

化 学

解答上の注意

1. 解答は、解答用紙の解答欄にマークすること。

例えば、 と表示のある問題に対して、「①～⑨のうちから2つ選び、一緒にマークせよ。」の場合には、次の例に従う。

例：②と⑦と答えたい場合には

解答番号	解 答 欄									
4	①	●	③	④	⑤	⑥	●	⑧	⑨	⑩

例えば、 と表示のある問題に対して、「①～⑨のうちからすべて選び、一緒にマークせよ。」の場合には、次の例に従う。

例：①と③と⑤と⑦と⑨と答えたい場合には

解答番号	解 答 欄									
6	●	②	●	④	●	⑥	●	⑧	●	⑩

例えば、 と表示のある問題に対して、計算等から得られた値をマークする場合には、次の例に従う。

例：38 と答えたい場合には

解答番号	解 答 欄									
7	①	②	●	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
8	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	●	⑨	⑩

2. 体積の単位リットルはLで表されている。

3. 必要があれば次の値を用いること。

原子量：H = 1.0 C = 12 O = 16 F = 19 Na = 23

Mg = 24 Al = 27

気体定数 $8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$

1 次の文章を読み、下の問い(問1～5)に答えよ。

アルミニウムは 族に属し、酸・塩基の両方と反応する両性元素として知られている。また、アルミニウムは自然界では単体として存在せず、化合物として広く分布しており、地殻の構成元素としては質量比で3番目に多い元素である。一般にアルミニウムはボーキサイトから得られる酸化アルミニウム(アルミナ)を加熱・融解された(A)に溶かし、炭素を電極に用いて電気分解することで精製される。ボーキサイトを産出しない日本においては、明礬石からアルミナを生産し、アルミニウムを得ていた歴史がある。

問1 に当てはまる数字として最も適切なものを、次の①～⑦のうちから1つ選べ。

- ① 3 ② 5 ③ 7 ④ 9 ⑤ 11 ⑥ 13 ⑦ 15

問2 下線部アについて、次の(1)、(2)に答えよ。

(1) 硝酸塩水溶液に過剰のアンモニア水を加えたとき、錯イオンを形成する両性元素として最も適切なものを、次の①～⑥のうちから1つ選べ。

- ① Ag ② Al ③ Cu ④ Fe ⑤ Pb ⑥ Zn

(2) アルミニウムを希硫酸と反応させたときに発生する気体の性質とその捕集方法の組合せとして最も適切なものを、次の①～⑨のうちから1つ選べ。

	気体の性質	捕集方法
①	酸性	水上置換
②	酸性	上方置換
③	酸性	下方置換
④	中性	水上置換
⑤	中性	上方置換
⑥	中性	下方置換
⑦	塩基性	水上置換
⑧	塩基性	上方置換
⑨	塩基性	下方置換

問3 下線部イについて、地殻の構成元素のうち質量比で2番目に多い元素として最も適切なものを、次の①～⑧のうちから1つ選べ。

- ① B ② C ③ N ④ O ⑤ Si ⑥ P ⑦ S ⑧ Fe

問 4 下線部ウについて、次の(1), (2)に答えよ。

- (1) 塩や酸化物を融解し、電気分解して単体を得る操作を熔融塩電解という。(A)に入る化学式と、アルミニウム以外で一般に熔融塩電解によって製造される単体の組合せとして最も適切なものを、次の①~⑧のうちから1つ選べ。

	(A)	単 体
①	Na_3AlF_6	Ag
②	Na_3AlF_6	Cu
③	Na_3AlF_6	Fe
④	Na_3AlF_6	Mg
⑤	MgAl_2O_4	Ag
⑥	MgAl_2O_4	Cu
⑦	MgAl_2O_4	Fe
⑧	MgAl_2O_4	Mg

- (2) 陽極ではCOとCO₂が物質比2:5で発生し2.94 kgの炭素が消費された。このとき陰極に析出したアルミニウムの質量[kg]を求めよ。 には一の位の数字を、 には小数第1位の数字を、 には小数第2位の数字をそれぞれマークせよ。小数第3位以下がある場合には四捨五入せよ。

. kg

- 問 5 下線部エについて、日本のアルミニウム生産について書かれた記事には「明礬石から得られるアルミン酸ナトリウム(NaAlO_2)の水溶液を二酸化炭素と反応させて水酸化アルミニウムをつくり、これを焼成してアルミナとする。水酸化アルミニウムを取り除いた後には炭酸ナトリウム水溶液のみが残る。(日本初のアルミニウム生産の工業化, 岩崎廣和, 『化学と工業(67巻)』日本化学会 より一部改変)」とある。アルミン酸ナトリウムと二酸化炭素との反応の化学反応式における水酸化アルミニウムの係数として最も適切な1桁の数字をマークせよ。ただし、反応にはアルミン酸ナトリウム水溶液と二酸化炭素のみが関与し、その他の物質は関与しないものとする。

