

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. B 考查点 键能与焓变的计算

【解析】由图可知，反应 $\text{CO}(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g})$ 的焓变 $\Delta H = (110.5 - 393.5) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -283 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，反应的焓变等于反应物键能总和减去生成物键能总和，设 $\text{CO}(\text{g})$ 中碳氧键键能为 $x \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，则 $x + \frac{a}{2} - 2 \times b = -283$ ， $x = -283 + 2b - \frac{a}{2}$ 。故选 B。

2. D 考查点 化学键与化学反应中能量的关系、吸热反应和放热反应、根据键能计算 ΔH

【解析】水分解成氢气和氧气需吸收能量，则利用太阳光在新型复合光催化剂表面实现高效分解水的过程中实现了光能转化为化学能，A 正确；过程 I 为化学键的断裂，吸收能量，而过程 II 为断裂 $\text{O}-\text{H}$ 、形成 $\text{H}-\text{H}$ ， $\text{O}-\text{H}$ 键能高于 $\text{H}-\text{H}$ 键能，释放能量，B 正确； $\Delta H = \text{反应物的键能总和} - \text{生成物的键能总和}$ ，则 $\Delta H = (463 \times 4 - 436 - 138 - 463 \times 2) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = +352 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，C 正确； $2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow[\text{光照}]{\text{催化剂}} 2\text{H}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$ 为吸热反应，图示代表放热反应，D 错误。

关键点拨 化学键的断裂和形成的过程一定伴随着能量的吸收和释放，旧键断裂吸热，新键形成放热。

3. B 考查点 活化能对速率的影响、吸热反应和放热反应

【解析】总反应为放热反应，则生成物总能量小于反应物总能量，第 I 步为慢反应，第 II 步为快反应，则第 I 步活化能大于第 II 步活化能，故选 B。

4. A 考查点 化学反应中能量变化、吸热反应和放热反应

思路分析 化学反应的能量变化只和反应物总能量和生成物总能量的相对大小有关，放热反应： $E(\text{所有反应物}) > E(\text{所有生成物})$ ；吸热反应： $E(\text{所有反应物}) < E(\text{所有生成物})$ 。

【解析】反应 1 为放热反应，则反应物的总能量高于生成物的总能量，反应 2 为吸热反应，则反应物的总能量低于生成物的总能量，B、C 均错误；反应 1 的速率大于反应 2 的速率，说明反应 1 的活化能小于反应 2 的活化能，A 正确，D 错误。

5. B 考查点 化学平衡状态的判断方法、吸热反应和放热反应、 $\Delta H = \text{反应物的键能之和} - \text{生成物的键能之和}$

【解析】使用催化剂可降低反应的活化能，但不改变反应的焓变，A 错误；在反应中，化学反应速率之比等于化学计量数之比，故

关键点

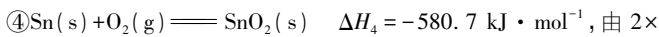
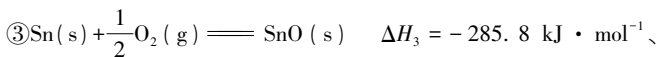
$2v_{\text{正}}(\text{N}_2) = v_{\text{正}}(\text{NH}_3)$ ，当 $2v_{\text{正}}(\text{N}_2) = v_{\text{逆}}(\text{NH}_3)$ 时， $v_{\text{正}}(\text{NH}_3) = v_{\text{逆}}(\text{NH}_3)$ ，反应达到平衡状态，B 正确；断开 1 mol $\text{N}_2(\text{g})$ 和 3 mol $\text{H}_2(\text{g})$ 中的化学键需要吸收 $a \text{ kJ}$ 的能量，C 错误；由题图可知，该反应为放热反应，则 1 mol $\text{N}_2(\text{g})$ 和 3 mol $\text{H}_2(\text{g})$ 的总键能比 2 mol $\text{NH}_3(\text{g})$ 的总键能小，D 错误。

易错警示 题中 $a \text{ kJ}$ 为旧键断裂所需要吸收的能量，即反应物总键能， $b \text{ kJ}$ 为新键形成所释放的能量，即生成物总键能。

