

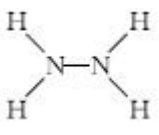


### 专题 01 物质的结构与性质 元素周期律

1 A  $\text{O}_3$  分子与  $\text{SO}_2$  分子结构相似, 中心氧原子带部分正电荷, 端位 2 个氧原子带部分负电荷, 故  $\text{O}_3$  中氧原子之间的化学键为极性键,  $\text{O}_3$  分子为极性分子, A 正确; 同素异形体是同种元素的不同单质之间的互称, B 错误;  $\text{SO}_2$  的中心原子 S 采取  $\text{sp}^2$  杂化,  $\text{CO}_2$  的中心原子 C 采取  $\text{sp}$  杂化, C 错误;  $\text{Ca}^{2+}$  与  $\text{O}^{2-}$  之间的作用力为离子键, 离子键没有饱和性和方向性, D 错误。

2 A  $\text{H}_2\text{O}$  为共价化合物, 电子式为  $\text{H}:\ddot{\text{O}}:\text{H}$ , B 错误;  $\text{CO}_3^{2-}$  中 C 原子的孤电子对数  $= \frac{4+2-2\times 3}{2}=0$ ,  $\sigma$  键电子对数为 3, 故 C 原子的杂化轨道类型为  $\text{sp}^2$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  的空间结构为平面三角形, C 错误;  $\text{NH}_4^+$  与  $\text{SO}_3^{2-}$  之间的作用力为离子键,  $\text{NH}_4^+$  中 N 与 H 之间的作用力为共价键,  $\text{SO}_3^{2-}$  中 S 与 O 之间的作用力也为共价键, D 错误。

3 B  $\text{N}\equiv\text{N}$  分子中有 1 个  $\sigma$  键和 2 个  $\pi$  键,  $\sigma$  键与  $\pi$  键的数目之比为 1:2, A 错误; 液氨发生微弱电离产生  $\text{NH}_2^-$  和  $\text{H}^+$ ,  $\text{NH}_3$  结合  $\text{H}^+$  生成  $\text{NH}_4^+$ , 故液氨电离可表示为  $2\text{NH}_3\rightleftharpoons\text{NH}_4^++\text{NH}_2^-$ , B 正确; N 周围有 3 个单电子和 1 个孤电子对, N 可以形成 3 个  $\sigma$  键, 故  $\text{N}_2\text{H}_4$  的结构

式为 , C 错误;  $\text{Mg}_3\text{N}_2$  中不含 Mg 与  $\text{N}_2$ , 只存在  $\text{Mg}^{2+}$  与  $\text{N}^{3-}$  之间的强烈相互作用, D 错误。

4 C 基态 N 原子的轨道表示式为  $1s \uparrow\downarrow 2s \uparrow\downarrow 2p \uparrow\uparrow\uparrow$ , p 轨道上的 3 个电子会分占不同的轨道, A 错误;  $\text{Cl}^-$  核内质子数为 17, B 错误; 图示模型是水的球棍模型, D 错误。

5 A 斜方硫、单斜硫是硫的两种不同单质, 互为同素异形体, B 错误;  $\text{SO}_3$  的中心原子 S 采取  $\text{sp}^2$  杂化,  $\text{H}_2\text{O}$  的中心原子 O 采取  $\text{sp}^3$  杂化, 中心原子的杂化轨道类型不同, C 错误;  $\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$  中含有极性共价键, 不含非极性共价键, D 错误。

6 D 同主族元素从上到下, 原子半径依次增大, 原子半径  $r(\text{N})<r(\text{P})<r(\text{As})$ , A 错误; 同主族元素从上到下, 第一电离能依次减小, 第一电离能  $I_1(\text{N})>I_1(\text{P})>I_1(\text{As})$ , B 错误;  $\text{NH}_3$ 、 $\text{PH}_3$ 、 $\text{AsH}_3$  的中心原子均采取  $\text{sp}^3$  杂化, 孤电子对数相同, 中心原子的电负性越大, 键角越大, 电负性  $\text{N}>\text{P}>\text{As}$ , 键角  $\text{NH}_3>\text{PH}_3>\text{AsH}_3$ , C 错误; 元素的非金属性越强, 最高价含氧酸的酸性越强, 非金属性  $\text{N}>\text{P}>\text{As}$ , 酸性  $\text{HNO}_3>\text{H}_3\text{PO}_4>\text{H}_3\text{AsO}_4$ , D 正确。

7 B 基态 F 原子的核外电子排布式为  $1s^2 2s^2 2p^5$ , A 错误; 由“ $\text{HF}_2^-$  转化为  $\text{F}_2$ ”推知,  $\text{KHF}_2$  可电离出  $\text{K}^+$  与  $\text{HF}_2^-$ , 故  $\text{KHF}_2$  中既含有离子键, 又含有共价键, B 正确;  $\text{ClO}_2^-$ 、 $\text{ClO}_3^-$  和  $\text{ClO}_4^-$  的中心原子 Cl 均采取  $\text{sp}^3$  杂化, 中心原子的孤电子对数依次为 2、1、0, 孤电子对数

越多,键角越小,故  $\text{ClO}_2^-$ 、 $\text{ClO}_3^-$  和  $\text{ClO}_4^-$  中  $\text{O}-\text{Cl}-\text{O}$  键角依次逐渐增大, **C 错误**; 由“ $\text{AgBr}$  浸入  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  溶液转变成  $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$  而溶解”知,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  是配离子的配体,但  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  中 2 个 S

原子并不能均作配位原子,  $\left[ \begin{array}{c} \text{S} \\ \updownarrow \\ \text{O}-\text{S}-\text{O} \\ \downarrow \\ \text{O} \end{array} \right]^{2-}$  的中心原子 S 上无孤电子对,不可作为配位原子, **D 错误**。

**8 A** 键能的大小与键长有关,与元素电负性无关,故不能通过比较元素电负性解释键能, **A 错误**。

**9 B** 同周期主族元素从左到右,原子半径逐渐减小,故原子半径  $r(\text{Se}) < r(\text{As}) < r(\text{Ge})$ , **A 错误**; 同周期主族元素从左到右,电负性逐渐增大,故电负性  $\chi(\text{Se}) > \chi(\text{As}) > \chi(\text{Ge})$ , **B 正确**; 同周期主族元素从左到右,第一电离能总体呈增大趋势,但 II A、V A 族元素的第一电离能比同周期左右相邻的元素都大,故第一电离能  $I_1(\text{As}) > I_1(\text{Se}) > I_1(\text{Ge})$ , **C 错误**; Ge、As、Se 的价电子排布式依次为  $4s^2 4p^2$ 、 $4s^2 4p^3$ 、 $4s^2 4p^4$ ,基态原子中未成对电子数  $\text{As} > \text{Se} = \text{Ge}$ , **D 错误**。

**10 C** 同周期主族元素从左到右,第一电离能总体呈增大趋势,故第一电离能  $I_1(\text{Cl}) > I_1(\text{S})$ , **A 正确**; 同周期主族元素从左到右,最高价氧化物对应水化物的酸性逐渐增强,故酸性  $\text{HClO}_4 > \text{H}_2\text{SO}_4$ , **B 正确**; 同周期主族元素从左到右,电负性逐渐增大,故电负性  $\chi(\text{O}) > \chi(\text{N})$ , **C 错误**;  $\text{NH}_3$  存在分子间氢键,故沸点  $\text{CH}_4 < \text{NH}_3$ , **D 正确**。

**11 D**  $\text{NH}_3$  的电子式为  $\begin{array}{c} \text{H} : \ddot{\text{N}} : \text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array}$ , **A 错误**;  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  中不存在离子键, **B 错误**;  $\text{NH}_3$  和  $\text{H}_2\text{O}$  的中心原子均采用  $\text{sp}^3$  杂化,孤电子对数依次为 1、2,孤电子对数越多,键角越小,故  $\text{NH}_3$  分子中  $\text{H}-\text{N}-\text{H}$  的键角大于  $\text{H}_2\text{O}$  分子中  $\text{H}-\text{O}-\text{H}$  的键角, **C 错误**; 水溶液中的  $\text{Cu}^{2+}$  以  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$  形式存在,向溶液中滴加过量氨水后,  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$  转化为  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ ,则  $\text{NH}_3$  和  $\text{H}_2\text{O}$  与  $\text{Cu}^{2+}$  的配位能力  $\text{NH}_3 > \text{H}_2\text{O}$ , **D 正确**。

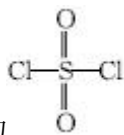
**12 C**  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$  的配体是  $\text{NH}_3$ 、 $\text{Cl}^-$ ,配位数是 6, **A 错误**; 配合物  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$  中 Co 元素的化合价是 +3, **B 错误**; 配合物中的  $\text{NH}_3$  和游离  $\text{NH}_3$  的中心原子 N 均采用  $\text{sp}^3$  杂化,但游离  $\text{NH}_3$  的中心原子 N 有 1 个孤电子对,故游离  $\text{NH}_3$  的  $\text{H}-\text{N}-\text{H}$  键角偏小, **C 正确**; 配离子内界  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]^-$  中的  $\text{Cl}^-$  不能立即与  $\text{Ag}^+$  反应,故在 1 mol 该配合物中加入足量  $\text{AgNO}_3$  溶液,主要与外界的  $\text{Cl}^-$  反应,不能得到 3 mol  $\text{AgCl}$  沉淀, **D 错误**。

**13 D** 由图可知,“o”与 O 结合,“o”应带正电荷,为  $\text{Mg}^{2+}$ ,则“●”表示  $\text{O}^{2-}$ , **A 错误**; 环氧乙烷中氧原子吸附在“o”上是因为氧原子带负电性,  $\text{Mg}^{2+}$  带正电荷, **B 错误**; 该转化过程中不涉及非极性共价键的断裂, **C 错误**。

**14 C** 石墨中碳原子采用  $\text{sp}^2$  杂化,  $(\text{CF})_x$  中 C 采用  $\text{sp}^3$  杂化, **A 错误**; 石墨导电的原因是石墨层间有自由移动的电子,石墨层间插入 F 得到层状结构化合物  $(\text{CF})_x$  后,可自由移动的电子减少,导电性减弱, **B 错误**; 由图可知,1 mol  $(\text{CF})_x$  中每个氟原子形成 1 个  $\text{C}-\text{F}$ ,每个碳原子形成 3 个  $\text{C}-\text{C}$ 、1 个  $\text{C}-\text{F}$ ,每个共价单键被 2 个原子共用,则 1 mol  $(\text{CF})_x$  中含有(1

$+3+1)x \times \frac{1}{2} \text{ mol} = 2.5x \text{ mol}$  共价单键, **C 正确**; 原子序数递增, 同周期主族元素的原子半径逐渐减小, 故  $(\text{CF})_x$  中  $\text{C}-\text{C}$  的键长比  $\text{C}-\text{F}$  长, **D 错误**。

**15 D**  $\text{S}_8$  为分子晶体, **A 错误**; 斜方硫、单斜硫互为同素异形体, **B 错误**;  $\text{S}_8$  中硫原子轨道杂化类型均为  $\text{sp}^3$ , **C 错误**。



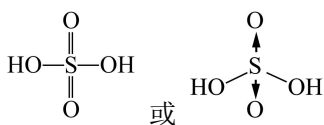
**16 C**  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$  分子的结构式为 , 1 mol  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$  分子中含有 4 mol  $\sigma$  键, **A 错误**;  $\text{Cl}_2\text{O}$  和  $\text{HClO}$  的中心原子上均含有孤电子对, 均属于极性分子, **B 错误**;  $\text{ClO}_3^-$  和  $\text{ClO}_4^-$  的中心原子均采用  $\text{sp}^3$  杂化, 但  $\text{ClO}_3^-$  的中心原子上有 1 个孤电子对, 故  $\text{ClO}_3^-$  中  $\text{O}-\text{Cl}-\text{O}$  夹角小于  $\text{ClO}_4^-$  中  $\text{O}-\text{Cl}-\text{O}$  夹角, **C 正确**; 在  $\text{NaCl}$  晶胞中, 每个  $\text{Cl}^-$  周围紧邻且距离相等的 6 个  $\text{Na}^+$  构成正八面体结构, **D 错误**。

**17 C**  $\text{Al}^{3+}$  有 2 个电子层,  $\text{Cl}^-$  有 3 个电子层, 电子层结构不相同, **A 错误**;  $\text{Al}$  只有 3 个价电子, 故 4 根键中有 1 根是配位键(位于  $\text{Al}$ 、 $\text{Cl}$  之间), **B 错误**;  $\text{Al}$  周围有 4 个  $\sigma$  键, 无孤电子对, 即价层电子对数为 4, 故  $\text{Al}$  原子轨道杂化类型为  $\text{sp}^3$ , **C 正确**;  $\text{Al}$  只有 3 个价电子, 最高化合价为 +3, 故该结构中  $\text{Al}$  的化合价为 +3, **D 错误**。

**18 B** 氧原子的电负性大于碳, 醛基中的碳原子带部分正电荷,  $\text{CN}^-$  带负电荷, 故  $\text{CN}^-$  可以和醛发生亲核加成, **A 正确**。微量的碱可明显加快反应速率, 加入少量  $\text{KOH}$  溶液, 发生反应:  $\text{HCN} + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{CN}^- + \text{H}_2\text{O}$ , 使少量的  $\text{CN}^-$  进行亲核加成, 但碱性不能太强, 因为最后需要  $\text{H}^+$  才能完成反应, **B 错误**。该反应不宜在酸性条件下进行的原因, 从安全角度分析:  $\text{HCN}$  易挥发且有剧毒; 从反应进行的难易角度分析: 若加酸,  $\text{H}^+$  和羰基发生质子化作用, 增强了羰基碳原子的亲电性能, 这对反应是有利的, 但  $\text{H}^+$  浓度升高, 降低了  $\text{CN}^-$  的浓度, 降低了亲核加成的速率, 使得反应很难发生, **C 正确**。与乙醛相比, 丙酮的 2 个  $-\text{CH}_3$  空间位阻较大, 使得反应速率大大下降, 故与  $\text{HCN}$  加成的反应速率:  $\text{CH}_3\text{COCH}_3 < \text{CH}_3\text{CHO}$ , **D 正确**。

**19 C**  $\text{NH}_3$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  都能形成分子间氢键, 常温下水呈液态  $\text{NH}_3$  呈气态, 故沸点  $\text{CH}_4 < \text{NH}_3 < \text{H}_2\text{O}$ , **A 正确**;同周期主族元素从左到右, 原子半径依次减小, 半径  $r(\text{O}) < r(\text{N}) < r(\text{C})$ , **B 正确**; $\text{IIA}$ 、 $\text{VA}$  族元素原子的第一电离能比同周期左右相邻元素原子的第一电离能都大, 第一电离能  $\text{O} < \text{N}$ , **C 错误**; 配合物二丁二酮肟合镍中,  $\text{Ni}^{2+}$  为中心离子, 提供空轨道,  $\text{N}$  原子为配位原子, 提供孤电子对, **D 正确**。

**20 B** 同素异形体的研究对象是单质, 不是化合物, **A 错误**;  $\text{PO}_4^{3-}$  和  $\text{SO}_4^{2-}$  的空间结构相同, 均为正四面体形, **B 正确**; $\text{H}_2\text{SO}_4$  是二元酸, 分子中含有 2 个  $-\text{OH}$ , 故其结构简式为



,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  分子中不存在  $\text{H}-\text{H}$  共价键, **C 错误**; 由均摊法知, 晶胞中  $\text{Na}^+$  的个数  $= 8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ ,  $\text{Cl}^-$  的个数  $= 12 \times \frac{1}{4} + 1 = 4$ , 则晶胞的化学式是  $\text{NaCl}$ , **D 错误**。

21 B 原子半径  $r(\text{Ga}) > r(\text{As})$ , A 错误; 同周期主族元素从左到右, 元素的第一电离能总体呈增大趋势, 故第一电离能  $I_1(\text{Si}) < I_1(\text{P})$ , B 正确; 同主族元素从上到下, 非金属性逐渐减弱, 简单氧化物的热稳定性逐渐变差, 非金属性  $\text{As} < \text{P}$ , 故热稳定性  $\text{AsH}_3 < \text{PH}_3$ , C 错误; Ga 在元素周期表中位于第四周期 IIIA 族, 周期序数与族序数不相等, D 错误。

22 C 短周期主族元素 X、Y、Z、W 的原子序数依次增大, X 的一种核素没有中子, X 是 H; 基态 Y 原子的 p 轨道为半充满, Y 的核外电子排布式为  $1s^2 2s^2 2p^3$ , Y 是 N; Z 单质是植物光合作用的产物之一, Z 是 O; W 与 Z 同族, W 是 S。电负性  $\text{S} < \text{N} < \text{O}$ , 则共价键的极性  $\text{H}-\text{S} < \text{H}-\text{N} < \text{H}-\text{O}$ , B 错误; 非金属性越强, 简单气态氢化物的热稳定性越强, C 正确; H、N、O 三种元素可形成化合物  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , 其水溶液呈碱性, D 错误。

23 A 由题给信息推知, X、Y、Z、W 依次为 C 元素、P 元素、S 元素、As 元素。IIA、VA 族元素原子的第一电离能比同周期左右相邻元素原子的第一电离能都大, 故第一电离能  $\text{S} < \text{P}$ , A 正确; P、As 为同主族元素, 非金属性  $\text{P} > \text{As}$ , 故简单气态氢化物的热稳定性  $\text{PH}_3 > \text{AsH}_3$ , B 错误; P、As 为同主族元素, 原子半径  $r(\text{As}) > r(\text{P})$ , P、S 为同周期主族元素, 原子半径  $r(\text{P}) > r(\text{S})$ , 故原子半径  $r(\text{As}) > r(\text{S})$ , C 错误; 非金属性  $\text{S} > \text{C}$ , 最高价氧化物对应水化物的酸性  $\text{H}_2\text{CO}_3 < \text{H}_2\text{SO}_4$ , D 错误。

24 (1) 四面体空隙 电负性  $\text{O} > \text{N}$ , 电负性差值  $\text{Zn}-\text{O} > \text{Zn}-\text{N}$ , 故  $\text{Zn}-\text{N}$  中离子键百分数小

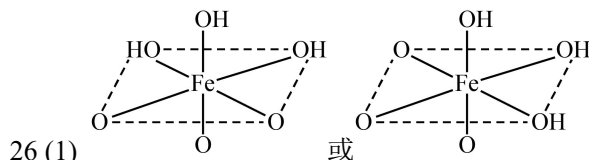


解析: ②根据题意先写出  $\text{Mn}^{2+} + \text{MnO}_4^- \longrightarrow \text{MnO}_2 \downarrow$ , 根据得失电子守恒写出  $3\text{Mn}^{2+} + 2\text{MnO}_4^- \longrightarrow 5\text{MnO}_2 \downarrow$ , O 不够  $\text{H}_2\text{O}$  来凑, 可写出  $3\text{Mn}^{2+} + 2\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 5\text{MnO}_2 \downarrow$ , 最后根据电荷守恒配平。

25 (1) 正四面体

(2) ① +4 价降为 +3 价(只写 +3 价不得分) ② 2

解析: (1) 从晶胞图可看出, 与氧原子相邻且最近的 Ce 原子有 4 个, 即 O 原子位于 Ce 构成的正四面体的体心上。(2) ①反应 I 从  $\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2$ , C 元素的化合价升高 2, 已知 Cu、Ce 元素的化合价均发生变化, 即共降低 2 价, 故 Ce 从 +4 价降为 +3 价, Cu 从 +2 价降为 +1 价。②反应 III 中通入  $^{18}\text{O}_2$ , 按图示填入到空位中, 反应 IV 中产物中,  $^{18}\text{O}$  存在于  $\text{CO}_2$  和铜铈氧化物两种物质中。



