令和４年度入学者選抜試験問題

理学部 理学科
医学部 医学科
工学部 高分子・有機材料工学科，化学・バイオ工学科，
情報・エレクトロニクス学科，機械システム工学科，
システム創成工学科
農学部 食料生命環境学科

理　　科

（化　　学）

前　期　日　程

注　意　事　項

1　試験開始の合図があるまで，この問題冊子の中を見てはいけません。

2　この問題冊子の本文は１ページから12ページまでです。

3　試験中に問題冊子の印刷不鮮明・落丁・乱丁，解答用紙の汚れなどに気が付いた場合は，手を挙げて監督者に知らせてください。

4　監督者の指示にしたがって，解答用紙に**大学受験番号**を正しく記入してください。
大学受験番号が正しく記入されていない場合は，採点されないことがあります。

5　**理学部受験者**は**第１問，第２問，第３問，第４問，第５問，第６問**の**６問**を解答してください。
医学部受験者は**第１問，第２問，第３問，第５問**の**４問**を解答してください。
工学部受験者は**第１問，第２問，第３問，第４問，第５問，第６問**の**６問**を解答してください。
農学部受験者は**第１問，第２問，第３問，第４問，第５問，第６問**の**６問**を解答してください。

6　解答用紙の注意事項をよく読み，指示にしたがって解答してください。

7　試験終了後，問題冊子と下書き用紙は持ち帰ってください。

第１問

次の文章を読み，下の（1）～（6）の問いに答えなさい。必要ならば，原子量は次の値を使うこと。

K 39.1　Cl 35.5

陽イオンと陰イオンの間に働く［ア］力という引力によって生じる結合をイオン結合といい，その結合からできた結晶をイオン結晶という。塩化カリウムの結晶では，陽イオンであるカリウムイオンと(a)陰イオンである塩化物イオンが規則正しく交互に並んでいる。カリウムイオンと塩化物イオンは同じ電子配置をもち，M 殻に［イ］個の電子が収容されている。また，(b)同じ電子配置でもカリウムイオンの大きさは塩化物イオンの大きさよりも小さい。

非金属元素の原子どうしが互いの価電子を出し合ってできる化学結合を［ウ］という。［ウ］している原子間に電荷の偏りがあるとき，結合に極性があるといい，分子全体として極性がある分子を極性分子という。水分子は極性分子であり，水分子中の［エ］原子はわずかに負の電荷を，［オ］原子はわずかに正の電荷を帯びている。

塩化カリウムの結晶を水に入れると，結晶の表面からカリウムイオンと塩化物イオンがばらばらになって水中に拡散していく。これは，カリウムイオンが水分子の［エ］原子と，塩化物イオンが［オ］原子と引きつけ合って安定化されるためである。このような，いくつかの水分子が溶質分子あるいはイオンに引きつけられる現象を［カ］という。［カ］されたイオンが水中に拡散していくことによって，(c)イオン結晶は溶解する。

(d)溶液の沸点は純溶媒の沸点よりも高くなる。この現象を沸点上昇という。希薄溶液の沸点上昇度 Δt は，溶質の種類に関係なく $\Delta t = K_b m$ であらわされる。ただし，K_b はモル沸点上昇，m は［キ］である。また，(e)溶液の凝固点は純溶媒の凝固点よりも低くなる。このことを凝固点降下という。

（1）　空欄［ア］～［キ］それぞれにあてはまる適切な語句または数字を記しなさい。

（2）　下線部(a)について，塩素原子〔Cl（気）〕が塩化物イオン〔Cl^-（気）〕になるときに放出されるエネルギーの名称を記しなさい。また，そのエネルギーを 349 kJ/mol とした場合の熱化学方程式を，電子（e^-）を用いて記しなさい。

（3）　下線部(b)について，カリウムイオンの方が塩化物イオンより小さい理由を「電子配置」と「電荷」の２つの語句を用いて３６字以内で記しなさい。ただし，句読点も字数に含めるものとする。

