

## 第 I 問 (50 点満点)

問題 1 と問題 2 については、1 つまたは 2 つの正答がある。答案用紙の所定の枠の中に、正答の番号を記入せよ。問題 3、問題 4 と問題 5 については、所定の枠の中に、0 から 9 までの適当な数字を 1 枠に 1 つ記入せよ。

1 第 5 周期までの互いに異なる元素 a ~ e に関するつぎの記述ア ~ カを読み、下の問に答えよ。

- ア. a ~ e の単体はすべて、常温、常圧において気体である。
- イ. a の単体は、室温で水と激しく反応して b の単体を発生させる。
- ウ. b と c は、同じ周期に属する元素である。
- エ. 原子の最外殻電子の数は、b より c の方が小さい。
- オ. a と d は同族元素である。
- カ. e の原子には、不対電子が存在する。

問 つぎの記述のうち、誤っているものはどれか。

1. a と銀の原子が 1 : 1 の数の比からなる化合物は、水に溶ける。
2. a と e からなる二原子分子の気体は、水に溶けると強い酸性を示す。
3. b と c からなる二原子分子の気体は、無色である。
4. b と炭素からなる二原子分子は、還元作用を示す。
5. a の単体は d の単体よりも、強い酸化作用を示す。
6. e と硫黄の原子が 2 : 1 の数の比からなる化合物の気体と d の単体を反応させると、硫黄の単体が生じる。

2 金属元素A～Dは、Ag, Ca, Fe, Na, Pb, Znのいずれかである。つぎの記述ア～ウを読み、下の問に答えよ。

ア. A～Dの金属イオンをそれぞれ別に含む水溶液に、常温で塩酸を少量加えると、Aを含む水溶液とCを含む水溶液だけが沈殿を生じる。

イ. A～Dの金属イオンをそれぞれ別に含む水溶液に、常温でアンモニア水を少量加えると、いずれも沈殿を生じる。

ウ. イで生じたそれぞれの沈殿に、常温で過剰量のアンモニア水を加えると、Aを含む沈殿およびBを含む沈殿は溶けないが、Cを含む沈殿およびDを含む沈殿はいずれも溶ける。

問 つぎの記述のうち、正しいものはどれか。

1. Aの単体は常温の水と激しく反応する。
2. AとCはいずれも遷移元素である。
3. A～Dの単体のうち、常温、常圧で熱の伝導性が最も大きいものはDの単体である。
4. A～Dのイオン化傾向は、B, D, A, Cの順に小さくなる。
5. A～Dの原子番号は、B, D, C, Aの順に大きくなる。
6. Cの単体は常温の濃硝酸に溶けない。
7. Dの金属イオンを含む水溶液に、常温で過剰量のアンモニア水を加えたのち、硫化水素を通じると、白色沈殿を生じる。

- 3 水溶液 A, B は, 0.100 mol/L の硫酸銅(II)水溶液, または 0.100 mol/L の硝酸銀水溶液のいずれかである。実験ア～オでは, つぎの表に示す水溶液をそれぞれ別の電解槽に入れ, 水溶液に含まれるすべての金属イオンを, 電気分解によって陰極に金属として析出させた。実験アと実験エで流した電気量の和は, 実験イと実験ウで流した電気量の和より多かった。下の問に答えよ。ただし, すべての電気分解において, 電極には白金を用い, 陰極では金属イオンの還元だけが起こるものとする。また, 各元素の原子量は  $\text{Cu} = 64$ ,  $\text{Ag} = 108$  とする。

実験	電解槽に入れた水溶液
ア	100 mL の水溶液 A
イ	300 mL の水溶液 A
ウ	100 mL の水溶液 B
エ	300 mL の水溶液 B
オ	500 mL の水溶液 A

- 問 i 実験エと実験オにおいて陰極に析出した金属の質量の和はいくらか。解答は小数点以下第 2 位を四捨五入して, 下の形式により示せ。

□.□ g

- 問 ii 実験カでは 500 mL の水溶液 A, 実験キでは 300 mL の水溶液 B をそれぞれ別の電解槽に入れ, それぞれ別に電気分解を行った。実験カと実験キで流した電気量の和を, 実験ウと実験エで流した電気量の和に等しくしたところ, 実験カと実験キのいずれの電解槽においても水溶液に金属イオンが残り, 陰極に析出した金属の質量の和は 4.84 g であった。実験カで陰極に析出した金属の質量はいくらか。解答は小数点以下第 2 位を四捨五入して, 下の形式により示せ。

