

[問題 1] 次の文章を読み、以下の設問 1～7 の解答を書きなさい。

窒素 N_2 、酸素 O_2 、水 H_2O 、塩化ナトリウム $NaCl$ などは 1 種類の物質だけからできており、純物質と呼ばれる。(a)純物質の中でも、窒素や酸素のように、1 種類の元素だけからなる純物質を単体といい、水や塩化ナトリウムのように、2 種類以上の元素からなる純物質を化合物という。純物質は、それぞれ固有の性質をもち、沸点、融点、(b)密度などが決まっている。例えば、1 気圧のもとで、水の沸点は $100\text{ }^\circ\text{C}$ である。一方、空気は主に窒素と酸素が混じりあったもので、食塩水は水に塩化ナトリウムが溶けたものである。このように、2 種類以上の物質が混じりあったものを(c)混合物という。

図 1 は、大気圧のもとで、純物質である水と混合物である $NaCl$ 水溶液を、それぞれふたのない同じ大きさのビーカーに同じ体積で入れて加熱した時の温度変化の違いを表したグラフである。(d)水は、沸点である $100\text{ }^\circ\text{C}$ に達すると沸騰し、沸騰が続く間の温度は $100\text{ }^\circ\text{C}$ で一定となる。それに対して、(e) $NaCl$ 水溶液の場合、水の沸点である $100\text{ }^\circ\text{C}$ よりも高い温度で沸騰がはじまり、(f)沸騰が続く間も温度は少しずつ上昇する。

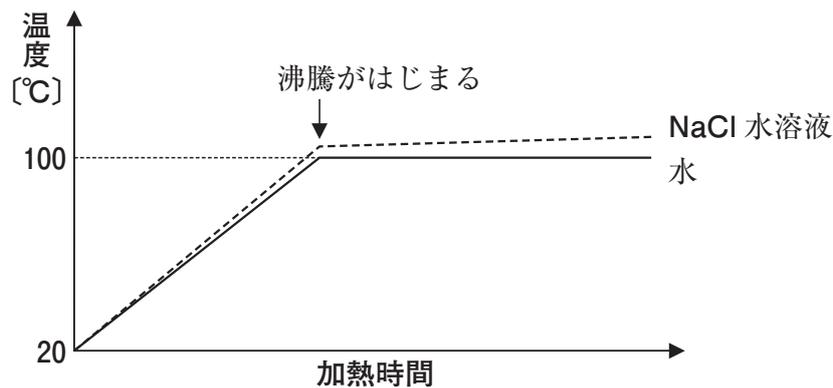


図 1 大気圧下における水（実線）と $NaCl$ 水溶液（破線）の温度変化

設問 1. 下線部(a)に関連して、以下の純物質を単体と化合物に分類して記号を記せ。

- | | | |
|------------|---------|------------|
| (あ) アンモニア | (い) 水蒸気 | (う) ダイヤモンド |
| (え) 塩化水素 | (お) 白金 | (か) エタノール |
| (き) マグネシウム | (く) 硫黄 | |

設問 2. 下線部(b)の「密度」の定義を 20 字以内で記せ。

設問 3. 下線部(c)に関連して、以下の物質のうち、混合物を2つ選んで記号を記せ。

- | | | |
|--------------|-----------|------------|
| (あ) 水酸化ナトリウム | (い) 黒鉛 | (う) ドライアイス |
| (え) 塩酸 | (お) 過酸化水素 | (か) 炭酸水 |
| (き) 氷水 | (く) オゾン | |

設問 4. 下線部(d)に関連して、「液体の水 1 mol が全て気体になるまでに吸収する熱量」に対応する適切な用語を記せ。

設問 5. 下線部(e)の現象を意味する適切な用語を記せ。

設問 6. 下線部(f)の現象が起こる理由を 20 ~ 40 字程度で記せ。

設問 7. 「NaCl 水溶液を沸騰が始まるまで加熱し、発生した水蒸気を冷却して水だけを取り出して、不揮発性の NaCl と水を分離する方法」を表す適切な用語を記せ。

[問題2] 次の文章を読み、以下の設問1～7の解答を書きなさい。

水に弱酸を溶解すると、一部は電離して（ア）を生じ、電離していない化合物と（ア）とのあいだで電離平衡が成り立つ。例えば、1価の弱酸（HAと表すことにする）を例にとると、（イ）の反応式で表される電離平衡が成り立ち、HAの電離定数 K_a は、 $K_a =$ （ウ）の式で表される。また、溶解したHAの物質質量に対する電離で生じた A^- の物質質量の割合を電離度といい、 α で表すものとする。溶解したHAの初濃度を c [mol/L] とすると、電離平衡が成り立ったときの A^- のモル濃度 $[A^-]$ と H^+ のモル濃度 $[H^+]$ はともに（エ）と表される。さらに、 α が1より十分に小さい場合、HAのモル濃度 $[HA]$ は、近似的に c と表される。したがって、弱酸HAの電離定数 K_a は、 α と c を用いて $K_a =$ （オ）の式で表され、 α は K_a と c を用いて $\alpha =$ （カ）となる。ここで、 K_a は、温度が変化しなければ一定なので、溶解したHAの初濃度 c が大きくなると、電離度 α は小さくなるのが分かる。

一方、1価の弱酸HAのナトリウム塩NaAを水に溶解すると、ほぼ完全に Na^+ と A^- に分かれる。(a)生じた A^- は加水分解を起こし、水溶液は塩基性を示す。

