

令和5年度

長崎県立大学 一般選抜（前期日程）入学試験

化学基礎・化学

(90分)

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. この問題冊子の最終ページは、11ページです。
試験開始後に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
3. 解答用紙は、4枚あります。
監督者の指示に従って、解答用紙すべてに受験番号と氏名を正しく記入してください。
4. 解答は、問題ごとに、解答用紙の所定の欄に記入してください。
5. 問題冊子には白紙のページがありますので、下書き用紙として利用してください。
6. 問題冊子は持ち帰ってください。

〔注意〕

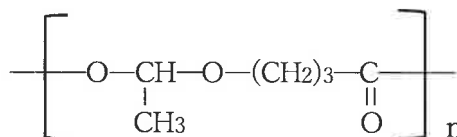
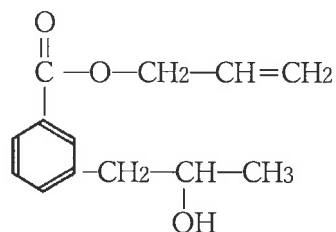
1. 計算に必要な場合は次の数値を用いなさい。

原子量：H=1.0 C=12.0 N=14.0 O=16.0 Na=23.0 Al=27.0 S=32.0 Cl=35.5

ファラデー定数：F = 9.65×10^4 C/mol 水のモル凝固点降下度：K_f=1.86 K・kg/mol

標準状態の気体 1mol の体積：22.4 L

2. 構造式の記入例



第1問 次の〔1〕、〔2〕に答えなさい。

- 〔1〕 原子に関する次の文を読み、問1から問4に答えなさい。

原子は、その中心に存在する(ア)とそれを取り巻く電子からなり、(ア)は陽子と中性子からできている。また電子はいくつかの層に分かれて存在し、その層のことを(イ)といい、電子は原則的に内側の(イ)から順に入っていく。原子には、陽子数が同じで質量数の異なるものが存在し、この原子どうしのことを(ウ)という。一方、ダイヤモンドと黒鉛(グラファイト)のように同じ元素からなる物質で性質の異なる物質どうしのことを(エ)という。多くの原子はそのままの電子配置では不安定なため、周期表の(オ)族元素の安定な電子配置を取ろうと、電子を放出したり、受け取ったり、あるいは他の原子と共有したりする。

問1 文中の空欄(ア)～(オ)に適する語句等を答えなさい。

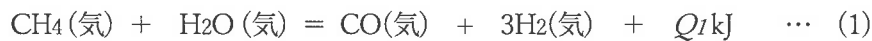
問2 臭素に質量数が79(相対質量78.9)と質量数81(相対質量80.9)の臭素原子が存在し、その存在率がそれぞれ51.0%および49.0%であるとき、臭素の原子量を求めなさい。小数第2位を四捨五入し、小数第1位まで答えなさい。

問3 水素に質量数1および2の2種類の水素原子が、酸素に質量数が16、17、18の3種類の酸素原子が存在するとき何種類の水分子が存在するか。その数を答えなさい。

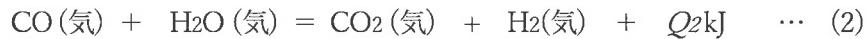
問4 文中の下線部のダイヤモンドと黒鉛（グラファイト）はともに炭素原子からなる物質どうしであるが、炭素原子の結合の状態が異なるためその性質に違いが生じている。この2つの物質の結合の状態の違いを簡潔に述べなさい。

[2] アンモニア合成などに使用される多量の水素を工業的に製造する方法の1つに、炭化水素と水蒸気を反応させる水蒸気改質があり、炭化水素としてメタンを使用する場合を水蒸気メタン改質という。このことに関する次の文を読み、問5から問7に答えなさい。

水蒸気メタン改質は高温でメタンと水蒸気を反応させ一酸化炭素と水素を得る方法で、このときの熱化学方程式は次の(1)式で表わされる。



さらに生成した一酸化炭素と水蒸気を反応させると、二酸化炭素と水素が得られる。このときの熱化学方程式は次の(2)式で表わされる。



また、 $\text{CH}_4(\text{気})$ および $\text{H}_2\text{O}(\text{気})$ の生成熱はそれぞれ $+75\text{kJ/mol}$ 、 $+242\text{kJ/mol}$ 、 $\text{C}(\text{黒鉛})$ および $\text{CO}(\text{気})$ の燃焼熱はそれぞれ $+394\text{kJ/mol}$ 、 $+283\text{kJ/mol}$ である。

