

2023年1月浙江省普通高校招生选考化学试题

化学试题

可能用到的相对原子质量：H1 Li7 C12 N14 O16 Na23 Mg24 Al27 Si28 S32
Cl35.5 K39 Ca40 Fe56 Cu64 Br80 Ag108 I127 Ba137

一、选择题(本大题共16小题，每小题3分，共48分。每小题列出的四个备选项中只有一个是符合题目要求的，不选、多选、错选均不得分)

1. 下列物质中属于耐高温酸性氧化物的是

- A. CO_2 B. SiO_2 C. MgO D. Na_2O

【答案】B

【解析】

【详解】A. 二氧化碳和碱反应生成盐和水，是酸性氧化物，但为分子晶体，不耐高温，A错误；

B. SiO_2 能跟碱反应生成盐和水： $\text{SiO}_2 + 2\text{OH}^- = \text{SiO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ ，所以 SiO_2 是酸性氧化物，为共价晶体，耐高温，B正确；

C. MgO 能跟酸反应生成盐和水： $\text{MgO} + 2\text{H}^+ = \text{Mg}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$ ，所以 MgO 是碱性氧化物，；C错误；

D. Na_2O 能跟酸反应生成盐和水，所以是碱性氧化物，；D错误；

答案选B。

2. 硫酸铜应用广泛，下列说法不正确的是

- A. Cu 元素位于周期表 p 区 B. 硫酸铜属于强电解质
C. 硫酸铜溶液呈酸性 D. 硫酸铜能使蛋白质变性

【答案】A

【解析】

【详解】A. Cu 为 29 号元素，位于 IB 族，属于 ds 区元素，故 A 错误；

B. 硫酸铜属于盐类，在水溶液中能完全电离，属于强电解质，故 B 正确；

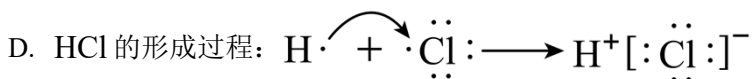
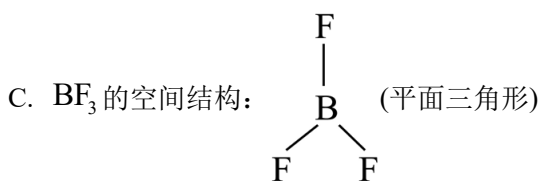
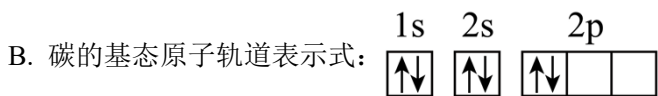
C. 硫酸铜为强酸弱碱盐，铜离子水解使溶液呈酸性，故 C 正确；

D. 铜离子为重金属离子，能使蛋白质变性，故 D 正确；

故选：A。

3. 下列化学用语表示正确的是

- A. 中子数为 18 的氯原子： ${}_{17}^{37}\text{Cl}$



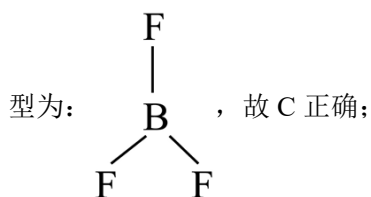
【答案】C

【解析】

【详解】A. 质量数=质子数+中子数，质量数标注于元素符号左上角，质子数标注于左下角，中子数为 18 的氯原子的质量数为 $17+18=35$ ，核素符号为 ${}_{17}^{35}\text{Cl}$ ，故 A 错误；

B. 基态碳原子的核外电子排布式为 $1s^22s^22p^2$ ，根据洪特规则， $2p$ 轨道上的 2 个电子应该分别在 2 个轨道上，且自旋方向相同，轨道表示式： $\begin{array}{ccc} \boxed{\uparrow\downarrow} & \boxed{\uparrow\downarrow} & \boxed{\uparrow}\boxed{\uparrow}\boxed{} \\ 1s & 2s & 2p \end{array}$ ，故 B 错误；

C. BF_3 的中心原子 B 原子孤电子对数 $=\frac{3-3}{2}=0$ ，价层电子对数=3，空间构型为平面三角形，空间结构模



D. HCl 是共价化合物，不存在电子得失，其形成过程应为 $\text{H}\cdot + \cdot\ddot{\text{Cl}}\text{:} \longrightarrow \text{H}:\ddot{\text{Cl}}\text{:}$ ，故 D 错误；

故选：C。

4. 物质的性质决定用途，下列两者对应关系不正确的是

- A. SO_2 能使某些色素褪色，可用作漂白剂 B. 金属钠导热性好，可用作传热介质
C. NaClO 溶液呈碱性，可用作消毒剂 D. Fe_2O_3 呈红色，可用作颜料

【答案】C

【解析】

【详解】A. SO_2 具有漂白性，能使某些色素褪色，选项 A 正确；
B. 钠导热性好，液态钠可用作核反应堆的传热介质，选项 B 正确；
C. NaClO 溶液可用于杀菌消毒，并不是由于其具有碱性，而是因为其具有强氧化性，选项 C 不正确；

D. Fe_2O_3 的颜色是红色,可用作红色颜料, 选项 D 正确;

答案选 C。

5. 下列关于元素及其化合物的性质说法不正确的是

A. Na 和乙醇反应可生成 H_2

B. 工业上煅烧黄铁矿 (FeS_2) 生产 SO_2

C. 工业上用氨的催化氧化制备 NO

D. 常温下铁与浓硝酸反应可制备 NO_2

【答案】D

【解析】

【详解】A. 乙醇分子中含有羟基, 可以和钠反应生成氢气, A 正确;

B. 黄铁矿 (FeS_2) 在空气中煅烧生成二氧化硫和氧化铁, B 正确;

C. 工业上利用氨与氧气催化氧化生成一氧化氮和副产物水, C 正确;

D. 常温下铁与浓硝酸会发生钝化, 不能制备二氧化氮, D 错误;

故选 D。

6. 关于反应 $2\text{NH}_2\text{OH} + 4\text{Fe}^{3+} = \text{N}_2\text{O} \uparrow + 4\text{Fe}^{2+} + 4\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$, 下列说法正确的是

A. 生成 $1\text{mol N}_2\text{O}$, 转移 4mol 电子

B. NH_2OH 是还原产物

C. NH_2OH 既是氧化剂又是还原剂

D. 若设计成原电池, Fe^{2+} 为负极产物

【答案】A

【解析】

【详解】A. 由方程式可知, 反应生成 1mol 一氧化二氮, 转移 4mol 电子, 故 A 正确;

B. 由方程式可知, 反应中氮元素的化合价升高被氧化, NH_2OH 是反应的还原剂, 故 B 错误;

C. 由方程式可知, 反应中氮元素的化合价升高被氧化, NH_2OH 是反应的还原剂, 铁元素的化合价降低被还原, 铁离子是反应的氧化剂, 故 C 错误;

D. 由方程式可知, 反应中铁元素的化合价降低被还原, 铁离子是反应的氧化剂, 若设计成原电池, 铁离子在正极得到电子发生还原反应生成亚铁离子, 亚铁离子为正极产物, 故 D 错误;

故选 A。

7. 下列反应的离子方程式不正确的是

A. Cl_2 通入氢氧化钠溶液: $\text{Cl}_2 + 2\text{OH}^- = \text{Cl}^- + \text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O}$

B. 氧化铝溶于氢氧化钠溶液: $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{OH}^- = 2\text{AlO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$

C. 过量 CO_2 通入饱和碳酸钠溶液: $2\text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{NaHCO}_3 \downarrow$

D. H_2SO_3 溶液中滴入氯化钙溶液： $\text{SO}_3^{2-} + \text{Ca}^{2+} = \text{CaSO}_3 \downarrow$

【答案】D

【解析】

【详解】A. Cl_2 通入氢氧化钠溶液中反应生成氯化钠、次氯酸钠和水，反应的离子方程式为：

$\text{Cl}_2 + 2\text{OH}^- = \text{Cl}^- + \text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O}$ ，选项 A 正确；

B. 氧化铝溶于氢氧化钠溶液生成偏铝酸钠和水，反应的离子方程式为： $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{OH}^- = 2\text{AlO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$ ，

