

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 7 に答えなさい。【配点 30】

問 1 次の文章を読み，(1)，(2) に答えなさい。

NaF, NaCl, NaBr は，ナトリウムイオンとハロゲン化物イオンが **ア** 力で引き合って結合したイオン結晶である。これら 3 つのハロゲン化ナトリウムの中で融点が最も **イ** のは **ウ** である。その理由は，**ウ** を構成するハロゲン化物イオンのイオン半径が最も小さいため，結晶中におけるナトリウムイオンとハロゲン化物イオン間の距離も最も小さくなり，イオン結合が強くはたらくからである。

(1) **ア** に適切な語句を入れなさい。(2) **イ**，**ウ** に入る適切な語句の組合せを①～⑥から 1 つ選び，番号で答えなさい。

	イ	ウ
①	高い	NaF
②	高い	NaCl
③	高い	NaBr
④	低い	NaF
⑤	低い	NaCl
⑥	低い	NaBr

問2 (1)～(3)に答えなさい。

(1) 次の化合物のうち、アルゴンと同じ電子配置の原子を含むものはどれか。  
正しいものの組み合わせを①～⑩から1つ選び、番号で答えなさい。

a NaCl      b CO<sub>2</sub>      c HF      d KBr      e NaI

- ① a と b      ② a と c      ③ a と d      ④ a と e      ⑤ b と c  
⑥ b と d      ⑦ b と e      ⑧ c と d      ⑨ c と e      ⑩ d と e

(2) 次の気体のうち、上方置換で捕集する気体はどれか。①～⑥から1つ  
選び、番号で答えなさい。

- ① CO<sub>2</sub>                                      ② NH<sub>3</sub>                                      ③ NO<sub>2</sub>  
④ Cl<sub>2</sub>                                        ⑤ HCl                                        ⑥ H<sub>2</sub>S

(3) 次のイオンの組合せのうち、2つとも水溶液中で有色のものはどれか。  
①～⑤から1つ選び、番号で答えなさい。

- ① Ag<sup>+</sup>, Ni<sup>2+</sup>                                      ② Al<sup>3+</sup>, Pb<sup>2+</sup>                                      ③ Ba<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup>  
④ Ca<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>                                      ⑤ Mn<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>

問3 下表を用いてベンゼン(液)の燃焼熱[kJ/mol]を求め、整数で答えなさい。

物質(状態)	生成熱[kJ/mol]
	(25°C, 1.013×10 <sup>5</sup> Pa)
CO <sub>2</sub> (気)	394
H <sub>2</sub> O(液)	286
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (液)	-49

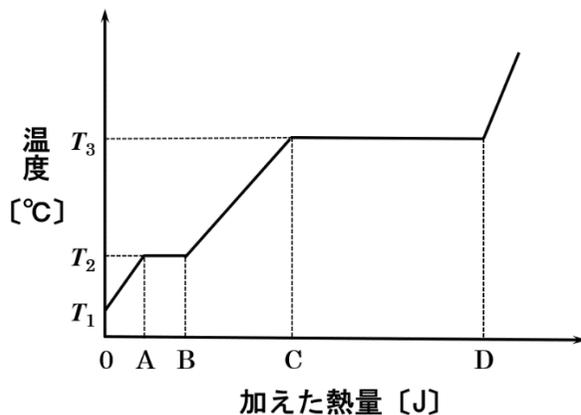
問4 硫酸ナトリウム十水和物 16.1 g を水に溶かし、水溶液を 100 g 調製した。  
この水溶液の質量パーセント濃度[%]を求め、有効数字2桁で答えなさい。  
ただし、Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>の式量、H<sub>2</sub>Oの分子量をそれぞれ142、18.0とする。

問5 (1), (2) の各水溶液の pH を求め, 小数第 1 位まで答えなさい。ただし, 酢酸の電離定数  $K_a$  を  $2.7 \times 10^{-5}$  mol/L, 水のイオン積  $K_w$  を  $1.0 \times 10^{-14}$  (mol/L)<sup>2</sup> とし, 必要なら  $\log_{10}2 = 0.30$ ,  $\log_{10}3 = 0.48$  を用いなさい。強酸, 強塩基の電離度は 1.0 とする。

(1) 0.10 mol/L 塩酸 100 mL と 0.10 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 200 mL との混合液

