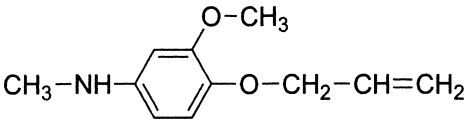
問題Ⅰ～Ⅲについて解答せよ。字数を指定している設問の解答では，数字，アルファベット，句読点，括弧，記号も，すべて１字として記入せよ。なお，計算に必要ならば，次の数値を用いよ。

原子量：H＝1.00，C＝12.0，N＝14.0，O＝16.0，Na＝23.0，Al＝27.0，S＝32.1，Cl＝35.5，K＝39.1，Cr＝52.0，Fe＝55.8，Cu＝63.5，Ag＝108，Sn＝119，Ba＝137
気体定数：$R=8.3\times10^{3}$ L·Pa/(K·mol)
アボガドロ定数：$N_A=6.0\times10^{23}$/mol
0℃＝273K，$\pi=3.14$，$\sqrt{2}=1.41$，$\sqrt{3}=1.73$，$\sqrt{5}=2.24$，$\sqrt{7}=2.65$

有機化合物の構造式は次の記入例にならって示せ。



Ⅰ　次の文章［1］と［2］を読み，問1～問9に答えよ。

［1］　銅を空気中で熱すると黒色の化合物Aになる。さらに高温で加熱すると赤色の化合物Bが生成する。(a)銅を硝酸銀水溶液に入れると，銅は溶け出す。(b)硫酸銅（Ⅱ）水溶液にアンモニア水を少量加えると青白色の化合物が沈殿する。これにアンモニア水を過剰に加えると，この沈殿は溶解して(c)深青色溶液となる。

銀イオンを含む水溶液に少量のアンモニア水を加えると，暗褐色の化合物Cが沈殿する。化合物Cを加熱すると，銀の単体が生成する。銀イオンはハロゲン化物イオンと反応して，ハロゲン化銀を生成する。(d)ハロゲン化銀の沈殿反応は，銀イオンやハロゲン化物イオンの検出などに利用される。

問1　化合物A～Cをそれぞれ化学式で記せ。

問2　下線部(a)の反応をイオン反応式で表せ。

問3　下線部(b)に関して，次の問に答えよ。

(i)　硫酸銅（Ⅱ）五水和物 $CuSO_4\cdot5H_2O$ を加熱すると水和水が失われる。1.25g の $CuSO_4\cdot5H_2O$ を115℃で加熱したところ，0.89g の $CuSO_4\cdot nH_2O$ が得られた。n を整数で答えよ。

(ii)　0.10g の $CuSO_4\cdot5H_2O$ を水に溶解し，全体を 0.50L にした。その水溶液に塩化バリウム水溶液を少しずつ加えていったところ，溶液中のバリウムイオンのモル濃度がある値X〔mol/L〕を超えたところで硫酸バリウムが析出し始めた。Xを有効数字２桁(けた)で求めよ。ただし，硫酸バリウムの飽和水溶液中に存在するバリウムイオンのモル濃度と硫酸イオンのモル濃度の積（溶解度積）は一定であり，この実験条件における溶解度積は 9.1×10^{-11}(mol/L)^2 とする。また，塩化バリウム水溶液を加えたことによる溶液の体積変化は無視できるものとする。

問4　下線部(c)の溶液に含まれる錯イオンの名称を記せ。

問5　下線部(d)に関して，塩化物イオンの濃度を求める次の実験を行った。

濃度不明の塩化ナトリウム水溶液 25.0mL をコニカルビーカーにとり，適量のクロム酸カリウム水溶液を加え，0.100mol/L の硝酸銀水溶液をビュレットから滴下した。まず，溶解度の小さい白色の塩化銀が沈殿し，滴下し始めてから全体で 23.3mL 滴下したとき，赤褐色（暗赤色）のクロム酸銀の沈殿が生じた。塩化物イオンがすべて反応したことは，このクロム酸銀の沈殿が生成したことから判断した。

