

(平成 18 年度前期日程)

# 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 28 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. 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。

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6～8)、**第Ⅲ問**(問題9～14)から構成されている。

**注意Ⅰ** 問題1～問題3、問題6の問i、問題7、問題8、問題9の問iについては、1つまたは2つの正解がある。答案用紙の各問題番号の下のかげの中に、正解の番号を数字で記入せよ。

解答例：15 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

15	
	3

または

15	
3	

解答例：16 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

16	
1	4

または

16	
4	1

**注意Ⅱ** 問題4、問題5、問題6の問iiと問iii、問題9の問ii、問題10～問題14については答案用紙の問題番号の下のかげの中に、0から9までの適当な数字を1か所に1つ記入せよ。

解答例：17 ベンゼン分子は何個の炭素原子で構成されているか。

17

0	6
---	---

個

解答例：18 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。

	18			
i		ii		
<table border="1"><tr><td>2</td></tr></table>	2	個	<table border="1"><tr><td>1</td></tr></table> 個	1
2				
1				

## 第 I 問 (50 点満点)

問題 1～問題 3 については、1 つまたは 2 つの正解がある。答案用紙の各問題番号の下枠の中に、正解の番号を数字で記入せよ。問題 4，問題 5 については、答案用紙の問題番号の下枠の中に、0 から 9 までの適当な数字を 1 枠に 1 つ記入せよ。

1 同じ質量の気体 A と B が、容積の等しい 2 つの容器に別々に封入されている。2 つの容器はコックがついた容積の無視できる管でつながれており、常に一定温度に保たれている。最初閉じていたコックを開いて 2 つの気体を混合すると、反応  $A + B \rightleftharpoons C$  が起こり、気体 C が生じて平衡に達する。つぎの記述のうち正しいものはどれか。ただし、B の分子量は A の 2 倍であり、気体 A，B，C はいずれも理想気体としてふるまうものとする。

1. 混合する前、気体 A と B の物質量は等しい。
2. 混合する前、気体 A の圧力は気体 B の圧力の 2 倍である。
3. 混合する前、気体 A の密度は気体 B の密度の  $\frac{1}{2}$  倍である。
4. 混合して平衡に達したとき、気体 A と B の分圧の比は混合前の圧力の比に等しい。
5. 混合して平衡に達したとき、全物質量は混合前よりも増加している。
6. 混合して平衡に達した後、ヘリウムを加えて容器内の圧力を高くしても気体 C の物質量は変化しない。



2 つぎの条件ア～オをすべて満たす物質A～Eの組合せはどれか。1～7の番号で答えよ。

ア. Aは常温常圧で固体であり，最外殻電子の数が奇数の原子からなる。

イ. Bは常温常圧で電気を通さない固体であり，融解すると電気を通すようになる。

ウ. Cは常温常圧で水に溶けにくい固体である。

エ. Dは常温常圧で気体であり，二原子分子からなる。

オ. Eは常温常圧で気体であり，無極性分子からなる。

物質 組合せ	A	B	C	D	E
1	ナトリウム	酸化マグネシウム	炭酸カルシウム	ヘリウム	二酸化炭素
2	アルミニウム	酸化カルシウム	酸化アルミニウム	臭素	メタン
3	カリウム	ナフタレン	水酸化ナトリウム	ヨウ素	アンモニア
4	ケイ素	塩化カリウム	塩化マグネシウム	アルゴン	一酸化窒素
5	マグネシウム	トルエン	硫酸バリウム	窒素	一酸化炭素
6	カルシウム	黒鉛	ベンゼン	塩素	水素
7	リチウム	塩化ナトリウム	塩化銀	塩化水素	フッ素



3 濃度  $0.1 \text{ mol/kg}$  の希薄なショ糖水溶液を試験管Aの半分まで入れて密栓した。

また、同じ濃度のショ糖水溶液をふたまた試験管Bの一方の管に半分まで入れ、もう片方の管には純水を半分まで入れて密栓した。その後、これらの試験管を  $25^\circ\text{C}$  で十分に長い時間静置した。このとき、ショ糖水溶液から水が蒸発する速さ、ショ糖水溶液に水蒸気が凝縮する速さを、それぞれの液面  $1 \text{ cm}^2$  で単位時間に蒸発、凝縮する  $\text{H}_2\text{O}$  の分子数と定義し、下の表のA～Eで表す。つぎの1～6の大小関係のうち、正しいものはどれか。

- |            |            |            |
|------------|------------|------------|
| 1. $A < U$ | 2. $A = E$ | 3. $I > U$ |
| 4. $I = U$ | 5. $I < E$ | 6. $I = E$ |

