

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 45】

問 1 次の文章を読み、(1)、(2) に答えなさい。

元素を原子番号の順に並べると性質のよく似た元素が周期的に現れる。元素の性質が周期性を示すことを元素の **ア** という。原子やイオンの大きさも周期性を示す。

(1) **ア** に適切な語句を入れなさい。(2) S^{2-} 、 Cl^{-} 、 K^{+} 、 Ca^{2+} の中で、イオン半径の最も大きいものを化学式（イオン式）で答えなさい。

問 2 (1)、(2) に答えなさい。

(1) 次の物質のうち、固体の状態で電気をよく通すものを①～⑤から 1 つ選び、番号で答えなさい。

- | | |
|----------|-------|
| ① ダイヤモンド | ② ヨウ素 |
| ③ ナフタレン | ④ 亜鉛 |
| ⑤ 塩化カリウム | |

(2) 固体の塩化アンモニウムに含まれる化学結合を①～⑤から 3 つ選び、番号で答えなさい。

- | | | |
|---------|--------|--------|
| ① イオン結合 | ② 共有結合 | ③ 金属結合 |
| ④ 配位結合 | ⑤ 水素結合 | |

問3 次の文章を読み、(1)、(2)に答えなさい。

硫酸銅(Ⅱ) CuSO_4 は 60°C の水 100 g に最大で 40 g 溶解することができ、 20°C の水 100 g に最大で 20 g 溶解する。ただし、 CuSO_4 の式量は 160 、 H_2O の分子量は 18 とする。

(1) 60°C の硫酸銅(Ⅱ)の飽和水溶液の質量パーセント濃度は何%か。最も適切な数値を①～⑥から1つ選び、番号で答えなさい。

① 18%

② 26%

③ 29%

④ 37%

⑤ 40%

⑥ 80%

(2) 60°C の硫酸銅(Ⅱ)の飽和水溶液を冷却していくと、青色の硫酸銅(Ⅱ)五水和物 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ の結晶が析出する。 60°C の硫酸銅(Ⅱ)の飽和水溶液 280 g を 20°C まで冷却したときに析出する結晶の質量は何gか。有効数字2桁で答えなさい。

問4 メタンについて、(1)、(2)に答えなさい。

(1) メタン分子の形で最も適切なものを以下の①～④から1つ選び、番号で答えなさい。

- ① 正八面体形
- ② 正四面体形
- ③ 正方形
- ④ 四角錐形

(2) メタン CH_4 (気)の生成エンタルピーは -75 kJ/mol である。 H_2 (気)のH-H結合の結合エネルギーが 436 kJ/mol 、C(黒鉛)の昇華エンタルピーが 718 kJ/mol であるとき、 CH_4 (気)のC-H結合の結合エネルギー [kJ/mol] を整数で答えなさい。

問5 次の文章を読み、(1)、(2)に答えなさい。

ハロゲンは周期表の17族の元素で、フッ素、塩素、臭素、ヨウ素の単体はすべて有色の二原子分子である。フッ素、塩素、臭素、ヨウ素のうち、最も融点が高いのは **ア** であり、最も激しく水素と反応するのは **イ** である。

(1) **ア**・**イ** に入る物質の組み合わせを①～⑥から1つ選び、番号で答えなさい。

	ア	イ
①	フッ素	フッ素
②	フッ素	塩素
③	フッ素	ヨウ素
④	ヨウ素	フッ素
⑤	ヨウ素	臭素
⑥	ヨウ素	ヨウ素

(2) フッ化水素に関する記述として誤りを含むものはどれか。①～④から1つ選び、番号で答えなさい。

- ① フッ化水素は、フッ化カルシウムに濃硫酸を加えて加熱すると得られる。
- ② フッ化水素は、塩化水素よりも酸として強い。
- ③ フッ化水素の水溶液は、ガラスの主成分である二酸化ケイ素を溶かす。
- ④ フッ化水素は、ヨウ化水素よりも沸点が高い。

問6 (1), (2) に答えなさい。

(1) フェノールをニトロ化すると、火薬の原料となるピクリン酸が得られる。このとき、反応中に得られる可能性がある中間生成物として誤っているものはどれか。①～⑥から2つ選び、番号で答えなさい。

