

化 学

(解答番号 ~)

必要があれば，原子量は次の値を使うこと。

C 12

N 14

O 16

Al 27

気体は，実在気体とことわりがない限り，理想気体として扱うものとする。

第1問 次の問い(問1～3)に答えよ。(配点 18)

問1 2種類の元素 **X**，**Z** からなる化合物 **A** がある。次の記述(ア～ウ)のすべてに当てはまる化合物 **A** として最も適当なものを，下の①～⑥のうちから一つ選べ。

ア **X**，**Z** の原子の最外電子殻は，ともに M 殻である。

イ **X** の原子は，M 殻に 2 個の電子をもつ。

ウ **Z** は，同じ周期の元素の中で，電子親和力が最も大きい。

① 塩化カルシウム

② 塩化ナトリウム

③ 塩化マグネシウム

④ 硫化カルシウム

⑤ 硫化ナトリウム

⑥ 硫化マグネシウム

問2 図1は、3種類の非金属元素A, D, Eの水素化合物の電子式と分子式を示したものである。下の問い(a・b)に答えよ。

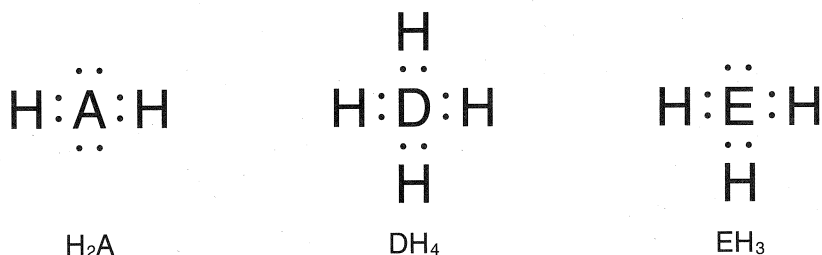


図1 水素化合物の電子式と分子式

a 非金属元素A, D, Eがいずれも第2周期に属するとき、図1に示した水素化合物を沸点の高い順に並べるとどのようなになるか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 2

- ① $\text{H}_2\text{A} > \text{DH}_4 > \text{EH}_3$ ② $\text{H}_2\text{A} > \text{EH}_3 > \text{DH}_4$ ③ $\text{DH}_4 > \text{H}_2\text{A} > \text{EH}_3$
 ④ $\text{DH}_4 > \text{EH}_3 > \text{H}_2\text{A}$ ⑤ $\text{EH}_3 > \text{H}_2\text{A} > \text{DH}_4$ ⑥ $\text{EH}_3 > \text{DH}_4 > \text{H}_2\text{A}$

b 非金属元素A, D, Eがいずれも第3周期に属するとき、これらの元素の単体および化合物に関する記述として誤りを含むものはどれか。最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 3

- ① 元素Aの水素化合物を水に溶かすと、水溶液は弱塩基性を示す。
 ② 元素Aの酸化物には、還元剤としてはたらくものがある。
 ③ 元素Dの単体は、半導体として利用される。
 ④ 元素Dの酸化物の結晶は、共有結合結晶である。
 ⑤ 元素Eの水素化合物は、極性分子である。

化学

問3 イオン結晶は、陽イオンと陰イオンが静電気力により結びついて規則正しく配列した固体である。図2は、塩化ナトリウムの結晶の単位格子(立方体)を示したものである。塩化ナトリウムの結晶は硬いが、(a)特定の面に沿って割れやすい性質をもつ。この結晶に関する下の問い(a・b)に答えよ。

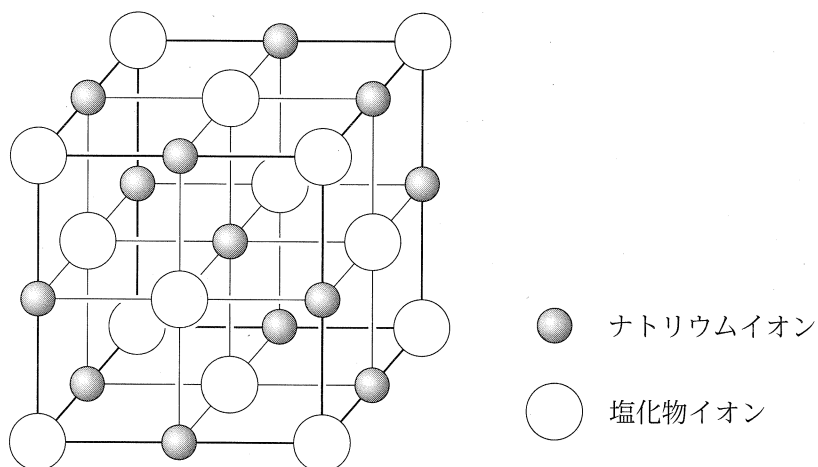


図2 塩化ナトリウムの結晶の単位格子

a 最も近くにあるナトリウムイオンと塩化物イオンの中心間距離を d (cm), 塩化ナトリウムのモル質量を M (g/mol), アボガドロ定数を N_A (/mol) としたとき, 塩化ナトリウムの結晶の密度(g/cm³)を表す式として最も適当なものを, 次の①～⑥のうちから一つ選べ。 4 g/cm³

