

「化学反応と熱」で用いる手順と式



手順

STEP 1 情報の整理

① 情報の種類を判断する。

→ 結合エネルギーに関する情報か生成熱に関する情報か。

② 具体的な情報を収集する。

→ 結合エネルギーの情報または生成熱の情報を収集する。

③ 用いる熱化学方程式を選択する。

STEP 2 式への代入

① STEP 1 で整理した情報を、以下の式に代入する。

② 計算の結果を、要求されている解答の形式に整える。



式

生成熱についての式

$$\text{反応熱} = (\text{生成物質の生成熱の総和}) - (\text{反応物質の生成熱の総和})$$

結合エネルギー(本書では結合 E とも記す)についての式

$$\text{反応熱} = (\text{生成物質の結合 } E \text{ の総和}) - (\text{反応物質の結合 } E \text{ の総和})$$

「化学反応と熱」で必要な知識

生成熱

化合物 1 mol をその成分元素の単体(25°C, 1.0×10^5 Pa で最も安定な単体)から生成するときに出入りする熱量(正または負の値)のこと。

例 $\text{C(黒鉛)} + \text{O}_2(\text{気体}) = \text{CO}_2(\text{気体}) + 394 \text{ kJ}$

⇒ $\text{CO}_2(\text{気体})$ の生成熱は $+394 \text{ kJ/mol}$ (+は省略可)

注 単体の生成熱は 0 である。

結合エネルギー

ある共有結合において、原子間の結合を断ち切り、各原子をばらばらの状態にするのに必要なエネルギー(絶対値)のこと。

例 $\text{H}_2(\text{気体}) = 2\text{H}(\text{気体}) - 432 \text{ kJ}$

⇒ H-H 結合の結合エネルギーは 432 kJ/mol (必ず絶対値)

例題 60 生成熱から燃焼熱を求める①

アセチレンの燃焼熱は何 kJ/mol か。
整数値で答えよ。ただし、水は液体として生じるものとし、水の蒸発熱は 44 kJ/mol である。

右の生成熱の表も利用せよ。

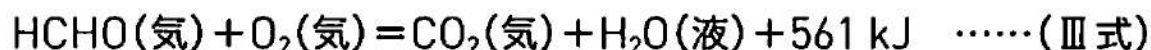
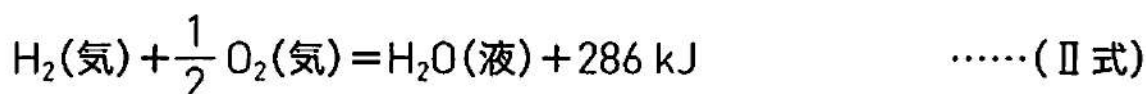
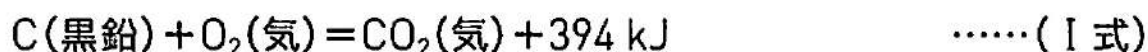
注 表の値は、25°C、大気圧下

物質	生成熱(kJ/mol)
H ₂ O (気体)	242
CO ₂ (気体)	394
C ₂ H ₆ (気体)	84
C ₂ H ₄ (気体)	-52
C ₂ H ₂ (気体)	-228

自治医大

例題 61 燃焼熱から生成熱を求める

炭素(黒鉛)、水素、ホルムアルデヒドの燃焼反応の熱化学方程式は次の通りである。

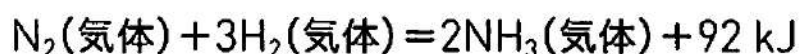


ホルムアルデヒドの生成熱はいくらか。解答は有効数字 3 桁目を四捨五入して示せ。

東京工大

例題 62 生成熱から結合エネルギーを求める①

H-H 結合の結合エネルギーは 435 kJ/mol, N-H 結合の結合エネルギーは 391 kJ/mol で、また、次の熱化学方程式

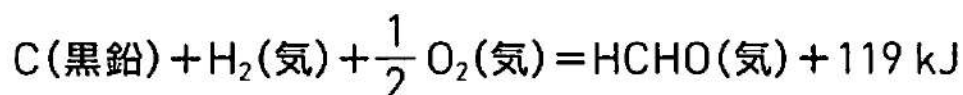


がわかっている。これらをもとにして、N≡N 結合、すなわち窒素原子間の三重結合の結合エネルギーを求めると何(整数)kJ/mol となるか。

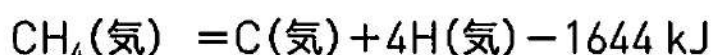
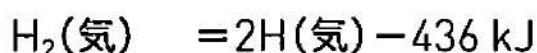
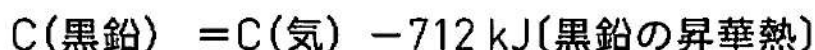
自治医大