(2) ①  $4\text{FeSSH} + 4\text{O}_2 \longrightarrow 4\text{FeOOH} + \text{S}_8$  ② 四氯乙烯与  $\text{S}_8$  都是非极性分子, 符合“相似相溶”规律 ③  $\text{S}_8$  中 S 原子采取  $\text{sp}^3$  杂化, 无剩余的 p 轨道用于形成  $\pi$  键

解析: (1)  $\text{FeO}_3(\text{OH})_3$  八面体是从  $\alpha\text{FeOOH}$  的结构中截取出的一部分, 部分 O 原子在该八面体中不用形成 2 个键, 该八面体的结构见答案。

## 专题 02 物质性质、用途与转化

1 B 甲烷在高温下分解得到炭黑,与甲烷的热值(J/kg)大小无关, B 错误。

2 B 纳米  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  具有磁性,可用作磁性材料, A 错误;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的熔点高,可用作耐火材料, C 错误;  $\text{SiO}_2$  能与氢氟酸(HF)反应生成  $\text{SiF}_4$  气体和水,故能用氢氟酸(HF)雕刻玻璃, D 错误。

3 D  $\text{NaBH}_4$  中 H 显负电性, B、H 之间的共用电子对偏向 H,说明 H 的电负性比 B 的大,具有对应关系, A 不符合题意;金属锂的熔点比钠的高,锂的金属键强于钠,说明 Li 的原子半径比 Na 的小,具有对应关系, B 不符合题意;火箭发射的助燃剂具有强氧化性,  $\text{NO}_2$  可作为火箭发射的助燃剂,说明  $\text{NO}_2$  具有强氧化性,具有对应关系, C 不符合题意;燃料电池的燃料具有还原性,  $\text{CH}_4$  可用作燃料电池的燃料,说明  $\text{CH}_4$  具有还原性,与其热稳定性较强无关,不具有对应关系, D 符合题意。

4 A 范德华力影响物质的物理性质,热稳定性是物质的化学性质,结构与性质不存在对应关系, A 符合题意。

5 A 加热、加电解质或加带相反电荷的胶体,均可使胶体发生聚沉,蛋白质溶液是胶体,  $\text{MgCl}_2$  是强电解质,故  $\text{MgCl}_2$  可用于制作豆腐的凝固剂,与  $\text{MgCl}_2$  易溶于水无关, A 错误;

$\text{HCO}_3^-$  的结构式为  $\text{HO}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{||}}{\text{C}}}-\text{O}^-$ ,含有 O—H 键,  $\text{HCO}_3^-$  能通过氢键缔合成较大的酸根离子,微粒越大,越难溶于水,故  $\text{NaHCO}_3$  的溶解度小于  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , D 正确。

6 B HF 分子间存在氢键,故沸点  $\text{HF} > \text{HCl}$ ,沸点是物质的物理性质,与键能大小无关, A 错误;  $-\text{CH}_3$  为推电子基,使羧基中的羟基的极性减小,羧酸的酸性减弱,故酸性  $\text{CH}_3\text{COOH} < \text{HCOOH}$ , B 正确;  $\text{HClO}$  具有强氧化性,可用于杀菌消毒,与酸性强弱无关, C 错误;  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  溶于水电离出的  $\text{Al}^{3+}$  水解生成的  $\text{Al}(\text{OH})_3$  胶体具有吸附性,可用作净水剂,与其能与  $\text{NaOH}$  溶液反应无关, D 错误。

7 B  $\text{H}_2$  能在  $\text{Cl}_2$  中安静地燃烧生成  $\text{HCl}$ ,故  $\text{Cl}_2$  可用于工业制盐酸, A 错误;  $\text{NaClO}$  具有强氧化性,可用作漂白液, C 错误;  $\text{ClO}_2$  气体具有强氧化性,可用作自来水消毒剂, D 错误。

8 D  $\text{SiO}_2$  导光性好,可用作光导纤维, A 错误;单晶硅具有半导体性能,可用作半导体, B 错误;碳化硅熔点高,可用作耐高温材料, C 错误。

9 A +4 价 S 和 +6 价 S 之间没有其他价态,故  $\text{SO}_2$  与浓硫酸不反应,物质间转化不能实现, B 不符合题意;  $\text{NO}$  和水不反应,物质间转化不能实现, C 不符合题意;加热会促进  $\text{Cu}^{2+}$  的水解和硝酸的挥发,蒸干  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  溶液得不到  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  固体,物质间转化不能实现, D 不符合题意。

10 D  $\text{SO}_2$  过量,应该生成  $\text{NH}_4\text{HSO}_3$ , A 错误;  $\text{FeS}_2$  不能一步转化为  $\text{SO}_3$ , B 错误; O 原子不守恒,电荷也不守恒, C 错误。

11 C  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液过量,即碱性试剂过量,不能生成酸式盐  $\text{NaHSO}_3$ , C 错误。

12 A 工业制硫酸应该包含 SO<sub>2</sub> 的催化氧化过程:  $\text{SO}_2 \xrightarrow[\text{催化剂}]{\text{O}_2} \Delta \text{SO}_3$ , **A 错误**。

13 D 工业制硫酸时, 应包含 SO<sub>2</sub> 催化氧化生成 SO<sub>3</sub> 的过程, **A 错误**; 处理工业尾气中的 SO<sub>2</sub> 时, 可选用石灰乳, SO<sub>2</sub> 与 CaCl<sub>2</sub> 溶液不能反应生成 CaSO<sub>3</sub>, **B 错误**; 向 Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 溶液中滴加稀硫酸后, 溶液变浑浊且有气体生成, 化学方程式为  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{S} \downarrow + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ , **C 错误**。

14 B +4 价 S 与 +6 价 S 之间没有中间价态, 故浓硫酸不能将 SO<sub>2</sub> 氧化为 SO<sub>3</sub>, **A 错误**; FeS 难溶于水, 在离子方程式中, 不拆分为离子形式, **C 错误**; HClO 与 CaSO<sub>3</sub> 不能大量共存, HClO 具有氧化性, 能将 CaSO<sub>3</sub> 氧化为 CaSO<sub>4</sub>, **D 错误**。

15 D 电解 AlCl<sub>3</sub> 溶液得不到金属 Al, 应该电解熔融 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 制铝, **A 错误**; FeS<sub>2</sub> 在 O<sub>2</sub> 中高温煅烧所得气体产物为 SO<sub>2</sub>, **B 错误**; 加热蒸发会促进 Fe<sup>3+</sup> 的水解和 HCl 的挥发, 最终得不到 FeCl<sub>3</sub> 固体, **C 错误**。

16 A SO<sub>2</sub> 与 H<sub>2</sub>O 反应生成的是 H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, 不是 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, **B 错误**; 工业制备金属 Al 时, 应该电解熔融 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, **C 错误**; 卤代烃水解生成醇的反应条件是强碱的水溶液、加热, **D 错误**。

17 B CaSO<sub>4</sub> 与盐酸不反应, 向 CaSO<sub>4</sub> 中加入盐酸无法得到 CaCl<sub>2</sub>, **B 错误**; 向 CuSO<sub>4</sub> 溶液中加入过量氨水, CuSO<sub>4</sub> 先转化为蓝色沉淀 Cu(OH)<sub>2</sub>, 后又转化为深蓝色的 [Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>](OH)<sub>2</sub> 溶液, 加入乙醇后, 溶剂极性变小, 析出深蓝色的晶体为 [Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>]SO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O, **D 正确**。

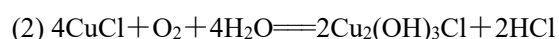
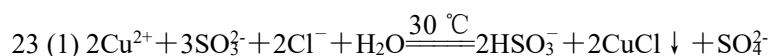
18 B 配制新制 Cu(OH)<sub>2</sub> 时, NaOH 溶液应该过量, **A 错误**; FeCl<sub>3</sub> 催化下, Cl 原子应该取代苯环上的 H 原子, 烷基卤代的条件是光照, **C 错误**; 卤代烃发生消去反应的条件是强碱的醇溶液、加热, **D 错误**。

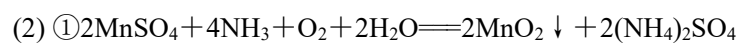
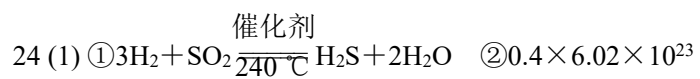
19 C 自然固氮中的“高能固氮”是将 N<sub>2</sub> 转化为 NO, **A 错误**; 实验室制备 NH<sub>3</sub> 的原料是 NH<sub>4</sub>Cl 和 Ca(OH)<sub>2</sub> 的固体混合物, **B 错误**; NO 不溶于水, 也不能与水反应生成 HNO<sub>3</sub>, **D 错误**。

20 D CaCO<sub>3</sub> 难溶于水, 在离子方程式中, 不拆分为离子形式, **A 错误**; 向饱和食盐水中先后通入 NH<sub>3</sub> 和 CO<sub>2</sub>, 析出的晶体是 NaHCO<sub>3</sub>, **B 错误**; HCl 是强酸, 在溶液中完全电离, 在离子方程式中, 应拆分为离子形式, **C 错误**。

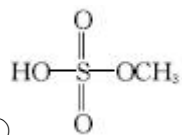
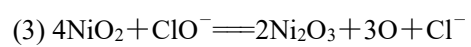
21 B Fe 在 Cl<sub>2</sub> 中燃烧生成 FeCl<sub>3</sub>, 产物种类与 Cl<sub>2</sub> 量多少无关, **A 错误**; 催化剂能改变反应速率, 不能减小反应的焓变, **C 错误**;  $4\text{HCl}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \xrightleftharpoons{\text{CuCl}_2} 2\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H < 0$ , 是放热反应, 升高温度, 反应正向进行的程度减小, HCl 的平衡转化率下降, **D 错误**。

22 C KClO<sub>3</sub> → ClO<sub>2</sub>, Cl 元素的化合价降低, 被还原, KClO<sub>3</sub> 发生还原反应, **A 错误**; H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> → CO<sub>2</sub>, C 元素的化合价升高, 被氧化, H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 在反应中作还原剂, **B 错误**; 反应后, C 元素的化合价升高 1 价, 生成 1 mol CO<sub>2</sub>, 有 1 mol 电子发生转移, **D 错误**。





② 15 h 后主要发生  $\text{SO}_2$  与  $\text{O}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  反应生成  $\text{H}_2\text{SO}_4$



(4) ① O ② 化合物 A 分子间氢键数目少于  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ，分子间作用力越弱，沸

点越低

### 专题 03 反应热 电化学

1 C 1 mol H—H 的键能为 436 kJ, 1 mol I—I 的键能为 151 kJ, 故 587 kJ 为 1 mol H<sub>2</sub>(g) 和 1 mol I<sub>2</sub>(g) 的总键能, 不是反应物的总能量, **A 错误**; 选项中的 I<sub>2</sub> 呈固态, 无法计算反应热, **B 错误**;  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g}) \quad \Delta H = 587 \text{ kJ/mol} - 299 \text{ kJ/mol} \times 2 = -11 \text{ kJ/mol}$ , 故  $\text{HI}(\text{g}) \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{I}_2(\text{g}) \quad \Delta H = +5.5 \text{ kJ/mol}$ , **C 正确**; 键能越大, 分子越稳定, H—H 的键能较大, 故 H<sub>2</sub> 分子较稳定, **D 错误**。

2 C 燃烧热的热化学方程式中, 水应该为液态, **A 错误**; 前者的  $\Delta H$  是后者的 2 倍, **B 错误**;  $\Delta H = \text{产物的总能量} - \text{反应物的总能量} < 0$ , 故 1 mol I<sub>2</sub>(g) 和 1 mol H<sub>2</sub>(g) 的总能量高于 2 mol HI(g) 的能量, **C 正确**; 该反应中除了生成水, 还生成了 BaSO<sub>4</sub> 沉淀, 故稀硫酸与 Ba(OH)<sub>2</sub> 稀溶液反应生成 2 mol 水, 放出的热量不为  $2 \times 57.3 \text{ kJ}$ , **D 错误**。

3 D 根据  $\text{H}_2(\text{g}) = \text{H}(\text{g}) + \text{H}(\text{g})$  可计算出 H<sub>2</sub> 中 H—H 的键能  $= (218 + 218 - 0) \text{ kJ/mol} = 436 \text{ kJ/mol}$ , **A 正确**;  $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{O}(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}_2(\text{g}) \quad \Delta H = (-136 + 242 - 249) \text{ kJ/mol} = -143 \text{ kJ/mol}$ , **B 正确**; 根据  $\text{HOO}(\text{g}) = \text{HO}(\text{g}) + \text{O}(\text{g})$  可计算出 HOO 中 O—O 的键能  $= (39 + 249 - 10) \text{ kJ/mol} = 278 \text{ kJ/mol} > 214 \text{ kJ/mol}$ , 故解离 O—O 所需能量  $\text{HOO} > \text{H}_2\text{O}_2$ , **C 正确**; 根据  $\text{O}_2(\text{g}) = \text{O}(\text{g}) + \text{O}(\text{g})$  可计算出 O<sub>2</sub> 的键能  $= (249 + 249 - 0) \text{ kJ/mol} = 498 \text{ kJ/mol} > 214 \text{ kJ/mol} \times 2$ , 故 O<sub>2</sub> 的键能大于 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 中 O—O 键能的 2 倍, **D 错误**。

4 B 燃烧热的热化学方程式中, 水应该呈液态, **A 错误**;  $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) = \text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H = \text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) \text{ 的燃烧热} - \text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) \text{ 的燃烧热} - \text{H}_2(\text{g}) \text{ 的燃烧热} = +137 \text{ kJ/mol}$ , **B 正确**; H<sub>2</sub> 燃烧是放热反应, H<sub>2</sub>O 分解应该是吸热反应, 故  $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H = +285.8 \text{ kJ/mol}$ , **C 错误**; C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>(g) 的系数扩大为原来的 2 倍,  $\Delta H$  也相应扩大, **D 错误**。

5 B 该反应的热化学方程式为  $\text{SO}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{SO}_3(\text{g}) \quad \Delta H = -98 \text{ kJ/mol}$ , **A 错误**; 该反应为放热反应, 说明该反应断裂反应物中化学键吸收的能量比形成生成物中化学键放出的能量少, **B 正确**; 催化剂只能改变反应速率, 不能改变反应的  $\Delta H$ , **C 错误**;  $\text{SO}_3(\text{g}) \rightarrow \text{SO}_3(\text{s})$  需要放出热量, 故  $\text{SO}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{SO}_3(\text{s}) \quad \Delta H < -98 \text{ kJ/mol}$ , **D 错误**。

6 B 放热反应中, 反应物的总能量高于生成物的总能量, 故能量  $X > Y > Z$ , 排除 **A、D**; 中间产物 Y 的浓度先增大后减小, 说明  $\text{X}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Y}(\text{g})$  的反应速率比  $\text{Y}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Z}(\text{g})$  大, 反应速率大, 说明活化能小, 则  $\text{X}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Y}(\text{g})$  的活化能较小。故选 **B**。

7 B NH<sub>3</sub>·BH<sub>3</sub> 中 N 原子上的 H 原子与 H<sub>2</sub>O 中 O 原子形成氢键, H<sub>2</sub>O 中的 H 原子与 NH<sub>3</sub>·BH<sub>3</sub> 中的 N 原子形成氢键, 两者作用力增大, 故 NH<sub>3</sub>·BH<sub>3</sub> 易溶于水, **A 正确**; a 电极为负极, 应失去电子 “ $-6\text{e}^-$ ”, **B 错误**; b 电极的电极反应式为  $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ = 2\text{H}_2\text{O}$ , 1 mol H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 参与反应时转移 2 mol e<sup>-</sup>, **C 正确**; H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 为强电解质, 可以增强溶液导电性, **D 正确**。

8 B 碱性条件下, 正极反应式为  $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- = 4\text{OH}^-$ , **A 错误**; 充电时, 阴极发生



多个还原反应, 其中一个为  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{e}^- + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{OH}^-$ , **B 正确**; 放电时, 电池总反应为  $2\text{Fe} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Fe}(\text{OH})_2$  或  $4\text{Fe} + 3\text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 忽略溶液的体积变化, 放电后溶液的 pH 几乎不变, **C 错误**; 若用强酸溶液作电解质, Fe 会与酸直接反应, 电池效率降低, 且反应产生  $\text{H}_2$ , 电池的安全性能变差, **D 错误**。

**9 D** 电池工作时, 有部分化学能会转化为热能散失, 并不能全部转化为电能, **A 错误**; 有  $\text{O}_2$  参与反应的一极是正极(a 电极), 有葡萄糖参与反应的一极是负极(b 电极), 故电池工作时, 电子由 b 电极沿导线流向 a 电极, **B 错误**; a 电极反应的产物是  $\text{OH}^-$ , 故电极反应式为  $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- = 4\text{OH}^-$ , **C 错误**; 由  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_7 \sim 2\text{e}^-$  知, 反应中每生成 1 mol  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_7$ , 转移电子数为  $2 \times 6.02 \times 10^{23}$ , **D 正确**。

**10 C** 通入  $\text{O}_2$  的一极是正极,  $\text{O}_2$  在电极 b 上发生还原反应, **A 错误**; 放电时, 电子由负极(a 极)移向正极(b 极), 故溶液中  $\text{K}^+$  向电极 b 移动,  $\text{OH}^-$  向电极 a 移动, **B 错误**; 由得失电子守恒知,  $4n(\text{O}_2) = 6n(\text{N}_2)$ ,  $n(\text{O}_2) : n(\text{N}_2) = 3 : 2$ , **C 正确**; 电解质溶液呈碱性, 产物中不含  $\text{H}^+$ , **D 错误**。

**11 D** 钠箔是负极, 放电时, 钠箔电极发生氧化反应, **A 正确**; 正极反应式为  $4\text{Na}^+ + 4\text{e}^- + 3\text{CO}_2 = 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{C}$ , 放电时, 每转移 2 mol 电子, 消耗 33.6 L  $\text{CO}_2$ (标准状况下), **B 正确**; 充电时, 电源 b 极为正极,  $\text{Na}^+$  向钠箔电极移动, **C 正确**; 充电时, 碳纳米管电极应该发生失电子的氧化反应, 电极反应式为  $2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{C} - 4\text{e}^- = 4\text{Na}^+ + 3\text{CO}_2 \uparrow$ , **D 错误**。

**12 C** 原电池工作时, 阳离子移向正极, 钒基氧化物( $\text{V}_6\text{O}_{13}$  极)为正极, Zn 为负极, 故放电过程中,  $\text{Zn}^{2+}$  透过阳离子交换膜向  $\text{V}_6\text{O}_{13}$  极一侧移动, **A 错误**; 电子只在外电路中移动, 不能经过电解质溶液, **B 错误**; 充电时, 原电池的正极( $\text{V}_6\text{O}_{13}$  极)与外接电源的正极相连, **C 正确**; 充电时, 阳极失去电子, 发生氧化反应, **D 错误**。

**13 B** 该浓差电池中的交换膜能阻止  $\text{Cu}^{2+}$  通过, 应当选择阴离子交换膜, **A 错误**; K 与 a 相连时, 是电解池装置, 电极 A 为阴极:  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$ , 质量会增大, K 与 b 连接时, 是原电池装置, 电极 A 是浓差电池的负极, 发生氧化反应:  $\text{Cu} - 2\text{e}^- = \text{Cu}^{2+}$ , 质量会减轻, **B 正确**, **D 错误**; K 与 b 连接时, 是原电池装置, 电极 B 是浓差电池的正极:  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$ , **C 错误**。

