

2023 年 度

# 問題冊子

| 教 科 | 科 目 | ページ数 |
|-----|-----|------|
| 理 科 | 化 学 | 10   |

試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。

## 解答の書き方

1. 解答は、すべて別紙解答用紙の所定欄に、はっきりと記入すること。
2. 解答を訂正する場合には、きれいに消してから記入すること。
3. 解答用紙には、解答、志望学部及び受験番号のほかは、いっさい記入しないこと。

## 注 意 事 項

1. 試験開始の合図の後、すべて(5枚)の解答用紙に志望学部及び受験番号を必ず記入すること。
2. 理科の選択科目は、出願時に選択したものと異なるものについて解答してはいけない。
3. 下書き用紙は、片面だけ使用すること。
4. 試験終了時には、解答用紙を必ずページ順に重ね、机の上に置くこと。解答用紙は、解答していないものも含め、すべて(5枚)を回収する。
5. 試験終了後、問題冊子及び下書き用紙は持ち帰ること。



必要があれば、次の値を使うこと。

H 1.0      C 12.0      N 14.0      O 16.0      Al 27.0

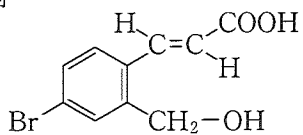
Fe 55.9

$\log_{10}2.0 = 0.30$        $\log_{10}3.0 = 0.48$        $\log_{10}5.0 = 0.70$

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

有機化合物の構造式は、以下の例にならって示すこと。

例



〔 I 〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。

周期表の(ア)族に属する元素をハロゲンという。ハロゲン原子は、いずれも(イ)個の価電子を持ち、電子(ウ)個を取り入れて(ウ)価の陰イオンになりやすい。

ハロゲンの単体は、いずれも二原子分子からなり、他の物質から電子を奪う力が大きいので、酸化力が強い。酸化力は原子番号の(エ)ものほど大きい。

単体の塩素は、塩化ナトリウム水溶液を電気分解するとき、(オ)極から発生する。また、酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加えて加熱して発生させる方法がある。<sup>①</sup>このとき、発生する気体には(カ)が含まれているので、水を通してこれを除く。その後、(キ)を除くために濃硫酸を通した後、下方置換で捕集する。

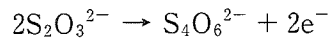
単体のヨウ素は、(ク)色の昇華性の固体で、水に溶けにくい。無色のヨウ化カリウム水溶液に塩素  $\text{Cl}_2$  を加えると水溶液が褐色になる。<sup>②</sup>

問 1 文章中の(ア)～(ウ)に、適切な数字を入れなさい。

問 2 文章中の(エ)～(ク)に、適切な語句を入れなさい。

問 3 下線部①と②に示した反応について、化学反応式を示しなさい。

問 4 濃度のわからない過酸化水素水 100 mL に、過剰のヨウ化カリウムの硫酸酸性水溶液を加えたところ、ヨウ素が遊離した。この遊離したヨウ素を  $1.0 \times 10^{-1}$  mol/L のチオ硫酸ナトリウム  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  水溶液でデンプンを指示薬として滴定したところ、20 mL を加えたときに溶液の色が変化した。このとき、チオ硫酸イオンは次のように反応する。



- (1) 下線部③に示した反応について、化学反応式を示しなさい。
- (2) 下線部④について、どのように色が変わるのか答えなさい。
- (3) 過酸化水素の濃度 (mol/L) を有効数字 2 桁で求めなさい。なお、計算過程も示しなさい。

〔Ⅱ〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。なお、気体は理想気体としてふるまい、溶液への吸収は無視できるとする。また、数値を解答する場合は、有効数字3桁で答えなさい。

地殻中にもっとも多く存在する元素は酸素である。ケイ素はその次に豊富に存在する元素であるが、その単体は自然界に存在せず、例えば二酸化ケイ素を電気炉内で融解し、炭素を用いて還元してつくる。ケイ素の単体は、<sup>①</sup>ダイヤモンドと同じ正四面体構造をもつ(ア)結晶を形成する。また高純度の単体は、電気伝導性について(イ)の性質を示すことから、コンピュータの部品や太陽電池などの材料に用いられる。

