



**Konsultacje Stechiometria związków chemicznych i mieszanin
8 lutego 2024**

dr Monika Tomczyk

ZAKŁAD CHEMII ORGANICZNEJ

**PROJEKT FINANSOWANY ZE ŚRODKÓW BUDŻETU PAŃSTWA PRZYZNANYCH PRZEZ MINISTRA EDUKACJI I NAUKI
W RAMACH PROGRAMU SPOŁECZNA ODPOWIEDZIALNOŚĆ NAUKI II**

Biologia i Chemia po akademicku 3

DOFINANSOWANIE

40 500 zł

CAŁKOWITA WARTOŚĆ

45 000 zł



**Ministerstwo
Edukacji i Nauki**



STECHEIOMETRIA

dział chemii zajmujący się stosunkami ilościowymi przemian związków chemicznych zachodzących w czasie reakcji chemicznych

OBLICZENIA STECHIOMETRYCZNE

są to obliczenia chemiczne oparte o prawa chemiczne, wzory sumaryczne oraz zbilansowane równania reakcji chemicznych

STECHEIOMETRIA ZWIĄZKÓW CHEMICZNYCH I MIESZANIN

Do obliczeń stechiometrycznych niezbędne są:

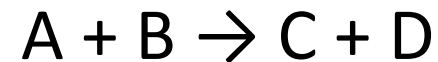
- znajomość wzorów chemicznych
- umiejętność uzgadniania współczynników w reakcjach chemicznych
- znajomość chemicznych jednostek masy
- znajomość podstawowych praw chemicznych i fizycznych

PODSTAWOWE PRAWA CHEMICZNE WYKORZYSTYWANE W STECHIOMETRII:

- Prawo zachowania masy (Łomonosow, Lavoisier – XVIIIw)
- Prawo stałości składu (prawo stałych stosunków wagowych) (Proust – 1799)
- Prawo wielokrotnych stosunków wagowych (Dalton 1803)

PRAWO ZACHOWANIA MASY

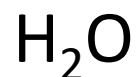
- W układzie zamkniętym masa substratów wchodzących w reakcję chemiczną równa jest masie jej produktów, czyli masa substancji biorących udział w reakcji chemicznej nie zmienia się.



$$m_A + m_B = m_C + m_D$$

PRAWO STAŁOŚCI SKŁADU (PRAWO STAŁYCH STOSUNKÓW WAGOWYCH)

- Stosunek ilości wagowych (mas) pierwiastków wchodzących w skład danego związku chemicznego jest zawsze stały i charakterystyczny dla tego związku



$$\text{H} : \text{O} = 2 \times 1u : 1 \times 16u = 1 : 8$$

WYZNACZANIE SKŁADU
WAGOWEGO ZWIĄZKU
NA PODSTAWIE WZORU
CHEMICZNEGO

RODZAJE WZORÓW CHEMICZNYCH

IUPAC wyróżnia trzy podstawowe typy wzorów chemicznych:

1. **wzór empiryczny (elementarny)** - określa listę pierwiastków tworzących dany związek chemiczny oraz stosunki molowe atomów poszczególnych pierwiastków przy użyciu możliwie najprostszyc liczb całkowitych
 2. **wzór sumaryczny** - informuje nas z jakich pierwiastków zbudowana jest cząsteczka, podaje również liczby ich atomów przypadające na jedną cząsteczkę związku.
 3. **wzór strukturalny** – ilustruje budowę cząsteczki, dostarcza pełniejszej informacji na temat związku ukazując zarówno jego skład pierwiastkowy, jak i organizację przestrzenną, obecność grup funkcyjnych, typy wiązań pomiędzy atomami
- !!! **Wzór rzeczywisty** !!! – określa faktyczne liczby atomów pierwiastków cząsteczce związku chemicznego; wzór, jaki zapisujesz w zeszycie, który często pokrywa się ze wzorem sumarycznym.

