



# 化学反应原理综合训练

## 题组 1

### 1. B 必刷知识 ⊙ 催化剂作用、化学腐蚀、水解应用

【解析】催化剂能提高反应速率,不能提高反应物的平衡转化率,故硫酸工业中使用催化剂调控反应的目的是加快反应速率,而不是提高  $\text{SO}_2$  的平衡转化率, **A 错误**;  $\text{Ag}^+$  与  $\text{NH}_3$  形成可溶的  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ ,故  $\text{AgCl}$  固体可完全溶于氨水, **B 正确**;海水呈弱碱性,钢铁在海水中易发生吸氧腐蚀, **C 错误**;  $\text{FeSO}_4$  溶液易被氧化,配制  $\text{FeSO}_4$  溶液时常加入铁粉,发生反应  $\text{Fe} + 2\text{Fe}^{3+} \rightleftharpoons 3\text{Fe}^{2+}$ ,故加入铁粉能防止亚铁离子被氧化, **D 错误**。

### 2. C 必刷知识 ⊙ 温度对化学平衡移动的影响、沉淀的生成与转化、探究铁的吸氧腐蚀、化学实验方案的设计与评价

【解析】用玻璃棒蘸取  $\text{NaClO}$  溶液,点在干燥的红色石蕊试纸上,试纸褪色,证明溶液有漂白性,无法证明  $\text{HClO}$  是弱酸, **A 错误**;欲证明  $K_{\text{sp}}(\text{CuS}) < K_{\text{sp}}(\text{ZnS})$ ,应该向  $\text{ZnS}$  的饱和溶液(或悬浊液)中滴加  $\text{CuSO}_4$  溶液,观察是否有黑色沉淀生成,向含有  $\text{Na}_2\text{S}$  和  $\text{ZnS}$  的悬浊液中加入  $\text{CuSO}_4$  溶液,  $\text{Na}_2\text{S}$  与  $\text{CuSO}_4$  溶液可直接通过复分解反应产生黑色硫化铜沉淀,不能证明硫化锌能转化为硫化铜, **B 错误**;二氧化氮气体中存在反应  $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ ,将充有  $\text{NO}_2$  气体的密闭烧瓶放入热水中,气体颜色变深,说明平衡逆向移动,则  $\text{NO}_2$  转化为  $\text{N}_2\text{O}_4$  是放热反应, **C 正确**;  $\text{Fe}^{2+}$  遇  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  溶液能够产生蓝色沉淀,说明钢铁电极附近溶液中含有  $\text{Fe}^{2+}$ ,但是不能证明钢铁发生吸氧腐蚀,也可能发生析氢腐蚀, **D 错误**。

### 3. B 必刷知识 ⊙ 盐类水解规律的理解及应用、电解原理的理解及判断等

【解析】用硫酸铜溶液除去乙炔气体中的硫化氢,反应的离子方程式为  $\text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{CuS} \downarrow + 2\text{H}^+$ , **A 正确**;用惰性电极电解氯化镁溶液生成氢氧化镁沉淀、氢气和氯气,反应的离子方程式为  $\text{Mg}^{2+} + 2\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} \text{Cl}_2 \uparrow + \text{H}_2 \uparrow + \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow$ , **B 错误**;硫酸亚铁溶液与铁氰化钾溶液反应生成硫酸钾和  $\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  沉淀,反应的离子方程式为  $\text{Fe}^{2+} + \text{K}^+ + [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} \rightleftharpoons \text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6] \downarrow$ , **C 正确**;四氯化钛在溶液中水解生成  $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  沉淀和  $\text{HCl}$ ,反应的离子方程式为  $\text{TiCl}_4 + (x+2)\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O} \downarrow + 4\text{HCl}$ , **D 正确**。

### 4. B 必刷知识 ⊙ 微观腐蚀原电池

【解析】由题图可知,  $\text{H}_2\text{O}$  在 AC 电极上得到  $\text{e}^-$  生成氢气,故发生还原反应, **A 错误**;根据题图可知,生成  $\text{N}_2$  的电极反应式为  $2\text{NO}_3^- + 10\text{e}^- + 6\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{N}_2 \uparrow + 12\text{OH}^-$ , **B 正确**;铝表面致密的氧化铝保护膜阻止铝继续失去电子,会降低去除率, **C 错误**;生成  $\text{N}_2$  的电极反应式为  $2\text{NO}_3^- + 10\text{e}^- + 6\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{N}_2 \uparrow + 12\text{OH}^-$ ,生成  $\text{H}_2$  的电极反应式为  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$ 。



$2\text{OH}^-$ , 故生成等物质的量的  $\text{N}_2$  和  $\text{H}_2$ , 转移的电子数之比为 5:1, D 错误。

**5. C 必刷知识** ①吸热反应和放热反应、活化能对反应速率的影响、催化剂对化学反应速率的影响、温度对化学平衡移动的影响

**【解析】**由题图可知, 使用催化剂 II 时反应所需的活化能更小, 反应速率更快, 则使用催化剂 II 更有利于捕获  $\text{CO}_2$ , A 正确; 由题图可知, 在催化剂 I 和 II 的作用下, 除吸附与脱附外, 两种反应历程均分 2 步进行, B 正确; 催化剂不改变反应的焓变, 则使用催化剂 I 和使用催化剂 II 放出的热量相等, C 错误; 由题图可知, 该反应中反应物的总能量高于生成物, 为放热反应, 反应达到平衡后, 升高温度, 平衡  $2\text{MEA} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{MEACOOEA}$  逆向移动, 有利于  $\text{CO}_2$  的释放, D 正确。

