

「沸点上昇と凝固点降下」で用いる手順と式



手順

STEP 1 情報の整理

まず、情報を整理する。

Δt	K	M	w	W	$\alpha(\beta)$

Δt : 沸点上昇度または凝固点降下度(K) w : 溶質の質量(g)

K : モル沸点上昇(K·kg/mol)

W : 溶媒の質量(g)

モル凝固点降下(K·kg/mol)

α : 溶質の電離度($0 < \alpha \leq 1$)

M : 溶質のモル質量(g/mol)

β : 溶質の会合度($0 < \beta \leq 1$)

STEP 2 式を選択と代入

STEP 1 で整理した情報を、以下の適当な式に代入する。



式

- ① 溶質が電離も会合もしない場合

$$\Delta t = K \times \frac{w}{M} \times \frac{1000}{W}$$

- ② 電離も会合もしない2種類の溶質を混合した場合

$$\Delta t = K \times \left(\frac{w_1}{M_1} + \frac{w_2}{M_2} \right) \times \frac{1000}{W}$$

【注】 2種類の溶質が互いに反応しない場合のみ。

- ③ 溶質が $\text{MX} \rightleftharpoons \text{M}^+ + \text{X}^-$ または $\text{MX} \rightleftharpoons \text{M}^{2+} + \text{X}^{2-}$ 型の電離をする場合

$$\Delta t = K \times \frac{w}{M} \times (1 + \alpha) \times \frac{1000}{W}$$

- ④ 溶質が $\text{MX}_2 \rightleftharpoons \text{M}^{2+} + 2\text{X}^-$ または $\text{M}_2\text{X} \rightleftharpoons 2\text{M}^+ + \text{X}^{2-}$ 型の電離をする場合

$$\Delta t = K \times \frac{w}{M} \times (1 + 2\alpha) \times \frac{1000}{W}$$

- ⑤ 溶質が $2\text{A} \rightleftharpoons \text{A}_2$ 型の会合をする場合

$$\Delta t = K \times \frac{w}{M} \times \left(1 - \frac{1}{2}\beta \right) \times \frac{1000}{W}$$

例題 48 混合水溶液の沸点上昇度を求める

スクロース(分子量: 342) 3.42 g とグルコース(分子量: 180) 1.80 g を水 100 g に溶かした水溶液の沸点は何°Cか。ただし、水の沸点は 100.00°C (大気圧下)、モル沸点上昇は $0.52 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ である。四捨五入によって、小数点以下第 2 位まで求めよ。

日本大(理工)

例題 49 沸点上昇度から分子量を求める

二硫化炭素 CS_2 は沸点 46.3°C の揮発しやすい液体である。8.90 g の CS_2 に 0.105 g の硫黄を溶かしたところ、沸点が 0.108°C 上昇した。 CS_2 のモル沸点上昇を $2.37 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ とし、硫黄(原子量=32)の分子式を求めよ。

鹿児島大

例題 50 凝固点降下度から分子量を求める

次の文章を読み、以下の問いに答えよ。ただし、ベンゼンの凝固点を 5.49°C とし、密度を 0.871 g/cm^3 とする。原子量が必要な場合には、次の数値を用いよ。H=1, C=12, O=16, Cl=35.5

ナフタレンや *p*-ジクロロベンゼンは水には溶けにくい、ベンゼンのような無極性の溶媒にはよく溶ける。溶質が非電解質の場合、薄い溶液では凝固点降下度と質量モル濃度は比例する。

ベンゼン 10.0 cm^3 にある固体の化合物 A を 0.100 g 溶解した溶液 B の凝固点を測定したところ、5.11°C を示した。別にベンゼン 250 cm^3 に *p*-ジクロロベンゼン 2.00 g を溶解した溶液 C の凝固点は 5.17°C であった。
問 この実験結果にあてはまる化合物 A の分子量(整数)はいくらか。

明治大(理工)/改

例題 5.1 電解質水溶液の凝固点降下度

海水にはいろいろな塩類が溶けている。いま、海水を 4.0% の塩化ナトリウム水溶液とみなすと、海水が凝固しはじめる温度は何℃か。有効数字 2 桁で答えよ。ただし、塩化ナトリウムは完全に電離しているものとし、水の凝固点降下度の比例定数(モル凝固点降下)は $1.86 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ とする。また、原子量は $\text{Na}=23$, $\text{Cl}=35.5$ として計算せよ。

