

**Poczuj chemię do chemii**  
– zwiększenie liczby absolwentów kierunku chemia  
na Uniwersytecie im. A. Mickiewicza w Poznaniu



KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej  
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

# Rozcieńczanie, zateżnianie i mieszanie roztworów, przeliczanie stężeń

Materiały pomocnicze do zajęć wspomagających z chemii

opracował:

dr Błażej Gierczyk

Wydział Chemii UAM

# Rozcieńczanie i zateżanie roztworów

Zadania związane z rozcieńczaniem i zateżaniem roztworów najprościej jest zacząć od obliczenia:

1. Masy lub ilości moli substancji rozpuszczonej zawartej w rozcieńczanym (zateżanym roztworze)
2. Masy lub objętości końcowej roztworu.
3. 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 zateżania roztworu przez odparowanie w większości wypadków ulatnia się wyłącznie rozpuszczalnik.

# Rozcieńczanie i zateżanie roztworów

Przykład 1: Z 300 cm<sup>3</sup> roztworu chlorku sodu o stężeniu 11 %  
( $d = 1,1 \text{ g/cm}^3$ ) odparowano 18 g wody. Oblicz stężenie  
końcowe roztworu.

Początkowa masa roztworu wynosi:

$$m = 300 \cdot 1,1 = 330 \text{ g}$$

W roztworze zawartych jest zatem:

$$330 \cdot 11/100 = 36,3 \text{ g NaCl}$$

Po odparowaniu wody masa roztworu wynosi:

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

Końcowe stężenie roztworu:

$$C_p = (36,3/312) \cdot 100 = 11,6\%$$

# Rozcieńczanie i zateżnianie roztworów

Przykład 2:

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

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

W podanej objętości znajduje się  $2,2 \cdot 0,53 = 1,166$  mola HCl, czyli  $1,166 \cdot 36,5 = 42,559$  g tego związku.

Początkowa masa roztworu wynosi  $530 \cdot 1,06 = 561,8$  g.

Masa roztworu po dodaniu wody wynosi  $561,8 + 200 = 761,8$  g

Końcowa objętość roztworu wynosi  $761,8 / 1,03 = 739,6$  cm<sup>3</sup>

Stężenie procentowe po rozcieńczeniu:

$$C_p = (42,559 / 761,8) \cdot 100 = 5,59\%$$

zaś stężenie molowe:

$$C_M = 1,166 / 0,7396 = 1,58 \text{ M}$$

# Rozcieńczanie i zateżnianie roztworów

Przykład 3:

Do 220 cm<sup>3</sup> roztworu kwasu fosforowego(V) o stężeniu 15% (d = 1,08 g/cm<sup>3</sup>) dodano 30 g czystego H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Oblicz stężenie procentowe uzyskanego roztworu.

Początkowa masa roztworu:

$$220 \cdot 1,08 = 237,6 \text{ g}$$

Początkowa masa rozpuszczonej substancji:

$$237,6 \cdot 15/100 = 35,64 \text{ g}$$

Końcowa masa roztworu wynosi  $237,6 + 30 = 267,6 \text{ g}$

Końcowa masa substancji wynosi  $35,64 + 30 = 65,64 \text{ g}$

Stężenie procentowe:

$$C_p = (65,64/267,6) \cdot 100 = 24,53\%$$

# Rozcieńczanie i zateżnianie roztworów

W celu ustalenia proporcji w jakich należy zmieszać roztwory o danym stężeniu aby uzyskać roztwór o stężeniu pożądanym stosujemy najczęściej metodę krzyża (niech  $C_1 > C_2$ ):

$$\begin{array}{ccc} C_1 & \backslash & x_1 \\ & C_3 & \\ C_2 & / & x_2 \end{array} \quad \begin{array}{l} x_1 = C_3 - C_1 \\ x_2 = C_1 - C_3 \end{array}$$

gdzie  $C_1$  i  $C_2$  to stężenia początkowe roztworów,  $C_3$  - stężenie końcowe,  $x_1$ ,  $x_2$  - względne ilości roztworów, odpowiednio o stężeniu  $C_1$  i  $C_2$ , potrzebne do przygotowania roztworu o zadanym stężeniu ( $C_3$ )

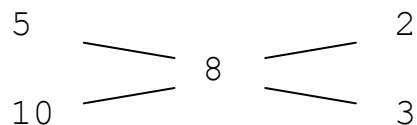
## UWAGI

1. Wartości stężeń  $C_1$ ,  $C_2$  i  $C_3$  muszą być wyrażone w tych samych jednostkach.
2. Wartości  $x_1$  i  $x_2$  są wyrażone w jednostkach masy przy obliczeniach wykonywanych dla roztworów o znanym stężeniu procentowym, w jednostkach objętości - dla roztworów o znanym stężeniu molowym.