① $\frac{M}{2d^3N_A}$

② $\frac{4M}{d^3N_A}$

③ $\frac{8M}{d^3N_A}$

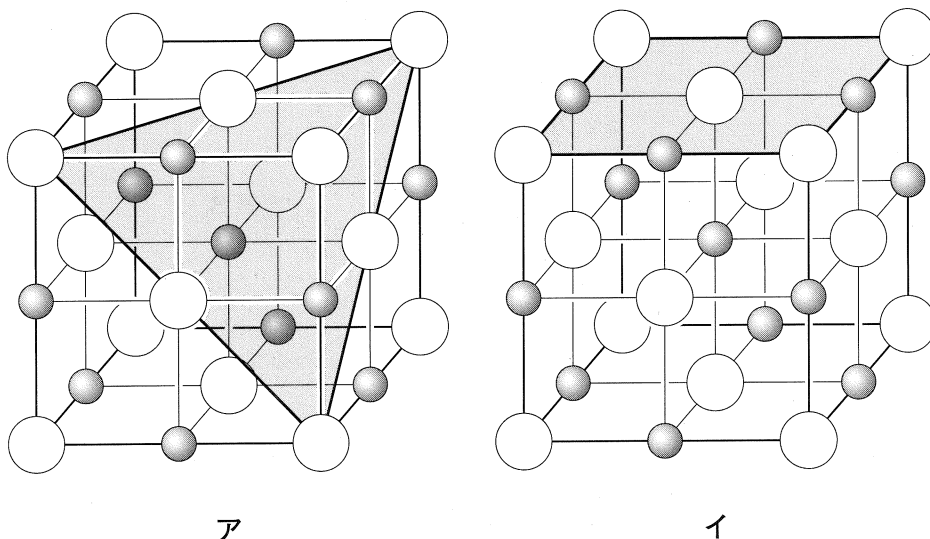
④ $\frac{MN_A}{2d^3}$

⑤ $\frac{4MN_A}{d^3}$

⑥ $\frac{8MN_A}{d^3}$

- b 下線部(a)に関連して、イオン結晶には、割れやすい面と割れにくい面がある。塩化ナトリウムの結晶において、割れやすい面は、ア、イのどちらの灰色部分に平行な面か。また、その根拠はウ、エのどちらか。最も適当な組合せを、下の①～④のうちから一つ選べ。 5

【割れやすい面】



【根拠】

- ウ 灰色部分に平行な面に沿ってイオンの配置がずれると、反対符号のイオンどうしが接近するから。
- エ 灰色部分に平行な面に沿ってイオンの配置がずれると、同じ符号のイオンどうしが接近するから。

	割れやすい面	根拠
①	ア	ウ
②	ア	エ
③	イ	ウ
④	イ	エ

化学

第2問 次の問い(問1～3)に答えよ。(配点 21)

問1 図1に示すように、容積 2.0 L の容器 A と容積 3.0 L の容器 B が連結された装置がある。この装置を用いて、下の操作Ⅰ～Ⅲからなる実験を行った。この実験に関する次ページの問い(a～c)に答えよ。ただし、コックおよび連結部の体積は無視できるものとし、気体定数は $R=8.3\times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ とする。

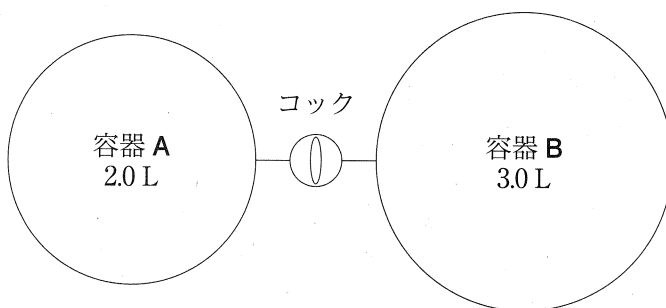


図1 実験に用いた装置の模式図

操作Ⅰ コックを閉じた状態で、容器 A と容器 B をいずれも真空にした後、容器 A にアセチレン(エチン) C_2H_2 を、容器 B に水素 H_2 を封入し、温度を 27°C に保った。

操作Ⅱ 温度を 27°C に保ったまま、コックを開け、十分な時間を経過させたところ、容器 A 内の圧力は $2.5\times 10^5 \text{ Pa}$ であった。なお、この時点ではアセチレンと水素は反応しなかった。

操作Ⅲ コックを開いたまま、適切な条件でアセチレンと水素を反応させた後、温度を 27°C に保ったところ、容器 A 内の圧力は $1.0\times 10^5 \text{ Pa}$ であった。このとき、次の式(1)および式(2)で表される反応のみが起こり、反応後の容器内にはエチレン(エテン) C_2H_4 とエタン C_2H_6 のみが存在した。



a 操作Ⅱ終了後に容器 A 内に存在するアセチレンの分圧は、操作Ⅰ終了後に容器 A 内に存在するアセチレンの圧力の何倍か。最も適当な数値を、次の①～④のうちから一つ選べ。 倍

- ① 0.20 ② 0.40 ③ 0.60 ④ 0.80

b 操作Ⅰで封入したアセチレンと水素の物質量の合計は何 mol か。最も適当な数値を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 mol

- ① 0.20 ② 0.30 ③ 0.40 ④ 0.50 ⑤ 0.60

c 操作Ⅰで封入したアセチレンと水素の物質量比(アセチレン：水素)として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① 5:2 ② 3:2 ③ 1:1 ④ 2:3 ⑤ 2:5

化学

問2 図2は、物質Aおよび物質Bの蒸気圧曲線である。これに関する記述として誤りを含むものはどれか。最も適当なものを、下の①～④のうちから一つ選べ。ただし、液体の体積は無視できるものとする。

