

(平成 22 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 12 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	/	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 1 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。

1 温度と容積を変えられることができる密閉容器に水だけを入れて、つぎの操作 a ~ d を行った。下の問に答えよ。ただし、水蒸気は理想気体としてふるまい、凝縮した水の体積は無視できるものとする。また、水の蒸気圧は、360 K において $6.21 \times 10^4 \text{ Pa}$ であり、温度が下がると 1 K あたり $2.00 \times 10^3 \text{ Pa}$ 低下するものとする。

- a. 容器の温度を 360 K、圧力を $5.76 \times 10^4 \text{ Pa}$ にすることによって、容器内の水をすべて水蒸気とした。この状態を A とする。
- b. 状態 A から、温度を一定に保ちながら容積を減らすことによって、状態 A で水蒸気となっていた水の 25.0 % を凝縮させた。この状態を B とする。
- c. 状態 A から、圧力が一定に保たれるように温度を調節しながら、容積を減らすことによって、状態 A で水蒸気となっていた水の 25.0 % を凝縮させた。この状態を C とする。
- d. 状態 A から、容積を一定に保ちながら温度を下げることによって、状態 A で水蒸気となっていた水の 25.0 % を凝縮させた。この状態を D とする。

問 i 状態 A の容積は状態 B 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。

倍

問 ii 状態 D の温度は状態 A の温度より何 K 低い。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。

--	--

 K

問 iii つぎの記述のうち、誤っているものはどれか。

1. 操作 b ～ d のうち、水が凝縮し始めてからの操作の過程で、温度を一定に保ったものは、b だけである。
2. 操作 b ～ d のうち、水が凝縮し始めてからの操作の過程で、水蒸気の密度が変化したものは、d だけである。
3. 状態 C は状態 B と比べて、容積が大きい。
4. 状態 C は状態 D と比べて、温度が高い。
5. 状態 C は状態 D と比べて、水蒸気の密度が小さい。

- 2 容積を変化させることで圧力を一定に保つことができる密閉容器に H_2O 3.00 mol と CO 4.00 mol を入れて高温に保ったところ、(1)式の可逆反応によって H_2 と CO_2 が生成し平衡状態となった。このときの容器内の H_2 の物質量は 2.40 mol であった。



この混合気体に、ある物質量の O_2 を加えて燃焼させた。この燃焼により 360.0 kJ の熱が発生し、容器内の O_2 はすべて消失した。さらに容器を、 O_2 を加える前の温度にしたところ、新たに平衡状態となり H_2 の物質量は 1.80 mol となった。つぎの問に答えよ。ただし、気体はすべて理想気体としてふるまうものとし、反応に参与する水はすべて気体であるものとする。また、 CO および H_2 の燃焼熱は、温度によらず、それぞれ 283.0 kJ/mol、246.0 kJ/mol とする。

- 問 i 下線の平衡状態における平衡定数 K 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。

$$K = \boxed{}.\boxed{}$$

- 問 ii 燃焼前に混合気体に加えた O_2 の物質量はいくらか。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。

$$\boxed{}.\boxed{} \text{ mol}$$

- 問 iii 燃焼により消費された H_2 の物質量はいくらか。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。

$$\boxed{}.\boxed{} \text{ mol}$$

(下 書 き 用 紙)

第Ⅱ問 (50 点満点)

問題 3 の問 ii, 問題 4 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。問題 4 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式を記せ。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。

3 つぎの記述ア～キを読み, 下の問に答えよ。

ア. 0.100 mol の銀に, 十分な量の熱濃硫酸を加え, 気体 A を得る。

イ. 0.270 mol の銅に, 十分な量の希硝酸を加え, 気体 B を得る。

ウ. 0.0750 mol/L の過酸化水素水 1.00 L に, 十分な量の硫酸酸性過マンガン酸カリウム水溶液を加え, 気体 C を得る。

エ. 0.100 mol の塩化ナトリウムに, 十分な量の濃硫酸を加え, 気体 D を得る。

オ. 0.220 mol のアルミニウムに, 十分な量の水酸化ナトリウム水溶液を加え, 気体 E を得る。

カ. 0.0200 mol の塩化アンモニウムに, 十分な量の水酸化カルシウムを加えて加熱し, 気体 F を得る。

キ. 十分な量の水に, 0.0100 mol の炭化カルシウム(カーバイド)を加え, 気体 G を得る。

問 i ア～キの反応には, 水を生成する反応(このときの水の物質質量変化を正とする), 水を消費する反応(このときの水の物質質量変化を負とする), 水の生成も消費もともなわない反応がある。ア～キの反応にともなう水の物質質量変化を, 正の大きいものから順に並べると, アおよびウはそれぞれ何番目になるか。