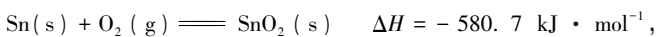
刷提分

1. C 突破点 生成热与物质稳定性之间的关系、化学反应中热量 (Q) 及 ΔH 相关计算、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】由图可知,四种含锡物质中 $\text{SnO}_2(\text{s})$ 的生成热最小,则 $\text{SnO}_2(\text{s})$ 的能量最低,也最稳定,A 正确;由生成热的定义可得热化学方程式:① $\text{Sn}(\text{s}) + \text{Cl}_2(\text{g}) = \text{SnCl}_2(\text{s}) \quad \Delta H_1 = -325.1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、② $\text{Sn}(\text{s}) + 2\text{Cl}_2(\text{g}) = \text{SnCl}_4(\text{g}) \quad \Delta H_2 = -471.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,由②-①可得 $\text{SnCl}_2(\text{s}) + \text{Cl}_2(\text{g}) = \text{SnCl}_4(\text{g})$,则由盖斯定律可得该反应的 $\Delta H = (-471.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) - (-325.1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = -146.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,B 正确;由生成热的定义可得热化学方程式:



由 $2 \times \text{③} - \text{④}$ 可得 $\text{SnO}_2(\text{s}) + \text{Sn}(\text{s}) = 2\text{SnO}(\text{s})$,则由盖斯定律可得该反应的 $\Delta H = (-285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) \times 2 - (-580.7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = +9.1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} > 0$,C 错误;由生成热的定义可得热化学方程式:

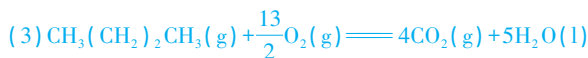


30.2 g $\text{SnO}_2(\text{s})$ 的物质的量: $\frac{30.2 \text{ g}}{151 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.2 \text{ mol}$,则放出热

量 $= 580.7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \times 0.2 \text{ mol} = 116.14 \text{ kJ}$,D 正确。

2. (1) d

(2) -195.6 A



$$\Delta H = -2878 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

(4) ①5.5 250 mL 容量瓶 胶头滴管 ②-51.8 偏大

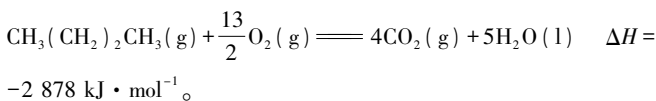
考查点 ▶ 热化学方程式书写、中和反应的反应热的测定与误差分析、盖斯定律

【解析】(1) 大力发展氢能源汽车,减少化石燃料的使用,可以减少污染,a 正确;将废弃的秸秆转化为沼气供能,使用生物质能代替化石燃料,减少污染,b 正确;在西北地区开发太阳能、风能等新能源,减少化石燃料的使用,可减少污染,c 正确;能源使用不合理会造成污染,能量不能充分利用会造成浪费,d 错误。

(2) 根据盖斯定律:① $\text{N}_2\text{H}_4(\text{l}) + 2\text{H}_2\text{O}_2(\text{l}) = \text{N}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = -641.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;② $\text{N}_2\text{H}_4(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = -534.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;③ $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = +44.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。反应 $2\text{H}_2\text{O}_2(\text{l}) = \text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 可以由①-②-2×③得到,则 $\Delta H = -641.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - (-534.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) - 2 \times (+44 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = -195.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。 $2\text{H}_2\text{O}_2(\text{l}) = \text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -195.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,为放热反应,反应物总能量高于生成物总能量,A 图可以表示该反应。

(3) 5.8 g 正丁烷的物质的量为 $\frac{5.8 \text{ g}}{58 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.1 \text{ mol}$,完全燃烧

生成 $\text{CO}_2(\text{g})$ 、 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 可放出 287.8 kJ 热量,则 1 mol 正丁烷完全燃烧放出热量 2878 kJ,表示正丁烷燃烧热的热化学方程式为



(4) ①配制 250 mL $0.55 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液,需要 NaOH 的物质的量为 $0.55 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.25 \text{ L} = 0.1375 \text{ mol}$,需要 NaOH 固体的质量为 $0.1375 \text{ mol} \times 40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 5.5 \text{ g}$;需要用到的玻璃仪器有量筒、烧杯、玻璃棒、250 mL 容量瓶和胶头滴管。②四次温度差数据中第四次误差较大,应舍去,前三次温度差的平均值为 $\frac{3.1 + 3.2 + 3.0}{3} \text{ } ^\circ\text{C} = 3.1 \text{ } ^\circ\text{C}$,根据 $Q = cm\Delta t = 4.18 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \times$

