

2025 年度（令和 7 年度）大学院工学研究科（博士前期課程）

専門試験問題

（生命・応用化学系 生命・物質化学プログラム）

注 意 事 項

1. 試験開始の指示があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. 問題は、1 ページから 14 ページまであります。解答用紙は、4 枚あります。ページの脱落等に気付いたときは、手をあげて監督者に知らせてください。
3. 下記表の問題を全て解答してください。ただし、問題番号 2 から 4 については、A 又は B をそれぞれの問題番号ごとに選択し、選択したもののみ解答してください。

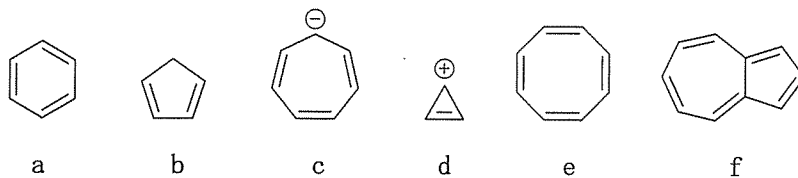
問題番号	出題科目
1	有機化学
2	A：生化学，分子生物学 B：合成高分子，生体高分子
3	A：無機化学，錯体化学，電気化学 B：化学平衡，分離分析，分光分析，質量分析，電気化学分析
4	A：基礎化学，化学結合論，反応速度論 B：化学工学基礎，輸送現象

4. 1 題につき解答用紙 1 枚を使用して解答してください。解答用紙の追加配付はありません。
また、問題番号 2 から 4 については、選択したものの記号（A，B）を解答用紙の選択記号欄に記入してください。記入をしていない場合は採点をしません。
5. 監督者の指示に従って、問題番号，志望プログラム及び受験番号を 4 枚の解答用紙の該当欄に必ず記入してください。
6. 計算用紙は、問題冊子の白紙ページを利用してください。
7. 解答用紙の裏にも解答を記入する場合には、表と上下を逆にして記入してください。
8. 机の上には、受験票，黒の鉛筆・シャープペンシル，消しゴム，鉛筆削り及び時計（計時機能だけのもの）以外の物を置くことはできません。
9. コンパス及び定規等は、使用できません。
10. 時計のアラーム（計時機能以外の機能を含む。）は、使用しないでください。
11. スマートフォン，携帯電話，ウェアラブル端末等の音の出る機器を全て机の上に出し，それらの機器のアラームを解除してから，電源を切り，かばん等に入れてください。
12. 試験終了まで退室できません。試験時間中に用がある場合は，手をあげてください。
13. 試験終了後，この問題冊子は持ち帰ってください。

問題1 有機化学 設問すべてについて解答すること。

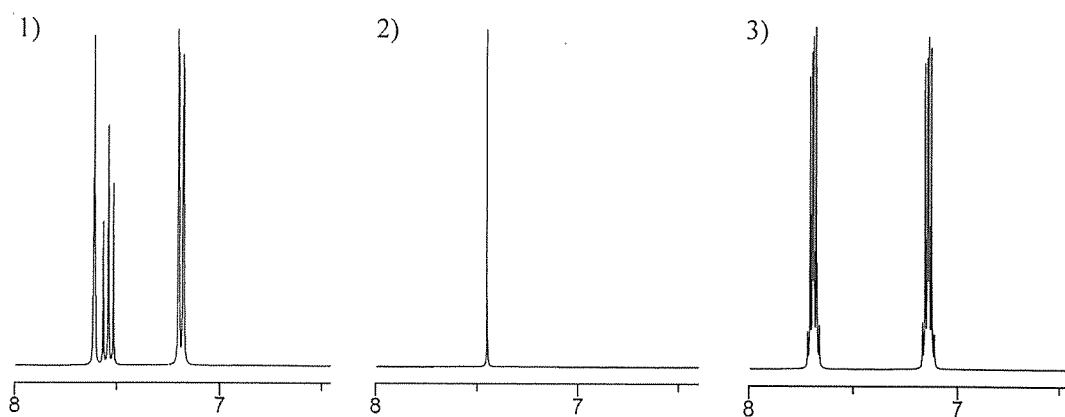
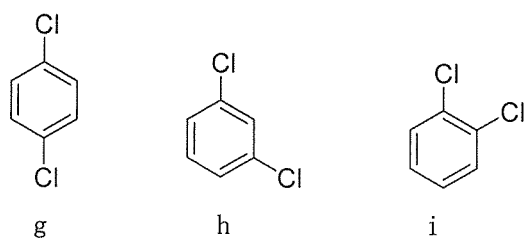
I 次の(1)～(2)の問いについて答えよ。

