

2023 年高考辽宁卷化学真题

一、单选题

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 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

【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。

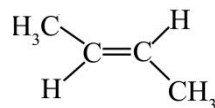
2. 下列化学用语或表述正确的是

A. BeCl_2 的空间结构：V 形

B. 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：



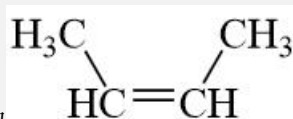
【答案】B

【详解】A. BeCl_2 的中心原子为 Be，根据 VSEPR 模型可以计算， BeCl_2 中不含有孤电子对，因此 BeCl_2 为直线型分子，A 错误；

B. 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， P_4 分子中的共价键类型均为非极性共价键，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；

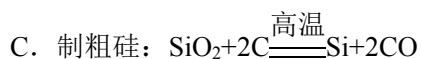
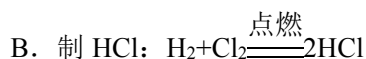
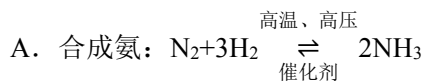
D. 顺-2-丁烯的结构中两个甲基在双键的同一侧，其结构简式为



，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

【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 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \xrightleftharpoons[\text{催化剂}]{\text{高温、高压}} 2\text{NH}_3$, 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 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 Na_2CO_3 与 NaHCO_3
- B. 用 KSCN 溶液检验 FeSO_4 是否变质
- C. 用盐酸酸化的 BaCl_2 溶液检验 Na_2SO_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

【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. Fe^{2+} 变质后会生成 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. Na_2SO_3 被氧化后会变成 Na_2SO_4 , 加入盐酸酸化的 BaCl_2 后可以产生白色沉淀, 可以用来检验 Na_2SO_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. 11.2LCO_2 含 π 键数目为 N_A
- B. 每生成 2.8gN_2 转移电子数目为 N_A

C. 0.1molKNO_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 S^{2-} 数目为 $0.1N_A$

【答案】C

【详解】A. CO_2 分子含有 2 个 π 键，题中没有说是标况条件下，气体摩尔体积未知，无法计算 π 键个数，A 项错误；

B. 2.8gN_2 的物质的量 $n = \frac{m}{M} = \frac{2.8}{28}\text{mol} = 0.1\text{mol}$ ， 1molN_2 生成转移的电子数为 $12N_A$ ，则 0.1molN_2 转移的电子数为 $1.2N_A$ ，

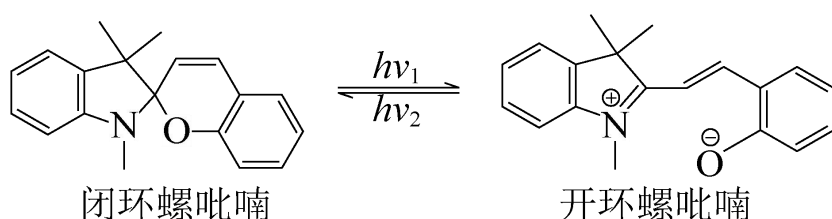
B 项错误；

C. 0.1molKNO_3 晶体含有离子为 K^+ 、 NO_3^- ，含有离子数目为 $0.2N_A$ ，C 项正确；

D. 因为 S^{2-} 水解使溶液中 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



A. 均有手性

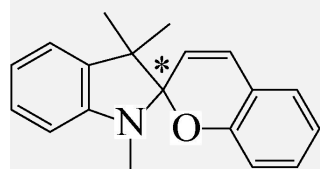
B. 互为同分异构体

C. N 原子杂化方式相同

D. 闭环螺吡喃亲水性更好

【答案】B

【详解】A. 手性碳是连有四个不同的原子或原子团的碳原子，闭环螺吡喃含有一个手性碳原子



，因此具有手性，开环螺吡喃不含手性碳原子，不具备手性，故 A 错误；

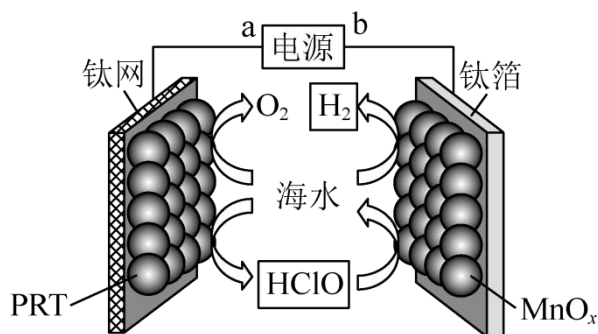
B. 根据它们的结构简式，分子式均为 $\text{C}_{19}\text{H}_{19}\text{NO}$ ，它们结构不同，因此互为同分异构体，故 B 正确；

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



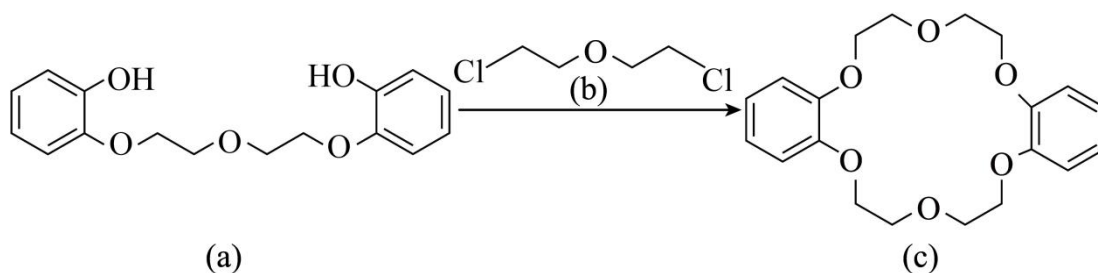
- A. b 端电势高于 a 端电势
B. 理论上转移 2mole^- 生成 4gH_2
C. 电解后海水 pH 下降
D. 阳极发生: $\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O} - 2\text{e}^- = \text{HClO} + \text{H}^+$

