

# 理 科

## (化 学)

120 分

### 注 意 事 項

1. 試験開始の合図までこの問題冊子を開かないこと。
2. 本問題冊子は 20 ページ、答案用紙は 2 ページである。
3. 各答案用紙の右上枠内には、受験番号を記入し、左上段の枠内には、受験番号の下 2 桁の数字を忘れずに記入すること。
4. 解答はすべて答案用紙の所定欄に記入すること。
5. 答案用紙に記入する受験番号および解答の数字の字体は、下記の例にならい、明瞭に記入すること。

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

6. 解答上の注意は、裏表紙に記載してあるので、この問題冊子を裏返して必ず読むこと。ただし、問題冊子を開いてはいけない。

## 第 I 問 (50 点満点)

問題 2 および問題 3 の問 i については、1 つまたは 2 つの正解がある。答案用紙の所定の枠の中に、正解の番号を記入せよ。問題 1 の問 iii については、答案用紙の所定の枠の中に適切な実数を記入せよ。その他の問については、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 最密構造に関するつぎの文を読み、下の問に答えよ。ただし、粒子の間の距離とは、粒子の中心の間の距離のことである。

面心立方格子(立方最密構造)と六方最密構造は、1 種類の球状粒子を三次元空間に最も密に充填してできる最密構造の代表的な例である。いずれの構造においても、ある粒子 X に接する粒子(粒子 X の最近接粒子)の数は 12 個である。それらは粒子 X から等しい距離にあり、粒子 X を取り囲む。

粒子 X の最近接粒子いずれかに接する粒子のうち、粒子 X および粒子 X の最近接粒子を除いたものは、粒子 X の 12 個の最近接粒子を取り囲む。しかし、それらは粒子 X から等しい距離にあるわけではない。

問 i ある粒子 X の 12 個の最近接粒子いずれかに接する粒子のうち、粒子 X および粒子 X の最近接粒子を除いたものの数は何個か。面心立方格子および六方最密構造それぞれの場合について答えよ。

面心立方格子の場合

--	--

個

六方最密構造の場合

--	--

個

問ii 問iで数え上げた粒子は、粒子Xからの距離を用いて分類すると、何種類に分類されるか。面心立方格子および六方最密構造それぞれの場合について答えよ。

面心立方格子の場合  種類

六方最密構造の場合  種類

問iii 問iで数え上げた粒子と粒子Xの間の距離のうち、最も長いものは最も短いものの何倍であるか。面心立方格子および六方最密構造それぞれの場合について答えよ。解答は所定の枠に適切な実数で記入せよ。

面心立方格子の場合  倍

六方最密構造の場合  倍

2 つぎの文章ア～キは、常温常圧で気体の化合物A～Eに関する記述である。これらの化合物に関する下の記述1～5のうち、下線部が誤っているものはどれか。ただし、すべての気体は理想気体としてふるまうものとする。また、各元素の原子量は、 $H = 1$ ,  $N = 14$ ,  $O = 16$ ,  $S = 32$ ,  $Cl = 35$ ,  $Ag = 108$ とする。

ア. 塩化ナトリウム水溶液に化合物Aと化合物Bを吹き込んで沈殿を生成させる反応は、ナトリウムを含む化合物の工業的製法の主反応として用いられる。

イ. 化合物Aは、化合物Cと反応して細かな結晶を生成して白煙を発生する。

ウ. 化合物Aから合成される酸および化合物Cは、王水の原料である。

エ. 石灰石に化合物Cの水溶液を作用させると、化合物Bが生成する。

オ. 化合物Dの水溶液は、弱い酸性を示す。

カ. 化合物Dと化合物Eを反応させると、酸化還元反応によりDとEに共通に含まれる元素の単体が遊離する。

キ. 硫化鉄(II)に、化合物Dから合成される酸の薄い水溶液を加えると、化合物Eが生成する。

1. イで生成する結晶を水に溶解したときに起こる加水分解反応の $25\text{ }^\circ\text{C}$ での平衡定数は、 $4.5 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$ より小さい。ただし、 $25\text{ }^\circ\text{C}$ における化合物Aの水溶液中での電離定数は $2.3 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ 、水のイオン積は $1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ とする。