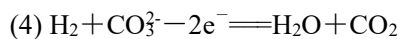
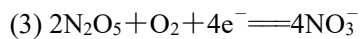
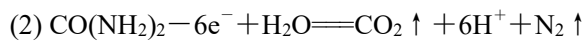
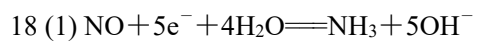
**14 B** 用电解法制备  $\text{H}_2\text{O}_2$  时, 电能转化为化学能, **A 错误**;  $\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2$  过程中 O 元素的化合价降低, 得电子被还原:  $\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2\text{O}_2$ , **B 正确**; 电极 b 上发生失电子的氧化反应, 应与电源正极相连, **C 错误**; a 极反应式为  $\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2\text{O}_2$ , 电解生成 2 mol  $\text{H}_2\text{O}_2$  时, 理论上有 4 mol  $\text{H}^+$  从 b 极室通过质子交换膜进入 a 极室, **D 错误**。

**15 A** 采用电解和催化相结合的循环方式实现高效制  $\text{H}_2$  和  $\text{O}_2$  的实验结束后, 除了  $\text{H}_2\text{O}$  之外, 其他物质基本不损耗, 故加入 Y 的目的是补充  $\text{H}_2\text{O}$ , **A 正确**; 由  $\text{BrO}_3^- \rightarrow \text{Br}^-$  知, Z 为  $\text{O}_2$ , 则 X 为  $\text{H}_2$ , 故电极 a 连接电源负极, **B 错误**;  $\text{O}^{2-}$  在溶液中不能存在, **C 错误**; 由得失电子守恒知, 催化阶段  $\text{Z}(\text{O}_2)$  与  $\text{Br}^-$  的物质的量之比为 3 : 2, **D 错误**。

**16 C**  $\text{SO}_3^{2-} \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$ , S 元素化合价升高,  $\text{SO}_3^{2-}$  在阳极发生失去电子的氧化反应, 与阳极相连的 m 极为电源正极, **A 正确**; 电解过程中, 阳离子( $\text{H}^+$ )移向阴极区(右侧), 阴离子( $\text{OH}^-$ )移向阳极区(左侧), **B 正确**;  $\text{NaHCO}_3$  溶液不能吸收  $\text{CO}_2$ , **C 错误**; 标准状况下, 22.4 L  $\text{CO}_2$

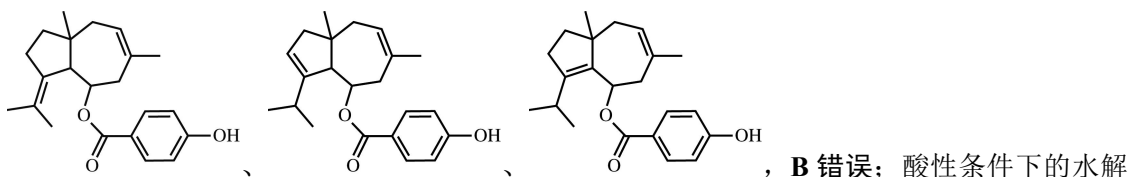
的物质的量为 1 mol，装置 b 中， $\text{CO}_2 \rightarrow \text{HCOOH}$ ，C 元素由 +4 价降低到 +2 价，化合价降低 2，每当有 1 mol  $\text{CO}_2$  参与反应时， $\text{CO}_2$  可得到 2 mol 电子，**D 正确**。

17 **C** 通电时，该装置为外加电流法，**C 错误**。



## 专题 04 有机物的结构与性质

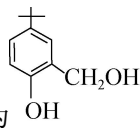
1 **B** 酚羟基可与  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液反应, **A 正确**; 消去反应产物最多有 3 种:



产物为 和 , 前者分子中含有碳碳双键, 后者分子中含有羧基和酚羟基, 故酸性条件下的水解产物均可生成高聚物, **C 正确**; 该有机物与足量  $\text{H}_2$  反应所得产物

分子为 (标“\*”碳原子为手性碳原子), 共有 5 个手性碳原子, **D 正确**。

2 **C** X 分子中含有饱和碳原子, 故 X 分子中所有原子不可能位于同一平面, **A 错误**; 1 mol 酚酯基能消耗 2 mol  $\text{NaOH}$ , 故 1 mol Y 最多能与 2 mol  $\text{NaOH}$  反应, **B 错误**; Y 分子中含有碳碳双键, 故 Y 能使  $\text{Br}_2$  的  $\text{CCl}_4$  溶液褪色, **C 正确**; X 和 Y 分子中均含有能使酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液褪色的基团(如醛基、碳碳双键等), 故无法用酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液鉴别 X 和 Y, **D 错误**。



3 **C** 杯酚的合成过程涉及加成反应和脱水缩合反应, 中间产物为 , 不涉及消去反应, **A 错误**; 由图可知, 每合成 1 mol 该杯酚, 消耗 8 mol  $\text{HCHO}$ , **B 错误**; 杯酚与  $\text{C}_{60}$  通过范德华力形成超分子, 杯酚分子中含较多羟基, 羟基间会形成氢键, **C 正确**; 超分子是由两种或两种以上的分子通过分子间相互作用形成的分子聚集体, 超分子的重要特征——分子识别, 该杯酚的空腔大小适配  $\text{C}_{60}$ , 盛装  $\text{C}_{60}$  后形成超分子, 但该杯酚的空腔大小不适配其他碳单质, 故该杯酚不能盛装多种碳单质, **D 错误**。

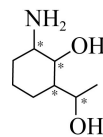
4 **B** X 中的酚羟基、羧基都能与  $\text{NaOH}$  反应, 故 1 mol X 最多能与 3 mol  $\text{NaOH}$  反应, **A 正确**; Y 分子中含有饱和碳原子, 不可能所有原子共平面, **B 错误**; 根据 X、Y 的结构简式可知, X、Y 的分子组成相差  $\text{C}_3\text{H}_4$ , **C 正确**; 用红外光谱可以检测不同的官能团, **D 正确**。

5 **B** 生成物的分子式为  $\text{C}_7\text{H}_{10}\text{O}$ , **A 错误**; 该反应物能燃烧发生氧化反应, 有  $\alpha\text{H}$ , 可以发生取代反应, 有酯基, 可以发生水解(取代)反应, **B 正确**; 根据原子个数守恒, 该反应产物不止一种, 不是加成反应, **C 错误**; 生成物中含有饱和碳原子, 不可能所有原子共平面, **D 错误**。

6 **C** 反应达到平衡时, 体系中 Y 和 Z 的含量之比为 1:35, 故反应更易生成 Z, Z 的稳定性大于 Y, 则 Y 生成 Z 的反应为放热反应, 反应 III 的  $\Delta H < 0$ , **C 错误**; Y、Z 均属于 烯烃型

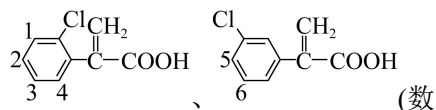
卤代烃，卤素原子连在不饱和碳原子上时，碳卤键很稳定，不易与 NaOH 溶液反应，**D 正确**。

7 **A** X 分子中含有酚羟基(酸性)和氨基(碱性)，故 X 既能盐酸反应，又能与氢氧化钠反



应，**A 正确**；X 与足量的  $H_2$  加成后分子中含有 4 个手性碳原子：(标“\*”碳原子为手性碳原子)，**B 错误**；单键可以旋转，故 X 分子中所有碳原子不一定在同一平面内，**C 错误**；X、Y 分子中，酚羟基对位上的氢原子均能被溴取代，故不能用浓溴水检验 Y 中是否含有 X，**D 错误**。

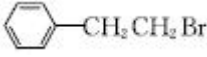
8 **D** 阿托酸甲酯的分子式为  $C_{10}H_{10}O_2$ ，**A 错误**；阿托酸不能发生消去反应，**B 错误**；由



“定一移一”法知，阿托酸苯环上的二氯代物共有 6 种：(数字代表第 2 个氯原子可能在的位置)，**C 错误**；苯环和碳碳双键均能与  $H_2$  发生加成反应，故 1 mol 阿托酸分子最多能与 4 mol  $H_2$  发生加成反应，**D 正确**。

9 **D** W 分子中的亲水基团比 X 分子多，故 W 在水中的溶解度比 X 大，**A 错误**；X 分子中的酚羟基和 Y 分子中的碳碳双键都能使酸性  $KMnO_4$  溶液褪色，故不能用酸性  $KMnO_4$  溶液鉴别 X、Y，**B 错误**；除醚键、碳碳双键外，Y 分子中还含有酯基，Z 分子中还含有羧基、酚羟基，故 Y、Z 分子中所含官能团的种类不同，**C 错误**；从转化过程可知，生成 X 的目的是保护其中一个酚羟基，故该路线能使 W 中特定位置上的  $-OH$  与  $\text{Br}$  反应，**D 正确**。

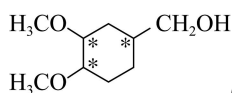
10 **B** 苯环平面和乙烯平面通过单键相连，单键可以旋转，故 X 分子所有碳原子可能共平面，**A 正确**；Y 中只有 1 个甲基碳原子采取  $sp^3$  杂化，苯环碳原子和碳正离子均采取  $sp^2$  杂化，**B 错误**；碳碳双键与 HBr 加成，故  $X \rightarrow Z$  反应类型属于加成反应，**C 正确**；X 与 HBr 反

应可产生一种无手性的副产物：，**D 正确**。

11 **A** 苯环是平面结构，醛基是平面结构，单键可以旋转，故 X 分子中所有氧原子可能共平面，**A 正确**；Y 分子中碳碳双键两端的碳原子上均连接不同的原子或原子团，故 Y 分子存在顺反异构体，**B 错误**；酚羟基邻、对位上的氢原子可被溴原子取代，碳碳双键可与溴加成，故 1 mol Z 最多可与 4 mol  $Br_2$  发生反应，**C 错误**；醛基和碳碳双键均能使酸性  $KMnO_4$  溶液褪色，故不能用酸性  $KMnO_4$  溶液鉴别 X 和 Y，**D 错误**。

12 **C** X 分子中还含有酯基，**A 错误**；Y 分子中含有的酚羟基和酚酯基均能消耗 NaOH，1 mol 酚酯基可以消耗 2 mol NaOH，故 1 mol Y 与足量 NaOH 溶液反应，可消耗 3 mol NaOH，**B 错误**；Z 中右侧含氧杂环为平面六边形，碳碳双键上的甲基和氢原子只有如题图所示的 1 种位置，下侧碳碳双键的一端碳原子上连接 2 个甲基，故 Z 分子不存在顺反异构体，**C 正确**；酚羟基邻、对位上至少有 2 个 H 原子时才可与  $HCHO$  发生缩聚反应，Z 分子中的酚羟基只有 1 个间位 H 原子，故其不可与  $HCHO$  发生缩聚反应，**D 错误**。

13 **D** X 分子中含酚羟基，且酚羟基的邻、对位上未被取代的氢原子不止 2 个，故其能与甲醛发生缩聚反应，**A 正确**；Y 分子与足量  $H_2$  加成的产物分子中含有 3 个手性碳原子：



(标“\*”碳原子为手性碳原子), **B 正确**; Z 分子中, 每个双键碳原子均连有不同的原子或原子团, 故其存在顺反异构体, **C 正确**; X、Z 均不能与饱和  $\text{NaHCO}_3$  溶液反应, 不能鉴别二者, **D 错误**。

**14 B**  $\text{W} \rightarrow \text{M}$  的副产物是  $\text{HBr}$ , 为促进 M 的生成, 需要除去反应生成的  $\text{HBr}$ , 故试剂 Q 是碱性物质, 不可能是硫酸, **A 错误**; 苯环平面与乙烯平面通过单键相连, 单键可以旋转, 故 Y 中所有碳原子均可能共平面, **B 正确**; X 中碳碳双键一端的碳原子连有 2 个 H 原子, 故 X 不存在顺反异构体, **C 错误**; X 中只有 2 个饱和碳原子采取  $\text{sp}^3$  杂化, 其余碳原子均采取  $\text{sp}^2$  杂化, 故 X 中  $\text{sp}^2$  杂化和  $\text{sp}^3$  杂化的碳原子的比例是 4 : 1, **D 错误**。

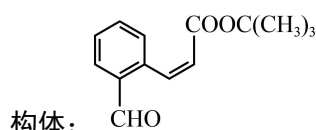
**15 B**  $\text{CH}_3\text{CHO}$  中无手性碳原子, **A 错误**;  $-\text{MgBr}$  带部分正电荷, 与  $\text{H}_2\text{O}$  中带负电荷的  $-\text{OH}$  成键, 则  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{MgBr}$  水解反应为  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{MgBr} + \text{H}-\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_3 + \text{Mg}(\text{OH})\text{Br}$ , **B 正确**; Z 为醇, 在浓硫酸、加热条件下能发生消去反应, **C 错误**;  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$  和  $\text{CH}_3\text{MgBr}$



反应生成  $(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{OMgBr})\text{CH}_3$ , 继续水解生成  $(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{OH})\text{CH}_3$ , **D 错误**。

**16 C** 酚羟基可与  $\text{FeCl}_3$  溶液作用显紫色, Y 有酚羟基而 X 没有, 醛基可与银氨溶液发生银镜反应, X 有醛基而 Y 没有, 故 X、Y 可用  $\text{FeCl}_3$  溶液或 2% 银氨溶液进行鉴别, **B 正确**; 由 Z 的结构简式可知, Z 分子 不存在连有 4 个不同原子或原子团的碳原子, 即不存在手性碳原子, **C 错误**; 该转化过程中氟原子与羟基发生取代反应生成醚键, 醛基与甲基先发生加成反应, 再发生消去反应生成碳碳双键, **D 正确**。

**17 A** 醛基和酯基中均含有碳氧  $\pi$  键, 故 1 mol X 中含有 2 mol 碳氧  $\pi$  键, **A 错误**; X 分子中含有碳碳双键, 碳碳双键两端碳原子上连接的原子或原子团均不相同, 故 X 存在顺反异




构体:  $(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{OMgBr})\text{CH}_3$ , **B 正确**; Y 分子中的饱和碳原子上没有连接着 4 个不同的原子或原子团, 不含手性碳原子, **C 正确**; 新制  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  可用于检验醛基, X 分子中含有醛基, Y 分子中不含醛基, 可用新制  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  检验 Y 中是否含有 X, **D 正确**。

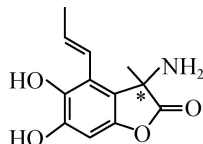
**18 D** 酯在  $\text{KOH}$  溶液中会水解, 故用  $\text{KOH}$  溶液中和步骤④产生的  $\text{H}^+$ , 不利于提高羧酸叔丁酯的产率, **A 错误**; 中间体 1  $\rightarrow$  中间体 2 过程中脱去 “ $\text{H}_2^{18}\text{O}$ ”, 故用  $^{18}\text{O}$  标记醇羟基, 能区别叔丁醇、乙醇与羧酸酯化时的机理差异, **B 错误**; 已知步骤②为决速步骤, 故步骤②的反应活化能最大, **C 错误**; 中间体 2 中连接 3 个甲基的碳原子采取  $\text{sp}^2$  杂化, 羧酸叔丁酯中连接 3 个甲基的碳原子采取  $\text{sp}^3$  杂化, 前者的键角大, 故中间体 2 的甲基间的排斥力比羧酸叔丁酯的甲基间的排斥力小, **D 正确**。

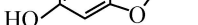
**19 D** 苯环、醛基均能与  $\text{H}_2$  发生加成反应, 故 1 mol X 最多可与 4 mol  $\text{H}_2$  发生加成反应, **A 错误**; Z 分子中有 1 个  $\text{O}-\text{H}$   $\sigma$  键, 侧链上有 5 个  $\text{C}-\text{H}$   $\sigma$  键, 苯环上还有 3 个  $\text{C}-\text{H}$   $\sigma$  键,

故 1 mol Z 中含有 C—H  $\sigma$  键的物质的量为 8 mol, **B 错误**; Y 分子中含有甲基, 所有原子不可能共平面, **C 错误**; X 分子中含有酚羟基, 可用  $\text{FeCl}_3$  溶液鉴别出来, Y 分子中含有醛基, 可用新制的银氨溶液鉴别出来, 故 X、Y、Z 可用  $\text{FeCl}_3$  溶液和新制的银氨溶液进行鉴别, **D 正确**。

**20 D** 羟基上的氧原子采取  $\text{sp}^3$  杂化, 单键可以旋转, 羟基上的氢原子不一定与苯环共平面, 故 X 分子中所有原子不一定在同一平面内, **A 错误**; 酚酯基、羧基均能消耗  $\text{NaOH}$ , 故 1 mol Y 与足量  $\text{NaOH}$  溶液反应, 最多消耗 3 mol  $\text{NaOH}$ , **B 错误**; Z 不能发生消去反应, **C 错误**; X 分子中含有酚羟基而 Y 分子中不含有, 故可用  $\text{FeCl}_3$  溶液区分 X、Y, **D 正确**。

**21 D** 甲分子中含有饱和碳原子, 所有原子一定不共平面, **A 错误**;  $-\text{NH}_2$  是亲水基, 故乙在水中的溶解度大于甲, **B 错误**; 酰胺基不能与  $\text{H}_2$  发生加成反应, 故 1 mol 丙最多能与 3 mol  $\text{H}_2$  发生加成反应, **C 错误**; 乙  $\rightarrow$  丙的副产物为  $\text{HCl}$ , 吡啶()中的 N 原子上含有孤电子对, 能将其孤电子对与  $\text{H}^+$  的空轨道结合形成配位键, 从而结合  $\text{H}^+$ , 体现碱性, 故乙  $\rightarrow$  丙过程中加入吡啶是为了结合反应中产生的  $\text{HCl}$ , **D 正确**。



**22 D** X 分子中含有 1 个手性碳原子:  (标“\*”碳原子为手性碳原子), **A 错误**; Y 分子中含有碳碳双键, 且碳碳双键的每个碳原子上所连接的原子或基团均不同, 存在顺反异构体, **B 错误**; Z 分子中含有碳碳双键, 能与  $\text{Br}_2$  的  $\text{CCl}_4$  溶液发生加成反应, **C 错误**; 酚羟基、酯基、羧基、酰胺基均能与  $\text{NaOH}$  溶液反应, 故 X、Y、Z 均能与  $\text{NaOH}$  溶液反应, **D 正确**。

**23 D** X 分子中含有酰胺基和酯基, 能发生水解反应, **A 错误**; Y 分子中含有亚氨基, 胺类化合物具有碱性, 能与盐酸反应生成可溶于水的盐, **B 错误**; X 分子中不存在手性碳原子, **C 错误**; Z 分子中所有(共 24 个)原子共平面, **D 正确**。

**24 A** 酚羟基的邻、对位氢原子可以和  $\text{Br}_2$  发生取代反应, 则 1 mol BPA 最多能与 4 mol  $\text{Br}_2$  发生反应, **A 错误**; DMC 分子中除了碳氧双键上的原子外, 其余的两个碳原子和两个氧原子均采取  $\text{sp}^3$  杂化, **B 正确**; PC 属于聚酯类高分子, 含有酯基, 能发生水解反应, 有机物一般能燃烧, 燃烧属于氧化反应, **C 正确**; 根据反应推出 X 为  $\text{CH}_3\text{OH}$ , 其分子中含有羟基, 易与水分子形成氢键, **D 正确**。

## 专题 05 电解质溶液

1 A  $\frac{K_w}{c(H^+)} = 10^{-12} \text{ mol/L}$  的溶液显酸性, 组内离子能大量共存, A 正确; pH=3 的溶液

中,  $\text{NO}_3^-$  具有强氧化性, 能将  $\text{Fe}^{2+}$  氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  与  $\text{SCN}^-$  不能大量共存, B 错误; 使甲基橙变红的溶液显酸性, 酸性条件下,  $\text{SO}_3^{2-}$  和  $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$  不能大量存在, C 错误; 由水电离的  $c(H^+) = 1 \times 10^{-13} \text{ mol/L} < 1 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ , 说明水的电离受到抑制, 溶液可能显碱性, 也可能显酸性, 碱性条件下,  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{HCO}_3^-$  均不能大量存在, 酸性条件下,  $\text{HCO}_3^-$  不能大量存在, D 错误。

