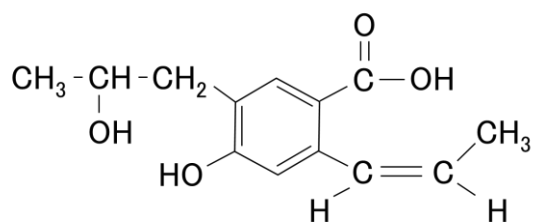


解答に際して

I ～ **VI** の解答は，すべて解答用紙の所定の欄に記入しなさい。

なお、構造式は下の例にならって書きなさい。

(例)



I

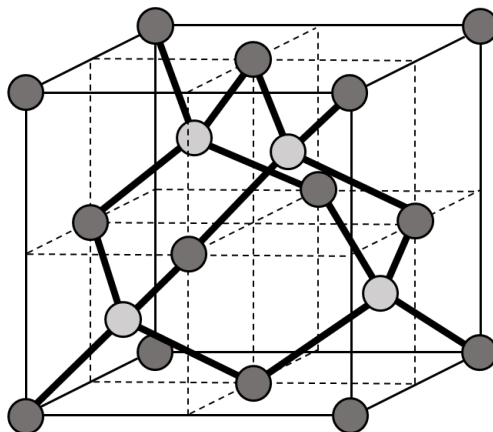
問 1 ～ 問 6 に答えなさい。【配点 57】

問 1 次の文章中の **ア** ， **イ** ， **ウ** に入る適切な語句の組み合わせを，①～④から 1 つ選び，番号で答えなさい。

原子の質量の大小関係は，質量数 12 の炭素原子の質量を 12 とする相対質量を用いて表される。元素を構成する各同位体の相対質量とその存在比から求められる平均値を元素の **ア** といい，分子の相対質量は **イ** ，イオンや金属原子からなる物質の相対質量は **ウ** という。

	ア	イ	ウ
①	質量数	分子量	式量
②	質量数	式量	分子量
③	原子量	分子量	式量
④	原子量	式量	分子量

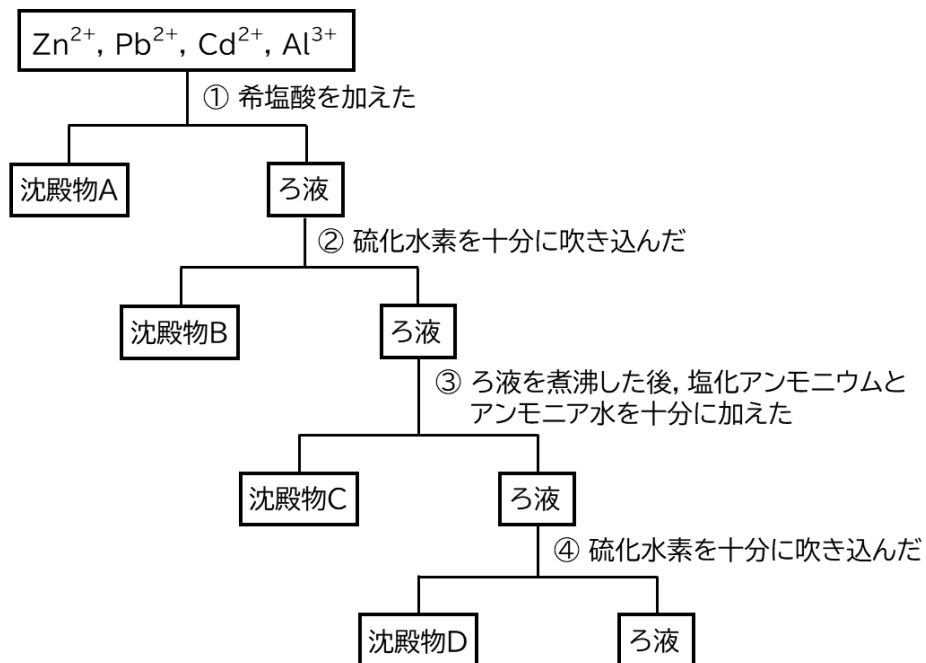
問2 ケイ素の結晶の単位格子は、下の図のようなダイヤモンド型である。各ケイ素原子は隣接するケイ素原子と図の太線で示した共有結合を形成している。(1)，(2) に答えなさい。



