

4 [粒子間引力と沸点・融点] (1)~(5)について、沸点が最も高いものをそれぞれ選び、化学式で答えなさい。また、その理由をア~オから1つ選び、記号で答えなさい。H=1.0, O=16, F=19, S=32, Cl=35.5

- (1) ダイヤモンド, 塩化ナトリウム, ナフタレン
- (2) 水素, 酸素, 塩素
- (3) 酸素, 硫化水素, フッ素
- (4) フッ化水素, 塩化水素, 臭化水素
- (5) フッ化ナトリウム, フッ化マグネシウム, 酸化アルミニウム

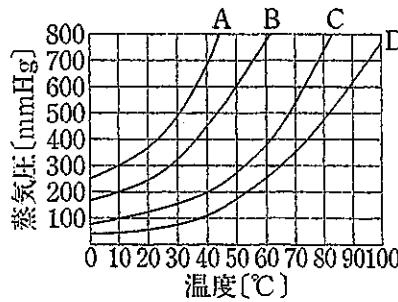
- ア いずれも無極性分子で分子間引力が分子量の大小で決まるから。
- イ 共有結合はイオン結合や分子間引力より強い結合力をもつから。
- ウ イオン半径が同程度なら、結合力はイオン価数の積に比例するから。
- エ 水素結合は極性分子間のクーロン力より強い引力であるから。
- オ 分子量が同程度なら、極性分子の方が分子間引力は大きいから。

(1)	.
(2)	.
(3)	.
(4)	.
(5)	.

**ワンポイント**

構成粒子間にはたらく引力が大きいほど、融点や沸点は高くなる。

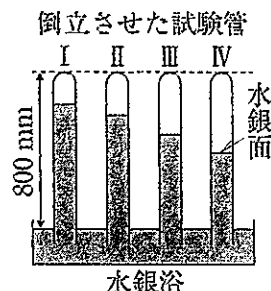
5 [蒸気圧曲線と水銀柱] 図1のように温度に対して蒸気圧が変化する化合物A~Dがある。これらの化合物について、次の問いに答えなさい。



[図1]

- (1) 化合物A~Dの中で、沸点が最も高いのはどれか。
- (2) 化合物Cを40°Cで沸騰させるためには、外部の圧力をいくら以下にしなければならないか。
- (3) 80°C, 400 mmHgの条件から、圧力一定のまま温度を40°Cまで下げていくと、化合物A~Dのうち状態変化が起こるものをすべて答えよ。また、その状態変化の名称も答えよ。

(4) 温度は10°C、外部の圧力は760 mmHgの下で4本の試験管に水銀を満たし、これを水銀浴表面から高さ800 mmだけであるようにして倒立させ、先を曲げたスポイトで化合物A~Dの液体の少量を別々の試験管内に入れた。液体は試験管内の水銀表面で一部を残してほとんど蒸発し、図2のようになった。



[図2]

- ① 図2の試験管I~IVのうち、化合物Bを注入したものはどれか。記号で答えよ。
- ② ①の試験管の水銀面は試験管の上端から何 mm のところにあるか。

(弘前大-改)

