

Ćwiczenie 1

Sporządzanie roztworów, rozcieńczanie i określanie stężeń

Stężenie roztworu określa ilość substancji (wyrażoną w jednostkach masy lub objętości) zawartą w określonej jednostce objętości lub masy roztworu. Najczęściej stosowane sposoby wyrażania stężeń roztworów to: stężenie molowe, stężenie molalne, ułamek molowy, stężenia procentowe (masowe, objętościowe, masowo-objętościowe).

Stężenie molowe (C_m) wyraża liczbę moli substancji (n) w jednym litrze roztworu. Podstawową jednostką stężenia roztworu jest **mol/l**, która określa liczbę moli (n) substancji zawartą w objętości (V_r) 1 litra, czyli 1 dm³ roztworu.

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

Stężenie molowe wyraża się również za pomocą symbolu M, zamiast jednostki mol/l.

Stężenie molalne (C_L) określa liczbę moli substancji (n) rozpuszczonej w 1 kg rozpuszczalnika ($m_{rozp.}$). Jednostką jest **mol/kg**.

$$C_L = \frac{n}{m_{rozp}}$$

Ułamek molowy określa stosunek liczby moli (n) jednego składnika, np. A do sumy liczby moli wszystkich składników, np. A i B obecnych w roztworze. Jego jednostką jest **mol/mol**. Suma ułamków molowych wszystkich składników roztworu jest zawsze równa jedności.

$$X_A = \frac{n_A}{n_A + n_B}$$

Przy oznaczaniu śladowych ilości substancji przyjęte jest określanie stężenia w częściach na milion – **ppm [parts per million (10⁶)]**, oznaczające liczbę g substancji w 1 000 000 g (ml) roztworu, a także w częściach na miliard – **ppb [parts per billion (10⁹)]**, oznaczające, ile części wagowych danej substancji znajduje się w 10⁹ części wagowych roztworu. Jeżeli stężenie wyrażone w procentach podzielimy przez 10⁻⁴, to otrzymamy stężenie wyrażone w ppm. Tak więc, np.: roztwór chlorku potasu o stężeniu 2 ppm zawiera 2 · 10⁻⁴ g chlorku potasu w 100 g roztworu. 1 ppm stanowi stężenie 10⁻⁴ %, a 1 ppb – stężenie 10⁻⁷ %.

Stężenia procentowe wyrażane są w trojaki sposób: jako stężenia masowo-masowe, masowo-objętościowe i objętościowo-objętościowe.

Stężenie procentowe masowe (%; %m/m) określa liczbę gramów substancji rozpuszczonej (m_s) w 100 gramach roztworu (m_r), np. :5% roztwór NaCl zawiera w 100 g roztworu 5 g NaCl i 95 g wody.

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

Za stężenie procentowe wagowe przyjmuje się wszystkie stężenia, których symbol % nie ma specjalnego oznaczenia.

Stężenie procentowe masowo-objętościowe (% m/v) określa liczbę gramów substancji (m_s) rozpuszczonej w 100 ml roztworu (V_r), np.: 5 % m/v roztwór NaCl zawiera 5 g NaCl w 100 ml roztworu.

$$C_p (\% \text{ m/v}) = \frac{m_s}{V_r} \times 100\%$$

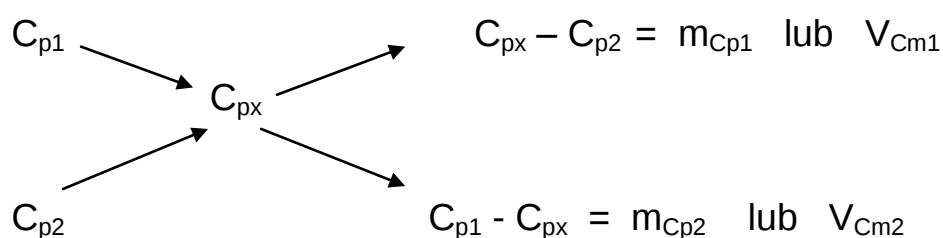
Stężenie procentowe objętościowe (% v/v) określa objętości substancji rozpuszczonej (V_s) w 100 ml roztworu (V_r), np. : 5 % v/v roztwór chloroformu zawiera 5 ml chloroformu w 100 ml roztworu.

$$C_p (\% \text{ v/v}) = \frac{V_s}{V_r} \times 100\%$$

Ten rodzaj stężenia procentowego odnosi się do roztworów substancji ciekłych.