2. 石灰水に化合物Bを通すことで生成する沈殿には、化合物Bが水に溶解して電離することで生じる陰イオンのうち、2種類が含まれる。

3. ある濃度の硝酸銀水溶液 $1.00 \text{ L}$ に、化合物Cの $1.00 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ の水溶液 $1.00 \text{ L}$ を加えたところ、溶解度積が $1.80 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2$ の化合物 $8.58 \times 10^{-3} \text{ g}$ が沈殿した。はじめに用いた硝酸銀水溶液の濃度は $6.5 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ より大きい。ただし、溶液の混合に際して体積の変化は生じないものとする。

4. 化合物Dと硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液との反応では、 $1 \text{ mol}$ の化合物Dと反応する過マンガン酸カリウムの物質量は $0.3 \text{ mol}$ より多い。

5.  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$  の化合物Eをこの圧力を保ったまま  $0^{\circ}\text{C}$  の水 1.0 L と十分な時間接触させたところ、6.8 g の化合物Eが水に溶解した。化合物Eの  $0^{\circ}\text{C}$  の水に対する溶解度(L/水 1 L)は 3.5より小さい。ただし、水は凍らないものとする。

3 質量パーセントで80.00%の銅を含有し、その他の成分として鉄と金属Aのみを含む銅合金がある。この合金および純銅を電極に用いて、十分な量の硫酸酸性の硫酸銅(II)水溶液中で、電流を9.65 Aとして一定時間電気分解を行った。その結果、陽極は均一に消費されて質量は265.0 g減少し、その下には金属が沈殿した。また、陰極には1種類の金属のみが析出し、陰極の質量は254.0 g増加した。つぎの間に答えよ。ただし、各元素の原子量は、Fe = 56, Cu = 63.5, ファラデー定数は  $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$  とし、水溶液中に存在する金属イオンはすべて2価とする。なお、陽極の消費、陰極への金属の析出以外の反応は起こらなかったものとする。

問 i 金属Aとして可能なものはどれか。

1. 亜鉛
2. スズ
3. ナトリウム
4. 銀
5. ニッケル

問 ii 電解時間および陽極の下に沈殿した金属の質量を求めよ。解答は有効数字3桁目を四捨五入して、それぞれ下の形式により示せ。

電解時間  .   $\times 10^3$  分      金属の質量   g

(下書き用紙)

## 第Ⅱ問 (50点満点)

問題5の問iiiについては、1つまたは2つの正解がある。答案用紙の所定の枠の中に、正解の番号を記入せよ。その他の問については、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。

4 少量の酸化マンガン(Ⅳ)  $\text{MnO}_2$  に  $0.640 \text{ mol/L}$  の過酸化水素  $\text{H}_2\text{O}_2$  水溶液を  $10.0 \text{ mL}$  加え、分解反応で発生した酸素  $\text{O}_2$  を水上置換ですべて捕集した。捕集容器内の圧力を大気圧にあわせて気体の体積を量ったところ、反応時間と体積の関係はつぎの表のようになった。実験は  $300 \text{ K}$  で行われ、大気圧は  $1.010 \times 10^5 \text{ Pa}$  であった。下の問に答えよ。ただし、気体は理想気体としてふるまうものとし、 $\text{H}_2\text{O}_2$  の分解反応にともなう水溶液の体積変化および  $\text{O}_2$  の水への溶解は無視する。気体定数は  $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$  とし、 $300 \text{ K}$  での水蒸気圧は  $0.040 \times 10^5 \text{ Pa}$  とする。なお、sは秒を表す。