**6. C 必刷知识** ②速率方程、化学反应速率计算

**思路分析** 由第二组和第四组数据可知, A 浓度相同、B 浓度不同时, 反应速率相等, 可知  $n=0$ , 再将第一组和第二组

数据代入  $v = k \cdot c^m(\text{A}) \cdot c^n(\text{B})$  可得  $\left(\frac{0.50}{0.25}\right)^m = \frac{3.2 \times 10^{-3}}{1.6 \times 10^{-3}} = 2$ ,

可知  $m=1$ ; 将第一组数据代入  $v = k \cdot c(\text{A}) \cdot c^0(\text{B}) = k \times 0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 1.6 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , 可得  $k = 6.4 \times 10^{-3} \text{ min}^{-1}$  (B 错误), 则  $v = k \cdot c(\text{A}) \cdot c^0(\text{B}) = 6.4 \times 10^{-3} \text{ min}^{-1} \times c(\text{A})$ 。

**【解析】**根据思路分析可知,  $m=1, n=0$ , 则  $v_1 = v_2$ , A 错误; 存在过量的 B 时, 反应掉 87.5% 的 A 可以看作经历 3 个半衰期,

即  $50\% + 25\% + 12.5\%$ , 因此所需的时间为  $3 \times \frac{0.8}{6.4 \times 10^{-3}} \text{ min} =$

$375 \text{ min}$ , C 正确; 由题给公式可知, 速率常数与浓度无关, 缩小容积(加压)不会使  $k$  增大, D 错误。

**7. B 必刷题型** ③化学反应速率与化学平衡的综合应用

**【解析】**正、逆反应速率相等时反应达到平衡, 用不同的物质表示速率时, 除标注正、逆外, 还需注意速率之比等于化学计量数之比, A 正确; 由题图可知,  $T_2$  时反应先达到平衡, 则

$T_2 > T_1$ ,  $v_{\text{正}} = k_{\text{正}} \cdot x^2(\text{SiHCl}_3)$ 、 $v_{\text{逆}} = k_{\text{逆}} \cdot x(\text{SiH}_2\text{Cl}_2) \cdot x(\text{SiCl}_4)$ , 平衡时  $v_{\text{正}} = v_{\text{逆}}$ , 则以物质的量分数表示的平衡常数

$K = \frac{x(\text{SiH}_2\text{Cl}_2) \cdot x(\text{SiCl}_4)}{x^2(\text{SiHCl}_3)} = \frac{k_{\text{正}}}{k_{\text{逆}}}$ , 反应为吸热反应, 平衡后

温度由  $T_1$  变为  $T_2$ , 温度升高, 平衡正向移动,  $K$  值增大, 则  $k_{\text{正}}$  增大的倍数大于  $k_{\text{逆}}$  增大的倍数, B 错误; 反应达到平衡后,

在恒温恒容条件下再充入  $\text{SiHCl}_3$ , 相当于增大压强, 而  $2\text{SiHCl}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{SiH}_2\text{Cl}_2(\text{g}) + \text{SiCl}_4(\text{g})$  反应前后气体体积不变, 所以平衡不移动,  $x(\text{SiHCl}_3)$  不变, C 正确; 假设初始

$\text{SiHCl}_3$  物质的量为 1 mol, 则  $T_1$  温度下平衡时  $\text{SiHCl}_3$  物质的量为 0.8 mol, 转化的  $\text{SiHCl}_3$  物质的量为 0.2 mol, 则生成的

$\text{SiH}_2\text{Cl}_2$ 、 $\text{SiCl}_4$  物质的量均为 0.1 mol, 即平衡时  $\text{SiH}_2\text{Cl}_2$ 、 $\text{SiCl}_4$  物质的量均为 0.1 mol, 总物质的量为 1 mol, 结合 B 中分析



可知,  $\frac{k_{\text{正}}}{k_{\text{逆}}} = \frac{x(\text{SiH}_2\text{Cl}_2) \cdot x(\text{SiCl}_4)}{x^2(\text{SiHCl}_3)} = \frac{0.1 \times 0.1}{0.8^2} = \frac{1}{64}$ , **D 正确**。

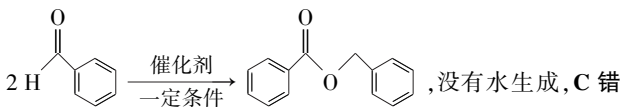
**8. C 必刷题知识** ①铜的络合平衡分析、盐溶液中离子浓度大小的比较

**思路分析** 在  $\text{Cu}^{2+} + \text{NH}_3$  络合体系中, 随着  $c(\text{NH}_3)$  的增大, 题述四个平衡均向正反应方向移动, 结合分布曲线可知, 曲线 I ~ V 依次为  $\delta(\text{Cu}^{2+})$ 、 $\delta\{[\text{Cu}(\text{NH}_3)]^{2+}\}$ 、 $\delta\{[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^{2+}\}$ 、 $\delta\{[\text{Cu}(\text{NH}_3)_3]^{2+}\}$  和  $\delta\{[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}\}$  的变化曲线。