9

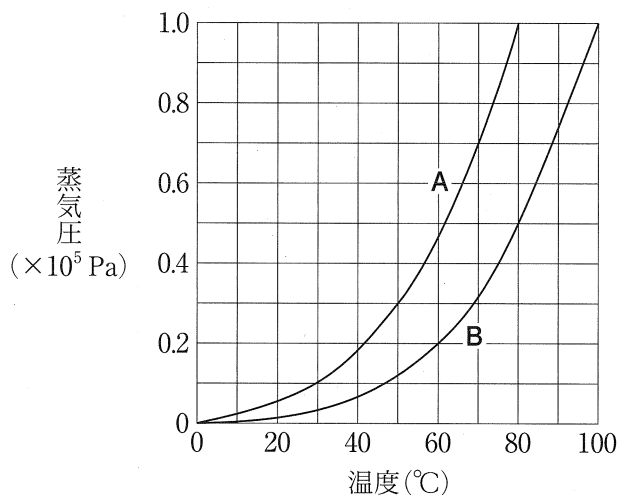


図2 物質Aおよび物質Bの蒸気圧曲線

- ① 7.0×10^4 PaにおけるAの沸点は、 70°C である。
- ② Bの蒸気を容積可変の容器に封入し、容器内の圧力を 5.0×10^4 Pa に保って 100°C から温度を下げていくと、 80°C で凝縮する。
- ③ 50°C において、AとBそれぞれが容積の等しい別々の密閉容器内で気液平衡の状態にあるとき、気体で存在するAとBの物質量は等しい。
- ④ 液体の分子間にはたらく分子間力は、Bの方がAより強い。

(下書き用紙)

化学の試験問題は次に続く。

化学

問 3 断面積が 2.0 cm^2 で一定の U 字管の中央に、水分子のみを通す半透膜が固定された装置がある。この装置を用いて、次の**操作 I・II** からなる実験を行った。この実験に関する次ページの問い(**a・b**)に答えよ。ただし、大気圧は $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、温度は 27°C で一定に保たれているものとする。また、気体定数は $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。

操作 I U 字管の左側には 50 mL の純水を、右側には非電解質 **X** が 0.40 g 溶解した 50 mL の水溶液を入れ(図 3, **ア**)、左右の液面の高さに差が生じないように、ピストンを用いて水溶液側に圧力をかけた(図 3, **イ**)。このとき、ピストンを用いて水溶液側に加えた圧力は $1.2 \times 10^3 \text{ Pa}$ であった。

操作 II ピストンを取り外したところ、水分子が水溶液側へ浸透し、十分な時間静置すると、水溶液の液面は純水の液面より $h \text{ (cm)}$ 高くなった(図 3, **ウ**)。

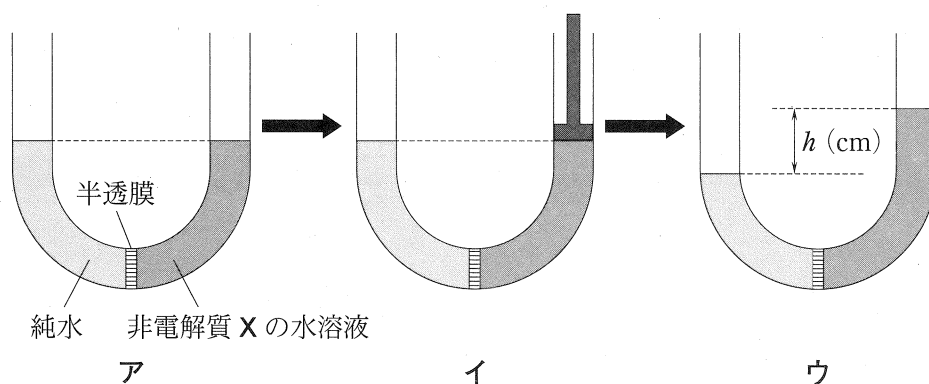


図 3 半透膜が中央に固定された U 字管を用いた**操作 I・II**の模式図

a 操作Ⅰの結果から得られる X のモル質量は何 g/mol か。最も適当な数値を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 10 g/mol

① 2.0×10^2

② 1.5×10^3

③ 8.3×10^3

④ 1.7×10^4

⑤ 3.3×10^4

b 操作Ⅱについて、 h は何 cm か。最も適当な数値を、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、高さ 1.0 cm の水柱および水溶液柱がおよぼす圧力はいずれも 1.0×10^2 Pa とする。 11 cm

① 6.0

② 10

③ 12

④ 20

第3問 次の問い(問1～3)に答えよ。(配点 22)

問1 水素は、新たなエネルギー源として注目されている。水素を大量かつ安価に製造する方法として、水蒸気改質反応と水性ガス(一酸化炭素と水素の混合ガス)シフト反応を併用する方法がある。

水蒸気改質反応では、メタンと高温の水蒸気を混合し、これを触媒に接触させると、一酸化炭素と水素が生じる。



水性ガスシフト反応では、一酸化炭素と高温の水蒸気が混合された状態で、別の触媒に接触させると、二酸化炭素と水素が生じる。



式(1)と式(2)の反応を組み合わせ、メタン 1 mol から水素 4 mol がつくられるときの反応エンタルピーは何 kJ か。最も適当な数値を、下の①～⑥のうちから一つ選べ。必要があれば、 CH_4 (気) , H_2O (気) , CO (気) , CO_2 (気) の生成エンタルピーは、次の表 1 で示した値を用いよ。 12 kJ

