

**1. B 【命题点】物质的分类、晶体类型的判断、盐类的水解等。**

【解析】 $\text{CH}_3\text{COONa}$  属于钠盐,属于强电解质, **A 正确**;  
 $\text{CH}_3\text{COONa}$  晶体是离子晶体,冰是分子晶体, **B 错误**;  
 $\text{CH}_3\text{COONa}$  是强碱弱酸盐,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  水解使得其溶液呈碱性,即  $\text{pH} > 7$ , **C 正确**;加入  $\text{CH}_3\text{COONa}$  固体有利于  $\text{CH}_3\text{COONa}$  形成晶核而促进其晶体的析出, **D 正确**。

**2. C 【命题点】化学用语。**

【解析】乙炔分子中碳原子间形成碳碳三键, **A 正确**;顺-2-丁烯分子中两个甲基位于碳碳双键的同侧, **B 正确**;Si 原子 3p 能级上 2 个电子应分占 2 个不同的轨道,且自旋平行, **C 错误**;  $\text{Na}_2\text{O}_2$  中 2 个 O 之间形成共价键,  $\text{Na}^+$  和  $\text{O}_2^{2-}$  之间形成离子键, **D 正确**。

**快解** 基态原子中,填入简并轨道的电子总是先单独分占,且自旋平行,同一轨道内最多只能排 2 个自旋相反的电子。

**3. A 【命题点】元素周期表、原子结构等。**

【解析】Sr 位于元素周期表中第五周期第 II A 族, **A 错误**;质谱法用于测定相对分子(原子)质量,可以区分二者, **B 正确**;  $^{87}\text{Sr}$  和  $^{86}\text{Sr}$  互为同位素,质子数都是 38,所以中子数分别是 49 和 48, **C 正确**;由题意可知,同一地域产出的同种土壤生物中  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  的值相同, **D 正确**。

**4. B 【命题点】化学或离子方程式的正误判断。**

【解析】 $\text{NaHCO}_3$  受热分解生成  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  和无色气体  $\text{CO}_2$ , **A 不符合题意**;Fe 过量,反应生成  $\text{Fe}^{2+}$ ,稀硝酸的还原产物是无色气体 NO,正确的离子方程式为  $3\text{Fe} + 8\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- = 3\text{Fe}^{2+} + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ , **B 符合题意**;酸性:  $\text{H}_2\text{CO}_3 > \text{C}_6\text{H}_5\text{OH} > \text{HCO}_3^-$ ,苯酚钠溶液中通入  $\text{CO}_2$  生成  $\text{NaHCO}_3$  和  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ ,苯酚溶解度较低,出现白色浑浊, **C 不符合题意**;  $\text{CH}_3\text{COOH}$  和  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$  在浓硫酸、加热条件下发生酯化反应,生成的有香味的油状液体是  $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$ , **D 不符合题意**。

**易错警示** 通常情况下  $\text{CO}_2$  参与非氧化还原反应生成盐时,少量  $\text{CO}_2$  生成碳酸盐、足量  $\text{CO}_2$  生成碳酸氢盐,但由于  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$  的酸性比  $\text{HCO}_3^-$  强,所以不管  $\text{CO}_2$  的量是多还是少,通入苯酚钠溶液中只能生成  $\text{NaHCO}_3$ 。

**5. D 【命题点】化学实验操作。**

【解析】由海水制取蒸馏水可使用蒸馏的方法, **A 不符合题意**;  $\text{CCl}_4$  为密度比水大且与水不互溶、不反应的液体,  $\text{I}_2$  更易溶于  $\text{CCl}_4$ ,用  $\text{CCl}_4$  来萃取碘水中的碘,静置分层后下层是溶有  $\text{I}_2$  的  $\text{CCl}_4$  溶液, **B 不符合题意**;使用溶解、过滤的方法除去粗盐中的不溶物, **C 不符合题意**;  $\text{FeCl}_3$  是强酸弱碱盐,由于  $\text{FeCl}_3$  水解生成  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  和易挥发的  $\text{HCl}$ ,所以直接加热  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  得不到无水  $\text{FeCl}_3$ ,需在  $\text{HCl}$  气氛中加热, **D 符**

