

# 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30ページ、答案用紙は1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明瞭に記入すること。
5. 問題冊子は切りはなさないこと。
6. 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、下記の例にならひ、明瞭に記入すること。

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

7. 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 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 と問題 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 つぎの記述のうち、誤っているものはどれか。

1. 硫酸銅(Ⅱ)の無水塩(無水物)は水を吸収すると、白色から青色に変化する。
2. 同一周期に属する遷移元素では、原子番号が大きくなると最外殻電子の数が多くなる。
3. 銅の単体は塩酸や希硫酸とは反応しないが、希硝酸や濃硝酸とは反応して溶ける。
4. ステンレス鋼はクロムを含む合金である。
5. マンガンの単体は空気中の酸素と反応して、表面が酸化される。
6. スズと鉛はいずれも 0, +2, +4 の酸化数をとることができる。
7. 鋼は、銑鉄の中の炭素を酸化し、炭素の含有量を減らすことにより得ることができる。

(下書き用紙)

2 第6周期までの金属元素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は3～11族以外に属する元素である。

イ. AとBとCは同じ周期に属し、この周期にはA、B、C以外の金属元素は存在しない。

ウ. Bの原子番号はAの原子番号よりも大きい。

エ. Cの酸化物は両性酸化物である。

オ. Dの単体はダニエル電池の一方の電極として用いられる。

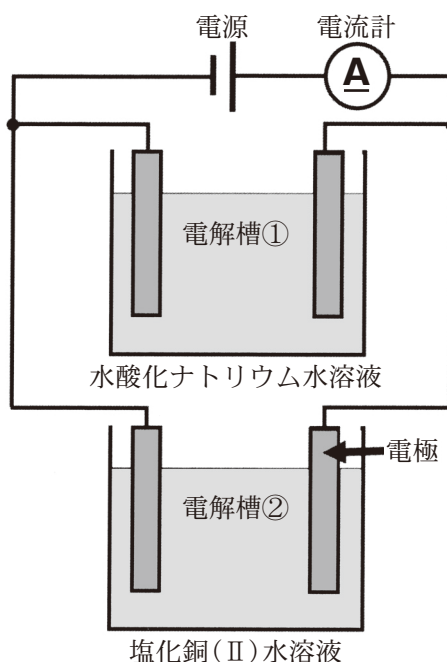
カ. Eは第6周期に属し、Dの同族元素である。

問 つぎの記述のうち、誤っているものはどれか。

1. A～Eのうち、イオン化傾向の最も小さいものはEである。
2. A～Eの単体は、常温、常圧においてすべて固体である。
3. Aの単体は、常温の水と激しく反応する。
4. Aの同族元素には、非金属元素がある。
5. Bは炎色反応を示さない。
6. Cの単体は、濃硝酸によく溶ける。
7. Dの2価のイオンを含む水溶液に少量のアンモニア水を加えると沈殿が生じ、さらにアンモニア水を過剰に加えるとその沈殿は溶解する。

(下書き用紙)

3 白金電極を挿入した2つの電解槽①、②にそれぞれ水酸化ナトリウム水溶液、塩化銅(II)水溶液が入っている。これらの電解槽を図のように接続し、6.00 Aの一定電流で $8.00 \times 10^3$ 秒間電気分解を行った。この電気分解において、電解槽①で発生した気体の体積の総和は、標準状態で6.00 Lであった。また、電解槽②の陰極では気体の発生はなかった。この電気分解に関するつぎの問に答えよ。ただし、銅の原子量は63.6、ファラデー定数は $9.65 \times 10^4$  C/molとする。発生した気体は水溶液に溶解せず、理想気体としてふるまうものとする。



問 i 電解槽①に流れた電子の物質量はいくらか。解答は小数点以下第3位を四捨五入して、下の形式により示せ。

0. 

--	--

 mol

問 ii 電解槽②の電極上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

(下書き用紙)

- 4 ある温度で純水の pH を測定したところ 6.65 であった。この温度において、 $4.00 \times 10^{-7}$  mol/L の塩酸の pH はいくらか。解答は下の形式により示せ。ただし、 $10^{0.3} = 2.00$ ,  $10^{0.5} = 3.16$  とする。

pH =  .



