

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 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

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

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

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:

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

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

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

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.

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

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:

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

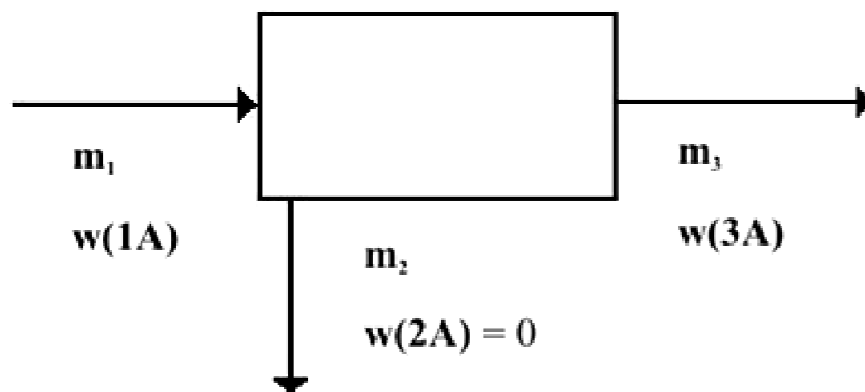
Rozpustnost $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ při 50 °C je 149 g ve 100 g vody.

- 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_{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.

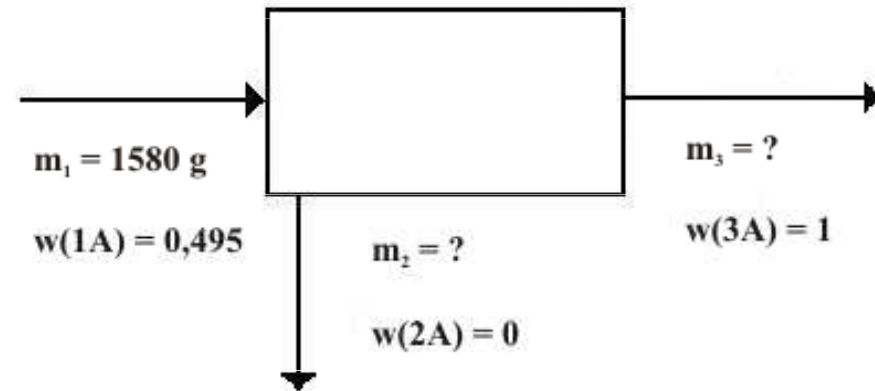
Hmotnostní zlomek vypočteme ze vztahu

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

Krystalizace CuCl_2 odpařováním (volná) probíhá z nasyceného roztoku při $80\text{ }^\circ\text{C}$. Hmotnost vstupního roztoku je 1580 g . Vypočtete:

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

Označení A je CuCl_2 , B je H_2O .



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

- Je třeba odpařit $797,9\text{ g}$ vody.
- Vznikne $782,1\text{ g}$ krystalů 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 CsNO₃ 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 KCr(SO₄)₂ · 12 H₂O. Vypočítejte hmotnost vody, která se musí z roztoku odpařit, aby zahuštěný roztok byl roztokem nasyceným při 25°C. Rozpustnost KCr(SO₄)₂ · 12H₂O 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.

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

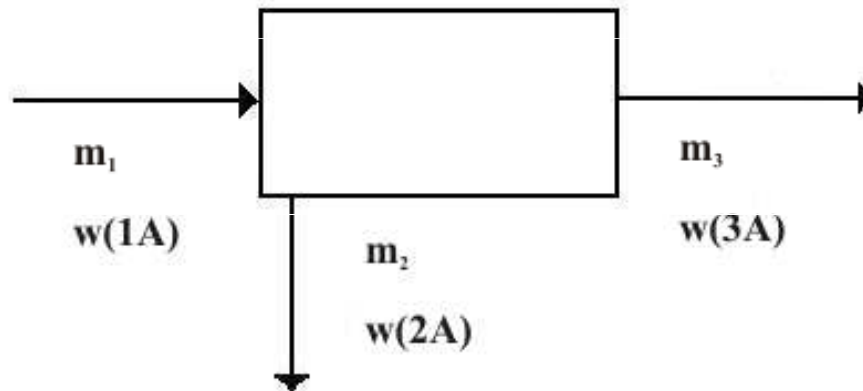
Rozpuštěním 52,0 g látky B ve vodě byl připraven roztok nasycený při teplotě 20°C. Vypočítejte hmotnost vody, která se musí odpařit, aby bylo volnou krystalizací získáno 30 g krystalů látky B. Rozpustnost látky B při teplotě 20°C je 47,3 g ve 100 g vody.

