

Cvičení z analytické chemie

Tereza Uhlíková

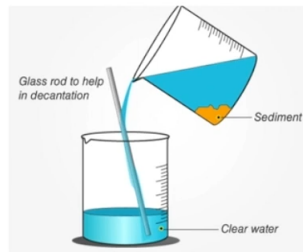
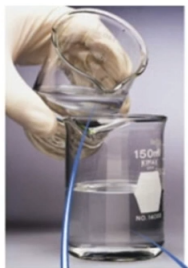
March 19, 2025

Vázková analýza

primární metoda analýzy – měření hmotnosti

Cíl: zjistit hmotnostní zlomek analytu v původním vzorku o hmotnosti m_{vz}

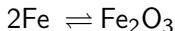
Postup: izolujeme formu k vážení = sloučenina známého chemického složení, ve které je obsažena určovaná složka



Vázková analýza

gravimetrický (stechiometrický) faktor f - poměr mezi násobkem molární hmotnosti určované látky a násobkem izolované látky, tak aby zůstal zachován poměr prvku, od něhož jsou obě látky odvozeny

$$\text{gravimetrický faktor} = \frac{\text{molar. hmot. hledané látky i s koeficientem}}{\text{molar. hmot. známé látky i s koeficientem}}$$



$$\frac{n(\text{Fe})}{n(\text{Fe}_2\text{O}_3)} = \frac{2}{1} \quad m(\text{Fe}) = 2 \frac{m(\text{Fe}_2\text{O}_3)}{M(\text{Fe}_2\text{O}_3)} M(\text{Fe})$$

$$f = \frac{2}{1} \cdot \frac{M(\text{Fe})}{M(\text{Fe}_2\text{O}_3)} \quad m(\text{Fe}) = f \cdot m(\text{Fe}_2\text{O}_3)$$

Základní pojmy

Původní vzorek = vzorek obsahující všechny složky: těkavé (T) + netěkavé (N)

$$m_{\text{vz}} = m(N) + m(T)$$

Sušina = hmotnostní zlomek netěkavých složek, ozn. $w(N)$

$$w(N) + w(T) = 1$$

Hmotnostní zlomek složky (A) ve vzorku:

$$w(A) = \frac{m(A)}{m_{\text{vz}}} = \frac{m(A)}{m(N) + m(T)}$$

Hmotnostní zlomek složky (A) v sušině w_v :

$$w_v(A) = \frac{m(A)}{m(N)} \quad w_v(A) = \frac{w(A)}{w(N)} = \frac{w(A)}{1 - w(T)}$$

Hmotnostní zlomek složky A v sušině je roven podílu hmotnostního zlomku složky a hmotnostního zlomku sušiny v původním vzorku

Příklad 1

Z roztoku zinečnaté soli byl vysrážen ZnNH_4PO_4 , který byl žíháním převeden na $\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7$ o hmotnosti 0,2560 g. Vypočtěte hmotnost Zn v původním roztoku.

$$A_r(\text{Zn}) = 65,39 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M(\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7) = 304,72 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Z roztoku zinečnaté soli byl vysrážen ZnNH_4PO_4 , který byl žiháním převeden na $\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7$ o hmotnosti 0,2560 g. Vypočtěte hmotnost Zn v původním roztoku.

$$Ar(\text{Zn}) = 65,39 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \quad M(\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7) = 304,72 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

co z čeho chceme zjistit?



$$m(\text{Zn}) = ?$$

$$m(\text{Zn}) = n(\text{Zn}) \cdot Ar(\text{Zn})$$

neznám zde $n(\text{Zn})$, a proto provedu látkovou bilanci

$$n(\text{Zn}) = 2n(\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7) = 2 \frac{m(\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7)}{M(\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7)}$$

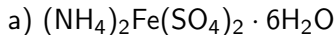
$$m(\text{Zn}) = m(\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7) \cdot \frac{2 \cdot Ar(\text{Zn})}{M(\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7)}$$

červeně zdůrazněná část představuje gravimetrický faktor

$$m(\text{Zn}) = 0,2560 \cdot [0,4292] = 0,1099 \text{ g}$$

Příklad 2

Z navážky 0,5013 g technického preparátu Mohrovy soli bylo při vážkové analýze získáno 0,0968 g Fe_2O_3 . Vypočtete procentový obsah:



b) N ve vzorku za předpokladu, že nečistoty neobsahují železo ani dusík.

$$M((\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 392,143 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 159,692 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$Ar(\text{N}) = 14,00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Z navážky 0,5013 g technického preparátu Mohrovy soli bylo při vážkové analýze získáno 0,0968 g Fe_2O_3 . Vypočtete procentový obsah: a) $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ N ve vzorku za předpokladu, že nečistoty neobsahují železo ani dusík.

$$M((\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 392,143 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 159,692 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \quad A_r(\text{N}) = 14,00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Jaká je daná složka? Jakou složku máme určit? Jaký prvek mají stejný a zároveň se předpokládá, že se nikde jinde ve vzorku nevyskytuje?

