

令和3年度専攻科入学者選抜  
試験問題一覧（前期学力選抜）

専攻等	科目		出題
各専攻共通	一般科目	数学・応用数学	○
生産システム工学専攻	専門科目	材料力学	○
		熱力学・流体力学	
		電磁気学	
		電気回路	
		電子計算機 (C言語のプログラミングを含む)	
		制御工学	○
応用化学専攻	専門科目	無機・分析化学	
		有機化学	○
		生物化学	○
		物理化学	○
		化学工学	○

令和3年度旭川工業高等専門学校専攻科入学者選抜(前期学力選抜)学力検査

数学・応用数学

## I

問 1 球面  $S: (x-3)^2 + (y+2)^2 + (z-1)^2 = 18$  について、次の問いに答えよ。

(1) 球面  $S$  と直線  $\frac{x}{7} = \frac{y+5}{4} = z-1$  との交点を求めよ。

(2) 球面上の点  $P(4, -3, 5)$  における接平面の方程式を求めよ。

問 2 行列  $A = \begin{pmatrix} -3 & 2 \\ 4 & -1 \end{pmatrix}$  について、次の問いに答えよ。

(1)  $A$  の固有値を求めよ。

(2)  $A$  の固有ベクトルを求めよ。

問 3 次の行列  $A$  について、逆行列があればそれを求めよ。

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 3 & 1 \\ -5 & 6 & 3 \\ -5 & 1 & 2 \end{pmatrix}$$

## II

問 1 媒介変数  $t$  で表された曲線  $\begin{cases} x = \frac{1}{2}(\cos t - 1) \\ y = 2 \sin \frac{t}{2} - 1 \end{cases}$  について、次の問いに答えよ。

(1)  $\frac{dy}{dx}$  を  $t$  の式で表せ。

(2)  $t = \frac{\pi}{2}$  上の点における接線の方程式を求めよ。

問 2 次の問いに答えよ。

(1) 関数  $f(x) = \log(1+x)$  のマクローリン展開を、 $x^3$  の項まで書け。ただし、収束半径については述べなくてよいものとする。

(2) (1) のマクローリン展開を用いて、次の極限值を求めよ。

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{2x - \log(1+2x)}{x^2}$$

問 3 次の不定積分および定積分を計算せよ。

(1)  $\int e^{3x} \sin 4x \, dx$

(2)  $\int_{-2}^0 \frac{dx}{x^2 + 4x + 8}$

問 4 平面  $x + 2y + 3z = 6$  と 3 つの座標平面とで囲まれた立体の体積  $V$  を、2重積分を用いて求めよ。

## III

問 1  $\omega$  を正の定数とする。微分方程式

$$\frac{d^2y}{dx^2} + \omega^2 y = 0$$

について、次の問いに答えよ。

(1) 一般解を求めよ。

(2)  $\omega = 3$  としたときの特殊解で、次の境界条件を満たすものを求めよ。

$$x = 0 \text{ のとき } y = 0, \quad x = \frac{\pi}{6} \text{ のとき } y = 2$$

問 2 周期 4 の周期関数  $f(x) = |x|$  ( $-2 < x \leq 2$ ),  $f(x+4) = f(x)$  を

$$\frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \left( a_n \cos \frac{n\pi x}{2} + b_n \sin \frac{n\pi x}{2} \right)$$

とフーリエ級数に展開する。このとき、 $a_0, a_1, b_1$  を求めよ。

問 3 次の問いに答えよ。ただし、 $i$  は虚数単位を表す。

(1)  $|1+i|$  の値を求めよ。

(2) 複素数平面上の点  $z = x + yi$  ( $x, y$  は実数) が、等式  $|z+1+i|^2 = |z-1-i|^2$  を満たすとき、点  $z$  の集合はどのような図形か答えよ。また、その図形の方程式を  $x, y$  で表せ。

