

令和4年度(後期日程)

入学者選抜学力検査問題

# 化 学

## 〔注意事項〕

1. 問題冊子が1冊，解答用冊子が1組配られていることを確認しなさい。
2. 監督者の指示があるまで，問題冊子および解答用冊子を開いてはいけません。
3. 問題冊子は7ページから，また，解答用冊子は，解答用紙3枚と下書用紙3枚からなっています。解答開始の合図があったら，すぐに両方の冊子を確認しなさい。  
落丁・乱丁および印刷の不鮮明な箇所などがあれば，手をあげて監督者に知らせなさい。
4. 各解答用紙には，受験番号を記入する欄が2箇所あります。各解答用紙にある2箇所の受験番号記入欄の両方に「**本学の受験番号**」を忘れずに記入しなさい。  
(合計6箇所に受験番号を記入することになります。)
5. この問題冊子の1ページ目に「**解答時の注意事項**」が書いてあります。それをよく読んでから，解答しなさい。
6. **解答は，必ず別紙の解答用紙の指定された場所(問題番号と一致した場所)に記入しなさい。指定された場所以外への解答は採点対象外です。**
7. 解答用紙は，持ち帰ってはいけません。
8. 問題冊子と下書用紙は，持ち帰りなさい。

〔解答時の注意事項〕

1. SI 単位以外の単位の意味。

$$1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 = 10^3 \text{ cm}^3$$

2. 問題の計算に必要であれば、次の原子量や定数を用いよ。

原子量：H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16

気体定数( $R$ )： $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

I 次の文を読んで、問1～問5に答えよ。

(配点率 40%)

周期表において18族で第6周期までの元素を(ア)という。(ア)元素の原子は、価電子の数が(イ)個であり、また、最外殻電子の数は、(ウ)個または(エ)個で、安定な電子配置をとる。他の原子とほとんど化合物をつくらず、常温では単原子分子の気体として存在する。

(ア)元素が発見されるきっかけとなった研究として、気体密度の精密な測定に関する実験がある。イギリスの科学者レイリー(1842-1919)は、水素や窒素、酸素などの主要な気体の密度を精密に測定する実験を行っていた。その中で、空気から、酸素、水、二酸化炭素を除いた残りの気体(レイリーは窒素のみ含まれると考えた)<sup>①</sup>の密度が、アンモニアや一酸化窒素などの化合物から化学反応で得られた純粋な窒素の密度と比べてわずかに大きいことに気がついた。後にイギリスの科学者ラムゼー(1852-1916)と共に、空気中に、体積百分率で1%程度、未知の気体が含まれていることを突き止めた。

レイリーとラムゼーは、この気体の性質に関する実験結果から、この気体は単原子分子として存在すると考えた。ここでは、この気体の元素記号をXとおく。彼らは、密度の測定結果から、気体Xの分子量すなわち原子量は40であるとの結論を得た。

このことは、元素Xの周期表上での位置について、当時の科学者を悩ますことになった。当時、周期表は、元素を原子量の順に並べて作られていたが、元素Xは、その性質から、すでに知られていた原子量35.5の元素と39の元素の間に位置すると考えられたからである。

のちに、周期表は、元素を原子量ではなく原子番号の順に並べたものであることがわかり、レイリーらの結論が正しいことが確かめられた。

なお、以下の問では、気体は理想気体としてふるまうものとする。また、特に断らない限り、気体Xは単原子分子として存在し、原子量を40とする。

問1 文中の(ア)～(エ)に入る適切な語句または数字を答えよ。

問2 文中の気体Xとは何か。その元素記号と元素名を答えよ。

問3 下線部①について、次の問に答えよ。

ここでは、空気の成分(体積百分率)を、酸素は21%、窒素は78%、気体X(分子量(原子量)は40)は1%とし、他の成分は含まれないとする。このとき、空気から酸素を完全に除いた残りの気体の密度(単位体積当たりの質量)は、同じ温度、同じ圧力の純粋な窒素の密度に比べて何%大きいか。計算過程も書き、小数第2位を四捨五入して答えよ。

