

令和6年度 長崎大学大学院総合生産科学研究科

博士前期課程 総合生産科学専攻 一般入試

共生システム科学コース (化学・物質科学分野) 専門科目 A

物理化学

この分野の問題を選択する場合は左の枠内に○を付け、選択しない場合は×を付けること。

受験番号 _____

※用紙の2枚目以降には決して受験番号を記入しないこと。

この線の下には受験者は何も記入しないこと。

整理番号 _____

物理化学 (1/2)

- 解答は問題が記載された指定用紙の解答欄に必ず記入すること。異なる問題の解答欄に記入した場合は、採点されないので注意すること。紙面が不足する場合は、指定用紙の裏面を利用せよ。
- 解答は途中の計算過程がわかるように記述すること。必要があれば、次の数値および単位の関係式を用いよ。
気体定数 $R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, ボルツマン定数 $k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$, アボガドロ定数 $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
 $1.00 \text{ bar} = 1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$, $1 \text{ J} = 1 \text{ m}^2 \text{ kg s}^{-2} = 1 \text{ Pa m}^3$
- 特に指定がない限り、気体は完全気体（理想気体）として取り扱うこと。

問 1. 以下の問に答えよ。

- 1) 25°C において、 0.100 mol の N_2 ガスを一定体積 V の容器中に導入し、容器内の圧力を $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ にした。その時の容器の体積 V 、 N_2 の数密度 N^* および平均自由行程 λ を求めよ。ただし、 N_2 の衝突直径 d は 0.374 nm とする。
- 2) 25°C において、上記 1)の容器から N_2 ガスを排気して圧力を 1.00 Pa にした。排気後の N_2 の数密度 N^* および平均自由行程 λ を求めよ。

問 2. 以下の問に答えよ。

- 1) 1.00 dm^3 , 12.0 bar の気体が、図 1 の様なピストンとシリンダーの間に入っている。この気体が、外圧 $p_e = 1.00 \text{ bar}$ のもと、等温にて 1 段階で 1.00 bar まで不可逆膨張するときの仕事 w_1 を求めよ。
- 2) 1.00 dm^3 , 12.0 bar の気体が、図 1 の様なピストンとシリンダーの間に入っている。この気体を、外圧 $p_e = 3.00 \text{ bar}$ のもと、等温にて不可逆膨張させ、平衡状態にした。次いで、外圧 (p_e) を 1.00 bar にして、さらに不可逆膨張させた。この 2 段階膨張における全仕事 w_2 を求めよ。



図 1 完全気体が入ったシリンダーとピストンのモデル

問 1, 2 の解答欄

物理化学 (2/2)

- 解答は問題が記載された指定用紙の解答欄に必ず記入すること。異なる問題の解答欄に記入した場合は、採点されないので注意すること。紙面が不足する場合は、指定用紙の裏面を利用せよ。
 - 解答は途中の計算過程がわかるように記述すること。必要があれば、次の数値および単位の関係式を用いよ。
気体定数 $R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, ボルツマン定数 $k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$, アボガドロ定数 $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
 $1.00 \text{ bar} = 1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$, $1 \text{ J} = 1 \text{ m}^2 \text{ kg s}^{-2} = 1 \text{ Pa m}^3$
 - 特に指定がない限り、気体は完全気体 (理想気体) として取り扱うこと。
-

問3. $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$ の気相反応 (g は気体を示す) について、以下の問に答えよ。

- 1) 700°C における標準反応 Gibbs エネルギー $\Delta_r G^\circ$ は、 -20.02 kJ である。同温度での熱力学的平衡定数 K を求めよ。
- 2) 700°C における標準反応エンタルピー $\Delta_r H^\circ$ は、 224.36 kJ である。同温度での標準反応エントロピー $\Delta_r S^\circ$ を求めよ。
- 3) 平衡状態における全圧を 1.00 bar から 2.00 bar に変化させたとき、平衡は反応系と生成系のどちら側にシフトするか、モル分率で表した平衡定数 K_x を用いて定量的に説明せよ。

問4. 一次反応 $\text{A} \rightarrow \text{P}$ (A は反応基質, P は生成物) の反応速度式は、 $d[\text{A}]/dt = -k[\text{A}]$ で表される。[A] は A の濃度, t は時間, k は反応速度定数である。以下の問に答えよ。

- 1) 初濃度を $[\text{A}]_0$ として、この反応の積分形反応速度式と半減期 $t_{1/2}$ を導け。
 - 2) 反応温度を 300 K から 600 K に上げたところ、反応速度定数が 4 倍になった。この反応の活性化エネルギー E_a を求めよ。ただし、 E_a は温度によらず一定とせよ。
-

問3, 4の解答欄