設問 1. （ア）に入る適切な語句を記せ。

設問 2. HA, A^- , H^+ を用いて、（イ）に入る適切な反応式を記せ。

設問 3. $[HA]$, $[A^-]$, および $[H^+]$ を用いて、（ウ）に入る適切な式を記せ。

設問 4. α と c を用いて、（エ）と（オ）に入る適切な式を記せ。

設問 5. K_a と c を用いて、（カ）に入る適切な式を記せ。

設問 6. α が1より十分に小さいとして、0.20 mol/LのHA水溶液のpHを計算せよ。ただし、 $\log_{10}2 = 0.30$, $\log_{10}3 = 0.48$, HAの電離定数 $K_a = 2.0 \times 10^{-5}$ [mol/L]とし、数値は小数第一位まで記せ。

設問 7. 下線部(a)について、 A^- と水の反応式を記せ。また、NaA水溶液が塩基性を示す理由を、20～40字程度で説明せよ。

[問題3] 次の文章を読み、以下の設問1～5の解答を書きなさい。ただし、気体はすべて理想気体とし、気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ とする。また、解答を数値で表す場合は、有効数字2桁で求めよ。

ボイルの法則によると、温度が一定のとき、一定量の気体の体積 V は、圧力 P に (ア) する。ボイル・シャルルの法則によると、一定量の気体の体積 V は、圧力 P に (イ) し、絶対温度 T に (ウ) する。

設問 1. (ア) ～ (ウ) に入る適切な語句を記せ。

設問 2. 温度一定で $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、 12 L の気体の圧力を $1.5 \times 10^5 \text{ Pa}$ にしたときの体積 [L] を求めよ。

設問 3. 温度一定で $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、 12 L の気体の体積を 16 L にしたときの圧力 [Pa] を求めよ。

設問 4. 27°C 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ で 0.60 L の気体を、 127°C 、 $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ にしたときの体積 [L] を求めよ。

設問 5. 気体の状態方程式を用いると、その気体の分子量を求めることができる。 27°C 、 $8.3 \times 10^4 \text{ Pa}$ で 0.60 L の気体の質量が 0.88 g のとき、この気体の分子量を求めよ。

[問題 4] 次の文章を読み、以下の設問 1～5 の解答を書きなさい。

ただし、水のイオン積は $K_w = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ とする。

濃度が分からない酢酸水溶液の濃度を調べるために、 0.100 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液を用いて中和滴定を行うこととした。まず、酢酸水溶液 20.0 mL を (a) ホールピペット でコニカルビーカーにはかり取った。このコニカルビーカーに、指示薬として (ア) 溶液を 1 滴加えたのち、よく攪拌しながら、ビュレットを用いて 0.100 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液を徐々に滴下していった。その結果、水酸化ナトリウム水溶液を 15.0 mL 滴下したところで、コニカルビーカーの溶液の色が無色から (イ) に変化したため、この時点で酢酸が過不足なく中和されたと判断した。

設問 1. 水酸化ナトリウムの化学式を記せ。また、酢酸と水酸化ナトリウムが反応して生じる塩の化学式を記せ。

設問 2. 0.100 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液の pH の値を、整数で求めよ。

設問 3. 下線部 (a) のホールピペットは、内部が純水でぬれていると使用できない。その理由を 20～40 字程度で記せ。

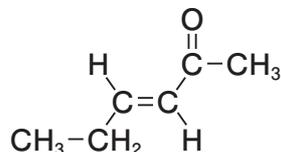
設問 4. (ア) に入る試薬名と (イ) に入る色を記せ。

設問 5. 滴定の結果から、酢酸水溶液の濃度 $[\text{mol/L}]$ を有効数字 2 桁で求めよ。

[問題5] 次の文章を読み、以下の設問1～6の解答を書きなさい。

ただし、原子量は $H = 1.0$, $C = 12$, $O = 16$ とする。また、構造式は下記の例にならって書くこと。

(構造式の例)



炭化水素（ベンゼン環を除く）の水素原子を (a) $-\text{OH}$ で置換した化合物を (ア) という。また、(b) $-\text{CHO}$ をもつ化合物を (イ), (c) $-\text{COOH}$ をもつ化合物を (ウ) という。(ア) の一種であるエタノール $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ を酸化すると、(イ) の一種である (エ) が生じ、さらに酸化すると (ウ) の一種である酢酸が生じる。エタノールと酢酸を脱水縮合させると、(オ) の一種である (d) 酢酸エチル が生じる。

設問 1. 下線部 (a)～(c) の官能基の名称をそれぞれ記せ。

設問 2. (ア)～(ウ) に入る一般名をそれぞれ記せ。

設問 3. (イ) の存在を確認する方法として、適切なものを次から 2つ 選び、その選択肢番号を記せ。

- ① 銀鏡反応
- ② フェーリング液の還元
- ③ さらし粉を用いた呈色反応
- ④ 塩化鉄(Ⅲ)を用いた呈色反応

設問 4. (エ) に入る化合物の構造式を記せ。

設問 5. エタノール 69 g を完全に酸化してすべて酢酸にすると、理論上得られる酢酸の質量 [g] を整数で求めよ。

設問 6. (オ) に入る一般名、および下線部 (d) の酢酸エチルの構造式を記せ。