

5.4 Stechiometria hydratów

Hydraty (sole uwodnione) - sole, które w swojej strukturze zawierają cząsteczki wody, wbudowane w sieć krystaliczną.

HYDRAT = sól + woda hydratacyjna (krystalizacyjna)

Np.

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ —> siarczan (VI) miedzi (II) - woda (1/5)

[czyli ten związek chemiczny jest zbudowany z sieci krystalicznej, w której na 1 cząsteczkę siarczynu (VI) miedzi (II) przypada 5 cząsteczek wody “(1/5)”]

$2\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ —> chlorek wapnia - woda (2/1)

[czyli ten związek chemiczny jest zbudowany z sieci krystalicznej, w której na 2 cząsteczki chlorku wapnia przypada 1 cząsteczka wody “(2/1)”]

W hydracie “sól” może być:

- sól prosta np. MgCl_2 ; $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
- sól mieszana np. CuKPO_4 ; $\text{MgNa}_2(\text{SO}_4)_2$
- wodorosól np. AgHSO_3 ; $\text{Fe}(\text{H}_3\text{SiO}_4)_2$
- hydroksosól np. $\text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl}$; $\text{Cu}(\text{OH})_2\text{CO}_3$

[wstęp stanowi przypomnienie notatki “3.7 Hydraty - sole uwodnione”]

Zauważ, że hydraty, które są zbudowane z soli pochodzącej od kwasu tlenowego (czyli posiadającej atomy tlenu) mają w dwóch miejscach atomy tlenu - w soli i w wodzie.

Np.

$\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ —> fosforan (V) magnezu - woda (1/6) zawiera $8 + 6 = 14$ atomów O

#5.4.1

Ustal wzór sumaryczny pewnego hydratu siarczynu (VI) miedzi (II) - $\text{CuSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ o barwie niebieskiej, wiedząc że zawiera on 9 moli atomów tlenu na 1 mol cząsteczek hydratu.



Hydrat zbudowany jest z soli prostej (4 atomy tlenu) i x cząsteczek wody (1 atom tlenu).

Z polecenia wiemy, że łącznie jest 9 atomów tlenu w hydracie, więc

$9 - 4 = 5$ moli atomów tlenu, które muszą pochodzić z cząsteczek wody

5 moli atomów tlenu = 5 cząsteczek wody

Wzór sumaryczny hydratu, który zawiera 9 moli atomów tlenu to $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

1. Określ liczbę moli atomów tlenu soli w podanym hydracie.
2. Oblicz liczbę moli atomów tlenu w wodzie.
3. Ustal liczbę moli cząsteczek wody.
4. Napisz odpowiedź.

#5.4.2 Oblicz, ile **atomów** tlenu znajduje się w **siarczanie (VI) wodorotlenek glinu - woda (1/11)** -



20 $[1+(4 \cdot 2)+11]$ **moli atomów O** w 1 molu $\text{Al(OH)(SO}_4)_2 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$

1 mol O — $6,02 \cdot 10^{23}$ **atomów O**

20 moli O — **x**

$$\mathbf{x = 1,2 \cdot 10^{25} \text{ atomów O}}$$

W **siarczanie (VI) wodorotlenek glinu - woda (1/11)** -

$\text{Al(OH)(SO}_4)_2 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$ znajduje się **$1,2 \cdot 10^{25}$ atomów O**

1. Ustal liczbę **moli atomów** tlenu w cząsteczce **hydratu**.
2. Zapisz proporcję, pozwalającą obliczyć ilość **atomów** tlenu korzystając ze **stałej Avogadro**.
3. Napisz odpowiedź.

#5.4.3 Ustal **wzór sumaryczny** pewnego **hydratu siarczany (VI) sodu** - $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, który łącznie zawiera **$3,61 \cdot 10^{24}$ atomów** tlenu na 1 cząsteczkę **hydratu**.

1 mol O — $6,02 \cdot 10^{23}$ **atomów O**

x — $3,61 \cdot 10^{24}$ **atomów O**

x = 6 moli O w **hydracie**

1 mol soli prostej - Na_2SO_4 zawiera **4 mole atomów** tlenu

$6 - 4 =$ **2 moli atomów** tlenu, które muszą pochodzić z cząsteczek **wody**

2 mole atomów tlenu = **2** cząsteczki **wody**

Wzór sumaryczny hydratu, który zawiera **$3,61 \cdot 10^{24}$ atomów** tlenu to $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

1. Zapisz proporcję, pozwalającą obliczyć liczbę **moli atomów** tlenu w **hydracie** korzystając ze **stałej Avogadro**.
2. Ustal liczbę **moli atomów** tlenu w **soli prostej**.
3. Określ, liczbę **moli atomów** tlenu w **wodzie**.
4. Ustal liczbę **moli cząsteczek wody**.
5. Napisz odpowiedź.

