

## 令和6年度入学者選抜試験問題

理学部 理学科  
医学部 医学科  
工学部 高分子・有機材料工学科，化学・バイオ工学科，  
情報・エレクトロニクス学科，機械システム工学科，  
システム創成工学科  
農学部 食料生命環境学科

# 理 科

(化 学)

## 前 期 日 程

### 注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで，この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 この問題冊子の本文は1ページから10ページまでです。
- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明・落丁・乱丁，解答用紙の汚れなどに気が付いた場合は，手を挙げて監督者に知らせてください。
- 4 監督者の指示にしたがって，解答用紙に**大学受験番号**を正しく記入してください。  
**大学受験番号**が正しく記入されていない場合は，採点されないことがあります。
- 5 **理学部受験者は第1問，第2問，第3問，第4問，第5問の5問を解答してください。**  
**医学部受験者は第1問，第3問，第4問，第5問の4問を解答してください。**  
**工学部受験者は第1問，第2問，第3問，第4問，第5問の5問を解答してください。**  
**農学部受験者は第2問，第3問，第4問，第5問の4問を解答してください。**
- 6 解答用紙の注意事項をよく読み，指示にしたがって解答してください。
- 7 試験終了後，問題冊子と下書き用紙は持ち帰ってください。

# 第1問

次の問い（問1，問2）に答えなさい。

問1 次の文章を読み，下の（1）～（6）の問いに答えなさい。

純物質は温度や圧力によって固体，液体，気体の3つの状態があり，これらを物質の三態という。物質を構成する分子は，その状態にかかわらず **ア** をしており，散らばろうとする性質をもつ。温度が高くなると **ア** はより激しくなる。一方，分子には互いに集まろうとする **イ** がはたらいっている。物質の状態は **ア** と分子間の **イ** の大小関係で決まる。物質の三態のうち，**ウ** と **エ** は圧力や温度の変化に対する体積変化が，**オ** に比べて小さいという特徴がある。多くの物質では，密度が最も大きな状態は **ウ** である。

純物質がさまざまな温度と圧力のもとで，どの状態になるかを表した図を状態図（相図）という。図1に水  $\text{H}_2\text{O}$  の状態図を示す。

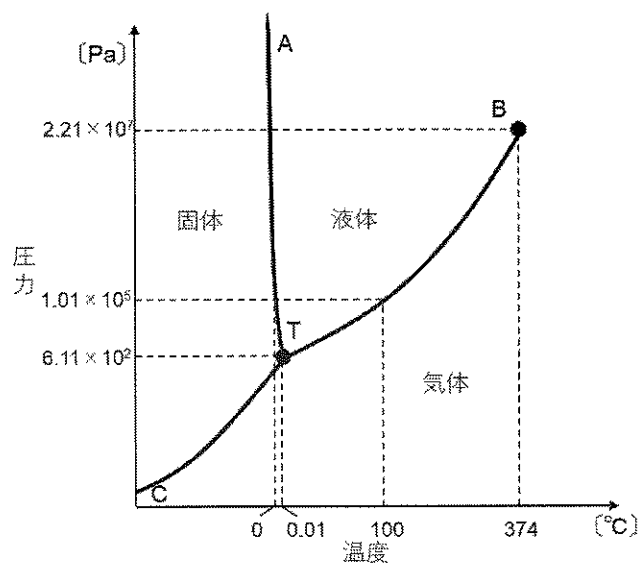


図1 水  $\text{H}_2\text{O}$  の状態図

- (1) 空欄 **ア** ～ **オ** それぞれにあてはまる適切な語句を記しなさい。
- (2) 固体と液体を区切る曲線 AT，液体と気体を区切る曲線 BT，気体と固体を区切る曲線 CT はそれぞれの曲線上では両側の状態が共存している。それぞれの曲線の名称を記しなさい。
- (3) 圧力が  $1.0 \times 10^2$  Pa のとき，氷を加熱して  $25^\circ\text{C}$  にした。この状態変化を「固体」，「液体」，「気体」の語をすべて用いて 25 字以内で記しなさい。ただし，句読点も字数に含めるものとする。
- (4) 図中の点 T および点 B の名称を記しなさい。
- (5) 図中の点 B よりも温度と圧力が大きな状態の名称を記しなさい。
- (6) 二酸化炭素  $\text{CO}_2$  の点 T に相当する温度と圧力はそれぞれ  $-56.6^\circ\text{C}$ ， $5.18 \times 10^5$  Pa であり，点 B に相当する温度と圧力はそれぞれ  $31.1^\circ\text{C}$ ， $7.38 \times 10^6$  Pa である。縦軸を圧力，横軸を温度とし，縦軸の  $1.01 \times 10^5$  Pa，横軸の  $0^\circ\text{C}$  の位置に注意しながら  $\text{CO}_2$  の状態図を記しなさい。ただし，図中に数値を記入する必要はない。