W praktyce laboratoryjnej zachodzi często potrzeba sporządzania roztworu o **określonym stężeniu** (C_{px} , C_{mx}) przez **zmieszanie dwóch roztworów o znanych stężeniach** C_{p1} (C_{m1}) i C_{p2} (C_{m2}) lub przez rozcieńczanie roztworu o stężeniu C_{p1} (C_{m1}) rozpuszczalnikiem, który jest roztworem 0% . Podczas ustalania stosunku masowego lub objętościowego, w którym należy zmieszać roztwory wyjściowe można skorzystać z tzw. **schematu krzyżowego**, który może mieć zastosowanie jeżeli stężenia zostały wyrażone odpowiednio, w % lub mol/l.

Według tego schematu wartości liczbowe stężeń roztworu układa się w kwadracie, przy czym po lewej stronie pisze się liczby wyrażające stężenia roztworów wyjściowych (w narożach kwadratu), a na przecięciu przekątnych wpisuje się żądane stężenie sporządzanego roztworu. Następnie po przekątnej odejmuje się od większej liczby mniejszą, a wynik wpisuje się w przeciwległym kącie kwadratu z prawej strony



Stosunek otrzymanych różnic (w narożach z prawej strony kwadratu) wskazuje w jakim stosunku masowym lub objętościowym należy mieszać roztwory wyjściowe, aby otrzymać roztwór o zadanym stężeniu.

Część praktyczna

ODCZYNNIKI, SZKŁO I SPRZĘT LABORATORYJNY

CuSO_4 *in subst.*, NaCl *in subst.*, kolby miarowe 25, 50 ml, probówki kalibracyjne 10 ml, pipety, zlewki, waga laboratoryjna.

1. Sporządzanie roztworu CuSO_4 o określonym stężeniu procentowym – **wykonać w zespołach 2-osobowych**

Wykonanie:

W celu sporządzenia 50 lub 25 ml 10% m/v roztworu CuSO_4 należy:

- Obliczyć, ile gramów soli *in subst.* należy odważyć (uwaga! – sprawdzić stopień uwodnienia soli dostępnej na ćwiczeniach).
- Odważyć na wadze technicznej stosowną odważkę.
- Odważkę soli przenieść ilościowo do zlewki, rozpuścić w niewielkiej ilości wody mieszając bagietką i przenieść do odpowiedniego naczynia (kolby miarowej lub cylindra), uzupełnić wodą do kreski. Roztwór pozostawić do dalszych oznaczeń.

Stężenie sporządzonego roztworu wyrazić w innych jednostkach: mol/l, ułamku molowym substancji rozpuszczonej i ułamku molowym rozpuszczalnika.

2. Rozcieńczanie 10% m/v roztworu CuSO_4 - **wykonuje każdy**

Rozcieńczając wodą roztwory bardziej stężone, można opierać się na zależności, że iloczyn stężenia roztworu (wyrażonego w procentach, mol/l) i jego ilości (wyrażonej w gramach, mililitrach lub litrach) jest wielkością stałą:

$$C_x V(\text{ml})_x = c_y V(\text{ml})_y$$

$$\text{stężenie}_x \cdot \text{ilość}_x = \text{stężenie}_y \cdot \text{ilość}_y$$

Wykonanie:

Przygotować 5 probówek o pojemności 10 ml ustawionych w statywie. Do dwóch pierwszych probówek odmierzyć po 1 ml 10% CuSO_4 . Następnie do drugiej probówki dodać 1 ml H_2O destylowanej, wymieszać, po czym z drugiej probówki pobrać 1 ml roztworu i przenieść do

próbówki trzeciej, do której dodać również 1 ml H_2O , wymieszać, odpipetować z niej 1 ml roztworu i przenieść do próbówki czwartej, dodać do niej 1 ml H_2O , wymieszać i odpipetować z niej 1 ml roztworu, przenieść do próbówki piątej i dodać do niej 1 ml wody.