(1)	
(2)	
(3)	記号
	状態変化
(4)	①
	②

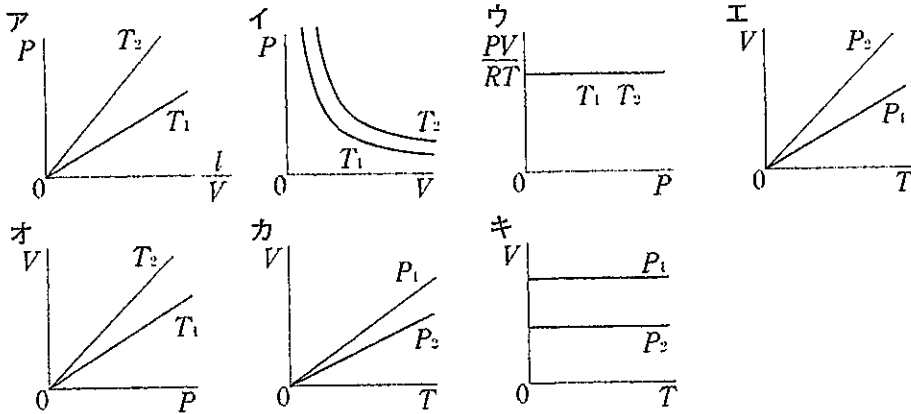
**ワンポイント**

液体なし 液体あり  
液体を封入した場合液体が蒸発して生じた蒸気の圧力によって、水銀柱は押し下げられる。

**Step 2** **標準問題**

1 [ボイル・シャルルの法則のグラフ] 次の問いに答えなさい。

(1) 1 molの理想気体の性質に関して、正しい関係を表しているものを、次のグラフア~キのうちから2つ選べ。ただし、 $T$ は絶対温度、 $P$ は圧力、 $V$ は体積とし、 $T_1 > T_2$ 、 $P_1 > P_2$ とする。



1

(1)
(2)

**ポイント**

$PV = nRT$  を変形し、  
「縦軸の文字 =  $\frac{\text{横軸の文字}}{\text{定数}}$ 」  
にしたとき、どのような  
関係になっているかを考  
察する。

(1)ア、イ  
 $P = \frac{RT}{V}$   
 $\therefore P$ は $\frac{1}{V}$ に比例する。  
 (PはVに反比例する。)

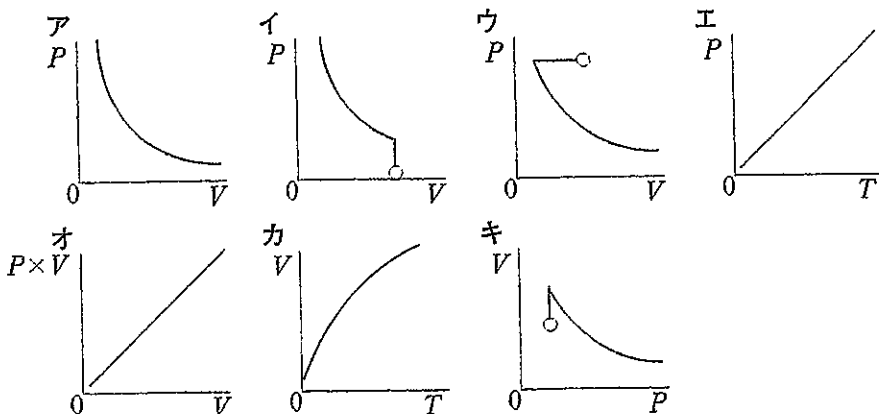
ウ  
 $\frac{PV}{RT} = 1$   
 $\therefore \frac{PV}{RT}$ は常に一定。

エ~キ  
 $V = \frac{R}{P} \times T$   
 $\therefore V$ は $T$ に比例し、  
 $P$ に反比例する。

(2)オ  
 $PV = nRT$   
 $\therefore T$ が一定なら、  
 $PV = \text{一定}$ になる。

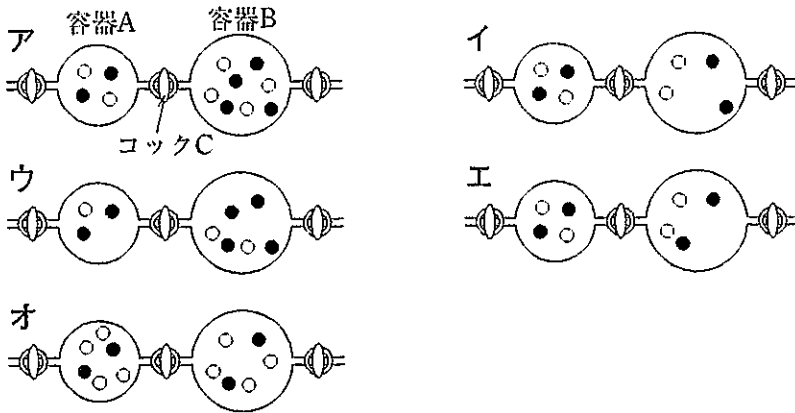
(2) 理想気体を密閉容器に入れ、圧力  $P$ 、体積  $V$ 、絶対温度  $T$  を変化させる操作ア~キを行い、それぞれの結果を下の図にまとめた。図ア~キのうち、誤っているものを2つ選べ。ただし、図イ、ウ、キ中の○印はそれぞれの出発点を表す。

