

# Chemické výpočty

Postupným rozpouštěním látky lze při jedné teplotě dosáhnout stavu, kdy se další množství látky již nerozpustí. V tom okamžiku se stává **roztok nasyceným**.

### **Nasycený roztok**

a) stav roztoku, kdy po přidání dalšího množství tuhé látky, se tuhá látky nerozpouští při dané teplotě

b) je v rovnováze roztok a tuhá látka (pevná látka)

**Nenasycený roztok** obsahuje méně rozpouštěné látky, než je schopno se rozpustit za dané teploty ve zvoleném množství rozpouštědla. Pouze z nasycených roztoků lze provádět krystalizaci, která obvykle slouží k získání rozpouštěné látky z roztoku nebo k jejímu přečištění (předpokládáme-li, že krystaly obsahují právě jen čistou látku).

### **Rozpustnost**

Nejvyšší možné množství rozpouštěné látky označujeme jako rozpustnost při dané teplotě. Rozpustnost závisí na teplotě rozpouštědla, má různou teplotní závislost a liší se pro každou látku. U většiny anorganických látek rozpustnost s teplotou roste, někdy se mění jen nepatrně a v některých případech naopak klesá. Hodnota rozpustnosti se obvykle uvádí v gramech látky na 100 g rozpouštědla.

Vypočítejte hmotnost heptahydrátu síranu železnatého k přípravě 200 g jeho nasyceného roztoku při 50 °C. Vypočítejte hmotnostní zlomek  $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$  a  $\text{FeSO}_4$  v připraveném nasyceném roztoku.

Rozpustnost zadané soli při této teplotě  $r(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}, 50 \text{ °C}) = 149 \text{ g} / 100 \text{ g}$  vody. Z tohoto údaje plyne, že při použití 149 g soli vznikne 249 g nasyceného roztoku (149 g soli + 100 g vody).

Přímou úměrou přepočteme hmotnost na požadovaných 200 g roztoku jako

$$\begin{array}{ll} 149 \text{ g hydrátu} & \dots\dots\dots (100 + 149) \text{ g roztoku} \\ x \text{ g} & \dots\dots\dots 200 \text{ g roztoku} \end{array}$$

$$x = 149 \cdot 200 / 249 = 119,7 \text{ g hydrátu}$$

Hmotnostní zlomek heptahydrátu síranu železnatého v nasyceném roztoku při 50 °C je

$$w_h = m_h / m_{\odot}$$

$$w_h = 149 / (149 + 100) = 0,5984 = 59,84 \%$$

Hmotnostní zlomek bezvodé látky v nasyceném roztoku  $w$  přepočítáme přes hmotnostní zlomek  $w(\text{FeSO}_4 / \text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})$  následovně:

$$w = m / m_{\odot}$$

$$w = m \cdot [M(\text{FeSO}_4) / M(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})] / m_{\odot}$$

$$w = 149 [151,9 / 278,2] / (149 + 100) = 0,3267 = \underline{\underline{32,67 \%}}$$

Vypočítejte hmotnost chloridu sodného a objem vody, které se spotřebují při přípravě 250 g roztoku nasyceného při teplotě 20°C. Rozpustnost NaCl při teplotě 20 °C je 36,0 g ve 100 g vody.

$$m(\text{NaCl}) = 66,2 \text{ g}, V(\text{H}_2\text{O}) = 184 \text{ ml}$$

Vypočítejte hmotnostní zlomek  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  v roztoku nasyceném při a) 20°C; b) 60°C. Rozpustnosti: při 20°C => 12 g/100g vody, při 60°C => 43 g/100g vody.

$$\text{a) } w(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 0,107, \text{ b) } w(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 0,301$$

Má být připraveno 80 g roztoku  $\text{CuCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$  nasyceného při teplotě 60°C. Vypočítejte hmotnost  $\text{CuCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$  a objem vody ( $\rho = 1,00 \text{ g/ml}$ ), které se použijí k přípravě roztoku. Rozpustnost při teplotě 60°C je 153 g ve 100 g vody.

