

模块三 化学反应原理

第五章 化学反应的热效应

第1节 化学反应与能量变化

刷基础

1. A **考查点** ▶ 吸热反应和放热反应, 化学键与化学反应中的能量关系, 可逆反应及反应限度

【解析】由题图可知, 该反应为反应物总能量大于生成物总能量的放热反应, A 正确; 该反应为放热反应, 升高温度, 平衡向逆反应方向移动, 反应物的转化率减小, B 错误; 由化学方程式可知, 该反应为可逆反应, 可逆反应不可能进行完全, 原料的转化率不

关键点

可能达 100%, C 错误; 该反应为反应物总能量大于生成物总能量的放热反应, 则断裂反应物化学键吸收的能量小于形成生成物化学键放出的能量, D 错误。

2. B **考查点** ▶ 吸热反应和放热反应、基元反应与反应历程

【解析】该反应为放热反应, 则生成物总能量小于反应物总能量; 第一步为慢反应, 第二步为快反应, 则第一步活化能大于第二步

关键点

活化能, 故 B 正确。

3. B **考查点** ▶ 根据 $\Delta H = \text{反应物的键能之和} - \text{生成物的键能之和}$ 计算, 盖斯定律与热化学方程式, 吸热反应和放热反应, 化学键与化学反应中的能量关系

【解析】根据信息反应 I 为放热反应, 可知题图甲中过程①为放热反应; 利用盖斯定律将 $\text{I} - \text{II} \times 3$ 得 $2\text{NH}_3(\text{g}) = \text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$ $\Delta H = -32.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 3 \times (-41.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = +92.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 可知题图甲中过程②是吸热反应, A 错误。反应 II $\Delta H_2 < 0$, 为放热反应, 反应 II 的能量变化如题图乙所示, B 正确。 $\Delta H = \text{反应物总键能} - \text{生成物总键能}$, 根据信息可知 $\Delta H_1 < 0$, 即 3 mol $\text{N}_2\text{H}_4(\text{g})$ 所含的化学键能量小于 1 mol $\text{N}_2(\text{g})$ 和 4 mol $\text{NH}_3(\text{g})$ 的化学键能量, C 错误。 $\text{I} - \text{II} \times 2$ 得 $\text{N}_2\text{H}_4(\text{g}) = \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g})$ ΔH , 根据盖斯定律得 $\Delta H = -32.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 2 \times (-41.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = +50.7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, D 错误。

4. D **考查点** ▶ 反应历程分析

【解析】由题图可知, Cl 原子是历程 II 的催化剂, 催化剂不能改变反应的反应热, 则历程 I、II 的反应热相等, 即 $\Delta H = E_6 - E_3 = E_5 - E_2$, A、B 正确; 活化分子具有的平均能量与反应物分子具有的平均能量之差为活化能, 因此历程 I 的活化能为 $E_1 - E_3$, C 正确; 催化剂只能改变反应速率, 不能改变反应物的平衡转化率, 即相同条件下 O_3 的平衡转化率: 历程 II = 历程 I, D 错误。

刷提分

1. A **突破点** ▶ 吸热反应和放热反应、活化能对反应速率的影响

题图解读

由题图可知, 反应初期随着时间的推移, M 的浓度逐渐减小、N 和 P 的浓度逐渐增大, 一段时间后, M 和 N 的浓度逐渐减小、P 的浓度继续增大, 说明 $\text{M}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}(\text{g})$ ($\Delta H_1 > 0$) 的反应速率大于 $\text{N}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{P}(\text{g})$ ($\Delta H_2 < 0$) 的反应速率, 则反应 $\text{M}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}(\text{g})$ ($\Delta H_1 > 0$) 的活化能小于反应 $\text{N}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{P}(\text{g})$ ($\Delta H_2 < 0$) 的活化能。