2 A  $\frac{c(H^+)}{c(OH^-)} = 10^{12} > 1$ , 溶液显酸性, 组内离子能大量共存, A 正确; 由水电离的  $c(H^+)$

$= 1 \times 10^{-13} \text{ mol/L} < 1 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ , 说明水的电离受到抑制, 溶液可能显碱性, 也可能显酸性, 碱性条件下,  $\text{CO}_3^{2-}$  与  $\text{Ba}^{2+}$  不能大量共存, 酸性条件下,  $\text{CO}_3^{2-}$  不能大量存在, B 错误; pH=2 的溶液中,  $\text{NO}_3^-$  具有强氧化性, 能将  $\text{Fe}^{2+}$  氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{NO}_3^-$  与  $\text{Fe}^{2+}$  不能大量共存, C 错误;

$\frac{K_w}{c(H^+)} = 1 \times 10^{-13} \text{ mol/L}$  的溶液显酸性, 酸性条件下,  $\text{CO}_3^{2-}$  不能大量存在, D 错误。

3 D 常温下, 加水稀释盐酸, 只能使溶液 pH 无限接近 7, 不可能出现 pH=8 的情况, A 错误; pH=5 的醋酸中由水电离出的  $c(H^+) = 10^{-9} \text{ mol/L}$ , pH=5 的  $\text{NH}_4\text{Cl}$  溶液中由水电离出的  $c(H^+) = 10^{-5} \text{ mol/L}$ , 水的电离程度不同, B 错误; pH=5 的盐酸和 pH=5 的醋酸中的  $c(H^+)$  均为  $10^{-5} \text{ mol/L}$ , 等体积混合后,  $c(H^+)$  不变, 溶液 pH=5, C 错误; pH=11 的  $\text{NaOH}$  溶液中  $c(\text{NaOH}) = 10^{-3} \text{ mol/L}$ , pH=3 的  $\text{CH}_3\text{COOH}$  溶液中  $c(\text{CH}_3\text{COOH}) \gg 10^{-3} \text{ mol/L}$ , 等体积混合后, 醋酸过量较多, 混合液呈酸性, D 正确。

4 B 0.1 mol/L HY 溶液的 pH=1, 即  $c(H^+) = 0.1 \text{ mol/L}$ , HY 完全电离, 为强酸, A 错误; 酸溶液的 pH 越小, 对水电离的抑制作用越小, 由水电离出的  $c(H^+)$  越大, 且由水电离出的  $c(H^+) = c(OH^-)$ , b 点溶液的 pH 较大, 故常温下, 由水电离出的  $c(H^+) \cdot c(OH^-)$ :  $a < b$ , B 正确;

温度不变, HX 的电离常数不变, 故相同温度下, 电离常数  $K(\text{HX})$ :  $a = b$ , C 错误;  $\lg \frac{V}{V_0} = 3$

时, 两种溶液的总体积相同, 则  $\frac{c(X^-)}{c(Y^-)} = \frac{n(X^-)}{n(Y^-)}$ , 同时微热两种溶液, HX 的电离度增大,  $n(X^-)$

增大, HY 为强酸, 初始时即电离完全,  $n(Y^-)$  不变, 故  $\frac{c(X^-)}{c(Y^-)}$  增大, D 错误。

5 D 第一次滴定的反应为  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{HCl} = \text{NaHCO}_3 + \text{NaCl}$ , 第一次终点溶液显碱性, 应该选碱性范围内变色的指示剂, 可以选酚酞, 第二次滴定的反应为  $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ , 第二次终点溶液显中性或弱酸性(考虑  $\text{CO}_2$  是否全部逸出), 选择酸性范围内变色的指示剂较好, 可以选甲基橙, A 错误;  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{NaHCO}_3$  的混合比例未知, 不能写出样品溶解后的溶液中的元素守恒式, B 错误; 第一次终点溶液的电荷守恒式中缺少  $c(\text{Cl}^-)$ , C 错误; 由以上 2 个反应知,  $n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = c(\text{HCl}) \times V_1 \times 10^{-3} \text{ L}$ , 注意减去第一次反应生成的  $\text{HCO}_3^-$ ,  $n(\text{HCO}_3^-) = c(\text{HCl}) \times (V_2 - V_1) \times 10^{-3} \text{ L}$ ,  $n(\text{Na}_2\text{CO}_3) : n(\text{NaHCO}_3) = [c(\text{HCl}) \times V_1 \times 10^{-3} \text{ L}] : [c(\text{HCl}) \times (V_2 - V_1) \times 10^{-3} \text{ L}] = V_1 : (V_2 - V_1)$ , D 正确。

6 D 实验 1 所得溶液存在的电荷守恒式为  $c(\text{OH}^-) + 2c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) + c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) = c(\text{H}^+)$ , 则  $c(\text{OH}^-) + c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) + c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) < c(\text{H}^+)$ , A 正确; 由元素守恒知, 等体积混合后,  $c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) + c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) + c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) = 0.05 \text{ mol/L}$ , B 正确;  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  溶液是过量的, 应依据  $\text{HC}_2\text{O}_4^-$  的量配平其他离子, C 正确; 上层清液中沉淀处于沉淀溶解平衡状态, 则  $c(\text{Ba}^{2+}) \cdot c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) = K_{\text{sp}}(\text{BaC}_2\text{O}_4)$ , D 错误。

7 C 0.10 mol/L  $\text{NaHCO}_3$  溶液, 测得溶液  $\text{pH} = 8.3$ , 说明  $\text{HCO}_3^-$  的水解程度大于电离程度, 则  $K_{\text{a}2} < K_{\text{h}}(\text{HCO}_3^-) = \frac{K_{\text{w}}}{K_{\text{a}1}}$ ,  $K_{\text{a}1} \cdot K_{\text{a}2} < K_{\text{w}}$ , A 错误; 溶液  $\text{pH} = 10.0$ ,  $c(\text{H}^+) = 10^{-10} \text{ mol/L}$ ,  $\frac{c(\text{CO}_3^{2-})}{c(\text{HCO}_3^-)} = \frac{K_{\text{a}2}}{c(\text{H}^+)} = \frac{4.4 \times 10^{-11}}{10^{-10}} < 1$ , 则  $c(\text{CO}_3^{2-}) < c(\text{HCO}_3^-)$ , B 错误; 由元素守恒知, 实验 2 所得溶液中存在  $2N(\text{Na}) = 3N(\text{CO}_3)$ , 即  $2c(\text{Na}^+) = 3[c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{H}_2\text{CO}_3)]$ , C 正确; 上层清液中沉淀处于沉淀溶解平衡状态, 则  $c(\text{Ba}^{2+}) \cdot c(\text{CO}_3^{2-}) = K_{\text{sp}}(\text{BaCO}_3)$ , D 错误。

8 B  $\text{SO}_2$  水溶液中的电荷守恒式为  $c(\text{HSO}_3^-) + 2c(\text{SO}_3^{2-}) + c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+)$ , 则  $c(\text{HSO}_3^-) + c(\text{SO}_3^{2-}) < c(\text{H}^+)$ , A 正确;  $\text{pH} = 4$  的溶液中,  $c(\text{H}^+) = 10^{-4} \text{ mol/L}$ ,  $\frac{c(\text{SO}_3^{2-})}{c(\text{HSO}_3^-)} = \frac{K_{\text{a}2}(\text{H}_2\text{SO}_3)}{c(\text{H}^+)} = \frac{6.2 \times 10^{-8}}{10^{-4}} < 1$ , 则  $c(\text{SO}_3^{2-}) < c(\text{HSO}_3^-)$ , B 错误; 蒸干、灼烧过程中,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  会被空气中的  $\text{O}_2$  氧化为  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , 最终可制得  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  固体, C 正确; 发生反应的离子方程式为  $5\text{SO}_2 + 2\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} = 5\text{SO}_4^{2-} + 2\text{Mn}^{2+} + 4\text{H}^+$ , 故实验 3 所得溶液中:  $c(\text{SO}_4^{2-}) > c(\text{Mn}^{2+})$ , D 正确。

9 D 0.1 mol/L  $\text{NaHCO}_3$  溶液的  $\text{pH}$  为 7.8,  $c(\text{H}^+) = 10^{-7.8} \text{ mol/L}$ ,  $\frac{c(\text{HCO}_3^-)}{c(\text{H}_2\text{CO}_3)} = \frac{K_{\text{a}1}(\text{H}_2\text{CO}_3)}{c(\text{H}^+)}$ ,  $\frac{10^{-6.38}}{10^{-7.8}} > 1$ , 则实验 1 溶液中存在:  $c(\text{HCO}_3^-) > c(\text{H}_2\text{CO}_3)$ , A 错误;  $\frac{c(\text{HCO}_3^-)}{c(\text{CO}_3^{2-})} = \frac{c(\text{H}^+)}{K_{\text{a}2}(\text{H}_2\text{CO}_3)}$ , 温度不变,  $K_{\text{a}2}(\text{H}_2\text{CO}_3)$  不变, 溶液的  $\text{pH}$  减小, 即  $c(\text{H}^+)$  增大, 则  $\frac{c(\text{HCO}_3^-)}{c(\text{CO}_3^{2-})}$  的值逐渐变大, B 错误; 少量  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  溶液全部参与反应, 离子方程式中  $\text{Ca}^{2+}$  与  $\text{OH}^-$  按物质的量之比为 1 : 2 参与反应, C 错误;  $\text{NaHCO}_3$  溶液中存在元素守恒:  $c(\text{Na}^+) = c(\text{H}_2\text{CO}_3) + c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{CO}_3^{2-})$ , 实验 4 中发生的反应为  $2\text{NaHCO}_3 + \text{CaCl}_2 = \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ , 部分 C 元素以气体和沉淀的形式从溶液中脱离, 理论上, 溶液中减少的  $N(\text{C})$  等于溶液中增加的  $N(\text{Cl})$ , 过饱和的  $\text{CO}_2$  从溶液中逸出, 但仍有部分  $\text{CO}_2$  以  $\text{H}_2\text{CO}_3$  的形式存在于溶液中, 故  $c(\text{Na}^+) < c(\text{H}_2\text{CO}_3) + c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{Cl}^-)$ , D 正确。

10 C  $\frac{c(\text{OH}^-)}{c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})} = \frac{K_{\text{b}}(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})}{c(\text{NH}_4^+)}$ , 向氨水溶液中缓慢通入  $\text{SO}_2$ ,  $c(\text{NH}_4^+)$  增大, 温度不变,  $K_{\text{b}}(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$  不变, 则  $\frac{c(\text{OH}^-)}{c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})}$  的值减小, A 错误;  $\text{pH} = 6$  的溶液中的  $c(\text{H}^+) = 10^{-6} \text{ mol/L}$ ,  $\frac{c(\text{HSO}_3^-)}{c(\text{SO}_3^{2-})} = \frac{c(\text{H}^+)}{K_{\text{a}2}(\text{H}_2\text{SO}_3)} = \frac{10^{-6}}{6.2 \times 10^{-8}} > 1$ ,  $c(\text{HSO}_3^-) > c(\text{SO}_3^{2-})$ , B 错误;  $\text{pH} = 7$  的溶液中,  $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$ , 存在电荷守恒:  $c(\text{NH}_4^+) + c(\text{H}^+) = 2c(\text{SO}_3^{2-}) + c(\text{HSO}_3^-) + c(\text{OH}^-)$ , 则  $c(\text{NH}_4^+) = 2c(\text{SO}_3^{2-}) + c(\text{HSO}_3^-)$ , C 正确;  $c_{\text{总}} = 0.1 \text{ mol/L}$  的溶液中的溶质为  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ , 由元素守恒知,  $N(\text{N}) = 2N(\text{S})$ , 溶液中存在:  $c(\text{NH}_4^+) + c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 2[c(\text{HSO}_3^-) + c(\text{H}_2\text{SO}_3) + c(\text{SO}_3^{2-})]$ , D 错误。



11 D 碱会抑制水的电离, M→N 过程中, NaOH 的量逐渐减少, 对水电离的抑制作用逐渐减小, 故水的电离程度: M<N, A 正确; 上升的曲线代表的离子是  $\text{HCOO}^-$ , 下降的曲线代表的离子是  $\text{OH}^-$ , M 点溶液中存在:  $c(\text{HCOO}^-)=c(\text{OH}^-)$ , M 点溶液中的电荷守恒式为  $c(\text{OH}^-)+c(\text{HCOO}^-)=c(\text{Na}^+)+c(\text{H}^+)$ , 则  $2c(\text{HCOO}^-)=c(\text{Na}^+)+c(\text{H}^+)$ , B 正确; N 点对应溶液中的溶质为  $\text{HCOONa}$ , 溶液显碱性, 故存在:  $c(\text{Na}^+)>c(\text{HCOO}^-)>c(\text{OH}^-)>c(\text{H}^+)$ ,  $\frac{c(\text{H}^+)}{c(\text{HCOOH})}=\frac{K_a}{c(\text{HCOO}^-)}\approx\frac{1.8\times 10^{-4}}{0.05}<1$ , 故  $c(\text{H}^+)<c(\text{HCOOH})$ , 即 N 点:  $c(\text{HCOO}^-)>c(\text{OH}^-)>c(\text{HCOOH})>c(\text{H}^+)$ , C 正确; 当  $V(\text{HCOOH})=10\text{ mL}$  时, 溶液中 NaOH 与  $\text{HCOONa}$  的物质的量之比为 1:1, 溶液中电荷守恒式为  $c(\text{Na}^+)+c(\text{H}^+)=c(\text{OH}^-)+c(\text{HCOO}^-)$ , 元素守恒式为  $c(\text{Na}^+)=2c(\text{HCOO}^-)+2c(\text{HCOOH})$ , 两式联立消去  $c(\text{Na}^+)$  可得  $c(\text{OH}^-)=c(\text{HCOO}^-)+2c(\text{HCOOH})+c(\text{H}^+)$ , D 错误。

12 D 由图可知, b 点时,  $c(\text{HSO}_3^-)=c(\text{SO}_3^{2-})$  且溶液的  $\text{pH}=7.2$ , 则  $K_{a2}(\text{H}_2\text{SO}_3)=\frac{c(\text{H}^+)\cdot c(\text{SO}_3^{2-})}{c(\text{HSO}_3^-)}=c(\text{H}^+)=1\times 10^{-7.2}$ , A 正确; 由图可知, a 点到 m 点发生的转化是  $\text{H}_2\text{SO}_3\rightarrow\text{HSO}_3^-$ , B 正确; 由图可知, m 点溶液的  $\text{pH}<7$ , 则 m 点溶液中  $c(\text{HSO}_3^-)>c(\text{H}^+)>c(\text{OH}^-)$ , C 正确; b 点溶液中存在的电荷守恒式为  $2c(\text{SO}_3^{2-})+c(\text{HSO}_3^-)+c(\text{OH}^-)=c(\text{Na}^+)+c(\text{H}^+)$ , b 点溶液的  $\text{pH}=7.2$ ,  $c(\text{H}^+)<c(\text{OH}^-)$ , 则  $2c(\text{SO}_3^{2-})+c(\text{HSO}_3^-)<c(\text{Na}^+)$ , D 错误。

13 B  $0.100\text{ mol/L Na}_2\text{SO}_3$  溶液中存在的质子守恒式为  $c(\text{H}^+)+c(\text{HSO}_3^-)+2c(\text{H}_2\text{SO}_3)=c(\text{OH}^-)$ , A 错误;  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  溶液中存在的元素守恒式为  $c(\text{Na}^+)=2c(\text{SO}_3^{2-})+2c(\text{HSO}_3^-)+2c(\text{H}_2\text{SO}_3)$ , 充分吸收烟气后的溶液中 S 元素的量增加了, 故存在:  $c(\text{Na}^+)<2c(\text{SO}_3^{2-})+2c(\text{HSO}_3^-)+2c(\text{H}_2\text{SO}_3)$ , B 正确;  $K_{a2}(\text{H}_2\text{SO}_3)=1.02\times 10^{-7}>\frac{K_w}{K_{a1}(\text{H}_2\text{SO}_3)}=\frac{10^{-14}}{1.54\times 10^{-2}}$ , 则  $\text{NaHSO}_3$  溶液中,  $\text{HSO}_3^-$  以电离为主,  $c(\text{SO}_3^{2-})>c(\text{H}_2\text{SO}_3)$ , C 错误; 灼烧会使得结晶水合物失去结晶水, 最终不能制得石膏 ( $\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), D 错误。

14 C 当  $\text{pAg}=0$  时,  $c(\text{Ag}^+)=1\text{ mol/L}$ ,  $c(\text{CrO}_4^{2-})=K_{\text{sp}}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4)$ , 当  $\text{p}(\text{CrO}_4^{2-})=0$  时,  $c(\text{CrO}_4^{2-})=1\text{ mol/L}$ ,  $c^2(\text{Ag}^+)=K_{\text{sp}}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4)$ , 横纵坐标轴交点的数字不同, 故曲线①为  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  沉淀溶解平衡曲线, A 正确; 平衡常数  $K=\frac{K_{\text{sp}}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4)}{K_{a2}(\text{H}_2\text{CrO}_4)}=\frac{(10^{-2})^2\times 10^{-7.7}}{10^{-6.5}}=10^{-5.2}$ , B 正确; 当  $\text{Cl}^-$  恰好沉淀完全时,  $\text{CrO}_4^{2-}$  开始沉淀, 此时满足  $\frac{c^2(\text{Cl}^-)}{c(\text{CrO}_4^{2-})}=\frac{K_{\text{sp}}^2(\text{AgCl})}{K_{\text{sp}}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4)}=\frac{(10^{-2}\times 10^{-7.7})^2}{(10^{-2})^2\times 10^{-7.7}}=10^{-7.7}$ , 当  $c(\text{Cl}^-)=10^{-5}\text{ mol/L}$  时,  $c(\text{CrO}_4^{2-})=\frac{c^2(\text{Cl}^-)}{10^{-7.7}}=\frac{(10^{-5})^2}{10^{-7.7}}=10^{-2.3}\text{ mol/L}$ , 故理论上混合液中指示剂浓度不宜超过  $10^{-2.3}\text{ mol/L}$ , C 错误; 滴定  $\text{Br}^-$  接近终点时, 改为半滴滴加  $\text{AgNO}_3$  标准溶液, 当滴定管尖嘴有液滴悬挂时, 用锥形瓶瓶口内壁轻靠液体, 为使这半滴液体流入锥形瓶, 须使用洗瓶冲洗锥形瓶内壁, 对实验结果不会产生影响, D 正确。

15 C  $\frac{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}=\frac{K_{a1}}{c(\text{H}^+)}=\frac{5.6\times 10^{-2}}{10^{-2}}=5.6>1$ , 则  $c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)<c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)$ , A 正确; “酸化”后的溶液中存在电荷守恒:  $c(\text{NH}_4^+)+2c(\text{Fe}^{2+})+c(\text{H}^+)=2c(\text{SO}_4^{2-})+c(\text{OH}^-)$ , 溶液显酸性, 则  $c(\text{H}^+)>c(\text{OH}^-)$ , 则  $c(\text{NH}_4^+)+2c(\text{Fe}^{2+})<2c(\text{SO}_4^{2-})$ , B 正确; 上层清液中的  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  也可以使

酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液褪色，C 错误；乙醇易挥发，可以快速干燥晶体，D 正确。

