

編入学・学士入学（第3年次）試験

2025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16ページである。脱落のあった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. すべての解答用紙の所定欄に、受験番号を丁寧に記入すること。
5. 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。
6. 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。
7. 問題冊子の余白は下書きに使用してもよい。
8. 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。

2025年度 編入学・学士入学（第3年次）試験

工学部 化学工学科

専門科目（化学工学）

【1】 物質 A と窒素からなる気体を膜分離器に供給して、気体の全圧を $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ に維持したまま、純粋な A を分離し、A を含む窒素を気体として定常的に取り出している。供給する気体の全物質量が 1 時間あたり 100 mol であり、A の分圧が $4.04 \times 10^4 \text{ Pa}$ である。膜分離器から取り出す A を含む窒素中の A の分圧が $5.05 \times 10^3 \text{ Pa}$ である。A と窒素は理想気体であるとして、以下の問いに答えなさい。なお、与えられていない記号を使用する場合は、定義してから使用しなさい。

- (1) 膜分離器に 1 時間あたりに供給する気体中の A と窒素の物質量[mol]をそれぞれ求めなさい。
- (2) 膜分離器から 1 時間あたりに取り出す気体中の A と窒素の物質量[mol]をそれぞれ求めなさい。
- (3) 膜分離器から 1 時間あたりに分離する A の物質量[mol]を求めなさい。

2025年度 編入学・学士入学（第3年次）試験
工学部 化学工学科
専門科目（化学工学）

(余 白)

2025年度 編入学・学士入学（第3年次）試験

工学部 化学工学科

専門科目（化学工学）

【2】 大気圧で沸点に達したベンゼンのモル分率が0.30のベンゼン-トルエン混合液を連続精留塔に供給し、最上段（塔頂）よりモル分率0.90のベンゼンの留出液、塔底よりモル分率0.90のトルエンの缶出液を得る。供給液流量を F 、留出液流量を D 、缶出液流量を W 、供給液中のベンゼンのモル分率を z_F 、留出液中のベンゼンのモル分率を x_D 、缶出液中のベンゼンのモル分率を x_W 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使用する場合は、定義してから使用しなさい。

- (1) 連続精留塔全体について、全物質およびベンゼンの物質収支式を F , D , W , z_F , x_D , x_W を用いて示しなさい。
- (2) 供給液流量 F が $100 \text{ mol}\cdot\text{s}^{-1}$ のとき、留出液流量 D と缶出液流量 W を求めなさい。
- (3) 連続精留塔を全還流操作し、ベンゼンのトルエンに対する比揮発度 α が2.5で一定のとき、最小理論段数 N_m を求めなさい。なお N_m は、Fenskeの式(2-1)で求めることができる。

$$N_m = \frac{\ln\left(\frac{x_D}{1-x_D} \frac{1-x_W}{x_W}\right)}{\ln \alpha} - 1 \quad (2-1)$$

ただし、 $\ln(2.5) = 0.916$, $\ln(3.0) = 1.10$ とする。

2025年度 編入学・学士入学（第3年次）試験
工学部 化学工学科
専門科目（化学工学）

(余 白)

【3】体積変化が起こらない液相不可逆反応を、押出し流れの管型反応器を用いて、定常状態かつ一定温度で行う。Aのみからなる原料を用い、反応速度式は式(3-1)で示される。

$$-r_A = kC_A \quad (3-1)$$

ここで、 r_A [$\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{s}^{-1}$]は成分Aの反応速度、 k [s^{-1}]は反応速度定数、 C_A [$\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}$]はAの濃度である。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) 一般に反応器内の理想流れとして、「押出し流れ」と「完全混合流れ」がある。各理想流れについてその特徴を記しなさい。
- (2) 管型反応器入口から反応器内のある流れ方向に垂直な管断面までの体積を V とする。Aの物質流量を F_A [$\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}$]とすると、反応器入口より体積にして V ならびに $(V + \Delta V)$ だけ離れた2つの断面で囲まれた微小体積要素 ΔV における物質収支より式(3-2)を導きなさい。

$$\frac{dF_A}{dV} = r_A \quad (3-2)$$

- (3) 反応液の体積流量が v [$\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$]で一定とし、 C_A を反応器入口からの体積 V におけるAの濃度とすると、式(3-3)が成り立つことを示しなさい。

$$\ln\left(\frac{C_A}{C_{A0}}\right) = -k\frac{V}{v} \quad (3-3)$$

ここで、 C_{A0} [$\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}$]は反応器入口におけるAの濃度である。

