

Nazwisko i imię: .....

❖ **Wprowadzenie:**

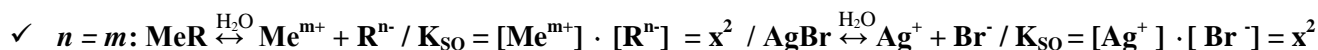
- po wytrąceniu z roztworu substancji trudno rozpuszczalnej powstaje układ równowagowy: osad jest w równowadze dynamicznej z roztworem nasyconym tej substancji (nie ma substancji absolutnie nie rozpuszczalnej, stąd przyjmuje określenie substancja „praktycznie rozpuszczalna, czyli choćby jedna cząsteczka na milion rozpada się na jony, to można zapisać równanie dysocjacji,
- ✓ np. węglan wapnia jest praktycznie nierozpuszczalny, to część cząsteczek ulegnie dysocjacji dając roztwór nasycony

tej soli:  $\text{CaCO}_3 \xleftrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$ , stężenie molowe nasyconego roztworu tej soli wynosi  $C_m \approx 5,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$ ,

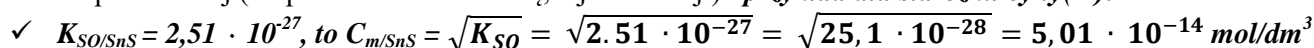
- **rozpuszczalność molowa** – to maksymalna liczba moli substancji rozpuszczonej zawartej w 1 dm<sup>3</sup> nasyconego roztworu, czyli w przypadku CaCO<sub>3</sub> rozpuszczalność wynosi 5,8 · 10<sup>-5</sup> mol/dm<sup>3</sup> i ta ilość moli jest dobrze zdysocjowana, tj. 0,0058 g = 5,8 mg CaCO<sub>3</sub> w 1 dm<sup>3</sup> nasyconego roztworu,
- wyrażenie na stałą równowagi przyjmuje postać:  $K = \frac{[Ca^{2+}] \cdot [CO_3^{2-}]}{[CaCO_3]}$  ; gdzie [Ca<sup>2+</sup>], [CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>], [CaCO<sub>3</sub>] to stężenia molowe w stanie równowagi
- stężenie substancji w stanie zdysocjowanym jest bardzo małe, to można przyjąć, że „stężenie” formy niezdisocjowanej (stałej) jest niezmiennie i można je pominąć w równaniu na stałą równowagową, która przyjmuje postać  $K = [Ca^{2+}] \cdot [CO_3^{2-}]$

- ❖ **Iloczyn rozpuszczalności  $K_{so}$**  – wskazuje, że w nasyconym roztworze substancji trudno rozpuszczalnej iloczyn stężeń molowych produktów dysocjacji jest wartością stałą w danych warunkach temperatury i ciśnienia:

- iloczyn rozpuszczalności: iloczyn stężeń molowych produktów dysocjacji w ich potęgach stechiometrycznych:



- pierwiastek odpowiedniego stopnia w  $K_{SO}$  wyraża stężenie molowe nasyconego roztworu substancji trudno rozpuszczalnej (rozpuszczalność molowa, tej substancji): **przykład dla siarczku cyny(II):**



**K<sub>SO</sub>** wybranych soli i wodorotlenków w temp. 25°C / 298K

AgBrO <sub>3</sub>	$5,38 \cdot 10^{-5}$	PbS	$1,26 \cdot 10^{-28}$
AgBr	$5,35 \cdot 10^{-13}$	MgCO <sub>3</sub>	$6,82 \cdot 10^{-6}$
Ag <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	$8,89 \cdot 10^{-17}$	Sc(OH) <sub>3</sub>	$2,22 \cdot 10^{-31}$
BaSO <sub>4</sub>	$1,08 \cdot 10^{-10}$	Li <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	$2,37 \cdot 10^{-11}$
BiI <sub>3</sub>	$7,71 \cdot 10^{-19}$	CaSO <sub>4</sub>	$4,93 \cdot 10^{-5}$
Fe(OH) <sub>3</sub>	$2,79 \cdot 10^{-39}$	KIO <sub>4</sub>	$3,71 \cdot 10^{-4}$

- |   |   |
|---|---|
| 1 | W oparciu o zamieszczoną informację i inne materiały źródłowe zapisz równania dysocjacji elektrolitycznej niżej wymienionych związków i ułóż wyrażenia na iloczyn rozpuszczalności: |
|   | a) $\text{Fe}_2(\text{CO}_3)_3$ .....   |
|   | b) $\text{Al}(\text{OH})_3$ .....   |
|   | c) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ .....   |
|   | d) $\text{Sn}(\text{OH})_4$ .....   |
|   | e) $\text{PbI}_2$ .....   |
|   | f) $\text{Cr}(\text{OH})_3$ .....   |
|   | g) $\text{Li}_2\text{CO}_3$ .....   |
|   | h) $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$ .....   |

- |   |   |
|---|---|
| 2 | Oblicz stężenie molowe nasyconego roztworu <b>wodorotlenku żelaza(III)</b> , dla którego $K_{s0} = 2,79 \cdot 10^{-39}$ |
|---|---|

A large grid of graph paper, consisting of 20 columns and 10 rows of squares, intended for drawing a picture.

