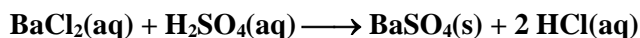
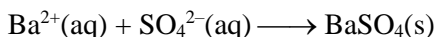


## Stanovenie zloženia roztoku chloridu bárnateho zrážacou reakciou – Postup práce

Síran bárnatý je biela, vo vode prakticky nerozpustná látka ( $K_s = 1,072 \cdot 10^{-10}$ ). V prírode sa vyskytuje ako minerál *barit*. Synteticky pripravený sa používa ako biely pigment *baritová bieloba* v maliarstve. Odoláva poveternostným vplyvom, chemikáliám a svetlu. Síran bárnatý pri zrážaní pohlcuje z roztoku mnohé nečistoty, ktoré sa odstraňujú dekantáciou. Možno ho pripraviť zrážacou reakciou chloridu bárnateho s kyselinou sírovou.



skrátенý časticový zápis



### Úloha 1

Stanovte zloženie vodného roztoku chloridu bárnateho na základe hmotnosti vyzrážaného síranu bárnateho.

#### Chemikálie

- chlorid bárnatý,  $\text{BaCl}_2$ , vodný roztok s neznámou koncentráciou
- kyselina sírová,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , koncentrovaný vodný roztok

#### Postup

##### Meranie hustoty

Aby sme mohli vyjadriť zloženie roztoku chloridu bárnateho pomocou hmotnostného zlomku, potrebujeme údaj o hustote tohto roztoku. Zmeriame ju hustomerom v dostatočne veľkom odmernom valci. Pri odčítaní hustoty musí hustomer voľne plávať, nesmie sa dotýkať stien. Po ustálení polohy odčítame hodnotu hustoty priamo zo stupnice hustomeru.

##### Zrážanie

Z pripraveného roztoku  $\text{BaCl}_2$  s neznámou koncentráciou odmeriame do vopred odváženej vysokej kadičky pomocou automatickej byrety presne 20–30 cm<sup>3</sup>. Odmeraný roztok presne odvážime a z jeho objemu a hmotnosti vypočítame hustotu roztoku, ktorú porovnáme s hustotou stanovenou hustomerom.

Roztok zriedime približne na objem 150 cm<sup>3</sup> destilovanou vodou a zohrejeme takmer do varu. Odmeriame 3 cm<sup>3</sup> koncentrovanej kyseliny sírovej, z ktorej pripravíme vodný roztok, zriedený destilovanou vodou v objemovom pomere 1 : 5. Pri odmeriavaní kyseliny sa musia dodržiavať bezpečnostné predpisy. Pri príprave zriedeného roztoku sa zásadne pridáva kyselina do vody a nikdy nie naopak! Roztok kyseliny sírovej takisto zohrejeme a pomaly, za ustavičného miešania, ho prilievame po tyčinke do horúceho roztoku chloridu bárnateho dovtedy, kým pozorujeme tvorbu bielej zrazeniny. Za horúca vyzrážaný síran bárnatý je hrubozrnný a rýchle sa usadzuje a filtruje.

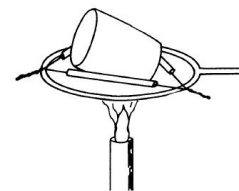
Zrazeninu necháme usadiť a do číreho roztoku nad zrazeninou pridáme ešte niekoľko kvapiek zriedenej kyseliny sírovej. Ak sa pri hladine už netvorí biely zákal síranu bárnateho, číry roztok opatrne odlejeme, alebo odsajeme pipetou napojenou na vodnú vývevu. Pritom musíme dávať pozor, aby sme hladinu nerozvírili a neodsali časť síranu bárnateho. Do kadičky so zrazeninou síranu bárnateho pridáme približne rovnaký objem destilovanej vody a obsah intenzívne premiešame. Po opätovnom usadení zrazeniny číry roztok opäť odlejeme alebo odsajeme. Uvedený spôsob čistenia zrazeniny od nežiaducich prímiesí sa nazýva **dekantácia**. Opakujeme ju aspoň trikrát.

##### Filtrácia

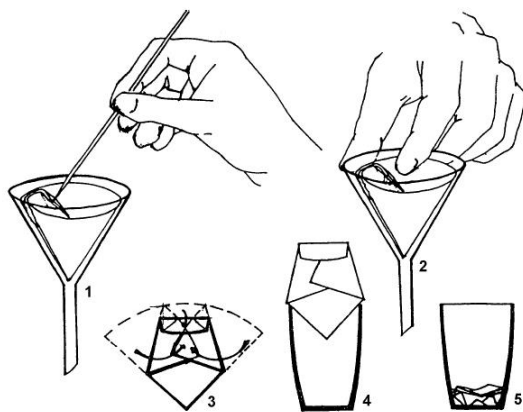
Zrazeninu síranu bárnateho nakoniec oddelíme od roztoku filtráciou cez hladký filter zo špeciálneho filtračného papiera, ktorý sa pri žíhaní celý bezo zvyšku spáli. Síran bárnatý prelejeme na filter kvantitatívne, tzn., že kadičku vypláchneme destilovanou vodou, aby v nej nezostal vôbec žiadny síran bárnatý. Po skončení filtrácie filter so zrazeninou neroztvárame, ale celý ho zložíme tak, aby zrazenina zostala uzavretá vo vnútri. Množstvo vody vo vlhkom filtri znížime sušením na hodinovom skle v sušiarňi, alebo opatrným vytlačením do vrstvy filtračného papiera (asi tri papiere dáme pod mokrý filtračný papier a tri navrch). Filtrálny papier nesmie úplne vyschnúť, aby nepraskol pri vkladaní do téglika.

