

SPOSOBY WYRAŻANIA STĘŻEŃ ROZTWORÓW

Materiały dodatkowe do zajęć z chemii dla studentów



Opracowała dr Anna Wiśła-Świder

STĘŻENIA ROZTWORÓW

Roztwory są to układy jednofazowe (fizycznie jednorodne) dwu- lub wieloskładnikowe, których składniki nie reagują ze sobą. Umownie rozpuszczalnikiem nazywa się ten składnik roztworu, który w porównaniu z pozostałymi jest w dużym nadmiarze.

Stężenie roztworu określa liczba jednostek wagowych substancji (mg, g, kg, mol) rozpuszczonej w jednostkowej masie lub objętości rozpuszczalnika lub roztworu. Istnieje wiele sposobów wyrażania stężenia roztworów. Różnią się one między sobą tylko jednostkami, w których podaje się ilości substancji rozpuszczonej, rozpuszczalnika lub roztworu.

STĘŻENIE PROCENTOWE

Stężenie procentowe (procent wagowy, procent masowy) wyraża stosunek masy substancji rozpuszczonej do masy roztworu (sumy masy rozpuszczalnika i substancji w nim rozpuszczonych), wyrażony w procentach.

$$c_p = \frac{m_s}{m_r} * 100\%$$

gdzie: m_s – masa substancji rozpuszczonej, m_r – masa roztworu,

$$m_r = m_s + m_{\text{rozpuszczalnika}}$$

Przykład 1

Obliczyć, ile gramów octanu sodu znajduje się w 324g roztworu o stężeniu procentowym 5,3% .

Rozwiązanie:

Dane:

$$m_r = 324 \text{ g}$$

$$c_p = 5,3\%$$

Z definicji stężenia procentowego wynika, że w 100g roztworu znajduje się 5,3g soli a więc:

5,3g CH₃COONa ----- 100 g roztworu

m g CH₃COONa ----- 324 g roztworu

$$m = \frac{5,3g * 324g}{100} = 17,2g$$

W roztworze znajduje się 17,2 g octanu sodu.

Przykład 2

Rozpuszczono 28 g sześciowodnego chloranu(VII) miedzi(II) w 130 cm^3 wody. Oblicz stężenie uzyskanego roztworu.

Rozwiązanie:

Dane:

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 130 \text{ cm}^3 \Rightarrow m_{\text{H}_2\text{O}} = 130 \text{ g}$$

$$m_{\text{hydratu}} = 28 \text{ g}$$

$$M(\text{Cu}(\text{ClO}_4)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 370,5 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{Cu}(\text{ClO}_4)_2) = 262,5 \text{ g/mol}$$

W 28 g uwodnionej soli (hydratu) znajduje się:

$$370,5 \text{ g Cu}(\text{ClO}_4)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \text{ --- } 262,5 \text{ g Cu}(\text{ClO}_4)_2$$

$$28 \text{ g Cu}(\text{ClO}_4)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \text{ --- } x \text{ g}$$

$$x = 19,84 \text{ g Cu}(\text{ClO}_4)_2$$

Masa uzyskanego roztworu wynosi $m_r = 130 + 28 = 158 \text{ g}$, można zatem obliczyć stężenie soli:

$$158 \text{ g roztworu} \text{ --- } 19,84 \text{ g Cu}(\text{ClO}_4)_2$$

$$100 \text{ g roztworu} \text{ --- } y \text{ g}$$

$$y = 12,56 \text{ g}$$

$$c_p = 12,56\%$$

STĘŻENIE MOLOWE

Stężenie molowe (c_m) - określa liczbę moli substancji rozpuszczonej zawartej w 1 dm³ roztworu lub milimoli substancji w 1 cm³ roztworu.

$$c = \frac{n}{V} = \frac{m_s}{M * V}$$

gdzie : n - liczba moli substancji rozpuszczonej

m_s – masa substancji rozpuszczonej

M – masa cząsteczkowa substancji rozpuszczonej

V - objętość roztworu , wyrażona w dm³

Przykład 1

Oblicz ile gramów wodorotlenku sodu znajduje się w 500 g 5-molowego roztworu o gęstości 1,2 g/cm³.