# Rozcieńczanie i zateżnianie roztworów

Przykład 4:

W laboratorium masz do dyspozycji roztwory KI o stężeniu 5 i 10% oblicz, ile każdego z dostępnych roztworów należy użyć, aby sporządzić 220 g roztworu o stężeniu 8%.



Należy użyć 2 jednostki masy roztworu 5% i 3 jednostki masy roztworu 10%.  
Wiemy że w sumie mamy uzyskać 220 g roztworu, zatem:

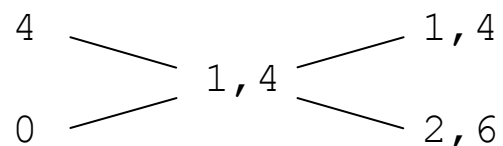
$$2x + 3x = 220 \text{ g}$$
$$x = 44 \text{ g}$$

Należy użyć 88 g roztworu 5% i 132 g roztworu 10%.

# Rozcieńczanie i zateżnianie roztworów

Przykład 5:

Ile roztworu  $\text{HNO}_3$  o stężeniu 4M i ile wody należy użyć, aby  
otrzymać  $5,2 \text{ dm}^3$  roztworu 1,4M?



Dostępny roztwór i wodę należy mieszać w stosunku objętościowym  
 $2,6 : 1,4$ .

Wiemy, że w sumie mamy uzyskać  $5,2 \text{ dm}^3$  cieczy, zatem:

$$2,6x + 1,4x = 5,2 \text{ dm}^3$$

$$x = 1,3 \text{ dm}^3$$

Należy mieszać  $3,38 \text{ dm}^3$  wody i  $1,82 \text{ dm}^3$  4M  $\text{HNO}_3$ .





# Mieszanie roztworów

Obliczenia stężenia roztworu powstałego w wyniku zmieszania roztworów o innym stężeniu zaczynamy od obliczenia masy substancji rozpuszczonej, obecnej w obu roztworach oraz końcowej masy (lub objętości) uzyskanego roztworu. Następnie obliczamy końcowe stężenie

UWAGA

Należy pamiętać, że końcowa objętość roztworu nie jest (najczęściej) sumą algebraiczną objętości roztworów składowych!

# Mieszanie roztworów

Przykład 1:

Zmieszano 120 g 50 % roztworu kwasu siarkowego(VI) ( $d = 1,40 \text{ g/cm}^3$ ) z 590 g roztworu tego związku o stężeniu 1,1 M ( $d = 1,06 \text{ g/cm}^3$ ). Oblicz stężenie molowe i procentowe uzyskanego roztworu, jeśli jego gęstość wynosi  $1,12 \text{ g/cm}^3$ .

$$M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 \text{ g/mol}$$

$$\text{Objętość roztworu 2 wynosi } 590/1,06 = 556,6 \text{ cm}^3$$

Masa  $\text{H}_2\text{SO}_4$  zawartego w zmieszanych roztworach wynosi odpowiednio:

$$1. \quad 120 \cdot 50/100 = 60 \text{ g}$$

$$2. \quad 1,1 \cdot 0,5566 = 0,6123 \text{ mol, czyli } 0,6123 \cdot 98 = 60 \text{ g}$$

$$\text{Masa końcowa roztworu wynosi } 120 + 590 = 710 \text{ g}$$

$$\text{Końcowa objętość roztworu: } 710/1,12 = 634 \text{ cm}^3$$

$$\text{Stężenie procentowe: } C_p = ((60+60)/710)/100 = 16,9 \%$$

$$\text{Stężenie molowe: } C_M = ((60+60)/98)/0,634 = 1,93 \text{ M}$$

# Przeliczanie stężeń

W różnych źródłach spotkamy się z różnymi sposobami wyrażania stężeń i, w konsekwencji, spotykamy się często z koniecznością przeliczania stężeń.