#5.4.4 Oblicz, **zawartość procentową** **wody krystalizacyjnej** w **hydracie** - $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

$$\left. \begin{array}{l} M_{\text{CaHPO}_4} = 136 \text{ g/mol} \\ M_{\text{H}_2\text{O}} = 18 \text{ g/mol} \end{array} \right\} M_{\text{hydrat}} = 136 + 2 \cdot 18 = 172 \text{ g/mol}$$

172g **hydrat** — **100%**

$2 \cdot 18\text{g}$ **wody** — **x**

$$\mathbf{x = 20,9\% \text{ H}_2\text{O}}$$

$$\% \text{ pierwiastek} = \frac{M_{\text{wody}}}{M_{\text{hydrat}}} \cdot 100\%$$

$$\% \text{ H}_2\text{O} = \frac{2 \cdot 18\text{g}}{172\text{g}} \cdot 100\%$$

$$\% \text{ H}_2\text{O} = \mathbf{20,9\% \text{ H}_2\text{O}}$$

1. Oblicz **masę molową** całego **hydratu** oraz **wody**.
2. Zapisz proporcję / wzór (korzystając z **mas molowych**) pozwalającą obliczyć:
 - **zawartość procentową wody krystalizacyjnej** w **hydracie**
2. Użyj wzoru pozwalającego obliczyć:
 - **zawartość procentową wody krystalizacyjnej** w **hydracie**

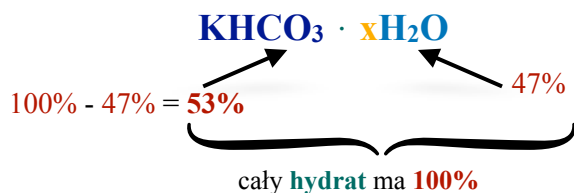
Zawartość procentowa wody krystalizacyjnej w hydracie - $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ wynosi **20,9%**.

3. Napisz odpowiedź.

#5.4.5

Ustal **wzór sumaryczny** hydratu wodorowęglanu potasu - $\text{KHCO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ jeśli zawiera on **47%** wody hydratacyjnej.

$$M_{\text{KHCO}_3} = 39 + 1 + 12 + 3 \cdot 16 = 100 \text{ g/mol}$$



skoro znamy **masę molową wodorosoli** i jej **zawartość procentową** to możemy obliczyć **masę wody**, znając jej **zawartość procentową**.

$$100\text{g wodorosoli} \text{ — } 53\%$$

$$x \text{ wody} \text{ — } 47\%$$

$$x = 89\text{g H}_2\text{O}$$

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

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

$$x \text{ — } 89\text{g}$$

$$x \approx 5 \text{ moli H}_2\text{O}$$

$$n = \frac{89}{18} \approx 5 \text{ moli H}_2\text{O}$$



Wzór sumaryczny hydratu, który zawiera **47%** wody hydratacyjnej to $\text{KHCO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

1. Oblicz **masę molową wodorosoli**.
2. Określ **skład procentowy wodorosoli i wody hydratacyjnej**.

3. Zapisz **proporcję** (korzystając z **zawartości procentowej**) pozwalającą obliczyć:
- **masę wody hydratacyjnej**

proporcja / wzór

4. Zapisz **proporcję** pozwalającą obliczyć:
- **liczbę moli wody hydratacyjnej**
4. Użyj **wzoru** pozwalającego obliczyć:
- **liczbę moli wody hydratacyjnej** $n = \frac{m}{M}$
5. Ustal **wzór sumaryczny hydratu**.
6. Napisz odpowiedź.

