

## 令和5年度入学試験問題(前期)

# 理 科(化 学)

### 【注 意 事 項】

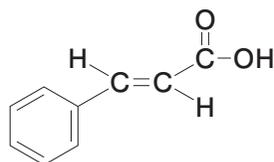
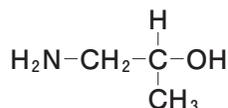
1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いて見てはならない。
2. あらかじめ選択を届け出た科目について解答すること。それ以外の科目について解答しても無効である。
3. 本冊子には、**1**から**4**までの全部で4問題が印刷されていて、合計8ページある。落丁、乱丁、印刷の不鮮明な箇所等がある場合には、申し出ること。
4. 解答用紙を別に配付している。解答は、問題と同じ科目、同じ番号の解答用紙に記入すること。指定の箇所以外に記入したものは無効である。
5. **1**から**4**の全ての問題に解答すること。
6. 解答用紙の指定された欄に、学部名と受験番号を記入すること。
7. 配付された解答用紙は、持ち帰らないこと。
8. 配付された問題冊子は、持ち帰ること。

必要があれば，原子量は次の値を使うこと。

H = 1.00    C = 12.0    N = 14.0    O = 16.0

なお，構造式は次の例にならって記せ。

(例)



1 [I], [II]の各問いに答えよ。

[I] ある有機化合物を試料として酸化銅(II)の存在下で完全に燃焼させ，塩化カルシウムが入ったU字管Aに通し，次いでソーダ石灰が入ったU字管Bに通した後，それぞれの管の質量を測定することで，元素分析を行った(図1)。

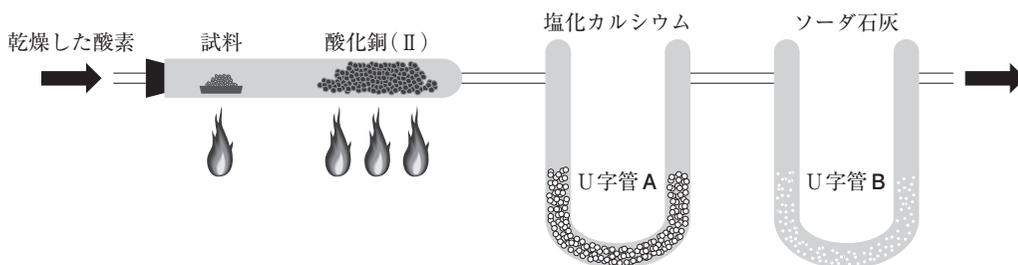


図1 元素分析の実験装置

問1 U字管AとU字管Bは，それぞれ何を吸収して質量が変化するか答えよ。また，U字管AとU字管Bの繋げる順番を逆にとすると，正確に元素分析が行えなくなる。その理由を答えよ。

問2 炭素，水素，酸素からなる有機化合物を45 mg はかりとって，完全燃焼させたところ，U字管Aの質量が27 mg 増加し，U字管Bが66 mg 増加した。なお，この有機化合物の分子量は90.0 である。

(1) この有機化合物の分子式を答えよ。計算の過程も示せ。

(2) この有機化合物は不斉炭素をもつヒドロキシ酸X，もしくは不斉炭素をもたないヒドロキシ酸Yであることがわかった。ヒドロキシ酸XおよびYの構造式を記せ。ただし，ヒドロキシ酸Xについては，鏡像異性体(光学異性体)を区別しなくてよい。

〔Ⅱ〕 糖類についての以下の問いに答えよ。

問 1 糖の還元性を確認する方法について、以下の文章を読み、問いに答えよ。

硫酸銅(Ⅱ)の水溶液(a)、および酒石酸ナトリウムカリウムと水酸化ナトリウムの混合水溶液(b)を準備する。この水溶液(a)と(b)の混合溶液は〔ア〕液と呼ばれ、使用直前に混合して用いる。還元性を有する糖の水溶液に〔ア〕液を加えて加熱すると、赤色の〔イ〕が沈殿する。