アルミニウムは、地殻中に三番目に多く存在する元素である。その単体は、原料鉱石である(ウ)を処理して得られる酸化アルミニウムを、炭素電極を用いて熔融塩電解することで得られる。またアルミニウムの単体は、酸とも強塩基とも反応して気体を発生する。一方、アルミニウムと酸化鉄(Ⅲ)の粉末を混ぜて点火すると、激しく反応して融解した鉄の単体が生じる。<sup>④</sup>この反応は一般に(エ)反応とよばれ、レールの溶接などに利用される。

問 1 (ア)～(エ)に適切な語句を答えなさい。

問 2 下線部①に示した化学反応について、化学反応式を示しなさい。

問 3 ある条件下で下線部②に示した熔融塩電解を行ったところ、片方の炭素電極から CO と CO<sub>2</sub> が 1.00 : 4.00 の体積比で生成した。以下の問いに答えなさい。

(1) 陰極で進行する反応について、半反応式を示しなさい。

(2) アルミニウムの単体 81.0 g が得られる際、CO と CO<sub>2</sub> の生成に伴って消費される炭素電極の炭素の質量(g)を答えなさい。なお、計算過程も示しなさい。

問 4 下線部③に示した化学反応について、以下の問いに答えなさい。

- (1) アルミニウムの単体 81.0 g と塩酸を完全に反応させた場合に発生する気体の物質質量 (mol) を答えなさい。
- (2) アルミニウムの単体と水酸化ナトリウム水溶液の化学反応について、化学反応式を示しなさい。

問 5 下線部④に示した化学反応について、以下の問いに答えなさい。

- (1) 化学反応式を示しなさい。
- (2) この反応により 1.00 mol の鉄の単体が生成する場合の反応熱 (kJ) を答えなさい。なお、計算過程も示しなさい。ただし、酸化鉄(Ⅲ) ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (固)) および酸化アルミニウム ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  (固)) の生成熱は、それぞれ 826 kJ/mol, 1676 kJ/mol であるとする。

〔Ⅲ〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。計算問題については計算過程も示しなさい。

電解質 AB の電離平衡に関する反応は式 1 のようになり、この物質が酸であればその電離定数  $K_a$  (mol/L) は式 2 のように示される。



$$\textcircled{1} \quad K_a = \frac{\quad}{\quad} \quad (\text{式 2})$$

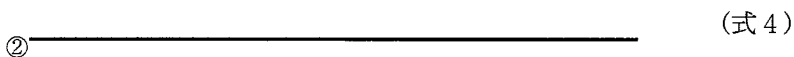
今、反応が起こる前の初濃度を  $c$  (mol/L)、電離度を  $\alpha$  とすると、電離平衡が進行する時の各物質の濃度は以下のように表すことができる。

|     | AB (mol/L) | A <sup>+</sup> (mol/L) | B <sup>-</sup> (mol/L) |
|-----|------------|------------------------|------------------------|
| 電離前 | ( ア )      | ( イ )                  | ( ウ )                  |
| 平衡時 | ( エ )      | ( オ )                  | ( カ )                  |

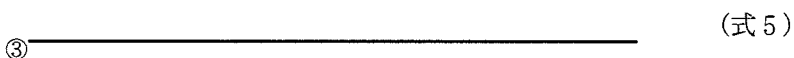
また、酸・塩基水溶液では水素イオン濃度が大きく変化し、常用対数を用いた以下の式 3 によって酸性・塩基性の程度を表す pH が算出できる。

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+] \quad (\text{式 3})$$

弱酸とその塩の混合水溶液は、少量の酸や塩基が添加されたとしても pH をほぼ一定に保つ作用があり、このような水溶液を ( キ ) という。例えば、酢酸は水溶液中で以下のような電離平衡を示す。



この酢酸水溶液に酢酸ナトリウムを添加すると、酢酸ナトリウムは以下のようにほぼ完全に電離する。





したがって、この混合水溶液中では(ク)が増加するため、式4に示した酢酸の電離平衡は(ケ)方向に進み、水溶液中には多量の(ク)と(コ)が存在することになる。

問 1 (ア)～(コ)に適切な数値および語句を入れなさい。

問 2 電離定数を表す下線①(式2)を完成させなさい。また式4(下線②)の電離平衡と式5(下線③)の電離を示す反応式を示しなさい。

問 3 0.10 mol/L の酢酸水溶液の電離度は 25 °C で 0.016 である。酢酸の電離定数  $K_a$  を求め、有効数字 2 桁で答えなさい。

問 4  $2.0 \times 10^{-3}$  mol/L の塩酸の pH を小数第 1 位まで求めなさい。ただし塩酸は強電解質で、完全に電離するものとする。

