

化 学

注 意

1. 問題は全部で14ページである。
2. 解答用紙に氏名・受験番号を忘れずに記入すること。
3. 解答はすべて解答用紙に記入すること。
4. 解答用紙は必ず提出のこと。この問題冊子は提出する必要はない。
5. **I** の答と **II** 問2の答はマーク・シート解答用紙に記入し、**II** 問1と **III** の答は記述式解答用紙に記入すること。
6. 問題冊子の余白等は適宜利用してよいが、どのページも切り離してはいけない。

マーク・シート記入上の注意

1. **HB**の黒鉛筆またはシャープペンシルを用いて記入すること。
2. 解答用紙にあらかじめプリントされた受験番号を確認すること。
3. 解答する記号の○を塗りつぶしなさい。○で囲んだり×をつけたりしてはいけない。

解答記入例(解答が1のとき)

1	☒	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	☐ 0	☐ a	☐ b	☐ c	☐ d	☐ -	☐ *
---	----------------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------

4. 一度記入したマークを消す場合は、消しゴムでよく消すこと。×をつけても消したことになる。
5. 解答用紙をよごしたり、折り曲げたりしないこと。

I 次の問 1、問 2 の答をマーク・シート解答用紙に記入せよ。

問 1 以下の文を読み、設問(1)～(3)、(5)、(7)の答を、それぞれの解答群から選び、マーク・シート解答用紙の指定された番号の解答欄にマークせよ。また、設問(4)、(6)の答を、有効数字 3 桁で求め、9 ～ 12，15 ～ 18 にあてはまる最も適切な数値を、マーク・シート解答用紙の同じ番号の解答欄にマークせよ。ただし、気体はすべて理想気体とし、気体定数は $8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。また、液体の体積は無視する。原子量は、H 1.0, C 12.0, O 16.0 とする。

純物質には、固体、液体、気体の状態があり、温度や圧力を変えると状態が変化する。図 1 と図 2 はそれぞれ水と二酸化炭素が、さまざまな温度、圧力においてどのような状態にあるかを示したグラフであり、状態図と呼ばれる。状態を分ける境界線(実線)上の温度と圧力では、そこで分けられる状態の間の平衡状態になる。ただし、図の軸の目盛りは均等ではない。

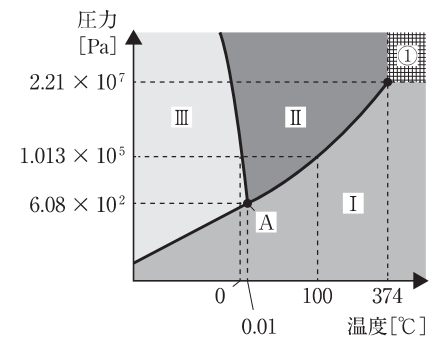


図 1 水の状態図

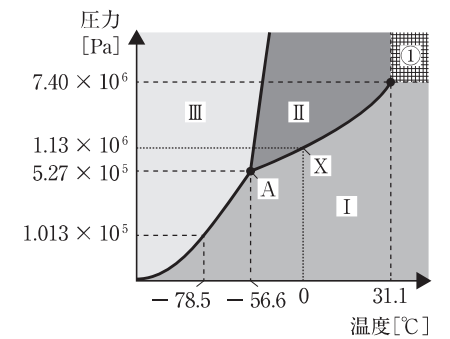


図 2 二酸化炭素の状態図

- (1) 状態Ⅰ，状態Ⅱ，状態Ⅲの状態名を，解答群 1 から選んで，それぞれ答えよ。

状態Ⅰ 1，状態Ⅱ 2，状態Ⅲ 3

- (2) 状態Ⅰから状態Ⅱ，状態Ⅲから状態Ⅱ，状態Ⅲから状態Ⅰへの状態変化を，それぞれ何と呼ぶか。解答群 1 から選んで答えよ。

状態Ⅰから状態Ⅱ 4，状態Ⅲから状態Ⅱ 5，状態Ⅲから状態Ⅰ 6

[解答群 1]