#Wskazówka:

- możesz w **kroku 3** zapisać **proporcję** odwołując się do **100% hydratu**, a następnie ustalić **masę wody hydratacyjnej** oraz jej **liczbę moli**

$$100\text{g wodorosoli} \text{ — } 53\%$$

$$x \text{ hydratu} \text{ — } 100\%$$

$$189\text{g (hydratu)} - 100\text{g (wodorosoli)} = 89\text{g H}_2\text{O (woda hydratacyjna)}$$

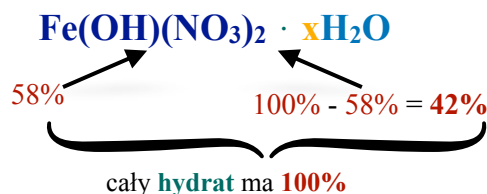
[następnie krok 4-6]

$$x \approx 189\text{g hydratu}$$

#5.4.6

Ustal **wzór sumaryczny** hydratu azotanu (V) wodorotlenku żelaza (III) - $\text{Fe(OH)(NO}_3)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ jeśli zawiera on **58%** **hydroksosoli** w całym **hydracie**.

$$M_{\text{Fe(OH)(NO}_3)_2} = 56 + (16 + 1) + 2 \cdot [14 + (3 \cdot 16)] = 197 \text{ g/mol}$$



skoro znamy **masę molową hydroksosoli** i jej **zawartość procentową** to możemy obliczyć **masę wody**, znając jej **zawartość procentową**.

$$197 \text{ g hydroksosoli} \text{ — } 58\%$$

$$x \text{ wody} \text{ — } 42\%$$

$$x = 143 \text{ g H}_2\text{O}$$

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

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

$$x \text{ — } 143 \text{ g}$$

$$x \approx 8 \text{ moli H}_2\text{O}$$

$$n = \frac{143}{18} \approx 8 \text{ moli H}_2\text{O}$$

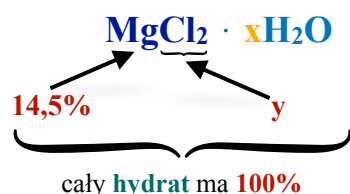


Wzór sumaryczny hydratu, który zawiera **58%** **hydroksosoli** to $\text{Fe(OH)(NO}_3)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$

1. Oblicz **masę molową hydroksosoli**.
2. Określ **skład procentowy hydroksosoli** i **wody hydratacyjnej**.
3. Zapisz **proporcję** (korzystając z **zawartości procentowej**) pozwalającą obliczyć:
 - **masę wody hydratacyjnej**
4. Zapisz **proporcję / wzór** pozwalającą obliczyć:
 - **liczbę moli wody hydratacyjnej**
4. Użyj **wzoru** pozwalającego obliczyć:
 - **liczbę moli wody hydratacyjnej**
$$n = \frac{m}{M}$$
5. Ustal **wzór sumaryczny hydratu**.
6. Napisz odpowiedź.

#5.4.7

Ustal **wzór sumaryczny** hydratu chlorku magnezu - $\text{MgCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ jeśli zawiera on **14,5%** **magnezu** w całym **hydracie**.



$$M_{\text{Mg}} = 24 \text{ g/mol}$$

$$M_{\text{Cl}} = 35,5 \text{ g/mol}$$

$$14,5\% \text{ — } 24 \text{ g metalu} \quad \swarrow \text{bo MgCl}_2$$

$$x \text{ — } 2 \cdot 35,5 \text{ g reszty kwasowej}$$

$$x = 42,9\% \text{ reszty kwasowej}$$

1. Określ **skład procentowy soli prostej**.
2. Oblicz **masę molową metalu** i **reszty kwasowej soli prostej**.
3. Zapisz **proporcję** (korzystając z **zawartości procentowej**) pozwalającą obliczyć:
 - **zawartość procentową reszty kwasowej soli prostej**

skoro znamy **zawartość procentową metalu** oraz **reszty kwasowej** to obliczymy **zawartość procentową wody hydratacyjnej** w hydracie

$$\% (\text{hydrat}) = \underbrace{\% (\text{metal}) + \% (\text{reszta kwasowa})}_{\% (\text{sól})} + \% (\text{woda hydratacyjna})$$

$$100\% (\text{hydrat}) = 14,5\% (\text{metal}) + 42,9\% (\text{reszta kwasowa}) + \% (\text{woda hydratacyjna})$$

$$\% (\text{woda hydratacyjna}) = 42,6\%$$

$$24\text{g metalu} \text{ — } 14,5\%$$

$$x \text{ wody} \text{ — } 42,6\% \quad \text{lub}$$

$$x = 70,5\text{g H}_2\text{O}$$

$$2 \cdot 35,5\text{g reszty kwasowej} \text{ — } 42,9\%$$

$$x \text{ wody} \text{ — } 42,6\%$$

$$x = 70,5\text{g H}_2\text{O}$$

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

$$x \text{ — } 70,5\text{g}$$

$$x \approx 4 \text{ mole H}_2\text{O}$$

$$n = \frac{70,5\text{g}}{18} \approx 4 \text{ mole H}_2\text{O}$$



Wzór sumaryczny hydratu, który zawiera **14,5% magnezu** to **MgCl₂ · 4H₂O**

#Wskazówka:

- nie możemy od razu w kroku 3 od **100% hydratu** odjąć **%_{metal}**, ponieważ oprócz **zawartości procentowej wody krystalizacyjnej** będzie również **zawartość procentowa reszty kwasowej**
- w kroku 5 można również ułożyć *proporcję* odwołując się do **masy molowej całej soli**

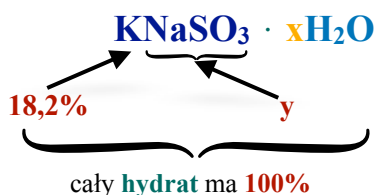
$$95\text{g soli} \text{ — } 57,4\% (100\% - 42,6\%)$$

$$x \text{ wody} \text{ — } 42,6\%$$

$$x = 70,5\text{g H}_2\text{O}$$

#5.4.8

Ustal **wzór sumaryczny** hydratu siarczanu (IV) sodu potasu - **KNaSO₃ · xH₂O** jeśli zawiera on **15,3% potasu** w całym hydracie.



$$M_{\text{K}} = 39 \text{ g/mol}$$

$$M_{\text{NaSO}_3} = 103 \text{ g/mol}$$

4. Oblicz **zawartość procentową wody hydratacyjnej** w hydracie.

5. Zapisz proporcję (korzystając z **zawartości procentowej**) pozwalającą obliczyć:

- **masę wody hydratacyjnej**

proporcja / wzór

6. Zapisz proporcję pozwalającego obliczyć:

- **liczbę moli wody hydratacyjnej**

6. Użyj wzoru pozwalający obliczyć:

- **liczbę moli wody hydratacyjnej**

7. Ustal **wzór sumaryczny** hydratu.

8. Napisz odpowiedź.

1. Określ **skład procentowy soli mieszanej**.

2. Oblicz **masę molową metalu** (w którym znasz %) i **reszty kwasowej soli mieszanej** (w tym metalu, w którym nie znasz %).

$$\begin{array}{l} 15,3\% \text{ — } 39\text{g metalu} \\ x \text{ — } 103\text{g reszty kwasowej} \end{array}$$

$$x = 40,4\% \text{ reszty kwasowej}$$

skoro znamy zawartość procentową metalu oraz reszty kwasowej to obliczmy zawartość procentową wody hydratacyjnej w hydracie

$$\% (\text{hydrat}) = \% (\text{metal}) + \% (\text{reszta kwasowa}) + \% (\text{woda hydratacyjna})$$

$$\underbrace{\hspace{10em}}_{\% (\text{sól})}$$

$$100\% (\text{hydrat}) = 15,3\% (\text{metal}) + 40,4\% (\text{reszta kwasowa}) + \% (\text{woda hydratacyjna})$$

$$\% (\text{woda hydratacyjna}) = 44,3\%$$

$$39\text{g metalu} \text{ — } 15,3\%$$

$$x \text{ wody} \text{ — } 44,3\% \quad \text{lub}$$

$$x = 113\text{g H}_2\text{O}$$

$$103\text{g reszty kwasowej} \text{ — } 40,4\%$$

$$x \text{ wody} \text{ — } 44,3\%$$

$$x = 113\text{g H}_2\text{O}$$

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

$$x \text{ — } 113\text{g}$$

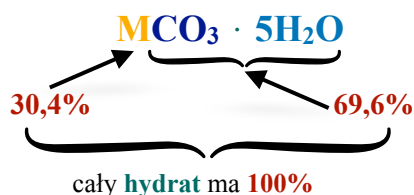
$$x \approx 6 \text{ moli H}_2\text{O}$$

$$n = \frac{113\text{g}}{18} \approx 6 \text{ moli H}_2\text{O}$$



Wzór sumaryczny hydratu, który zawiera 15,3% potasu to $\text{KNaSO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

#5.4.9 Ustal nazwę systematyczną hydratu o wzorze sumarycznym - $\text{MCO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ wiedząc, że zawartość procentowa pierwiastka M wynosi 30,4%.