(1) Hückel 則にもとづいて、次の化合物 a ～ f のうち芳香族化合物を選び、記号で示せ。



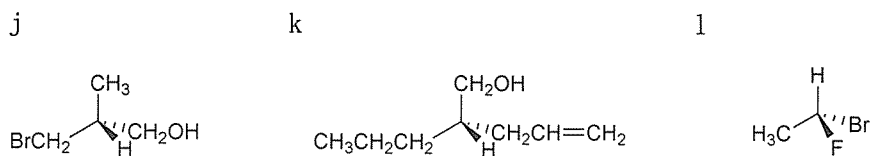
(2) 下図 1) ～ 3) から、次の化合物 g ～ i の ^1H NMR スペクトルを選び、記号で示せ。

なお NMR スペクトルは、 CDCl_3 溶媒中の化学シフト(単位 ppm)を示している。



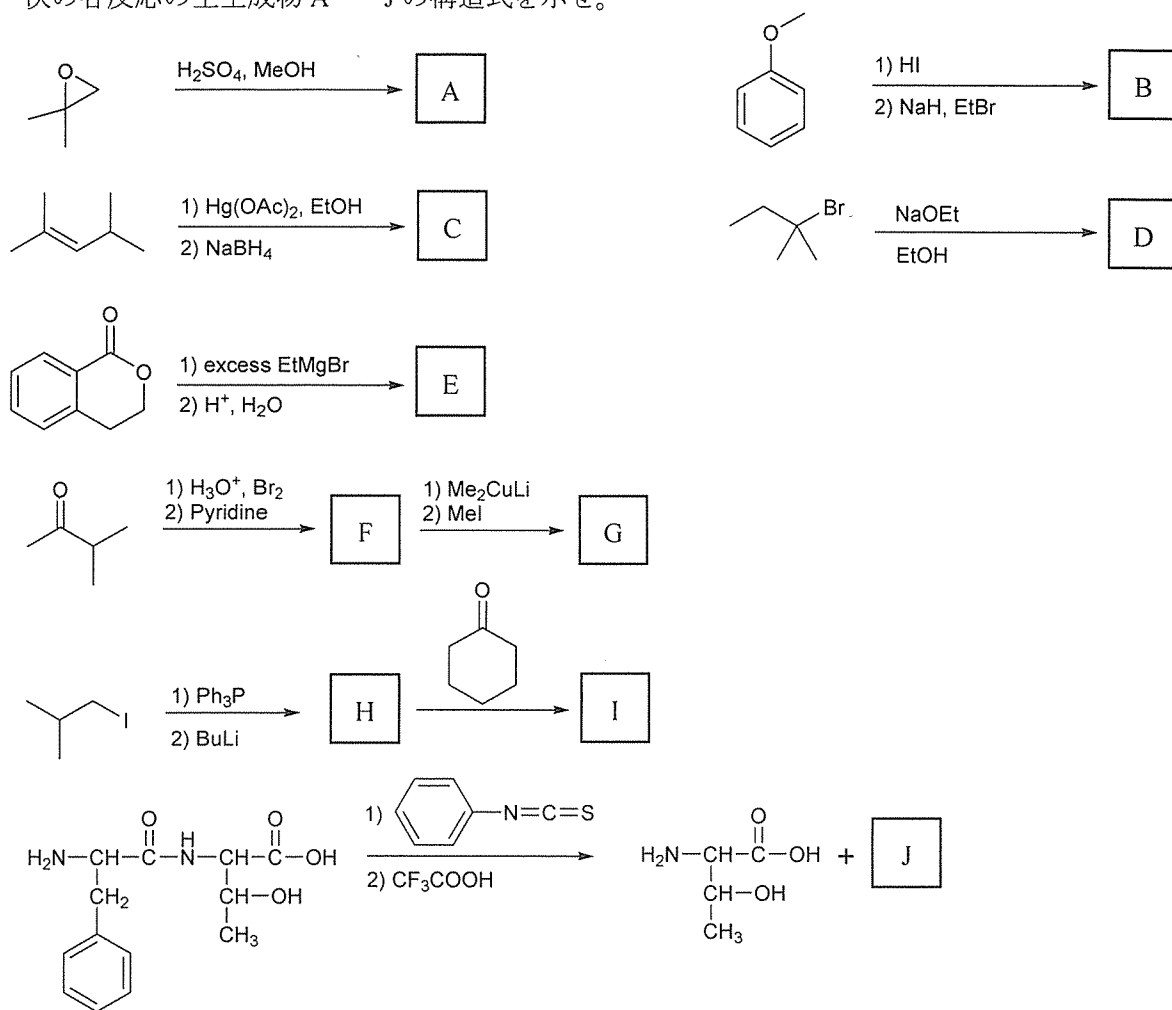
II 次の(1)～(2)の問いについて答えよ。

(1) 次の化合物 j ～ l の不斉炭素の絶対配置を *RS* 表示で示せ。



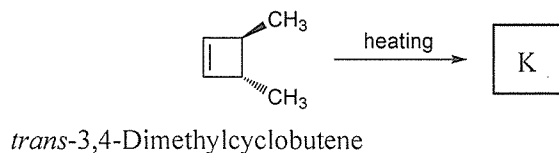
(2) 2,3,4-Trihydroxypentane の立体異性体の中で光学活性を示す化合物は2つある。それらの構造を Fisher 投影式 を用いて示せ。