## Žihanie

Ako prvý krok musíme vyžiháť prázdny téglík. Umiestnime ho podľa obr. 1 nad kahan v triangli, ktorý je položený na železnom kruhu v takej výške, aby sme mohli využiť čo najväčšiu teplotu plameňa (špička vnútorného modrého kužľa plameňa). Téglík občas nad plameňom pootočime pomocou predhriatych téglíkových klieští. Po vyžihaní necháme téglík voľne vychladnúť priamo na triangli. Po vychladnutí ho kliešťami umiestnime do exsikátora, kde ho necháme dochladnúť na laboratórnu teplotu. Vážením na analytických váhach zistíme jeho hmotnosť.



Obr. 1 Žihanie v téglíku



Obr. 2 Manipulácia s papierovým filtrom po filtrácii

- 1 – oddelenie zrazeniny filtráciou
- 2 – vybratie filtra so zrazeninou
- 3 – skladanie filtra
- 4 – vkladanie filtra do téglíka
- 5 – stlačenie filtra na dno téglíka

Po vysušení filter so zrazeninou zabalíme podľa obr. 2 a preložíme z hodinového sklíčka do odváženého prázdneho téglíka, kde ho opatrne pritlačíme ku dnu. Téglík so zrazeninou potom žihame aj s filtračným papierom (filter nemá horieť plameňom) do konštantnej hmotnosti (približne 1 hodinu). Po určitej dobe začne z téglíka v dôsledku termického rozkladu alebo karbonizácie filtračného papiera unikať biely dym, ktorý je horľavý. Ak sa objaví v ústí téglíka malý plameň, odsunieme kahan stranou a ústie téglíka opatrne prikryjeme na pár sekúnd hodinovým sklom. Až sa znova objaví biely dym, môžeme začať znova žiháť až do úplného spálenia filtra. Po vyžihaní téglík so zrazeninou necháme voľne chladnúť na vzduchu. Po vychladnutí ho kliešťami preniesieme do exsikátora. Po vychladnutí zistíme na analytických váhach presnú hmotnosť téglíka so síranom bárnatým. Odpočítaním hmotnosti prázdneho téglíka dostaneme hmotnosť čistého vyžihaného síranu bárnateho, ktorú použijeme na výpočet zloženia pôvodného vodného roztoku chloridu bárnateho.

## Úloha 2

Vyjadrite zloženie vodného roztoku chloridu bárnateho hmotnostným a mólovým zlomkom, hmotnostnou a látkovou koncentráciou (molaritou) a molalitou oboch zložiek, tj. chloridu bárnateho i vody.

Učiteľovi laboratórneho cvičenia odovzdá každý študent vyplnený lístok s vypočítanými hodnotami:

----- ✂ ----- ✂ ----- ✂ ----- ✂ ----- ✂ ----- ✂ ----- ✂ ----- ✂ ----- ✂ -----

Meno:	BaCl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
hmotnostný zlomok		
mólový zlomok		
hmotnostná koncentrácia	g cm <sup>-3</sup>	g cm <sup>-3</sup>
látková koncentrácia	mol dm <sup>-3</sup>	mol dm <sup>-3</sup>
molalita	mol kg <sup>-1</sup>	mol kg <sup>-1</sup>
hustota roztoku	g cm <sup>-3</sup>	
priemerná mólová hmotnosť	g mol <sup>-1</sup>	

### Výpočet zloženia roztoku chloridu bárnateho

Pretože hmotnosť  $m'$  roztoku chloridu bárnateho vypočítaná z jeho objemu  $V'$  a hustoty  $\rho'$  zistenej hustomerom nie je dostatočne presná, použijeme hmotnosť  $m'$  získanú vážením roztoku na presných váhach.

Kvôli zjednodušeniu zápisov budeme používať označenie A (*aqua*)  $\equiv$  H<sub>2</sub>O, B (*barium chloratum*)  $\equiv$  BaCl<sub>2</sub>, P (*product*)  $\equiv$  BaSO<sub>4</sub>.

