

高3 化学総合S～前期第12回～〈解答〉◆希薄溶液の性質◆

〈予習問題〉

【1】

〈解答〉

- (1) 左 (2) 半透膜を通して水が浸透するため。 (3) 0.058 g (4) CH₂O
(5) 180, C₆H₁₂O₆ (6) 溶液の浸透圧に等しい圧力を溶液側に加えるとよい。

〈解説〉

(3) 浸透した水は、液位差 8 cm より $\frac{8}{2}=4$ [mL], 6.0×10^{-3} g の溶質が

100+4=104 [mL]の溶液中に溶けているから

$$6.0 \times 10^{-3} \times \frac{1000}{104} \doteq 0.058 \text{ [g/L]}$$

(4) 組成式を C_xH_yO_z とおくと

$$x : y : z = \frac{40.0}{12} : \frac{6.6}{1} : \frac{53.4}{16} \doteq 3.3 : 6.6 : 3.3 = 1 : 2 : 1 \quad \text{よって} \quad \text{CH}_2\text{O}$$

(5) 液位に 8 cm の差が生じたときの浸透圧は $\frac{8}{1034} \times 10^5$ Pa である。

$$\Pi V = nRT \quad \text{および} \quad n = \frac{w}{M} \quad \text{より} \quad \Pi V = \frac{w}{M} RT$$

$$\text{よって,} \quad M = \frac{wRT}{\Pi V} = \frac{6.0 \times 10^{-3} \times 8.3 \times 10^3 \times 300}{\frac{8}{1034} \times 10^5 \times \frac{104}{1000}} \doteq 180$$

CH₂O=30 より 分子式 C₆H₁₂O₆

【2】

<解答>

問1 ア 電解質 イ 負 ウ 正 エ 水素 オ 水和

問2 (1) $2.0 \times 10^{-3} P_0$

(2) ビーカーBの水溶液の濃度の方が薄く、BからAへ水が移動する。ここで、

初めの水は18.0[g]なので移った水の質量を x [g]とおくと、与式 $\Delta P = \frac{n}{N} P_0$ より、

$$\Delta P = \frac{\frac{0.0585}{58.5} \times 2}{\frac{18.0 + W}{18.0}} P_0 = \frac{\frac{0.0293}{58.5} \times 2}{\frac{18.0 - W}{18.0}} P_0 \quad \therefore x = 6.00 \text{ [g]}$$

以上より、各ビーカーの水の質量は、

$$\text{A } 18.0 + 6.00 \div 24 \text{ [g]}, \quad \text{B } 18.0 - 6.00 \div 12 \text{ [g]}$$

(3) C 22 [g] D 32 [g] E 0 [g]

問3 (1) T_A (2) β (3) 0.10[mol/kg]

<解説>

$$\text{問2 (1) } \Delta P = \frac{\frac{0.585}{58.5} \times 2}{\frac{180}{18}} P_0 = 2.0 \times 10^{-3} P_0$$

(3) 溶液の蒸気圧は純水の蒸気圧より必ず低くなるので、ビーカーC、Dの蒸気圧は必ずEの蒸気圧より低くなる。よって最終的にEの水の量は0gとなる。

このため、 $18 \times 3 = 54.0$ [g]の水が蒸気圧が等しくなるようにCとDに分配されることになるので、最終的なCの水の量を x [g]、Dの水の量を y [g]とすると

$$\frac{\frac{0.0585}{58.5} \times 2}{\frac{x}{18}} = \frac{\frac{0.111}{111} \times 3}{\frac{y}{18}}, \quad x + y = 54 \quad \therefore (x, y) = (21.6, 32.4)$$

問3 (3) 希薄溶液が凝固する際、生じた固体に溶質は含まれていない。よって

$$100 \text{ g の固体は純水な氷であるから, } \frac{\frac{0.585}{58.5}}{\frac{200 - 100}{1000}} = 0.1 \text{ [mol/kg]}$$

【3】

<解答>

(1) 温度一定のとき、溶解度の小さい気体の溶解度は、溶媒に接しているその気体の圧力に比例する。

(2) $4.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ (3) 1.2 L (4) $4.4 \times 10^4 \text{ Pa}$ (5) $2.1 \times 10^5 \text{ Pa}$

<解説>

(2) $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ で溶ける CO_2 は $\frac{1.12}{22.4} = 0.0500 \text{ [mol]}$

0.20 mol を溶かすには、圧力を $\frac{0.20}{0.0500} = 4$ [倍] にすればよい。

$$4 \times 1.0 \times 10^5 = 4.0 \times 10^5 \text{ [Pa]}$$

(3) 溶ける量は圧力が $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ のときの2倍で $0.0500 \times 2 = 0.10 \text{ [mol]}$