- | | | |
|------|------|------|
| ① 固体 | ② 液体 | ③ 気体 |
| ④ 蒸発 | ⑤ 凝縮 | ⑥ 融解 |
| ⑦ 凝固 | ⑧ 昇華 | ⑨ 凝華 |

- (3) 点Aで，水と二酸化炭素はどのような状態で存在するか，また，領域①ではどのような状態で存在するか。解答群 2 から選んで，それぞれ答えよ。

点A 7，領域① 8

[解答群 2]

- | | |
|-----------------|-----------------|
| ① 固体のみ | ② 液体のみ |
| ③ 気体のみ | ④ 固体と液体が共存する |
| ⑤ 固体と気体が共存する | ⑥ 液体と気体が共存する |
| ⑦ 固体と液体と気体が共存する | ⑧ 固体と液体の区別がつかない |
| ⑨ 固体と気体の区別がつかない | ⑩ 液体と気体の区別がつかない |

- (4) 図 1 の横軸の温度範囲のうち，いずれかの温度において，水が液体として存在できる最低の圧力を有効数字 3 桁で求め，以下の形式で示せ。

9 . 10 11 $\times 10^{\text{12}}$ Pa

- (5) 物質の融点や沸点は，物質に外から加えられた圧力(外圧)によって変化する。外圧が低くなると，水の融点と沸点および二酸化炭素の融点と沸点は，どのように変化するか。解答群 3 から選んで，それぞれ答えよ。

水 13，二酸化炭素 14

[解答群 3]

- | |
|---------------------|
| ① 融点：上がる，沸点：上がる |
| ② 融点：上がる，沸点：変わらない |
| ③ 融点：上がる，沸点：下がる |
| ④ 融点：変わらない，沸点：上がる |
| ⑤ 融点：変わらない，沸点：変わらない |
| ⑥ 融点：変わらない，沸点：下がる |
| ⑦ 融点：下がる，沸点：上がる |
| ⑧ 融点：下がる，沸点：変わらない |
| ⑨ 融点：下がる，沸点：下がる |

- (6) 27℃， 2.493×10^6 Pa の状態で，容積の変わらない容器に状態Ⅰの二酸化炭素のみが 44.0 g 入っている。この容器を図 2 の点Xの状態にしたとき，容器内に存在する状態Ⅱの二酸化炭素の物質量(mol)を有効数字 3 桁で求め，以下の形式で示せ。

15 . 16 17 $\times 10^{-\text{18}}$ mol

(7) 温度と圧力を変えることのできる密閉容器に、二酸化炭素のみを入れた。

このとき、容器内の温度と圧力は、それぞれ -70.0°C と $4.80 \times 10^6 \text{ Pa}$ であった。続いて、以下の操作③～④を順に十分に時間をかけて行った。

操作③ 圧力を一定にしたまま、温度を 50.0°C まで変化させた。

操作④ 次に、温度を一定にしたまま、圧力を $3.00 \times 10^6 \text{ Pa}$ まで変化させた。

操作⑤ 次に、圧力を一定にしたまま、温度を -30.0°C まで変化させた。

操作⑥ 次に、温度を一定にしたまま、圧力を $2.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ まで変化させた。

上記の実験(操作)において、すべての二酸化炭素が気体の状態で存在するのはどれか、次のア)～オ)からすべて選び、正しい組み合わせを解答群 4 から選んで答えよ。 19

ア) 操作③を始めるとき イ) 操作③を終えたとき

ウ) 操作④を終えたとき エ) 操作⑤を終えたとき

オ) 操作⑥を終えたとき

[解答群 4]

① ア), イ), ウ) ② ア), イ), エ) ③ ア), イ), オ)

④ ア), ウ), エ) ⑤ ア), ウ), オ) ⑥ ア), エ), オ)

⑦ イ), ウ), エ) ⑧ イ), ウ), オ) ⑨ イ), エ), オ)

⑩ ウ), エ), オ)

問 2 炭素、水素、酸素からなる化合物 A に関する以下の文を読み、設問(1)～(3)

の 20 ～ 29 にあてはまる最も適切な数値をマーク・シート解答用紙の同じ番号の解答欄にマークせよ。ただし、原子量は H 1, C 12, O 16, K 39, I 127 とする。