***International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) –
Międzynarodowa Unia Chemii Czystej i Stosowanej***

RODZAJE WZORÓW CHEMICZNYCH

- **Wzór sumaryczny** mało nam mówi o związku chemicznym
- Przykładowo: glukoza oraz fruktoza, dwa związki będące cukrami, mają wzór $C_6H_{12}O_6$, będąc zupełnie innymi związkami chemicznymi

WZÓR EMPIRYCZNY A WZÓR RZECZYWISTY

- **Wzór empiryczny MOŻE**, ale nie **MUSI** być taki sam jak **wzór rzeczywisty**
- Przykładowo: glukoza oraz fruktoza, dwa związki będące cukrami, mają wzór $C_6H_{12}O_6$, będąc zupełnie innymi związkami chemicznymi
- Do ustalenia **wzoru elementarnego** wystarczy znajomość składu procentowego (stosunku masowego pierwiastków).
- Do ustalenia **wzoru rzeczywistego** oprócz znajomości stosunku masowego konieczna jest znajomość masy cząsteczkowej związku.

Cząsteczka	NO_2	N_2O_4
Wzór empiryczny	NO_2	NO_2
wzór rzeczywisty	NO_2	N_2O_4

WYZNACZANIE ZAWARTOŚCI PROCENTOWEJ (%) PIERWIASTKÓW W ZWIĄZKU O WZORZE A_xB_y

$$\frac{(M_A \cdot x)}{(M_B \cdot y)} = \frac{\%A}{\%B}$$

M_A , M_B - masy atomowe (molowe) pierwiastków A i B

x , y - indeksy stechiometryczne

$\%A$, $\%B$ - procent masy pierwiastków

WYZNACZANIE ZAWARTOŚCI PROCENTOWEJ (%) PIERWIASTKÓW W ZWIĄZKU O WZORZE A_xB_y

ZADANIE 1

Wyznacz zawartość procentową (%) pierwiastków w tlenku węgla (IV).

DANE:

$$M_{\text{CO}_2} = 44 \text{ u}$$

SZUKANE:

$$\%C : \%O = ?$$

$$\%C : \%O = \left(\frac{12 \text{ u}}{44 \text{ u}} \cdot 100\% \right) : \left(\frac{2 \cdot 16 \text{ u}}{44 \text{ u}} \cdot 100\% \right) = \underline{\underline{27\% : 73\%}}$$

WYZNACZANIE ZAWARTOŚCI PROCENTOWEJ (%) PIERWIASTKÓW W ZWIĄZKU O WZORZE A_xB_y

ZADANIE 2

Podaj wzór elementarny związku chemicznego o składzie procentowym: 52% Cr i 48% O.

DANE:

$$M_{\text{Cr}} = 52\text{u} \quad M_{\text{O}} = 16\text{u}$$

$$m_{\text{Cr}} = M_{\text{Cr}} \cdot n_{\text{Cr}} \quad m_{\text{O}} = M_{\text{O}} \cdot n_{\text{O}}$$

$$\frac{m_{\text{Cr}}}{m_{\text{O}}} = \frac{M_{\text{Cr}} \cdot n_{\text{Cr}}}{M_{\text{O}} \cdot n_{\text{O}}} = \frac{52\%}{48\%}$$

$$\frac{52\text{ u} \cdot n_{\text{Cr}}}{16\text{ u} \cdot n_{\text{O}}} = \frac{52\%}{48\%}$$

$$\frac{52 \cdot n_{\text{Cr}}}{16 \cdot n_{\text{O}}} = \frac{52}{48}$$

$$\frac{n_{\text{Cr}}}{n_{\text{O}}} = \frac{1}{3}$$



SZUKANE:

Wzór elementarny Cr_xO_y

WYZNACZANIE SKŁADU WAGOWEGO ZWIĄZKU W OPARCIU O WZÓR CHEMICZNY

ZADANIE 3 Oblicz zawartość procentowa pierwiastków w wodorosiarczanie (VI) wapnia.

$$M_{\text{Ca(HSO}_4)_2} = 40 + 2 \cdot 1 + 2 \cdot 32,06 + 8 \cdot 16 = 234,22 \text{ u}$$

$$\% \text{Ca} = \frac{40,08}{234,22} \cdot 100\% = 17,11\%$$

$$\% \text{H} = \frac{2 \cdot 1,01}{234,22} \cdot 100\% = 0,86\%$$

$$\% \text{S} = \frac{2 \cdot 32,06}{234,22} \cdot 100\% = 27,38\%$$

$$\% \text{O} = \frac{8 \cdot 16,00}{234,22} \cdot 100\% = 54,65\%$$

Odpowiedź: Zawartości poszczególnych pierwiastków w wodorosiarczanie(VI) wapnia wynoszą: 17;11% Ca, 27;38% S, 0;86% H i 54;65% O.

