

VÝROBA UHLIČITANU SODNÉHO
TEXT PRO UČITELE

Mgr. Jana Prášilová
prof. RNDr. Jiří Kameníček, CSc.

Olomouc, 2013

Obsah

1. Téma v učebnicích používaných na gymnáziích
2. Teoretické poznatky k problematice
 - 2.1. Praktický význam uhličitanu sodného
 - 2.2. Současná metoda výroby uhličitanu sodného
 - 2.3. Princip a výhody Solvayovy metody výroby sody
3. Náměty na praktická cvičení k tématu
4. Pracovní listy pro žáka
5. Metodika pro hodinu základního typu
6. Metodika pro laboratorní cvičení
7. Použitá literatura a elektronické zdroje

1. Téma v učebnicích používaných na gymnáziích

Výroba uhličitanu sodného je v učebnicích prezentována Solvayovým způsobem (reakcí vodného roztoku chloridu sodného, amoniaku a oxidu uhličitého). Starší způsob – dle Le Blanca (redukce síranu sodného uhlíkem a následná reakce s uhličitanem vápenatým) není ve studovaných učebnicích uveden. Ve dvou učebnicích [1] a [2] se nachází popis metody výroby a rovnice dějů. Podrobně je výroba rozvedena v učebnici [3]. Učebnice [4] se omezuje pouze na název metody a rovnice bez bližšího popisu.

Schéma výroby, které je pro pochopení procesu výroby zásadní, je uvedeno pouze v učebnici [5], ale postrádá popis, a v učebnici [3].

2. Teoretické poznatky k problematice

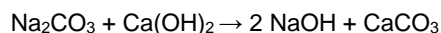
Vzhledem k tomu, že Solvayova metoda výroby je vhodným příkladem téměř bezodpadové technologie a na výrobním postupu lze demonstrovat případ, kdy produkty jedné reakce jsou výchozími látkami druhé reakce, vyžaduje doplnění informací v učebnicích.

Doplnění informací se zaměří na následující oblasti:

- 1) K čemu se soda (uhličitan sodný) prakticky využívala a využívá?
- 2) Jakým procesem se soda v současné době vyrábí?
- 3) Jaký je princip a jaké jsou výhody Solvayovy metody?

2.1. Praktický význam uhličitanu sodného

V 19. století byla soda velmi důležitým produktem chemického průmyslu, používala se hojně ve sklářském (součást směsi pro tavení) a papírenském průmyslu (sulfátový způsob výroby), při výrobě mýdel (zmýdelňování tuků) a především pro starší způsob výroby hydroxidu sodného - „kaustifikace sody“:

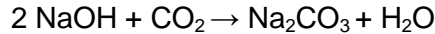


Uhličitan sodný se využíval a používá v potravinářství pro přípravu oxidu uhličitého (rozkladem sody kyselinou) k sycení nápojů – odtud název „sodovka“.

V současnosti se stále využívá ve sklářském a papírenském průmyslu. Důležitou roli má v potravinářském průmyslu, jako neutralizační činidlo při výrobě detergentů a využívá se také k změkčování vody.

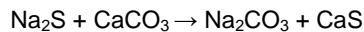
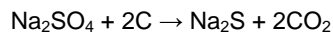
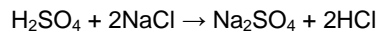
2.2. Současná metoda výroby uhličitanu sodného

Vzhledem k tomu, že se dnes hydroxid sodný vyrábí elektrolyticky rozkladem roztoku chloridu sodného, nemá již soda pro jeho výrobu příliš velký význam (bylo by to příliš nákladné). Naopak, uhličitan sodný lze získat neutralizací hydroxidu sodného pomocí CO_2 .



2.3. Princip a výhody Solvayovy metody výroby sody

V dávných dobách se soda (hlavně však potaš K_2CO_3) získávala loužením popela z mořských rostlin. Do roku 1920 se pro výrobu sody využíval Le Blancův postup:



Solvay navrhl kontinuální proces výroby, který je prakticky bezodpadový. I od tohoto postupu se postupně přibližně od roku 1950 upouští a přechází se na neutralizační reakci (viz výše).

Solvayův způsob výroby využívá (vyjma CaCl_2) všechny produkty jednotlivých reakcí zároveň jako výchozí látky pro reakce následující výroby (viz Obrázek 1).

