

## 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、数値で答える問題では、解答用紙の単位に合わせ、指定された有効数字を守ること。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。

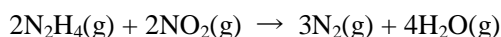
1. 次の各物質の  $25^\circ\text{C}$  における定積モル熱容量の値 (単位は  $\text{J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ) を、①から⑤の中からそれぞれ選び答えよ。

(a) ヘリウム      (b) 窒素      (c) ダイヤモンド      (d) 四塩化炭素      (e) 水銀  
① 6.11      ② 12.47      ③ 20.81      ④ 23.6      ⑤ 89.5

2. N-H 結合エネルギーを有効数字 3 桁で求めよ。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. アセチレン( $\text{C}_2\text{H}_2$ )ガスを触媒床に流通させることによって、毎分  $2 \text{ mol}$  ずつベンゼン( $\text{C}_6\text{H}_6$ )に変換する。触媒床と生成したベンゼン蒸気の温度を流入するアセチレンと同じ  $25^\circ\text{C}$  に保つためには、どのような速さでエネルギーが供給または取り去られねばならないか。エネルギーの数値を有効数字 3 桁で求め、解答欄の供給か除去の適切なものを丸で囲め。ただし、 $\text{C}_2\text{H}_2(\text{g})$  および  $\text{C}_6\text{H}_6(\text{g})$  の  $25^\circ\text{C}$  における標準生成エンタルピー  $\Delta H_{\text{f}}^\circ$  はそれぞれ  $226.73$  および  $82.93 \text{ kJ mol}^{-1}$  である。

4. 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有効数字 5 桁で求めよ。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  $25^\circ\text{C}$  における標準生成エンタルピー  $\Delta H_{\text{f}}^\circ$  はそれぞれ  $+95.35$ ,  $+33.10$  および  $-241.82 \text{ kJ mol}^{-1}$  である。

5. メタノールの標準生成エンタルピーを次の与えられた条件から有効数字 5 桁で求めよ。水素と一酸化炭素から  $1 \text{ mol}$  のメタノールを生成する反応のエンタルピー変化は  $-128.13 \text{ kJ mol}^{-1}$  であり、 $\text{CO}(\text{g})$  の  $25^\circ\text{C}$  における標準生成エンタルピー  $\Delta H_{\text{f}}^\circ$  は  $-110.53 \text{ kJ mol}^{-1}$  である。

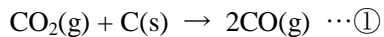
6.  $100^\circ\text{C}$ 、 $1 \text{ mol}$  の液体の水 (密度  $1.00 \text{ g/mL}$ ) が入ったシリンダーを、中の水が全て気化するまで加熱した。このシリンダーは  $10^5 \text{ Pa}$  の圧力がかかるピストンによってふたがしてある。このとき、次の各値を有効数字 3 桁で求めよ。ただし、水の気化エンタルピーは  $40.67 \text{ kJ mol}^{-1}$  であり、水蒸気は理想気体とする。

(a) 力学的周囲に与えられたエネルギー  $\Delta U_{\text{mech}}$   
(b) 水の内部エネルギー変化  $\Delta U$

7.  $1 \text{ mol}$  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  $10^6 \text{ Pa}$ 、終わりの圧力が  $10^4 \text{ Pa}$  であった。また、温度は常に  $300 \text{ K}$  に保たれている。次の各値を有効数字 3 桁で求めよ。

(a) 膨張によって力学的周囲に与えられたエネルギー  $\Delta U_{\text{mech}}$   
(b) この過程における気体の内部エネルギー変化  $\Delta U$   
(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  $-\Delta U_{\text{therm}}$

8. 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  $25^\circ\text{C}$ 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)  $25^\circ\text{C}$ における反応①のエンタルピー変化を有効数字 5 桁で求めよ。

(b) 反応温度として適当な  $1200 \text{ K}$ における反応①のエンタルピー変化を有効数字 5 桁で求めよ。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 $\Delta C_p$ 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。

9. 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有効数字 5 桁で求めよ。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  $25^\circ\text{C}$ 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。