(2) 0.27 mol/L の酢酸水溶液

問6 下図は、分子結晶の物質 1 mol を加熱していったときの、加えた熱量と物質の温度の関係を示している。(1)、(2)に答えなさい。



- (1) この物質の融解熱[J/mol]を、A~D の記号のうち必要なものを用いて表しなさい。
- (2) この物質 1 mol の液体の温度を  $1^{\circ}\text{C}$  上昇させるのに必要な熱量[J]を、A~D,  $T_1 \sim T_3$  の記号のうち必要なものを用いて表しなさい。

問7 次の文章を読み、(1)、(2)に答えなさい。

多くの合成高分子は、小さな構成単位が繰り返し結合した構造をしている。例えば、ナイロン66はアジピン酸とヘキサメチレンジアミンが **1** 結合を形成し、ポリエチレンテレフタレートはテレフタル酸とエチレングリコールが **2** 結合を形成している。これらは **3** による合成繊維であるのに対し、ポリアクリロニトリルは **4** による合成繊維である。

(1) **1** , **2** に入る語句を①～④からそれぞれ1つ選び、番号で答えなさい。

① アミド      ② エーテル      ③ エステル      ④ ジスルフィド

(2) **3** , **4** に入る適切な語句の組み合わせを①～⑥から1つ選び、番号で答えなさい。

	3	4
①	付加重合	縮合重合
②	付加重合	付加縮合
③	縮合重合	付加重合
④	縮合重合	付加縮合
⑤	付加縮合	付加重合
⑥	付加縮合	縮合重合

## II

次の文章を読み、問に答えなさい。【配点 15】

$\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ , および  $\text{Zn}^{2+}$  のうち、一種類の金属イオンのみを含む水溶液 A～D がある。これらの溶液の反応性は以下の通りであった。

水溶液 A, B, C に水酸化ナトリウム水溶液を加えたところ、いずれも①白色沈殿を生じたが、②さらに水酸化ナトリウム水溶液を加えると沈殿は溶解した。水溶液 D に水酸化ナトリウム水溶液を加えたところ③青白色の沈殿が生じたが、この沈殿はさらに水酸化ナトリウム水溶液を加えても溶解しなかった。

水溶液 C に塩酸を加えたところ④白色沈殿を生じたが、この沈殿は熱湯に溶けた。

水溶液 A, B, C にアンモニア水を加えたところ、いずれも白色沈殿を生じた。さらにアンモニア水を加えると、B の沈殿は溶解したが、A と C の沈殿は溶解しなかった。水溶液 D はアンモニア水を加えると、はじめ青白色の沈殿を生じたが、さらに加えると⑤深青色の溶液に変化した。

酸性条件下で硫化水素を通じると、水溶液 A, B は変化しなかったが、C, D は黒色沈殿を生じた。

問 1 下線部①の B から生じた沈殿の化学式を書きなさい。

問 2 下線部②の A から生じた沈殿が、過剰の水酸化ナトリウム水溶液によって溶解する反応を化学反応式で示しなさい。

問 3 下線部③の D から生じた沈殿の化学式を書きなさい。

問 4 下線部④の C から生じた沈殿の化学式を書きなさい。

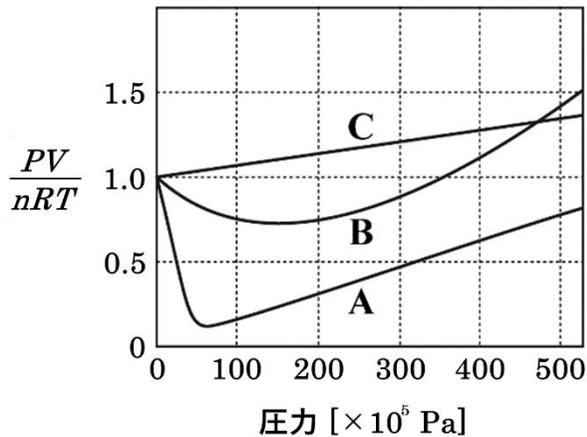
問5 下線部⑤の D の溶液中に存在する深青色を示すイオンの化学式を書きなさい。

問6 A~Dのうち、炎色反応を示すイオンを含むものを1つ選び、溶液の記号と炎色反応の色を書きなさい。

### Ⅲ

次の文章を読み、問に答えなさい。ただし、 $P$ は圧力[Pa]、 $V$ は気体の体積[L]、 $n$ は気体の物質質量[mol]、 $R$ は気体定数[Pa·L/(mol·K)]、 $T$ は絶対温度[K]を表す。【配点 14】