Daná složka Fe_2O_3

máme určit $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

mají společné Fe se stechiometrií 1:2

gravimetrický faktor

$$f = \frac{2M((\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})}{M(\text{Fe}_2\text{O}_3)} \Rightarrow$$

$$m((\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = f \cdot m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 4,911 \cdot 0,0968 = 0,4754 \text{ g}$$

Z navážky 0,5013 g technického preparátu Mohrovy soli bylo při vážkové analýze získáno 0,0968 g Fe_2O_3 . Vypočtete procentový obsah: a) $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ N ve vzorku za předpokladu, že nečistoty neobsahují železo ani dusík.

$$M((\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 392,143 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 159,692 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \quad A_r(\text{N}) = 14,00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

procentový obsah Mohrovy soli ve vzorku

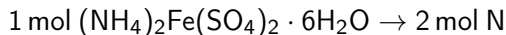
$$\begin{aligned} \% \text{ Mohr. soli} &= w(\text{Mohr. soli}) \cdot 100 = \left[\frac{m(\text{Mohr. soli})}{m(\text{vzorku})} \right] \cdot 100 = \\ &= \left[\frac{0,4754}{0,5013} \right] \cdot 100 = 94,83 \% \end{aligned}$$

Z navážky 0,5013 g technického preparátu Mohrovy soli bylo při vážkové analýze získáno 0,0968 g Fe_2O_3 . Vypočtete procentový obsah: a) $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ N ve vzorku za předpokladu, že nečistoty neobsahují železo ani dusík.

$$M((\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 392,143 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 159,692 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \quad A_r(\text{N}) = 14,00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Jaká je daná složka? Jakou složku máme určit?



$$f = \frac{2 \cdot M(\text{N})}{M((\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})} = \frac{2 \cdot 14}{392,143} = 0,0714$$

$$m(\text{N}) = m(\text{Mohr. soli}) \cdot f = 0,4754 \cdot 0,0714 = 0,0339 \text{ g dusíku}$$

procentový obsah dusíku ve vzorku

$$\text{N} = w(\text{N}) \cdot 100 = \left[\frac{m(\text{N})}{m(\text{vzorku})} \right] \cdot 100 = \left[\frac{0,0339}{0,5013} \right] \cdot 100 = 6,77 \%$$

Příklad 3

Pro tavený sýr Primátor stanoví norma obsah minimálně 45 % tuku v sušině. Zkoušený vzorek tohoto sýru obsahuje 52 % sušiny a 23,5 % tuku. Rozhodněte, zda vyhovuje podmínkám normy.

$$w_{\text{tuku}} = \frac{\text{tuku}}{\text{celku}} = 0,235$$

$$w_{\text{sus}} = \frac{\text{sušina}}{\text{celku}} = 0,52$$

$$w_{\text{tuku v sus}} = \frac{\text{tuku}}{\text{sušina}} = \frac{0,235}{0,52} = 0,4519$$

Příklad 4

Analýzou vzorku o hmotnosti 0,1655 g bylo získáno 0,1230 g Mn_3O_4 .
Vypočtete procentový obsah MnO_2 v sušině, jestliže při žíhání 6,5452 g
původního vzorku byl zjištěn hmotnostní úbytek 0,3273 g.

$$M(\text{Mn}_3\text{O}_4) = 228,812 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M(\text{MnO}_2) = 86,937 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Analýzou vzorku o hmotnosti 0,1655 g bylo získáno 0,1230 g Mn_3O_4 . Vypočtěte procentový obsah MnO_2 v sušině, jestliže při žhání 6,5452 g původního vzorku byl zjištěn hmotnostní úbytek 0,3273 g. $M(\text{Mn}_3\text{O}_4) = 228,812 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
 $M(\text{MnO}_2) = 86,937 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Otázka zní “v sušině”. Kolik je sušiny? == Jaký je hmotnostní zlomek vody ve vzorku.