	ショ糖水溶液から 水が蒸発する速さ	ショ糖水溶液に 水蒸気が凝縮する速さ
試験管A	A	I
ふたまた試験管B	U	E





4 つぎの文章を読み、下の問に答えよ。

酸化マンガン(IV)による過酸化水素の水と酸素への分解反応の速度  $v$  は、(1)式に示すように過酸化水素濃度  $[H_2O_2]$  に比例することが知られている。

$$v = k[H_2O_2] \quad (k \text{ は反応速度定数}) \quad (1)$$

質量パーセント濃度で 1.36% の過酸化水素水溶液 500 ml(密度 1.00 g/cm<sup>3</sup>)に酸化マンガン(IV)を加え、一定温度で反応を行った。反応時間とそれまでに発生した酸素の体積の総和を、下の表に示す。ただし、この温度で 1 mol の酸素が占める体積は 25.0 l であり、反応によって溶液の体積は変化しないものとする。また、 $\log_e 2 = 0.693$ ,  $\log_e 3 = 1.10$ ,  $\log_e 5 = 1.60$  とし、各元素の原子量は、H = 1, O = 16 とする。

反応時間[分]	発生した酸素の体積の総和[l]
0	0
10	1.00
32	2.00

問 i 反応時間 10 分における反応速度は、反応時間 32 分における反応速度の何倍であるか。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

問 ii 反応時間  $t_1$ ,  $t_2$  における反応速度をそれぞれ  $v_1$ ,  $v_2$  とすると、(1)式からつぎの関係が導かれる。

$$\log_e \frac{v_1}{v_2} = -k(t_1 - t_2)$$

反応速度定数  $k$  を求めよ。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。

$\times 10^{-2}$  /分

(下書き用紙)

- 5 ある反応によって生じた水素を水上置換により容器に捕集した。この容器は、容積を変えることで圧力を外気の圧力と等しく保つことができる。気体を捕集したときの温度は  $27^{\circ}\text{C}$  で外気の圧力は  $1.000\text{ atm} = 1013\text{ hPa}$  であった。液体を含まないように気体を容器に密閉し、温度を  $27^{\circ}\text{C}$  で一定に保ったまま、外気の圧力を変化させて容積の変化を測定した。外気が  $0.500\text{ atm}$  のときの容積は、外気が  $4.000\text{ atm}$  のときの容積の何倍か。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。ただし、気体はすべて理想気体としてふるまうものとし、 $27^{\circ}\text{C}$  における水の蒸気圧は  $0.0355\text{ atm} = 36.0\text{ hPa}$  とする。

.   倍

(下 書 き 用 紙)

## 第Ⅱ問 (50 点満点)

問題 6 の問 i，問題 7，問題 8 については，1 つまたは 2 つの正解がある。答案用紙の各問題番号の下の枠の中に，正解の番号を数字で記入せよ。問題 6 の問 ii と問 iii については，答案用紙の問題番号の下の枠の中に，0 から 9 までの適当な数字を 1 枠に 1 つ記入せよ。

6 水素と酸素の反応を利用して電気エネルギーを取り出す燃料電池の本格的な普及に際し，水素の安全な輸送手段の確立が求められている。この手段の一つとして水素を可逆的に吸収・放出することのできる水素吸蔵合金の利用が検討されている。水素と水素吸蔵合金に関するつぎの問 i ～iii に答えよ。

問 i つぎの記述のうち，誤っているものはどれか。

1. 地球上にある水素原子の大部分は質量数 1 のものであるが，質量数 2，3 の同位体も存在する。
2. 常温常圧で水素は最も密度が小さい気体である。
3. 1 mol の水素と 0.5 mol の酸素を混ぜて点火すると，爆発的に反応し 0.5 mol の水を生じる。
4. 熱した酸化銅(Ⅱ)に水素を作用させると，水素が酸化銅(Ⅱ)から酸素を奪い，金属銅が生じる。
5. 水素は亜鉛や鉄に希硫酸を加えると発生するが，鉛に希硫酸を加えてもほとんど発生しない。
6. 水素の水に対する溶解度は，二酸化炭素の水に対する溶解度より小さい。

問 ii 水素吸蔵合金は水素を原子として吸収する。鉄とチタンからなる水素吸蔵合金に関するつぎの問に答えよ。ただし，鉄原子，チタン原子，水素原子はそれぞれ  $1.17 \times 10^{-8}$  cm， $1.33 \times 10^{-8}$  cm， $3.30 \times 10^{-9}$  cm の半径をもつ球とし， $\sqrt{2} = 1.41$ ， $\sqrt{3} = 1.73$ ， $\sqrt{5} = 2.24$  とする。