表 1 生成熱

物質	生成エンタルピー (kJ/mol)
CH_4 (気)	−75
H_2O (気)	−242
CO (気)	−111
CO_2 (気)	−394

- | | | |
|--------|--------|--------|
| ① 276 | ② 247 | ③ 165 |
| ④ −165 | ⑤ −247 | ⑥ −276 |

(下書き用紙)

化学の試験問題は次に続く。

化学

問2 エタン C_2H_6 を 800°C 程度に加熱すると、プラスチックの原料であるエチレン(エテン) C_2H_4 と水素 H_2 に分解し、式(1)で表される可逆反応が平衡状態に達する。この反応は、触媒を用いると 800°C より低い温度でも進行する。



また、そのエンタルピー変化を付した反応式は、次の式(2)で表される。



これに関する次の問い(a～c)に答えよ。なお、触媒の体積はきわめて小さく無視できるものとする。

- a C_2H_6 1 mol が分解するとき、触媒を用いない場合の式(1)の正反応の活性化エネルギーを 310 kJ とし、ある触媒を用いると正反応の活性化エネルギーが 50 kJ 減少するとする。この触媒を用いた場合、逆反応で C_2H_4 1 mol と H_2 1 mol が反応するときの活性化エネルギーは何 kJ か。最も適切な数値を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 13 kJ

- ① 124 ② 174 ③ 260 ④ 310 ⑤ 396

- b 気体どうしの反応では，成分気体の分圧を用いた圧平衡定数がよく用いられる。式(1)の反応の平衡状態におけるエタン，エチレン，水素の分圧を，それぞれ $P_{\text{C}_2\text{H}_6}$ ， $P_{\text{C}_2\text{H}_4}$ ， P_{H_2} とすると，式(1)の反応の圧平衡定数 K_p は，次の式(3)で表される。

$$K_p = \frac{P_{\text{C}_2\text{H}_4} P_{\text{H}_2}}{P_{\text{C}_2\text{H}_6}} \quad (3)$$

温度 t (°C) で真空の密閉容器にエタンを封入すると，直後の容器内の圧力は 1.00×10^5 Pa であった。容積を一定，温度を t (°C) に保ったまま，触媒を加えて反応を開始させると，やがて式(1)の反応が平衡状態に達し，容器内の全圧は 1.20×10^5 Pa になった。 t (°C) における式(1)の反応の圧平衡定数は何 Pa か。最も適当な数値を，次の①～⑤のうちから一つ選べ。 14 Pa

- ① 2.0×10^3 ② 4.0×10^3 ③ 5.0×10^3
 ④ 1.0×10^5 ⑤ 1.2×10^5

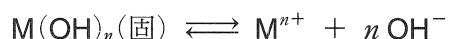
- c 式(1)の反応が平衡状態にあるとき，さらにエチレンの生成量を増加させるための方法として適当なものは，次のア～エのうちどれか。すべてを正しく選択しているものを，下の①～⑥のうちから一つ選べ。 15

- ア 触媒の量を増やす。
 イ 温度一定で，圧縮して全圧を増加させる。
 ウ 全圧一定で，温度を高くする。
 エ 水素を除く。

- ① ア，イ ② ア，ウ ③ ア，エ
 ④ イ，ウ ⑤ イ，エ ⑥ ウ，エ

化学

問3 ある金属イオン M^{n+} を含む酸性の水溶液に塩基を加えていくと、やがて水酸化物 $M(OH)_n$ の沈殿が生じる。沈殿が生じているとき、次の溶解平衡が成立している。



溶解平衡にあるとき、 $M(OH)_n$ の溶解度積 K_{sp} は次のように表され、温度が一定であれば一定の値をとる。

$$K_{sp} = [M^{n+}][OH^{-}]^n$$

表2は、 $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の M^{n+} の酸性水溶液に塩基を少しずつ加えていったときの、溶液の pH と M^{n+} のモル濃度 $[M^{n+}]$ およびその対数値の関係を表したものである。