Analýzou vzorku o hmotnosti 0,1655 g bylo získáno 0,1230 g Mn_3O_4 . Vypočtěte procentový obsah MnO_2 v sušině, jestliže při žihání 6,5452 g původního vzorku byl zjištěn hmotnostní úbytek 0,3273 g. $M(\text{Mn}_3\text{O}_4) = 228,812 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
 $M(\text{MnO}_2) = 86,937 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Otázka zní “v sušině”. Kolik je sušiny? == Jaký je hmotnostní zlomek vody ve vzorku.

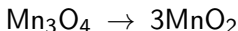
Pro zmenšení chyby při určování $w(\text{H}_2\text{O})$ se k vyžihání použije větší množství vzorku.

$$w(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{odparene vody})}{m(\text{vzorku pro žihání})} = \frac{0,3273}{6,5452} = 0,05$$

Analýzou vzorku o hmotnosti 0,1655 g bylo získáno 0,1230 g Mn_3O_4 . Vypočtěte procentový obsah MnO_2 v sušině, jestliže při žhání 6,5452 g původního vzorku byl zjištěn hmotnostní úbytek 0,3273 g. $M(\text{Mn}_3\text{O}_4) = 228,812 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$M(\text{MnO}_2) = 86,937 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

výpočet obsahu MnO_2 ze známého množství Mn_3O_4



stechiometrický faktor

$$f = \frac{3 \cdot M(\text{MnO}_2)}{M(\text{Mn}_3\text{O}_4)} = \frac{3 \cdot 86,937}{228,812} = 1,1398$$

$$m(\text{MnO}_2) = m(\text{Mn}_3\text{O}_4) \cdot f = 0,1230 \cdot 1,1398 = 0,1402 \text{ g}$$

Analýzou vzorku o hmotnosti 0,1655 g bylo získáno 0,1230 g Mn_3O_4 . Vypočtete procentový obsah MnO_2 v sušině, jestliže při žihání 6,5452 g původního vzorku byl zjištěn hmotnostní úbytek 0,3273 g. $M(\text{Mn}_3\text{O}_4) = 228,812 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
 $M(\text{MnO}_2) = 86,937 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

výpočet procentového obsahu MnO_2 v sušině

$$= \left[\frac{m(\text{MnO}_2)}{m(\text{celku})(1 - w(\text{H}_2\text{O}))} \right] \cdot 100$$
$$\%(\text{MnO}_2)_{\text{v sušine}} = \frac{0,1402}{0,1655 \cdot (1 - 0,05)} \cdot 100 = 89,17 \%$$

Příklad 5

Při analýze fosfátu bylo naváženo 5,000 g vzorku a po rozpuštění byl roztok doplněn na 500 ml. Z tohoto zásobního roztoku bylo k analýze pipetováno 100 ml a z nich získáno 0,1997 g MgNH_4PO_4 . Jaký je procentový obsah $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ v sušině, jestliže původní fosfát obsahuje 3,20 % vlhkosti?

$$M(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 310,17 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

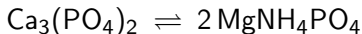
$$M(\text{MgNH}_4\text{PO}_4) = 137,314 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Naváženo 5,000 g vzorku, roztok doplněn na 500 ml. K analýze pipetováno 100 ml a z nich získáno 0,1997 g MgNH_4PO_4 . ? % $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ v sušině, jestliže původní fosfát obsahuje 3,20 % vlhkosti? $M(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 310,17 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ $M(\text{MgNH}_4\text{PO}_4) = 137,314 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

postup zpracování vzorku:

vzorek (5 g) $\rightarrow$ rozpuštění + $\text{H}_2\text{O} \rightarrow$ 500 ml roztoku $\text{PO}_4^{3-} \rightarrow$ odebrání
100 ml alikvotního podílu $\rightarrow$ vysrážení $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \rightarrow$ vysušení a získ
0,1997 g MgNH_4PO_4

výpočet obsahu $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ze známého množství MgNH_4PO_4



$$f = \frac{M(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2)}{2 \cdot M(\text{MgNH}_4\text{PO}_4)} = \frac{310,177}{2 \cdot 137,314} = 1,129$$

$$m(\text{aliqu. podíl } \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = m(\text{MgNH}_4\text{PO}_4) \cdot f = 0,1997 \cdot 1,129 = 0,2255 \text{ g}$$

$$m(\text{celk. } \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = m(\text{aliqu. podíl } \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) \cdot \frac{500}{100} = 0,2255 \cdot 5 = 1,1277 \text{ g}$$