选项 B 正确；

C. 过量 CO_2 通入饱和碳酸钠溶液反应产生碳酸氢钠晶体，反应的离子方程式为：

$2\text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{NaHCO}_3 \downarrow$ ，选项 C 正确；

D. H_2SO_3 溶液中滴入氯化钙溶液，因亚硫酸酸性弱于盐酸，不能发生反应，选项 D 不正确；

答案选 D。

8. 下列说法不正确的是

A. 从分子结构上看糖类都是多羟基醛及其缩合产物

B. 蛋白质溶液与浓硝酸作用产生白色沉淀，加热后沉淀变黄色

C. 水果中因含有低级酯类物质而具有特殊香味

D. 聚乙烯、聚氯乙烯是热塑性塑料

【答案】A

【解析】

【详解】A. 从分子结构上看糖类都是多羟基醛或酮及其缩合产物，故 A 错误；

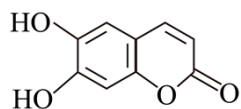
B. 某些含有苯环的蛋白质溶液与浓硝酸会因胶体发生聚沉产生白色沉淀，加热后沉淀发生显色反应变为黄色，故 B 正确；

C. 酯是易挥发而具有芳香气味的有机化合物，所以含有酯类的水果会因含有低级酯类物质而具有特殊香味，故 C 正确；

D. 聚乙烯、聚氯乙烯的是具有优良性能的热塑性塑料，故 D 正确；

故选 A。

9. 七叶亭是一种植物抗菌素，适用于细菌性痢疾，其结构如图，下列说法正确的是



- A. 分子中存在 2 种官能团
- B. 分子中所有碳原子共平面
- C. 1mol 该物质与足量溴水反应，最多可消耗 2molBr₂
- D. 1mol 该物质与足量 NaOH 溶液反应，最多可消耗 3molNaOH

【答案】B

【解析】

- 【详解】A. 根据结构简式可知分子中含有酚羟基、酯基和碳碳双键，共三种官能团，A 错误；
- B. 分子中苯环确定一个平面，碳碳双键确定一个平面，且两个平面重合，故所有碳原子共平面，B 正确；
- C. 酚羟基含有两个邻位 H 可以和溴发生取代反应，另外碳碳双键能和单质溴发生加成反应，所以最多消耗单质溴 3mol，C 错误；
- D. 分子中含有 2 个酚羟基，含有 1 个酯基，酯基水解后生成 1 个酚羟基，所以最多消耗 4molNaOH，D 错误；
- 故选 B。

10. X、Y、Z、M、Q 五种短周期元素，原子序数依次增大。X 的 2s 轨道全充满，Y 的 s 能级电子数量是 p 能级的两倍，M 是地壳中含量最多的元素，Q 是纯碱中的一种元素。下列说法不正确的是

- A. 电负性：Z > X
- B. 最高正价：Z < M
- C. Q 与 M 的化合物中可能含有非极性共价键
- D. 最高价氧化物对应水化物的酸性：Z > Y

【答案】B

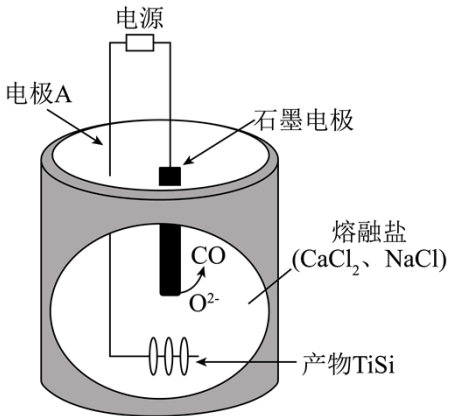
【解析】

【分析】Y 的 s 能级电子数量是 p 能级的两倍，Y 为 C，X 的 2s 轨道全充满，原子序数 X < Y，则 X 为 Be 或 B，M 是地壳中含量最多的元素，M 为 O，原子序数 Y < Z < M，则 Z 为 N，Q 是纯碱中的一种元素，则 Q 为 Na，据此分析。

- 【详解】A. 同一周期元素从左至右，电负性逐渐增大，Z > X，A 正确；
- B. N 最高正价为 +5 价，O 无最高正价，最高正价 N 大于 O，B 错误；
- C. Na 和 O 形成的过氧化钠中含有非极性共价键，C 正确；
- D. 非金属性越强，最高价氧化物对应水化物的酸性越强，非金属性 N 大于 C，硝酸酸性强于碳酸，D 正确；

故选 B。

11. 在熔融盐体系中，通过电解 TiO_2 和 SiO_2 获得电池材料 (TiSi)，电解装置如图，下列说法正确的是

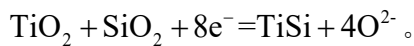


- A. 石墨电极为阴极，发生氧化反应
- B. 电极 A 的电极反应： $8\text{H}^+ + \text{TiO}_2 + \text{SiO}_2 + 8\text{e}^- = \text{TiSi} + 4\text{H}_2\text{O}$
- C. 该体系中，石墨优先于 Cl^- 参与反应
- D. 电解时，阳离子向石墨电极移动

【答案】C

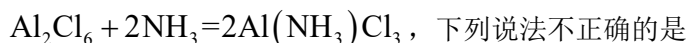
【解析】

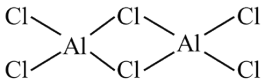
【分析】由图可知，在外加电源下石墨电极上 C 转化为 CO，失电子发生氧化反应，为阳极，与电源正极相连，则电极 A 作阴极， TiO_2 和 SiO_2 获得电子产生电池材料 (TiSi)，电极反应为



- 【详解】A. 在外加电源下石墨电极上 C 转化为 CO，失电子发生氧化反应，为阳极，选项 A 错误；
 - B. 电极 A 的电极反应为 $\text{TiO}_2 + \text{SiO}_2 + 8\text{e}^- = \text{TiSi} + 4\text{O}^{2-}$ ，选项 B 错误；
 - C. 根据图中信息可知，该体系中，石墨优先于 Cl^- 参与反应，选项 C 正确；
 - D. 电解池中石墨电极为阳极，阳离子向阴极电极 A 移动，选项 D 错误；
- 答案选 C。

12. 共价化合物 Al_2Cl_6 中所有原子均满足 8 电子稳定结构，一定条件下可发生反应：

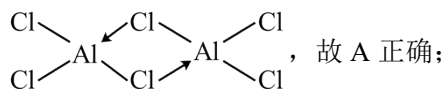


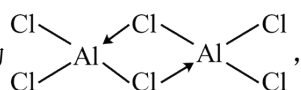
- A. Al_2Cl_6 的结构式为 
- B. Al_2Cl_6 为非极性分子
- C. 该反应中 NH_3 的配位能力大于氯
- D. Al_2Br_6 比 Al_2Cl_6 更难与 NH_3 发生反应