問 A 図 1 のように，この合金の結晶の単位格子は立方体であり， $a$  面では

図2のように対角線上の原子が互いに接している。鉄原子の中心間の最短距離はいくらか。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。

$\times 10^{-8}$  cm

**問B** この合金が最大量の水素を吸収したとき、図3のように2つの鉄原子と4つのチタン原子がつくる八面体の中心すべてに水素原子が入るとする。このとき、水素原子が鉄原子またはチタン原子のいずれかと接するように原子間を押し広げ、単位格子は立方体を保ったまま膨張する。鉄原子の中心間の最短距離はいくらか。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。

$\times 10^{-8}$  cm

**問C** 水素を最大量吸収したとき、合金中の水素の質量パーセントはいくらか。ただし、各元素の原子量は、 $H = 1$ 、 $Ti = 48$ 、 $Fe = 56$  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。

%

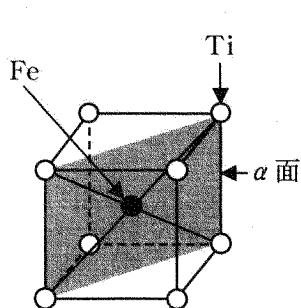


図1

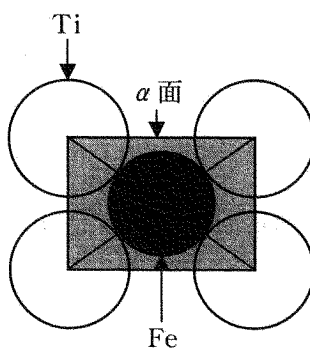


図2

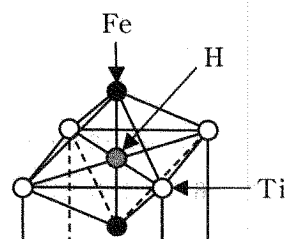


図3

図1と図3は原子の位置のみを示したものであり、図2は原子の大きさも考慮して描かれている。

問iii 水素吸蔵合金の1つにマグネシウムとニッケルの合金がある。つぎのア～ウは、水素を吸収したマグネシウムとニッケルの合金を試料として、その組成を調べるために行った実験と結果である。

ア. 11.50 g の試料を塩酸に完全に溶解したところ、0.410 mol の水素ガスが生じた。この反応で、合金に含まれていたマグネシウムとニッケルはともに2価のイオンになり、吸収されていた水素は気体として放出された。

イ. 得られた水溶液を適当な条件下で電気分解したところ、陰極では、1種類の金属イオンだけがすべて金属として析出し、さらに0.300 mol の水素ガスが発生した。

ウ. イの電気分解に必要な電気量は、アで発生した水素ガスを燃料電池で完全に水に変換したときに得られる電気量に等しかった。

試料 11.50 g 中には何 g の水素が吸収されていたか。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。ただし、燃料電池の負極では水素ガスが  $\text{H}^+$  に酸化され、正極では負極から移動した  $\text{H}^+$  と酸素から水を生じる。また、各元素の原子量は、 $\text{H} = 1$ 、 $\text{Mg} = 24$ 、 $\text{Ni} = 59$  とする。

0. 

--	--

 g





7 つぎの元素に関する下の記述のうち、正しいものはどれか。

Al, C, Ca, H, K, Mg, Na, Si

1. 原子の価電子の数がホウ素よりも多い元素は2つ、少ない元素は5つである。
2.  $\text{MCl}$  (M は上の元素を表す) の化学式をもつ塩素化合物を生成する元素は2つである。
3. 常温常圧では、いずれの非金属元素の単体も固体である。
4. 金属元素のうち、化合物の融解塩電解で単体が得られるものは4つである。
5. 金属元素のうち、単体が水と常温で反応し、2 mol の単体から水素 1 mol を発生するものは2つである。

8 つぎの記述のうち、誤っているものはどれか。

1. 白金電極を用いて塩化ナトリウム水溶液を電気分解すると、陽極で気体が発生する。
2. 白金電極を用いる水酸化ナトリウム水溶液および希硫酸の電気分解では、それぞれの陽極で異なる気体が発生する。
3. 亜鉛板と銅板を硫酸銅(Ⅱ)水溶液に浸して導線でつなぐと、電流が流れて正極の質量が増える。
4. 十分な量の濃硝酸と希硝酸それぞれに、同じ質量の銅を加えて発生する気体の物質量は濃硝酸の方が多い。
5. 水で湿らせたヨウ化カリウムデンプン紙がオゾンで青紫色に変わるのは、オゾンによりヨウ化物イオンが酸化されることに起因する。