問 ii つぎの記述のうち、誤っているものはどれか。ただし、発生した気体に含まれる水蒸気などの不純物は考慮しないものとする。

1. 気体 A～G のうち、室温で空気中の酸素により速やかに酸化されるものの数は 2 つである。
2. 気体 A～G のうち、標準状態で空気より密度が小さいものの数は 3 つである。
3. 気体 A～G のうち、二原子分子であるものの数は 4 つである。
4. 酸化バナジウム(V)を触媒として 500℃ で気体 A と気体 C を反応させて得られる気体を水に溶解したものは、気体 A を水に溶解したものよりも強い酸である。
5. 気体 D を塩化ナトリウム飽和水溶液に通すと、塩化ナトリウムが沈殿する。

問 iii 容積を変えることができる容器を用いて、つぎの操作 1～5 を行うとする。

操作が完了した後、容器内の圧力を 1.013×10^5 Pa、温度を 273 K に保ち、十分な時間が経過して平衡状態に達したとき、容器内の気体の体積が最も大きいものと、最も小さいものは、それぞれどれか。ただし、気体 A～G は、すべて回収し完全に精製して用いることとし、気体はすべて理想気体としてふるまうものとする。

1. アで得られた気体 A と、ウで得られた気体 C を、酸化バナジウム(V)を触媒として 500℃ で反応させる。
2. イで得られた気体 B と、ウで得られた気体 C を室温で混合する。
3. ウで得られた気体 C と、オで得られた気体 E を混合して点火する。
4. ウで得られた気体 C と、キで得られた気体 G を混合して点火し、完全に燃焼させる。
5. エで得られた気体 D と、カで得られた気体 F を室温で混合する。

4 つぎの問に答えよ。

問 i 硫酸は、水溶液中で下式のように 2 段階で電離する。



H^+ の濃度 $[\text{H}^+]$ を、 HSO_4^- の濃度 $[\text{HSO}_4^-]$ と SO_4^{2-} の濃度 $[\text{SO}_4^{2-}]$ を用いて表せ。ただし、 H^+ 、 HSO_4^- 、 SO_4^{2-} 以外のイオンの濃度は十分に低く、無視できるものとする。

問 ii (1)式の電離が完全に起こり、(2)式の電離定数が $1.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ であるとき、 0.100 mol/L の希硫酸中での H^+ 、 HSO_4^- 、 SO_4^{2-} の各イオンの濃度はいくらか。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。必要ならば、 $\sqrt{1.61} = 1.27$ を用いよ。

$[\text{H}^+]$ 0.

--	--

 mol/L

$[\text{HSO}_4^-]$ 0.

--	--

 mol/L

$[\text{SO}_4^{2-}]$ 0.

--	--

 mol/L

問iii 十分な量の希硫酸に白金電極を入れて直流電圧をかけたところ、0.965 A の一定電流が流れ、陽極と陰極からそれぞれ異なる気体が発生した。これらの気体に関する以下の記述のうち、誤っているものはどれか。ただし、発生した気体は理想気体としてふるまい、気体定数は $8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$ 、ファラデー定数は 96500 C/mol とする。

1. この条件で、800 秒間通電を行ったとき、陰極で発生した気体の体積は、298 K、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ で 100 mL 以下である。
2. この条件で、陽極で発生した気体の体積と陰極で発生した気体の体積の合計が、298 K、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ で 200 mL に達するのに要する通電時間は、1000 秒以内である。
3. 陰極で発生した気体の工業的な製法として、石油から得られる炭化水素を高温で水と反応させる方法がある。
4. 陽極で発生した気体の工業的な製法として、液体空気の分留がある。
5. 陰極で発生した気体と陽極で発生した気体とで燃料電池を構成するとき、陰極で発生した気体は正極活物質として用いる。

第Ⅲ問 (50 点満点)