- | | |
|----------------------|----------------------|
| ① <i>o</i> -ニトロフェノール | ② <i>m</i> -ニトロフェノール |
| ③ <i>p</i> -ニトロフェノール | ④ 2,3-ジニトロフェノール |
| ⑤ 2,4-ジニトロフェノール | ⑥ 2,6-ジニトロフェノール |

(2) 次の文章中の ア・イ に入る物質の名称をそれぞれ答えなさい。

現在、フェノールの多くは次のように合成されている。まず、触媒を用いてベンゼンとプロペンを反応させ、ア を得る。続いて、ア を酸素で酸化した後、硫酸などの酸で分解すると、フェノールとイ が得られる。有機溶媒としても利用されるイ は酢酸カルシウムの熱分解(乾留)によっても得られる。

問7 次の文章を読み、(1)、(2)に答えなさい。

天然ゴムの主成分はポリイソプレンである。天然ゴムのポリイソプレン分子の炭素間二重結合はすべて **ア** 形であり、天然ゴムに数%の硫黄粉末を混ぜて加熱すると、重合体どうしが架橋構造によって結びつき、強度が増し、有機溶媒にも溶けにくくなる。さらに架橋構造の数を増やすと、プラスチックのように硬いゴムである **イ** が得られる。

(1) **ア**・**イ** に入る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。

	ア	イ
①	シス	ビニロン
②	シス	エボナイト
③	トランス	ビニロン
④	トランス	エボナイト

(2) 下線部の操作を何というか答えなさい。

II

次の文章を読み、問に答えなさい。【配点 16】

塩素の単体は刺激臭をもつ黄緑色の有毒な気体で、実験室では酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加え、加熱して発生させる。このとき、酸化マンガン(IV)は **ア**，濃塩酸は **イ** としてはたらいっている。発生した気体には塩化水素や水蒸気が含まれるので、まず塩化水素を除去するために **ウ** に通し、次に水蒸気を除去するために **エ** に通してから **オ** 置換で捕集する。

アンモニアは刺激臭をもつ無色の有毒な気体で、実験室では塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物を加熱して発生させる。発生した気体は⁽¹⁾乾燥剤に通してから、**カ** 置換で捕集する。

二酸化硫黄も刺激臭をもつ無色の有毒な気体で、実験室では亜硫酸ナトリウムに希硫酸を加えたり、⁽²⁾銅に濃硫酸を加えて加熱すると得られる。

問1 **ア**・**イ** に入る語句の組み合わせとして最も適切なものを①～④から 1 つ選び、番号で答えなさい。

	ア	イ
①	酸	塩基
②	塩基	酸
③	酸化剤	還元剤
④	還元剤	酸化剤

問2 **ウ**・**エ** に入る物質の組み合わせとして最も適切なものを①～⑥から 1 つ選び、番号で答えなさい。

	ウ	エ
①	水	水酸化ナトリウム水溶液
②	水	濃硫酸
③	水酸化ナトリウム水溶液	水
④	水酸化ナトリウム水溶液	濃硫酸
⑤	濃硫酸	水
⑥	濃硫酸	水酸化ナトリウム水溶液

