

第一部

問題 A1 (配点 10 点)

A1-1 気体の状態と物性に関する次の記述のうち、正しいものを2つ選び、その番号を解答用紙の該当欄に記入しなさい。

- (1) 理想気体がジュール・トムソン膨張する際には、温度が低下する。
- (2) 理想気体の圧力 P 、体積 V は断熱変化 (1→2) において次のように変化する。ただし、 C_p と C_v は定圧熱容量と定容熱容量である。

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{C_p/C_v}$$

- (3) 理想気体の内部エネルギーは体積だけに依存し、温度の変化には無関係である。
- (4) 実在気体の圧縮係数は臨界点では 1 となる。
- (5) 気体の粘度は温度上昇とともに増加する。

A1-2 次の工業反応装置についての説明の空欄にあてはまる最も適切な語句を解答欄から選び、その番号を解答用紙の該当欄に記入しなさい。

- (1) 固定層型反応装置は、固体触媒を用いる反応装置であり、 などの気固触媒反応、固定化酵素反応などの液固触媒反応、水素化脱硫反応などの気液固触媒反応に用いられている。
- (2) 移動層型反応装置は、固体粒子がゆるやかに移動することによって流体と接触する反応装置であり、 などに用いられている。
- (3) 攪拌槽型反応装置は、攪拌翼によって槽内の内容物を混合する反応装置であり、 などに用いられている。
- (4) 流動層型反応装置は、装置の底部より送入した流体によって固体粒子を浮遊させて、流体と固体粒子間の接触によって反応を起こさせる装置であり、 に汎用されている。
- (5) 気泡塔型反応装置は、塔内に満たされた反応液と底部より吹き込まれた反応ガスを反応させる装置であり、 などに用いられている。

【解答欄】

- | | | |
|------------------------------------|---------------|-------------|
| (1) ダイヤモンド合成 | (2) 重油留分の接触分解 | (3) ナフサの熱分解 |
| (4) オレフィン ($C_3 \sim C_5$) の液相酸化 | (5) アンモニア合成 | (6) 乳化重合 |
| (7) 製鉄用高炉 | | |

問題 A2 次の文中の空欄にあてはまる適切な数値あるいは語句を解答欄から選び、その番号を解答用紙の該当欄に記入しなさい。(配点 10 点)

界面における物質移動現象に対して境膜説を適用すると、単位面積・単位時間当りの物質移動量 N_A 、物質移動係数 k と濃度境膜厚さ δ_c の関係は次式で表される。

$$N_A = k(C_i - C) = (D/\delta_c)(C_i - C) \quad \text{①}$$

$$k = D/\delta_c \quad \text{②}$$

ここで、 C は溶質（移動物質）の流体本体濃度、 C_i は界面での溶質濃度、 D は拡散係数である。また、濃度境膜厚さ δ_c は溶質の分子拡散や界面近くの流れの状態に依存する。

液体中に懸濁している球状固体粒子の溶解では、粒子の周りに形成される濃度境膜厚さ δ_c は粒子径 d 、固体粒子と液体の相対速度 u 、液体の密度 ρ 、粘度 μ 、溶質の拡散係数 D に依存すると考えられる。そこで、濃度境膜厚さ δ_c を次元解析し、物質移動係数 k がどのような無次元数の関数として表されるかを調べてみよう。

境膜厚さ δ_c を d 、 u 、 ρ 、 μ 、 D のべき乗式で表し、

$$\delta_c = \text{const} \times d^\alpha u^\beta \rho^\gamma \mu^\delta D^\epsilon \quad \text{③}$$

長さ、質量、時間の次元に対するべき乗指数の関係を求めると、以下の式が成り立つ。

$$\text{長さについて} \quad 1 = \alpha + \beta + \boxed{\text{ア}} \gamma + \boxed{\text{イ}} \delta + \boxed{\text{ウ}} \epsilon \quad \text{④}$$

$$\text{質量について} \quad 0 = \gamma + \boxed{\text{エ}} \delta \quad \text{⑤}$$

$$\text{時間について} \quad 0 = \beta + \boxed{\text{オ}} \delta + \boxed{\text{カ}} \epsilon \quad \text{⑥}$$

これらの式を整理すると(3)式から次式が得られる。

$$\delta_c/d = \text{const} \times X^\beta (1/Y)^\epsilon \quad \text{⑦}$$

ここで、 $X = \boxed{\text{キ}}$ 、 $Y = \boxed{\text{ク}}$ である。

上式と④式から物質移動係数 k は X の $-\beta$ 乗、 Y の ϵ 乗からなる次の無次元式で表される。

$$kd/D = (1/\text{const}) \times X^{-\beta} Y^\epsilon \quad \text{⑧}$$

上式中の kd/D をシャーウッド数、 X を $\boxed{\text{ケ}}$ 、 Y を $\boxed{\text{コ}}$ とよぶ。

【解答欄】

・空欄「ア」～「カ」について

- (1) -3 (2) -2 (3) -1 (4) 0 (5) 1 (6) 2 (7) 3

・空欄「キ」「ク」について

- (1) ud/μ (2) ud/D (3) $\rho ud/\mu$ (4) $\mu/\rho ud$ (5) $\mu/\rho D$ (6) $\rho D/\mu$

