

# 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. 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. 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、下記の例にならい、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, 問題 2 と問題 3 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 4 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 5 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。

1 つぎの記述のうち, 誤っているものはどれか。

1. すべての元素の原子番号の値は, その元素の原子量よりも小さい。
2. 天然に存在する水素原子には放射性同位体がある。
3. すべての価電子は最外殻(最外電子殻)に位置する。
4. 貴ガス(希ガス)の第一イオン化エネルギーは, 原子番号が大きくなるにつれて大きくなる。
5. ある原子の 1 価の陰イオンから電子 1 個を取り去るのに要するエネルギーは, その原子の電子親和力に等しい。
6.  $K^+$  と  $Cl^-$  は同じ電子配置をもつが, イオンの大きさは  $Cl^-$  の方が大きい。
7. 天然に存在する遷移元素はすべて金属元素である。

(下書き用紙)

2 つぎの記述のうち、誤っているものはどれか。ただし、気体定数は  $8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$  とする。

1.  $27^\circ\text{C}$ 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  において、 $10 \text{ L}$  の理想気体がある。この気体を  $127^\circ\text{C}$ 、 $5.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  にすると、体積は  $4.0 \text{ L}$  になる。
2. 気体の状態方程式は、物質量が  $n$  [mol] の理想気体について、ボイル・シャルルの法則を表したものである。
3.  $127^\circ\text{C}$ 、 $8.31 \times 10^4 \text{ Pa}$  において、分子量  $40$  の理想気体  $1.0 \text{ L}$  の質量は  $1.0 \text{ g}$  である。
4. 実在気体が理想気体と異なるふるまいをするのは、分子自身に体積があり、また、分子間力がはたらくためである。
5.  $27^\circ\text{C}$  において、 $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  の窒素  $3.0 \text{ L}$  と  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  の酸素  $4.0 \text{ L}$  を  $10 \text{ L}$  の空の容器に入れた。それぞれを理想気体とすると、この混合気体の全圧は  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  となる。
6. 水素を水上置換で捕集するとき、捕集する容器の内側と外側の水面の高さを一致させると、捕集した水素の圧力は大気圧と等しくなる。

(下書き用紙)

3 つぎの記述のうち、誤っているものはどれか。

1. 25℃,  $1.0 \times 10^5$  Pa における H—H, Cl—Cl, H—Cl の結合エネルギーから、その温度と圧力における塩化水素(気体)の生成熱を求めることができる。
2. 25℃,  $1.0 \times 10^5$  Pa において、エタノール(液体)の燃焼熱は 1400 kJ/mol, 二酸化炭素(気体)の生成熱は 400 kJ/mol, 水(液体)の生成熱は 300 kJ/mol であるとする、その温度と圧力におけるエタノール(液体)の生成熱は 350 kJ/mol 以上である。
3. 水に対する溶解熱が、負の値になる物質がある。
4. 温度と圧力が一定であれば、ある平衡反応において、触媒を用いて活性化エネルギーを変化させても平衡定数は変化しない。
5. ハーバー・ボッシュ法におけるアンモニアの生成反応では、反応が平衡に達した後のアンモニアのモル分率を高くするには、圧力を高くして、温度を低くする方がよい。
6. 二酸化炭素と水からグルコースと酸素を生成する光合成は、吸熱反応である。

(下書き用紙)

4 温度 25 °C，圧力  $1.00 \times 10^5$  Pa で行ったつぎの実験に関する記述を読み，下の間に答えよ。

**実験** 空気(体積百分率で窒素：80.0%，酸素：20.0%)と溶解平衡にある水がある。この水 1.00 L を自由に可動するピストンのついた容器に注入し，容器内を水で満たした。このとき，容器内の水に  $V_0$  [mL] の酸素が溶けていた。

溶解平衡を保ちながらアルゴンをゆっくり注入し，容器内の気体部分の体積を 0.120 L とした(操作 1 回目)。このとき，容器内の水に  $V_1$  [mL] の酸素が溶けていた。

ピストンを押して容器内から気体部分だけを追い出し，上と同様に再びアルゴンを注入して，気体部分の体積を 0.120 L とした(操作 2 回目)。このとき，容器内の水に  $V_2$  [mL] の酸素が溶けていた。同様の操作をくり返したところ，操作  $n$  回目で容器内の水に  $V_n$  [mL] の酸素が溶けていた。