2

次の問い(問1, 2)に答えよ。

問1 純物質はその物質がおかれている温度と圧力によって状態が定まっており、それを図で示したものを状態図という。二酸化炭素の状態図の概要を図1に示す。下の二酸化炭素の状態変化に関する説明(1)~(3)について、正しいものには①、誤っているものには②をマークせよ。ただし、二酸化炭素の三重点は、 $-56.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $5.2 \times 10^5\text{ Pa}$ 、臨界点は $31.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $7.4 \times 10^6\text{ Pa}$ とする。

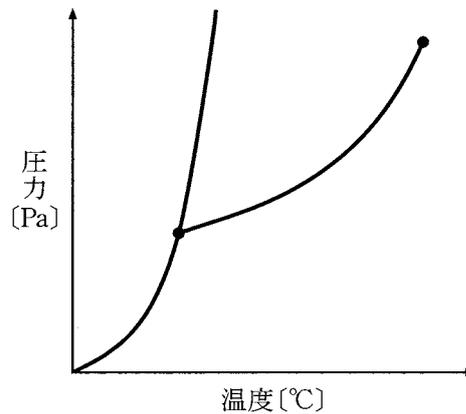


図1

- (1) $1.0 \times 10^6\text{ Pa}$ のもとで固体を加熱すると、その固体は昇華する。
- (2) $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ のもとで液体にかかる圧力を下げると、その液体は凝固する。
- (3) $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ において、ある圧力のもとで液体と気体とが平衡状態となる。

10

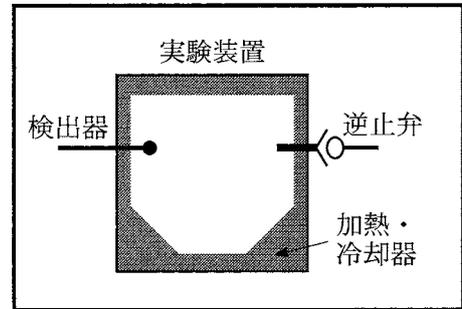
11

12

問 2 水の状態変化について、次のような実験を行った。

内部の圧力を設定した値に保持することができる気圧調整室内に、次の a ~ d の条件を満たした実験装置を設置した。その模式図を図 2 に示す。

- a 加熱・冷却器が装着されており、実験装置内部の温度を変化させることができる。
- b 測定用の検出器が挿入されており、実験装置内部の気体の温度と圧力を測定できる。
- c 実験装置内部から実験装置外部への一方向のみの排気ができる逆止弁が備え付けてある。実験装置内部の圧力が実験装置外部より高くないようになっている。
- d 実験装置内部の体積は、44.4 L である。



気圧調整室

図 2

また、各温度における水の飽和蒸気圧を表 1 に、水の飽和蒸気圧曲線を図 3 に示す。

表 1 水の飽和蒸気圧

温度 [°C]	圧力 [$\times 10^5$ Pa]						
0	0.00611	70	0.312	140	3.61	210	19.1
10	0.0123	80	0.474	150	4.76	220	23.2
20	0.0234	90	0.701	160	6.18	230	28.0
30	0.0424	100	1.01	170	7.92	240	33.5
40	0.0738	110	1.43	180	10.0	250	39.8
50	0.123	120	1.99	190	12.6		
60	0.199	130	2.70	200	15.5		