$(50 \text{ mL} + 50 \text{ mL}) \times 1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1} \times 3.1 \text{ } ^\circ\text{C} = 1295.8 \text{ J} = 1.2958 \text{ kJ}$,

$\Delta H = -\frac{Q}{n(\text{H}_2\text{O})} = -\frac{1.2958 \text{ kJ}}{0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.05 \text{ L}} \approx -51.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;若没有隔热层,造成热量损失,测得的放出的热量减少, ΔH 偏大。

知识归纳

中和反应的反应热测定实验的测定原理是 $\Delta H =$

$$-\frac{(m_{\text{酸}}+m_{\text{碱}})c \cdot \Delta t}{n(\text{H}_2\text{O})} (c=4.18 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}), \text{实验成功的关键就是}$$

做好保温措施,并且酸碱充分反应。

3. A 创新点 特殊的考查方式:结合反应历程的物质与能量变化分析

【解析】根据图示,中间体 2→中间体 3 步骤的活化能最大、反应速率最慢,是反应的决速步,A 正确;反应过程中涉及 C—C 键的断裂,B 错误;根据图示,Ni 参与反应并生成 NiCH_2 ,是反应物,不是催化剂,C 错误;热化学方程式需标注反应物和生成物的状态,热化学方程式为 $\text{Ni}(\text{s}) + \text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) = \text{NiCH}_2(\text{s}) + \text{CH}_4(\text{g})$ $\Delta H = -6.57 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,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. B 考查点 焓变与热化学方程式的关系、热化学方程式的书写及正误判断

思路分析

1 g 氢气燃烧生成液态水放出 142.9 kJ 热量,即 0.5 mol 氢气燃烧生成液态水放出 142.9 kJ 热量,则 1 mol 氢气燃烧生成液态水放出 $142.9 \text{ kJ} \times 2 = 285.8 \text{ kJ}$ 热量,2 mol 氢气燃烧生成液态水放出 $142.9 \text{ kJ} \times 4 = 571.6 \text{ kJ}$ 热量。

【解析】反应 $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 的 ΔH 应为 $-571.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,A 错误;反应 $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ $\Delta H = -285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 中,物质的状态、氢气的物质的量与放出的热量的对应关系,都相符,B 正确;C 项没有标明各物质的状态,C 错误; H_2O 的状态不呈液态,则 ΔH 应大于 $-285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,D 错误。

2. A 考查点 化学反应热的计算

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

3. B 考查点 热化学方程式书写及正误判断、 ΔH 相关计算

【解析】根据表格中的数据可知, O_2 的键能为 $249 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \times 2 = 498 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,A 错误;反应 $2\text{HO}(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}_2(\text{g})$ 的过程中形成氧氧单键,即 $2\text{HO}(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}_2(\text{g})$ $\Delta H = -214 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = \text{生成物的总能量} - \text{反应物的总能量} = (X - 2 \times 39) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, $X = -136$,B 正确;水分解属于吸热过程,C 错误;依题意可得, $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\Delta H = -242 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,D 错误。

知识归纳

键能是指气态分子中 1 mol 化学键解离而生成对应气态物质所吸收的能量, $\Delta H = \text{反应物的键能之和} - \text{生成物的键能之和} = \text{生成物的总能量} - \text{反应物的总能量}$ 。

4. C 考查点 盖斯定律与热化学方程式

【解析】 $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\Delta H > 0$,故 $\text{CH}_4(\text{g}) + \frac{3}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\Delta H > -607.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,A 错误;CO 的燃烧热为 $283 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,则 CO 燃烧的热化学方程式为 $2\text{CO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{CO}_2(\text{g})$ $\Delta H = -566 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,B 错误;由 B 可知, $\text{CO}(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g})$ $\Delta H = -283 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,根据盖斯定律可得

$\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -890.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,
C 正确; $\Delta H = \text{反应物的总键能} - \text{生成物的总键能}$, 则 CH_4 燃烧生

关键点

成 CO 的反应中反应物的总键能低于生成物的总键能, D 错误。

5. D 考查点 ▶ 盖斯定律与热化学方程式

【解析】根据盖斯定律, 反应 III = 反应 I - 反应 II, 则 $\Delta H_3 = \Delta H_1 - \Delta H_2 = -119 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - (-242 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = +123 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, A 错误; 催化剂只能改变反应的活化能, 改变反应速率, 不能改变反应的 ΔH , B 错误; 燃烧热要求生成指定的物质, H_2 燃烧生成指定的物质是 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$, 故 H_2 的燃烧热不是 $242 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, C 错误; 温度过高时, 丁烷有可能高温裂解生成短链烃类, 导致丁烯产率下降, D 正确。