気体として残る CO_2 は $0.20 - 0.10 = 0.10 \text{ [mol]}$

この気体の体積は気体の状態方程式 $PV = nRT$ より

$$2.0 \times 10^5 \times V = 0.10 \times 8.3 \times 10^3 \times (273 + 7)$$

$$V = 1.16 \approx 1.2 \text{ [L]}$$

(4) 気体の全物質量は、状態方程式 $PV = nRT$ より

$$2.1 \times 10^5 \times 10 = n \times 8.3 \times 10^3 \times 280 \quad n = 0.904 \text{ [mol]}$$

窒素の物質量 n' は

$$0.70 \times 10^5 \times 10 = n' \times 8.3 \times 10^3 \times 280 \quad n' = 0.301 \text{ [mol]}$$

質量は $28 \times 0.301 \approx 8.43 \text{ [g]}$

よって、二酸化炭素と酸素の混合気体の物質量は $0.904 - 0.301 = 0.603 \text{ [mol]}$

質量は $30 - 8.43 = 21.57 \text{ [g]}$

二酸化炭素を $x \text{ [mol]}$, 酸素を $y \text{ [mol]}$ とすると

$$x + y = 0.603 \quad \text{かつ} \quad 44x + 32y = 21.57$$

これを解くと $x = 0.189 \text{ [mol]}$

CO_2 の分圧 = 全圧 \times モル分率 = $2.1 \times 10^5 \times \frac{0.189}{0.904} \approx 4.4 \times 10^4 \text{ [Pa]}$

(5) CO_2 の分圧を $p' \text{ [Pa]}$, 気体の CO_2 を $a \text{ [mol]}$, 水に溶解した CO_2 を $b \text{ [mol]}$ とする。気体は $2.1 + 10 = 12.1 \text{ [L]}$ であるから

$$p' \times 12.1 = a \times 8.3 \times 10^3 \times 280 \quad \text{より} \quad a = 5.21 \times 10^{-6} p' \text{ [mol]}$$

$$\text{溶解度より} \quad b = 0.0500 \times \frac{p'}{1.0 \times 10^5} = 5.0 \times 10^{-7} p' \text{ [mol]}$$

全 CO_2 は $0.20 + 0.189 = 0.389 \text{ [mol]}$

よって $5.21 \times 10^{-6} p' + 5.0 \times 10^{-7} p' = 0.389 \quad p' = 6.81 \times 10^4 \text{ [Pa]}$

容器 B 中にあった O_2 と N_2 の分圧の和は

$$2.1 \times 10^5 - 4.4 \times 10^4 = 1.66 \times 10^5 \text{ [Pa]}$$

コックを開けたときの圧力 p'' は、ボイルの法則より

$$1.66 \times 10^5 \times 10 = p'' \times 12.1 \quad p'' = 1.37 \times 10^5 \text{ [Pa]}$$

全圧 = 分圧の和 = $p' + p'' = 6.81 \times 10^4 + 1.37 \times 10^5 \approx 2.1 \times 10^5 \text{ [Pa]}$

<演習問題>

【1】問1 再結晶法 問2 84.0g 問3 40.0g 問4 245g 問5 0.054°C

<解説>

問2 混合塩 100.0g 中の KNO_3 の質量を x [g], NaCl の質量を $(100-x)$ [g] とする。

20°Cにおいて、溶解しなかった KNO_3 と NaCl は、溶解度が各々31.6, 35.8 であることから次のように考えられる。

(i) 溶け残った塩が KNO_3 と NaCl の混合物とすると、混合塩の溶解量は

$$31.6 + 35.8 = 67.4[\text{g}]$$

したがって、溶け残った量は $100.0 - 67.4 = 32.6[\text{g}]$ となり、題意と合致しない。

(ii) 溶け残った塩がすべて KNO_3 だとすると、溶け残った量が 52.4g なので

$$x - 31.6 = 52.4 \quad \therefore x = 84.0[\text{g}]$$

このとき、 NaCl の質量は $100.0 - 84.0 = 16.0[\text{g}]$ となり、題意と合致する。

(iii) 溶け残った塩がすべて NaCl だとすると $(100-x) - 35.8 = 52.4 \quad \therefore x = 11.8[\text{g}]$

このとき、 NaCl の質量は $100.0 - 11.8 = 88.2[\text{g}]$ となり、

KNO_3 を主成分とするという題意と合致しない。

よって (ii) が正解となる。

問3・問4 混合塩 250.0g 中の KNO_3 と NaCl の質量は次式で表される。

$$\text{KNO}_3 \text{ の質量} = 250.0 \times \frac{84.0}{100.0} = 210.0[\text{g}] \quad , \quad \text{NaCl の質量} = 250.0 \times \frac{16.0}{100.0} = 40.0[\text{g}]$$