□.□ g

4 つぎの問に答えよ。ただし、 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ での酢酸の電離定数は $2.00 \times 10^{-5}\text{ mol/L}$ 、水のイオン積は $1.00 \times 10^{-14}(\text{mol/L})^2$ とする。また、 $\log_{10} 2 = 0.301$ 、 $\log_{10} 3 = 0.477$ とする。

問 i  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ における $0.150\text{ mol/L}$ の酢酸水溶液のpHはいくらか。ただし、この濃度における酢酸の電離度は1に比べて十分小さいものとする。解答は小数点以下第2位を四捨五入して、下の形式により示せ。

$$\text{pH} = \boxed{\phantom{00}}.\boxed{\phantom{00}}$$

問 ii  $0.150\text{ mol/L}$ の酢酸水溶液 $50.0\text{ mL}$ に、 $0.150\text{ mol/L}$ の水酸化ナトリウム水溶液 $50.0\text{ mL}$ を加えた。混合後の水溶液の、 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ におけるpHはいくらか。解答は小数点以下第2位を四捨五入して、下の形式により示せ。

$$\text{pH} = \boxed{\phantom{00}}.\boxed{\phantom{00}}$$

5 図1は元素Aの単体の結晶構造で面心立方格子(立方最密構造), 図2は元素Bの単体の結晶構造で六方最密構造を示す。図中の丸は原子位置, 太線は単位格子の辺を示す。A, Bそれぞれの単位格子の体積を  $V_A, V_B$  とし,  $V_B/V_A = \sqrt{2}$  である。つぎの問に答えよ。ただし, 結晶中の原子を球とみなし, 最も近い原子は互いに接しているものとする。また,  $\sqrt{2} = 1.41, \sqrt{3} = 1.73$  とする。

問 i 元素A, Bの原子半径をそれぞれ  $r_A, r_B$  とすると  $r_B/r_A$  はいくらか。解答は小数点以下第2位を四捨五入して, 下の形式により示せ。

□ . □

問 ii Aの単位格子の一辺の長さを  $a_A$ , Bの単位格子の底面の一辺の長さを  $a_B$ , 高さを  $c_B$  とすると  $c_B/a_A$  はいくらか。解答は小数点以下第2位を四捨五入して, 下の形式により示せ。

□ . □

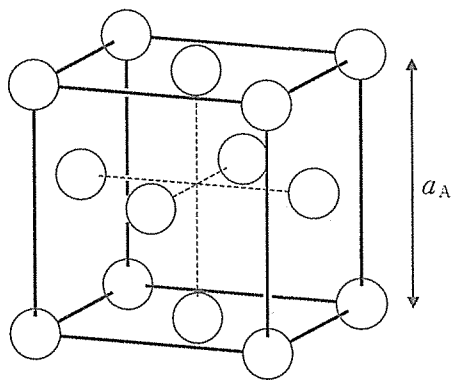


図1

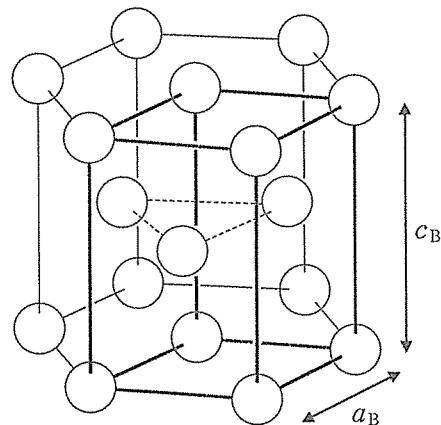


図2

## 第Ⅱ問 (50点満点)

問題6と問題7については、1つまたは2つの正答がある。答案用紙の所定の枠の中に、正答の番号を記入せよ。問題8と問題9については、所定の枠の中に、0から9までの適当な数字を1枠に1つ記入せよ。問題10については、指示にしたがって所定の枠の中に適切な式を記せ。

