



STĘŻENIA ROZTWORÓW

Wielkością określającą zawartość składnika w roztworze jest stężenie. Wyraża się ono stosunkiem ilości składnika do ilości roztworu bądź do ilości rozpuszczalnika.

1. Stężenie procentowe

Stężenie procentowe (C_p) – jest to wyrażony w procentach stosunek masy substancji rozpuszczonej (m_s) do masy roztworu (m_r) (czyli sumy masy substancji m_s i masy rozpuszczalnika m_a).

$$C_p = \frac{m_s}{m_r} \cdot 100\%$$

$$m_r = m_s + m_a$$

gdzie: m_s – masa substancji rozpuszczonej,

m_r - masa roztworu,

m_a - masa rozpuszczalnika.

2. Stężenie molowe

Stężenie molowe (c_m) – jest to stosunek liczności materii („liczby moli”) (n) substancji rozpuszczonej do objętości roztworu (V_r).

$$C_m = \frac{n}{V_r}$$

gdzie: n – liczność materii („liczba moli”),

V_r - objętość roztworu.

Najczęściej stosowaną jednostką stężenia molowego jest mol/dm^3 , dlatego, do celów obliczeniowych można przyjąć stężenie molowe jako liczbę moli substancji zawartej w 1dm^3 (litrze) roztworu. W praktyce często stosuje się umowne określenie typu „roztwór 2-molowy”, co oznacza, że stężenie molowe wynosi 2 mol/dm^3 .

Zadania

1. Ile gram NaOH o czystości 95% należy odważyć, aby otrzymać 2 kg 10% roztworu?
2. W 200g H_2O rozpuszczono 7,6284g boraksu $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Obliczyć C_p otrzymanego roztworu.



Projekt PO KL Warto poczuć chemię

– zwiększenie liczby absolwentów kierunku chemia na Uniwersytecie im. A. Mickiewicza w Poznaniu

- Do 55g H₂O dodano 10cm³ 39% roztworu HNO₃ o d=1,24kg/dm³. Obliczyć C_p otrzymanego roztworu.
- Ile gram KCl dodano do 190g H₂O, jeżeli otrzymano 5% roztwór?
- Obliczyć C_p roztworu otrzymanego przez rozpuszczenie 15g I₂ w 350ml alkoholu etylowego o d=0,790g/ml.
- Ile gram wody zawiera 0,5l 45% CH₃CH₂OH, jeżeli jego d=0,968g/ml?
- Do rozpuszczenia 1,2155g czystego Mg zużyto 12g roztworu H₂SO₄. Obliczyć C_p kwasu.
- Ile gramów pięciowodnego siarczanu (VI) miedzi (II) należy rozpuścić aby uzyskać 250g roztworu CuSO₄ o stężeniu 11%. Jakie będzie stężenie molowe tego roztworu, jeśli jego gęstość wynosi 1,2g/cm³.
- W procesie technologicznym do reaktora należy dodać 220kg HNO₃. Dostępny, handlowy kw. azotowy(V) jest wodnym roztworem tego związku o stężeniu 65% (d = 1,39 g/cm³). Oblicz, ile dm³ tego roztworu należy wprowadzić do reaktora.
- Oblicz, jaka objętość gazowego amoniaku (odmierzonego w temp. 25°C i pod ciśnieniem 1000 hPa) znajduje się w 100 cm³ roztworu o stężeniu 25% (d = 0,91 g/cm³).
- W magazynie zakładu galwanotechnicznego znajduje się 285 kg sześciowodnego siarczanu (VI) niklu (II). Oblicz, ile dm³ kąpieli niklującej można przygotować z tej ilości soli, jeśli stężenie NiSO₄ ma wynosić 4,5%, a gęstość uzyskanego roztworu wynosi 1,08 g/cm³.
- Pewien student miał przygotować 250 cm³ roztworu NaBr o stężeniu 0,02M. Oblicz, jaką naważkę tej soli przygotował oraz jakie uzyskał stężenie roztworu, jeśli przez pomyłkę rozpuścił substancję w kolbie miarowej o pojemności 200 cm³.
- Pewien młody adept chemii potrzebował do przeprowadzenia eksperymentów 10 g kw. salicylowego. Aby go uzyskać postanowił odparować rozpuszczalnik z tzw. spirytusu salicylowego – dostępnego w aptekach alkoholowego roztworu kwasu salicylowego o stężeniu 2%. Oblicz, ile opakowań (po 50ml) musi kupić, aby wyprodukować potrzebną ilość kwasu? Gęstość spirytusu salicylowego wynosi 0,79g/cm³.
- Ze 120g 50% roztworu odparowano 40g rozpuszczalnika. Obliczyć C_p otrzymanego roztworu.
- Rozpuszczono 9g Na₂CO₃ w 112g wody otrzymując roztwór o d=1,105g/cm³. Obliczyć C_m roztworu.
- Oznaczyć stęż. molowe HCl, jeśli na zobojętnienie 30cm³ HCl zużyto 24cm³ 0,15M roztworu NaOH.
- Jaką objętość 1,5M roztworu Ba(OH)₂ można przygotować mając odważone 49,5g Ba(OH)₂?
- W 1dm³ roztworu Ca(H₂PO₄)₂ znajdują się 3g jonów Ca²⁺. Jakie jest C_m tej soli?
- Ile kg CuSO₄·2H₂O należy rozpuścić w wodzie, aby otrzymać 0,5m³ 0,2M roztworu?
- W warunkach normalnych rozpuszczono 0,025m³ H₂S, dodano do tego 0,002kmola i 3,542·10²⁴ cząsteczek tego gazu. W ten sposób otrzymano 4hektolitry roztworu. Jakie będzie stęż. molowe kwasu siarkowodorowego w roztworze?
- 10ml 25% amoniaku o d=0,907g/cm³ rozcieńczono wodą do objętości 800ml. Obliczyć C_m roztworu.
- Ile ml 50% H₃PO₄ o d=1,34kg/dm³ należy odważyć, aby otrzymać 2l roztworu o stęż. 0,1mol/dm³?
- W reakcji 40cm³ roztworu HCl z cynkiem wydzielilo się 6988,8cm³ wodoru (w warunkach normalnych). Obliczyć stęż. molowe tego kwasu.