〔ア〕にあてはまる適切な語と〔イ〕にあてはまる化合物の名称を答えよ。

問 2 図2に示す糖AからDのうち、水溶液中で還元性を示すものはどれか、すべて選び、記号で答えよ。また、還元性を示す原因となる官能基の名称を答えよ。

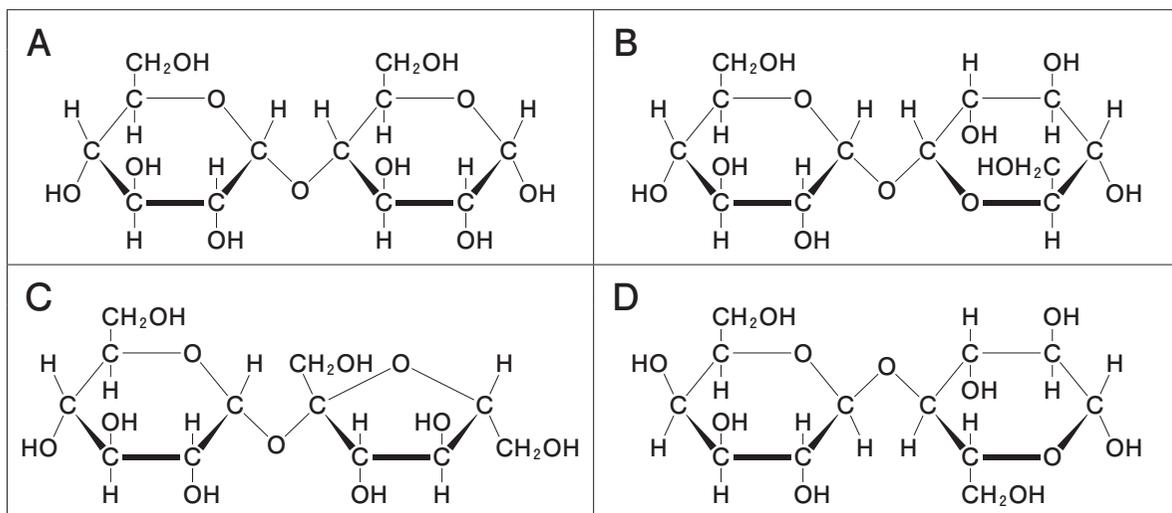


図2 糖AからDの構造

問 3 スクロース(ショ糖)を完全燃焼させたときの反応式を答えよ。

2 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

フッ素、塩素、臭素、ヨウ素はいずれもハロゲンと呼ばれる元素であり、多くの共通の性質をもつ。塩素を用いて具体例を説明する。単体の化学式は〔 A 〕である。単体を水素と混合すると光の刺激により反応して〔 B 〕が生じる。塩素を水に溶かしてつくる塩素水では、塩素の一部が水と反応する。塩素は7個の価電子をもつため、電子1個を得て〔 ア 〕と呼ばれる1価の陰イオンになりやすい。この陰イオンの電子の総数は〔 イ 〕個であり、同じ電子数をもつ例として、2価の陽イオンである〔 ウ 〕や単原子で気体として存在する〔 C 〕などが挙げられる。

なお、実験室で単体の塩素をつくる際には、酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加えて加熱することで発生させるのに対し、工業的には塩化ナトリウム水溶液を電気分解して製造している。この工業的製法においては、陰極では水が電気分解され、陽極では塩素が発生する。このとき、陽極と陰極の容器が陽イオン交換膜で仕切られていると、陽極側から陽イオンだけが陰極側に移動できるので、電解後に陰極側の溶液を濃縮すると〔 エ 〕が得られる。この方法はイオン交換膜法と呼ばれ、塩素と〔 エ 〕を同時に得ることができる。

問 1 〔 A 〕から〔 C 〕にあてはまる適切な化学式を答えよ。

問 2 〔 ア 〕から〔 エ 〕にあてはまる適切な語または数字を答えよ。

問 3 下線①および②に関わる反応を化学反応式で答えよ。また、下線③および④に関わる反応を電子  $e^-$  を含むイオン反応式で答えよ。

同じモル濃度の4種類のハロゲン化水素の水溶液(a), (b), (c), (d)を用意し, それぞれを判別するための実験を行った。

実験1 : 水溶液(a)から(d)それぞれに硝酸銀水溶液を加えると, (b)以外はすべて沈殿が生じた。

実験2 : 水溶液(a)から(d)それぞれに水酸化カリウム水溶液を加えて中和し, それぞれの水溶液に塩素水を数滴加えると, (c)と(d)は反応によって変化が見られたが, (a)と(b)では変化が見られなかった。<sup>⑤</sup>

実験3 : 水溶液(a)から(d)それぞれに水酸化カリウム水溶液を加えて中和し, それぞれの水溶液にデンプン水溶液を加えた後, 塩素水を加えると, (d)だけが青紫色を示した。<sup>⑥</sup>