【答案】D

【分析】根据图示，钛网上海水中 Cl^- 、 H_2O 发生失电子的氧化反应生成 HClO 、 O_2 ，钛网为阳极，电极反应式为 $\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O} - 2\text{e}^- = \text{HClO} + \text{H}^+$ ，钛箔上生成 H_2 ，钛箔上生成 H_2 的电极反应为 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2\uparrow$ ，钛箔为阴极，高选择性催化剂 PRT 可抑制 O_2 产生，电解的主要总反应为 $\text{H}^+ + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} \text{HClO} + \text{H}_2\uparrow$ ，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: $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2\uparrow$ ，则理论上转移 2mole^- 生成 2gH_2 ，B 错误；
C. 由分析可知，电解的主要总反应为 $\text{H}^+ + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} \text{HClO} + \text{H}_2\uparrow$ ，电解后海水中 H^+ 浓度减小，pH 上升，C 错误；
D. 由图可知，阳极上的电极反应为: $\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O} - 2\text{e}^- = \text{HClO} + \text{H}^+$ ，D 正确；
故选 D。

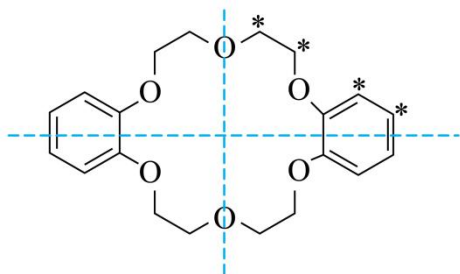
8. 冠醚因分子结构形如皇冠而得名，某冠醚分子 c 可识别 K^+ ，其合成方法如下。下列说法错误的是



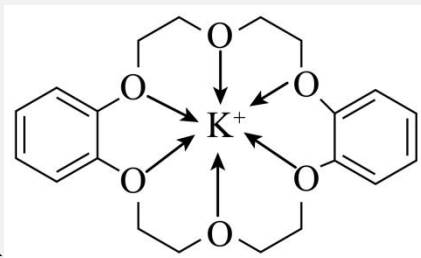
- A. 该反应为取代反应
B. a、b 均可与 NaOH 溶液反应
C. c 核磁共振氢谱有 3 组峰
D. c 可增加 KI 在苯中的溶解度

【答案】C

- 【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：



，核磁共振氢谱有 4 组峰，C 错误；



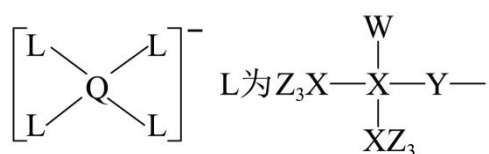
D. c 可与 K^+ 形成螯合离子

，该物质在苯中溶解度较大，因此 c 可增加 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 $Z > Y > X$

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】A

【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 CH_4 就是非极性分子，A 错误；

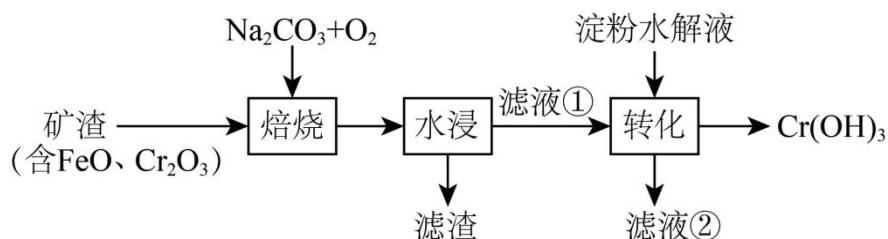
B. 同周期元素从左到右第一电离能呈增大趋势，则第一电离能 $F > O > C$ ，B 正确；

C. Q 为 Al， Al_2O_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 A。

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



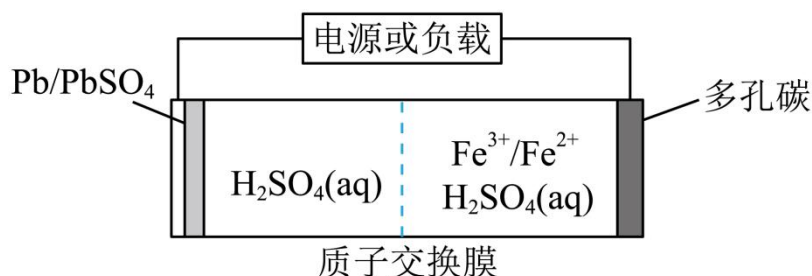
- A. “焙烧”中产生 CO_2 B. 滤渣的主要成分为 $\text{Fe}(\text{OH})_2$
- C. 滤液①中 Cr 元素的主要存在形式为 CrO_4^{2-} D. 淀粉水解液中的葡萄糖起还原作用

【答案】B

【分析】焙烧过程中铁转化为三氧化铁、铬元素被氧化转化为对应钠盐，水浸中氧化铁不溶转化为滤渣，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氧化铁、铬酸钠和二氧化碳，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 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 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