反応時間[s]	0	60	300	600
捕集容器内の気体の体積[mL]	0.0	18.0	58.0	75.0

問 i 0～60秒における  $\text{H}_2\text{O}_2$  の平均の分解速度はいくらか。解答は有効数字3桁目を四捨五入して、下の形式により示せ。

$$\boxed{\quad} \boxed{\quad} \times 10^{-3} \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$$

問 ii この実験における  $\text{H}_2\text{O}_2$  の分解速度  $v$  は、 $v = k[\text{H}_2\text{O}_2]$  に従う。ただし、 $k$  は分解反応の速度定数、 $[\text{H}_2\text{O}_2]$  は過酸化水素の濃度である。速度定数  $k$  を0～60秒における  $\text{H}_2\text{O}_2$  の平均の分解速度と平均の濃度より求めよ。解答は有効数字3桁目を四捨五入して、下の形式により示せ。

$$k = \boxed{\quad} \boxed{\quad} \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$$



問iii 反応開始後600秒において、 $O_2$ の生成速度を増大させるために0.640 mol/Lの $H_2O_2$ 水溶液を追加したところ、その60秒後における捕集容器内の気体の体積は85.0 mLとなった。追加した $H_2O_2$ 水溶液の体積はいくらか。ただし、平均の分解速度は、平均の濃度と問iiで求めた速度定数 $k$ を用いて $v = k[H_2O_2]$ により計算できるものとする。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。

mL

5 温度がすべて  $0^{\circ}\text{C}$  になっている氷  $900\text{ g}$ 、水  $100\text{ g}$ 、およびある量の塩化ナトリウム<sup>(ア)</sup>を断熱容器に入れて混合したところ、氷の融解と塩化ナトリウムの溶解が起こり、温度が下がった。十分な時間が経過すると、容器内の物質は氷と塩化ナトリウム水溶液<sup>(イ)</sup>の混合物のみになり、温度は  $-15.2^{\circ}\text{C}$  になった。つぎの間に答えよ。

ただし、塩化ナトリウムは、式量が  $58.5$  であり、水に溶解するとすべて電離し、このとき塩化ナトリウム  $1\text{ g}$  あたり  $66.0\text{ J}$  の熱量が吸収されるものとする。塩化ナトリウム水溶液は濃度によらずに希薄溶液としてふるまうものとし、水のモル凝固点降下は  $1.90\text{ K}\cdot\text{kg}/\text{mol}$  とする。塩化ナトリウム水溶液から凝固した氷は塩化ナトリウムを含まないものとし、氷の融解熱は  $340\text{ J}/\text{g}$  とする。過冷却および蒸発は起こらないものとする。なお、容器内の物質の比熱はすべて  $2.00\text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$  であるとせよ。

問 i 下線(イ)の混合物中の塩化ナトリウム水溶液は、水  $100\text{ g}$  あたり何  $\text{g}$  の塩化ナトリウムを含むか。解答は小数点以下第 1 位を四捨五入して答えよ。

問 ii 下線(ア)の塩化ナトリウムは何  $\text{g}$  か。解答は小数点以下第 1 位を四捨五入して答えよ。

問 iii つぎの記述のうち、誤っているものはどれか。

1. 下線(イ)の混合物を徐々に加熱すると、氷がすべて融解して液体になるまでは混合物の温度は変化しない。
2. 下線(イ)の混合物に水を加えて十分な時間  $-15.2^{\circ}\text{C}$  に保つと、加えた水の質量だけ氷の質量が増える。
3. 氷に塩化ナトリウム水溶液を加えて十分な時間  $0^{\circ}\text{C}$  に保つと、加えた溶液の濃度と質量によらずに氷はすべて融解する。
4. 水に溶解するとき熱が発生する物質の水溶液では、凝固点降下は起こらない。

(下書き用紙)