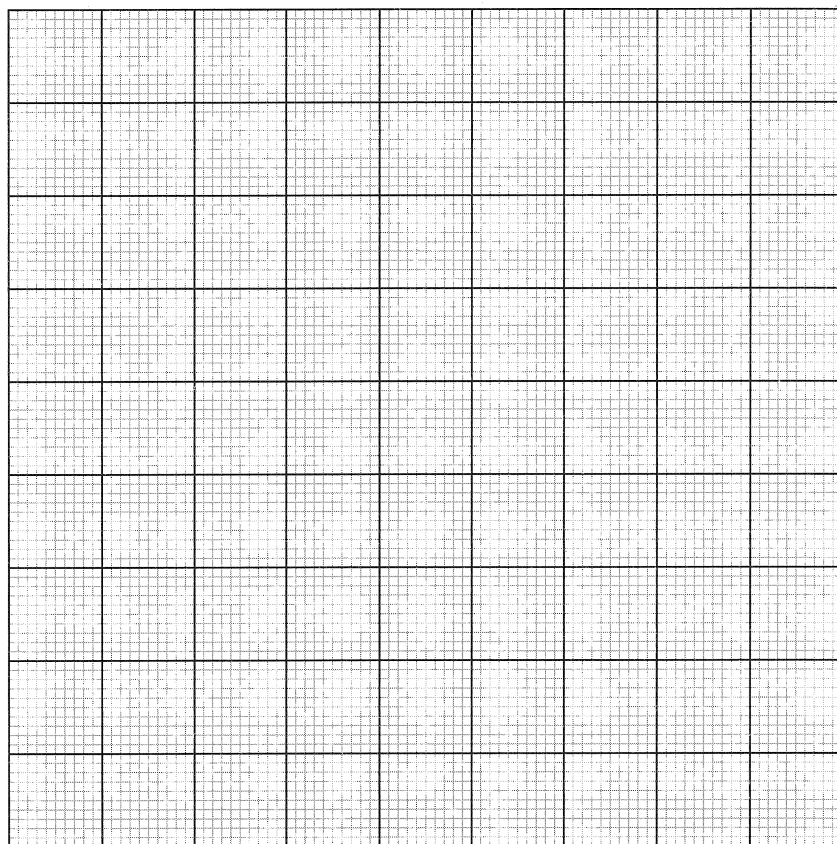
表2 pH と M^{n+} のモル濃度の関係

pH	$[M^{n+}]$ (mol/L)	$\log_{10}[M^{n+}]$
2	1.0×10^{-2}	-2
3	1.0×10^{-2}	-2
4	1.0×10^{-3}	-3
5	1.0×10^{-6}	-6
6	1.0×10^{-9}	-9
7	1.0×10^{-12}	-12
8	1.0×10^{-15}	-15
9	1.0×10^{-18}	-18

これに関する次ページの問い(a・b)に答えよ。ただし、水のイオン積は $K_w = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ とする。

- a $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の M^{n+} の酸性水溶液に塩基を加え、99.9 % を $M(\text{OH})_n$ とし
て沈殿させるためには、pH をいくりにすればよいか。最も適当な数値を、
次の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、塩基を加えても溶液の体積は変化
しないものとする。また、必要があれば下の方眼紙を使うこと。 16

- ① 4.0 ② 4.7 ③ 5.3 ④ 6.0 ⑤ 6.7



- b 水酸化物の組成式 $M(\text{OH})_n$ の n に当てはまる数値として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 17

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4

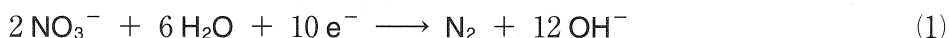
第4問 次の問い(問1・問2)に答えよ。(配点 21)

問1 窒素に関する次の文章を読み、下の問い(a～c)に答えよ。

窒素は周期表の15族に属する元素であり、空气中に単体として存在するほか、さまざまな化合物の構成元素である。

(a)窒素はリン、カリウムとともに肥料の三要素とよばれるが、植物は大気中の窒素を直接吸収することができず、土壌中の細菌のはたらきを利用している。これにより、大気中の窒素は(b)アンモニアやアンモニウムイオンに変換され、さらに亜硝酸イオンを経て硝酸イオンになる。

土壌中の細菌には硝酸イオンを窒素に還元するものもある。このはたらきにより、(c)硝酸イオンの一部は窒素に変換されて再び大気中に放出される。硝酸イオンから窒素が生成する反応は、次の式(1)で表される。



このようにして、窒素は生態系内を循環している。

a 下線部(a)に関連して、窒素、リン、カリウムの単体および化合物に関する記述として誤りを含むものはどれか。最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

18

- ① 一酸化窒素は、水に溶けにくい無色の気体である。
- ② 銅に濃硝酸を加えると、水素が発生する。
- ③ 十酸化四リンに水を加えて加熱すると、リン酸が生じる。
- ④ 過リン酸石灰は、リン酸カルシウムと硫酸を反応させてつくられる。
- ⑤ カリウムは、空气中で酸化されて金属光沢を失う。

- b. 下線部(b)に関連して、図1に示す装置を用いてアンモニアを発生させ、捕集したい。塩化アンモニウムと混合して反応させる物質 **X** と捕集方式の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。 19

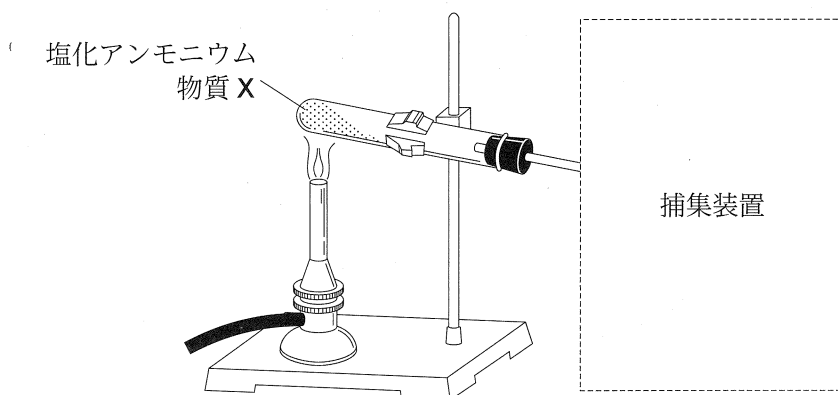


図1 アンモニアを発生・捕集する装置

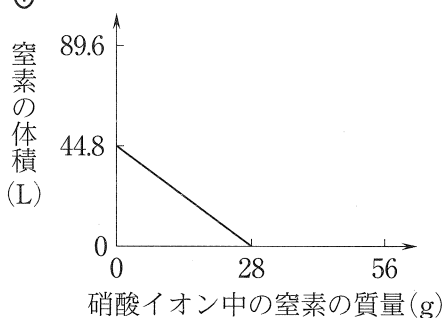
	物質 X	捕集方式
①	水酸化カルシウム	上方置換
②	水酸化カルシウム	下方置換
③	水酸化カルシウム	水上置換
④	塩化カルシウム	上方置換
⑤	塩化カルシウム	下方置換
⑥	塩化カルシウム	水上置換