- ア  $T$ を一定にして  $V$ を変化させる。
- イ  $V$ を一定にして  $T$ を上げたのち、 $T$ を一定にして  $V$ を減少させる。
- ウ  $P$ を一定にして  $T$ を下げたのち、 $T$ を一定にして  $V$ を増加させる。
- エ  $V$ を一定にして  $T$ を変化させる。
- オ  $T$ を一定にして  $P$ 、 $V$ を変化させる。
- カ  $P$ を一定にして  $T$ を変化させる。
- キ  $P$ を一定にして  $T$ を上げたのち、 $T$ を一定にして  $P$ を増加させる。



② [コックの開閉] 容積 1.0 L の容器 A と容積 2.0 L の容器 B をコック C で連結した装置がある。コック C を閉じたまま、容器 A 内に気体  $\alpha$  を、容器 B 内に気体  $\beta$  をいずれも  $3.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  で封入したのち、コック C を開けて十分に放置した。これについて、次の問いに答えなさい。ただし、装置全体は常に一定の温度で保たれているとする。

(1) 次の図ア～オのうち、コックを開けた後の容器内の気体分子数の比の関係を正しく表しているものを 1 つ選べ。ただし、図中の  $\circ$  は気体  $\alpha$ 、 $\bullet$  は  $\beta$  を示している。



(2) それぞれの気体の分圧 [Pa] および全圧 [Pa] を求めよ。

②

(1)	
(2)	$\alpha$
	$\beta$
	全圧

**ワンポイント**

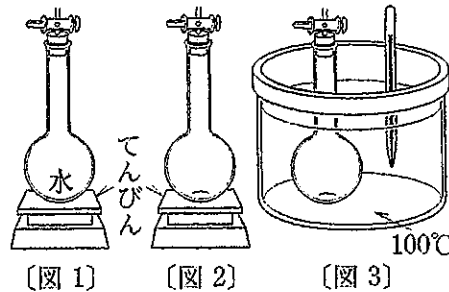
$PV = nRT$  より  
 ①  $T$  が一定なら  

$$n = PV \left( \frac{1}{RT} \right)$$
 なので、 $PV$  の比を計算すると  $n$  の比が求められる。  
 ②  $P$  も  $T$  も一定なら  

$$n = V \left( \frac{P}{RT} \right)$$
 なので、 $n$  の比は  $V$  の比に一致する。

③ [分子量測定 (デュマ法)]  $27^\circ\text{C}$ 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  で、化合物 A の分子量を決定する実験を行った。次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。

図 1 のように栓をつけた丸底フラスコを水で満たし、その質量を測定すると  $439.50 \text{ g}$  であった。また、図 2 のように十分に乾燥して質量をはかると  $139.50 \text{ g}$  であった。A をフラスコに入れて、図 3 のよ



うに  $100^\circ\text{C}$  の恒温槽に浸したところ、A はすべて気体となった。このときフラスコ内の空気は追い出され、フラスコ内は A の  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  の気体で完全に満たされたものとする。フラスコを恒温槽から取り出し、 $27^\circ\text{C}$  まで冷却し、A を凝縮させた。この質量を測ったところ  $140.21 \text{ g}$  であった。ただし、実験の操作中、コックは開いていた。

- フラスコの容積 [mL] を求めよ。ただし、水の密度は  $1.00 \text{ g/cm}^3$  とする。
- 図 3 において、フラスコ内に存在する A の質量 [g] を求めよ。
- 化合物 A の分子量を求めよ。  $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$

③

(1)
(2)
(3)

**ワンポイント**

理想気体の状態方程式とは、すべての物質が気体となっている状態でしか使えない。したがって、 $27^\circ\text{C}$  のときは状態方程式を使うことができない。

8 [理想気体と実在気体] 次の文章の空欄にあてはまる語句を答えなさい。

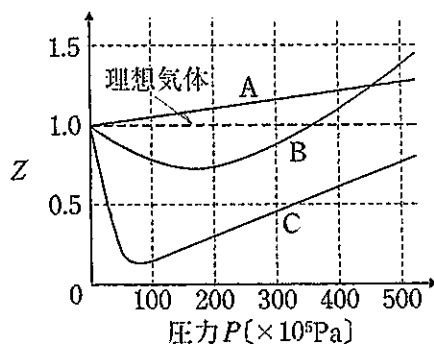
理想気体は、分子間力と分子自身の体積がない仮想的な気体であり、理想気体の状態方程式に厳密に従う。実在気体は、( ① )温、( ② )圧では状態方程式から大きく外れるが、( ③ )温になると運動エネルギーの大きな分子の割合が増して( ④ )の影響が小さくなり、理想気体に近づく。また、( ⑤ )圧では一定体積の気体に含まれる分子数が( ⑥ )くなるので( ⑦ )の影響が小さくなり、理想気体に近づく。実在気体の中でも、極性が( ⑧ )いもの、分子量が( ⑨ )いもの、沸点が( ⑩ )いものほど理想気体に近い。