下図は、3つの気体(メタン、水素、二酸化炭素)について、温度 273 K で圧力を変化させたときの圧力と  $\frac{PV}{nRT}$  の関係を示している。



理想気体ではすべての温度・圧力で状態方程式が成り立つ。したがって、 $\frac{PV}{nRT}$  の値は一定で常に  となる。一方、上図のように温度 273 K で圧力を変化させながら  $\frac{PV}{nRT}$  の値を実際に測定すると、 からずれることが多い。このような気体を  という。

問1 文章中の  に適切な数値、 に適切な語句をそれぞれ入れなさい。

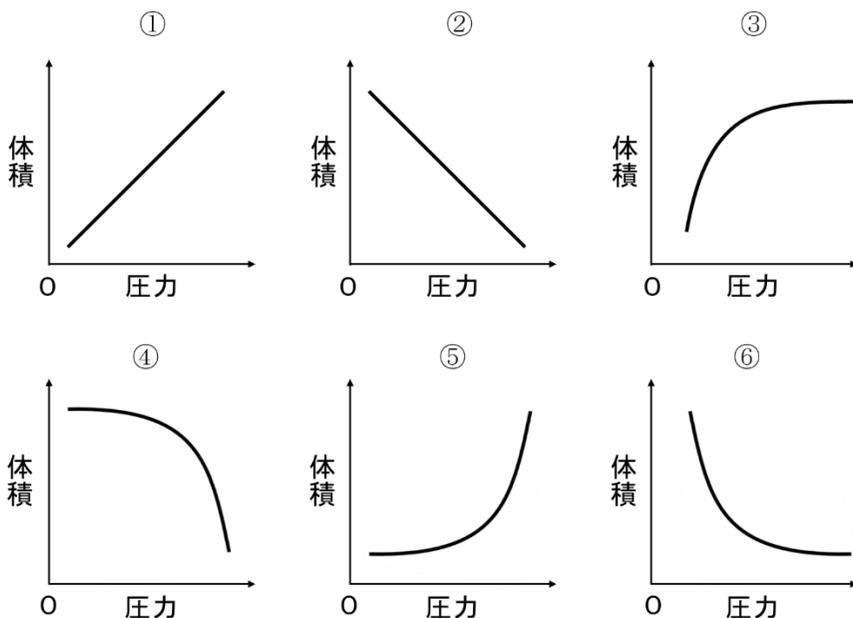
問2  $4.0 \times 10^7$  Pa の圧力において、最も体積が小さくなる気体は図中の A~C のうちどれか、記号で答えなさい。

問3 Bはメタン、水素、二酸化炭素のどれか、化学式で答えなさい。

問4 理想気体から最もはずれたふるまいをするものを①～④から選び、番号で答えなさい。

- ① 273 K,  $5.0 \times 10^5$  Pa の水素      ② 373 K,  $5.0 \times 10^7$  Pa の水素  
③ 273 K,  $5.0 \times 10^7$  Pa の水素      ④ 373 K,  $5.0 \times 10^5$  Pa の水素

問5 理想気体において、一定温度での一定物質量の気体の体積と圧力の関係を表すグラフとして適切なものを①～⑥から選び、記号で答えなさい。



問6 ある一定の温度で、 $1.2 \times 10^5$  Pa で 2.0 L の窒素と  $1.5 \times 10^5$  Pa で 5.0 L の酸素を 4.0 L の密閉容器に封入した。このときの混合気体の全圧 [Pa] を求め、有効数字 2 桁で答えなさい。ただし、窒素と酸素は理想気体として取り扱えるものとする。

## IV

次の文章を読み、問に答えなさい。【配点 14】

酸化還元反応において、酸化剤と還元剤は一定の物質質量比で反応する。この量的関係を利用し、濃度がわからない酸化剤や還元剤の濃度を滴定実験によって求めることができる。その例として、硫酸鉄(II)水溶液の濃度を求めるために、次の実験を行った。

**実験 1** 0.010 mol/L シュウ酸水溶液 20.0 mL をホールピペットで正確に三角フラスコにとり、希硫酸 5 mL と純水を加えた。この溶液を約 70°C に加熱しながら、濃度不明の過マンガン酸カリウム水溶液で滴定した結果、終点までに 16.0 mL 必要であった。