Projekt PO KL Warto poczuć chemię

– zwiększenie liczby absolwentów kierunku chemia na Uniwersytecie im. A. Mickiewicza w Poznaniu

24. Zmieszano 60cm^3 2,5M roztworu H_2SO_4 z 20cm^3 0,5M H_2SO_4 . Do tego roztworu dodano 10cm^3 24% NaOH ($d=1,263\text{g/cm}^3$). Jakie będzie stęż. molowe H_2SO_4 w końcowym roztworze?
25. W kolbie miarowej o poj. 200cm^3 znajduje się 0,5M roztwór NaOH. Z kolby pobrano 20cm^3 roztworu, a na jego miejsce wprowadzono 1,6g stałego NaOH i ten roztwór dopełniono do pierwotnej objętości. Obliczyć C_m końcowego roztworu.

3. Inne sposoby wyrażania stężeń

Stężenie molalne

Stężenie molalne (molalność) określa stosunek liczby moli składnika do masy rozpuszczalnika. Jednostką miary jest mol w kilogramie rozpuszczalnika.

$$m_B = \frac{n_B}{m_R} \quad [\text{mol/kg}]$$

gdzie: m_B – stężenie molalne roztworu,

m_R – masa rozpuszczalnika,

n_B – liczba moli składnika.

Ułamek molowy

Ułamek molowy jest to stosunek liczby moli składnika do sumy moli wszystkich składników mieszaniny.

$$x_B = \frac{n_B}{n_1 + n_2 + \dots + n_n}$$

gdzie: x_B – ułamek molowy,

n_B – liczba moli składnika,

n_i – liczba moli składników mieszaniny.

Ułamek molowy jest wielkością bezwymiarową. Suma ułamków molowych składników mieszaniny równa jest jedności.



Stężenie normalne

Stężenie normalne, nazywane także stężeniem równoważnikowym, jest to stosunek liczby gramorównoważników (Z_X) składnika X w roztworze do objętości roztworu.

$$C_N = \frac{Z_x}{V_r}$$

gdzie: Z_x – liczba gramorównoważników substancji X,

V_r – objętość roztworu.

Stężenie normalne wyrażane jest w gR/dm³.

Gramorównoważnik, gramorównoważnik pierwiastka jest równy liczbie gramów pierwiastka, która łączy się z 1,008 g wodoru albo 8 g tlenu (lub jednym gramoatomem innego pierwiastka). Pierwiastkom tworzącym połączenia na różnych stopniach utlenienia odpowiadają różne wartości gramorównoważnika, ponieważ jest on iloczynem masy atomowej i danej wartościowości. Gramorównoważnik w reakcjach kwasów z zasadami odpowiada liczbie gramów substancji oddającej lub przyłączającej 1 gramojon wodoru. Gramorównoważnik w reakcjach redoks jest równy molowi substancji oddającej lub przyłączającej elektrony podzielonemu przez liczbę wymienionych elektronów.