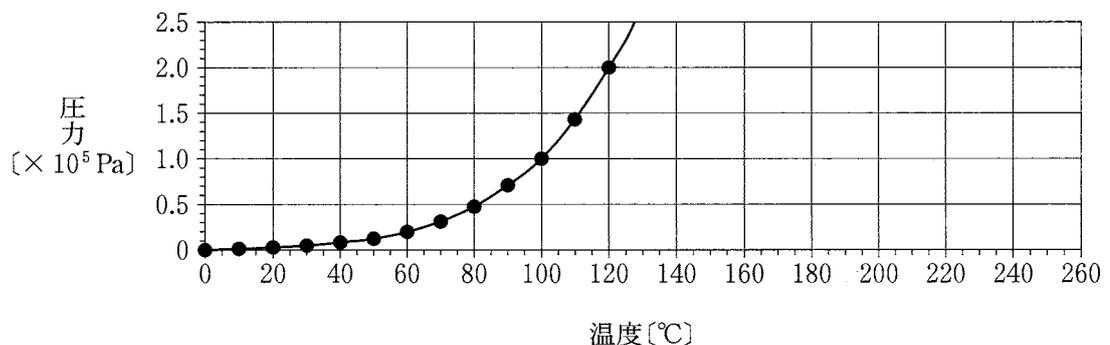


図 3

実験装置内部に 70 mL の液体の水 (25 °C) を入れ、実験装置内部の空気を水蒸気で置換し、気圧調整室内の圧力を 1.99×10^5 Pa に設定した上で、実験装置内部を加熱した。実験装置内部の水がすべて蒸発した後も加熱を続け、実験装置内部の温度が 171 °C になったところで、温度を一定に保った。ここまでの経過として、加熱時間に対する実験装置内部の温度変化の様子を模式的に図 4 に示す。このあと、実験装置内部の温度を 60 °C に低下させたところ、水蒸気が一部凝縮した。

再び、実験装置内部の温度を上昇させ、実験装置内部の温度が 245 °C に達した時点で、気圧調整室内の圧力を 1.00×10^5 Pa に設定した。しばらく実験装置内部の温度を 245 °C に保った後、実験装置内部の冷却を開始した。

次の(1)~(5)に答えよ。ただし、実験装置内部の温度分布は常に一様であるものとする。また、水の密度は 1.00 g/cm^3 であり、水と共存する場合においても水蒸気は気体の状態方程式にしたがうものとして計算せよ。

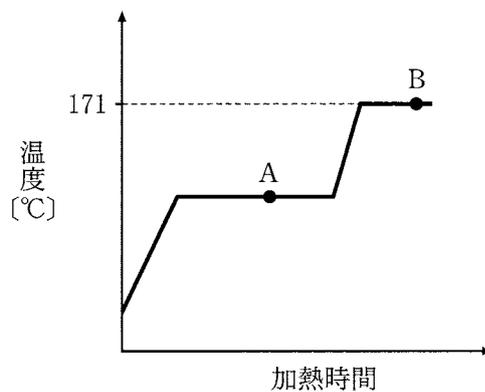


図 4

(1) 図 4 の点 A における実験装置内部の温度 [°C] として最も近い数値を、次の①~⑨のうちから 1 つ選べ。

- °C
- ① 70 ② 80 ③ 90 ④ 100 ⑤ 110
 ⑥ 120 ⑦ 130 ⑧ 140 ⑨ 150

(2) 図4の点Bにおいて実験装置内部に存在する水の物質質量[mol]を求めよ。

には一の位の数字を, には小数第1位の数字を, には小数第2位の数字をマークせよ。小数第3位以下がある場合には四捨五入せよ。

. mol

(3) 下線部アについて, 実験装置内部の気体の圧力[Pa]を求めよ。 には一の位の数字(0を除く)を, には小数第1位の数字を, には小数第2位の数字を, には1桁の指数の数字をマークせよ。小数第3位以下がある場合には四捨五入せよ。

. $\times 10^{\text{input type="text" value="20"/>$ Pa

(4) 下線部アについて, 実験装置内部に生じた液体の水の体積[mL]として最も近い数値を, 次の①~⑨のうちから1つ選べ。 mL

- ① 4.3 ② 5.7 ③ 21 ④ 37 ⑤ 39
⑥ 43 ⑦ 58 ⑧ 64 ⑨ 66

(5) 下線部イについて, 実験装置内部の水蒸気が凝縮し始める温度[°C]として最も近い数値を, 次の①~⑨のうちから1つ選べ。 °C

- ① 70 ② 80 ③ 90 ④ 100 ⑤ 110
⑥ 120 ⑦ 130 ⑧ 140 ⑨ 150

3 次の問い(問1～6)に答えよ。

問1 次の文章を読み、下の(1)、(2)に答えよ。

23 に濃硫酸を加えて、130～140℃で加熱すると(A)反応が起こり、
24 を生じる。また、23 に濃硫酸を加えて、160～170℃で加熱すると
(B)反応が起こり、25 を生じる。

(1) 23 ～ 25 に当てはまる化合物として最も適切なものを、次の①～⑥のうちからそれぞれ1つずつ選べ。同じ解答番号には同じものが入る。

- ① エタン ② エチレン ③ アセチレン
④ アセトン ⑤ エタノール ⑥ ジエチルエーテル

(2) (A)、(B)に当てはまる語の組合せとして最も適切なものを、次の①～⑥のうちから1つ選べ。 26

	(A)	(B)
①	縮 合	脱 離
②	縮 合	置 換
③	脱 離	縮 合
④	脱 離	置 換
⑤	置 換	縮 合
⑥	置 換	脱 離

問2 エタン、エチレンおよびアセチレンについて述べた次の①～⑤のうちから、誤りを含むものを2つ選び、一緒にマークせよ。 27

- ① いずれも脂肪族炭化水素である。
② いずれもアルカンである。
③ 暗所下で臭素水に通じたとき臭素水を脱色しないのは、エタンだけである。
④ 炭素原子間の結合がそれを軸に自由に回転できないのは、エチレンだけである。
⑤ 炭素原子間の結合距離が一番短いのは、アセチレンである。