**【解析】**根据思路分析可知, 曲线 V 是  $\delta\{[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}\}$  的变化曲线,  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  在水溶液中显深蓝色, **A 正确**; 根据分布曲线可知,  $\lg [c(\text{NH}_3)/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})] = -4.5$  时,  $c(\text{Cu}^{2+}) > c\{[\text{Cu}(\text{NH}_3)]^{2+}\} > c\{[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^{2+}\}$ , **B 正确**; 反应  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^{2+}$  的平衡常数  $K = \frac{c\{[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^{2+}\}}{c(\text{Cu}^{2+}) \cdot c^2(\text{NH}_3)}$ , 根据题意  $\lg K_1 = 4.2$ 、 $\lg K_2 = 3.6$ , 则  $K_1 = \frac{c\{[\text{Cu}(\text{NH}_3)]^{2+}\}}{c(\text{Cu}^{2+}) \cdot c(\text{NH}_3)} = 10^{4.2}$ ,  $K_2 = \frac{c\{[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^{2+}\}}{c(\text{NH}_3) \cdot c\{[\text{Cu}(\text{NH}_3)]^{2+}\}} = 10^{3.6}$ ,  $K = K_1 \cdot K_2 = 10^{7.8}$ , 故反应  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^{2+}$  的平衡常数  $K$  的数量级为  $10^7$ , **C 错误**; 根据分布曲线可知 M 点:  $c\{[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^{2+}\} = c\{[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}\}$ , 则  $K_3 \cdot K_4 = \frac{c\{[\text{Cu}(\text{NH}_3)_3]^{2+}\}}{c(\text{NH}_3) \cdot c\{[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^{2+}\}} \cdot \frac{c\{[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}\}}{c(\text{NH}_3) \cdot c\{[\text{Cu}(\text{NH}_3)_3]^{2+}\}} = \frac{1}{c^2(\text{NH}_3)} = 10^{5.1}$ ,  $c(\text{NH}_3) = 10^{-2.55} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 则  $\lg [c(\text{NH}_3)/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})] = -2.55$ , **D 正确**。

**9. D 必刷题型** ①有机反应机理分析, 涉及催化剂的判断、有机官能团的性质及结构等

**【解析】**该反应的催化剂为苯甲醇钠, 催化剂不改变反应的焓变, **A 错误**; 苯甲酸会使苯甲醇钠转化为苯甲醇, 导致催化剂失效, 故久置的苯甲醛中含有的少量苯甲酸会减慢该历程反应速率, **B 错误**; 合成苯甲酸苯甲酯的总反应方程式为



该反应没有副产物, 只有目标产物, 原子利用率为 100%, 与酯化反应相比, 该反应的原子利用率高, **D 正确**。

**10. D 必刷题型** ②复合型曲线分析

**思路分析** 由  $K_{\text{sp}}[\text{M}(\text{OH})_2] = c(\text{M}^{2+}) \cdot c^2(\text{OH}^-)$  可得,  $-\lg c(\text{M}^{2+}) = 2\text{pH} - \lg K_{\text{sp}}[\text{M}(\text{OH})_2] - 28$ , 故 I 曲线表示  $\text{M}(\text{OH})_2$  的溶解平衡曲线, II 曲线表示 MA 的溶解平衡曲线。酸性条件下, 含 A 微粒主要以  $\text{H}_2\text{A}$  的形式存在, 随 pH 增大,  $\text{H}_2\text{A}$  减少,  $\text{HA}^-$  先增多后减少,  $\text{A}^{2-}$  增多。



【解析】由题图乙曲线交点计算可得  $\text{H}_2\text{A}$  的电离平衡常数,

$$K_{a1} = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{HA}^-)}{c(\text{H}_2\text{A})} = c(\text{H}^+) = 1 \times 10^{-6.5}, K_{a2} =$$

$$\frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{A}^{2-})}{c(\text{HA}^-)} = c(\text{H}^+) = 1 \times 10^{-10.5}, K_{a1} \cdot K_{a2} =$$

$$\frac{c^2(\text{H}^+) \cdot c(\text{A}^{2-})}{c(\text{H}_2\text{A})} = 1 \times 10^{-6.5} \times 1 \times 10^{-10.5} = 1 \times 10^{-17}, \text{则当}$$

$$c(\text{A}^{2-}) = c(\text{H}_2\text{A}) \text{ 时, } c(\text{H}^+) = \sqrt{1 \times 10^{-17}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 1 \times 10^{-8.5}$$

$\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 即  $\text{pH} = 8.5$ , **A 正确**; 初始状态  $a$  点在 II 曲线的上方、I 曲线的下方, 故生成 MA 沉淀, 发生反应  $\text{A}^{2-} + \text{M}^{2+} \rightleftharpoons$

$\text{MA} \downarrow$ , **B 正确**; I 曲线表示  $\text{M}(\text{OH})_2$  的溶解平衡曲线, 故 I

曲线上的点满足  $c(\text{M}^{2+}) \cdot c^2(\text{OH}^-) = K_{sp}[\text{M}(\text{OH})_2]$ , **C 正**