- 単位格子の頂点および面上のケイ素原子
- 単位格子を8等分してできた小立方体の中心のケイ素原子

- (1) 単位格子中に含まれるケイ素原子の数を求めなさい。
- (2) この単位格子におけるケイ素原子の配位数を答えなさい。

問3 Zn^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} , Al^{3+} の4種類の金属イオンを含む混合水溶液に、次の図の①～④の操作をおこなった。(1), (2) に答えなさい。



(1) 沈殿物 A～D の化学式を書きなさい。

(2) 沈殿物 B の色を答えなさい。

問4 次の文章を読み、(1)～(3)に答えなさい。

硫黄は 16 族に属する非金属元素である。硫黄には①互いに性質の異なる単体が複数存在するが、いずれも燃焼させると二酸化硫黄が生じる。二酸化硫黄を ア を触媒として三酸化硫黄とし、濃硫酸を製造する工業的製法を イ という。硫黄の水素化合物である硫化水素は強い還元性をもち、②その還元性は二酸化硫黄よりも強い。

(1) 下線部①を表す語句を書きなさい。

(2) ア , イ に入る適切な語句の組み合わせを、次の①～④から 1 つ選び、番号で答えなさい。

	ア	イ
①	白金	接触法
②	白金	オストワルト法
③	酸化バナジウム(V)	接触法
④	酸化バナジウム(V)	オストワルト法

(3) 下線部②に関して、硫化水素と二酸化硫黄が反応したときの変化を化学反応式で書きなさい。

問5 酢酸 3.00 mol とエタノール 3.00 mol に少量の濃硫酸を加えて穏やかに加熱して反応させたところ、平衡状態となり果実臭のある油状物質 A が 1.00 mol 生じた。(1) ～ (3) に答えなさい。

(1) 油状物質 A の構造式を書きなさい。

(2) この実験に関する記述のうち正しいものを、①～④から 1 つ選び、番号で答えなさい。

- ① 反応後の混合物に水を加えると、油状物質 A は水に沈む。
- ② 濃硫酸の代わりに水酸化ナトリウムを加えても、この反応は進行する。
- ③ 反応容器が水で濡れていても、油状物質 A の収率は変わらない。
- ④ エタノールの量を増やすと、油状物質 A の収率は大きくなる。

(3) この反応における平衡定数 K を有効数字 2 桁で答えなさい。

問6 次の文章を読み、(1)、(2)に答えなさい。

α -アミノ酸のみが ア 結合によって多数連なったタンパク質であるアルブミンの形状は、分子が複雑にからみ合った球状であり、1分子でもコロイド粒子の大きさをもつ。このようなコロイドを イ コロイドという。アルブミンのコロイド粒子は水溶液中で水和しており、その溶液に硫酸アルミニウムなどの電解質を多量に加えると沈殿する。この現象を ウ という。また、アルブミンの水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えたのち、少量の硫酸銅(II)水溶液を加えると、赤紫色を呈する。この反応を エ 反応という。

(1) ア ～ エ に適切な語句を入れなさい。

(2) 下線部の α -アミノ酸は、水溶液中では陽イオン、双性イオン、陰イオンが平衡状態にあり、水溶液の pH に応じてそれらの濃度は変化する。 α -アミノ酸であるアラニンは側鎖にメチル基を持ち、等電点は 6.0 である。pH 6.0 のアラニンの水溶液中で最も多く存在するアラニンのイオン構造式を書きなさい。ただし、アラニンの鏡像異性体は考慮しなくてよい。