化合物 A はグリセリン 1 分子に分子量の異なる 3 種類の鎖式の 1 価カルボン酸がエステル結合した構造である。21.0 g の A を完全にけん化するのに必要な水酸化カリウムは 4.20 g であった。また、21.0 g の A に付加したヨウ素 ^① I₂ の最大量は、25.4 g であった。また、3 種類の鎖式の 1 価カルボン酸の炭素数は等しいことがわかった。

(1) 化合物 A の分子量を有効数字 3 桁で求め、以下の形式で示せ。

20 . 21 22 $\times 10$ 23

(2) 下線①の結果から、化合物 A に付加したヨウ素 I₂ の物質量の比をもっとも簡単な整数比で求め、以下の形式で示せ。

(化合物 A の物質量) : (ヨウ素 I₂ の物質量) = 24 : 25

(3) 3 種類の鎖式の 1 価カルボン酸の中で分子量の最も小さいカルボン酸 C_xH_yCOOH の x と y を求め、以下の形式で示せ。ただし、 x または y が 1 桁の場合、26 または 28 に⑩をマークせよ。

$x =$ 26 27

$y =$ 28 29

Ⅱ 次の問 1 と問 2 に答えよ。ただし、原子量は H 1, C 12, O 16, Na 23, Mg 24 とする。

問 1 以下の手順 1 ～ 4 を読み、設問(1)～(7)の答を記述式解答用紙の解答欄に記入せよ。なお、使用したビュレットは検定してあるものとする。

手順 1 シュウ酸二水和物($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 1.89 g を水に溶解し、メスフラスコを用いて 100 mL とすることで水溶液 **A** を作製した。また、水酸化ナトリウムを水に溶解し、水溶液 **B** を作製した。

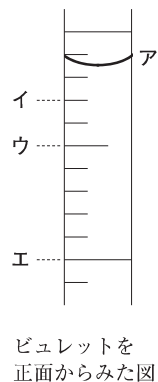
手順 2 コニカルビーカーに 10 mL のシュウ酸水溶液 **A** をホールビペットを用いてとり、水酸化ナトリウム水溶液 **B** をビュレットに入れて滴定した。

手順 3 水酸化ナトリウム水溶液 **B** に水を加えて、0.10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 **C** を 100 mL 作製した。

手順 4 5.0 mL の 0.10 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 **C** と濃度未知の炭酸ナトリウム水溶液を混合し、水溶液 **D** を作製した。まず、この水溶液 **D** にフェノールフタレイン(変色域：pH 8.0～9.8)を加えた後、希塩酸で滴定したところ、終点までに 20.0 mL を要した。この滴定の後、さらに水溶液にメチルオレンジ(変色域：pH 3.1～4.4)を加えて、同じ希塩酸で滴定を続けたところ、終点までにさらに 15.0 mL の希塩酸が必要であった。

(1) 下線(a)のシュウ酸水溶液 **A** のモル濃度(mol/L)を有効数字 2 桁で求めよ。

(2) 下線(b)の滴定実験は以下のように行った。滴定を始めたとき、ビュレットの液面の目盛は1.65 mLであった。右の図は、滴定の終点におけるビュレットの図である。太線アは液面を表している。なお、ビュレットには、イで示した短い目盛、ウで示した少し長い目盛、エで示した長い目盛の3種の目盛があり、イで示した短い目盛は0.1 mL ごとに入っていた。また長い目盛には mL 単位の整数値がそれぞれに示されており、エで示した長い目盛には10 mLをさす10という数値が示されていた。ビュレットを用いた滴定の結果から、水酸化ナトリウム水溶液Bのモル濃度 (mol/L) を有効数字2桁で求めよ。



