

学籍番号 _____ 氏名 _____ :

1 反応 $2\text{NH}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$ が、温度 298 K、全圧 1.00 bar で平衡に達している。このときの NH_3 の分解率（解離度）を α とすると、この反応の 298 K における平衡定数 K を、分解率 α を含んだ式で表現せよ。なお、各気体は理想気体として扱う。

$$\begin{array}{ccccccc}
 2\text{NH}_3(\text{g}) & \rightleftharpoons & \text{N}_2(\text{g}) & + & 3\text{H}_2(\text{g}) & & \\
 (1-\alpha) & & (1/2)\alpha & & (3/2)\alpha & & \text{合計}(1+\alpha) \\
 \text{分圧} & & \{(1-\alpha)/(1+\alpha)\} \cdot P & & (1/2)\alpha/(1+\alpha) \cdot P & & (3/2)\alpha/(1+\alpha) \cdot P & & \text{合計}(1+\alpha) \\
 & & & & & & & & \text{(全圧を } P \text{ とする)} \\
 K = (P_{\text{N}_2}) (P_{\text{H}_2})^3 / (P_{\text{NH}_3})^2 = [\{(1/2)\alpha/(1+\alpha)\}(P/P^0)] [\{(3/2)\alpha/(1+\alpha)\}(P/P^0)]^3 / [\{(1-\alpha)/(1+\alpha)\}(P/P^0)]^2 \\
 = (27/16) \alpha^4 (P/P^0)^2 / \{(1-\alpha)^2 (1+\alpha)^2\} \quad P = P^0 = 1.00 \text{ bar} \text{ なので } P/P^0 = 1 \text{ したがって } K = 27\alpha^4 / 16(1-\alpha^2)^2
 \end{array}$$

2 ベンゼン C_6H_6 の蒸気圧は 330 K において 500 hPa である。ベンゼン 772.2 g に、ある不揮発性の有機化合物 10.4 g を溶かしたところ、蒸気圧が 495 hPa まで低下した。この溶液が理想希薄溶液として扱えると仮定し、溶解させた有機化合物の分子量を求めよ。計算過程を記し、有効数字 3 桁で答えよ。

$$\begin{aligned}
 x_{\text{A}} &= 495/500 = 0.990, x_{\text{B}} = 1 - x_{\text{A}} = 0.010 \quad \text{したがって } n_{\text{A}} = 772.2/78 = 9.90 \text{ mol} \\
 \text{ゆえに } n_{\text{B}} &= n_{\text{A}}/x_{\text{A}} \times x_{\text{B}} = 0.100 \text{ mol} \quad \text{分子量は } 10.4 \text{ g}/0.100 \text{ mol} = 104 \text{ g/mol}
 \end{aligned}$$

3 水にかける圧力を変化させた場合のギブズ自由エネルギー変化について、次の問（1）および（2）に答えよ。いずれも計算過程を記し、有効数字 3 桁で答えよ。

（1）420 K の一定温度で水蒸気 1 mol にかかる圧力が 1.01 bar から 3.03 bar に増したときのギブズ自由エネルギー変化を求めよ。水蒸気は完全気体として扱う。

（2）253 K の一定温度で氷 2770 g にかかる圧力が 1.01 bar から 3.03 bar に増したときのギブズ自由エネルギー変化を求めよ。氷の密度は 0.923 g/cm^3 で圧力に依存しないとする。

（1）

$$\begin{aligned}
 dG &= VdP - SdT \text{ より, 温度一定で } dG = VdP \quad \text{ゆえに } \Delta G = \int dG = \int VdP = nRT \int (1/P)dP \\
 \Delta G &= nRT \ln(P_2/P_1) = 1 \times 8.31 \times 420 \times \ln(3.03/1.01) = 3834 = 3.83 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

（2）

密度が圧力に依存しないということは、圧力によって体積が変わらないことを示す。

$$\begin{aligned}
 \int dG &= \int VdP = V \int dP = V \Delta P = 2770/0.923 (\text{cm}^3) \times (3.03 - 1.01) (\text{bar}) \\
 &= 3001 \times 10^{-6} (\text{m}^3) \times 2.02 \times 10^5 (\text{N} \cdot \text{m}^{-2}) = 606 \text{ J}
 \end{aligned}$$