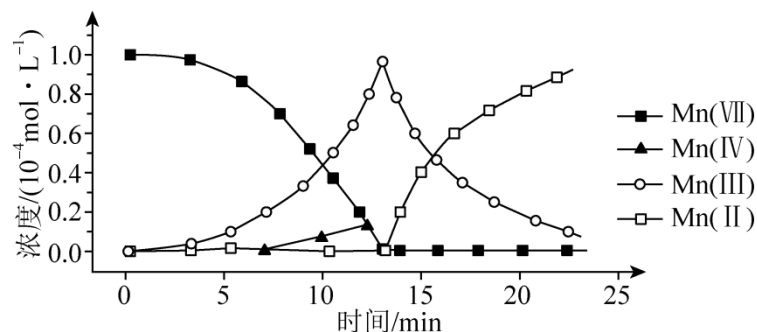
【分析】该储能电池放电时，Pb 为负极，失电子结合硫酸根离子生成 PbSO_4 ，则多孔碳电极为正极，正极上 Fe^{3+} 得电子转化为 Fe^{2+} ，充电时，多孔碳电极为阳极， Fe^{2+} 失电子生成 Fe^{3+} ， PbSO_4 电极为阴极， PbSO_4 得电子生成 Pb 和硫酸。

【详解】A. 放电时负极上 Pb 失电子结合硫酸根离子生成 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 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 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

【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 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 $\text{I}_3^-(\text{aq})$ 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	I_2 在水中溶解度较小

B	溶液颜色加深	发生了反应： $I_2 + I^- \rightleftharpoons I_3^-$
C	紫黑色晶体消失	$I_2(aq)$ 的消耗使溶解平衡 $I_2(s) \rightleftharpoons I_2(aq)$ 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

【详解】A. 向 10mL 蒸馏水中加入 0.4g I_2 ，充分振荡，溶液呈浅棕色，说明 I_2 的浓度较小，因为 I_2 在水中溶解度较小，A 项正确；

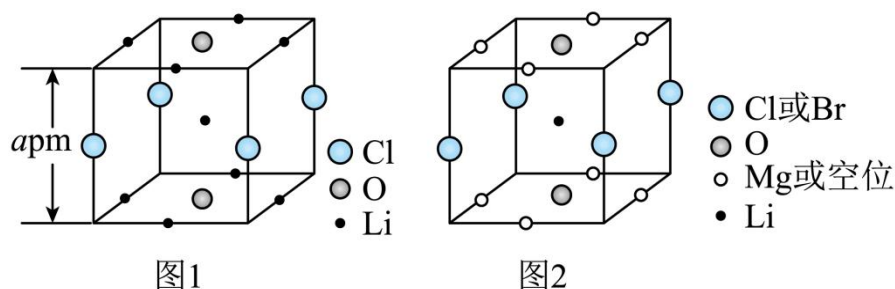
B. 已知 $I_3^-(aq)$ 为棕色，加入 0.2g 锌粒后，Zn 与 I_2 反应生成 ZnI_2 ，生成的 I^- 与 I_2 发生反应 $I^- + I_2 \rightleftharpoons I_3^-$ ，生成 I_3^- 使溶液颜色加深，B 项正确；

C. I_2 在水中存在溶解平衡 $I_2(s) \rightleftharpoons I_2(aq)$ ，Zn 与 I_2 反应生成的 I^- 与 $I_2(aq)$ 反应生成 I_3^- ， $I_2(aq)$ 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



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^{2+} 取代产生的空位有利于 Li^+ 传导

【答案】C

【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；

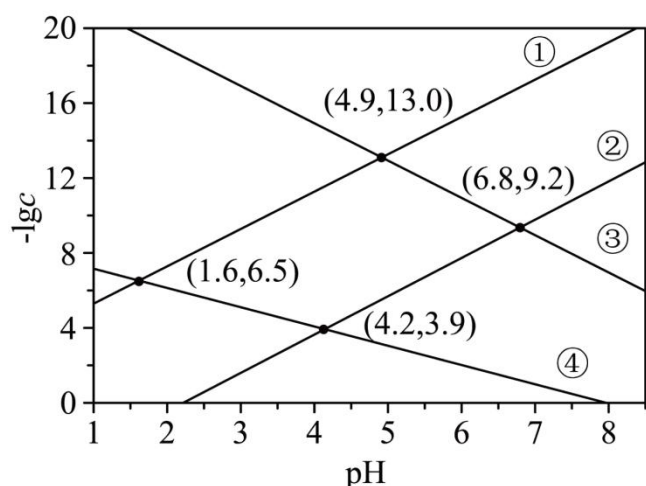
C. 根据均摊法，图 2 中 Li: 1，Mg 或空位为 $8 \times \frac{1}{4} = 2$ 。O: $2 \times \frac{1}{2} = 1$ ，Cl 或 Br: $4 \times \frac{1}{4} = 1$ ，Mg 的个数小于 2，根据正负化

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 Mg^{2+} 取代产生的空位有利于 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 H_2S 饱和，即 $c(\text{H}_2\text{S}) = 0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，通过调节 pH 使 Ni^{2+} 和 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 HS^- 、 S^{2-} 、 Ni^{2+} 和 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

【分析】已知 H_2S 饱和溶液中随着 pH 的增大， H_2S 的浓度逐渐减小， HS^- 的浓度增大， 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， HS^- 浓度大于 S^{2-} ，即 $-\lg c(\text{HS}^-)$ 小于 $-\lg c(\text{S}^{2-})$ ，则 Ni^{2+} 和 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 Cd^{2+} 、②代表 Ni^{2+} 、③代表 S^{2-} 、④代表 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 Cd^{2+} 、③代表 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 $K_{\text{sp}}(\text{CdS}) = c(\text{Cd}^{2+}) \cdot c(\text{S}^{2-}) = 10^{-13}\text{mol/L} \times 10^{-13}\text{mol/L} = 10^{-26}$ ，A 错误；