### 第Ⅲ問 (50 点満点)

問題 8-1 と 8-2 は選択問題である。8-1, 8-2 のうちのどちらを選択したかを, 答案用紙の問題選択欄に記入せよ。問題選択欄に 1, 2 以外の数字を記入した答案, 無記入の答案はどちらの問題も採点しない。

問題 7 の問 ii, 問題 8-1 の問 i, 問題 8-2 の問 i については, 1 つまたは 2 つの正解がある。答案用紙の所定の枠の中に, 正解の番号を記入せよ。問題 7 の問 i 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。その他の問については, 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。

6 つぎの文を読み, 下の問に答えよ。ただし, 各元素の原子量は,  $H = 1$ ,  $C = 12$ ,  $O = 16$  とする。

化合物 A は鎖状分子であり, 分子式  $C_m H_n O_2$  で表される 2 価アルコールである。化合物 A に二クロム酸カリウムの硫酸酸性溶液を作用させ得られた化合物を, さらに酸化すると, 化合物 A と炭素数が等しい化合物 B が得られた。1.0200 mol の化合物 A と 1.0000 mol の化合物 B を反応させたところ, 化合物 A および化合物 B はすべて反応し, ポリエステル C と水のみが得られた。ポリエステル C は鎖の両末端にヒドロキシ基をもつ高分子であり, 平均分子量は 11518 であった。

問 i 得られたポリエステル C に含まれるヒドロキシ基を, 触媒と酢酸を用いて完全にアセチル化した。このとき, ヒドロキシ基と反応した酢酸の質量はいくらか。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

問 ii 化合物 B の分子量はいくらか。解答は下の形式により示せ。

1 

--	--

問 iii 化合物 A として考えられる構造はいくつあるか。ただし立体異性体は考慮しないものとする。

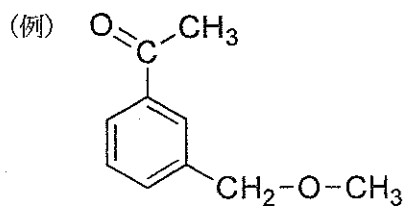
7 化合物A, B, およびCは, いずれも分子式 $C_{14}H_{12}O_3$ で表されるカルボン酸エステルである。つぎの記述ア～カを読み, 下の問に答えよ。

- ア. 化合物A, B, Cの混合物に対して下に示した①～⑥の実験操作を行うと, ②で化合物Dが, ④で化合物Eと化合物Fが, また⑥で化合物Gと化合物Hが得られる。化合物D～Hは, いずれもベンゼン環をもつ化合物である。また, ⑤の水層には有機化合物は含まれない。
- イ. 化合物A, Bの混合物に対して下に示した①～⑥の実験操作を行うと, ⑥では化合物Gのみが得られる。
- ウ. 化合物B, Cの混合物に対して下に示した①～⑥の実験操作を行うと, ②では何も得られない。
- エ. 化合物Gおよび化合物Hは, いずれもメチル基をもたない。また, 化合物Gおよび化合物Hのいずれも, ベンゼン環に直接結合する水素原子の1個を塩素原子に置換すると2つの異性体が生成しうる。
- オ. 化合物Hは, 塩化鉄(Ⅲ)水溶液で呈色しない。
- カ. 化合物Eに塩基性の過マンガン酸カリウム水溶液を加えて加熱した後, 塩酸で酸性にすると, 化合物Gが得られる。

[実験操作]

- ① 水酸化ナトリウム水溶液を加え, かき混ぜながら加熱し, 加水分解する。冷却後, ジエチルエーテルを加えてよく振り混ぜ, エーテル層と水層を分離する。
- ② ①のエーテル層からジエチルエーテルを蒸発させる。
- ③ ①の水層に二酸化炭素を十分に通じた後, ジエチルエーテルを加えてよく振り混ぜ, エーテル層と水層を分離する。
- ④ ③のエーテル層からジエチルエーテルを蒸発させる。
- ⑤ ③の水層に塩酸を加えて酸性にした後, ジエチルエーテルを加えてよく振り混ぜ, エーテル層と水層を分離する。
- ⑥ ⑤のエーテル層からジエチルエーテルを蒸発させる。