合题意。

**知识拓展** 加热盐溶液获得溶质需考虑:盐的热稳定性(如铵盐不稳定)、在空气中是否易被氧化(如亚硫酸盐、亚铁盐)、是否水解及水解产物的稳定性(碱受热能否分解、酸是否易挥发)等。

**6. D 【命题点】氧化还原反应等。**

**【解析】** $\text{NaHSO}_4$  与  $\text{BaCl}_2$  发生的反应为  $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} = \text{BaSO}_4 \downarrow$ , 该反应是非氧化还原反应, 溶液的体积增大, 酸性减弱, pH 增大, **A 错误**; 生成的红褐色沉淀是  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , 发生的反应是  $4\text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 = 4\text{Fe}(\text{OH})_3$ , 反应过程中消耗了  $\text{H}_2\text{O}$ , 使得  $\text{NaOH}$  的浓度增大, 所以溶液的 pH 增大, **B 错误**;  $\text{NaHCO}_3$  与  $\text{CuSO}_4$  溶液反应生成  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ , 该反应是非氧化还原反应, **C 错误**; 向  $\text{H}_2\text{S}$  溶液中通入  $\text{Cl}_2$ , 生成的黄色沉淀是  $\text{S}$ , 发生的反应为  $\text{H}_2\text{S} + \text{Cl}_2 = 2\text{HCl} + \text{S} \downarrow$ , 该反应是氧化还原反应, 而  $\text{H}_2\text{S}$  是弱酸、 $\text{HCl}$  是强酸, 所以溶液酸性增强, pH 减小, **D 正确**。

**7. A 【命题点】共价键、原电池原理等。**

**【解析】** $\text{H}_2$  分子中的共价键是 s-s  $\sigma$  键、 $\text{Cl}_2$  分子中的共价键是 p-p  $\sigma$  键, **A 错误**; 燃烧生成的  $\text{HCl}$  与空气中的水蒸气结合会形成酸雾, **B 正确**; 浓氨水挥发出的  $\text{NH}_3$  与  $\text{HCl}$  反应生成  $\text{NH}_4\text{Cl}$  小颗粒, 在空气中形成白烟, **C 正确**;  $\text{Cl}_2$  和  $\text{H}_2$  发生的是自发的氧化还原反应, 能构成原电池, 而原电池是将化学能转化为电能的装置, **D 正确**。

**8. B 【命题点】有机物的结构与性质。**

**【解析】**形成 3 个单键的氮原子杂化方式为  $\text{sp}^3$ ,  $-\text{N}=\text{CH}-$  中氮原子杂化方式为  $\text{sp}^2$ , **A 正确**; 连有四个不同原子或基团的碳原子是手性碳原子, 该物质中没有手性碳原子, **B 错误**; 分子中含有羧基, 具有酸性, 含有次氨基, 具有碱性, 即该物质既有酸性又有碱性, **C 正确**; 羧基可以发生取代反应, 苯环能发生加成反应, 即该物质可发生取代反应和加成反应, **D 正确**。

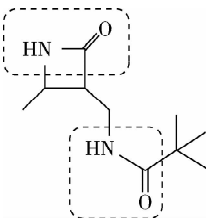
**9. C 【命题点】物质结构与性质。**

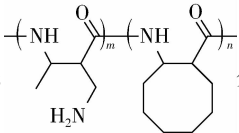
**【解析】**键能越大, 稳定性越强, 键能:  $\text{C}-\text{H} > \text{Si}-\text{H}$ , 所以稳定性:  $\text{CH}_4 > \text{SiH}_4$ , **A 不符合题意**; 键长越短, 键能越大, 键能:  $\text{C}=\text{O} > \text{C}-\text{O}$ , 所以键长:  $\text{C}=\text{O} < \text{C}-\text{O}$ , **B 不符合题意**;  $\text{CO}_2$  属于分子晶体, 其熔点和键能无关, **C 符合题意**; 共价晶体中共价键的键能越大, 硬度越大, 键能:  $\text{C}-\text{C} > \text{Si}-\text{Si}$ , 所以硬度: 金刚石  $>$  晶体硅, **D 不符合题意**。

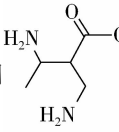
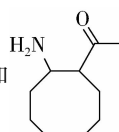
**10. A 【命题点】化学实验设计及评价。**

