

2021 年江苏省六市（南通、淮安、泰州、徐州、镇江、宿迁）高考一模化学试卷

一、单选题（本大题共 13 小题）

- 氮是各种生物体生命活动不可缺少的重要元素，氮的循环为生物体提供氮元素。将游离态的氮转化为氮的化合物的过程叫做氮的固定。下列过程属于氮的固定的是（ ）
 - 工业利用氮气和氢气合成氨气
 - 氨气和硫酸反应制取铵态氮肥
 - 氨基酸合成人体所需的蛋白质
 - 硝酸盐在细菌作用下生成氮气
- 甲醛是家庭装修常见的污染物。一种催化氧化甲醛的反应为： $\text{HCHO} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{Pt}} \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ 。下列正确的是（ ）
 - HCHO 分子中键 σ 和 π 键的数目之比为 2: 1
 - ^{16}O 原子中的中子数为 16
 - H_2O 是由极性键构成的非极性分子
 - CO_2 的空间构型为直线形
- 硫是一种重要的非金属元素。下列有关硫及其化合物的性质与用途具有对应关系的是（ ）
 - 硫单质呈黄色，可用作橡胶硫化剂
 - 浓硫酸具有吸水性，可用作氧气干燥剂
 - 二氧化硫有氧化性，可用作纸张漂白剂
 - 硫酸铜溶液呈酸性，可用作泳池杀菌剂
- 工业上利用 NH_3 和 CO_2 制取尿素 $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ ，有关反应的热化学方程式如下：

反应 I： $2\text{NH}_3(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{HNCOONH}_4(\text{l}) \quad \Delta H = a\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

反应 II： $\text{HNCOONH}_4(\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + [\text{CO}(\text{NH}_2)_2](\text{l}) \quad \Delta H = b\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

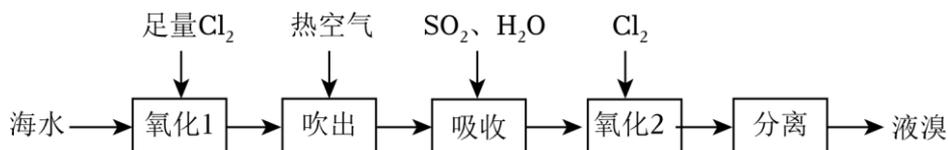
下列有关说法正确的是（ ）

 - 反应 $2\text{NH}_3(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + [\text{CO}(\text{NH}_2)_2](\text{l})$ 的 $\Delta H = (a - b)\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
 - 反应 I 在一定温度下能自发进行，则 $a > 0$
 - 采用高压，既能加快反应的速率、又能提高原料的平衡转化率
 - 生产过程中及时将水分离出去，可以加快反应 II 的正反应速率
- X、Y、Z、W 为短周期中原子序数依次增大的四种主族元素。X 和 Z 的基态原子的 2p 能级上各有两个

未成对电子，W 与 X 同族。下列说法正确的是（ ）

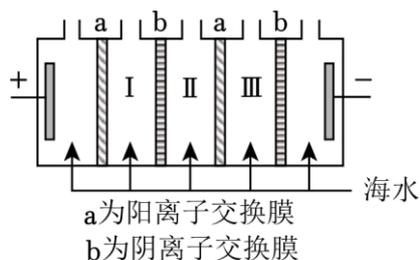
- A. 原子半径： $r(Y) > r(Z) > r(W)$
- B. 简单氢化物的沸点： $Z > W > X$
- C. 元素第一电离能： $I_1(Z) > I_1(Y) > I_1(X)$
- D. 最高价氧化物对应水化物的酸性： $W > X > Y$

6. 海洋是一个十分巨大的资源宝库，海水中含量最多的是 H、O 两种元素，还含有 Na、Cl、Mg、Br、Ca、S 等元素。海水资源的利用主要包括海水淡化、海水晒盐，从海水中制取镁、钾、溴等化工产品。从海水中提取镁的步骤是将石灰乳加入海水沉淀池中，得到氢氧化镁沉淀，再将氢氧化镁与盐酸反应，得到的溶液蒸发结晶，获得六水合氯化镁晶体（ $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ）进一步操作得到无水氯化镁，电解熔融氯化镁可获得单质镁。海水淡化是解决淡水资源短缺的有效途径之一，其方法主要有蒸馏法、电渗析法和离子交换法等。“吹出法”是工业上常用的一种海水提溴技术，该技术主要流程如图。下列有关说法正确的是（ ）

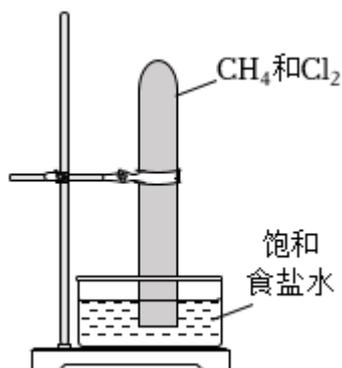


- A. 氧化 1 所用的氯气可通过电解饱和 NaCl 溶液制得
 - B. 吹出后剩余溶液中可能大量存在的离子有 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 Br^-
 - C. 吸收过程发生反应的离子方程式是 $SO_2 + Br_2 + H_2O = 2H^+ + 2Br^- + SO_3^{2-}$
 - D. 从氧化 2 所得溶液中分离出单质溴的方法是用酒精萃取
7. 阅读下列资料，海洋是一个十分巨大的资源宝库，海水中含量最多的是 H、O 两种元素，还含有 Na、Cl、Mg、Br、Ca、S 等元素。海水资源的利用主要包括海水淡化、海水晒盐，从海水中制取镁、钾、溴等化工产品。从海水中提取镁的步骤是将石灰乳加入海水沉淀池中，得到氢氧化镁沉淀，再将氢氧化镁与盐酸反应，得到的溶液蒸发结晶，获得六水合氯化镁晶体（ $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ），进一步操作得到无水氯化镁，电解熔融氯化镁可获得单质镁。海水淡化是解决淡水资源短缺的有效途径之一，其方法主要有蒸馏法、电渗析法和离子交换法等。海水淡化是解决淡水资源短缺的有效途径之一，其方法主要有蒸馏法、电渗析法和离子交换法等。下列有关海水提镁的说法正确的是（ ）
- A. 得到 $Mg(OH)_2$ 沉淀的化学反应方程式为： $2NaOH + MgCl_2 = Mg(OH)_2 \downarrow + 2NaCl$
 - B. 加入盐酸， $Mg(OH)_2(s) \rightleftharpoons Mg^{2+}(aq) + 2OH^-(aq)$ 平衡正向移动
 - C. 在空气中加热灼烧 $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ 可得到无水氯化镁
 - D. 电解熔融氯化镁时金属镁在阳极析出

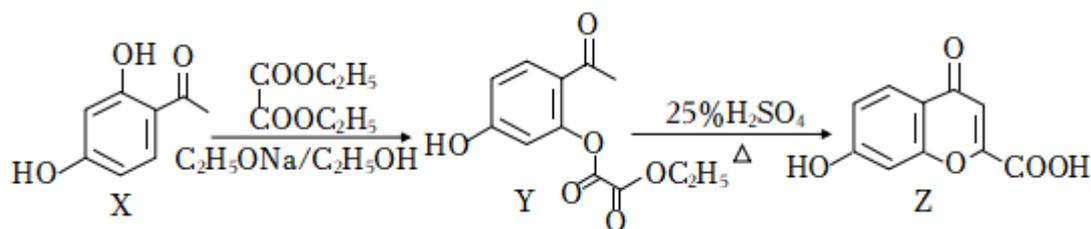
8. 阅读下列资料，海洋是一个十分巨大的资源宝库，海水中含量最多的是 H、O 两种元素，还含有 Na、Cl、Mg、Br、Ca、S 等元素。海水资源的利用主要包括海水淡化、海水晒盐，从海水中制取镁、钾、溴等化工产品。从海水中提取镁的步骤是将石灰乳加入海水沉淀池中，得到氢氧化镁沉淀，再将氢氧化镁与盐酸反应，得到的溶液蒸发结晶，获得六水合氯化镁晶体 ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$)，进一步操作得到无水氯化镁，电解熔融氯化镁可获得单质镁。海水淡化是解决淡水资源短缺的有效途径之一，其方法主要有蒸馏法、电渗析法和离子交换法等。电渗析法淡化海水的原理如图所示。下列说法正确的是 ()



- A. 该装置将化学能转化成电能
 B. 阴极发生的电极反应为 $2Cl^- - 2e^- = Cl_2 \uparrow$
 C. II 室中流出淡水，I、III 室流出液中 NaCl 浓度变大
 D. 若将 a、b 膜的位置互换，则不能获得淡水
9. 取一支大试管，通过排饱和食盐水的方法先后收集半试管甲烷和半试管氯气，将试管倒置于盛有饱和食盐水的水槽中，放在光亮处，进行如图所示的实验。光照一段时间后，试管内液面上升，气体颜色逐渐变浅，试管壁出现油状液滴，试管中出现了少量白雾。下列关于该实验的说法不正确的是 ()

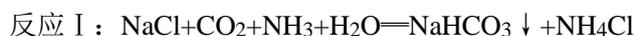


- A. 氯气在饱和食盐水中的溶解度小于在水中的溶解度
 B. 试管壁出现了油状液滴，是因为该反应生成了氯化氢
 C. 试管中的白雾是反应生成的氯化氢气体遇水形成的酸雾
 D. 由实验过程中产生的现象可推知，甲烷与氯气在光照条件下能发生取代反应
10. 异黄酮类化合物是药用植物的有效成分之一。一种异黄酮类化合物 Z 的部分合成路线如图。下列有关化合物 X、Y 和 Z 的说法正确的是 ()



- A. 1mol X 与足量溴水反应, 最多消耗 1mol Br₂
- B. 1mol Y 最多能与 3mol NaOH 反应
- C. Z 分子中含有手性碳原子
- D. 能用饱和 NaHCO₃ 溶液鉴别 Y 和 Z
11. 侯德榜是我国近代化学工业的奠基人之一, 他将氨碱法和合成氨工艺联合起来, 发明了“联合制碱法”。

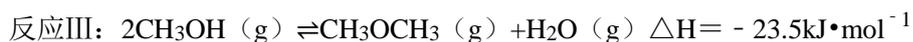
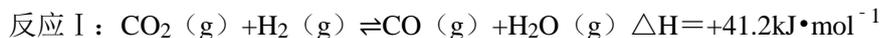
氨碱法中涉及的反应有:



下列制取少量 Na₂CO₃ 的实验原理和装置能达到实验目的的是 ()

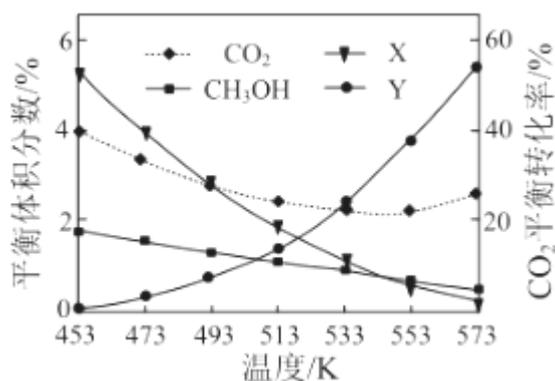
- A. 制取 CO₂
- B. 除去 CO₂ 中 HCl
- C. 制取 NaHCO₃
- D. 制取 Na₂CO₃