III 次の各反応の主生成物 A ~ J の構造式を示せ。



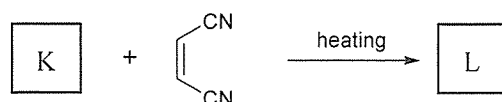
IV 次の (1) ~ (3) の問いについて答えよ。

- (1) *trans*-3,4-Dimethylcyclobutene が熱的な電子環状反応により開環することで化合物 K は生成する。この反応で得られる主生成物 K の構造式を立体化学が分かるように示せ。



- (2) 上記の反応は、同旋的か逆旋的か、どちらかを答えよ。

- (3) (1) で得られた化合物 K を用いて、次の Diels-Alder 反応を行った。主生成物 L の構造式を立体化学が分かるように示せ。



問題2 生体・高分子化学 出題範囲のうち A 又は B を選択し、選択した出題範囲のみ解答すること。選択した出題範囲の設問すべてについて解答すること。選択したものの記号(A, B)を解答用紙の選択記号欄に記入すること。

A

I 次の(1)～(4)の問いについて答えよ。

- (1) 解糖系の第一反応は、肝臓と筋肉では異なる酵素によって触媒される。臓器の機能と関連させて、なぜ異なる酵素を使い分けているのか説明せよ。
- (2) 糖尿病患者が、ケトアシドーシスを発症するメカニズムを説明せよ。
- (3) 尿素に含まれる2個のアミノ基は、それぞれどの化合物に由来するのかを答えよ。
- (4) 尿素を産生するアミノ酸は何かを答えよ。

II 次の(1)～(2)の問いについて答えよ。

- (1) 真核生物の遺伝子の発現調節は、DNA から RNA を経てタンパクに至る経路のいろいろな段階で行われるが、大きく分けて下記の6つの段階で調節される。

- 1.遺伝子の転写の調節
- 2.一次転写産物 RNA のプロセッシング
- 3.mRNA の核から細胞質への輸送
- 4.特定の mRNA の選択的な分解
- 5.mRNA の翻訳
- 6.合成されたタンパク質の選択的な活性化、不活性化

下記(ア)から(オ)の問に答えよ

- (ア) 1.の遺伝子の転写の調節に関わるタンパクで、DNA に直接結合できる構造を持ち、下流の遺伝子発現を活性化する機能を持つタンパクの名称を答えよ。また、RNA 鎖の伸長を触媒する酵素名を答えよ。
- (イ) 2.の「一次転写産物 RNA のプロセッシング」で生じる mRNA の構造上の変化を説明せよ。
- (ウ) 4.の機構の名称を答えよ。また、その機構の概要について、「siRNA」「アルゴノート」「RISC」の語を用いて簡潔に説明せよ。
- (エ) 5.はリボゾームで生じるが、「翻訳の開始」位置の指定に関わる分子と「翻訳の終了」位置の指定に関わる分子をそれぞれ答えよ。また、実際のペプチド鎖の伸長反応を触媒するペプチジルトランスフェラーゼ活性をもつ分子を答えよ。
- (オ) 6.のタンパク質の活性化、不活性化に関わる反応で、そのタンパクに含まれる特定のアミノ酸残基の「リン酸化」による調節があるが、リン酸化されるアミノ酸側鎖の種類とその構造上の特徴を述べよ。

(2) 4.3kbp のプラスミドベクターに 800bp の cDNA 断片が挿入されている。

下記 (ア) から (ウ) の問に答えよ

- (ア) 「プラスミド」の語を簡潔に説明せよ。また、ベクターとして利用される理由を簡潔に述べよ。
- (イ) cDNA の「c」は何の略語か。また、その意味する内容について簡潔に答えよ
- (ウ) プラスミドベクターには cDNA の挿入位置から 200bp および 3000bp の位置に EcorV の認識配列があり (※EcoEV: 制限酵素のひとつ。切断後に平滑末端を生じる), cDNA の配列にも EcorV の認識配列が cDNA 配列のちょうど真ん中にあるとき (400bp の位置), このプラスミドベクターの EcorV による切断により生じる DNA 断片の長さをすべて答えよ。