II

次の文章を読み、問に答えなさい。【配点 19】

銅は赤みを帯びた金属で、(a)希硫酸とは反応しないが濃硫酸を加えて加熱すると反応し溶解する。

銅(II)イオンを含む水溶液に少量のアンモニア水を加えると、水酸化銅(II)の沈殿が生じる。この水酸化銅(II)の沈殿に過剰のアンモニア水を加えると、沈殿は溶解する。これは ア 電子対をもつアンモニア分子が銅(II)イオンに イ 結合することにより、(b)錯イオンを生じるためである。

また、水酸化銅(II)の沈殿を含む水溶液を加熱すると、酸化銅(II)が生成する。この(c)酸化銅(II)を希硫酸に溶解させ、その溶液を濃縮すると硫酸銅(II)五水和物の結晶が生じる。

問 1 下線部(a)に関する (1), (2) に答えなさい。

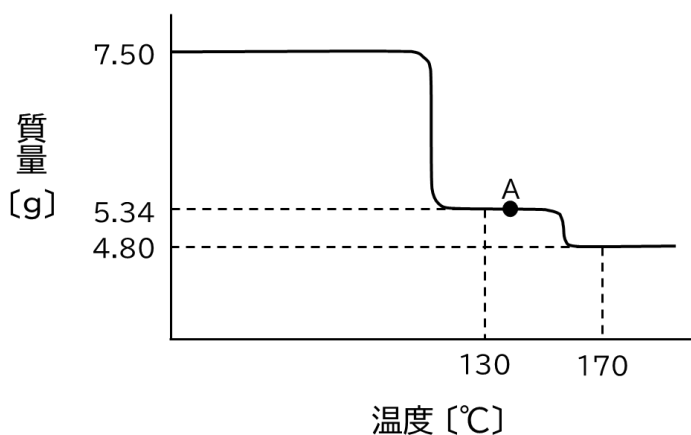
- (1) 銅が濃硫酸と反応し溶解するときの化学反応式を書きなさい。
- (2) 銅が希硫酸とは反応しない理由を簡潔に書きなさい。

問 2 下線部(b)の錯イオンのイオン式を書きなさい。

問3 ア , イ に入る適切な語句の組み合わせを、次の①～④から1つ選び、番号で答えなさい。

	ア	イ
①	共有	共有
②	共有	配位
③	非共有	共有
④	非共有	配位

問4 下線部(c)で生じる硫酸銅(II)五水和物の結晶 7.50 g をはかり取って加熱していくと、下図のような質量変化を示した。モル質量は $\text{CuSO}_4 = 160 \text{ g/mol}$, $\text{H}_2\text{O} = 18 \text{ g/mol}$ として、(1), (2) に答えなさい。



(1) 硫酸銅(II)五水和物の結晶 7.50 g から A 点までに脱離した水の物質量[mol] を有効数字 2 桁で答えなさい。

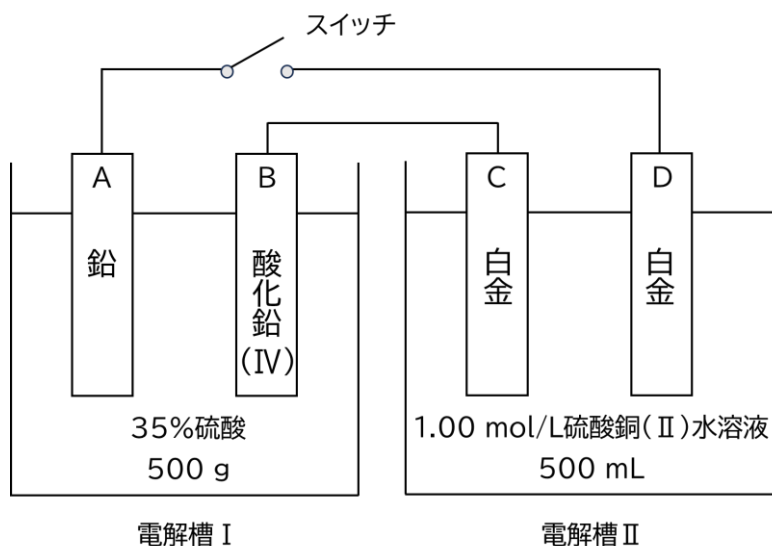
(2) A 点における結晶の組成式を書きなさい。

III

次の文章を読み、問に答えなさい。ただし、発生した気体は水に溶けないものとし、放電により生じた電流はすべて電極における酸化または還元反応に用いられるものとする。また、標準状態 (0°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$) の気体のモル体積は 22.4 L/mol , 原子量は $\text{H}=1.0$, $\text{O}=16$, $\text{S}=32$, $\text{Cu}=63.5$, $\text{Pb}=207$ とする。【配点 17】