問3 **オ**・**カ** に入る語句の組み合わせとして最も適切なものを①～⑥から 1 つ選び、番号で答えなさい。

	オ	カ
①	上方	下方
②	上方	水上
③	下方	上方
④	下方	水上
⑤	水上	上方
⑥	水上	下方

問4 下線部(1)の乾燥剤として最も適切な物質を①～⑤から 1 つ選び、番号で答えなさい。

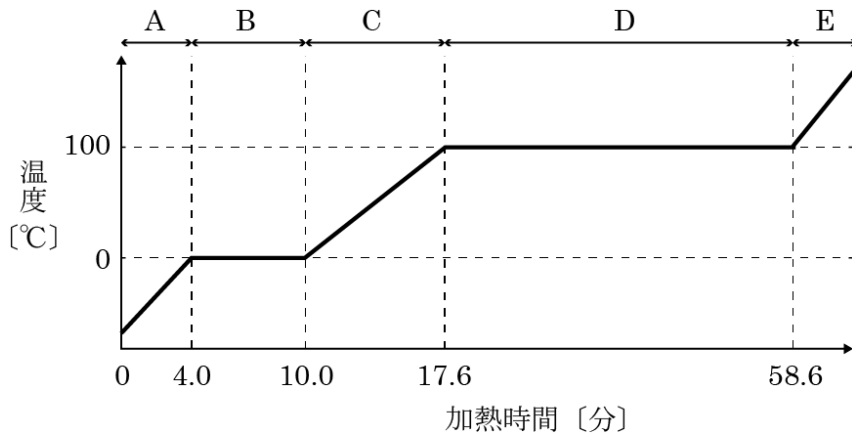
- ① 塩化カルシウム ② 十酸化四リン ③ 濃硫酸
 ④ ソーダ石灰 ⑤ 二クロム酸カリウム

問5 下線部(2)の反応の化学反応式を書きなさい。

Ⅲ

次の文章を読み、問に答えなさい。ただし、氷の融解熱（融解エンタルピー）を 6.0 kJ/mol 、液体の水の比熱を $4.2 \text{ J/(g}\cdot\text{°C)}$ とし、原子量は $\text{H}=1.0$ 、 $\text{O}=16$ とする。【配点 20】

下図は、断熱容器に入れた氷 90 g を、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ において単位時間当たり一定の熱量を加えて加熱したときの温度変化を示したものである。図の 0°C は水の **ア** であり、 100°C は水の **イ** である。図において、液体が存在しているのは **ウ** の区間であり、その中でも液体のみが存在しているのは **エ** の区間である。



問1 ・に入る語句の組み合わせとして最も適切なものを①～⑥から1つ選び、番号で答えなさい。

	ア	イ
①	沸点	臨界点
②	沸点	融点
③	三重点	沸点
④	三重点	融点
⑤	融点	沸点
⑥	融点	臨界点

問2 ・に入る図の区間として最も適切なものを A～E からそれぞれすべて選び、記号で答えなさい。ただし、同じ記号を選んでもよい。

問3 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ において、 0°C の氷 90 g を 100°C の水 90 g にするために必要な熱量は何 kJ か。最も適切な数値を①～⑥から1つ選び、番号で答えなさい。

- | | | |
|----------|----------|---------|
| ① 5.1 kJ | ② 6.8 kJ | ③ 30 kJ |
| ④ 38 kJ | ⑤ 51 kJ | ⑥ 68 kJ |

問4 この実験において、1 分間あたりに加えた熱量は何 kJ か。最も適切な数値を①～⑥から 1 つ選び、番号で答えなさい。ただし、加えた熱量はすべて水の温度上昇および状態変化に使われたものとし、外部への熱の放出はなかったものとする。

① 1.0 kJ

② 2.5 kJ

③ 5.0 kJ

④ 10 kJ

⑤ 15 kJ

⑥ 20 kJ

問5 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$, 100°C における水の蒸発熱 (蒸発エンタルピー) は何 kJ/mol か。有効数字 2 桁で答えなさい。

問題は次のページに続く

IV

次の文章を読み，問に答えなさい。【配点 20】

コロイド粒子が均一に分散している溶液を限外顕微鏡で観察すると，光ったコロイド粒子が不規則に運動する様子が観察される。このような運動を **ア** という。豆腐のように，加熱などによってコロイド溶液が流動性を失った状態を **イ** という。タンパク質やデンプンのように，分子内に親水基を多くもち，多くの水分子と水和しているコロイドを **ウ** という。**ウ** に多量の電解質を加えると，水和している水分子が引き離され，コロイド粒子どうしが凝集して沈殿する。この現象を **エ** という。

問1 **ア** ～ **エ** に入る適切な語句を答えなさい。

問2 下線部で観察されるような運動が起こる理由として最も適切なものを①～④から1つ選び，番号で答えなさい。

- ① コロイド粒子が光を当てることによって激しく運動するため。
- ② コロイド粒子が集合したりばらばらになったりを繰り返しているため。
- ③ コロイド粒子は止まっているが光を不規則な方向に反射するため。
- ④ 分散媒分子がコロイド粒子に不規則に衝突するため。

