

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、 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。大問1から9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。

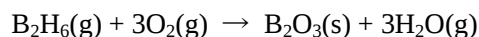
1. 1 mol の理想気体が、 10^4 Pa の圧力を及ぼしているピストンを押し上げて膨張する。初めの圧力が 10^5 Pa 、終わりの圧力が 10^4 Pa で、温度は常に 27°C (300 K) に保たれている。このとき、次の問に答えよ。
- (a) 膨張前後での気体の体積変化量 ΔV を求めよ。
 - (b) 力学的周囲に与えられたエネルギー ΔU_{mech} はいくらか。
 - (c) 熱的周囲から気体に与えられたエネルギー $-\Delta U_{\text{therm}}$ はいくらか。

2. N-H 結合エネルギーを求めよ。ただし、 $\text{NH}_3(\text{g})$, $\text{N}(\text{g})$ および $\text{H}(\text{g})$ の $\Delta H_{\text{f},0}^\circ$ はそれぞれ -39.08 , 470.78 および $216.04 \text{ kJ mol}^{-1}$ 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単体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。

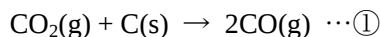


ジボラン 1 mol あたり、 2034 kJ の熱が熱的周囲に与えられる。ボロン元素の燃焼は、 B_2O_3 を生成し、 B_2O_3 1 mol あたり 1273 kJ のエネルギーを発生する。 25°C におけるジボランの標準生成エンタルピーを求めよ。ただし、 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ の 25°C における標準生成エンタルピー $\Delta H_{\text{f}}^\circ$ は $-241.83 \text{ kJ mol}^{-1}$ である。

5. 1 mol の N_2 を圧力一定に保ったまま、温度を 500K から 1000K 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. 希アンモニア水溶液を硫酸銅水溶液に加えたところ、 $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ 錯イオンが生成した。この反応のエンタルピー変化を求めよ。ただし、 $\text{NH}_4^+(\text{aq})$, $\text{OH}^-(\text{aq})$, $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$, $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}(\text{aq})$ 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 $-\Delta H_f^\circ$ はそれぞれ -132.51 , -229.99 , 64.77 , -348.5 および $-285.83 \text{ kJ mol}^{-1}$ 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 $-\Delta H_f^\circ$ は、 -393.52 , $-110.53 \text{ kJ mol}^{-1}$ である。

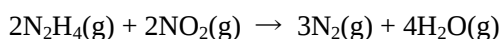
(a) 25°C (298 K) における反応①のエンタルピー変化を求めよ。

(b) 反応温度を 1200 K とするとき、反応①のエンタルピー変化は(a)で求めた値からどれだけ変化するか求めよ。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. 環境に優しい生成物をつくるロケットエンジンは二酸化窒素によるヒドラジンの燃焼によっている。その反応式は次の式の通りである。



この反応のエンタルピー変化を求めよ。ただし、 $\text{N}_2\text{H}_4(\text{g})$, $\text{NO}_2(\text{g})$ および $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ の 25°C における標準生成エンタルピー $-\Delta H_f^\circ$ はそれぞれ $+95.35$, $+33.10$ および $-241.82 \text{ kJ mol}^{-1}$ である。

9. 1 mol の理想気体を膨張させる。ただし、初めの圧力が 10^5 Pa 、終わりの圧力が 10^4 Pa で、温度は常に 27°C (300 K) に保たれている。このとき、次の値をそれぞれ求めよ。

(a) 気体が最大の仕事をするように膨張するときの、力学的周囲に与えられたエネルギー ΔU_{mech}

(b) (a)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 $-\Delta U_{\text{therm}}$