12. 二甲醚 (CH₃OCH₃) 是一种极具发展潜力的有机化工产品 and 洁净燃料。CO₂ 加氢制二甲醚的反应体系中, 主要发生的热化学方程式为



在 2MPa, 起始投料 $\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{CO}_2)} = 3$ 时, CO₂ 的平衡转化率及 CO、CH₃OCH₃、CH₃OH 的平衡体积分数

随温度变化如图所示。下列有关说法正确的是 ()



- A. 图中 X 表示 CO
- B. 反应III中反应物所含化学键的键能之和大于生成物所含化学键的键能之和
- C. 温度从 553K 上升至 573K 时, 反应 I 消耗的 CO₂ 少于反应 II 生成的 CO₂
- D. 其他条件不变, 将压强增大到 3MPa, 可提高平衡时 CH₃OCH₃ 的体积分数
13. 草酸 (H₂C₂O₄) 是一种二元弱酸。实验室配制了 0.0100mol·L⁻¹Na₂C₂O₄ 标准溶液, 现对 25℃ 时该溶液的性质进行探究, 下列所得结论正确的是 ()
- A. 测得 0.0100mol·L⁻¹Na₂C₂O₄ 溶液 pH 为 8.6, 此时溶液中存在: c (Na⁺) > c (HC₂O₄⁻) > c (C₂O₄²⁻) > c (H⁺)
- B. 向该溶液中滴加稀盐酸至溶液 pH=7, 此时溶液中存在: c (Na⁺) = c (HC₂O₄⁻) + 2c (C₂O₄²⁻)
- C. 已知 25℃ 时 K_{sp} (CaC₂O₄) = 2.5 × 10⁻⁹。向该溶液中加入等体积 0.0200mol·L⁻¹CaCl₂ 溶液, 所得上层清液中 c (C₂O₄²⁻) < 5.00 × 10⁻⁵mol·L⁻¹
- D. 向该溶液中加入足量稀硫酸酸化后, 再滴加 KMnO₄ 溶液, 发生反应的离子方程式为 C₂O₄²⁻ + 4MnO₄⁻ + 14H⁺ = 2CO₂ ↑ + 4Mn²⁺ + 7H₂O

二、非选择题 (本大题共 4 小题)

14. 钴的氧化物常用于制取催化剂和颜料等。以钴矿[主要成分是 CoO、Co₂O₃、Co(OH)₃, 还含 SiO₂ 及少量 Al₂O₃、Fe₂O₃、CuO 及 MnO₂ 等]为原料可制取钴的氧化物。

(1) 一种钴氧化物晶胞如图 1 所示, 该氧化物中钴离子基态核外电子排布式为 _____。

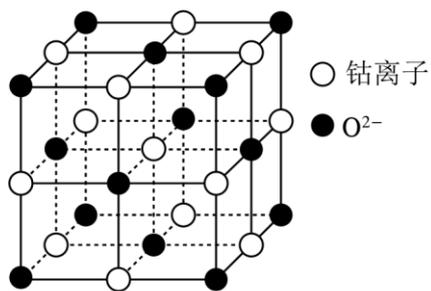


图1

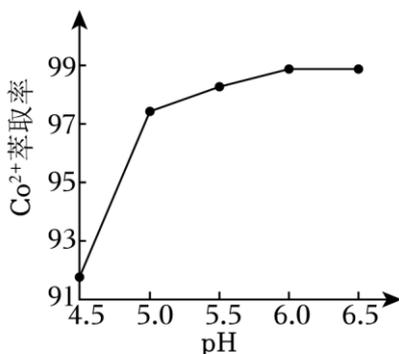


图2

(2) 利用钴矿制取钴的氧化物的主要步骤如下:

①浸取: 用盐酸和 Na_2SO_3 溶液浸取钴矿, 浸取液中含有 Al^{3+} 、 Fe^{2+} 、 Co^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 等离子。写出 Co_2O_3 发生反应的离子方程式: _____。

②除杂: 向浸取液中先加入足量 NaClO_3 氧化 Fe^{2+} , 再加入 NaOH 调节 pH 除去 Al^{3+} 、 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 。有关沉淀数据如表 (“完全沉淀” 时金属离子浓度 $\leq 1.0 \times 10^{-5} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)。

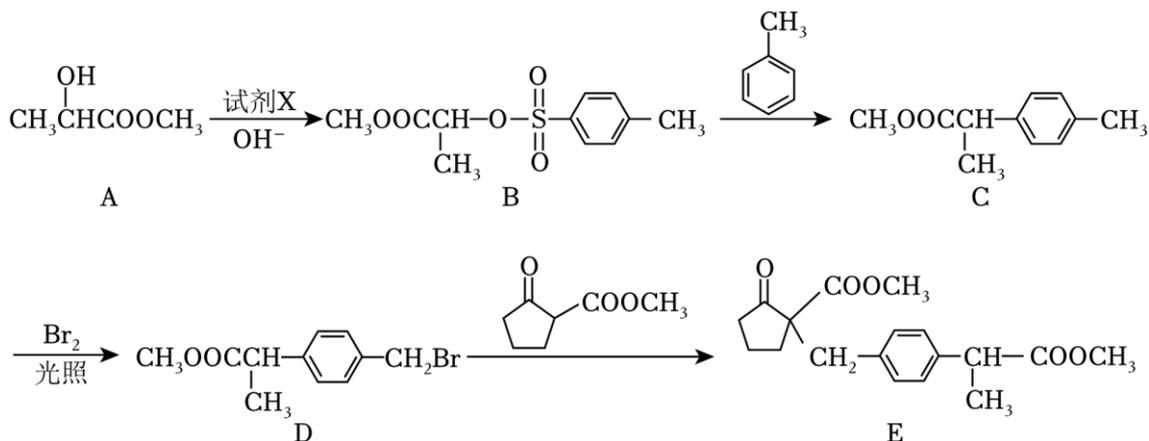
沉淀	$\text{Al}(\text{OH})_3$	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\text{Co}(\text{OH})_2$	$\text{Cu}(\text{OH})_2$	$\text{Mn}(\text{OH})_2$
恰好完全沉淀时 pH	5.2	2.8	9.4	6.7	10.1

若浸取液中 $c(\text{Co}^{2+}) = 0.1 \text{mol/L}$, 则须调节溶液 pH 的范围是 _____。(加入 NaClO_3 和 NaOH 时, 溶液的体积变化忽略)

③萃取、反萃取: 向除杂后的溶液中, 加入某有机酸萃取剂 $(\text{HA})_2$, 发生反应: $\text{Co}^{2+} + n(\text{HA})_2 \rightleftharpoons \text{CoA}_2 \cdot (n-1)(\text{HA})_2 + 2\text{H}^+$ 。实验测得: 当溶液 pH 处于 4.5~6.5 范围内, Co^{2+} 萃取率随溶液 pH 的增大而增大 (如图 2 所示), 其原因是 _____。向萃取所得有机相中加入 H_2SO_4 , 反萃取得到水相。该工艺中设计萃取、反萃取的目的是 _____。

④沉钴、热分解: 向反萃取后得到的水相中加入 $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液, 过滤、洗涤、干燥, 得到 $\text{CoC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 晶体。称取 7.32g 该晶体, 在空气中加热一段时间后, 得到 CoO 和 Co_3O_4 的混合物。称量该混合物, 质量为 3.16g, 通过计算确定该混合物中 CoO 和 Co_3O_4 的质量之比 _____。(写出计算过程)

15. 化合物 E 是一种解热镇痛药, 可用于治疗急性上呼吸道炎症, 其合成路线之一如图。



(1) B 分子中原子轨道采用 sp^3 杂化方式的碳原子数目是 _____。

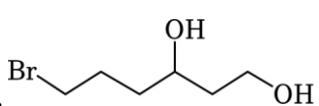
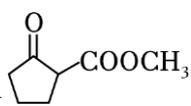
(2) B→C 的反应类型是 _____。

(3) 试剂 X 的分子式为 $C_7H_7O_2SCl$ 。写出试剂 X 的结构简式: _____。

(4) D 的一种同分异构体同时满足下列条件, 写出该同分异构体的结构简式: _____。

①分子中有 4 种不同化学环境的氢原子;

②在碱性溶液中水解, 水解产物酸化后得到有机物甲和乙, 甲能与 $FeCl_3$ 溶液发生显色反应, 1mol 乙最多能消耗 2mol Na。

(5) 请写出以 、 CH_3OH 为原料制备  的合成路线流程图 _____。

16. 葡萄糖酸亚铁 [$(C_6H_{11}O_7)_2Fe$] 是吸收效果好的营养强化剂, 常温下易溶于水。一种制备葡萄糖酸亚铁的实验流程如图。



(1) 工业上硫酸亚铁可用硫铁矿 (主要成分 FeS_2) 与硫酸铁溶液反应制得, 同时得到硫酸。写出该反应的化学方程式: _____。

(2) 为制得 $FeCO_3$, 反应中混合两种试剂的操作为 _____。

(3) 反应 II 中需加入稍过量的葡萄糖酸, 目的是 _____。

(4) 葡萄糖易被溴水氧化成葡萄糖酸。葡萄糖酸晶体易溶于水、微溶于乙醇。请补充完整。以葡萄糖为原料制取纯净葡萄糖酸晶体的实验方案: 取一定量葡萄糖, 加入蒸馏水至完全溶解, _____, 得纯净葡萄糖酸晶体。(实验中须使用的试剂: 溴水、75%乙醇、 $AgNO_3$ 溶液)

(3) 次磷酸根 (H_2PO_2^-) 具有较强的还原性。利用 Fe^{2+} 、 H_2O_2 联合除去废水中次磷酸根，转化过程如图 4 所示。

① 转化 (I) 除生成 Fe^{3+} 和羟基自由基 ($\cdot\text{OH}$) 外，还生成一种离子，其化学式为 _____。

② 写出转化 (II) 的离子方程式：_____。

2021年江苏省六市（南通、淮安、泰州、徐州、镇江、宿迁）高考一模化学试卷

参考答案与试题解析

一、单选题（本大题共13小题）

1. 氮是各种生物体生命活动不可缺少的重要元素，氮的循环为生物体提供氮元素。将游离态的氮转化为氮的化合物的过程叫做氮的固定。下列过程属于氮的固定的是（ ）

- A. 工业利用氮气和氢气合成氨气
- B. 氨气和硫酸反应制取铵态氮肥
- C. 氨基酸合成人体所需的蛋白质
- D. 硝酸盐在细菌作用下生成氮气

【答案】A

【分析】将空气中游离态的氮转化为含氮化合物的过程叫氮的固定，据此分析解答。

【解答】解：A. 工业利用氮气和氢气合成氨气，空气中游离态的氮转化为含氮化合物，属于氮的固定，故A正确；

B. 氨气和硫酸反应制取铵态氮肥是不同化合态的氮的转换，不是氮的固定，故B错误；

C. 氨基酸合成人体所需的蛋白质是不同化合态的氮的转换，不是氮的固定，故C错误；

D. 硝酸盐在细菌作用下生成氮气，是氮的化合态转化为游离态，不是氮的固定，故D错误。

故选：A。

2. 甲醛是家庭装修常见的污染物。一种催化氧化甲醛的反应为： $\text{HCHO} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{Pt}} \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ 。下列正确的是（ ）