$$m(\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 48,4 \text{ g}, V(\text{H}_2\text{O}) = 31,6 \text{ ml}$$

Ze 150 g roztoku  $\text{BaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$  nasyceného při teplotě 20°C má být připraven roztok, v němž je  $w(\text{BaCl}_2) = 2,0 \%$ . Vypočítejte množství vody, jímž se nasycený roztok zředí. Rozpustnost  $\text{BaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$  při teplotě 20°C je 44,6 g ve 100 g vody

$$V(\text{H}_2\text{O}) = 1,8 \text{ l}$$

Vypočítejte množství vody, ve kterém se rozpustí 20,0 g  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  na roztok nasycený při teplotě 20 °C. Vypočítejte hmotnost připraveného roztoku. Rozpustnost  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  při 20 °C je 36,6 g ve 100 g vody.

$$V(\text{H}_2\text{O}) = 54,6 \text{ ml} \quad m(\text{roztok}) = 74,6 \text{ g}$$

Má být připraveno 120 g roztoku  $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$  nasyceného při teplotě 50 °C. Vypočítejte objem vody (lab. teplota) a hmotnost zelené skalice ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ ), které použijete při přípravě roztoku, když:

- máme k dispozici čistý a suchý  $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$
- výchozí heptahydrát obsahuje 7,0 % nerozp. nečistot
- výchozí heptahydrát obsahuje 7,0 % vlhkosti.

Rozpustnost  $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$  při 50 °C je 149 g ve 100 g vody.

a)  $m(\text{skalice}) = 71,8 \text{ g}$ ;  $V(\text{H}_2\text{O}) = 48,2 \text{ ml}$

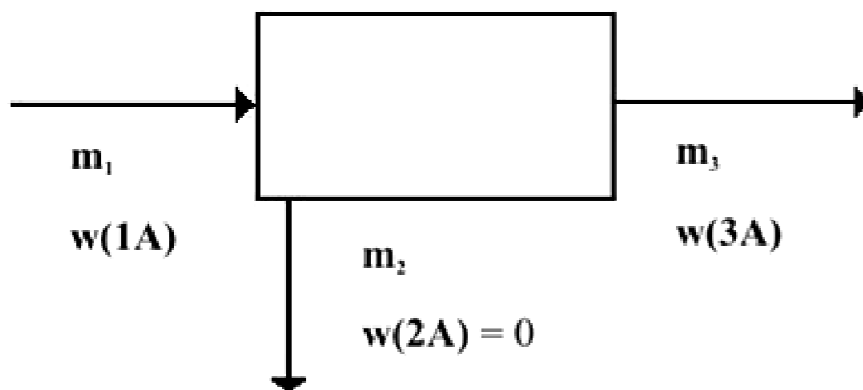
b)  $m(\text{skalice}) = 77,2 \text{ g}$ ;  $V(\text{H}_2\text{O}) = 48,2 \text{ ml}$

c)  $m(\text{skalice}) = 77,2 \text{ g}$ ;  $V(\text{H}_2\text{O}) = 42,8 \text{ ml}$

# Volná krystalizace

- a) vyloučení krystalů odpařováním rozpouštědla při konstantní teplotě (lab. teplota)
- b) necháme na vzduchu

**Volná krystalizace** – krystalizace, látka A krystalizuje volným odpařením rozpouštědla B (např. vody)



$m_1$  – hmotnost vstupního nasyceného roztoku při dané teplotě

$m_2$  – hmotnost odpařeného rozpouštědla (obvykle vody)

$m_3$  – hmotnost krystalů

$w(1A)$  – hmotnostní zlomek rozpuštěné látky, vypočtený z rozpustnosti látky A

$w(2A)$  – hmotnostní zlomek látky A v odpařeném rozpouštědle – tedy hodnota rovná nule

$w(3A)$  – hmotnostní zlomek látky A v krystalu, může být roven 1 nebo poměru hmotnosti bezvodé látky ku hmotnosti krystalohydrátu, jestliže jej látka tvoří

Hmotnostní zlomek rozpuštěné látky v nasyceném roztoku vypočítáme snadno z údaje o rozpustnosti

$$w = \frac{m(A)}{m(A) + 100}$$

A – rozpouštěná látka  
m(A) – rozpustnost ve 100 g rozpouštědla

(v tabulkách značeno např.  $m_{\text{vaq}}^{20}$ , kde 20 je teplota ve °C, vaq znamená rozpouštění ve vodě)

### **Příklad.**

Údaj z tabulek: rozpustnost  $m_v^{20} = 34,19$  g znamená rozpustnost látky (KCl) ve 100g vody při 20°C.