問5 (1)式に続き(2)式の反応を連続して行ったら、標準状態で14.0Lのメタンから得られる水素の物質量を有効数字2桁で答えなさい。

問6 一酸化炭素の生成熱を表わす熱化学方程式を記しなさい。

問7 (1)式および(2)式の熱化学方程式の熱量 $Q_1\text{kJ}$ 、 $Q_2\text{kJ}$ を答えなさい。また、解答欄には計算過程も記すこと。

第2問 次の[1]、[2]に答えなさい。

[1] 溶液に関する問1から問3に答えなさい。

問1 117gの塩化ナトリウムを水540gに完全に溶かしたとき、水溶液中で1個のナトリウムイオンは4個の水分子に、1個の塩化物イオンは3個の水分子にそれぞれ取り囲まれていたと仮定する。このとき、ナトリウムイオンと塩化物イオンを(A)取り囲んでいる水分子の数と(B)取り囲んでいない水分子の数の比(A) : (B)を最も簡単な整数比で答えなさい。

問2 いずれも濃度が0.10 mol/kgの塩化ナトリウム水溶液とグルコース水溶液について、大気圧 1.01×10^5 Paにおける沸点と温度100°Cにおける水溶液の蒸気圧に関する次の(ア)～(カ)の記述のなかで、最も適切なものを1つ選びその符号を記しなさい。

(ア)どちらの沸点も純水の沸点より高く、100°Cの蒸気圧はグルコース水溶液より塩化ナトリウム水溶液の方が高い。

(イ)どちらの沸点も純水の沸点より高く、100°Cの蒸気圧はいずれも同じである。

(ウ)どちらの沸点も純水の沸点より高く、100°Cの蒸気圧は塩化ナトリウム水溶液よりグルコース水溶液の方が高い。

(エ)どちらの沸点も純水の沸点より低く、100°Cの蒸気圧はグルコース水溶液より塩化ナトリウム水溶液の方が高い。

(オ)どちらの沸点も純水の沸点より低く、100°Cの蒸気圧はいずれも同じである。

(カ)どちらの沸点も純水の沸点より低く、100°Cの蒸気圧は塩化ナトリウム水溶液よりグルコース水溶液の方が高い。

問3 図1のグラフXは純水を、グラフYは水に不揮発性の非電解質物質Mを溶かした水溶液をそれぞれ冷却したときの冷却曲線である。このことについて、(1)～(5)に答えなさい。

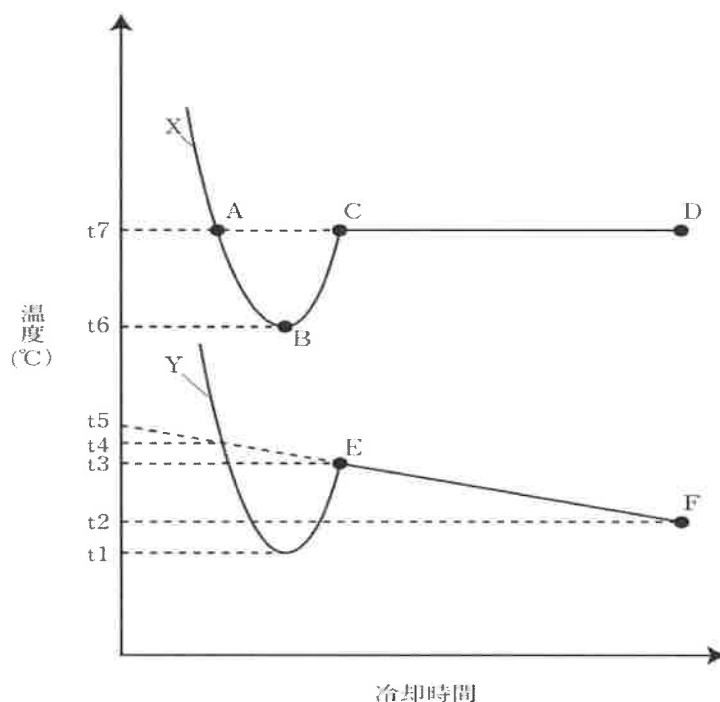


図1

- (1) グラフXにおいて水の凝固が始まる点をA～Dより選び、その記号を答えなさい。
- (2) グラフYで示される水溶液の凝固点(°C)をt1～t5より選び、その記号を答えなさい。
- (3) グラフYではE～F間が右下がりになっている。その理由を簡潔に答えなさい。
- (4) グラフYは0.88gの非電解質物質Mを水30gに溶かした水溶液のもので、この水溶液の凝固点は -0.16°C であった。非電解質物質Mの分子量を整数で答えなさい。また、解答欄には計算過程も記すこと。
- (5) このように水溶液などの凝固点を測定することにより溶質の分子量や式量を求めることができる。実際に実験室で分子量測定を行う場合、一般的に、溶質が高分子化合物と予想されるときには、溶質が水溶性であっても凝固点測定より浸透圧測定を用いることが多い。その理由を下の語句を使って簡潔に答えなさい。