問2 次の文章を読み、下の(1)～(8)の問いに答えなさい。必要ならば、次の原子量を使うこと。

H 1.0            C 12            O 16

25 °C の密閉容器内にエタン  $C_2H_6$  と酸素  $O_2$  の混合ガス 0.50 mol を封入し、 $C_2H_6$  を完全燃焼させた。燃焼前の容器内の圧力は  $1.2 \times 10^5$  Pa であった。反応後、容器の温度を 25 °C に戻したところ、生成した水  $H_2O$  はすべて液体となった。この水の質量を測定すると 5.4 g であった。また、 $C_2H_6$  (気) の燃焼熱は 1561 kJ/mol、 $CO_2$  (気) の生成熱は 394 kJ/mol、 $H_2O$  (気) の生成熱は 242 kJ/mol、 $H_2O$  の蒸発熱は 44 kJ/mol である。

- (1) この燃焼反応の化学反応式を記しなさい。
- (2) 燃焼前に密閉容器に封入された混合ガス中の各成分の体積比を記しなさい。
- (3) 燃焼後の容器内の圧力を有効数字 2 桁で記しなさい。ただし、すべての気体は水に溶解せず、水の体積は無視できるものとする。
- (4) 反応熱は反応経路によらず反応前後の状態が決まる。この法則名を記しなさい。
- (5) 燃焼熱、生成熱以外の反応熱の例を 1 つ挙げ、名称を記しなさい。また、それがどのような熱量であるかを 35 字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含めるものとする。
- (6) 25 °C における  $C_2H_6$  (気) の燃焼反応を熱化学方程式で記しなさい。
- (7)  $C_2H_6$  (気) の生成熱を有効数字 2 桁で記しなさい。
- (8) H—H および O=O の結合エネルギーをそれぞれ 432 kJ/mol、494 kJ/mol としたとき、 $H_2O$  (気) の O—H 結合 1 mol を切断する際のエネルギーを有効数字 3 桁で記しなさい。

## 第2問

次の問い（問1，問2）に答えなさい。

問1 次の（1）～（9）の問いに答えなさい。

- (1) 酢酸の電離平衡の式を、水を含めずに、酢酸の化学式を左辺にして記しなさい。
- (2) 酢酸水溶液の濃度を  $c$  [mol/L]，電離度を  $\alpha$  として，（1）の平衡状態における酢酸の濃度と水素イオンの濃度それぞれを， $c$  と  $\alpha$  を用いて記しなさい。
- (3) （1）の平衡状態における平衡定数  $K$  を， $c$  と  $\alpha$  を用いた式で記しなさい。ただし， $\alpha$  は1に比べて非常に小さく， $1-\alpha$  は1と近似することとする。
- (4)  $K$  は一定であるとして，0.010 mol/L の酢酸水溶液の電離度  $\alpha_1$  は，1.0 mol/L の酢酸水溶液の電離度  $\alpha_2$  の何倍になるか記しなさい。
- (5) 酢酸水溶液の濃度と電離度の関係を30字以内で記しなさい。ただし，句読点も字数に含めるものとする。
- (6) 1.0 mol/L の酢酸水溶液の pH は 2.3 であった。0.010 mol/L の酢酸水溶液の pH を有効数字2桁で記しなさい。
- (7)  $c_a$  [mol/L] の酢酸水溶液と  $c_s$  [mol/L] の酢酸ナトリウム水溶液を混合したとき，（1）の平衡状態における酢酸の濃度は  $c_a$ ，酢酸イオンの濃度は  $c_s$  と近似できる。この混合水溶液の水素イオン濃度を， $K$ ， $c_a$ ， $c_s$  を用いた式で記しなさい。
- (8) 同濃度の酢酸水溶液と酢酸ナトリウム水溶液を体積比 4:1 で混合したときの水素イオン濃度を有効数字2桁で記しなさい。また，その pH の値に最も近い整数を記しなさい。ただし， $K$  は  $2.7 \times 10^{-5}$  mol/L とし，混合時の体積変化はないものとする。
- (9) 酢酸と酢酸ナトリウムの混合水溶液は，少量の酸や塩基を加えても pH があまり変化しない。この作用の名称を記しなさい。