令和3年度旭川工業高等専門学校専攻科入学者選抜（前期学力選抜）学力検査

材 料 力 学

## I

- 問1 一辺の長さ5cmの正方形断面棒が引張荷重を受けて、0.04%のひずみが生じている。縦弾性係数 $E=120\text{GPa}$ とするとき、この棒に発生している引張応力 $\sigma$ と負荷されている荷重 $P$ を求めよ。
- 問2 直径 $d=500\text{mm}$ の動力軸が毎分60回転している。このとき、軸に発生している最大ねじり応力を測定したところ $\tau_0=30\text{MPa}$ であった。軸に加わっているねじりモーメント $T$ と伝達動力 $H$ を求めよ。ただし、軸のねじり（極）断面係数は $Z_p=\pi d^3/16$ で与えられる。なお、円周率 $\pi$ は3.14で計算せよ。
- 問3 直径 $d=4\text{cm}$ のロープを何本か用いて $P=40\text{kN}$ の重量物を安全に持ち上げたい。ロープ1本の引張強さが $\sigma_B=40\text{MPa}$ であるとき、安全率 $f=4$ とすればロープは何本必要か。なお、円周率 $\pi$ は3.14で計算せよ。

## II

- 問1 図1のように、値が0から $w$ まで直線的に変化する分布荷重を受ける両端支持はりにおいて、A, B点の反力 $R_A, R_B$ とC点(A点から $\ell/3$ の位置)の曲げモーメント $M_C$ を求めよ。

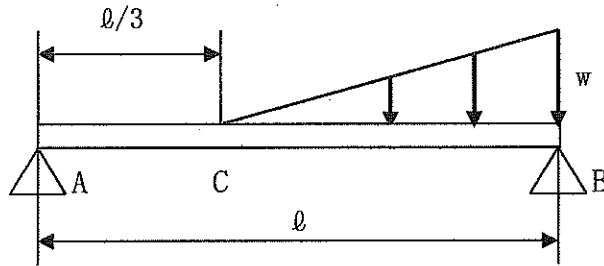


図1

- 問2 図2に示すように、 $w$ の等分布荷重を受ける片持ちはりにおいて、B点のたわみ $y_B$ を2回積分法で求めよ。ただし、はりの断面二次モーメントを $I$ 、縦弾性係数を $E$ とする。

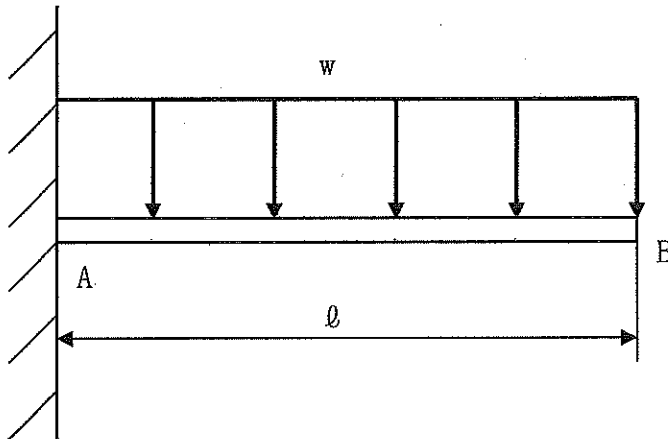


図2



令和3年度旭川工業高等専門学校専攻科入学者選抜（前期学力選抜）学力検査

制 御 工 学

I ラプラス変換・逆変換とその応用に関する各設問に答えなさい。

問1 表1に示すラプラス変換表の(1)～(5)に該当する数式を書きなさい。ただし、表中の $a$ は任意の実定数、 $\varepsilon$ は自然対数の底(ネイピア数)、 $s$ はラプラス演算子とする。

表1

時間関数 $f(t)$	時間関数のラプラス変換 $F(s)$
$r(t)$	(1)
$u(t)$	(2)
(3)	$\varepsilon^{-as}$
(4)	$\frac{1}{s+a}$
(5)	$\frac{a}{s^2+a^2}$

問2 式1に示す定係数線形常微分方程式について、ラプラス変換・逆変換を用いて解きなさい。ただし、初期条件は全て0とする。

$$\frac{d^3}{dt^3}x + 4\frac{d^2}{dt^2}x + 5\frac{d}{dt}x + 2x = \delta(t) \quad \text{式1}$$