電解槽 I には 35% の硫酸が 500 g 入っており、電極として鉛 (A 極) と酸化鉛(IV) (B 極) が浸されている。電解槽 II には 1.00 mol/L の硫酸銅(II)水溶液が 500 mL 入っており、電極として白金 (C 極, D 極) が浸されている。A 極と D 極の間にスイッチがあり、スイッチをつなぐと導線を通して電流が流れるようになっている。下の図はこれらの装置の略図である。

スイッチをつないで一定時間電流を流すと、C 極では気体の発生がみられ、D 極の質量は 12.7 g 増加した。



問 1 スイッチをつないで電流を流したとき，A 極の表面で起こる反応を電子 e^- を用いたイオン反応式で書きなさい。

問 2 酸化反応が起こる電極として正しいものを，次の①～④から 2 つ選び，番号で答えなさい。

① A 極 ② B 極 ③ C 極 ④ D 極

問 3 C 極で発生した気体の標準状態における体積 [L] を有効数字 2 桁で答えなさい。

問 4 下線部の状態となったとき，B 極の質量は何 g 増加，または減少するか。増加する場合は + ，減少する場合は - を付して，有効数字 2 桁で答えなさい。

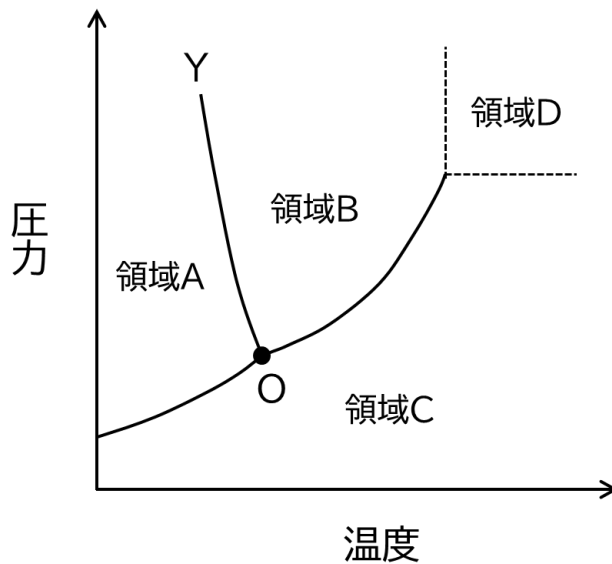
問 5 下線部の状態となったとき，電解槽 I の硫酸の質量パーセント濃度 [%] を有効数字 2 桁で答えなさい。

IV

次の文章を読み、問に答えなさい。【配点 18】

ある温度と圧力のとき、その物質がどのような状態であるかを示した図を状態図という。図 1 は水の状態図である。

(図 1)