問 5 下線④の混合水溶液に少量の酸あるいは塩基が添加された場合、どのような反応により pH がほぼ一定に保たれるのか説明しなさい。

〔IV〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。

芳香族化合物(A)は、以下の操作により工業的に製造される。

操作1. ベンゼンと、アルケンである化合物(B)を触媒下で反応させ、化合物(C)を得る。

操作2. 化合物(C)を空气中で酸化させることで、化合物(D)を得る。

操作3. 化合物(D)を希硫酸で分解することで、芳香族化合物(A)と有機溶剤として有用な化合物(E)を得る。

問1 (A)～(E)の名称と構造式を答えなさい。

問2 ここで示された芳香族化合物(A)の製造法の名称を答えなさい。

問3 芳香族化合物(A)の水溶液は酸性を示す。以下の(ア)～(エ)で示す物質の「酸の強さ」の順を、不等号を用いて答えなさい。(例：ア > イ > …)

(ア) 芳香族化合物(A)

(イ) 硫酸

(ウ) 炭酸

(エ) 酢酸

問4 化合物(F)、(G)、(H)、(I)、(J)は、いずれもベンゼン環を有する分子式 $C_7H_8O$ の芳香族化合物である。化合物(G)以外はナトリウムと反応し、気体が発生した。化合物(H)、(I)、(J)の水溶液は酸性を示した。また、化合物(H)のベンゼン環の水素原子1個を塩素原子に置換したところ、2種類①の化合物が生成した。

(1) 化合物(F)と(H)の構造式をそれぞれ書きなさい。

(2) 下線部①で発生した気体の名称を答えなさい。

(3) 塩化鉄(Ⅲ)水溶液により呈色しない化合物を(F)～(J)の中から全て選び、答えなさい。

試験問題は次に続く。

〔V〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。計算問題については計算過程も示しなさい。

アミノ酸は分子内にアミノ基とカルボキシ基を持つ物質で、水溶液中の pH によって異なる電荷を持つ（ア）イオンである。アミノ酸水溶液中の pH を変化させ、分子全体の電荷が 0 となる pH をそのアミノ酸の（イ）という。同一の炭素原子にアミノ基とカルボキシ基が結合しているアミノ酸を  $\alpha$ -アミノ酸と呼ぶ。 $\alpha$ -アミノ酸のうち、グリシンを除く全てに（ウ）原子があり鏡像異性体が存在する。タンパク質は、 $\alpha$ -アミノ酸で構成されており、 $\alpha$ -アミノ酸の分子間で（エ）結合により連結されている。

問 1 （ア）～（エ）に適切な語句を記載しなさい。

問 2 アラニン  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$  の水溶液が pH 1 および pH 13 の時に、最も多く存在するイオンの構造式をそれぞれ書きなさい。

問 3 アラニン 1 分子とグリシン 1 分子が（エ）結合を形成した分子の構造式を書きなさい。ただし、アラニンのアミノ基は未反応のまま残存しているとす。

問 4 タンパク質を構成するアミノ酸の特徴を知るために、(1)～(3)の反応を行った。それぞれの反応は、タンパク質に含まれるどのようなアミノ酸と反応して起こったのかを下記の5つの中から選び、(a)～(e)の記号で答えなさい。

- |                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| (a) すべてのアミノ酸, (b) グリシンとアラニン,<br>(c) フェニルアラニンとチロシン, (d) システインとメチオニン,<br>(e) アスパラギン酸とグルタミン酸 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|

- (1) タンパク質水溶液に濃硝酸を加えて加熱すると黄色になった。
- (2) タンパク質水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱後、酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加えると黒色沈殿を生じた。
- (3) タンパク質を加水分解して得た水溶液にニンヒドリン水溶液を加えて加熱すると赤紫～青紫色になった。

問 5 卵に含まれるタンパク質の含有量を求めるために、卵 10.0 g を分解して、タンパク質中の窒素をすべてアンモニア  $\text{NH}_3$  に変え、発生したアンモニアを 1.00 mol/L の硫酸水溶液 25.0 mL に吸収させた。残った硫酸を中和するのに、1.00 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を 15.0 mL 要した。

- (1) 発生するアンモニアの質量(g)を有効数字 3 桁で求めなさい。
- (2) タンパク質には窒素が質量パーセントで 16 % 含まれるものとして、卵 10.0 g に含まれるタンパク質の質量(g)を有効数字 2 桁で求めなさい。