語句 【 分子量 濃度 測定 】

〔2〕 反応速度および化学平衡に関する次の記述を読み、問4から問7に答えなさい。

ある温度で反応容器に気体の水素と気体のヨウ素を入れたところ、(1)式のように反応して気体のヨウ化水素が生成した。



この反応の反応速度 v は、ある短い一定時間 Δt に変化した水素のモル濃度 $\Delta [\text{H}_2]$ ($\Delta [\text{H}_2] < 0$) を用いて次のように表わすことができる。

$$v = - \frac{\Delta [\text{H}_2]}{\Delta t}$$

一方、生成物質であるヨウ化水素に着目すると、同じ短い一定時間 Δt に変化したヨウ化水素のモル濃度 $\Delta [\text{HI}]$ ($\Delta [\text{HI}] > 0$) を用いて反応速度 v' は次のように表わすことができる。

$$v' = \frac{\Delta [\text{HI}]}{\Delta t}$$

このとき、反応速度 v と v' は次のような関係にある。

$$v' = \quad \text{【 ア 】}$$

また、温度を $T(\text{K})$ に保ち内容積一定の反応容器に気体の水素とヨウ素を 2.5mol ずつ入れたところ、しばらくして(2)式の平衡状態に達し、気体のヨウ化水素が 4.0mol 生成した。



(2)式の平衡状態における水素、ヨウ素、ヨウ化水素のモル濃度(mol/L)をそれぞれ $[\text{H}_2]$ 、 $[\text{I}_2]$ 、 $[\text{HI}]$ で表わすと、次の関係式が成り立つ。

$$k_c = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]}$$

このとき、 k_c を濃度平衡定数といい、温度により一定の値となる。

また、(2)式のように化学平衡に関与する物質がすべて気体の場合は、濃度平衡定数以外にも成分気体の分圧から求めた平衡定数を用いることができる。たとえば、(2)式の平衡状態における水素、ヨウ素、ヨウ化水素の分圧をそれぞれ P_{H_2} 、 P_{I_2} 、 P_{HI} とすると、次の関係式が成り立つ。

$$k_p = \frac{(P_{\text{HI}})^2}{(P_{\text{H}_2})(P_{\text{I}_2})}$$

このとき、 k_p を圧平衡定数といい、温度により一定の値となる。

問4 文中の空欄【 ア 】に適する文字式を v を用いて記しなさい。

問5 反応物質 A と B が反応して生成物質 C が生成する反応がある。この反応では、 $t^{\circ}\text{C}$ において A のモル濃度だけを 2 倍にすると C の生成速度は 2 倍になり、B のモル濃度だけを 0.50 倍にすると C の生成速度は 0.25 倍になった。 $t^{\circ}\text{C}$ において A と B のモル濃度をともに 3 倍にすると C の生成速度はもとの何倍になるか答えなさい。

問6 温度 $T(\text{K})$ における(2)式の濃度平衡定数 k_c の値を有効数字 2 桁で答えなさい。また、解答欄には計算過程も記すこと。

問7 ある温度で、ピストンつきで内容積可変の反応容器に気体の四酸化二窒素を $n(\text{mol})$ 入れたところ、容器内の圧力は $1.0 \times 10^5 \text{Pa}$ を示した。しばらくの間、容器内の温度と圧力を一定に保っていると、四酸化二窒素の一部が解離し次の(3)式の平衡状態に達した。



平衡状態に達したとき、最初に入れた四酸化二窒素の 60%が解離したとして、次の①～②に答えなさい。

①平衡状態に達したとき、容器内の四酸化二窒素と二酸化窒素の圧力(分圧)の比を最も簡単な整数比で答えなさい。また、解答欄には計算過程も記すこと。

②この温度における(3)式の圧平衡定数を有効数字 2 桁で答えなさい。また、単位がある場合は単位も答えなさい。解答欄には計算過程も記すこと。

第3問 次の[1]、[2]、[3]に答えなさい。

[1] アルミニウムに関する次の記述を読み、問1から問5に答えなさい。

単体のアルミニウムは(①)色の軽くてやわらかい金属で、薄く広げて箔にすることができる性質の(②)や、長く引きのばされる性質の(③)に富む。また、熱や電気の良導体で加工しやすいため、家庭用品や建築材料、(a)合金の材料などに多量に使われている。