2025年度 編入学・学士入学（第3年次）試験
工学部 化学工学科
専門科目（化学工学）

- (4) 反応器入口での A の濃度が $50 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-3}$ ，反応速度定数が $3.3 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ ，体積流量が $3.3 \times 10^{-5} \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ ，反応器の体積が $1.0 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ であるとき，反応器出口での A の濃度 [$\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}$] を求めなさい。ただし，自然対数の底は 2.7 とする。

2025年度 編入学・学士入学（第3年次）試験
工学部 化学工学科
専門科目（化学工学）

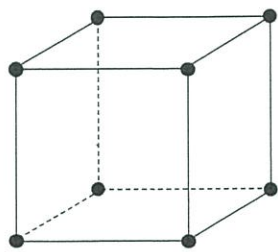
(余 白)

2025年度 編入学・学士入学（第3年次）試験
工学部 化学工学科
専門科目（化学工学）

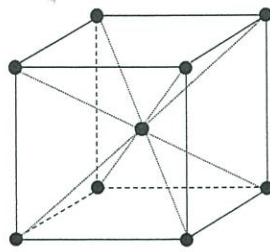
(余 白)

2025年度 編入学・学士入学（第3年次）試験
 工学部 化学工学科
 専門科目（物理化学）

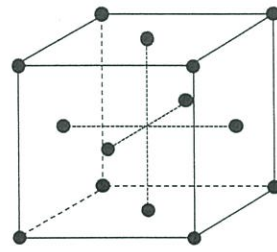
【4】 下図に示す一辺の長さが a の単位格子について、以下の問いに答えなさい。ただし、原子は互いに隣接しているものとする。また、 $\sqrt{2}=1.41$ 、 $\sqrt{3}=1.73$ 、 $\pi=3.14$ とする。



単純立方格子



体心立方格子



面心立方格子

図 単位格子の構造

- (1) 単位格子について、表の（ア）～（カ）にあてはまる数値を書きなさい。ただし、格子に含まれる原子は同一である。また、充てん率は有効数字2桁で計算しなさい。

表 単位格子の体積、原子数、配位数および充てん率

	単純立方格子	体心立方格子	面心立方格子
単位格子体積	a^3	a^3	a^3
単位格子あたりの原子数	1	（ア）	（イ）
配位数*	6	（ウ）	（エ）
充てん率	0.52	（オ）	（カ）

*配位数：一つの原子に隣接する他の原子の数

- (2) 密度 ρ 、原子量 M の結晶がある。この結晶の単位格子あたりの原子数 N 、 a 、 ρ 、アボガドロ定数 N_A を用いて、 M を表しなさい。

2025年度 編入学・学士入学（第3年次）試験
工学部 化学工学科
専門科目（物理化学）

- (3) CsCl は体心立方格子の中心に Cs イオン，格子の頂点に Cl イオンがある構造である。Cs, Cl のイオン半径をそれぞれ r_{Cs} , r_{Cl} としたとき，イオン半径比 ($r_{\text{Cs}}/r_{\text{Cl}}$) を求めなさい。ただし，Cs イオンと Cl イオン，Cl イオンと Cl イオンは隣接しているものとする。

2025年度 編入学・学士入学（第3年次）試験
 工学部 化学工学科
 専門科目（物理化学）

【5】 下図は互いに部分可溶性な液体 A および液体 B の組み合わせからなる二成分の液体の温度-組成相図である。なお、図中の曲線の極大値である温度 T_{uc} は上部完溶温度（臨界溶解温度）を示す。以下の問いに答えなさい。ただし、部分可溶とは、ある組成または温度範囲内でのみ混合できることを意味する。

