

Obliczenia z wykorzystaniem jednostek stężenia – zadania

Ilościowo skład roztworu określa się za pomocą stężenia. Do najczęściej stosowanych zalicza się:

- **procent masowy** - podaje się liczbę gramów substancji zawartej w 100 g roztworu. Na przykład w 100 g roztworu NaCl znajduje się 10g NaCl i 90 g H₂O. Dla roztworów cieczy w cieczy często stosuje się procent objętościowy, który określa liczbę cm³ substancji zawartej w 100 cm³ roztworu.
- **stężenie molowe (molowość)** - określa liczbę moli danej substancji znajdującej się w 1 dm³ roztworu. Na przykład roztwór o stężeniu 1 mola NaOH zawiera 40 g NaOH 1 dm³ roztworu.
- **ułamek molowy** oznacza względną zawartość substancji 1 w roztworze zawierającym n₁ moli substancji 1 i n₂ substancji 2. Ułamki molowe składnika 1 i 2 są równe:

$$x_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \qquad x_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2}$$

Suma ułamków molowych w roztworze zawsze równa się jedności.

$$X_1 + X_2 = 1$$

Stężenie procentowe roztworu C_p

Stężenie procentowe roztworu C_p jest określane liczbą jednostek masowych (mg, g, kg, Mg) substancji rozpuszczonej zawartych w 100 jednostkach masowych (mg, g, kg, Mg) roztworu.

- **Przykład:** roztwór 20%-owy jest to roztwór zawierający 20 jednostek wagowych (mg, g, kg, Mg) substancji rozpuszczonej w 100 jednostkach masowych (mg, g, kg, Mg) roztworu, czyli jest to roztwór powstały ze zmieszania 10 jednostek masowych (mg, g, kg, Mg) substancji z 90 jednostkami masowymi (mg, g, kg, Mg) rozpuszczalnika

Związek między stężeniem procentowym roztworu C_p, liczbą jednostek masowych substancji rozpuszczonej **a** oraz liczbą jednostek rozpuszczalnika **b** wyprowadza się w następujący sposób: jeżeli w **a + b** jednostek masowych roztworu znajduje się **a** jednostek masowych substancji rozpuszczonej, to w 100 jednostkach masowych roztworu znajduje się C_p jednostek masowych substancji rozpuszczonej, czyli;

$$\begin{aligned} a + b \text{ j.wag. roztworu} &- a \text{ j. mas. substancji} \\ 100 \text{ j.wag.roztworu} &- C_p \text{ j. mas. substancji} \end{aligned}$$

Z powyższego otrzymujemy wzór na stężenie procentowe

$$C_p = \frac{a * 100\%}{a + b}$$

Przykład 1

Oblicz stężenie procentowe roztworu otrzymanego ze zmieszania 20 soli NaCl i 140 g wody.

Rozwiązanie. Masa roztworu jest sumą masy substancji rozpuszczonej i masy rozpuszczalnika:

$$20 \text{ g} + 140 \text{ g} = 160 \text{ g}$$

Stąd możemy zapisać że:

w 160 g roztworu znajduje się 20 g NaCl

a w 100 g roztworu znajduje się x g cukru

$$x = 20 \cdot 100 / 160 = 12,5 \text{ g}$$

W 100 g otrzymanego roztworu znajduje się 12,5 g NaCl, a więc roztwór jest 12,5% - owy

• Przykład 2

Do 30 g 60%-owego roztworu dodano 50 g wody. Oblicz stężenie procentowe otrzymanego roztworu.

Rozwiązanie po dodaniu do roztworu wody jego stężenie zmniejszy się, ale masa substancji rozpuszczonej pozostanie bez zmiany. należy więc obliczyć masę substancji znajdującej się w 30 g 60% -owego roztworu:

100 g roztworu zawiera 60 g substancji

30 g roztworu zawiera x g substancji

$$x = 30 \cdot 60 / 100 = 18 \text{ g}$$

Masa roztworu po dodaniu wody wynosi: 30 g + 50 g = 80 g. Po rozcieńczeniu:

80 g roztworu zawiera 18 g substancji

100 g roztworu zawiera x g substancji

$$x = 18 \cdot 100 / 80 = 22,5 \text{ g}$$

Otrzymany roztwór jest 22,5%-owy

Stężenie molowe roztworu C_m

Stężenie molowe roztworu jest liczbą moli substancji rozpuszczonej w 1 dm³ roztworu

- **Przykład** Roztwór 1 molowy jest to roztwór, który w 1 dm³ roztworu zawiera 1mol substancji (definicja mola).