問2 水酸化ナトリウム水溶液と塩化銅(II)水溶液の電気分解を、炭素電極を用いて行った。次の(1)～(5)の問いに答えなさい。必要ならば、次の値を使うこと。

ファラデー定数  $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

気体定数  $8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$

- (1) 水酸化ナトリウム水溶液の電気分解における陰極の反応を、電子  $e^-$  を用いた反応式で記しなさい。
- (2) 水酸化ナトリウム水溶液に 40 分 10 秒の間、4.0 A の電流を流して電気分解を行った。陰極で発生した気体の物質量を有効数字 2 桁で記しなさい。
- (3) 塩化銅(II)水溶液の電気分解において陰極で生成する物質の化学式を記しなさい。
- (4) 塩化銅(II)水溶液の電気分解における陽極の反応を、電子  $e^-$  を用いた反応式で記しなさい。
- (5) 水酸化ナトリウム水溶液の電気分解において陰極で生成した気体  $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$  と、塩化銅(II)水溶液の電気分解において陽極で生成した気体  $5.9 \times 10^{-3} \text{ mol}$  を、耐圧・耐薬品性の密閉容器に入れ、光を照射したところ反応が爆発的に完全に進行した。生成物を水でよく洗浄し、乾燥したのちに得られる気体の 300 K、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$  における体積を有効数字 2 桁で記しなさい。

### 第3問

次の問い（問1，問2）に答えなさい。必要ならば，次の原子量を使うこと。

H 1.0	C 12	N 14	O 16	Al 27	S 32
Cl 35.5	Ca 40	Fe 56	Cu 64	Zn 65	

問1 次の文章を読み，下の（1）～（5）の問いに答えなさい。

4種類の金属イオンを含む，塩酸酸性の試料水溶液がある。この金属イオンは， $\text{Al}^{3+}$ ， $\text{Ca}^{2+}$ ， $\text{Cu}^{2+}$ ， $\text{Fe}^{3+}$ ， $\text{Zn}^{2+}$  のいずれかであり，それぞれ  $0.10 \text{ mol/L}$  の濃度である。この水溶液に含まれている金属イオンの種類を調べるために，次の〔操作1〕～〔操作5〕を行った。なお，沈殿として分離した金属イオンは，ろ液から完全に除去されているとする。

- 〔操作1〕 試料水溶液に硫化水素を通じたところ，黒色の沈殿 **A** が生じた。沈殿 **A** をろ過して取り出し，希硝酸に溶かした。これに十分な量のアンモニア水を加えると，(a)溶液の色が濃青色になった。
- 〔操作2〕 〔操作1〕の沈殿 **A** をろ過したろ液を煮沸し，硫化水素を完全に追い出した。その後，(b)適当量の硝酸を加え，これに十分な量のアンモニア水を加えたところ，赤褐色の沈殿が生じた。
- 〔操作3〕 〔操作2〕の赤褐色の沈殿をろ過して取り出し，塩酸で溶かした。これに濃い水酸化ナトリウム水溶液を加えたところ，(c)赤褐色の沈殿 **B** が生じた。 この沈殿 **B** をろ過したろ液を塩酸で酸性にし，さらにアンモニア水を加えたところ，白色の沈殿 **C** が生じた。
- 〔操作4〕 〔操作2〕の赤褐色の沈殿をろ過したろ液に硫化水素を通じたところ，沈殿は生じなかった。
- 〔操作5〕 〔操作4〕を経た溶液に炭酸アンモニウム水溶液を加えたところ，(d)白色の沈殿 **D** が生じた。

