

例析近年化学反应与能量变化试题的 考查要点及解答策略

浙江省台州市仙居县城峰中学 317300 李凌波

考查要点一: 对影响反应焓变(ΔH)因素的考查

例 1 (2010 年浙江) 500℃、30MPa 下, 将 0.5 mol N₂ 和 1.5 mol H₂ 置于密闭的容器中充分反应生成 NH₃(g), 放热 19.3 kJ, 其热化学方程式为: _____。

解析 可逆反应的 ΔH 是指在该条件下反应物全部(100%) 转化为生成物放出或吸收的热量, 与反应的可逆性或反应物实际的转化率无关。0.5 mol N₂ 和 1.5 mol H₂ 置于密闭的容器中如果全部转变为 NH₃(g) 放出的热量要比 19.3 kJ 多, 所以热化学方程式为: N₂(g) + 3H₂(g) = 2NH₃(g); ΔH < -38.6 kJ · mol⁻¹

►量分数为 51.3%, 那么氧元素的质量分数是多少?

解析 由甲苯和甘油的化学式分别为 C₇H₈ 和 C₃H₈O₃, 二者经过比较可见其相对分子质量均为 92, 又因为二者分子式中氢原子数相同, 因此, 无论以何种比例混合, 混合物中氢元素的质量分数是一定的, 即 $w(\text{H}) = \frac{8}{92} \times 100\% = 8.7\%$, 所以 $w(\text{O}) = 1 - w(\text{C}) - w(\text{H}) = 40\%$ 。

例 5 下列各组中的两种有机物, 无论以何种比例混合, 只要混合物总质量不变, 完全燃烧时生成的水的质量也不变的是 ()。

- A. CH₂O、C₂H₄O₂ B. C₈H₁₀、C₄H₁₀
C. C₂H₄、C₂H₄O D. C₈H₈、C₄H₈

解析 本题中确定总质量一定, 在完全燃烧后产生的水的质量取决于氢元素的总质量, 即要求所给选项中两种物质中的氢元素的质量分数相同, 不难看出该题选项 A 正确。

练习

1. 葡萄糖和淀粉的混合物中氢元素的质量分

例 2 (2013 年山东) CO(g) + H₂O(g) ⇌ H₂(g) + CO₂(g) ΔH < 0, 在其他条件不变的情况下正确的是 ()。

- A. 加入催化剂, 改变了反应的途径, 反应的 ΔH 也随之改变
B. 改变压强, 平衡不发生移动, 反应放出的热量不变
C. 升高温度, 反应速率加快, 反应放出的热量不变

解析 ΔH 与反应途径和步骤无关, 加入催化剂, 改变了反应的途径, 降低了反应的活化能, ΔH 不变。改变压强, 平衡不发生移动, 反应放出的热量也不变。升高温度, 反应速率加快, 平衡向逆反

数为 6.5%, 则混合物中氧元素的质量分数为 ()。

- A. 12.0% B. 39.0% C. 45.5% D. 52.0%

2. 下列各组混合物中, 无论两种物质以何种比例混合, 只要总质量一定, 经完全燃烧后, 产生的 CO₂ 质量不变的是 ()。

- A. 乙烯和苯 B. 乙醇和乙酸
C. 甲醛和葡萄糖 D. 丙烯和丙烷

3. 今有乙酸和乙酸乙酯的混合物, 测得其中含碳元素的质量分数为 x, 则混合物中氧元素的质量分数为 ()。

- A. $\frac{7}{6}x$ B. $1 - \frac{7}{6}x$
C. $1 - \frac{6}{7}x$ D. 无法计算

4. 等质量的下列烃充分完全燃烧后, 耗氧量最多的是 ()。

- A. C₂H₆ B. C₃H₈ C. C₄H₁₀ D. C₅H₁₂

练习答案: 1. D 2. C 3. B 4. A

(收稿日期: 2014-10-15)

应方向移动,反应放出的热量减少。B 正确。

解答策略

1. 对于一个给定的化学反应,反应条件(加热、点燃、光照、催化剂等)不影响 ΔH 的大小;
2. 可逆反应平衡的移动不影响 ΔH 的大小,但平衡的移动影响反应放出或吸收的热量。

考查要点二:对物质稳定性的考查

例 3 (2007 年上海) 已知: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3(\text{g}) + 13/2\text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 4\text{CO}_2(\text{g}) + 5\text{H}_2\text{O}(\text{l}); \Delta H = -2878 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

$(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_3(\text{g}) + 13/2\text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 4\text{CO}_2(\text{g}) + 5\text{H}_2\text{O}(\text{l}); \Delta H = -2869 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