問3 沸騰している水に塩化鉄(Ⅲ)水溶液を少量ずつ加えると，水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド溶液が得られる。得られた水溶液には水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド以外に H^+ や Cl^- などが混ざっている。この水溶液から水酸化鉄(Ⅲ)のコロイドを分離・精製するための操作として最も適切なものを①～④から1つ選び，番号で答えなさい。

- ① 溶液に横から光束を照射する。
- ② 溶液に保護コロイドを加える。
- ③ 溶液をセロハンに包んで流水に浸す。
- ④ 溶液に直流の電圧を加える。

問4 次の文章を読み、(1)、(2)に答えなさい。

27°Cにおいて、デンプン 10 g を水に完全に溶解してコロイド溶液 1.0 L を調製した。このコロイド溶液は、27°Cの 3.0×10^{-4} mol/L の塩化カルシウム水溶液と等しい浸透圧を示した。ただし、デンプンは非電解質であり、塩化カルシウムは水溶液中で完全に電離するものとする。

(1) このコロイド溶液のモル濃度は何 mol/L か。最も適切な数値を①～⑥から 1 つ 選び、番号で答えなさい。

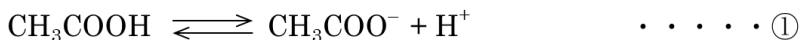
- ① 1.0×10^{-4} mol/L ② 1.5×10^{-4} mol/L ③ 3.0×10^{-4} mol/L
④ 4.5×10^{-4} mol/L ⑤ 6.0×10^{-4} mol/L ⑥ 9.0×10^{-4} mol/L

(2) このコロイド溶液中のデンプンの平均分子量はいくらか。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。ただし、酢酸の電離定数 K_a を 2.7×10^{-5} mol/L とし、必要なら $\log_{10}2 = 0.30$, $\log_{10}3 = 0.48$ を用いなさい。また、混合後の水溶液の体積は、混合前の水溶液の体積の和とし、混合による水溶液の温度変化はないものとする。【配点 24】

酢酸は水溶液中では一部が電離して、①式の電離平衡の状態にある。また、この電離定数 K_a は②式で表される。



$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \quad \dots \dots \textcircled{2}$$

酢酸水溶液のモル濃度を c [mol/L]、電離度を α とすると、平衡時の酢酸のモル濃度 $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ は [mol/L]、酢酸の電離定数 K_a は [mol/L] と表される。このとき、 α が 1 に比べて十分に小さい場合には、 $1 - \alpha \approx 1$ とみなすことができ、 α は 、水溶液中の水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ は [mol/L] と表される。0.030 mol/L の酢酸水溶液の電離度 α は 1 に比べて十分に小さいので、pH は と計算される。

0.030 mol/L の酢酸水溶液 10 mL に 0.010 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を 15 mL 滴下すると、酢酸ナトリウムが生成する。生成した酢酸ナトリウムは混合水溶液中でほぼ完全に電離している。このとき、混合水溶液中に酢酸イオンが増加したことによって、①式の電離平衡は左へ移動し、未反応の酢酸はほとんど電離していない状態となる。よって、混合水溶液中の酢酸と酢酸イオンのモル濃度の比 $([\text{CH}_3\text{COOH}] : [\text{CH}_3\text{COO}^-])$ は とみなすことができる。この混合水溶液中においても酢酸の電離定数 K_a について②式は成り立つ。よって、この混合水溶液の pH は と計算される。

このような弱酸とその塩の混合水溶液には、少量の酸や塩基を加えても pH の値をほぼ一定に保つはたらきがある。このようなはたらきを 作用という。

問1 文章中の $\boxed{\text{ア}}$ ・ $\boxed{\text{イ}}$ に入る式として最も適切なものを、①～⑥からそれぞれ1つ選び、番号で答えなさい。ただし、水の電離は無視できるものとする。