WYZNACZANIE WZORU CHEMICZNEGO NA PODSTAWIE ZNANEGO SKŁADU WAGOWEGO ZWIĄZKU

ZADANIE 4

Pewien związek organiczny zawiera 54,55% masowych węgla, 36,36% masowych tlenu i 9,09% masowych wodoru. Jego masa molowa jest równa $M = 88 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Wykonaj obliczenia i ustal sumaryczny wzór rzeczywisty opisanego związku.

n – liczba moli

$$n_{\text{C}} = \frac{54,55}{12} \text{ moli} = 4,55 \text{ mola}$$

$$n_{\text{H}} = \frac{9,09}{1} \text{ mola} = 9,09 \text{ mola}$$

$$n_{\text{O}} = \frac{36,36}{16} \text{ moli} = 2,27 \text{ mola}$$

$$n_{\text{C}} : n_{\text{H}} : n_{\text{O}} = 4,55 : 9,09 : 2,27 = 2 : 4 : 1$$

wzór elementarny związku: $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$

wzór cząsteczkowy $(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_n$

$$M_{\text{C}_2\text{H}_4\text{O}} = 44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n \cdot 44 = 88 \quad n = 2$$

wzór rzeczywisty: $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$

Stechiometria mieszanin

ZADANIE 5

Zmieszano stały CaCO_3 i stały MgCl_2 otrzymując mieszaninę, w której zawartość procentowa (w procentach masowych) magnezu wynosi 19,2 %. Oblicz stosunek molowy w jakim zmieszano CaCO_3 i MgCl_2 . Przyjmij, że sole te nie reagują ze sobą.

x - masa mieszaniny

$$0,192 \cdot x \text{ g Mg} \quad \text{—————} \quad y \text{ g MgCl}_2$$

$$y = 0,76 \cdot x \text{ g} - \text{masa MgCl}_2$$

$$24 \text{ g Mg} \quad \text{—————} \quad 95 \text{ g MgCl}_2$$

$$x \text{ g} - 0,76 \cdot x \text{ g} = 0,24 \cdot x \text{ g} - \text{masa CaCO}_3$$

$$n \text{ CaCO}_3 : n \text{ MgCl}_2 =$$

$$= \frac{m \text{ CaCO}_3}{M \text{ CaCO}_3} : \frac{m \text{ MgCl}_2}{M \text{ MgCl}_2} = \frac{0,24 \cdot x \text{ g}}{100 \text{ g/mol}} : \frac{0,76 \cdot x \text{ g}}{95 \text{ g/mol}} = \frac{0,0024}{0,0080} = \frac{24}{80} = \frac{3}{10} = 0,3$$

Stechiometria mieszanin

ZADANIE 6

W celu określenia zawartości węglanu wapnia w mieszaninie dwóch soli, zawierającej również węglan magnezu, próbkę tej mieszaniny o masie 2,84 g roztworzono w kwasie. Podczas analizy przebiegły reakcje chemiczne:



W wyniku zachodzących reakcji otrzymano 672 cm³ tlenku węgla(IV) w przeliczeniu na warunki normalne. **Oblicz** wyrażoną w procentach masowych zawartość CaCO₃ w badanej próbce mieszaniny.

$$100\text{g CaCO}_3 \text{ — } 22,4 \text{ dm}^3 \text{ CO}_2$$

$$x \text{ — } y$$

$$x = 4,46 y$$

$$84\text{g MgCO}_3 \text{ — } 22,4 \text{ dm}^3 \text{ CO}_2$$

$$2,84 - x \text{ — } 0,672 - y$$

$$7,17 = -84y + 999,9y$$

$$7,17 = 15,9 y$$

$$y = 0,45 \longrightarrow \underline{x = 2\text{g CaCO}_3}$$

$$2,84 \text{ g — } 100\%$$

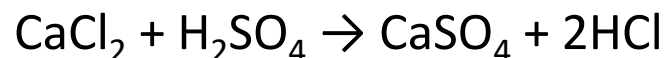
$$2\text{g CaCO}_3 \text{ — } x\%$$

$$x = 70,6\%$$

Stechiometria mieszanin

ZADANIE 7

Gazowy chlorowodór można otrzymać w wyniku działania stężonego kwasu siarkowego(VI) na stałe chlorki, np. w reakcjach opisanych równaniami:



Sporządzono 150 g mieszaniny zawierającej tylko NaCl i CaCl₂, na którą podziałano stężonym kwasem siarkowym(VI) użytym w nadmiarze. W wyniku tego procesu otrzymano 58,24 dm³ chlorowodoru (w warunkach normalnych).