ただし，気体はすべて理想気体としてふるまい，気体の水への溶解はヘンリーの法則に従う。また， $V_0, V_1, V_2, \dots, V_n$  は 25 °C， $1.00 \times 10^5$  Pa における体積である。25 °C， $1.00 \times 10^5$  Pa の窒素，酸素，アルゴンは水 1.00 L に，それぞれ 15.0 mL，30.0 mL，32.0 mL 溶ける。また，容器内の圧力は常に  $1.00 \times 10^5$  Pa に保たれており，水の蒸気圧と体積変化は無視できる。

**問 i**  $V_1$  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。

mL

**問 ii**  $V_n$  が初めて  $V_0$  の 1/1000 以下となるのは  $n$  がいくらのときか。



(下書き用紙)



- 5 式(1)で表される気体の解離反応に関する実験の記述を読み、下の問に答えよ。ただし、 $X_2$ 、 $X$  は理想気体としてふるまうものとする。



**実験** 温度  $T_A$  [K] において、容積  $V$  [L] の密閉容器に  $n$  [mol] の  $X_2$  を入れたところ、圧力は  $P_A$  [Pa] となった。このとき、容器内には  $X_2$  のみが存在していた。その後、温度を  $T_B$  [K] まで上昇させたところ、 $X_2$  の一部が解離して  $X$  が生成し、平衡に達した。このとき、解離度は  $\alpha$  であり、容器内の圧力は  $P_B$  [Pa] となった。

ただし、解離度  $\alpha$  はつぎの式で表される。

$$\alpha = \frac{\text{解離した } X_2 \text{ の物質質量}}{\text{容器に入れた } X_2 \text{ の物質質量}}$$

- 問 i** 式(1)で表される反応が温度  $T_B$  [K] において平衡に達したときの平衡定数  $K_c$  [mol/L] を、 $n$ 、 $V$ 、 $\alpha$  を用いて示せ。

$$K_c = \boxed{\phantom{\text{ }}} \quad [\text{mol/L}]$$

- 問 ii** 解離度  $\alpha$  を、 $P_A$ 、 $P_B$ 、 $T_A$ 、 $T_B$  を用いて示せ。

$$\alpha = \boxed{\phantom{\text{ }}} \quad [\text{mol/L}]$$

(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 9 については, 指示にしたがって所定の枠の中に適切な数値を記せ。問題 10 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 つぎの記述のうち, 正しいものはどれか。

1. 遷移元素のとり得る酸化数は, 最外殻電子の数を超えることはない。
2. 鉄の製錬において鉄鉱石に含まれる酸化鉄は,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}$  の順に還元される。
3. 硫酸銅(Ⅱ)水溶液を用いた銅の電解精錬では, 粗銅は陰極として用いられる。
4.  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  をそれぞれ別に含む 4 種類の水溶液に, 室温でアンモニア水を過剰に加えると, 沈殿が生じるのは  $\text{Fe}^{2+}$  と  $\text{Fe}^{3+}$  である。
5. 塩化鉄(Ⅲ)水溶液に, 室温でヘキサシアニド鉄(Ⅱ)酸カリウム水溶液を加えると濃青色の沈殿を生じる。
6.  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  をそれぞれ別に含む 5 種類の水溶液に, 室温で水酸化ナトリウム水溶液を少量加えると, 酸化物が沈殿するのは  $\text{Ag}^+$  と  $\text{Cu}^{2+}$  である。
7. 単体の  $\text{Ag}$ ,  $\text{Au}$ ,  $\text{Pt}$  のうち, 熱濃硫酸に溶けるのは  $\text{Ag}$  と  $\text{Pt}$  である。

(下書き用紙)

7 第5周期までのハロゲンに関するつぎの記述のうち、正しいものはどれか。

1. すべてのハロゲン化水素は強酸である。
2. すべての単体は二原子分子であり、有色である。
3. 塩素酸カリウムと酸化マンガン(IV)の混合物を加熱して発生する気体は、湿ったヨウ化カリウムデンプン紙を青～青紫色に変化させる。
4. 塩素のオキシ酸では、塩素の酸化数が小さいものほど、より強い酸である。
5. すべてのハロゲン化水素の水溶液の保存には、ガラス容器が用いられる。
6. 単体のうち、低温、暗所で水素と反応するものは2つである。
7. 単体のうち、常温、常圧で固体のものは2つである。

(下書き用紙)