**确**; 初始状态的  $b$  点在 II 曲线的上方、I 曲线的下方, 生成

MA 沉淀, 故平衡后溶液中存在  $c(\text{A}^{2-}) + c(\text{HA}^-) + c(\text{H}_2\text{A}) <$

$0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , **D 错误**。

## 11. (1) + 123.9 高温

(2) ① i ② 17.6% AB

(3)  $\text{O}_2$  浓度增大使反应速率变快, 产率升高; 后因过量  $\text{O}_2$  氧化  $\text{C}_3\text{H}_6$ , 产率下降

(4)  $\text{CH}_2 = \text{CHCH}_3 + 2\text{H}_2\text{O} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{CHOHCH}_2\text{OH} + 2\text{H}^+$

**必刷知识** ⊙ 盖斯定律的应用、化学平衡图像分析、电解池电极反应式的书写等

【解析】(1) 表示  $\text{C}_3\text{H}_8$  燃烧热的热化学方程式:  $\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) +$

$5\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 3\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H_1 = -2\,219.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

①; 表示  $\text{C}_3\text{H}_6$  燃烧热的热化学方程式:  $\text{C}_3\text{H}_6(\text{g}) + \frac{9}{2}\text{O}_2(\text{g})$

$\rightleftharpoons 3\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H_2 = -2\,058.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  ②; 表

示  $\text{H}_2$  燃烧热的热化学方程式为  $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons$

$\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H_3 = -285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  ③。则 ① - ② - ③ 可得到反

应  $\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_3\text{H}_6(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ , 根据盖斯定律,  $\Delta H = \Delta H_1 -$

$\Delta H_2 - \Delta H_3 = -2\,219.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - (-2\,058.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) -$

$(-285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = +123.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ; 主反应的  $\Delta H > 0$ ,

气体物质的量增多, 即  $\Delta S > 0$ , 根据  $\Delta H - T\Delta S < 0$  时反应可自

发进行, 则主反应自发进行的条件是高温。

(2) ① 正反应吸热, 升高温度平衡正向移动, 丙烯体积分数

增大; 正反应气体分子数增大, 增大压强, 平衡逆向移动, 丙

烯的体积分数降低, 所以题图中表示  $1 \times 10^4 \text{ Pa}$  时丙烯的体

积分数的曲线是 i。②  $1 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、 $500^\circ\text{C}$  时, 在密闭容器中

进行反应, 根据图示, 达到平衡时丙烷的平衡体积分数为

70%, 若只发生题述主反应和副反应, 设丙烷的投料为

$x \text{ mol}$ , 消耗丙烷的物质的量为  $a \text{ mol}$ , 则反应生成的丙烯、氢

气、乙烯、甲烷的总物质的量为  $2a \text{ mol}$ , 即  $\frac{x-a}{x-a+2a} \times 100\% =$



70%, 解得  $a = \frac{3}{17}x$ , 则丙烷的转化率为  $\frac{a}{x} \times 100\% \approx 17.6\%$ 。

恒压通入适量  $N_2$ , 相当于减压, 平衡正向移动,  $n(C_3H_6)$  增大, 故选 A; 高温时加入适量  $CuO$ ,  $CuO$  能和氢气反应, 氢气浓度降低, 主反应平衡正向移动,  $n(C_3H_6)$  增大, 故选 B; 提高 Pt 的表面积, 平衡不移动,  $n(C_3H_6)$  不变, 故不选 C; 加入浸泡了  $KMnO_4$  的硅藻土,  $KMnO_4$  能氧化丙烯、乙烯等烯烃,  $n(C_3H_6)$  减小, 故不选 D。

(3)  $O_2$  浓度增大使反应速率变快, 产率升高, 后因过量的  $O_2$  氧化  $C_3H_6$ , 产率下降, 所以  $C_3H_6$  产率先增后降。

(4) 丙烯转化为 1,2-丙二醇的过程中, 碳元素化合价升高发生氧化反应, 所以丙烯在阳极失电子生成 1,2-丙二醇, 电极反应式为  $CH_2=CHCH_3 + 2H_2O - 2e^- \longrightarrow CH_3CHOHCH_2OH + 2H^+$ 。

12. (1)  $2C_2H_6(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2C_2H_4(g) + 2H_2O(g) \quad \Delta H = -210 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} > \text{能}$

(2)  $C_2H_6$

(3)  $2 \sim 3 \quad n(CH_4) : n(O_2)$  在  $2 \sim 3$  时, 乙烯的选择性大于乙烷的选择性, 而  $n(CH_4) : n(O_2)$  在  $3 \sim 4$  时, 乙烯的选择性与乙烷的选择性相差不大, 且  $n(CH_4) : n(O_2)$  在  $2 \sim 3$  时  $CH_4$  的转化率大