8

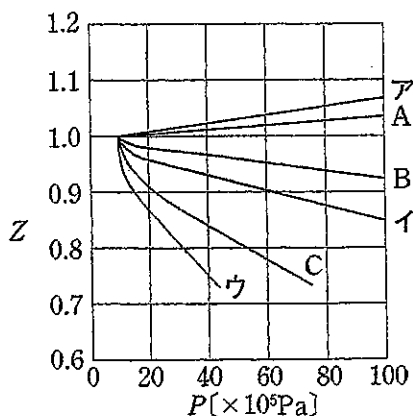
①
②
③
④
⑤
⑥
⑦
⑧
⑨
⑩

9 [センター試験向] [圧縮率因子] 図は、

三種類の実在気体について、温度  $T$  を一定にして、圧力  $P$  (Pa) を変えながら、1 mol あたりの体積  $V$  (L) を測定し、 $Z = \frac{PV}{RT}$  の値を求め、圧力  $P$  との関係を示したものである。ただし、 $R$  は気体定数である。これについて、次の問いに答えなさい。



- (1)  $P = 100 \times 10^5$  Pa において、体積が最も小さい気体の記号を答えよ。
- (2)  $P = 100 \times 10^5$  Pa において、気体 A ~ C についてどのようなことが考えられるか。次の記述ア~エの中から1つ選び、記号で答えよ。  
 ア 分子の大きさが  $A > B > C$  である。  
 イ 分子の大きさが  $C > B > A$  である。  
 ウ 分子間にはたらく引力が  $A > B > C$  である。  
 エ 分子間にはたらく引力が  $C > B > A$  である。
- (3)  $P > 200 \times 10^5$  Pa において、すべての気体のグラフが右上がりになる。この理由を簡潔に説明せよ。
- (4)  $P < 100 \times 10^5$  Pa において、気体 C の温度を上げるとグラフはどのように変化するか。右図のア~ウのうちから1つ選び、その理由を簡潔に説明せよ。



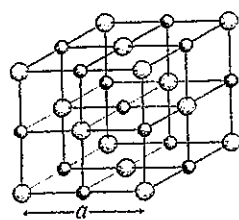
9

(1)
(2)
(3)
(4)
記号
理由

本問の  $Z$  は圧縮率因子とよばれる。

**Step 2** **標準問題**

**1** [イオン結晶のイオン半径] 図は塩化ナトリウムの結晶を示している。Na<sup>+</sup>の半径を  $r^+$  [cm], Cl<sup>-</sup>の半径を  $r^-$  [cm], 結晶の密度を  $d$  [g/cm<sup>3</sup>], アボガドロ数を  $N_A$  とし, 次の問いに答えなさい。



(1) 立方体の一辺の長さを  $a$  [cm] を  $r^+$  と  $r^-$  で表せ。

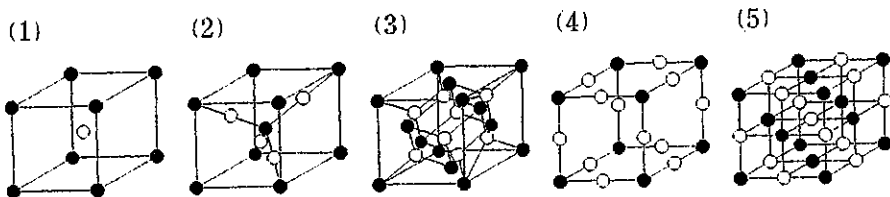
(2) 塩化ナトリウムの式量をあたえる式を  $r^+$ ,  $r^-$ ,  $d$ ,  $N_A$  で記せ。

○ Na<sup>+</sup>  
● Cl<sup>-</sup>

**1**

(1)
(2)

