

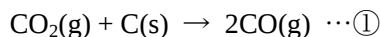
注意事項

解答は全て解答用紙に記入すること。計算過程は不要である。また、解答の数値は、解答用紙の単位に合わせ、 $\times 10^n$ を用いた表記にはしないで、小数点以下 2 桁まで答えること。解答途中で数値を丸めず、一括で計算を行うこと。採点の際には、小数点以下 2 桁目の数 ± 1 まで許容する。大問 1 から 10 を全て解答すること。気体定数 R は $8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ である。

1. 1 mol の理想気体を気体が最大の仕事をするように膨張させる。このとき、初めの圧力が 10^6 Pa 、終わりの圧力が 10^4 Pa であった。また、温度は常に 300 K に保たれている。次の各値を求めよ。
 - (a) 膨張によって力学的周囲に与えられたエネルギー ΔU_{mech}
 - (b) この過程における気体の内部エネルギー変化 ΔU
 - (c) この過程における熱的周囲から気体に与えられたエネルギー $-\Delta U_{\text{therm}}$
2. O-H 結合エネルギーを求めよ。ただし、 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$, $\text{H}(\text{g})$ および $\text{O}(\text{g})$ の $\Delta H_{\text{f},0}^\circ$ はそれぞれ -238.92 , 216.04 および $246.78 \text{ kJ mol}^{-1}$ である。
3. シクロプロパン C_3H_6 の燃焼熱は、 $2091.2 \text{ kJ mol}^{-1}$ と報告されている。この値を用いて、シクロプロパン中の C-C 結合エネルギーを見積もりたい。このとき以下の問に答えよ。
 - (a) シクロプロパンの 25°C における標準生成エンタルピー $-\Delta H_{\text{f}}^\circ(\text{C}_3\text{H}_6)$ はいくらか。ただし、 $\text{CO}_2(\text{g})$ および $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ の 25°C における標準生成エンタルピーは、それぞれ -393.52 および $-285.83 \text{ kJ mol}^{-1}$ である。
 - (b) シクロプロパンを気体状の構成原子にする反応のエンタルピー変化 ΔH_{298} はいくらか。ただし、 $\text{C}(\text{g})$ および $\text{H}(\text{g})$ の 25°C における標準生成エンタルピー $-\Delta H_{\text{f}}^\circ$ は、それぞれ 716.68 および $218.00 \text{ kJ mol}^{-1}$ である。
 - (c) $\Delta H_{\text{f},298}^\circ = \Delta H_{\text{f},0}^\circ$ と近似して、C-C 結合エネルギーを求めよ。ただし、C-H 結合エネルギーは 410 kJ mol^{-1} である。
4. 定圧におけるジボラン B_2H_6 の燃焼は次の式に従う。
$$\text{B}_2\text{H}_6(\text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{B}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{g})$$
ジボラン 1 mol あたり、 2034 kJ の熱が熱的周囲に与えられる。ボロン元素の燃焼は、 B_2O_3 を生成し、 B_2O_3 1 mol あたり 1273 kJ のエネルギーを発生する。 25°C におけるジボランの標準生成エンタルピーを求めよ。ただし、 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ の 25°C における標準生成エンタルピー $-\Delta H_{\text{f}}^\circ$ は $-241.83 \text{ kJ mol}^{-1}$ である。
5. 1 mol の N_2 を圧力一定に保ったまま、温度を 300K から 600K に上げる。このとき、エンタルピー変化 ΔH を求めよ。ただし、 N_2 の定圧モル熱容量 (単位は $\text{J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$) の温度依存性は $a + bT + cT^2$ と書けるとし、 a, b および c の値はそれぞれ 28.58 , 3.76×10^{-3} , -0.50×10^{-5} である。

6. Ca^{2+} を含む水溶液に CO_2 を加えると、 CaCO_3 が沈殿する反応がある。この反応のエンタルピー変化を求めよ。ただし、 $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$, $\text{CO}_2(\text{g})$, $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ および $\text{CaCO}_3(\text{s})$ の 25°C における標準生成エンタルピー ΔH_f° はそれぞれ -542.83 , -393.52 , -285.83 および $-1206.92 \text{ kJ mol}^{-1}$ である。

7. 一酸化炭素は、高温の炭素を二酸化炭素と反応させることによってつくることができる。



このとき、以下の間に答えよ。ただし、 $\text{CO}_2(\text{g})$, $\text{CO}(\text{g})$ の 25°C における標準生成エンタルピー ΔH_f° は、 -393.52 , $-110.53 \text{ kJ mol}^{-1}$ である。

(a) 25°C (298 K) における反応①のエンタルピー変化を求めよ。

(b) 反応温度を 900 K とするとき、反応①のエンタルピー変化を求めよ。ただし、反応①の生成物と反応物に関する定圧熱容量の差 ΔC_p は、温度 T を用いて、

$$\Delta C_p = -0.00426 - 5.36 \times 10^{-6}T + 16.24 \times 10^{-2}T^{-2} \quad (\text{kJ K}^{-1} \text{ mol}^{-1})$$

と書くことができる。

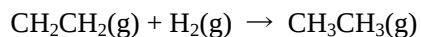
8. 0.7663 g のエタノールをボンベ熱量計で燃焼させる。試料を含む装置の熱容量は、 1234 J K^{-1} である。このとき 20.64°C から 24.64°C への温度上昇が認められた。このとき、次の間に答えよ。ただし、気体定数 R は $8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ であり、反応中の温度範囲において、熱容量は温度によらず一定と近似してよい。

(a) エタノール 1 mol ($= 46 \text{ g}$) あたりの ΔU を求めよ。

(b) エタノール 1 mol あたりの気体試料のモル数の変化 Δv_g はいくらか。ただし、反応後には液体の水が生成するものとする。

(c) この反応の ΔH はいくらか。ただし、反応前後で現実には温度が変化しているが、これを 23°C で一定と仮定せよ。

9. エチレンが水素化するときの反応は次の式に従う。



この反応のエンタルピー変化はいくらか。ただし、 $\text{CH}_2\text{CH}_2(\text{g})$ および $\text{CH}_3\text{CH}_3(\text{g})$ の 25°C における標準生成エンタルピー ΔH_f° はそれぞれ 52.47 および $-84.68 \text{ kJ mol}^{-1}$ である。

10. 次の各物質の 25°C における定積モル熱容量の値 (単位は $\text{J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$) を、①から⑤の中からそれぞれ選び答えよ。

(a) メタン (b) ネオン (c) 窒素 (d) 液体の水 (e) 水銀

① 12.47 ② 20.81 ③ 23.6 ④ 27.00 ⑤ 74.66

問題はこれで終わりです。