（4）　下線部(c)について，塩化カリウムの水への溶解度曲線を図１に示す。温度 68 °C の塩化カリウム飽和水溶液 100 g を冷却して，ある温度に保ったところ，8.1 g の塩化カリウムが析出した。このときの温度を図１を用いて求め，有効数字２桁で記しなさい。計算過程も記しなさい。

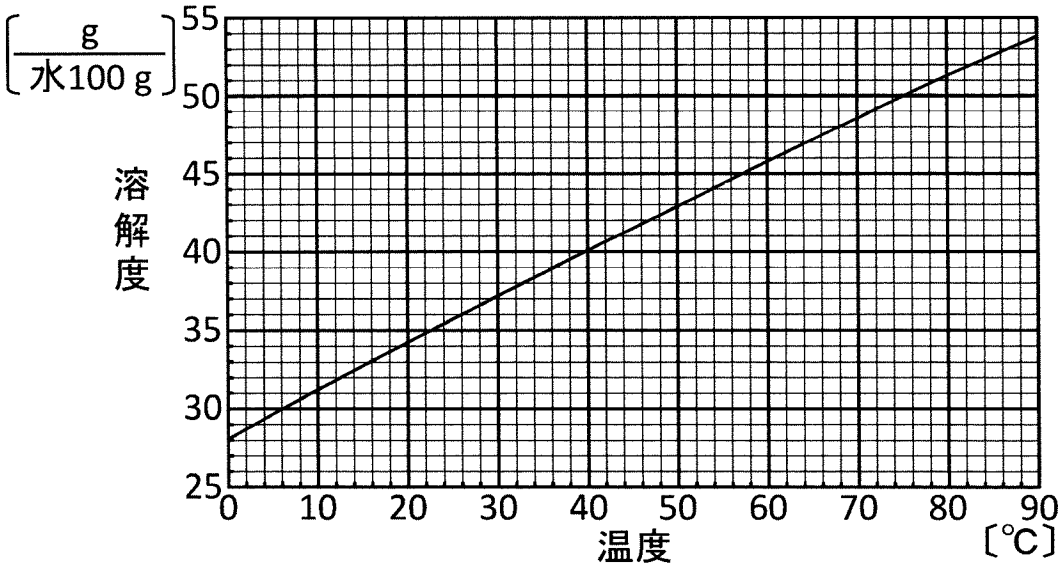


図１　塩化カリウムの水への溶解度曲線

（５）　下線部(d)について，1.0 kg の純水に，ある質量の塩化カリウムを溶解させたところ，水溶液の沸点は 5.2×10^{-2} K だけ上昇した。溶解させた塩化カリウムの質量を求め，有効数字２桁で記しなさい。計算過程も記しなさい。ただし，水のモル沸点上昇を 0.52 K･kg/mol とし，塩化カリウムは水溶液中で完全に電離しているものとする。

（６）　下線部(e)について，少量の塩化カリウムを純水に溶解させた希薄溶液をゆっくり冷却しながら温度をはかると，図２の冷却曲線が得られた。この図について，次の (i) ～ (iii) に答えなさい。

(i) 過冷却の状態にある区間を次の①～⑥から１つ選び，番号を記しなさい。

① A～B　② A～C　③ A～D　④ B～C　⑤ B～D　⑥ C～D

(ii) 初めて結晶が析出する点を A～D から選び，記号を記しなさい。

(iii) C～D 間で温度が下がり続ける理由を５０字以内で記しなさい。ただし，句読点も字数に含めるものとする。

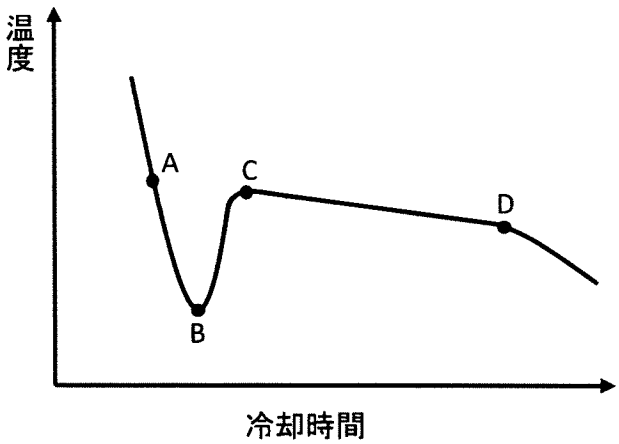


図２　冷却曲線

第２問

次の文章を読み，下の（１）～（７）の問いに答えなさい。必要ならば，原子量，および気体定数（R）は次の値を用いること。

H 1.0　C 12　N 14　O 16

$R = 8.3 \times 10^3$ Pa·L/(mol·K)