(下書き用紙)

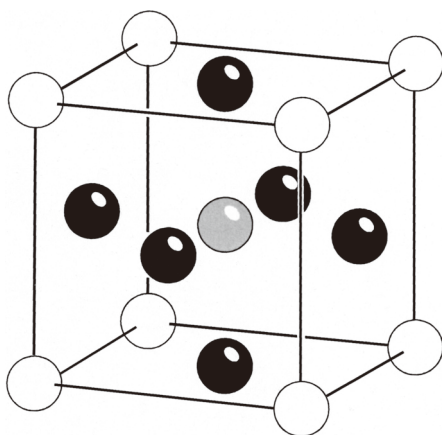
5 元素A, Bの陽イオンと元素Cの陰イオンからなる化合物の結晶は, 図に示す立方体の単位格子をもつ。A イオンは単位格子の各頂点に位置し, B イオンは単位格子の中心に位置し, C イオンは単位格子の各面の中心に位置する。つぎの間に答えよ。ただし, 結晶中のイオンはすべて球とみなし, 最も近いA イオンとC イオン, B イオンとC イオンは互いに接しているものとする。また,  $\sqrt{2} = 1.41$ ,  $\sqrt{3} = 1.73$ , アボガドロ定数は  $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$  とする。

問 i A イオンとB イオンの半径の差は  $0.820 \times 10^{-8} \text{ cm}$  であった。この結晶の単位格子の一辺の長さはいくらか。解答は有効数字の3桁目を四捨五入して, 下の形式により示せ。

.   $\times 10^{-8} \text{ cm}$

問 ii この結晶の密度はいくらか。ただし, 各元素の原子量は,  $A = 88$ ,  $B = 48$ ,  $C = 16$  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。

.   $\text{g/cm}^3$



- 元素Aの陽イオン
- 元素Bの陽イオン
- 元素Cの陰イオン

(下 書 き 用 紙)

## 第Ⅱ問 (50点満点)

問題6, 問題7と問題8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9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数を記せ。問題9の問ii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。

1. 第3周期に属する元素の中で, アルカリ金属は電子親和力が最も大きい。
2.  $O^{2-}$  と  $Al^{3+}$  を比べると,  $O^{2-}$  の方がイオン半径は小さい。
3. 天然には炭素の放射性同位体が存在する。
4. ケイ素, 塩化ナトリウム, ヨウ素の結晶のうち, 融点が最も高いのはケイ素である。
5. アモルファスの固体は, 構成単位である原子, 分子, もしくはイオンの配列に規則性をもたない。
6. 水が沸騰している間, 水の蒸気圧は外圧に等しい。
7. 圧力一定の条件で純物質を加熱し続けても, 状態変化している間, 温度は変化しない。

(下書き用紙)

7 つぎの記述のうち、誤っているものはどれか。

1. 過酸化水素が分解して酸素が生成する反応では、過酸化水素の濃度が大きいほど反応速度は大きくなる。
2. 水のイオン積は温度が高くなると大きくなる。
3. 電離平衡が成立している酢酸水溶液に塩化水素を吹き込むと、酢酸イオンの濃度は減少する。
4. 反応速度定数は、反応物の濃度の大小では変化しない。
5.  $\text{H}_2$  と  $\text{I}_2$  が反応して  $\text{HI}$  が生成する反応で、反応開始から 3 分で  $\text{H}_2$  のモル濃度が  $0.8 \text{ mol/L}$  から  $0.5 \text{ mol/L}$  に減少した。この間の  $\text{HI}$  の平均の生成速度は、 $0.2 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{min})$  である。
6.  $\text{HI}$  が気体の  $\text{I}_2$  と  $\text{H}_2$  に分解する反応では、反応速度定数は温度 (K) に比例して変化する。
7. 気体分子 A, B, C からなる可逆反応  $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons 2\text{C}$  がある。5 L の容器の中に A, B を入れ、ある温度に保ったところ、A, B, C の物質量がそれぞれ  $0.5 \text{ mol}$ ,  $0.5 \text{ mol}$ ,  $2 \text{ mol}$  のときに平衡状態に達した。このときの平衡定数は 16 である。

(下書き用紙)

