磺酸基、酯基、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
- (3) III→IV 的反应类型是\_\_\_\_\_，VI→VII 的反应中  $\text{H}_2\text{O}_2$  的作用是\_\_\_\_\_。
- (4) V 是常用的乙基化试剂。若用 a 表示 V 中  $-\text{CH}_3$  的碳氢键，b 表示 V 中  $-\text{CH}_2-$  的碳氢键，则两种碳氢键的极性大小关系是 a \_\_\_\_\_ b (选填 “>” “<” 或 “=”)。
- (5) VII→VIII 分两步进行，第 1) 步反应的化学方程式是\_\_\_\_\_。
- (6) IX 的结构简式是\_\_\_\_\_。IX 有多种同分异构体，其中一种含五元碳环结构，核磁共振氢谱有 4 组峰，且峰面积之比为 1 : 1 : 1 : 1，其结构简式是\_\_\_\_\_。

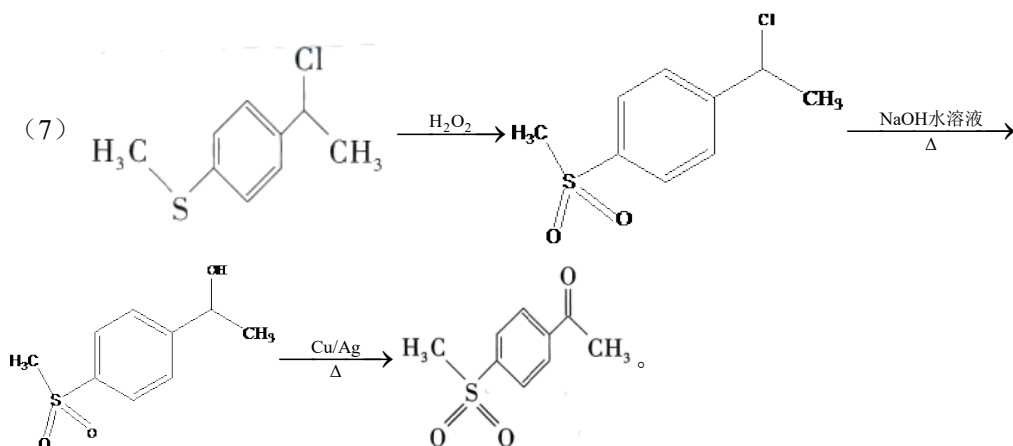
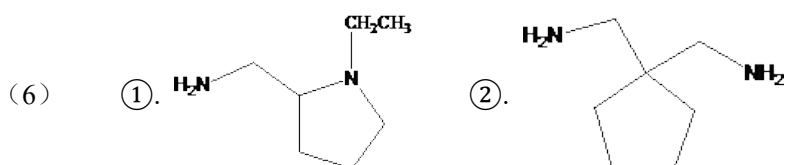
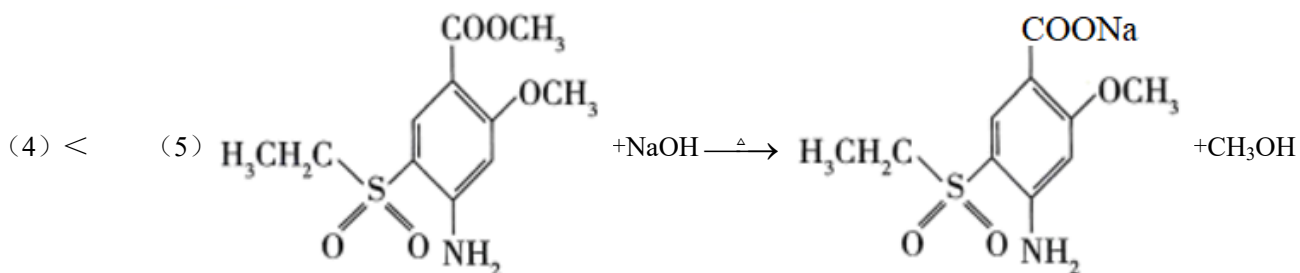
(7) 化合物  是合成药物艾瑞昔布的原料之一。参照上述合成路线，设计以