水素を燃料とする水素－酸素燃料電池は，発電時に水しか排出しないので環境への負荷が小さいという特徴がある。例えば，リン酸水溶液を電解液とするリン酸型燃料電池では，図１に示すように，(a)負極と正極はリン酸水溶液で隔てられており，負極に水素を，正極に空気（酸素）をそれぞれ供給する。燃料となる水素は，メタンを主成分とする天然ガスなどの(b)水蒸気改質や水の電気分解などによって製造される。水素を貯蔵・運搬するには耐圧容器が必要であり，その安全性が実用化の課題となっている。例えば，燃料電池を使用する自動車では，(c)容積 150 L の容器に水素 5.0 kg が充填されている。

一方，アンモニアは水素と窒素から，（式１）の反応によって合成される。この反応は可逆反応であり，（式１）の逆反応である（式２）の反応によって，アンモニアは分解して水素と窒素を生じる。アンモニアの沸点は比較的高く，液体にするのが容易なので，水素よりも簡便に貯蔵・運搬ができる。

$$3H_2 + N_2 \longrightarrow 2NH_3 \qquad \text{（式１）}$$

$$2NH_3 \longrightarrow 3H_2 + N_2 \qquad \text{（式２）}$$

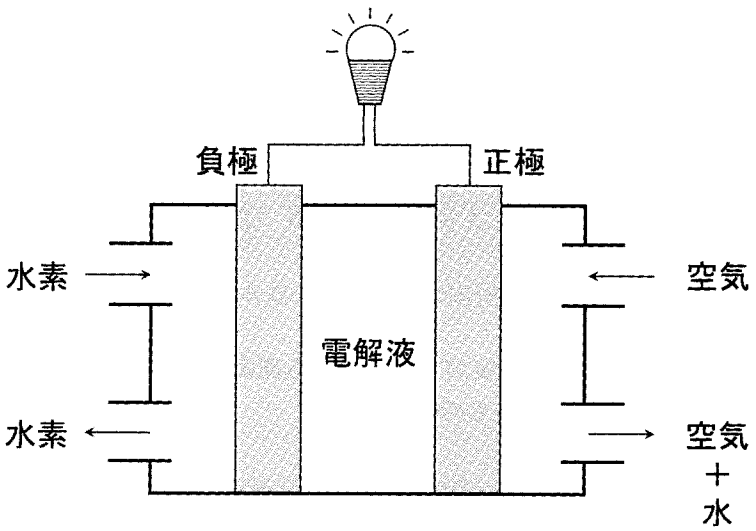


図１　燃料電池

（１）　下線部(a)の電池で，正極，負極で起こる反応を，それぞれ電子（e^-）を用いたイオン反応式で記しなさい。

（２）　下線部(b)の反応では，メタンを高温の水蒸気と反応させて一酸化炭素と水素をつくる。生成した一酸化炭素はさらに水蒸気と反応して二酸化炭素と水素になる。1.0 mol のメタンを用いたとき，得られる水素の最大の物質量を求め，有効数字２桁で記しなさい。ただし，水蒸気は十分な量があるものとする。

（3）　下線部(c)に関して，水素 5.0 kg を容積 150 L の容器に詰めたとき，27 °C における容器内の圧力を求め，有効数字２桁で記しなさい。計算過程も記しなさい。ただし，容器内で水素は理想気体としてよい。

（4）　図２はアンモニアの蒸気圧曲線である。この図を用いて，アンモニアの 1.0×10^5 Pa での沸点，およびアンモニアを 29 °C で液体にするのに必要な最低の圧力を，それぞれ有効数字２桁で求めなさい。