問題 5 の問 iii, 問題 6 の問 ii 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。

5 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。

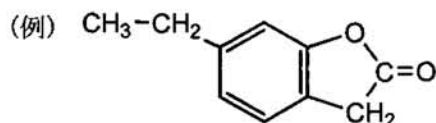
質量〔%〕組成が, 炭素 75.95 %, 水素 10.55 %, 酸素 13.50 % である化合物 A を加水分解したところ, 分岐構造をもたない脂肪族化合物 B, およびメチル基を 2 個もつ芳香族化合物 C が得られた。化合物 B および C は同じ炭素数からなる化合物であった。化合物 B を酸化すると, 化合物 D が得られた。また, C および D に炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると発泡した。C を加熱すると, 分子内脱水反応が起こり, 化合物 E が生成した。化合物 E に B を作用させると, 分子量 334 の化合物 F が得られた。

問 i 化合物 A の組成式を下の形式により示せ。



問 ii 化合物 F として考えられる構造異性体の数はいくつか。

問 iii 化合物 E と B の反応により, F が構造異性体を含まずに単一の生成物として得られる場合, 考えられる化合物 E の構造式を, 例にならって 1 つだけ示せ。



(下 書 き 用 紙)

6 化合物A, B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, $H = 1$, $C = 12$, $N = 14$, $O = 16$ とする。

ア. 化合物A, Bは, 炭素, 水素のほかに, 窒素または酸素, あるいはその両方を含むが, これ以外の元素は含まない。

イ. 化合物A, Bは, 8つの炭素原子をもつ。

ウ. 化合物A, Bは, 互いに構造異性体の関係にある。

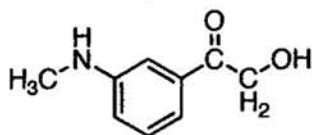
エ. 化合物A, Bは, いずれもベンゼンのパラ(*p*-)二置換体である。

オ. 化合物A, Bは, いずれもメチル基をもつ。

問 i 化合物Aの分子量が150から155の範囲にあるとき, 可能な分子式はいくつあるか。

問 ii 化合物Aは分子量151のエステルであった。この化合物Aを加水分解したのち, 無水酢酸と反応させると分子量179の化合物Cが得られた。一方, 化合物Bは塩化鉄(Ⅲ)を加えると呈色する化合物であり, ベンゼン環以外の環状構造, 炭素—窒素二重結合, 窒素原子に直接結合したメチル基のいずれももたない。化合物B, Cの構造を例にならって示せ。

(例)



問iii ベンゼンまたはトルエンを出発原料に用いて、次に示す反応操作a)～j)のうちのいくつかを適切な順で行うことにより化合物AおよびBを合成したい。A、Bの合成が可能な出発原料(1または2)と反応操作の順(3～8)の組み合わせをそれぞれ選び、下に示す形式で答えよ。

- a) ニッケルを触媒に用いて水素と反応させる。
- b) 濃硝酸と濃硫酸の混合物を加えて加熱する。
- c) スズと濃塩酸を加えて加熱した後に塩基を加える。
- d) 触媒を用いてエチレンと反応させる。
- e) 過マンガン酸カリウム水溶液を加えて加熱する。
- f) 濃硫酸を加えて加熱する。
- g) 固体の水酸化ナトリウムを加えて高温で融解した後に酸を加える。
- h) メタノールと少量の濃硫酸を加えて加熱する。
- i) 無水酢酸と反応させる。
- j) 氷冷下で希塩酸と亜硝酸ナトリウム水溶液を加えた後、室温まで温度を上げる。

出発原料

- 1. ベンゼン
- 2. トルエン

反応操作の順

- 3. b→c→i→e→h
- 4. f→g→e→h
- 5. b→c→i→b→a→j
- 6. b→c→j→e→i
- 7. b→e→a→i
- 8. d→b→e→a→h

化合物Aの合成：出発原料

反応操作の順

化合物Bの合成：出発原料

反応操作の順

化学の問題は大きな3つのグループ、第Ⅰ問(問題1, 2)、第Ⅱ問(問題3, 4)、第Ⅲ問(問題5, 6)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1の問iii, 問題3の問ii, 問題4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。

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	または	4

注意Ⅲ 問題4の問i, 問題5の問iii, 問題6の問ii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式、または構造式を記せ。

注意Ⅳ 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

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。

6	
i	ii
2	1
個	個