- (3) 下線(c)に示したように、100 mL の 0.10 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 C を作製するとき、必要な水溶液 B の体積 (mL) を有効数字2桁で求めよ。
- (4) 下線(d)での中和反応で進行する反応の化学反応式をすべて記せ。ただし、指示薬の反応は無視すること。
- (5) 下線(e)での中和反応で進行する反応の化学反応式をすべて記せ。ただし、指示薬の反応は無視すること。
- (6) 下線(d)および(e)で示した滴定実験で使用した希塩酸のモル濃度 (mol/L) を有効数字2桁で求めよ。
- (7) 手順4で用いた水溶液D中に、最初に含まれていた炭酸ナトリウムの物質質量 (mol) を有効数字2桁で求めよ。

問2 以下の文を読み、設問(1)~(3)の答をマーク・シート解答用紙の指定された番号の解答欄にマークせよ。なお、水のイオン積は $1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ とする。また、必要であれば、 $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$, $\log_{10} 5 = 0.70$, $\log_{10} 7 = 0.85$ を用いよ。

マグネシウムを熱水と反応させると、気体Eとともに水に難溶性の化合物^(f)が生成した。また、マグネシウムは空気中で強熱すると強い光を出して燃えた^(h)。

- (1) 下線(f)で示した反応で発生した気体Eとして最も適切なものを語群から一つ選べ。 30
- ① NO₂ ② O₂ ③ Cl₂ ④ N₂
 ⑤ H₂ ⑥ CO₂ ⑦ O₃ ⑧ HCl
- (2) 下線(g)で示した難溶性化合物は水にわずかに溶ける。この化合物の溶解度積は $K_{sp} = 1.2 \times 10^{-11} (\text{mol/L})^3$ であり、電離度は1.0である。この化合物の飽和水溶液のpHを小数第2位まで求め、第2位を四捨五入して以下の形式で記せ。なお、求めたpHが10未満の場合は、解答欄 31 には①をマークせよ(例：pH 7.5の場合、31 , 32 , 33 にはそれぞれ0, 7, 5とマークする)。

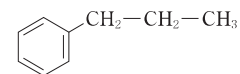
31 32 . 33

- (3) 下線(h)で示した反応で生成した化合物の式量を有効数字2桁で求め、以下の形式で記せ。

34 . 35 × 10 36

Ⅲ 以下の文を読み，設問(1)～(4)の答を解答欄に記入せよ。構造式は例にならって示せ。ただし，原子量はそれぞれ H 1.0，C 12.0，O 16.0 とする。

構造式の例



鉄触媒を用いてベンゼンと塩素を反応させると化合物 **A** が得られた。**A** を高温高圧下で水酸化ナトリウム水溶液と反応させると化合物 **B** が得られた。**B** が溶けている水溶液に二酸化炭素を通じると，化合物 **C** が水層から遊離して得られた。**C** を無水酢酸と反応させると化合物 **D** が得られた。ベンゼンを濃硫酸と反応させると化合物 **E** が得られた。**E** を水酸化ナトリウムと反応させた後に，300℃前後でアルカリ融解すると **B** が得られる。

炭素，水素，酸素よりなる分子量 188 のエステル **F** がある。元素分析による **F** の成分元素の質量組成は，炭素 76.6%，水素 6.4% であった。水酸化ナトリウム水溶液を用いて，**F** を完全に加水分解した。得られた水溶液にエーテルを加えて抽出を行ったところ，エーテル層からは何も得られなかった。水層を二等分し，一方に対して操作 1 を行ない，他方には操作 2 を行なった。

操作 1 水層に二酸化炭素を十分に通じると，化合物 **G** のみが水層から遊離して得られた。

操作 2 希塩酸を用いて水層を中和した後，再度エーテルを加えて抽出すると，エーテル層からは化合物 **G** と化合物 **H** が得られた。

G は塩化鉄(Ⅲ)水溶液と反応して呈色を示した。1 mol の **G** を完全燃焼させて，二酸化炭素と水にするのに必要な酸素は 8.5 mol であった。化合物 **H** には不斉炭素原子が存在し，環状構造は存在しなかった。

- (1) 化合物 **F** の分子式を記せ。
- (2) 化合物 **G** の分子式を記せ。
- (3) 化合物 **A** ～ **E**，**H** の構造式を例にならって示せ。
- (4) 化合物 **G** として考えられる化合物の構造式をすべて示せ。

<余 白>