(4)  $\frac{9p_0}{16}$

(5) 416

**必刷知识** ⊙ 化学平衡常数的计算、化学反应条件的控制及优化等

**【解析】**(1) 由题意可知, 乙烷被  $O_2$  氧化为乙烯的反应④为  $2C_2H_6(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2C_2H_4(g) + 2H_2O(g)$ , 反应② $\times 2$  - 反应① = 反应④, 由盖斯定律可知, 反应④的  $\Delta H = (-282 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) \times 2 - (-354 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = -210 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 故  $C_2H_6$  被  $O_2$  氧化生成  $C_2H_4$  的热化学方程式为④  $2C_2H_6(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2C_2H_4(g) + 2H_2O(g) \quad \Delta H = -210 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ; 该反应是熵增的放热反应, 任意温度下, 反应的  $\Delta H - T\Delta S$  均小于 0, 能自发进行。

(2) 由题图可知, 甲烷氧化偶联生成乙烯起始反应时, 乙烷的选择性远大于乙烯的选择性, 说明第一步反应的产物为乙烷。

(3) 由题图可知,  $n(CH_4) : n(O_2)$  在  $2 \sim 3$  时, 乙烯的选择性大于乙烷的选择性, 而  $n(CH_4) : n(O_2)$  在  $3 \sim 4$  时, 乙烯的选择性与乙烷的选择性相差不大, 且  $n(CH_4) : n(O_2)$  在  $2 \sim 3$  时  $CH_4$  的转化率大, 所以甲烷氧化偶联制乙烯时  $n(CH_4) : n(O_2)$  在  $2 \sim 3$  时更优。

(4) 由题意可知, 反应起始时  $\lg v_0 = \frac{1}{2} \lg p_0 + 1.1$  ①, 随着反应进



行,当  $C_2H_4$  的生成速率  $v$  降低到其初始生成速率  $v_0$  的  $\frac{3}{4}$  时,

$$\lg \frac{3v_0}{4} = \frac{1}{2} \lg p + 1.1 \text{ ②}, \text{联立方程①②解得氧气的分压 } p = \frac{9p_0}{16}.$$

(5) 设起始时甲烷、氧气的物质的量依次为  $3.5 \text{ mol}$ 、 $1 \text{ mol}$ , 平衡时  $CH_4$  的转化率为  $30\%$ , 乙烷和乙烯的选择性均为  $40\%$ , 则平衡时甲烷、乙烷和乙烯的物质的量分别为

$$3.5 \text{ mol} - 3.5 \text{ mol} \times 30\% = 2.45 \text{ mol}, 3.5 \text{ mol} \times 30\% \times 40\% \times \frac{1}{2} = 0.21 \text{ mol}, 3.5 \text{ mol} \times 30\% \times 40\% \times \frac{1}{2} = 0.21 \text{ mol},$$

由碳原子守恒可知,二氧化碳的物质的量为  $3.5 \text{ mol} - 2.45 \text{ mol} - 0.21 \text{ mol} \times 2 - 0.21 \text{ mol} \times 2 = 0.21 \text{ mol}$ , 由氢原子守恒可知,  $H_2O(g)$  的物质的量为

$$\frac{3.5 \text{ mol} \times 4 - 2.45 \text{ mol} \times 4 - 0.21 \text{ mol} \times 6 - 0.21 \text{ mol} \times 4}{2} = 1.05 \text{ mol},$$

由氧原子守恒可知,氧气的物质的量为

$$\frac{1 \text{ mol} \times 2 - 0.21 \text{ mol} \times 2 - 1.05 \text{ mol}}{2} = 0.265 \text{ mol}, \text{则平衡时混合气体的}$$

总物质的量为  $4.395 \text{ mol}$ , 恒温恒容条件下, 气体物质的量之比等于其压强之比, 则平衡时气体总压强为

$$\frac{4.395 \text{ mol} \times 450 \text{ kPa}}{4.5 \text{ mol}} = 439.5 \text{ kPa}, \text{则反应④的平衡常数 } K_p =$$

$$\frac{\left(\frac{0.21 \times 439.5 \text{ kPa}}{4.395}\right)^2 \times \left(\frac{1.05 \times 439.5 \text{ kPa}}{4.395}\right)^2}{\left(\frac{0.21 \times 439.5 \text{ kPa}}{4.395}\right)^2 \times \left(\frac{0.265 \times 439.5 \text{ kPa}}{4.395}\right)} \approx 416 \text{ kPa}.$$

## 题组 2

**1. C 必刷知识** ①温度对化学平衡移动的影响、沉淀转化、卤代烃的消去反应、超分子

**【解析】** 装有  $NO_2$  的密闭烧瓶冷却后气体颜色变浅是由于平衡  $2NO_2(\text{红棕色}) \rightleftharpoons N_2O_4(\text{无色})$  向生成  $N_2O_4$  的方向移动, 说明该反应为放热反应, **A 不符合题意**; 用  $Na_2CO_3$  溶液处理水垢中的  $CaSO_4$ ,  $CaSO_4$  转化为能够溶于酸的  $CaCO_3$ , 利用的是  $CaCO_3$  的溶度积更小, 即  $CaCO_3$  更难溶, 则  $K_{sp}(CaSO_4) > K_{sp}(CaCO_3)$ , **B 不符合题意**; “杯酚”能与  $C_{60}$  形成超分子, 而不能与  $C_{70}$  形成超分子, 这是因为  $C_{60}$  和  $C_{70}$  的分子大小不同, 导致“杯酚”的空腔不能适配  $C_{70}$ , **C 符合题意**; 1-溴丁烷的消去反应需在  $NaOH$  的醇溶液中加热进行, **D 不符合题意**。