化学

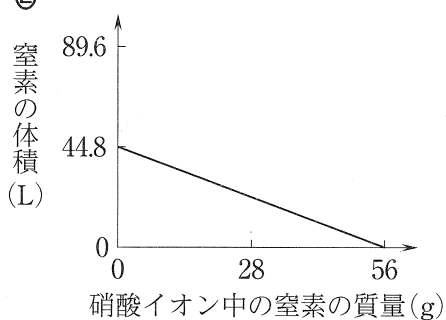
- c 下線部(c)に関連して、はじめ土壤中に 248 g の硝酸イオンが存在しているものとする。式(1)の反応が進行するとき、土壤中に残存する硝酸イオン中の窒素の質量(g)と、大気中に放出される窒素の 0℃, 1.013×10^5 Pa(標準状態)における体積(L)の関係を表すグラフとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、式(1)の反応のみが起こったものとする。

20

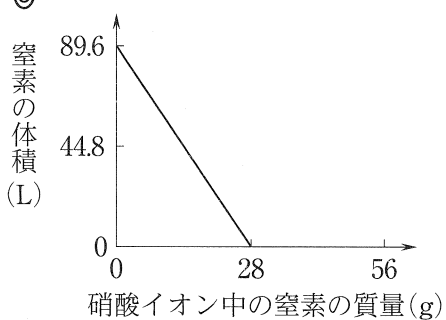
①



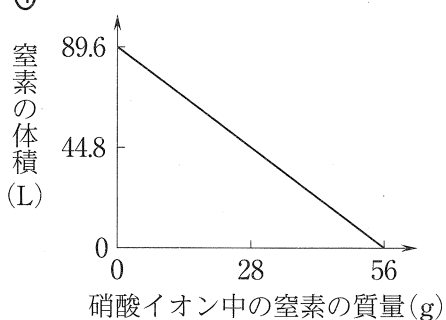
②



③



④



(下書き用紙)

化学の試験問題は次に続く。

化学

問2 アルミニウムの製錬に関する次の文章を読み、下の問い(a～c)に答えよ。

(a) アルミニウムは、地殻中に最も多く存在する金属元素である。単体は、ボーキサイト(主成分 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)を原料として、バイヤー法とホール・エルー法によってつくられる。

バイヤー法は、次の**工程Ⅰ～Ⅲ**からなる。

工程Ⅰ ボーキサイトを **ア** に溶かし、**イ** を生成させる。このとき、酸化鉄(Ⅲ)などの不純物は沈殿として除かれる。

工程Ⅱ **イ** を含む水溶液を希釈すると、**ウ** の沈殿が生じる。

工程Ⅲ **ウ** を回収し、約 1000°C に加熱すると、アルミナ Al_2O_3 が得られる。

ホール・エルー法は、次の**工程Ⅳ**からなる。

工程Ⅳ 氷晶石 Na_3AlF_6 を約 1000°C で融解し、これにアルミナを加えて溶解させ、炭素電極を用いて電気分解する。

a 下線部(a)に関連して、アルミニウムを含む物質に関する記述として誤りを含むものはどれか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

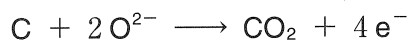
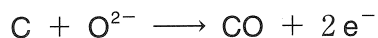
21

- ① アルマイトは、アルミニウムの表面に人工的に酸化被膜をつけた製品である。
- ② ジュラルミンは、アルミニウムと銅などからなる合金である。
- ③ 酸化アルミニウムは、ルビーやサファイアの主成分である。
- ④ ミョウバンは、硝酸アルミニウムと硝酸カリウムの混合水溶液を濃縮すると得られる。

- b 文章中の **ア** ~ **ウ** に当てはまる語の組合せとして最も適当なものを，次の①~④のうちから一つ選べ。 **22**

	ア	イ	ウ
①	水酸化ナトリウム水溶液	水酸化アルミニウム	テトラヒドロキシドアルミン酸ナトリウム
②	水酸化ナトリウム水溶液	テトラヒドロキシドアルミン酸ナトリウム	水酸化アルミニウム
③	塩酸	塩化アルミニウム	テトラヒドロキシドアルミン酸ナトリウム
④	塩酸	テトラヒドロキシドアルミン酸ナトリウム	塩化アルミニウム

- c 工程Ⅳにおいて，陽極では次の2種類の反応が起こり，電極の炭素が消費される。



陰極で 63 kg のアルミニウムが得られたとき，陽極では 24 kg の炭素が消費された。この間に陽極で発生した一酸化炭素 CO と二酸化炭素 CO_2 の物質質量比 ($\text{CO} : \text{CO}_2$) として最も適当なものを，次の①~⑤のうちから一つ選べ。 **23**

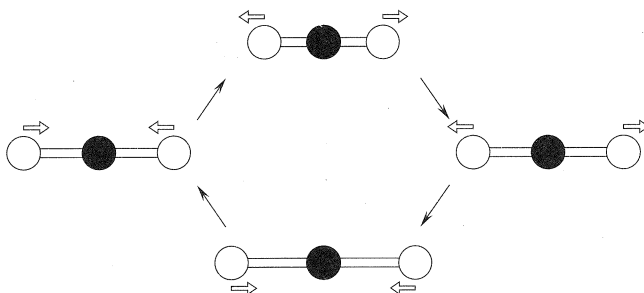
- ① 3 : 1 ② 2 : 1 ③ 1 : 1 ④ 1 : 2 ⑤ 1 : 3