福岡大

例題 5.2 中和反応後の水溶液の凝固点降下度

質量パーセント濃度 3.65% の塩酸 100 g と、1.00% の水酸化ナトリウム水溶液 400 g を混合して得られる水溶液の、大気圧下における凝固点を求めよ。ただし、答は小数点以下第 2 位まで求めるものとする。また、水のモル凝固点降下は $1.86 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ 、各元素の原子量は $\text{H}=1$, $\text{O}=16$, $\text{Na}=23$, $\text{Cl}=35.5$ とする。

東京工大

例題 5.3 酢酸の水溶液中での電離度

水 1000 g に酢酸 6.40 g を溶かしたところ、凝固点が -0.201°C であった。このとき、酢酸は何パーセント電離しているか。ただし、水のモル凝固点降下は $1.86 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ 、原子量は $\text{H}=1$, $\text{C}=12$, $\text{O}=16$ とし、答は有効数字 2 桁で示せ。

里薬科大

「浸透圧」で用いる手順と式



手順

STEP 1 情報の整理

まず、情報を整理する。

Π (Pa)	V (L)	M (g/mol)	w (g)	T (K)	α

Π : 溶液の浸透圧

V : 溶液の体積

M : 溶質のモル質量

w : 溶質の質量

T : 溶液の絶対温度

α : 溶質の電離度

STEP 2 式の選択と代入

STEP 1 で整理した情報を、以下の適当な式を選択して(または適当な式を構築して)、同式に代入する。



式

① 溶質が電離しない場合

$$\Pi V = \frac{w}{M} \times RT$$

② 溶質が $\text{MX} \rightleftharpoons \text{M}^+ + \text{X}^-$ または $\text{MX} \rightleftharpoons \text{M}^{2+} + \text{X}^{2-}$ 型の電離をする場合

$$\Pi V = \frac{w}{M} \times (1 + \alpha) \times RT$$

③ 溶質が $\text{MX}_2 \rightleftharpoons \text{M}^{2+} + 2\text{X}^-$ または $\text{M}_2\text{X} \rightleftharpoons 2\text{M}^+ + \text{X}^{2-}$ 型の電離をする場合

$$\Pi V = \frac{w}{M} \times (1 + 2\alpha) \times RT$$

④ 2種類の溶質を混合し、溶質の一方が非電解質で、他方が $\text{MX} \rightleftharpoons \text{M}^+ + \text{X}^-$ (または $\text{MX} \rightleftharpoons \text{M}^{2+} + \text{X}^{2-}$) 型の電離をする場合

$$\Pi V = \left\{ \frac{w_1}{M_1} + \frac{w_2}{M_2} \times (1 + \alpha) \right\} \times RT$$

〔注〕 2種類の溶質が互いに反応しない場合のみ。

「浸透圧」で必要な知識

$$\text{溶液柱が示す圧力 (Pa)} = \text{溶液柱の高さ (cm)} \times \frac{\text{溶液の密度 (g/cm}^3\text{)}}{\text{水銀の密度 (g/cm}^3\text{)}} \times \frac{1.013 \times 10^5 \text{ (Pa)}}{76.0 \text{ (cm)}}$$

例題 55 高分子化合物の分子量測定①

1.37 g のタンパク質を含む水溶液 100 mL と純水を半透膜を隔てて容器に入れる。ただし、実験は 1.01×10^5 Pa (大気圧), 27°C で行う。実験で浸透圧が 8.0 mmHg のとき、タンパク質の分子量を求めよ。数値は有効数字 2 桁まで求めること。

ただし、気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。

筑波大

例題 55 高分子化合物の分子量測定②

卵白から精製した水溶性タンパク質のアルブミン 10.00 g を純水に溶かして 100 mL にした溶液 A と、スクロース(ショ糖; 分子量 342) 10.00 g を純水に溶かして 100 mL にした溶液 B がある。まず、溶液 A の浸透圧を測定し、ある値を得た。次に溶液 B の一部をとり純水で希釈しながら浸透圧を測定していったところ、溶液 B の 0.80 mL に純水を加えて 100 mL にした溶液が溶液 A と同じ浸透圧を示した。

問 浸透圧の測定結果から、ここで使用したアルブミンの分子量を求めよ。計算結果は四捨五入して、有効数字 2 桁で示せ。

長崎大

例題 56 逆浸透法

中東諸国や離島では、海水から淡水を得るのに逆浸透法が使われている。この方法では、半透膜を隔てて海水側に浸透圧よりも高い圧力をかける。 27°C の海水 1 L から 110 mL の淡水をこの方法で得るためには、少なくとも何 Pa の圧力をかける必要があるか。ただし、海水は 3.3% の塩化ナトリウムだけを含み、塩化ナトリウムは完全電離し、淡水を得る過程では海水の密度は 1.02 g/cm^3 (27°C) で一定である。また、気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$, 原子量は $\text{Na} = 23$, $\text{Cl} = 35.5$ とする。解答は有効数字 2 桁で答えよ。