【解析】图像显示 M 的能量低于 N 的能量, N 的能量高于 P 的能

量,则符合 $M(g) \rightleftharpoons N(g)$ 为吸热反应, $N(g) \rightleftharpoons P(g)$ 为放热反应,且图像显示 $M(g) \rightleftharpoons N(g)$ 的活化能小于 $N(g) \rightleftharpoons P(g)$ 的活化能,A 正确;图像显示 N 的能量低于 P 的能量,则不符合 $N(g) \rightleftharpoons P(g)$ 为放热反应,B 错误;图像显示 M 的能量高于 N 的能量,则不符合 $M(g) \rightleftharpoons N(g)$ 为吸热反应,C 错误;图像显示 $M(g) \rightleftharpoons N(g)$ 的活化能大于 $N(g) \rightleftharpoons P(g)$ 的活化能,D 错误。

2. (1) ① 5.0 ② 250 mL 容量瓶、胶头滴管、玻璃棒

(2) ① $>$ $NH_3 \cdot H_2O$ 为弱碱,电离需要吸热

② $-4 \times 4.18(c-a) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ [或 $-16.72(c-a) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$]

(3) 第一步 $2H_2O_2 \xrightarrow{KI} O_2 \uparrow + 2H_2O$

突破点 ▶ 中和反应反应热的测定与误差分析、催化剂对化学反应速率的影响、配制实验的仪器

【解析】(1) ① 没有 245 mL 的容量瓶,只能用 250 mL 的容量瓶,需要称量 NaOH 固体的质量 $m = nM = cVM = 0.50 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.25 \text{ L} \times 40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 5.0 \text{ g}$ 。② 配制一定浓度的溶液时需要的仪器有量筒、烧杯、玻璃棒、胶头滴管、250 mL 容量瓶。

(2) ① 实验 i 是强酸和强碱发生的中和反应,实验 ii 是强酸和弱碱发生的中和反应,由于弱碱 $NH_3 \cdot H_2O$ 电离会吸热,实验 ii 放

关键点

出的热量没有实验 i 的多,则反应后体系温度: $b > c$ 。

② $HCl(aq) + NH_3 \cdot H_2O(aq) = NH_4Cl(aq) + H_2O(l)$ 实验过程中放出的热量 $Q = \rho V_{\text{总}} \cdot \Delta T = 4.18 \times 10^{-3} \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \times 1.0 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1} \times (20+20) \text{ mL} \times (c-a) ^\circ\text{C} = 0.1672(c-a) \text{ kJ}$,则反应的

$$\Delta H = -\frac{Q}{n(H_2O)} = -\frac{0.1672(c-a) \text{ kJ}}{0.01 \text{ mol}} = -16.72(c-a) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}。$$

(3) 慢反应为决速步骤,故该反应的决速步骤为第一步;总反应方程式=第一步反应+第二步反应,即在 KI 为催化剂的条件下, H_2O_2 分解生成氧气和水,化学方程式为 $2H_2O_2 \xrightarrow{KI} O_2 \uparrow + 2H_2O$ 。

3. D 创新点 ▶ 盖斯定律复杂应用、热化学知识综合考查

思路分析

由题表可知,实验 I 反应后温度降低,则⑥

$HCO_3^-(aq) + H^+(aq) = CO_2(g) + H_2O(l) \quad \Delta H_6 > 0$;实验 II 反应后温度升高,则⑦ $CO_3^{2-}(aq) + 2H^+(aq) = CO_2(g) + H_2O(l) \quad \Delta H_7 < 0$ 。

【解析】由盖斯定律可知①+②+③得⑦ $CO_3^{2-}(aq) + 2H^+(aq) = CO_2(g) + H_2O(l)$,则 $\Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 = \Delta H_7 < 0$,A 正确;实验 II 中 Na_2CO_3 与盐酸反应,第一步是 $CO_3^{2-}(aq) + H^+(aq) \rightleftharpoons HCO_3^-(aq)$,整个反应放热,第二步反应(实验 I)吸热,所以第一步反应的 $\Delta H_1 < 0$,B 正确;⑤为氢离子和氢氧根离子反应生成水,属于中和反应,中和反应放热, $\Delta H_5 < 0$,③为 $H_2CO_3(aq)$ 分解为 $CO_2(g)$ 和 $H_2O(l)$,分解反应吸热, $\Delta H_3 > 0$,则 $\Delta H_3 > \Delta H_5$,C 正确;由盖斯定律可知,⑦-2×⑥得④ $CO_3^{2-}(aq) + CO_2(g) + H_2O(l) = 2HCO_3^-(aq) \quad \Delta H_4 = \Delta H_7 - 2\Delta H_6 < 0$,D 错误。