① $c\alpha$

② $2c\alpha$

③ $\frac{c\alpha}{2}$

④ $c(1-\alpha)$

⑤ $\frac{c\alpha}{1-\alpha}$

⑥ $\frac{c\alpha^2}{1-\alpha}$

問2 文章中の $\boxed{\text{ウ}}$ ・ $\boxed{\text{エ}}$ に入る式として最も適切なものを、①～⑥からそれぞれ1つ選び、番号で答えなさい。ただし、水の電離は無視できるものとする。

① $\sqrt{cK_a}$

② $\sqrt{\frac{K_a}{c}}$

③ $\sqrt{\frac{c}{K_a}}$

④ cK_a

⑤ $\frac{K_a}{c}$

⑥ $\frac{c}{K_a}$

問3 $\boxed{\text{オ}}$ に入る適切な数値を小数第1位まで答えなさい。

問4 に入る酢酸と酢酸イオンのモル濃度の比 ($[\text{CH}_3\text{COOH}] : [\text{CH}_3\text{COO}^-]$) と
して最も適切なものを①～⑤から1つ選び、番号で答えなさい。

① 3 : 1

② 2 : 1

③ 1 : 1

④ 1 : 2

⑤ 1 : 3

問5 に入る適切な数値を小数第1位まで答えなさい。

問6 に入る適切な語句を答えなさい。

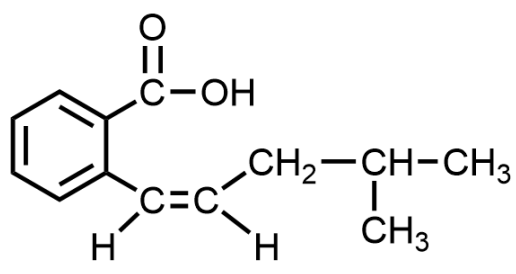
問題は次のページに続く

VI

次の文章を読み、問に答えなさい。ただし、原子量は H=1.0, C=12, O=16 とし、構造式は例にならって書きなさい。【配点 25】

炭素、水素、酸素だけからなる化合物 X 44 mg を完全燃焼して元素分析を行った。完全燃焼によって生成した水を **ア** 管で吸収し、二酸化炭素を **イ** 管で吸収して、それぞれの質量を測定した。成分元素の質量から物質量の比を求めたところ、化合物 X の組成式は C₂H₄O であった。また、別の実験から、化合物 X の分子量は 88 であることがわかった。

(例)



問 1 **ア**・**イ** に入る物質の組み合わせとして最も適切なものを①～⑥から 1 つ選び、番号で答えなさい。

	ア	イ
①	ソーダ石灰	炭酸カルシウム
②	ソーダ石灰	塩化カルシウム
③	炭酸カルシウム	ソーダ石灰
④	炭酸カルシウム	塩化カルシウム
⑤	塩化カルシウム	ソーダ石灰
⑥	塩化カルシウム	炭酸カルシウム

問2 (1) ~ (3) に答えなさい。

(1) 化合物 X の分子式を答えなさい。

(2) 化合物 X の完全燃焼の反応を、分子式を用いた化学反応式で答えなさい。

(3) 化合物 X 44 mg を完全燃焼したときに生成する二酸化炭素の質量は何 mg か。
有効数字 2 桁で答えなさい。

問3 化合物 X の構造異性体のうち、カルボン酸またはエステルに分類されるものは化合物 X を含めて何種類あるか答えなさい。ただし、立体異性体は考慮しないものとする。

問4 次の文章を読み、(1)～(3)に答えなさい。

化合物 X に希硫酸を加えて加熱すると、カルボン酸 Y とアルコール Z が得られた。アルコール Z にヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると、特有の臭気をもった黄色の化合物が生成した。また、アルコール Z を酸化するとカルボン酸 Y が得られた。

(1) 下線部の化合物の名称を答えなさい。

(2) 次のアルコールのうち、ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱したとき下線部の化合物が生じる物質を①～⑥から2つ選び、番号で答えなさい。

① メタノール

② エタノール

③ 1-プロパノール

④ 2-プロパノール

⑤ 1-ブタノール

⑥ 2,2-ジメチル-1-プロパノール

(3) 化合物 X の構造式を書きなさい。