

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。

I

問1～問6に答えなさい。【配点 38】

問1 次の文章を読み、(1)、(2)に答えなさい。

ナトリウム原子は **ア** 殻に1個の電子をもち、これを放出して陽イオンになりやすい。また、塩素原子は **ア** 殻に **イ** 個の電子をもち、電子を得て陰イオンになりやすい。塩化ナトリウムにおいては、ナトリウムイオンと塩化物イオンが **ウ** 力により互いに引き合って結合しており、これを **エ** 結合という。

(1) **ア** に適切なアルファベット、**イ** に適切な数、**ウ**、**エ** に適切な語句を入れなさい。

(2) 塩化ナトリウム中のナトリウムイオンと同じ電子配置をもつ貴ガス（希ガス）の元素記号を答えなさい。

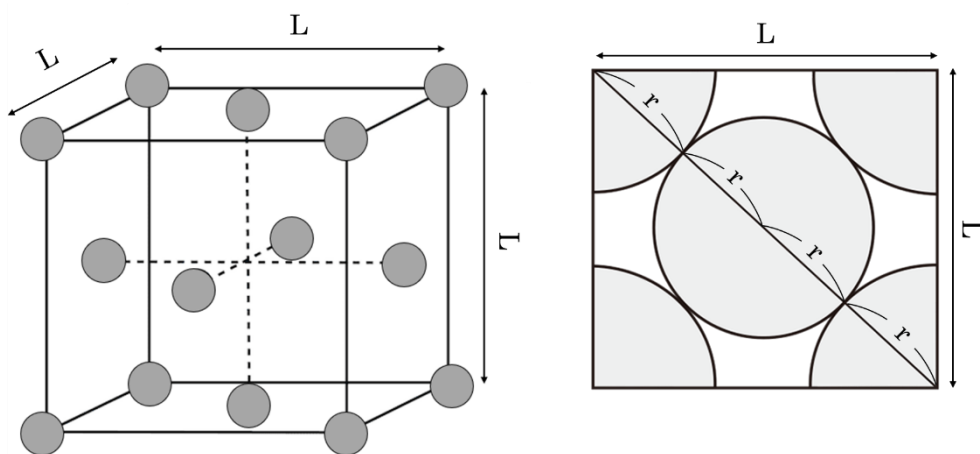
問2 (1)、(2)の溶液のpHを求め、小数第1位まで答えなさい。ただし、アンモニアの電離度を0.012、強酸、強塩基の電離度を1.0、水のイオン積を $1.0 \times 10^{-14} \text{ (mol/L)}^2$ とし、必要なら $\log_{10}2 = 0.30$ 、 $\log_{10}3 = 0.48$ を用いなさい。また、塩化水素の分子量は36.5とする。

(1) 0.10 mol/L アンモニア水

(2) 質量パーセント濃度36.5%の塩酸（密度1.2 g/mL）3.0 mLを純水に加え、全量を1.0 Lにした溶液

問3 次の文章を読み、(1)、(2)に答えなさい。

下図左はある金属結晶における、単位格子中の原子の配置を示している。右は単位格子内で原子が接触している様子を表している断面図である。単位格子の一辺は L cm、金属の原子半径は r cm、原子量は M とする。この結晶構造は **ア** と呼ばれ、単位格子あたり **イ** 個の原子が含まれる。1 mol あたりの原子の個数が N 個の場合、金属の密度は **ウ** g/cm^3 となる。



(1) **ア** に適切な語句、**イ** に適切な数を入れなさい。

(2) **ウ** に L , M , N を用いた適切な式を入れなさい。

問4 下表は、硫酸銅(Ⅱ)の溶解度（水 100 g に溶ける無水物の質量 [g]）と温度の関係を示したものである。(1), (2) に答えなさい。ただし、水の分子量は 18.0, 硫酸銅(Ⅱ)の式量は 160 とする。

表 温度と硫酸銅(Ⅱ)の溶解度 [g/水 100 g]

温度 [°C]	0	20	30	40	60
硫酸銅(Ⅱ) [g]	14.0	20.0	24.0	29.0	40.0

- (1) 30°Cの硫酸銅(Ⅱ)の飽和水溶液 50.0 g 中には硫酸銅(Ⅱ)は何 g 溶けているか、小数第 1 位まで求めなさい。
- (2) 60°Cの水 100 g に硫酸銅(Ⅱ)五水和物は何 g まで溶けるか、小数第 1 位まで求めなさい。