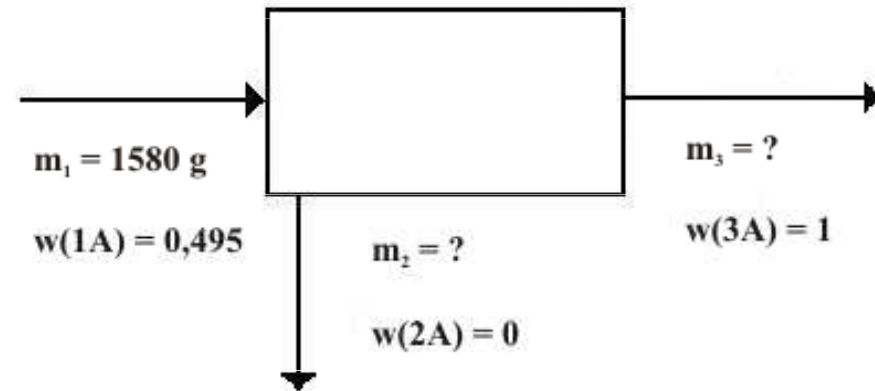
Hmotnostní zlomek vypočteme ze vztahu

$$w(\text{KCl}) = \frac{34,19}{34,19 + 100} = \underline{0,255}$$

Krystalizace  $\text{CuCl}_2$  odpařováním (volná) probíhá z nasyceného roztoku při  $80\text{ }^\circ\text{C}$ . Hmotnost vstupního roztoku je  $1580\text{ g}$ . Vypočtete:

- kolik vody je nutné odpařit, aby vznikly suché krystaly?
- hmotnost suchých krystalů?

Označení A je  $\text{CuCl}_2$ , B je  $\text{H}_2\text{O}$ .



$$m_3 = m_1 \cdot w(1A) = 1580 \cdot 0,495 = 782,1\text{ g CuCl}_2$$

$$m_2 = m_1 - m_3 = 1580 - 782,1 = 797,9\text{ g vody}$$

- Je třeba odpařit  $797,9\text{ g}$  vody.
- Vznikne  $782,1\text{ g}$  krystalů  $\text{CuCl}_2$ .



## Kolik gramů krystalů vznikne po odpaření 50 g vody z 200 g nasyceného roztoku NaCl?

Rozpustnost chloridu sodného je 36 g / 100 g vody při 20 °C. Ve 200 g nasyceného roztoku při této teplotě je rozpuštěno

$$\begin{array}{l} 36 \text{ g NaCl} \dots\dots\dots (100 + 36) \text{ g nasyceného roztoku} \\ x \text{ g NaCl} \dots\dots\dots 200 \text{ g nasyceného roztoku} \\ x = 36 \cdot 200/136 = 52,94 \text{ g NaCl} \end{array}$$

Po odpaření 50 g vody budeme mít 150 g směsi nasyceného roztoku a krystalů NaCl. Hmotnost krystalů spočítáme z rozpustnosti – jaká hmotnost NaCl odpovídá odpařeným 50 g vody (tzn. jaké množství NaCl už nemá vodu na rozpuštění?):

$$\begin{array}{l} 36 \text{ g NaCl} \dots\dots\dots 100 \text{ g vody} \\ x \text{ g NaCl} \dots\dots\dots 50 \text{ g vody} \\ x = 36 \cdot 50/100 = 18 \text{ g NaCl} \end{array}$$

*Po odpaření 50 g vody bude tedy 18 g NaCl ve formě krystalů a (52,94 - 18) g bude rozpuštěno v nasyceném roztoku.*