【答案】D

【解析】

【详解】A. 由双聚氯化铝分子中所有原子均满足 8 电子稳定结构可知，分子的结构式为



B. 由双聚氯化铝分子中所有原子均满足 8 电子稳定结构可知，分子的结构式为 ，

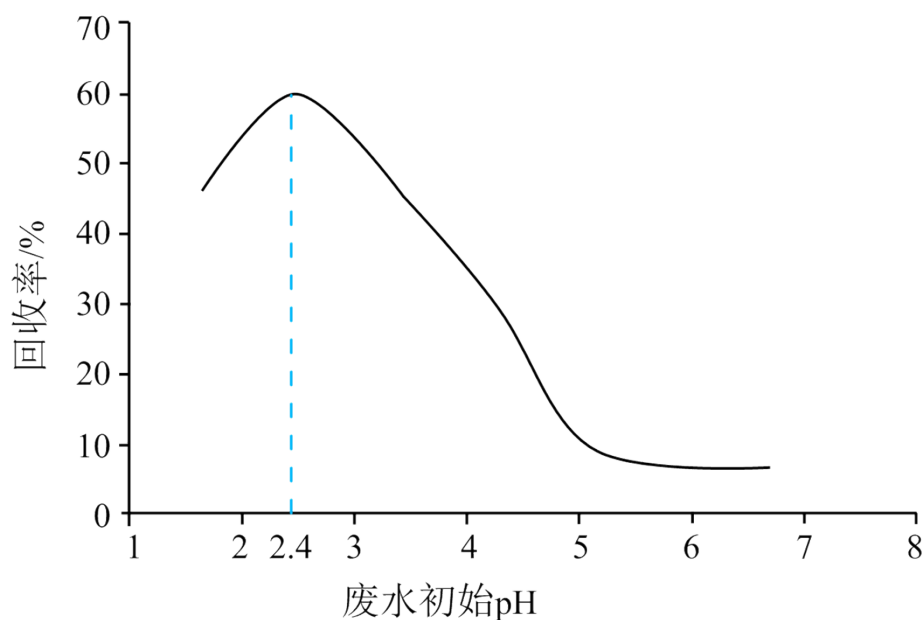
则双聚氯化铝分子为结构对称的非极性分子，故 B 正确；

C. 由反应方程式可知，氨分子更易与具有空轨道的铝原子形成配位键，配位能力大于氯原子，故 C 正确；

D. 溴元素的电负性小于氯元素，原子的原子半径大于氯原子，则铝溴键弱于铝氯键，所以双聚溴化铝的铝溴键更易断裂，比双聚氯化铝更易与氨气反应，故 D 错误；

故选 D。

13. 甲酸(HCOOH)是重要的化工原料。工业废水中的甲酸及其盐，通过离子交换树脂(含固体活性成分 R_3N ，R 为烷基)因静电作用被吸附回收，其回收率(被吸附在树脂上甲酸根的物质质量分数)与废水初始 pH 关系如图(已知甲酸 $K_a = 1.8 \times 10^{-4}$)，下列说法不正确的是



A. 活性成分 R_3N 在水中存在平衡： $R_3N + H_2O \rightleftharpoons R_3NH^+ + OH^-$

B. pH = 5 的废水中 $c(HCOO^-) : c(HCOOH) = 18$

C. 废水初始 $\text{pH} < 2.4$ ，随 pH 下降，甲酸电离被抑制，与 R_3NH^+ 作用的 HCOO^- 数目减少

D. 废水初始 $\text{pH} > 5$ ，离子交换树脂活性成分主要以 R_3NH^+ 形态存在

【答案】D

【解析】

【详解】A. 由图可知， R_3N 溶液呈碱性，溶液中存在如下平衡 $\text{R}_3\text{N} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{R}_3\text{NH}^+ + \text{OH}^-$ ，故 A 正确；

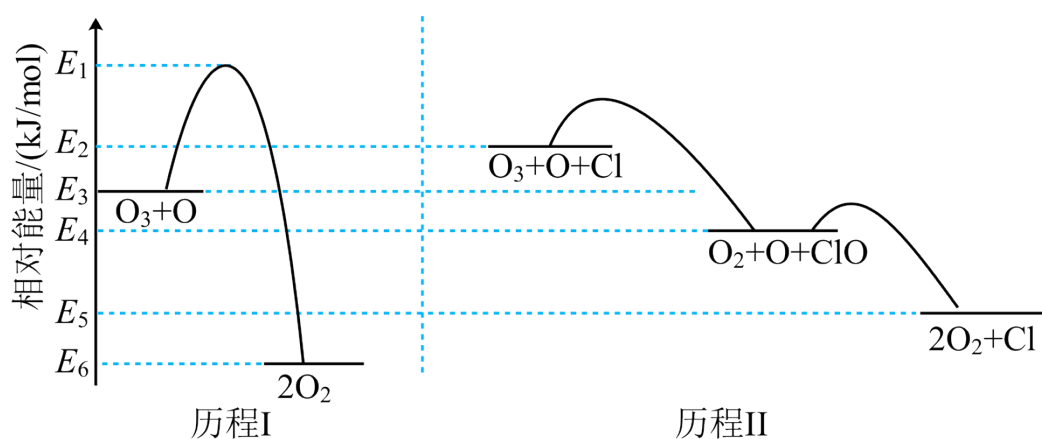
B. 由电离常数公式可知，溶液中 $\frac{c(\text{HCOO}^-)}{c(\text{HCOOH})} = \frac{K_a}{c(\text{H}^+)}$ ，当溶液 pH 为 5 时，溶液中 $\frac{c(\text{HCOO}^-)}{c(\text{HCOOH})} =$

$$\frac{1.8 \times 10^{-4}}{1.0 \times 10^{-5}} = 18, \text{ 故 B 正确;}$$

C. 由图可知，溶液 pH 为 2.4 时，废水中的甲酸及其盐回收率最高，当溶液中 pH 小于 2.4 时，随溶液 pH 下降，溶液中氢离子浓度增大，甲酸电离被抑制，溶液中甲酸根离子浓度减小，与 R_3NH^+ 作用的数目减小，故 C 正确；

D. 由图可知， R_3N 溶液呈碱性，溶液中存在如下平衡 $\text{R}_3\text{N} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{R}_3\text{NH}^+ + \text{OH}^-$ ，当废水初始 pH 大于 5 时，平衡向左移动，离子交换树脂活性成分主要以 R_3N 形态存在，故 D 错误；
故选 D。

14. 标准状态下，气态反应物和生成物的相对能量与反应历程示意图如下[已知 $\text{O}_2(\text{g})$ 和 $\text{Cl}_2(\text{g})$ 的相对能量为 0]，下列说法不正确的是

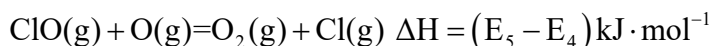


A. $E_6 - E_3 = E_5 - E_2$

B. 可计算 $\text{Cl}-\text{Cl}$ 键能为 $2(E_2 - E_3) \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

C. 相同条件下, O_3 的平衡转化率: 历程II>历程I

D. 历程I、历程II中速率最快的一步反应的热化学方程式为:



【答案】C

【解析】

【分析】对比两个历程可知, 历程II中增加了催化剂, 降低了反应的活化能, 加快了反应速率。

【详解】A. 催化剂能降低活化能, 但是不能改变反应的焓变, 因此 $E_6 - E_3 = E_5 - E_2$, A 正确;

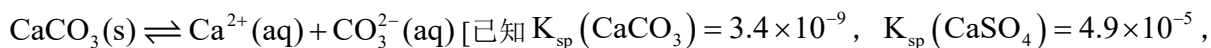
B. 已知 $Cl_2(g)$ 的相对能量为 0, 对比两个历程可知, $Cl(g)$ 的相对能量为 $(E_2 - E_3) \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则 $Cl-Cl$ 键能为 $2(E_2 - E_3) \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, B 正确;

C. 催化剂不能改变反应的平衡转化率, 因此相同条件下, O_3 的平衡转化率: 历程II=历程I, C 错误;

D. 活化能越低, 反应速率越快, 由图像可知, 历程II中第二步反应的活化能最低, 所以速率最快的一步反应的热化学方程式为: $ClO(g) + O(g) = O_2(g) + Cl(g) \quad \Delta H = (E_5 - E_4) \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, D 正确;

故答案为: C。

15. 碳酸钙是常见难溶物, 将过量碳酸钙粉末置于水中达到溶解平衡:



H_2CO_3 的电离常数 $K_{a1} = 4.5 \times 10^{-7}, K_{a2} = 4.7 \times 10^{-11}]$, 下列有关说法正确的是

A. 上层清液中存在 $c(Ca^{2+}) = c(CO_3^{2-})$

B. 上层清液中含碳微粒最主要以 HCO_3^- 形式存在

C. 向体系中通入 CO_2 气体, 溶液中 $c(Ca^{2+})$ 保持不变

D. 通过加 Na_2SO_4 溶液可实现 $CaCO_3$ 向 $CaSO_4$ 的有效转化

【答案】B

【解析】

【详解】A. 上层清液为碳酸钙的饱和溶液, 碳酸根离子水解生成碳酸氢根离子, 因此 $c(Ca^{2+}) > c(CO_3^{2-})$, A 错误;

B. 根据 $K_{a2} = 4.7 \times 10^{-11}$ 可得 $\frac{c(CO_3^{2-}) \cdot c(H^+)}{c(HCO_3^-)} = 4.7 \times 10^{-11}$, 则碳酸根的水解平衡常数为

$$K_h = \frac{c(\text{HCO}_3^-) \cdot c(\text{OH}^-)}{c(\text{CO}_3^{2-})} = \frac{K_w}{K_{a2}} \approx 2 \times 10^{-2} > K_{a2}, \text{ 说明碳酸根的水解程度较大, 则上层清液中含碳微粒}$$