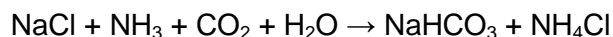
Výrobní proces probíhá v několika krocích:

1. krok: *Absorpce amoniaku do roztoku chloridu sodného v tzv. absorbéru.*

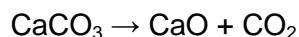
Roztok chloridu sodného o koncentraci 300 g dm^{-3} se nasýtí amoniakem.

2. krok: *Nasycení směsi oxidem uhličitým v tzv. karbonatační koloně.*

Z absorbéru přechází roztok nasycený amoniakem do karbonatační kolony, do které je přiváděn oxid uhličitý. Dochází k neutralizaci amoniaku a vzniklý hydrogenuhličitan amonný reaguje s chloridem sodným na hydrogenuhličitan sodný a chlorid amonný. V karbonatační koloně probíhá následující reakce:



Oxid uhličitý se připravuje tepelným rozkladem uhličitanu vápenatého ve vápence:



3. krok: *Filtrace směsi chloridu amonného a méně rozpustného hydrogenuhličitanu sodného na vakuových rotačních filtrech.*

Ochlazením roztoku vzniknou krystaly hydrogenuhličitanu sodného, které lze odfiltrovat na rotačních vakuových filtrech, rozpustnější NH_4Cl zůstane v roztoku.

4. krok: *Tepelný rozklad hydrogenuhličitanu sodného v kalcinační peci.*

V kalcinační peci se hydrogenuhličitan sodný převede při $140 - 220^\circ\text{C}$ na uhličitan sodný.

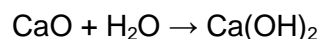


Oxid uhličitý se odebírá z kalcinační pece a využívá se pro sycení v karbonatační koloně.

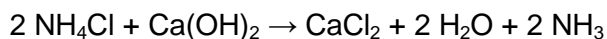
5. krok: *Regenerace amoniaku.*

Chlorid amonný, který zůstane po filtraci na vakuových filtrech v roztoku, se využívá pro regeneraci amoniaku.

Oxid vápenatý, který vzniká jako produkt ve vápenkách, se hašením vodou převede na hydroxid vápenatý.

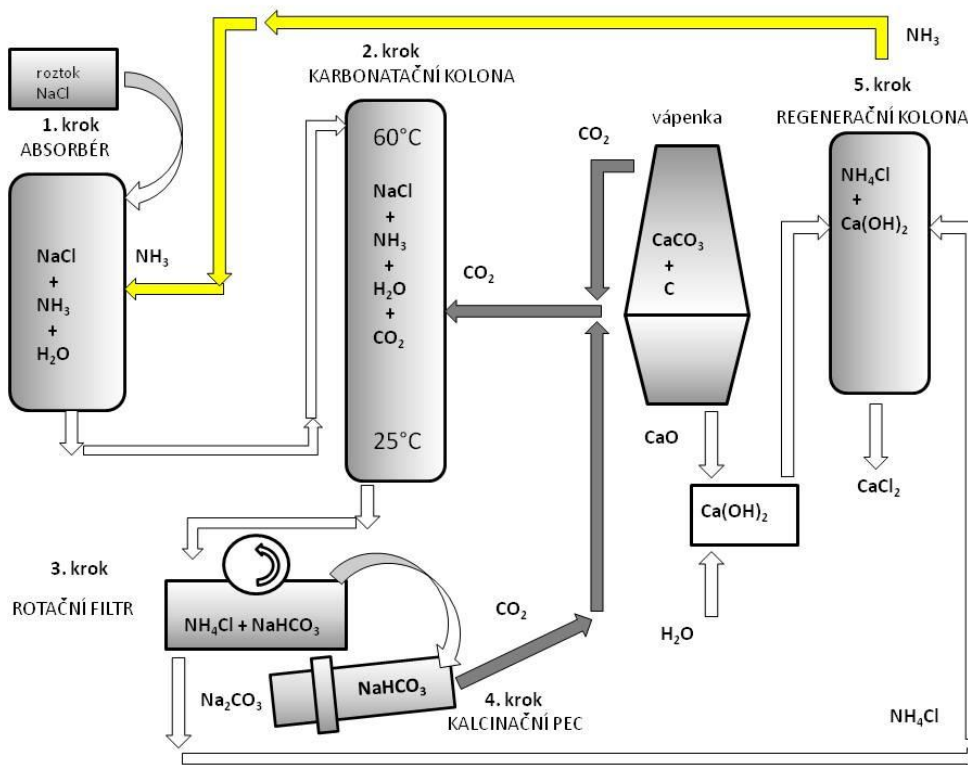


V amoniakové regenerační koloně spolu reagují chlorid amonný a hydroxid vápenatý.