**2** [イオン結晶と組成式] (1)~(5)の図は, A原子のイオン(●)とB原子のイオン(○)からなるイオン結晶の構造を示したものである。(1)~(5)の組成式を  $A_nB_m$  の形で示しなさい。

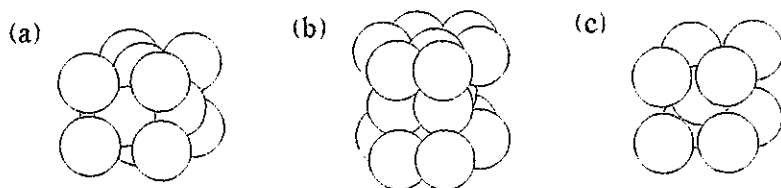


[東京工業大]

**2**

(1)
(2)
(3)
(4)
(5)

**3** [センター試験向] [金属結晶の原子半径] 次の図を見て, あとの問いに答えなさい。ただし,  $\sqrt{2} = 1.41$ ,  $\sqrt{3} = 1.73$ ,  $1.24^3 = 1.91$  とする。



(1) 結晶格子(a)~(c)の名称を答えよ。

(2) 銀の結晶は, (a)の構造をとる。単位格子の一辺を  $a$  [cm], 原子量を  $M$ , 結晶の密度を  $d$  [g/cm<sup>3</sup>] とするとき, これらを用いてアボガドロ定数  $N_A$  [1/mol] を表せ。

(3) 鉄の結晶は, 常温では(c)の構造をとる。単位格子の一辺の長さ [nm] と密度 [g/cm<sup>3</sup>] を有効数字3桁で求めよ。Feの原子半径は 0.124nm, 原子量は Fe = 55.8 とし, アボガドロ定数  $N_A = 6.02 \times 10^{23}$  /mol とせよ。

(4) 同じ原子で(a)の格子と(c)の格子をつくったとき, 次の①~④の値はどちらの格子の方が大きくなるか。(a), (c)の記号で答えよ。

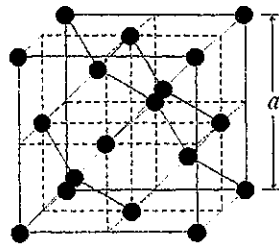
- ① 単位格子に含まれる球の数                      ② 配位数
- ③ 単位格子の一辺の長さ                              ④ 結晶の密度

**3**

(1)	(a)
	(b)
	(c)
(2)	
(3)	密度
	①
	②
	③
(4)	④

$1\text{m} = 10^2\text{cm}$   
 $1\text{m} = 10^9\text{nm}$   
 よって,  $1\text{cm} = 10^7\text{nm}$

4 [センター試験] [ダイヤモンド型結晶] 図はケイ素の結晶の単位格子を示す。単位格子の一辺の長さを  $a$  [cm], 密度を  $d$  [g/cm<sup>3</sup>], アボガドロ定数を  $N_A$  [mol] として, 次の問いに答えなさい。



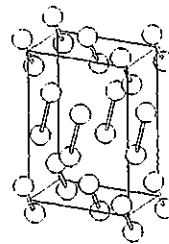
- (1) 単位格子に含まれる原子の数を答えよ。
- (2) ケイ素の原子量を  $a, d, N_A$  を含む式で表せ。
- (3) 原子間結合の長さ [cm] を  $a$  を含む式で表せ。

[センター試験]

4

(1)
(2)
(3)

5 [直方体型の結晶格子] ヨウ素の結晶の単位格子は, 図のように, 3つの辺の長さが  $0.48\text{nm}, 0.73\text{nm}, 0.98\text{nm}$  の直方体である。  $I=127, N_A=6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$



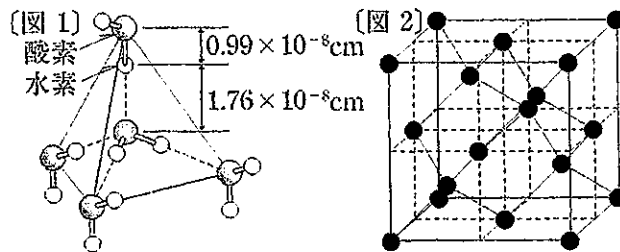
- (1) 1つの単位格子に含まれるヨウ素分子 (I<sub>2</sub>) の個数を答えよ。
- (2) ヨウ素の結晶の密度 [g/cm<sup>3</sup>] を有効数字2桁で求めよ。

[名古屋工業大-改]

5

(1)
(2)