下列说法正确的是()。

- A. 正丁烷分子储存的能量大于异丁烷分子
- B. 正丁烷的稳定性大于异丁烷
- C. 异丁烷转化为正丁烷的过程是一个放热过程

解析 根据两个反应的 ΔH 可以得知,同量的 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3(\text{g})$ 比 $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_3(\text{g})$ 的能量高,所以正丁烷的稳定性小于异丁烷,异丁烷转化为正丁烷的过程是一个吸热过程。A 正确。

解答策略 物质所具有的能量越高,稳定性越差;物质所具有的能量越低,稳定性越好,即“能量越低越稳定”。

考点三:对熟练运用盖斯定律计算 ΔH 的考查

例 4 (2010 年广东) 在 298 K、100 kPa 时,已知:

- ① $2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}); \Delta H_1$
- ② $\text{Cl}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HCl}(\text{g}); \Delta H_2$
- ③ $2\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{HCl}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}); \Delta H_3$

则 ΔH_3 与 ΔH_1 和 ΔH_2 间的关系正确的是()。

- A. $\Delta H_3 = \Delta H_1 + 2\Delta H_2$
- B. $\Delta H_3 = \Delta H_1 + \Delta H_2$
- C. $\Delta H_3 = \Delta H_1 - 2\Delta H_2$
- D. $\Delta H_3 = \Delta H_1 - \Delta H_2$

解析 根据三个方程式可知,③ = ② × 2 + ① 则 $\Delta H_3 = \Delta H_1 + 2\Delta H_2$ 。A 正确。

例 5 (2008 年宁夏) 已知 $\text{H}_2(\text{g})$ 、 $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})$ 和 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l})$ 的燃烧热分别是 $-285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、

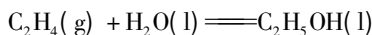
$-1411.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 和 $-1366.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,则由 $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})$ 和 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 反应生成 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l})$ 的 ΔH 为()。

- A. $-44.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- B. $+44.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- C. $-330 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- D. $+330 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

解析 根据题目信息可得以下三个热化学反应方程式:

- ① $\text{H}_2(\text{g}) + 1/2\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
 $\Delta H = -285.8 \text{ kJ/mol}$
- ② $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
 $\Delta H = -1411.0 \text{ kJ/mol}$
- ③ $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
 $\Delta H = -1366.8 \text{ kJ/mol}$

乙烯与水反应生成乙醇的化学方程式为:



该化学方程式可以看作是② - ③得到的,所以 $\Delta H = -1411.0 \text{ kJ/mol} - (-1366.8 \text{ kJ/mol}) = -44.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

A 正确。

解答策略

1. 化学反应的反应热只与反应的始态(各反应物)和终态(各生成物)有关,而与反应的途径无关。

2. 叠加各反应方程式时,有的反应方程式要逆向写 ΔH 符号也相反;有的反应方程式要扩大或减小一定的倍数,同时 ΔH 也相应扩大或减小相应的倍数;

3. 通过已知方程式确定目标方程式不一定要关注到所有的物质。通过综合考虑某一种或几种重要物质在目标方程式和已知方程式中的量以及出现的位置(反应物还是生成物)基本就可确定对方程式的处理过程。

四. 对燃烧热、中和热要点的考查

例 6 (2009 年四川) 25 °C, 101 kPa 时,强酸与强碱的稀溶液发生中和反应的中和热为 57.3 kJ/mol , 辛烷的燃烧热为 5518 kJ/mol 。下列热化学方程式书写正确的是()。

- A. $2\text{H}^+(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) + \text{Ba}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{BaSO}_4(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -57.3 \text{ kJ/mol}$
- B. $\text{KOH}(\text{aq}) + 1/2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightleftharpoons 1/2\text{K}_2\text{SO}_4$

(aq) + H₂O(l) ΔH = -57.3 kJ/mol

C. C₈H₁₈(l) + 25/2O₂(g) = 8CO₂(g) + 9H₂O ΔH = -5518 kJ/mol

D. 2C₈H₁₈(g) + 25O₂(g) = 16CO₂(g) + 18H₂O(l) ΔH = -5518 kJ/mol

解析 A 中 ΔH = -2 × 57.3 kJ/mol = -114.6 kJ/mol, B 正确。C 中 H₂O 的状态未标, D 中 ΔH -2 × 5518 kJ/mol = -11036 kJ/mol。

例 7 (2008 年四川) 下列关于热化学反应的描述中正确的是()。

A. HCl 和 NaOH 反应的中和热 ΔH = -57.3 kJ/mol, 则 H₂SO₄ 和 Ca(OH)₂ 反应的中和热 ΔH = 2 × (-57.3) kJ/mol

B. CO(g) 的燃烧热是 283.0 kJ/mol, 则 2CO₂(g) = 2CO(g) + O₂(g) 反应的 ΔH = 2 × 283.0 kJ/mol

C. 1 mol 甲烷燃烧生成气态水和二氧化碳所放出的热量是甲烷燃烧热

解析 A 中的中和热不随生成水的多少而发生改变; B 正确; C 中生成的水应该为液态。

解答策略

1. 燃烧热的要点是: 1 mol 可燃物、完全燃烧、稳定产物; 如碳元素生成 CO₂, 氢元素生成液态 H₂O。

2. 中和热的要点是: 稀的、强酸强碱溶液、生成 1 mol H₂O;