早大(理工)/改

例題 57 非電解質と電解質の混合水溶液①

濃度 n_1 (mol/L) の不揮発性非電解質の希薄溶液と、濃度 n_2 (mol/L) の塩化ナトリウム希薄水溶液を、ある割合で混合して 1 L にした。この水溶液の浸透圧を測定したところ、 π (Pa) であった。混合した非電解質の水溶液は何 L か。ただし、測定温度は T (K)、水溶液中の塩化ナトリウムの電離度は 1.0 で、気体定数は R (Pa·L/(K·mol)) とし、問題文中の記号はすべて用いてよい。

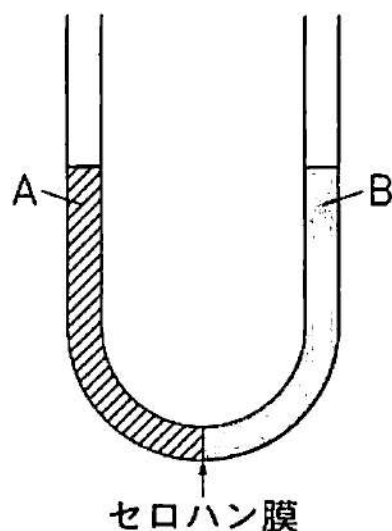
中央大/改

例題 58 液面差の調整から電解質の電離度を求める

赤血球は、血液中で、血しょうと呼ばれる電解質やタンパク質を含む水溶液中に浮遊している。血液から血しょうを分離して、以下の実験を行った。実験結果に関する下記の問いに答えよ。

【実験 1】 化合物 X を分析したところ、分子量 100 の弱電解質で、水溶液中では部分的に 1 価の陽イオンと 1 価の陰イオンに電離することが分かった。

【実験 2】 右図の実験装置の A 側には X 20 g を純水に溶かして全量を 1000 mL とした溶液を、B 側には血しょうをそれぞれ同体積入れて、 37°C に保ってしばらく放置したが、A、B 両液の液面の高さに差は認められなかった。

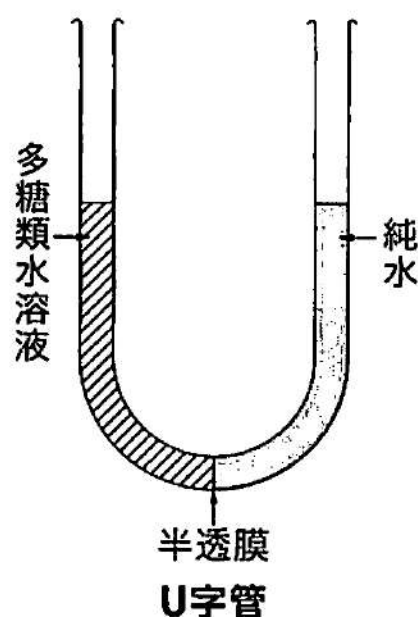


【実験 3】 A 側には純水を、B 側には血しょうを同体積入れて 37°C に保ち、B 側に $7.6 \times 10^5 \text{ Pa}$ の圧力をかけたところ、A、B 両液の液面の高さに差は認められなかった。

問 以上の結果から、X の水溶液中における電離度 α ($0 < \alpha < 1$) を求めよ。ただし、気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ とし、有効数字 2 桁で答えよ。

例題 59 液面差の測定から非電解質の分子量を求める

右図のように、断面積 1.00 cm^2 の U 字管の中央部をぼうこう膜などの半透膜で仕切り、左側にある種の水溶性多糖類 3.45 g を溶かした水溶液 100 mL を入れ、右側に純水 100 mL を入れた。 27°C でしばらく放置したところ、多糖類水溶液の液面が純水の液面より 30.0 cm 高くなった。これは半透膜を通して右側の純水が多糖類水溶液中に侵入してくるため、この現象を浸透という。半透膜を通して侵入してくる純水の浸透を阻止するためには、溶液側に余分の圧力を加える必要がある。この圧力を浸透圧という。



問 この多糖類の分子量はいくらか。ただし、水銀の密度は 13.6 g/cm^3 、純水および水溶液の密度は 1.00 g/cm^3 とする。また、気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ 、大気圧は $1.013 \times 10^5 \text{ Pa} (= 76.0 \text{ cmHg})$ とする。解答は有効数字 2 桁で答えよ。

三重大