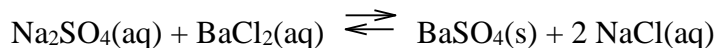


Zrážacie reakcie

[Spracoval: M. Kozák]

Reakcie, pri ktorých z reaktantov v roztoku vzniká málo rozpustný produkt (zrazenina), nazývame zrážacie reakcie.

Napríklad málo rozpustný síran bárnatý BaSO_4 môže vzniknúť reakciou roztoku síranu sodného s roztokom chloridu bárnatého:



Podstatou reakcie je vznik málo rozpustnej látky: $\text{Ba}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{BaSO}_4(\text{s})$

V reakčnej zmesi sa nachádza zrazenina $\text{BaSO}_4(\text{s})$ a nad ňou jej nasýtený roztok, v ktorom sa koncentrácia $\text{Ba}^{2+}(\text{aq})$ a $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ nemení, pretože medzi zrazeninou a jej nasýteným roztokom sa ustáli chemická rovnováha. (Koľko iónov sa za jednotku času vylúči z roztoku na povrch zrazeniny, toľko ich prejde zo zrazeniny do roztoku.)

Reakcia $\text{Ba}^{2+}(\text{aq})$ s $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ za vzniku málo rozpustného bieleho síranu bárnatého prebieha rýchlo, lebo jej aktivačná energia je nízka. Rovnováha reakcie je výrazne posunutá na stranu BaSO_4 , pretože je veľmi málo rozpustný. (Látky s veľmi malou rozpustnosťou – menšou ako 0,1g v 100g vody sa v literatúre označujú ako nerozpustné.)

Súčin rozpustnosti látok

Rovnováhu medzi zrazeninou a jej iónmi v nasýtenom roztoku

$\text{BaSO}_4(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ba}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ kvantitatívne charakterizuje konštanta, ktorá sa nazýva **súčin rozpustnosti** a označuje sa **K_s** . $K_s(\text{BaSO}_4) = [\text{Ba}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}]$

Rovnovážne koncentrácie $[\text{Ba}^{2+}]$ a $[\text{SO}_4^{2-}]$ sú za danej teploty konštantné. Ich číselná hodnota závisí od teploty. Súčin rozpustnosti je dôležitá konštanta, ktorá charakterizuje veľmi málo rozpustné látky. Jeho hodnota závisí pre danú látku od teploty. Súčiny rozpustnosti látok sú uvedené v chemických tabuľkách. Napr. hodnota súčinu rozpustnosti BaSO_4 pri teplote 25°C je **$K_s(\text{BaSO}_4) = 1.10^{-10}$** .

Pre sústavu vyjadrenú vo všeobecnom tvare $\text{A}_m\text{B}_n(\text{s}) \rightleftharpoons m\text{A}^{n+}(\text{aq}) + n\text{B}^{m-}(\text{aq})$ je súčin rozpustnosti daný vzťahom: $K_s(\text{A}_m\text{B}_n) = [\text{A}^{n+}]^m \cdot [\text{B}^{m-}]^n$.

Príklad č.1

Napíšte vzťah pre výpočet súčinu rozpustnosti sulfidu bizmutitého.

Riešenie:

Bi_2S_3 vo veľmi malej miere disociuje: $\text{Bi}_2\text{S}_3(\text{s}) \rightleftharpoons 2 \text{Bi}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{S}^{2-}(\text{aq})$
 $K_s(\text{Bi}_2\text{S}_3) = [\text{Bi}^{3+}]^2 \cdot [\text{S}^{2-}]^3$ (v tabuľkách nájdeme: $K_s(\text{Bi}_2\text{S}_3) = 1.10^{-97}$)

Súčin rozpustnosti nepriamo vyjadruje rozpustnosť málo rozpustnej látky.

Rozpustnosť látky pri danej teplote je tým väčšia, čím je hodnota súčinu rozpustnosti danej látky väčšia.