Jediným produktem, který se dále ve výrobě dále nevyužívá, je chlorid vápenatý (využívá se jako součást posypových solí na zimní údržbu silnic).

Výroba uhličitanu sodného



Obrázek 1: Schéma výroby uhličitanu sodného Solvayovou metodou

3. Náměty na praktická cvičení k tématu

- demonstrační pokus (až ve fázi 3 a 4 je možné zapojit do práce studenty)

Příprava hydrogenuhličitanu sodného a kalcinované sody

1. fáze: Rozpouštění chloridu sodného v koncentrovaném roztoku amoniaku

Pomůcky: Erlenmeyerova baňka 250 cm³, zátka, filtrační aparatura, varná baňka s rovným dnem 500 cm³

Chemikálie: koncentrovaný roztok amoniaku, chlorid sodný

Pracovní postup:

- do baňky o objemu 250 cm³ nalijeme 60 cm³ koncentrovaného roztoku amoniaku,
- přidáme 15 g chloridu sodného, zazátkujeme a třepeme, dokud se všechna sůl nerozpustí,
- roztok zfiltrujeme do varné baňky s rovným dnem.

2. fáze: Sycení roztoku oxidem uhličitým

Pomůcky: frakční baňka, dělicí nálevka, gumové hadičky, prázdná promývačka, skleněná trubička – kolínko

Chemikálie: uhličitan vápenatý, kyselina chlorovodíková (1:1)

Pracovní postup:

- na dno frakční baňky dáme 3 lžičky uhličitanu vápenatého,
- dělicí nálevku umístíme na frakční baňku a vlijeme do ní 100 cm³ kyseliny chlorovodíkové,
- pomocí hadiček připojíme na frakční baňku prázdnou promývačku,
- na promývačku napojíme trubičku (kolínko) kterou ponoříme do roztoku amoniaku s chloridem sodným,
- postupným přikapáváním kyseliny chlorovodíkové na uhličitan vápenatý začneme vyvíjet oxid uhličitý, který zavádíme trubičkou do připraveného roztoku,
- oxid uhličitý zavádíme do baňky za občasného protřepávání tak dlouho, až se roztok zakalí.



3. fáze: Získání hydrogenuhličitanu sodného

Pomůcky: Büchnerova nálevka, odsávací baňka

Pracovní postup:

- roztok nasycený oxidem uhličitým ochladíme,
- vyloučené krystaly odsajeme na Büchnerově nálevce a vysušíme mezi listy filtračního papíru.

4. fáze: Příprava uhličitanu sodného

Pomůcky: stojan, železný kruh, porcelánová miska, skleněná tyčinka

Pracovní postup:

- vysušený hydrogenuhličitan sodný nasypeme do porcelánové misky,
- misku umístíme na železný kruh a za stálého míchání žíháme,
- žíhání ukončíme, až kompaktní pevná látka přejde na jemný prášek.



Poznámka: Dílčí experimenty lze doplnit zkumavkovými reakcemi dokládajícími vznik jednotlivých produktů a meziproductů.

4. Pracovní listy pro žáka

Doplň do schématu reaktanty a produkty jednotlivých fází Solvayovy výroby sody!

1. krok: Absorpce amoniaku do roztoku chloridu sodného v tzv. absorbéru.

2. krok: Nasycení směsi oxidem uhličitým v tzv. karbonatační koloně.

K doplnění:

- NaCl
- NaCl
- CO₂
- NH₃
- NH₃
- H₂O
- H₂O

©Prášilová, Kameníček

Doplň do schématu reaktanty a produkty jednotlivých fází Solvayovy výroby sody!

1. krok: Absorpce amoniaku do roztoku chloridu sodného v tzv. absorbéru.

2. krok: Nasycení směsi oxidem uhličitým v tzv. karbonatační koloně.