3	Oblicz, ile miligramów <b>jodanu(VII) potasu</b> znajduje się w $125 \text{ cm}^3$ nasyconego roztworu tej soli, dla której $K_{\text{SO}} = 3,71 \cdot 10^{-4}$ .
4	Oblicz, ile miligramów <b>bromianu(V) srebra</b> należy odważyć, przenieść do kolby miarowej i uzupełnić wodą do $1 \text{ dm}^3$ aby otrzymać nasycony roztwór tej soli, dla której $K_{\text{SO}} = 5,38 \cdot 10^{-5}$ .
5	Oblicz $K_{\text{SO}}$ <b>siarczanu(VI) ołowiu(II)</b> jeżeli stężenie molowe nasyconego roztworu wynosi $1,59 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$ .
6	Oblicz rozpuszczalność molową <b>węglanu niklu(II)</b> , jeżeli dla którego $K_{\text{SO}} = 1,42 \cdot 10^{-7}$ .

#### Informacja uzupełniająca do zadań 7 – 10

- ❖ W reakcjach strącania osadów, należy uwzględnić iloczyn rozpuszczalności, w wielu przypadkach do wytrącenia osadu jest konieczne uwzględnienie odpowiednich stężeń, przy zbyt małych stężeniach mieszanych substratów nie zachodzi wytrącenie osadu:
  - warunki wytrącenia / nie wytrącenia osadu:
  - ✓ jeżeli iloczyn jonowy sporządzonego / otrzymanego roztworu substancji trudno rozpuszczalnej jest mniejszy niż  $K_{\text{SO}}$ , to osad się nie wytrąci przykład:  $\text{AgCl} \leftrightarrow \text{Ag}^+ + \text{Cl}^-$ ;  $[\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-] = 1,2 \cdot 10^{-10} < K_{\text{SO}} = 1,77 \cdot 10^{-10}$ ,
  - ✓ jeżeli iloczyn jonowy sporządzonego / otrzymanego roztworu substancji trudno rozpuszczalnej jest większy niż  $K_{\text{SO}}$ , to osad się wytrąci przykład:  $\text{AgCl} \leftrightarrow \text{Ag}^+ + \text{Cl}^-$ ;  $[\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-] = 2,2 \cdot 10^{-10} > K_{\text{SO}} = 1,77 \cdot 10^{-10}$ ,
  - przy obliczaniu masy strąconego osadu należy uwzględnić zmianę objętości roztworu, stąd konieczność przeliczenia stężeń molowych jonów w nowej objętości, teoretyczną masę strąconego osadu należy pomniejszyć o masę substancji, która występuje w postaci zdysocjowanej,
  - jeżeli w reakcji strącenia osadu użyto substratów w stosunku niestechiometrycznym, to w obliczeniu iloczynu jonowego sporządzonego roztworu należy uwzględnić taką ilość moli kationów/anionów, które zostały wprowadzone z substratami reakcji, bez względu czy wszystkie jony łączące się w substancję trudno rozpuszczalną uległy przereagowaniu (*jony obecne w nadmiarze w roztworze z innej soli przysuwają stałą równowagową w prawo*).

7	<p>Oblicz, ile gramów <b>węglanu baru</b> (<math>K_{so} = 2,58 \cdot 10^{-9}</math>) wytrąci się po wymieszaniu <b>200 cm<sup>3</sup></b> roztworu <b>BaCl<sub>2</sub></b> o stężeniu <b>0,015 mol/dm<sup>3</sup></b> i <b>300 cm<sup>3</sup></b> roztworu <b>węglanu sodu</b> o stężeniu <b>0,01 mol/dm<sup>3</sup></b>.</p>
8	<p>Oblicz, ile gramów <b>węglanu baru</b> (<math>K_{so} = 2,58 \cdot 10^{-9}</math>) wytrąci się po wymieszaniu <b>175 cm<sup>3</sup></b> roztworu <b>BaCl<sub>2</sub></b> o stężeniu <b>0,015 mol/dm<sup>3</sup></b> i <b>325 cm<sup>3</sup></b> roztworu <b>węglanu sodu</b> o stężeniu <b>0,01 mol/dm<sup>3</sup></b>.</p>
9	<p>Oblicz i odpowiedz, czy wytrąci się osad <b>CaSO<sub>4</sub></b> (<math>K_{so} = 4,93 \cdot 10^{-5}</math>) po wymieszaniu <b>500 cm<sup>3</sup></b> roztworu <b>0,02 molowego chlorku wapnia</b> i <b>500 cm<sup>3</sup></b> roztworu <b>0,03 molowego siarczanu(VI) potasu</b>.</p>
10	<p>Oblicz i odpowiedz, czy wytrąci się osad <b>węglanu magnezu</b> (<math>K_{so} = 6,82 \cdot 10^{-6}</math>) po wymieszaniu <b>400 cm<sup>3</sup></b> roztworu <b>chlorku wapnia</b> o stężeniu <b>0,0025 mol/dm<sup>3</sup></b> z <b>100 cm<sup>3</sup></b> roztworu <b>węglanu potasu</b> o stężeniu <b>0,01 mol/dm<sup>3</sup></b>.</p>