

2024年度 大阪公立大学

<工学部 化学工学科>

専 門 科 目 問 題  
(化学工学・物理化学)

解答時間 150分

注 意 事 項

1. 問題冊子は、監督者が「解答始め」の指示をするまで開かないこと。
2. 問題冊子は全部で14ページである。脱落のある場合には申し出ること。
3. 解答用紙（6枚）は別に配付する。脱落のある場合には申し出ること。
4. 問題は全部で6題ある。全ての問題に解答し、解答をそれぞれ別々の解答用紙に記入すること。
5. すべての解答用紙の所定欄に、問題番号と受験番号を丁寧に記入すること。
6. 解答に字数の制限があるときは、句読点や記号も含めて数えること。
7. 解答以外のことを書いたときは、該当箇所の解答を無効とすることがある。
8. 問題冊子の余白は下書きに使用してもよい。
9. 解答終了後、配付された解答用紙はすべて提出すること。問題冊子は持ち帰ること。

2024年度 編入学・学士入学（第3年次）試験  
工学部 化学工学科  
化学工学

【1】 流れ方向が水平になるように設置した長さ  $L$ 、半径  $R$  の円管内を非圧縮性 Newton 流体が層流で定常的に流れている。ただし、流体に働く流れ方向のせん断応力を  $\tau$ 、流体の粘度を  $\mu$ 、流体が最も早く流れる円管中心からの半径方向の距離  $r$  ( $0 \leq r \leq R$ ) で流れる流体の流速を  $u$ 、円管の両端の圧力差を  $\Delta P$  とする。以下の問いに答えなさい。なお、与えられていない記号を用いるときには定義してから使用しなさい。

- (1) 円管中心からの距離  $r$  で流れる流体に働くせん断応力  $\tau$  を示す Newton の粘性法則を式で示しなさい。
- (2)  $\Delta P$ ,  $\mu$ ,  $R$  および  $r$  を用い、円管中心からの距離  $r$  で流れる流体の流速  $u$  を示しなさい。導出過程を明記すること。
- (3) 円管中心の流体の流速  $u_{\max}$ ,  $R$  および  $r$  を用い、円管中心からの距離  $r$  で流れる流体の流速  $u$  を示しなさい。
- (4)  $u_{\max}$  を用い、円管内を流れる流体の平均速度  $u_{\text{av}}$  を示しなさい。導出過程を明記すること。

2024年度 編入学・学士入学（第3年次）試験  
工学部 化学工学科  
化学工学

(余 白)

2024年度 編入学・学士入学（第3年次）試験  
工学部 化学工学科  
化学工学

【2】 温度差により，高温部から低温部へ向かって熱が移動する現象を伝熱とい  
い，その移動機構には，伝導伝熱， ア  伝熱， イ  伝熱の3種類の様  
式がある。一方，伝導伝熱の基本法則として，式(2-1)で表される Fourier の法則が  
ある。

$$q = -kA \frac{dt}{dx} \quad (2-1)$$

ただし， $q$  [W]は伝熱速度， $k$  [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ]は熱伝導度， $A$  [ $\text{m}^2$ ]は熱の移動方向に垂直な  
面の面積， $t$  [K]は温度， $x$  [m]は熱の移動方向の距離である。以下の問いに答えな  
さい。なお，与えられていない記号を用いるときには定義してから使用しなさい。

(1) 空欄 ア ， イ  にあてはまる適切な語句を答えなさい。

(2) 図 2-1 のように，耐火れんが(I)，断熱れんが(II)，普  
通れんが(III)の3層からなる炉壁がある。れんが(I)，  
(II)，(III)の厚さはそれぞれ  $d_1$ ， $d_2$ ， $d_3$  [m]，熱伝導度は  
それぞれ  $k_1$ ， $k_2$ ， $k_3$  [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ]，それぞれのれんがの  
表面の温度差は  $\Delta t_1$ ， $\Delta t_2$ ， $\Delta t_3$  [K]である。ただし，炉  
壁面は十分広く，炉壁内は定常伝導伝熱とし，れん  
が間の接着面の伝熱抵抗は無いものとする。式(2-1)  
を用いて，単位面積 [ $\text{m}^2$ ]，単位時間 [s]あたりの炉  
壁の厚さ方向における熱損失量  $Q$  [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ] が  
式(2-2)となることを示しなさい。