問 4 下線部①について、次の問(a)～(c)に答えよ。

- (a) レイリーは、アンモニアと酸素を反応させて窒素を得た。この反応で、窒素と水のみが生成するとして化学反応式を書け。
- (b) レイリーは、この実験に用いる一酸化窒素 NO を、銅と希硝酸を反応させて発生させた。この反応の化学反応式を書け。
- (c) 問(a)および問(b)の反応で、酸化される原子、還元される原子の元素記号を書き、各原子の反応前後での酸化数を答えよ。

問 5 下線部②について、次の文を読んで、問(a)および(b)に答えよ。

ラムゼーは、いくつかの仮説を立てて、元素 X の原子量が 40 ではなく 39 以下となる可能性を検討したが、どの仮説もこの問題を解決できなかった。以下の文は、ラムゼーが検討した仮説の一つである。

ラムゼーの仮説：「気体 X は、すべて単原子分子 X として存在するのではなく、ある割合の原子が気体の二原子分子 X<sub>2</sub> として存在する。両者の間には、正反応が発熱反応である式 (1) の化学平衡が成り立っている。」<sup>③</sup>



- (a) 今、例として、元素 X の原子量を 38 とする。反応(1)の平衡が成立しているとき、気体 X の平均分子量、すなわち、平衡状態にある単原子分子 X と二原子分子 X<sub>2</sub> の混合気体の平均分子量が 40 となるためには、全原子の何%が二原子分子 X<sub>2</sub> になっているか答えよ。計算過程も書き、小数以下を四捨五入して答えよ。
- (b) 下線部③に注意して、次の文の( )に記された2つの語句から適切な語句を選んで解答欄に○で囲み、そのように選んだ理由を簡潔に述べよ。

「ラムゼーはこの仮説を検証するために、異なる温度  $T$  [K] で、一定量の純粋な気体 X の体積  $V$  [L] と圧力  $P$  [Pa] を測定し、 $PV/T$  の値を比較した。もし仮説が正しいとすると、温度の上昇にともなって、 $PV/T$  の値は(大きく・小さく)なるはずである。しかし、実験ではそのようにはならなかった。これらの研究から、気体 X は、原子量 40 の単原子分子として存在すると考えられた。」

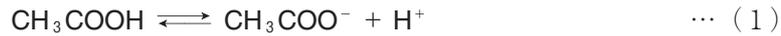
II

次の文を読んで、問1～問5に答えよ。

(配点率 25 %)

10 mL の酢酸水溶液(0.10 mol/L)に水酸化ナトリウム水溶液(0.10 mol/L)をある一定の温度でゆっくり加え、水酸化ナトリウム水溶液の滴下量と溶液の pH を記録した。図1はその記録の一部である。ここで、pH は「水素イオン指数」のことであり、水素イオン濃度 $[H^+]$ を用いて表される( $pH = -\log_{10}[H^+]$ )。

酢酸の水溶液中では、以下に示す電離平衡が成り立っている。



この平衡の電離定数  $K_a$  は、各成分のモル濃度 $[CH_3COOH]$ 、 $[CH_3COO^-]$ 、 $[H^+]$ を用いて以下のように表される。

$$K_a = \boxed{\text{ア}}$$

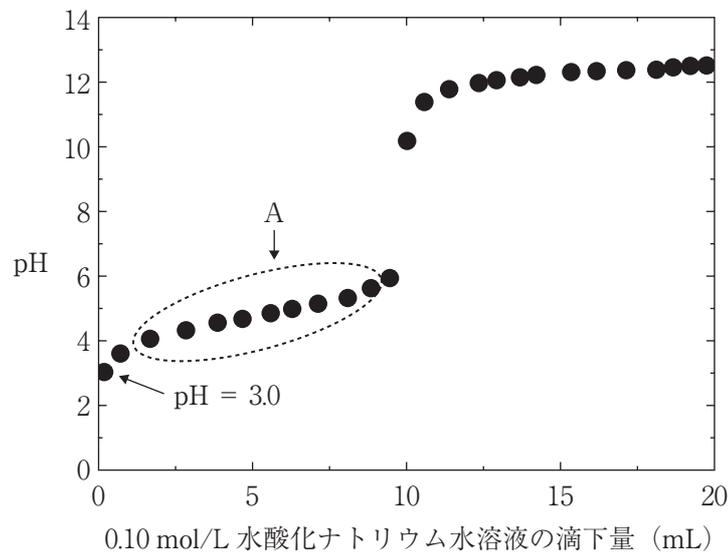


図1 酢酸水溶液を水酸化ナトリウム水溶液で滴定したときの滴定曲線

問1 空欄  $\boxed{\text{ア}}$  に入る適切な式を記せ。

問2 滴定開始前の酢酸水溶液の pH は 3.0 であった。この時の酢酸の電離度  $\alpha$  と電離定数  $K_a$  を求めよ。計算過程も書き、有効数字2桁で答えよ。