第 2 节 热化学方程式的书写及反应热的计算

刷基础

1. D 考查点 ▶ 常见能量转化形式、热化学方程式书写及正误判断、盖斯定律与热化学方程式

【解析】题给循环过程至少涉及四种能量转化方式:太阳能→热能→化学能→热能→电能,A 正确;结合已知信息可知,2 mol $H_2SO_4(l)$ 完全分解为二氧化硫、氧气和水蒸气,吸收热量 551 kJ,热化学方程式为 $2H_2SO_4(l) = 2SO_2(g) + 2H_2O(g) + O_2(g)$

$\Delta H = +551 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, B 正确; 64 g S(s) 的物质的量为 2 mol, 已知 64 g 固态硫完全燃烧放出热量为 592 kJ, 则 1 mol S(s) 完全燃烧放出热量 296 kJ, 热化学方程式为 $\text{S(s)} + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{SO}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -296 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, C 正确; $-(\text{反应 I} + \text{反应 III}) = \text{反应 II}$, 根据盖斯定律, $\Delta H = -551 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + 296 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -255 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, D 错误。

2. D 考查点 ▶ 热化学方程式书写及正误判断

【解析】燃烧热指 1 mol 可燃物完全燃烧生成指定产物时所释放的热量, H_2 的燃烧热应是 1 mol $\text{H}_2(\text{g})$ 和 0.5 mol $\text{O}_2(\text{g})$ 反应生成 1 mol 液态水放出的热量, A 错误; 根据 1 mol SO_2 、0.5 mol O_2 完全反应后, 放出热量 98.3 kJ 可知, 2 mol SO_2 、1 mol O_2 完全反应后, 放出热量 196.6 kJ, 因此 $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g}) \quad \Delta H = -196.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, B 错误; 根据 $\text{H}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -57.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 以及题给反应, 生成 BaSO_4 沉淀也会放热, 则放出的热量大于 114.6 kJ, $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + \text{Ba}(\text{OH})_2(\text{aq}) \longrightarrow \text{BaSO}_4(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H < -114.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, C 错误; 根据 31 g (即 0.25 mol) 白磷比 31 g (即 1 mol) 红磷能量多 $b \text{ kJ}$, 白磷转化为红磷会释放能量, 1 mol 白磷固体变为 4 mol 红磷固体释放 $4b \text{ kJ}$ 的热量, 即 $\text{P}_4(\text{白磷, s}) \longrightarrow 4\text{P}(\text{红磷, s}) \quad \Delta H = -4b \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, D 正确。

易错警示

热化学方程式书写中易出现的 5 种常见错误

- (1) 对概念的理解不正确。如燃烧热是指 1 mol 可燃物完全燃烧生成指定产物 $\text{CO}_2(\text{g})$ 、 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 、 $\text{SO}_2(\text{g})$ 等时放出的热量; 中和热是指 1 mol H^+ (稀溶液) 和 1 mol OH^- (稀溶液) 生成 1 mol $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 时放出的热量。
- (2) 物质的状态标注不正确。s、l、g 和 aq 分别表示固态、液态、气态和水溶液。
- (3) “+”“-”漏写或使用不正确。吸热反应应标“+”, 放热反应应标“-”。
- (4) ΔH 的数值不正确。即 ΔH 的数值必须与热化学方程式中的化学计量数相对应。
- (5) ΔH 的单位与热量 Q 单位混淆。 ΔH 的单位为“ $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ”, 易错写成 Q 的单位“ kJ ”。