したがって、100°Cにおける KNO_3 の溶解度が 210.0 であるか、 NaCl の溶解度が 40.0 であるかのどちらかである。後で加えた 50.0g の混合塩中の KNO_3 , NaCl の質量は次式で表される。

$$\text{KNO}_3 \text{ の質量} = 50.0 \times \frac{84.0}{100.0} = 42.0[\text{g}] \quad , \quad \text{NaCl の質量} = 50.0 \times \frac{16.0}{100.0} = 8.00[\text{g}]$$

KNO_3 の溶解度が 210.0 と仮定すると、 KNO_3 が 42.0g 溶けずに残るので、問題文中の 15.0[g]の塩が溶けずに残ることに矛盾する。

NaCl の溶解度が 40.0 と仮定すると、溶けずに残る量は NaCl が 8.00[g],

KNO_3 が $15.0 - 8.0 = 7.0[\text{g}]$ となり矛盾しない。

よって、 NaCl の溶解度が 40.0, KNO_3 の溶解度が $210.0 + 42.0 - 7.0 = 245.0$ となる。

問5 沸点上昇度を Δt , 質量モル濃度を m , モル沸点上昇を K_b とすると、

$\Delta t = K_b m$ が成立する。

$$\text{モル沸点上昇はグルコース水溶液の沸点より, } K_b = \frac{0.052}{\frac{0.100}{1.00}} = 0.52 [\text{K} \cdot \text{kg/mol}]$$

KNO_3 は水溶液中で $\text{KNO}_3 \rightarrow \text{K}^+ + \text{NO}_3^-$ のように電離するので、 Δt は

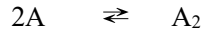
$$0.52 \times \frac{52.4}{101.1} \times \frac{1}{10.0} \times 2 = 0.0539[^\circ\text{C}]$$

【2】問1

(ア) $\Delta T = k_f m$ において、質量モル濃度 m [mol/kg]は

$$m = \frac{\frac{W_1}{M}}{\frac{W_0}{1000}} = \frac{1000W_1}{MW_0} \text{ [mol/kg]} \quad \text{よって } \Delta T = k_f \frac{1000W_1}{MW_0} \text{ より } M = \frac{1000W_1 k_f}{\Delta T W_0} \text{ [g/mol]}$$

(イ) $2A \rightleftharpoons A_2$ において、 m_0 [mol]のAを溶解したとき、会合度が α であるとする、溶媒は1kgであるから



平衡時 $m_0(1-\alpha) \quad \frac{m_0}{2}\alpha \quad \text{[mol/kg]} \quad \text{よって } \frac{m_0}{2}\alpha$

(ウ) $\Delta T_0 = k_f m_0$, $\Delta T = k_f \left\{ m_0(1-\alpha) + \frac{m_0\alpha}{2} \right\} = k_f m_0 \left(1 - \frac{1}{2}\alpha \right)$

したがって $\frac{\Delta T}{\Delta T_0} = 1 - \frac{\alpha}{2}$

(エ) 平衡定数 $K_3 = \frac{[A_2]}{[A]^2} = \frac{\frac{m_0\alpha}{2}}{\{m_0(1-\alpha)\}^2} = \frac{\alpha}{2m_0(1-\alpha)^2} \text{ [kg/mol]}$

(オ) カルボキシル (カ) 水素

問2

a: 一定量の溶媒に溶解している溶質粒子の物質量が大きいほど、凝固点降下度は大きくなる。一定の質量の溶質を溶解したとき、モル質量が大きいと溶質の物質量は小さくなるため、凝固点降下度も小さい。よって①

b: K_3 が一定であることより m_0 [mol]が大きくなると、 α ($0 < \alpha < 1$)も増大することがわかる。よって②

c: 相対凝固点降下度 $\frac{\Delta T}{\Delta T_0} = 1 - \frac{\alpha}{2}$ は、 α が1に近づくと $\frac{1}{2}$ に近づく。よって②

d: 安息香酸は一部の2分子が会合して1つの分子のように振舞い、溶質粒子の物質量が見かけ上小さくなるので、凝固点降下度は安息香酸の濃度から予想されるよりも小さくなる。よって②

e: ①

f: ②

問3 $\alpha = 0.50$, 初期濃度 5.0×10^{-3} mol/kg のとき、平衡定数 K_3 は

$$K_3 = \frac{\alpha}{2m_0(1-\alpha)^2} = \frac{0.50}{2 \times 5.0 \times 10^{-3} \times (1-0.50)^2} = 2.0 \times 10^2 \text{ kg/mol}$$

平衡定数 K_3 は、温度が変わらなければ一定の値を保つので、会合度が0.80となるときの初期濃度 m_0 [mol/kg]は

$$K_3 = \frac{0.80}{2m_0(1-0.80)^2} = 2.0 \times 10^2 \text{ kg/mol} \quad \text{よって } m_0 = 5.0 \times 10^{-2} \text{ mol/kg}$$