・空欄「ケ」「コ」について

- (1) レイノルズ数 (2) ヌッセルト数 (3) プラントル数 (4) シュミット数 (5) ペクレ数

問題 A3 次の文中の空欄にあてはまる最も適切な数値を解答欄から選び、その番号を解答用紙の該当欄に記入しなさい。(配点 10 点)

粘度 $1.00 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ 、密度 $800 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ 、流量 $6.00 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ の原油を内径 100 mm 、長さ 1.00 km の円管によって水平に輸送するときのポンプの動力を知りたい。

原油の管内平均流速は $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ であり、したがってレイノルズ数 Re は となる。

管摩擦係数 f は、流れが層流の場合は $f=16/Re$ 、乱流の場合は $f=0.0791Re^{-1/4}$ で与えられるので、管摩擦係数は となり、管の入口出口間の圧力損失は Pa 、ポンプの理論所要動力は W と求められる。

【解答欄】

<input type="text" value="ア"/>	: (1) 764	(2) 191	(3) 0.212	(4) 0.0531	(5) 0.0191
<input type="text" value="イ"/>	: (1) 61100	(2) 15300	(3) 5310	(4) 17.0	(5) 1.53
<input type="text" value="ウ"/>	: (1) 10.5	(2) 0.941	(3) 0.00927	(4) 0.00711	(5) 0.00503
<input type="text" value="エ"/>	: (1) 4.70×10^{10}	(2) 4.15×10^9	(3) 6.77×10^5	(4) 6.13×10^4	(5) 4.18×10^2
<input type="text" value="オ"/>	: (1) 7.83×10^7	(2) 6.92×10^6	(3) 3.68×10^5	(4) 1.13×10^3	(5) 6.97×10^{-1}

問題 A4 次の文中の空欄にあてはまる最も適切な数値を解答欄から選び、その番号を解答用紙の該当欄に記入しなさい。(配点 10 点)

内管内径 20.0 mm 、長さ 4.00 m の二重管熱交換器の管内に 30.0°C 、流量 $720 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ のエタノールを流し、環状部の 100°C の飽和水蒸気によって加熱しているとき、エタノールの出口温度は 60.0°C であった。このとき、エタノールの比熱を $2.64 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ とすればエタノールの得る熱量は kW となり、対数平均温度差は $^\circ\text{C}$ であるので、管内面基準の総括熱伝達係数は $\text{J}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ と算出される。

次にエタノールの出口温度を高くするために、この二重管熱交換器の長さを 6.00 m にした。エタノールの流量は変えないとすれば、エタノールの出口温度は $^\circ\text{C}$ となり、総伝熱量は の 倍となる。