**【解析】** $\text{NO}_2$  具有氧化性, 能将  $\text{KI}$  氧化为  $\text{I}_2$ ,  $\text{HNO}_3$  具有挥发性与氧化性,  $\text{HNO}_3$  也能将  $\text{KI}$  氧化为  $\text{I}_2$ , 淀粉-KI 溶液变蓝不能证明有  $\text{NO}_2$  生成, **A 符合题意**;  $\text{SO}_2$  能使品红溶液褪色, **B 不符合题意**;  $\text{NH}_3$  能使酚酞溶液变红, **C 不符合题意**;  $\text{CH}_3\text{CHBrCH}_3$  在  $\text{NaOH}$  乙醇溶液、加热条件下能发生消去反应生成  $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$  能与溴单质发生加成反应而使溴水褪色, **D 不符合题意**。

**11. B 【命题点】有机物的结构与性质等。**

**【解析】** 分子中含有 2 个酰胺基, **A 不符**

合题意；分子中含有的酰胺基发生水

解得到和, **B** 符合题意；高分子

X 的分子中—NH—的 N 原子上含有孤电子对,所以能形成氢键,**C** 不符合题意;E→F 将氨基转化为酰胺基,而在由高分子 X 得到高分子 Y 时又生成氨基,E→F 的目的是保护氨基,**D** 不符合题意。

## 12. D 【命题点】化学平衡、氧化还原反应等。

【解析】 $\text{NO}_2$  转化为  $\text{N}_2\text{O}_4$  的反应是放热反应,温度升高使平衡逆向移动而不利于  $\text{NO}_2$  的吸附,**A** 不符合题意;“固定” $\text{N}_2\text{O}_4$  即降低废气中  $\text{N}_2\text{O}_4$  的浓度,使  $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$  平衡正向移动,**B** 不符合题意;被“固定”在多孔材料上的  $\text{N}_2\text{O}_4$  与  $\text{O}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  反应生成了  $\text{HNO}_3$ ,化学方程式为  $2\text{N}_2\text{O}_4 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$ ,**C** 不符合题意; $\text{NO}_2$ (或  $\text{N}_2\text{O}_4$ ) 和  $\text{HNO}_3$  中氮元素的化合价分别是+4 价和+5 价,所以每获得 0.4 mol  $\text{HNO}_3$  时转移 0.4 mol 电子,转移电子的数目为  $2.408 \times 10^{23}$ ,**D** 符合题意。

## 13. C 【命题点】化学实验设计、电解原理的应用等。

【解析】实验①:0.1 mol·L<sup>-1</sup> 的  $\text{CuSO}_4$  和少量  $\text{H}_2\text{SO}_4$  的混合溶液中含有的阳离子是  $\text{Cu}^{2+}$  和  $\text{H}^+$ ,阴极铁制镀件先与电解液中  $\text{H}^+$  反应产生无色气体  $\text{H}_2$ , $\text{Cu}^{2+}$  优先于  $\text{H}^+$  在阴极放电,生成的红色固体是  $\text{Cu}$ ,所以①中气体减少的原因是  $\text{H}^+$  浓度的减小以及阴极析出的铜覆盖在铁电极的表面而阻碍了  $\text{H}^+$  与铁的接触,**A** 不符合题意;溶液中的  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{H}^+$  都能与  $\text{Fe}$  发生反应生成  $\text{Fe}^{2+}$  和对应的单质,**B** 不符合题意;阴极析出  $\text{Cu}$  的同时,阳极铜片溶解生成  $\text{Cu}^{2+}$ ,根据得失电子守恒,溶液中  $c(\text{Cu}^{2+})$  不变,**C** 符合题意;实验②的溶液中铜元素主要以  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  形式存在, $c(\text{Cu}^{2+})$  比①中溶液的小,析出  $\text{Cu}$  的速率慢使得镀层更致密,**D** 不符合题意。