B

I 次の(1)～(4)の問いについて答えよ。

二種類の高分子の温度に対する比容積を調べたところ、図1のような結果が得られた。

(1) a, b のような熱的特性を示す高分子名をそれぞれ記せ。また, c, d の温度名称をそれぞれ記せ。

(2) c の温度は熱力学的に定義することができる。ギブス自由エネルギー変化 (ΔG) より c の温度式を求めよ。その際導出過程を示すこと。

(3) c の温度は高分子の種類ごとに異なる。c の温度を高くする方法を問(2)で求めた式を使って 100 文字以内で記せ。

(4) 急冷して作成したポリエチレンテレフタレートを昇温した際の比容積-温度図を、図1を参考に描け。

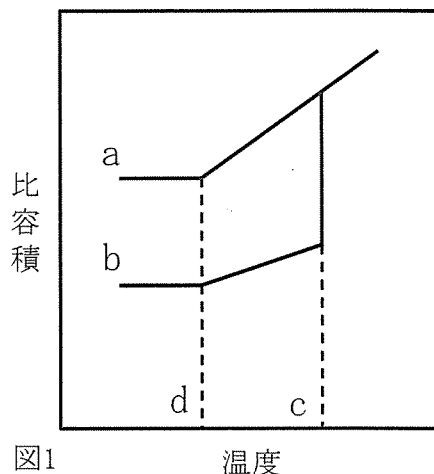


図1 温度

II 以下の核酸に関する文章を読み、解答せよ。

真核生物では、^(A)ゲノム DNA は 1 と呼ばれる 8 量体タンパク質に 1 4 6 ～ 1 4 7 塩基対ごとに巻かれた数珠状の構造をとり (図2左), 2 期以外の細胞周期では、これが他の DNA 結合蛋白質の関与もありながら、ある程度の凝集された構造をとるとされている。一方, 2 期にはこの凝集度はさらに高まり、光学顕微鏡でも視認可能な、いわゆる染色体の構造 (図2右) となる。

1 と DNA の複合体構造の安定度は、この DNA からの遺伝子の発現量と関連があり、^(B) 1 テール (1 の末端配列部分) への化学修飾が可能な修飾酵素によって、遺伝子の発現量調節がされることも知られている。

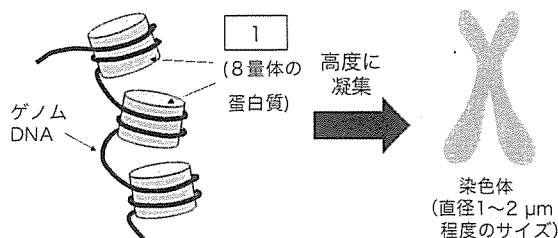


図2

またゲノム DNA はある一定の確率で変異やダメージを負うと知られており、これを修復可

能な修復機構が存在する。DNA の二重鎖切断に対する修復機構には 3 と 4 があるが、近年では 4 の機構を逆手に取り、^(C)意図的に特定の DNA 位置に DNA 切断を導入することで、標的とする遺伝子のノックアウトや、新たな遺伝子のノックインが可能なゲノム編集技術として利用もされている。

ゲノム DNA は生体外に単離が可能であり、^(D)PCR 法を用いることで、この中に含まれる特定の遺伝子の部分のクローニングも可能である。しかしここで得られる DNA をそのまま大腸菌での蛋白質

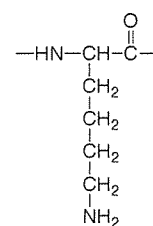
発現に利用可能な発現ベクターに導入したとしても、蛋白質発現には利用できない。真核生物の遺伝子には、m-RNA に転写された後スプライシングにより取り除かれる 5 の領域が含まれるためである。真核生物の蛋白質を大腸菌を用いて蛋白質生産する場合には、m-RNA に 6 (RNA 依存 DNA ポリメラーゼ) を利用することで得られる c-DNA を用い、これを発現ベクターに導入して利用する必要がある。

(1) 空欄 1 ～ 6 を埋める語を考えて答えよ。

(2) 下線(A)にあるような、DNA と 1 の複合体は何と呼ばれるか。答えよ。

(3) 下線(B)にあるような 1 テールへの化学修飾として、リン酸化や、リシン残基へのアセチル化などが知られている。まず、リシン残基の側鎖が化学修飾を受けたときの化学構造を記せ。次にこの化学修飾を 1 テールが受けた時に、DNA からの遺伝子の発現量が増加したとすると、その理由として考えられる原因は何か考えて答えよ。