Príklad č.2

Na základe hodnôt súčinu rozpustnosti pri teplote 25°C

$K_s(\text{BaSO}_4) = 1.10^{-10}$, $K_s(\text{SrSO}_4) = 3.10^{-7}$, $K_s(\text{CaSO}_4) = 2.10^{-5}$

a) napíšte, ktorá z uvedených látok je najmenej a ktorá najviac rozpustná,

b) určte rozpustnosť BaSO_4 vo vode v mol.dm^{-3} resp. v g.dm^{-3} pri teplote 25°C.

Riešenie:

a) Najmenej rozpustný vo vode je BaSO_4 a **najviac** rozpustný je CaSO_4

b) $\text{BaSO}_4(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ba}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$, $K_s(\text{BaSO}_4) = [\text{Ba}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}]$

V nasýtenom roztoku síranu bárnatého je rovnaká rovnovážna koncentrácia iónov

Ba^{2+} i SO_4^{2-} , túto koncentráciu označíme x: $[\text{Ba}^{2+}] = [\text{SO}_4^{2-}] = x$

$K_s(\text{BaSO}_4) = [\text{Ba}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}] = x^2$

$x^2 = 1.10^{-10} \Rightarrow x = 1.10^{-5}$

Rozpustnosť BaSO_4 pri teplote 25°C je $1.10^{-5} \text{ mol.dm}^{-3}$ (1 mol BaSO_4 sa rozpustí

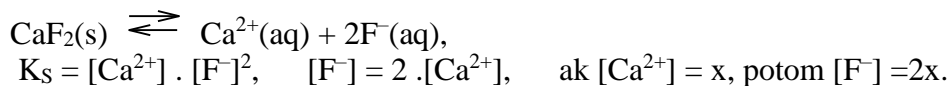
v 100 000 litroch roztoku, čo je prakticky v 100 000 litroch vody), resp. $2,33 \cdot 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$
($m(\text{BaSO}_4) = 1 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot 233,356 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 2,33 \cdot 10^{-3} \text{ g} = 2,33 \text{ mg}$)

Príklad č.3

Fluorit (CaF_2) je málo rozpustná látka. Pri teplote 18°C je jeho súčin rozpustnosti $3,4 \cdot 10^{-11}$. Vypočítajte rozpustnosť CaF_2 v jednotkách $\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$ pri tejto teplote.

$M(\text{CaF}_2) = 78,08 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Riešenie:



$$K_S = x \cdot (2x)^2 = 4x^3 \Rightarrow x = \sqrt[3]{\frac{K_S}{4}} = \sqrt[3]{\frac{3,4 \cdot 10^{-11}}{4}} = \sqrt[3]{0,85 \cdot 10^{-11}} = 2,04 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}.$$

V 1 dm^3 sa rozpustí $2,04 \cdot 10^{-4} \text{ mol CaF}_2$. $m(\text{CaF}_2) = n(\text{CaF}_2) \cdot M(\text{CaF}_2) =$
 $= 2,04 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot 78,08 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 1,59 \cdot 10^{-2} \text{ g}.$

Odpoveď: Rozpustnosť CaF_2 pri 18°C je $1,59 \cdot 10^{-2} \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$.

Z poznatkov o zrážacích reakciách a súčine rozpustnosti vyplýva:

1. Pri zlievaní dvoch roztokov sa začne vylučovať málo rozpustná látka vtedy, ak súčin koncentrácií iónov v roztoku prekročí hodnotu súčinu rozpustnosti málo rozpustnej látky pri danej teplote. (Pre zrážanie BaSO_4 platí, že ak je súčin koncentrácie Ba^{2+} a SO_4^{2-} menší ako 10^{-10} , t.j. napr. $10^{-11}, 10^{-12}, \dots$, zrazenina nevznikne. Zrazenina začne vznikať až vtedy, ak je hodnota súčinu koncentrácie kationov Ba^{2+} a aniónov SO_4^{2-} $1 \cdot 10^{-10}$ a viac.)
2. Ak dáme málo rozpustnú látku do vody, rozpúšťa sa dovtedy, kým sa v roztoku nedosiahne taká hodnota koncentrácií jej iónov, ktorá zodpovedá hodnote súčinu rozpustnosti látky pri danej teplote. (Síran bárnatý BaSO_4 sa vo vode rozpúšťa dovtedy, pokiaľ nie je v roztoku koncentrácia Ba^{2+} aj SO_4^{2-} $1 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ – vznikne nasýtený roztok BaSO_4 .)