16 C 0.1 mol/L  $\text{NH}_4\text{F}$  溶液中，存在元素守恒： $c(\text{F}^-) + c(\text{HF}) = c(\text{NH}_4^+) + c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$ ，A 错误；“除钙”得到的上层清液为  $\text{CaF}_2$  的饱和溶液， $c(\text{Ca}^{2+}) = \frac{K_{\text{sp}}(\text{CaF}_2)}{c^2(\text{F}^-)}$ ，B 错误；pH=10

的氨水  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  溶液中， $\frac{c(\text{CO}_3^{2-})}{c(\text{HCO}_3^-)} = \frac{K_{\text{a2}}(\text{H}_2\text{CO}_3)}{c(\text{H}^+)} = \frac{4.7 \times 10^{-11}}{10^{-10}} = 0.47 < 1$ ，则  $c(\text{CO}_3^{2-}) < c(\text{HCO}_3^-)$ ，C 正确；“沉铁”反应中加入了氨水，故不能逸出  $\text{CO}_2$  气体，离子方程式应为  $\text{Fe}^{2+} + \text{HCO}_3^- + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{FeCO}_3 \downarrow + \text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O}$ ，D 错误。

17 D  $K_{\text{b}}(\text{NH}_4^+) = \frac{K_{\text{w}}}{K_{\text{b}}(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})} = \frac{10^{-14}}{1.8 \times 10^{-5}} \approx 5.6 \times 10^{-10}$ ， $K_{\text{b}}(\text{HCO}_3^-) = \frac{K_{\text{w}}}{K_{\text{a1}}(\text{H}_2\text{CO}_3)} = \frac{10^{-14}}{4.3 \times 10^{-7}} \approx 2.3 \times 10^{-8}$ ， $K_{\text{a2}}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 5.6 \times 10^{-11}$ ， $K_{\text{b}}(\text{HCO}_3^-) > K_{\text{b}}(\text{NH}_4^+) > K_{\text{a2}}(\text{H}_2\text{CO}_3)$ ，则  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$

溶液呈碱性，即  $c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$ ， $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  溶液中存在电荷守恒： $c(\text{H}^+) + c(\text{NH}_4^+) = c(\text{OH}^-) + c(\text{HCO}_3^-) + 2c(\text{CO}_3^{2-})$ ，则有  $c(\text{NH}_4^+) > c(\text{HCO}_3^-) + 2c(\text{CO}_3^{2-})$ ，A 错误；电荷不守恒，正确的离子方程式为  $4\text{MnO}_2 + \text{MnS} + 8\text{H}^+ = 5\text{Mn}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O}$ ，B 错误；“除铁除镁”后上层清液中还含有  $\text{F}^-$ 、大量  $\text{NH}_4^+$  及少量  $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ ，电荷守恒式中缺少上述离子，C 错误；“沉锰”后上层清液是  $\text{MnCO}_3$  的饱和溶液，则  $\frac{c(\text{H}^+)}{c(\text{HCO}_3^-) \cdot c(\text{Mn}^{2+})} = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{CO}_3^{2-})}{c(\text{HCO}_3^-) \cdot c(\text{Mn}^{2+}) \cdot c(\text{CO}_3^{2-})} =$

$\frac{K_{\text{a2}}(\text{H}_2\text{CO}_3)}{K_{\text{sp}}(\text{MnCO}_3)} = \frac{5.6 \times 10^{-11}}{2.24 \times 10^{-11}} = 2.5$ ，D 正确。

18 C pH=2 的溶液中  $c(\text{H}^+) = 10^{-2} \text{ mol/L}$ ， $\frac{c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})}{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)} = \frac{K_{\text{a1}}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) \cdot K_{\text{a2}}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}{c^2(\text{H}^+)} = \frac{5.6 \times 10^{-2} \times 1.5 \times 10^{-4}}{(10^{-2})^2} < 1$ ，则  $c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) < c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$ ，A 错误；“酸化溶解”后的溶液中存在电荷

守恒式： $2c(\text{Fe}^{2+}) + c(\text{NH}_4^+) + c(\text{H}^+) = 2c(\text{SO}_4^{2-}) + c(\text{OH}^-)$ ，B 错误；反应  $\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons \text{FeC}_2\text{O}_4 + 2\text{H}^+$  的平衡常数  $K = \frac{K_{\text{a1}}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) \cdot K_{\text{a2}}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}{K_{\text{sp}}(\text{FeC}_2\text{O}_4)} = \frac{5.6 \times 10^{-2} \times 1.5 \times 10^{-4}}{2.1 \times 10^{-7}} = 40$ ，平衡常数较大，

故室温时， $\text{Fe}^{2+}$  能与  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  反应生成  $\text{FeC}_2\text{O}_4$  沉淀，C 正确；上层清液中沉淀处于沉淀溶解平衡状态，则  $c(\text{Fe}^{2+}) \cdot c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) = K_{\text{sp}}(\text{FeC}_2\text{O}_4) = 2.1 \times 10^{-7}$ ，D 错误。

## 专题 06 化学反应速率与化学平衡

1 **C** 增大压强,单位体积内分子数目增大,故单位体积内的活化分子数目也增大,反应速率增大, **A 正确**; 温度低时,反应正向进行的程度较大,但化学反应速率慢,经济效益不高,催化剂在适宜的温度范围内活性最好,反应速率较快,故实际生产温度主要由催化剂决定, **B 正确**; 在实际生产中温度过高,催化剂可能失活,化学反应速率变慢, **C 错误**;  $\text{NH}_3$  液化分离有利于合成氨,生成物浓度减小,可促进合成氨反应正向进行, **D 正确**。

2 **B** 绝热恒容密闭容器中,该反应的正反应速率先增大的原因是反应放热,温度升高使正反应速率增大,正反应速率后减小的原因是反应物浓度随反应进行减小,反应物浓度减小使正反应速率减小。图中所示反应一直在正向进行中,故 c 点反应没有达到平衡, **A 正确**; 正反应是放热反应,  $\Delta H = \text{正反应的活化能} - \text{逆反应的活化能} < 0$ ,故正反应的活化能小于逆反应的活化能, **B 错误**; 绝热恒容密闭容器中,体系压强不再变化,说明反应达到平衡状态, **C 正确**; 图中所示反应一直在正向进行中,  $\text{NO}_2$  的浓度一直减小,故  $\text{NO}_2$  浓度: b 点 > c 点, **D 正确**。

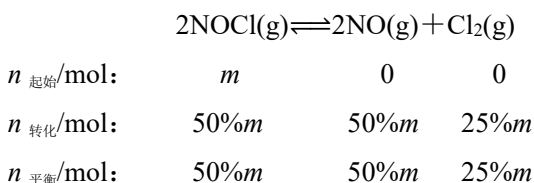
3 **D** 产物的总能量低于反应物的总能量,是放热反应,  $\Delta H < 0$ , **A 正确**; 活化能较高的一步反应是总反应的决速步骤,反应①的活化能较高,故反应①是决速步骤, **B 正确**; 催化剂改变了反应历程,降低了反应活化能, **C 正确**;  $\text{Cl}\cdot$  为催化剂,  $\text{ClO}\cdot$  为中间产物, **D 错误**。

4 **A** 步骤②中发生的变化为  $\text{H}_2\text{O}^* = \text{H}^* + \text{OH}^*$ ,存在 O—H 的断裂, **A 错误**; 产物的总能量低于反应物的总能量,是放热反应,  $\Delta H < 0$ , **B 正确**;  $(1.59 + 0.32)\text{eV} = 1.91\text{eV} < (1.86 + 0.16)\text{eV} = 2.02\text{eV}$ ,步骤④活化能较大,反应速率最慢,故该反应的决速步是步骤④, **C 正确**; 步骤③的化学方程式为  $\text{CO}^* + \text{OH}^* + \text{H}^* + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{COOH}^* + \text{H}^* + \text{H}_2\text{O}^*$  或  $\text{CO}^* + \text{OH}^* + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{COOH}^* + \text{H}_2\text{O}^*$ , **D 正确**。

5 **C** 该反应的  $\Delta S < 0$ ,反应能自发进行,说明  $\Delta H - T\Delta S < 0$ ,故  $\Delta H < 0$ , **A 正确**; 加入催化剂  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,能加快反应速率,可提高  $\text{SO}_2$  的脱除效率, **B 正确**; 向固定容积的反应体系中充入氦气,参与反应的各物质的浓度均不变,化学反应速率不变, **C 错误**;  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  中本身就含有  $\text{Fe}^{2+}$ ,故与  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  作催化剂相比,相同条件下  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  作催化剂时  $\text{SO}_2$  脱除效率可能更高, **D 正确**。

6 **B** 由 N 原子守恒知,平衡时  $c(\text{NO}_2) + c(\text{N}_2\text{O}_4) < 1\text{ mol/L}$ , **A 错误**; 某温度时  $k_1 = k_2$ ,反应达到平衡时,  $v_{\text{消}}(\text{NO}_2) = k_1 c^2(\text{NO}_2) = 2v_{\text{消}}(\text{N}_2\text{O}_4) = 2k_2 c(\text{N}_2\text{O}_4)$ ,  $k_1 c^2(\text{NO}_2) = 2k_2 c(\text{N}_2\text{O}_4)$ ,平衡常数  $K = \frac{c(\text{N}_2\text{O}_4)}{c^2(\text{NO}_2)} = 0.5$ , **B 正确**; A 点之后,反应速率仍在发生变化,则 A 点不能表示该反应达到化学平衡状态, **C 错误**; 缩小容器容积,平衡正向移动,但气体的颜色比缩小容器容积之前深些, **D 错误**。

7 **A**  $n_{\text{起始}}(\text{NOCl}) = m\text{ mol}$  时,列三段式:



$$\text{平衡常数 } K = \frac{c^2(\text{NO}) \cdot c(\text{Cl}_2)}{c^2(\text{NOCl})} = \frac{\left(\frac{50\%m \text{ mol}}{2 \text{ L}}\right)^2 \times \frac{25\%m \text{ mol}}{2 \text{ L}}}{\left(\frac{50\%m \text{ mol}}{2 \text{ L}}\right)^2} = \frac{25\%m}{2} \text{ mol/L, 同理求得 } n_{\text{起始}}$$

$$(\text{NOCl}) = n \text{ mol 时, 平衡常数 } K = \frac{\left(\frac{40\%n \text{ mol}}{2 \text{ L}}\right)^2 \times \frac{20\%n \text{ mol}}{2 \text{ L}}}{\left(\frac{60\%n \text{ mol}}{2 \text{ L}}\right)^2} = \frac{4}{9} \times \frac{20\%n}{2} \text{ mol/L, 温度不变, 平}$$

衡常数  $K$  不变, 则  $\frac{25\%m}{2} = \frac{4}{9} \times \frac{20\%n}{2}$ , 解得  $m:n=16:45$ , **A 正确**; 组别 II 中的  $m < 2$ , 相当

于减小压强, 反应正向进行的程度增大, 与组别 II 相比, 组别 I 的转化率偏小, 故  $\alpha < 50$ , **B**

错误;  $v(\text{Cl}_2) = \frac{1}{2}v(\text{NOCl}) = \frac{1}{2} \times \frac{(2-1.8)\text{mol}}{2 \text{ L} \times 2 \text{ min}} = 0.025 \text{ mol/(L} \cdot \text{min)}$ , **C 错误**; 浓度商  $Q =$

$$\frac{\left(\frac{m \text{ mol}}{2 \text{ L}}\right)^2 \times \frac{25\%m \text{ mol}}{2 \text{ L}}}{\left(\frac{m \text{ mol}}{2 \text{ L}}\right)^2} = \frac{25\%m}{2} \text{ mol/L} = \text{平衡常数 } K, \text{ 平衡不移动, } \mathbf{D \text{ 错误。}}$$

**8 D**  $\text{H}_2\text{O}$  呈气态,  $c(\text{H}_2\text{O})$  应列入平衡常数表达式的分母中, **A 错误**; 该反应的  $\Delta H < 0$ , 升高温度,  $K$  值减小, **B 错误**; 催化剂的使用不能使平衡发生移动, 故选用高效催化剂, 不能提高  $\text{CO}$  的平衡转化率, **C 错误**; 等质量的纳米  $\text{CaO}$  表面积更大, 吸收  $\text{CO}_2$  更多, 气态  $\text{CO}_2$  的浓度减小, 反应正向进行程度增大,  $\text{H}_2$  体积分数更大, **D 正确**。

**9 C** **B** 容器的容积大, 反应的浓度小, 反应速率较慢, 当反应速率较慢的 **B** 中反应达到平衡状态时, **A** 中反应一定也达到平衡状态, **A 正确**; 温度过高时,  $\text{X}$  的转化率减小, 说明该反应的  $\Delta H < 0$ , 低温阶段,  $\text{X}$  的转化率随温度升高而增大, 说明反应还未达到最大限度, 还在正向进行中, **B 正确**; 增大一种反应物的浓度, 可提高另一种反应物的转化率, 则平衡时  $\text{Y}$  的转化率  $\text{C} > \text{B} > \text{A}$ , **C 错误**; 压强过大时,  $v_{\text{逆}} > v_{\text{正}}$ , 反应逆向进行, 则该反应的正反应是气体分子数增大的反应, 则  $a + b < c$ , **D 正确**。

**10 B** 气体液化时放出热量, 反应  $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{l}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H < -49.5 \text{ kJ/mol}$ , **A 正确**; 由图可知,  $350^\circ\text{C}$  后,  $\text{CH}_3\text{OH}$  选择性几乎为 0, 故  $350^\circ\text{C}$  后制备过程不可能以反应 I 为主, **B 错误**; 由图可知,  $250^\circ\text{C}$ 、 $3 \text{ MPa}$  时,  $\text{CH}_3\text{OH}$ 、 $\text{CO}$  的选择性均为 50%,  $\text{CO}_2$  的转化率为 20%, 设  $n_{\text{始}}(\text{CO}_2) = 1 \text{ mol}$ ,  $n_{\text{始}}(\text{H}_2) = 3 \text{ mol}$ , 容器容积为  $V \text{ L}$ ,  $n(\text{CO}_2) = 1 \text{ mol} - \Delta n(\text{CO}_2) = 1 \text{ mol} \times (1 - 20\%) = 0.8 \text{ mol}$ ,  $n(\text{CH}_3\text{OH}) = n(\text{CO}) = 1 \text{ mol} \times 20\% \times 50\% = 0.1 \text{ mol}$ ,  $n(\text{H}_2) = 3 \text{ mol} - 3n(\text{CH}_3\text{OH}) - n(\text{CO}) = 3 \text{ mol} - 3 \times 0.1 \text{ mol} - 0.1 \text{ mol} = 2.6 \text{ mol}$ ,  $n(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{CH}_3\text{OH}) + n(\text{CO}) = 0.1 \text{ mol} + 0.1 \text{ mol} = 0.2 \text{ mol}$ , 反应 2 的平衡常数  $K = \frac{c(\text{CO}) \cdot c(\text{H}_2\text{O})}{c(\text{CO}_2) \cdot c(\text{H}_2)}$

$$\frac{0.1 \text{ mol}}{V \text{ L}} \times \frac{0.2 \text{ mol}}{V \text{ L}} = \frac{1}{104}, \text{ C 正确; 图中 P 点不是平衡点, 反应还在正向进行中, 故延长反应}$$

时间, 反应继续正向进行,  $\alpha(\text{CO}_2)$  可能达到 20%, **D 正确**。

11 C 根据盖斯定律, 反应 I + 反应 II 可得目标热化学方程式, 则  $\Delta H = +233.5 \text{ kJ/mol}$ , **A 错误**: 反应 I、II 均是吸热反应, 温度升高, 产物  $\text{H}_2$ 、 $\text{CS}_2$  的平衡体积分数应该一直增大, 而曲线 Y 先上升后下降, 故曲线 Y 不可能代表  $\text{CS}_2$  的平衡体积分数, 曲线 Y 代表的是  $\text{S}_2$  的平衡体积分数, **B 错误**: 由图可知, 高于  $1050^\circ\text{C}$  时,  $\text{S}_2$  的平衡体积分数逐渐减小, 说明反应 II 的进行程度越来越大, 消耗的  $\text{CH}_4$  的量逐渐增多, 故  $\text{H}_2\text{S}$  平衡转化率与  $\text{CH}_4$  平衡转化率的差值随温度升高减小, **C 正确**: 由图可知,  $1050^\circ\text{C}$  下反应,  $\text{H}_2$  的平衡体积分数小于  $0.07$ , 增大体系的压强, 反应 I、II 的平衡均逆向移动, 故平衡后  $\text{H}_2$  的体积分数应该减小, 不可能达到  $0.07$ , **D 错误**。

12 D 根据盖斯定律, 反应 II - 反应 I 可得目标热化学方程式,  $\Delta H_3 = (-165.0 - 41.1) \text{ kJ/mol} = -206.1 \text{ kJ/mol}$ , **A 错误**: 曲线 c 随温度升高呈上升趋势, 故 c 为  $\text{CO}$ ,  $200^\circ\text{C}$  时,  $n(\text{CH}_4) = n(\text{CO}_2) = 0.5 \text{ mol}$ ,  $n(\text{H}_2) = 0$ , 由  $n_{\text{总}}(\text{H}) = 4 \text{ mol}$  知, 此时  $n(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ mol}$ ,  $300 \sim 400^\circ\text{C}$  时,  $n(\text{H}_2)$  随温度升高不断增大, 说明有  $\text{CH}_4$  转化为  $\text{H}_2$ , 曲线 b 随温度升高呈下降趋势, 曲线 a 随温度升高略微升高, 故 b 为  $\text{CH}_4$ , a 为  $\text{CO}_2$ , 由图可知,  $649^\circ\text{C}$  时,  $n(\text{CO}) = n(\text{CO}_2)$ , 即  $c(\text{CO}) = c(\text{CO}_2)$ ,  $n(\text{H}_2) \approx 1.2 \text{ mol}$ , 此时还存在少部分  $\text{CH}_4$ , 由  $n_{\text{总}}(\text{H}) = 4 \text{ mol}$  知,  $n(\text{H}_2\text{O}) < n(\text{H}_2)$ , 反应 I 的平衡常数  $K = \frac{c(\text{CO}) \cdot c(\text{H}_2\text{O})}{c(\text{H}_2) \cdot c(\text{CO}_2)} = \frac{n(\text{H}_2\text{O})}{n(\text{H}_2)} < 1$ , **B 错误**:  $400 \sim 500^\circ\text{C}$  时,  $n(\text{CO}_2)$ 、 $n(\text{CO})$  均增大, 由  $n_{\text{总}}(\text{O}) = 2 \text{ mol}$  知,  $n(\text{H}_2\text{O})$  减小, 故其他条件不变, 在  $250 \sim 900^\circ\text{C}$  范围内, 随着温度的升高, 平衡时  $n(\text{H}_2\text{O})$  不一定增大, **C 错误**:  $800^\circ\text{C}$  时,  $n(\text{CH}_4) = 0$ , 说明仅发生反应 I, 反应 I 为气体分子数不变的反应, 故增大体系压强,  $n(\text{CO})$  保持不变, **D 正确**。