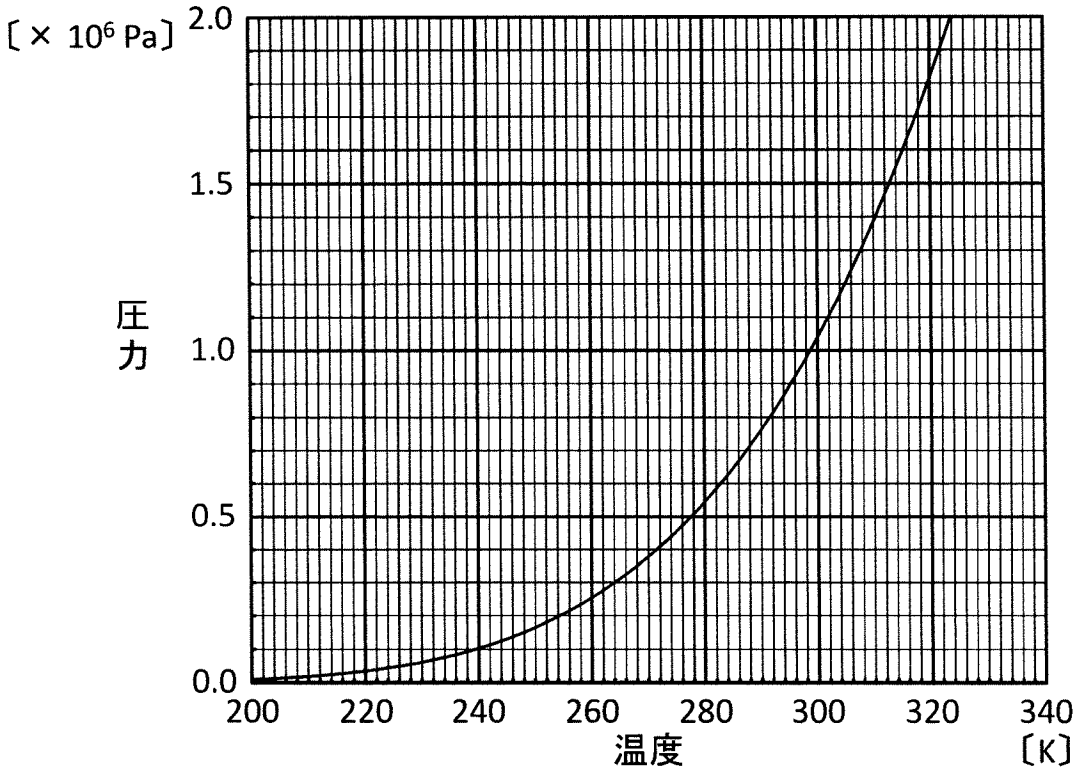


図２　アンモニアの蒸気圧曲線

（5）　表１に示す結合エネルギーを用いて（式１）の反応熱を求め，熱化学方程式で記しなさい。

表１　結合エネルギー

結合	結合エネルギー〔kJ/mol〕
N≡N	945
N−H	391
H−H	436

（6）　水素 2.0 mol と窒素 2.5 mol を内容量 1.0 L の容器に入れて，（式１）の反応をある一定の温度で行ったところ，アンモニアが 1.0 mol 生成して平衡状態に達した。この温度における濃度平衡定数 K を求め，適切な単位とともに有効数字２桁で記しなさい。計算過程も記しなさい。

（7）　（式２）の反応によって，5.0 kg の水素をつくるために最低限必要な液体アンモニアの 29 °C での体積を求め，有効数字２桁で記しなさい。計算過程も記しなさい。ただし，29 °C での液体アンモニアの密度を 0.70 g/cm³ とする。

第３問　次の問い（問１～問３）に答えなさい。必要ならば，原子量は次の値を使うこと。

H 1.0　O 16　S 32

問１

次の操作①～⑧による気体の製法について，下の（１）～（６）の問いに答えなさい。

① 過酸化水素水に酸化マンガン(IV)を加える
② 炭酸水素ナトリウムに希硫酸を加える
③ 亜硝酸アンモニウムを加熱する
④ 銅に希硝酸を加える
⑤ 銅に濃硝酸を加える
⑥ ギ酸に濃硫酸を加えて加熱する
⑦ 硫化鉄(II)に希硫酸を加える
⑧ 酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加えて加熱する