B. 由分析可知，③为 pH 与 $-\lg c(\text{S}^{2-})$ 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 $c(\text{H}^+) = 10^{-1.6}\text{mol/L}$ 时， $c(\text{HS}^-) = 10^{-6.5}\text{mol/L}$ ，

$$K_{\text{a}1}(\text{H}_2\text{S}) = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{HS}^-)}{c(\text{H}_2\text{S})} = \frac{10^{-1.6}\text{mol/L} \times 10^{-6.5}\text{mol/L}}{0.1\text{mol/L}} = 10^{-7.1} \text{ 或者当 } c(\text{H}^+) = 10^{-4.2}\text{mol/L} \text{ 时， } c(\text{HS}^-) = 10^{-3.9}\text{mol/L，} K_{\text{a}1}(\text{H}_2\text{S}) =$$

$$\frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{HS}^-)}{c(\text{H}_2\text{S})} = \frac{10^{-4.2}\text{mol/L} \times 10^{-3.9}\text{mol/L}}{0.1\text{mol/L}} = 10^{-7.1}，C \text{ 错误；}$$

D. 已知 $K_{\text{a}1}K_{\text{a}2} = \frac{c(\text{H}^+)c(\text{HS}^-)}{c(\text{H}_2\text{S})} \cdot \frac{c(\text{H}^+)c(\text{S}^{2-})}{c(\text{HS}^-)} = \frac{c^2(\text{H}^+) \cdot c(\text{S}^{2-})}{c(\text{H}_2\text{S})}$ ，由曲线③两点坐标可知，当 $c(\text{H}^+) = 10^{-4.9}\text{mol/L}$ 时， $c(\text{S}^{2-}) = 10^{-13}\text{mol/L}$ ，

或者当 $c(\text{H}^+) = 10^{-6.8} \text{ mol/L}$ 时, $c(\text{S}^{2-}) = 10^{-9.2} \text{ mol/L}$, 故有

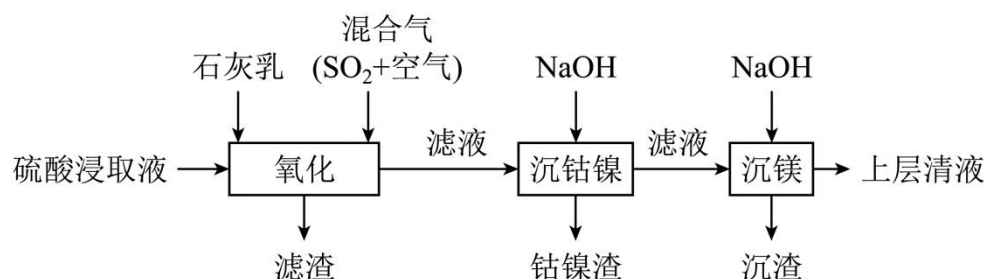
$$K_{a1}K_{a2} = \frac{c^2(\text{H}^+)c(\text{S}^{2-})}{c(\text{H}_2\text{S})} = \frac{(10^{-4.9} \text{ mol/L})^2 \times 10^{-13} \text{ mol/L}}{0.1 \text{ mol/L}} = \frac{(10^{-6.8} \text{ mol/L})^2 \times 10^{-9.2} \text{ mol/L}}{0.1 \text{ mol/L}} = 10^{-21.8}$$

结合 C 项分析可知 $K_{a1} = 10^{-7.1}$, 故有 $K_{a2}(\text{H}_2\text{S}) = 10^{-14.7}$, D 正确;

故答案为 D。

二、工业流程题

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

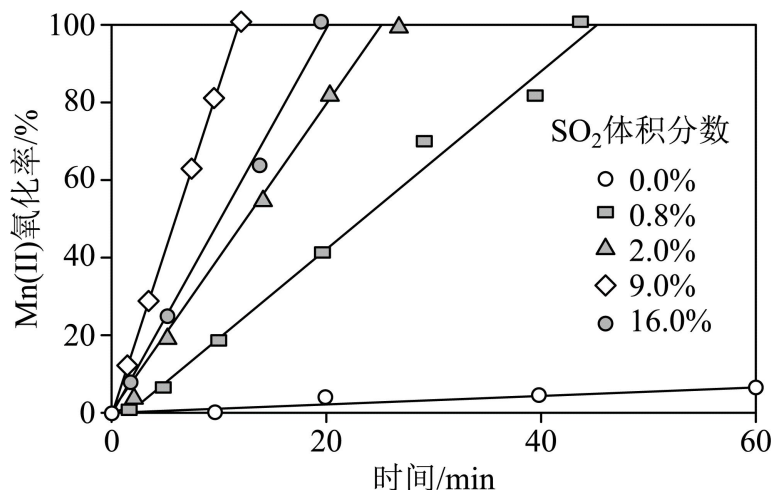
回答下列问题:

(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), $1 \text{ mol H}_2\text{SO}_5$ 中过氧键的数目为_____。

(3) “氧化”中, 用石灰乳调节 $\text{pH} = 4$, Mn^{2+} 被 H_2SO_5 氧化为 MnO_2 , 该反应的离子方程式为_____ (H_2SO_5 的电离第一步完全, 第二步微弱); 滤渣的成分为 MnO_2 、_____ (填化学式)。

(4) “氧化”中保持空气通入速率不变, $\text{Mn}(\text{II})$ 氧化率与时间的关系如下。 SO_2 体积分数为_____ 时, $\text{Mn}(\text{II})$ 氧化速率最大; 继续增大 SO_2 体积分数时, $\text{Mn}(\text{II})$ 氧化速率减小的原因是_____。