**実験 2** 濃度未知の硫酸鉄(II)水溶液 10.0 mL をホールピペットで正確に三角フラスコにとり、希硫酸 5 mL と純水を加えた。この溶液を**実験 1**と同じ過マンガン酸カリウム水溶液で滴定した結果、終点までに 10.0 mL 必要であった。

**問 1** この実験において、過マンガン酸カリウム水溶液を滴下するために用いるガラス器具の名称を答えなさい。

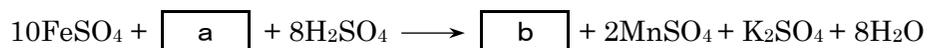
**問 2** **実験 1** で、シュウ酸は次のように変化している。この反応の前後でのシュウ酸に含まれる炭素原子の酸化数を答えなさい。



問3 実験1の結果から、用いた過マンガン酸カリウム水溶液のモル濃度 [mol/L]を求め、有効数字2桁で答えなさい。

問4 下線部について、溶液を酸性にするために希硫酸ではなく塩酸を用いると正確な滴定結果が得られない。その理由を簡潔に書きなさい。

問5 実験2の硫酸鉄(II)と過マンガン酸カリウムの反応は以下の化学反応式で表される。，に適切な化学式を係数も含め入れなさい。



問6 実験2の結果から、硫酸鉄(II)水溶液のモル濃度[mol/L]を求め、有効数字2桁で答えなさい。

**V**

下表は2つの物質(硝酸カリウム, 塩化ナトリウム)の溶解度(水 100 g に溶ける無水物の質量[g])と温度の関係を表したものである。次の問に答えなさい。ただし, 表に示した溶解度は混合した場合についても変化しないものとする。【配点 11】

表 温度と各物質の溶解度[g/水 100 g]

温度[°C]	0	10	20	30	40	60	80
硝酸カリウム	13.3	22.0	31.6	46.0	64.0	110	169
塩化ナトリウム	37.6	37.7	37.8	38.0	38.3	39.0	40.0

問1 温度による溶解度の違いを利用して, 固体物質を精製する操作を何というか答えなさい。

問2 60°Cの硝酸カリウム飽和水溶液 100.0 g を 40°Cに冷却すると, 硝酸カリウムは何 g 析出するか, 整数で答えなさい。

問3 質量比 1 : 9 の塩化ナトリウムと硝酸カリウムの混合物がある。この混合物 60.0 g を 80°Cの水 100.0 g に溶解し, 10°Cに冷却すると硝酸カリウムは何 g 析出するか, 整数で答えなさい。

問4 質量比 1 : 3 の塩化ナトリウムと硝酸カリウムの混合物がある。硝酸カリウムを精製するために, この混合物 240.0 g を水 150.0 g に加え, 穏やかに加熱して完全に溶解させた後, 30°Cに冷却した。析出した固体における硝酸カリウムの純度は何%か, 有効数字 3 桁で答えなさい。

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。なお、有機化合物はすべて構造式を用いて表すこととし、構造式は（例）にしたがって書きなさい。

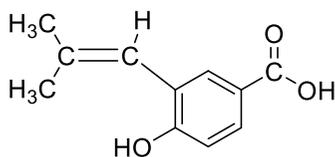
【配点 16】

ベンゼンは様々な化合物の原料となる。ベンゼンを濃硫酸と反応させることにより A が生成するが、濃硫酸と濃硝酸の混合物と反応させると B が生成する。B からは、ニッケルなどを触媒として用いた  反応により C が生成する。  
① C を無水酢酸と反応させると D が生成する。

触媒を用いてベンゼンと  を反応させるとクメンが生成する。クメンを酸化したあと、硫酸で分解すると芳香族化合物 E とアセトンが生成する。

E は C から二段階の反応で合成することも可能である。希塩酸に溶かした C に、氷冷下亜硝酸ナトリウム水溶液を加えると F が生成する。F は低温の酸性水溶液中では安定に存在するが、その水溶液を温めると分解して E が生成する。一方、② 冷却した F の水溶液に E のナトリウム塩の水溶液を加えると G が生成する。 G と構造が類似した化合物群は、染料として用いられるものが多い。

(例)



問 1  に入る語句をア～エから選び、記号で答えなさい。

ア 酸化                      イ 還元                      ウ 加水分解                      エ 脱水

問 2  に入る化合物名を答えなさい。

問 3 下線部①の化学反応式を書きなさい。

問 4 化合物 A, B, E の構造式をそれぞれ書きなさい。

問 5 下線部②の化学反応式を書きなさい。