- A. HCHO分子中键 σ 和 π 键的数目之比为2:1
- B. ^{16}O 原子中的中子数为16
- C. H_2O 是由极性键构成的非极性分子
- D. CO_2 的空间构型为直线形

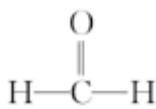
【答案】D

【分析】A. 一个单键就是一个 σ 键，一个双键就是一个 σ 键，一个 π 键，结合物质的结构来判断；

B. ^{16}O 原子中质子数为8，质量数为16；

C. 结构对称，正负电荷的中心重合的分子，属于非极性分子；

D. CO₂ 的结构为 O=C=O。



【解答】解：A. HCHO 分子的结构式为 $\text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$ ，则分子中键 σ 和 π 键的数目之比为 3:1，故 A 错误；

B. ¹⁶O 原子中质子数为 8，质量数为 16，则中子数=16-8=8，故 B 错误；

C. H₂O 的结构是 V 形，正负电荷的中心不重合，属于极性分子，故 C 错误；

D. CO₂ 的结构为 O=C=O，则 CO₂ 的空间构型为直线形，故 D 正确；

故选：D。

3. 硫是一种重要的非金属元素。下列有关硫及其化合物的性质与用途具有对应关系的是（ ）

A. 硫单质呈黄色，可用作橡胶硫化剂

B. 浓硫酸具有吸水性，可用作氧气干燥剂

C. 二氧化硫有氧化性，可用作纸张漂白剂

D. 硫酸铜溶液呈酸性，可用作泳池杀菌剂

【答案】B

【分析】A. 能在一定条件下使橡胶发生硫化的物质统称为硫化剂；

B. 浓硫酸和氧气不反应，具有吸水性；

C. 二氧化硫做漂白纸张的漂白剂，利用的是二氧化硫的漂白性；

D. Cu²⁺能使蛋白质细菌变性，可用作泳池杀菌剂。

【解答】解：A. 硫可用作橡胶硫化剂，和硫单质呈黄色无对应关系，故 A 错误；

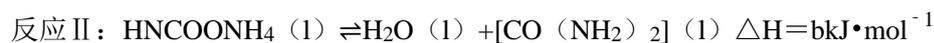
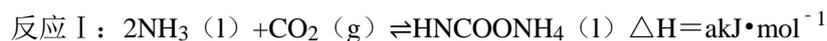
B. 浓硫酸具有吸水性，和氧气不反应，可用作氧气干燥剂，故 B 正确；

C. 二氧化硫具有漂白性，可用作纸张漂白剂，故 C 错误；

D. 重金属离子 Cu²⁺能使蛋白质细菌变性，杀菌消毒，不是利用铜离子水解显酸性，故 D 错误；

故选：B。

4. 工业上利用 NH₃ 和 CO₂ 制取尿素[CO(NH₂)₂]，有关反应的热化学方程式如下：



下列有关说法正确的是（ ）

A. 反应 $2\text{NH}_3(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + [\text{CO}(\text{NH}_2)_2](\text{l})$ 的 $\Delta H = (a - b)\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

B. 反应 I 在一定温度下能自发进行，则 $a > 0$

C. 采用高压，既能加快反应的速率、又能提高原料的平衡转化率

D. 生产过程中及时将水分离出去，可以加快反应 II 的正反应速率

【答案】C

【分析】A. 根据盖斯定律反应 I + 反应 II 得 $2\text{NH}_3(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + [\text{CO}(\text{NH}_2)_2](\text{l})$;

B. 反应 I 是熵减的反应 $\Delta S < 0$ ，反应 I 在一定温度下能自发进行，说明 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S < 0$;

C. $2\text{NH}_3(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{HNCOO}\text{NH}_4(\text{l})$ 该反应是气体体积减小的反应，增大压强，平衡正向移动;

D. 水是液态，其浓度视为定值。

【解答】解：A. 根据盖斯定律反应 I + 反应 II 得 $2\text{NH}_3(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + [\text{CO}(\text{NH}_2)_2](\text{l})$

$\Delta H = (a+b) \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，故 A 错误;

B. 反应 I 是熵减的反应 $\Delta S < 0$ ，反应 I 在一定温度下能自发进行，说明 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S < 0$ ，则 $a < 0$ ，

故 B 错误;

C. $2\text{NH}_3(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{HNCOO}\text{NH}_4(\text{l})$ 该反应是气体体积减小的反应，增大压强，化学反应速率加快，平衡正向移动，原料的平衡转化率增大，则采用高压，既能加快反应的速率、又能提高原料的平衡转化率，故 C 正确;

D. 反应 II 中水是液态，其浓度视为定值，生产过程中及时将水分离出去，对反应速率无影响，故 D 错误;

故选：C。

5. X、Y、Z、W 为短周期中原子序数依次增大的四种主族元素。X 和 Z 的基态原子的 2p 能级上各有两个未成对电子，W 与 X 同族。下列说法正确的是 ()

A. 原子半径： $r(\text{Y}) > r(\text{Z}) > r(\text{W})$

B. 简单氢化物的沸点： $Z > W > X$

C. 元素第一电离能： $I_1(\text{Z}) > I_1(\text{Y}) > I_1(\text{X})$

D. 最高价氧化物对应水化物的酸性： $W > X > Y$

【答案】B

【分析】X、Y、Z、W 为短周期中原子序数依次增大的四种主族元素，X 和 Z 的基态原子的 2p 能级上各有两个未成对电子，电子排布分别为 $1s^2 2s^2 2p^2$ 、 $1s^2 2s^2 2p^4$ ，X 为 C、Z 为 O；结合原子序数可知 Y 为 N；W 与 X 同族，W 为 Si，以此来解答。

【解答】解：由上述分析可知，X 为 C、Y 为 N、Z 为 O、W 为 Si，

A. 同周期从左向右原子半径减小，同主族从上到下原子半径增大，则原子半径： $r(\text{W}) > r(\text{Y}) > r(\text{Z})$ ，故 A 错误;

B. 水分子间含氢键沸点高，由分子构成的氢化物的相对分子质量越大、沸点越高，则简单氢化物的沸点：

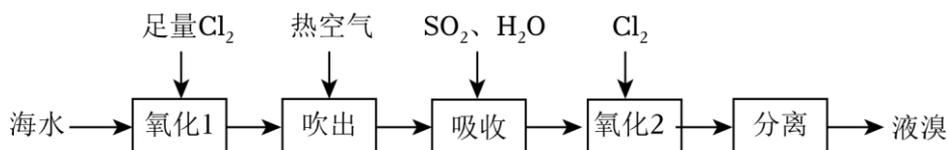
Z>W>X，故 B 正确；

C.同周期从左向右第一电离能增大，且全满、半满为稳定结构，则元素第一电离能： $I_1(Y) > I_1(Z) > I_1(X)$ ，故 C 错误；

D.非金属性越强，对应最高价含氧酸的酸性越强，则最高价氧化物对应水化物的酸性： $Y > X > W$ ，故 D 错误；

故选：B。

6. 海洋是一个十分巨大的资源宝库，海水中含量最多的是 H、O 两种元素，还含有 Na、Cl、Mg、Br、Ca、S 等元素。海水资源的利用主要包括海水淡化、海水晒盐，从海水中制取镁、钾、溴等化工产品。从海水中提取镁的步骤是将石灰乳加入海水沉淀池中，得到氢氧化镁沉淀，再将氢氧化镁与盐酸反应，得到的溶液蒸发结晶，获得六水合氯化镁晶体（ $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ）进一步操作得到无水氯化镁，电解熔融氯化镁可获得单质镁。海水淡化是解决淡水资源短缺的有效途径之一，其方法主要有蒸馏法、电渗析法和离子交换法等。“吹出法”是工业上常用的一种海水提溴技术，该技术主要流程如图。下列有关说法正确的是（ ）



- A. 氧化 1 所用的氯气可通过电解饱和 NaCl 溶液制得
- B. 吹出后剩余溶液中可能大量存在的离子有 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 Br^-
- C. 吸收过程发生反应的离子方程式是 $SO_2 + Br_2 + H_2O = 2H^+ + 2Br^- + SO_3^{2-}$
- D. 从氧化 2 所得溶液中分离出单质溴的方法是用酒精萃取

【答案】A

【分析】海水通入足量氯气氧化溴离子生成溴单质，用热空气吹出后，被二氧化硫水溶液吸收生成溴化氢和硫酸，再通入氯气氧化得到溴单质，过程中富集溴元素，分离得到液溴，

- A. 电解饱和食盐水是氯碱工业，反应生成氢氧化钠、氯气和氢气；
- B. 通入足量氯气，溴离子被氧化生成溴单质；
- C. 吸收过程发生反应是溴单质和二氧化硫水溶液反应生成硫酸和溴化氢；
- D. 萃取分液，需要萃取剂不溶于水。

【解答】解：A. 电解饱和食盐水是氯碱工业，反应生成氢氧化钠、氯气和氢气，氧化 1 所用的氯气可通过电解饱和 NaCl 溶液制得，故 A 正确；

B. 通入足量氯气，溴离子被氧化生成溴单质，吹出后剩余溶液中可能大量存在的离子有 Na^+ 、 Mg^{2+} 、

Cl^- ，故 B 错误；

C. 吸收过程发生反应是溴单质和二氧化硫水溶液反应生成硫酸和溴化氢，反应的离子方程式：

$\text{SO}_2 + \text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{H}^+ + 2\text{Br}^- + \text{SO}_4^{2-}$ ，故 C 错误；

D. 酒精易溶于水，在水溶液中不能分层，不能用来萃取溴单质，故 D 错误；

故选：A。

7. 阅读下列资料，海洋是一个十分巨大的资源宝库，海水中含量最多的是 H、O 两种元素，还含有 Na、Cl、Mg、Br、Ca、S 等元素。海水资源的利用主要包括海水淡化、海水晒盐，从海水中制取镁、钾、溴等化工产品。从海水中提取镁的步骤是将石灰乳加入海水沉淀池中，得到氢氧化镁沉淀，再将氢氧化镁与盐酸反应，得到的溶液蒸发结晶，获得六水合氯化镁晶体 ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)，进一步操作得到无水氯化镁，电解熔融氯化镁可获得单质镁。海水淡化是解决淡水资源短缺的有效途径之一，其方法主要有蒸馏法、电渗析法和离子交换法等。海水淡化是解决淡水资源短缺的有效途径之一，其方法主要有蒸馏法、电渗析法和离子交换法等。下列有关海水提镁的说法正确的是 ()

A. 得到 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 沉淀的化学反应方程式为： $2\text{NaOH} + \text{MgCl}_2 = \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{NaCl}$

B. 加入盐酸， $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$ 平衡正向移动

C. 在空气中加热灼烧 $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 可得到无水氯化镁

D. 电解熔融氯化镁时金属镁在阳极析出

【答案】 B

【分析】 A. 得到 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 沉淀的反应是利用来源丰富，经济效益好的氢氧化钙沉淀镁离子；