## 14. C 【命题点】化学反应历程、化学反应速率等。

【解析】由图甲可知反应①是  $\text{CO}_2$  和  $\text{CaO}$  生成  $\text{CaCO}_3$  的反应,化学方程式为  $\text{CaO} + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3$ ,反应②是  $\text{CaCO}_3$  和  $\text{CH}_4$  在催化剂作用下生成  $\text{CaO}$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{H}_2$  的反应,化学方程式为  $\text{CaCO}_3 + \text{CH}_4 \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{CaO} + 2\text{CO} + 2\text{H}_2$ ,**A** 不符合题意;由题目信息可知催化剂上检测到有积炭,即生成了  $\text{C}$ ,而  $t_1 \sim t_3$  min 时, $n(\text{H}_2)$  比  $n(\text{CO})$  多,且生成  $\text{H}_2$  的速率不变,所以还发生了副反应: $\text{CH}_4 \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{C} + 2\text{H}_2$ ,**B** 不符合题意;由于反应②生成  $\text{CO}$  和  $\text{H}_2$  的速率相等,而由图乙可知  $t_2$  min, $\text{H}_2$  的气体流速为  $2 \text{ mmol} \cdot \text{min}^{-1}$ 、 $\text{CO}$  的气体流速在  $1 \sim 2 \text{ mmol} \cdot \text{min}^{-1}$  之间,所以副反应生成  $\text{H}_2$  的速率小于反应②生成  $\text{H}_2$  的速率,**C** 符合题意;由于只有反应②生成了  $\text{CO}$ ,所以  $t_3$  min 之后生成  $\text{CO}$  的速率为 0 说明反应②不再发生,**D** 不符合题意。

## 15. (9 分)

(1) ① $3d^6$  ②孤电子对有较大斥力,使  $H-O-H$  键角小于  $O-S-O$  键角 ③配位键、氢键

$$(2) ①6 \quad ② \frac{480}{N_A \times (a \times 10^{-7})^3}$$

(3)  $FeS_2$  燃烧放热为  $FeSO_4 \cdot H_2O$  分解提供能量;反应产物是制铁精粉和硫酸的原料

【命题点】物质结构与性质等。

【解析】(1) ①Fe 是 26 号元素,所以基态 Fe 原子核外电子排布式为  $[Ar]3d^6 4s^2$ ,  $Fe^{2+}$  的价层电子排布式为  $3d^6$ 。②孤电子对与孤电子对之间的作用力 > 孤电子对与成键电子对之间的作用力 > 成键电子对与成键电子对之间的作用力,  $H_2O$  分子中氧原子有 2 个孤电子对,  $SO_4^{2-}$  中 S 原子无孤电子对,所以键角:  $H-O-H < O-S-O$ 。③  $H_2O$  分子中的氧原子有孤电子对,  $Fe^{2+}$  有空轨道,结合  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  结构示意图可知二者形成配位键,  $H_2O$  与  $SO_4^{2-}$  之间的作用力是氢键。

(2) ①与  $Fe^{2+}$  距离最近的  $S_2^{2-}$  位于其上、下、左、右、前、后 6 个位置。②由晶胞结构示意图可知  $Fe^{2+}$  位于晶胞的顶点(8 个)和面心(6 个),所以每个晶胞含有的  $Fe^{2+}$  数为  $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ ,由  $FeS_2$  的化学式可知每个晶胞中也含有 4 个  $S_2^{2-}$ ,所以

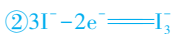
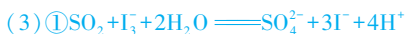
$$\text{该晶体的密度} = \frac{\frac{4 \times 120}{N_A} \text{ g}}{(a \text{ nm})^3} = \frac{480}{N_A \times (a \times 10^{-7})^3} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}。$$

(3) 能源利用角度:由图像可知  $FeSO_4 \cdot H_2O$  分解生成  $Fe_2O_3$ 、 $SO_2$ 、 $SO_3$ 、 $H_2O$  的反应是吸热反应,  $FeS_2$  与  $O_2$  反应生成  $Fe_2O_3$  和  $SO_2$  的反应是放热反应,放出的热量有利于  $FeSO_4 \cdot H_2O$  的分解。资源利用角度:图示两个反应的产物是制备铁精粉和  $H_2SO_4$  的原料。

► 模型建构 “均摊法”计算立方晶胞中微粒数:顶点微粒数  $\times \frac{1}{8}$ 、面上微粒数  $\times \frac{1}{2}$ 、棱边微粒数  $\times \frac{1}{4}$ 、内部微粒数  $\times 1$ 。