$$M_{\text{CO}_3} = 60 \text{ g/mol}$$

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

$$M_{\text{CO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} = 60 + (5 \cdot 18) = 150 \text{ g/mol}$$

3. Zapisz proporcję (korzystając z zawartości procentowej) pozwalającą obliczyć:
 - zawartość procentową reszty kwasowej soli mieszanej
4. Oblicz zawartość procentową wody hydratacyjnej w hydracie.
5. Zapisz proporcję (korzystając z zawartości procentowej) pozwalającą obliczyć:
 - masę wody hydratacyjnej
6. Zapisz proporcję pozwalającą obliczyć:
 - liczbę moli wody hydratacyjnej
6. Użyj wzoru pozwalającego obliczyć:
 - liczbę moli wody hydratacyjnej
7. Ustal wzór sumaryczny hydratu.
8. Napisz odpowiedź.

1. Określ skład procentowy soli prostej.
2. Oblicz masę molową reszty kwasowej i wody hydratacyjnej.

69,6% — 150g reszty kwasowej oraz wody

30,4% — x

x = 65,5g

cynk

³⁰Zn
Cynk
65,38
1,7

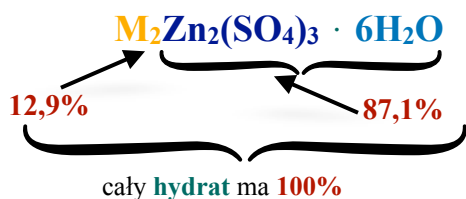


Hydrat o wzorze sumarycznym $\text{ZnCO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ to węglan cynku - woda (1/5)

3. Zapisz proporcję (korzystając z zawartości procentowej) pozwalającą obliczyć:
 - masę metalu
4. Ustal symbol metalu - korzystając z układu okresowego.
5. Ustal wzór sumaryczny hydratu.
6. Napisz odpowiedź - ustal nazwę systematyczną.

#5.4.10

Ustal nazwę systematyczną hydratu o wzorze sumarycznym $\text{M}_2\text{Zn}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ wiedząc, że zawartość procentowa pierwiastka M wynosi 12,9%.



$$M_{\text{Zn}_2(\text{SO}_4)_3} = (2 \cdot 65) + 3 \cdot [32 + (4 \cdot 16)] = 418 \text{ g/mol}$$

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

$$M_{\text{Zn}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}} = 418 + (6 \cdot 18) = 526 \text{ g/mol}$$

87,1% — 526g reszty kwasowej + metal 2 oraz wody

12,9% — x

x = 78g

We wzorze sumarycznym występują 2 mole atomów tego pierwiastku M, więc $78 : 2 = 39$

potas

³⁹K
Potas
39,10
0,8



Hydrat o wzorze sumarycznym $\text{K}_2\text{Zn}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ to siarczan (VI) cynku potasu - woda (1/6)

1. Określ skład procentowy soli mieszanej.
2. Oblicz masę molową reszty kwasowej z metalem 2 i wody hydratacyjnej.
3. Zapisz proporcję (korzystając z zawartości procentowej) pozwalającą obliczyć:
 - masę metalu 1
4. Ustal symbol metalu - korzystając z układu okresowego.
5. Ustal wzór sumaryczny hydratu.
6. Napisz odpowiedź - ustal nazwę systematyczną.

#Wskazówka - podsumowująca:

- zadania tej notatki zostały rozwiązane krok po kroku, jednak istnieje prostsza metoda, gdy w poleceniu znamy **wzór sumaryczny soli** budującej **hydrat** i **zawartość procentową metalu**

Np. [zadanie z tej notatki]

MgCl₂ · xH₂O w tym **14,5%** magnezu w **hydracie**

24g Mg [masa molowa] — **14,5%**

x — **100%** [hydrat]

x = 166g [masa molowa hydratu MgCl₂ · xH₂O]

$$166g \text{ [hydrat]} - \underbrace{24g \text{ [magnez]} - 71g \text{ [reszta kwasowa]}}_{\text{MgCl}_2} = \underbrace{70,5g}_{\text{xH}_2\text{O}} \text{ wody}$$

1 mol H₂O — 18g

x — **70,5g**

lub

$$n = \frac{70,5g}{18} \approx 4 \text{ mole H}_2\text{O} \longrightarrow \text{MgCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$$

x ≈ 4 mole H₂O