B. 加入盐酸溶解氢氧化镁生成氯化镁溶液；

C. 氯化镁在水溶液中加热会发生水解，生成氢氧化镁和氯化氢，氯化氢挥发，促进水解平衡正向进行；

D. 电解过程中阳离子移向阴极得到电子发生还原反应。

【解答】 解：A. 得到 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 沉淀的反应是利用来源丰富，经济效益好的氢氧化钙沉淀镁离子，反应的化学方程式为： $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{MgCl}_2 = \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow + \text{CaCl}_2$ ，故 A 错误；

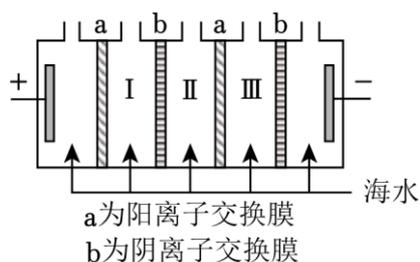
B. 加入盐酸，氢氧化镁沉淀溶解的原因是：加入盐酸和氢氧根离子反应， $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$ 平衡正向移动，故 B 正确；

C. 为防止氯化镁晶体加热过程中发生水解，应在氯化氢气流中加热灼烧 $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ，可得到无水氯化镁，故 C 错误；

D. 电解熔融氯化镁时，阳极的电极反应式为 $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2 \uparrow$ ，阴极的电极反应式为 $\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Mg}$ ，电解熔融氯化镁时金属镁在阴极析出，故 D 错误；

故选：B。

8. 阅读下列资料，海洋是一个十分巨大的资源宝库，海水中含量最多的是 H、O 两种元素，还含有 Na、Cl、Mg、Br、Ca、S 等元素。海水资源的利用主要包括海水淡化、海水晒盐，从海水中制取镁、钾、溴等化工产品。从海水中提取镁的步骤是将石灰乳加入海水沉淀池中，得到氢氧化镁沉淀，再将氢氧化镁与盐酸反应，得到的溶液蒸发结晶，获得六水合氯化镁晶体 ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)，进一步操作得到无水氯化镁，电解熔融氯化镁可获得单质镁。海水淡化是解决淡水资源短缺的有效途径之一，其方法主要有蒸馏法、电渗析法和离子交换法等。电渗析法淡化海水的原理如图所示。下列说法正确的是 ()



- A. 该装置将化学能转化成电能
B. 阴极发生的电极反应为 $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2 \uparrow$
C. II 室中流出淡水，I、III 室流出液中 NaCl 浓度变大
D. 若将 a、b 膜的位置互换，则不能获得淡水

【答案】 C

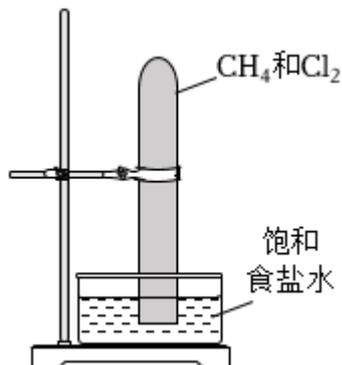
【分析】 电渗析法淡化海水的原理分析，装置是利用电解原理，电解装置可知左侧为电解池的阳极，右侧为阴极，溶液中的阳离子向阴极移动，阴离子向阳极移动，由此可分析左侧溶液中的氯离子在阳极失电子发生氧化反应，生成氯气，阳离子钠离子和氢离子会通过阳离子交换膜 a 进入 I 中，II 中的钠离子会通过阳离子交换膜进 III 中，阴离子通过 b 阴离子交换膜进入 I 中，同理右侧海水中的氯离子进入 III 中，阳离子在电极上得到电子发生还原反应，生成氢气，因此能得到淡水的是 II、I III 中的氯化钠浓度增大，据此分析判断。

- 【解答】** 解：A. 装置为电解池，是电能转化为化学能，故 A 错误；
B. 阴极发生的电极反应是 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow$ ，故 B 错误；
C. 左侧溶液中的氯离子在阳极失电子发生氧化反应，生成氯气，阳离子钠离子和氢离子会通过阳离子交换膜 a 进入 I 中，II 中的钠离子会通过阳离子交换膜进 III 中，阴离子通过 b 阴离子交换膜进入 I 中，同理右侧海水中的氯离子进入 III 中，阳离子在电极上得到电子发生还原反应，生成氢气，因此能得到淡水的是 II、I III 中的氯化钠浓度增大，故 C 正确；
D. 若将 a、b 膜的位置互换，I 中钠离子移向阳极，阴离子移向 II，III 中阴离子移向 II，阳离子移向

阴极，I III为淡水，II中氯化钠浓度增大，能获得淡水，故D错误；

故选：C。

9. 取一支大试管，通过排饱和食盐水的方法先后收集半试管甲烷和半试管氯气，将试管倒置于盛有饱和食盐水的水槽中，放在光亮处，进行如图所示的实验。光照一段时间后，试管内液面上升，气体颜色逐渐变浅，试管壁出现油状液滴，试管中出现了少量白雾。下列关于该实验的说法不正确的是（ ）



- A. 氯气在饱和食盐水中的溶解度小于在水中的溶解度
 B. 试管壁出现了油状液滴，是因为该反应生成了氯化氢
 C. 试管中的白雾是反应生成的氯化氢气体遇水形成的酸雾
 D. 由实验过程中产生的现象可推知，甲烷与氯气在光照条件下能发生取代反应

【答案】B

【分析】甲烷和氯气发生取代反应，产物不唯一，无法控制反应进度，得到的是一氯甲烷、二氯甲烷、三氯甲烷、四氯化碳和 HCl 的混合物，据此分析解答。

【解答】解：A. 氯气溶于水生成氯离子，氯离子抑制了氯气的溶解，所以氯气在饱和食盐水中的溶解度小于在水中的溶解度，故 A 正确；

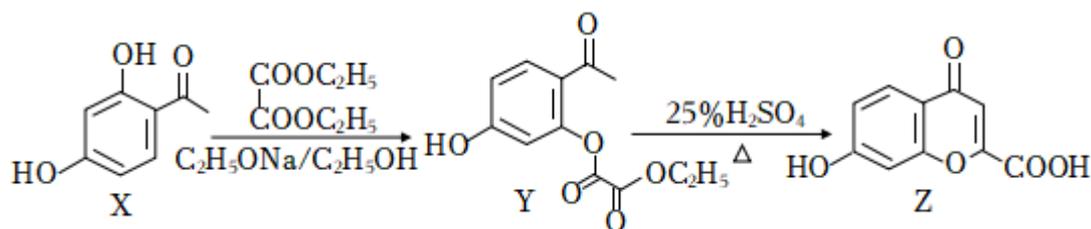
B. 反应过程中试管壁上有油珠产生，为二氯甲烷、三氯甲烷、四氯化碳的混合物，不溶于水，为油状液滴，而不是 HCl 的小液滴，故 B 错误；

C. CH₄ 和 Cl₂ 发生取代反应，生成 HCl，HCl 遇水形成的白色的酸雾，故 C 正确；

D. 甲烷和氯气在光照条件下发生了取代反应，得到的是一氯甲烷、二氯甲烷、三氯甲烷、四氯化碳和 HCl 的混合物，故 D 正确，

故选：B。

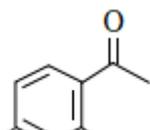
10. 异黄酮类化合物是药用植物的有效成分之一。一种异黄酮类化合物 Z 的部分合成路线如图。下列有关化合物 X、Y 和 Z 的说法正确的是（ ）



- A. 1mol X 与足量溴水反应，最多消耗 1mol Br₂
- B. 1mol Y 最多能与 3mol NaOH 反应
- C. Z 分子中含有手性碳原子
- D. 能用饱和 NaHCO₃ 溶液鉴别 Y 和 Z

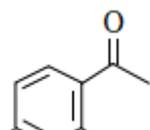
【答案】D

【分析】A. 苯环上酚羟基的邻位、对位的氢原子与溴发生取代反应；



- B. Y 水解生成 、HOOC - COOH、C₂H₅OH，生成的酚羟基与乙二酸又与 NaOH 发生中和反应；
- C. 连接 4 个不同原子或原子团的碳原子是手性碳原子；
- D. Z 含有羧基，能与 NaHCO₃ 溶液生成 CO₂，而 Y 不能。

【解答】解：A. 苯环上酚羟基的邻位、对位的氢原子与溴发生取代反应，1mol X 与足量溴水反应，最多消耗 2mol Br₂，故 A 错误；



- B. Y 水解生成 、HOOC - COOH、C₂H₅OH，生成的酚羟基与乙二酸又与 NaOH 发生中和反应，1mol Y 最多能与 4mol NaOH 反应，故 B 错误；
- C. Z 分子中没有连接 4 个不同原子或原子团的碳原子，即 Z 分子不含手性碳原子，故 C 错误；
- D. Z 含有羧基，能与 NaHCO₃ 溶液生成 CO₂，而 Y 含有酚羟基、酯基、羰基都不能与 NaHCO₃ 溶液反应，现象不同，可以鉴别二者，故 D 正确；

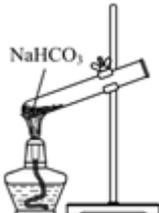
故选：D。

11. 侯德榜是我国近代化学工业的奠基人之一，他将氨碱法和合成氨工艺联合起来，发明了“联合制碱法”。

氨碱法中涉及的反应有：



下列制取少量 Na_2CO_3 的实验原理和装置能达到实验目的的是（ ）

- A.  制取 CO_2
- B.  除去 CO_2 中 HCl
- C.  制取 NaHCO_3
- D.  制取 Na_2CO_3

【答案】C

【分析】A. 制备二氧化碳气体用稀盐酸和大理石反应制得，装置中长颈漏斗未插入溶液；

B. 除去 CO_2 中 HCl ，可以把混合气体通入饱和碳酸氢钠溶液；

C. 向氨化的饱和氯化钠溶液中通入二氧化碳气体生成碳酸氢钠晶体；

D. 固体受热分解，试管口应略向下倾斜。

【解答】解：A. 装置中试剂是稀盐酸和大理石反应生成二氧化碳气体，但装置中长颈漏斗未插入溶液，生成的二氧化碳气体会从长颈漏斗处逸出，不能制得二氧化碳气体，故 A 错误；

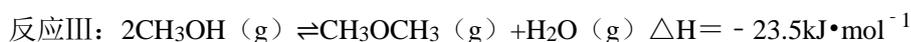
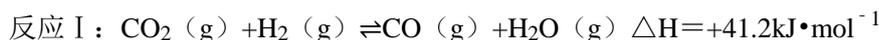
B. 除去 CO_2 中 HCl ，可以把混合气体通入饱和碳酸氢钠溶液，导气管应长进短出，装置图中导气管通入气体是短进长出，不能达到除杂目的，故 B 错误；