Roztok obsahuje 36,5 g dusičnanu cesného. Vypočítejte na jakou hmotnost se má směs zahustit (odpařit), aby byl získán roztok nasycený při teplotě 100°C. Rozpustnost  $\text{CsNO}_3$  při teplotě 100°C je 197 g ve 100 g vody.

$$m(\text{roztok}) = 55,0 \text{ g}$$

Ve 450 g roztoku je rozpuštěno 60,0 g  $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ . Vypočítejte hmotnost vody, která se musí z roztoku odpařit, aby zahuštěný roztok byl roztokem nasyceným při 25°C. Rozpustnost  $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  při teplotě 25°C je 24,4 g ve 100 g vody.

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 144 \text{ g}$$

Volnou krystalizací při teplotě 20°C má být z roztoku obsahujícího 60 g látky C a 180 g vody získáno 45 g látky C. Vypočítejte hmotnost vody, která se musí z roztoku odpařit. Rozpustnost látky C při teplotě 20°C je 45 g ve 100 g vody.

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 147 \text{ g}$$

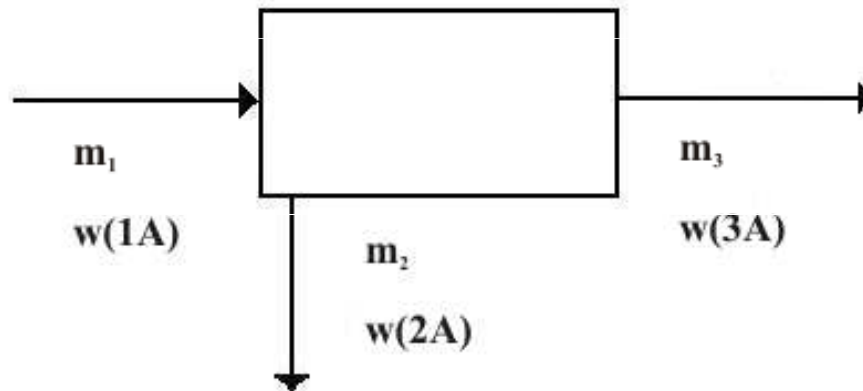
Rozpuštěním 52,0 g látky B ve vodě byl připraven roztok nasycený při teplotě 20°C. Vypočítejte hmotnost vody, která se musí odpařit, aby bylo volnou krystalizací získáno 30 g krystalů látky B. Rozpustnost látky B při teplotě 20°C je 47,3 g ve 100 g vody.

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 63,4 \text{ g}$$

# Rušená krystalizace

- Ochlazení nasyceného roztoku látky se přebytečné množství látky vyloučí (rozpustnost se s rostoucí teplotou zvětšuje)
- vychladnutí -> krystal

**Rušená krystalizace** – krystalizace, kde se vstupní nasycený roztok při dané teplotě  $t_1$  ochladí na teplotu  $t_2$ , tím dojde ke změně rozpustnosti látky A a k rozdělení na fázi tuhou a kapalnou. Jsou možné i výjimky, kdy je třeba roztok zahřát.



$m_1$  – hmotnost vstupního nasyceného roztoku při teplotě  $t_1$

$m_2$  – hmotnost výstupního nasyceného roztoku při teplotě  $t_2$

$m_3$  – hmotnost krystalů

$w(1A)$  – hmotnostní zlomek rozpuštěné látky, vypočtený z rozpustnosti látky A při teplotě  $t_1$

$w(2A)$  – hmotnostní zlomek rozpuštěné látky, vypočtený z rozpustnosti látky A při teplotě  $t_2$

$w(3A)$  – hmotnostní zlomek látky A v krystalu, může být roven 1 nebo poměru hmotnosti bezvodé látky ku hmotnosti krystalohydrátu, jestliže jej látka tvoří.

Celková bilance – celková hmotnost vstupních a výstupních proudů:

$$m_1 = m_2 + m_3$$

tedy vstup (roztok) se rovná dvěma výstupním proudům (krystaly a zbytek, podle typu krystalizace).

