浸透圧（U字管の両端が閉管の場合）

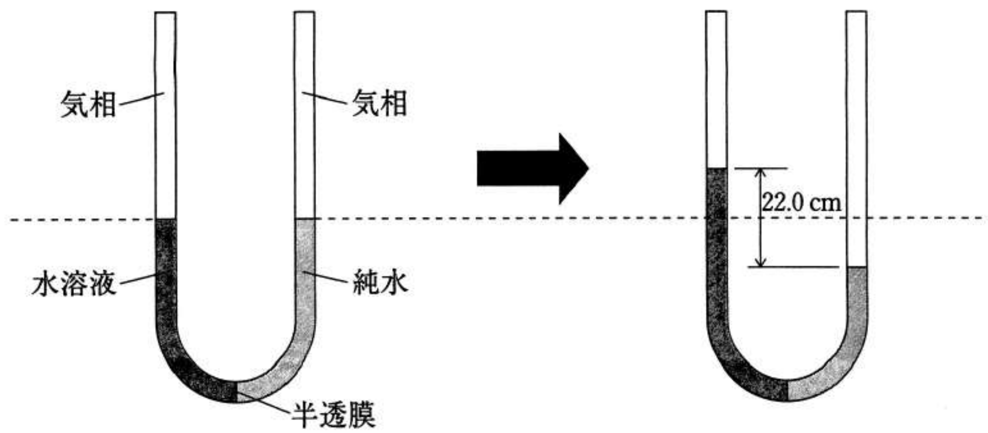
次の文章を読み，下の問いに答えよ。

物質 AX（分子量 340）は水中で次のように，一部電離することが知られている。

$$AX \rightleftarrows A^{+} + X^{-}$$

この物質を 0.68 g 含む水溶液 100.0 mL を半透膜によって仕切られた左右対称なU字管の左側に入れ，また，右側には純水 100.0 mL を入れ，直ちに両方の口を封じた（下図左）。気相の体積はともに 100.0 mL であり，管の断面積は 2.00 cm^2 である。十分に時間をおくと，左側の液面は右側の液面より 22.0 cm 高くなっていた（下図右）。ただし，大気圧は 1.01×10^5 Pa（760 mmHg），温度は 10.0 °C，水溶液と純水の密度はともに 1.00 g/cm^3，水銀の密度は 13.6 g/cm^3 とする。また，AXならびに水の蒸気圧，空気の水への溶解は無視できるとする。必要があれば次の数値を用いよ。

気体定数 ：8.31×10^3〔Pa·L/(mol·K)〕



問　AXの電離度 α（$0 < \alpha \leqq 1$）を有効数字 2 桁で求めよ。

〈千葉大(改)〉

浸透圧(U字管の両端が閉管の場合)

液面差が 22.0 cm になったということは，左側の液面が $\boxed{}$ cm上昇し，右側の液面が $\boxed{}$ cm降下したということであり，左側の気相の体積が $\boxed{}$ (mL) に，右側の気相の体積が $\boxed{}$ (mL) になったことを意味します。

よって，左側の気相の示す圧力 $P_{左}$〔Pa〕と右側の気相の示す圧力 $P_{右}$〔Pa〕は，『同温，同物質量では，気体の圧力はその体積に反比例する』ことから，

$P_{左} = \boxed{}$ (Pa)

$P_{右} = \boxed{}$ (Pa) と計算できます。

浸透圧(U字管の両端が閉管の場合)

液面差が 22.0 cm になったということは，左側の液面が $\boxed{11.0}$ cm上昇し，右側の液面が $\boxed{}$ cm降下したということであり，左側の気相の体積が $\boxed{}$ (mL)に，右側の気相の体積が $\boxed{}$ (mL)になったことを意味します。

よって，左側の気相の示す圧力 $P_{左}$〔Pa〕と右側の気相の示す圧力 $P_{右}$〔Pa〕は，『同温，同物質量では，気体の圧力はその体積に反比例する』ことから，