II 伝達関数とその応用に関する各設問に答えなさい。

問1 表2に示す基本的制御要素の名称とその伝達関数の一般的表現に関する対応表の(1)～(5)に該当する伝達関数または名称を書きなさい。ただし、ゲイン定数を $K$ 、時定数を $T$ 、むだ時間を $L$ 、減衰係数を $\zeta$ 、固有角周波数を $\omega_n$ 、自然対数の底(ネイピア数)を $\varepsilon$ 、ラプラス演算子を $s$ とする。

表2

基本的制御要素の名称	左欄の基本的制御要素の伝達関数
比例要素	$K$
一次進み要素	(1)
一次遅れ要素	(2)
二次遅れ要素	(3)
(4)	$\varepsilon^{-Ls}$
(5)	$s$

問2 図1に示すブロック線図について、等価変換により簡単化して合成伝達関数(総合伝達関数) $G(s)$ を求めなさい(繁分数は単分数に整理して解答すること)。次に、求めた合成伝達関数(総合伝達関数) $G(s)$ を基本的制御要素に分類した時の名称を書きなさい。ただし、図中の $A, B, C, D$ は任意の実定数とする。

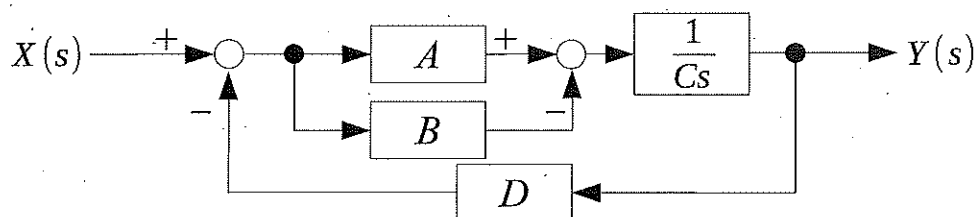


図1

III 制御系の周波数特性に関する各設問に答えなさい。

問1 図2に示す折れ線近似によるボード線図のゲイン特性から、(1)及び(2)それぞれの制御系の周波数伝達関数を求めなさい。ただし、制御系は最小位相要素から構成されている。