**2. B 必刷知识** ①速率计算、根据图像判断速率大小

**【解析】**  $t_3 \text{ min}$  时, 反应达到平衡状态, 正、逆反应仍在进行, 只是速率相等, **A 错误**;  $t_1 \text{ min}$  时反应未达到平衡状态, 且向正反应方向进行, 即正反应速率大于逆反应速率, **B 正确**; 平衡常数只与温度有关, 与浓度无关, **C 错误**; 从题给反应看出, 物质的量浓度的变化量  $\Delta c(H^+) = 2\Delta c(VO^{2+})$ , 故  $t_2 \sim$

$$t_3 \text{ min 内平均反应速率 } v(VO^{2+}) = \frac{c_3 - c_2}{2(t_3 - t_2)} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1},$$



D 错误。

### 3. B 必刷知识 ①影响化学平衡的因素、化学平衡图像分析

#### 思路分析

从  $\ln k$  与  $\frac{1}{T}$  关系图可知,随着温度升高,  $\ln k$  逐渐增大,且  $\ln k_{-1}$  增大更多,说明升高温度,逆反应速率增大更多,平衡应逆向移动,则该反应正向应为放热反应。

【解析】该反应为放热反应,所以正反应活化能更小,即  $E_1 < E_{-1}$ , A 错误;该反应正向为放热反应,升高温度,平衡逆向移动, B 正确;达到平衡时正、逆反应速率相等,则有  $v_1 = v_{-1}$ ,所以  $\frac{k_1}{k_{-1}} = \frac{c(Q)}{c(N) \cdot c(P)}$ , C 错误;加入催化剂可加快反应速率,但不影响平衡移动,不会提高 N 的平衡转化率, D 错误。

### 4. B 必刷知识 ①水解平衡、电离平衡、沉淀的转化

【解析】盐酸不是氯元素的最高价含氧酸,不能据此比较 Cl、Si 元素的非金属性强弱, A 错误;向  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$  溶液中滴加  $\text{NaHCO}_3$  溶液,产生白色沉淀,说明结合  $\text{H}^+$  的能力:  $[\text{Al}(\text{OH})_4]^- > \text{CO}_3^{2-}$ , B 正确;  $\text{NaHCO}_3$  溶液中同时存在  $\text{HCO}_3^-$  的电离和水解,不能通过 pH 直接比较  $\text{HCO}_3^-$  和  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  的水解平衡常数, C 错误;  $\text{NaOH}$  与  $\text{MgCl}_2$  反应后,  $\text{NaOH}$  过量,再滴加  $\text{CuCl}_2$  溶液生成蓝色沉淀,不能说明是  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  转化成  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ,故无法比较二者  $K_{sp}$ , D 错误。

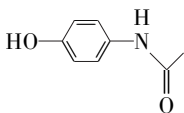
### 5. C 必刷题型 ①物质反应机理

【解析】物质的能量越低越稳定,从题图乙中可以看出,化合物 I 比 IV 能量高,因此化合物 IV 更稳定, A 错误;决速步骤为反应过程中活化能最大的步骤,从题图乙中可以看出 INT1 生成 INT2 的反应活化能并非最大, B 错误;化合物 I 变为 II 过程中,存在 C—H 键断裂和 O—H 键形成,因此存在极性键的断裂与形成, C 正确;催化剂只能改变反应速率,不能改变反应热, D 错误。

### 6. B 必刷题型 ①原电池与电解池串联

【解析】根据题给信息可确定左侧装置为原电池,右侧装置为电解池,原电池中,阴离子向负极移动,故电极 a 是负极,电极 b 是正极,电极 c 是阳极,电极 d 是阴极, A 正确;乙室是原电池的正极室,工作时,  $\text{H}_2\text{O}_2$  在电极 b 上得到电子发生还原反应,电极反应式为  $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ = 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $c(\text{H}^+)$  减小,溶液 pH 增大, B 错误;电极 c 为阳极,  $\text{CH}_3\text{CN}$  在电极 c 上发生失去电子的氧化反应,并与苯酚反应生成扑热息痛,

电极反应式为  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + \text{CH}_3\text{CN} + \text{H}_2\text{O} - 2\text{e}^- \longrightarrow$



可知,合成 1 mol 扑热息痛转移 2 mol 电子,电极 a 上发生反





应  $\text{H}_2\text{O}_2 - 2\text{e}^- + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ , 生成 1 mol 氧气, 同时从乙室转移 1 mol  $\text{SO}_4^{2-}$  到甲室, 理论上甲室质量增加  $96 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 1 \text{ mol} - 32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 1 \text{ mol} = 64 \text{ g}$ , **D 正确**。

### 7. C 必刷题型 ① 工艺流程分析

**【解析】**第一次加入纯碱时, 为了不损失 Li,  $c(\text{CO}_3^{2-}) < \frac{K_{\text{sp}}(\text{Li}_2\text{CO}_3)}{c^2(\text{Li}^+)} \approx 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 同时保证其他离子尽量除去,