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

(6)“沉镁”中为使 Mg^{2+} 沉淀完全(25℃)，需控制 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) $\text{H}_2\text{O} + \text{Mn}^{2+} + \text{HSO}_5^- = \text{MnO}_2 + \text{SO}_4^{2-} + 3\text{H}^+$ CaSO_4 、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$

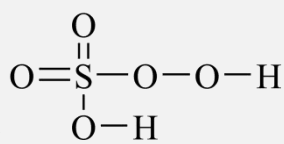
(4) 9.0% SO_2 有还原性，过多将会降低 H_2SO_5 的浓度，降低 $\text{Mn}(\text{II})$ 氧化速率

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

(6)11.1

【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(H_2SO_5)，用石灰乳调节 $\text{pH} = 4$ ， Mn^{2+} 被 H_2SO_5 氧化为 MnO_2 ，发生反应 $\text{H}_2\text{O} + \text{Mn}^{2+} + \text{HSO}_5^- = \text{MnO}_2 + \text{SO}_4^{2-} + 3\text{H}^+$ ， Fe^{3+} 水解同时生成氢氧化铁，“沉钴镍”过程中， Co^{2+} 变为 $\text{Co}(\text{OH})_2$ ，在空气中可被氧化成 $\text{CoO}(\text{OH})$ 。

【详解】(1) 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



(2) (H_2SO_5) 的结构简式为 $\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ \text{O}=\text{S}-\text{O}-\text{O}-\text{H} \\ | \\ \text{O}-\text{H} \end{array}$ ，所以 $1\text{molH}_2\text{SO}_5$ 中过氧键的数目为 N_A

(3) 用石灰乳调节 $\text{pH} = 4$ ， Mn^{2+} 被 H_2SO_5 氧化为 MnO_2 ，该反应的离子方程式为：

$\text{H}_2\text{O} + \text{Mn}^{2+} + \text{HSO}_5^- = \text{MnO}_2 + \text{SO}_4^{2-} + 3\text{H}^+$ ；氢氧化铁的 $K_{\text{sp}} = 10^{-37.4}$ ，当铁离子完全沉淀时，溶液中 $c(\text{Fe}^{3+}) = 10^{-5}\text{mol/L}$ ， $K_{\text{sp}} = c(\text{OH}^-)^3 \times c(\text{Fe}^{3+}) = c(\text{OH}^-)^3 \times 10^{-5} = 10^{-37.4}$ ， $c(\text{OH}^-) = 10^{-10.8}\text{mol/L}$ ，根据 $K_w = 10^{-14}$ ， $\text{pH} = 3.2$ ，此时溶液的 $\text{pH} = 4$ ，则铁离子完全水解，生成氢氧化铁沉淀；由于 CaSO_4 微溶于水，故滤渣还有 CaSO_4 和氢氧化铁；

(4) 根据图示可知 SO_2 体积分数为 0.9% 时， $\text{Mn}(\text{II})$ 氧化速率最大；继续增大 SO_2 体积分数时，由于 SO_2 有还原性，过多将会降低 H_2SO_5 的浓度，降低 $\text{Mn}(\text{II})$ 氧化速率

(5) “沉钴镍”中得到的 $\text{Co}(\text{OH})_2$ ，在空气中可被氧化成 $\text{CoO}(\text{OH})$ ，该反应的化学方程式为：

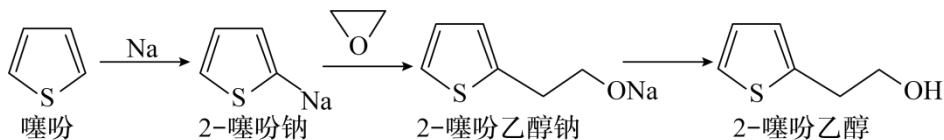
$4\text{Co}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 = 4\text{CoO}(\text{OH}) + 2\text{H}_2\text{O}$ ；

(6) 氢氧化镁的 $K_{\text{sp}} = 10^{-10.8}$ ，当镁离子完全沉淀时， $c(\text{Mg}^{2+}) = 10^{-5}\text{mol/L}$ ，根据 K_{sp} 可计算 $c(\text{OH}^-) = 10^{-2.9}\text{mol/L}$ ，根

据 $K_w=10^{-14}$, $c(H^+)=10^{-11.1}mol/L$, 所以溶液的 $pH=11.1$;

三、实验探究题

17. 2—噻吩乙醇($M_r = 128$)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 $10^{\circ}C$, 加入 25mL 噻吩, 反应至钠砂消失。

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

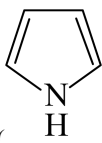
IV. 水解。恢复室温, 加入 70mL 水, 搅拌 30min; 加盐酸调 pH 至 4~6, 继续反应 2h, 分液; 用水洗涤有机相, 二次分液。

V. 分离。向有机相中加入无水 $MgSO_4$, 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



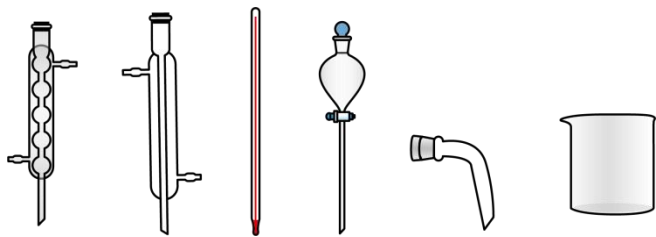
(2)噻吩沸点低于吡咯()的原因是_____。

(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_____。

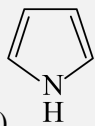
(5)步骤 IV 中用盐酸调节 pH 的目的是_____。

(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_____。

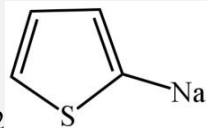
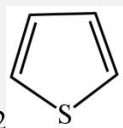