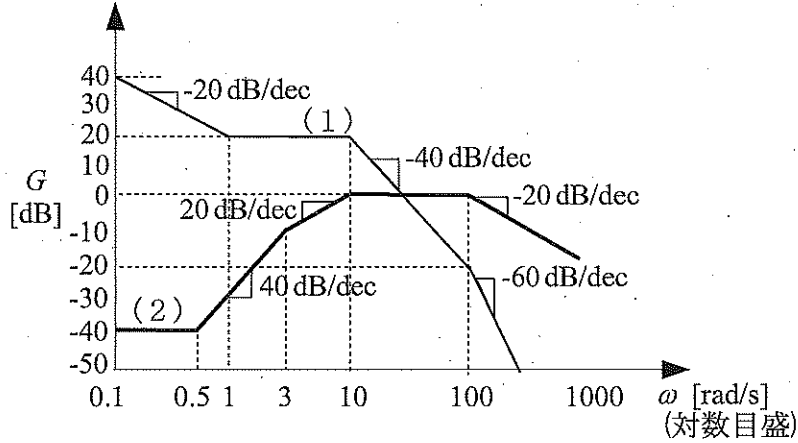


図2

問2 図3の太実線で示すベクトル軌跡で表される制御系の周波数伝達関数を求めなさい。

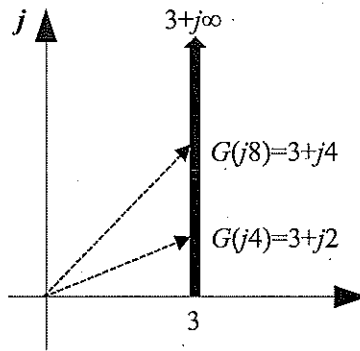


図3

IV 制御系の安定判別に関する各設問に答えなさい。

問1 図4に示すブロック線図で表される制御系について、特性方程式を求めなさい。

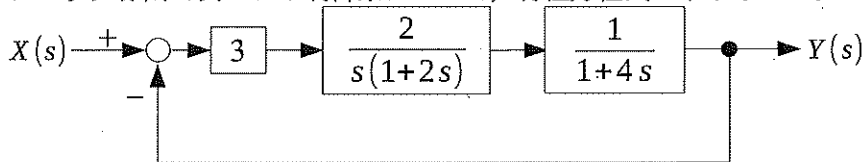


図4

問2 式2に示す特性方程式である制御系について、フルビッツの安定判別法を用い、途中経過を示して安定・安定限界・不安定のいずれであるかを理由を付して判別しなさい。

$$s^4 + 5s^3 + 8s^2 + 11s + 10 = 0 \quad \text{式2}$$

令和3年度 旭川工業高等専門学校専攻科入学者選抜（前期学力選抜）学力検査

## 有機化学

I ?に当てはまる数字を入れ，分子式を完成せよ。

- (1)  $\text{CH}_7\text{O}$       (2)  $\text{AlBr}_7$       (3)  $\text{NH}_7^+$       (4)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CC}_7^-$       (5)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CONH}_7$

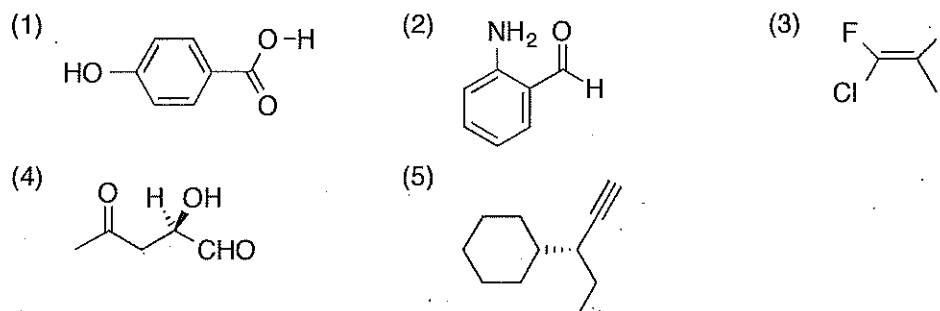
II 次の分子種のエレクトロンドット式を書け。また，形式電荷・対電子があれば該当する原子上に記せ。

- (1)  $\text{H}_3\text{CCO}_2\text{H}$       (2)  $\text{CH}_3^-$       (3)  $\text{NO}_3^-$       (4)  $\text{CH}_2\text{CHCN}$

