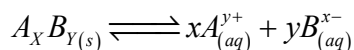

12. Vaja: Topnostni produkt

a) Osnove:

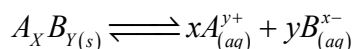
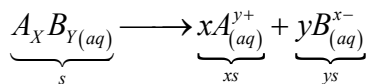
Ob raztapljanju težko topne snovi dobimo nasičeno raztopino že ob zelo majhnih koncentracijah. Zato v raztopinah težko topnih snovi vlada dinamično ravnotežje med neraztopljenim delom snovi (oborino) in tistim, ki je raztopljen ter disociira na ione. Za tako ravnotežje lahko pišemo konstanto kemijskega ravnotežja (K_c).



$$K_c = \frac{[A^{y+}]^x [B^{x-}]^y}{[A_x B_y]} \cdot [A_x B_y]$$

$$\underbrace{K_c [A_x B_y]}_{K_{sp}} = [A^{y+}]^x [B^{x-}]^y$$

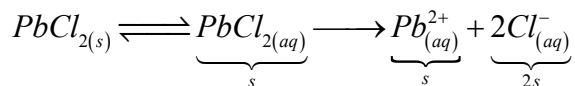
Uvedemo novo količino – topnostni produkt (K_{sp}), ki ima konstantno vrednost za določen topljenec ob določenih temperaturi. Topnost slabo topne snovi označujemo s črko s .



$$K_{sp} = [A^{y+}]^x [B^{x-}]^y = (xs)^x (ys)^y \quad K_{sp} = f(T)$$

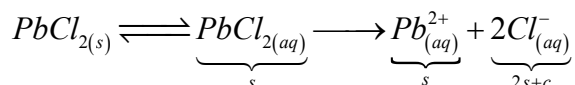
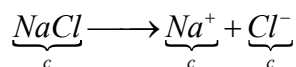
Primeri:

1. Raztapljanje težko topne snovi v čistem topilu:



$$K_{sp} = [Pb^{2+}][Cl^-]^2 = s(2s)^2 = 4s^3 \quad \Rightarrow \quad s = \sqrt[3]{\frac{K_{sp}}{4}}$$

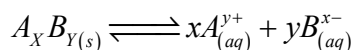
2. Raztapljanje težko topne snovi v raztopini istoimenskih ionov:



$$K_{sp} = [Pb^{2+}][Cl^-]^2 = s(2s+c)^2 = 4s^3 + 4s^2c + sc^2 \quad s \ll c$$

$$K_{sp} = [Pb^{2+}][Cl^-]^2 = s(c)^2 = sc^2 \quad \Rightarrow \quad s = \frac{K_{sp}}{c^2}$$

Kdaj se izloči oborina?



$[A^{y+}]^x [B^{x-}]^y > K_{sp}$	Izloči se oborina
$[A^{y+}]^x [B^{x-}]^y = K_{sp}$	Dobimo nasičeno raztopino
$[A^{y+}]^x [B^{x-}]^y < K_{sp}$	Oborine ni

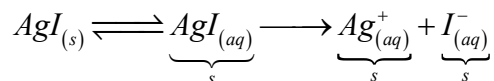
b) Naloga:

1. Izvedi reakcijo med Ag^+ in Cl^- ioni pri različnih koncentracijah ter ugotovi, kje je meja, ko oborina ne nastaja več!
2. Zmanjšaj topnost svinčevega klorida!
3. Zmanjšaj topnost natrijevega klorida!

c) Računske naloge:

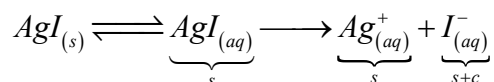
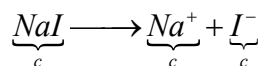
1. Koliko mg AgI se lahko raztopi v 1L vode, če je topnostni produkt $8,5 \cdot 10^{-17}$?
Koliko mg pa se lahko raztopi v 1L 0,05M raztopine NaI?

$$V(H_2O) = 1L \quad K_{sp} = 8,5 \cdot 10^{-17} \quad V_R = 1L \quad c(NaI) = 0,05 \text{ mol/L}$$



$$K_{sp} = [Ag^+][I^-] = s^2 \Rightarrow s = \sqrt{K_{sp}} = \sqrt{8,5 \cdot 10^{-17}} = 9,22 \cdot 10^{-9} \text{ mol/L}$$

$$m(AgI) = n(AgI)M(AgI) = s(AgI)V(H_2O)M(AgI) = \\ = 9,22 \cdot 10^{-9} \text{ mol/L} \cdot 1L \cdot 234,8 \text{ g/mol} = 2,16 \cdot 10^{-3} \text{ mg}$$



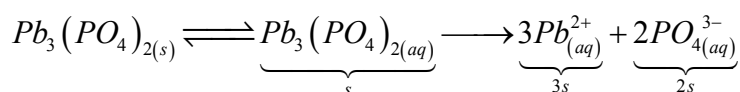
$$K_{sp} = [Ag^+][I^-] = s(s+c) = s^2 + sc \quad s \ll c$$

$$K_{sp} = [Ag^+][I^-] = s(c) = sc \Rightarrow s = \frac{K_{sp}}{c} = \frac{8,5 \cdot 10^{-17}}{0,05 \text{ mol/L}} = 1,7 \cdot 10^{-15} \text{ mol/L}$$

$$m(AgI) = s(AgI)V_R M(AgI) = 1,7 \cdot 10^{-15} \text{ mol/L} \cdot 1L \cdot 234,8 \text{ g/mol} = 4,0 \cdot 10^{-10} \text{ mg}$$