リシン残基



(4) 下線(C)の技術として、Cas 9 と呼ばれる DNA 加水分解酵素とガイド RNA (gRNA) を用いた CRISPR/Cas 9 と呼ばれる方法がある。gRNA は標的とする DNA 配列に選択的に結合する RNA (crRNA) 部分と Cas 9 に結合する RNA (tracrRNA) 部分からなるが、ヒトのゲノム DNA (30 億塩基対数を持つ) を 1 箇所 で切断するには、gRNA 中の crRNA 部分は何塩基対数以上必要か考えて答えよ (以下の計算値を、参考にせよ: $4^{13} = 6700$ 万, $4^{14} = 2.7$ 億, $4^{15} = 10.7$ 億, $4^{16} = 42.9$ 億, $4^{17} = 170$ 億, $4^{18} = 690$ 億, $4^{19} = 2700$ 億)。

(5) 下線(D)にあるように、PCR 法を用いることで遺伝子のクローニングは可能である。今、次頁図 3 のゲノム DNA 中の下線部分を以下の 2 本の DNA プライマーを用いて PCR をするならば、何塩基対数の DNA が合成されるか計算し、答えよ。

用いる DNA プライマーの配列

5'- GGCGAATTCGATGACTGACAAAATGCAA - 3'

5'- GCGGAAGCTTTTACGCTTCAATGGCAGC - 3'

(下線部分が、PCR により増幅する DNA 部分と相補となる配列部分)

aagcttgcat tgaacttggt gataaaatca cggtctgata aaacagtga tgaataacctc	60
gttgctctta agctctggca cagttgttgc taccactgaa gcgccagaag atatcgattg	120
agaggatttg <u>aatgactgac aaaatgcaaa gtttagcttt agccccagtt ggcaacctgg</u>	180
<u>attcctacat ccgggcagct aacgcgtggc cgatgttgct ggctgacgag gagcggggcg</u>	240
<u>tggctgaaaa gctgcattac catggcgatc tggaagcagc taaaacgctg atcctgtctc</u>	300
<u>acctgcggtt tgttggtcat attgctcgta attatgcggg ctatggcctg ccacaggcgg</u>	360
<u>atttgattca ggaaggtaac atcggcctga tgaaagcagt gcgccgtttc aaccgggaag</u>	420
<u>ttctgcgtaa ctggcgatc gtcaaagttg cgaccaccaa agcgcagcgc aaactgttct</u>	480
<u>tcaacctgcg taaaaccaag cagcgtctgg gctgggttaa ccaggatgaa gtcgaaatgg</u>	540
<u>cacaggacat gaccttgac ctgtcttccg acgacgattc cgacagccag ccgatggctc</u>	600
<u>gggaagagca ggcggcaaac cgtctgaccg acgcgatgca gggctctggac gaacgcagcc</u>	660
<u>aggacatcat ccgtgcgcgc tggctggacg aagacaacaa gtccacgttg caggaactgg</u>	720
<u>ctgaccgtta cggcgtttcc gctgagcgtg tacgccagct ggaaaagaac gcgatgaaaa</u>	780
<u>aattgcgtgc tgccattgaa gcgtaatttc cgctattaag cagagaaccc tggat</u>	835

図3 PCRによりクローニングを行うゲノムDNA中の配列

問題3 無機・分析化学 出題範囲のうち A 又は B を選択し、選択した出題範囲のみ解答すること。選択した出題範囲の設問すべてについて解答すること。選択したものの記号(A, B)を解答用紙の選択記号欄に記入すること。

A

I 次の文章を読んで、(1)～(4)の問いに答えよ。

Co^{3+} イオンを中心金属イオンとして含む6配位八面体型の錯体1～4がある。いずれも同じ配位子が中心の Co^{3+} イオンに結合した構造となっている。錯体1と3には鏡像異性体が存在する。錯体1～3は反磁性であるが、錯体4は常磁性である。なおこれらの錯体の配位子は、 F^- 、 ox^{2-} （シュウ酸イオン）、 NH_3 、bpy（2,2'-ビピリジン）のいずれかであり、各配位子の配位した Co^{3+} 錯体の色は F^- では緑色、 ox^{2-} では青緑色、 NH_3 では黄橙色、bpyでは黄色である。また錯体1では紫外領域にモル吸光係数の大きな吸収帯が観測される。

- (1) 錯体1～4の中で最も配位子場の弱い錯体はどれか番号で答えよ。またその理由も説明せよ。
- (2) 錯体1や3の合成では、 Co^{2+} イオンを含む化合物を出発原料とし、配位子と反応後に酸化剤を用いて Co^{3+} に酸化している。その理由を説明せよ。
- (3) 錯体1～4では可視領域にモル吸光係数の小さな吸収帯が観測される。この吸収帯の遷移の名称を答えよ。またこの吸収帯のモル吸光係数が小さい理由を説明せよ。
- (4) 錯体1～4の錯イオン部分を化学式で示せ（例： $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ ）。配位子の略号（ox と bpy）はそのまま使用してよい。