$P_{左}=\boxed{}$ (Pa)

$P_{右}=\boxed{}$ (Pa)と計算できます。

浸透圧(U字管の両端が閉管の場合)

液面差が 22.0 cm になったということは，左側の液面が $\boxed{11.0}$ cm上昇し，右側の液面が $\boxed{11.0}$ cm降下したということであり，左側の気相の体積が $\boxed{}$ (mL) に，右側の気相の体積が $\boxed{}$ (mL) になったことを意味します。

よって，左側の気相の示す圧力 $P_{左}$〔Pa〕と右側の気相の示す圧力 $P_{右}$〔Pa〕は，『同温，同物質量では，気体の圧力はその体積に反比例する』ことから，

$P_{左} = \boxed{}$ (Pa)

$P_{右} = \boxed{}$ (Pa) と計算できます。

浸透圧(U字管の両端が閉管の場合)

液面差が 22.0 cm になったということは，左側の液面が $\boxed{11.0}$ cm上昇し，右側の液面が $\boxed{11.0}$ cm降下したということであり，左側の気相の体積が $\boxed{100.0-2.00\times11.0=78.0}$ (mL) に，右側の気相の体積が $\boxed{}$ (mL) になったことを意味します。

よって，左側の気相の示す圧力 $P_{左}$〔Pa〕と右側の気相の示す圧力 $P_{右}$〔Pa〕は，『同温，同物質量では，気体の圧力はその体積に反比例する』ことから，

$P_{左}=\boxed{}$ (Pa)

$P_{右}=\boxed{}$ (Pa) と計算できます。

浸透圧(U字管の両端が閉管の場合)

液面差が 22.0 cm になったということは，左側の液面が $\boxed{11.0}$ cm上昇し,右側の液面が $\boxed{11.0}$ cm降下したということであり,左側の気相の体積が $\boxed{100.0-2.00\times11.0=78.0}$ (mL)に,右側の気相の体積が $\boxed{100.0+2.00\times11.0=122.0}$ (mL)になったことを意味します。

よって,左側の気相の示す圧力 $P_{左}$〔Pa〕と右側の気相の示す圧力 $P_{右}$〔Pa〕は,『同温,同物質量では,気体の圧力はその体積に反比例する』ことから,

$P_{左}=\boxed{}$ (Pa)

$P_{右}=\boxed{}$ (Pa)と計算できます。

浸透圧(U字管の両端が閉管の場合)

液面差が 22.0 cm になったということは，左側の液面が $\boxed{11.0}$ cm上昇し，右側の液面が $\boxed{11.0}$ cm降下したということであり，左側の気相の体積が $\boxed{100.0-2.00\times 11.0=78.0}$ (mL) に，右側の気相の体積が $\boxed{100.0+2.00\times 11.0=122.0}$ (mL) になったことを意味します。

よって，左側の気相の示す圧力 $P_{左}$〔Pa〕と右側の気相の示す圧力 $P_{右}$〔Pa〕は，『同温，同物質量では，気体の圧力はその体積に反比例する』ことから，

$$P_{左}=\boxed{1.01\times 10^5\times \frac{100.0}{78.0}=1.294\times 10^5}\ \text{(Pa)}$$

$$P_{右}=\boxed{\phantom{1.01\times 10^5\times \frac{100.0}{78.0}=1.294\times 10^5}}\ \text{(Pa)}$$ と計算できます。

浸透圧(U字管の両端が閉管の場合)

液面差が 22.0 cm になったということは，左側の液面が $\boxed{11.0}$ cm上昇し，右側の液面が $\boxed{11.0}$ cm降下したということであり，左側の気相の体積が $\boxed{100.0-2.00\times 11.0=78.0}$ (mL) に，右側の気相の体積が $\boxed{100.0+2.00\times 11.0=122.0}$ (mL) になったことを意味します。

