

# 辽宁省 2023 年普通高等学校招生选择性考试(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 B-11 C-12 N-14 O-16 Na-23 S-32 Fe-56

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. 科技是第一生产力，我国科学家在诸多领域取得新突破，下列说法错误的是

- A. 利用  $\text{CO}_2$  合成了脂肪酸：实现了无机小分子向有机高分子的转变
- B. 发现了月壤中的“嫦娥石 $[(\text{Ca}_8\text{Y})\text{Fe}(\text{PO}_4)_7]$ ”：其成分属于无机盐
- C. 研制了高效率钙钛矿太阳能电池，其能量转化形式：太阳能→电能
- D. 革新了海水原位电解制氢工艺：其关键材料多孔聚四氟乙烯耐腐蚀

【答案】A

【解析】

【详解】A. 常见的脂肪酸有：硬脂酸( $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$ )、油酸( $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$ )，二者相对分子质量虽大，但没有达到高分子化合物的范畴，不属于有机高分子，A 错误；

B. 嫦娥石因其含有 Y、Ca、Fe 等元素，属于无机化合物，又因含有磷酸根，是无机盐，B 正确；

C. 电池是一种可以将其他能量转化为电能的装置，钙钛矿太阳能电池可以将太阳能转化为电能，C 正确；

D. 海水中含有大量的无机盐成分，可以将大多数物质腐蚀，而聚四氟乙烯塑料被称为塑料王，耐酸、耐碱，不会被含水腐蚀，D 正确；

故答案选 A。

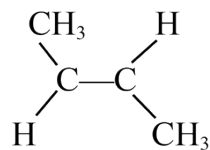
2. 下列化学用语或表述正确的是

A.  $\text{BeCl}_2$  的空间结构：V 形

B.  $\text{P}_4$  中的共价键类型：非极性键

C. 基态 Ni 原子价电子排布式： $3d^{10}$

D. 顺-2-丁烯的结构简式：



【答案】B

【解析】

【详解】A.  $\text{BeCl}_2$  的中心原子为 Be，根据 VSEPR 模型可以计算， $\text{BeCl}_2$  中不含有孤电子对，因此  $\text{BeCl}_2$  为直线型分子，A 错误；

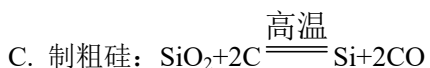
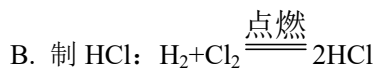
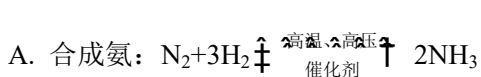
B.  $\text{P}_4$  分子中相邻两 P 原子之间形成共价键，同种原子之间形成的共价键为非极性共价键， $\text{P}_4$  分子中的共价键类型为非极性共价键，B 正确；

C. Ni 原子的原子序数为 28，其基态原子的价电子排布为  $3d^84s^2$ ，C 错误；

D. 顺-2-丁烯的结构中两个甲基在双键的同一侧，其结构简式为  $\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \quad \quad \text{CH}_3 \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{HC}=\text{CH} \end{array}$ ，D 错误；

故答案选 B。

3. 下列有关物质的工业制备反应错误的是



【答案】D

【解析】

【详解】A. 工业合成氨是利用氮气和氢气在催化剂的条件下反应生成的，反应方程式为  $\text{N}_2+3\text{H}_2 \xrightarrow[\text{催化剂}]{\text{高温、高压}} 2\text{NH}_3$ ，A 正确；

B. 工业制氯化氢是利用氢气和氯气反应生成的，反应方程式为  $\text{H}_2+\text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{HCl}$ ，B 正确；

C. 工业制粗硅是将  $\text{SiO}_2$  与 C 在高温下反应生成粗硅，反应方程式为  $\text{SiO}_2+2\text{C} \xrightarrow{\text{高温}} \text{Si}+2\text{CO}$ ，C 正确；

D. 冶炼金属镁是电解熔融氯化镁，反应方程式为  $\text{MgCl}_2(\text{熔融}) \xrightarrow{\text{电解}} \text{Mg}+\text{Cl}_2\uparrow$ ，D 错误；

故答案选 D。

4. 下列鉴别或检验不能达到实验目的的是

A. 用石灰水鉴别  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  与  $\text{NaHCO}_3$

B. 用 KSCN 溶液检验  $\text{FeSO}_4$  是否变质

C. 用盐酸酸化的  $\text{BaCl}_2$  溶液检验  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  是否被氧化

D. 加热条件下用银氨溶液检验乙醇中是否混有乙醛

【答案】A

【解析】

【详解】A. 石灰水的主要成分为  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  能与碳酸钠和碳酸氢钠反应生成碳酸钙，二者均生成白色沉淀，不能达到鉴别的目的，A 错误；

B.  $\text{Fe}^{2+}$  变质后会生成  $\text{Fe}^{3+}$ ，可以利用 KSCN 溶液鉴别，现象为溶液变成血红色，可以达到检验的目的，B

正确；

C.  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  被氧化后会变成  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ，加入盐酸酸化的  $\text{BaCl}_2$  后可以产生白色沉淀，可以用来检验  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  是否被氧化，C 正确；

D. 含有醛基的物质可以与银氨溶液反应生成银单质，可以用来检验乙醇中混油的乙醛，D 正确；

故答案选 A。

5. 我国古代四大发明之一黑火药的爆炸反应为： $\text{S} + 2\text{KNO}_3 + 3\text{C} = \text{K}_2\text{S} + \text{N}_2 \uparrow + 3\text{CO}_2 \uparrow$ 。设  $N_A$  为阿伏加德罗常数的值，下列说法正确的是

A.  $11.2\text{LCO}_2$  含  $\pi$  键数目为  $N_A$

B. 每生成  $2.8\text{gN}_2$  转移电子数目为  $N_A$

C.  $0.1\text{molKNO}_3$  晶体中含离子数目为  $0.2N_A$

D.  $1\text{L}0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{K}_2\text{S}$  溶液中含  $\text{S}^{2-}$  数目为  $0.1N_A$

【答案】C

【解析】

【详解】A.  $\text{CO}_2$  分子含有 2 个  $\pi$  键，题中没有说是标况条件下，气体摩尔体积未知，无法计算  $\pi$  键个数，A 项错误；

B.  $2.8\text{gN}_2$  的物质的量  $n = \frac{m}{M} = \frac{2.8}{28} \text{mol} = 0.1\text{mol}$ ， $1\text{molN}_2$  生成转移的电子数为  $12N_A$ ，则  $0.1\text{molN}_2$  转

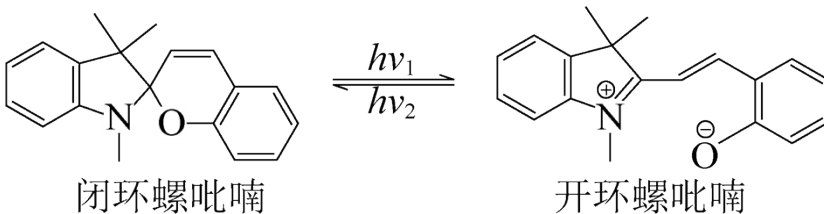
移的电子数为  $1.2N_A$ ，B 项错误；

C.  $0.1\text{molKNO}_3$  晶体含有离子为  $\text{K}^+$ 、 $\text{NO}_3^-$ ，含有离子数目为  $0.2N_A$ ，C 项正确；

D. 因为  $\text{S}^{2-}$  水解使溶液中  $\text{S}^{2-}$  的数目小于  $0.1N_A$ ，D 项错误；

答案选 C。

6. 在光照下，螺吡喃发生开、闭环转换而变色，过程如下。下列关于开、闭环螺吡喃说法正确的是



闭环螺吡喃

开环螺吡喃

A. 均有手性

B. 互为同分异构体

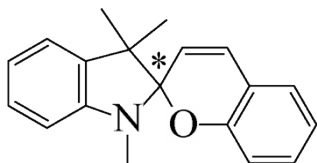
C. N 原子杂化方式相同

D. 闭环螺吡喃亲水性更好

【答案】B

【解析】

【详解】A. 手性是碳原子上连有四个不同的原子或原子团，因此闭环螺吡喃含有手性碳原子如图所示，



，开环螺吡喃不含手性碳原子，故 A 错误；

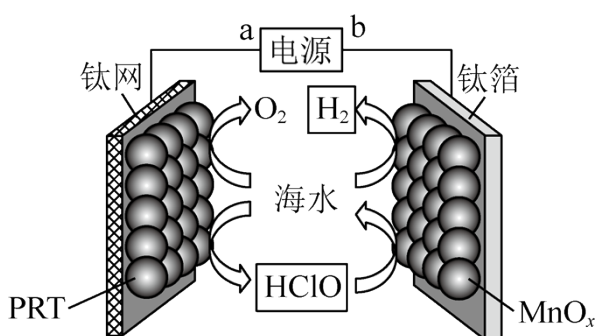
B. 根据它们的结构简式，分子式均为  $C_{19}H_{19}NO$ ，它们结构不同，因此互为同分异构体，故 B 正确；