単体のアルミニウムを空气中に放置したり、濃硝酸に入れたりすると(④)になる。特に、アルミニウム製品の表面を人工的に酸化させて酸化被膜をつくったものを(⑤)という。

また、単体の(b)アルミニウムは酸の水溶液とも塩基の水溶液とも反応する(⑥)元素である。アルミニウムの粉末と酸化鉄(Ⅲ)との混合物を(⑦)といい、これにマグネシウムリボンをさし込んで点火すると、激しく反応し融解した鉄が遊離してくる。

硫酸アルミニウムと硫酸カリウムの混合水溶液から得られる正八面体の結晶をした(c)ミョウバンは、水に溶かすと硫酸アルミニウムと硫酸カリウムの混合水溶液と同じ種類のイオンを生じる。このような塩を(⑧)という。

アルミニウムの単体は、酸化アルミニウムを主成分とする鋳石の(⑨)を精製して純粋な酸化アルミニウム(アルミナ)をつくり、これを加熱融解した(⑩)に溶かし、炭素電極を用いて(d)融解塩電解で得られる。この工業的製法では多量の電力を必要とするが、リサイクルでアルミニウムを得る際にはこれに比べ少ない電力でよい。

問1 文中の空欄(①)～(⑩)に適する語句、物質名等を答えなさい。

問2 文中の下線部(a)合金について、アルミニウムと銅やマグネシウムなどの合金で、軽くて強度が強く航空機の機体やアタッシュケースなどに使われる合金を何というか。

問3 文中の下線部(b)について、アルミニウムと水酸化ナトリウム水溶液の反応を化学反応式で記しなさい。

問4 文中の下線部(c)ミョウバン(硫酸カリウムアルミニウム十二水和物)の化学式を記しなさい。

問5 文中の下線部(d)融解塩電解では、最終的にアルミニウムイオンが電子を受け取り融解状態のアルミニウムが得られる。アルミニウムイオンから $1.0 \times 10^3 \text{ kg}$ のアルミニウムを得るのに必要な電気量(C)を有効数字2桁で答えなさい。また、解答欄には計算過程も記すこと。

[2] 下の(ア)～(カ)は実験室で気体を発生させる方法である。このことについて、問6から問8に答えなさい。

- (ア) 亜鉛に希塩酸を加える。
- (イ) 炭酸カルシウムに希塩酸を加える。
- (ウ) 塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物を加熱する。
- (エ) 銅に濃硝酸を加える。
- (オ) 硫化鉄(II)に希硫酸を加える。
- (カ) 亜硫酸水素ナトリウムに希硫酸を加える。

問6 空気より軽い気体が発生する反応をすべて選び、その符号を答えなさい。ただし、空気は窒素と酸素が物質質量比4:1でできているものとする。

問7 (イ)および(エ)の反応をそれぞれ化学反応式で記しなさい。

問8 (オ)で発生する気体と(カ)で発生する気体が反応するときの化学反応式を記しなさい。

[3] 難溶性の塩の水溶液について次の記述を読み、問9から問10に答えなさい。

塩化銀は難溶性の塩であり、水溶液中では次のような溶解平衡が成り立っている。



温度一定のとき、飽和溶液中の銀イオンのモル濃度 $[\text{Ag}^+]$ と塩化物イオンのモル濃度 $[\text{Cl}^-]$ の積は一定となり、この値を塩化銀の溶解度積といい、 K_{sp} で表わされる。

$$K_{sp} = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]$$

一般式が AmBn で表わされる難溶性の塩が次のような溶解平衡にあるとき、



その溶解度積 K_{sp} は次のように表わされる。

$$K_{sp} = \text{【 ア 】}$$

問9 文中の空欄【 ア 】に適する文字式等を答えなさい。ただし、イオン A^{n+} および B^{m-} のモル濃度をそれぞれ $[\text{A}^{n+}]$ 、 $[\text{B}^{m-}]$ で表わすものとする。

問10 温度 $t(^{\circ}\text{C})$ において、 0.10 mol/L の塩酸に対する塩化鉛(II)の溶解度(mol/L)を有効数字2桁で答えなさい。ただし、この温度における塩化鉛(II)の溶解度積を $3.2 \times 10^{-8} (\text{mol/L})^3$ とし、溶解等による体積変化はないものとする。また、ここでは塩化鉛(II)の溶解度は塩酸の濃度に対して無視できるほど小さいものとする。解答欄には計算過程も記すこと。