Při analýze fosfátu bylo naváženo 5,000 g vzorku a po rozpuštění byl roztok doplněn na 500 ml. Z tohoto zásobního roztoku bylo k analýze pipetováno 100 ml a z nich získáno 0,1997 g MgNH_4PO_4 . Jaký je procentový obsah $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ v sušině, jestliže původní fosfát obsahuje 3,20 % vlhkosti?

$$M(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 310,17 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \quad M(\text{MgNH}_4\text{PO}_4) = 137,314 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

výpočet procentového obsahu $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ v sušině

=

$$= \frac{m(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2)}{m(\text{vzorku}) \cdot (1 - w(\text{H}_2\text{O}))} \cdot 100 = \frac{1,1277}{5,0 \cdot (1 - 0,032)} \cdot 100 = 23,30 \%$$

Příklad 6

Směs kamence $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ a křemene obsahuje 5,50 % Al. Jaký bude procentový obsah síry ve vzorku po vyžíhání, při kterém se odstraní veškerá krystalová voda?

$$M(\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}) = 474,399 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$A_r(\text{Al}) = 26,981 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}, M(\text{H}_2\text{O}) = 18,01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

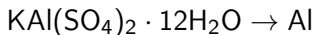
$A_r(\text{S}) = 32,06 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ Nezáleknout se a počítat s hmotnostním zlomkem jakoby to byla samotná hmotnost.

Směs kamence $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ a křemene obsahuje 5,50 % Al. Jaký bude procentový obsah síry ve vzorku po vyžehání, při kterém se odstraní veškerá krystalová voda?

$$M(\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}) = 474,399 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$Ar(\text{Al}) = 26,981 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}, Ar(\text{S}) = 32,06 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}, M(\text{H}_2\text{O}) = 18,01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

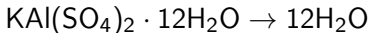
výpočet hmotnostního zlomku síry ze známého množství hliníku



$$f = 2 \frac{Ar(\text{S})}{Ar(\text{Al})} = 2 \frac{32,06}{26,981} = 2,3765$$

$$w(\text{S}) = w(\text{Al}) \cdot f = 0,055 \cdot 2,3765 = 0,1307$$

výpočet hmotnostního zlomku krystalové vody v kamenci



Směs kamence $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ a křemene obsahuje 5,50 % Al. Jaký bude procentový obsah síry ve vzorku po vyžehání, při kterém se odstraní veškerá krystalová voda?

$$M(\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}) = 474,399 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$Ar(\text{Al}) = 26,981 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}, Ar(\text{S}) = 32,06 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}, M(\text{H}_2\text{O}) = 18,01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$f = \frac{12 \cdot M(\text{H}_2\text{O})}{Ar(\text{Al})} = \frac{12 \cdot 18}{26,981} = 8,005$$

$$w(\text{H}_2\text{O}) = w(\text{Al}) \cdot f = 0,055 \cdot 8,005 = 0,440$$

kde výpočet procentového obsahu síry v sušině

$$\begin{aligned} \%(\text{S})_{\text{v sušině}} &= w(\text{S}) \cdot 100 = \left[\frac{w(\text{S})}{w(\text{sušiny})} \right] \cdot 100 = \\ &= \left[\frac{w(\text{S})}{1 - w(\text{H}_2\text{O})} \right] \cdot 100 = \frac{0,1307}{1 - 0,44} \cdot 100 = 23,36 \% \end{aligned}$$

Příklad 7

Chlorid barnatý dihydrát o hmotnosti 0,5078 g byl opatrně zahříván, aby se odstranila hydratovaná voda. Úbytek hmotnosti činil 0,0742 g. Jaký byl hmotnostní obsah $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ v původním vzorku?

$$M(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 244,28 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 18,01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$f = \frac{M(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})}{2 \cdot M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{244,28}{2 \cdot 18,01} = 6,78$$

Hmotnostní obsah:

$$w = f \frac{m(\text{hydratovaná voda})}{m(\text{vzorku})} = 6,78 \cdot \frac{0,0742}{0,5078} = 0,9907$$