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

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:

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

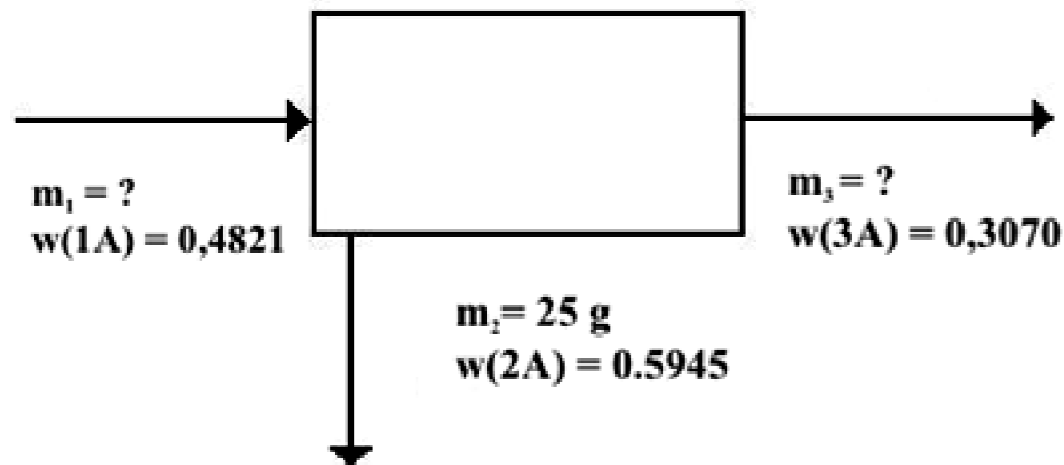
Bilance složky B

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

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

Vypočtete hmotnost vstupního roztoku pro krystalizaci rušenou 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 SrCl_2 , B je H_2O .



$$m_1 = 25 + m_3$$

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

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

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

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 NH_4NO_3 vykrytalizuje 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 NH_4NO_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 KNO_3 rušenou krystalizací – ochlazením výchozího roztoku, nasyceného při 50 °C, na teplotu 20 °C. Rozpustnost KNO_3 při uvedených teplotách činí 84,2 (50 °C), resp. 31,9 (20 °C) g 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.

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

Vypočtete, 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, vypočtete jejich výtěžek. Rozpustnost chloridu sodného při teplotě 10 °C je 26,3 g NaCl na 100 g H₂O.

Krystaly vzniknou, výtěžek bude 22,8 %.

Vypočtete, kolik gramů krystalů heptahydrátu síranu železnatého vznikne ochlazením 948 gramů roztoku FeSO₄, nasyceného při 60 °C, na teplotu 20 °C. Jsou známy hodnoty rozpustnosti: při 60 °C je to 185,5 g FeSO₄ · 7 H₂O na 100 g vody, při 20 °C 61,5 g FeSO₄ · 7 H₂O na 100 g vody.

m kryst. = 412 g

Výchozí roztok chloridu barnatého o teplotě 60 °C, obsahující 25,5 hmotn. % BaCl₂, byl ochlazen na 20 °C, přičemž vzniklo 18,8 g krystalů BaCl₂ · 2 H₂O. Rozpustnost dihydrátu chloridu barnatého při 20 °C činí 38,4 g BaCl₂ · 2 H₂O na 100 g vody. Vypočtete hmotnost zbylého roztoku (nasyceného při 20 °C) a hmotnostní zlomek BaCl₂ 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.

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

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. % CuSO_4 . Po ochlazení na 30 °C bude zbylý nasycený roztok obsahovat 19,3 hmotn. % 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 MgSO_4 $346,4 \text{ mg cm}^{-3}$. Výtěžek krystalizace byl 55,8 %. Vypočtěte 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 ($w \text{MgSO}_4 = 0,344$) .

Vypočtěte výtěžek rušené krystalizace, jestliže výchozí roztok uhličitanu sodného o teplotě 70 °C a obsahu 29,8 hmotn. % Na_2CO_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 %.