（１）　操作①～⑧による製法それぞれで得られる気体の分子式を記しなさい。

（２）　操作③～⑧による製法それぞれで得られる気体の捕集法として，水上置換法が適しているものをすべて選び，番号で記しなさい。

（３）　操作④による製法で得られる気体が酸素と反応するときの化学反応式を記しなさい。

（４）　操作⑦による製法において，気体の乾燥に濃硫酸が用いられない理由を４５字以内で記しなさい。ただし，句読点も字数に含めるものとする。

（５）　操作⑧で起こる反応を化学反応式で記しなさい。

（６）　操作⑧による製法において，目的とする気体を精製するには，二段階の精製が必要である。一段階目，二段階目それぞれの精製操作として最も適切なものを次の操作(ア)～(オ)から１つずつ選び，記号を記しなさい。

（ア）気体を塩酸に通す　　（イ）気体を濃硫酸に通す
（ウ）気体を水に通す　　（エ）気体を加熱した金属管に通す
（オ）気体を水酸化ナトリウム水溶液に通す

問２

次の（１）～（５）の問いに答えなさい。

（１）　斜方硫黄を構成する分子の分子式を記しなさい。

（２）　硫黄を燃焼させたときの反応式を記しなさい。

（３）　二酸化硫黄が満たされた容器に赤いカーネーションの花を入れると，赤色が脱色された。このときの二酸化硫黄の働きを示す最も適切な語句を次の語群から１つ選び，記しなさい。

語群〔　酸化剤，還元剤，中和剤，乾燥剤　〕

（４）　二酸化硫黄が硫化水素と反応するときの反応式を記しなさい。

（５）　8.0 g の二酸化硫黄が過不足なく反応する硫化水素の質量を求め，有効数字２桁で記しなさい。

問３

次の（１）～（５）の問いに答えなさい。

（１）　黄リンの分子式を記しなさい。

（２）　リンを乾燥空気中で燃焼させたときの反応式を記しなさい。

（３）　（２）で生じた物質の主な用途として最も適切な語句を次の語群から１つ選び，記しなさい。

語群〔　酸化剤，還元剤，中和剤，乾燥剤　〕

（４）　（２）で生じた物質が，多量の水と反応するときの反応式を記しなさい。

（５）　（４）で生じた物質の名称を記しなさい。

第４問

次の問い（問１，問２）に答えなさい。必要ならば原子量，およびファラデー定数（F）は次の値を使うこと。

Cu 63.5
$F = 9.65 \times 10^4$ C/mol

問１

次の文章を読み，下の（１）～（４）の問いに答えなさい。

鉄は，遷移元素の１つで，その原子番号は 26 である。鉄原子は，K 殻に２個，L 殻に［ A ］個，M 殻に［ B ］個，N 殻に２個の電子をもつ。遷移元素は，(a)一般に，同一周期の隣り合う元素同士の間で類似した性質を示し，また同一元素が異なる酸化数をとりやすい。鉄を湿った空気中に置いておくと，表面が酸化されて赤さびを生じる。赤さびは通常内部まで進行するが，鉄を濃硝酸で処理したときは，生成した酸化物が表面を緻密に覆うため，内部まで酸化されることを防ぐ。この状態を［ ア ］という。鉄をさびにくくさせるには他の方法もある。例えば，鉄に亜鉛を［ イ ］したトタンでは，亜鉛が鉄の表面を覆うことに加え，亜鉛の層が傷つき(b)鉄が露出しても，亜鉛の［ ウ ］が鉄よりも［ エ ］ため亜鉛が鉄よりも先に酸化され，さびを防ぐことができる。

（１）　空欄［ A ］，［ B ］それぞれにあてはまる適切な整数を記しなさい。

（２）　空欄［ ア ］～［ エ ］それぞれにあてはまる最も適切な語句を記しなさい。

（３）　下線部(a)で示される遷移元素の性質は，遷移元素の電子配置によって説明できる。この遷移元素の電子配置の特徴を「最外殻」と「内側の電子殻」の２つの語句を用いて４５字以内で記しなさい。ただし，句読点も字数に含めるものとする。