Oblicz skład wyjściowej mieszaniny w procentach masowych. Przyjmij, że obie reakcje przebiegły z wydajnością równą 100%.

$$M_{\text{NaCl}} = 58,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \quad M_{\text{CaCl}_2} = 111 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$x \text{ moli NaCl} \quad \text{—} \quad x \text{ moli HCl}$$

$$y \text{ moli CaCl}_2 \quad \text{—} \quad 2y \text{ moli HCl}$$

$$x \cdot 58,5 + y \cdot 111 = 150$$

$$x + 2y = 2,6 \Rightarrow x = 2,6 - 2y$$

$$(2,6 - 2y) \cdot 58,5 + y \cdot 111 = 150$$

$$n_{\text{HCl}} = \frac{58,24 \text{ dm}^3}{22,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}} = 2,6 \text{ mola}$$

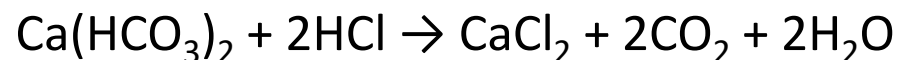
$$y = 0,35 \text{ mol} \Rightarrow m_{\text{CaCl}_2} = 38,85 \text{ g} \Rightarrow \% \text{ mas. CaCl}_2 = 25,9(\%)$$

$$x = 1,9 \text{ mol} \Rightarrow m_{\text{NaCl}} = 111,15 \text{ g} \Rightarrow \% \text{ mas. NaCl} = 74,1(\%)$$

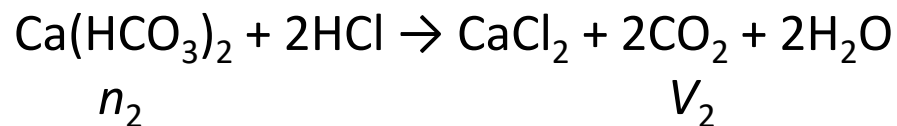
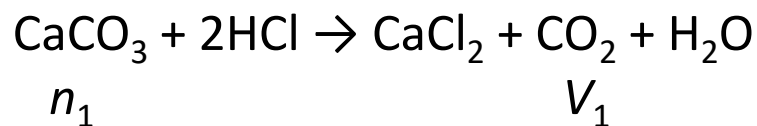
Stechiometria mieszanin

ZADANIE 8

Do próbki o masie m , która zawierała mieszaninę stałego węgla wapnia i stałego wodorowęglanu wapnia w stosunku molowym $= n_{\text{CaCO}_3} : n_{\text{Ca(HCO}_3)_2} = 1 : 2$, dodano nadmiar kwasu solnego. W wyniku zachodzących reakcji zebrano $5,6 \text{ dm}^3$ tlenku węgla(IV) odcierzonego w warunkach normalnych. Opisane przemiany prowadzące do wydzielenia gazu można zilustrować równaniami:



Oblicz masę m opisanej próbki. Przyjmij, że obie reakcje przebiegły z wydajnością równą 100%.



$$\left. \begin{array}{l} \frac{n_1}{n_2} = \frac{1}{2} \\ V_1 + V_2 = 5,6 \text{ dm}^3 \end{array} \right\} (n_1 + 2n_2) \cdot 22,4 \text{ dm}^3 = 5,6 \text{ dm}^3$$

$$\begin{cases} n_1 + 2n_2 = 0,25 \\ n_2 = 2n_1 \end{cases}$$



$$n_1 + 4n_1 = 0,25 \Rightarrow n_1 = 0,05 \text{ mola}$$

$$m_{\text{CaCO}_3} = 0,05 \text{ mol} \cdot 100 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 5 \text{ g}$$

$$m_{\text{Ca(HCO}_3)_2} = 0,1 \text{ mol} \cdot 162 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 16,2 \text{ g}$$

$$m = 5 \text{ g} + 16,2 \text{ g} = \mathbf{21,2 \text{ g}}$$



dr Monika Tomczyk

e-mail: monika.tomczyk@umb.edu.pl