3. D 考查点 ▶ 根据盖斯定律计算反应热

【解析】由题干可知生成 2.33 g 白色沉淀 (即 0.01 mol BaSO_4) 和 0.01 mol H_2O 放热 0.59 kJ, 对应的热化学方程式为 $\text{Ba}(\text{OH})_2(\text{aq}) + \text{NaHSO}_4(\text{aq}) \longrightarrow \text{BaSO}_4(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{NaOH}(\text{aq}) \quad \Delta H = -59 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$; 结合题干所给信息 $\text{Ba}(\text{OH})_2(\text{aq}) + 2\text{HCl}(\text{aq}) \longrightarrow \text{BaCl}_2(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -114.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 知酸碱中和反应生成 1 mol $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 放出 57.3 kJ 热量, 结合盖斯定律可知 $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2(\text{aq}) \longrightarrow \text{BaSO}_4(\text{s}) + 2\text{NaNO}_3(\text{aq}) \quad \Delta H = [-59 - (-57.3)] \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -1.7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 故答案选 D。

4. C 考查点 ▶ 吸热反应和放热反应、盖斯定律与热化学方程式、根据 $\Delta H = \text{生成物的总能量} - \text{反应物的总能量}$ 计算

【解析】由题图可知, 步骤 I 的活化能大于步骤 II, 步骤 I 为慢反应, 步骤 II 为快反应, 步骤 I 的速率小于步骤 II, A 正确; 步骤 I、II 和总反应中生成物的总能量均高于反应物, 都是吸热反应, B 正确; 步骤 II 的反应热 = 生成物的总能量 - 反应物的总能量 = $+(E_3 - E_2) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, C 错误; 由盖斯定律可知, 步骤 I 反

应+步骤Ⅱ反应可得总反应,热化学方程式为 $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g})$ $\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2$, D 正确。

5. A 考查点 ▶ 反应热的计算

【解析】由图可知, ① $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\Delta H_1 = -241.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$; ② $\text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g})$ $\Delta H_2 = +283.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, $\Delta H_1 + \Delta H_2 = \Delta H + 72.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, $\Delta H = (-241.8 + 283.0 - 72.6) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -31.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。故选 A。

刷 提分

1. B 突破点 ▶ 根据图示计算第一电离能

【解析】由题图可得 $\text{K}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{K}^+(\text{g})$ $I_1(\text{K})$, 根据盖斯定律可得 $\Delta H_1 + I_1(\text{K}) + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4 = \Delta H_5$, 解得 $I_1(\text{K}) = +419 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 故选 B。

2. B 考查点 ▶ 盖斯定律、根据 $\Delta H =$ 反应物的键能之和 - 生成物的键能之和计算

【解析】形成化学键时释放能量, $\text{H}(\text{g}) + \text{Cl}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{HCl}(\text{g})$ $\Delta H = -431 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, A 错误; $\Delta H =$ 反应物总键能 - 生成物总键能, 根据反应①可知, $431 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \times 4 + E(\text{O}=\text{O}) - 243 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \times 2 - 4E(\text{H}-\text{O}) = -112.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 整理得 $4E(\text{H}-\text{O}) - E(\text{O}=\text{O}) = 1350.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, B 正确; $2\text{HCl}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ $\Delta H = 2 \times 431 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 436 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 243 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = +183 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, C 错误; 由 C 项可知反应② $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HCl}(\text{g})$ $\Delta H_2 = -183 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 反应① $4\text{HCl}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\Delta H_1 = -112.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 由盖斯定律, ② $\times \frac{1}{2}$ ① 得出 $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\Delta H = -239.45 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 生成物是气态水, D 错误。

3. (1) $\text{BaSO}_4(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ba}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ $\Delta H = +40 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ (2) $\text{H}_2\text{S}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{S}(\text{s}) + \text{H}_2(\text{g})$ $\Delta H = +20 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

突破点 ▶ 盖斯定律、热化学方程式的书写、元素周期律

【解析】(1) 由题意可得热化学方程式: ① $\text{H}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ $\Delta H = -57.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, ② $\text{Ba}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{BaSO}_4(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ $\Delta H = -154.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 由盖斯定律可知, 反应① $\times 2$ - 反应② 得到硫酸钡固体沉淀溶解平衡 $\text{BaSO}_4(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ba}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$, 则 $\Delta H = (-57.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) \times 2 - (-154.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = +40 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 故 BaSO_4 固体沉淀溶解平衡的热化学方程式为 $\text{BaSO}_4(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ba}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ $\Delta H = +40 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(2) 同主族元素, 从上到下非金属性依次减弱, 气态氢化物的热稳定性依次减弱, 生成气态氢化物的焓变 ΔH 依次增大, 则 c 表示硫化氢, 由题图可知, 生成硫化氢的热化学方程式为 $\text{S}(\text{s}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S}(\text{g})$ $\Delta H = -20 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 所以硫化氢发生分解反应的热化学方程式为 $\text{H}_2\text{S}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{S}(\text{s}) + \text{H}_2(\text{g})$ $\Delta H = +20 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