問 i 化合物Cおよび化合物Eの構造を、それぞれ例にならって示せ。



問 ii つぎの記述のうち、誤っているものはどれか。

1. 化合物D～Hはすべてナトリウムと反応して水素を発生する。
2. 化合物D～Hのうち、エーテル結合を含むものは1つである。
3. 化合物D～Hのうち、分子中のいずれか1個の水素原子をメチル基に置換すると、不斉炭素原子をもつ化合物になるものは2つである。
4. 化合物D～Hのうち、酸化によりポリエチレンテレフタラートの原料を生成しうるものは1つである。
5. 化合物D～Hのうち、塩化鉄(Ⅲ)水溶液で呈色するものは3つである。

問題 8-1 と 8-2 は選択問題である。8-1, 8-2 のうちのどちらを選択したかを、答案用紙の問題選択欄に記入せよ。問題選択欄に 1, 2 以外の数字を記入した答案、無記入の答案はどちらの問題も採点しない。

## 8-1 つぎの問に答えよ。

問 i つぎの記述のうち、正しいものはどれか。

1. アミロースはグルコースが縮合重合した多糖であり、枝分かれしてつながった部分をもつ。
2. タンパク質を構成するすべてのアミノ酸は不斉炭素原子をもつ。
3. 酵素によって化学反応の速度が大きくなるのは、酵素が基質と結合することで反応熱が小さくなるためである。
4. トリペプチドの水溶液に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、赤紫に呈色する。
5. RNA には、DNA におけるシトシンの代わりにウラシルが塩基として含まれる。
6. 光合成において二酸化炭素から糖を合成する過程では、水が還元されて酸素が発生する。

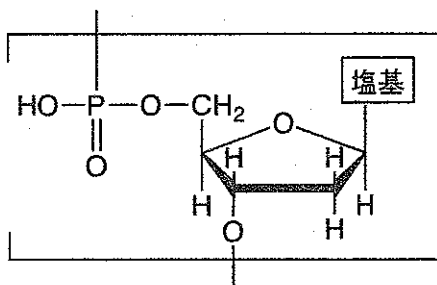
問 ii ある微生物の細胞  $1.0 \times 10^9$  個からすべての DNA を抽出して  $4.3 \times 10^{-6}$  g の DNA を得た。この DNA の塩基組成を調べたところ、全塩基数に対するアデニンの数の割合は 23 % であった。



問A このDNAの全塩基数に対するグアニン、シトシン、チミンの数の割合として、正しい組み合わせはどれか。

1. グアニン=23%、シトシン=27%、チミン=27%
2. グアニン=23%、シトシン=25%、チミン=29%
3. グアニン=27%、シトシン=27%、チミン=23%
4. グアニン=25%、シトシン=23%、チミン=29%
5. グアニン=27%、シトシン=23%、チミン=27%
6. グアニン=25%、シトシン=29%、チミン=23%

問B この微生物の細胞1個が有するDNAの塩基対の数として、適切なものはどれか。ただし、DNAにおけるヌクレオチド構成単位の式量を塩基がアデニンの場合に313、グアニンの場合に329、シトシンの場合に289、チミンの場合に304とし、アボガドロ数を $6.0 \times 10^{23}$ とする。