Chemická rovnice

- 1) specifikuje látky, které do reakce vstupují (výchozí látky, reaktanty) a látky reakcí vznikající (produkty).
- 2) vyjadřuje počet molekul, látková množství či hmotnosti reagujících látek a produktů

Při řešení příkladů z chemických rovnic vycházíme z poměru stechiometrických koeficientů látek zapsaných v chemické rovnici. Stechiometrické koeficienty v chemické rovnici vyjadřují poměr látkových množství reagujících látek.

Při výpočtu postupujeme následovně:

1. **Zapišeme** chemickou rovnicí daný **chemický děj**.
2. **Vyrovnáme stechiometrické koeficienty** v rovnici tak, aby platila rovnost počtu atomů na levé a pravé straně rovnice.
3. Z rovnice **vyjádříme** pomocí přímé úměrnosti **počet molů** zadané látky a na druhou stranu počet molů vznikající látky. Toto **množství vyjádříme v gramech** a do přímé úměrnosti dopíšeme **množství hledané látky jako x**, a množství látky zadané v jednotkách hmotnosti a vypočítáme x.

Pokud do reakce nevstupují reaktanty v poměru, který odpovídá chemické rovnici, musíme nejprve určit **limitní reagent**, = reaktant, který bude určovat množství vzniklého produktu. Ostatní reaktanty jsou vůči limitnímu reagentu **v nadbytku** a po proběhnutí reakce se jejich nezreagovaná část nachází ve výsledné směsi.

Výpočty s plynnými reaktanty/produkty

Molární objem V_m

Za normálních podmínek ($T = 273,15 \text{ K} = 0 \text{ °C}$, $p = 101,325 \text{ kPa}$) zaujímá 1 mol (ideálního) plynu objem $22,4 \text{ dm}^3$.

$$V_m = 22,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$$

Pokud nejsou splněny normální (standardní) podmínky ($T = 273,15 \text{ K}$, $p = 101,325 \text{ kPa}$), pak tento vztah nemůžeme použít a musíme použít **stavovou rovnici ideálního plynu**.

Vypočítejte hmotnost sulfidu měďného, který vznikne reakcí 16 g mědi se sírou.

POSTUP I - s využitím úvahy a trojčlenky:

Sestavíme rovnici reakce: $2 \text{Cu} + \text{S} \rightarrow \text{Cu}_2\text{S}$

Úvaha: ze 2 mol mědi vznikne 1 mol sulfidu měďného

Určíme molární hmotnosti obou látek

$M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g/mol}$ a $M(\text{Cu}_2\text{S}) = 159 \text{ g/mol}$

Určíme hmotnosti obou látek

$m(\text{Cu}) = n(\text{Cu}) \cdot M(\text{Cu})$

$m(\text{Cu}) = 2 \cdot 63,5 = 127 \text{ g}$

$m(\text{Cu}_2\text{S}) = n(\text{Cu}_2\text{S}) \cdot M(\text{Cu}_2\text{S})$

$m(\text{Cu}_2\text{S}) = 1 \cdot 159 = 159 \text{ g}$

Úvaha: Ze 127 g mědi vznikne 159 g sulfidu měďného.

Kolik gramů sulfidu měďného vznikne z 16 g mědi ?

127 g Cu 159 g Cu_2S

16 g Cu x g Cu_2S

$x : 159 = 16 : 127$

$x \cdot 127 = 159 \cdot 16$

$x = 20 \text{ g}$

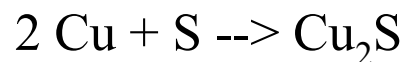
Reakcí 16 g mědi vznikne 20 g sulfidu měďného.

Vypočítejte hmotnost sulfidu měďného, který vznikne reakcí 16 g mědi se sírou.

POSTUP II - s využitím vzorce:

$$m(\mathbf{B}) = \frac{\mathbf{b}}{\mathbf{a}} \cdot \frac{\mathbf{M}(\mathbf{B})}{\mathbf{M}(\mathbf{A})} \cdot m(\mathbf{A})$$

Sestavíme rovnici reakce



Určíme:

A ... Cu

B ... Cu₂S

a = 2

b = 1

M(A) = 63,5 g/mol

M(B) = 159 g/mol

m(A) = 16 g

m(B) ... ?