4. C 创新点 ▶ 盖斯定律、活化能对反应速率的影响

【解析】由题图可知, 途径Ⅰ中反应 $2\text{A}(\text{g}) + \text{C}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{E}(\text{g})$ 的 $\Delta H = (E_{\text{a1}} - E_{\text{a2}} + E_{\text{a3}} - E_{\text{a4}}) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, A 正确; 反应③的活化能大于反应④的活化能, 活化能越大反应速率越慢, 总反应速率由最慢的步骤决定, 故途径Ⅱ中 $\text{A}(\text{g})$ 转化为 $\text{E}(\text{g})$ 的反应速率是由

反应③决定的,B 正确;根据盖斯定律,途径 I 和途径 II 总反应的焓变相等,即 $\Delta H_I = \Delta H_{II}$,C 错误;由题图可知,途径 II 中反应④的活化能小于反应③的活化能,活化能越小反应速率越快,故反应④的反应速率大于反应③的反应速率,物质 N(g) 很难大量积累,D 正确。

全章真题训练

刷真题

刷小题

1. A 命题点 ▶ 化学与科技

【解析】液氮比较稳定,难于反应,不能作为火箭推进剂,A 符合题意;液氧、液态 NO_2 具有氧化性,液氢、肼、煤油具有还原性,都易发生氧化还原反应,放出大量的热,氧化剂和还原剂的组合可作为火箭推进剂,B、C、D 不符合题意。

2. B 命题点 ▶ NH_4Cl 和 $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 反应实验分析

【解析】烧瓶壁变冷说明存在吸热反应,即存在 $\Delta H > 0$ 的反应,A 错误;湿润的红色石蕊试纸会变蓝,说明有碱性气体生成,开始阶段发生的反应为 $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{BaCl}_2 + 2\text{NH}_3 \uparrow + 10\text{H}_2\text{O}$,该反应的 $\Delta S > 0$,碱性气体为 NH_3 ,B 正确;浓盐酸挥发出的 HCl 气体可与氨气反应生成 NH_4Cl ,该反应过程产生白烟,不是 NH_4Cl 升华,C 错误;开始反应阶段有 NH_3 生成,体系压强增大,使气球变大,滴加浓盐酸后会消耗 NH_3 ,体系压强减小,使气球变小,气球不会一直变大,D 错误。

3. C 命题点 ▶ 分解氯化铵的物质转化过程分析

【解析】由题给物质转化关系图知,反应①为 $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{MgO} \longrightarrow \text{Mg}(\text{OH})\text{Cl} + \text{NH}_3 \uparrow$,反应②为 $\text{Mg}(\text{OH})\text{Cl} \longrightarrow \text{MgO} + \text{HCl} \uparrow$,即 a 为 NH_3 、b 为 $\text{Mg}(\text{OH})\text{Cl}$ 、c 为 HCl 、d 为 MgO ,A、B 错误;通入水蒸气可以促进 MgCl_2 水解为 $\text{Mg}(\text{OH})\text{Cl}$,减少副产物 MgCl_2 的产生,C 正确;氯化铵直接分解的反应 = 反应① + 反应②,根据盖斯定律知,反应①、②的反应热之和等于氯化铵直接分解的反应热,D 错误。