C. 装置图中向溶有足量氨气的饱和食盐水中通入二氧化碳，在冰水温度下发生反应，生成碳酸氢钠晶体和氯化铵，可以制备碳酸氢钠，故 C 正确；

D. 碳酸氢钠固体受热分解过程中生成碳酸钠、二氧化碳和水，装置中生成的水会倒流炸裂试管，应试管口略向下倾斜，故 D 错误；

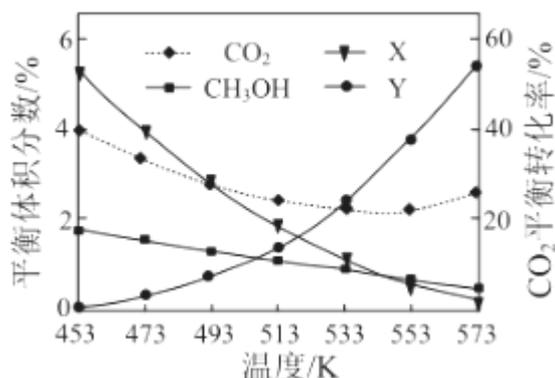
故选：C。

12. 二甲醚 (CH_3OCH_3) 是一种极具发展潜力的有机化工产品 and 洁净燃料。 CO_2 加氢制二甲醚的反应体系中，主要发生的热化学方程式为



在 2MPa，起始投料 $\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{CO}_2)} = 3$ 时， CO_2 的平衡转化率及 CO 、 CH_3OCH_3 、 CH_3OH 的平衡体积分数

随温度变化如图所示。下列有关说法正确的是 ()



- A. 图中 X 表示 CO
 B. 反应III中反应物所含化学键的键能之和大于生成物所含化学键的键能之和
 C. 温度从 553K 上升至 573K 时, 反应 I 消耗的 CO₂ 少于反应 II 生成的 CO₂
 D. 其他条件不变, 将压强增大到 3MPa, 可提高平衡时 CH₃OCH₃ 的体积分数

【答案】 D

【分析】 A. 反应 I 为吸热反应, 升高温度, 平衡正向移动, 而反应 II、III 均为放热反应, 升高温度, 平衡逆向移动;

B. $\Delta H = \text{反应物键能总和} - \text{生成物键能总和}$;

C. 由图可知, 温度从 553K 上升至 573K 时, CO₂ 的平衡转化率增大, 说明消耗 CO₂ 的量大于生成 CO₂ 的量;

D. 反应 I 为气体体积不变的反应, 而反应 II 为气体体积减小的反应, 将压强增大到 3MPa, 反应 II 正向移动, 而甲醇又是反应 III 的反应物, 根据勒夏特列原理分析。

【解答】 解: A. 反应 I 为吸热反应, 升高温度, 平衡正向移动, 则 CO 的体积分数增大, 则图中 Y 表示 CO, 故 A 错误;

B. $\Delta H = \text{反应物键能总和} - \text{生成物键能总和}$, 反应 III 为放热反应, 则反应 III 中反应物所含化学键的键能之和小于生成物所含化学键的键能之和, 故 B 错误;

C. 由图可知, 温度从 553K 上升至 573K 时, CO₂ 的平衡转化率增大, 说明反应 I 消耗 CO₂ 的量大于反应 II 生成 CO₂ 的量, 故 C 错误;

D. 反应 I 为气体体积不变的反应, 其他条件不变, 将压强增大到 3MPa, 反应 I 不移动, 而反应 II 为气体体积减小的反应, 将压强增大到 3MPa, 平衡正向移动, 甲醇的浓度增大, 而甲醇又是反应 III 的反应物, 导致反应 III 正向移动, 可提高平衡时 CH₃OCH₃ 的体积分数, 故 D 正确;

故选: D。

13. 草酸 ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) 是一种二元弱酸。实验室配制了 $0.0100\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 标准溶液, 现对 25°C 时该溶液的性质进行探究, 下列所得结论正确的是 ()

A. 测得 $0.0100\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液 pH 为 8.6, 此时溶液中存在: $c(\text{Na}^+) > c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) > c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) > c(\text{H}^+)$

B. 向该溶液中滴加稀盐酸至溶液 pH=7, 此时溶液中存在: $c(\text{Na}^+) = c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) + 2c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$

C. 已知 25°C 时 $K_{\text{sp}}(\text{CaC}_2\text{O}_4) = 2.5 \times 10^{-9}$ 。向该溶液中加入等体积 $0.0200\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{CaCl}_2$ 溶液, 所得上层清液中 $c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) < 5.00 \times 10^{-5}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$

D. 向该溶液中加入足量稀硫酸酸化后, 再滴加 KMnO_4 溶液, 发生反应的离子方程式为 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-} + 4\text{MnO}_4^- + 14\text{H}^+ = 2\text{CO}_2 \uparrow + 4\text{Mn}^{2+} + 7\text{H}_2\text{O}$

【答案】 C

【分析】 A. $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液 pH 为 8.6, $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 水解导致溶液呈碱性, 但其水解程度较小;

B. 溶液 pH=7, 则溶液呈中性, 则 $c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+)$, 溶液中存在电荷守恒 $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) + 2c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) + c(\text{Cl}^-) + c(\text{OH}^-)$;

C. 向该溶液中加入等体积 $0.0200\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{CaCl}_2$ 溶液, 二者以 1: 1 反应, 则氯化钙剩余, 混合溶液中

$$c(\text{Ca}^{2+}) = \frac{0.0200 - 0.0100}{2} \text{mol}\cdot\text{L}^{-1} = 0.005 \text{mol/L}, \quad c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) = \frac{K_{\text{sp}}(\text{CaC}_2\text{O}_4)}{c(\text{Ca}^{2+})};$$

D. 草酸具有还原性, 酸性高锰酸钾溶液具有强氧化性, 二者发生氧化还原反应生成二氧化碳、锰离子和水, 草酸是弱酸写化学式。

【解答】解: A. $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液 pH 为 8.6, $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 水解导致溶液呈碱性, 但其水解程度较小, 则 $c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) < c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$, 故 A 错误;

B. 溶液 pH=7, 则溶液呈中性, 则 $c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+)$, 溶液中存在电荷守恒 $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) + 2c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) + c(\text{Cl}^-) + c(\text{OH}^-)$, 所以存在 $c(\text{Na}^+) = c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) + 2c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) + c(\text{Cl}^-)$, 故 B 错误;

C. 向该溶液中加入等体积 $0.0200\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{CaCl}_2$ 溶液, 二者以 1: 1 反应, 则氯化钙剩余, 混合溶液中

$$c(\text{Ca}^{2+}) = \frac{0.0200 - 0.0100}{2} \text{mol}\cdot\text{L}^{-1} = 0.005 \text{mol/L}, \quad c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) = \frac{K_{\text{sp}}(\text{CaC}_2\text{O}_4)}{c(\text{Ca}^{2+})} = \frac{2.5 \times 10^{-9}}{0.005} \text{mol/L}$$

$= 5.00 \times 10^{-7} \text{mol}\cdot\text{L}^{-1} < 5.00 \times 10^{-5} \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 故 C 正确;

D. 草酸具有还原性, 酸性高锰酸钾溶液具有强氧化性, 二者发生氧化还原反应生成二氧化碳、锰离子和水, 草酸是弱酸写化学式, 离子方程式为 $6\text{H}^+ + 5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{MnO}_4^- = 10\text{CO}_2 \uparrow + 2\text{Mn}^{2+} + 8\text{H}_2\text{O}$, 故 D 错

误;

故选: C。

二、非选择题 (本大题共 4 小题)

14. 钴的氧化物常用于制取催化剂和颜料等。以钴矿[主要成分是 CoO 、 Co_2O_3 、 $\text{Co}(\text{OH})_3$, 还含 SiO_2 及少量 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 CuO 及 MnO_2 等]为原料可制取钴的氧化物。

(1) 一种钴氧化物晶胞如图 1 所示, 该氧化物中钴离子基态核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^7$ 或 $[\text{Ar}]3d^7$ 。

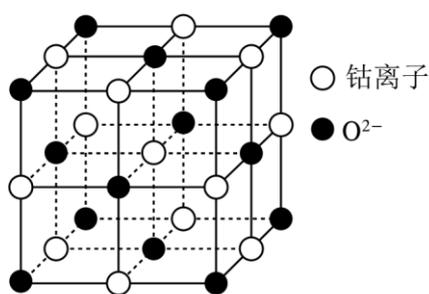


图1

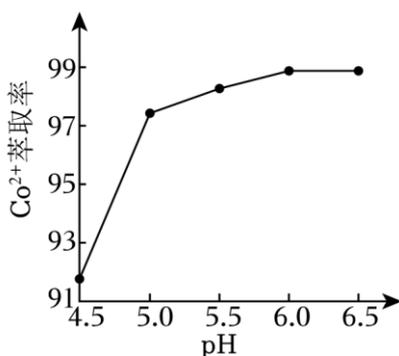


图2

(2) 利用钴矿制取钴的氧化物的主要步骤如下:

①浸取: 用盐酸和 Na_2SO_3 溶液浸取钴矿, 浸取液中含有 Al^{3+} 、 Fe^{2+} 、 Co^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 等离子。写出 Co_2O_3 发生反应的离子方程式: $\text{Co}_2\text{O}_3 + \text{SO}_3^{2-} + 4\text{H}^+ = 2\text{Co}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

②除杂: 向浸取液中先加入足量 NaClO_3 氧化 Fe^{2+} , 再加入 NaOH 调节 pH 除去 Al^{3+} 、 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 。有关沉淀数据如表 (“完全沉淀”时金属离子浓度 $\leq 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$)。

沉淀	$\text{Al}(\text{OH})_3$	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\text{Co}(\text{OH})_2$	$\text{Cu}(\text{OH})_2$	$\text{Mn}(\text{OH})_2$
恰好完全沉淀时 pH	5.2	2.8	9.4	6.7	10.1

若浸取液中 $c(\text{Co}^{2+}) = 0.1 \text{ mol/L}$, 则须调节溶液 pH 的范围是 $6.7 \leq \text{pH} < 7.4$ 。(加入 NaClO_3 和 NaOH 时, 溶液的体积变化忽略)

③萃取、反萃取: 向除杂后的溶液中, 加入某有机酸萃取剂 $(\text{HA})_2$, 发生反应: $\text{Co}^{2+} + n(\text{HA})_2 \rightleftharpoons \text{CoA}_2 \cdot (n-1)(\text{HA})_2 + 2\text{H}^+$ 。实验测得: 当溶液 pH 处于 4.5~6.5 范围内, Co^{2+} 萃取率随溶液 pH 的增大而增大 (如图 2 所示), 其原因是 pH 增大, OH^- 浓度增大, $c(\text{H}^+)$ 减小, 平衡正向进行, Co^{2+} 萃取率增大。向萃取所得有机相中加入 H_2SO_4 , 反萃取得到水相。该工艺中设计萃取、反萃取的目的是 分离 Co^{2+} 和 Mn^{2+} (或富集、提纯 Co^{2+})。

④沉钴、热分解: 向反萃取后得到的水相中加入 $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液, 过滤、洗涤、干燥, 得到 CoC_2O_4

•2H₂O 晶体。称取 7.32g 该晶体，在空气中加热一段时间后，得到 CoO 和 Co₃O₄ 的混合物。称量该混合物，质量为 3.16g，通过计算确定该混合物中 CoO 和 Co₃O₄ 的质量之比 75: 241。（写出计算过程）

【答案】（1）1s²2s²2p⁶3s²3p⁶3d⁷ 或 [Ar]3d⁷；

（2）①Co₂O₃+SO₃²⁻+4H⁺=2Co²⁺+SO₄²⁻+2H₂O；

②6.7≤pH<7.4；

③pH 增大，OH⁻ 浓度增大，c（H⁺）减小，平衡正向进行，Co²⁺ 萃取率增大；分离 Co²⁺ 和 Mn²⁺（或富集、提纯 Co²⁺）；

④75: 241。

【分析】（1）根据晶胞结构，采用均摊法计算出晶胞的化学式，确定钴的价态，在写钴离子的基态核外电子排布式；

（2）①根据信息可知：Co₂O₃ 在酸性条件下，把 Na₂SO₃ 氧化为 Na₂SO₄，自身被还原为 Co²⁺，根据原子守恒和化合价升降守恒，可以写出反应的离子方程式；