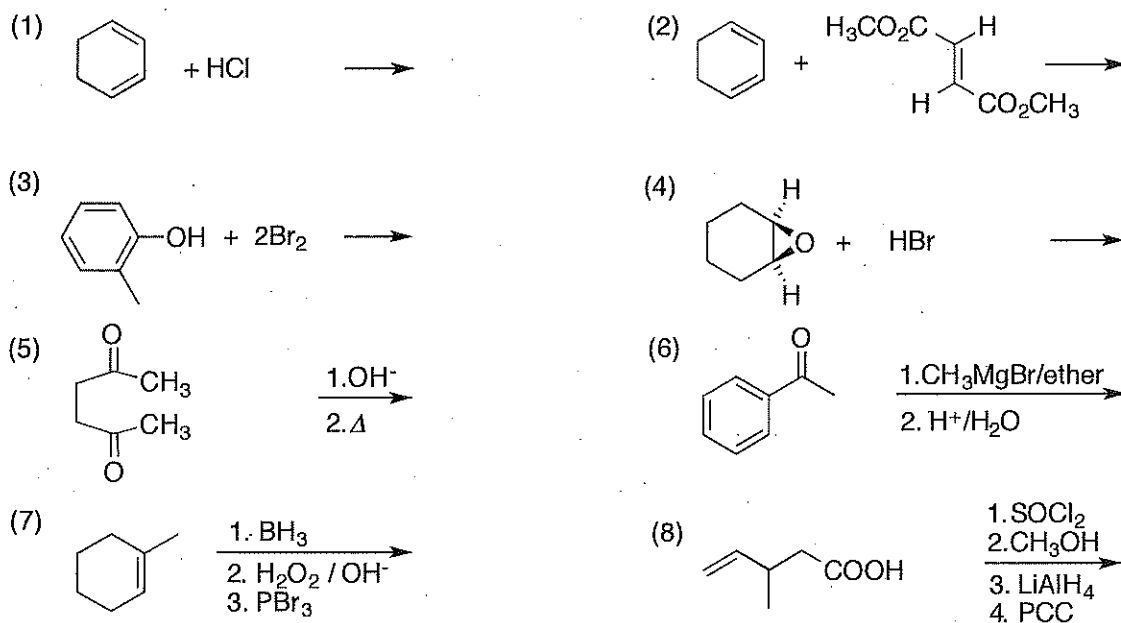
III 下記の化合物の構造式を書け。

- (1) (2Z,4Z)-4-methylhepta-2,4-dienal      (2) (1R,2R)-2-ethoxycyclopentan-1-ol  
 (3) terephthalamide      (4) (E)-3-phenyl-2-propenoic acid  
 (5) (R)-1-phenylpropan-1-ol

IV 下記の化合物を命名せよ。



V 下記の反応の生成物の構造を書け。



令和3年度旭川工業高等専門学校専攻科入学者選抜（前期学力選抜）学力検査

生 物 化 学

I. 以下の文章を読み、問1～6について答えなさい。

問1. pH7の水溶液に溶けているタンパク質において、負にイオン化している側鎖を持つアミノ酸（三文字表記）を2つ答えなさい。

問2. 糖タンパク質はタンパク質のあるアミノ酸に糖鎖が共有結合したものである。N結合型の糖鎖が結合するアミノ酸を下のカッコから1つ選び、3文字表記で答えなさい。

【Ala, Asn, Gly, Ile, Leu, Phe, Tyr】

問3. 水溶液中のタンパク質濃度を測定する際、280nmの紫外光の吸光度を測定する。この波長付近の紫外光を吸収するアミノ酸を下のカッコから1つ選び、3文字表記で答えなさい。

【Ala, Asn, Gly, Ile, Leu, Phe, Tyr】

問4. タンパク質の $\alpha$ ヘリックスを安定化させている相互作用の名称を答えなさい。

問5. あるタンパク質をゲルろ過カラムクロマトグラフィーで分離した結果、質量 210kDa (分子量 210,000)に相当する1つのピークが得られた。このピークのタンパク質を回収し、SDS-ポリアクリルアミド電気泳動を行ったところ2つのバンド（それぞれ45kDaと60kDaに相当）が生じた。以上の結果から、このタンパク質の四次構造について説明しなさい。

問6. あるタンパク質Xをコードしている塩基配列で1塩基の変異が生じたが、この遺伝子から発現したタンパク質Xの一次構造に変化がなかった。一次構造に変化がなかった理由について答えなさい。

II. 以下の文章は大腸菌における転写に関わる説明文である。正しいものには○、間違っているものには×をつけなさい。

1. 転写を行う酵素は、RNAポリメラーゼであり、ホモオリゴマーである。
2. リプレッサータンパク質は、RNAポリメラーゼとオペレーターとの結合性を安定化させる。
3. トリプトファンオペロンでは、トリプトファンとリプレッサーが結合することで、転写が活性化する。
4. ラクトースオペロンでは、グルコースの濃度はラクトースオペロンの転写に影響せず、ラクトースの濃度だけで制御されている。
5. プロモーターには-35と-10領域が存在し、転写の開始に重要な領域である。
6. 転写の開始にはプライマーが必要である。
7.  $\rho$ 非依存性終結では、ヘアピン構造とその後続くポリG配列が転写終結を引き起こす。
8. タンパク質をコードしているm-RNAにはイントロンが存在しない。

III. 問1, 2について答えなさい。

問1. 表1は酵素Aにおける【基質濃度の逆数値】と【反応速度の逆数値】である。本酵素Aの $K_m$ と $V_{max}$ を求めなさい。

\*配布した方眼紙の使用を認める。方眼紙の提出は不要

表1 酵素Aにおける【基質濃度の逆数値】と【反応速度の逆数値】データ

1/S (1/M)	500	250	125	100	50
1/v (秒/M)	$2 \times 10^6$	$1.5 \times 10^6$	$1.25 \times 10^6$	$1.2 \times 10^6$	$1.1 \times 10^6$