则  $c(\text{CO}_3^{2-})$  接近  $10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 根据题给数据, 可生成  $\text{MgCO}_3$ 、 $\text{CaCO}_3$  和  $\text{MnCO}_3$  沉淀, **A 正确**; 过滤需要的玻璃仪器有玻璃棒、漏斗、烧杯, **B 正确**; 由 A 项分析可知, 经过沉淀池 I 后溶液中  $c(\text{CO}_3^{2-}) < 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 有  $\text{MgCO}_3$  生成, 则此时

$$c(\text{Mg}^{2+}) = \frac{K_{\text{sp}}(\text{MgCO}_3)}{c(\text{CO}_3^{2-})} > 6.8 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}, \text{且溶液进入沉淀}$$

池 II 前还经过了浓缩槽, **C 错误**; 因为  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  的溶解度随温度升高而降低, 故用热水洗涤, 可降低其溶解度, **D 正确**。

### 8. C 必刷知识 ② 弱电解质的电离平衡、溶度积常数相关计算

**思路分析** 硫化氢两步电离方程式为  $\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{HS}^- + \text{H}^+$ ,

$\text{HS}^- \rightleftharpoons \text{S}^{2-} + \text{H}^+$ ; 随着 pH 增大,  $\text{H}_2\text{S}$  逐渐转化为  $\text{HS}^-$ , 再转化为  $\text{S}^{2-}$ , 所以题图甲中①表示  $\text{H}_2\text{S}$ , ②表示  $\text{HS}^-$ , ③表示  $\text{S}^{2-}$ ; 由图像交点可得 pH=6.97 时  $c(\text{H}_2\text{S}) = c(\text{HS}^-)$ , pH=

12.90 时  $c(\text{S}^{2-}) = c(\text{HS}^-)$ , 则电离平衡常数  $K_{\text{a1}} =$

$$\frac{c(\text{HS}^-) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{H}_2\text{S})} = 10^{-6.97}, K_{\text{a2}} = \frac{c(\text{S}^{2-}) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{HS}^-)} = 10^{-12.90}。$$

$$\text{题图乙 P 点 pH}=8.94, K_{\text{a1}} = \frac{c(\text{HS}^-) \cdot 10^{-8.94}}{c(\text{H}_2\text{S})} = 10^{-6.97}, K_{\text{a2}} =$$

$$\frac{c(\text{S}^{2-}) \cdot 10^{-8.94}}{c(\text{HS}^-)} = 10^{-12.90}, \text{两式相乘得} \frac{c(\text{S}^{2-})}{c(\text{H}_2\text{S})} = 10^{-1.99}, \text{H}_2\text{S}$$

饱和溶液浓度为  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 由于电离程度非常小, 所以

$c(\text{H}_2\text{S}) \approx 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 则  $c(\text{S}^{2-}) \approx 10^{-2.99} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,

且  $-\lg c = 23.11$ ,  $c = 10^{-23.11} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 可求得  $K_{\text{sp}}(\text{M}_2\text{S}) =$

$$c^2(\text{M}^+) \cdot c(\text{S}^{2-}) \approx (10^{-23.11})^2 \times 10^{-2.99} = 10^{-49.21}, K_{\text{sp}}(\text{NS}) =$$

$$c(\text{N}^{2+}) \cdot c(\text{S}^{2-}) \approx 10^{-23.11} \times 10^{-2.99} = 10^{-26.10}; \text{随着 pH 增大,}$$

$c(\text{S}^{2-})$  会增大, 则金属阳离子浓度会减小, 且  $c(\text{N}^{2+})$  减小得更快, 所以直线④表示  $\text{M}^+$  的  $-\lg c$  与 pH 的关系, 直线⑤

表示  $\text{N}^{2+}$  的  $-\lg c$  与 pH 的关系。

**【解析】**由思路分析可知溶液中  $\text{H}_2\text{S}$  的  $\frac{K_{\text{a1}}}{K_{\text{a2}}} = 10^{5.93}$ , **A 错误**; 根据思路分析可知, 直线⑤表示  $\text{H}_2\text{S}$  饱和溶液中  $\text{N}^{2+}$  的  $-\lg c$  与

pH 的关系, **B 错误**; 由思路分析可知,  $K_{\text{sp}}(\text{M}_2\text{S}) \approx 10^{-49.21}$ , 所以  $\text{p}K_{\text{sp}} \approx 49.21$ , **C 正确**; 由题图乙可知, 向浓度均为  $0.01$

$\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{M}^+$  和  $\text{N}^{2+}$  的混合溶液中逐滴加入硫化氢饱和溶





液,当  $c(\text{S}^{2-}) \approx \frac{10^{-49.21}}{(10^{-2})^2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 10^{-45.21} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  时,  $\text{M}^+$  开始沉淀,当  $c(\text{S}^{2-}) \approx \frac{10^{-26.1}}{10^{-2}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 10^{-24.1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  时,  $\text{N}^{2+}$  开始沉淀,所以  $\text{M}^+$  会先沉淀,当  $\text{M}^+$  沉淀完全时,溶液中  $c(\text{S}^{2-}) \approx \frac{10^{-49.21}}{(10^{-5})^2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 10^{-39.21} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} < 10^{-24.1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,此时  $\text{N}^{2+}$  还未开始沉淀,所以能通过滴加  $\text{H}_2\text{S}$  饱和溶液实现分离, **D** 错误。