8 つぎの記述のうち、誤っているものはどれか。

1. 電池を放電するとき、正極で酸化反応、負極で還元反応が起こる。
2. 放電をし続けると起電力が低下し、充電による再使用が難しい電池を一次電池という。
3. 電気分解を行うとき、外部電源の負極につないだ電極を陽極という。
4. アルミニウムの単体は、酸化アルミニウムを原料として、炭素電極を用いて熔融塩電解(融解塩電解)することにより得ることができる。
5. ニッケル板を硫酸銅(Ⅱ)水溶液に浸すと、ニッケル板上に銅が析出する。
6. ファラデー定数をアボガドロ定数で割った値は、電子1個のもつ電気量の絶対値となる。



(下書き用紙)

9 つぎの実験1・2に関する記述を読み、下の問に答えよ。

実験1 シュウ酸ナトリウム(式量 134)0.670 g を水に溶かして、100.0 mL の水溶液をつくった。その水溶液 10.0 mL に 5.0 mol/L の硫酸 10.0 mL を加えたものを、60 °C に温めてから、濃度未知の過マンガン酸カリウム水溶液を用いて滴定したところ、反応の終点までに 16.0 mL を要した。

実験2 濃度未知の過酸化水素水 15.0 mL に 5.0 mol/L の硫酸 15.0 mL を加えたものを、実験1 で用いた過マンガン酸カリウム水溶液で滴定したところ、反応の終点までに 30.0 mL を要した。

問 実験2 で用いた過酸化水素水の濃度(mol/L)はいくらか。解答は下の形式により示せ。

mol/L

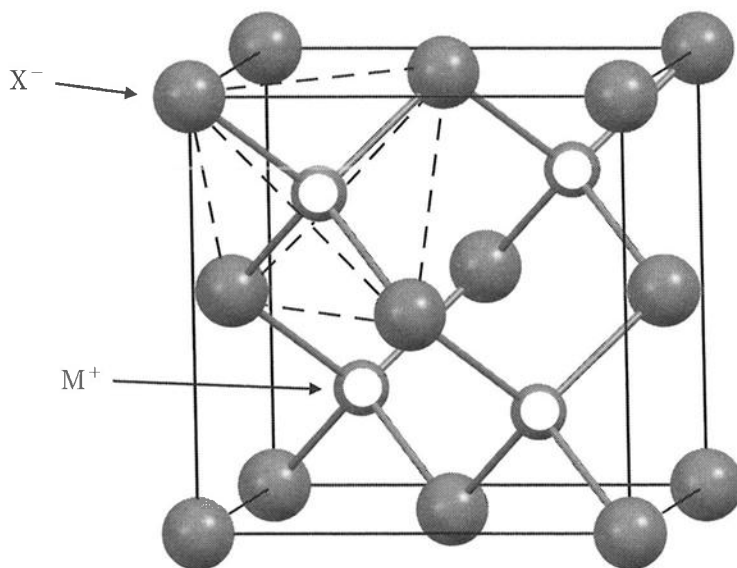
(下書き用紙)

10 陽イオン  $M^+$  と陰イオン  $X^-$  からなる化合物  $MX$  の結晶は、図に示すセン垂鉛  
 鉱型構造をとる。  $X^-$  は立方体の単位格子の各頂点と面の中心に位置し、  $M^+$  は図  
 中破線で示す4個の  $X^-$  からなる正四面体の中心に位置する。 つぎの問に答えよ。  
 ただし、結晶中の  $M^+$  と  $X^-$  はすべて球とみなし、最も近い  $M^+$  と  $X^-$  は互い  
 に接しているものとする。 また、  $M^+$  と  $X^-$  の半径比を  $1:4$ 、  $\pi = 3.14$ 、  
 $\sqrt{2} = 1.41$ 、  $\sqrt{3} = 1.73$  とする。

問 i 結晶中のある  $X^-$  に接している  $M^+$  の数はいくつか。

問 ii 単位格子の体積は単位格子内の  $X^-$  の体積の何倍か。 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。

.  倍



(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 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 分子式  $C_8H_9NO$  で表される一置換ベンゼンのうち, 炭素-酸素二重結合をもつものは 8 種類ある。それら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, 光学異性体は考慮しないものとする。

1. メチル基をもつものは 3 種類である。
2. ケトンに分類できるものは 1 種類である。
3. 不斉炭素原子をもつものは 1 種類である。
4. 塩酸を加えて酸性にすると塩をつくり, その溶液を中性にすると元の化合物にもどるものは 3 種類である。
5. 加水分解すると, 炭酸よりも強い酸性を示す芳香族化合物が生じるものは 1 種類である。
6. 加水分解すると, 元の化合物より大きな分子量をもつ化合物が生じるものは 1 種類である。