Bilance složky A:

$$m_1 * w(1A) = m_2 * w(2A) + m_3 * w(3A)$$

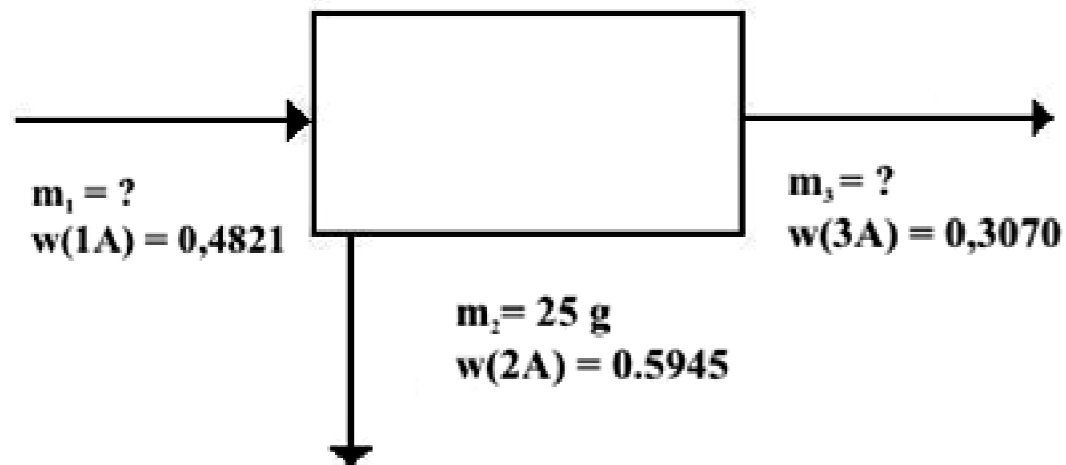
Bilance složky B

$$m_1 * w(1B) = m_2 * w(2B) + m_3 * w(3B)$$

Z těchto 3 rovnic je matematicky možno vypočítat vstupní nebo výstupní množství látek A a rozpouštědla B.

Vypočtete hmotnost vstupního roztoku pro krystalizaci rušenou  $\text{SrCl}_2$ , krystalizuje ve formě  $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Ochlazení z  $80\text{ }^\circ\text{C}$  na  $0\text{ }^\circ\text{C}$ . Výstupní hmotnost krystalů  $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  je 25 g.

Označení A je  $\text{SrCl}_2$ , B je  $\text{H}_2\text{O}$ .



$$m_1 = 25 + m_3$$

$$0,4821 * m_1 = 25 * 0,5945 + m_3 * 0,307$$

$$m_1 = 41,05\text{ g}$$

$$m_3 = 16,05\text{ g}$$

Pro získání 25 g krystalů  $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  musíme připravit 41,05 g vstupního roztoku.

**Rušenou krystalizaci lze například provést přečistění dusičnanu amonného. Jakou hmotnost krystalů získáme ochlazením roztoku nasyceného při 60 °C o hmotnosti 521 g na teplotu 20 °C?**

Rozpustnosti dusičnanu při 60 °C a 20 °C jsou:

$$r(\text{NH}_4\text{NO}_3, 60 \text{ °C}) = 421 \text{ g} / 100 \text{ g vody}$$

$$r(\text{NH}_4\text{NO}_3, 20 \text{ °C}) = 192 \text{ g} / 100 \text{ g vody.}$$

Když se při vyšší teplotě rozpustí 421 g a při nižší jen 192 g (obojí na 100 g vody), pak rozdíl hmotností  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  vykristalizuje při nižší teplotě v nasyceném roztoku dusičnanu amonného.

V nasyceném roztoku zůstane rozpuštěno právě 192 g. Výtěžek rušené krystalizace pak vypočítáme jako rozdíl rozpustnosti mezi těmito dvěma teplotami  $421 - 192 = 229 \text{ g}$  (krystalů  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ).

Výtěžek je možno převést i na procentní výtěžek z hmotnosti použité soli:  
 $229 \text{ g} / 421 \text{ g} \sim 54,39 \%$ .