2. Topnostni produkt $Pb_3(PO_4)_2$ je 10^{-54} , izračunaj molarost nasičene raztopine! Koliko mg $Pb_3(PO_4)_2$ se lahko raztopi v 150L vode?

$$K_{sp} = 10^{-54} \quad V(H_2O) = 15L \quad M(Pb_3(PO_4)_2) = 810,3 \text{ g/mol}$$



$$K_{sp} = [Pb^{2+}]^3 [PO_4^{3-}]^2 = (3s)^3 (2s)^2 = 108s^5 \Rightarrow s = \sqrt[5]{\frac{K_{sp}}{108}} = \sqrt[5]{\frac{10^{-54}}{108}} = 6,21 \cdot 10^{-12} \text{ mol/L}$$

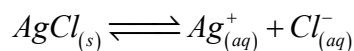
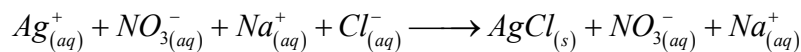
$$m(Pb_3(PO_4)_2) = sV(H_2O)M(Pb_3(PO_4)_2) = 6,21 \cdot 10^{-12} \text{ mol/L} \cdot 15L \cdot 810,3 \text{ g/mol} = 7,6 \cdot 10^{-4} \text{ mg}$$

d) Izvedba vaje:

1. Vzamemo 1mL 0,1M raztopine $AgNO_3$ in pripravimo po 10mL 0.01M, 0.001M, 0.0001M in 0.00001M raztopine. Vsaki raztopini dodamo nekaj kapljic 2M NaCl. Opazujemo pri katerih koncentracijah oborina ne nastane več!
2. Naredimo približno 30mL nasičene raztopine $PbCl_2$ in jo filtriramo skozi suh naguban filtrirni papir v suho čašo. Filtrat razdelimo v dve epruveti. Enemu delu filtrata dodamo 1mL nasičene raztopine NaCl in izločeno oborino odfiltriramo. Nato dodamo v oba dela filtrata nekaj kapljic 1M žveplove(VI) kisline in opazujemo razliko med njima!
3. Sestavimo aparaturo za določanje amonijeve soli. V bučko damo 20mL 30% HCl, v čašo, v katero vodimo izhajajoči HCl plin, pa 10mL nasičene raztopine NaCl. Solno kislino počasi segrevamo. Zakaj se izločijo kristali NaCl? Po končanem eksperimentu nalijemo vodo v aparaturo, da preprečimo izhajanje plina HCl!

e) Meritve z diskusijo:

1. *Reakcija med Ag^+ in Cl^- ioni pri različnih koncentracijah:*
Srebrov nitrat in natrijev klorid reagirata, pri čemer nastane težko topna sol – srebrov klorid. V določeni točki, ko je koncentracija srebrovih ionov dovolj majhna, oborina ne nastane več, saj topnostni produkt ni presežen.

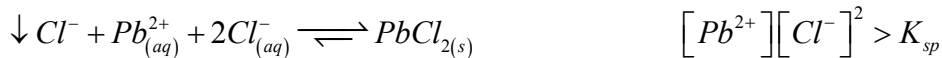
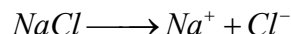


$$K_{sp} = [Ag^+][Cl^-]$$

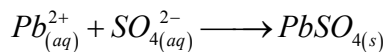
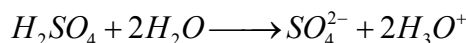
$c(AgNO_3)$	Oborina	Ravnotežje
0,01M	da	$[Ag^+][Cl^-] > K_{sp}$
0,001M	da	$[Ag^+][Cl^-] > K_{sp}$
0,0001M	delno (da)	$[Ag^+][Cl^-] \geq K_{sp}$
0,00001M	ne	$[Ag^+][Cl^-] < K_{sp}$

2. Zmanjšana topnost svinčevega klorida:

Nasičeno raztopino svinčevega klorida razdelimo na dva dela. Ko k prvemu delu nasičene raztopine dodamo kloride ione, se izloči oborina svinčevega klorida, saj se ravnotežje, zaradi dodatka produktov, pomakne v smer reaktantov. Topnostni produkt je presežen.



Oborino iz prvega dela raztopine odfiltriramo in k obema raztopinama svinčevega klorida dodamo žveplovo(V) kislino s katero reagirata v slabo topno sol – svinčev(II) sulfat(VI). V prvi raztopini nastane manj oborine, saj smo iz nje s filtracijo poprej že odstranili del sulfatnih ionov.



3. Zmanjšana topnost natrijevega klorida:

Ob segrevanju klorovodikove kisline nastaja plin vodikovega klorida, ki se raztaplja v nasičeni raztopini natrijevega klorida. Ker s tem v raztopino preidejo kloridni ioni, se ravnotežje pomakne v smer produktov, a ker je raztopina že nasičena to vodi do takojšnjega izločanja natrijevega klorida. Topnostni produkt je presežen.