6 [水の結晶] 水では水素結合により酸素原子がダイヤモンド型構造をとるように並ぶ。



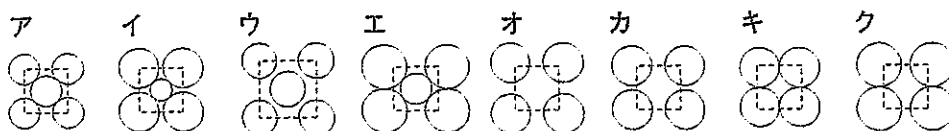
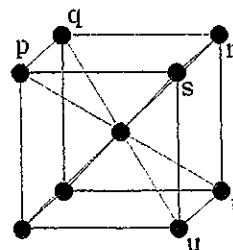
- (1) 氷の単位格子は図2に示す。ここで, 図2の●は酸素原子を表す。単位格子の一片の長さ [cm] を求めよ。無理数は近似値にしなくてよい。
- (2) 単位格子に含まれる酸素原子の数と水分子の数を答えよ。
- (3)  $N_A=6.02 \times 10^{23}/\text{mol}, H_2O=18.0, \sqrt{3}=1.73$  として氷の密度 [g/cm<sup>3</sup>] を有効数字3桁で求めよ。

[日本大-改]

6

(1)
(2) 酸素原子
(2) 水分子
(3)

7 [結晶の断面図] 右図の体心立方格子の頂点  $p, q, r, s$  を含む面  $X$ , 頂点  $p, q, t, u$  を含む面  $Y$  の切り口として最も適切なものを, 次のア~クから1つずつ選び, 記号で答えなさい。選択肢中の円は原子を, 点線は図の頂点を結んだ線を示している。



[広島大-改]

7

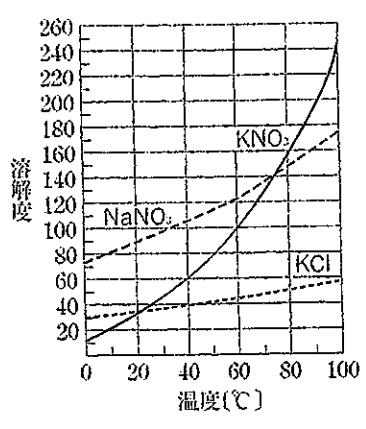
X
Y

# Step 2 標準問題

- 1** センター試験同 [溶解] 次のア～エのうち、誤っているものをすべて選び、記号で答えなさい。
- ア 一定温度で一定量の溶媒に固体溶質を過剰に加えて飽和溶液としたとき、溶け残った溶質の表面で溶解は完全に停止している。
- イ 塩化ナトリウムが水に溶けると、各イオンは水との間で錯イオンを形成して溶解する。
- ウ 異なる固体物質を個別に溶かして、それぞれ等しいモル濃度の水溶液としたとき、それらの温度を下げていくと、最も溶解度の小さい物質から先に析出する。
- エ ボイルの法則とヘンリーの法則によれば、一定温度で一定量の液体に溶ける気体の体積は、溶解させた圧力の下では一定である。

**1**

- 2** センター試験同 [固体の溶解度の問題]
- 図は3種類の物質の水に対する溶解度曲線である。(1)～(3)について、正しければ○、誤っていれば×と答えなさい。
- (1) 40℃における硝酸カリウムの溶解度は、100℃における塩化カリウムの溶解度より小さい。
- (2) 90℃における硝酸ナトリウムの飽和溶液 250 g を 20℃ に冷却すると、60 g の結晶が析出する。
- (3) 40℃における塩化カリウムの飽和溶液 140 g を 0℃ に冷却しても、析出する結晶は 20 g 以下である。



**2**

(1)

(2)

(3)

**ワンポイント**  
 (固体の)溶解度…溶媒 100 g あたりに溶けうる溶質の限度量(g)

- 3** [ヘンリーの法則] 窒素と酸素について、分圧が  $1.0 \times 10^5$  Pa のときに 1 L の水に対する溶解度[mol]を表に示す。温度は 0℃, 40℃, 60℃ のいずれかである。これについて、あとの問いに答えなさい。
- N=14, O=16

温度	A	40℃	B
窒素	$0.46 \times 10^{-3}$	$0.52 \times 10^{-3}$	$1.03 \times 10^{-3}$
酸素	$0.87 \times 10^{-3}$	$1.04 \times 10^{-3}$	$2.18 \times 10^{-3}$