## 16. (11 分)

(1) 增大固体与空气的接触面积,加快反应速率,使煤样充分燃烧



$$(4) \frac{16x}{965a} \%$$



【命题点】化学方程式和离子方程式的书写、氧化还原反应、化学计算等。

【解析】(1) 将煤样研磨成细小粉末可以增大固体与气体的接触面积,加快反应速率,使煤样燃烧更加充分。

(2) 高温下  $CaSO_4$  完全转化为  $SO_2$  发生了还原反应,所以煤中的碳发生了氧化反应,反应的化学方程式为  $2CaSO_4 + C \xrightarrow{\text{高温}} 2CaO + 2SO_2 \uparrow + CO_2 \uparrow$ 。

(3) ①待测气体进入电解池后,  $SO_2$  溶解并将  $I_3^-$  还原,即氧

化产物是  $\text{SO}_4^{2-}$ 、还原产物是  $\text{I}^-$ ，发生反应的离子方程式为  $\text{SO}_2 + \text{I}_3^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} + 3\text{I}^- + 4\text{H}^+$ 。②  $\text{I}^-$  在阳极失去电子生成  $\text{I}_3^-$ ，阳极反应式为  $3\text{I}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{I}_3^-$ 。

(4) 由质量守恒和得失电子守恒可知： $\text{S} \sim \text{SO}_2 \sim \text{I}_3^- \sim 2\text{e}^-$ ，所以煤样中

$$\text{硫的质量分数} = \frac{\frac{x}{2 \times 96.500} \text{ mol} \times 32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{a \text{ g}} \times 100\% = \frac{16x}{965a} \%$$

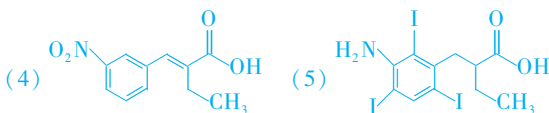
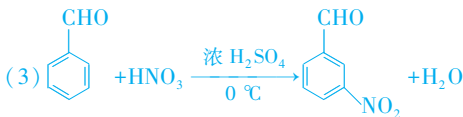
(5) ①部分  $\text{I}_3^-$  由非电解氧化得到，即  $\text{I}^-$  被空气中的  $\text{O}_2$  氧化，发

**关键②**

生的反应为  $6\text{I}^- + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{I}_3^- + 2\text{H}_2\text{O}$ 。②燃烧时生成了少量  $\text{SO}_3$ ，所以消耗  $\text{I}_3^-$  的量变少，电解消耗的电量减少，使测得的全硫含量偏小。