ただし、エタノールの物性は一定とする。

【解答欄】

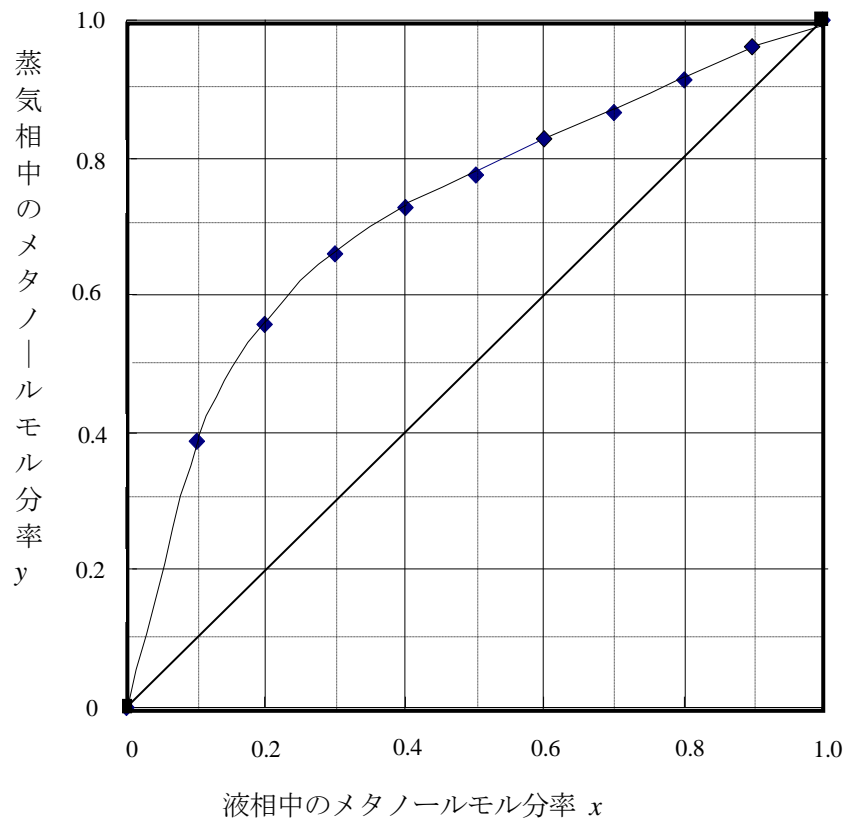
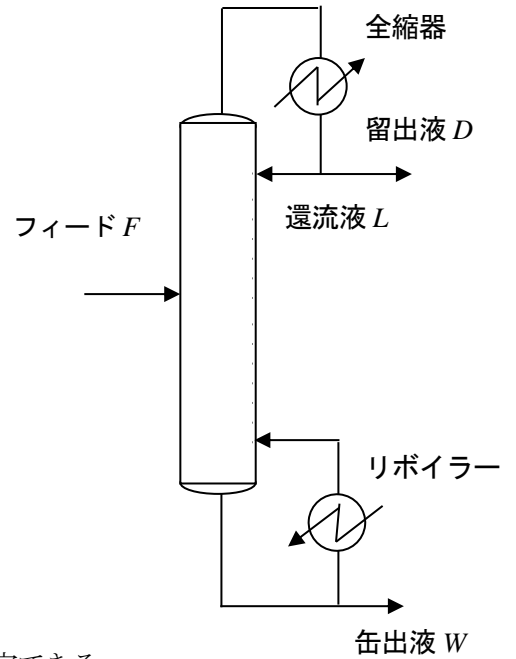
<input type="text" value="ア"/>	: (1) 1.33×10^5	(2) 5.70×10^4	(3) 37.0	(4) 21.1	(5) 15.8
<input type="text" value="イ"/>	: (1) 70.0	(2) 64.7	(3) 53.6	(4) 45.0	(5) 31.2
<input type="text" value="ウ"/>	: (1) 81400	(2) 11500	(3) 1170	(4) 948	(5) 72.6
<input type="text" value="エ"/>	: (1) 97.6	(2) 90.0	(3) 88.7	(4) 75.0	(5) 69.8
<input type="text" value="オ"/>	: (1) 1.96	(2) 1.77	(3) 1.50	(4) 1.33	(5) 1.04

問題 A5 次の文中の空欄にあてはまる適切な数値を解答欄から選び、その番号を解答用紙の該当欄に記入しなさい。(配点 10 点)

蒸留塔（棚段塔、全縮器+リボイラー付；0.1 MPa）にて、メタノール水溶液からメタノールを分離する。フィードは、メタノール 40mol%の沸点の液で $1000 \text{ kmol}\cdot\text{h}^{-1}$ にて供給される。留出液のメタノール組成（モル分率）を $x_D=0.95$ 、缶出液組成を $x_W=0.05$ としたい。濃縮部、回収部での気液のモル流量は各段で一定と近似できるものとする。また、本系の気液平衡データは下図（モル分率表示）に示されている。

なお、理論段にはリボイラーを含めることとする。

- (1) 最小理論段数を作図して求めると 段となる。
- (2) 所定の仕様を満足させるための留出液量 D と缶出液量 W を求めると、それぞれ $D =$ $\text{ kmol}\cdot\text{h}^{-1}$ 、
 $W =$ $\text{ kmol}\cdot\text{h}^{-1}$ と算出できる。
- (3) 還流比 $R=L/D=3$ のとき、所定の性能を発揮させるには、棚段塔の段数は、図上での解析から 段必要で、またフィードは塔頂から数えて 段目が適切であると決定できる。



【解答欄】

<input type="text" value="ア"/>	:	(1) 2	(2) 3	(3) 4	(4) 5	(5) 6
<input type="text" value="イ"/>	:	(1) 122	(2) 389	(3) 500	(4) 611	(5) 878
<input type="text" value="ウ"/>	:	(1) 122	(2) 389	(3) 500	(4) 611	(5) 878
<input type="text" value="エ"/>	:	(1) 3	(2) 6	(3) 10	(4) 15	(5) 20
<input type="text" value="オ"/>	:	(1) 2	(2) 4	(3) 8	(4) 11	(5) 15

問題 A6 次の文中の空欄にあてはまる最も適切な数式あるいは数値を解答欄から選び、その番号を解答用紙の該当欄に記入しなさい。(配点 10 点)

温度が一定に保たれた連続槽型反応装置 (CSTR) において $A \rightarrow B$ なる液相 1 次反応を行う場合、空間時間 τ と転化率 X との関係は、反応速度定数 k を用いて で表される。

この反応の反応速度定数は $k = 0.25 \text{ s}^{-1}$ であり、原料の体積流量が $v_0 = 0.20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 、原料成分の濃度が $C_{A0} = 1.50 \times 10^3 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}$ の条件で、転化率 $X = 0.80$ を得たい。このときの出口の原料成分の濃度 C_A は $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$ 、 τ は s であり、必要な反応器容積 V は m^3 となる。