（４）　下線部(b)に関して，亜鉛と同様の原理で鉄をさびにくくさせることのできる元素を次の①～⑤の元素からすべて選び番号で記しなさい。

① Sn　② Cu　③ Mg　④ Ag　⑤ Pb

問２

次の文章を読み，下の（１）～（４）の問いに答えなさい。

銅は軟らかく，特有の赤色光沢をもつ金属であり，熱や［ア］をよく通し，延性や展性に富んでいる。銅は単体としての利用に加え，合金としても利用される。例えば，美術工芸品には銅とスズの合金からなる青銅が用いられ，硬貨には［イ］との合金である黄銅（真ちゅう）や［ウ］との合金である白銅が利用されている。加熱した銅と塩素を反応させると塩化銅(II)が生成する。(a)炭素を電極として塩化銅(II)水溶液を電気分解すると［エ］極では塩素が発生し，［オ］極では銅が析出する。また，(b)電気分解を用いて粗銅から純銅を得るプロセスは電解製錬とよばれ，銅の工業的製法として重要である。

（１）　空欄［ア］～［オ］それぞれに当てはまる適切な語句を記しなさい。

（２）　下線部(a)について 0.60 A の電流を 3 時間 13 分流し続けたときの［オ］極における銅の析出量(g)を求め有効数字２桁で記しなさい。計算過程も記しなさい。

（３）　下線部(b)について，銅の電解製錬は，粗銅を［エ］極，純銅を［オ］極として，硫酸酸性の硫酸銅(II)水溶液を約 0.3 V の電圧で電気分解して行う。不純物として亜鉛，金，銀，鉄，および鉛を含む粗銅を電解製錬したとき，［エ］極の下に沈殿が析出した。この沈殿に含まれる物質の名称をすべて答えよ。ただし，粗銅中の不純物は均一に分布しているものとする。

（４）　（３）で示した電解製錬後の水溶液から，金属元素として亜鉛のみを含む沈殿を取り出す場合，以下の①～④の中から最も適切な操作を選び番号を記しなさい。なお，水溶液には銅イオンも含まれているとする。

①　過剰量の水酸化ナトリウム水溶液を加え，ろ過した水溶液に硫化水素を通じる。

②　過剰量のアンモニア水を加え，ろ過した水溶液に硫化水素を通じる。

③　過剰量の塩酸を加え，ろ過した水溶液に硫化水素を通じる。

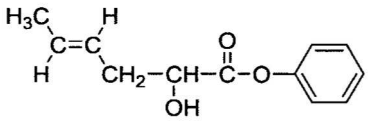
④　硫化水素を通じる。

第５問

次の問い（問１，問２）に答えなさい。必要ならば，原子量は次の値を使うこと。また，化合物の構造式は，下の例を参考にして記しなさい。

H 1.0　C 12　O 16

（例）



問１

次の文章を読み，下の（１）～（４）の問いに答えなさい。

ニトロベンゼンは特有のにおいをもつ液体で，淡黄色を帯びていることが多く，水よりも密度が［ア］。ニトロベンゼンを濃硝酸と濃硫酸でさらにニトロ化すると，［イ］位で置換反応が起こり，化合物 **A** が生じる。**A** のベンゼン環の水素原子の１つを塩素原子で置換すると，生成物には３種類の異性体が考えられる。一方，フェノールに濃硝酸と濃硫酸を加えて反応させると，［ウ］位や［エ］位がニトロ化された化合物が順次生成し，最終的には［ウ］位と［エ］位がすべてニトロ化された化合物 **B** が生じる。フェノールは水酸化ナトリウム水溶液と反応し，［オ］という塩をつくって溶ける。［オ］は，高温・高圧下で二酸化炭素と［ウ］位で反応する。生成物に希硫酸を作用させると，化合物 **C** が生じる。(a)<u>**C** にメタノールと少量の濃硫酸を作用させると，芳香のある化合物 **D** が生じる</u>。