問5 , に適切な語句を, にあてはまる化合物の化学式を入れなさい。

リンの代表的な同素体には と赤リンがある。 は猛毒の固体であり、自然発火するので水中に保存する。赤リンは赤褐色の粉末で毒性は弱く, と比べて反応性に乏しい。リンを空気中で燃焼させると が生じる。 は白色結晶で吸湿性が強いので、強力な として用いられる。

問6 (A), (B) の実験操作で得られる有機化合物について, (1), (2) に答えなさい。

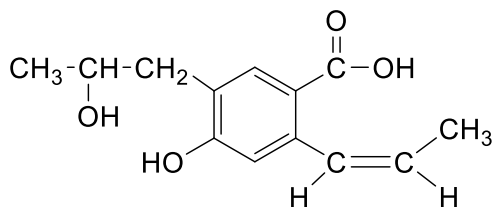
(A) 酢酸ナトリウム (無水塩) を水酸化ナトリウムとともに加熱する。

(B) エタノールと濃硫酸の混合物を 160~170°C に加熱する。

(1) (A) で生成する気体の名称を答えなさい。

(2) (B) で生成する気体の構造式を例にならって書きなさい。

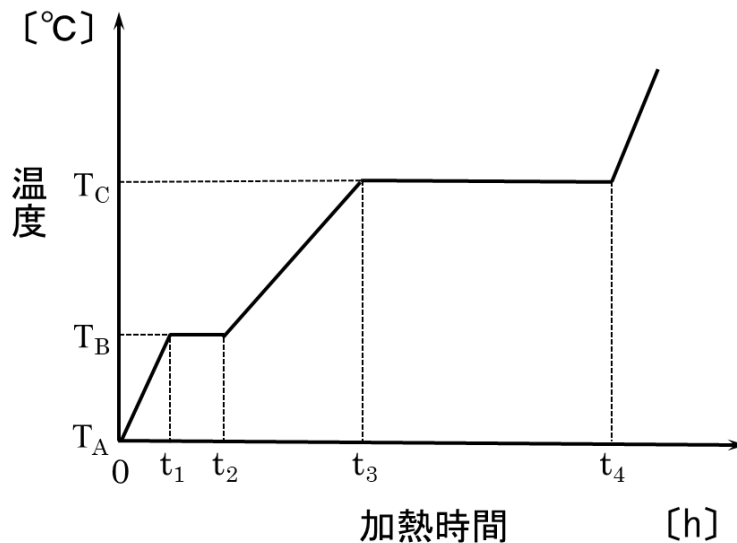
(例)



II

次の文章を読み，問に答えなさい。【配点 13】

分子量 M の純物質 X g について圧力を p として一定に保ちながら，物質が固体から気体になるまで 1 時間あたり Q kJ の熱量を加えていった。下図は，加熱時間と物質の温度の関係を示したグラフである。



問 1 温度 T_B は何と呼ばれるか，答えなさい。

問 2 図の時間 t_3 から t_4 の間では，この物質はどのような状態で存在するか。
最も適切なものを次の①～⑥から選び，番号で答えなさい。

- | | | |
|---------|---------|---------|
| ① 固体 | ② 液体 | ③ 気体 |
| ④ 固体と液体 | ⑤ 液体と気体 | ⑥ 気体と固体 |

問3 圧力 p を大きくすると温度 T_c はどのように変化するか、次の①～③から
選び、番号で答えなさい。

- ① 高くなる ② 低くなる ③ ほとんど変化しない

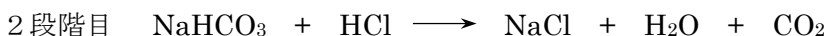
問4 この物質の蒸発熱 [kJ/mol] を M , Q , $t_1 \sim t_4$, X のうち、必要なものを用いて答えなさい。

問5 1気圧において 0°C の氷 90.0 g をすべて 100°C の水蒸気にするために必要な熱量 [kJ] を求め、有効数字2桁で答えなさい。ただし、1気圧における 0°C から 100°C までの水の比熱は $4.20\text{ J}/(\text{g}\cdot^\circ\text{C})$ 、氷の融解熱は 6.00 kJ/mol 、水の蒸発熱は 40.0 kJ/mol とし、原子量は $\text{H}=1.00$, $\text{O}=16.0$ とする。