【解答欄】

: (1) $\tau = \frac{1}{k(1+X)}$ (2) $\tau = \frac{X}{k(1-X)}$ (3) $\tau = \frac{X}{k(1+X)}$ (4) $\tau = \frac{1}{k(1-X)}$

: (1) 300 (2) 600 (3) 900 (4) 1200

: (1) 1.78 (2) 2.22 (3) 16.0 (4) 20.0

: (1) 0.36 (2) 0.44 (3) 3.20 (4) 4.00

問題 A7 (配点 10 点)

A7-1 次の文中の空欄にあてはまる最も適切な数値を解答欄から選び、その番号を解答用紙の該当欄に記入しなさい。

純物質の蒸気圧 P は、アントワン式により温度 T の関数として 3 定数 A 、 B 、 C を用いて次式で表される。

$$\log_{10} P = A - \frac{B}{T + C}$$

メタノールの蒸気圧を便覧で調べたところ、圧力 P [atm]、温度 T [°C] としたときの 3 定数は

$$A = 5.20003, \quad B = 1582.271, \quad C = 239.826$$

であった。

上式から標準沸点 (1atm における沸点) を求めると °C になる。また、SI 単位系を用いて P の単位を kPa と T の単位を K とすると、定数は $A =$ 、 $B =$ 、 $C =$ となる。

ただし、1 atm = 101.33 kPa である。

【解答欄】

: (1) 79.80 (2) 76.40 (3) 74.65 (4) 64.46 (5) 52.35

: (1) 10.20577 (2) 9.81811 (3) 7.20577 (4) 5.25354 (5) 3.19429

: (1) 1726.22 (2) 1679.116 (3) 1582.271 (4) 1485.119 (5) 1342.445

: (1) 53.424 (2) 33.324 (3) -23.424 (4) -33.324 (5) -53.424

A7-2 次の文中の空欄にあてはまる最も適切な数値を解答欄から選び、その番号を解答用紙の該当欄に記入しなさい。

圧力 101.3 kPa、温度 60°Cの湿り空気があり、その水蒸気分圧は 7.2 kPa である。含まれる水蒸気を凝縮除去するために 0.4 MPa に圧縮した後、30°Cに冷却する。そのときの水蒸気除去率を下記の手順で求める。ただし、60°C、30°Cの飽和水蒸気圧はそれぞれ 19.95 kPa、4.25 kPa であり、気相は理想気体とみなせるものとする。

湿り空気の量を 100 mol とすると、水蒸気分圧から計算される元の湿り空気中の水蒸気量は mol となり、結果として乾き空気量は mol である。この圧縮、冷却後の空気中の水蒸気量は、飽和水蒸気圧により規定されることから計算すると、 mol となる。したがって、この操作による水蒸気除去率は、初めの水蒸気量をベースにして求めると、 %となる。

【解答欄】

<input type="text" value="ア"/>	: (1) 4.20	(2) 6.11	(3) 7.11	(4) 15.7	(5) 19.7
<input type="text" value="イ"/>	: (1) 86.2	(2) 92.0	(3) 92.9	(4) 100	(5) 101.3
<input type="text" value="ウ"/>	: (1) 0.4	(2) 0.6	(3) 0.8	(4) 1.0	(5) 1.2
<input type="text" value="エ"/>	: (1) 31	(2) 43	(3) 62	(4) 74	(5) 86

第二部

問題 B1 次の文中の空欄にあてはまる適切な数値を解答欄から選び、その番号を解答用紙の該当欄に記入しなさい。(配点 10 点)

メタンとエタンからなる混合燃料を空気(酸素 21 mol%、窒素 79 mol%)で燃焼し、生成した燃焼ガスを分析したところ、乾燥基準で酸素 6.3 mol%、窒素 84.9 mol%、二酸化炭素 8.8 mol%の結果を得た。

- (1) 乾燥燃焼ガス 100 mol あたり供給した空気中の酸素は mol である。
- (2) 乾燥燃焼ガス 100 mol あたり供給したメタンの量を x mol, エタンの量を y mol とすると、炭素と酸素の収支は次式で表される。