Stężenie molowe możemy wyrazić wzorem

$$C_m = \frac{n_j}{V}$$

gdzie; n_j - ilość moli składnika j, V - objętość roztworu

Ilość moli składnika n_j możemy obliczyć z wzoru

$$n_j = \frac{m_j}{M_j}$$

gdzie: m_j - masa substancji j, M_j - masa molowa substancji j

Wstawiając wyrażenie na n_j do wzoru na C_m otrzymamy

$$C_m = \frac{m_j}{M_j \cdot V}$$

Przy obliczaniu stężeń molowych możemy korzystać z wzorów na stężenie molowe C_m lub z równań na proporcję

- **Przykład1**

Ile gramów NaOH znajduje się w 300 cm^3 0,1 molowego roztworu?

Rozwiązanie Obliczamy masę molową $M_{(\text{NaOH})}$ - wynosi ona 40 g/mol. Ponieważ roztwór jest 0,1 molowy, to 0,1 mola NaOH ma masę: 0,1 mola \times 40g/mol = 4g. To oznacza, że w 1 dm^3 roztworu znajduje się 4 g NaOH.

Układając równania na proporcję możemy napisać

w 1000 cm^3 0,1 molowego znajduje się 4 g NaOH
a w 300 cm^3 0,1 molowego roztworu zawiera x g NaOH

$$x = 4 \times 300 / 1000 = 1,2 \text{ g NaOH}$$

Rozwiązanie z wykorzystaniem wzoru W celu obliczenia masy NaOH wzór na C_m przekształcamy i otrzymujemy postać, która pozwala nam obliczenie masy NaOH.

$$m_j = C_m \cdot M_j \cdot V$$

stąd wstawiając do wzoru dane otrzymamy.

$$m_{\text{NaOH}} = 0,1 \text{ mol/dm}^3 \cdot 40 \text{ g/mol} \cdot 0,3 \text{ dm}^3 = 1,2 \text{ g NaOH}$$

W 300 dm^3 0,1 molowego roztworu NaOH znajduje się 1,2 g NaOH

Uwaga Korzystając z równań na proporcję jak i z wzoru należy pamiętać o zastosowaniu właściwych jednostek. Jeżeli nie są zgodne, dokonujemy przeliczeń.

Przeliczanie jednostek stężenia

W praktyce chemicznej często zachodzi konieczność przeliczenia stężenia roztworu z jednych jednostek na inne, np. zamiana stężenia procentowego roztworu na stężenie molowe

W czasie przeliczania stężenia molowego na procentowe i odwrotnie wykorzystujemy równania na proporcję;

$$\frac{100 \text{ g} - C_p (\%)}{1000 \text{ x d} - x (\text{g})}$$

gdzie: d - gęstość roztworu (g/cm^3)

Ponieważ stężenie molowe możemy wyrazić równaniem $C_m = x / M$, więc równania na proporcje możemy zapisać

$$\frac{100 \text{ g} - C_p (\%)}{1000 \text{ x } d - C_m \cdot M(\text{g})}$$

gdzie - M - masa molowa substancji

Związek między stężeniem molowym i procentowym wyrażony wzorem (wyprowadzony z równań na proporcję), możemy zapisać.

$$C_m = \frac{10 \cdot d \cdot C_p}{M}$$

- **Przykład 1**

Oblicz stężenie molowe 13,45% roztworu Na_2CO_3 , którego gęstość wynosi $d = 1,14 \text{ g}/\text{cm}^3$

Rozwiązanie Najpierw obliczamy masę 1 dm^3 roztworu. Wynosi ona $1000 \text{ cm}^3 \cdot 1,14 \text{ g}/\text{cm}^3 = 1140 \text{ g}$. Z równań na proporcję obliczamy masę Na_2CO_3 .

100 g roztworu zawiera 13,45 g Na_2CO_3
w 1140 g roztworu jest x g Na_2CO_3

$$x = (13,45 \cdot 1140) / 100 = 153,33 \text{ g } \text{Na}_2\text{CO}_3$$

Ponieważ masa molowa $M \text{ Na}_2\text{CO}_3$ wynosi $106 \text{ g}/\text{mol}$ to $153,33 \text{ g}$ odpowiada $1,45$ mola, ponieważ $153,33 : 106,0 = 1,45$.

Rozwiązanie z wykorzystaniem wzoru

$$C_m = (10 \cdot d \cdot C_p) / M = (10 \cdot 1,14 \cdot 13,45) / 106,0 = 1,45 \text{ mol}/\text{dm}^3$$

Odpowiedź Roztwór jest $1,45$ molowy

Przykład 2

Oblicz stężenie procentowe 12,5 molowego roztworu KOH , którego gęstość wynosi $d = 1,48 \text{ g}/\text{cm}^3$

Rozwiązanie Masa molowa $M_{(\text{KOH})} = 56,11 \text{ g}/\text{mol}$. Ponieważ roztwór jest 12,5 molowy, to w roztworze znajduje się $12,5 \text{ mol} \cdot 56,11 \text{ g}/\text{mol} = 701,38 \text{ g}$ KOH . Masa 1 dm^3 roztworu ma masę $1000 \text{ cm}^3 \cdot 1,48 \text{ g}/\text{cm}^3 = 1480 \text{ g}$.