## 17. (10 分)

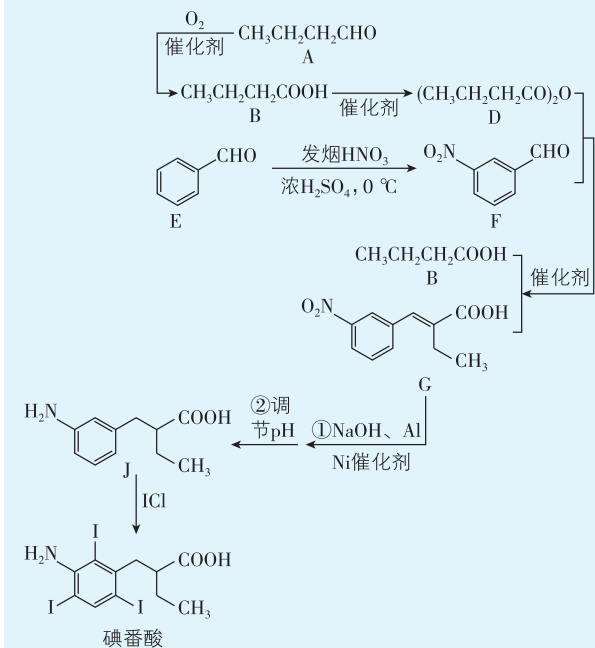
(1) 醛基 (2) 正丁酸 




(6)  $\frac{571bc}{3a} \times 100\%$

**【命题点】**有机物的结构与性质，涉及官能团的转化、化学计算等。

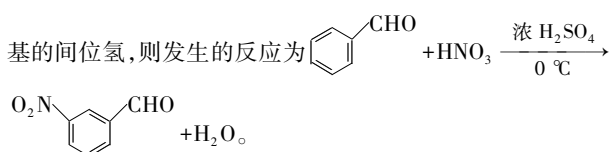
**思路分析** 该合成路线的详细流程如下：



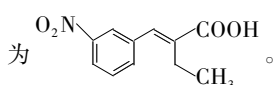
**【解析】**(1) A 可发生银镜反应且 A 分子中只含有 1 个氧原子，说明 A 分子中含有醛基。

(2) A 分子中含有醛基，结合  $\text{A} \rightarrow \text{B}$  的反应条件，可知 B 分子中含有羧基，而该分子没有支链，所以 B 是正丁酸 ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ )。B 分子的不饱和度是 1，其同分异构体核磁共振氢谱只有一组峰，说明分子中含有 4 个对称的  $\text{CH}_2$ ，则符合条件的结构简式为 .

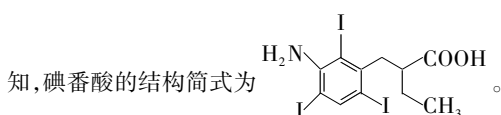
(3) E 为芳香族化合物, 结合 E 的分子式可知 E 为苯甲醛, 由 F 的分子式及 E→F 的反应条件可知该步发生了硝化反应, 再由 J 的结构可知该反应中—NO<sub>2</sub> 取代 E 分子中醛基的间位氢, 则发生的反应为



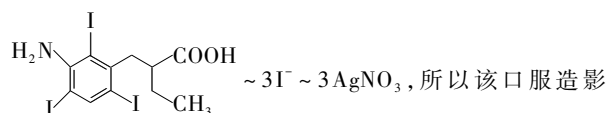
(4) F 中含—NO<sub>2</sub>, F 与 D 反应生成 B 和 G, 则 G 分子中也含—NO<sub>2</sub>, 由 G→J 的反应条件可知, G 发生还原反应得到 J, 根据 G 的分子式可知, G 分子中还含有 1 个碳碳双键, 再由 G 中含有乙基可知其结构简式为



(5) 由碘番酸和 J 的相对分子质量可知碘番酸分子中含有 3 个 I 原子, 再由 3 个 I 原子在苯环上不相邻的碳原子上可



(6) 根据质量守恒和滴定反应可知:



所以该口服造影剂中碘番酸的质量分数为

$$\frac{\frac{1}{3}b \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times c \times 10^{-3} \text{ L} \times 571 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{a \times 10^{-3} \text{ g}} \times 100\% = \frac{571bc}{3a} \times 100\%$$

## 18. (14 分)

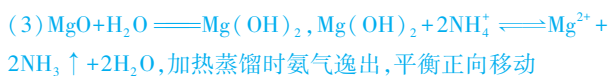


(2) ①  $K_{\text{sp}}[\text{Ca}(\text{OH})_2] \gg K_{\text{sp}}[\text{Mg}(\text{OH})_2]$ , 在一定量  $\text{NH}_4\text{Cl}$  溶液中, CaO 先浸出



③ 2.4:1

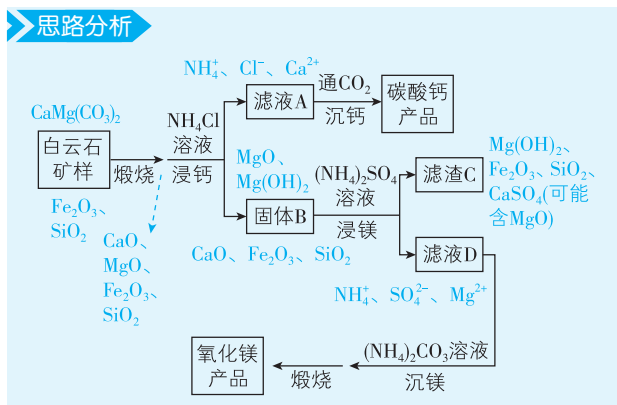
④  $K_{\text{sp}}(\text{CaCO}_3) < K_{\text{sp}}(\text{MgCO}_3)$ ,  $\text{CaCO}_3$  优先析出, 沉钙过程中消耗  $\text{NH}_3$  且少量  $\text{NH}_3$  挥发, 使  $\text{MgCO}_3$  析出量减少