主要为碳酸氢根离子, B 正确;

C. 向体系中通入 CO_2 , $\text{CO}_3^{2-} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HCO}_3^-$, $c(\text{CO}_3^{2-})$ 减小, $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$ 正向移动, 溶液中钙离子浓度增大, C 错误;

D. 由题干可知, $K_{sp}(\text{CaCO}_3) = 3.4 \times 10^{-9}$, $K_{sp}(\text{CaSO}_4) = 4.9 \times 10^{-5}$, 碳酸钙比硫酸钙更难溶, 加入硫酸钠后碳酸钙不会转化成硫酸钙, D 错误;

故答案选 B。

16. 探究铁及其化合物的性质, 下列方案设计、现象和结论都正确的是

	实验方案	现象	结论
A	往 FeCl_2 溶液中加入 Zn 片	短时间内无明显现象	Fe^{2+} 的氧化能力比 Zn^{2+} 弱
B	往 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液中滴加 KSCN 溶液, 再加入少量 K_2SO_4 固体	溶液先变成血红色后无明显变化	Fe^{3+} 与 SCN^- 的反应不可逆
C	将食品脱氧剂样品中的还原铁粉溶于盐酸, 滴加 KSCN 溶液	溶液呈浅绿色	食品脱氧剂样品中没有 +3 价铁
D	向沸水中逐滴加 5~6 滴饱和 FeCl_3 溶液, 持续煮沸	溶液先变成红褐色再析出沉淀	Fe^{3+} 先水解得 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 再聚集成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】D

【解析】

【详解】A. FeCl_2 溶液中加入 Zn 片, $\text{Fe}^{2+} + \text{Zn} = \text{Zn}^{2+} + \text{Fe}$, 溶液由浅绿色变为无色, Fe^{2+} 的氧化能力比 Zn^{2+} 强, A 错误;

B. 溶液变成血红色的原因, $\text{Fe}^{3+} + 3\text{SCN}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{SCN})_3$, 与 SO_4^{2-} 和 K^+ 无关, B 错误;

C. 铁离子可能先与单质铁生成亚铁离子, 则溶液呈绿色, C 错误;

D. 向沸水中滴加饱和氯化铁溶液，制取 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体，继续加热则胶体因聚沉变为沉淀，D 正确；故答案为：D。

二、非选择题(本大题共 5 小题，共 52 分)

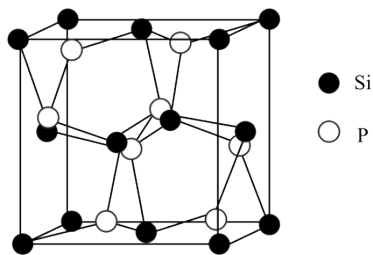
17. 硅材料在生活中占有重要地位。请回答：

(1) $\text{Si}(\text{NH}_2)_4$ 分子的空间结构(以 Si 为中心)名称为_____，分子中氮原子的杂化轨道类型是_____。 $\text{Si}(\text{NH}_2)_4$ 受热分解生成 Si_3N_4 和 NH_3 ，其受热不稳定的原因是_____。

(2) 由硅原子核形成的三种微粒，电子排布式分别为：① $[\text{Ne}]3s^23p^2$ 、② $[\text{Ne}]3s^23p^1$ 、③ $[\text{Ne}]3s^23p^14s^1$ ，有关这些微粒的叙述，正确的是_____。

- A. 微粒半径：③>①>②
 B. 电子排布属于基态原子(或离子)的是：①②
 C. 电离一个电子所需最低能量：①>②>③
 D. 得电子能力：①>②

(3) Si 与 P 形成的某化合物晶体的晶胞如图。该晶体类型是_____，该化合物的化学式为_____。



【答案】 (1) ①. 四面体 ②. sp^3 ③. Si 周围的 NH_2 基团体积较大，受热时斥力较强

$\text{Si}(\text{NH}_2)_4$ 中 Si-N 键能相对较小]；产物中气态分子数显著增多(熵增) (2) AB

(3) ①. 共价晶体 ②. SiP_2

【解析】

【小问 1 详解】

$\text{Si}(\text{NH}_2)_4$ 分子可视为 SiH_4 分子中的 4 个氢原子被 $-\text{NH}_2$ (氨基)取代形成的，所以 $\text{Si}(\text{NH}_2)_4$ 分子中 Si 原子轨道的杂化类型是 sp^3 ，分子的空间结构(以 Si 为中心)名称为四面体；

氨基($-\text{NH}_2$)氮原子形成 3 个 σ 键，含有 1 对孤对电子，N 原子杂化轨道数目为 4，N 原子轨道的杂化类型是 sp^3 ；

Si 周围的 NH_2 基团体积较大，受热时斥力较强 $\text{Si}(\text{NH}_2)_4$ 中 Si-N 键能相对较小]；产物中气态分子数显

著增多(熵增), 故 $\text{Si}(\text{NH}_2)_4$ 受热不稳定, 容易分解生成 Si_3N_4 和 NH_3 ;

【小问 2 详解】

电子排布式分别为: ① $[\text{Ne}]3s^23p^2$ 、② $[\text{Ne}]3s^23p^1$ 、③ $[\text{Ne}]3s^23p^14s^1$, 可推知分别为基态 Si 原子、 Si^+ 离子、激发态 Si 原子;

A. 激发态 Si 原子有四层电子, Si^+ 离子失去了一个电子, 根据微粒电子层数及各层电子数多少可推知, 微粒半径: ③ > ① > ②, 选项 A 正确;

B. 根据上述分析可知, 电子排布属于基态原子(或离子)的是: ①②, 选项 B 正确;

C. 激发态 Si 原子不稳定, 容易失去电子; 基态 Si 原子失去一个电子是硅的第一电离能, Si^+ 离子失去一个电子是硅的第二电离能, 由于 $I_2 > I_1$, 可以得出电离一个电子所需最低能量: ② > ① > ③, 选项 C 错误;

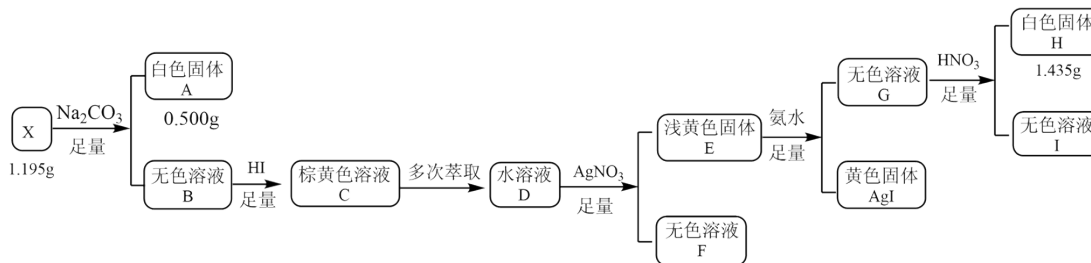
D. 由 C 可知②比①更难失电子, 则②比①更容易得电子, 即得电子能力: ② > ①, 选项 D 错误;

答案选 AB;

【小问 3 详解】

Si 与 P 形成的某化合物晶体的晶胞如图可知, 原子间通过共价键形成的空间网状结构, 形成共价晶体; 根据均摊法可知, 一个晶胞中含有 $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ 个 Si, 8 个 P, 故该化合物的化学式为 SiP_2 。

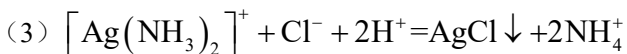
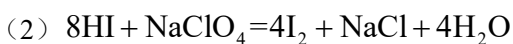
18. 化合物 X 由三种元素组成, 某学习小组按如下流程进行实验:



已知: 白色固体 A 用 0.0250mol HCl 溶解后, 多余的酸用 0.0150mol NaOH 恰好中和, 请回答:

- (1) X 的组成元素是 _____, X 的化学式是 _____。
- (2) 写出 $\text{B} \rightarrow \text{C}$ 溶液呈棕黄色所发生的化学反应方程式 _____。
- (3) 写出生成白色固体 H 的离子方程式 _____。
- (4) 设计实验检验溶液 I 中的阳离子 _____。