Z hmotnosti získaného síranu bárnateho vypočítame hmotnosť chloridu bárnateho a vody v pôvodnom roztoku.

$$m(\text{B}) = \xi M(\text{B}) |v(\text{B})| = \frac{m(\text{P})}{M(\text{P}) |v(\text{P})|} M(\text{B}) |v(\text{B})| = \frac{m(\text{P}) M(\text{B})}{M(\text{P})} \quad m(\text{A}) = m' - m(\text{B})$$

Výpočet veličín popisujúcich zloženie roztoku chloridu bárnateho urobíme podľa ich definičných vzťahov.

hmotnostný zlomok	$w(\text{B}) = \frac{m(\text{B})}{m'}$	$w(\text{A}) = \frac{m(\text{A})}{m'}$
	$w(\text{A}) + w(\text{B}) = \frac{m(\text{A})}{m'} + \frac{m(\text{B})}{m'} = \frac{m'}{m'} = 1$	
mólový zlomok	$x(\text{B}) = \frac{n(\text{B})}{n(\text{A}) + n(\text{B})} = \frac{\frac{m(\text{B})}{M(\text{B})}}{\frac{m(\text{A})}{M(\text{A})} + \frac{m(\text{B})}{M(\text{B})}}$	$x(\text{A}) = \frac{n(\text{A})}{n(\text{A}) + n(\text{B})} = \frac{\frac{m(\text{A})}{M(\text{A})}}{\frac{m(\text{A})}{M(\text{A})} + \frac{m(\text{B})}{M(\text{B})}}$
	$x(\text{A}) + x(\text{B}) = \frac{n(\text{A})}{n(\text{A}) + n(\text{B})} + \frac{n(\text{B})}{n(\text{A}) + n(\text{B})} = \frac{n(\text{A}) + n(\text{B})}{n(\text{A}) + n(\text{B})} = 1$	
hmotnostná koncentrácia	$\underline{\rho}(\text{B}) = \frac{m(\text{B})}{V'}$	$\underline{\rho}(\text{A}) = \frac{m(\text{A})}{V'}$
	$\underline{\rho}(\text{A}) + \underline{\rho}(\text{B}) = \frac{m(\text{A})}{V'} + \frac{m(\text{B})}{V'} = \frac{m'}{V'} = \rho'$	
látková koncentrácia (molarita)	$c(\text{B}) = \frac{n(\text{B})}{V'} = \frac{m(\text{B})}{M(\text{B}) V'}$	$c(\text{A}) = \frac{n(\text{A})}{V'} = \frac{m(\text{A})}{M(\text{A}) V'}$
molalita	$\underline{m}(\text{B}) = \frac{n(\text{B})}{m(\text{A})} = \frac{m(\text{B})}{M(\text{B}) m(\text{A})}$	$\underline{m}(\text{A}) = \frac{n(\text{A})}{m(\text{A})} = \frac{\cancel{m(\text{A})}}{M(\text{A}) \cancel{m(\text{A})}} = \frac{1}{M(\text{A})}$
priemerná mólová hmotnosť roztoku	$\bar{M} = x(\text{A}) M(\text{A}) + x(\text{B}) M(\text{B})$	

### ★ *Rozpustnosť síranu bárnateho*

Všetky zlúčeniny bária sú jedovaté, napriek tomu Vás pri röntgenovom vyšetrení lekár „ponúkne“ bielou suspenziou síranu bárnateho. Jeho nejedovatosť (pozrite bezpečnosť práce!) spočíva vo veľmi malej rozpustnosti, a teda v neochote štiepiť sa vo vodnom prostredí na ióny. Maximálna koncentrácia, ktorú možno pri 25 °C dosiahnuť rozpúšťaním síranu bárnateho vo vode, sa dá ľahko vypočítať. Súčin rozpustnosti  $K_s(\text{BaSO}_4) = 1,072 \cdot 10^{-10}$  a síran bárnatý sa štiepi na ióny podľa chemickej rovnice



preto pre jeho relatívnu rozpustnosť  $s_r$  (tj. maximálnu relatívnu koncentráciu) platí vzťah

$$s_r(\text{BaSO}_4) = \left( \frac{K_s}{x^x y^y} \right)^{\frac{1}{x+y}} = \left( \frac{K_s}{1^1 \cdot 1^1} \right)^{\frac{1}{1+1}} = \sqrt{K_s} = \sqrt{1,072 \cdot 10^{-10}} = 1,035 \cdot 10^{-5}$$

kde  $x$  a  $y$  sú stechiometrické koeficienty katiónu a aniónu, na ktoré sa málo rozpustná látka ionizuje (v tomto prípade  $x = 1$  a  $y = 1$ ). Koncentrácia síranu bárnateho v jeho nasýtenom vodnom roztoku je

$$s(\text{BaSO}_4) = s_r(\text{BaSO}_4) c^\ominus = 1,035 \cdot 10^{-5} \cdot 1 \text{ mol dm}^{-3} = 1,035 \cdot 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$$

Roztok, ktorý pri dekantácii síranu bárnateho odsávame kapilárkou, má teda takéto zloženie. Pre zaujímavosť ešte zhrátame, koľko síranu bárnateho je rozpusteného v jednom litri jeho nasýteného vodného roztoku.

$$m(\text{BaSO}_4) = s(\text{BaSO}_4) M(\text{BaSO}_4) V(\text{BaSO}_4) = 1,035 \cdot 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3} \cdot 233,390 \text{ g mol}^{-1} \cdot 1 \text{ dm}^3 = 0,002416 \text{ g}$$

Straty pri dekantácii sú teda, vzhľadom na presnosť váženia, zanedbateľné.