II アルカリ金属について下表に示す情報が与えられているとき、(1)～(5)の問いに答えよ。

	原子量	第一イオン化エネルギー(kJ/mol)	ポーリングの電気陰性度	単体金属（体心立方構造）中の原子間距離(nm)	炎色反応の発光波長(nm)
Li	6.9	520	1.0	0.30	670
Na	23.0	496	0.9	0.37	590
K	39.1	419	0.8	0.46	404

- (1) Liの2s軌道、Naの3s軌道、Kの4s軌道の軌道準位について真空準位を基準として定性的に図示せよ。エネルギーの大小関係に注意して図示すること。また、そのように考えた理由を説明せよ。
- (2) Liの2s軌道と2p軌道のエネルギー差とNaの3s軌道と3p軌道のエネルギー差とではどちらが大きいかを理由を付して答えよ。

- (3) 一般にイオン化傾向の大小関係は $\text{Li} > \text{K} > \text{Na}$ の順で示される。この順は表に示された第一イオン化エネルギーの大小関係の順とは一致しない。その理由について説明せよ。
- (4) Li 、 Na 、 K の単体金属の密度の大小関係を比較せよ。根拠も示すこと。
- (5) アルカリ金属フッ化物 LiF 、 NaF 、 KF の中でイオン結合性が最も大きいものはどれかを予測し、そのように考えた理由を説明せよ。

B

I 次の(1)～(4)の問いについて答えよ。

- (1) 25℃における水の容量モル濃度(mol dm^{-3})を有効数字3桁で求めよ。なお、原子量はH: 1.0, O: 16.0とし、水の比重は1.00とする。
- (2) $\text{MR}_2(\text{固体}) \rightleftharpoons \text{M}^{2+} + 2\text{R}^-$ 型の溶解平衡を考える。この反応の溶解度積(K_{sp})が $3.2 \times 10^{-11} (\text{mol dm}^{-3})^3$ の場合、 MR_2 の溶解度(mol dm^{-3})を有効数字2桁で求めよ。
- (3) Fe^{2+} , Fe^{3+} , Sn^{2+} および Sn^{4+} を含む水溶液がある。 $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ と $\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}^{4+}$ との反応を右辺側に進みやすい方向に定義し、その反応式を示せ。またこの反応の平衡定数 K の対数($\log K$)を有効数字3桁で求めよ。なお、標準酸化還元電位は $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$: 0.77 V, $\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}^{4+}$: 0.15 V とする。またネルンスト式は $E = E^\circ - (0.059/n) \log ([\text{Red}]/[\text{Ox}])$ とする。
- (4) 滴定における当量点と終点との違いを説明せよ。

II 次の(1)～(4)の問いについて答えよ。

- (1) フタル酸エステル類である、フタル酸ジメチル (DMP)、フタル酸ジエチル (DEP)、フタル酸ジプロピル (DPP) をシリカゲル固定相とヘプタンを主体とする移動相で分離を行ったところ、3つのピークが得られた。上記フタル酸エステル類の溶出順序を述べよ。
- (2) ガスクロマトグラフィーにおいて熱伝導度検出器を使用する場合、通常、移動相には窒素ではなくヘリウムが用いられる。この理由を簡潔に述べよ。
- (3) 空気-アセチレン炎を用いるフレイム原子吸光分光光度計でアルミニウムの分析を行ったところ、十分な信号強度を得ることができなかった。一方、亜酸化窒素-アセチレン炎を用いた場合は、十分な信号強度が得られた。フレイムの役割も含めて、この理由を簡潔に説明せよ。
- (4) エレクトロスプレーイオン化-四重極型質量分析計を用いて、ネガティブイオンモードでクロロ酢酸 (CH_2ClCOOH) とフェノール ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$) の分析を行ったところ、双方ともプロトン脱離イオンが観測された。両物質の質量スペクトルを、安定同位体のシグナルを含めて、それぞれ簡潔に図示せよ。なお、観測される m/z 値、および、最も信号強度が強いシグナルを100としたおおよその相対強度も図中に明示すること (相対強度が1以下となるシグナルは無視してよい)。

問題4 物理化学・化学工学 出題範囲のうち A 又は B を選択し、選択した出題範囲のみ解答すること。選択した出題範囲の設問すべてについて解答すること。選択したものの記号(A, B)を解答用紙の選択記号欄に記入すること。