曲線 OY は 曲線とよばれ、多くの物質では正の傾きを示す。一方、水は よりも の密度が小さいため、その傾きは負となる。

問 1 ア , イ , ウ に入る適切な語句の組み合わせを, 次の①～⑥から 1 つ選び, 番号で答えなさい。

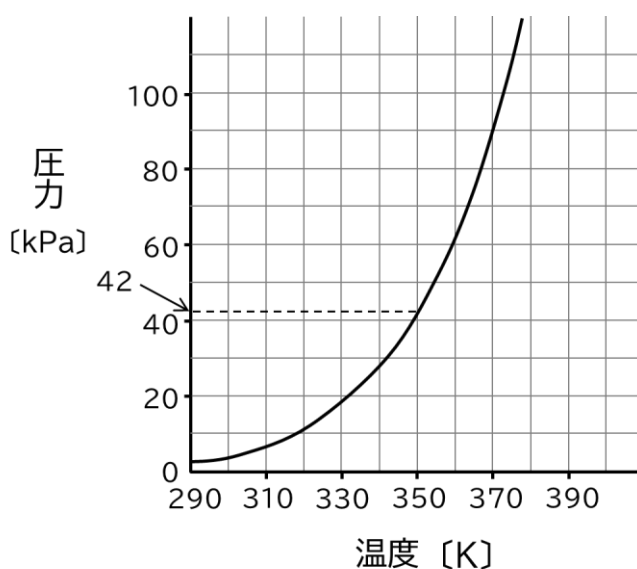
	ア	イ	ウ
①	融解	固体	液体
②	融解	液体	固体
③	蒸気圧	固体	液体
④	蒸気圧	液体	固体
⑤	昇華圧	固体	液体
⑥	昇華圧	液体	固体

問 2 図 1 の点 O と領域 D において, 水はどのような状態か。次の①～⑧からそれぞれ 1 つ選び, 番号で答えなさい。

- ① 固体
- ② 液体
- ③ 気体
- ④ 固体と液体が共存した状態
- ⑤ 液体と気体が共存した状態
- ⑥ 固体と液体の区別がない状態
- ⑦ 固体, 液体, 気体がすべて共存した状態
- ⑧ 液体と気体の区別がない状態

問3 容積を変えられるピストン付きの容器に水と窒素を $1.00 \times 10^{-2} \text{ mol}$ ずつ入れて、温度を 380 K 、圧力を $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ に保ったところ、水はすべて気体となった。この状態を〔状態1〕として、次の(1)～(3)に答えなさい。なお、図2は水の蒸気圧曲線である。気体は理想気体とみなし、液体の体積および窒素の水への溶解は無視できるものとする。気体定数は $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ とする。

(図2)



(1) 〔状態1〕から圧力を $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ に保って温度を下げたとき、水が凝縮し始めるおよその温度 [K] を、次の①～⑤から1つ選び、番号で答えなさい。

- ① 355 ② 360 ③ 365 ④ 370 ⑤ 375

- (2) 〔状態 1〕 から圧力を $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ に保って、温度を 350 K にしたとき、液体の水が観察された。このときの容器の体積 $[\text{L}]$ を有効数字 2 桁で答えなさい。
- (3) (2) のとき容器内で気体として存在する水の物質量 $[\text{mol}]$ を有効数字 2 桁で答えなさい。

V

次の文章を読み、問に答えなさい。モル質量は $\text{NaHCO}_3 = 84 \text{ g/mol}$, $\text{NaOH} = 40 \text{ g/mol}$, $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 106 \text{ g/mol}$, 水のイオン積は $K_w = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ とし、必要なら $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$ を用いなさい。また、物質の溶解、混合による体積変化はないものとする。【配点 21】

炭酸水素ナトリウムの水溶液に水酸化ナトリウムを加えると炭酸ナトリウムが生じる。未反応の炭酸水素ナトリウムと生成した炭酸ナトリウムは水溶液中で完全に電離しており、炭酸水素イオンと炭酸イオンは式 I の平衡状態にある。また、炭酸水素イオンの電離定数 K_a は式 II で表される。



$$K_a = \frac{[\text{CO}_3^{2-}][\text{H}^+]}{[\text{HCO}_3^-]} = 2.00 \times 10^{-11} \text{ mol/L} \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \text{II}$$

この水溶液に少量の塩酸を加えると、多量に存在する ア が水素イオンと反応することにより、pH はほとんど変化しない。つまり、この水溶液は イ 溶液である。

炭酸水素ナトリウム 8.40 g と水酸化ナトリウム 1.60 g を水に溶かし、体積を正確に 1.00 L とした溶液を調製した。これを水溶液 A とする。水溶液 A には炭酸水素イオンが a mol, 炭酸イオンが b mol 含まれているので、水溶液 A の pH は c と求められる。さらに水溶液 A に水酸化ナトリウムを 0.400 g 溶かすと、pH は d となる。