- (1) 文中の沈殿 **A**～沈殿 **D** の化学式を記しなさい。
- (2) 下線部(a)で濃青色を示すイオンをイオン式で記しなさい。
- (3) 下線部(b)の操作で，硝酸の役割として最も適するものを次の①～④から選び，番号を記しなさい。  
① 還元剤      ② 酸化剤      ③ 中和剤      ④ 触媒
- (4) 下線部(c)の沈殿 **B** を塩酸に溶かし，ヘキサシアニド鉄(II)酸カリウム溶液を加えたところ，沈殿が生じた。この沈殿の色として最も適するものを次の①～⑤から選び，番号を記しなさい。  
① 赤      ② 青      ③ 黄      ④ 緑      ⑤ 黒
- (5) 下線部(d)の沈殿 **D** をろ過して取り出し，完全に乾燥させてから秤量したところ  $0.25 \text{ g}$  であった。この結果から，〔操作1〕で用いた試料水溶液の体積を有効数字2桁で記しなさい。計算過程も記しなさい。

問2 次の文章を読み、下の(1)～(8)の問いに答えなさい。

元素の周期表の中で、**ア**族の元素をハロゲンとよぶ。(a)これらの元素の原子は一価の陰イオンになりやすく、ハロゲンの単体はすべて常温、常圧付近では二原子分子である。ハロゲンの単体は、原子番号が大きいほど融点や沸点が**イ**。

(b)フッ素は水と激しく反応し、フッ化水素を生じる。フッ化水素の水溶液は(c)フッ化水素酸(フッ酸)とよばれ、**ウ**酸性を示す。フッ化水素酸はフッ素化合物の原料に用いられる。

塩素は水に少し溶け、その一部が水と反応し、塩化水素と化合物**A**が生成する。(d)塩化水素の水溶液は塩酸とよばれる。塩化水素と気体のアンモニアを反応させると、(e)白煙が生じる。

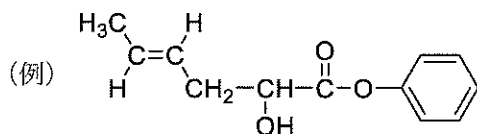
ハロゲン化物イオンを含む水溶液に銀イオンを加えるとハロゲン化銀が得られるが、**エ**以外のハロゲン化銀は水に溶けにくいため沈殿を生じる。また、(f)ヨウ化物イオンを含む水溶液に単体の塩素を通じると単体のヨウ素を生じる。

- (1) 空欄**ア**～**エ**それぞれにあてはまる適切な数値、または語句を記しなさい。なお、空欄**ウ**には「強」または「弱」のいずれかを記しなさい。
- (2) 下線部(a)の理由を、ハロゲン原子の電子配置の特徴と関連づけて50字以内で記しなさい。ただし、句読点も字数に含めるものとする。
- (3) 下線部(b)の反応を化学反応式で記しなさい。
- (4) 下線部(c)のフッ化水素酸を保存するには、ガラスの容器は適さない。その理由を30字以内で記しなさい。ただし、句読点も字数に含めるものとする。
- (5) 化合物**A**の化学式を記しなさい。
- (6) 下線部(d)に関連して、質量パーセント濃度が37.0%で、密度が $1.19 \text{ g/cm}^3$ の塩酸のモル濃度を求め、有効数字2桁で記しなさい。計算過程も記しなさい。
- (7) 下線部(e)の化合物を化学式で記しなさい。
- (8) 下線部(f)の理由を30字以内で記しなさい。ただし、句読点も字数に含めるものとする。

# 第4問

次の問い(問1, 問2)に答えなさい。必要ならば, 次の原子量を使うこと。また, 化合物の構造式は, 次の例を参考にして記しなさい。

H 1.0      C 12      O 16



問1 次の文章を読み, 下の(1)～(6)の問いに答えなさい。

ベンゼンは **ア** の分子式をもち, すべての炭素原子が含まれる環を形成して, 各炭素原子に水素原子が1個ずつ結合した構造をしており, (a)分子中のすべての原子が同一平面上にある。このような環状の炭素骨格をベンゼン環という。ベンゼン環をもつ炭化水素を **イ** 炭化水素といい, ベンゼンの水素原子1つがメチル基で置換された **ウ**, 水素原子2つがメチル基で置換された **エ** や, 2個のベンゼン環が環内の炭素-炭素結合を共有する **オ** などがある。ベンゼンはアルケンと同様に分子中に二重結合をもつように描かれるが, (b)アルケンでは付加反応が, ベンゼンでは置換反応がそれぞれ進行しやすい。そのため, ベンゼンを(c)ニトロ化すると(d)ニトロベンゼンが, (e)スルホン化するとベンゼンスルホン酸がそれぞれ得られる。