次の問に答えよ。

(i)　銀イオンとクロム酸イオンの反応をイオン反応式で表せ。

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

(ii)　この実験で用いた塩化ナトリウム水溶液のモル濃度〔mol/L〕を有効数字3桁で求めよ。

(iii)　クロム酸イオンは水溶液を酸性にすると橙赤色のイオンになる。この橙赤色のイオンをイオン式で表せ。

［2］　アルミニウムは周期表の［ア］族の元素である。工業的には，アルミニウムの単体は，融解した氷晶石に混合した［イ］を炭素電極で溶解塩電解をすることで得られる。(e)この溶解塩電解の陽極では一酸化炭素および二酸化炭素が発生し，陰極ではアルミニウムが得られる。(f)アルミニウムと酸化鉄（Ⅲ）の粉末の混合物に点火すると，激しく反応して融解した鉄の単体が得られる。硫酸アルミニウムと硫酸カリウムの混合水溶液を濃縮すると，ミョウバン（［ウ］・$12H_2O$）の結晶が得られる。ミョウバンのように2種類以上の塩が一定の割合で結合したような化合物を［エ］という。

問6　［ア］にあてはまる数字，［イ］にあてはまる化合物名をそれぞれ記せ。

問7　下線部(e)で，一酸化炭素が発生する反応を，電子（e^-）を含むイオン反応式で表せ。

問8　下線部(f)の反応を化学反応式で表せ。

問9　［ウ］にあてはまる化学式，［エ］にあてはまる語句をそれぞれ記せ。

Ⅱ　次の文章を読み，問1～問7に答えよ。

溶液は純溶媒と異なる様々な性質を示す。例えば，(a)塩化ナトリウム水溶液は，純水よりも蒸発しにくい。これは，(b)不揮発性の溶質を含む溶液では純溶媒に比べて蒸気圧が低くなるためである。これを蒸気圧降下という。希薄溶液の場合，溶液の蒸気圧降下や凝固点降下の度合いは，すべての溶質粒子の質量モル濃度に比例するため，それらの測定から溶質の分子量または式量が求められる。(c)デンプンなどの高分子の溶液においては，一般に凝固点降下は小さく測定できないことが多いが，浸透圧の測定は比較的容易であるため，高分子の平均分子量を求めるのに使われる。

デンプンやタンパク質を含む溶液の多くはコロイド溶液である。コロイド溶液に強い光線を当てると光の通路が明るく見える。この現象を［ア］という。また，(d)コロイド溶液を限外顕微鏡で観察すると，コロイド粒子がブラウン運動している様子がわかる。(e)コロイド溶液をセロハンの袋に入れ純水に浸しておくと，コロイド粒子と小さい分子やイオンを分離できる。このようにしてコロイド溶液を精製する操作を［イ］という。コロイド溶液に電極を浸して直流電圧をかけると，コロイド粒子はどちらかの電極のほうへ移動する。この現象を［ウ］という。また，(f)水との親和力が小さい疎水コロイドに少量の電解質を加えると沈殿が生じる。この現象を凝析という。

問1　［ア］～［ウ］に適切な語句を記せ。

問2　下線部(a)に関して，次の問に答えよ。

(i)　塩化ナトリウム 1.00×10^2g を大量の水に溶かすと，6.63kJ の熱量が吸収される。塩化ナトリウムの水への溶解熱を表す熱化学方程式を記せ。ただし，式中の溶解熱は，有効数字3桁で記せ。

(ii)　質量パーセント濃度10.0％の塩化ナトリウム水溶液の質量モル濃度を有効数字3桁で求めよ。

(iii)　塩化ナトリウムの溶融塩電解で得られるナトリウムの単体は体心立方格子の結晶構造をとり，その密度は 0.97g/cm^3である。このときナトリウムの原子半径は，単位格子の一辺の長さの何倍であるか。また，ナトリウム原子の体積を求めよ。それぞれ有効数字2桁で記せ。なお，原子は球形であり，最も近い距離にある原子と原子は接触しているものとする。

問3　下線部(b)のとき，大気圧下で，その溶液の沸点は純溶媒と比べてどのようになるか。次の①～③から1つ選び，番号で答えよ。

①　高くなる　　②　変化しない　　③　低くなる

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

問 4　下線部(c)に関して，浸透圧は溶液のモル濃度と絶対温度の積に比例し，その比例定数は気体定数に等しいので，浸透圧の測定により高分子の平均分子量を求めることができる。ある高分子化合物 15g を溶かし 2.0L とした溶液の浸透圧を測定すると，27℃で 3.0×10^2 Pa であった。この高分子化合物の平均分子量を有効数字 2 桁で求めよ。ただし，この高分子化合物は溶液中で電離や会合をしないものとする。

問 5　下線部(d)に関して，コロイド粒子がブラウン運動する理由を35字以内で述べよ。

問 6　下線部(e)に関して，次の実験を行った。塩化鉄（Ⅲ）水溶液を沸騰水に加えて十分な量の水酸化鉄（Ⅲ）コロイド溶液を得た。このコロイド溶液をセロハン袋に入れ，ビーカーに入れた純水に浸した。十分に放置した後，セロハン袋の外の溶液は，酸性，中性，塩基性のいずれを示すか記せ。