$$\text{炭素収支} \quad x + \text{イ} y = \text{ウ}$$

$$\text{酸素収支} \quad 4x + \text{エ} y = \text{オ}$$

- (3) 混合燃料中にメタンは mol% 含まれる。
- (4) 供給空気量は燃料の完全燃焼に必要な理論空気量に対して % 過剰である。

【解答欄】

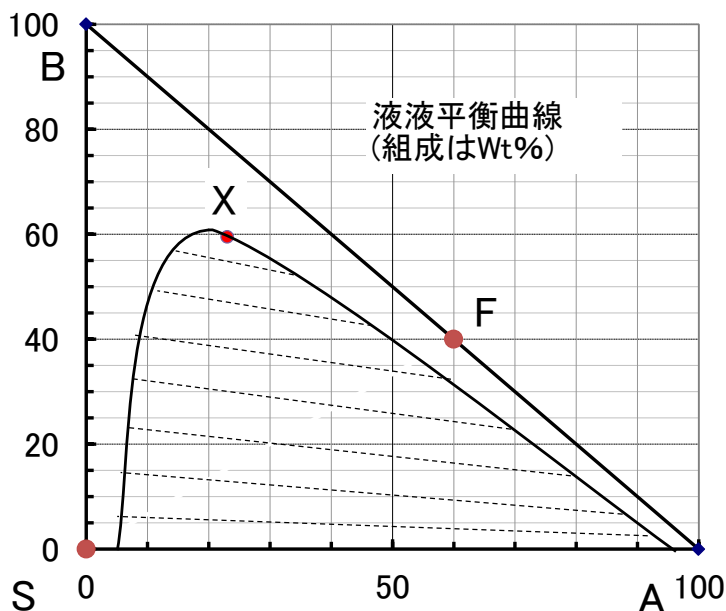
- (1) 1 (2) 2 (3) 2.66 (4) 3.48 (5) 3.5 (6) 4 (7) 7
- (8) 8.8 (9) 16.3 (10) 22.57 (11) 32.54 (12) 38.7 (13) 43.3 (14) 56.7

問題 B2 以下の B2-1~B2-3 の 3問のうちから 1問を選んで解答しなさい。 (配点 10 点)

B2-1 次の文中の空欄にあてはまる適切な数値あるいは語句を解答欄から選び、その番号を解答用紙の該当欄に記入しなさい。

A : 60wt%+B : 40 wt%の 2成分溶液 (フィード、F) が 100 g ある。これから抽剤 (S) を用いて、B を抽出分離したい。ただし、A+B+S 系の液液平衡は下図 (数字は wt%) で表され、図中の実線は相境界、破線はタイライン (液液平衡にある抽出相と抽残相を結んだ線) を示している。

- (1) 図中の点 X は、 と呼ばれる液液平衡の臨界点でタイラインが点となる。
- (2) 100 g の抽剤 S をフィード F に加え液液分離した。その相分離後の抽出相 (E1)、抽残相 (R1) の成分 B の組成[wt%]を図から求めると、それぞれ % と % となった。
- (3) 上の E1 相と R1 相とを完全分離したところ、R1 が g が得られた。この R1 に対してさらに抽剤 (S) を 100 g 追加して抽出分離した際の抽残相 (R2) の成分 B の組成を図から求めると wt% と推定できる。



【解答欄】

<input type="text" value="ア"/>	: (1) Critical Point	(2) Azeotrope point	(3) Plait Point	(4) Saturation Point	(5) Spinodal Point
<input type="text" value="イ"/>	: (1) 9	(2) 14	(3) 18	(4) 23	(5) 28
<input type="text" value="ウ"/>	: (1) 4	(2) 10	(3) 14	(4) 18	(5) 23
<input type="text" value="エ"/>	: (1) 38	(2) 67	(3) 100	(4) 133	(5) 162
<input type="text" value="オ"/>	: (1) 2.5	(2) 4.0	(3) 6.0	(4) 8.0	(5) 10

B2-2 以下は、プロセス制御に関する説明である。文中の空欄にあてはまる最も適切な用語を解答欄から選び、その番号を解答用紙の該当欄に記入しなさい。

プロセス制御では、流量、温度、圧力、液位などのプロセス運転条件を表す変数をプロセス変数と呼び、所定の値にしたいプロセス変数を被制御変数、そのために操作する変数を操作変数と呼ぶ。また、被制御変数が維持すべき値を目標値、目標値と被制御変数の計測値との差を ア と称する。

制御の方法としては、 イ と ウ がある。 イ は、 ア を操作変数の決定に用いる制御方法であり、被制御変数の計測値に外乱の影響が現れ始めてからその影響を打ち消すように操作変数値を決める。一方、 ウ は、計測した外乱の値を操作変数の決定に使う制御方法であり、外乱の影響が被制御変数に現れる前に操作変数を制御し外乱の影響を打ち消そうとする。 ウ を用いる場合には、単独ではなく イ と併用する場合が多い。

実際にプロセス制御を行うには、操作変数の値を具体的に計算できるようにしておかなければならない。この計算を行う制御則としては、 イ の制御方法を用いる場合、PID 制御が一般的である。

時刻 t において、操作変数の値を $u(t)$ 、被制御変数の計測値を $y(t)$ 、目標値を r 、 ア を $e(t) = r - y(t)$ とする。プロセスが時刻 $t = 0$ で定常状態に達し、そのときの操作変数の値を u_0 、被制御変数の計測値を y_0 、また、 $x(t) = u(t) - u_0$ とおくと、定常値を目標値とする制御則は次のように表される。