よって，左側の気相の示す圧力 $P_{左}$〔Pa〕と右側の気相の示す圧力 $P_{右}$〔Pa〕は，『同温，同物質量では，気体の圧力はその体積に反比例する』ことから，

$$P_{左}=\boxed{1.01\times 10^5\times \frac{100.0}{78.0}=1.294\times 10^5}\ \text{(Pa)}$$

$$P_{右}=\boxed{1.01\times 10^5\times \frac{100.0}{122.0}=8.27\times 10^4}\ \text{(Pa)}$$ と計算できます。

また，液面差の示す圧力 $P_{液面差}$〔Pa〕は，

$$\boldsymbol{P_{液面差}\,\text{〔Pa〕} = 液面差\,(\mathrm{cm}) \times \frac{水溶液の密度\,(\mathrm{g/cm^3})}{水銀の密度\,(\mathrm{g/cm^3})} \times \frac{1.01 \times 10^5}{76.0}}$$ より、

$P_{液面差} = \boxed{}$ (Pa) です。

また，液面差の示す圧力 $P_{液面差}$〔Pa〕は，

$$\boldsymbol{P_{液面差}\,〔\mathrm{Pa}〕= 液面差\,(\mathrm{cm}) \times \frac{水溶液の密度\,(\mathrm{g/cm^3})}{水銀の密度\,(\mathrm{g/cm^3})} \times \frac{1.01\times10^5}{76.0}}$$ より、

$P_{液面差}=$ $\boxed{}$ (Pa)です。

また，液面差の示す圧力 $P_{\text{液面差}}$〔Pa〕は，

$$\boldsymbol{P_{\text{液面差}}\text{〔Pa〕}=\text{液面差(cm)}\times\frac{\text{水溶液の密度}(g/cm^3)}{\text{水銀の密度}(g/cm^3)}\times\frac{1.01\times10^5}{76.0}}$$ より、

$$P_{\text{液面差}}=\boxed{22.0\times\frac{1.00}{13.6}\times\frac{1.01\times10^5}{76.0}=2.14\times10^3}\text{(Pa)}$$ です。

さらに，純水側から溶液側への浸透が示す圧力，すなわち浸透圧πは，

$$\pi = \frac{\text{溶質の物質量(mol)} \times \text{電離の効果} \times \text{気体定数} \times \text{絶対温度}}{\text{水溶液の体積(L)}}$$ より、

電離度をαとおくと，電離後の総物質量は電離前の $\boxed{1+\alpha}$ (倍) になり、

$\pi = \boxed{}$ (Pa)

さらに，純水側から溶液側への浸透が示す圧力，すなわち浸透圧πは，

$$\pi = \frac{\text{溶質の物質量(mol)} \times \text{電離の効果} \times \text{気体定数} \times \text{絶対温度}}{\text{水溶液の体積(L)}}$$ より、

電離度をαとおくと，電離後の総物質量は電離前の $\boxed{1+\alpha}$ (倍) になり、

$\pi = \boxed{}$ (Pa)

さらに，純水側から溶液側への浸透が示す圧力，すなわち浸透圧πは，

$$\boldsymbol{\pi} = \frac{\textbf{溶質の物質量(mol)×電離の効果×気体定数×絶対温度}}{\textbf{水溶液の体積(L)}}$$ より、

電離度をαとおくと，電離後の総物質量は電離前の $\boxed{1+\alpha}$ (倍)になり、

$$\pi = \boxed{\frac{\dfrac{0.68}{340} \times (1+\alpha) \times 8.31 \times 10^3 \times (273+10.0)}{\dfrac{100.0+2.00\times 11.0}{1000}} = 3.85\times 10^4 (1+\alpha)} \text{ (Pa)}$$

$$P_{左}=\boxed{1.01\times10^5\times\frac{100.0}{78.0}=1.294\times10^5}\ \text{(Pa)}$$

$$P_{右}=\boxed{1.01\times10^5\times\frac{100.0}{122.0}=8.27\times10^4}\ \text{(Pa)}$$

$$P_{液面差}=\boxed{22.0\times\frac{1.00}{13.6}\times\frac{1.01\times10^5}{76.0}=2.14\times10^3}\ \text{(Pa)}$$

$$\pi=\boxed{\frac{\frac{0.68}{340}\times(1+\alpha)\times8.31\times10^3\times(273+10.0)}{\frac{100.0+2.00\times11.0}{1000}}=3.85\times10^4(1+\alpha)}\ \text{(Pa)}$$