問 7　下線部(f)に関して，次の実験を行った。正に帯電した水酸化鉄（Ⅲ）コロイド粒子を含む一定量の溶液に，次の①～③の各物質の同一モル濃度の水溶液を加えると沈殿が生じた。最も少量で沈殿が生じたものを選び番号で答えよ。また，それを選んだ理由を30字以内で述べよ。

①　塩化ナトリウム　　②　硫酸ナトリウム　　③　硝酸カリウム

Ⅲ　次の文章を読み，**問 1** ～**問 6** に答えよ。

分子式 $C_{11}H_{15}NO_2$ で表される化合物 **A** ～ **D** は，いずれもベンゼン環をもつ。

化合物 **A** は，ベンゼン環に 2 つの置換基をもつ化合物である。それらの置換基は互いにパラ位の位置にあり，一方の置換基は直鎖のアルキル基である。化合物 **A** は，炭化水素 **E** に濃硫酸と濃硝酸の混合物を加えて反応させることにより得られた。

(a)化合物 **A** にスズと濃塩酸を加えて加熱した後，水酸化ナトリウム水溶液で中和したところ，化合物 **F** が得られた。

化合物 **B** はエステルであり，水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱することにより加水分解された。この溶液を中和して，化合物 **G** およびアルコール **H** を得た。化合物 **G** を希塩酸に溶かし，5℃以下に保ちながら亜硝酸ナトリウム水溶液を加えて化合物 **I** を生成させた。この(b)化合物の **I** の水溶液を加熱したところ，サリチル酸が生成した。また，アルコール **H** にヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて温めたところ，(c)特有の臭気をもつ黄色沈殿が生じた。

化合物 **C** は，タンパク質の加水分解物から得られる α-アミノ酸 **J** をエタノール中で少量の濃硫酸とともに加熱することにより得られた。また，(d)α-アミノ酸 **J** を酢酸中で無水酢酸と反応させ濃縮したところ，化合物 **K** が白色粉末として得られた。

化合物 **D** は，*p*-アミノフェノール（フェノールのパラ位にアミノ基をもつ化合物）をカルボン酸 **L** と縮合させることにより得られるアミドである。

問 1　化合物 **A** に関して，次の問に答えよ。

(i)　炭化水素 **E** の分子式を記せ。

(ii)　化合物 **A** の構造式を示せ。

(iii)　化合物 **A** のアルキル基の構造の違いによる異性体のうち，アルキル基が第四級炭素原子（4 個の炭素原子と結合している炭素原子）をもつ異性体は何種類存在するか答えよ。

問 2　下線部(a)について，次の問に答えよ。

(i)　化合物 **F** の構造式を示せ。

(ii)　3.86g の化合物 **A** を化合物 **F** に完全に変換するには，少なくとも何 g のスズが必要か。有効数字 3 桁で答えよ。ただし，濃塩酸は十分な量を使用し，この反応で消費されたスズはすべて塩化スズ（Ⅳ）になるものとする。

問 3　化合物 **B** に関して，次の問に答えよ。

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

(i)　下線部(b)の結果をもとに化合物Gの構造を推定し，その構造式を示せ。

(ii)　化合物Ｉをナトリウムフェノキシドと反応させたところ，化合物Mが得られた。化合物Mの構造式を示せ。

(iii)　下線部(c)の化合物の分子式を記せ。

(iv)　化合物Bの構造式を示せ。

問 4　化合物Cに関して，次の問に答えよ。

(i)　化合物Cおよび化合物Kの構造式を示せ。

(ii)　下線部(d)で得られた白色粉末に未反応の α-アミノ酸Jが残っているかどうかを，呈色反応を利用して判断できる。どのように判断すればよいかを，呈色試薬名と実験操作も含めて50字以内で説明せよ。

問 5　化合物Dに関して，次の問に答えよ。

(i)　カルボン酸Lの分子式を記せ。

(ii)　カルボン酸Lがもつ水素原子のうち，炭素原子に結合した水素原子の１つをヒドロキシ基に置き換えた化合物は１種類のみ存在し，他に異性体は存在しない。このことからカルボン酸Lおよび化合物Dの構造を推定し，それらの構造式を示せ。

問 6　化合物A～Dのうち，不斉炭素原子をもつ化合物をすべて選び，A～Dの記号で答えよ。

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。