8 つぎの記述のうち、正しいものはどれか。

1. 水に対する電解質の溶解度は、電解質の種類によらず温度上昇とともに大きくなる。
2. 水に対する気体の溶解度は、温度(K)に反比例する。
3. 純溶媒に不揮発性の物質を溶かした溶液の沸点は、その溶媒の沸点よりも高い。
4. 希薄溶液の浸透圧は、溶媒や溶質の種類によらず溶液の温度上昇とともに低下する。
5. ある温度における溶液のモル濃度は、溶媒 1 L あたりに溶けている溶質の物質で表される。
6. コロイド粒子は溶液中で不規則に動いている。これをチンダル現象という。
7. 疎水コロイドにおいては、コロイド粒子と同一符号の電荷を持った価数の大きなイオンほど、凝析を起こしやすい。



(下書き用紙)

9 つぎに示す値のうち、必要なものを用いて、下の問に答えよ。ただし、すべての反応熱は 25 ℃,  $1.013 \times 10^5$  Pa における値であり、生成する水はすべて液体であるとする。

O = O の結合エネルギー 498 kJ/mol

H—H の結合エネルギー 436 kJ/mol

プロパンの生成熱 106 kJ/mol

水素の燃焼熱 286 kJ/mol

炭素(黒鉛)の燃焼熱 394 kJ/mol

問 i プロパンの燃焼熱はいくらか。解答は下の形式により示せ。

kJ/mol

問 ii 3.00 mol のプロパンを酸素と反応させたところ、CO<sub>2</sub> と H<sub>2</sub>O のみを生成する反応と、つぎの熱化学方程式で表される反応が起こり、プロパンはすべて消費されて全体で  $5.61 \times 10^3$  kJ の熱が発生した。



生成物は CO と CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O のみであるとして、全体で使われた酸素の物質量はいくらか。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。

mol

(下 書 き 用 紙)

- 10 ある温度において、容積一定の容器に圧力  $P_1$  [Pa] の  $\text{CO}_2$  が入っている。温度を一定に保ったまま、この容器に固体の炭素を加え十分長い時間待ったところ、つぎの可逆反応の平衡状態に達し、気体の全圧は  $P_2$  [Pa] となった。



平衡状態における  $\text{CO}_2$  の分圧  $P$  [Pa] を求めよ。解答は  $P_1$ ,  $P_2$  を用いて示せ。ただし、すべての気体は理想気体としてふるまい、固体の炭素の体積は無視できるものとする。

$$P = \boxed{\phantom{000000}} \text{ [Pa]}$$

(下書き用紙)

### 第Ⅲ問 (50 点満点)

問題 11、問題 12 と問題 13 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 14 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 つぎの記述のうち、正しいものはどれか。ただし、水素の原子量は 1 とする。

1. 1 mol のフェノールに十分な量のナトリウムを作用させると、2 g の水素が発生する。
2. 酸触媒を用いてベンゼンとプロパンを反応させると、一置換ベンゼンが得られた。この化合物中の水素原子の 1 つを塩素原子に置き換えると、生じうる構造異性体の数は 4 である。
3. 1 mol のニトロベンゼンを、触媒を用いて水素と反応させて 1 mol のアニリンを合成した。このとき必要な水素の質量は 4 g である。
4. 触媒を用いて *p*-キシレンに十分な量の水素を付加させると、不斉炭素原子を 2 つもつ化合物が得られる。
5. トルエンとフェノールは、分子中に含まれる電子の総数が同じである。
6. サリチル酸に無水酢酸と濃硫酸を作用させて得られた芳香族化合物は、塩化鉄(Ⅲ)水溶液で呈色する。
7. 酸触媒を用いてフェノールとホルムアルデヒドを反応させると、熱可塑性樹脂の原料が得られる。

(下 書 き 用 紙)

12 化合物A～Dに関するつぎの記述ア～オを読み、下の問に答えよ。

- ア. A～Dは、いずれも分子式  $C_5H_{10}O$  をもつカルボニル化合物である。
- イ. Aの還元により生じるアルコールは、分子式  $C_5H_{10}O$  をもつカルボニル化合物を還元して得られるアルコールの中で沸点が最も高い。
- ウ. B, Cを還元してアルコールとすると、不斉炭素原子の数が1つ増加する。
- エ. Bを還元した後に脱水すると、3種類のアルケンを生じうる。
- オ. Dは銀鏡反応を示さない。