Dosadíme do vzorce a vypočítáme:

m(B) = 20 g

Reakcí 16 g mědi vznikne 20 g sulfidu měďného.

kde:

A ... látka jejíž hmotnost je známá

B ... látka jejíž hmotnost je neznámá

a ... látkové množství látky A

b ... látkové množství látky B

M(A) ... molární hmotnost látky A

M(B) ... molární hmotnost látky B

m(A) ... hmotnost látky A

m(B) ... hmotnost látky B

Při rozpouštění uhlíku v roztaveném železe vzniká cementit Fe₃C. Určete hmotnost vzniklého cementitu, jestliže se rozpustí 5 g uhlíku. $M_r(\text{Fe}_3\text{C}) = 55,8 \cdot 3 + 12 = 179,4$

Zapíšeme chemickou rovnici a vyrovnáme koeficienty:



Podle rovnice: 1mol C.....1mol Fe₃C

12g C.....179,4g Fe₃C

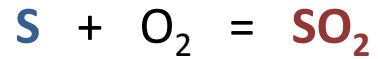
5g C.....x g Fe₃C

$$x = 5 \cdot 179,4 / 12 = 74,8 \text{ g Fe}_3\text{C}$$

Rozpuštěním 5g uhlíku vznikne 74,8 g cementitu.

Síra hoří za vzniku oxidu siřičitého. Určete, kolik litrů oxidu siřičitého vznikne shořením 10 g síry.

Chemická rovnice vyjadřující daný chemický děj:



Podle rovnice: 1mol S.....1mol SO₂

32g S..... 22,4 l SO₂

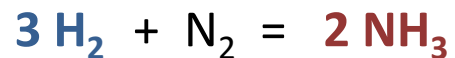
10g S.....x l SO₂

$$x = 10 \cdot 22,4 / 32 = 7 \text{ l SO}_2$$

Shořením 10g síry vznikne 7 litrů oxidu siřičitého.

Kolik dm³ amoniaku vznikne reakcí 15 g vodíku s odpovídajícím množstvím dusíku za normálních podmínek ?

Rovnice:



Z rovnice vyplývá: 3 moly H₂.....2 moly NH₃

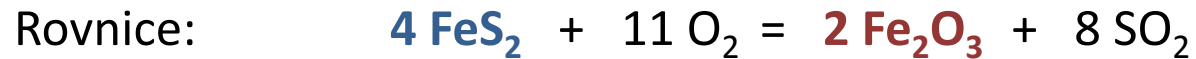
6g H₂.....44,8 dm³ NH₃

15g H₂..... x dm³ NH₃

$$x = 15 \cdot 44,8 / 6 = 11,2 \text{ dm}^3 \text{ NH}_3$$

Reakcí 15 g vodíku s dusíkem vznikne 11,2 litrů amoniaku.

Kolik kg oxidu železitého vznikne pražením 100 kg pyritu FeS_2 ?



$M_r(\text{FeS}_2) = 120, M_r(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 160$

Z rovnice vyplývá: 4 moly FeS_22 moly Fe_2O_3

480 kg FeS_2320 kg Fe_2O_3

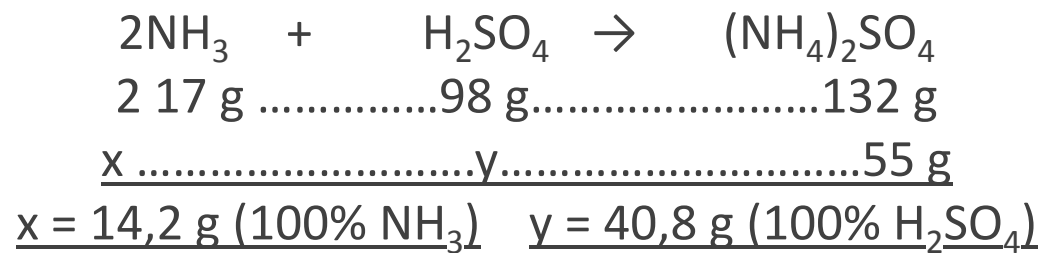
100 kg FeS_2x kg Fe_2O_3

$$x = 100 \cdot 208 / 480 = 43,3 \text{ kg } \text{Fe}_2\text{O}_3$$

Pražením 100 kg pyritu vznikne 43,3 kg oxidu železitého.