問4 下線⑤について, この反応が起こるのは塩素のどのような性質によるものか答えよ。

問5 下線⑥について, 塩素水を加えないと, 青紫色を示さない理由を答えよ。

問6 (a), (b), (c), (d)それぞれの水溶液に含まれるハロゲン化水素を化学式で答えよ。

**3** 〔Ⅰ〕, 〔Ⅱ〕の各問いに答えよ。

〔Ⅰ〕 酸・塩基の中和についての以下の問いに答えよ。

問 1 0.10 mol/L の塩酸 10.0 mL に対し, 0.10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を少しずつ滴下していく実験を行った。滴下量が 0.0 mL, 5.0 mL, 10.0 mL, 15.0 mL および 20.0 mL のときの pH をそれぞれ計算せよ。ただし, 水のイオン積  $K_w = 1.0 \times 10^{-14}(\text{mol/L})^2$ ,  $\log_{10} 3 = 0.5$ ,  $\log_{10} 5 = 0.7$  とし, 答えは小数第 1 位まで求めよ。また, 計算した pH の値をグラフ上に黒丸(●)で示し, 滴下量に対する pH の変化を示す曲線を描け。

問 2 以下の(1), (2)について, 中和点を実験的に求める場合, 適切な指示薬をそれぞれひとつ答えよ。また, それぞれの中和点前後における溶液の色の変化も答えよ。

- (1) 濃度未知の酢酸水溶液に, 正確な濃度がわかっている水酸化ナトリウム水溶液を滴下
- (2) 濃度未知のアンモニア水溶液に, 正確な濃度がわかっている塩酸を滴下

〔Ⅱ〕 二酸化炭素についての以下の問いに答えよ。

問 1 水に二酸化炭素が溶解した際に pH は減少するか, 増大するか, 理由とともに答えよ。

問 2 石灰石を原料として二酸化炭素を発生させる方法をひとつ挙げ, 化学反応式で答えよ。

問 3 同温・同圧の気体を比較すると, 二酸化炭素の密度は窒素よりも大きい。二酸化炭素の密度は窒素の何倍か, 有効数字 2 桁で答えよ。ただし, 二酸化炭素および窒素は理想気体とみなせるものとする。