②首先满足：pH>6.7，使 Al³⁺、Fe³⁺、Cu²⁺ 完全沉淀，根据 Co²⁺ 完全沉淀时（c（Co²⁺）≤10×10⁻⁵mol•L⁻¹）的为 9.4，计算出 Co（OH）₂ 的 K_{sp}[Co（OH）₂]，现浸取液中 c（Co²⁺）=0.1mol/L，根据 K_{sp}[Co（OH）₂] 计算出对应的 pH；

③当溶液 pH 处于 4.5~6.5 范围内，随溶液 pH 的增大，OH⁻ 浓度增大，中和 H⁺（Co²⁺+n（HA）₂⇌CoA₂•（n-1）（HA）₂+2H⁺），使平衡向右移动，增大了 Co²⁺ 萃取率；向萃取所得有机相中加入 H₂SO₄，使平衡向左移动，得到的水相含有 Co²⁺，设计萃取、反萃取的目的分离 Co²⁺ 和 Mn²⁺；

④根据 7.32g 计算出 CoC₂O₄•2H₂O 晶体的物质的量，进一步计算出钴的物质的量，在根据原子守恒和质量守恒，即可求出 CoO 和 Co₃O₄ 的质量之比。

【解答】解：（1）根据晶胞结构，可得：钴离子=12× $\frac{1}{4}$ +1=4，O²⁻=8× $\frac{1}{8}$ +6× $\frac{1}{2}$ =4：故晶胞为：CoO，即钴为+2 价，Co 的原子序数为 27，失去 2 个电子后，Co²⁺ 的基态核外电子排布式为：1s²2s²2p⁶3s²3p⁶3d⁷ 或 [Ar]3d⁷，

故答案为：1s²2s²2p⁶3s²3p⁶3d⁷ 或 [Ar]3d⁷；

（2）①根据信息可知：Co₂O₃ 在酸性条件下，把 Na₂SO₃ 氧化为 Na₂SO₄，自身被还原为 Co²⁺，反应的离子方程式为：Co₂O₃+SO₃²⁻+4H⁺=2Co²⁺+SO₄²⁻+2H₂O，

故答案为：Co₂O₃+SO₃²⁻+4H⁺=2Co²⁺+SO₄²⁻+2H₂O；

②首先满足: $\text{pH} > 6.7$, 使 Al^{3+} 、 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 完全沉淀, 根据 Co^{2+} 完全沉淀时 ($c(\text{Co}^{2+}) \leq 1.0 \times 10^{-5} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$) 的为 9.4, 可得 $c(\text{H}^+) = 1 \times 10^{-9.4}$, $K_w = c(\text{H}^+) \times c(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-14}$, 解得: $c(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-4.6}$, $K_{\text{sp}}[\text{Co}(\text{OH})_2] = c(\text{Co}^{2+}) \times c^2(\text{OH}^-) = 1.0 \times 10^{-5} \times (1 \times 10^{-4.6})^2 = 1.0 \times 10^{-14.2}$, 现浸取液中 $c(\text{Co}^{2+}) = 0.1 \text{mol/L}$, $K_{\text{sp}}[\text{Co}(\text{OH})_2] = c(\text{Co}^{2+}) \times c^2(\text{OH}^-) = 1.0 \times 10^{-14.2}$, 解得: $c(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-6.6}$, 进一步解得: $c(\text{H}^+) = 1 \times 10^{-7.4}$, $\text{pH} = 7.4$,

故答案为: $6.7 \leq \text{pH} < 7.4$;

③当溶液 pH 处于 4.5~6.5 范围内, 随溶液 pH 的增大, OH^- 浓度增大, OH^- 中和 H^+ 使 H^+ 的浓度减小, 平衡向右移动, 增大了 Co^{2+} 萃取率, 向萃取所得有机相中加入 H_2SO_4 , 增大了 H^+ 的浓度, 使平衡向左移动, 得到的水相中含有大量的 Co^{2+} , 从而实现 Co^{2+} 和 Mn^{2+} 的分离, 故设计萃取、反萃取的目的分离 Co^{2+} 和 Mn^{2+} ,

故答案为: pH 增大, OH^- 浓度增大, $c(\text{H}^+)$ 减小, 平衡正向进行, Co^{2+} 萃取率增大; 分离 Co^{2+} 和 Mn^{2+} (或富集、提纯 Co^{2+});

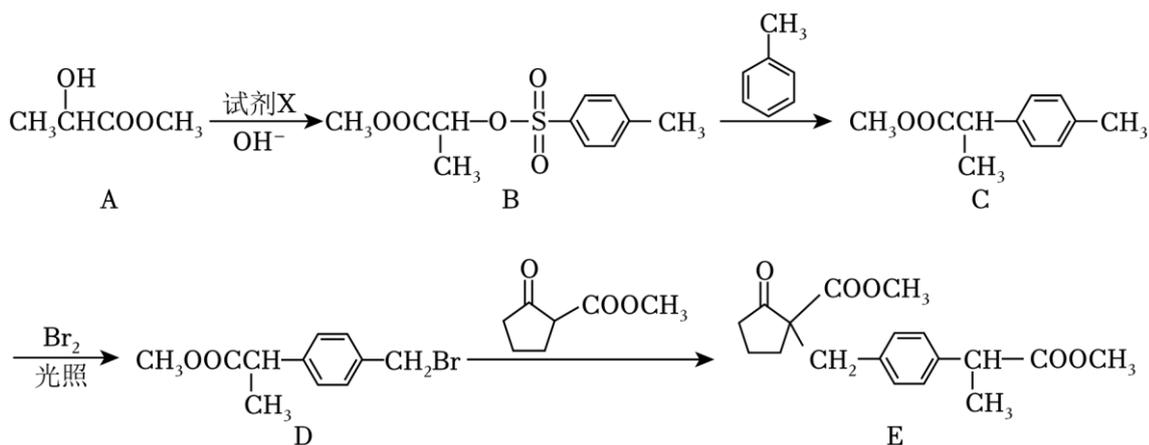
④ $\text{CoC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 晶体的物质的量 = $\frac{7.32\text{g}}{183\text{g/mol}} = 0.04\text{mol}$, 在空气中加热一段时间后, 得到 CoO 和 Co_3O_4

的混合物质量为 3.16g, 根据钴原子守恒, 设 CoO 为 $a\text{mol}$, Co_3O_4 为 $b\text{mol}$, 则有: $\begin{cases} a+3b=0.04 \\ 75 \times a+241b=3.16 \end{cases}$,

解得: $\begin{cases} a=0.01 \\ b=0.01 \end{cases}$, 故 CoO 为 0.75g, Co_3O_4 为 2.41g, CoO 和 Co_3O_4 的质量之比为 75: 241,

故答案为: 75: 241。

15. 化合物 E 是一种解热镇痛药, 可用于治疗急性上呼吸道炎症, 其合成路线之一如图。

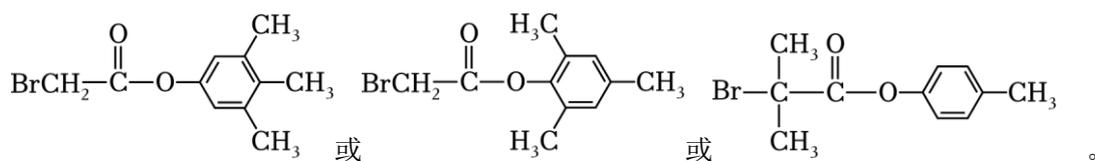


(1) B 分子中原子轨道采用 sp^3 杂化方式的碳原子数目是 4。

(2) B→C 的反应类型是 取代反应。

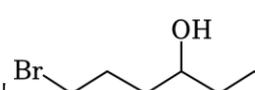
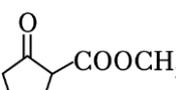
(3) 试剂 X 的分子式为 $\text{C}_7\text{H}_7\text{O}_2\text{SCl}$ 。写出试剂 X 的结构简式: 。

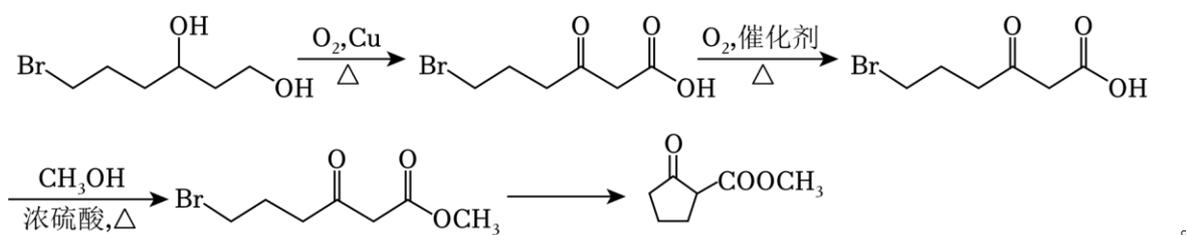
(4) D 的一种同分异构体同时满足下列条件, 写出该同分异构体的结构简式:



①分子中有 4 种不同化学环境的氢原子;

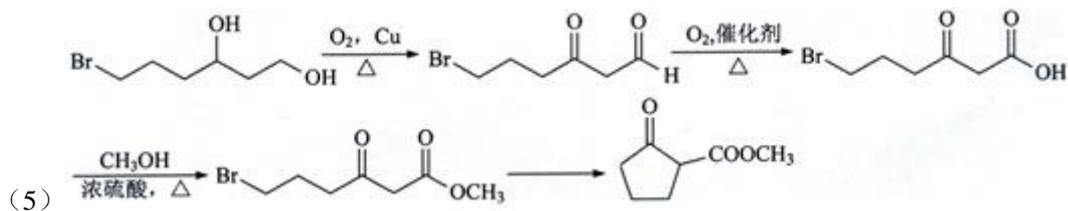
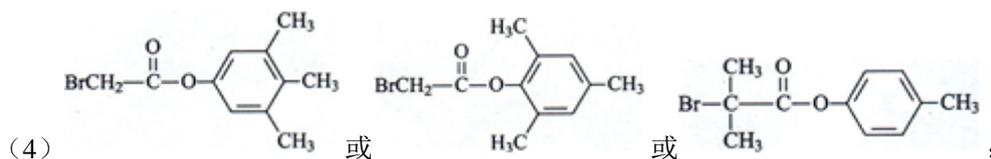
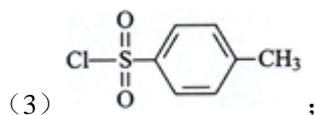
②在碱性溶液中水解, 水解产物酸化后得到有机物甲和乙, 甲能与 FeCl_3 溶液发生显色反应, 1mol 乙最多能消耗 2mol Na 。