刷提分

1. B 考查点 ▶ 热化学方程式书写及正误判断

【解析】已知 $\text{Ni}(\text{CO})_4(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ni}(\text{s}) + 4\text{CO}(\text{g}) \quad \Delta H = +Q \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 若反应逆向进行, 则其焓变改变符号, 但数值的绝对值不变, A 正确; 合成氨为可逆反应, 将 1 mol N_2 和 3 mol H_2 置于密闭容器中充分反应生成 NH_3 , 放出热量 19.3 kJ , 则 1 mol N_2 和 3 mol H_2 完全反应放出的热量大于 19.3 kJ , B 错误; 该反应为吸热反应, $\Delta H = E_{\text{a}}(\text{正}) - E_{\text{a}}(\text{逆}) > 0$, 可知正反应活化能大于逆反应活化能, C 正确; 12 g 石墨转化为 CO 时, 放出 110.5 kJ 热量, 则 2 mol 石墨反应时放出 221 kJ 热量, 热化学方程式正确, D 正确。

2. C 考查点 ▶ 热化学方程式书写及正误判断

【解析】 $\text{H}_2\text{O}_2(\text{l})$ 在 MnO_2 催化下分解生成 $16 \text{ g O}_2(\text{g})$ 放热 106 kJ , 则生成 1 mol 氧气放出热量为 212 kJ , 其热化学方程式为 $2\text{H}_2\text{O}_2(\text{l}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -212 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, A 错误; 未标明各物质的聚集状态, B 错误; $\text{N}_2\text{H}_4(\text{g})$ 的燃烧热为 $622 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则 $\text{N}_2\text{H}_4(\text{g})$ 完全燃烧的热化学方程式为 $\text{N}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -622 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, C 正确; 酯化反应为可逆反应, ΔH 应表示完全转化的热效应, D 错误。

易错警示

理解中和反应的反应热时要注意以下三点:

- (1) 浓的强酸和强碱在发生中和反应的同时还会被稀释, 稀释要放出热量;
- (2) 弱酸和弱碱在发生中和反应的同时还要发生电离, 电离要吸收热量;
- (3) 中和反应的实质是 H^+ 和 OH^- 反应生成 H_2O , 若反应过程中有其他物质生成(生成不溶物质或难电离的物质等), 这部分过程的热效应不包含在中和反应的反应热内。

3. B 突破点 ▶ 根据图示计算第一电离能

【解析】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。

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

【解析】形成化学键时放出热量, $\text{H}(\text{g}) + \text{Cl}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{HCl}(\text{g}) \quad \Delta H = -431 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, A 错误; $\Delta H = \text{反应物的化学键总键能} - \text{生成物化学键的总键能}$, 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; $2\text{HCl}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \quad \Delta H = 2 \times 431 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 436 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 243 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = +183 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, C 错误; 由 C 项可知反应② $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HCl}(\text{g}) \quad \Delta H_2 = -183 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 反应① $4\text{HCl}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_1 = -112.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 由盖斯定律 ② + $\frac{1}{2} \times$ ①, 得出 $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons$

$\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = -239.45 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 生成物是气态水, D 错误。

5. A 考点 ▶ 盖斯定律、反应自发性判断、燃烧热

【解析】根据盖斯定律, 方程式④ = ② - ① $\times \frac{1}{2}$ - ③ $\times \frac{1}{2}$, 所以

$\Delta H_4 = \left(\frac{a}{2} + \frac{c}{2} - b \right) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, A 正确; $\Delta G = \Delta H - T\Delta S < 0$ 的反应为自发进行的反应, 反应③是气体分子数减小的反应, $\Delta S < 0$, $\Delta H < 0$, 若要自发进行, 应该采取低温措施, B 错误; 反应②是放热反应, 若生成 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$, 释放的热量要小于生成液态水的热量, 则 $\Delta H > \Delta H_2$, C 错误; 氢气的燃烧热指的是 1 mol 氢气完全燃烧生成液态水时放出的热量, 由于该热化学方程式中氢气的化学计量数不是“1”, 因此反应①中的 ΔH_1 的数值不能表示氢气的燃烧热, D 错误。