問 1 下線部の反応を化学反応式で書きなさい。

問 2 文章中の ア にイオン名, イ に適切な語句を入れなさい。

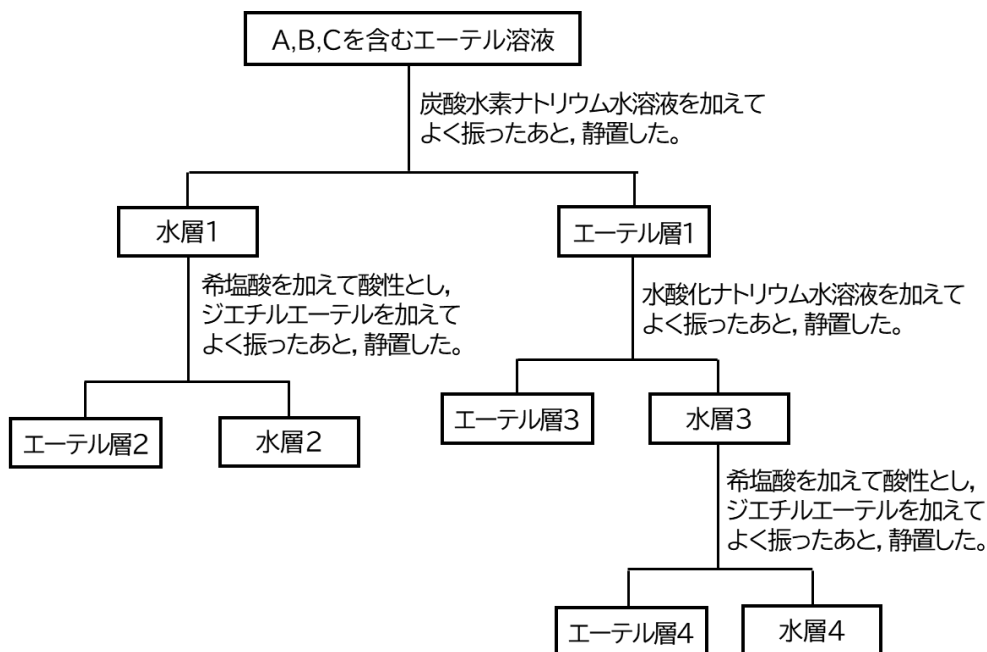
問 3 文章中の a, b に入る数値を有効数字 2 桁で答えなさい。

問 4 文章中の c, d に入る数値を小数第 1 位まで答えなさい。

VI

次の文章を読み、問に答えなさい。【配点 18】

芳香族化合物 A, B, C は同一の分子式 $C_8H_8O_2$ で表され、いずれも**オルト二置換体**である。A, B, C をジエチルエーテルに溶かして混合溶液としたのち、次の図のように分液ろうとを用いて分離操作をおこなった。



この図における分離操作の結果、エーテル層 2 から A, エーテル層 3 から B, エーテル層 4 からは C が主に得られた。

0.100 mol の A, B, C のそれぞれに十分な量の単体のナトリウムを反応させると、いずれも 0.050 mol の水素分子が発生した。また、A, B, C に塩化鉄(III)水溶液を加えると、C のみが呈色反応を示した。

B にアンモニア性硝酸銀水溶液を加えて温めると銀が析出した。C に臭素水を加えて振り混ぜると、臭素の赤褐色が脱色された。A, B をそれぞれ過マンガン酸カリウム水溶液で十分に酸化し、酸性にしたあと加熱すると、分子内で脱水が起こり同一の化合物 D が得られた。

問 1 下線部について C がもつ官能基を，次の①～④から 1 つ選び，番号で答えなさい。

- ① アルコール性ヒドロキシ基 ② ニトロ基
③ フェノール性ヒドロキシ基 ④ ホルミル基

問 2 A, B, C を酸性の強いものから順に並べなさい。

問 3 D の化合物名を答えなさい。

問 4 A, B として考えられる構造式をそれぞれ書きなさい。