- (1) A のモル分率が x_A である二成分の液体を温度 T_1 ($< T_{uc}$) で保持した。一方の相の全物質量を n_1 , A のモル分率を x_1 , 他方の相の全物質量を n_2 , A のモル分率を x_2 として、相平衡状態では式(5-1)が成り立つことを示しなさい。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。

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{x_2 - x_A}{x_A - x_1} \quad (5-1)$$

- (2) (1)において、 x_1 が 0.38, x_2 が 0.78, x_A が 0.63 であるとき、 n_1/n_2 の値を求めなさい。
- (3) A のモル分率が x_A である二成分の液体を温度 T_1 ($< T_{uc}$) の状態 a から温度 T_{uc} の状態 b を経て、温度 T_2 ($> T_{uc}$) の状態 c まで加熱後、平衡状態に達するまで温度 T_2 で保持した。状態 a と状態 c の違いについて説明しなさい。

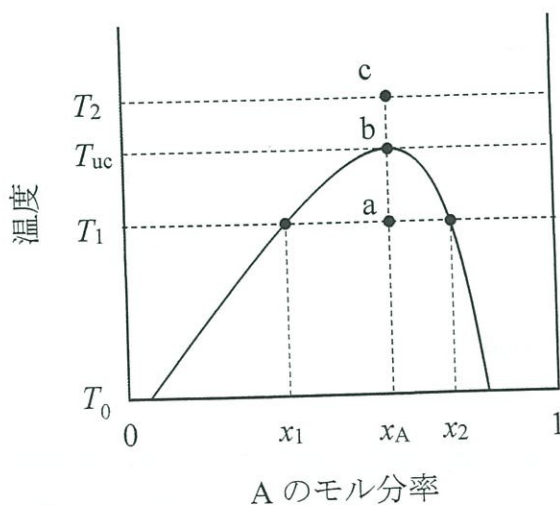


図 互いに部分可溶性な液体 A および液体 B からなる二成分の液体の温度-組成相図

2025年度 編入学・学士入学（第3年次）試験
工学部 化学工学科
専門科目（物理化学）

（余 白）

2025年度 編入学・学士入学（第3年次）試験
工学部 化学工学科
専門科目（物理化学）

【6】 n [mol]の気体 A は、定圧熱容量 C_P が式(6-1)、状態方程式が式(6-2)でそれぞれ表される。以下の問いに答えなさい。

$$C_P = a + bT + cT^2 \quad (6-1)$$

$$P(V - nB) = nRT \quad (6-2)$$

ここで、 P は圧力、 V は体積、 T は温度であり、 R は気体定数、 B は排除体積、 n は物質質量、 a 、 b 、 c はそれぞれ定数である。また、気体が受けとる熱、気体になされた仕事を正とする。

(1) 内部エネルギー U について温度一定のとき式(6-3)が、 C_P と定積熱容量 C_V について式(6-4)がそれぞれ成り立つ。

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V - P \quad (6-3)$$

$$C_P - C_V = \left[\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T + P \right] \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P \quad (6-4)$$

気体 A の状態方程式を用いて、 $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = 0$ 、 $C_P - C_V = nR$ がそれぞれ成り立つことを示しなさい。

- (2) n [mol]の A を温度 T_0 で体積を V_0 から $V_1 (> V_0)$ に可逆的に等温膨張させたとき、気体 A が受けとる熱を表す式を示しなさい。
- (3) (2)において、エントロピー変化 ΔS を表す式を示しなさい。

2025年度 編入学・学士入学（第3年次）試験
工学部 化学工学科
専門科目（物理化学）

- (4) n [mol]のAを体積 V_0 で温度を T_0 から T_1 ($>T_0$)に可逆的に定積変化させたとき、気体Aが受けとる熱を表す式を示しなさい。
- (5) (4)において、エントロピー変化 ΔS を表す式を示しなさい。

2025年度 編入学・学士入学（第3年次）試験
工学部 化学工学科
専門科目（物理化学）

（余 白）

2025年度 編入学・学士入学（第3年次）試験
工学部 化学工学科
専門科目（物理化学）

（余 白）