4. D 命题点 ▶ 能量的转化,涉及热能、电能、燃烧热等

【解析】氢气燃烧热为 101 kPa 时 1 mol 氢气完全燃烧生成液态水放出的热量,则由题给热化学方程式可知,氢气燃烧热 $\Delta H = -571.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \times \frac{1}{2} = -285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,A 正确;由能量守恒定律可知,2 mol H_2 和 1 mol O_2 在燃料电池中完全反应,电功 + 放热量 = 571.6 kJ,B 正确;氢气是易燃易爆的气体,临界温度低,难以安全储存与运输,所以氢能利用的关键技术在于安全储存与运输,C 正确;不同电极材料电解水所需电压不同,产生 2 g 氢气转移电子数相同,所需电量相同, $W = UQ$,消耗的电功不相同,D 错误。

5. B 命题点 ▶ 化学反应与能量,涉及反应自发性判断、平衡移动、活化能等

【解析】根据 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$,该反应 $\Delta H < 0$ 、 $\Delta S < 0$,故低温能自发进行,但反应自发不代表不需要反应条件,A 错误;该反应为放热反应,升高温度,平衡逆向移动,平衡常数减小,B 正确;该反应为放热反应,则 $E_{\text{正}} - E_{\text{逆}} < 0$,即正反应的活化能小于逆反应的活化能,C 错误;设题给 3 个反应分别为反应 I、II、III,对应的焓变分别为 ΔH_1 、 ΔH_2 、 ΔH_3 ,反应 III = 反应 I - 反应 II,根据盖斯定律,

$\Delta H_3 = \Delta H_1 - \Delta H_2$, ΔH_1 和 ΔH_2 的相对大小未知, 则无法确定 ΔH_3 是否小于 0, D 错误。

6. B 命题点 ▶ 焓变、化学反应速率与活化能

【解析】由题给信息可知, 体系中发生的两个反应均为放热反应, 则物质的能量: $X > Y > Z$; Y 为中间产物, 由浓度-时间关系图可知, 反应前期 Y 的浓度急速增大, 设 $X(g) \rightleftharpoons Y(g)$ 为反应 1, $Y(g) \rightleftharpoons Z(g)$ 为反应 2, 则反应 1 的速率 > 反应 2 的速率, 已知速率越大, 反应活化能越小, 则反应 1 的活化能小于反应 2 的活化能, 即过渡态 1 与 X 的能量差小于过渡态 2 与 Y 的能量差。综上所述可知, B 正确。

刷大题

7. (1) < (2) - (2a+3b-c)

(3) 500 K 时, 反应的平衡常数很小, 反应正向进行程度小 (或 500 K 时催化剂失活等, 合理即可)

命题点 ▶ 反应热的计算

【解析】(1) 随温度升高, 平衡常数减小, 说明温度升高, 平衡逆向移动, 正反应为放热反应 ($\Delta H < 0$)。

(2) 合成反应的热化学方程式为 $2CO(g) + 3H_2(g) \xrightarrow{\text{催化剂}} HOCH_2CH_2OH(g) \quad \Delta H$; 各物质的燃烧热的热化学方程式为 ①

$CO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) = CO_2(g) \quad \Delta H_1 = -a \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、② $H_2(g) +$

$\frac{1}{2}O_2(g) = H_2O(l) \quad \Delta H_2 = -b \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、

③ $HOCH_2CH_2OH(g) + \frac{5}{2}O_2(g) = 2CO_2(g) + 3H_2O(l)$

$\Delta H_3 = -c \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 目标反应 = 2×反应① + 3×反应② - 反应③, 则 $\Delta H = 2\Delta H_1 + 3\Delta H_2 - \Delta H_3 = -(2a+3b-c) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(3) 该反应为放热反应, 温度升高平衡常数减小, 500 K 时平衡常数 $< 1.3 \times 10^{-3}$, 即反应正向进行的程度很小, 故即使压强很大, 乙二醇产率也很低; 也可能是在高温条件下, 催化剂失去活性。

8. (1) ①AD ②0.550 0

(2) $418(T_1 - T_0)$

(3) ① > ② $-20.9(b-a) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ [或 $-41.8(c-a) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$]