C. 闭环螺吡喃中 N 原子杂化方式为  $sp^3$ ，开环螺吡喃中 N 原子杂化方式为  $sp^2$ ，故 C 错误；

D. 开环螺吡喃中氧原子显负价，电子云密度大，容易与水分子形成分子间氢键，水溶性增大，因此开环螺吡喃亲水性更好，故 D 错误；

答案为 B。

7. 某无隔膜流动海水电解法制  $H_2$  的装置如下图所示，其中高选择性催化剂 PRT 可抑制  $O_2$  产生。下列说法正确的是



A. b 端电势高于 a 端电势

B. 理论上转移  $2\text{mole}^-$  生成  $4\text{gH}_2$

C. 电解后海水 pH 下降

D. 阳极发生： $Cl^- + H_2O - 2e^- = HClO + H^+$

【答案】D

【解析】

【分析】由图可知，左侧电极产生氧气，则左侧电极为阳极，电极 a 为正极，右侧电极为阴极，b 电极为负极，该装置的总反应产生氧气和氢气，相当于电解水，以此解题。

【详解】A. 由分析可知，a 为正极，b 电极为负极，则 a 端电势高于 b 端电势，A 错误；

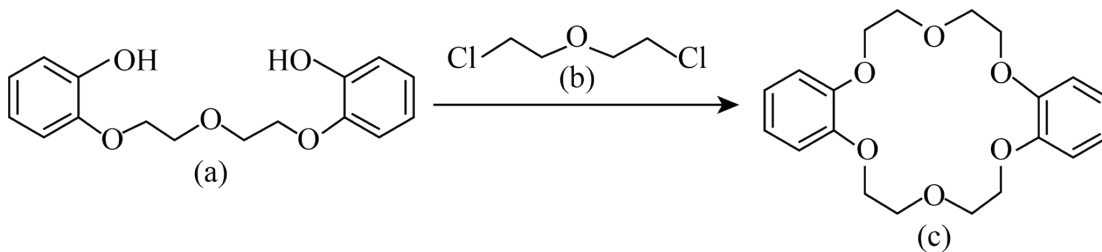
B. 右侧电极上产生氢气的电极方程式为： $2H^+ + 2e^- = H_2\uparrow$ ，则理论上转移  $2\text{mole}^-$  生成  $2\text{gH}_2$ ，B 错误；

C. 由图可知，该装置的总反应为电解海水的装置，随着电解的进行，海水的浓度增大，但是其 pH 基本不变，C 错误；

D. 由图可知，阳极上的电极反应为： $Cl^- + H_2O - 2e^- = HClO + H^+$ ，D 正确；

故选 D。

8. 冠醚分子结构形如皇冠而得名，某冠醚分子 c 可识别  $K^+$ ，其合成方法如下。下列说法错误的是



- A. 该反应为取代反应  
 B. a、b 均可与 NaOH 溶液反应  
 C. c 核磁共振氢谱有 3 组峰  
 D. c 可增加 KI 在苯中的溶解度

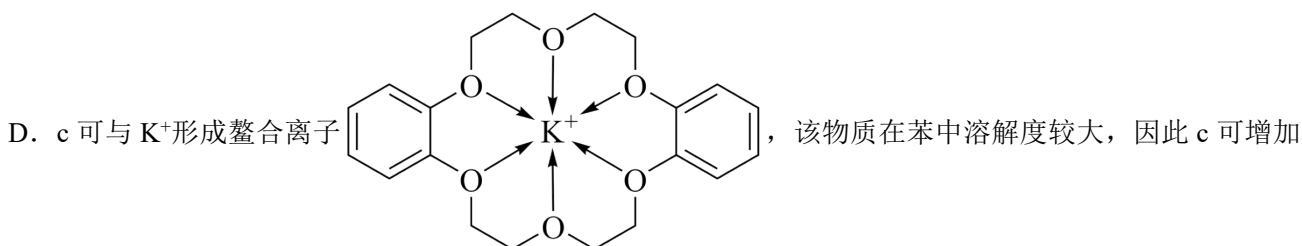
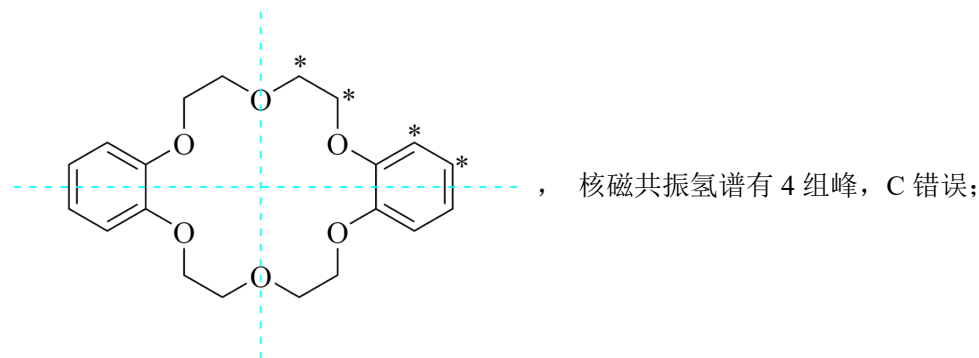
【答案】C

【解析】

【详解】A. 根据 a 和 c 的结构简式可知，a 与 b 发生取代反应生成 c 和 HCl，A 正确；

B. a 中含有酚羟基，酚羟基呈弱酸性能与 NaOH 反应，b 可在 NaOH 溶液中发生水解反应，生成醇类，B 正确；

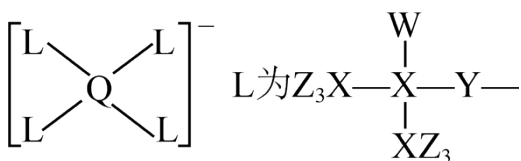
C. 根据 C 的结构简式可知，冠醚中有四种不同化学环境的氢原子，如图所示：



KI 在苯中的溶解度，D 正确；

故答案选 C。

9. 某种镁盐具有良好的电化学性能，其阴离子结构如下图所示。W、X、Y、Z、Q 是核电荷数依次增大的短周期元素，W、Y 原子序数之和等于 Z，Y 原子价电子数是 Q 原子价电子数的 2 倍。下列说法错误的是



- A. W 与 X 的化合物为极性分子  
 B. 第一电离能 Z>X>Y

C. Q 的氧化物是两性氧化物

D. 该阴离子中含有配位键

【答案】AB

【解析】

【分析】W、X、Y、Z、Q 是核电荷数依次增大的短周期元素，W 形成 1 条单键且核电荷数最小，W 为 H，X 形成 4 条键，核电荷数大于 H，且小于其他三种元素，X 为 C，Y 形成 2 条单键，核电荷数大于 C，Y 为 O，W、Y 原子序数之和等于 Z，Z 为 F，Y 原子价电子数为 Q 原子价电子数的 2 倍，Q 为 Al。

【详解】A. W 与 X 的化合物不一定为极性分子，如  $\text{CH}_4$  就是非极性分子，A 错误；

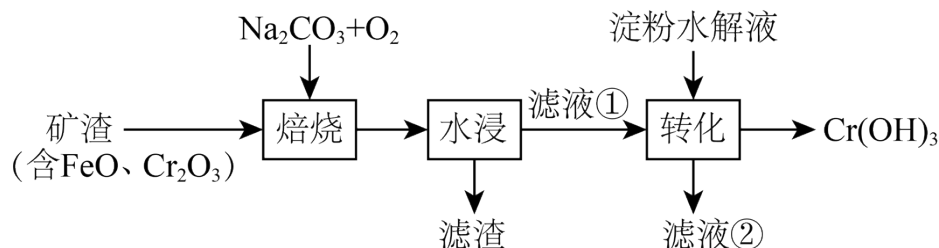
B. 同周期元素从左到右第一电离能呈增大趋势，则第一电离能  $\text{F} > \text{O} > \text{C}$ ，B 错误；

C. Q 为 Al， $\text{Al}_2\text{O}_3$  为两性氧化物，C 正确；

D. 该阴离子中 L 与 Q 之间形成配位键，D 正确；

故答案选 AB。

10. 某工厂采用如下工艺制备  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ，已知焙烧后 Cr 元素以 +6 价形式存在，下列说法错误的是



A. “焙烧”中产生  $\text{CO}_2$

B. 滤渣的主要成分为  $\text{Fe}(\text{OH})_2$

C. 滤液①中 Cr 元素的主要存在形式为  $\text{CrO}_4^{2-}$

D. 淀粉水解液中的葡萄糖起还原作用

【答案】B

【解析】

【分析】焙烧过程中铁、铬元素均被氧化，同时转化为对应钠盐，水浸时铁酸钠遇水水解生成氢氧化铁沉淀，滤液中存在铬酸钠，与淀粉的水解产物葡萄糖发生氧化还原得到氢氧化铬沉淀。