6 つぎの記述のうち、誤っているものはどれか。ただし、記述における気体はすべて理想気体としてふるまうものとする。

1. アルゴンはネオンよりも沸点が高い。
2. 塩化水素分子の共有結合において、共有電子対は水素原子の方に引き寄せられている。
3. 気体の温度を上げると、気体を構成する分子の運動エネルギーの平均値が大きくなる。
4. NaCl型の結晶構造をとるKCl, KBr, KIの中で、最も融点が高いのはKClである。
5. 容積一定の密閉容器に、室温で水と空気を入れて気液平衡にした後、温度を一定に保ったまま容器内に空気をさらに加え、気液平衡にした。気体部分の圧力が空気を加える前のちょうど2倍になったとすると、水に溶解している窒素分子の物質量は、空気を加える前の2倍より大きくなる。
6. 銅をたたくと薄く広がるのは、原子の配列が変化しても自由電子によって原子間の結合が維持されるためである。
7. 25℃において、硫化銅(Ⅱ)の溶解度積は、硫化鉄(Ⅱ)の溶解度積よりも大きい。

7 マルトースからグルコースへの加水分解反応の実験に関するつぎの文を読み、下の間に答えよ。

実験 温度を一定に保ち、酸性水溶液中においてマルトースの初濃度 $[\text{Mal}]_0$ を変え、反応開始直後のマルトースの分解速度 $v$ を求めたところつぎの結果が得られた。

$$[\text{Mal}]_0 = 0.020 \text{ mol/L のとき, } v = 0.0042 \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$$

$$[\text{Mal}]_0 = 0.030 \text{ mol/L のとき, } v = 0.0063 \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$$

また、反応速度式は反応速度定数とマルトースの濃度のみを用いて表せることが分かった。

問 つぎの記述のうち、誤っているものはどれか。

1. 実験の結果から求めたマルトースの分解反応の反応速度定数は  $0.21 \text{ /s}$  である。
2. 実験に示した加水分解反応を  $[\text{Mal}]_0 = 0.10 \text{ mol/L}$  で行くと、反応開始直後におけるグルコースの生成速度は  $0.021 \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$  である。
3. 実験に示した加水分解反応を異なる温度で行うと、反応溶液の温度が高くなればなるほどマルトースの分解反応の反応速度定数は増大する。
4. 実験では、マルトースの分解速度とグルコースの生成速度はいずれも時間とともに減少する。
5. 中性水溶液中において、マルターゼによってマルトースをグルコースに分解するとき、マルターゼを用いずに分解した場合と比べてマルトースの分解反応の反応熱の値は変わらない。
6. 中性水溶液中において、マルターゼによってマルトースをグルコースに分解するとき、マルターゼによる分解速度は反応溶液の温度が高くなると減少することがある。

8 単体の鉄を酸素中で酸化し、酸化鉄(Ⅲ) 1 mol と四酸化三鉄 1 mol を生成するときに放出される熱量はあわせて 1943 kJ である。また、酸化鉄(Ⅲ)の生成熱は 824 kJ/mol である。四酸化三鉄を酸素中で酸化し、酸化鉄(Ⅲ) 1 mol を生成するときに放出される熱量はいくらか。解答は小数点以下第 1 位を四捨五入して、下の形式により示せ。ただし、上記の熱量および生成熱は 25 °C,  $1.013 \times 10^5$  Pa における値である。

--	--

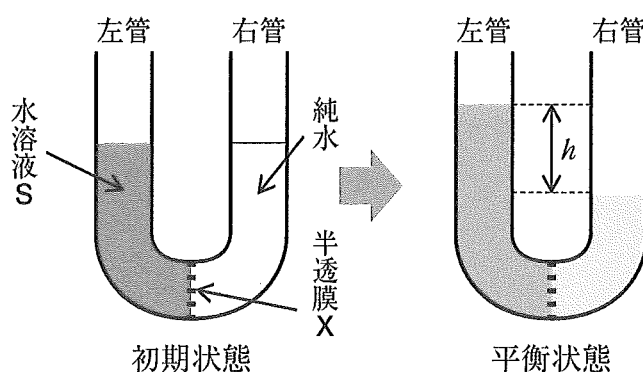
 kJ



9 水溶性で非電解質の化合物 A と塩化マグネシウム  $\text{MgCl}_2$  の混合物 0.481 g を 100 mL の純水に完全に溶解させた。この溶液を水溶液 S とする。水溶液中の  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$  と水は透過させるが、化合物 A は透過させない半透膜 X で仕切られた断面積  $10.0 \text{ cm}^2$  の U 字管の左管に水溶液 S、右管に純水をそれぞれ 100 mL 入れた。大気圧下、温度  $T$  で長時間放置したところ、下図のように液面差 ( $h$ ) が 5.00 cm 生じて平衡状態となった。この平衡状態の右管の溶液を抜き出し、その凝固点を測定したところ、純水の凝固点より 0.111 K 低かった。つぎの間に答えよ。