(下書き用紙)

12 高分子化合物 A ~ G に関するつぎの記述ア ~ オを読み，下の間に答えよ。

ア．アジピン酸とヘキサメチレンジアミンを縮合重合させると A が得られる。

イ．メタクリル酸メチルを付加重合させると B が得られ，酢酸ビニルを付加重合させると C が得られる。

ウ．フェノールとホルムアルデヒドの付加縮合において，酸を触媒として用いると分子量 1000 程度の D が得られ，塩基を触媒として用いると分子量数百程度の E が得られる。

エ．塩基を触媒として尿素とホルムアルデヒドを付加縮合させると F が得られる。

オ．ジクロロジメチルシランとトリクロロメチルシランを加水分解した後，縮合重合させると三次元網目構造をもつ G が得られる。

問 つぎの記述のうち，誤っているものはどれか。

1. A と同じ官能基を有する高分子を，開環重合によって合成することができる。
2. B は有機ガラスとして水族館の大型水槽に用いられている。
3. C は水溶性である。
4. D を加熱して三次元網目構造にするためには硬化剤が必要であるが，E には不要である。
5. F は熱可塑性樹脂である。
6. G は耐熱性，耐水性，電気絶縁性に優れた樹脂である。



(下書き用紙)

13 タンパク質を構成する  $\alpha$ -アミノ酸 A, B に関するつぎの記述ア~ウを読み, 下の間に答えよ。ただし, 各元素の原子量は, H = 1, C = 12, N = 14, O = 16 とする。

ア. A とメタノールを脱水縮合させると分子量 103 の化合物 C が得られた。

イ. A を無水酢酸と反応させると化合物 D が得られた。

ウ. B はメチル基をもたない  $\alpha$ -アミノ酸で, 濃い水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱した後に, 酢酸鉛(II)を加えると黒色沈殿が生じた。

問 つぎの記述のうち, 正しいものはどれか。

1. A より分子量の小さな  $\alpha$ -アミノ酸はない。
2. B を構成成分として含むタンパク質中の B がもつ官能基の間で酸化により生成する結合は, タンパク質の二次構造の形成に重要である。
3. 2 分子の A と 1 分子の B からなる鎖状のトリペプチドは, 4 種類存在する。
4. 塩基性条件下で電気泳動すると, C は陽極の方へ移動する。
5. D にニンヒドリン水溶液を加えて加熱すると, 赤~青紫色を呈する。
6. A のみからなる鎖状のトリペプチドの分子量は 231 である。
7. A, C, D の結晶のうち, A の結晶が最も低い温度で融解する。

(下書き用紙)



14 油脂Aに関するつぎの記述ア～ウを読み、下の問に答えよ。

ア. Aは  $C_{68}H_{130}O_6$  の分子式で表され、不斉炭素原子をもつ。

イ. 触媒を用いてAに水素を付加させると、不斉炭素原子をもたない油脂が得られた。

ウ. Aを加水分解すると3種類の脂肪酸が得られた。この中の1つは  $C_{24}H_{48}O_2$  の分子式をもっていた。

問 ウで得られた3種類の脂肪酸のうち、分子量が最も小さい脂肪酸の分子式を例にならって示せ。

(例)  $CH_3(CH_2)_5OH$  の分子式：



(下書き用紙)

15 炭素，水素，酸素からなる有機化合物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. 21.9 mg のAを完全に燃焼させたところ，二酸化炭素 39.6 mg，水 13.5 mg が生成した。

イ. Aは不斉炭素原子を1つもつ分子量 150 以下の化合物であり，エステル結合をもつ。

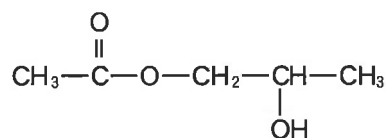
ウ. Aの水溶液は酸性を示した。

エ. Aを加水分解したところ，有機化合物BとCを生成した。BおよびCはともに不斉炭素原子をもたない化合物であった。

オ. Cはアルコールであり，ヨードホルム反応を示した。

問 Aの構造式を例にならって示せ。ただし，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3, 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	3

または

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	4

または

**注意Ⅱ** 問題5, 問題9, 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： **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