6. B 考点 ▶ 化学键与化学反应中的能量关系、吸热反应和放热反应、盖斯定律

【解析】元素的非金属性越强, 气态氢化物的热稳定性越强, 氧元素的非金属性强于硫元素, 所以水的热稳定性强于硫化氢, A 正确; 由题图可知, 第一步反应和第二步反应都是反应物总能量大于生成物总能量的放热反应, 所以两步反应中化学键断裂吸收的总能量均小于化学键形成释放的总能量, B 错误; 由盖斯定律可知, 第一步反应 + 第二步反应得到反应: $\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) + 2\text{H}^+(\text{aq})$, 则反应的 $\Delta H = (-221.19 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) + (-585.20 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = -806.39 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, C 正确; 表示硫固体的燃烧热的热化学方程式为③ $\text{S}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{SO}_2(\text{g}) \quad \Delta H_3$, 结合第一步热化学方程式① $\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{S}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_1$, 由盖斯定律 $2 \times \text{①} + 2 \times \text{③}$, 可得到 $2\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$, 可以求出该反应的 ΔH , D 正确。

7. (1) +180

(2) 391

考点 ▶ 焓变的计算

【解析】(1) 根据盖斯定律可知, 反应 I + 反应 II 可得 $2\text{CO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}_2(\text{g})$, 且 CO 的燃烧热为 $283.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则 $\Delta H_1 = -2 \times 283.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - \Delta H_2 = -2 \times 283.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - (-747 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = +180 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(2) 设生成 1 mol N—H 释放的能量是 $x \text{ kJ}$, 根据反应的焓变等于断键吸收的能量减去成键释放的能量, 则 $946 + 2 \times 436 - 4x - 193 = 61$, 解得 $x = 391$, 即生成 1 mol N—H 释放的能量是 391 kJ。

8. (1) $\text{CH}_4(\text{g}) + \frac{3}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

$\Delta H = -607 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

(2) 427.4 126

(3) ① 4.18×10^3 ② -209

考点 ▶ 盖斯定律与热化学方程式、焓变的计算、活化能











【解析】(1) 根据盖斯定律, 由① - $\frac{1}{2} \times \text{②} + 2 \times \text{③}$ 可得, 1 mol $\text{CH}_4(\text{g})$ 不完全燃烧生成 $\text{CO}(\text{g})$ 和 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 的热化学方程式为 $\text{CH}_4(\text{g}) + \frac{3}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -802 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - \frac{1}{2} \times (-566 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) + 2 \times (-44 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = -607 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(2) $\Delta H = E_a(\text{正}) - E_a(\text{逆}) = 335 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - E_a(\text{逆}) = -92.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 解得 $E_a(\text{逆}) = 427.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。由题图可知, 使用催化剂之后, 正反应的活化能为 $126 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(3) ① 实验前硫酸铜的物质的量 $n = cV = 0.200 \times 100 \times 10^{-3} \text{ mol} = 0.02 \text{ mol}$, 金属铁的物质的量为 $\frac{1.68 \text{ g}}{56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.03 \text{ mol}$ 。因铁与

硫酸铜是按照 1:1 的物质的量之比反应的, 可知实验前的铁是过量的, 故该反应放出的热量 $Q = cm\Delta t = 4.18 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \times (100 \text{ mL} \times 1.0 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}) \times (30.1 ^\circ\text{C} - 20.1 ^\circ\text{C}) = 4.18 \times 10^3 \text{ J}$ 。②反应 $\text{Fe}(\text{s}) + \text{CuSO}_4(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{s}) + \text{FeSO}_4(\text{aq})$ 中, 有 0.02 mol 硫酸铜反应时放出 $4.18 \times 10^3 \text{ J}$ 的热量, 故 $\Delta H = \frac{-4.18 \text{ kJ}}{0.02 \text{ mol}} = -209 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

9. D **创新点** ▶ 特殊的考查方式: 有机化学反应的能量变化

【解析】根据盖斯定律, ②-①可得  (g) 转化为  (g) 的热化学方程式:  (g) + $\text{H}_2(\text{g}) \longrightarrow$  (g) $\Delta H = -117.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, A 正确; 根据盖斯定律, ③-①可得  (g) 催化加氢生成  (g) 的热化学方程式:  (g) + $2\text{H}_2(\text{g}) \longrightarrow$  (g) $\Delta H = \Delta H_3 - \Delta H_1 = -208.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - (-119.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = -88.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则该反应为放热反应, B 正确; 1,3-环己二烯分子中采取 sp^2 杂化的碳原子数为 4, 采取 sp^3 杂化的碳原子数为 2, 二者之比为 2:1, C 正确; 根据题中信息无法判断 1 mol  (g) 和 1 mol  (g) 的能量大小关系, D 错误。