Kolik cm^3 10% roztoku amoniaku ($\rho = 0,9575 \text{ g.cm}^{-3}$) a kolik 20% roztoku H_2SO_4 ($\rho = 1,1394 \text{ g.cm}^{-3}$) je třeba pro přípravu 55 g síranu amonného?

Napišeme rovnici reakce a pod ni uvedeme relativní molekulové hmotnosti reaktantů a produktu. Pak sestavíme přímé úměry, s jejichž pomocí vypočítáme, kolik gramů 100% amoniaku a kyseliny sírové by muselo zreagovat, aby vzniklo 55 g síranu amonného:



Pomocí nepřímé úměry vypočítáme hmotnost 10% roztoku amoniaku, ve kterém je obsaženo 14,2 g amoniaku. Stejným způsobem vypočítáme hmotnost 20% roztoku kyseliny sírové:

$$\begin{array}{r}
 14,2 \text{ g} \dots\dots\dots 100 \% \qquad 40,8 \text{ g} \dots\dots\dots 100 \% \\
 x \dots\dots\dots 10 \% \qquad y \dots\dots\dots 20 \% \\
 \underline{x = 142 \text{ g}} \qquad \underline{y = 204 \text{ g}}
 \end{array}$$

S využitím vztahu $V = m/\rho$ přepočteme zjištěné hmotnosti obou roztoků na objem:

Amoniak: $V = 142/0,9575 = \underline{148,3 \text{ cm}^3}$

Kyselina sírová: $V = 204/1,1394 = \underline{179 \text{ cm}^3}$

Pro přípravu 55 g síranu amonného je třeba použít $148,3 \text{ cm}^3$ 10% roztoku amoniaku a 179 cm^3 20% kyseliny sírové.

Z roztoku obsahující 1 g síranu alkalického kovu bylo nadbytkem chloridu barnatého vysráženo 1,3394 g síranu barnatého. Vypočítejte střední relativní atomovou hmotnost kovu. $M(\text{BaSO}_4) = 233,40 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Neznámý kov označíme např. písmenem **A**.

$$m(\text{A}_2\text{SO}_4) = m_1 = 1,0000 \text{ g}$$

$$m(\text{BaSO}_4) = m_2 = 1,3394 \text{ g}$$

$$M(\text{BaSO}_4) = M_2 = 233,40 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

Vyjádříme reakci chemickou rovnicí: $\text{A}_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 \rightarrow \text{BaSO}_4 + 2 \text{ ACl}$

Z vyčíslené rovnice vyplývá pro poměr reaktantu a produktu: $n(\text{A}_2\text{SO}_4)/n(\text{BaSO}_4) = 1/1$

Látkové množství vypočítáme ze vzorce $n=m/M$

Tedy po dosazení do vztahu vyplývající z rovnice a vyjádření molární hmotnosti A_2SO_4 dostaneme:

$$M_1 = m_1 \cdot M_2 / m_2 = 1,0000 \cdot 233,40 / 1,3394 \approx 174,26 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

Výpočtem jsme zjistili molární hmotnost A_2SO_4 .

Relativní hmotnost je číselně rovna molární hmotnosti, relativní hmotnost A_r , tedy získáme:

$$A^{\text{str}}(\text{A}) = (M^{\text{str}}(\text{A}_2\text{SO}_4) - A^{\text{str}}(\text{S}) - (4 \cdot A^{\text{str}}(\text{O}))) / 2 = (174,26 - 32,07 - (4 \cdot 16,00)) / 2 \approx 39,10$$

Střední relativní atomová hmotnost kovu je 39,10. V tabulkách nalezneme, že se jedná o draslík.

Příklad Kolik kg vápna získáme vypálením 340 kg vápence, který obsahuje 95 % CaCO_3 ?



340 kg vápence100 %

x kg CaCO_3 95 %

$$x = 95 * 340 / 100 = 323 \text{ kg}$$

ze 100 kg56 kg CaO

z 323 kg x kg

$$x = 56 * 323 / 100 = \underline{180 \text{ kg vápna}}$$

Příklad: Kolik g rtuti a kolik dm^3 kyslíku vznikne rozkladem 108 g HgO ?