Jednostki stężeń w analizie śladowej

Analiza śladowa jest działem chemii analitycznej, która polega na wykrywaniu i oznaczaniu składników występujących w próbce w ilościach mniejszych niż 100 ppm (10⁻² %).

Zawartość składnika w analizie śladowej wyraża się najczęściej jednostką **ppm** (ang. *part per milion* – część na milion). Oznacza ona ilość substancji zawartej w milionowej części analizowanego materiału.

1 ppm odpowiada zawartości 1 mg substancji w 1 kg materiału, a także ilości miligramów w 1 dm³ roztworu, ponieważ **przy tak małych stężeniach gęstość roztworu wodnego można zaniedbać**.

Podwielokrotnościami tej jednostki są **ppb** (ang. *part per bilion* – część na miliard) i **ppt** (ang. *part per trillion* – część na bilion).

$$1 \text{ ppm} = 10^3 \text{ ppb} = 10^6 \text{ ppt} \text{ lub } 1 \text{ ppt} = 10^{-3} \text{ ppb} = 10^{-6} \text{ ppm}$$



Projekt PO KL Warto poczuć chemię

– zwiększenie liczby absolwentów kierunku chemia na Uniwersytecie im. A. Mickiewicza w Poznaniu

Promil (*pro mille* – na tysiąc) – oznaczany symbolem ‰, stanowi dziesiątą część procentu, a więc:

$$x\text{‰} = \frac{x}{1000},$$
$$1\text{‰} = \frac{1}{1000} = 0,001 = 0,1\%$$

Zadania

1. Gęstość 20-procentowego wodnego roztworu kwasu siarkowego (VI) wynosi $1,14\text{g/cm}^3$. Obliczyć stężenie molowe i normalne tego roztworu.
2. Ile gramów KOH znajduje się w 25cm^3 0,15 normalnego roztworu?
3. Jaka jest molowość i normalność 13% r-ru H_2SO_4 ? Do jakiej objętości należy rozcieńczyć 100cm^3 kwasu, aby przygotować r-r 1,5N? Gęstość kwasu $d=1,09\text{g/cm}^3$.
4. 5ml 0,1% roztworu NaOH rozcieńczono do objętości 1000cm^3 . Podaj zawartość NaOH w ppm.
5. Roztwór zawiera 20ppm CuSO_4 . Czy możemy wylać go do odbiornika, jeżeli norma dopuszcza $0,1\text{mgCu/dm}^3$?
6. Mamy 100cm^3 roztworu, który zawiera $1,12\text{ }\mu\text{gFe/dm}^3$. Ile roztworu o stężeniu 1ppb możemy z niego otrzymać?
7. Roztwór zawiera 1,98ppm chlorku miedzi (I). Jakie jest stężenie molowe tego roztworu?
8. Surowiec roślinny zawiera 150ppb selenu. Podaj wynik oznaczenia w procentach oraz oblicz ile μg selenu będzie znajdowało się w opakowaniu zawierającym 25g surowca.
9. Przyjmuje się, że stężenie alkoholu etylowego we krwi wynoszące 3 promile może być zabójcze dla człowieka. Wyraż tę wartość w procentach wagowych i w ppm.
10. Pewna woda mineralna zawiera $0,2\text{ }\mu\text{M}$ NaI. Oblicz stężenie procentowe tej soli, wyraż jej zawartość w ppm. Przyjmij $d=1\text{g/cm}^3$.

4. Przeliczanie stężeń

Jeżeli dysponujemy roztworem o znanym stężeniu procentowym, to znając gęstość roztworu, możemy obliczyć stężenie molowe. Można również obliczyć stężenie procentowe roztworu o znanym stężeniu molowym. Przeliczenie należy wtedy odnieść do dowolnie wybranej ilości roztworu, np. 1dm^3 , lub skorzystać z wzoru przeliczeniowego.

$$C_m = \frac{C_p \cdot d_r}{100\% \cdot M} \qquad C_p = \frac{C_m \cdot M \cdot 100\%}{d_r}$$

5. Mieszanie roztworów, rozcieńczanie roztworów

Podczas rozcieńczania roztworu rozpuszczalnikiem lub podczas mieszania dwóch roztworów tej samej substancji, lecz o różnych stężeniach, otrzymujemy roztwór, w którym ilość