A

I n mol の理想気体の状態変化について、次の (1) ~ (3) の問いに答えよ。

- (1) 温度 T が一定のとき、状態 1 (P_1, V_1, T) から状態 2 (P_2, V_2, T) へ気体が膨張する場合について、 P - V 曲線を描くとともに、これらの変化に伴う仕事 W_{12} と熱量 Q_{12} をそれぞれ求めよ。
- (2) 理想気体が断熱変化するとき、温度 T と体積 V の間に $TV^{\gamma-1} = \text{一定}$ の関係がある。 γ は比熱比とする。このとき、 $PV^{\gamma} = \text{一定}$ となることを示せ。
- (3) 圧力 $P_1 = 3.00$ (atm)、体積 $V_1 = 1.00$ (L)、温度 $T_1 = 20.00$ ($^{\circ}\text{C}$)、比熱比 $\gamma = 5/3$ の理想気体を断熱膨張させて体積を $V_2 = 8.00$ (L) にした。この時、膨張後の気体の圧力 P_2 および温度 T_2 をそれぞれ求め、4 桁目を四捨五入して有効数字 3 桁で記せ。解答には単位を明記し、圧力は hPa 単位、温度は K 単位で記すこと。また、解答に至る導出過程も記すこと。必要に応じて、 1.00 (atm) = 1.00×10^5 (Pa)、 $T(\text{K}) = \theta(^{\circ}\text{C}) + 273(^{\circ}\text{C})$ を用いよ。

II 反応物 A と B が反応速度定数 k で生成物 P に変化する二次反応について、次の (1)、(2) の問いに答えよ。



$$\frac{d[\text{A}]}{dt} = -k[\text{A}][\text{B}] \quad (\text{式2})$$

- (1) 時間 $t=0$ のとき、A の濃度 $[\text{A}]_0$ と B の濃度 $[\text{B}]_0$ が同じ場合 ($[\text{A}]_0 = [\text{B}]_0$) に、(式2) の反応速度式が、

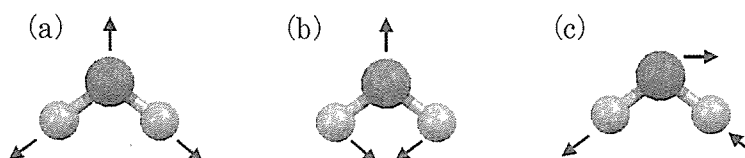
$$\frac{1}{[\text{A}]} = \frac{1}{[\text{A}]_0} + kt \quad \text{となることを示せ。}$$

- (2) $[\text{A}]_0$ と $[\text{B}]_0$ がそれぞれ 0.20 (mol/L) であるとき、初濃度の 30% が反応するのに 20 分を要した。この反応の反応速度定数 k を求め、3 桁目を四捨五入して有効数字 2 桁で記せ。解答には単位を明記すること。また、解答に至る導出過程も記すこと。

III 次の文章を読み、以下の（１）～（５）の問いに答えよ。

化学ではさまざまな波長の電磁波の吸収や放出を測定する分光法を用いて、化学物質の構造に関する情報を得ている。分光法には、入射光の吸収を測定する吸収分光法と、高いエネルギー状態から低いエネルギー状態への遷移に伴って放出される光子を発光として測定する発光分光法がある。赤外分光法は、測定試料に赤外線を照射して、（ア）または反射された光の強度から吸収された光を算出することで、試料の構造解析や定量を行う分析手法である。赤外スペクトルは、横軸に赤外線の波数を、縦軸に（イ）をプロットして表すのが一般的である。吸収された赤外線の波数から、分子の振動準位の遷移に必要な①エネルギーが分かる。ただし、分子振動によって（ウ）が変化する場合に赤外線の吸収が起こるので、②赤外不活性な分子もある。多原子分子では振動は複雑なものとなるが、基準振動を適当な位相と振幅で重ね合わせたものとして表すことができる。 N 個の原子からなる非直線分子は（Ａ）個の基準振動をもつので、③水分子は３個の基準振動を示す。ヒドロキシ基などの（エ）は、それに固有の波数領域に特性吸収帯とよばれる吸収を示すので、複雑な構造をもつ分子であっても、分子に含まれる（エ）を比較的容易に知ることができる。一方、（イ）の値は、吸光係数、試料濃度、光路長に比例することが知られている。この定式化された関係は（オ）の法則とよばれており、定量分析に利用されている。同じ分子であっても、分子が置かれている環境によって赤外スペクトルは微妙に変化する。これを利用して、分子が形成している④水素結合などに関する情報も得ることができる。