$2 * 217\text{g} \rightarrow 2 * 201\text{g} + 22,4 \text{ dm}^3$

ze 434 g HgO 402 g Hg

ze 108 g HgO x g

$$x = 402 * 108 / 434 = 100 \text{ g Hg}$$

ze 434 g HgO 22,4 dm^3

ze 108 g HgO x dm^3

$$x = 108 * 22,4 / 434 = 5,6 \text{ dm}^3 \text{ O}_2$$

Vypočítej hmotnost chloridu olovnatého, který vznikne z 10 g dusičnanu olovnatého. (Reaguje dusičnan olovnatý s kyselinou chlorovodíkovou, vzniká chlorid olovnatý a kyselina dusičná)

[8,4 g]

Vypočítej hmotnost uhličitanu barnatého, který získáme za normálních podmínek působením 1 dm³ CO₂ na hydroxid barnatý. (Reaguje hydroxid barnatý s oxidem uhličitým za vzniku uhličitanu barnatého a vody).

[8,8 g]

Reakcí vody se sodíkem vzniká hydroxid sodný a vodík. Urči hmotnost vody, která reaguje s 1g sodíku.

[0,78 g]

Kolik gramů KClO_3 je třeba rozložit teplem, aby se za normálních podmínek získalo $98 \text{ dm}^3 \text{ O}_2$?

$$M(\text{KClO}_3) = 122,6 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$m_2 = 357,58 \text{ g}$$

Rozpuštěním $36,6 \text{ g}$ znečištěného hořčíku ve zředěné H_2SO_4 bylo získáno 353 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{ H}_2\text{O}$. Kolik procent nečistot obsahoval hořčík?

$$M(\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{ H}_2\text{O}) = 246,43 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}, M(\text{Mg}) = 24,31 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

5 %

Vypočítejte objemy 24% H_2SO_4 , která má hustotu $1,1704 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, a vodného roztoku NH_3 o koncentraci $3,2 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$, jejichž reakcí vznikne 10 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

$$M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98,07 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}, M((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = 132,13 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$\text{Objem } 24 \% \text{ H}_2\text{SO}_4: V = 26,42 \text{ cm}^3$$

$$\text{Objem roztoku NH}_3: V = 47,36 \text{ cm}^3$$

Směs $7,16 \text{ g}$ $\text{NaOH} + \text{KOH}$ reaguje s HCl za vzniku $10,08 \text{ g}$ směsi chloridů. Jaké je složení směsi hydroxidů? $M(\text{NaOH}) = 40,00$, $M(\text{KOH}) = 56,10$, $M(\text{NaCl}) = 58,44$, $M(\text{KCl}) = 74,55$

/ 2,96 g KOH a 4,2 g NaOH /

Kolik dm^3 oxidu uhličitého je potřeba za normálních podmínek, aby ztuhla malta, která obsahuje 10 kg $\text{Ca}(\text{OH})_2$?

$$M(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 74,09 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$V = 3024 \text{ dm}^3$$

Vypočítejte objem vzduchu za normálních podmínek; ($\varphi(\text{O}_2) = 0,21$) potřebného k oxidaci 140 kg suroviny s obsahem 78 % FeS_2

$$M(\text{FeS}_2) = 120,00 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$V = 267 \text{ m}^3$$

Železné hřebíky o celkové hmotnosti 15,99 g byly vloženy do 350 gramů horkého roztoku síranu měďnatého $w(\text{CuSO}_4) = 0,14$. Vypočítejte hmotnost vyloučené mědi a hmotnost nezreagované síranu měďnatého.

$$M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$M(\text{Fe}) = 55,8 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$M(\text{CuSO}_4) = 160,00 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$M(\text{FeSO}_4) = 152,00 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

Látkové množství nezreagovaného síranu měďnatého = 0.0197 mol

Tepelným rozkladem uhličitanu vápenatého vzniká pálené vápno (CaO) a oxid uhličitý. Vypočítejte, kolik gramů těchto sloučenin vznikne z 20 g uhličitanu vápenatého.

Tepelným rozkladem 20 g CaCO₃ vzniká 11,2 g CaO a 8,8 g CO₂.