問 つぎの記述のうち、誤っているものはどれか。

1. A～Dはすべて不斉炭素原子をもたない。
2. A～Dはすべて  $CH_3CH_2-$ 基をもつ。
3. A～Dのうち、ヨードホルム反応を示すものは2つである。
4. Cを還元した後に脱水して生じうるアルケンにシス-トランス異性体は存在しない。
5. A～Dのうち、フェーリング液を還元するものは1つである。
6. A～Dを還元した後に脱水して生じうるアルケンは互いにすべて異なる。



(下書き用紙)

13 細胞の遺伝情報の伝達に重要な役割を果たす核酸に関するつぎの記述のうち、正しいものはどれか。

1. 核酸はヌクレオチドのリン酸どうしが脱水縮合したものである。
2. アデニンは3本の水素結合によって相補的な塩基と対を形成する。
3. ウラシルと相補的に対を形成する塩基はグアニンである。
4. DNAを構成するヌクレオチドよりもRNAを構成するヌクレオチドのほうが不斉炭素原子が1つ多い。
5. 二重らせん構造をとっている、あるDNAの全塩基数に対するシトシンの数の割合は23%であった。このときアデニンの数の割合は必ず27%である。
6. 核酸の水溶液に水酸化ナトリウムを加え塩基性にした後、薄い硫酸銅(II)水溶液を少量加えると赤紫色を呈する。
7. 核酸は中性水溶液中で電気泳動すると陰極側に移動する。

(下書き用紙)

14 分子式  $C_7H_{10}O_2$  で表されるエステルAに関するつぎの記述を読み、下の問に答えよ。

Aは炭素-炭素二重結合をもち、環構造をもたない。Aのエステル結合を加水分解すると、カルボン酸BとアルコールCが生じる。Cは不安定であり、安定な構造異性体Dにすべて変化する。Dはヨードホルム反応および銀鏡反応を示す。

問 化合物A 12.6 gの加水分解を試みたところ反応は完全には進行せず、A、B、Dのみを含む混合物Xが得られた。Xに含まれる化合物中の炭素-炭素二重結合すべてに水素を付加させると、0.240 gの水素が消費された。Xに含まれていたB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。ただし、各元素の原子量は、 $H = 1$ 、 $C = 12$ 、 $O = 16$  とする。

.  g

(下書き用紙)

15 有機化合物Aに関するつぎの記述ア～オを読み、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。

ア. Aは炭素, 水素, 酸素からなる分子量 250 以下の化合物であり, 不斉炭素原子を1つと, エステル結合を1つもつ。

イ. 13.0 mg のAを完全燃焼させると, 二酸化炭素 26.4 mg と水 9.00 mg が生成した。

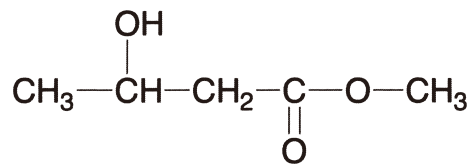
ウ. Aに硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を加えておだやかに反応させると, Bが生成した。Bにフェーリング液を加えて加熱すると, 赤色沈殿が生じた。

エ. Aを加水分解すると, Cが生成した。CはAよりも分子量が18大きく, 不斉炭素原子をもたない。

オ. Aを脱水させて生じるDに臭素を付加させると, 不斉炭素原子を1つだけもつEが生成した。

問 化合物Aの構造式を例にならって示せ。ただし, 鏡像異性体(光学異性体)は考慮しなくてよい。

(例)



(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1～5)、**第Ⅱ問**(問題6～10)、**第Ⅲ問**(問題11～15)から構成されている。

**注意Ⅰ** 問題1, 問題2, 問題6, 問題7, 問題8, 問題11, 問題12, 問題13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。

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	または	1
3		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	または	2
1		4

**注意Ⅱ** 問題9の問i, 問題10, 問題15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数値や式あるいは構造を記せ。

**注意Ⅲ** 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：**3** ベンゼン分子は何個の炭素原子で構成されているか。

3	
0	6

解答例：**4** 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	4	ii
2	個	1