【详解】A. 铁、铬氧化物与碳酸钠和氧气反应时生成对应的钠盐和二氧化碳，A 正确；

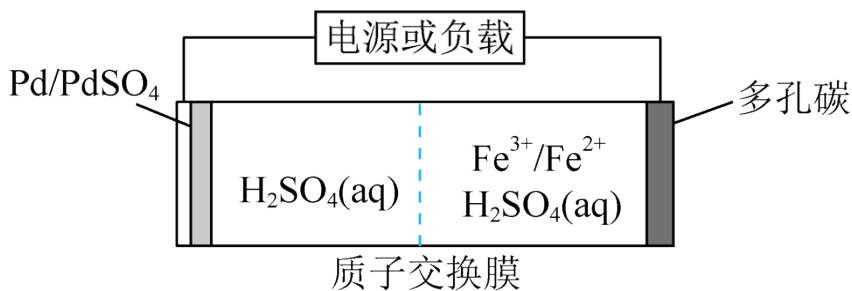
B. 焙烧过程铁元素被氧化，滤渣的主要成分为氢氧化铁，B 错误；

C. 滤液①中 Cr 元素的化合价是 +6 价，铁酸钠遇水水解生成氢氧化铁沉淀溶液显碱性，所以 Cr 元素主要存在形式为  $\text{CrO}_4^{2-}$ ，C 正确；

D. 由分析知淀粉水解液中的葡萄糖起还原作用，D 正确；

故选 B。

11. 某低成本储能电池原理如下图所示。下列说法正确的是



- A. 放电时负极质量减小
- B. 储能过程中电能转变为化学能
- C. 放电时右侧  $\text{H}^+$  通过质子交换膜移向左侧
- D. 充电总反应:  $\text{Pb} + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{Fe}^{3+} = \text{PbSO}_4 + 2\text{Fe}^{2+}$

【答案】B

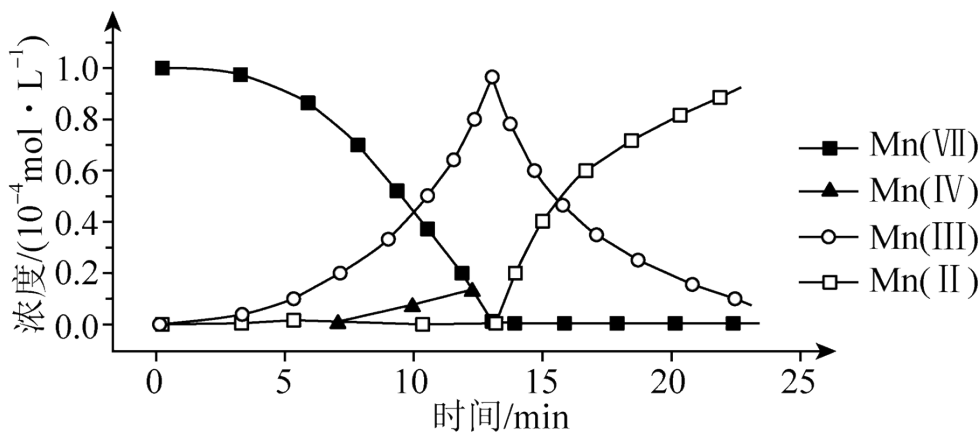
【解析】

【分析】该储能电池放电时，Pb 为负极，失电子结合硫酸根离子生成  $\text{PbSO}_4$ ，则多孔碳电极为正极，正极上  $\text{Fe}^{3+}$  得电子转化为  $\text{Fe}^{2+}$ ，充电时，多孔碳电极为阳极， $\text{Fe}^{2+}$  失电子生成  $\text{Fe}^{3+}$ ， $\text{PbSO}_4$  电极为阴极， $\text{PbSO}_4$  得电子生成 Pb 和硫酸。

- 【详解】A. 放电时负极上 Pb 失电子结合硫酸根离子生成  $\text{PbSO}_4$  附着在负极上，负极质量增大，A 错误；
- B. 储能过程中，该装置为电解池，将电能转化为化学能，B 正确；
- C. 放电时，右侧为正极，电解质溶液中的阳离子向正极移动，左侧的  $\text{H}^+$  通过质子交换膜移向右侧，C 错误；
- D. 充电时，总反应为  $\text{PbSO}_4 + 2\text{Fe}^{2+} = \text{Pb} + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{Fe}^{3+}$ ，D 错误；

故答案选 B。

12. 一定条件下，酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液与  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  发生反应，Mn(II) 起催化作用，过程中不同价态含 Mn 粒子的浓度随时间变化如下图所示。下列说法正确的是



- A. Mn(III)不能氧化  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$
- B. 随着反应物浓度的减小，反应速率逐渐减小
- C. 该条件下，Mn(II)和Mn(VII)不能大量共存
- D. 总反应为： $2\text{MnO}_4^- + 5\text{C}_2\text{O}_4^{2-} + 16\text{H}^+ = 2\text{Mn}^{2+} + 10\text{CO}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$

【答案】C

【解析】

【分析】开始一段时间（大约 13min 前）随着时间的推移 Mn(VII)浓度减小直至为 0，Mn(III)浓度增大直至达到最大值，结合图像，此时间段主要生成 Mn(III)，同时先生成少量 Mn(IV)后 Mn(IV)被消耗；后来（大约 13min 后）随着时间的推移 Mn(III)浓度减少，Mn(II)的浓度增大；据此作答。

【详解】A. 由图像可知，随着时间的推移 Mn(III)的浓度先增大后减小，说明开始反应生成 Mn(III)，后 Mn(III)被消耗生成 Mn(II)，Mn(III)能氧化  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ，A 项错误；

B. 随着反应物浓度的减小，到大约 13min 时开始生成 Mn(II)，Mn(II)对反应起催化作用，13min 后反应速率会增大，B 项错误；

C. 由图像可知，Mn(VII)的浓度为 0 后才开始生成 Mn(II)，该条件下 Mn(II)和 Mn(VII)不能大量共存，C 项正确；

D.  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 为弱酸，在离子方程式中应以化学式保留，总反应为  $2\text{MnO}_4^- + 5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 6\text{H}^+ = 2\text{Mn}^{2+} + 10\text{CO}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$ ，D 项错误；

答案选 C。

13. 某小组进行实验，向 10mL 蒸馏水中加入 0.4g  $\text{I}_2$ ，充分振荡，溶液呈浅棕色，再加入 0.2g 锌粒，溶液颜色加深；最终紫黑色晶体消失，溶液褪色。已知  $\text{I}_3^-$  (aq) 为棕色，下列关于颜色变化的解释错误的是

选项	颜色变化	解释
A	溶液呈浅棕色	$\text{I}_2$ 在水中溶解度较小
B	溶液颜色加深	发生了反应： $\text{I}_2 + \text{I}^- \rightleftharpoons \text{I}_3^-$
C	紫黑色晶体消失	$\text{I}_2$ (aq) 的消耗使溶解平衡 $\text{I}_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{I}_2(\text{aq})$ 右移
D	溶液褪色	Zn 与有色物质发生了置换反应

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】D

【解析】

【详解】A. 向 10mL 蒸馏水中加入 0.4g I<sub>2</sub>, 充分振荡, 溶液呈浅棕色, 说明 I<sub>2</sub> 的浓度较小, 因为 I<sub>2</sub> 在水中溶解度较小, A 项正确;

B. 已知 I<sub>3</sub>(aq) 为棕色, 加入 0.2g 锌粒后, Zn 与 I<sub>2</sub> 反应生成 ZnI<sub>2</sub>, 生成的 I<sup>-</sup> 与 I<sub>2</sub> 发生反应 I<sup>-</sup>+I<sub>2</sub>⇌I<sub>3</sub><sup>-</sup>, 生成 I<sub>3</sub><sup>-</sup> 使溶液颜色加深, B 项正确;

C. I<sub>2</sub> 在水中存在溶解平衡 I<sub>2</sub>(s)⇌I<sub>2</sub>(aq), Zn 与 I<sub>2</sub> 反应生成的 I<sup>-</sup> 与 I<sub>2</sub>(aq) 反应生成 I<sub>3</sub><sup>-</sup>, I<sub>2</sub>(aq) 浓度减小, 上述溶解平衡向右移动, 紫黑色晶体消失, C 项正确;

D. 最终溶液褪色是 Zn 与有色物质发生了化合反应, 不是置换反应, D 项错误;

答案选 D。

14. 晶体结构的缺陷美与对称美同样受关注。某富锂超离子导体的晶胞是立方体(图 1), 进行镁离子取代及卤素共掺杂后, 可获得高性能固体电解质材料(图 2)。下列说法错误的是