Projekt PO KL Warto poczuć chemię

– zwiększenie liczby absolwentów kierunku chemia na Uniwersytecie im. A. Mickiewicza w Poznaniu

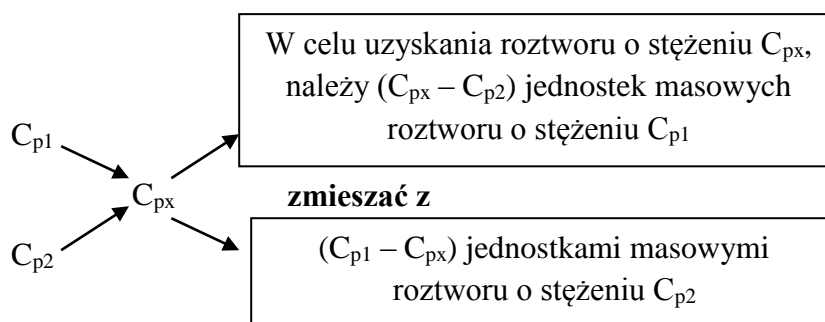
substancji rozpuszczonej pozostaje niezmienną (jest sumą ilości substancji w roztworach użytych do mieszania), natomiast stężenie nowego roztworu jest odwrotnie proporcjonalne do jego objętości.

Poniższe równanie stanowi podstawę obliczeń związanych z mieszaniem roztworów o różnych stężeniach procentowych.

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{C_{px} - C_{p2}}{C_{p1} - C_{px}}$$

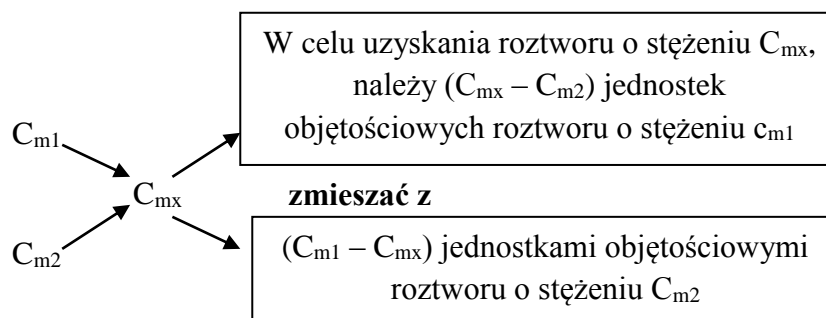
Reguła mieszania: masa roztworu wyjściowego (użytego do mieszania) jest odwrotnie proporcjonalna do różnicy stężeń roztworu wyjściowego i końcowego.

W praktyce laboratoryjnej zachodzi czasami potrzeba sporządzenia roztworu o określonym stężeniu (C_{px}) przez zmieszanie roztworów o znanych stężeniach C_{p1} i C_{p2} lub przez rozcieńczanie roztworu o stężeniu C_{p1} rozpuszczalnikiem, który jest roztworem „0-procentowym” ($C_{p2} = 0$). W praktyce wykorzystuje się często tzw. schemat krzyżowy (metodę diagonalną), wynikający z reguły mieszania:



Jeżeli: $C_{p1} > C_{p2}$, to $C_{p1} > C_{px} > C_{p2}$.

Schemat krzyżowy można również wykorzystać do obliczenia stężeń mieszanin uzyskanych z roztworów o znanych stężeniach molowych





Projekt PO KL Warto poczuć chemię
– zwiększenie liczby absolwentów kierunku chemia na Uniwersytecie im. A. Mickiewicza w Poznaniu

Posługując się w obliczeniach regułą mieszania, należy pamiętać, że ilość roztworów wyraża się w jednostkach masy, gdy ich stężenia podane są w procentach, natomiast w jednostkach objętościowych dla roztworów o stężeniach molowych.

Jeżeli miesza się roztwory, których stężenia wyrażone są w różnych jednostkach, należy najpierw stężenia przeliczyć na te same jednostki.