(4)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{CaSO}_4$ 、 $\text{Mg}(\text{OH})_2$  (多写  $\text{MgO}$  不扣分)

(5)  $\text{NH}_4\text{Cl}$ 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{NH}_3$

【命题点】工艺流程分析, 涉及化学或离子方程式的书写、条件选择等。



【解析】(1)  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  煅烧生成  $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{CO}_2$ ，所以反应

的化学方程式为  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2 \xrightarrow{\text{煅烧}} \text{CaO} + \text{MgO} + 2\text{CO}_2 \uparrow$ 。

(2) ①由于  $K_{\text{sp}}[\text{Ca}(\text{OH})_2] \gg K_{\text{sp}}[\text{Mg}(\text{OH})_2]$ ，同一溶液中  $c(\text{OH}^-)$  相同时， $c(\text{Ca}^{2+}) \gg c(\text{Mg}^{2+})$ ，则在一定量的  $\text{NH}_4\text{Cl}$  溶液中， $\text{CaO}$  先浸出。②加入  $\text{NH}_4\text{Cl}$  溶液后， $\text{NH}_4^+$  和  $\text{CaO}$  会反应生成  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{NH}_3$ ，通入  $\text{CO}_2$  沉钙时生成  $\text{CaCO}_3$ ，反应的离子方程式为  $\text{Ca}^{2+} + 2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{NH}_4^+$ 。③由表格数据可知，当  $n(\text{NH}_4\text{Cl}) : n(\text{CaO}) = 2.4 : 1$  时， $\text{MgO}$  的浸出率较高(6.0%)，且产品中  $\text{Mg}$  杂质含量较高(2.20%)，所以该比例不适宜选用。④  $K_{\text{sp}}(\text{CaCO}_3) < K_{\text{sp}}(\text{MgCO}_3)$ ，所以  $\text{CaCO}_3$  先析出，由②问离子方程式可知，析出  $\text{CaCO}_3$  的同时要消耗  $\text{NH}_3$ ，也有部分  $\text{NH}_3$  逸出，溶液中  $\text{NH}_3$  减少，不利于  $\text{MgCO}_3$  的析出，从而使得  $\text{CaCO}_3$  纯度的实测值较高。

(3) 浸出  $\text{MgO}$  发生的反应有  $\text{MgO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Mg}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{NH}_4^+ \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+} + 2\text{NH}_3 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ，加热蒸馏使得  $\text{NH}_3$  溶解度减小且加快溶液中  $\text{NH}_3$  的逸出，反应平衡正向移动， $\text{MgO}$  的浸出率增大。

(4) 白云石煅烧时含有的  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$  不反应，煅烧后的固体中含  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{CaO}$  和  $\text{MgO}$ ，加入  $\text{NH}_4\text{Cl}$  溶液浸钙， $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$  不反应，固体 B 中会含有  $\text{MgO}$ 、少量的  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  和  $\text{SiO}_2$ ，加入  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  溶液浸镁，氧化钙会反应生成微溶的  $\text{CaSO}_4$ ，再结合(3)分析可知滤渣 C 中含有的物质有  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{CaSO}_4$ 、 $\text{Mg}(\text{OH})_2$  (可能含有  $\text{MgO}$ )。

(5) 煅烧过程生成的  $\text{CO}_2$  可以在沉钙过程中使用，沉钙后的溶液中含有  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{NH}_4^+$ ，可以在浸钙过程利用，浸镁过程中生成的  $\text{NH}_3$  可在沉钙过程中使用，沉镁后的溶液中含有  $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NH}_4^+$ ，可在浸镁过程中使用，所以可以循环利用的物质有  $\text{NH}_4\text{Cl}$ 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{NH}_3$ 。

## 19. (14 分)

(1) 饱和  $\text{NaCl}$  溶液

(2)  $2\text{Mn}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 = 2\text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

(3) 二价锰化合物在中性或弱酸性条件下只能被氧化到  $\text{MnO}_2$ ，在碱性条件下可以被氧化到更高价态

(4) ①  $2\text{NaOH} + \text{Cl}_2 = \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$