- (1) 空欄 **ア** に適切な分子式を記しなさい。また, 空欄 **イ** ～ **オ** それぞれにあてはまる適切な語句あるいは物質名を記しなさい。
- (2) 下線部(a)にあてはまる化合物を次の①～⑤からすべて選び, 番号を記しなさい。  
 ① シクロヘキサン      ② エタン      ③ 二酸化炭素  
 ④ ホルムアルデヒド      ⑤ プロピレン
- (3) **エ** の構造異性体のうち, ベンゼン環をもつ4つの化合物の構造式を記しなさい。
- (4) 塩素  $\text{Cl}_2$  がエチレンおよびベンゼンと下線部(b)のように反応したときに得られる化合物の構造式をそれぞれ記しなさい。
- (5) 下線部(c)および(e)のそれぞれの反応に必要な試薬を次の①～⑦からすべて選び, 番号を記しなさい。  
 ① 水酸化ナトリウム      ② アンモニア      ③ 亜硝酸ナトリウム  
 ④ 濃硫酸      ⑤ 濃硝酸      ⑥ 二酸化炭素  
 ⑦ スズ
- (6) 下線部(d)の化合物の構造式を記しなさい。



問2 次の文章を読み、下の(1)～(6)の問いに答えなさい。

化合物 **A** は  $C_6H_{14}O_2$  の分子式をもち、(a)1.0 mol の化合物 **A** は単体のナトリウムと反応して、最大で 1.0 mol の水素を発生する。 化合物 **A** を酸化剤と反応させると、(b)1 種類の官能基のみをもつ化合物 **B** を生じた。 化合物 **B** に炭酸水素ナトリウムの水溶液を加えると、気泡が発生した。化合物 **B** と十分な量のエタノールとの混合物を、少量の濃硫酸の存在下に加熱すると化合物 **C** が得られた。一方、化合物 **B** を加熱すると分子内脱水によって六員環構造（6 個の原子が環をつくっている構造）をもつ化合物 **D** が生成した。化合物 **D** をアニリンと反応させると開環して化合物 **E** となった。化合物 **A**～**D** はいずれも不斉炭素原子をもたないが、化合物 **E** は不斉炭素原子をもっていた。

- (1) 5.90 g の化合物 **A** を 480 g のベンゼンに溶解した溶液の凝固点を求め、小数第 1 位まで記しなさい。ただし、ベンゼンの凝固点は  $5.53\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、モル凝固点降下は  $5.12\text{ K}\cdot\text{kg/mol}$  とする。
- (2) 化合物 **A** の分子式と下線部(a)から、化合物 **A** に含まれる官能基を推定し、その名称を記しなさい。また、1 分子中に含まれるその官能基の数を記しなさい。
- (3) 下線部(b)に示した官能基の名称を記しなさい。
- (4) 化合物 **A** において、(2) の官能基をもつすべての炭素原子に結合している水素原子の総数を記しなさい。
- (5) 化合物 **A** と同数の炭素原子をもつアルカンの、すべての構造異性体の構造式を記しなさい。
- (6) 化合物 **A**～**E** の構造式を記しなさい。

# 第5問

次の文章を読み、下の(1)～(8)の問いに答えなさい。必要ならば、次の原子量を使うこと。また、化合物の構造式は、次の例を参考にして記しなさい。

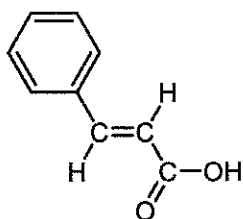
H 1.0

C 12

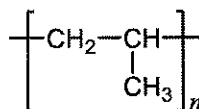
N 14

O 16

S 32



(例1)