（１）　空欄［ア］～［オ］それぞれに当てはまる適切な語句を記しなさい。

（２）　化合物 **B** の名称を記しなさい。

（３）　下線部(a)で起こる有機化合物の化学変化の反応式を，構造式を用いて記しなさい。

（４）　化合物 **D** に塩化鉄(III)水溶液を加えると，どのような様子が観察されるか，１０字以内で記しなさい。ただし，句読点も字数に含めるものとする。

問２

次の文章を読み，下の（１）～（５）の問いに答えなさい。

炭素，水素，酸素からなり，同じ組成式をもつ分子量 200 以下のエステル **A**，**B**，**C** がある。**A** の 9.0 mg を完全燃焼させると，二酸化炭素 22 mg と水 9.0 mg が発生した。**A** を加水分解すると，カルボン酸 **D** とアルコール **E** が得られた。**B** を加水分解すると，カルボン酸 **F** とアルコール **G** が得られた。**C** を加水分解すると，カルボン酸 **H** とアルコール **I** が得られた。**E** を硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液で酸化すると，**D** が得られた。同様に **G** を酸化すると **H** が，**I** を酸化すると **F** が得られた。

E を濃硫酸で分子内脱水してアルケン **J** にした後，臭素を付加させると，不斉炭素原子をもたない化合物 **K** が得られた。**G** と同じ分子式をもつアルコールは，**G** と **L** の２種類であった。**I** は不斉炭素原子をもっていた。

（１）　エステル **A** の組成式と分子式，および，アルコール **E** の示性式を記しなさい。

（２）　アルケン **J** と化合物 **K** の構造式を記しなさい。

（３）　アルコール **L** の名称を記しなさい。また，**G** と **L** で沸点が高い方の記号を記しなさい。

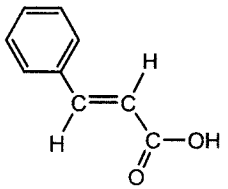
（４）　アルコール **I** と同じ分子式をもつアルコールは，**I** を含めて何種類あるか記しなさい。ただし，立体異性体は区別しないものとする。

（５）　エステル **A**，**B**，**C**，および，アルコール **I** の構造式を記しなさい。

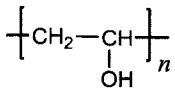
第６問

次の文章を読み，下の（１）～（７）の問いに答えなさい。必要ならば，原子量は次の値を使うこと。また，化合物の構造式は，次の例を参考にして記しなさい。

H 1.0　C 12.0　O 16.0　S 32.1　Cu 63.5



（例１）



（例２）

一般に分子量が１万を超えるような巨大な分子を高分子といい，その化合物を高分子化合物という。(a)高分子化合物は，１種類もしくは２種類以上の単量体の重合によってつくられる。また，高分子化合物には，人工的に合成された合成高分子化合物と，天然に存在する天然高分子化合物がある。

(b)合成高分子化合物は石油などを原料として合成され，その形態や機能によって合成繊維，合成樹脂，合成ゴムなどに分類される。合成繊維にはナイロンとして知られるナイロン 66 がある。ナイロン 66 は，アジピン酸と［ア］との重合によりつくられる。ポリエチレンテレフタラート（PET）は合成繊維や合成樹脂として多方面で使用される合成高分子化合物であり，２価のアルコールである［イ］と２価のカルボン酸である［ウ］との重合によりつくられる。合成ゴムは，天然ゴムに類似した特有の弾性をもった合成高分子化合物である。

一方，自然界には多くの天然高分子化合物が存在する。多糖類は単糖類が重合してできた高分子化合物であり，炭水化物とも呼ばれる。(c)デンプンは多数のα－グルコースが１位と４位のヒドロキシ基間で脱水縮合した［エ］と，１位と４位に加えて１位と６位のヒドロキシ基間でも脱水縮合した部分を含む［オ］の２種類の成分からなる。［カ］は，β－グルコースが直鎖状に縮合した構造をしており，分子間で［キ］を形成して強く結びついている。そのため［カ］は水に不溶である。また，(d)タンパク質はα－アミノ酸が重合してできた高分子化合物である。アミノ酸の配列順序はタンパク質ごとに一定であり，これをタンパク質の［ク］構造という。