(5) 请写出以 、 CH_3OH 为原料制备  的合成路线流程图

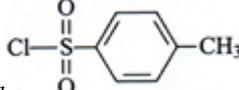


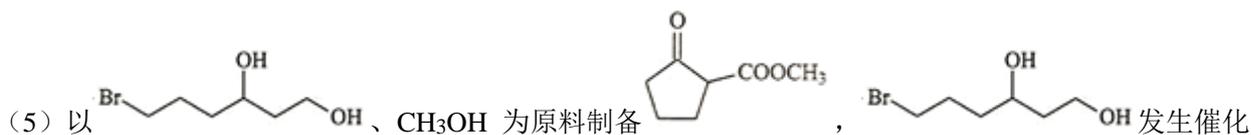
【答案】(1) 4;

(2) 取代反应;



【分析】试剂 X 的分子式为 $\text{C}_7\text{H}_7\text{O}_2\text{SCl}$, A 和 X 发生取代反应生成 B, 根据 A、B 结构简式及 X 分子

式为  ; B 和甲苯发生取代反应生成 C, C 中甲基上的 H 原子被溴原子取代生成 D, D 发生取代反应生成 E;



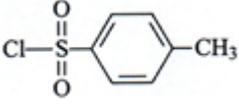
氧化生成 $\text{BrCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COCH}_2\text{CHO}$ ， $\text{BrCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COCH}_2\text{CHO}$ 发生氧化反应生成 $\text{BrCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COCH}_2\text{COOH}$ ， $\text{BrCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COCH}_2\text{COOH}$ 和甲醇发生酯化反应生成 $\text{BrCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COCH}_2\text{COOCH}_3$ ， $\text{BrCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COCH}_2\text{COOCH}_3$ 发生 D 生成 E 类型的反应得到目标产物。

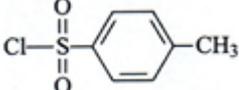
【解答】解：（1）B 分子中原子轨道采用 sp^3 杂化方式的碳原子为甲基和次亚甲基上的 C 原子，甲基有 3 个、次亚甲基有 1 个，所以 B 分子中原子轨道采用 sp^3 杂化方式的碳原子数目是 4，

故答案为：4；

（2）B 发生取代反应生成 C， $\text{B} \rightarrow \text{C}$ 的反应类型是取代反应，

故答案为：取代反应；

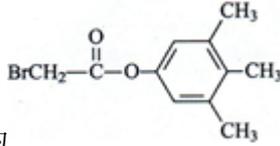
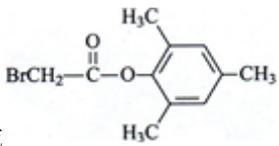
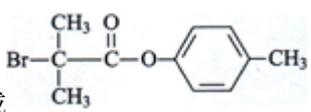
（3）通过以上分析知，试剂 X 的结构简式：，

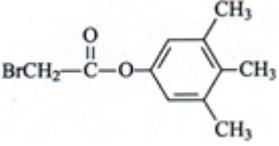
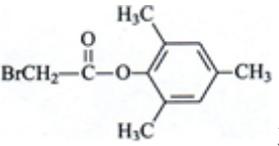
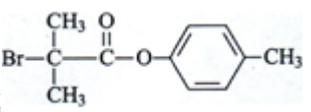
故答案为：；

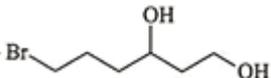
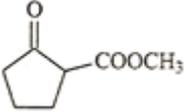
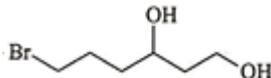
（4）D 的一种同分异构体同时满足下列条件：

①分子中有 4 种不同化学环境的氢原子；

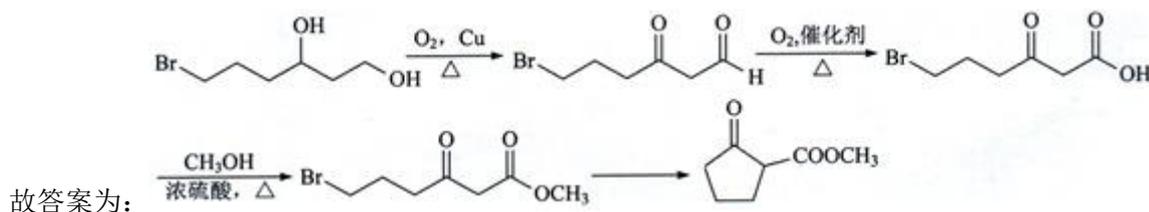
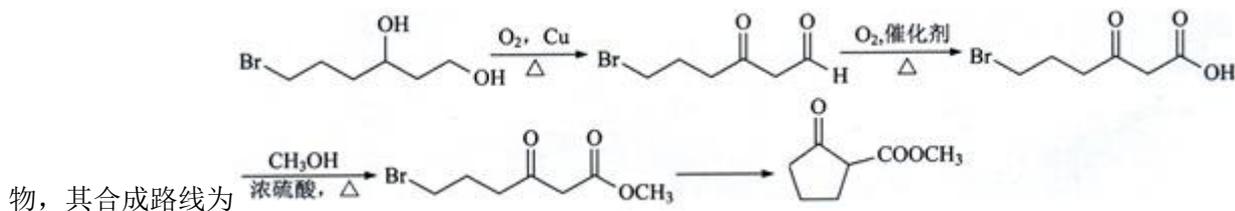
②在碱性溶液中水解，水解产物酸化后得到有机物甲和乙，甲能与 FeCl_3 溶液发生显色反应，说明含有酚羟基，1mol 乙最多能消耗 2mol Na，

符合条件的结构简式为  或  或 ，

故答案为： 或  或 ；

（5）以 、 CH_3OH 为原料制备 ， 发生催化

氧化生成 $\text{BrCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COCH}_2\text{CHO}$ ， $\text{BrCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COCH}_2\text{CHO}$ 发生氧化反应生成 $\text{BrCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COCH}_2\text{COOH}$ ， $\text{BrCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COCH}_2\text{COOH}$ 和甲醇发生酯化反应生成 $\text{BrCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COCH}_2\text{COOCH}_3$ ， $\text{BrCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COCH}_2\text{COOCH}_3$ 发生 D 生成 E 类型的反应得到目标产



16. 葡萄糖酸亚铁 $[(C_6H_{11}O_7)_2Fe]$ 是吸收效果好的营养强化剂，常温下易溶于水。一种制备葡萄糖酸亚铁的实验流程如图。



(1) 工业上硫酸亚铁可用硫铁矿（主要成分 FeS_2 ）与硫酸铁溶液反应制得，同时得到硫酸。写出该反应的化学方程式： $FeS_2 + 7Fe_2(SO_4)_3 + 8H_2O = 15FeSO_4 + 8H_2SO_4$ 。

(2) 为制得 $FeCO_3$ ，反应中混合两种试剂的操作为 先将硫酸亚铁溶液放入试管，然后将盛有经过煮沸并冷却的碳酸钠的胶头滴管插入试管内的溶液中，挤压胶头，逐滴滴加。

(3) 反应 II 中需加入稍过量的葡萄糖酸，目的是 加入稍过量的葡萄糖酸可抑制 Fe^{2+} 水解，防止 Fe^{2+} 被氧化。

(4) 葡萄糖易被溴水氧化成葡萄糖酸。葡萄糖酸晶体易溶于水、微溶于乙醇。请补充完整。以葡萄糖为原料制取纯净葡萄糖酸晶体的实验方案：取一定量葡萄糖，加入蒸馏水至完全溶解，加入足量溴水，再加入足量 $AgNO_3$ 溶液，过滤，往滤液中加入 75% 乙醇，过滤，再用 75% 乙醇洗涤沉淀，烘干，得纯净葡萄糖酸晶体。（实验中须使用的试剂：溴水、75% 乙醇、 $AgNO_3$ 溶液）

【答案】 (1) $FeS_2 + 7Fe_2(SO_4)_3 + 8H_2O = 15FeSO_4 + 8H_2SO_4$ ；

(2) 先将硫酸亚铁溶液放入试管，然后将盛有经过煮沸并冷却的碳酸钠的胶头滴管插入试管内的溶液中，挤压胶头，逐滴滴加；

(3) 加入稍过量的葡萄糖酸可抑制 Fe^{2+} 水解，防止 Fe^{2+} 被氧化；

(4) 加入足量溴水，再加入足量 $AgNO_3$ 溶液，过滤，往滤液中加入 75% 乙醇，过滤，再用 75% 乙醇洗涤沉淀，烘干。

【分析】 硫酸亚铁溶液中逐滴滴加碳酸钠溶液后，生成碳酸亚铁沉淀，经过滤、洗涤后，向沉淀中假日

葡萄糖酸，使碳酸亚铁溶解，生成葡萄糖酸亚铁溶液，经蒸发结晶、过滤、洗涤、干燥得到葡萄糖酸亚铁晶体，

(1) FeS_2 与硫酸铁反应生成硫酸亚铁， FeS_2 中 2 个 S 共升了 14 价， $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 中 2 个 +3 价铁共降了 2 价，根据升降守恒和原子守恒，写出化学方程式；

(2) 先将硫酸亚铁溶液放入试管，然后将盛有经过煮沸并冷却的碳酸钠的胶头滴管插入试管内的溶液中，挤压胶头；

(3) 加入稍过量的葡萄糖酸可抑制 Fe^{2+} 水解，防止 Fe^{2+} 被氧化；

(4) 葡萄糖易被溴水氧化成葡萄糖酸。葡萄糖酸晶体易溶于水、微溶于乙醇，故向葡萄糖溶液中加入足量溴水，再加入足量 AgNO_3 溶液，过滤，往滤液中加入 75% 乙醇（将葡萄糖酸转化为沉淀），过滤，再用 75% 乙醇洗涤沉淀，烘干，即可。

【解答】解：(1) FeS_2 与硫酸铁反应生成硫酸亚铁， FeS_2 中 2 个 S 共升了 14 价， $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 中 2 个 +3 价铁共降了 2 价，根据升降守恒和原子守恒，可得： $\text{FeS}_2 + 7\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 8\text{H}_2\text{O} = 15\text{FeSO}_4 + 8\text{H}_2\text{SO}_4$ ，故答案为： $\text{FeS}_2 + 7\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 8\text{H}_2\text{O} = 15\text{FeSO}_4 + 8\text{H}_2\text{SO}_4$ ；

(2) 先将硫酸亚铁溶液放入试管，然后将盛有经过煮沸并冷却（除去溶液中的溶解的 O_2 ，避免 Fe^{2+} 被氧化）的碳酸钠的胶头滴管插入试管内的溶液中，挤压胶头，逐滴滴加，防止碳酸钠溶液碱性过强时生成 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 沉淀，

故答案为：先将硫酸亚铁溶液放入试管，然后将盛有经过煮沸并冷却的碳酸钠的胶头滴管插入试管内的溶液中，挤压胶头，逐滴滴加；

(3) $\text{Fe}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+$ ，加入稍过量的葡萄糖酸可抑制 Fe^{2+} 水解，也可防止 Fe^{2+} 被氧化而减少，

故答案为：加入稍过量的葡萄糖酸可抑制 Fe^{2+} 水解，防止 Fe^{2+} 被氧化；

(4) 葡萄糖易被溴水氧化成葡萄糖酸（即醛基被氧化为羧基）， Br_2 被还原为 Br^- ，葡萄糖酸晶体易溶于水、微溶于乙醇，故向葡萄糖溶液中加入足量溴水（将葡萄糖氧化为葡萄糖酸），再加入足量 AgNO_3 溶液（将溶液中的 Br^- 转化为 AgBr 沉淀），过滤，往滤液中加入 75% 乙醇（将葡萄糖酸转化为沉淀），过滤，再用 75% 乙醇洗涤沉淀（减少葡萄糖酸的溶解损失），烘干，得纯净葡萄糖酸晶体，