(7)产品的产率为_____(用 Na 计算, 精确至 0.1%)。

【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



(3) $2 + 2\text{Na} \rightarrow 2 + \text{H}_2\uparrow$

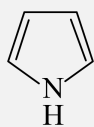
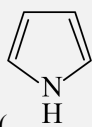
(4) 将环氧乙烷溶液沿烧杯壁缓缓加入，此过程中不断用玻璃棒进行搅拌来散热

(5) 将 NaOH 中和，使平衡正向移动，增大反应物的转化率

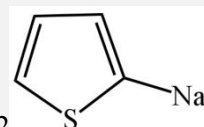
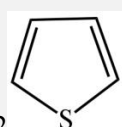
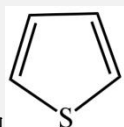
(6) 球形冷凝管和分液漏斗 除去水

(7) 70.0%

【详解】(1) 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。



(2) 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。



(3) 步骤 II 中 和 Na 反应生成 2-噻吩钠和 H_2 ，化学方程式为： $2 + 2\text{Na} \rightarrow 2 + \text{H}_2\uparrow$ 。

(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：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) 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。

(6) 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_4 的作用是：除去水。

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

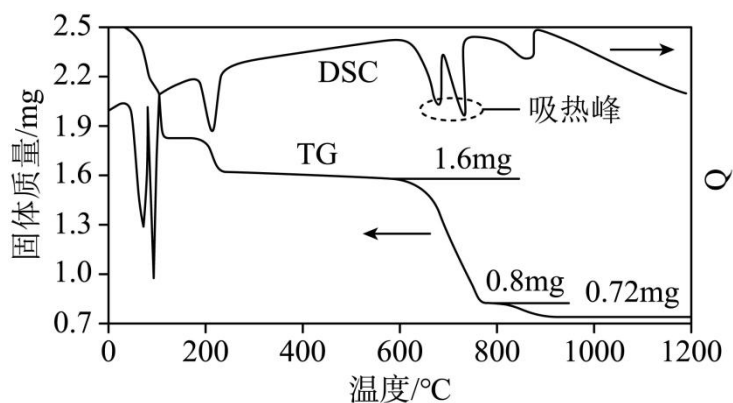
四、原理综合题

18. 硫酸工业在国民经济中占有重要地位。

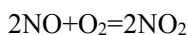
(1) 我国古籍记载了硫酸的制备方法——“炼石胆($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)取精华法”。借助现代仪器分析，该制备过程中

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 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℃左右有两

个吸热峰，则此时分解生成的氧化物有 SO_2 、_____和_____ (填化学式)。



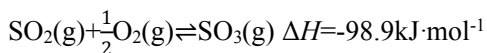
(2) 铅室法使用了大容积铅室制备硫酸(76%以下)，副产物为亚硝基硫酸，主要反应如下：



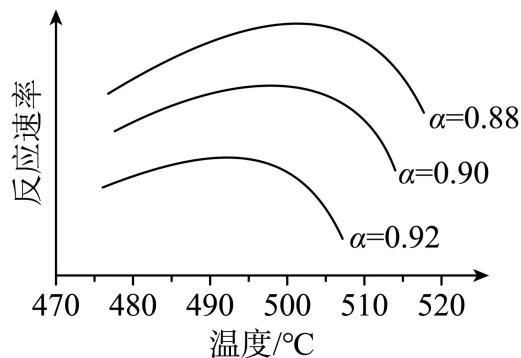
(i) 上述过程中 NO_2 的作用为_____。

(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 SO_2 的催化氧化：

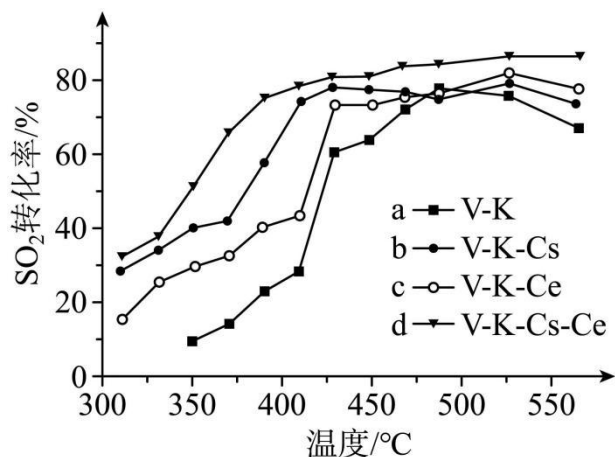


(i) 为寻求固定投料比下不同反应阶段的最佳生产温度，绘制相应转化率(α)下反应速率(数值已略去)与温度的关系如下图所示，下列说法正确的是_____。



- 温度越高，反应速率越大
- $\alpha=0.88$ 的曲线代表平衡转化率
- α 越大，反应速率最大值对应温度越低
- 可根据不同 α 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 α_e , 用含 p 和 α_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) CuO SO_3

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

【详解】(1) 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 。

(2) (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)。

(3) (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% 的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;