K doplnění:

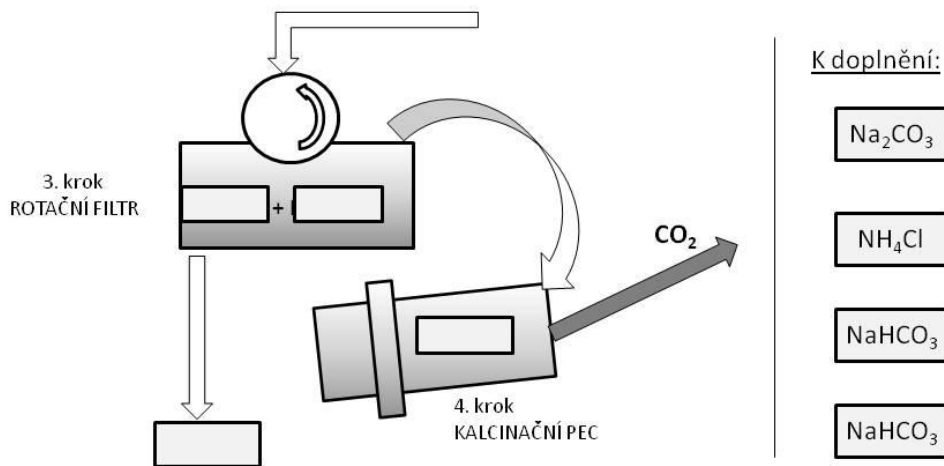
- NaCl
- NH₃
- H₂O
- CO₂

©Prášilová, Kameníček

Doplň do schématu reaktanty a produkty jednotlivých fází Solvayovy výroby sody!

3. krok: Filtrace směsi chloridu amonného a méně rozpustného hydrogenuhličitanu sodného na vakuových rotačních filtrech.

4. krok: Tepelný rozklad hydrogenuhličitanu sodného v kalcinační peci.

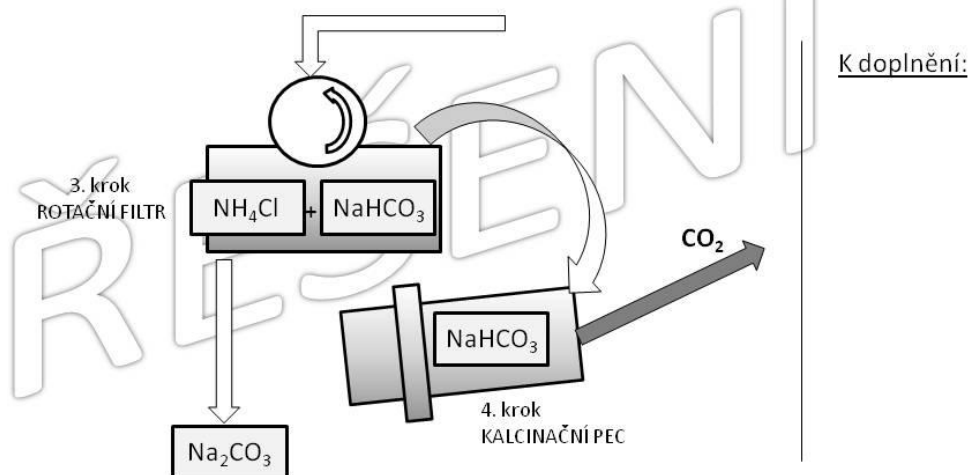


©Prášilová, Kameníček

Doplň do schématu reaktanty a produkty jednotlivých fází Solvayovy výroby sody!

3. krok: Filtrace směsi chloridu amonného a méně rozpustného hydrogenuhličitanu sodného na vakuových rotačních filtrech.

4. krok: Tepelný rozklad hydrogenuhličitanu sodného v kalcinační peci.



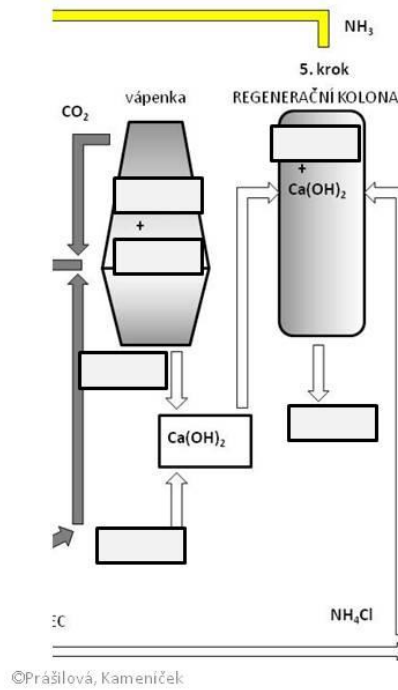
©Prášilová, Kameníček

Doplň do schématu reaktanty a produkty jednotlivých fází Solvayovy výroby sody!