(例2)

高分子化合物には合成高分子と天然高分子がある。合成高分子の代表例としては、ビニル化合物  $\text{CH}_2=\text{CHX}$  (X は炭化水素基、または官能基) の **ア** 重合により合成される一連の高分子化合物がある。これらの高分子化合物は、<sup>(a)</sup>熱を加えると軟化し、冷却すると硬化する性質を示すものが多い。また、含まれる炭化水素基や官能基の種類によって様々な用途に用いることができる。

<sup>(b)</sup>ポリビニルアルコールは、ポリ酢酸ビニルの **イ** 反応により得られる。ポリ酢酸ビニルの単量体である酢酸ビニルは、酢酸亜鉛存在下、**A** と酢酸との反応により得られる。硫酸水銀(II)存在下、酢酸のかわりに水を **A** と反応させると、不安定な中間生成物の **B** が生じ、直ちに安定な **C** になる。**C** はヨードホルム反応を示す。**A** の重合体には、ヨウ素を加えると金属並みに電気を通す高分子化合物がある。このような性質を持つ高分子化合物を **ウ** 性高分子と呼ぶ。スルホ基( $-\text{SO}_3\text{H}$ )を含む高分子化合物は、<sup>(c)</sup>溶液中に存在する陽イオンをとり換えるはたらきを持つ樹脂として用いられる。

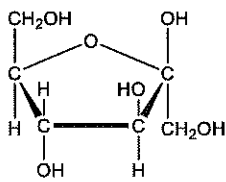
一方、縮合重合により合成される高分子化合物としては、アミド結合でつながったポリアミドや **エ** 結合でつながったポリエステルがある。ポリアミドの例としては、<sup>(d)</sup>ヘキサメチレンジアミンとアジピン酸の重合反応によって得られるナイロン66がある。ポリエステルの例としては、エチレングリコールと **オ** の重合反応によって得られるポリエチレンテレフタレート (PET) がある。

天然高分子の代表例としては、生物の細胞に存在する核酸がある。核酸の単量体を **カ** といい、リン酸、糖、核酸塩基から構成されている。核酸には、<sup>(e)</sup>糖部分がリボースであるリボ核酸 (RNA) とデオキシリボースであるデオキシリボ核酸 (DNA) がある。DNA は通常、2本の高分子鎖が特定の塩基対を形成して巻き合わさり、**キ** 構造を形成する。

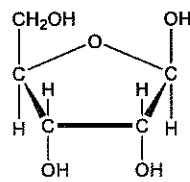
- (1) 空欄 **ア** ～ **キ** それぞれにあてはまる適切な語句を記しなさい。
- (2) 空欄 **A** ～ **C** それぞれにあてはまる化合物の構造式を記しなさい。
- (3) 下線部(a)に関して、このような性質の名称を記しなさい。
- (4) 下線部(b)に関して、ポリビニルアルコールをホルムアルデヒドでアセタール化すると生成する高分子化合物の名称を記しなさい。また、ポリビニルアルコール 88 g の官能基の 20% をホルムアルデヒドでアセタール化したとき、得られる高分子化合物の質量を有効数字 2 桁で記しなさい。

- (5) 下線部(c)に関して、このような性質を持つ樹脂の名称を記しなさい。
- (6) 下線部(c)に関して、スルホ基を含む高分子化合物を詰めた円筒（カラム）に、濃度不明の塩化ナトリウム水溶液 5.0 mL を通し、純水で完全に洗浄したところ、ナトリウムイオンを含まない流出液が得られた。流出液を過不足なく中和するのに、0.25 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 10 mL を要した。もとの塩化ナトリウム水溶液の濃度を有効数字 2 桁で記しなさい。
- (7) 下線部(d)の反応を、構造式を用いた化学反応式で記しなさい。また、分子量  $4.5 \times 10^4$  のナイロン 66 の一分子中にあるアミド結合の数を有効数字 2 桁で記しなさい。
- (8) 下線部(e)に関して、デオキシリボースの構造式を①～④から選び、番号を記しなさい。

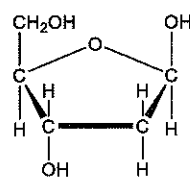
①



②



③



④