Rozwiązanie:

Dane:

$$m_r = 500 \text{ g}$$

$$d = 1,2 \text{ g/cm}^3$$

$$c_m = 5 \text{ mol/dm}^3$$

$$M_{\text{NaOH}} = 40 \text{ g/mol}$$

500 g 5-molowego roztworu zajmuje objętość:

$$1,2 \text{ g} \text{ --- } 1 \text{ cm}^3$$

$$500 \text{ g} \text{ --- } V \text{ cm}^3$$

$$V = 416,7 \text{ cm}^3 = 0,4167 \text{ dm}^3$$

Należy obliczyć liczbę moli substancji wiedząc, że:

$$5 \text{ moli NaOH} \text{ --- } 1 \text{ dm}^3$$

$$n \text{ moli CuSO}_4 \text{ --- } 0,4167 \text{ dm}^3$$

$$n = 2,08 \text{ mola}$$

Obliczenie masy NaOH znajdującej się w 500 g roztworu:

1 mol NaOH -- ----- 40 g

2,08 mola -- ----- m g

m= 83,3 g

Przykład 2

Oblicz stężenie molowe roztworu zawierającego 28 g pięciowodnego siarczanu(VI) miedzi w 270 cm³ roztworu.

Rozwiązanie:

Dane:

$$V_r = 270 \text{ cm}^3 = 0,27 \text{ dm}^3$$

$$m_{\text{hydratu}} = 28 \text{ g}$$

$$M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 249,5 \text{ g/mol}$$

W 28 g uwodnionej soli (hydratu) znajduje się:

$$249,5 \text{ g CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \text{ -- ----- } 1 \text{ mol CuSO}_4$$

$$28 \text{ g CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \text{ -- ----- } n \text{ mol CuSO}_4$$

$$n = 0,1122 \text{ mola CuSO}_4$$

Zatem można obliczyć stężenie molowe roztworu:

$$0,1122 \text{ mola CuSO}_4 \text{ -- ----- } 0,27 \text{ dm}^3$$

$$n \text{ moli CuSO}_4 \text{ -- ----- } 1 \text{ dm}^3$$

$$n = 0,42 \text{ mola}$$

$$\text{Zatem } c_m = 0,42 \text{ mol/dm}^3$$

ROZCIĘNCZANIE, ZATĘŻANIE I MIESZANIE ROZTWORÓW

Zadania związane z rozcieńczaniem i zatężaniem roztworów powinno się rozpocząć od obliczenia:

- Masy lub ilości moli substancji rozpuszczonej zawartej w rozcieńczanym lub zatężanym roztworze.
- Masy lub objętości końcowej roztworu.
- Końcowej masy lub liczby moli substancji rozpuszczonej (w przypadku obliczeń związanych z dodawaniem substancji do roztworu).
- Znając masę (lub liczbę moli) rozpuszczonej substancji i końcową masę (objętość) roztworu możemy obliczyć stężenie.
- Pamiętajmy, że podczas zatężania roztworu przez odparowanie w większości wypadków ulatnia się wyłącznie rozpuszczalnik.

Przykład 1

Z 300 cm³ roztworu sacharozy o stężeniu 11 % o gęstości ($d = 1,1 \text{ g/cm}^3$) odparowano 18 g wody. Oblicz stężenie powstałego roztworu.

Rozwiązanie:

Dane:

$$V_r = 300 \text{ cm}^3$$

$$d = 1,1 \text{ g/cm}^3$$

$$c = 11\%$$

Obliczenie początkowej masy roztworu:

$$1,1 \text{ g} \text{ ----- } 1 \text{ cm}^3$$

$$m_r \text{ ----- } 300 \text{ cm}^3$$

$$m_r = 300 \text{ cm}^3 \times 1,1 \text{ g} = 330 \text{ g}$$

Obliczenie masy sacharozy znajdującej się w roztworze:

$$11 \text{ g sacharozy} \text{ ----- } 100 \text{ g roztworu}$$

$$m \text{ g} \text{ ----- } 330 \text{ g roztworu}$$

$$m = \frac{11 \text{ g} \cdot 330 \text{ g}}{100} = 36,3 \text{ g}$$

Obliczenie masy roztworu po odparowaniu 18 g wody:

$$330 - 18 = 312 \text{ g}$$

Obliczenie końcowego stężenia roztworu:

$$c_p = \frac{36,3 \text{ g}}{312 \text{ g}} \cdot 100\% = 11,6\%$$

Stężenie zatężonego roztworu wynosi 11,6%

Przykład 2

Do 530 cm³ roztworu kwasu solnego o stężeniu 2,2 mol/dm³ ($d = 1,06 \text{ g/cm}^3$) dodano 200 g wody. Oblicz stężenie procentowe i molowe uzyskanego roztworu, wiedząc że jego gęstość wynosi 1,03 g/cm³.