問2. 酵素Aに作用する競合(競争)阻害剤を添加した場合、阻害剤の有無によって $K_m$ と $V_{max}$ はどのように変化するのかを説明しなさい。

IV. 飽和脂肪酸と不飽和脂肪酸の化学構造を比較し、大きな違いを答えなさい。

V. 問1, 2について答えなさい。

問1. アミロースとセルロースはいずれもD-グルコースの重合体である。両者の構造の違いを、グリコシド結合の観点から説明しなさい。

問2. セルロースの生物学的役割を説明しなさい。

VI. 以下の文章は、ミトコンドリア内膜における電子伝達系について述べたものである。正しいものには○、間違っているものには×をつけなさい。

1. 複合体IはNADHから電子を受け取り、CoQに電子を受け渡す。同時にマトリックスからプロトンを膜間部に汲み上げる。
2. 複合体IIは $FADH_2$ から電子を受け取り、CoQに電子を受け渡す。同時にマトリックスからプロトンを膜間部に汲み上げる。
3. 複合体IIIはNADHから電子を受け取り、シトクロムcに電子を受け渡す。同時にマトリックスからプロトンを膜間部に汲み上げる。
4. 複合体IVはシトクロムcから電子を受け取り、ATPシンターゼ(複合体V)に電子を受け渡す。同時にマトリックスからプロトンを膜間部に汲み上げる。
5. ATPシンターゼ(複合体V)は膜間部のプロトン濃度勾配の解消と共役してATPを合成する。



令和3年度旭川工業高等専門学校専攻科入学者選抜（前期学力選抜）学力検査

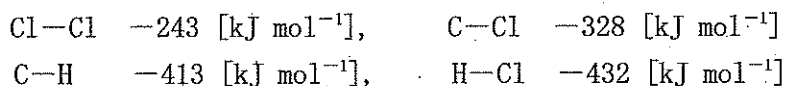
物理化学

## I 「熱力学の法則」に関して次の設問に答えなさい。

問1 熱力学第一法則は別名「(A)」の法則と呼ばれている。(A)に入る適切な語句を解答欄に記載するとともに、熱力学第一法則の内容を簡潔に説明しなさい。

問2 5gの窒素(気体)を1 atm (101.325 kPa) の下で100°Cから500°Cに熱するのに要する熱量[J]を求めよ。(窒素の原子量を14.00とする。)また、この温度範囲における平均定圧モル熱容量[J mol<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>]はいくらか。  
ただし、この温度範囲で定圧モル熱容量(C<sub>p</sub>)は $28.28 + 2.54 \times 10^{-3}T + 5.4 \times 10^{-7}T^2$  [J mol<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>]である。上記、いずれの問題も計算過程を明記し、解答は有効数字3桁で答えよ。

問3 以下の結合エネルギーのデータを用いて、 $\text{Cl}_2(\text{g}) + \text{CH}_4(\text{g}) \rightarrow \text{CH}_3\text{Cl}(\text{g}) + \text{HCl}(\text{g})$ なる反応の反応熱[kJ mol<sup>-1</sup>]を求めよ。なお、計算過程を明記し、解答は有効数字3桁で答えよ。



問4 熱力学第二法則を簡潔に説明しなさい。また、熱力学第三法則は「0Kにおける(B)は0(ゼロ)である」ことを表す。(B)に入る適切な語句を解答欄に記載しなさい。

問5 グルコースの25°C, 1atm下での燃焼熱は 2816 [kJ mol<sup>-1</sup>]、自由エネルギー変化は -2879 [kJ mol<sup>-1</sup>]である。この反応のエントロピー変化[J mol<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>]を求めよ。なお、計算過程を明記し、解答は有効数字3桁で答えよ。

II ある物質 X の溶液内分解反応は 1 次反応に従い、その活性化エネルギーは  $50.0 \text{ [kJ mol}^{-1}\text{]}$  である。今、 $1.00 \text{ [mol L}^{-1}\text{]}$ -X 溶液の  $27^\circ\text{C}$  における分解速度が  $10.0 \text{ mol\%/10.0 min}$  であるとき、以下の設問に答えなさい。但し、 $\log 3 = 0.477$ 、 $\ln A = 2.30 \log A$ 、気体定数  $R = 8.31 \times 10^{-3} \text{ [kJ K}^{-1} \text{ mol}^{-1}\text{]}$  とし、数値は全て有効数字 3 桁で答えなさい。