第5問 二酸化炭素 CO_2 に関する次の問い(問1～4)に答えよ。(配点 18)

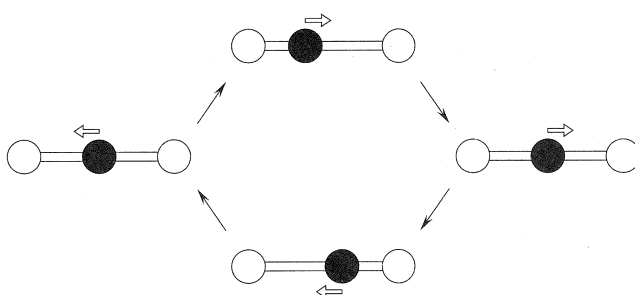
問1 二酸化炭素 CO_2 は、温室効果ガスの一つであり、赤外線を吸収してそのエネルギーを分子振動のエネルギーに変換する。分子振動とは、共有結合が伸縮したり結合角が変化したりすることによって、分子内の原子の位置が周期的に変化することである。 CO_2 の分子振動には、次ページの図1に示す **a** ～ **c** の三つのタイプがあることが知られている。これらの分子振動のうち、分子全体の極性の変化を伴う分子振動で赤外線が吸収され、分子全体の極性が変化しない分子振動では赤外線は吸収されない。**a** ～ **c** のうち、赤外線が吸収される分子振動はどれか。すべてを正しく選択しているものを、次ページの①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、分子振動の過程で各原子がもつ電荷の大きさは変化しないものとする。また、分子全体で正電荷の重心と負電荷の重心が一致する状態では、電荷の偏りがなく、分子は無極性であり、正電荷の重心と負電荷の重心が一致しない状態では、電荷の偏りがあり、分子は極性をもつ。

24

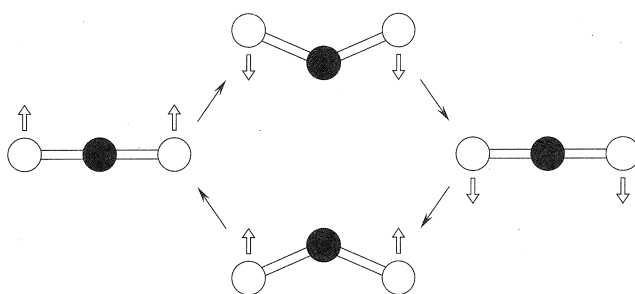
a 対称伸縮振動 左右対称に $\text{C}=\text{O}$ 結合の長さが変化する。



b 非対称伸縮振動 左右非対称に $\text{C}=\text{O}$ 結合の長さが変化する。



c 変角振動 左右対称を保ったまま $\text{O}=\text{C}=\text{O}$ の結合角が変化する。



● 炭素原子 ○ 酸素原子

図1 CO_2 の分子振動

① a のみ

② b のみ

③ c のみ

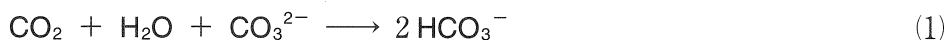
④ a と b

⑤ a と c

⑥ b と c

化学

問2 大気中の CO_2 濃度の増加は、海水に溶ける CO_2 の量を増加させる。 CO_2 は水に溶けて酸性を示すため、 CO_2 の溶解量の増加は、海水の pH の低下をもたらす。海水の pH が CO_2 によって低下すると、次の式(1)に示すような反応が起こり、海水中の炭酸イオン CO_3^{2-} の濃度が減少するため、炭酸カルシウム CaCO_3 の殻や骨格をもつ貝やサンゴの生育に影響を与えられている。



この反応は、 $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O})$ の方が HCO_3^- より酸として強く、相手に水素イオン H^+ を与えやすいために進行する。式(1)の反応と同様の原理によって進行する反応として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

25

- ① $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{SO}_2 \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$
- ② $2\text{NaHSO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{SO}_2$
- ③ $\text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{S} \longrightarrow \text{CuS} + \text{H}_2\text{SO}_4$
- ④ $\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2$

(下書き用紙)

化学の試験問題は次に続く。

化学

問3 CO_2 の大気中への排出量を減らす方法として、火力発電所やセメント工場などから発生する CO_2 を回収し、液体として海底に沈めて貯留する方法が検討されている。次ページの図2は、温度($^{\circ}\text{C}$)、圧力(Pa)と CO_2 の状態の関係を示した状態図である。また、図3は、 1°C における海水および CO_2 の密度(g/cm^3)と圧力(Pa)の関係を示したものである。図2と図3から考えると、 CO_2 の液体を沈めて貯留するために必要な海底までの水深は何 m 以上か。最も適当な数値を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、海水の温度は水深によらず 1°C で一定であるものとし、水深 h (m)の海中では、 $1.0 \times 10^4 h$ (Pa)の水圧がかかるものとする。なお、図2は縦軸が対数で表されている。