Z roztoku dusičnanu měďnatého, jehož hmotnost je 124 g a hmotnostní zlomek  $w(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 0,140$ , má být volnou krystalizací při teplotě 20 °C získáno 10,0 g  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$ . Vypočítejte hmotnost vody, která se z roztoku musí odpařit. Rozpustnost  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$  při teplotě 20°C je 252 g ve 100 g vody.

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 96,7 \text{ g}$$

V laboratoři má být připraveno 22,5 g krystalů  $\text{KNO}_3$  rušenou krystalizací – ochlazením výchozího roztoku, nasyceného při 50 °C, na teplotu 20 °C. Rozpustnost  $\text{KNO}_3$  při uvedených teplotách činí 84,2 (50 °C), resp. 31,9 (20 °C) g  $\text{KNO}_3$  na 100 g vody. Vypočtete hmotnost výchozího nasyceného roztoku dusičnanu draselného při teplotě 50 °C.

$$m \text{ roztoku} = 79,2 \text{ g.}$$

Vypočtete, kolik gramů heptahydrátu síranu železnatého se vyloučí, jestliže 255 gramů roztoku nasyceného při 50 °C ochladíme na 20 °C. Hodnoty rozpustnosti pro tyto dvě teploty činí 150,2 (při 50 °C) a 61,5 (při 20 °C) g  $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$  na 100 g vody.

$$m \text{ kryst.} = 90,4 \text{ g hydrátu}$$

Vypočtěte, zda ochlazením roztoku chloridu sodného (v němž  $w_{\text{NaCl}} = 0,254$ ) z teploty 100 °C na teplotu 10 °C vzniknou krystaly, a pokud ano, vypočtěte jejich výtěžek. Rozpustnost chloridu sodného při teplotě 10 °C je 26,3 g NaCl na 100 g H<sub>2</sub>O.

Krystaly vzniknou, výtěžek bude 22,8 %.

Vypočtěte, kolik gramů krystalů heptahydrátu síranu železnatého vznikne ochlazením 948 gramů roztoku FeSO<sub>4</sub>, nasyceného při 60 °C, na teplotu 20 °C. Jsou známy hodnoty rozpustnosti: při 60 °C je to 185,5 g FeSO<sub>4</sub> · 7 H<sub>2</sub>O na 100 g vody, při 20 °C 61,5 g FeSO<sub>4</sub> · 7 H<sub>2</sub>O na 100 g vody.

m kryst. = 412 g

Výchozí roztok chloridu barnatého o teplotě 60 °C, obsahující 25,5 hmotn. % BaCl<sub>2</sub>, byl ochlazen na 20 °C, přičemž vzniklo 18,8 g krystalů BaCl<sub>2</sub> · 2 H<sub>2</sub>O. Rozpustnost dihydrátu chloridu barnatého při 20 °C činí 38,4 g BaCl<sub>2</sub> · 2 H<sub>2</sub>O na 100 g vody. Vypočtěte hmotnost zbylého roztoku (nasyceného při 20 °C) a hmotnostní zlomek BaCl<sub>2</sub> v tomto roztoku.

m roztok = 608 g ,  $w_{\text{BaCl}_2} = 0,264$



Nasyčený roztok dusičnanu olovnatého o celkové hmotnosti 315 gramů a teplotě 80 °C, obsahující 52,7 hm %  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  byl ochlazen na teplotu 10 °C, přičemž se vyloučilo celkem 95,5 g krystalů  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ . Vypočtete hmotnostní zlomek a rozpustnost dusičnanu olovnatého v nasyceném roztoku při 10 °C a vyčíslete procentuální výtěžek rušené krystalizace.