故答案为：加入足量溴水，再加入足量 AgNO_3 溶液，过滤，往滤液中加入 75% 乙醇，过滤，再用 75% 乙醇洗涤沉淀，烘干。

17. 过量含磷物质的排放会致使水体富营养化，因此发展水体除磷技术非常重要。常用的除磷技术有化学沉淀法，吸附法等。

(1) 磷酸铵镁结晶法回收废水中的磷是近几年的研究热点。其原理为： $\text{NH}_4^+ + \text{Mg}^{2+} + \text{PO}_4^{3-} + 6\text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O} \downarrow$ 。pH=9 时，磷去除率与初始溶液中 $n(\text{N})/n(\text{P})$ 、 $n(\text{Mg})/n(\text{P})$ 的关系如题图 1 所示。

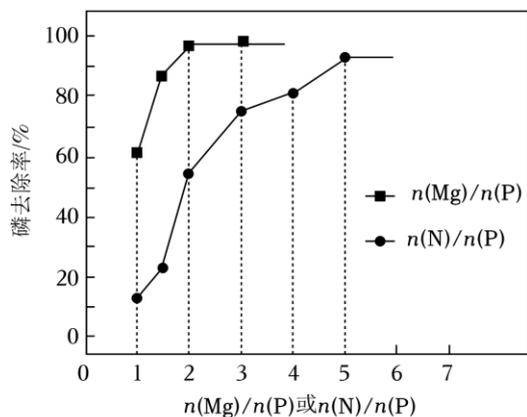


图1

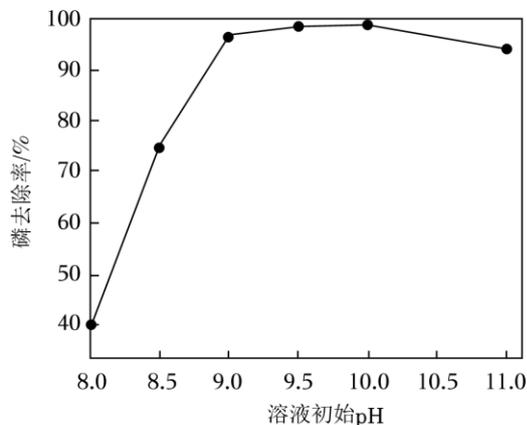


图2

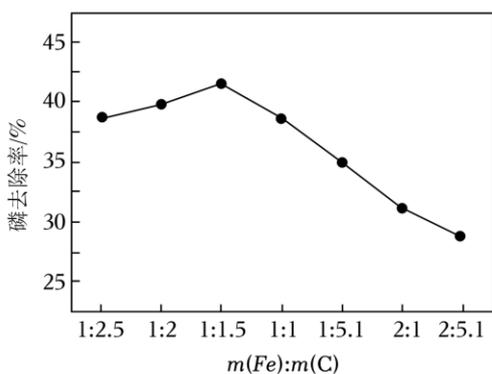


图3

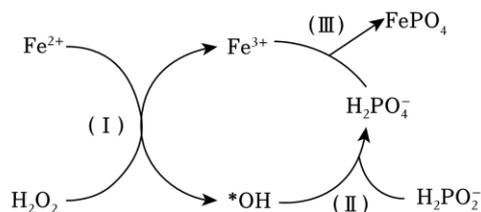


图4

为达到最佳除磷效果，并节约试剂， $n(\text{Mg}) : n(\text{N}) : n(\text{P}) = \underline{2 : 5 : 1}$ 。当 $n(\text{Mg}) : n(\text{N}) : n(\text{P})$ 一定，磷去除率随溶液初始 pH 变化如图 2 所示。pH>10 磷去除率下降，原因是 pH 增大， $c(\text{OH}^-)$ 增大， OH^- 与 NH_4^+ 和 Mg^{2+} 反应，导致 $c(\text{NH}_4^+)$ 和 $c(\text{Mg}^{2+})$ 减小，不利于生成磷酸铁铵。

(2) 铁炭混合物在水溶液中形成微电池，铁转化为 Fe^{2+} ， Fe^{2+} 进一步被氧化为 Fe^{3+} ， Fe^{3+} 与 PO_4^{3-} 结合成 FePO_4 沉淀。铁炭总质量一定，反应时间相同，测得磷去除率随铁炭质量比的变化如图 3 所示。

①当 $m(\text{Fe}) : m(\text{C}) > 1 : 1.5$ 时，随着 $m(\text{Fe})$ 增加，磷去除率降低，原因是 随着 $m(\text{Fe})$ 的增加，形成的微电池数目减少，溶液中的 $c(\text{Fe}^{2+})$ 减小。

②当 $m(\text{Fe}) : m(\text{C}) < 1 : 1.5$ 时，随着 $m(\text{C})$ 增加，磷去除率也降低。但降低幅度低于 $m(\text{Fe})$ 增加时降低幅度，原因是 炭对含磷粒子也有吸附作用。

(3) 次磷酸根 (H_2PO_2^-) 具有较强的还原性。利用 Fe^{2+} 、 H_2O_2 联合除去废水中次磷酸根，转化过程如

图 4 所示。

①转化（I）除生成 Fe^{3+} 和羟基自由基（ $\cdot\text{OH}$ ）外，还生成一种离子，其化学式为 OH^- 。

②写出转化（II）的离子方程式： $\text{H}_2\text{PO}_2^- + 4\cdot\text{OH} = \text{H}_2\text{PO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

【答案】（1）2：5：1；pH 增大， $c(\text{OH}^-)$ 增大， OH^- 与 cNH_4^+ 和 Mg^{2+} 反应，导致 $c(\text{NH}_4^+)$ 和 $c(\text{Mg}^{2+})$ 减小，不利于生成磷酸铁铵；

（2）①随着 $m(\text{Fe})$ 的增加，形成的微电池数目减少，溶液中的 $c(\text{Fe}^{2+})$ 减小；

②炭对含磷粒子也有吸附作用；

（3）① OH^- ；② $\text{H}_2\text{PO}_2^- + 4\cdot\text{OH} = \text{H}_2\text{PO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

【分析】（1）由图 1 可知， $n(\text{N})/n(\text{P}) = 5:1$ 、 $n(\text{Mg})/n(\text{P}) = 2:1$ 时，即达到最佳除磷效果，又节约试剂，由图 2 可知， $\text{pH} > 10$ 时， $c(\text{OH}^-)$ 增大， OH^- 与 NH_4^+ 和 Mg^{2+} 反应，导致 $c(\text{NH}_4^+)$ 和 $c(\text{Mg}^{2+})$ 减小，不利于生成磷酸铁铵；

（2）①因为铁炭总质量一定，当 $m(\text{Fe}) : m(\text{C}) > 1 : 1.5$ 时，随着 $m(\text{Fe})$ 增加，导致 C 量减少，形成的微电池数目减少，溶液中的 $c(\text{Fe}^{2+})$ 减小；

②当 $m(\text{Fe}) : m(\text{C}) < 1 : 1.5$ 时，随着 $m(\text{C})$ 增加， $m(\text{Fe})$ 在减少，形成的原电池也在减少，所以磷的去除率也降低。但降低幅度低于 $m(\text{Fe})$ 增加时降低幅度，原因是炭对含磷粒子也有吸附作用；

（3）①由图可知转化（I）为 Fe^{2+} 和 H_2O_2 生成 Fe^{3+} 和羟基自由基（ $\cdot\text{OH}$ ）外，还生成一种离子必须为阴离子，才能满足电荷守恒，结合原子守恒可知应为 OH^- ；

②由图可知，转化（II）为 H_2PO_2^- 和 $\cdot\text{OH}$ 反应生成 H_2PO_4^- 和 H_2O ，P 元素化合价由 +1 价升高到了 +5 价，即升高了 4 价， $\cdot\text{OH}$ 中的 O 元素由 -1 价降到了 -2 价，根据化合价升降守恒及原子守恒即可写出方程式。

【解答】解：（1）由图 1 可知， $n(\text{N})/n(\text{P}) = 5:1$ 、 $n(\text{Mg})/n(\text{P}) = 2:1$ 时，磷的去除率均达到最佳值，如果增大 N、Mg 的量，磷的去除率几乎不变，将会造成 N、Mg 的浪费，所以 $n(\text{Mg}) : n(\text{N}) : n(\text{P}) = 2 : 5 : 1$ ，即达到最佳除磷效果，又节约试剂，由图 2 可知， $\text{pH} > 10$ 时， $c(\text{OH}^-)$ 增大， OH^- 与 NH_4^+ 和 Mg^{2+} 反应，导致 $c(\text{NH}_4^+)$ 和 $c(\text{Mg}^{2+})$ 减小，不利于生成磷酸铁铵，从而降低了磷的去除率，

故答案为：2：5：1；pH 增大， $c(\text{OH}^-)$ 增大， OH^- 与 NH_4^+ 和 Mg^{2+} 反应，导致 $c(\text{NH}_4^+)$ 和 $c(\text{Mg}^{2+})$ 减小，不利于生成磷酸铁铵；

(2) ①因为铁炭总质量一定，当 $m(\text{Fe}): m(\text{C}) > 1: 1.5$ 时，随着 $m(\text{Fe})$ 增加，导致 C 量减少，形成的微电池数目减少，溶液中的 $c(\text{Fe}^{2+})$ 减小，对应的 Fe^{3+} 减少，从而导致磷去除率降低，

故答案为：随着 $m(\text{Fe})$ 的增加，形成的微电池数目减少，溶液中的 $c(\text{Fe}^{2+})$ 减小；

②当 $m(\text{Fe}): m(\text{C}) < 1: 1.5$ 时，随着 $m(\text{C})$ 增加， $m(\text{Fe})$ 在减少，形成的原电池也在减少，所以磷的去除率也降低。但降低幅度低于 $m(\text{Fe})$ 增加时降低幅度，原因是炭对含磷粒子也有吸附作用，导致磷的去除率降低幅度偏小，

故答案为：炭对含磷粒子也有吸附作用；

(3) ①由图可知转化 (I) 为 Fe^{2+} 和 H_2O_2 生成 Fe^{3+} 和羟基自由基 ($\cdot\text{OH}$) 外，还生成一种离子为 OH^- ，方程式为： $\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{Fe}^{3+} + \cdot\text{OH} + \text{OH}^-$ ，

故答案为： OH^- ；

②由图可知，转化 (II) 为 H_2PO_2^- 和 $\cdot\text{OH}$ 反应生成 H_2PO_4^- 和 H_2O ，P 元素化合价由 +1 价升高到了 +5 价，即升高了 4 价， $\cdot\text{OH}$ 中的 O 元素由 -1 价降到了 -2 价，根据化合价升降守恒及原子守恒可得方程式为： $\text{H}_2\text{PO}_2^- + 4\cdot\text{OH} = \text{H}_2\text{PO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O}$ ，

故答案为： $\text{H}_2\text{PO}_2^- + 4\cdot\text{OH} = \text{H}_2\text{PO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O}$ 。