13 C ①  $\times 4 -$  ② 可得目标化学方程式, 化学方程式扩大  $n$  倍, 平衡常数变为原来的  $n$  次方, 化学方程式相减, 平衡常数相除, 故目标化学方程式的平衡常数  $K = K_1^4 \cdot K_2^{-1}$ , **A 正确**: 随着温度的升高, 反应①平衡正向移动, 反应②平衡逆向移动,  $\text{CaO}$  的量逐渐增大, 故曲线 Z 表示平衡时  $\text{CaO}$  固体的物质的量随温度的变化,  $\text{CaSO}_4$ 、 $\text{CaS}$  的量逐渐减小, 起始投入  $\text{H}_2$  量为  $1 \text{ mol}$ , 按反应②计算, 最多可生成  $0.25 \text{ mol CaS}$ , 故曲线 Y 表示平衡时  $\text{CaS}$  固体的物质的量随温度的变化, 曲线 X 表示平衡时  $\text{CaSO}_4$  固体的物质的量随温度的变化, **B 正确**: 脱硫反应是反应①, 一定温度下, 增大体系压强, 促使反应①逆向移动,  $\text{SO}_2$  的量减小, 不能提高平衡时的脱硫率, **C 错误**: 由图可知,  $1000^\circ\text{C}$  下, 反应①已发生, 其他条件不变,  $n_{\text{始}}(\text{H}_2) < 1 \text{ mol}$  时,  $n_{\text{始}}(\text{H}_2)$  越多, 反应①平衡正向移动程度越大, 脱硫率增大, **D 正确**。

14 D  $\text{H}_2\text{O}$  呈气态, 需要列入平衡常数表达式中, **A 错误**: 反应 I、II 均存在反应限度, 不能进行到底, 且产物种类不确定, 故无法计算反应的热效应, **B 错误**: 只发生反应 I 且反应完全进行时, 才可能出现  $\text{CH}_3\text{OH}$  的体积分数等于  $0.5$ , 故平衡时  $\text{CH}_3\text{OH}$  的体积分数不可能大于  $0.5$ , **C 错误**: 生成  $\text{CH}_3\text{OH}$  的反应是放热反应, 升高温度, 反应 I 正向进行的程度减小,  $\text{CH}_3\text{OH}$  平衡产率减小, 故曲线 b 代表的是  $\text{CH}_3\text{OH}$  平衡产率, 则曲线 a 代表的是  $\text{CO}_2$  平衡转化率, **D 正确**。

15 D 反应 II + 反应 III 可得  $\text{CaO(s)} + \text{CO(g)} + \text{H}_2\text{O(g)} \rightleftharpoons \text{CaCO}_3\text{(s)} + \text{H}_2\text{(g)}$   $\Delta H = \Delta H_2 + \Delta H_3 < 0$ , 该反应的  $\Delta H < 0$ 、 $\Delta S < 0$ , 反应能自发进行, 说明  $\Delta H - T\Delta S < 0$ , 故反应低温时可自发进行, **A 正确**: 生成  $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$  时均有  $\text{H}_2$  生成, 故图中物质的量分数较大曲线 a 对应物质为

H<sub>2</sub>, **B 正确**; 已知: 当温度高于  $T_1$  时, 反应Ⅲ不发生, 反应Ⅱ的  $\Delta H_2 < 0$ , 温度升高不利于反应Ⅱ发生, 故曲线 c 逐渐降低的原因是温度升高, 反应Ⅱ逆向移动, **C 正确**; 温度为  $T_0$ , 有反应Ⅲ发生, 温度不变, 反应Ⅲ的平衡常数不变,  $\text{CaO(s)} + \text{CO}_2\text{(g)} \rightleftharpoons \text{CaCO}_3\text{(s)}$  的平衡常数  $K = \frac{1}{c(\text{CO}_2)}$ , 重新达到的新平衡与原平衡一致, 故  $\text{CO}_2$  的物质的量分数不变大, **D 错误**。

## 专题 07 化学工艺流程

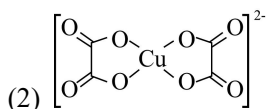
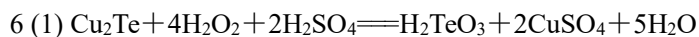
1 C 1 mol  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  中含有 4 mol Zn—N 配位键和 12 mol N—H 共价键, 该离子中的配位键和共价键均属于  $\sigma$  键, 共含 16 mol  $\sigma$  键, **A 正确**; “盐浸”过程中, 发生的主要反应为  $\text{ZnO} + 2\text{NH}_4^+ + 2\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$  被消耗, 可导致浸液 pH 下降, 故需补充  $\text{NH}_3$ , **B 正确**; 已知: “盐浸”过程中, 只有少量  $\text{Fe}^{2+}$  和  $\text{Fe}^{3+}$  浸出, 故“滤渣”的主要成分为  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , **C 错误**; “沉锌”过程中, 发生的主要反应为  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + \text{S}^{2-} \rightleftharpoons \text{ZnS} \downarrow + 4\text{NH}_3$ , 得到的“滤液”中含有  $\text{NH}_3/\text{NH}_4\text{Cl}$ , 可在“盐浸”过程中循环利用, **D 正确**。

2 C 酸性条件下,  $\text{Cl}^-$  与  $\text{ClO}^-$  会发生归中反应生成  $\text{Cl}_2$ , **A 错误**;  $\text{NaClO}$ 、 $\text{NaOH}$  均是过量的,  $\text{Fe}^{3+}$  尽可能地转化为  $\text{FeO}_4^{2-}$  溶解在滤液中, 滤渣中主要存在  $\text{NaCl}$  和  $\text{NaNO}_3$ , 不会大量存在  $\text{FeCl}_3$ , **B 错误**; 火焰呈黄色, 说明滤液中含有  $\text{Na}^+$ , 焰色试验检验不出来滤液中含有  $\text{OH}^-$ , **D 错误**。

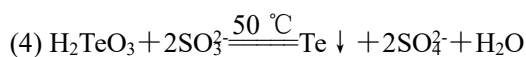
3 C “沉钴”时得到的是  $\text{CoC}_2\text{O}_4$ , Co 元素显 +2 价, 故“浸取”后的滤液中不含  $\text{Co}^{3+}$ , **A 错误**; 电荷守恒式中,  $c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$  的系数应为 2, **B 错误**; “沉钴”时将  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  换成  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ , 夹杂在沉淀中的  $\text{Na}^+$  在空气中煅烧不能被除去, 则制得的  $\text{Co}_3\text{O}_4$  纯度降低, **C 正确**; “煅烧”时的反应为  $3\text{CoC}_2\text{O}_4 + 2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{煅烧}} \text{Co}_3\text{O}_4 + 6\text{CO}_2$ , Co、C 元素的化合价均升高, 每生成 1 mol  $\text{Co}_3\text{O}_4$  反应转移 8 mol 电子, **D 错误**。

4 D 浸取时,  $\text{MnO}_2$  是氧化剂,  $\text{FeS}$  是还原剂, 产物是  $\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$  和  $\text{H}_2\text{O}$ , **A 错误**;  $\text{H}^+$ 、 $\text{S}^{2-}$  不能大量共存, **B 错误**; 加  $\text{ZnCO}_3$  调节溶液 pH 沉铁, 故过滤 II 所得的滤渣中应该含有  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , **C 错误**; 电荷守恒式为  $c(\text{H}^+) + 2c(\text{Zn}^{2+}) + 2c(\text{Mn}^{2+}) = 2c(\text{SO}_4^{2-}) + c(\text{OH}^-)$ , 滤液的 pH=4.0, 则  $c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$ , 则  $c(\text{Zn}^{2+}) + c(\text{Mn}^{2+}) < c(\text{SO}_4^{2-})$ , **D 正确**。

5 C  $\text{CO}_2$  在碱性溶液中溶解量大, 应该先向饱和食盐水中通  $\text{NH}_3$ 、后通  $\text{CO}_2$ , 故气体 X 是  $\text{NH}_3$ 、Y 是  $\text{CO}_2$ , **A 正确**;  $\text{NaHCO}_3$  的溶解度较小, 会优先以固体形式从溶液中析出, 需要标注“↓”符号, **B 正确**;  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  溶液是过量的, 反应后溶液中不应剩余  $\text{CO}_3^{2-}$ , **C 错误**; 向滤液中加入一定量的  $\text{NaCl}$  固体并通入  $\text{NH}_3$ , 导致溶液中的  $c(\text{Cl}^-) \cdot c(\text{NH}_4^+) > K_{\text{sp}}(\text{NH}_4\text{Cl})$ , 故可析出  $\text{NH}_4\text{Cl}$  固体, **D 正确**。



$$(3) 2.7 \times 10^{-3}$$

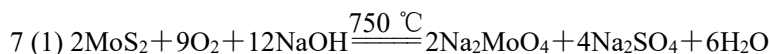


(5) 提高  $\text{H}_2\text{TeO}_3$  的还原率;  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  会与“沉铜”后所得滤液中的酸反应生成  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  从溶液中逸出

(6) Cu

解析: (2)  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$  中的单键 O 给出孤电子对,  $\text{Cu}^{2+}$  含有空轨道可接受电子对, 以 4 个配位

键形成 $[\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_2]^{2-}$ ，该配离子的结构式见答案。(3) 由方程式相加，平衡常数相乘推知，目标方程式的平衡常数  $K_1 = K_{a1}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) \cdot K_{a2}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) \cdot K_{\text{sp}}(\text{CuC}_2\text{O}_4) \cdot K = 5.0 \times 10^{-2} \times 1.5 \times 10^{-4} \times 2.0 \times 10^{-8} \times 1.8 \times 10^{10} = 2.7 \times 10^{-3}$ 。(5) 为提高  $\text{H}_2\text{TeO}_3$  的还原率，加入的  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  溶液必须过量；“沉铜”后所得滤液主要含有  $\text{H}_2\text{TeO}_3$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4$ ， $\text{Na}_2\text{SO}_3$  会与滤液中的酸反应生成  $\text{SO}_2$  并逸出，则  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  的实际投入量大于理论量。(6) 热重曲线计算推导核心：减重全程金属原子的物质的量不变。由图可推知，350~400 °C 下，剩余固体的摩尔质量 =  $152 \text{ g/mol} \times 42.11\% = 64 \text{ g/mol}$ ，为金属铜，化学式为 Cu。



(2)  $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$  将固体粉碎、适当搅拌、适当升高温度等

(3) 将 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ 全部转化为  $\text{Al}(\text{OH})_3$  沉淀除去



(5) 温度 160~240 °C 之间，催化剂的活性低，同时温度较低反应速率较慢，所以  $\text{NO}_x$  的转化率不高

8 (1) 烧杯、玻璃棒

(2) 取少量还原后的溶液于试管中，滴加 KSCN 溶液(或亚铁氰化钾)，溶液不变为红色(无特征蓝色沉淀)，则“还原”已完全

(3) ①  $3\text{Fe}^{2+} + 2\text{HPO}_4^{2-} + 2\text{CH}_3\text{COO}^- + 8\text{H}_2\text{O} = \text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O} \downarrow + 2\text{CH}_3\text{COOH}$  ② NaOH 碱性强，容易造成局部 pH 过高，生成  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  等杂质 ③ 向三颈烧瓶中滴加  $\text{CH}_3\text{COONaNa}_2\text{HPO}_4$  混合溶液 再向三颈烧瓶中滴加  $\text{FeSO}_4$  溶液，通过调节恒压滴液漏斗 a、b 的活塞，控制溶液 pH 为 4~6

(4) 每 25.00 mL 溶液中，

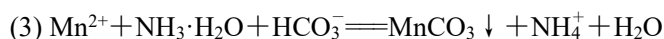
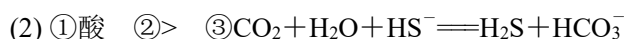
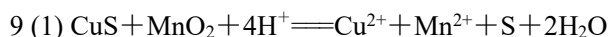
$$n(\text{Fe}^{2+}) = 0.020\ 00 \text{ mol/L} \times 15.00 \times 10^{-3} \text{ L} = 3.000 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

$$n[\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}] = 1.000 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

$$0.627\ 5 \text{ g 样品中含 } n[\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}] = 1.000 \times 10^{-4} \text{ mol} \times \frac{250 \text{ mL}}{25.00 \text{ mL}} = 1.000 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$m[\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}] = 1.000 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 502 \text{ g/mol} = 0.502\ 0 \text{ g}$$

$$\text{纯度} = \frac{0.502\ 0 \text{ g}}{0.627\ 5 \text{ g}} \times 100\% = 80.00\%$$



(4) ①再用洗瓶以少量蒸馏水吹洗瓶壁 ②AC ③0.440 0 mol/L(计算过程见解析)

(5)  $\text{Cu}_2\text{O}$  被  $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  进一步还原成 Cu 单质

解析：(1) 由流程图中“酸浸”的副产物 S 知，“酸浸”中 CuS 转化为  $\text{Cu}^{2+}$  和 S，氧化  $\text{S}^{2-}$  的是  $\text{MnO}_2$ ，具体离子方程式见答案。(2) ①室温下， $\text{NH}_4^+$  水解可使溶液显酸性， $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  的  $K_{a2} = 5.35 \times 10^{-5} > \frac{K_w}{K_{a1}} = \frac{10^{-14}}{5.36 \times 10^{-2}}$ ，则  $\text{HC}_2\text{O}_4^-$  以电离为主，也可使溶液显酸性，故  $\text{NH}_4\text{HC}_2\text{O}_4$



溶液显酸性。② $K_{a2}=5.35\times 10^{-5}>\frac{K_w}{K_{a1}}=\frac{10^{-14}}{5.35\times 10^{-5}}$ ,  $\text{HC}_2\text{O}_4^-$  的电离程度大于  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$  的水解程度,

故等浓度的  $\text{NaHC}_2\text{O}_4$  和  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  溶液显酸性,  $c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})>c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)$ 。③电离常数

$\text{H}_2\text{CO}_3>\text{H}_2\text{S}>\text{HCO}_3^->\text{HS}^-$ , 故将少量  $\text{CO}_2$  通入  $\text{NaHS}$  溶液中的离子方程式为  $\text{CO}_2+\text{H}_2\text{O}+\text{HS}^-\rightleftharpoons\text{H}_2\text{S}+\text{HCO}_3^-$ 。(3)“除锰”时加了氨水, 无气体产生, 产物为  $\text{MnCO}_3$ 、 $\text{NH}_4^+$  和  $\text{H}_2\text{O}$ 。(4)②

装液前, 滴定管没有用标准液润洗, 相当于稀释了标准液, 消耗标准液的体积偏大, 会导致第一次实验的记录数据明显大于后两次, **A 正确**; 洗涤后, 锥形瓶未干燥直接加入待测溶液, 对消耗标准液的体积无影响, 不会导致第一次实验的记录数据明显大于后两次, **B 错误**; 滴定前滴定管中尖嘴处有气泡, 滴定结束后气泡消失, 消耗标准液的体积偏大, 会导致第一次实验的记录数据明显大于后两次, **C 正确**。③由题给信息可得关系式:  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}\sim\text{Cu}^{2+}\sim$

$\frac{1}{2}\text{I}_2\sim\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ , 铜氨溶液的物质的量浓度  $=\frac{0.1000\text{ mol/L}\times 22.00\text{ mL}}{20.00\text{ mL}}\times\frac{100\text{ mL}}{25.0\text{ mL}}=0.4400\text{ mol/L}$ 。

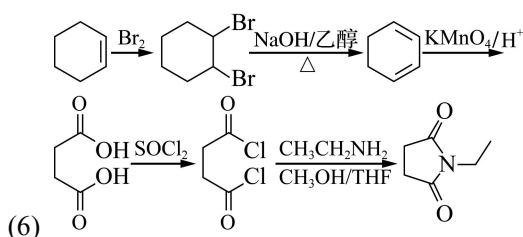
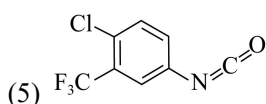
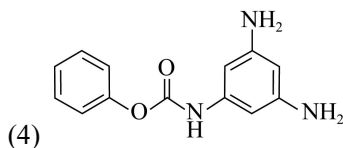
(5) 水合肼的作用是作还原剂, 将  $\text{Cu}^{2+}$  还原生成  $\text{Cu}_2\text{O}$ , 当水合肼浓度大于  $3.25\text{ mol/L}$  时  $\text{Cu}_2\text{O}$  的产率下降,  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  的转化率仍增大, 可能原因是过量的水合肼继续还原  $\text{Cu}_2\text{O}$ , 最终产物中含有  $\text{Cu}$  单质。

## 专题 08 有机综合

1 (1) D

(2) 3 : 1

(3) 高



**解析：**(1) 欲确定化学键的种类，可采取红外光谱法，故选 D。(2) 已知：C 在酸性条件下不稳定，B 发生取代反应需消耗  $\text{CH}_3\text{NH}_2$ ，B 中的 HCl 及取代反应的副产物 HCl 均需消耗  $\text{CH}_3\text{NH}_2$ ，故 B  $\rightarrow$  C 的反应中应控制  $\frac{n(\text{CH}_3\text{NH}_2)}{n(\text{B})}$  的投料比不低于 3 : 1。(3) 分子内氢键降低物质的熔、沸点，分子间氢键升高物质的熔、沸点，邻硝基苯酚存在分子内氢键，D 存在分子间氢键，故 D 的熔点比邻硝基苯酚高。(4) 分子中 13 个 C 原子轨道杂化类型相同，可考虑形成 2 个苯环，还剩余 1 个 C 原子、2 个 O 原子、3 个 N 原子、1 个不饱和度，1 mol 该物质完全水解最多消耗 3 mol NaOH，可考虑碳酸形成的酯基，由于只有 2 个 O 原子，故应该

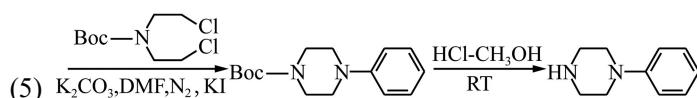
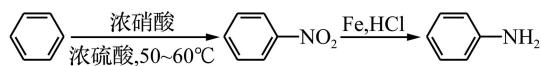
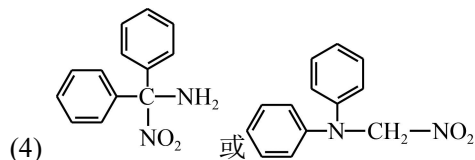
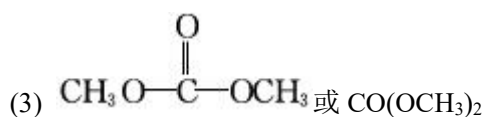
具有 结构，水解产物之一的分子中不同化学环境的氢原子个数之比为 2 : 1，该水解

产物为 ，据此可写出符合条件的 F 的同分异构体的结构简式。(5) 通过二元

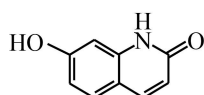
卤代烃的合成、消去反应可将 转化为 ，再用酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液将其氧化为含有 4 个碳原子的二元羧酸，再按照流程图中 A  $\rightarrow$  B  $\rightarrow$  C 的转化合成目标产物，具体合成流程图见答案。

2 (1) 3

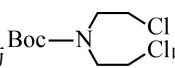
(2) 不能

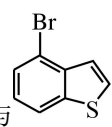


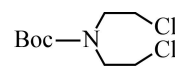
解析：A→B 是 A 中溴原子被氰基取代，生成 B 和 NaBr；B→C 是 B 中的溴原子与

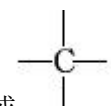

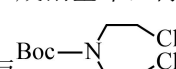
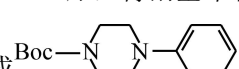
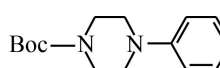
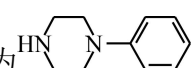