さて，$\boxed{}$の関係から，

$\boxed{}$より，

$\alpha=0.268\fallingdotseq$**0.27** が求まるというわけです。

$$P_{左}=\boxed{1.01\times10^5\times\frac{100.0}{78.0}=1.294\times10^5}\ \text{(Pa)}$$

$$P_{右}=\boxed{1.01\times10^5\times\frac{100.0}{122.0}=8.27\times10^4}\ \text{(Pa)}$$

$$P_{液面差}=\boxed{22.0\times\frac{1.00}{13.6}\times\frac{1.01\times10^5}{76.0}=2.14\times10^3}\ \text{(Pa)}$$

$$\pi=\boxed{\frac{\frac{0.68}{340}\times(1+\alpha)\times8.31\times10^3\times(273+10.0)}{\frac{100.0+2.00\times11.0}{1000}}=3.85\times10^4(1+\alpha)}\ \text{(Pa)}$$

さて，$\boxed{P_{左}+P_{液面差}=P_{右}+\pi}$ の関係から，

$\boxed{}$ より，

$\alpha=0.268\fallingdotseq\mathbf{0.27}$ が求まるというわけです。

$$P_{左}=\boxed{1.01\times10^5\times\frac{100.0}{78.0}=1.294\times10^5}\ (\mathrm{Pa})$$

$$P_{右}=\boxed{1.01\times10^5\times\frac{100.0}{122.0}=8.27\times10^4}\ (\mathrm{Pa})$$

$$P_{液面差}=\boxed{22.0\times\frac{1.00}{13.6}\times\frac{1.01\times10^5}{76.0}=2.14\times10^3}\ (\mathrm{Pa})$$

$$\pi=\boxed{\frac{\frac{0.68}{340}\times(1+\alpha)\times8.31\times10^3\times(273+10.0)}{\frac{100.0+2.00\times11.0}{1000}}=3.85\times10^4(1+\alpha)}\ (\mathrm{Pa})$$

さて，$\boxed{P_{左}+P_{液面差}=P_{右}+\pi}$ の関係から，

$\boxed{1.294\times10^5+2.14\times10^3=8.27\times10^4+3.85\times10^4(1+\alpha)}$ より，

$\alpha=0.268\fallingdotseq\mathbf{0.27}$ が求まるというわけです。

$$P_{左}=\boxed{1.01\times10^5\times\frac{100.0}{78.0}=1.294\times10^5}\ (\mathrm{Pa})$$

$$P_{右}=\boxed{1.01\times10^5\times\frac{100.0}{122.0}=8.27\times10^4}\ (\mathrm{Pa})$$

$$P_{液面差}=\boxed{22.0\times\frac{1.00}{13.6}\times\frac{1.01\times10^5}{76.0}=2.14\times10^3}\ (\mathrm{Pa})$$

$$\pi=\boxed{\frac{\dfrac{0.68}{340}\times(1+\alpha)\times8.31\times10^3\times(273+10.0)}{\dfrac{100.0+2.00\times11.0}{1000}}=3.85\times10^4(1+\alpha)}\ (\mathrm{Pa})$$

さて，$\boxed{P_{左}+P_{液面差}=P_{右}+\pi}$ の関係から，

$\boxed{1.294\times10^5+2.14\times10^3=8.27\times10^4+3.85\times10^4(1+\alpha)}$ より，

$\alpha=0.268\fallingdotseq\mathbf{0.27}$ が求まるというわけです。