問 3 アセトン，エタノールおよびジエチルエーテルのうち，水と任意の割合で混じり合うものを，次の①～③のうちからすべて選び，一緒にマークせよ。ただし，混じり合うものが1つもない場合は④をマークせよ。

- ① アセトン ② エタノール ③ ジエチルエーテル

問 4 次の①～⑤のうちから，誤りを含むものを2つ選び，一緒にマークせよ。

- ① エタンの沸点は，メタンの沸点より高く，プロパンの沸点より低い。
② エチレンを付加重合させて得られるポリエチレンは，ペットボトルに使用されている。
③ アセチレンに触媒を用いて水を付加させると，アセトアルデヒドが生成する。
④ アセトンは，クメン法によりフェノールを製造する過程で副生成物として得られる。
⑤ ジエチルエーテルはエタノールに比べて分子量が大きく，沸点が高い。

問 5 不斉炭素原子をもつ鎖式炭化水素のうち，分子量が最も小さいものの分子式を求めよ。

， には十の位の数字を， ， には一の位の数字をマークせよ。該当する位がない場合には④をマークせよ。

C H

問 6 次の文章を読み、下の(1)~(5)に答えよ。

炭素、水素、酸素からなる有機化合物 X 33 mg を完全燃焼させ、生成した二酸化炭素と水^アの質量をそれぞれ測定した。また、有機化合物 X の分子量と化学的性質を調べたところ、有機化合物 X は、分子式 $C_4H_8O_2$ のエステルであることがわかった。分子式 $C_4H_8O_2$ で表されるエステルの異性体の数は 個である。有機化合物 X の構造式を決定するために、次の実験 I ~ III を行った。

実験 I 有機化合物 X を加水分解して、酸性の有機化合物 Y と中性の有機化合物 Z を得た。

実験 II 酸性の有機化合物 Y に

実験 III 中性の有機化合物 Z に

この実験結果から、有機化合物 X は酢酸エチルである、との結論に達した。

- (1) に当てはまる数値として最も適切な 1 桁の数字をマークせよ。
- (2) 実験 II, III の , に当てはまる記述として最も適切なものを、次の①~④のうちからそれぞれ 1 つずつ選べ。同じものを繰り返し選んでもよい。
- ① 塩基性条件下でヨウ素を反応させたところ、 CHI_3 の沈殿を生じた。
 - ② 塩基性条件下でヨウ素を反応させても、 CHI_3 の沈殿は生じなかった。
 - ③ フェーリング液を加えて加熱したところ、 Cu_2O の沈殿を生じた。
 - ④ フェーリング液を加えて加熱しても、 Cu_2O の沈殿は生じなかった。
- (3) (2)に挙げた沈殿のうち、 CHI_3 の色は であり、 Cu_2O の色は である。, に当てはまる色として最も適切なものを、次の①~⑥のうちからそれぞれ 1 つずつ選べ。同じものを繰り返し選んでもよい。
- ① 赤色 ② 褐色 ③ 黄色
 - ④ 黒色 ⑤ 白色 ⑥ 灰白色

- (4) 下線部アについて、二酸化炭素と水は理論上それぞれ何 mg 生成すると考えられるか。
 , には十の位の数字を, , には一の位の数字
 をマークせよ。小数点以下がある場合には四捨五入せよ。該当する位がない場合には⑩を
 マークせよ。

二酸化炭素	<input type="text" value="39"/>	<input type="text" value="40"/>	mg
水	<input type="text" value="41"/>	<input type="text" value="42"/>	mg

- (5) 分子式 $C_4H_8O_2$ の有機化合物には、エステル以外にも異性体が多数存在する。次の a ~
 d のなかで、分子式 $C_4H_8O_2$ の異性体として存在するものはどれか。下の①~⑩のうちか
 ら最も適切なものを1つ選べ。

- a 光学異性体が存在するカルボン酸
- b 幾何異性体が存在するアルデヒド
- c オゾン分解*したとき、生成物が1種類になる有機化合物
- d どの水素原子1つを他の原子または原子団で置換しても、生成物が1種類になる有機
 化合物

*オゾン分解とは、オゾンにより $C=C$ 結合が切断されて2つのカルボニル化合物にな
 る反応である。

- ① aのみ ② bのみ ③ cのみ ④ dのみ ⑤ aとb
- ⑥ aとc ⑦ aとd ⑧ bとc ⑨ bとd ⑩ cとd