中的酚羟基发生取代反应，生成 C 和 HBr；C→D 发生还原反应，氰基被

还原为—CH<sub>2</sub>NH<sub>2</sub>；D→E 是 D 与  中的氯原子发生取代反应，生成 E 和 HCl；

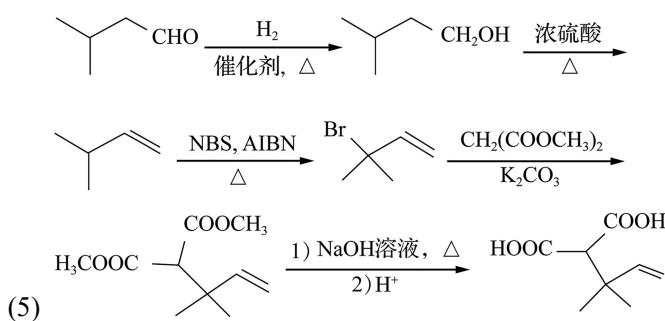
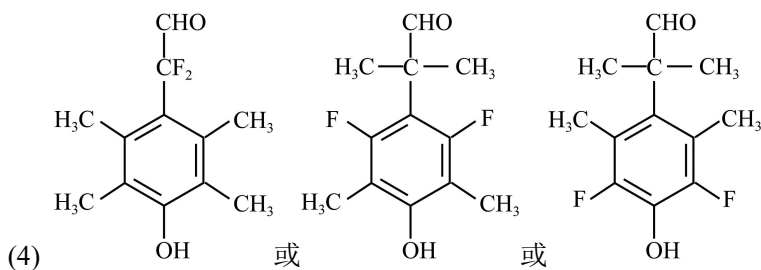
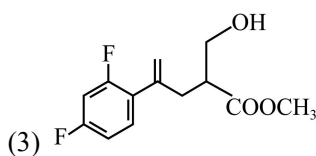
E→F 是 E 中 Boc—被 H 取代，生成 F 和其他产物；F→G 是 F 与  的溴原子发生取代反应，生成 G 和 HBr。(1) 形成四个单键的碳原子为 sp<sup>3</sup> 杂化的碳原子。(2) D 分子中存在

酰胺基， 中存在氯原子，在 KOH 溶液中都会发生水解，故 D→E 的过程中不能用 KOH 替换 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>。(3) 由 Boc—结构简式可知，其中酯基易发生水解，形成 (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>C—OH 和 HOOC—，而甲醇的 H 被取代后形成甲氧基(CH<sub>3</sub>O—)，可与 HOOC—相连，形成 CH<sub>3</sub>OCOOH，此时再与甲醇发生酯化反应，形成 CO(OCH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>，即 C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub>。(4) 根据条件知，分子中不同化学环境的氢原子个数比是 1：2：2：1，而 C 中含有 12 个 H，则不同化学环境的氢原子个数为 2、4、4、2，由此可以得出同分异构体中的两个苯环应该对称；除了两个苯环和一个硝基，还剩一个 C、一个 N，无不饱和度剩余，故同分异构体中还存在基团

 及—NH<sub>2</sub>或，综上，可写出该同分异构体的结构简式。(5) 根据流程图可知，D→E→F 可形成产物中左半边类似的结构，D 中含有氨基，可用苯先与浓硫酸和浓硝酸反应，生成硝基苯，再用 Fe 和 HCl 还原，将硝基苯转化为苯胺，按照 D→E 的反应条件，让苯胺与 反应，生成，再按照 E→F 的反应条件，使 转化为。

3 (1) (酮)羰基、碳氟键(或氟原子)

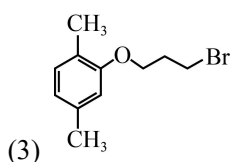
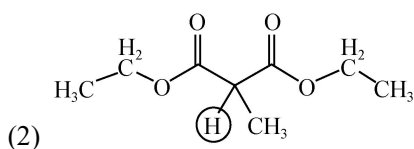
(2)  $sp^3$   $sp^2$

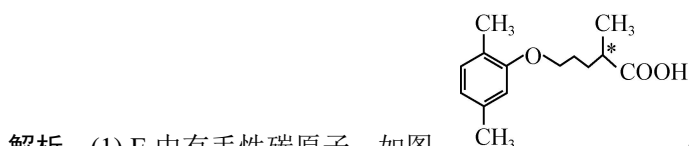
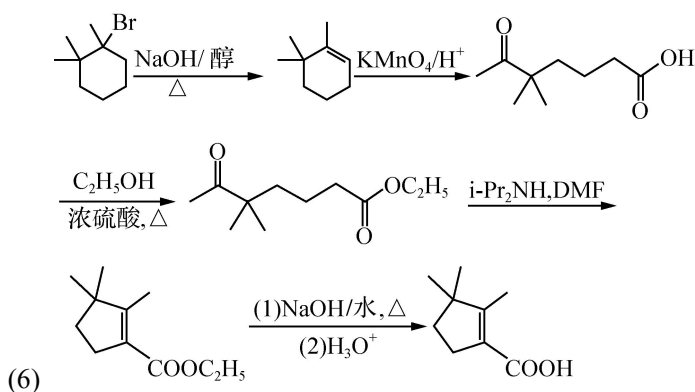
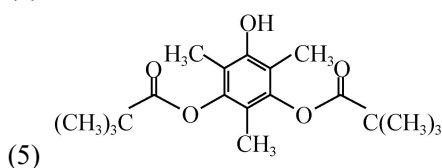
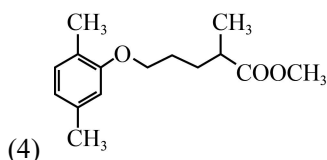


**解析：**(3) E $\rightarrow$ F 的反应中 $-\text{COOCH}_3$ 被还原为 $-\text{CH}_2\text{OH}$ ，E 分子中有 14 个 C、4 个 O，F 分子中有 12 个 C、2 个 O，副产物的分子式为  $\text{C}_{13}\text{H}_{14}\text{O}_3\text{F}_2$ ，有 13 个 C、3 个 O，故 E 中只有 1 个酯基发生还原反应时可生成副产物  $\text{C}_{13}\text{H}_{14}\text{O}_3\text{F}_2$ ，其结构简式见答案。(4) 能与  $\text{FeCl}_3$  溶液发生显色反应，又能与银氨溶液发生银镜反应，说明含有酚羟基、醛基；对比 F 的结构简式，除苯环外，还有 6 个 C、2 个 F；要求分子中有 4 种不同化学环境的氢原子，则分子中的原子或基团在苯环上高度对称，不同的基团放在对位，相同的基团放在对称轴的对称位置上，满足条件的 F 的同分异构体的结构简式见答案。(5) 由原料  $\text{CH}_2(\text{COOCH}_3)_2$  知，需要参照流程图 D $\rightarrow$ E 引入 2 个酯基，然后在碱性条件下水解、酸化可制得目标产物，引入 2 个

酯基前，需要参照流程图 C $\rightarrow$ D 引入 $-\text{Br}$ ，引入 $-\text{Br}$ 之前的物质是 ，可由 先还原成醇、再消去制得，具体合成路线流程图见答案。

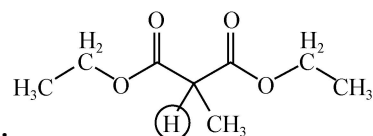
4 (1) ACD





解析：(1) E 中有手性碳原子，如图：(标“\*”碳原子为手性碳原子)，G 中无手性碳原子，**B 错误**。(2) 与官能团直接相连的碳称为 $\alpha$ -碳， $\alpha$ -碳上的氢称为 $\alpha$ -氢。 $\alpha$ -氢以正离子解离下来的能力即为 $\alpha$ -氢的活性或 $\alpha$ -氢的酸性。 $\alpha$ -氢的酸性强弱取决于与 $\alpha$ 碳相连的官能团及其他基团的吸电子能力。总的吸电子能力越强， $\alpha$ -氢的酸性就越强。酯基是吸电子



基，故 B 中酸性最强的氢原子位于 2 个酯基之间，如图(已圈出)：

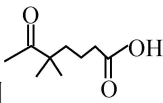
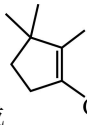


(4) E  $\rightarrow$  F 发生变化的位置是支链，且中间产物 X 与 G 互为同分异构体，则中间产物 X 的结构中依然含有 2 个甲基，其中 1 个甲基与羧基组合成  $\text{—COOCH}_3$ ，中间产物 X 的结构简式见答案。(5) D 的一种同分异构体能和  $\text{FeCl}_3$  溶液发生显色反应，碱性条件下水解酸化后得到的

产物中均有 2 种化学环境不同的氢原子，则其中一种水解产物中一定含有

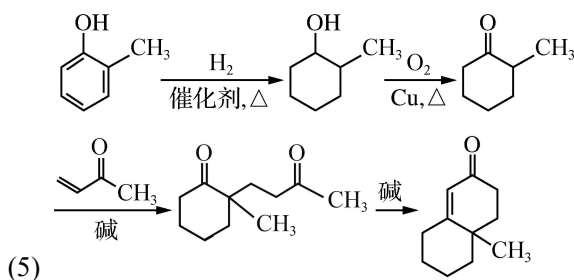
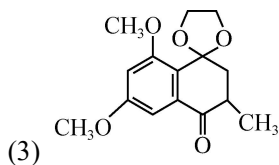
结构，另一种水解产物为 ，D 除苯环外的不饱和度为 2，刚好可用于形成 2 个酯基，还剩余 3 个饱和碳原子，可形成 3 个  $\text{—CH}_3$  分别连在苯环的 3 个空位上，符合条件的 D 的同分异构体的结构简式见答案。(6) 合成产物有五元环，反应原料是六元环，合成时肯定

先要开环，再成环，即将  发生消去反应生成 ，再用酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液氧化开环，

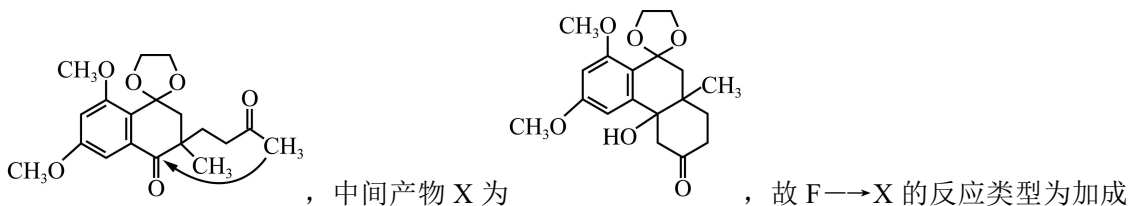
得到 ，用乙醇将羧基转化为酯基，再发生已知反应生成 ，最后将酯基转化为羧基即可，具体合成路线流程图见答案。

5 (1) 醚键、(酮)羰基

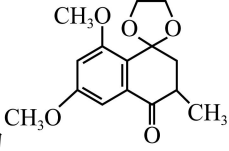
(2) 加成反应

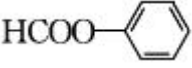
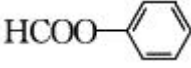


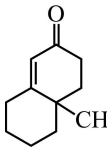
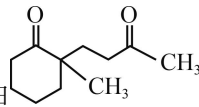
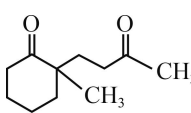
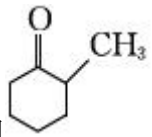
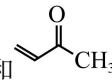
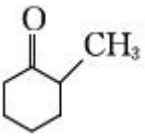
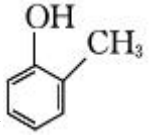
解析：(2) F 分子中酮羰基的  $\alpha$ -H 与另一个酮羰基发生加成反应(类似羟醛缩合反应)：



反应。(3) 对比 D、F、 的结构简式及 E 的分子式知，D  $\rightarrow$  E 过程中引入了甲基，且

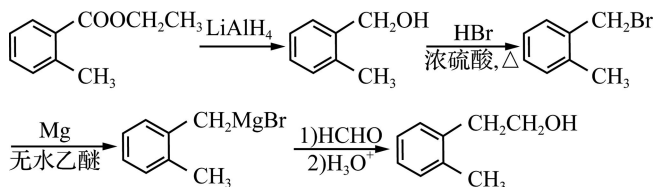
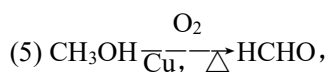
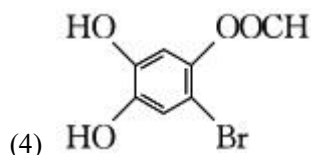
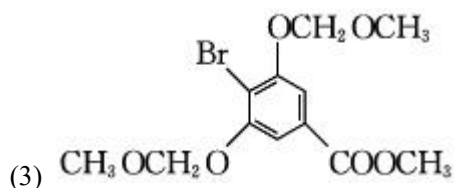
甲基在酮羰基的邻位，故 E 的结构简式为 。(4) A 分子除苯环外，只有 1 个不饱和度，由限定条件知，A 的一种同分异构体分子中含有酚酯结构，且是甲酸形成的酚

酯，结构片段为 ， 中含有 4 种不同化学环境的氢原子，故剩余的 5 个碳原子、2 个 O 原子可组成 3 个  $-\text{CH}_3$ 、2 个  $-\text{OCH}_3$ ，在苯环上对称放置，具体结

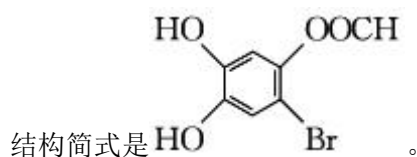
构简式见答案。(5) 采用逆推法, 仿照  $F \rightarrow G$  知,  可由  制得, 仿照  $E \rightarrow F$  知,  可由  和  制得,  可由  先加氢还原、后催化氧化制得, 具体合成路线流程图见答案。

6 (1) 大于

(2) 取代反应



**解析:** (1) 对比 A、C 分子结构可知, A 分子中含有的亲水基—COOH 反应后变为 C 分子中的憎水基—COOCH<sub>3</sub>, 使物质的溶解性大大降低, 因此 A 在水中的溶解度大于 C 在水中的溶解度。(2) B 与 CH<sub>3</sub>OH 发生—COCl 上 Cl 原子的取代反应生成—COOCH<sub>3</sub>, 同时得到 HCl, 该反应类型是取代反应。(3) C 分子中含有 2 个—OH, C  $\rightarrow$  D 是 1 个—OH 发生取代反应, 也可能是 2 个—OH 都与 CH<sub>3</sub>OCH<sub>2</sub>Cl 发生取代反应生成分子式是 C<sub>12</sub>H<sub>15</sub>O<sub>6</sub>Br 的副产物 X, 其结构简式见答案。(4) A 的分子式为 C<sub>7</sub>H<sub>5</sub>O<sub>4</sub>Br, 其一种同分异构体同时满足下列条件: ① 能发生银镜反应, 说明分子结构中含有醛基; ② 在一定条件下完全水解后酸化, 含苯环的产物分子中不同化学环境的氢原子数目之比为 1:2, 说明含有酯基, 连在苯环上的溴原子也水解, 水解产生的含苯环的产物分子中含有两种不同环境的 H 原子, 这两种不同化学环境的氢原子数目比为 1:2, 说明带苯环的水解产物分子高度对称, 则符合条件的 A 的同分异构体的



## 专题 09 化学实验

1 D 由于加热会促进  $\text{Fe}^{3+}$  的水解和  $\text{HCl}$  的挥发, 故欲制得无水  $\text{FeCl}_3$ , 应该在  $\text{HCl}$  气氛中蒸发浓缩、冷却结晶、脱水, 装置丁不能达到实验目的, D 符合题意。

2 B 称量固体时, 应该“左物右码”, A 错误; 浓硫酸具有强氧化性, 常温下, 浓硫酸会使铁表面钝化, C 错误; 蒸干溶液, 会导致  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  晶体失去结晶水, 然后继续分解, D 错误。

3 B 浓盐酸与  $\text{MnO}_2$  制取  $\text{Cl}_2$  需要加热, A 错误; 由“ $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  能与  $\text{NaClO}$  发生剧烈反应”可知, 制备水合肼溶液时, 应该将  $\text{NaClO}$  溶液滴加到氨水中, C 错误; 水合肼和  $\text{NaCl}$  都易溶于水, 不分层, 不能用分液法分离, D 错误。

4 B 缺少加热装置, A 错误;  $\text{PH}_3$  的密度比空气大, 应采用向上排空气法收集,  $\text{PH}_3$  应“长进短出”, C 错误;  $\text{PH}_3$  气体微溶于水, 不能用水吸收尾气中的  $\text{PH}_3$ , D 错误。

5 A 乙酸乙酯在  $\text{NaOH}$  溶液中会水解, 可改用饱和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液, B 错误; 分离有机层和水层应采用分液操作, C 错误; 温度计测量的是馏分的温度, 温度计的水银球应位于蒸馏烧瓶的支管口附近, D 错误。

6 B 实验室不能单独加热  $\text{NH}_4\text{Cl}$  制取  $\text{NH}_3$ , 因为  $\text{NH}_4\text{Cl}$  受热分解产生的  $\text{NH}_3$  和  $\text{HCl}$  遇冷会重新化合生成  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , 应加热  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  与  $\text{NH}_4\text{Cl}$  的固体混合物制备  $\text{NH}_3$ , B 错误。

7 D 缺少加热装置, A 错误;  $\text{SO}_2$  使酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液褪色, 体现了  $\text{SO}_2$  的还原性, 不是漂白性, B 错误;  $\text{SO}_2$  转化为单质  $\text{S}$ , 体现了  $\text{SO}_2$  的氧化性, 不是还原性, C 错误。

8 B 反应生成的  $\text{CaSO}_4$  会附着在  $\text{CaCO}_3$  表面, 阻碍反应进行, 应将浓硫酸替换为稀盐酸, A 错误; 漏斗下端尖嘴处应紧靠烧杯内壁, C 错误; 不能在蒸发皿中加热固体, 应选用坩埚, D 错误。

9 D 单独加热  $\text{NH}_4\text{Cl}$  固体不能制得  $\text{NH}_3$ , 因为生成的  $\text{NH}_3$  和  $\text{HCl}$  在冷的试管口会重新化合生成  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , A 错误; 通入  $\text{CO}_2$  气体时, 应该从长导管进气, B 错误; 不能在蒸发皿中加热固体, 应选用坩埚, C 错误。

10 C 要从  $\text{MgCl}_2$  溶液中获得  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  晶体, 需进行的操作为蒸发浓缩、冷却结晶, 然后过滤、洗涤、干燥, C 错误。

11 B  $\text{NaCl}$  的溶解度随温度升高变化不大,  $\text{KNO}_3$  的溶解度随温度升高变化幅度较大, 从含有少量  $\text{NaCl}$  的  $\text{KNO}_3$  溶液中提取  $\text{KNO}_3$ , 可采用降温结晶, A 正确; 乙醚提取青蒿素为固液萃取, 仪器为索氏提取器, 萃取完成后固、液为分离状态, 无需过滤操作, B 错误; 乙酸与乙醚沸点差异较大, 可采用蒸馏法分离二者, C 正确; 汽油和水不互溶, 溶液分层, 可采用分液法分离二者, D 正确。

12 B 溶液中也可能含有  $\text{Ag}^+$ , A 错误; 钾的焰色为紫色, 需透过蓝色钴玻璃观察钾的焰色, 原溶液中不一定无  $\text{K}^+$ , C 错误;  $\text{NH}_3$  浓度小时不容易从溶液中逸出, 加热可促进  $\text{NH}_3$  逸出, 该实验过程中, 只滴加  $\text{NaOH}$  稀溶液, 缺少加热操作, 故虽然湿润红色石蕊试纸不变蓝, 但不能证明原溶液中无  $\text{NH}_4^+$ , D 错误。

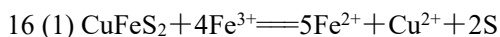
13 B 酸性条件下,  $\text{NO}_3^-$  可将  $\text{SO}_3^{2-}$  氧化为  $\text{SO}_4^{2-}$ , 会干扰实验, A 错误;  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  溶液使