**3**

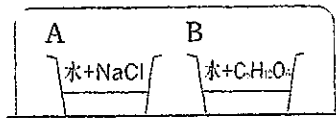
(1)

(2)

**ワンポイント**  
 (1)温度を上げると、溶質である気体分子の熱運動が激しくなってしまう、溶液中にとどまりにくくなる。

- (1) A と B のどちらが 60℃ か。記号で答えよ。
- (2) 40℃ の下で  $1.0 \times 10^5$  Pa の空気(窒素：酸素=4：1)を 1 L の水に飽和させた。溶けている窒素の質量を 1 とすると酸素の質量はいくらになるか。有効数字 2 桁で求めよ。

4 [蒸気圧降下] 18 g の純水が入った容器 A, B にそれぞれ NaCl 0.0585 g,  $C_6H_{12}O_6$  0.270 g を加えて、溶解させ、図



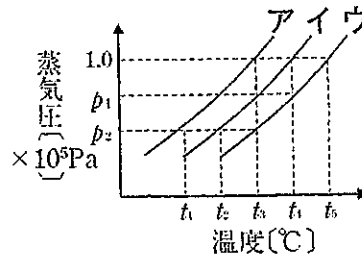
に示すように密封した。H=1.0, C=12, O=16, Na=23, Cl=35.5. 水溶液の密度は  $1.0 \text{ g/cm}^3$  とし、容器内の水蒸気は無視せよ。

- (1) 密封直後の A, B の質量モル濃度を有効数字 2 桁で求めよ。
- (2) しばらくすると片方の容器の溶液の体積が増えた。どちらの方が増えたのか。記号で答え、その理由を簡潔に説明せよ。
- (3) 溶液の体積の増減が止まったとき、それぞれの溶液の体積を求めよ。

4

(1)	A
	B
(2)	記号
	理由
(3)	A
	B

5 [溶液の蒸気圧曲線] 図は  $0.1 \text{ mol/kg}$  尿素(分子量 60)水溶液 A,  $0.1 \text{ mol/kg}$  塩化ナトリウム水溶液 B, 純水 C の蒸気圧曲線である。

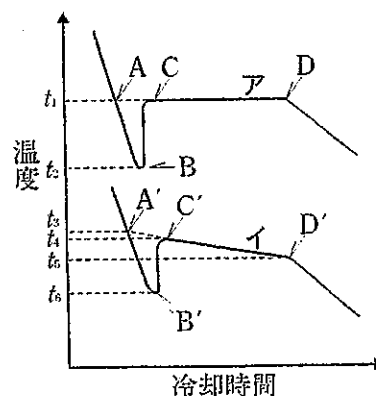


- (1) ア～ウはそれぞれどの水溶液のグラフか。A～C の記号で答えよ。
- (2) 尿素水溶液の沸点上昇度  $[\text{C}]$  を  $t_1 \sim t_5$  を用いて表せ。
- (3)  $t_4 = 100.052 \text{ C}$  のとき、 $t_5$  はいくらになるか。
- (4) 尿素水溶液を沸騰させ続けていくと、蒸気圧曲線はどのようなようになるか。簡潔に答えよ。

5

(1)	ア	イ
	ウ	
(2)		
(3)		
(4)		

6 [冷却曲線] 図はスクロース水溶液や純水を一定の速度で冷却していったときの冷却時間と温度の関係をグラフに表したものである。



- (1) 水の凝固点, スクロース水溶液の凝固点を  $t_1 \sim t_6$  から選び、記号で答えよ。
- (2) 曲線アにおいて凝固が始まる時点を A～D から選び、記号で答えよ。
- (3) 曲線アにおいて、次の①, ②の理由を簡潔に説明せよ。  
 ① BC 間で温度が上昇する    ② CD 間が水平
- (4) 曲線イにおいて、次の①, ②を簡潔に説明せよ。  
 ① D' を超えると傾きが大きくなる    ② C'D' 間が右下がり
- (5) この実験のスクロース水溶液と同濃度の塩化カルシウム水溶液(電離度 1 とする)の凝固点を  $t_1 \sim t_6$  を用いて表せ。

6

(1)	水
	スクロース水溶液
(2)	
(3)	①
	②
(4)	①
	②
(5)	