- （１）空欄（ア）～（オ）に入る適切な語を記せ。また、（Ａ）に入る適切な数式を記せ。
- （２）下線部①に関して、波数 $\bar{\nu}$ の電磁波の（ａ）波長 λ 、（ｂ）振動数 ν 、（ｃ）エネルギー E を表す式を、波数 $\bar{\nu}$ を用いて記せ。必要に応じて、真空中の光速 c およびプランク定数 h を用いよ。
- （３）下線部②に関して、以下の化合物群から赤外不活性な分子をすべて選び、その構造式を記せ。
化合物群： 塩素、塩化水素、窒素、一酸化炭素、酸素、オゾン
- （４）下線部③に関して、以下の図で示した水の基準振動（a）～（c）の名称を記せ。また、この中で最も低波数に現れるものを選び、（a）～（c）の記号で答えよ。



- （５）下線部④に関して、アルコールが水素結合を形成することによって、OH 伸縮振動吸収帯の波数と幅は、どのように変化するかを記せ。

B

I 内径 D [m] の円筒型反応槽に液高さ H [m] まで密度 ρ [kg/m³], 粘度 μ [Pa·s] の液体を入れ, 翼径 d [m], 翼幅 b [m] のマリンプローペラ型攪拌翼を用いて回転数 n [s⁻¹] で攪拌操作を行ったとき, 所要動力 P [W] に関する次元解析を行い, 無次元数を文中の記号を使用して記せ。その際, 液流動の状態を表す代表的な無次元数が導出される。その名称を記せ。

II 内径 $d = 20.0$ mm, 長さ $L = 10.0$ m の円管を使用し, $Q = 47.1$ L/min の流量で密度 $\rho = 1,000$ kg/m³, 粘度 $\mu = 10.0$ mPa·s の液体を輸送している。このときの管摩擦による圧力損失を計算し, 有効数字 3 桁で記せ。なお, 圧力損失は, $\Delta P = 4f(L/d)(\rho u^2/2)$ で計算できるものとする。ただし, 摩擦係数は層流では $f = 16/Re$ で計算され, 乱流では $f = 1.00 \times 10^{-2}$ の一定値をとるものとする。

III 円管内を流れる管内壁の境膜伝熱係数は流動状態により, 次式で相関できるものとする。

$$\text{層流: } Nu = 2.0 Re^{1/3} Pr^{1/3}$$

$$\text{乱流: } Nu = 0.01 Re^{1.0} Pr^{1/3}$$

ある物質(密度 $\rho = 1,000$ kg/m³, 粘度 $\mu = 30$ mPa·s, 熱伝導度 $k = 0.090$ W/(m·K), 比熱 $C_p = 3.0$ kJ/(kg·K))が, 内径 $d = 30$ cm の円管内を平均流速 80 cm/s で流れているときの管内境膜伝熱係数 h を計算し, 有効数字 2 桁で記せ。ここで, $Nu = hd/k$, $Pr = C_p \mu / k$ で定義されるものとする。

IV 次の文を読み空欄に入る適当な語を次ページの選択肢から選び記せ。

分離プロセスには種々の方法がある。液体混合物を各成分の蒸気圧の差を利用して分離する(ア), 混合気体のある成分を液体に通して分離する(イ), 固体または液体原料を液体溶剤により処理して原料中に含まれている可溶性成分を溶解分離する(ウ), 多孔質な固体を用いて気体や液体中の成分を捕捉して分離する(エ), 水分を含有した材料から熱をかけて水分を分離する(オ), 固体と液体の混合物を多孔質物質に通して固体と液体に分離する(カ)がある。また, 原油は数百の炭化水素の混合物であり, これを分離するには蒸気圧の差を利用して分離する方法が一般的であるがその大規模な装置を(キ)という。原油は種々の製品に分離して利用されているが, (ク)とジェット燃料の沸点がほぼ同じであることはあまり知られていない。(キ)は多くの段で構成されており, それぞれの段で液体混合物とそれからえられる蒸気を接触させ目的成分を所定の濃度で分離することができる。(キ)の上部では(ケ)沸点成分がえられ, 下部からは(コ)沸点成分がえられる。2 成分系の混合物を所定の濃度に分離するために, 理論的に必要な段数を(サ)曲線から(シ)で求めることができる。それを(ス)法という。

【選択肢】

伝熱 乾燥 調湿 蒸発 蒸留 吸収 吸着 ろ過 沈降 抽出 晶析 攪拌 洗浄 遠心
集じん フラッシュ蒸留装置 蒸留塔 理論段数 ナフサ 軽油 重油 灯油 ガソリン
アスファルト 高 中 低 大 小 濃度 気液平衡 溶解度 ローディング
フラッディング ニュートン フェンスケ マッケーブシール ラシュトン タイライン
折り紙 立体図形 空間作図 階段作図 3次元描画