3. 燃烧热和中和热不因可燃物的量或生成水的量的改变而改变。

五. 对运用键能计算 ΔH 的考查

例 8 (2007 年全国) 已知: ①1 mol H₂ 分子中化学键断裂时需要吸收 436 kJ 的能量; ②1 mol Cl₂ 分子中化学键断裂时需要吸收 243 kJ 的能量; ③由氢原子和氯原子形成 1 mol HCl 分子时释放 431 kJ 的能量。

下列叙述正确的是()。

A. 氢气和氯气反应生成氯化氢气体的热化学方程式是 H₂(g) + Cl₂(g) = 2HCl(g)

B. 氢气和氯气反应生成 2 mol 氯化氢气体, 反应的 ΔH = 183 kJ/mol

C. 氢气和氯气反应生成 2 mol 氯化氢气体, 反应的 ΔH = -183 kJ/mol

D. 氢气和氯气反应生成 1 mol 氯化氢气体,

反应的 ΔH = -183 kJ/mol

解析 ΔH = 反应物的键能总和 - 生成物的键能总和, 即 ΔH = (436 + 243 - 2 × 431) kJ/mol = -183 kJ/mol。C 正确。

例 9 (2013 年重庆) 已知: P₄(g) + 6Cl₂(g) = 4PCl₃(g), ΔH = a kJ · mol⁻¹

P₄(g) + 10Cl₂(g) = 4PCl₅(g), ΔH = b kJ · mol⁻¹

P₄ 具有正四面体结构, PCl₅ 中 P-Cl 键的键能为 c kJ · mol⁻¹, PCl₃ 中 P-Cl 键的键能为 1.2c kJ · mol⁻¹。

下列叙述正确的是()。

A. P-P 键的键能大于 P-Cl 键的键能

B. 可求 Cl₂(g) + PCl₃(g) = PCl₅(s) 的反应热 ΔH

C. Cl-Cl 键的键能为 (b - a + 5.6c) / 4 kJ · mol⁻¹

D. P-P 键的键能为 (5a - 3b + 12c) / 8 kJ · mol⁻¹

解析 原子半径 P > Cl, 因此 P-P 键键长大于 P-Cl 键键长, 则 P-P 键键能小于 P-Cl 键键能, A 项错误; 利用“盖斯定律”, 结合题中给出两个热化学方程式可求出 Cl₂(g) + PCl₃(g) = PCl₅(g), ΔH = (b - a) / 4 kJ · mol⁻¹, 但不知 PCl₅(g) = PCl₅(s) 的 ΔH, 因此无法求出 Cl₂(g) + PCl₃(g) = PCl₅(s) 的 ΔH, B 项错误; 利用 Cl₂(g) + PCl₃(g) = PCl₅(g), ΔH = (b - a) / 4 kJ · mol⁻¹ 可得 E(Cl-Cl) + 3 × 1.2c - 5c = (b - a) / 4, 因此可得 E(Cl-Cl) = $\frac{1}{4}(b - a + 5.6c)$ kJ · mol⁻¹, C 项正确; 由 P₄ 是正四面体可知 P₄ 中含有 6 个 P-P 键, 由题意得 6E(P-P) + 10 × (b - a + 5.6c) / 4 - 4 × 5c = b, 解得 E(P-P) = $\frac{1}{6}(2.5a - 1.5b + 6c)$ / 6 kJ · mol⁻¹, D 项错误。

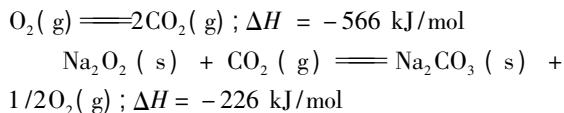
解答策略

1. 利用键能计算 ΔH 的公式为: ΔH = 反应物的键能总和 - 生成物的键能总和;

2. 所取的键能数据都为正值。

六. 与图形有关的习题的考查

例 10 (2009 年天津) 已知: 2CO(g) +



根据以上热化学方程式判断, 下列说法正确的是()。

A. CO 的燃烧热为 283 kJ

B. 图 1 可表示由 CO 生成 CO_2 的反应过程和能量关系

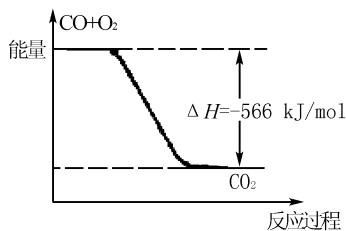
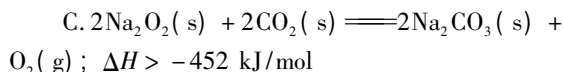