1) 比例動作 : P 制御

2) 積分動作 : I 制御

3) 微分動作 : D 制御

$$x(t) = K_p e(t)$$

$$x(t) = \frac{K_p}{T_I} \int_0^t e(t) dt$$

$$x(t) = K_p T_D \frac{de(t)}{dt}$$

ここで、 K_p を エ 、 T_I を オ 、 T_D を カ と呼ぶ。

上記の各制御方法は制御対象によって組み合わせて使用され、すべてを組み合わせた PID 制御では、時間領域の表現は以下ようになる。

$$x(t) = K_p \left(e(t) + \frac{1}{T_I} \int_0^t e(t) dt + T_D \frac{de(t)}{dt} \right)$$

$x(t)$ および $e(t)$ のラプラス変換をそれぞれ $\bar{x}(s) = \int_0^\infty e^{-st} x(t) dt$ 、 $\bar{e}(s) = \int_0^\infty e^{-st} e(t) dt$ とすれば、上式は

$$G(s) = \frac{\bar{x}(s)}{\bar{e}(s)} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_I s} + T_D s \right)$$

と書くことができる。 $G(s)$ を キ という。

【解答欄】

- | | | | |
|-----------------|---------------|--------------|-----------|
| (1) アナログ制御 | (2) デジタル制御 | (3) 差分 | (4) 行過ぎ量 |
| (5) 積分関数 | (6) 積分時間 | (7) 微分関数 | (8) 微分時間 |
| (9) フィードフォワード制御 | (10) 多変数制御 | (11) カスケード制御 | (12) 伝達関数 |
| (13) フィードバック制御 | (14) マルチループ制御 | (15) 偏差 | (16) 格差 |
| (17) 比例関数 | (18) 比例ゲイン | (19) 比例定数 | (20) むだ時間 |

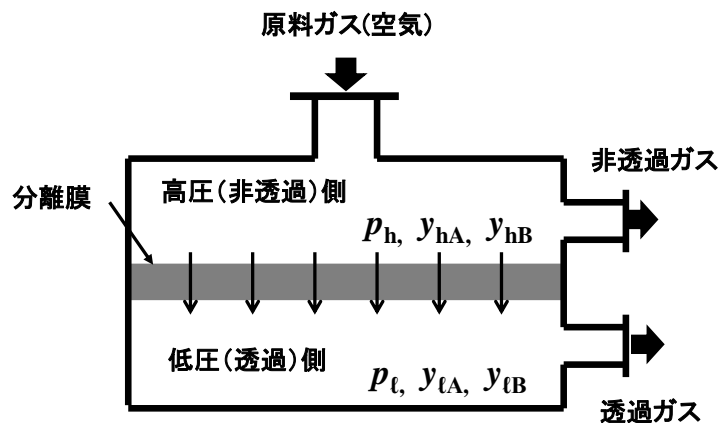
B2-3 次の文中の空欄にあてはまる最も適切な数値を解答欄から選び、その番号を解答用紙の該当欄に記入しなさい。

図のような A、B 2 成分混合ガスの膜分離において、高圧側（非透過側）の全圧を p_h [Pa]、低圧側（透過側）の全圧を p_l [Pa]、高圧側、低圧側ともに完全混合で成分 A の高圧側のモル分率を y_{hA} 、低圧側のモル分率を y_{lA} とすると、成分 A の透過速度 Q_A [$\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}$] は次式で表わされる。

$$Q_A = P_A S \frac{p_h y_{hA} - p_l y_{lA}}{L}$$

ここで、 S [m^2] は膜の面積、 L [m] は膜の厚さで、 P_A [$\text{mol}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{Pa}^{-1}$] は成分 A の透過係数である。成分 B についても同様な関係式が成り立つ。また、成分 A、B の透過速度がそれぞれ他成分に影響されない場合、低圧側の成分 A、B の濃度比は透過速度の比に等しいと考えることができる。すなわち次式が成り立つ。

$$\frac{y_{lA}}{y_{lB}} = \frac{Q_A}{Q_B}$$



いま、流量 $20 \text{ kmol}\cdot\text{h}^{-1}$ の空気を 1000 kPa に圧縮して高圧側に供給し、低圧側を 100 kPa として分離したところ、低圧側の酸素濃度は $30.0 \text{ mol}\%$ であった。ただし、原料の空気は酸素 $21.0 \text{ mol}\%$ 、窒素 $79.0 \text{ mol}\%$ の混合気体とし、高圧側、低圧側ともに完全混合で、上の 2 式が成り立つとする。また、分離膜の酸素と窒素の透過係数はそれぞれ $P_{\text{O}_2} = 2.00 \times 10^{-13} \text{ mol}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{Pa}^{-1}$ 、 $P_{\text{N}_2} = 1.00 \times 10^{-13} \text{ mol}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{Pa}^{-1}$ とする。

このとき、高圧側の酸素濃度は $\text{mol}\%$ であり、供給ガス流量に対する透過ガスの流量比は である。この膜の膜厚 $L = 1.00 \times 10^{-5} \text{ m}$ のとき、単位膜面積あたりの酸素の透過流量は $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ であり、酸素の透過速度は $\text{kmol}\cdot\text{h}^{-1}$ であるので、膜面積は m^2 である。