【答案】 (1) ①. Ca、Cl、O ②. $\text{Ca}(\text{ClO}_4)_2$



(4) 用玻璃棒蘸取溶液 I, 点在蓝色石蕊试纸上, 呈红色说明溶液中有 H^+ ; 取取溶液于试管中, 加入 NaOH

至碱性，加热，将湿润的红色石蕊试纸置于试管口，若试纸变蓝说明有 NH_4^+

【解析】

【分析】由化合物 X 与碳酸钠溶液反应生成白色固体 A 和无色溶液 B 可知，白色固体 A 可能为碳酸钙或碳酸钡沉淀，说明化合物 X 中含有钙离子或钡离子，由多步转化后溶液 B 得到白色沉淀 H 可知化合物 X 中一定含有氯元素和氧元素，由白色沉淀 H 的质量为 1.435g 可知，化合物 X 中含有氯元素的物质的量为

$\frac{1.435\text{g}}{143.5\text{g/mol}} = 0.01\text{mol}$ ，由白色固体 A 用 0.0250mol 盐酸溶解后，多余的酸用 0.0150mol 氢氧化钠溶液恰好中和可知，化合物 X 中含有钙元素或钡元素的物质的量为 $(0.0250\text{mol} - 0.0150\text{mol}) \times \frac{1}{2} = 0.005\text{mol}$ ，若化合物 X 含有钡元素，白色固体 A 的质量为 $= 0.005\text{mol} \times 197\text{g/mol} = 0.985\text{g} > 0.500\text{g}$ ，所以 X 中含有钙元素，

含有的氧元素物质的量为 $\frac{1.195\text{g} - 0.2\text{g} - 0.355\text{g}}{143.5\text{g/mol}} = 0.04\text{mol}$ ，则 X 中钙元素、氯元素、氧元素的物质的量比为 0.005mol : 0.01mol : 0.04mol = 1 : 2 : 8，则 X 的化学式为 $\text{Ca}(\text{ClO}_4)_2$ 。

【小问 1 详解】

由分析可知，X 的组成元素钙原子、氯元素和氧元素，化学式为 $\text{Ca}(\text{ClO}_4)_2$ ，故答案为：Ca、Cl、O；

$\text{Ca}(\text{ClO}_4)_2$ ；

【小问 2 详解】

由图可知，B→C 溶液呈棕黄色所发生的反应为高氯酸钠溶液与氢碘酸反应生成氯化钠、碘和水，反应的化学反应方程式为 $8\text{HI} + \text{NaClO}_4 = 4\text{I}_2 + \text{NaCl} + 4\text{H}_2\text{O}$ ，故答案为：

$8\text{HI} + \text{NaClO}_4 = 4\text{I}_2 + \text{NaCl} + 4\text{H}_2\text{O}$ ；

【小问 3 详解】

由图可知，生成白色固体 H 的反应为氯化二氨合银与硝酸溶液反应生成氯化银沉淀和硝酸铵，反应的离子方程式为 $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ + \text{Cl}^- + 2\text{H}^+ = \text{AgCl} \downarrow + 2\text{NH}_4^+$ ，故答案为：

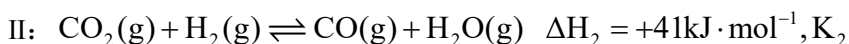
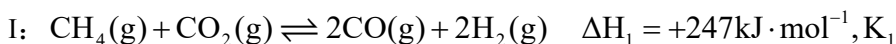
$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ + \text{Cl}^- + 2\text{H}^+ = \text{AgCl} \downarrow + 2\text{NH}_4^+$ ；

【小问 4 详解】

由图可知，溶液 I 为硝酸和硝酸铵的混合溶液，则检验溶液中氢离子铵根离子的操作为用玻璃棒蘸取溶液 I，点在蓝色石蕊试纸上，呈红色说明溶液中有 H^+ ；取取溶液于试管中，加入 NaOH 至碱性，加热，将湿润的红色石蕊试纸置于试管口，若试纸变蓝说明有 NH_4^+ ，故答案为：用玻璃棒蘸取溶液 I，点在蓝色

石蕊试纸上，呈红色说明溶液中有 H^+ ；取取溶液于试管中，加入 $NaOH$ 至碱性，加热，将湿润的红色石蕊试纸置于试管口，若试纸变蓝说明有 NH_4^+ 。

19. “碳达峰·碳中和”是我国社会发展重大战略之一， CH_4 还原 CO_2 是实现“双碳”经济的有效途径之一，相关的主要反应有：



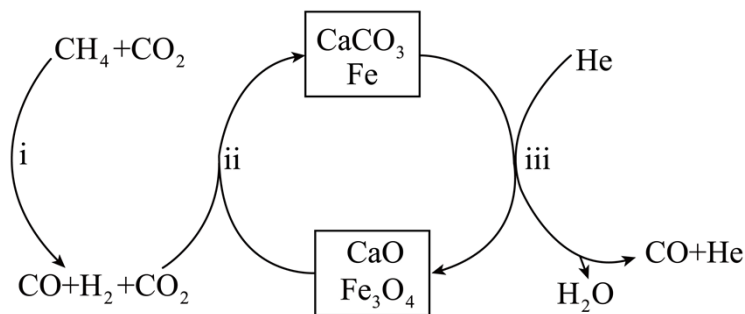
请回答：

(1) 有利于提高 CO_2 平衡转化率的条件是_____。

- A. 低温低压 B. 低温高压 C. 高温低压 D. 高温高压

(2) 反应 $CH_4(g) + 3CO_2(g) \rightleftharpoons 4CO(g) + 2H_2O(g)$ 的 $\Delta H =$ _____ $kJ \cdot mol^{-1}$ ， $K =$ _____(用 K_1, K_2 表示)。

(3) 恒压、 $750^\circ C$ 时， CH_4 和 CO_2 按物质的量之比 1:3 投料，反应经如下流程(主要产物已标出)可实现 CO_2 高效转化。



① 下列说法正确的是_____。

- A. Fe_3O_4 可循环利用， CaO 不可循环利用
 B. 过程ii， CaO 吸收 CO_2 可促使 Fe_3O_4 氧化 CO 的平衡正移
 C. 过程ii产生的 H_2O 最终未被 CaO 吸收，在过程iii被排出
 D. 相比于反应I，该流程的总反应还原 $1mol CO_2$ 需吸收的能量更多

② 过程ii平衡后通入 He ，测得一段时间内 CO 物质的量上升，根据过程iii，结合平衡移动原理，解释 CO 物质的量上升的原因_____。

(4) CH_4 还原能力(R)可衡量 CO_2 转化效率， $R = \Delta n(CO_2) / \Delta n(CH_4)$ (同一时段内 CO_2 与 CH_4 的物

质的量变化量之比)。

①常压下 CH_4 和 CO_2 按物质的量之比 1:3 投料, 某一时段内 CH_4 和 CO_2 的转化率随温度变化如图 1, 请在图 2 中画出 400 ~ 1000°C 间 R 的变化趋势, 并标明 1000°C 时 R 值_____。

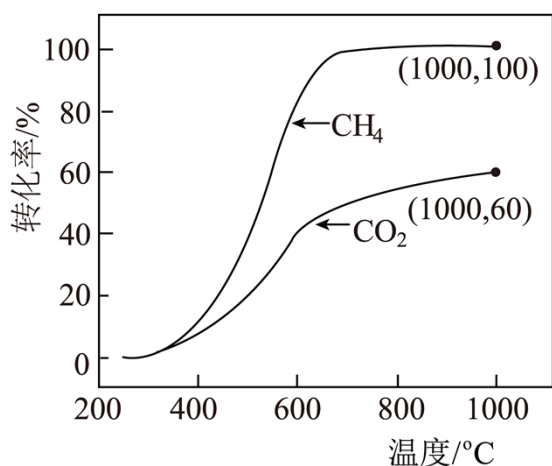


图1

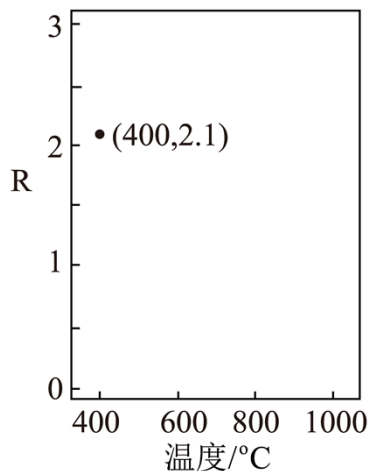


图2

②催化剂 X 可提高 R 值, 另一时段内 CH_4 转化率、R 值随温度变化如下表:

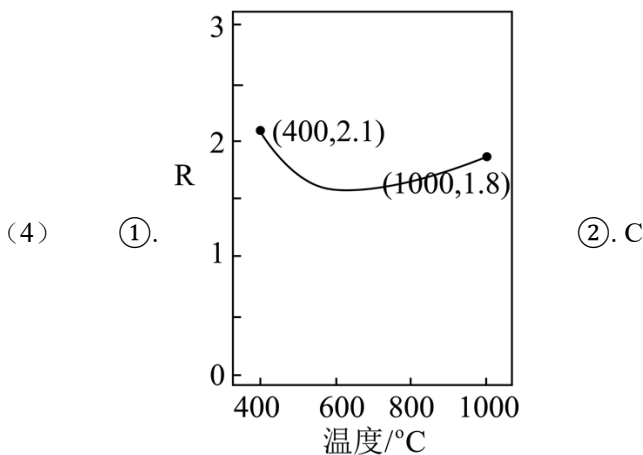
温度/°C	480	500	520	550
CH_4 转化率/%	7.9	11.5	20.2	34.8
R	2.6	2.4	2.1	1.8

下列说法不正确的是_____

- A. R 值提高是由于催化剂 X 选择性地提高反应II的速率
- B. 温度越低, 含氢产物中 H_2O 占比越高
- C. 温度升高, CH_4 转化率增加, CO_2 转化率降低, R 值减小
- D. 改变催化剂提高 CH_4 转化率, R 值不一定增大

【答案】(1) C (2) ①. +329 ②. $K_1 \cdot K_2^{-2}$

(3) ①. BC ②. 通入 He, CaCO_3 分解平衡正移, 导致 $\frac{c(\text{CO}_2)}{c(\text{CO})}$ 增大, 促进 Fe 还原 CO_2 平衡正移



【解析】

【小问 1 详解】

反应I为气体体积增大的吸热反应，反应II为气体体积不变的吸热反应， $\Delta H > 0$ ，升高温度，平衡右移， CH_4 平衡转化率增大；降低压强，平衡右移， CH_4 平衡转化率增大，故有利于提高 CO_2 平衡转化率的条件是高温低压；答案选 C；

【小问 2 详解】

已知：I: $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H_1 = +247\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}, K_1$

II: $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_2 = +41\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}, K_2$

根据盖斯定律，由I+II \times 2得反应 $\text{CH}_4(\text{g}) + 3\text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ；

故 $\Delta H = \Delta H_1 + 2\Delta H_2 = +329\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ， $K = K_1 \cdot K_2^2$ ；

【小问 3 详解】

①A. 根据流程可知， Fe_3O_4 转化为Fe，Fe又转化为 Fe_3O_4 ， Fe_3O_4 可循环利用； CaCO_3 受热分解生成CaO和 CO_2 ，CaO又与 CO_2 反应生成 CaCO_3 ，CaO也可循环利用，选项A错误；

B. 过程ii，CaO吸收 CO_2 使 CO_2 浓度降低，促进 Fe_3O_4 氧化CO的平衡正移，选项B正确；

C. 过程ii CaO吸收 CO_2 而产生的 H_2O 最终未被CaO吸收，在过程iii被排出，选项C正确；

D. 焓变只与起始物质的量有关，与过程无关，故相比于反应I，该流程的总反应还原1mol CO_2 需吸收的能量一样多，选项D错误；

答案选 BC；

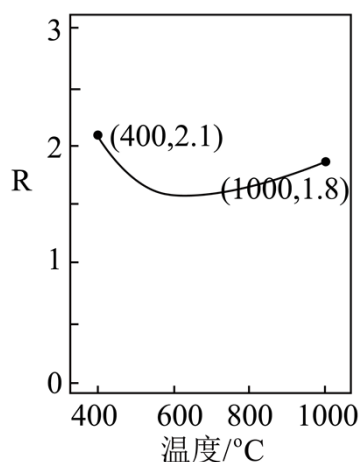
②通入He， CaCO_3 分解平衡正移，导致 $\frac{c(\text{CO}_2)}{c(\text{CO})}$ 增大，促进Fe还原 CO_2 平衡正移，故过程ii平衡后通入

He，测得一段时间内CO物质的量上升；

【小问4详解】

①600°C以下，甲烷转化率随温度升高增大程度大于二氧化碳转化率，该阶段R减小，600°C以上，二氧化碳转化率随温度升高增大程度大于甲烷转化率，该阶段R增大，根据图1可知1000°C时，CH₄转化率为100%，即 $\Delta n(\text{CH}_4)=1\text{mol}$ ，CO₂转化率为60%，即 $\Delta n(\text{CO}_2)=3\text{mol}\times 60\%=1.8\text{mol}$ ，故

$R = \Delta n(\text{CO}_2) / \Delta n(\text{CH}_4) = \frac{1.8\text{mol}}{1\text{mol}} = 1.8$ ，故400~1000°C间R的变化趋势如图：



②A. R值提高是由于催化剂X选择性地提高反应II的速率，使单位时间内反应II中CO₂的转化率增大， $\Delta n(\text{CO}_2)$ 增大的倍数比 $\Delta n(\text{CH}_4)$ 大，则R提高，选项A正确；

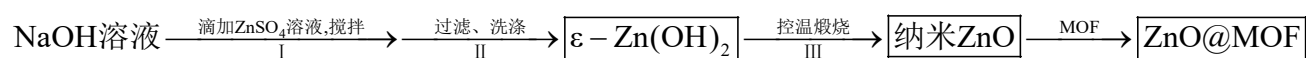
B. 根据表中数据可知，温度越低，CH₄转化率越小，而R越大， $\Delta n(\text{CO}_2)$ 增大的倍数比 $\Delta n(\text{CH}_4)$ 大，含氢产物中H₂O占比越高，选项B正确；

C. 温度升高，CH₄转化率增加，CO₂转化率也增大，且两个反应中的CO₂转化率均增大，增大倍数多，故R值增大，选项C不正确；

D. 改变催化剂使反应有选择性按反应I而提高CH₄转化率，若CO₂转化率减小，则R值不一定增大，选项D正确；

答案选C。

20. 某研究小组制备纳米ZnO，再与金属有机框架(MOF)材料复合制备荧光材料ZnO@MOF，流程如下：



已知：①含锌组分间的转化关系： $\text{Zn}^{2+} \xrightleftharpoons[\text{H}^+]{\text{OH}^-} \text{Zn(OH)}_2 \xrightleftharpoons[\text{H}^+]{\text{OH}^-} [\text{Zn(OH)}_4]^{2-}$

② ϵ - $\text{Zn}(\text{OH})_2$ 是 $\text{Zn}(\text{OH})_2$ 的一种晶型， 39°C 以下稳定。

请回答：

(1) 步骤I，初始滴入 ZnSO_4 溶液时，体系中主要含锌组分的化学式是_____。

(2) 下列有关说法不正确的是_____。

A. 步骤I，搅拌的作用是避免反应物浓度局部过高，使反应充分

B. 步骤I，若将过量 NaOH 溶液滴入 ZnSO_4 溶液制备 ϵ - $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ，可提高 ZnSO_4 的利用率

C. 步骤II，为了更好地除去杂质，可用 50°C 的热水洗涤

D. 步骤III，控温煅烧的目的是为了控制 ZnO 的颗粒大小

(3) 步骤III，盛放样品的容器名称是_____。

(4) 用 $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ 和过量 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 反应，得到的沉淀可直接控温煅烧得纳米 ZnO ，沉淀无需洗涤的原因是_____。

(5) 为测定纳米 ZnO 产品的纯度，可用已知浓度的 EDTA 标准溶液滴定 Zn^{2+} 。从下列选项中选择合理的仪器和操作，补全如下步骤[“_____”上填写一件最关键仪器，“(_____)”内填写一种操作，均用字母表示]。_____