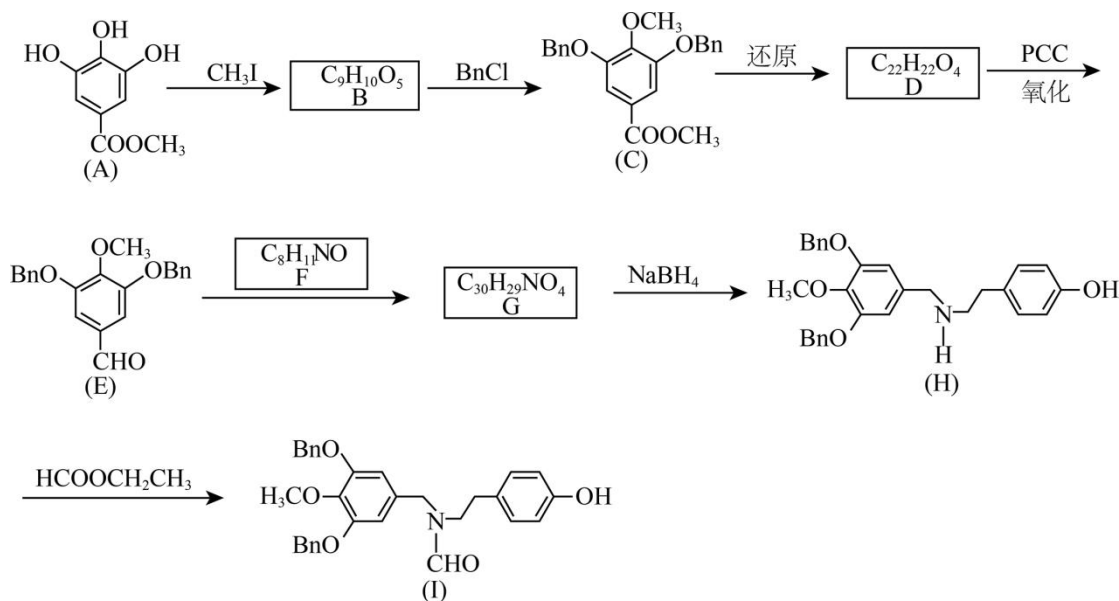
故答案选 cd;

(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_2 的转化率最好, 产率最佳, 故答案选 d;

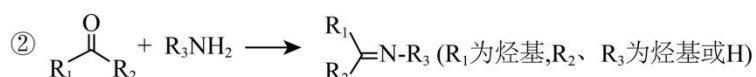
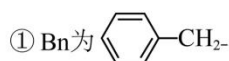
(iii)利用分压代替浓度计算平衡常数,反应的平衡常数 $K_p = \frac{p(\text{SO}_3)}{p(\text{SO}_2)p^{\frac{1}{2}}(\text{O}_2)} = \frac{\frac{n(\text{SO}_3)}{n(\text{总})}p(\text{总})}{\frac{n(\text{SO}_2)}{n(\text{总})}p(\text{总}) \cdot p^{\frac{1}{2}}(\text{O}_2)} = \frac{n(\text{SO}_3)}{n(\text{SO}_2) \cdot p^{\frac{1}{2}}(\text{O}_2)}$; 设 SO_2 初始量为 m mol, 则平衡时 $n(\text{SO}_2)=m-m \cdot \alpha_e=m(1-\alpha_e)$, $n(\text{SO}_3)=m \cdot \alpha_e$, $K_p = \frac{m \cdot \alpha_e}{m(1-\alpha_e) \cdot p^{\frac{1}{2}}(\text{O}_2)} = \frac{\alpha_e}{(1-\alpha_e) \cdot p^{\frac{1}{2}}}$, 故答案为 $\frac{\alpha_e}{(1-\alpha_e) \cdot p^{\frac{1}{2}}}$ 。

五、有机推断题(新)

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”)。

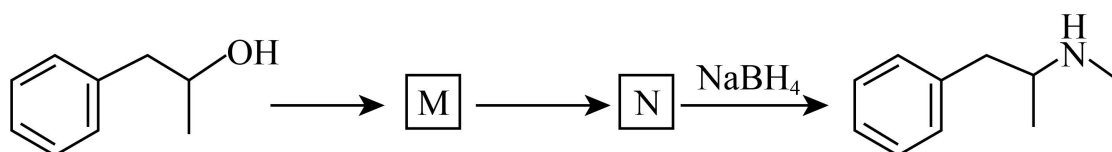
(2)C 发生酸性水解,新产生的官能团为羟基和_____ (填名称)。

(3)用 O_2 代替 PCC 完成 $\text{D} \rightarrow \text{E}$ 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。

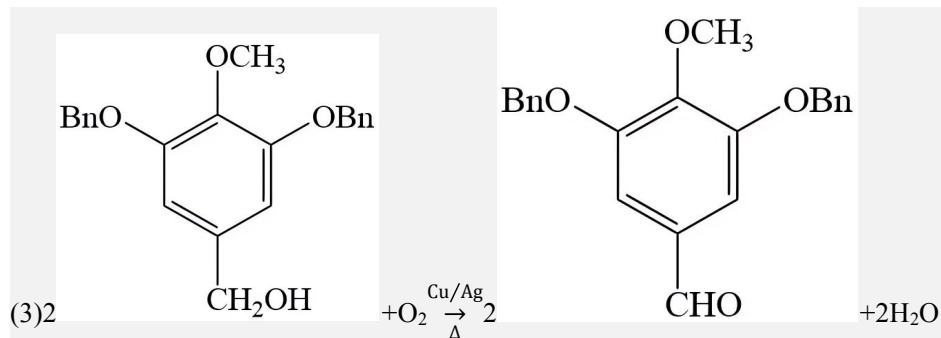
(5) $\text{H} \rightarrow \text{I}$ 的反应类型为_____。