例題 63 生成熱から結合エネルギーを求める②

ホルムアルデヒドの生成反応の熱化学方程式は次の通りである。



また、炭素(黒鉛)、水素、酸素、メタンがそれぞれの原子に解離するときの熱化学方程式は次の通りである。



問 ホルムアルデヒドの $\text{C}=\text{O}$ 結合の結合エネルギーはいくらか。解答は有効数字 3 桁目を四捨五入して示せ。ただし、ホルムアルデヒドの $\text{C}-\text{H}$ 結合 1 つ当たりの結合エネルギーは、メタンのそれと同じとする。

東京工大

「反応速度」で用いる手順と式

実験結果(測定時間 $t_1, t_2, \dots$ における反応物 A の濃度 $[A]_1, [A]_2, \dots$) が与えられ、「反応速度式*1」を記せ、「反応速度定数 k を求めよ」、「反応時間 t_c における濃度 $[A]_c$ を求めよ」といった設問のある問題であれば、おそらく題材は一次反応($v=k[A]$)であり、解くための手順はほぼ次の通りです。

*1 一般に、反応速度式は、化学反応式から導くことはできず、実験から導く。

手順 STEP 1 情報の整理と式への代入

- ① 測定時間 t_n, t_{n+1} における反応物 A の濃度 $[A]_n, [A]_{n+1}$ を次式に代入して、 $t_n \sim t_{n+1}$ 間の平均速度 $\bar{v}$ 、平均濃度 $\overline{[A]}$ を求める。

$$\bar{v} = -\frac{[A]_{n+1} - [A]_n}{t_{n+1} - t_n}$$

$$\overline{[A]} = \frac{[A]_n + [A]_{n+1}}{2}$$

- ② 平均速度 $\bar{v}$ と平均濃度 $\overline{[A]}$ の間に比例関係があることを確認し、任意の $\bar{v}$ 、 $\overline{[A]}$ を次式に代入して、反応速度定数 k を求める。

$$\bar{v} = k\overline{[A]}$$

- ③ 上記の比例関係(一次反応)が成立するときには、一定の時間が経過するごとに、濃度は一定の割合だけ変化する。すなわち、測定時間 $t_a, t_b (= t_a + \Delta t)^{*2}, t_c (= t_b + \Delta t)^{*2}$ における反応物 A の濃度 $[A]_a, [A]_b, [A]_c$ の間には次の関係式が成立する。よって、次式に $[A]_a, [A]_b$ を代入して、 $[A]_c$ を求めることができる。

*2 $t_a \sim t_b$ 間の経過時間と、 $t_b \sim t_c$ 間の経過時間が等しい。

$$\frac{[A]_b}{[A]_a} = \frac{[A]_c}{[A]_b}$$

例題 6 一次反応の反応速度

容積一定の容器の中で五酸化二窒素 N_2O_5 $1.85 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ を 43°C で放置して分解反応を行った。そのときの N_2O_5 の濃度 $c(\text{mol/L})$ 、測定時間ごとの間隔における N_2O_5 の平均の濃度 $\bar{c}(\text{mol/L})$ 、平均の反応速度 $\bar{v}(\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{s}))$ を表 1 に示す。

測定時間(s)	0	1400	2500	4000	5000	6900
$c(\text{mol/L})$	1.85×10^{-2}	9.20×10^{-3}	5.42×10^{-3}	2.82×10^{-3}	1.85×10^{-3}	7.50×10^{-4}
$\bar{c}(\text{mol/L})$		1.4×10^{-2}	7.3×10^{-3}	4.1×10^{-3}	(ア)	1.3×10^{-3}
$\bar{v}(\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{s}))$		6.6×10^{-6}	3.4×10^{-6}	1.7×10^{-6}	(イ)	5.8×10^{-7}

表 1

問 1 表 1 の(ア)にあてはまる数値を有効数字 2 桁で求めよ。

問 2 表 1 の(イ)にあてはまる数値を有効数字 2 桁で求めよ。

問 3 反応速度定数 $k(\text{s}^{-1})$ を用いて、 N_2O_5 の分解反応の反応速度式(N_2O_5 の平均の反応速度 $\bar{v}$ と平均の濃度 $\bar{c}$ との関係式)を示せ。

問 4 この反応(N_2O_5 の分解反応)の反応速度定数 $k(\text{s}^{-1})$ を見積もり、有効数字 2 桁で答えよ。

問 5 少量の酸化マンガン(IV) MnO_2 に 0.90 mol/L の過酸化水素 H_2O_2 水溶液を 10 mL 加え、 20°C に保ちながら H_2O_2 の分解反応を行った。このとき、平均の分解速度 $v(\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{mol}))$ は、次の反応速度式で表された。

$$v = kc \text{ (一次反応)}$$

ここで、 $c(\text{mol/L})$ は H_2O_2 の平均のモル濃度、 $k(\text{min}^{-1})$ は反応速度定数である。反応開始から 1.0 分後の H_2O_2 の濃度が 0.70 mol/L であったとして、反応開始から 2.0 分後の H_2O_2 の濃度を見積もり、有効数字 2 桁で答えよ。

(北大、東工大)