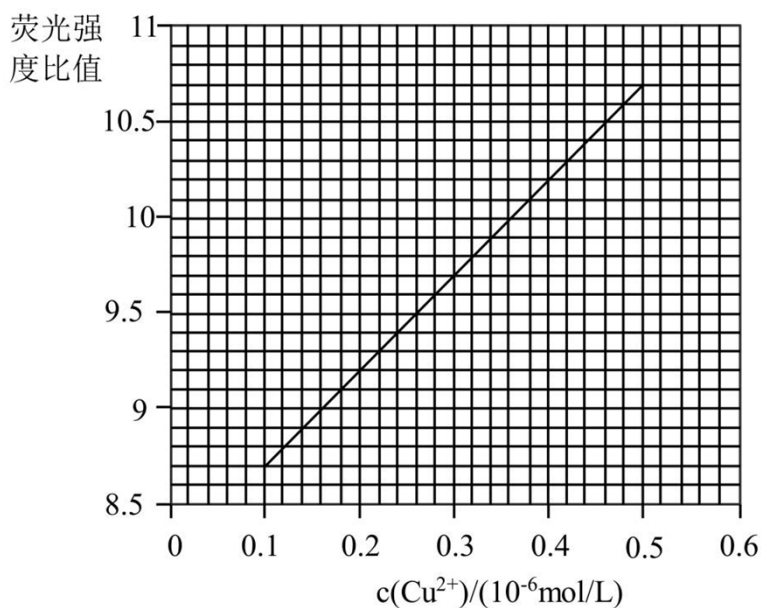
用_____ (称量 ZnO 样品 $x\text{g}$) → 用烧杯(_____) → 用_____ (_____) → 用移液管(_____) → 用滴定管(盛装 EDTA 标准溶液，滴定 Zn^{2+})

仪器：a、烧杯；b、托盘天平；c、容量瓶；d、分析天平；e、试剂瓶

操作：f、配制一定体积的 Zn^{2+} 溶液；g、酸溶样品；h、量取一定体积的 Zn^{2+} 溶液；i、装瓶贴标签

(6) 制备的 $\text{ZnO}@\text{MOF}$ 荧光材料可测 Cu^{2+} 浓度。已知 $\text{ZnO}@\text{MOF}$ 的荧光强度比值与 Cu^{2+} 在一定浓度范围内的关系如图。

某研究小组取 $7.5 \times 10^{-3}\text{g}$ 人血浆铜蓝蛋白(相对分子质量 1.5×10^5)，经预处理，将其中 Cu 元素全部转化为 Cu^{2+} 并定容至 1L 。取样测得荧光强度比值为 10.2，则 1 个血浆铜蓝蛋白分子中含_____个铜原子。



【答案】(1) $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ (2) BC

(3) 坍塌 (4) 杂质中含有 CH_3COO^- 、 CO_3^{2-} 、 NH_4^+ ，在控温煅烧过程中分解或被氧化为气体而除去。

(5) $\text{d} \rightarrow (\text{g}) \rightarrow \text{c}(\text{f}) \rightarrow (\text{h})$

(6) 8

【解析】

【分析】本题为一道无机物制备类的工业流程题，首先向氢氧化钠溶液中滴加硫酸锌溶液并搅拌，此时生成 $\epsilon\text{-Zn}(\text{OH})_2$ ，分离出 $\epsilon\text{-Zn}(\text{OH})_2$ 后再控温煅烧生成纳米氧化锌，进一步处理后得到最终产品，以此解题。

【小问 1 详解】

初始滴入 ZnSO_4 溶液时，氢氧化钠过量，根据信息①可知，体系中主要含锌组分的化学式是



【小问 2 详解】

A. 步骤 I，搅拌可以使反应物充分接触，加快反应速率，避免反应物浓度局部过高，A 正确；

B. 根据信息①可知，氢氧化钠过量时，锌的主要存在形式是 $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ ，不能生成 $\epsilon\text{-Zn}(\text{OH})_2$ ，B 错误；

C. 由信息②可知， $\epsilon\text{-Zn}(\text{OH})_2$ 39°C 以下稳定，故在用 50°C 的热水洗涤时会导致， $\epsilon\text{-Zn}(\text{OH})_2$ 分解为其他物质，C 错误；

D. 由流程可知，控温煅烧时 $\varepsilon\text{-Zn(OH)}_2$ 会转化为纳米氧化锌，故控温煅烧的目的是为了控制 ZnO 的颗粒大小，D 正确；

故选 BC；

【小问 3 详解】

给固体药品加热时，应该用坩埚，故步骤 III，盛放样品的容器名称是坩埚；

【小问 4 详解】

两者反应时，除了生成固体 ZnO 外，还会生成二氧化碳，氨气和水蒸气，即杂质都是气体，故沉淀不需要洗涤的原因是：杂质中含有 CH_3COO^- 、 CO_3^{2-} 、 NH_4^+ ，在控温煅烧过程中分解或被氧化为气体而除去；

【小问 5 详解】

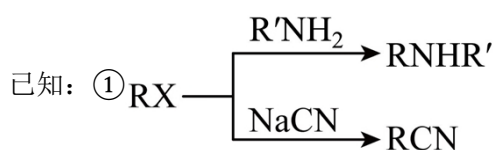
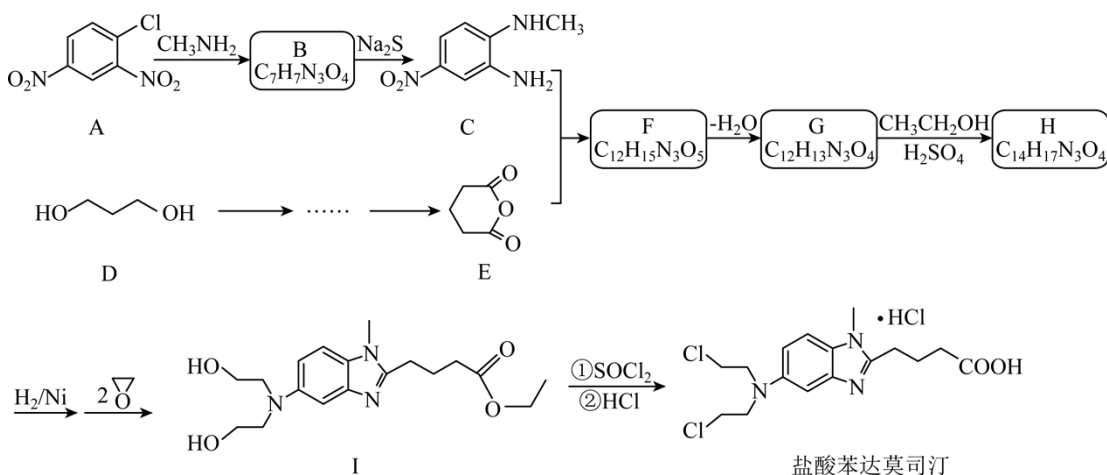
为了使测定结果尽可能准确，故可以用分析天平称量 ZnO 的质量，选择 d，随后可以用酸来溶解氧化锌，故选 g，溶解后可以用容量瓶配制一定浓度的溶液，故选 c(f)，再用移液管量取一定体积的配好的溶液进行实验，故选 h，故答案为：d → (g) → c(f) → (h)；

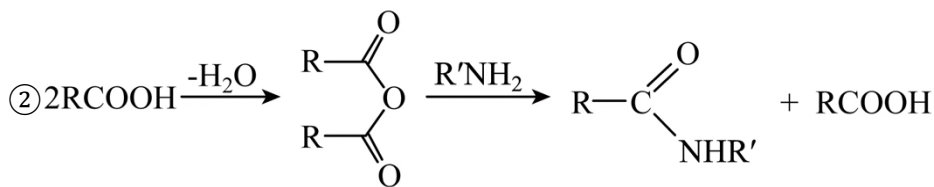
【小问 6 详解】

人血浆铜蓝蛋白的物质的量 $n(\text{人血浆铜蓝蛋白}) = \frac{7.5 \times 10^{-3} \text{ g}}{1.5 \times 10^5 \text{ g/mol}} = 5 \times 10^{-8} \text{ mol}$ ，由于实验测得荧光强度

比值为 10.2，则铜离子浓度 $n(\text{Cu}^{2+}) = 0.4 \times 10^{-6} \text{ mol/L} \times 1 \text{ L} = 0.4 \times 10^{-6} \text{ mol}$ ，则 1 个血浆铜蓝蛋白分子中含 8 个铜原子。