- *Zaobserwować barwy otrzymanych roztworów.*
- *Obliczyć stężenie wyrażone w % m/v oraz w jednostkach mol/l we wszystkich rozcieńczanych roztworach.*
- *Określić stopień rozcieńczenia roztworu w poszczególnych próbach w odniesieniu do pierwszej próby i względem kolejnych prób.*

3. Mieszanie roztworów CuSO_4 - wykonuje każdy

Mając do dyspozycji wcześniej sporządzony pełny zestaw roztworów CuSO_4 o różnych stężeniach (z pkt. 2), zmieszać 3 ml roztworu 0,625 M z 2 ml roztworu CuSO_4 o stężeniu 0,039 M.

Oblicz stężenie molowe i procentowe m/v uzyskanego roztworu.

Zadania rachunkowe

1. Dokonaj przeliczeń: a) 0,8 mg = ... μg , b) 200 μl = ... cm^3 , c) 40 μg = ... mg, d) 50 ml = ... dm^3
2. Salol to związek, którego 5% m/v roztwór służy do dezynfekcji rąk i sprzętu w laboratorium. Jak sporządzić 0,5 l roztworu do dezynfekcji z roztworu 15%?
3. Oblicz, ile ml 15% m/v roztworu chloranu (I) sodu (podchloryn sodu) należy użyć, aby przygotować 50 ml 2,5% m/v roztworu?
4. Ile ml stężonego H_3PO_4 85% (w/w) o gęstości 1,7 g/ml należy odmierzyć, aby sporządzić 500 ml 37% w/v roztworu? Oblicz stężenie molowe otrzymanego roztworu. Masa molowa H_3PO_4 = 98 g/mol.
5. Podaj, w jaki sposób sporządzisz 200 ml 15% w/v roztworu wersenianu sodu ($\text{EDTA-Na}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$). Masa molowa EDTA-Na_2 = 336 g/mol.
6. Ile gramów NaCl znajduje się w 55 g wodnego roztworu o stężeniu 0,9% w/w? Jak potocznie nazywa się roztwór NaCl o tym stężeniu?
7. Ile gramów $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ potrzeba do sporządzenia 300 g 0,5% roztworu siarczanu miedzi.
8. Oblicz stężenie procentowe roztworu sporządzonego w wyniku rozpuszczenia 5g kwasu salicylowego w 630 ml alkoholu etylowego. Gęstość alkoholu etylowego $d=0,78\text{g/ml}$.
9. W jakiej objętości wody należy rozpuścić 50 g bezwodnego CaCl_2 aby otrzymać 6% roztwór chlorku wapnia
10. Z 250 g 10% roztworu odparowano 50 g wody. Obliczyć stężenie procentowe otrzymanego roztworu.

11. Do jakiej objętości należy rozcieńczyć 25 ml 6 M roztworu H_2SO_4 , aby otrzymać 0,5 M roztwór?
12. Do 25 ml 0,2 M roztworu HCl dodano 75 ml 0,5 M roztworu HCl. Obliczyć stężenie molowe otrzymanego roztworu.
13. Obliczyć, ile ml wody należy dodać do 20% (w/v) roztw. NaOH aby przygotować 2 l 0,5 M roztworu.
14. Jakie jest stężenie molowe 25% wodnego roztworu NaCl, którego gęstość wynosi $d = 1,2 \text{ g/ml}$ i masa molowa 58,45 g/mol.
15. Oblicz stężenie molowe roztworu, wiedząc że w 100 ml roztworu znajduje się 120 mg kwasu octowego.