Zadania

1. Ile pięciowodnego siarczanu (VI) miedzi (II) potrzeba do przygotowania 1kg roztworu o stężeniu 2,1%? Jakie będzie stężenie molowe tego roztworu ($d=1,02\text{g/cm}^3$)?
2. Jaką objętość wody potrzeba do przygotowania 1,1 dm³ roztworu chlorku manganu (II) o stężeniu 1,8%, jeśli dysponujemy solą czterowodną? Jakie będzie stężenie molowe tego roztworu ($d=1,11\text{g/cm}^3$)?
3. Oblicz stężenie procentowe i molowe roztworu uzyskanego przez rozpuszczenie 125g dwuwodnego chlorku kobaltu(II) w 975g wody. Gęstość uzyskanego roztworu wynosi 1,1 g/cm³.
4. Zmieszano 28cm³ roztworu FeCl₃ o stężeniu 2% ($d=1,05\text{g/cm}^3$). Oblicz stężenie molowe uzyskanego roztworu, wiedząc, że jego gęstość wynosi 10,7 g/cm³.
5. Zmieszano 60cm³ 2,5M roztworu H₂SO₄ z 20cm³ 0,5M H₂SO₄. Do tego roztworu dodano 10cm³ 24% NaOH ($d=1,263\text{g/cm}^3$). Jakie będzie stęż. molowe H₂SO₄ w końcowym roztworze?
6. Dysponujemy roztworem KCl o stężeniu 10% i gęstości 1,28g/cm³. Oblicz, ile cm³ roztworu AgNO₃ o stężeniu 5% i gęstości 1,46g/cm³ należy wlać do 50cm³ roztworu KCl, aby całkowicie wytrącić jony chlorkowe?
7. Roztwór zawiera 3.3g Na₂CO₃·10H₂O ($M=286,05\text{ g/mol}$) w każdym 15 cm³. Jaka jest normalność roztworu? Jaka jest jego molowość? Ile ml 3.1N CH₃COOH przereaguje z 25 cm³ węglanu zgodnie z równaniem $2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$? Z iloma cm³ 3.1N H₂SO₄ przereaguje 25 cm³ węglanu?
8. Posiadamy 2 molowy roztwór sody Na₂CO₃ ($M=105,99\text{ g/mol}$). Jak przygotować z niego 1dm³ roztworu 0.25 normalnego?
9. Ile należy wziąć cm³ stężonego HCl ($M=36,46\text{ g/mol}$) o $d=1,19\text{g/cm}^3$ zawierającego 38% HCl, aby przygotować dm³ 2 normalnego roztworu?
10. Do 40%-ego r-ru HCl dodano 200 g H₂O i otrzymano r-r o stężeniu 15%. Ile zużyto czystego HCl i czystej wody do sporządzenia r-ru wyjściowego?
11. Do 10,7 kg wody wsypano pewną ilość Na₂CO₃, następnie całość rozcieńczono 5-krotnie. Otrzymano 80 kg r-ru. Ile moli soli wsypano do wody oraz jakie było stężenie początkowe i końcowe roztworów?
12. W kolbie miarowej o poj. 200 cm³ znajduje się 0,5M roztwór NaOH. Z kolby pobrano 20cm³ roztworu, a na jego miejsce wprowadzono 1,6g stałego NaOH i ten roztwór dopełniono do pierwotnej objętości. Obliczyć C_m końcowego roztworu.
13. Ile ml stęż. 36% kw. solnego o $d=1,179\text{ g/ml}$ należy dodać do 250 ml 2,87 M r-ru tego kwasu o $d=1,047\text{ g/ml}$, aby otrzymać r-r 20%?
14. Obliczyć stęż. molowe H₃PO₄ o $d=1,014\text{ g/ml}$, który w 100 g r-ru zawiera 10 ml r-ru H₃PO₄ o stęż. 60%. Gęstość 60% r-ru H₃PO₄ wynosi 1,43 g/ml.



Projekt PO KL Warto poczuć chemię

– zwiększenie liczby absolwentów kierunku chemia na Uniwersytecie im. A. Mickiewicza w Poznaniu

15. Zmieszano 25 ml r-ru zawierającego 10 mmoli Na_2CO_3 z taką samą objętością r-ru CaCl_2 o stęż. 2M, a następnie dopełniono wodą do objętości 100 ml. Obliczyć stęż. molowe jonów pozostających w r-rze (przyjąć, że rozpuszczalność powstających soli trudnorozpuszczalnych jest praktycznie równa zero).
16. Z 200 cm^3 2N r-ru NaCl o $d=1,1 \text{ g/cm}^3$ odparowano 36 g wody. Ilu procentowy jest otrzymany r-r?
17. Zmieszano 120g 50% roztworu kwasu siarkowego (VI) ($d=1,40\text{g/cm}^3$) z 590g 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 $1,12\text{g/cm}^3$.
18. 40 % roztwór H_3PO_4 ma gęstość $1,25 \text{ g/cm}^3$. Obliczyć jego stężenie molowe.
19. Jakie jest stężenie molowe 25 % roztworu amoniaku, o gęstości równej $0,907 \text{ kg/dm}^3$.