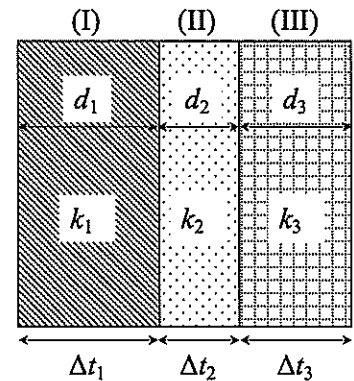


図 2-1 炉壁

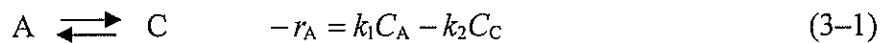
$$Q = \frac{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3}{(d_1 / k_1) + (d_2 / k_2) + (d_3 / k_3)} \quad (2-2)$$

2024年度 編入学・学士入学（第3年次）試験  
工学部 化学工学科  
化学工学

- (3) (2)において、炉壁の熱伝導度  $k_1, k_2, k_3$  はそれぞれ  $1.4, 0.16, 0.90 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  であり、断熱れんが(II)の耐熱温度は  $1273 \text{ K}$  である。耐火れんが(I)の外側の表面温度が  $1473 \text{ K}$ 、普通れんが(III)の外側の表面温度が  $333 \text{ K}$ 、 $d_3$  が  $0.15 \text{ m}$ 、 $Q$  が  $1400 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  のとき、耐火れんが(I)の厚さ  $d_1$  [m]の最小値を求めなさい。
- (4) (3)において、耐火れんが(I)の厚さ  $d_1$  [m]が最小値のとき、断熱れんが(II)の厚さ  $d_2$  [m]を求めなさい。

2024年度 編入学・学士入学（第3年次）試験  
工学部 化学工学科  
化学工学

【3】 完全混合流れの連続槽型反応器を用い、成分 C を含まない溶液を原料として、式(3-1)で示される可逆反応を一定温度で行う。



ただし、 $r_A$  [ $\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{s}^{-1}$ ]は成分 A の反応速度、 $k_1$  と  $k_2$  [ $\text{s}^{-1}$ ]は反応速度定数、 $C_A$  と  $C_C$  [ $\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}$ ]はそれぞれ A と C の濃度である。平衡定数  $K (=k_1/k_2)$  が 4.0 であるとき、以下の問いに答えなさい。なお、与えられていない記号を用いるときには定義してから使用しなさい。

- (1) A の転化率  $x_A$  と A の初期濃度  $C_{A0}$  を用い、A の転化率が  $x_A$  のときの  $C_A$  と  $C_C$  を示しなさい。
- (2) 反応が平衡に達したときの A の転化率（平衡反応率） $x_{\text{eq}}$  の値を求めなさい。
- (3)  $k_1$  を用い、 $x_A$  が平衡反応率の 90%になるように操作したときの空間時間  $\tau$  [s]を示しなさい。

2024年度 編入学・学士入学（第3年次）試験  
工学部 化学工学科  
化学工学

(余 白)

2024年度 編入学・学士入学（第3年次）試験  
工学部 化学工学科  
物理化学

【4】 作動流体が状態 A から状態 B, C, D を経て状態 A に戻る, 図 4-1 のような Otto サイクルを考える。作動流体は 1 mol の理想気体であり, 定容 (定積) モル熱容量  $C_V$  は温度によらず一定とする。状態 A から状態 B は定容 (定積) 加熱過程①, 状態 B から状態 C は断熱膨張過程②, 状態 C から状態 D は定容 (定積) 冷却過程③, 状態 D から状態 A は断熱圧縮過程④である。全ての状態変化は準静的な可逆過程である。状態 A, B, C, D の作動流体の温度をそれぞれ  $T_A, T_B, T_C, T_D$ , 圧力をそれぞれ  $P_1, P_2, P_3, P_4$  とし, 状態 A および B の作動流体の体積を  $V_1$ , 状態 C および D の作動流体の体積を  $V_2$  とする。気体定数を  $R$ , 作動流体が受け取る熱量および作動流体がされる仕事を正として, 以下の問いに答えなさい。

