

学籍番号 \_\_\_\_\_ 氏名 \_\_\_\_\_

## 注意事項

思考過程がわかるように計算式は省略しないこと。また、数値で答える問題には必ず単位をつけること。単位がない解答は減点します。 $10^3$ を表す **k** と絶対温度の **K** は明確に区別してください。

以下、大問が1から6まで用意されている。各問題の下の空白に解答を記入し、解答用紙とせよ。

1. 1 mol の理想気体が、可逆的に膨張する。すなわち、外圧は気体の圧力より常に無限小だけ小さい。初めの圧力が 10 bar、終わりの圧力が 0.1 bar で、温度は常に 27°C (300 K) に保たれている。このとき、次の間に答えよ。ただし、気体定数  $R$  は  $8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  である。
- (a) 力学的周囲に与えられたエネルギー  $\Delta U_{\text{mech}}$  はいくらか。
  - (b) 理想気体の内部エネルギー変化  $\Delta U$  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. 亜鉛を塩酸などの酸に加えると、亜鉛が反応し水素が発生する。この反応を発泡スチロールのような定圧熱量計の中で  $25^{\circ}\text{C}$  において行うとき、熱的周囲は反応する亜鉛  $1\text{ mol}$  あたり  $153.89\text{ kJ}$  のエネルギーを得る。このとき、次の間に答えよ。ただし、気体定数  $R$  は  $8.314\text{ J K}^{-1}\text{ mol}^{-1}$  である。
- (a) この反応の化学反応式を書け。
  - (b) 亜鉛  $1\text{ mol}$  あたりの気体試料のモル数の変化  $\Delta v_g$  はいくらか。
  - (c) 系の内部エネルギー変化  $\Delta U$  とエンタルピー変化  $\Delta H$  を求めよ。
  - (d) この反応は発熱反応か吸熱反応のいずれか、理由を付して答えよ。

3. 定圧におけるジボラン  $\text{B}_2\text{H}_6$  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、 $\text{B}_2\text{O}_3$  を生成し、 $\text{B}_2\text{O}_3$  1 mol あたり 1273 kJ のエネルギーを発生する。このとき、以下の間に答えよ。ただし、 $\text{B}(\text{s})$ ,  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  および  $\text{O}_2(\text{g})$  の  $25^\circ\text{C}$  における標準生成エンタルピー  $-\Delta H_f^\circ$  はそれぞれ 0, -241.83 および  $0 \text{ kJ mol}^{-1}$  である。

- (a) 標準生成エンタルピーとは何か？ 簡潔に説明せよ。
- (b)  $25^\circ\text{C}$  におけるジボランの標準生成エンタルピーはいくらか。

4.  $\text{Ca}^{2+}$ を含む水溶液に  $\text{CO}_2$ を加えると、 $\text{CaCO}_3$ が沈殿する反応がある。このことについて以下の問いに答えよ。ただし、 $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$ ,  $\text{CO}_2(\text{g})$ ,  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ ,  $\text{CaCO}_3(\text{s})$ および  $\text{H}^+(\text{aq})$ 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 $-542.83$ ,  $-393.52$ ,  $-285.83$ ,  $-1206.92$  および  $0 \text{ kJ mol}^{-1}$ である。

- (a) この反応の化学反応式を書け。
- (b) この反応のエンタルピー変化はいくらか。

5. 一酸化炭素は、高温の炭素を作用させることによって  $\text{CO}_2$  あるいは  $\text{O}_2$  からつくることができる。



これらの反応は、二酸化炭素と酸素の混合気体を高温の炭の上に通すことによって同時に起こすことができる。このとき、以下の問に答えよ。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) 反応温度として適当な  $1200 \text{ K}$  における各反応のエンタルピー変化を計算せよ。ただし、反応①, ②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、それぞれ

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

$$\Delta C_p = -0.00686 - 5.52 \times 10^{-6} T + 17.83 \times 10^{-2} T^{-2} \quad (\text{kJ K}^{-1} \text{ mol}^{-1}) \cdots \text{反応②について}$$

と書くことができる。

(b) 反応領域で加熱も冷却も起こらないようにするには、 $1200 \text{ K}$  に予熱された混合気体の  $\text{CO}_2$  と  $\text{O}_2$  のモル比をいくらにすればよいか。

6. 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。