

気体に関する以下の文章を読み、問 1 から問 5 に答えよ。特に指示がない場合は、解答欄に単位を書かなくてよい。

気体の状態方程式 $pV=nRT$ に厳密に従う仮想的な気体を理想気体という。ここで p は圧力、 V は体積、 n は物質量、 R は気体定数、 T は絶対温度である。これに対して、実際に存在する気体(実在気体)では気体の状態方程式は厳密には成り立たない。すなわち、理想気体では $Z=\left(\frac{pV}{nRT}\right)$ の値が 1 であり、実在気体ではこの値が 1 からずれる。このように実在気体が理想気体からずれる主な因子には、(1)圧力、(2)温度、(3)分子の性質が考えられる。(1)については、圧力が高くなると単位体積当たりの分子数が増加して分子自身の が無視できなくなり、実際に気体が運動できる空間が小さくなることによる。(2)については、温度を低くすると、分子の熱運動が弱くなるので、 の影響が大きくなることによる。(3)については、分子量が 、極性が 分子からなる気体は、 が弱いために理想気体に近くなる。

問 1 文中の空欄 および に入る適切な語句を書け。

問 2 文中の空欄 、 に入る語句の組み合わせとして最も適切なものを次の(a)から(d)の中から 1 つ選び、解答欄の記号を○で囲め。

- | | ウ | エ |
|-----|-----|----|
| (a) | 大きく | ある |
| (b) | 大きく | ない |
| (c) | 小さく | ある |
| (d) | 小さく | ない |

問 3 実在気体の Z の値に関する(a)から(d)の記述について、正しいものには○、誤りを含むものには×を解答欄に記入せよ。

- (a) 標準状態(0°C, $1.0 \times 10^5 \text{Pa}$)におけるアンモニアの Z の値は、理想気体における値($Z=1$)よりも小さくなる。
- (b) 300K, $5.0 \times 10^5 \text{Pa}$ の水素と、400K, $1.0 \times 10^4 \text{Pa}$ の水素では、 Z の値は前者の方が理想気体($Z=1$)からのずれが大きい。
- (c) 0°Cにおける二酸化炭素の Z の値は、圧力をゼロから増加させていくと単調に増加する。
- (d) 0°Cにおける水素や窒素の Z の値は、圧力をゼロから増加させていくと一旦減少して

から増加に転じる。

問 4 温度と容積が調節可能な密閉容器に 0.090mol のエタノールと 0.110mol の窒素のみを入れ、全圧 $p=1.0\times 10^5\text{Pa}$ 、温度 $t_0=77^\circ\text{C}$ とした。このとき、この混合物は一様に気体の状態で、体積は V_0 [L] となった。この混合気体を圧力一定($1.0\times 10^5\text{Pa}$)の条件を保つように、容積を調節しながらゆっくりと冷却した。すると、温度 t_1 [$^\circ\text{C}$] まで冷却したところでエタノールの凝縮が始まった。エタノールの蒸気圧曲線(図 1)を参考にして、次の(1)から(4)に答えよ。気体はすべて理想気体として扱ってよい。また、窒素のエタノールへの溶解は無視できるものとする。

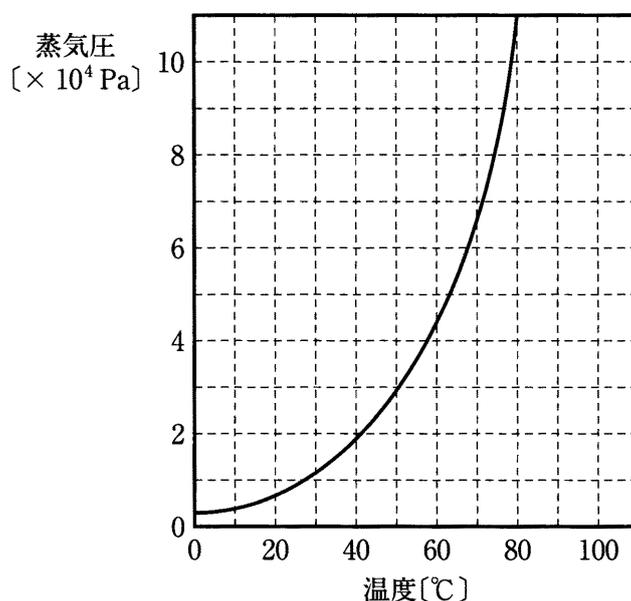


図 1

- (1) 冷却し始めた時の混合気体の体積 V_0 [L] の値を有効数字 2 桁で答えよ。
- (2) 温度 t_1 [$^\circ\text{C}$] の値を有効数字 2 桁で答えよ。導出過程も簡単に記せ。
- (3) 再び $t_0=77^\circ\text{C}$ まで加熱して最初の状態に戻した。その後、今度は体積一定の条件で、ゆっくりと冷却した。すると、温度 t_2 [$^\circ\text{C}$] まで冷却したところでエタノールの凝縮が始まった。容器内に気体のみが存在する温度 t ($t < t_0$) で、体積一定の条件で冷却した場合の体積 V_0 [L] と圧力一定の条件で冷却した場合の体積 V_1 [L] の間には の関係がある。したがって、この温度でのエタノールの分圧について、体積一定条件での分圧 p_{A0} [Pa] と圧力一定条件での分圧 p_{A1} [Pa] の間には の関係がある。この分圧の関係と図 1 の蒸気圧曲線から、温度 t_1 と t_2 の間には の関係があることがわかる。