ただし、溶液は希薄溶液としてふるまうものとし、水溶液 S および純水の密度は  $1.00 \text{ g/cm}^3$  であり、溶液の濃度変化による密度の変化は無視できるものとする。また、 $\text{MgCl}_2$  の式量は 95.2、その電離度は 1 であり、水のモル凝固点降下は  $1.85 \text{ K}\cdot\text{kg/mol}$ 、大気圧は  $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$  とし 10.0 m の水柱の圧力に等しい。

気体定数  $R$  と温度  $T$  の積  $RT$  は  $2.50 \times 10^6 \text{ Pa}\cdot\text{L/mol}$  とする。浸透圧はファンツホッフの法則で与えられ、化合物 A は会合せず、化合物 A と  $\text{MgCl}_2$  は互いに反応しないものとする。



問 i 水溶液 S に溶解している  $\text{MgCl}_2$  の質量はいくらか。解答は有効数字 2 桁で下の形式により示せ。

$$\boxed{\phantom{00}}.\boxed{\phantom{00}} \times 10^{-1} \text{ g}$$

問 ii 化合物 A の分子量はいくらか。解答は有効数字 2 桁で下の形式により示せ。

$$\boxed{\phantom{00}}.\boxed{\phantom{00}} \times 10^3$$

- 10 つぎの文を読み、下の間に答えよ。ただし、気体は理想気体としてふるまうものとし、25℃における水の飽和蒸気圧を  $P_w$  [Pa] とする。また、各元素の原子量は、 $H = 1$ ,  $C = 12$ ,  $O = 16$  とする。

25℃で、容積一定の密閉容器に圧力  $p$  [Pa] の酸素が封入されている。そこへ分子式  $C_xH_yO_z$  で表される化合物 **A** を 0.30 g 注入したところ、容器内は酸素と **A** の気体のみとなり、全圧が  $1.5p$  [Pa] となった。容器を密閉したまま **A** をすべて完全燃焼させたところ、水 0.18 g と二酸化炭素 0.44 g が生成した。その後、容器内の温度を 25℃ にすると容器内に水滴が生じた(状態 I)。

問 状態 I における容器内の全圧  $P_T$  [Pa] を、 $p$ ,  $x$ ,  $P_w$  のうち必要なものを用いて表せ。なお、生成した水滴の体積および気体の水への溶解は無視できるものとする。

$$P_T = \boxed{\phantom{0.5p + P_w}} \text{ [Pa]}$$

### 第Ⅲ問 (50点満点)

問題 11, 問題 12 と問題 14 については, 1つまたは2つの正答がある。答案用紙の所定の枠の中に, 正答の番号を記入せよ。問題 13 については, 所定の枠の中に, 0 から 9 までの適当な数字を 1 枠に 1 つ記入せよ。問題 15 については, 指示にしたがって所定の枠の中に適切な構造を記せ。

11 分子式  $C_5H_{12}O$  で表される化合物に関するつぎの記述のうち, 誤っているものはどれか。ただし, 鏡像異性体は考慮しないものとする。

1. 不斉炭素原子を 1 個もつ化合物は, 4 つである。
2. 不斉炭素原子を 2 個もつ化合物は, 1 つである。
3. 硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を用いて酸化するとケトンになる化合物は, 3 つである。
4. 分子内の脱水反応によりアルケンを生じうる化合物は, 6 つである。
5. 単体のナトリウムと反応して水素を生成する化合物は, 8 つである。
6. 炭素原子に結合した水素原子の 1 つを塩素原子に置き換えたとき生じうるすべての化合物が不斉炭素原子をもたないものは, 1 つである。