全章真题训练

刷真题

刷小题

1. 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。

关键点拨

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S < 0$ 时反应能自发进行, 则 $\Delta H < 0$ 、 $\Delta S < 0$ 的反应, 低温能自发进行; $\Delta H > 0$ 、 $\Delta S > 0$ 的反应, 高温能自发进行; $\Delta H < 0$ 、 $\Delta S > 0$ 的反应, 任何温度下都能自发进行; $\Delta H > 0$ 、 $\Delta S < 0$ 的反应, 任何温度下都不能自发进行。

2. 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。

3. A **命题点** ▶ 反应历程分析、平衡移动、活化能等

【解析】 $\text{S}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{T}(\text{g})$ 涉及的基元反应如下: ① $\text{S}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{I}(\text{g})$ ΔH_1 , ② $\text{I}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{T}(\text{g})$ ΔH_2 , 题给四个图像中, 反应①的活化能最大, 均为决速步骤, 加入催化剂, 反应达到平衡所需时间大幅缩短, 所以该催化剂能降低反应①活化能, B、D 错误; 升高温度时, $\frac{c_{\text{平}}(\text{S})}{c_{\text{平}}(\text{I})}$ 减小, 故反应①平衡正向移动, $\Delta H_1 > 0$, $\frac{c_{\text{平}}(\text{S})}{c_{\text{平}}(\text{T})}$ 增大, 说

明总反应平衡逆向移动,总反应 $\Delta H < 0$, $\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2$, 则 $\Delta H_2 < 0$, A 正确、C 错误。

4. 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。综上可知, B 正确。

刷大题

5. (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、化学平衡常数

【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。

6. (1) $AgOCN + NH_4Cl \xrightarrow{\text{一定条件}} CO(NH_2)_2 + AgCl$ (2) ab

命题点 ▶ 化学反应原理,涉及 ΔH 的计算等

【解析】(1) 根据原子守恒分析,二者反应生成尿素和氯化银,化学方程式是 $AgOCN + NH_4Cl \xrightarrow{\text{一定条件}} CO(NH_2)_2 + AgCl$ 。

(2) 反应 i 的活化能是 E_1 , 反应 ii 的活化能是 E_3 , $E_1 < E_3$, a 正确;从图中反应物和生成物能量的相对大小可看出反应 i 为放热反应,反应 ii 为吸热反应, b 正确;总反应的 $\Delta H = E_1 - E_2 + E_3 - E_4$, c 错误。

7. (1) ① AD (2) 0.550 0 (3) 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。② HCl 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, $c(HCl) = \frac{0.5000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 22.00 \times 10^{-3} \text{ L}}{20.00 \times 10^{-3} \text{ L}} = 0.5500 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(2) 由公式 $Q = \rho V_{\text{总}} \cdot \Delta T$ 可得, $Q = 4.18 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1} \times$

$$1.0 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1} \times 100 \text{ mL} \times (T_1 - T_0) \text{ } ^\circ\text{C} = 418 (T_1 - T_0) \text{ J}。$$

(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, $n(\text{CuSO}_4) = 0.20 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 100 \times$

关键点

$$10^{-3} \text{ L} = 0.020 \text{ mol}, \text{在序号 i 的实验中}, n(\text{Fe}) = \frac{1.20 \text{ g}}{56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \approx$$

$0.021 \text{ mol} > 0.020 \text{ mol}$, 故 Fe 过量, CuSO_4 完全反应, 在序号 ii 的

$$\text{实验中}, n(\text{Fe}) = \frac{0.56 \text{ g}}{56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.01 \text{ mol} < 0.020 \text{ mol}, \text{故 } \text{CuSO}_4 \text{ 过}$$

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 $\Delta H =$

$$-\frac{Q}{n}, \text{利用 (2) 的结论, 代入序号 i 实验的数据, 则有 } \Delta H =$$

$$\frac{-418(b-a) \times 10^{-3} \text{ kJ}}{0.020 \text{ mol}} = -20.9(b-a) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}; \text{代入序号 ii 实验的}$$

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

(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 $\text{Fe(s)} + \text{CuSO}_4(\text{aq}) = \text{FeSO}_4(\text{aq}) + \text{Cu(s)}$ 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 $T_1 - T_0$ 。