Ⅲ

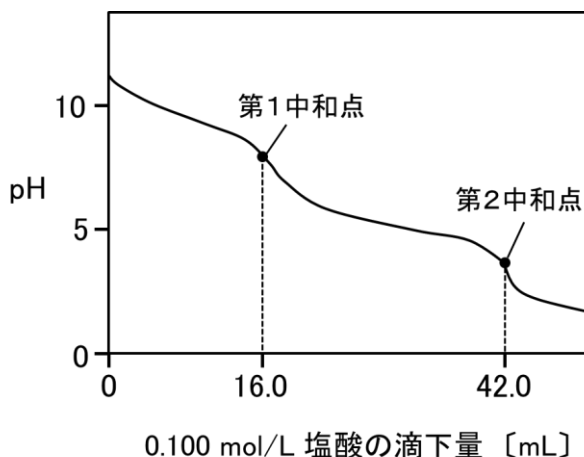
次の文章を読み、問に答えなさい。【配点 12】

炭酸ナトリウムは2価の弱酸である炭酸の塩で、塩基としてはたらし、塩酸に対して次の2段階の中和反応が起こる。



この中和反応では、1段階目の反応が完了したのち2段階目の反応が進行する。

この2段階の中和反応を利用して、混合物中に含まれる炭酸ナトリウムと炭酸水素ナトリウムの質量の割合を求めるため、次の操作を行った。下図はその結果、得られた滴定曲線である。



操作：①炭酸ナトリウムと炭酸水素ナトリウムのみを含む混合物を純水に溶かし、全量を 500 mL とした。ア を用いてこの溶液のうち 20.0 mL をコニカルビーカーへ正確にはかり取り、イ を指示薬として加えた。ここへ 0.100 mol/L の塩酸を滴下した。16.0 mL の塩酸を滴下した時点で、溶液の赤色が消失した（第1中和点）。さらに別の指示薬を加えたのち、塩酸の滴下を続け、②溶液の黄色が少し変化した時点で反応液をおだやかに加熱した。その後、溶液を室温まで冷やし、さらに塩酸を滴下した。滴定の開始から 42.0 mL 滴下したとき、溶液が赤色を呈したので滴定を終了した（第2中和点）。

問1 文章中の **ア** に入るガラス器具の名称として最も適切なものを①～④から選び、番号で答えなさい。

- ① メスシリンダー
- ② ビュレット
- ③ 駒込ピペット
- ④ ホールピペット

問2 文章中の **イ** に入る指示薬として最も適切なものを①～④から選び、番号で答えなさい。

- ① メチルオレンジ
- ② リトマス
- ③ ブロモチモールブルー
- ④ フェノールフタレイン

問3 下線部(2)の操作を行う理由として最も適切なものはどれか。①～④から選び、番号で答えなさい。

- ① 指示薬の変色を促進するため。
- ② 溶液中の酸素を追い出すため。
- ③ 溶液中の二酸化炭素を追い出すため。
- ④ 増加した溶液の体積を減らすため。

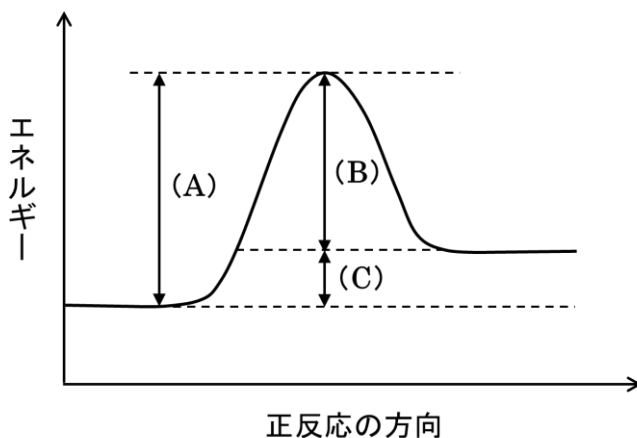
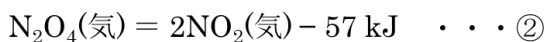
問4 下線部(1)の水溶液中の炭酸ナトリウムと炭酸水素ナトリウムのモル濃度〔mol/L〕をそれぞれ求め、有効数字2桁で答えなさい。

問5 下線部(1)において、純水に溶かす前の混合物に含まれていた炭酸水素ナトリウムの質量の割合〔%〕を求め、有効数字2桁で答えなさい。ただし、炭酸ナトリウムと炭酸水素ナトリウムの式量はそれぞれ 106, 84.0 とする。

IV

次の文章を読み、問に答えなさい。ただし、気体は理想気体としてふるまうものとする。【配点 12】

四酸化二窒素 N_2O_4 から二酸化窒素 NO_2 への分解反応は可逆反応である。1.0 mol の N_2O_4 を透明のガラス容器に入れて密閉し、320 K に保った。60% の N_2O_4 が分解したところで式①で表される平衡に達した。また、反応の進行とエネルギー変化の関係は下図のように示され、正反応の熱化学方程式は式②で表される。