图 1



D. CO(g) 与 $Na_2O_2(s)$ 反应放出 509 kJ 热量时, 电子转移数为 6.02×10^{23}

解析 A 燃烧热的单位不正确; B 依据热化学方程式 $2CO(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2CO_2(g) \Delta H = -566 \text{ kJ/mol}$; 分析图象中 CO 和 O_2 物质的量不符合反应物的物质的量, 并且也不表示反应的过程, 故 B 错误; C. $CO_2(s)$ 变化为 $CO_2(g)$ 需要吸热, 焓变放热是负值; 依据热化学方程式判断, $2Na_2O_2(s) + 2CO_2(g) \rightleftharpoons 2Na_2CO_3(s) + O_2(g); \Delta H = -226 \text{ kJ/mol}$; 所以反应 $2Na_2O_2(s) + 2CO_2(s) \rightleftharpoons 2Na_2CO_3(s) + O_2(g); \Delta H > -452 \text{ kJ/mol}$ 故 C 正确; D. 已知: ① $2CO(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2CO_2(g); \Delta H = -566 \text{ kJ/mol}$; ② $Na_2O_2(s) + CO_2(g) \rightleftharpoons Na_2CO_3(s) + 1/2O_2(g); \Delta H = -226 \text{ kJ/mol}$ 。

依据盖斯定律② $\times 2 +$ ① 得到: $2Na_2O_2(s) + 2CO(g) \rightleftharpoons 2Na_2CO_3(s); \Delta H = -1018 \text{ kJ/mol}$; 即 $Na_2O_2(s) + CO(g) \rightleftharpoons Na_2CO_3(s); \Delta H = -509 \text{ kJ/mol}$; CO(g) 与 $Na_2O_2(s)$ 反应放出 509 kJ 热量时, 反应的 CO 物质的量为 1 mol, 电子转移数为 $2 \times 6.02 \times 10^{23}$, 故 D 错误。

例 11 (2008 年重庆) 化学反应 $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ 的能量变化如图 2 所示, E 是正值, 该反应的热化学方程式是()。

- A. $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(l); \Delta H = 2(a - b - c) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
 B. $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g); \Delta H = 2(b - a) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

- C. $1/2N_2(g) + 3/2H_2(g) \rightleftharpoons NH_3(l); \Delta H = (b + c - a) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
 D. $1/2N_2(g) + 3/2H_2(g) \rightleftharpoons NH_3(g); \Delta H = (a + b) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

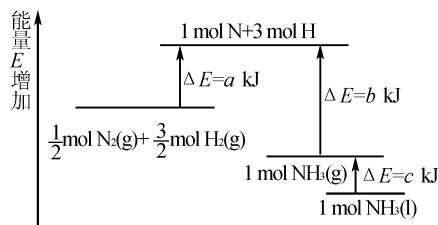


图 2

解析 由盖斯定律及图示可推 $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(l)$ 的反应热 $\Delta H = 2a \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 2b \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 2c \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = 2(a - b - c) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, A 项正确; $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ 的反应热 $\Delta H = 2(a - b) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, B 项错; $1/2 N_2(g) + 3/2 H_2(g) \rightleftharpoons NH_3(l)$ 的反应热 $\Delta H = (a - b - c) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, C 项错; $1/2 N_2(g) + 3/2 H_2(g) \rightleftharpoons NH_3(g)$ 的反应热 $\Delta H = (a - b) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, D 项错。

例 12 (2012 年江苏) 某反应的反应过程中能量变化如图 3 所示(图中 E_1 表示正反应的活化能, E_2 表示逆反应的活化能)。下列有关叙述正确的是()。

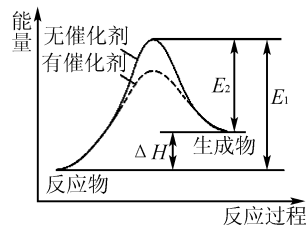


图 3

- A. 该反应为放热反应
 B. 催化剂能改变反应的焓变
 C. 催化剂能降低反应的活化能
 D. 逆反应的活化能大于正反应的活化能

解析 由于生成物的总能量高于反应物的总能量, 所以该反应为吸热反应; 催化剂能改变反应的历程, 降低反应的活化能, 但不能改变反应的焓变; E_1 为反应物的活化能, E_2 为生成物的活化能, 逆反应的活化能小于正反应的活化能。C 正确。

解答策略 图形题一般具有综合性强, 设问多样等特点。在解答的过程中通过横纵坐标的意义及反应物、生成物能量的相对大小和 ΔH 的关系基本就能解答。(收稿日期: 2014-09-10)