- 問 1 速度定数を  $k$ 、X のモル濃度を  $C_x$  とし、反応速度式を積分形で記しなさい。
- 問 2 反応時間  $t$  と  $\ln C_x$  の関係図について、その概形を図中に描き入れなさい（横軸および縦軸の 0 点はともに既定）。
- 問 3  $27^\circ\text{C}$  における速度定数の値を求めなさい（計算過程および単位明記）。
- 問 4  $27^\circ\text{C}$  において、X が  $99.0 \text{ mol\%}$  分解するのに要する時間は何時間か（計算過程明記）。
- 問 5  $77^\circ\text{C}$  における速度定数は、 $27^\circ\text{C}$  における速度定数の何倍か。計算過程を明記した上で、 $e^?$  の形式で答えなさい（最終的な数値を出す必要はない）。

令和3年度旭川工業高等専門学校専攻科入学者選抜（前期学力選抜）学力検査

化 学 工 学

I  
 エタンと空気を連続的に供給して燃焼する反応装置がある。流通反応器入口にエタンを  $20.0 \text{ mol}\cdot\text{s}^{-1}$ 、空気を  $600 \text{ mol}\cdot\text{s}^{-1}$  で供給し反応させたところ、エタンの反応率が  $70.0\%$  であった。以下の間に答えなさい。ただし、この反応において一酸化炭素は生成しないものとする。また、空気は酸素  $21.0 \text{ mol}\%$  と窒素  $79.0 \text{ mol}\%$  からなるとする。

問 1 反応器出口燃焼ガス中の各成分の物質流量を求めよ。

問 2 酸素の過剰率を求めよ。

## II

ベンゼン  $40.0 \text{ mol}\%$ 、トルエン  $60.0 \text{ mol}\%$  からなる混合液を  $200 \text{ kmol}\cdot\text{h}^{-1}$  で連続蒸留塔へ供給し、塔頂よりベンゼン  $90.0 \text{ mol}\%$ 、トルエン  $10.0 \text{ mol}\%$  の留出液、塔底よりベンゼン  $15.0 \text{ mol}\%$ 、トルエン  $85.0 \text{ mol}\%$  の缶出液を取り出している。得られる留出液量および缶出液量を求めよ。

## III

密度  $1.08 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  の水溶液が  $10A$  鋼管（外径  $17.3 \text{ mm}$ 、厚さ  $2.3 \text{ mm}$ ）内を平均流速  $2.80 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  で流れている。以下の間に答えなさい。ただし、円周率には  $3.14$  を用いよ。

問 1 体積流量が何  $\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$  か求めよ。

問 2 質量流量が何  $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$  か求めよ。

## IV

2重管式の向流熱交換器がある。外管の内径は  $50 \text{ mm}$ 、内管の内径は  $30 \text{ mm}$  である。この熱交換器の円環部に  $15 \text{ }^\circ\text{C}$  の熱媒体を質量流量  $5.0 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$  で流して  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  まで加熱したい。内管に  $90 \text{ }^\circ\text{C}$ 、質量流量  $4.5 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$  の温排水を熱媒体とは向流方向に流す。ここで、温排水と熱媒体の比熱容量を、それぞれ  $4.0 \times 10^3 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ 、 $2.0 \times 10^3 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  とし、内管の内径基準の総括伝熱係数  $U$  を  $2000 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  とする。以下の間に答えなさい。ただし、円周率には  $3.14$  を用いよ。また、必要であれば  $\ln(3/2) = 0.40$ 、 $\ln(5/3) = 0.51$ 、 $\ln(7/4) = 0.56$  を用いよ。

問 1 円環部の熱媒体が、この熱交換器を流れる間に受け取る熱量を求めよ。

問 2 温排水の出口温度を求めよ。

問 3 この熱交換器の管長を求めよ。

## V

湿量含水率  $50.0\%$  の湿り材料  $200 \text{ kg}$  を含水率  $10.0\%$  まで乾燥する。蒸発させる水分の質量を求めよ。