Rozwiązanie:

Dane:

$$c = 2,2 \text{ mol/dm}^3$$

$$V_{r1} = 530 \text{ cm}^3 = 0,53 \text{ dm}^3$$

$$d_1 = 1,06 \text{ g/cm}^3$$

$$m_{\text{wody}} = 200 \text{ g}$$

$$d_2 = 1,03 \text{ g/cm}^3$$

$$M_{\text{HCl}} = 36,5 \text{ g/mol}$$

Obliczenie liczby moli HCl w podanej objętości:

$$2,2 \text{ mola HCl} \text{ ----- } 1 \text{ dm}^3$$

$$n \text{ mol HCl} \text{ ----- } 0,53 \text{ dm}^3$$

$$n = 1,166 \text{ mola HCl}$$

Obliczenie masy HCl w roztworze:

$$36,5 \text{ g} \text{ ----- } 1 \text{ mol}$$

$$m \text{ g} \text{ ----- } 1,166 \text{ mola}$$

$$m = 42,56 \text{ g HCl}$$

Obliczenie początkowej masy roztworu:

$$1,06 \text{ g} \text{ ----- } 1 \text{ cm}^3$$

$$m_r \text{ ----- } 530 \text{ cm}^3$$

$$m_r = 530 \text{ cm}^3 \times 1,06 \text{ g} = 561,8 \text{ g}$$

Obliczenie masy roztworu po dodaniu wody:

$$m_{r2} = 561,8 + 200 = 761,8 \text{ g}$$

Obliczenie końcowej objętości roztworu:

$$1,03 \text{ g} \text{ ----- } 1 \text{ cm}^3$$

$$761,8 \text{ g} \text{ ----- } V_{r2} \text{ cm}^3$$

$$V_{r2} = 761,8 \text{ g} \times 1,03 \text{ g} = 739,6 \text{ cm}^3 = 0,7396 \text{ dm}^3$$

Obliczenie stężenia procentowego roztworu po rozcieńczeniu:

$$c = \frac{42,56 \text{ g}}{761,8} * 100\% = 5,59\%$$

Obliczenie stężenia molowego:

$$c_m = \frac{1,166 \text{ mola}}{0,7396 \text{ dm}^3} = 1,58 \text{ mol / dm}^3$$

UŁAMEK MOŁOWY I UŁAMEK MASOWY

Ułamek molowy składnika A to stosunek liczby moli tej substancji do sumy liczby moli pozostałych składników mieszaniny.

$$x_{M(A)} = \frac{n_A}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

Ułamek masowy składnika A to stosunek masy tej substancji do masy całego roztworu (sumy mas wszystkich składników).

$$x_{W(A)} = \frac{m_A}{m_r} = \frac{m_A}{\sum_{i=1}^k m_i}$$

Przykład

Oblicz ułamek molowy i masowy HCl w kwasie solnym zawierającym 38 g chlorowodoru w 100 g roztworu.

Rozwiązanie:

Dane:

$$M_{\text{HCl}} = 36,5 \text{ g/mol}$$

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = 18 \text{ g/mol}$$

$$m_{\text{HCl}} = 38 \text{ g}$$

$$m_r = 100 \text{ g}$$

W 100 g roztworu znajduje się 38 g HCl i (100g - 38 g) czyli 62 g wody.

$$x_w = \frac{38}{100} = 0,38$$

Ułamek masowy wynosi 0,38

Obliczamy liczbę moli HCl i H₂O w roztworze:

$$36,5 \text{ g HCl} \text{ --- } 1 \text{ mol}$$

$$38 \text{ g HCl} \text{ --- } n \text{ mol}$$

$$n = 1,04 \text{ moa HCl}$$

$$18 \text{ g H}_2\text{O} \text{ --- } 1 \text{ mol}$$

$$62 \text{ g} \text{ --- } n_1 \text{ mol}$$

$$n_1 = 3,44 \text{ mol H}_2\text{O}$$

$$x_M = \frac{1,04}{(3,44 + 1,04)} = 0,23$$

Ułamek molowy wynosi 0,23