問3 図1の領域Aでは pH があまり変化しなかった。その理由を式(1)にもとづいて述べよ。また、このように水溶液の pH をほぼ一定に保つはたらきを何というか。

問 4 水酸化ナトリウム水溶液を 5 mL 滴下したときの水溶液の水素イオン濃度 $[H^+]$ を求めよ。計算過程も書き、有効数字 2 桁で答えよ。

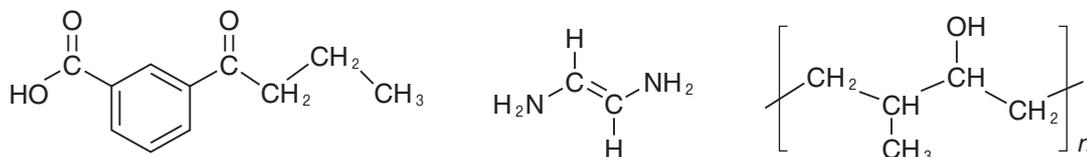
問 5 中和点での pH はおよそ 9 であった。中和点において水溶液が塩基性を示す理由を反応式を用いて述べよ。

III

次の文を読んで、問1～問4に答えよ。化合物の構造式は、記入例にならって書け。

(配点率 35%)

記入例



高分子を合成するうえで重要な手法に縮合重合、開環重合、(ア)重合がある。

縮合重合によく用いられる反応として、アルコールとカルボン酸で(イ)結合を形成するものや、アミンとカルボン酸で(ウ)結合を形成するものがある。これらの反応は、いずれも脱水をともなう縮合反応で、正反応と逆反応が起こる可逆反応である。縮合重合によって得られる高分子として、ポリエチレンテレフタレート(PET)やナイロン66が知られている。PETを合成するにはエチレングリコールとテレフタル酸、ナイロン66を合成するにはアジピン酸とヘキサメチレンジアミンをモノマーとして用いる。

次に、開環重合で得られる高分子としてナイロン6が知られている。ナイロン6は強度や耐久性に優れており、これは分子間に形成されている多くの(エ)結合によるものである。

最後に、(ア)重合で得られる高分子としてポリエチレンやポリプロピレンが知られている。これらの高分子を合成するためのモノマーとしてアルケンが用いられる。アルケンは工業的にはナフサの熱分解によって得られるが、実験室ではアルコールの分子内脱水反応によって合成することができる。

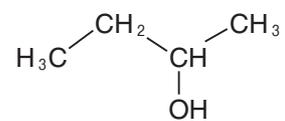
問1 文中の(ア)～(エ)に入る適切な語句を書け。

問2 下線部①に関して、以下の問(a)～(d)に答えよ。

- (a) エチレングリコール、テレフタル酸、アジピン酸、ヘキサメチレンジアミンの構造式を書け。
- (b) 平均分子量が  $4.0 \times 10^4$  の PET の平均重合度を求めよ。計算過程も書き、有効数字2桁で答えよ。
- (c) ナイロン66を450g合成した際に生成する水は何gか求めよ。計算過程も書き、有効数字2桁で答えよ。
- (d) 脱水をともなう縮合重合は可逆反応であり、反応条件によって重合度が変化する。重合度を大きくするための工夫として、生成した水を除去しながら重合を行うことがあげられる。その理由を簡潔に述べよ。

問 3 下線部②に関して，開環重合によってナイロン6を合成する際に用いるモノマーの構造式と名称，およびナイロン6の構造式を書け。

問 4 下線部③に関して，一般に，アルコールの分子内脱水反応によってアルケンを合成する際には，異性体の存在に注意しなければならない。右の図に示す2-ブタノールに対して，濃硫酸を加えて加熱することで，分子内脱水反応を行った場合に得られるアルケンの構造異性体および立体異性体の構造式をすべて書け。



2-ブタノールの構造式

(以 上)