5. krok: Regenerace amoniaku

K doplnění:

- CaO
- C
- NH₄Cl
- H₂O
- CaCl₂
- CaCO₃

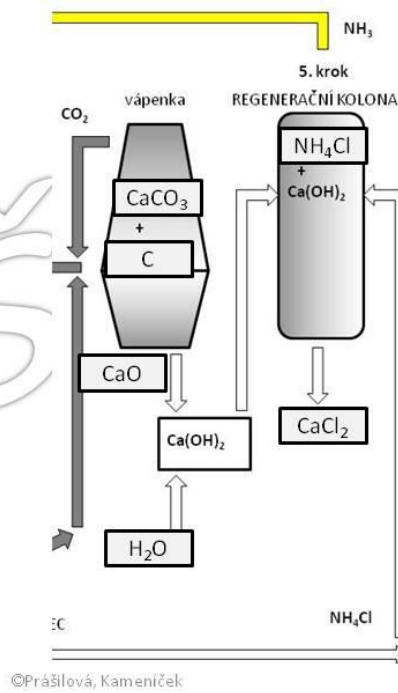


Doplň do schématu reaktanty a produkty jednotlivých fází Solvayovy výroby sody!

5. krok: Regenerace amoniaku

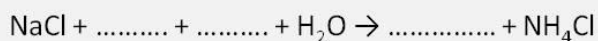
K doplnění:

- ŘEŠ

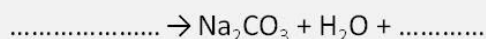


Doplň rovnice reakcí probíhající v jednotlivých fázích Solvayovy metody výroby!

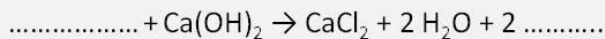
- 1. krok:** Absorpce amoniaku do roztoku chloridu sodného v tzv. absorbéru.
2. krok: Nasycení směsi oxidem uhličitým v tzv. karbonatační koloně.



- 3. krok:** Filtrace směsi chloridu amonného a méně rozpustného hydrogenuhličitanu sodného na vakuových rotačních filtrech.
4. krok: Tepelný rozklad hydrogenuhličitanu sodného v kalcinační peci.



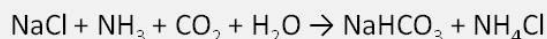
- 5. krok:** Regenerace amoniaku



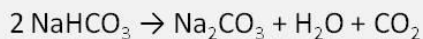
©Prášilová, Kameníček

Doplň rovnice reakcí probíhající v jednotlivých fázích Solvayovy metody výroby!

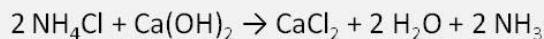
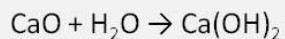
- 1. krok:** Absorpce amoniaku do roztoku chloridu sodného v tzv. absorbéru.
2. krok: Nasycení směsi oxidem uhličitým v tzv. karbonatační koloně.



- 3. krok:** Filtrace směsi chloridu amonného a méně rozpustného hydrogenuhličitanu sodného na vakuových rotačních filtrech.
4. krok: Tepelný rozklad hydrogenuhličitanu sodného v kalcinační peci.



- 5. krok:** Regenerace amoniaku



©Prášilová, Kameníček

5. Metodika pro hodinu základního typu

Zařazení tématu do výuky:

- A. Anorganická chemie \Rightarrow s-prvky a jejich sloučeniny \Rightarrow sodík a jeho sloučeniny \Rightarrow výroba uhličitanu sodného
- B. Anorganická chemie \Rightarrow p-prvky a jejich sloučeniny \Rightarrow uhlík \Rightarrow uhličitany \Rightarrow výroba uhličitanu sodného