21. 某研究小组按下列路线合成抗癌药物盐酸苯达莫司汀。





请回答：

- (1) 化合物 A 的官能团名称是_____。
- (2) 化合物 B 的结构简式是_____。
- (3) 下列说法正确的是_____。

A. B → C 的反应类型为取代反应

B. 化合物 D 与乙醇互为同系物

C. 化合物 I 的分子式是 $\text{C}_{18}\text{H}_{25}\text{N}_3\text{O}_4$

D. 将苯达莫司汀制成盐酸盐有助于增加其水溶性

(4) 写出 G → H 的化学方程式_____。

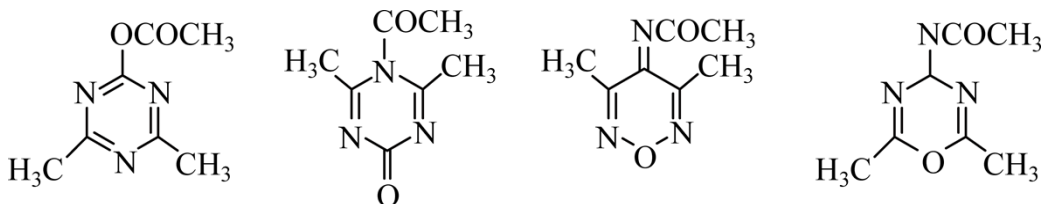
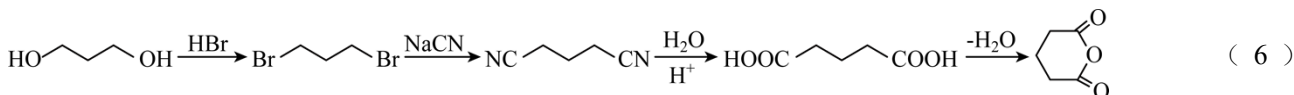
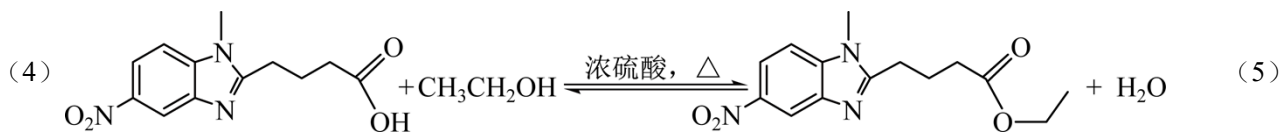
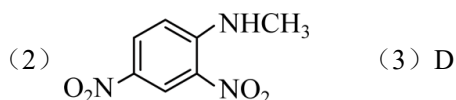
(5) 设计以 D 为原料合成 E 的路线(用流程图表示, 无机试剂任选)_____。

(6) 写出 3 种同时符合下列条件的化合物 C 的同分异构体的结构简式_____。

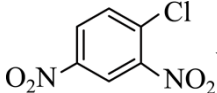
①分子中只含一个环, 且为六元环; ② $^1\text{H-NMR}$ 谱和 IR 谱检测表明: 分子中共有 2 种不同化学环境的

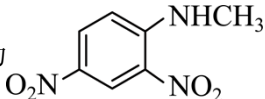
氢原子, 无氮氮键, 有乙酰基 $\left(\text{CH}_3 - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \right)$ 。

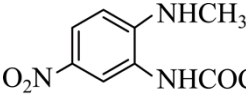
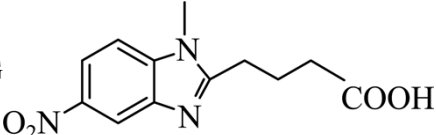
【答案】(1) 硝基, 碳氯键(氯原子)

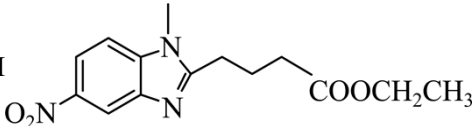


【解析】

【分析】 与 CH_3NH_2 反应生成 B，B 与硫化钠发生还原反应生成 C，结合 C 的结构可知

A 到 B 为取代反应，B 为 ，C 与 E 发生已知中反应生成 F，F 为

，F 脱水生成 G ，G 与乙醇发生

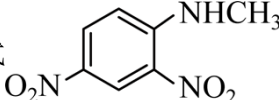
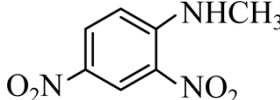
酯化反应生成 H ，H 与氢气加成后再与环氧乙烷发生反应生成 I，I

与 SOCl_2 发生取代反应后再与盐酸反应生成盐酸苯达莫司汀，据此分析解答。

【小问 1 详解】

由 A 的结构可知其所含官能团为硝基和氯原子，故答案为：硝基、碳氯键(氯原子)；

【小问 2 详解】

由以上分析可知化合物 B 的结构简式 ，故答案为：；

【小问 3 详解】

A. B \rightarrow C 的反应中 B 中一个硝基转化为氨基，反应类型为还原反应，故错误；

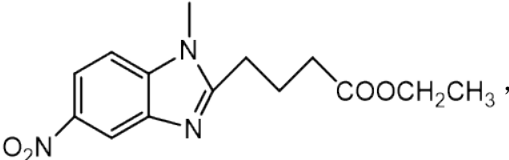
B. 化合物 D 中含有两个羟基，与乙醇不是同系物，故错误；

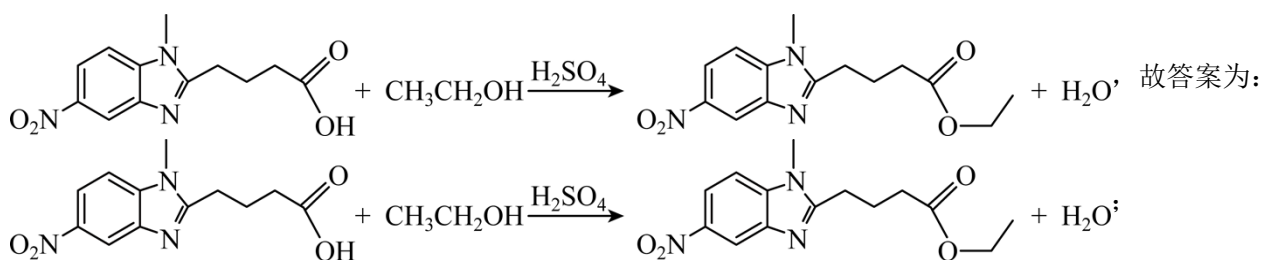
C. 化合物 I 的分子式是 $\text{C}_{18}\text{H}_{27}\text{N}_3\text{O}_4$ ，故错误；

D. 将苯达莫司汀制成盐酸盐，可以增加其水溶性，利于吸收，故正确；

故答案为：D；

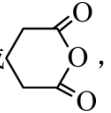
【小问 4 详解】

G 与乙醇发生酯化反应生成 H ，反应方程式为：



【小问 5 详解】

1, 3-丙二醇与 HBr 发生取代反应生成 1, 3-二溴丙烷, 1, 3-二溴丙烷与 NaCN 发生取代反应生成

$\text{NC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CN}$, $\text{NC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CN}$ 发生水解生成戊二酸, 戊二酸分子内脱水生成 , 合成路线

为: $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH} \xrightarrow{\text{HBr}} \text{Br}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Br} \xrightarrow{\text{NaCN}} \text{NC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CN} \xrightarrow[\text{H}^+]{\text{H}_2\text{O}} \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH} \xrightarrow{-\text{H}_2\text{O}} \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_2$, 故答案

为: $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH} \xrightarrow{\text{HBr}} \text{Br}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Br} \xrightarrow{\text{NaCN}} \text{NC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CN} \xrightarrow[\text{H}^+]{\text{H}_2\text{O}} \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH} \xrightarrow{-\text{H}_2\text{O}} \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_2$;

【小问 6 详解】

化合物 C 的同分异构体①分子中只含一个环, 且为六元环; ② $^1\text{H}-\text{NMR}$ 谱和 IR 谱检测表明: 分子中

共有 2 种不同化学环境的氢原子, 无氮氮键, 有乙酰基 $\left(\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}- \right)$, 除乙酰基外只有一种氢, 则六元环

上的原子均不与氢相连, 该物质具有很高的对称性, 符合的结构有