 为原料合成  的路线\_\_\_\_\_ (无机试剂任选)。



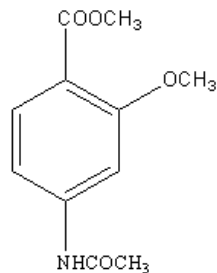
(2) ①. 醚键 ②. 酰胺基

(3) ①. 取代反应 ②. 作氧化剂



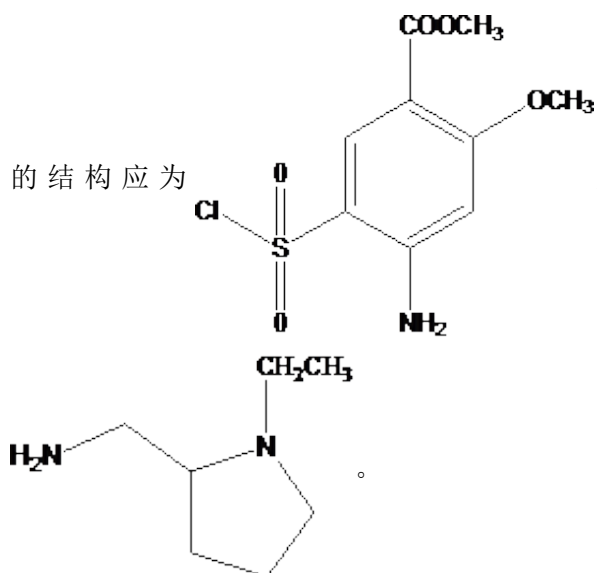
【解析】

【分析】反应 I 到 II 为取代反应，故 I 的结构为：



，III到IV也为取代反应，IV

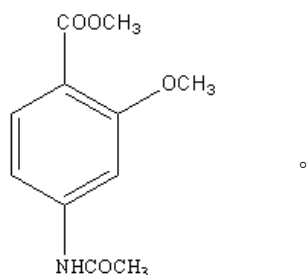
的结构应为



，根据氨磺必利和 VIII 的结构简式可判断 IX 为

【小问 1 详解】

I 到 II 为取代反应，故 I 的结构为

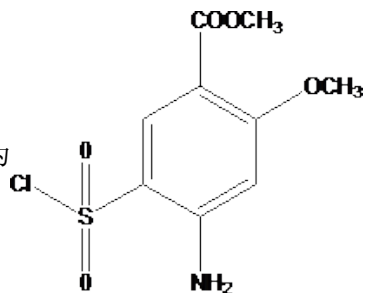


【小问 2 详解】

根据 II 的结构简式可判断官能团除了磺酸基、酯基，还有醚键和酰胺基。

【小问 3 详解】

III到IV应为取代反应，IV的结构应为



，根据结构简式可判断VI到VII属于加氧

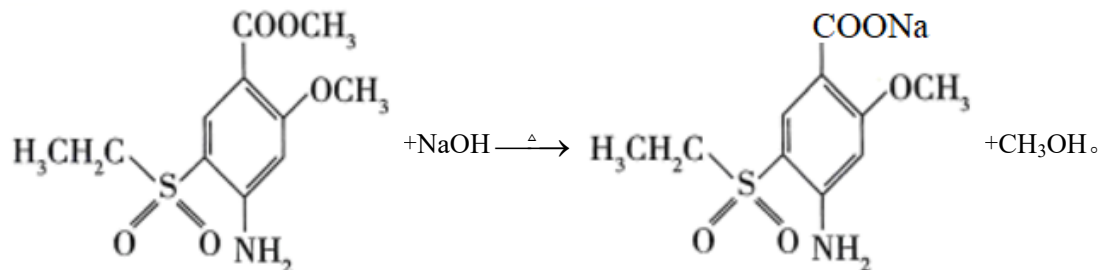
的反应，因此反应类型是氧化反应，故  $H_2O_2$  的作用为作氧化剂。

【小问 4 详解】

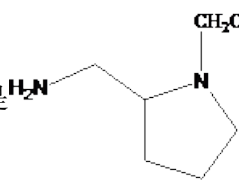
V中 $-\text{CH}_3$ 比 $-\text{CH}_2-$ 离结构中的极性基团更远,故 $-\text{CH}_3$ 的碳氢键比V中 $-\text{CH}_2-$ 故极性更小,所以 $a < b$ 。

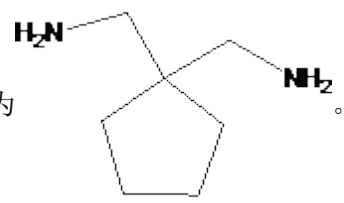
【小问 5 详解】

VII含有酯基,转化为羧基, VII $\rightarrow$ VIII中分两步进行,第1)步反应的化学方程式

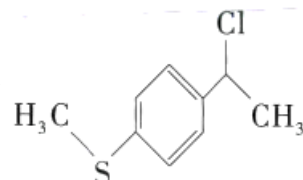
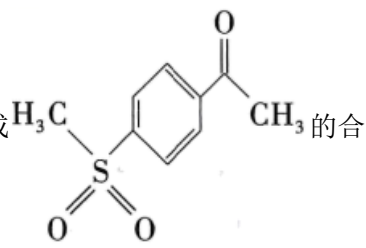


【小问 6 详解】

根据以上分析可知IX的结构简式是  ,其同分异构体中含五元碳环结构,核磁共振氢谱

有4组峰,且峰面积之比为1:1:1:1,其结构简式为  。

【小问 7 详解】

根据有机转化关系图中的已知信息可知  为原料合成  的合成