(4) 抑制 Fe^{3+} 水解 $Fe + 2H^+ = Fe^{2+} + H_2 \uparrow$ 将一定量的 Cu 粉加入一定浓度的 $Fe_2(SO_4)_3$ 溶液中反应, 测量反应热, 计算得到反应 $Cu(s) + Fe_2(SO_4)_3(aq) = CuSO_4(aq) + 2FeSO_4(aq)$ 的焓变 ΔH_1 ; 根据 (3) 中实验计算得到反应的焓变 ΔH_2 ; 利用盖斯定律计算得到反应 A 的焓变为 $\Delta H_1 + \Delta H_2$

(5) 燃料燃烧; 铝热反应焊接铁轨等 (合理即可)

命题点 ▶ 以测量反应热为情境, 涉及酸碱中和滴定、盐类水解的应用、方程式书写、实验设计、化学计算等

【解析】(1) ①酸碱中和滴定需要用到的仪器有锥形瓶、碱式滴定管, 故选 AD。②HCl 与 NaOH 按照 1:1 进行酸碱中和反应, 滴定过程中二者参与反应的物质的量相同, 若分别以序号 1、2 代表 HCl、NaOH, 根据 $c_1V_1 = c_2V_2$ 可得, $c(\text{HCl}) = \frac{0.500 0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 22.00 \times 10^{-3} \text{ L}}{20.00 \times 10^{-3} \text{ L}} = 0.550 0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(2) 由公式 $Q = c\rho V_{\text{总}} \cdot \Delta T$ 可得, $Q = 4.18 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \times 1.0 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1} \times 100 \text{ mL} \times (T_1 - T_0) ^\circ\text{C} = 418(T_1 - T_0) \text{ J}$ 。

(3) ①根据 $\text{Fe} + \text{CuSO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{Cu}$ 可知参加反应的 Fe 和 CuSO_4 物质的量相等, 实验中, $n(\text{CuSO}_4) = 0.20 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 100 \times 10^{-3} \text{ L} =$

关键点

0.020 mol , 在序号 i 的实验中, $n(\text{Fe}) = \frac{1.20 \text{ g}}{56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \approx 0.021 \text{ mol} >$

0.020 mol , 故 Fe 过量, CuSO_4 完全反应, 在序号 ii 的实验中,

$n(\text{Fe}) = \frac{0.56 \text{ g}}{56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.01 \text{ mol} < 0.020 \text{ mol}$, 故 CuSO_4 过量, Fe 完

全反应, 序号 i 实验中参加反应的 Fe 的物质的量大于序号 ii 实验, 故序号 i 实验的反应放出热量更多, 反应后温度更高, 温度:

$b > c$ 。②已知该反应为放热反应, 说明 $\Delta H < 0$, 则 $\Delta H = -\frac{Q}{n}$, 利用

(2) 的结论, 代入序号 i 实验的数据, 则有 $\Delta H = \frac{-418(b-a) \times 10^{-3} \text{ kJ}}{0.020 \text{ mol}} = -20.9(b-a) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$; 代入序号 ii 实验的

数据, 则有 $\Delta H = \frac{-418(c-a) \times 10^{-3} \text{ kJ}}{0.01 \text{ mol}} = -41.8(c-a) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(4) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 为强酸弱碱盐, Fe^{3+} 水解可生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 和 H^+ , 加入酸可抑制 Fe^{3+} 水解; 由题中信息 pH 不大于 1, 说明溶液中存在大量 H^+ , 加入铁粉有气泡冒出, 说明 Fe 与 H^+ 反应生成氢气; 在(3)中已求出 $\text{Fe}(\text{s}) + \text{CuSO}_4(\text{aq}) = \text{FeSO}_4(\text{aq}) + \text{Cu}(\text{s})$ 的焓变, 要获得反应 A 的焓变, 只需要测出 Cu 与硫酸铁溶液反应的焓变, 即可利用盖斯定律求出反应 A 的焓变, 也可以设计原电池, 铁做负极, 硫酸铁做电解质溶液, 设计成双液原电池避免产生气体, 测量电动势或电压, 计算反应 A 的焓变。

(5) 燃料的燃烧、铝热反应、煤气炉、自热火锅等都涉及化学能转化为热能。

易错警示

(1) 中注意有效数字的保留; (2) 中反应为放热反应, 反应后温度高于反应前, 故应用 $T_1 - T_0$ 。