Kolik gramů HgO se rozložilo při vzniku 448 cm³ kyslíku. HgO → Hg + O₂

Při reakci se rozložilo 8,66 g HgO.

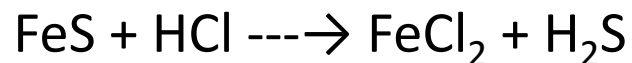
Vypočítejte, kolik dm³ NO vznikne reakcí 10 g mědi s kyselinou dusičnou za standardních podmínek. Cu + HNO₃ → Cu(NO₃)₂ + NO + H₂O

Při reakci vznikne 8,35 dm³ NO.

Kolik g CaCl₂ vznikne reakcí 30 g Ca(OH)₂ s kyselinou chlorovodíkovou, je-li účinnost reakce 98 %? Ca(OH)₂ + HCl → CaCl₂ + H₂O

Při reakci vznikne 44,06 g CaCl₂.

Kolik g FeS je potřeba na přípravu 4,5 dm³ H₂S, je-li účinnost reakce 96 %?



Na reakci je potřeba 18,5 g FeS.

Ve vodě bylo rozpuštěno 50 g pentahydrátu síranu měďnatého. Vypočítejte, jaké množství práškového zinku je nutno k roztoku přidat, aby se z něj vyloučila veškerá měď?
(13,1 g Zn)

Kolik g vody zreaguje s 80 g sodíku a kolik dm³ vodíku se reakcí za standardních podmínek uvolní? $\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \text{H}_2$

[62,6 g H₂O, 38,98 dm³ H₂]

Kolik g NH₃ vznikne při reakci 200 g (NH₄)₂SO₄ s NaOH, je-li výtěžnost reakce 98 ?
 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$

[50,48 g NH₃]

Hořením 5 g černého uhlí vzniklo 7,5 dm³ oxidu uhličitého (za normálních podmínek). Určete hmotnostní procento uhlíku v černém uhlí. $A_r(\text{C}) = 12,011$;
 $M_r(\text{O}_2) = 31,998$; $M_r(\text{CO}_2) = 44,019$

[80,4 %]

Uhlí obsahuje 2 % síry. Vypočítejte, kolik m³ oxidu siřičitého se za normálních podmínek dostane do ovzduší při spálení 1 tuny tohoto uhlí.

(14 m³)

K úplné neutralizaci 25 ml kyseliny fosforečné neznámé látkové koncentrace do druhého stupně se spotřebovalo 30,20 ml 0,5005 mol·dm⁻³ NaOH. Jaká je látková koncentrace kyseliny fosforečné?

[0,3023 mol·dm⁻³]

Vypočítejte, kolik gramů 96% kyseliny sírové je zapotřebí k neutralizaci 16 g hydroxidu draselného.

[14,55 g]

Kolik kg vápenného hydrátu o obsahu 98 % Ca(OH)_2 je třeba k neutralizaci 100 kg odpadu s obsahem 25 % H_2SO_4 ?

[19,26 kg]

Kolik gramů pevného NaOH je třeba na neutralizaci 50 ml 21% roztoku kyseliny sírové ($\rho = 1,47 \text{ g.cm}^{-3}$)?

[12,6 g]

Dichroman draselný reaguje s jodovodíkem a kyselinou sírovou za vzniku jodu, siranu chromitého, siranu draselného a vody. Kolik ml 15%-ního roztoku kyseliny sírové je třeba a kolik g jodu vznikne reakcí s 2 g dichromanu? Hustota 15%-ní kyseliny sírové je $\rho = 1,102 \text{ g.cm}^{-3}$.

[$V(15\% \text{H}_2\text{SO}_4) = 16,1 \text{ ml}$; $m(\text{I}_2) = 5,2 \text{ g}$]

Ve vodě bylo rozpuštěno 50 g pentahydrátu síranu měďnatého. Vypočítejte, jaké množství práškového zinku je nutno k roztoku přidat, aby se z něj vyloučila veškerá měď?

(13,1 g)

Uhličitan vápenatý reagoval s přebytkem kyseliny chlorovodíkové. Jaká byla hmotnost jeho navážky, jestliže se v průběhu reakce uvolnilo 40 dm³ oxidu uhličitého. Objem je přepočten na normalni podmínky.

[178,7 g]