Úlohy:

1. Iónovými rovnicami zapíšte zrážaciu reakciu \ominus -ov:
a) AgNO_3 a KCl , b) CuSO_4 a NaOH ,
c) Na_2CO_3 a CaCl_2 , d) Na_2S a $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$.
2. Napíšte vzťah pre výpočet súčinu rozpustnosti: a) PbSO_4 , b) PbI_2 , c) $\text{Fe}(\text{OH})_3$.
3. Na základe hodnôt súčinu rozpustnosti: a) $K_S(\text{PbCrO}_4) = 3 \cdot 10^{-13}$, b) $K_S(\text{PbSO}_4) = 2 \cdot 10^{-8}$,
c) $K_S(\text{PbCO}_3) = 6 \cdot 10^{-14}$, usporiadajte zlúčeniny olova od najmenej po najviac rozpustné.
4. Vypočítajte, aká je koncentrácia kationov Ag^+ a aniónov Cl^- v nasýtenom $\ominus \text{AgCl}$,
ak pri danej teplote je $K_S(\text{AgCl}) = 2,0 \cdot 10^{-10}$.
5. V nasýtenom $\ominus \text{BaCrO}_4$ je pri teplote 30°C koncentrácia kationov Ba^{2+} $1 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$.
Vypočítajte $K_S(\text{BaCrO}_4)$ pri 30°C .
6. Chlorid olovnatý PbCl_2 sa vo vode čiastočne rozpúšťa na ióny Pb^{2+} a Cl^- , čo možno
zapísať rovnicou: $\text{PbCl}_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{Cl}^{-}(\text{aq})$. Vypočítajte súčin rozpustnosti
 $K_S(\text{PbCl}_2)$ pri danej teplote, ak viete, že rovnovážna koncentrácia Pb^{2+} v \ominus pri danej
teplote je $1,7 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$.
7. Určte, či vznikne zrazenina AgCl , ak zmiešate 100 ml $\ominus \text{AgNO}_3$ s koncentráciou
 $c = 1 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ s 200 ml $\ominus \text{NaCl}$ s koncentráciou $c = 2 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$.
Odpoveď zdôvodnite. (Pri danej teplote $K_S(\text{AgCl}) = 2 \cdot 10^{-10}$.)
8. Porovnajme rozpustnosť málo rozpustného chloridu strieborného v destilovanej
a v morskej vode. Odpoveď zdôvodnite.
9. Vypočítajte, aké látkové množstvo CuCl je rozpustené v 1 litri jeho nasýteného \ominus .
 $K_S(\text{CuCl})$ pri danej teplote je $2,0 \cdot 10^{-7}$.
10. Do \ominus , ktorý obsahuje rovnakú koncentráciu iónov Ca^{2+} , Ba^{2+} , Sr^{2+} , pridávame
 $\ominus \text{Na}_2\text{SO}_4$. V akej postupnosti sa budú vylučovať zrazeniny vznikajúcich síranov?
($K_S(\text{CaSO}_4) = 2 \cdot 10^{-5}$, $K_S(\text{BaSO}_4) = 1 \cdot 10^{-10}$, $K_S(\text{SrSO}_4) = 3 \cdot 10^{-7}$).
11. Ako závisí hodnota súčinu rozpustnosti $\text{Ca}(\text{OH})_2$ od teploty, keď ide o látku,
ktorej rozpustnosť s rastúcou teplotou klesá?

[Spracoval: M. Kozák]