第4問 次の[1]、[2]に答えなさい。

[1] 有機化合物に関する問1から問2に答えなさい。

問1 エタン、エチレン、アセチレンに関する次の記述のなかで誤りがあるものをすべて選び、その符号を答えなさい。

- (ア)エタン分子内では、炭素－炭素原子間の結合距離は炭素－水素原子間の結合距離よりも長い。
- (イ)160～170℃に熱した濃硫酸にエタノールを加えると、エチレンが生成する。
- (ウ)それぞれの分子内の炭素－炭素原子間の結合距離の長さを比べると、エタンのそれが最も長く、エチレンとアセチレンのそれは同じ長さである。
- (エ)エチレンとアセチレンでは、その分子内のすべての原子が同一平面上に存在する。
- (オ)分子内のH原子2個をCl原子2個と置き換えたとき、構造異性体を生じるのはエタンのみである。

問2 炭化水素Aに関する次の記述を読み、下の(1)～(4)に答えなさい。

炭化水素Aは、常温・常圧で気体で、標準状態における密度は2.5g/Lである。また、Aを完全燃焼させるには同温・同圧で6.0倍の体積の酸素が必要であった。

炭化水素B、C、DはAと同じ分子式であり、A～Dはすべて分子内にメチル基(-CH₃)をもっている。

Aには幾何異性体が存在しAはシス形であるが、B、C、Dに幾何異性体は存在しない。B、C、Dをそれぞれ臭素水に通じたところ、CとDでは臭素水が脱色されたが、Bでは脱色されなかった。A、C、Dに適当な条件下で水分子を付加したところ、AからはEだけが生じ、CからはFとG、DからはEとHが生じた。E～Hはすべて金属ナトリウムと反応し水素を発生した。また、E～Hを酸化したところ、Eからはヨードホルム反応陽性のIが生じ、GとHからはそれぞれ異なるアルデヒドを生じたが、Fは酸化されなかった。

- (1)炭化水素Aの分子式を答えなさい。
- (2)炭化水素Aの物質名を答えなさい。
- (3)BおよびF、H、Iをそれぞれ構造式で記しなさい。
- (4)文中の下線部アルデヒドを確認する実験としてはフェーリング液の還元が知られている。
このフェーリング液の還元の際に生じる赤色沈殿の化学式を答えなさい。

[2] 合成高分子化合物に関する次の記述を読み、問3から問6に答えなさい。

私たちの身の回りにはたくさんの合成高分子化合物が存在する。合成繊維ではアジピン酸と(ア)から合成される(a)ナイロン 66(6,6-ナイロン)が知られている。ナイロン 66 は分子内に多数の(イ)結合をもつポリ(イ)系繊維で、軟化点をもち、加熱すると軟らかくなり、冷却すると再びかたくなる熱(ウ)性という性質をもつ。

また、エチレングリコールとテレフタル酸から生成される鎖状の重合体である(b)ポリエチレンテレフタレート(PET)は清涼飲料水等の容器などとして多量に使用されるが、環境問題の観点からリサイクルの推進や使用量の削減に取り組まれている。さらに(c)ポリ乳酸のように、土壌や水中の微生物により分解される生分解性高分子(生分解性プラスチック)の使用や研究・開発が進められている。

一方、ポリエチレンやアクリル繊維、(d)ビニロン、フェノール樹脂、尿素樹脂などのように付加重合によって合成される高分子化合物もある。

フェノール樹脂や尿素樹脂はいったん固まると加熱しても柔らかくならず、さらに加熱を続けると分解してしまう。このような樹脂を熱(エ)性樹脂という。

問3 文中の空欄(ア)～(エ)に適する語句、物質名等を答えなさい。

問4 文中の下線部(a)ナイロン 66(6,6-ナイロン)および(b)ポリエチレンテレフタレート(PET)の一般式をそれぞれ構造式で記しなさい。ただし、繰り返し構造を n とし、両端末の原子等は省略してもよい。

問5 文中の下線部ポリ乳酸の単量体である乳酸の構造式を記しなさい。また、不斉炭素原子には*印をつけなさい。

問6 200 g の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したところ、文中の下線部(d)ビニロンが 209 g 得られた。もとのポリビニルアルコールのヒドロキシ基の何%がアセタール化されたか。有効数字 2 桁で答えなさい。また、解答欄には計算過程も記すこと。