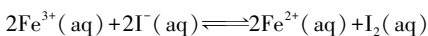
### 9. (1) (b-a) $1.2 \times 10^{-4}$

(2) 计算得  $m=2$ 、 $n=1$ , 则  $m>n$ , 故  $\text{I}^-$  浓度对反应速率的影响大于  $\text{Fe}^{3+}$  浓度对反应速率的影响

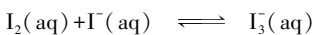
(3) ①乙 ②0.003  $3.3 \times 10^{-4}$  变小

**必刷知识** ①盖斯定律的应用、化学反应速率与化学计量数之间的关系、化学平衡常数的计算

**【解析】** (1) 由盖斯定律可知, 反应 III - 反应 II 可得  $2\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 2\text{I}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{I}_2(\text{aq}) \quad \Delta H_1 = \Delta H_3 - \Delta H_2 = (b-a) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;  $\text{FeCl}_3$  和  $\text{KI}$  的初始浓度均为  $0.013 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 90 min 时, 溶液中  $c(\text{I}_3^-) = c(\text{I}_2) = 0.0027 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 设反应 I 生成的  $\text{I}_2$  的浓度为  $x \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 反应 II 转化的  $\text{I}_2$  的浓度为  $y \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 则



转化浓度/( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )  $2x \quad 2x \quad x$



转化浓度/( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )  $y \quad y \quad y$

$y = 0.0027$ ,  $x - y = 0.0027$ ,  $x = 0.0054$ , 0 ~ 90 min 内,

$$v(\text{Fe}^{3+}) = \frac{2 \times 0.0054}{90} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} = 1.2 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}。$$

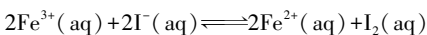
(2) 由已知数据可知,  $0.032k_{\text{正}} = 0.20^m \times 0.80^n \cdot k_{\text{正}}$ 、 $0.128k_{\text{正}} = 0.80^m \times 0.20^n \cdot k_{\text{正}}$ 、 $0.144k_{\text{正}} = 0.60^m \times 0.40^n \cdot k_{\text{正}}$ , 解得  $m=2$ 、 $n=1$ , 则  $m>n$ , 故  $\text{I}^-$  浓度对反应速率的影响大于  $\text{Fe}^{3+}$  浓度对反应速率的影响。

(3) ①投料比  $\frac{c_0(\text{Fe}^{3+})}{c_0(\text{I}^-)}$  增大, 相当于  $c(\text{I}^-)$  减小,  $c_{\text{平}}(\text{Fe}^{3+})$  增

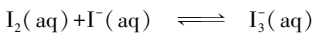
大, 反应 II 平衡逆向移动,  $c_{\text{平}}(\text{I}_3^-)$  减小,  $c_{\text{平}}(\text{I}_2)$  增大, 当  $\frac{c_0(\text{Fe}^{3+})}{c_0(\text{I}^-)}$  较小时,  $\text{I}^-$  过量, 生成的  $\text{I}_2$  会更多地转化为  $\text{I}_3^-$ ,

$c_{\text{平}}(\text{I}_2)$  较小, 则表示  $c_{\text{平}}(\text{Fe}^{3+})$  的曲线是甲, 表示  $c_{\text{平}}(\text{I}_2)$  的曲线为乙, 表示  $c_{\text{平}}(\text{I}_3^-)$  的曲线是丙。②按  $\frac{c_0(\text{Fe}^{3+})}{c_0(\text{I}^-)} = 1.0$  投料,

则  $c_0(\text{Fe}^{3+}) = c_0(\text{I}^-) = 0.013 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  反应达到平衡后, 设反应 I 生成  $\text{I}_2$   $a \text{ mol}$ , 反应 II 消耗  $\text{I}_2$   $b \text{ mol}$ , 根据已知条件列式:



转化浓度/(mol · L<sup>-1</sup>)    2a          2a                      2a                      a



转化浓度/(mol · L<sup>-1</sup>)    b                      b                                      b

由题图乙可知,  $b = 0.002$ ,  $c_{\text{平}}(\text{Fe}^{3+}) = c_{\text{平}}(\text{I}_2)$ , 即  $0.013 - 2a = a - b$ , 解得  $a = 0.005$ ,  $c_{\text{平}}(\text{I}_2) = 0.005 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} - 0.002 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.003 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 反应 I 的平衡常数  $K =$

$$\frac{0.003 \times 0.01^2}{(0.013 - 0.01 - 0.002)^2 \times 0.003^2} \approx 3.3 \times 10^4; \text{反应平衡后再加}$$

入少量  $\text{CCl}_4$  充分振荡,  $\text{I}_2$  进入  $\text{CCl}_4$  中, 反应 II 平衡逆向移动,  $c_{\text{平}}(\text{I}^{-})$  增大、 $c_{\text{平}}(\text{I}_3^{-})$  减小, 温度不变, 反应 II 的平衡常数

$$K_2 = \frac{c_{\text{平}}(\text{I}_3^{-})}{c_{\text{平}}(\text{I}_2) \cdot c_{\text{平}}(\text{I}^{-})} \text{ 不变, 则重新平衡后水溶液中 } c_{\text{平}}(\text{I}_2) \cdot$$

$c_{\text{平}}(\text{I}^{-})$  的值变小。