【解答欄】

<input type="text" value="ア"/>	:	(1) 10.0	(2) 12.5	(3) 14.3	(4) 16.2	(5) 18.9
<input type="text" value="イ"/>	:	(1) 0.190	(2) 0.342	(3) 0.432	(4) 0.492	(5) 0.553
<input type="text" value="ウ"/>	:	(1) 1.99×10^{-3}	(2) 3.18×10^{-3}	(3) 4.57×10^{-3}	(4) 5.47×10^{-3}	(5) 6.36×10^{-3}
<input type="text" value="エ"/>	:	(1) 1.14	(2) 2.05	(3) 2.59	(4) 2.95	(5) 3.32
<input type="text" value="オ"/>	:	(1) 49.4	(2) 57.5	(3) 68.9	(4) 99.6	(5) 145

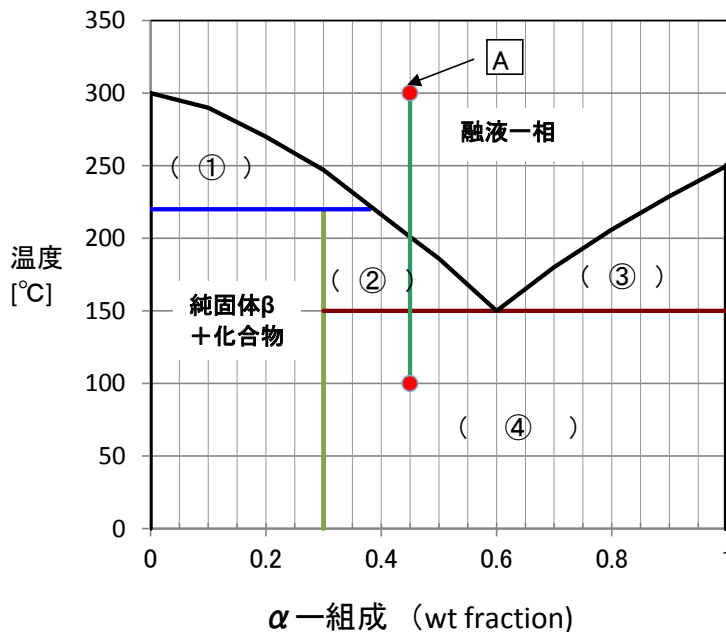
問題 B3 以下の B3-1~B3-3 の 3問のうちから 1問選んで答えなさい。(配点 10 点)

B3-1 次の文中の空欄にあてはまる最も適切な言葉あるいは数値を解答欄から選び、その番号を解答用紙の該当欄に記入しなさい。

いま、化合物 α 、 β からなる 2 成分系の融液を冷却して固体結晶を得ようとしている。この 2 成分系の固液平衡 (1 気圧) のデータを相図で示すと下図のようになる。

(1) 図中の番号①~④は、相の状態を示している。

① : ② : ③ : ④ :



(2) 図中の A 点から試料 100 g をゆっくりと準静的 (各温度での平衡近似が可能な程度) に冷やした。試料の温度が 100°C に到達したとき、 α 成分の純固体は g 得ることができた。

【解答欄】

・空欄「ア~エ」について

- | | | | |
|---------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------------|
| (1) 純固体 α | (2) 純固体 β | (3) 化合物 | (4) 固溶体 |
| (5) 融液 | (6) 純固体 α + 純固体 β | (7) 純固体 α + 化合物 | (8) 純固体 β + 化合物 |
| (9) 純固体 α + 融液 | (10) 融液 + 化合物 | (11) 純固体 β + 融液 | |
| (12) 純固体 α + 純固体 β + 化合物 | | (13) 純固体 α + 化合物 + 融液 | |
| (14) 純固体 β + 化合物 + 融液 | | | |

なお、記号+は共存状態を表す。

・空欄「オ」について

- | | | | | |
|---------|----------|----------|----------|----------|
| (1) 0.0 | (2) 11.1 | (3) 16.7 | (4) 21.4 | (5) 27.8 |
|---------|----------|----------|----------|----------|

B3-2 次の文中の空欄にあてはまる最も適切な語句と数値を解答欄から選び、その番号を解答用紙の該当欄に記入しなさい。

ある一次反応における反応速度定数 k と反応温度 T との関係は、以下に示す Arrhenius の式で近似できることがわかっている。

$$k = k_0 \times e^{-E/RT}$$

ここで k_0 を 、 E を と呼ぶ。また、 R は気体定数 ($8.314 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) である。

この反応の実験により以下の3組のデータが得られ、これらのデータを最小自乗法で近似すると、

$$\ln k = -5.84 \times 10^3/T + 3.11$$

となることがわかった。この近似式から E は $\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}$ 、 k_0 は s^{-1} となる。

	実験 1	実験 2	実験 3
反応速度定数 $k [\text{s}^{-1}]$	8.44×10^{-4}	1.82×10^{-4}	2.28×10^{-5}
反応温度 $T [\text{K}]$	573.2	498.2	423.2