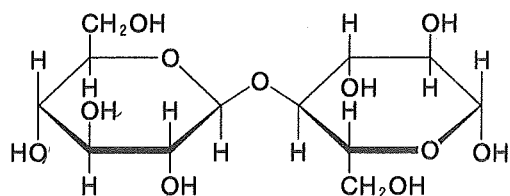
12 つぎの記述ア～カを読み、下の問に答えよ。

- ア. 化合物 A は分子式  $C_{30}H_{32}O_6$  で表され、3つのエステル結合と2つの不斉炭素原子をもつ。
- イ. 化合物 A を完全に加水分解すると、化合物 B, C, D が物質比  $B : C : D = 1 : 2 : 1$  で得られる。
- ウ. 化合物 B は、分子中に3個のカルボキシ基をもち、それらのカルボキシ基はすべて異なる炭素原子に結合している。
- エ. 化合物 C, D は、同一の分子式で表され、いずれもベンゼン環をもつ。
- オ. 化合物 D は、ヨードホルム反応を示す。
- カ. 化合物 C を、触媒を用いて酸素で酸化すると化合物 E が得られる。E は、ナトリウムフェノキシドを高温・高圧下で二酸化炭素と反応させた後、希硫酸を作用させることでも合成できる。

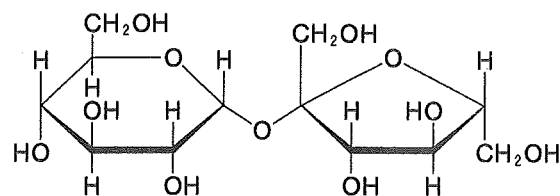
問 つぎの記述のうち、誤っているものはどれか。

1. A を部分的に加水分解して得られる1価カルボン酸は、必ず不斉炭素原子をもつ。
2. B は、不斉炭素原子をもたない。
3. C の構造異性体で、ベンゼン環に直接結合したメチル基が1個である化合物は、3つである。
4. C の構造異性体でベンゼン環をもつものの中には、銀鏡反応を示すものはない。
5. E に無水酢酸と濃硫酸を作用させると、解熱鎮痛剤として用いられる芳香族化合物が得られる。

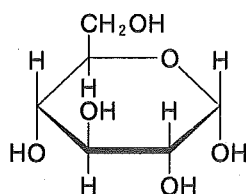
- 13 つぎに示す糖類 A, B, C からなる混合物 X に関する記述ア～ウを読み, 下の問に答えよ。ただし, 各元素の原子量は, H = 1, C = 12, O = 16, Cu = 63.5 とする。



A (分子式  $C_{12}H_{22}O_{11}$ )



B (分子式  $C_{12}H_{22}O_{11}$ )



C (分子式  $C_6H_{12}O_6$ )

- ア. 混合物 X に十分な量のフェーリング液を加えて加熱し, 反応を完全に進行させると, 銅(II)イオンが還元され 71.5 mg の酸化銅(I)が生じる。
- イ. 混合物 X に含まれるヒドロキシ基をすべてアセチル化すると, 反応前よりも質量が 256.2 mg 増加する。
- ウ. 混合物 X を完全燃焼させると, 396.0 mg の二酸化炭素が生じる。

問 混合物 X に含まれる A の物質量はいくらか。解答は下の形式により示せ。

$$\boxed{\quad}.\boxed{\quad} \times 10^{-4} \text{ mol}$$

14 タンパク質に関するつぎの記述のうち、誤っているものはどれか。

1. タンパク質には、加水分解したときアミノ酸以外に糖類を生じるものがある。
2. 卵白水溶液に、少量の水酸化ナトリウム水溶液と少量の硫酸銅(Ⅱ)水溶液を加えると、赤紫色を呈する。
3. タンパク質が加熱により変性するのは、高次構造が変化するためである。
4. 毛髪をパーマするときに切断されたケラチン分子間のジスルフィド結合は、還元剤を作用させると再生する。
5. 酵素の中には、最適 pH が2付近のものがある。
6. 過酸化水素水にカタラーゼを加えると、水素と酸素が発生する。

15 分子式  $C_{15}H_{14}O_3$  で表される化合物 A に関するつぎの記述ア～カを読み、下の問に答えよ。

- ア. A はベンゼン環を 2 つもち、ベンゼン環以外に環構造を含まない。
- イ. A の 2 つのベンゼン環には、いずれも 4 つの水素原子と 2 つの置換基が結合している。
- ウ. A は塩化鉄(Ⅲ)水溶液で呈色する。
- エ. A をアンモニア性硝酸銀水溶液に加えておだやかに加熱すると、銀が析出する。
- オ. A は不斉炭素原子をもたない。
- カ. A の炭素原子に結合した水素原子 1 つを塩素原子に置き換えて生じうる構造異性体の数は 4 である。

問 A の構造式を例にならって示せ。

(例)