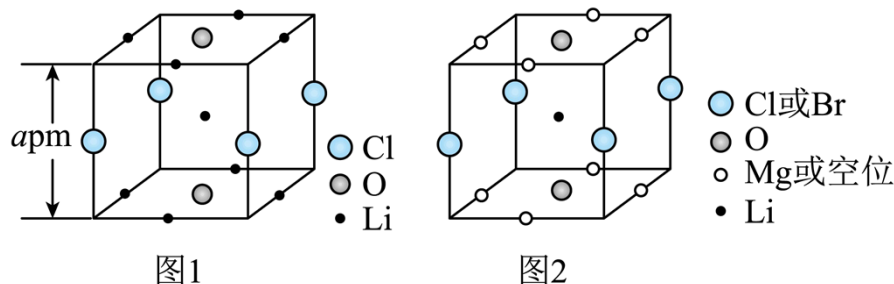


图1

图2

A. 图 1 晶体密度为  $\frac{72.5}{N_A \times a^3 \times 10^{-30}} \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$

B. 图 1 中 O 原子的配位数为 6

C. 图 2 表示的化学式为  $\text{LiMg}_2\text{OCl}_x\text{Br}_{1-x}$

D. Mg<sup>2+</sup> 取代产生的空位有利于 Li<sup>+</sup> 传导

【答案】C

【解析】

【详解】A. 根据均摊法, 图 1 的晶胞中含 Li:  $8 \times \frac{1}{4} + 1 = 3$ , O:  $2 \times \frac{1}{2} = 1$ , Cl:  $4 \times \frac{1}{4} = 1$ , 1 个晶胞的质量为

$\frac{3 \times 7 + 16 + 35.5}{N_A} \text{g} = \frac{72.5}{N_A} \text{g}$ , 晶胞的体积为  $(a \times 10^{-10} \text{cm})^3 = a^3 \times 10^{-30} \text{cm}^3$ , 则晶体的密度为  $\frac{72.5}{N_A} \text{g} \div (a^3 \times 10^{-30} \text{cm}^3) =$

$\frac{72.5}{N_A \times a^3 \times 10^{-30}} \text{g/cm}^3$ , A 项正确;

B. 图 1 晶胞中, O 位于面心, 与 O 等距离最近的 Li 有 6 个, O 原子的配位数为 6, B 项正确;

C. 根据均摊法, 图 2 中 Li: 1, Mg 或空位为  $8 \times \frac{1}{4} = 2$ 。O:  $2 \times \frac{1}{2} = 1$ , Cl 或 Br:  $4 \times \frac{1}{4} = 1$ , Mg 的个数小于

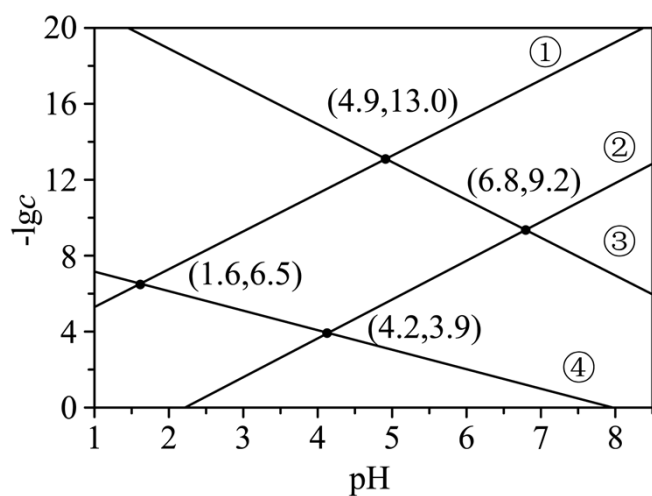
2, 根据正负化合价的代数和为 0, 图 2 的化学式为  $\text{LiMgOCl}_x\text{Br}_{1-x}$ , C 项错误;

D. 进行镁离子取代及卤素共掺杂后, 可获得高性能固体电解质材料, 说明  $\text{Mg}^{2+}$  取代产生的空位有利于  $\text{Li}^+$  的传导, D 项正确;

答案选 C。

15. 某废水处理过程中始终保持  $\text{H}_2\text{S}$  饱和, 即  $c(\text{H}_2\text{S}) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 通过调节 pH 使  $\text{Ni}^{2+}$  和  $\text{Cd}^{2+}$  形成硫化物而分离, 体系中 pH 与  $-\lg c$  关系如下图所示, c 为  $\text{HS}^-$ 、 $\text{S}^{2-}$ 、 $\text{Ni}^{2+}$  和  $\text{Cd}^{2+}$  的浓度, 单位为

$\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。已知  $K_{\text{sp}}(\text{NiS}) > K_{\text{sp}}(\text{CdS})$ , 下列说法正确的是



A.  $K_{\text{sp}}(\text{CdS}) = 10^{-18.4}$

B. ③为 pH 与  $-\lg c(\text{HS}^-)$  的关系曲线

C.  $K_{\text{a}1}(\text{H}_2\text{S}) = 10^{-8.1}$

D.  $K_{\text{a}2}(\text{H}_2\text{S}) = 10^{-14.7}$

【答案】D

【解析】

【分析】已知  $\text{H}_2\text{S}$  饱和溶液中随着 pH 的增大,  $\text{H}_2\text{S}$  的浓度逐渐减小,  $\text{HS}^-$  的浓度增大,  $\text{S}^{2-}$  浓度逐渐增大, 则有  $-\lg c(\text{HS}^-)$  和  $-\lg c(\text{S}^{2-})$  随着 pH 增大而减小, 且相同 pH 相同时,  $\text{HS}^-$  浓度大于  $\text{S}^{2-}$ , 即  $-\lg c(\text{HS}^-)$  小于  $-\lg c(\text{S}^{2-})$ , 则  $\text{Ni}^{2+}$  和  $\text{Cd}^{2+}$  浓度逐渐减小, 且  $K_{\text{sp}}(\text{NiS}) > K_{\text{sp}}(\text{CdS})$  即当  $c(\text{S}^{2-})$  相同时,  $c(\text{Ni}^{2+}) > c(\text{Cd}^{2+})$ , 则  $-\lg c(\text{Ni}^{2+})$  和  $-\lg c(\text{Cd}^{2+})$  随着 pH 增大而增大, 且有  $-\lg c(\text{Ni}^{2+})$  小于  $-\lg c(\text{Cd}^{2+})$ , 由此可知曲线①代表  $\text{Cd}^{2+}$ 、②代表  $\text{Ni}^{2+}$ 、③代表  $\text{S}^{2-}$ 、④代表  $\text{HS}^-$ , 据此分析结合图像各点数据进行解题。

【详解】A. 由分析可知, 曲线①代表  $\text{Cd}^{2+}$ 、③代表  $\text{S}^{2-}$ , 由图示曲线①③交点可知, 此时  $c(\text{Cd}^{2+}) = c(\text{S}^{2-}) = 10^{-13} \text{ mol/L}$ , 则有  $K_{\text{sp}}(\text{CdS}) = c(\text{Cd}^{2+})c(\text{S}^{2-}) = 10^{-13} \times 10^{-13} = 10^{-26}$ , A 错误;

B. 由分析可知, ③为pH与 $-\lg c(S^{2-})$ 的关系曲线, B错误;

C. 由分析可知, 曲线④代表 $HS^-$ , 由图示曲线④两点坐标可知, 此时 $c(H^+)=10^{-1.6}mol/L$ 时,  $c(HS^-)=10^{-6.5}mol/L$ ,  $K_{a1}(H_2S)=\frac{c(H^+)c(HS^-)}{c(H_2S)}=\frac{10^{-1.6}\times 10^{-6.5}}{0.1}=10^{-7.1}$ 或者当 $c(H^+)=10^{-4.2}mol/L$ 时,  $c(HS^-)=10^{-3.9}$

$$mol/L, K_{a1}(H_2S)=\frac{c(H^+)c(HS^-)}{c(H_2S)}=\frac{10^{-4.2}\times 10^{-3.9}}{0.1}=10^{-7.1}, C \text{ 错误};$$

$$mol/L, K_{a1}(H_2S)=\frac{c(H^+)c(HS^-)}{c(H_2S)}=\frac{10^{-4.2}\times 10^{-3.9}}{0.1}=10^{-7.1}, C \text{ 错误};$$

D. 已知 $K_{a1}K_{a2}=\frac{c(H^+)c(HS^-)}{c(H_2S)}\times\frac{c(H^+)c(S^{2-})}{c(HS^-)}=\frac{c^2(H^+)c(S^{2-})}{c(H_2S)}$ , 由曲线③两点坐标可知, 当 $c(H^+)=10^{-4.9}mol/L$

时,  $c(S^{2-})=10^{-13}mol/L$ , 或者当 $c(H^+)=10^{-6.8}mol/L$ 时,  $c(S^{2-})=10^{-9.2}mol/L$ , 故有 $K_{a1}K_{a2}=\frac{c^2(H^+)c(S^{2-})}{c(H_2S)}=$