上の空欄 , , に入る適切な関係式を, それぞれ下の(a)から(c), (d)から(f), (g)から(i)の中から 1つ選び, 解答欄の記号を○で囲め。

の選択肢

(a) $V_0 < V_1$ (b) $V_0 = V_1$ (c) $V_0 > V_1$

の選択肢

(d) $p_{A0} < p_{A1}$ (e) $p_{A0} = p_{A1}$ (f) $p_{A0} > p_{A1}$

の選択肢

(g) $t_1 < t_2$ (h) $t_1 = t_2$ (i) $t_1 > t_2$

(4) 上の(3)の過程における全圧と絶対温度の関係を表すグラフとして最もふさわしいものを図 2 の(a)から(f)の中から 1つ選び, 解答欄の記号を○で囲め。ただし, 温度は $T_3 = 150\text{K}$ まで下げたものとし, 図には $T_0 = (t_0 + 273)\text{K}$, $T_2 = (t_2 + 273)\text{K}$ および T_3 の位置が示してある。

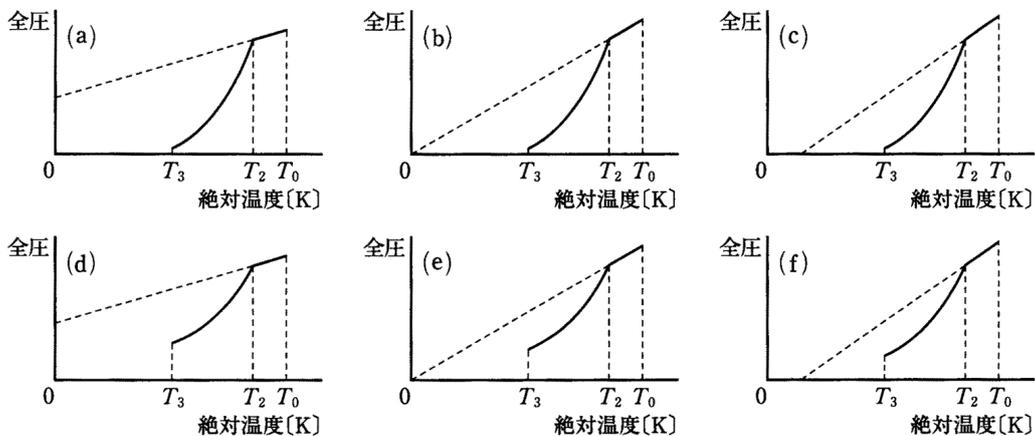


図 2

問 5 水へのメタン CH_4 の溶解について考える。温度 27°C で, 図 3 の状態①のように, 液体の水 1.00L を満たした容器 A と気体のメタンを圧力 $1.0 \times 10^5\text{Pa}$ で 2.24L 満たした容器 B を連結した。次に, つないでいるコックを開いて容器 B から容器 A にメタンをすべて押し込み, コックを閉じた。続いて容器 A のピストンの位置を調整して, 容器 A 内の体積を 3.24L とした(図 3 の状態②)。この状態で, ピストンを固定して容積一定となった密閉容器をよく振ってメタンを水に溶解させ, 溶解平衡の状態にしたところ, 容器 A 内

の圧力は p [Pa] となった。次の(1), (2)に答えよ。ただし, 状態②で容器 A の内部以外の場所に残った気体は無視できるとする。また, 気体はすべて理想気体として扱うことができ, 水の蒸気圧は無視できるものとする。

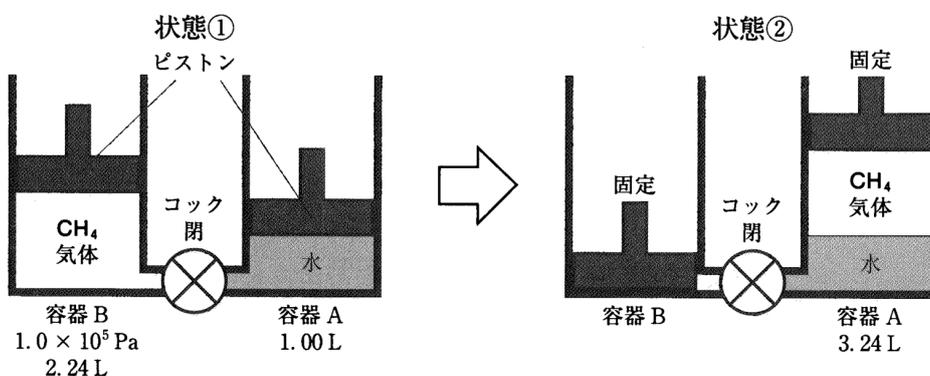


図 3

- (1) 溶解平衡の状態では気相に存在するメタンの物質量を n_1 [mol], 水に溶解しているメタンの物質量を n_2 [mol] とする。 n_1, n_2 をそれぞれ p を含んだ式で表し, n_1 については解答欄(あ)に, n_2 については解答欄(い)に記せ。なお, 式の中で使う数値は有効数字 2 桁で書くこと。ただし, 27°C , $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ において, メタンは標準状態 (0°C , $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$) に換算して水 1.00 L に $3.0 \times 10^{-2} \text{ L}$ 溶解するとする。
- (2) 容器 A 内の圧力 p [Pa] を求め, その数値を有効数字 2 桁で答えよ。導出過程も簡単に記せ。

医学部受験専門
理数塾