②  $4\text{MnO}_4^- + 4\text{OH}^- = 4\text{MnO}_4^{2-} + \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$   $\text{NaClO}$

③  $2\text{MnO}_2 + 3\text{ClO}^- + 2\text{OH}^- = 2\text{MnO}_4^- + 3\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$

④ 溶液中存在反应：

i.  $4\text{MnO}_4^- + 4\text{OH}^- = 4\text{MnO}_4^{2-} + \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

ii.  $2\text{MnO}_4^{2-} + \text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} = 2\text{MnO}_4^- + \text{Cl}^- + 2\text{OH}^-$

在浓碱性条件下， $c(\text{OH}^-)$  和  $c(\text{ClO}^-)$  均很大时，反应 ii 速率快于反应 i

【命题点】化学实验设计及其评价、离子方程式的书写等。

【解析】(1) A 装置使用盐酸与  $\text{KMnO}_4$  制取  $\text{Cl}_2$ ，由于盐酸具有挥发性，所以生成的  $\text{Cl}_2$  中混有  $\text{HCl}$ ，则使用饱和食盐水除去，即 B 中的试剂是饱和  $\text{NaCl}$  溶液。

(2) 白色沉淀是  $\text{Mn}(\text{OH})_2$ ，棕黑色沉淀是  $\text{MnO}_2$ ，通入  $\text{Cl}_2$

前,  $\text{Mn}(\text{OH})_2$  被空气中的  $\text{O}_2$  氧化为  $\text{MnO}_2$ , 化学方程式为  $2\text{Mn}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(3) 实验 I : 中性条件下  $\text{Mn}^{2+}$  不能被  $\text{O}_2$  氧化, 通入的  $\text{Cl}_2$  将  $\text{Mn}^{2+}$  氧化为  $\text{MnO}_2$ , 实验 II : 5%  $\text{NaOH}$  溶液中生成的  $\text{Mn}(\text{OH})_2$  在空气中被缓慢氧化为  $\text{MnO}_2$ , 通入  $\text{Cl}_2$  后部分  $\text{MnO}_2$  被氧化为  $\text{MnO}_4^-$ , 所以可得到的结论是二价锰化合物被氧化后的产物与溶液的酸碱性有关, 中性或弱酸性条件下被氧化为  $\text{MnO}_2$ , 碱性条件下可被氧化为更高价态。

(4) ①  $\text{Cl}_2$  通入  $\text{NaOH}$  溶液发生的反应为  $\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} \rightleftharpoons \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$ , 消耗氢氧化钠, 所以溶液碱性变弱。

② 再加入  $\text{NaOH}$  溶液, 溶液由紫色变为绿色, 说明  $\text{MnO}_4^-$  被  $\text{OH}^-$  还原为  $\text{MnO}_4^{2-}$ , 所以发生的反应为  $4\text{MnO}_4^- + 4\text{OH}^- \rightleftharpoons 4\text{MnO}_4^{2-} + \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。溶液绿色加深说明  $\text{MnO}_2$  被  $\text{NaClO}$  氧化成  $\text{MnO}_4^{2-}$ , 可证明 III 的悬浊液中氧化剂过量。

③ III 中悬浊液中含有棕黑色的  $\text{MnO}_2$  沉淀, 加水稀释后, 溶液紫色缓慢加深, 则  $\text{MnO}_2$  被  $\text{NaClO}$  氧化为  $\text{MnO}_4^-$ , 发生的反应为  $2\text{MnO}_2 + 3\text{ClO}^- + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons 2\text{MnO}_4^- + 3\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$ 。

④ 实验 III 溶液中存在  $\text{MnO}_4^-$  被  $\text{OH}^-$  还原为  $\text{MnO}_4^{2-}$  和  $\text{MnO}_4^{2-}$  被  $\text{NaClO}$  氧化为  $\text{MnO}_4^-$  两个反应, 实验 III 没有得到绿色溶液说明在浓碱性、氧化剂  $\text{ClO}^-$  过量的条件下生成  $\text{MnO}_4^-$  (紫色) 的速率快于生成  $\text{MnO}_4^{2-}$  (绿色) 的速率。