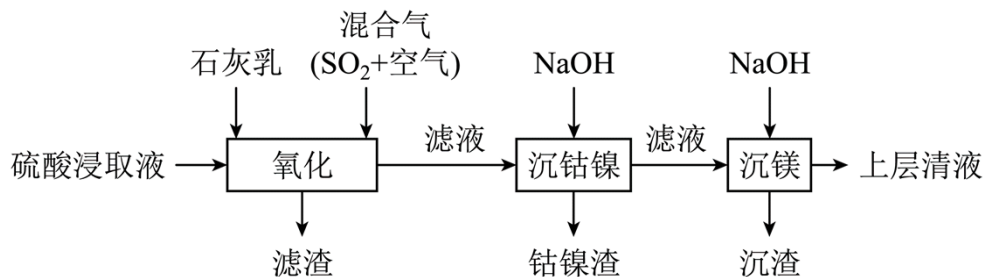
$$\frac{(10^{-4.9})^2\times 10^{-13}}{0.1}=\frac{(10^{-6.8})^2\times 10^{-9.2}}{0.1}=10^{-21.8}, \text{ 结合 C 项分析可知, } K_{a1}=10^{-7.1} \text{ 故有 } K_{a2}(H_2S)=10^{-14.7}, D \text{ 正}$$

确;

故答案为: D。

## 二、非选择题: 本题共 4 小题, 共 55 分。

16. 某工厂采用如下工艺处理镍钴矿硫酸浸取液含( $Ni^{2+}$ 、 $Co^{2+}$ 、 $Fe^{2+}$ 、 $Fe^{3+}$ 、 $Mg^{2+}$ 和 $Mn^{2+}$ )。实现镍、钴、镁元素的回收。



已知:

物质	$Fe(OH)_3$	$Co(OH)_2$	$Ni(OH)_2$	$Mg(OH)_2$
$K_{sp}$	$10^{-37.4}$	$10^{-14.7}$	$10^{-14.7}$	$10^{-10.8}$

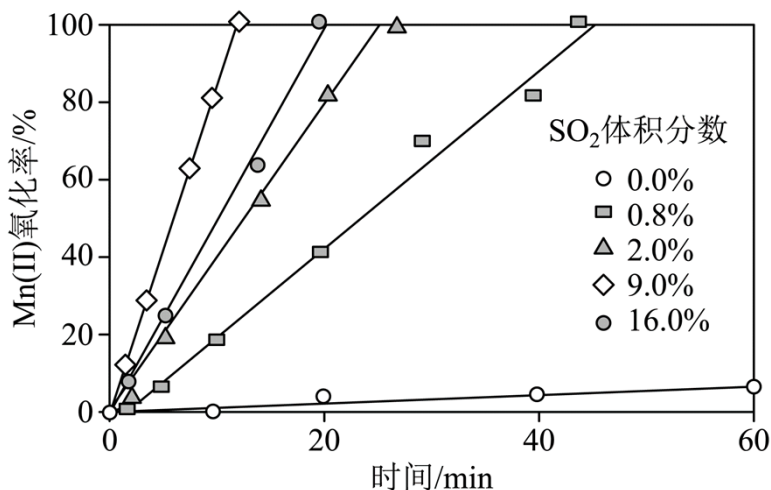
回答下列问题:

(1) 用硫酸浸取镍钴矿时, 提高浸取速率的方法为\_\_\_\_\_ (答出一条即可)。

(2) “氧化”中, 混合气在金属离子的催化作用下产生具有强氧化性的过一硫酸( $H_2SO_5$ ),  $1molH_2SO_5$ 中过氧键的数目为\_\_\_\_\_。

(3) “氧化”中，用石灰乳调节  $\text{pH} = 4$ ， $\text{Mn}^{2+}$  被  $\text{H}_2\text{SO}_5$  氧化为  $\text{MnO}_2$ ，该反应的离子方程式为 \_\_\_\_\_ ( $\text{H}_2\text{SO}_5$  的电离第一步完全，第二步微弱)；滤渣的成分为  $\text{MnO}_2$ 、\_\_\_\_\_ (填化学式)。

(4) “氧化”中保持空气通入速率不变， $\text{Mn(II)}$  氧化率与时间的关系如下。 $\text{SO}_2$  体积分数为 \_\_\_\_\_ 时， $\text{Mn(II)}$  氧化速率最大；继续增大  $\text{SO}_2$  体积分数时， $\text{Mn(II)}$  氧化速率减小的原因是 \_\_\_\_\_。



(5) “沉钴镍”中得到的  $\text{Co(II)}$  在空气中可被氧化成  $\text{CoO(OH)}$ ，该反应的化学方程式为 \_\_\_\_\_。

(6) “沉镁”中为使  $\text{Mg}^{2+}$  沉淀完全 ( $25^\circ\text{C}$ )，需控制  $\text{pH}$  不低于 \_\_\_\_\_ (精确至 0.1)。

【答案】(1) 适当增大硫酸浓度或适当升高温度或将镍钴矿粉碎增大接触面积

(2)  $N_A$  (3) ①.  $\text{H}_2\text{O} + \text{Mn}^{2+} + \text{HSO}_5^- = \text{MnO}_2 + \text{SO}_4^{2-} + 3\text{H}^+$  ②.  $\text{Fe(OH)}_3$

(4) ①. 9.0% ②.  $\text{SO}_2$  有还原性，过多将会降低  $\text{H}_2\text{SO}_5$  的浓度，降低  $\text{Mn(II)}$  氧化速率

(5)  $4\text{Co(OH)}_2 + \text{O}_2 = 4\text{CoO(OH)} + 2\text{H}_2\text{O}$

(6) 11.1

【解析】

【分析】在“氧化”中，混合气在金属离子的催化作用下产生具有强氧化性的过一硫酸 ( $\text{H}_2\text{SO}_5$ )，用石灰乳调节  $\text{pH} = 4$ ， $\text{Mn}^{2+}$  被  $\text{H}_2\text{SO}_5$  氧化为  $\text{MnO}_2$ ，发生反应  $\text{H}_2\text{O} + \text{Mn}^{2+} + \text{HSO}_5^- = \text{MnO}_2 + \text{SO}_4^{2-} + 3\text{H}^+$ ， $\text{Fe}^{3+}$  水解同时生成氢氧化铁，“沉钴镍”过程中， $\text{Co}^{2+}$  变为  $\text{Co(OH)}_2$ ，在空气中可被氧化成  $\text{CoO(OH)}$ 。

【小问 1 详解】

用硫酸浸取镍钴矿时，为提高浸取速率可适当增大硫酸浓度、升高温度或将镍钴矿粉碎增大接触面积

【小问 2 详解】

(H<sub>2</sub>SO<sub>5</sub>) 的结构简式为  $\text{O}=\overset{\text{O}}{\underset{\text{O}-\text{H}}{\text{S}}}-\text{O}-\text{O}-\text{H}$ ，所以 1mol H<sub>2</sub>SO<sub>5</sub> 中过氧键的数目为 N<sub>A</sub>

【小问 3 详解】

用石灰乳调节 pH = 4，Mn<sup>2+</sup> 被 H<sub>2</sub>SO<sub>5</sub> 氧化为 MnO<sub>2</sub>，该反应的离子方程式为：

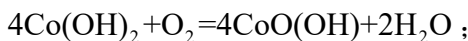
H<sub>2</sub>O + Mn<sup>2+</sup> + HSO<sub>5</sub><sup>-</sup> = MnO<sub>2</sub> + SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> + 3H<sup>+</sup>；氢氧化铁的 K<sub>sp</sub> = 10<sup>-37.4</sup>，当铁离子完全沉淀时，溶液中 c(Fe<sup>3+</sup>) = 10<sup>-5</sup> mol/L，K<sub>sp</sub> = c(OH<sup>-</sup>)<sup>3</sup> × c(Fe<sup>3+</sup>) = c(OH<sup>-</sup>)<sup>3</sup> × 10<sup>-5</sup> = 10<sup>-37.4</sup>，c(OH<sup>-</sup>) = 10<sup>-10.8</sup> mol/L，根据 Kw = 10<sup>-14</sup>，pH = 3.2，此时溶液的 pH = 4，则铁离子完全水解，生成氢氧化铁沉淀，故滤渣还有氢氧化铁；

【小问 4 详解】

根据图示可知 SO<sub>2</sub> 体积分数为 0.9% 时，Mn(II) 氧化速率最大；继续增大 SO<sub>2</sub> 体积分数时，由于 SO<sub>2</sub> 有还原性，过多将会降低 H<sub>2</sub>SO<sub>5</sub> 的浓度，降低 Mn(II) 氧化速率