Obok znajomości stężenia wyrażonego w systemie A, w celu wyrażenia tej wielkości w systemie B konieczna jest zazwyczaj (choć nie zawsze) znajomość gęstości roztworu.

Przy dokonywaniu obliczeń konieczne jest zazwyczaj przyjęcie w rachunkach jakiejś „wzorcowej” ilości roztworu. Można oczywiście ustalić, że będzie to 12,8 cm<sup>3</sup> (lub 111,87 mg) ale najczęściej wybiera się wartości „okrągłe”, związane z definicją konkretnego sposobu wyrażania stężenia, czyli np.: 100 g lub 1000 cm<sup>3</sup>.

# Przeliczanie stężeń

Przykład 1:

Roztwór kwasu siarkowego(VI), stosowanego jako elektrolit do akumulatorów, zawiera 36%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Gęstość tego roztworu wynosi  $1,27 \text{ g/cm}^3$ . Oblicz stężenie molowe, molalne, wagowe, normalne i ułamek molowy  $\text{H}_2\text{SO}_4$  w tym roztworze.

$$M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ g/mol}$$

## A. Stężenie molowe

100 g roztworu zawiera  $(36 \cdot 100) / 100 = 36 \text{ g H}_2\text{SO}_4$ , co stanowi  $36 / 98 = 0,367$  mola tego związku.

Objętość 100 g roztworu wynosi  $100 / 1,27 = 78,7 \text{ cm}^3$ .

Stężenie molowe wynosi  $C_M = 0,367 / 0,0787 = 4,67 \text{ M}$

## B. Stężenie molalne

W 100 g roztworu zawartych jest 36 g ( $0,367 \text{ mol}$ )  $\text{H}_2\text{SO}_4$  i  $100 - 36 = 64 \text{ g}$  wody.

Stężenie molalne wynosi  $C_x = 0,367 / 0,064 = 5,73 \text{ mol/kg}$

# Przeliczanie stężeń

Przykład 1 (c.d.):

## C. Stężenie wagowe

W 100 g roztworu zawartych jest 36 g  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Objętość 100 g roztworu wynosi 78,7  $\text{cm}^3$ .

Stężenie wagowe wynosi  $C_R = 36/0,0787 = 457,4 \text{ g/dm}^3$

## D. Stężenie normalne

W 100 g roztworu zawartych jest 36 g  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , objętość 100 g roztworu wynosi 78,7  $\text{cm}^3$ .

W reakcjach protolitycznych  $R(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98/2 = 49 \text{ g}$ , zatem  $n = 36/49 = 0,735 \text{ val}$ .

Stężenie normalne  $C_N = 0,735/0,0787 = 9,34 \text{ N}$

## E. Ułamek molowy

W 100 g roztworu zawartych jest 36 g (0,367 mol)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  i  $100-36 = 64 \text{ g}$  wody (czyli  $64/18 = 3,556 \text{ mol}$ ).

Ułamek molowy  $\text{H}_2\text{SO}_4$  wynosi  $x_M = 0,367/(0,367+3,556) = 0,094$ .

# Przeliczanie stężeń

Przykład 2:

Pewna woda mineralna zawiera  $0,2 \mu\text{M NaI}$ . Oblicz stężenie procentowe tej soli, wyraż jej zawartość w ppm. Przyjmij  $d = 1 \text{ g/cm}^3$ .

$$M(\text{NaI}) = 150 \text{ g/mol}$$

W  $1 \text{ dm}^3$  zawartych jest  $0,2 * 1 * 150 / 1 * 10^6 = 0,00003 \text{ g NaI}$ .

$1 \text{ dm}^3$  ma masę  $1000 * 1 = 1000 \text{ g}$ .

Stężenie procentowe wynosi  $C_p = (0,00003 / 1000) * 100 = 0,000003 \%$ .

Stężenie wyrażone w ppm:

$$(0,00003 / 1000) * 10^6 = 0,03 \text{ ppm.}$$