### 第Ⅲ問 (50 点満点)

問題 9 の問 i については、1 つまたは 2 つの正解がある。答案用紙の問題番号の下の枠の中に、正解の番号を数字で記入せよ。問題 9 の問 ii、問題 10～問題 14 については、答案用紙の問題番号の下の枠の中に、0 から 9 までの適当な数字を 1 枠に 1 つ記入せよ。

- 9 1 mol の飽和脂肪酸エステル A を加水分解すると、化合物 B と分子式  $C_5H_{12}O$  で表されるアルコール C がそれぞれ 1 mol ずつ得られた。また、アルコール C を酸化すると化合物 B が生成した。つぎの問に答えよ。ただし、各元素の原子量は、 $H = 1$ 、 $C = 12$ 、 $O = 16$  とする。

問 i つぎの記述のうち、正しいものはどれか。ただし、光学異性体は考慮しないものとする。

1. B として考えられる化合物の中には、フェーリング液と反応して赤色沈殿を生成するものがある。
2. C として考えられる化合物は 8 種類である。
3. C として考えられる化合物の中には、脱水反応により幾何異性体を生じるものがある。
4. C として考えられる化合物はいずれも不斉炭素原子を含まない。
5. C のすべての異性体のうち、ヨードホルム反応を示すものは 2 種類である。
6. C のすべての異性体はナトリウムと反応して水素を発生する。

問 ii 6.88 g のエステル A を完全燃焼させるために必要な酸素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



10 つぎの文章を読み、下の問 i ～iii に答えよ。

化合物 A を適切な触媒の存在下で加熱すると、3 分子が結合してベンゼンが生じる。また、化合物 A は化合物 B を経由して化合物 C へと変換できる。

化合物 C は、濃硫酸を加えて約 170℃ に加熱すると化合物 B を生じる。また、化合物 C を適切な酸化剤で酸化すると化合物 D が得られ、これをさらに酸化すると化合物 E が得られる。化合物 D は、化合物 A に水を付加させて合成することもできる。

2 分子の化合物 E が縮合すると無水酢酸を生じる。また、化合物 C と化合物 E を縮合すると化合物 F が得られる。

問 i 化合物 B を化合物 C へ変換するための適切な方法を下の 1 ～ 9 の中から 1 つ選び、番号で答えよ。

問 ii 化合物 D は、化合物 C を経由することなく、化合物 B から直接合成することもできる。そのための適切な方法を下の 1 ～ 9 の中から 1 つ選び、番号で答えよ。

1. 硫酸水銀(Ⅱ)を触媒として水と反応させる。
2. ニッケルを触媒として水素と反応させる。
3. 高温高圧のもとで二酸化炭素と反応させる。
4. 塩化パラジウムおよび塩化銅(Ⅱ)を触媒として、酸素で酸化する。
5. 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。
6. 空気を遮断して加熱分解する。
7. 十酸化四リンを加えて加熱する。
8. 濃硫酸を加えて温める。
9. リン酸を触媒として水と反応させる。

問iii 下線の反応で理論的に 1300 kg のベンゼンを生じる量の化合物 A がある。

この化合物 A から上記の一連の変換によって、化合物 F を理論的に最大いくら合成できるか。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。ただし、各元素の原子量は、 $H = 1$ 、 $C = 12$ 、 $N = 14$ 、 $O = 16$  とする。

$\times 10^3 \text{ kg}$

11 つぎの反応 1～4 を、下線で示した物質をそれぞれ同じ質量だけ用いて行う。このとき得られる生成物 A～D の質量が理論的に最大となる反応、最小となる反応はどれか。1～4 の番号で答えよ。ただし、各元素の原子量は、 $H = 1$ 、 $C = 12$ 、 $N = 14$ 、 $O = 16$ 、 $Na = 23$ 、 $Cl = 35.5$  とする。

1. 塩化ベンゼンジアゾニウム (式量 140.5) をナトリウムフェノキシドと反応させ、染料として用いられる赤橙色の化合物 A を得る。
2. サリチル酸 (分子量 138) にメタノールと濃硫酸を作用させ、強い芳香のある化合物 B を得る。
3. ベンゼン (分子量 78) とプロペンを、触媒を用いて反応させ、フェノールを合成するための原料となる化合物 C を得る。
4. トルエン (分子量 92) を過マンガン酸カリウムの塩基性水溶液と反応させた後、溶液を酸性にして、医薬品・香料などの原料となる化合物 D を得る。