$w = 0,321$  ;  $r_{10^\circ\text{C}} = 47,3$  g  $\text{PbNO}_3$  na 100 g vody ; výtěžek = 57,5 %

Výchozí roztok tetraboritanu sodného o teplotě 80 °C, který obsahuje 12,8 hmotn. %  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ , bude ochlazen na 20 °C. Zjistěte, zda se vyloučí krystaly a pokud ano, vypočtete jejich výtěžek. Tetraboritan sodný krystalizuje ve formě dekahydrátu, je známa hodnota jeho rozpustnosti při 20 °C: 4,97 g  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$  na 100 g vody.

krystaly se vyloučí, výtěžek = 84,5 %

Rušenou krystalizací má být připraveno 122 g krystalů pentahydrátu  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ . Výchozí roztok, nasycený při 80 °C, obsahuje 36,3 hmotn. %  $\text{CuSO}_4$ . Po ochlazení na 30 °C bude zbylý nasycený roztok obsahovat 19,3 hmotn. %  $\text{CuSO}_4$ . Vypočtete hmotnost výchozího nasyceného roztoku, výtěžek krystalů a hodnotu rozpustnosti  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  při 30 °C.

m roztok = 320 g , výtěžek % = 67,1 % ,  $r = 43,2$  g na 100 g vody .

Z výchozího roztoku síranu hořečnatého o teplotě 70 °C byly po ochlazení na teplotu 20 °C získány krystaly  $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$  o celkové hmotnosti 47,5 g. Ve zbylém roztoku byla zjištěna hustota  $1,38 \text{ g cm}^{-3}$  a hmotnostní koncentrace  $\text{MgSO}_4$   $346,4 \text{ mg cm}^{-3}$ . Výtěžek krystalizace byl 55,8 %. Vypočtete hmotnost výchozího roztoku a určete, zda tento roztok byl nasycený. Rozpustnost  $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$  při teplotě 70 °C je 309,1 g  $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$  na 100 g vody.

m roztok = 121 g , výchozí roztok nebyl nasycený ( $w \text{MgSO}_4 = 0,344$ )

Vypočtete výtěžek rušené krystalizace, jestliže výchozí roztok uhličitanu sodného o teplotě 70 °C a obsahu 29,8 hmotn. %  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ochladíme a) na 50 °C, b) na 25 °C. Uhličitan sodný krystaluje jako dekahydrát a hodnoty rozpustnosti jsou 773 (50 °C), resp. 173 (25 °C) gramů  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$  na 100 g vody.

a) krystaly se nevyloučí (výtěžek 0 %)

b) výtěžek bude 58 %.

Kolik g vody je třeba odpařit z 1 kg 30% roztoku  $\text{ZnSO}_4$ , abychom při teplotě  $40^\circ\text{C}$  získali nasycený roztok? Kolik g  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$  vykrystalizuje jeho ochlazením na  $10^\circ\text{C}$ ?  $r(\text{ZnSO}_4, 40^\circ\text{C}) = 70 \text{ g} / 100 \text{ g vody}$ ,  $r(\text{ZnSO}_4, 10^\circ\text{C}) = 47 \text{ g} / 100 \text{ g vody}$

271.4 g  $\text{H}_2\text{O}$ , 277.3 g  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$

Smícháme 50 ml 20%  $\text{HCl}$  ( $\rho = 1,1 \text{ kg/l}$ ) s ekvivalentním množstvím 15%  $\text{KOH}$ . Kolik vody je třeba odpařit, aby vznikl nasycený roztok  $\text{KCl}$  při teplotě  $90^\circ\text{C}$  a kolik g  $\text{KCl}$  se vyloučí při ochlazení roztoku na  $15^\circ\text{C}$ ?  $r(\text{KCl}, 90^\circ\text{C}) = 54 \text{ g} / 100 \text{ g vody}$ ,  $r(\text{ZnSO}_4, 15^\circ\text{C}) = 32.5 \text{ g} / 100 \text{ g vody}$

103.7 g  $\text{H}_2\text{O}$ , 8.97 g  $\text{KCl}$

V jakém množství vody je třeba rozpustit 50 g krystalické sody ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ), aby při teplotě  $20^\circ\text{C}$  vznikl nasycený roztok?  $r(\text{Na}_2\text{CO}_3, 20^\circ\text{C}) = 18 \text{ g} / 100 \text{ g roztoku}$ .

52.8 g