Téma I	Ročník
Výroba uhličitanu sodného (sody)	2. ročník
Vstupní předpoklady	
<p>Žák by se měl orientovat v následující problematice:</p> <p>Elektrolýza. Neutralizace. Absorpce Základní laboratorní metody (oddělování složek směsí)</p>	
Předpokládané výsledky výuky	
<p>Žák:</p> <ul style="list-style-type: none"> • zapíše rovnicí reakci vystihující současný postup výroby uhličitanu sodného • rozdělí Solvayovu metodu výroby uhličitanu sodného do pěti hlavních kroků • pomocí zápisu rovnice naznačí, které látky do procesu vstupují a označí vznikající meziprodukty • rovnicí zapíše zpracování meziproduktů až na finální produkt (uhličitan sodný) • vysvětlí výhody použití Solvayovy metody výroby sody • jmenuje odvětví kde se soda používá 	
Metody výuky	Učební pomůcky
<ul style="list-style-type: none"> • problémový výklad • diskuse • práce ve skupině (třídě) 	<ul style="list-style-type: none"> • prezentace k tématu v MS PowerPoint • pracovní list pro žáka • učební text • poster se schématem výroby

Během problémového výkladu si žáci doplní jednotlivé reakce probíhající během kroků Solvayovy metody výroby do pracovního listu. Formou diskuse shrneme s žáky použití uhličitanu sodného praxi.

6. Metodika pro laboratorní cvičení

Úloha	Ročník
Příprava hydrogenuhličitanu sodného a kalcinované sody	2. ročník
Vstupní předpoklady	
<p><i>Žák by se měl orientovat v následující problematice:</i></p> <p>Rozpustnost. Absorpce. Metody dělení směsí.</p>	
Předpokládané výsledky výuky	
<p><i>Žák:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • navrhne postup oddělení vzniklého hydrogenuhličitanu sodného z roztoku • oddělí pomocí Büchnerovy nálevky hydrogenuhličitan sodný z roztoku • vysušením převede hydrogenuhličitan sodný na kalcinovanou sodu 	
Pomůcky	Chemikálie
<ul style="list-style-type: none"> • Erlenmeyerova baňka 250 cm³ a zátka • filtrační aparatura • varná baňka s rovným dnem 500 cm³ • frakční baňka • dělicí nálevka • gumové hadičky • prázdná promývačka • skleněná trubička – kolínko • Büchnerova nálevka • odsávací baňka • stojan • železný kruh • porcelánová miska • skleněná tyčinka 	<ul style="list-style-type: none"> • koncentrovaný roztok amoniaku (C – žíravé) • chlorid sodný • uhličitan vápenatý • kyselina chlorovodíková (1:1) (X_i – dráždivé)
Metody výuky	
<ul style="list-style-type: none"> • demonstrační výklad • samostatná experimentální činnost 	

Výroba uhličitanu sodného

<ul style="list-style-type: none">• práce ve skupině
Poznámky
<ul style="list-style-type: none">• hydrogenuhličitan sodný připravíme za případné asistence žáků, oddělení hydrogenuhličitanu sodného a jeho převedení na kalcinovanou sodu mohou provést již žáci sami
Bezpečnostní pokyny
<ul style="list-style-type: none">• po dobu cvičení by měli žáci používat ochranné brýle

7. Použitá literatura a elektronické zdroje

1. ŠRÁMEK, V., KOSINA, L.: *Obecná a anorganická chemie*. Olomouc: FIN, 1996.
2. HONZA, J., MAREČEK, A.: *Chemie pro čtyřletá gymnázia, 1. díl*. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 2002.
3. VOSOLSOBĚ, J., SMÉKAL, F.: *Chemická výroba pro 3. ročník gymnázií*. Praha: SNTL, 1986.
4. VACÍK, J. a kol.: *Chemie pro gymnázia I. (obecná a anorganická)*. Praha: SPN, 1984.
5. BANÝR, J., BENEŠ, P. a kol.: *Chemie pro střední školy*. Praha: SPN, 1995.
6. NEISER, J.: *Základy chemických výrob: Vysokoškolská učebnice pro studenty pedagogických a přírodovědeckých fakult studijního oboru 76-12-8 učitelství všeobecně vzdělávacích předmětů*. Praha 1988.
7. HRANOŠ, P.: *Anorganická technologie: studijní text pro SPŠCH*. Ostrava: Pavel Klouda, 2000.
8. WICHTERLE, K.: *Chemická technologie*. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2010.