(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_____。



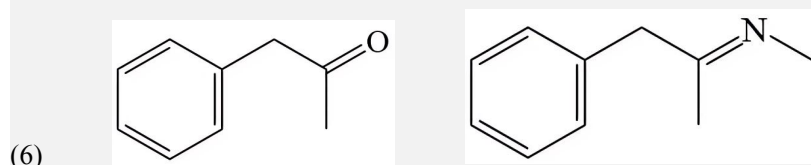
【答案】(1)对

(2)羧基

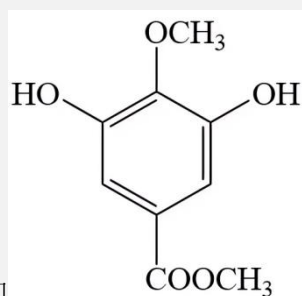


(4) 3

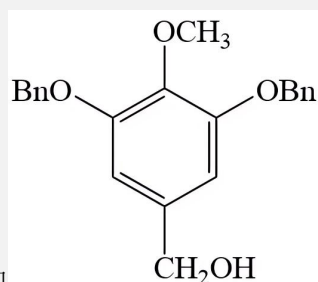
(5) 取代



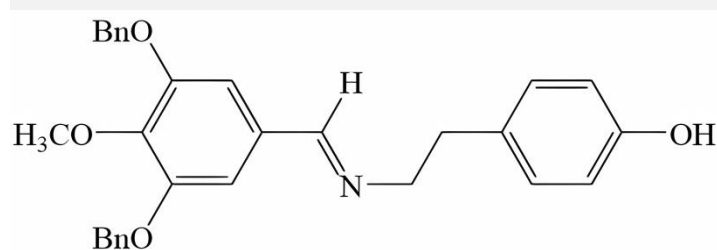
【分析】根据有机物 A 的结构和有机物 C 的结构，有机物 A 与 CH_3I 反应生成有机物 B，根据有机物 B 的分子式



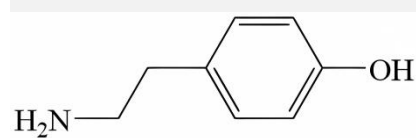
可以得到有机物 B 的结构，即；有机物与 BnCl 反应生成有机物 C，有机物 C 发生还原反应生成有机物 D，有机物 D 与 PCC 发生氧化反应生成有机物 E，根据有机物 E 的结构和有机物 D 的分子式可以得



到有机物 D 的结构，即；有机物 E 与有机物 F 发生已知条件给的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



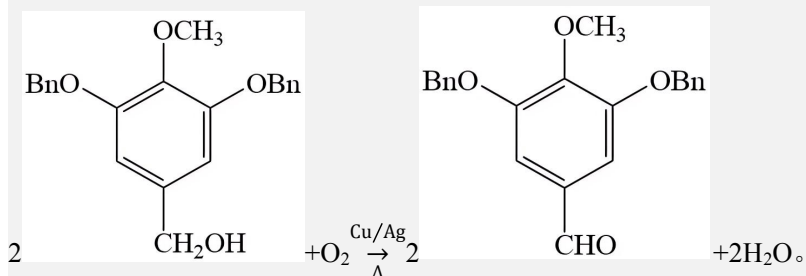
；随后有机物 H 与 $\text{HCOOCH}_2\text{CH}_3$ 反应生成有机物 I。由此分析解题。

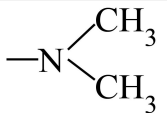
【详解】(1) 由有机物 A 与 CH_3I 反应得到有机物 B 可知，酚与卤代烃反应成醚时，优先与其含有的其他官能团的

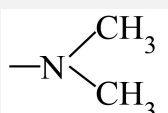
对位羟基发生反应，即酯基对位的酚羟基活性最高，可以发生成醚反应，故答案为：对位。

(2) 有机物 C 含有酯基，在酸性条件下发生水解生成羧基和羟基，故答案为羧基。

(3) O₂ 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

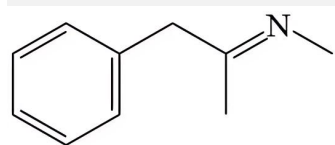


(4) F 的同分异构体中不含有 N-H 键，说明结构中含有  结构，又因红外中含有酚羟基，说明结构中

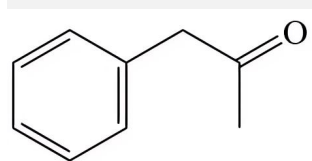
含有苯环和羟基，固定羟基的位置  有邻、间、对三种情况，故有 3 种同分异构体。

(5) 有机物 H 与 HCOOCH₂CH₃ 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 HCOOCH₂CH₃ 中断裂的醛基结合，故反应类型为取代反应。

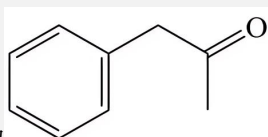
(6) 根据题目中给的反应条件和已知条件，利用逆合成法分析，有机物 N 可以与 NaBH₄ 反应生成最终产物，类似于题中有机物 G 与 NaBH₄ 反应生成有机物 H，作用位置为有机物 N 的 N=C 上，故有机物 N 的结构为



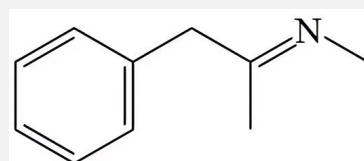
，有机物 M 可以发生已知条件所给反应生成有机物 N，说明有机物 M 中含有 C=O，结合反应原料中含有羟基，说明原料发生反应生成有机物 M 的反应是羟基的催化氧化，有机物 M 的结构为



，故答案为



、



。