(下 書 き 用 紙)



12 3種類の炭化水素を含む混合物に関するつぎの記述ア～キを読み、下の問に答えよ。ただし、各元素の原子量は、 $H = 1$ 、 $C = 12$ 、 $Br = 80$ とする。

ア. 炭素数4の炭化水素2種類と炭素数6の炭化水素1種類を含む。

イ. 飽和炭化水素を2種類だけ含む。

ウ. 飽和シクロアルカンを1種類だけ含む。

エ. 環構造を2つ以上もつ化合物は含まれない。

オ. 2種類は、互いに構造異性体の関係にある。

カ. 完全燃焼すると、二酸化炭素と水が物質質量比12:13で生成する。

キ. 混合物7.00 gに臭素を作用させると、臭素4.40 gが消費される。

問 i 炭素数4の炭化水素の合計質量が混合物全体の質量に占める割合は何パーセントか。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。

--	--

 %

問 ii 混合物に含まれる飽和シクロアルカンの質量パーセントはいくらか。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。

--	--

 %

(下書き用紙)

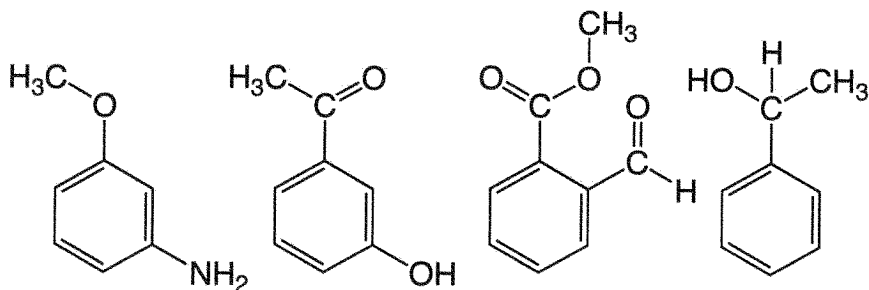


（下書き用紙）

（下書き用紙）

（下書き用紙）

13 つぎに示す4つの化合物がラベルのはがれた容器に別々に入っている。



これらを区別するために、**実験ア～キ**をそれぞれの内容物について行うことにした。

**実験ア.** アンモニア性硝酸銀水溶液に加えて変化をみる。

**実験イ.** 希塩酸によく溶けるかどうかを調べる。

**実験ウ.** 炭酸水素ナトリウム水溶液によく溶けるかどうかを調べる。

**実験エ.** 無水酢酸と反応するかどうかを調べる。

**実験オ.** さらし粉を加えて変化をみる。

**実験カ.** 塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えて変化をみる。

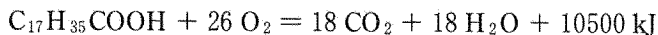
**実験キ.** 水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱し、つぎに塩酸を加えて溶液を酸性にする。これにエーテルを加えてよく振り混ぜ、エーテル層に化合物がある場合には、それがもとの化合物であるかどうかを調べる。

**実験ア～キ**をこの順番で行うと、何番目の実験が終わった段階で4つの化合物を区別できるか。また、実験の順番を逆にして**実験キ**から**実験ア**へ行くと、何番目の実験が終わった段階で4つの化合物を区別できるか。

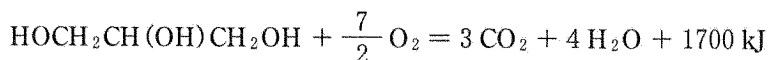


14 ステアリン酸、グリセリン、およびグルコースの燃焼反応は、それぞれつぎの熱化学方程式で表される。これらをもとに、油脂と糖の燃焼熱を比較した。下の間に答えよ。ただし、各元素の原子量は、 $H = 1$ 、 $C = 12$ 、 $O = 16$  とする。

ステアリン酸



グリセリン



グルコース



問 i ある油脂 1.00 mol を加水分解したところステアリン酸とグリセリンのみが得られ、300 kJ の熱が発生した。この油脂の燃焼熱はいくらか。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。

$\times 10^4$  kJ/mol

**問 ii** マルトースはグルコース 2 分子が脱水縮合した二糖である。マルトース 1.00 mol をグルコースに加水分解したところ、100 kJ の熱が発生した。**問 i** の油脂 57.0 g を燃焼して得られるのと同じ熱量を得るには、マルトースを何 g 燃焼する必要があるか。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。

$\times 10^2 \text{ g}$

(下 書 き 用 紙)