問 1 式②の 57 kJ は図中の(A) ~ (C)のどれに相当するか, 記号で答えなさい。

問 2 下線部の平衡に達したガラス容器を 273 K まで冷却すると, ガラス容器内の気体の色はどうか。①~③から選び, 番号で答えなさい。

- ① 赤褐色が薄くなる ② 赤褐色が濃くなる
③ ほとんど変わらない

問 3 問 2 の理由を簡潔に述べなさい。

問 4 気体の反応における平衡定数は, モル濃度の代わりに平衡状態における各気体成分の分圧を用いて圧平衡定数 K_p として表すことができる。 N_2O_4 , NO_2 の分圧をそれぞれ P_1 , P_2 とするとき, これらを用いて式①の K_p を表しなさい。

問 5 下線部の平衡状態における全圧 [Pa] を求め, 有効数字 2 桁で答えなさい。ただし, 320 K での K_p は 4.5×10^4 Pa とする。

V

次の文章を読み、問に答えなさい。【配点 11】

水酸化物イオンの他に 3 種類の陰イオンを含む無色透明な水溶液がある。この水溶液に十分な量の水酸化カルシウム水溶液を加えたところ、白色の沈殿 A を生じた。これをろ過し、沈殿 A とろ液 B を分けた。沈殿 A に十分な量の塩酸を加えたところ、その一部が気体 C を発生しながら溶解し、約半分の量の沈殿が残った。気体 C を石灰水に通じたところ、白色沈殿を生じた。

一方、ろ液 B を酢酸で中和し硝酸銀水溶液を加えたところ、黄色の沈殿 D を生じた。これをろ過し、沈殿 D とろ液を分けた。沈殿 D にアンモニア水を加えたところほとんど溶けなかったが、チオ硫酸ナトリウム水溶液を加えるとよく溶けた。

問 1 下線部について、沈殿 A には 2 つの化合物が含まれていると考えられる。これらの化合物として適切なものを①～⑥から 2 つ選び、番号で答えなさい。

- | | | |
|---------------------|-----------------------|--------------------------------------|
| ① CaO | ② Ca(OH) ₂ | ③ Ca(HCO ₃) ₂ |
| ④ CaCO ₃ | ⑤ CaCl ₂ | ⑥ CaSO ₄ |

問 2 気体 C は何か、化合物名を答えなさい。

問 3 沈殿 D は何か、①～⑥から 1 つ選び、番号で答えなさい。

- | | | |
|------------------------------------|---------------------|---------------------|
| ① AgCl | ② AgBr | ③ AgI |
| ④ Ag ₂ CrO ₄ | ⑤ Ag ₂ S | ⑥ Ag ₂ O |

問 4 はじめの水溶液に含まれていた水酸化物イオン以外の陰イオンは何か、3 種類すべて化学式で答えなさい。

問題は次のページに続く

VI

次の文章を読み、問に答えなさい。ただし、有機化合物の構造式は例にならって書きなさい。【配点 14】

有機化合物 A は分子式 $C_{19}H_{20}O_4$ で表され、不斉炭素原子をもたない化合物である。A の構造決定のために、以下の**実験 1 ~ 4**を行った。

実験 1 A に水酸化ナトリウム水溶液を加え、加熱して完全に加水分解した後、その液を酸性にすると化合物 B, C および D が物質として、1 : 1 : 1 の割合で得られた。

実験 2 B はベンゼン環を有する分子式 C_7H_8O で表される化合物であることがわかった。B に鉄粉を触媒として塩素分子を作用させると、ベンゼンの水素原子 1 個が塩素原子 1 個に置換された化合物が 2 種類得られた。この置換反応はベンゼン中の水素原子の位置に関係なく起こった。

実験 3 C を 1 mol 含んだ溶液に炭酸水素ナトリウムを十分加えると 2 mol の気体が発生した。また、C はポリエチレンテレフタレート (PET) の原料となり、*p*-キシレンを酸化剤で酸化しても得られた。

実験 4 D は分子式 $C_4H_{10}O$ で表される化合物であることがわかった。D の溶液にヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱したが、黄色沈殿は生じなかった。また、D は酸化剤で酸化されにくかった。

問 1 実験 1 と同様の操作を行うと、酢酸エチルも加水分解することができる。
酢酸エチルと水酸化ナトリウムとの反応を、化学反応式を用いて表しなさい。

問 2 実験 2 で行った置換反応で得られる 2 種の化合物の構造式を書きなさい。

問 3 PET は、ある化合物 E と C との縮合重合により得られる。E の名称を答えなさい。

問 4 D の構造異性体のうち、ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱した時、黄色沈殿を生じる化合物の構造式を書きなさい。ただし、鏡像異性体は考慮しなくてよい。

問 5 A の構造式を書きなさい。

(例)