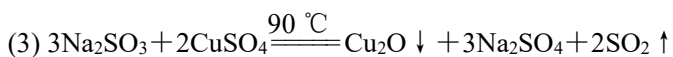
溴水褪色的原理是发生氧化还原反应，体现了  $\text{SO}_3^{2-}$  的还原性，不是漂白性，**C 错误**；酸性条件下， $\text{SO}_3^{2-}$  与  $\text{S}^{2-}$  反应生成淡黄色沉淀 S， $\text{SO}_3^{2-}$  中 S 元素的化合价降低，体现了  $\text{SO}_3^{2-}$  的氧化性，不是还原性，**D 错误**。

14 **B** 钠可与水反应生成  $\text{H}_2$ ，无论  $\text{HCO}_3^-$  是否发生电离，向水性溶液中加入钠都会产生气泡，**A 错误**； $\text{HCO}_3^-$  水解后溶液显碱性，用于干燥洁净玻璃棒蘸取  $0.1 \text{ mol/L NaHCO}_3$  溶液，点在于干燥的 pH 试纸上可测出溶液呈碱性，证明  $\text{HCO}_3^-$  发生水解，**B 正确**；不需要透过蓝色钴玻璃观察  $\text{Na}^+$  的焰色，**C 错误**； $\text{Ca(OH)}_2$  分别与  $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$  反应，都会产生白色沉淀，使溶液变浑浊，**D 错误**。

15 **D** 酸性环境中， $\text{NO}_3^-$  能将  $\text{Fe}^{2+}$  氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ ，**A 错误**；浓度未知，不能依据 pH 大小确定  $\text{CH}_3\text{COOH}$  是弱电解质，**B 错误**； $\text{OH}^-$  会干扰  $\text{Br}^-$  的检验，滴加  $\text{AgNO}_3$  溶液之前，应该先加稀硝酸酸化，**C 错误**； $\text{Mg(OH)}_2$  沉淀转化为  $\text{Cu(OH)}_2$  沉淀，可确定  $K_{\text{sp}}: \text{Cu(OH)}_2 < \text{Mg(OH)}_2$ ，**D 正确**。



(2) 取样，滴加铁氰化钾溶液，无蓝色沉淀产生



(4) 反应产生  $\text{SO}_2$ ，导致溶液酸性增强， $\text{Cu}_2\text{O}$  在酸性溶液中歧化为二价铜和铜单质，从而降低  $\text{Cu}_2\text{O}$  产量

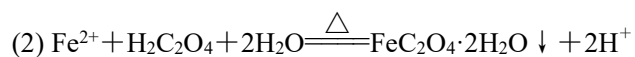
(5) 边搅拌边向溶液中通入  $\text{SO}_2$ ，用 pH 计测量溶液的 pH 至约为 10 时，停止通入  $\text{SO}_2$ ；再向溶液中通入  $\text{O}_2$  至 pH 约为 7，将溶液加热浓缩至有晶膜出现，降温结晶，过滤

(6) 14.4

解析：(1) 由后续步骤是“沉铁”知，“操作 1”的目的是将  $\text{Fe}^{2+}$  氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ ，检验  $\text{Fe}^{2+}$  是否剩余可判断“操作 1”反应已完成，可选用  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  溶液，若不产生特征蓝色沉淀，则表示“操作 1”反应已完成。(3) 已知：反应时，A 装置原料反应配比  $n(\text{Na}_2\text{SO}_3):n(\text{CuSO}_4) = 3:2$ ，且反应产生酸性气体，该酸性气体为  $\text{SO}_2$ ，具体化学方程式见答案。(4) 由(3)知，生成  $\text{Cu}_2\text{O}$  时也会产生  $\text{SO}_2$ ， $\text{SO}_2$  可使溶液的 pH 不断减小，而  $\text{Cu}_2\text{O}$  在酸性条件下会歧化为 Cu 和  $\text{Cu}^{2+}$  而使产率降低，故不断滴加 NaOH 溶液可阻止  $\text{Cu}_2\text{O}$  发生歧化反应。(5) B 装置中的溶液是 NaOH 与  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  的混合溶液，为防止制备的  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  晶体中混有 NaOH，须事先通入  $\text{SO}_2$  将 NaOH 转化为  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ，由图乙知，室温下，pH=10 时， $\text{H}_2\text{SO}_3$ 、 $\text{HSO}_3^-$ 、 $\text{SO}_3^{2-}$  三种离子中， $\text{SO}_3^{2-}$  的物质的量分数最大，故通  $\text{SO}_2$  至 pH 约为 10 时即可，然后通入  $\text{O}_2$  将  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  全部氧化为  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ， $\text{Na}_2\text{SO}_4$  溶液的 pH=7，故通  $\text{O}_2$  至 pH 约为 7 时即可，具体实验方案见答案。(6) 发生的反应为  $\text{Cu} - \text{e}^- + \text{Cl}^- = \text{CuCl}$ 、 $2\text{CuCl} + 2\text{OH}^- = \text{Cu}_2\text{O} + 2\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$ ，可得关系式： $\text{e}^- \sim \text{CuCl} \sim 0.5\text{Cu}_2\text{O}$ ，若电解时电路中通过  $0.2 \text{ mol e}^-$ ，则理论上生成  $\text{Cu}_2\text{O}$  的质量  $= 0.2 \text{ mol} \times 0.5 \times 144 \text{ g/mol} = 14.4 \text{ g}$ 。

17 (1) ①除去废铁屑表面的油脂

②取待测液少许于试管中，加入少量 KSCN 溶液，若溶液不变红，则不含  $\text{Fe}^{3+}$ ，若溶液变红，则含  $\text{Fe}^{3+}$



(3) ①搅拌，加快反应速率，使反应更充分

②维持温度在 40 °C 左右，既可加快反应速率，也可防止  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解。加热至微沸可除去过量的  $\text{H}_2\text{O}_2$

(4) 98.20%

$$n(\text{KMnO}_4) = 0.040\,00 \text{ mol/L} \times 15.00 \times 10^{-3} \text{ L} = 6.000 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

由  $5\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O} \sim 6\text{KMnO}_4$  知，

10.00 mL 溶液中，

$$n\{\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}\} = 5.000 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

则 100.00 mL 溶液中，

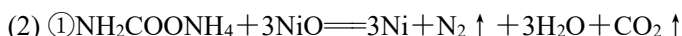
$$n\{\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}\} = 5.000 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$m\{\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}\} = 5.000 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 491 \text{ g/mol} = 2.455 \text{ g}$$

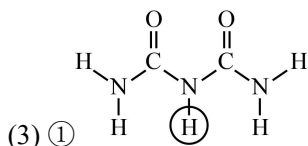
$$w\{\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}\} = \frac{2.455 \text{ g}}{2.500 \text{ g}} \times 100\% = 98.20\%$$

## 专题 10 化学反应原理综合

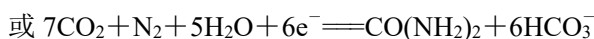
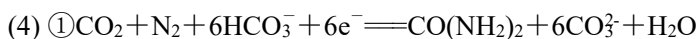
1 (1)  $-72.8 \text{ kJ/mol}$



②  $\text{H}_2\text{S}$  被  $\text{O}_2$  氧化得到的  $\text{H}_2\text{SO}_3$  或  $\text{H}_2\text{SO}_4$  酸性更强, 与容器表面钝化膜反应更快, 加快容器腐蚀



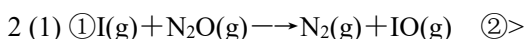
② 反应 3 处于平衡状态,  $\text{NH}_3$  浓度越高, 则  $\text{HNCO}$  浓度越低, 反应 4 速率越慢, 故生成缩二脲速率越慢



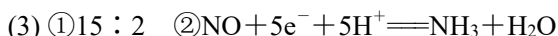
② 加热温度过高, LA 位点过多而 LB 位点较少, 温度过低, LB 位点过多而 LA 位点较少, 导致  $\text{CO}_2$  吸附与活化效率下降

③  $\text{SCN}^-$  与  $\text{Ni}(\text{II})$  配位使 LA 位点减少, 降低了催化活性

**解析:** (1) 由盖斯定律知, 反应 1 + 反应 2 可得目标热化学方程式, 故  $\Delta H = -100.4 + 27.6 = -72.8 (\text{kJ/mol})$ 。(2) ② 生产尿素过程中, 常通入适量  $\text{O}_2$  防止镍制容器表面的金属钝化膜( $\text{NiO}$ )被破坏,  $\text{CO}_2$  气体中的  $\text{H}_2\text{S}$  被  $\text{O}_2$  氧化得到的  $\text{H}_2\text{SO}_3$  或  $\text{H}_2\text{SO}_4$  的酸性更强, 与容器表面钝化膜反应更快, 加快容器腐蚀。(3) ① 缩二脲分子中只有 2 种氢原子, 且由于羰基的吸电子效应, N—H 共用电子对更偏向 N 原子, 故缩二脲分子中, 中间 N 上的 H 原子电子云密度最小。(4) ② 由“加热后的  $\text{Ni}_3(\text{BO}_3)_2$  晶体表面会产生 LA 位点”可知, 温度过高时, LA 位点过多而 LB 位点较少, 温度过低时, LB 位点过多而 LA 位点较少, 导致  $\text{CO}_2$  吸附与活化效率下降, 催化效果都会减弱。③  $\text{CO}_2$  和  $\text{SCN}^-$  互为等电子体, 结构相似,  $\text{SCN}^-$  的配位能力较强, 若电解质溶液中存在  $\text{SCN}^-$ , 则  $\text{SCN}^-$  会进入 LA 位点, 与  $\text{Ni}(\text{II})$  配位, 从而降低催化活性。



(2) ①  $10^{-4}$  ② 反应 I 为放热反应, 随着反应的进行容器中的温度上升, 导致容器内的压强增大



③ 随着电解电压的不断增大,  $^*\text{NO}$  结合  $\text{H}^+$  与  $\text{e}^-$  得到  $^*\text{NOH}$  (或  $^*\text{NO} + \text{H}^+ + \text{e}^- = ^*\text{NOH}$ ) 的量增多,  $^*\text{NOH}$  在催化剂表面失水转化成  $\text{N}_2\text{O}$  (或  $2^*\text{NOH} = \text{N}_2\text{O} \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ) 的选择性增大, 导致  $\text{N}_2\text{O}$  的量增多, 使  $\text{N}_2\text{O}$  的法拉第效率迅速增大

**解析:** (1) ①  $\text{I}_2(\text{g})$  能提高  $\text{N}_2\text{O}$  的分解速率,  $\text{N}_2\text{O}$  参与了第 II、III 步反应, 第一步的产物  $\text{I}(\text{g})$  一定参与第 II 步反应, 则反应物为  $\text{I}(\text{g})$ 、 $\text{N}_2\text{O}(\text{g})$ , 产物中一定含有  $\text{IO}(\text{g})$ , 不产生有害物质, 则还有  $\text{N}_2(\text{g})$  生成, 方程式见答案。② 总反应的反应速率取决于第 II 步, 说明第 II 步的反应速率最慢, 活化能越大, 反应速率越慢, 则  $E_{a2} > E_{a3}$ 。(2) ① 由图甲可知, 430 K 时, —

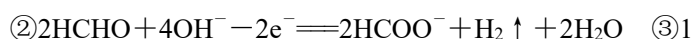
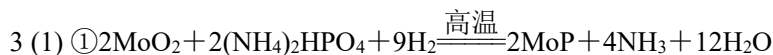
$$\lg K_1 = 1.1, -\lg K_2 = 2.9, \text{ 则 } K_1 = \frac{c^2(\text{NOCl}) \cdot c(\text{I}_2)}{c^2(\text{ICl}) \cdot c^2(\text{NO})} = 10^{-1.1}, K_2 = \frac{c^2(\text{NO}) \cdot c(\text{Cl}_2)}{c^2(\text{NOCl})} = 10^{-2.9}, 2\text{ICl}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{I}_2(\text{g})$$

$$+ \text{Cl}_2(\text{g}) \text{ 的 } K = \frac{c(\text{I}_2) \cdot c(\text{Cl}_2)}{c^2(\text{ICl})} = K_1 K_2 = 10^{-1.1} \times 10^{-2.9} = 10^{-4}。 (3) \textcircled{1} \text{ 由图丁可知, 当电解电压为 } U_1$$

时,  $\text{H}_2$ 、 $\text{NH}_3$  的法拉第效率分别为 60%、20%, 根据  $FE\% = \frac{Q_x}{Q_{\text{总}}}$  知, 电解生成  $\text{H}_2$  和  $\text{NH}_3$  转移

电子物质的量之比为 60% : 20% = 3 : 1, 生成  $\text{H}_2$ 、 $\text{NH}_3$  的电极反应式分别为  $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 \uparrow$ 、

$$\text{NO} + 5\text{e}^- + 5\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}, \text{ 则电解生成的 } \frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{NH}_3)} = \frac{3}{2} : \frac{1}{5} = 15 : 2。$$

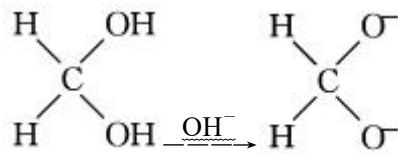


(2)  $\textcircled{1}$  HD  $\textcircled{2}$  随 NaOH 浓度增大, 催化剂表面吸附的  $\text{CH}_2(\text{O}^-)_2$  浓度增大, 释氢反应的速率加快, 副反应速率也加快, 但释氢反应的速率加快更多  $\textcircled{3}$  NaOH 溶解载体  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 使纳米 Ag 颗粒发生团聚, 催化活性下降

(3) 氢气纯度高、可处理有毒的甲醛、反应条件温和

解析: (1)  $\textcircled{1}$  由均摊法知, 晶胞中, Mo 原子个数是 4, P 原子个数 =  $8 \times \frac{1}{8} + 8 \times \frac{1}{4} + 2 \times \frac{1}{2} =$

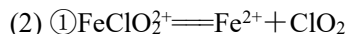
4, 故催化剂的化学式为 MoP, 反应中 N 元素化合价不变, 具体化学方程式见答案。②电解时, 电极 b 反应式为  $2\text{HCHO} + 4\text{OH}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{HCOO}^- + \text{H}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ , 电极 a 反应式为  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$ , 两极都有  $\text{H}_2$  产生, 且通过阴离子交换膜的  $\text{OH}^-$  数目等于转移的电子数目, 可得关系式:  $2\text{e}^- \sim 2\text{H}_2 \sim 2\text{OH}^-$ , 故电解过程中每产生 1 mol  $\text{H}_2$ , 通过阴离子交换膜的  $\text{OH}^-$  为 1 mol。(2)  $\textcircled{2}$  已知: 甲醛在碱性条件下会发生副反应  $2\text{HCHO} + \text{NaOH} \rightleftharpoons \text{HCOONa} +$



$\text{CH}_3\text{OH}$ , NaOH 浓度低于 1 mol/L 时, 随 NaOH 浓度增大, 速率加快, 使催化剂表面吸附的更多的  $\text{CH}_2(\text{O}^-)_2$ , 副反应速率也加快, 由产生  $\text{H}_2$  会加快知, 释氢反应的速率加快更多。



②可避免产生对人体有害的有机氯化物且  $\text{ClO}_2$  的消毒效率是  $\text{Cl}_2$  的 2.63 倍



② i. 催化剂  $\text{Fe}^{3+}$  的浓度增大, 生成氧化性更强的  $\text{ClO}_2$  速率加快, NO 的氧化率提高

ii. 温度升高,  $\text{Fe}^{3+}$  催化  $\text{NaClO}_2$  生成  $\text{ClO}_2$  的反应速率加快,  $\text{ClO}_2$  氧化 NO 的速率加快; 温度升高,  $\text{ClO}_2$  和 NO 在水中的溶解度减小, 导致 NO 氧化速率减慢。温度低于 60  $^\circ\text{C}$  时, 以前者为主, 温度高于 60  $^\circ\text{C}$  时, 以后者为主

(3) 一定时间内, 相同体积溶液中, 若  $\text{NH}_4^+$  减小的质量与  $\text{NO}_3^-$  增大的质量之比约为 18 : 62, 则被氧化的  $\text{NH}_4^+$  几乎全部转化为  $\text{NO}_3^-$

解析: (1)  $\textcircled{2}$  使用  $\text{ClO}_2$  可避免产生对人体有害的有机氯化物, 另外, 1 mol  $\text{ClO}_2$  转化为  $\text{Cl}^-$  时可得到 5 mol 电子, 而 1 mol  $\text{Cl}_2$  转化为  $\text{Cl}^-$  时可得到 2 mol 电子,  $\text{ClO}_2$  的消毒效率与

$\text{Cl}_2$  的消毒效率之比  $= \frac{5 \text{ mol}}{67.5 \text{ g/mol}} : \frac{2 \text{ mol}}{71 \text{ g/mol}} \approx 2.63$ 。(2) ①结合过程 I、III 可知, 过程 II 的反应物是  $\text{FeClO}_2^+$ , 产物中一定含有  $\text{Fe}^{2+}$  和  $\text{ClO}_2$ 。② i. 反应  $5\text{ClO}_2^- + 4\text{H}^+ = 4\text{ClO}_2 + \text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O}$  中,  $\text{Fe}^{3+}$  是催化剂,  $\text{Fe}^{3+}$  的浓度增大, 催化效率更高, 生成氧化性更强的  $\text{ClO}_2$  的速率加快, 故  $\text{NO}$  的氧化率提高。(3) 依据 N 原子守恒计算,  $\text{NH}_4^+$  减小的质量与  $\text{NO}_3^-$  增大的质量之比约为 18:62 时, 可说明  $\text{NH}_4^+$  完全被氧化为  $\text{NO}_3^-$ 。

5 (1) ①B ② $\text{ZnZrO}_2$

(2) ①m ②反应 I 的  $\Delta H < 0$ , 反应 II 的  $\Delta H > 0$ , 在  $300 \sim 400^\circ\text{C}$  范围内, 随温度升高, 使  $\text{CO}_2$  转化为  $\text{CH}_3\text{OH}$  的平衡转化率下降, 使  $\text{CO}_2$  转化为  $\text{CO}$  的平衡转化率上升, 且上升幅度超过下降幅度

(3) ① $^*\text{OCH}_2 + \text{H}_2\text{O}^* = ^*\text{OCH}_3 + ^*\text{OH}$  ②水蒸气过多, 不利于合成反应正向进行, 甲醇产率下降; 水蒸气过多, 催化剂活化点位减少, 吸附反应物能力减弱, 甲醇产率下降; 有水参与的历程, 活化能较小, 反应速率加快, 甲醇产率上升(任答两点)

解析: (1) ①该反应是气体分子数减小的反应,  $250^\circ\text{C}$  下, 在甲(容积 4 L)、乙(容积 2 L)两个恒容密闭容器中分别充入 2 mol  $\text{CO}_2$  和 6 mol  $\text{H}_2$ , 乙相当于在甲的基础上压缩容器容积, 反应物浓度大, 反应速率快, 正向进行程度也大, 故图甲中, 乙容器中压强变化情况对应曲线 A, 甲容器中压强变化情况对应曲线 B。②由图乙可知, 在  $\text{ZnZrO}_2$  催化作用下, 反应器出口产品中  $\text{CH}_3\text{OH}$  较多, 故五种催化剂中, 宜选择的最佳催化剂是  $\text{ZnZrO}_2$ 。(2) ①生成  $\text{CH}_3\text{OH}$  的反应是放热反应, 一定温度下达到平衡后, 再继续升高温度, 反应 I 正向进行的程度会减小,  $\text{CH}_3\text{OH}$  的量会减少, 故图丙中  $\text{CH}_3\text{OH}$  选择性对应的曲线是 m。② $300 \sim 400^\circ\text{C}$  范围内,  $\text{CO}_2$  平衡转化率随温度升高而增大, 说明消耗  $\text{CO}_2$  的反应占主导地位, 反应 II 是吸热反应, 升高温度, 反应 II 正向进行的程度会增大。