【小问 5 详解】

“沉钴镍”中得到的 Co(OH)<sub>2</sub>，在空气中可被氧化成 CoO(OH)，该反应的化学方程式为：



【小问 6 详解】

氢氧化镁的 K<sub>sp</sub> = 10<sup>-10.8</sup>，当镁离子完全沉淀时，c(Mg<sup>2+</sup>) = 10<sup>-5</sup> mol/L，根据 K<sub>sp</sub> 可计算 c(OH<sup>-</sup>) = 10<sup>-2.9</sup> mol/L，根据 Kw = 10<sup>-14</sup>，c(H<sup>+</sup>) = 10<sup>-11.1</sup> mol/L，所以溶液的 pH = 11.1；

17. 2-噻吩乙醇 (M<sub>r</sub> = 128) 是抗血栓药物氯吡格雷的重要中间体，其制备方法如下：



I. 制钠砂。向烧瓶中加入 300mL 液体 A 和 4.60g 金属钠，加热至钠熔化后，盖紧塞子，振荡至大量微小钠珠出现。

II. 制噻吩钠。降温至 10°C，加入 25mL 噻吩，反应至钠砂消失。

III. 制噻吩乙醇钠。降温至 -10°C，加入稍过量的环氧乙烷的四氢呋喃溶液，反应 30min。

IV. 水解。恢复室温，加入 70mL 水，搅拌 30min；加盐酸调 pH 至 4~6，继续反应 2h，分液；用水洗涤有机相，二次分液。

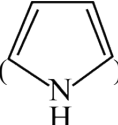
V. 分离。向有机相中加入无水 MgSO<sub>4</sub>，静置，过滤，对滤液进行蒸馏，蒸出四氢呋喃、噻吩和液体 A

后，得到产品17.92g。

回答下列问题：

(1) 步骤 I 中液体 A 可以选择\_\_\_\_\_。

- a. 乙醇    b. 水    c. 甲苯    d. 液氨

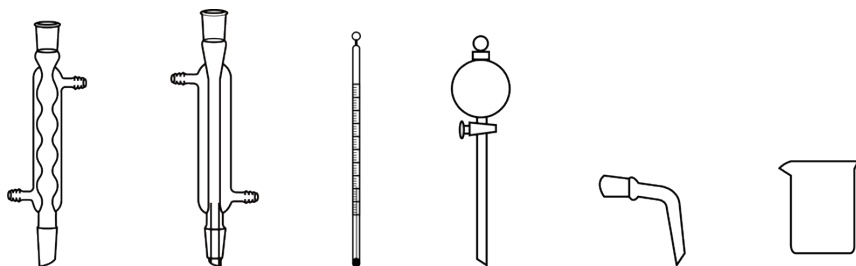
(2) 噻吩沸点低于吡咯()的原因是\_\_\_\_\_。

(3) 步骤 II 的化学方程式为\_\_\_\_\_。

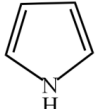
(4) 步骤 III 中反应放热，为防止温度过高引发副反应，加入环氧乙烷溶液的方法是\_\_\_\_\_。

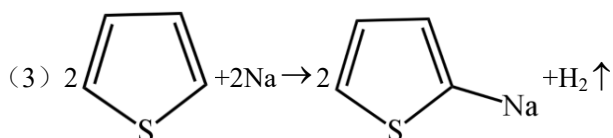
(5) 步骤 IV 中用盐酸调节 pH 的目的是\_\_\_\_\_。

(6) 下列仪器在步骤 V 中无需使用的是\_\_\_\_\_ (填名称)：无水  $MgSO_4$  的作用为\_\_\_\_\_。



(7) 产品的产率为\_\_\_\_\_ (用 Na 计算，精确至 0.1%)。

【答案】(1) c    (2):  中含有 N 原子，可以形成分子间氢键，氢键可以使熔沸点升高



(4) 将环氧乙烷溶液沿烧杯壁缓缓加入，此过程中不断用玻璃棒进行搅拌来散热

(5) 将 NaOH 中和，使平衡正向移动，增大反应物的转化率

(6) ①. 球形冷凝管和分液漏斗    ②. 除去水

(7) 70.0%

【解析】

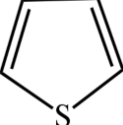
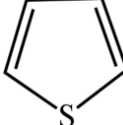
【小问 1 详解】

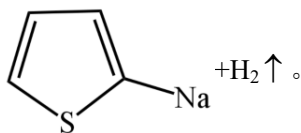
步骤 I 制钠砂过程中，液体 A 不能和 Na 反应，而乙醇、水和液氨都能和金属 Na 反应，故选 c。

【小问 2 详解】

噻吩沸点低于吡咯()的原因是：中含有 N 原子，可以形成分子间氢键，氢键可以使熔沸点升高。

【小问 3 详解】

步骤 II 中  和 Na 反应生成 2-噻吩钠和 H<sub>2</sub>，化学方程式为： + 2Na → 2



【小问 4 详解】

步骤 III 中反应放热，为防止温度过高引发副反应，加入环氧乙烷溶液的方法是：将环氧乙烷溶液沿烧杯壁缓缓加入，此过程中不断用玻璃棒进行搅拌来散热。

【小问 5 详解】

2-噻吩乙醇钠水解生成 2-噻吩乙醇的过程中有 NaOH 生成，用盐酸调节 pH 的目的是将 NaOH 中和，使平衡正向移动，增大反应物的转化率。

【小问 6 详解】

步骤 V 中的操作有过滤、蒸馏，蒸馏的过程中需要直形冷凝管不能用球形冷凝管，无需使用的是球形冷凝管和分液漏斗；向有机相中加入无水 MgSO<sub>4</sub> 的作用是：除去水。

【小问 7 详解】

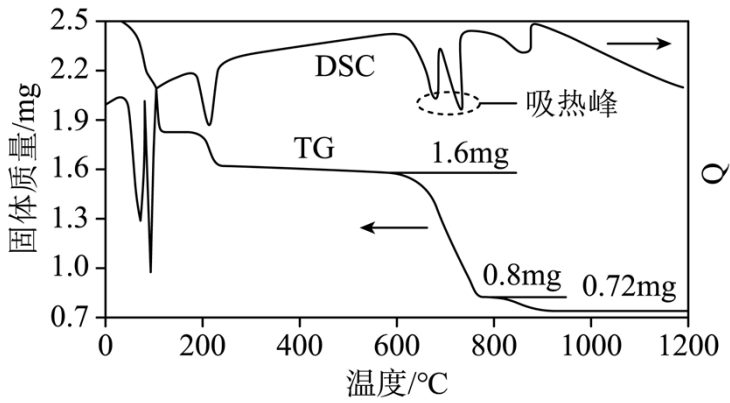
步骤 I 中向烧瓶中加入 300mL 液体 A 和 4.60g 金属钠，Na 的物质的量为  $\frac{4.60\text{g}}{23\text{g/mol}}=0.2\text{mol}$ ，步骤 II 中

Na 完全反应，根据方程式可知，理论上可以生成 0.2mol 2-噻吩乙醇，产品的产率为

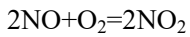
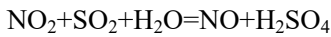
$$\frac{17.92\text{g}}{0.2\text{mol} \times 128\text{g/mol}} \times 100\% = 70.0\%$$

18. 硫酸工业在国民经济中占有重要地位。

(1) 我国古籍记载了硫酸的制备方法——“炼石胆(CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O)取精华法”。借助现代仪器分析，该制备过程中 CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O 分解的 TG 曲线(热重)及 DSC 曲线(反映体系热量变化情况，数值已省略)如下图所示。700°C 左右有两个吸热峰，则此时分解生成的氧化物有 SO<sub>2</sub>、\_\_\_\_\_和 \_\_\_\_\_(填化学式)。



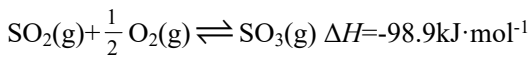
(2) 铅室法使用了大容积铅室制备硫酸(76%以下), 副产物为亚硝基硫酸, 主要反应如下:



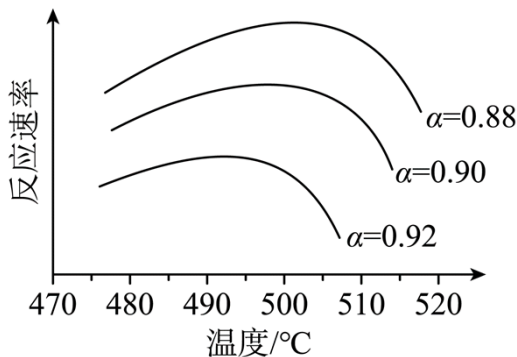
(i)上述过程中  $\text{NO}_2$  的作用为\_\_\_\_\_。

(ii)为了适应化工生产的需求, 铅室法最终被接触法所代替, 其主要原因是\_\_\_\_\_(答出两点即可)。

(3) 接触法制硫酸的关键反应为  $\text{SO}_2$  的催化氧化:

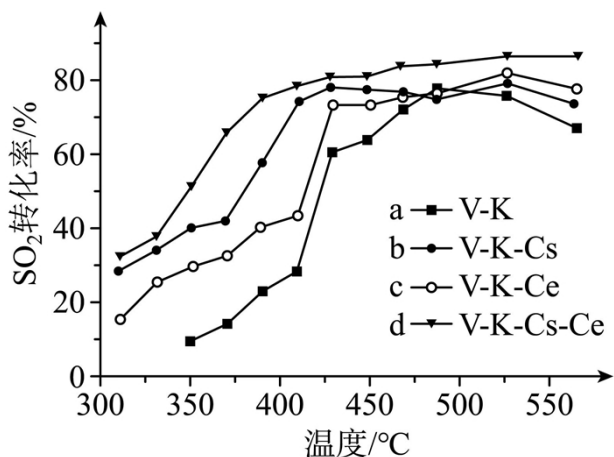


(i)为寻求固定投料比下不同反应阶段的最佳生产温度, 绘制相应转化率( $\alpha$ )下反应速率(数值已略去)与温度的关系如下图所示, 下列说法正确的是\_\_\_\_\_。



- 温度越高, 反应速率越大
- $\alpha=0.88$  的曲线代表平衡转化率
- $\alpha$  越大, 反应速率最大值对应温度越低
- 可根据不同  $\alpha$  下的最大速率, 选择最佳生产温度

(ii)为提高钒催化剂的综合性能, 我国科学家对其进行了改良。不同催化剂下, 温度和转化率关系如下图所示, 催化性能最佳的是\_\_\_\_\_(填标号)。



(iii) 设  $O_2$  的平衡分压为  $p$ ,  $SO_2$  的平衡转化率为  $\alpha_e$ , 用含  $p$  和  $\alpha_e$  的代数式表示上述催化氧化反应的  $K_p = \underline{\hspace{2cm}}$  (用平衡分压代替平衡浓度计算)。

【答案】(1) ①. CuO ②.  $SO_3$

(2) ①. 催化剂 ②. 反应中有污染空气的 NO 和  $NO_2$  放出影响空气环境、 $NO_2$  可以溶解在硫酸中给产物硫酸带来杂质、产率不高 (答案合理即可)

(3) ①. cd ②. d ③.  $\frac{(1-\alpha_e)}{\alpha_e \cdot p^2}$

【解析】

【小问 1 详解】

根据图示的热重曲线所示, 在  $700^\circ C$  左右会出现两个吸热峰, 说明此时  $CuSO_4$  发生热分解反应, 从 TG 图像可以看出, 质量减少量为原  $CuSO_4$  质量的一半, 说明有固体 CuO 剩余, 还有其他气体产出, 此时气体产物

为  $SO_2$ 、 $SO_3$ 、 $O_2$ , 可能出现的化学方程式为  $3CuSO_4 \xrightarrow{700^\circ C} 3CuO + 2SO_2 \uparrow + SO_3 \uparrow + O_2 \uparrow$ , 结合反应中产物的固

体产物质量和气体产物质量可以确定, 该反应的产物为 CuO、 $SO_2$ 、 $SO_3$ 、 $O_2$ , 故答案为 CuO、 $SO_3$ 。

【小问 2 详解】

(i) 根据所给的反应方程式,  $NO_2$  在反应过程中消耗再生成, 说明  $NO_2$  在反应中起催化剂的作用;

(ii) 近年来, 铅室法被接触法代替因为在反应中有污染空气的 NO 和  $NO_2$  放出影响空气环境、同时作为催化剂的  $NO_2$  可以溶解在硫酸中给产物硫酸带来杂质影响产品质量、产率不高 (答案合理即可)。

【小问 3 详解】

(i)a. 根据不同转化率下的反应速率曲线可以看出, 随着温度的升高反应速率先加快后减慢, a 错误;

b. 从图中所给出的速率曲线可以看出, 相同温度下, 转化率越低反应速率越快, 但在转化率小于 88% 时的反应速率图像并没有给出, 无法判断  $\alpha=0.88$  的条件下是平衡转化率, b 错误;

c. 从图像可以看出随着转化率的增大, 最大反应速率不断减小, 最大反应速率出现的温度也逐渐降低, c

正确；

d. 从图像可以看出随着转化率的增大，最大反应速率出现的温度也逐渐降低，这时可以根据不同转化率选择合适的反应温度以减少能源的消耗，d 正确；

故答案选 cd；

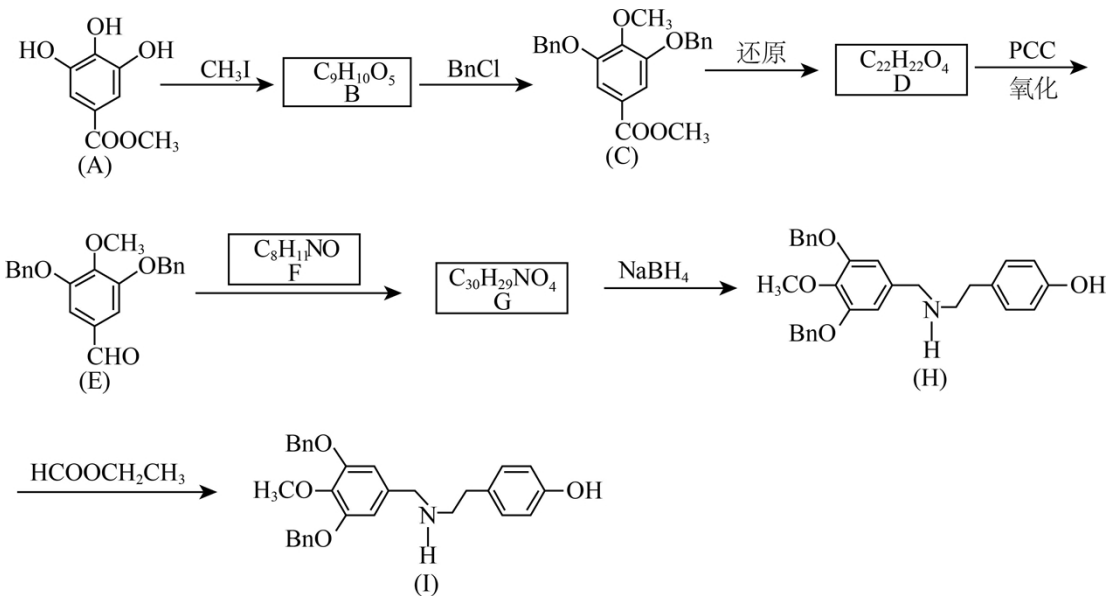
(ii) 为了提高催化剂的综合性能，科学家对催化剂进行了改良，从图中可以看出标号为 d 的催化剂 V-K-Cs-Ce 对 SO<sub>2</sub> 的转化率最好，产率最佳，故答案选 d；

(iii) 利用分压代替浓度计算平衡常数，反应的平衡常数  $K_p = \frac{p(\text{SO}_3)}{p(\text{SO}_2)p^{\frac{1}{2}}(\text{O}_2)} = \frac{\frac{n(\text{SO}_3)}{n(\text{总})}p(\text{总})}{\frac{n(\text{SO}_2)}{n(\text{总})}p(\text{总}) \cdot p^{\frac{1}{2}}(\text{O}_2)}$

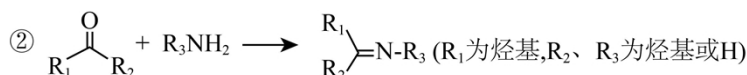
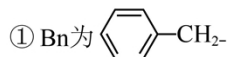
$\frac{n(\text{SO}_3)}{n(\text{SO}_2) \cdot p^{\frac{1}{2}}(\text{O}_2)}$ ；设 SO<sub>2</sub> 初始量为  $m$  mol，则平衡时  $n(\text{SO}_2) = m \cdot \alpha_e$ ， $n(\text{SO}_3) = m - m \cdot \alpha_e = m(1 - \alpha_e)$ ， $K_p =$

$\frac{m(1 - \alpha_e)}{m \cdot \alpha_e \cdot p^{\frac{1}{2}}(\text{O}_2)} = \frac{(1 - \alpha_e)}{\alpha_e \cdot p^{\frac{1}{2}}}$ ，故答案为  $\frac{(1 - \alpha_e)}{\alpha_e \cdot p^{\frac{1}{2}}}$ 。

19. 加兰他敏是一种天然生物碱，可作为阿尔茨海默症的药物，其中间体的合成路线如下。



已知：



回答下列问题：

(1) A 中与卤代烃成醚活性高的羟基位于酯基的 \_\_\_\_\_ 位(填“间”或“对”)。

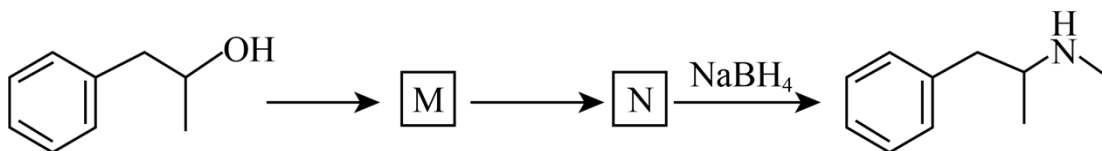
(2) C 发生酸性水解，新产生的官能团为羟基和 \_\_\_\_\_ (填名称)。