ヌクレオチド構成単位

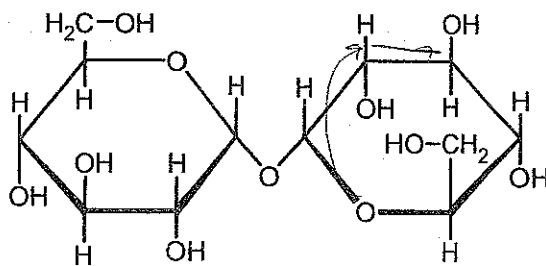
- |                      |                         |                      |
|----------------------|-------------------------|----------------------|
| 1. $2.1 \times 10^6$ | 2. $4.2 \times 10^6$    | 3. $8.4 \times 10^6$ |
| 4. $1.7 \times 10^7$ | 5. $2.1 \times 10^9$    | 6. $4.2 \times 10^9$ |
| 7. $8.4 \times 10^9$ | 8. $1.7 \times 10^{10}$ |                      |

問題 8-1 と 8-2 は選択問題である。8-1, 8-2 のうちのどちらを選択したかを、答案用紙の問題選択欄に記入せよ。問題選択欄に 1, 2 以外の数字を記入した答案、無記入の答案はどちらの問題も採点しない。

## 8-2 つぎの間に答えよ。

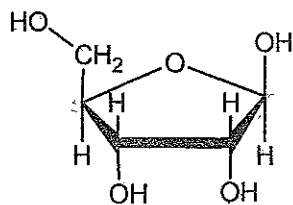
問 i つぎの記述のうち、正しいものはどれか。

1. アセテート繊維は再生繊維である。
2. セルロースとデンプンはいずれもヨウ素—ヨウ化カリウム水溶液で青～青紫に呈色する。
3. スクロースは転化糖である。
4. 銅アンモニアレーヨン(キュプラ)は半合成繊維である。
5. トリニトロセルロースは火薬の原料となる。
6.  $\alpha$ ,  $\alpha$ -トレハロースには還元性がない。



$\alpha$ ,  $\alpha$ -トレハロース

問 ii リボース，グルコース，マルトース，およびスクロースをそれぞれ 1.80 g 含む水溶液に，過剰なフェーリング液を加え，加熱した。この反応で生成した酸化銅(I)は何 g 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。ただし，各元素の原子量は， $H=1$ ， $C=12$ ， $O=16$ ， $Cu=63.5$  とする。また，フルクトース 1.80 g を含む水溶液と過剰なフェーリング液との反応では，酸化銅(I)が 1.43 g 生成するものとする。



リボース

g

(下書き用紙)

化学の問題は大きな3つのグループ、第I問(問題1, 2, 3), 第II問(問題4, 5), 第III問(問題6, 7, 8-1, または8-2)から構成されている。

注意I 体積の単位「リットル」はLで表す。

注意II 問題8-1と8-2は選択問題である。8-1, 8-2のうちから、どちらかを選択し、選択した問題に対する解答だけを、答案用紙の所定欄に記入すること。両方の問題に対する解答が記入されている場合には、どちらも採点しない。

注意III 問題2, 問題3の問i, 問題5の問iii, 問題7の問ii, 問題8-1の問i, 問題8-2の問iについては、1つまたは2つの正解がある。答案用紙の所定の枠の中に、正解の番号を記入せよ。

解答例: 1 水はどんな元素からできているか。

1. 水素と窒素
2. 炭素と酸素
3. 水素と酸素
4. 窒素と酸素

1		1
	3	または
		3

解答例: 2 水を構成している元素は、つぎのうちどれか。

1. 水素
2. 炭素
3. 窒素
4. 酸素

2		2
1	4	または
		4
		1

注意IV 問題1の問iiiについては、答案用紙の所定の枠の中に適切な実数を記入せよ。

注意V 問題7の問iについては、指示にしたがって答案用紙の所定の枠の中に適切な構造を記せ。

注意VI その他の問については、答案用紙の所定の枠の中に、0から9までの適当な数字を1枠に1つ記入せよ。

解答例: 5 ベンゼン分子は何個の炭素原子で構成されているか。

5	
0	6

解答例: 6 つぎの問に答えよ。

問i 水分子には何個の水素原子が含まれているか。

問ii 水分子には何個の酸素原子が含まれているか。

i	6	ii
2	個	1
		個