（１）　空欄［ア］～［ク］それぞれにあてはまる最も適切な語句を記しなさい。

（２）　下線部(a)に関連して，単量体間の重合により形成される結合の種類が次の (i) ～ (iv) の高分子化合物と同じものを，それぞれ①～④の選択肢から１つ選び番号を記しなさい。

(i) ポリ乳酸　(ii) ポリ酢酸ビニル　(iii) ナイロン６　(iv) セロハン

選択肢〔①デンプン　②タンパク質　③ポリエステル　④天然ゴム〕

（３）　合成高分子化合物に関連して，同じ質量のポリエチレンテレフタラート，ポリエチレン，ポリプロピレン，ポリスチレンのうち，完全燃焼したとき生成する二酸化炭素の物質量が最も多い化合物の名称と構造式を記しなさい。

（4）　下線部(b)に関連して，合成高分子化合物に関する記述として正しいものを次の①～⑤の中から１つ選び番号を記しなさい。

① 代表的な熱硬化性樹脂であるフェノール樹脂（ベークライト）は，フェノールと酢酸を酸触媒の存在下で縮合重合させて合成される。

② 多価カルボン酸と多価アルコールとの縮合重合によってつくられた熱可塑性樹脂はアルキド樹脂と呼ばれ，塗料や接着剤などに広く用いられている。

③ アクリロニトリルの縮合重合により得られるポリアクリロニトリルを主成分とした合成繊維はアクリル繊維と呼ばれ，肌触りが羊毛に似ていて保温性に富む。

④ メラミン樹脂は熱可塑性であるため，ペットボトルや衣料などに使用されている。

⑤ スチレンと 1,3－ブタジエンとを付加重合させて得られるスチレン－ブタジエンゴムは耐摩耗性に優れ，主に自動車用タイヤに用いられている。

（5）　合成高分子化合物の１つにスルホ基（$-SO_3H$）を有する陽イオン交換樹脂がある。これを詰めたガラス管に，硫酸銅(II)の n 水和物（$CuSO_4 \cdot nH_2O$）0.1248 g を溶かした水溶液を通し，水溶液中の陽イオンをすべて交換した。樹脂を純水で十分に洗浄し，流出液をすべて集め，0.200 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定したところ，過不足なく中和するのに 5.0 mL 必要であった。この硫酸銅(II) n 水和物の n の値を求め，有効数字２桁で記しなさい。計算過程も記しなさい。

（6）　下線部(c)に関連して，デンプンに希硫酸を加えて加熱し，一定時間ごとに溶液の一定量を試料として取り出して，以下の２つの実験を行った。

（実験１）取り出したそれぞれの試料を室温まで冷却後，ヨウ素－ヨウ化カリウム水溶液を加え，青紫色の呈色を観察した。その結果，反応時間が A 分以上の試料ではヨウ素－ヨウ化カリウム水溶液を加えても呈色しなかった。

（実験２）取り出したそれぞれの試料にフェーリング液を加えて加熱し，生じる酸化銅(I)の質量を測定した。その結果，反応時間が長くなるにつれて生じる酸化銅(I)の質量が徐々に増加した。しかし，反応時間が B 分以上の試料では，フェーリング液を加えて加熱したときに生じる酸化銅(I)の質量は一定となった。

反応時間 A 分と B 分の関係について適切なものを，次の①～③の中から１つ選び番号を記しなさい。また，デンプンは A 分および B 分の時点で，それぞれどのようになったと推測されるか２０字以内で記しなさい。ただし，句読点も字数に含めるものとする。

① $A > B$　　② $A = B$　　③ $A < B$

（7）　下線部(d)に関連し，水溶性のタンパク質が水に分散すると，１分子でコロイド粒子となり，その溶液はコロイド溶液の性質をもつ。コロイド溶液を限外顕微鏡で観察すると，粒子が不規則に運動している様子が観測される。この運動を何というか記しなさい。また，粒子が不規則に運動している理由を３０字以内で記しなさい。ただし，句読点も字数に含めるものとする。