(3) 用  $O_2$  代替 PCC 完成 D→E 的转化, 化学方程式为\_\_\_\_\_。

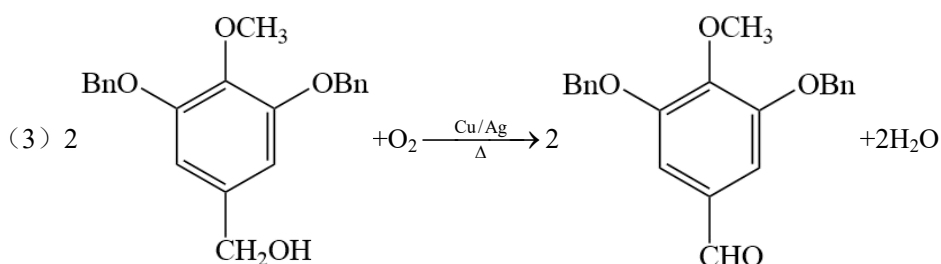
(4) F 的同分异构体中, 红外光谱显示有酚羟基、无 N-H 键的共有\_\_\_\_\_种。

(5) H→I 的反应类型为\_\_\_\_\_。

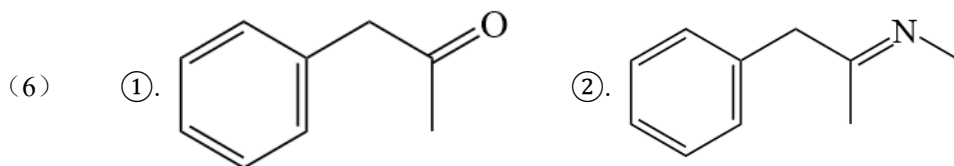
(6) 某药物中间体的合成路线如下(部分反应条件已略去), 其中 M 和 N 的结构简式分别为\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。



【答案】(1) 对 (2) 羧基

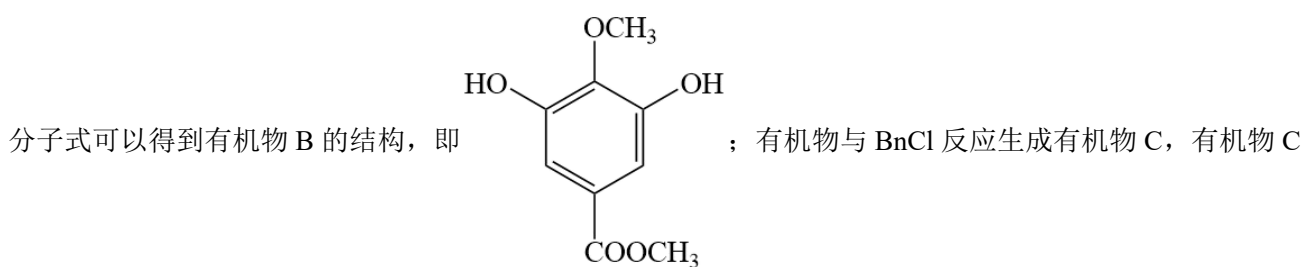


(4) 3 (5) 取代

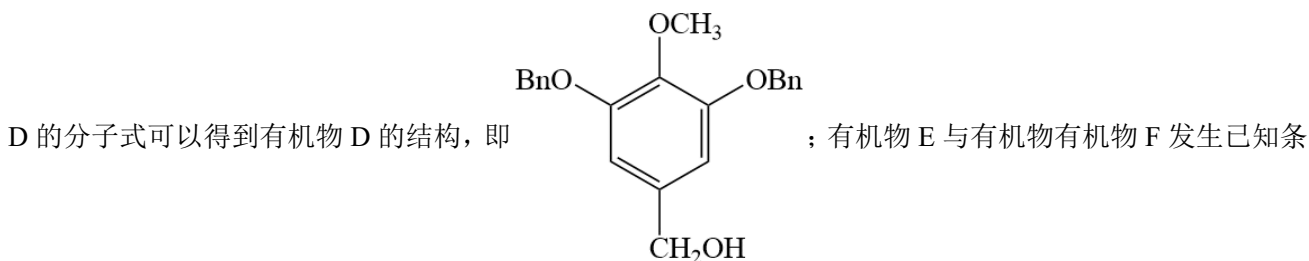


【解析】

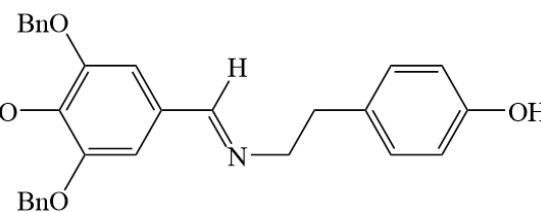
【分析】根据有机物 A 的结构和有机物 C 的结构, 有机物 A 与  $CH_3I$  反应生成有机物 B, 根据有机物 B 的

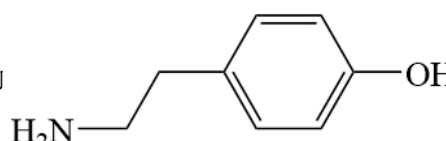


发生还原反应生成有机物 D, 有机物 D 与 PCC 发生氧化反应生成有机物 E, 根据有机物 E 的结构和有机物



件给的②反应生成有机物 G, 有机物 G 发生还原反应生成有机物 H, 根据有机物 H 与有机物 G 的分子式可

以得到有机物 G 的结构，即 ，同时也可得到有机物 F 的结

构，即 ；随后有机物 H 与  $\text{HCOOCH}_2\text{CH}_3$  反应生成有机物 I。由此分析解题。

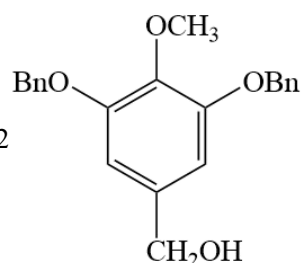
#### 【小问 1 详解】

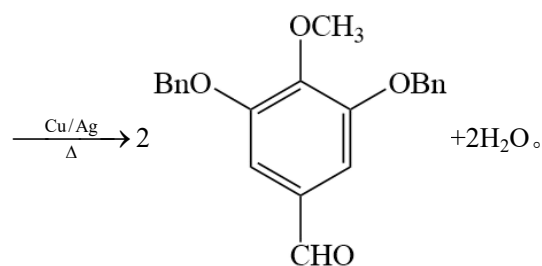
由有机物 A 与  $\text{CH}_3\text{I}$  反应得到有机物 B 可知，酚与卤代烃反应成醚时，优先与其含有的其他官能团的对位羟基发生反应，即酯基对位的酚羟基活性最高，可以发生成醚反应，故答案为：对位。

#### 【小问 2 详解】

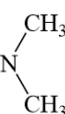
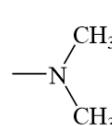
有机物 C 在酸性条件下发生水解，其含有的酯基发生水解生成羧基，其含有的醚键发生水解生成酚羟基，故答案为羧基。

#### 【小问 3 详解】

$\text{O}_2$  与有机物 D 发生催化氧化反应生成有机物 E，反应的化学方程式为 2  +  $\text{O}_2$



#### 【小问 4 详解】

F 的同分异构体中不含有 N-H 键，说明结构中含有  结构，又因红外中含有酚羟基，说明结构中含有苯环和羟基，固定羟基的位置， 有邻、间、对三种情况，故有 3 种同分异构体。

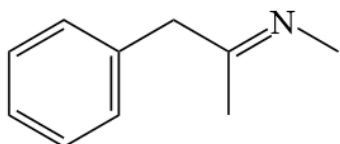
#### 【小问 5 详解】

有机物 H 与  $\text{HCOOCH}_2\text{CH}_3$  反应生成有机物 I，反应时，有机物 H 中的 N-H 键发生断裂，与  $\text{HCOOCH}_2\text{CH}_3$

中断裂的醛基结合，故反应类型为取代反应。

【小问 6 详解】

根据题目中给的反应条件和已知条件，利用逆合成法分析，有机物 N 可以与  $\text{NaBH}_4$  反应生成最终产物，类似于题中有机物 G 与  $\text{NaBH}_4$  反应生成有机物 H，作用位置为有机物 N 的  $\text{N}=\text{C}$  上，故有机物 N 的结构为



，有机物 M 可以发生已知条件所给的反应生成有机物 N，说明有机物 M 中含有

$\text{C}=\text{O}$ ，结合反应原料中含有羟基，说明原料发生反应生成有机物 M 的反应是羟基的催化氧化，有机物 M 的