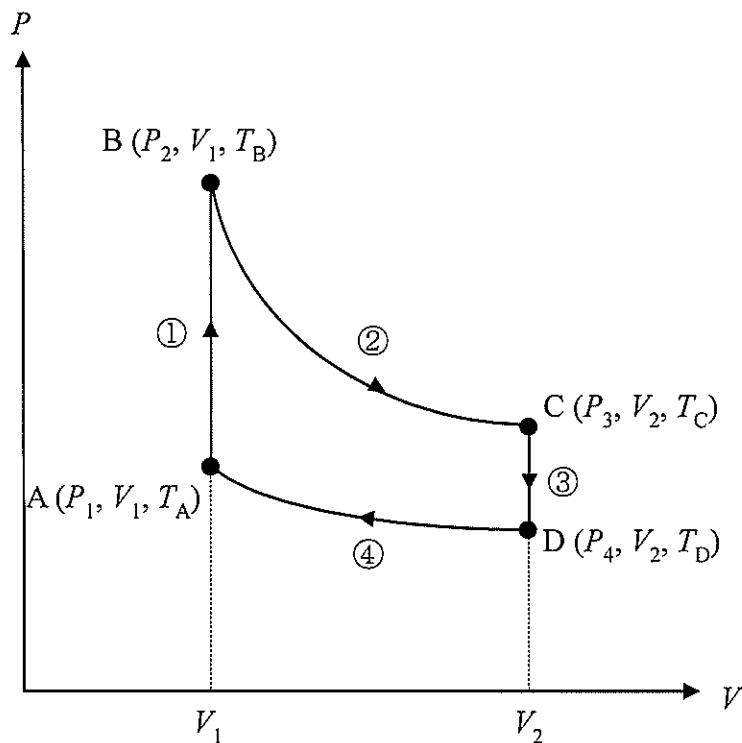


図 4-1 Otto サイクルの  $P$ - $V$  線図

- (1)  $C_V, T_A, T_B, T_C, T_D$  を用い, 各過程における作動流体の内部エネルギー変化  $\Delta U$ , 受け取る熱量  $Q$ , される仕事  $W$  を示しなさい。



2024年度 編入学・学士入学（第3年次）試験  
工学部 化学工学科  
物理化学

- (2)  $C_V, T_A, T_B, T_C, T_D$  を用い, 本サイクルを1周したときの, 作動流体が受け取る熱量  $Q_{\text{cycle}}$  および外界にする仕事  $-W_{\text{cycle}}$  を示しなさい。
- (3)  $T_A, T_B, T_C, T_D$  を用い, 本サイクルの効率  $\eta$  を示しなさい。

2024年度 編入学・学士入学（第3年次）試験  
工学部 化学工学科  
物理化学

【5】 式(5-1)で示す反応が標準圧力で進む。なお、式中の(g)は気体を示す。



また、標準状態（298 K, 0.101 MPa）における各物質の標準生成エンタルピー  $\Delta H_f^\circ$  および標準モルエントロピー  $S^\circ$  を表 5-1 に示す。

表 5-1 各物質の標準生成エンタルピーおよび標準モルエントロピー

	$\Delta H_f^\circ$ [kJ·mol <sup>-1</sup> ]	$S^\circ$ [J·K <sup>-1</sup> ·mol <sup>-1</sup> ]
O <sub>3</sub> (g)	143	239
O <sub>2</sub> (g)	0	205

気体定数  $R$  は  $8.3 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$  とし、以下の問いに答えなさい。なお、与えられていない記号を用いるときには定義してから使用しなさい。

- (1) 式(5-1)で示される反応の 298 K におけるエンタルピー変化  $\Delta H$  [kJ·mol<sup>-1</sup>] の値を求めなさい。
- (2) 式(5-1)で示される反応の 298 K における Gibbs の自由エネルギー変化  $\Delta G$  [kJ·mol<sup>-1</sup>] の値を求めなさい。
- (3) 式(5-1)で示される反応が可逆反応であるとき、298 K における平衡定数  $K$  は式(5-2)で示される。

$$K = e^A \quad (5-2)$$

ただし、 $e$  は自然対数の底である。 $A$  の値を求めなさい。

2024年度 編入学・学士入学（第3年次）試験  
工学部 化学工学科  
物理化学

（余 白）

2024年度 編入学・学士入学（第3年次）試験  
工学部 化学工学科  
物理化学

【6】 不揮発性の物質 A のみを純溶媒に溶解した希薄溶液がある。この希薄溶液は理想溶液である。以下の問いに答えなさい。なお、与えられていない記号を用いるときには定義してから使用しなさい。

- (1) 298 K における希薄溶液と純溶媒の蒸気圧は、それぞれ 2985 Pa と 3000 Pa である。希薄溶液中の物質 A のモル分率を求めなさい。
- (2) (1)において、希薄溶液の浸透圧を求めなさい。ただし、希薄溶液の A のモル濃度は  $0.050 \text{ mol}\cdot\text{cm}^{-3}$  とし、気体定数  $R$  は  $8.3 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$  とする。

2024年度 編入学・学士入学（第3年次）試験  
工学部 化学工学科  
物理化学

(余 白)

2024年度 編入学・学士入学（第3年次）試験  
工学部 化学工学科  
物理化学

（余 白）

2024年度 編入学・学士入学（第3年次）試験  
工学部 化学工学科  
物理化学

（余 白）