また、反応温度を 523.2 K に保ち定容回分反応装置を用いて反応転化率 $X = 0.80$ を得たい場合、必要な反応時間 t は s となる。

【解答欄】

<input type="text" value="ア"/>	: (1) 化学平衡定数	(2) 総括反応定数	(3) 頻度因子	(4) 確度因子
<input type="text" value="イ"/>	: (1) 自由エネルギー	(2) 活性化エネルギー	(3) エントロピー	(4) エンタルピー
<input type="text" value="ウ"/>	: (1) 5.8×10^3	(2) 4.9×10^4	(3) 8.1×10^4	(4) 2.2×10^5
<input type="text" value="エ"/>	: (1) 3.10	(2) 10.2	(3) 22.4	(4) 35.7
<input type="text" value="オ"/>	: (1) 4.2×10^1	(2) 5.2×10^2	(3) 4.8×10^3	(4) 5.1×10^3

B3-3 次の文中の空欄にあてはまる最も適切な数値あるいは式を解答欄から選び、その番号を解答用紙の該当欄に記入しなさい。(配点 10 点)

(1) 直径 D_p の球形粒子 (密度 ρ_p) が静止している流体 (密度 ρ_f 、粘度 μ_f) 中を重力により沈降する場合、その粒子の終末沈降速度 v_t は、粒子レイノルズ数 $Re_p = \rho_f v_t D_p / \mu_f$ の範囲によって、以下の式で与えられる。ただし、式中の g は重力加速度を示す。

1) $Re_p < 1$ (Stokes の式が成り立つ範囲)

$$v_t = \frac{\rho_p (1 - \rho_f / \rho_p) D_p^2 g}{18 \mu_f}$$

2) $1 < Re_p < 500$ (Allen の式が成り立つ範囲)

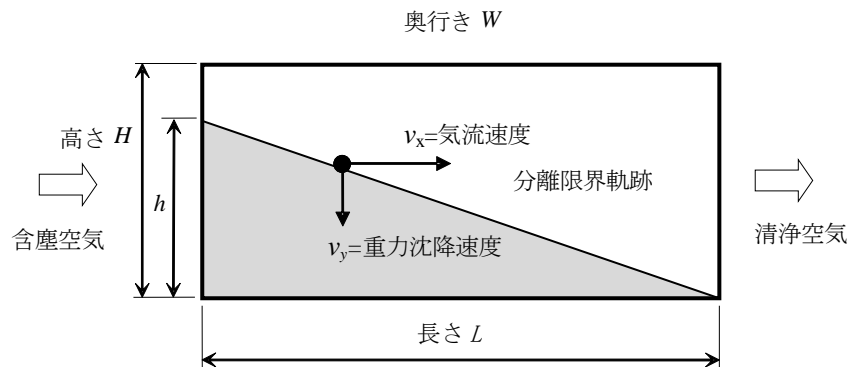
$$v_t = \left[\frac{4(\rho_p - \rho_f)^2 g^2}{225 \mu_f \rho_f} \right]^{1/3} D_p$$

3) $500 < Re_p < 10^5$ (Newton の式が成り立つ範囲)

$$v_t = \sqrt{\frac{3g(\rho_p - \rho_f) D_p}{\rho_f}}$$

いま、 20°C 、大気圧の静止空気中を重力沈降している直径 0.15mm の球状粒子の終末沈降速度を求めると、 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ となる。ただし、空気の密度は $\rho_f = 1.21 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ 、粘度は $\mu_f = 1.81 \times 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ 、球状粒子の密度は $\rho_p = 1.40 \times 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ とする。

(2) 次に、図に示す水平流型重力分離装置 (高さ H 、長さ L 、奥行き W) を用いて粒子を気流から分離する操作を考える。ただし、含塵空気は一樣な濃度で装置に流入し、装置内部で粒子の衝突や混合はないものとする。また、空気中の塵粒子は気流に追従して水平方向に流れ、終末速度で垂直方向に沈降すると仮定する。



底面の出口位置に到達する粒子の入口断面位置 (高さ) を考え、その位置より下側から流入する粒子がすべて底面に沈着すると仮定すると、粒子の捕集効率は の式で表される。高さ $H = 1.00 \text{ m}$ 、長さ $L = 10.0 \text{ m}$ 、奥行き $W = 2.00 \text{ m}$ の水平流型重力分離装置を用いて (1) の条件の含塵空気を流量 $Q = 20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ で流すときの捕集効率は となる。また、塵粒子を完全に分離するためには装置長さ L を m 以上とする必要がある。

【解答欄】

: (1) 8.01×10^{-1} (2) 9.47×10^{-1} (3) 2.27 (4) 9.47

: (1) $\frac{WLQ}{v_t}$ (2) $\frac{WLv_t}{Q}$ (3) $\frac{HLQ}{v_t}$ (4) $\frac{HLv_t}{Q}$

: (1) 0.474 (2) 0.704 (3) 0.801 (4) 0.947

: (1) 10.6 (2) 12.5 (3) 15.6 (4) 21.1