4 状態図ならびに蒸気圧についての以下の問いに答えよ。

図1 は水の三態を表す状態図である。

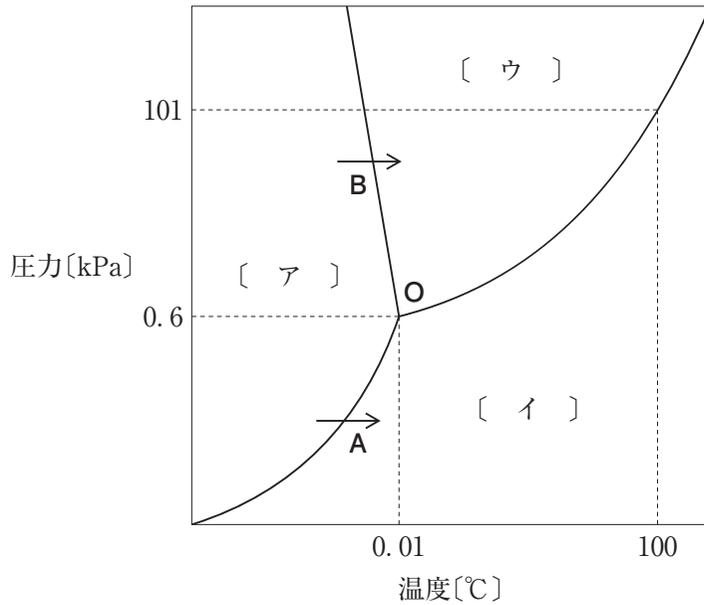


図1 水の状態図

問1 図1中の〔ア〕から〔ウ〕に入る水の状態をそれぞれ答えよ。

問2 矢印Aで示す状態〔ア〕から〔イ〕への変化, 矢印Bで示す状態〔ア〕から〔ウ〕への変化, および点Oの名称をそれぞれ答えよ。

図2 は水と分子量が不明なアルコールXの蒸気圧曲線を表している。

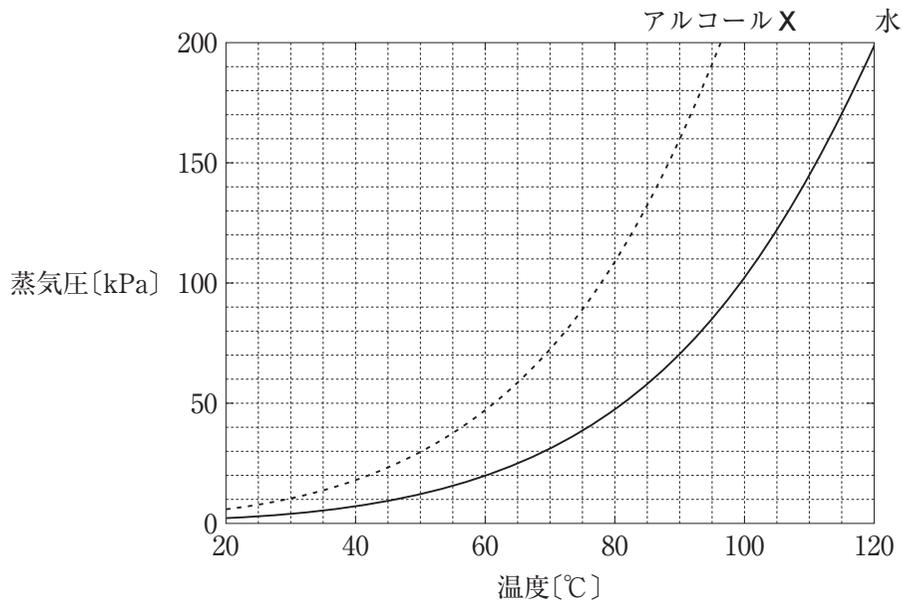


図2 水およびアルコールXの蒸気圧曲線

問3 図2から富士山の山頂における水の沸点[°C]を求めよ。ただし、富士山の山頂における気圧を70.0 kPaとする。

問4 図2から水が115°Cで沸騰している圧力鍋の内部の圧力[kPa]を求めよ。

問5 水は同族の水素化物と比べて沸点や蒸発熱が非常に高い。その理由を簡潔に述べよ。

乾燥した内部の体積が316 mLの容器の質量を測定したところ、200.11 gであった。図3に示すように、100 kPa、10.0°Cのもとで、この容器に液体のアルコールXを2.00 g入れ、針で穴を開けたアルミニウム箔をかぶせ、アルコールXの沸点の温度に保つことで完全に蒸発させた。その後、10.0°Cまで冷却し、アルコールXを凝縮させた。アルミニウム箔を取り除いた後、アルコールXを含む容器の質量を測定したところ、200.61 gであった。ただし、10.0°CにおけるアルコールXの蒸気圧は無視できるものとする。また、アルコールXの蒸気は理想気体として振る舞うものとし、容器内の温度は一律であるとする。

針で穴を開けたアルミニウム箔

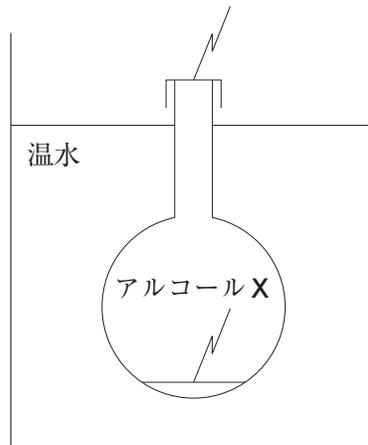


図3 アルコール X の蒸発実験

問 6 この実験操作で容器内の  $10.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  のアルコール X を完全に蒸発させるために必要な熱量[J]を求めよ。計算過程を示し、有効数字2桁で答えよ。ただし、アルコール X の比熱と蒸発熱はそれぞれ  $2.4\text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ 、 $840\text{ J}/\text{g}$  である。

問 7 このアルコール X の分子量を求めよ。計算過程を示し、有効数字2桁で答えよ。また、求めた分子量からアルコール X を推定し、示性式で答えよ。ただし、気体定数  $R$  を  $8.3 \times 10^3\text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$  とする。

問 8 問7では、アルコール X の蒸気は理想気体として振る舞うと仮定した。理想気体とは異なり、実在気体には分子自身に〔エ〕があり、〔オ〕が働く。そのため、実在気体は、圧力が〔カ〕ほど、また、温度が〔キ〕ほど理想気体に近づく。〔エ〕から〔キ〕に入る適切な語句を答えよ。