26 m 以上

- ① 40 ② 100 ③ 400 ④ 1200 ⑤ 2500

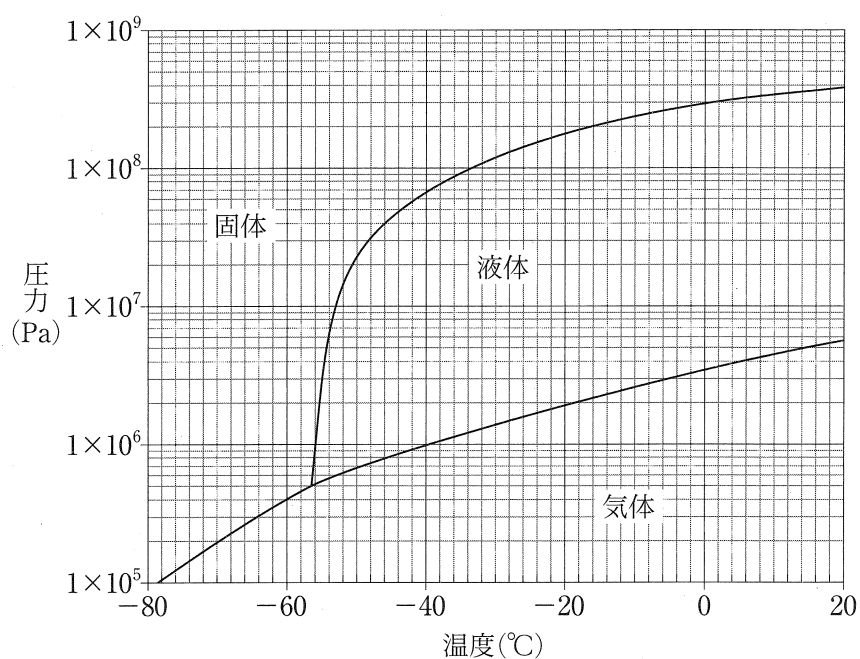


図2 CO₂の状態図

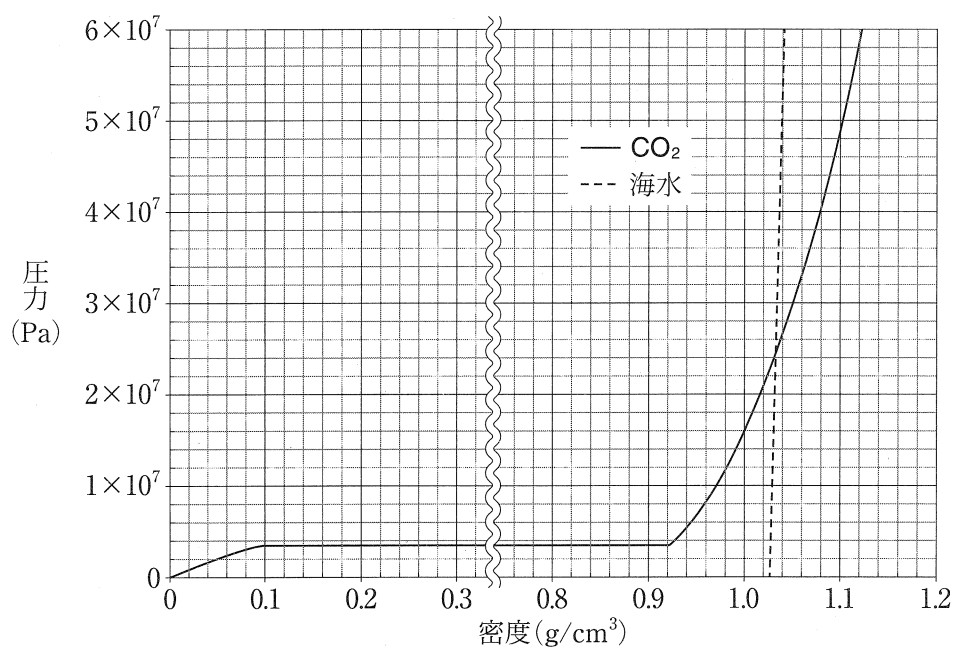
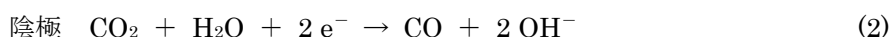
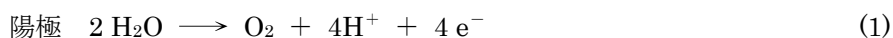


図3 1 °C における海水およびCO₂の密度と圧力の関係

化学

問 4 CO_2 を資源とみなし、他の有用な化合物に変換する方法も研究されている。

CO_2 で飽和した炭酸水素ナトリウム水溶液を、陽極に白金電極、陰極に金属極を用いて電気分解すると、陽極、陰極でそれぞれ次の式(1)、(2)の反応が起こり、メタノールなどの有機化合物の合成原料となる一酸化炭素 CO が得られることが知られている。



電気分解の装置全体での反応をエンタルピー変化を付した反応式で表すと、式(3)のようになる。



この電気分解に関する次の問い(a・b)に答えよ。

- a 回路を流れた電子 e^- が 1 mol のとき、電気分解の反応に使われたエネルギーは何 kJ か。最も適当な数値を、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、電気分解の装置全体では式(3)の反応のみが起こるものとする。

27

 kJ

① 141

② 282

③ 564

④ 1128

- b 電気分解において、電源から取り出したエネルギーのすべてが反応に使われるわけではなく、一部は熱として放出される。この電気分解が 2.0 V の一定電圧で行われたとすると、電源から取り出したエネルギーのうち、式(3)の反応に使われたエネルギーの割合は何 % か。その数値を 2 桁で表すとき、 と に当てはまる数字を、次の①～⑩のうちから一つずつ選べ。ただし、数値が 1 桁の場合には、 には⑩を選べ。また、同じものを繰り返し選んでもよい。なお、ファラデー定数は $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とし、 $1 \text{ J} = 1 \text{ V} \times 1 \text{ C}$ である。 %

- | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 | ⑤ 5 |
| ⑥ 6 | ⑦ 7 | ⑧ 8 | ⑨ 9 | ⑩ 0 |