

VÝROBA KYSELINY SÍROVÉ
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
Kontaktní způsob výroby kyseliny sírové
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

Kyselina sírová je jednou z nejdůležitějších anorganických kyselin. V učebnicích chemie je popisován především kontaktní způsob výroby, schéma je však uvedeno pouze v učebnici [1]).

Pozn.: Stále v některých učebnicích uváděný zastaralý tzv. nitrozní způsob výroby H_2SO_4 založený na oxidaci SO_2 pomocí NO_2 (zjednodušeně: $\text{SO}_2 + \text{NO}_2 \rightarrow \text{SO}_3 + \text{NO}$) se již nepoužívá, takže nebude diskutován.

Doplnění informací se zaměří na následující oblasti:

- 1) Jakým procesem se kyselina sírová v současné době vyrábí?
- 2) Jaké jsou hlavní stupně výroby kyseliny sírové?

2. Teoretické poznatky k problematice

Kontaktní způsob výroby kyseliny sírové

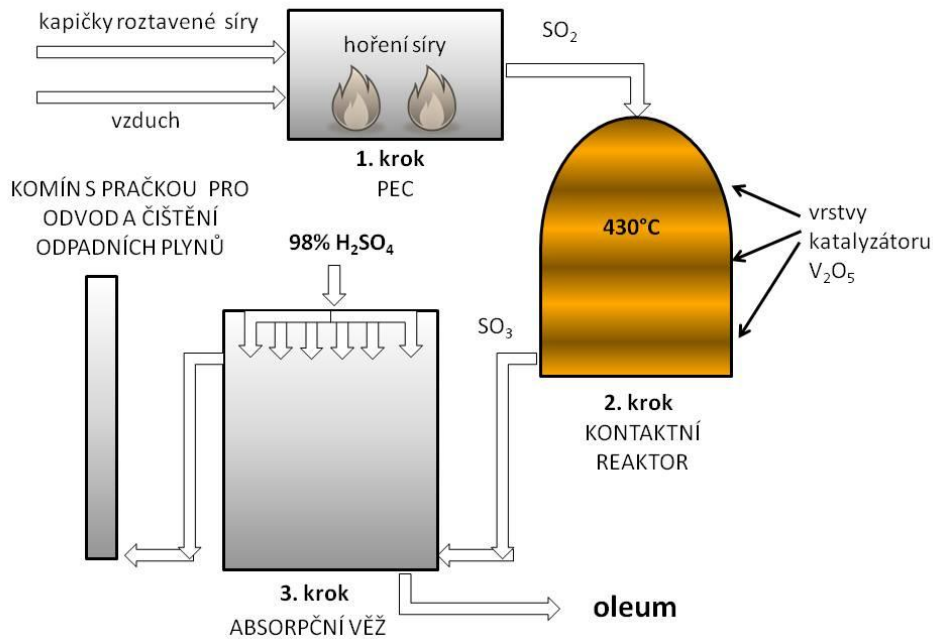
Kyselina sírová se dnes převážně vyrábí tzv. **kontaktním způsobem**. Název vychází z inovace výrobní metody, kdy problémy s oxidací oxidu siřičitého byly vyřešeny **kontaktem** s vhodným katalyzátorem.

Základní surovinou pro výrobu kyseliny sírové v České republice je elementární síra těžená v Polsku. Ve světě se využívá nejen síra těžená, ale také získaná při čištění zemního plynu, z koksoven a jiných odsiřovacích procesů.

Výroba kyseliny sírové sestává ze tří hlavních kroků (viz Obrázek 1).

- 1) příprava oxidu siřičitého,
- 2) katalytická oxidace oxidu siřičitého na oxid sírový,
- 3) reakce oxidu sírového až na kyselinu sírovou.

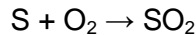
Výroba kyseliny sírové



Obrázek 1: Zjednodušené schéma kontaktního způsobu výroby kyseliny sírové

1. krok: Příprava oxidu siřičitého.

Oxid siřičitý se připravuje spalováním síry. Kapičky roztavené síry se vstříkují do pece.

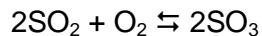


Oxid siřičitý je možné připravit také pražením sulfidických a polysulfidických rud, např. sulfidu olovnatého (galenit), disulfidu železnatého (pyrit) aj. Při reakci se však z rud uvolňují tzv. katalytické jedy (např. sloučeniny arsenu), které znehodnocují katalyzátor používaný v druhém kroku výroby.

2. krok: Katalytická oxidace oxidu siřičitého na oxid sírový.

Tato oxidace je důležitý a obtížný krok, má několik úskalí a problémů, které byly postupem času vyřešeny.

- reakce je vratná (reverzibilní) a exotermická
- oxidace SO₂ na SO₃ probíhá za nízké teploty nepříliš ochotně a pomalu

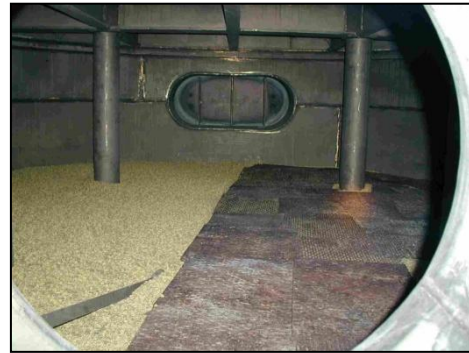


Aby reakce probíhala efektivně, byla zvolena teplota cca 430 °C, chlazení plynu a pro urychlení reakce byl využit katalyzátor. Původní platinový katalyzátor byl nahrazen oxidem vanadičným, který je méně senzitivní ke katalytickým jedům.

Oxid vanadičný je nanesen na křemelině ve tvaru válečků, kuliček nebo prstenců (viz Obrázek 2).



Obrázek 2: Upravený katalyzátor



Obrázek 3: Pohled na patro kontaktního tělesa s katalyzátorem oxidem vanadičným (převzato z [2])

V tzv. kontaktním tělese je nasypáno přibližně 80 tun katalyzátoru na nosiči rozdělených do čtyř až šesti vrstev, mezi nimiž jsou zařazeny trubkové výměníky tepla (viz Obrázek 3).

3. krok: Reakce oxidu sírového až na kyselinu sírovou.

Oxid sírový je polymerní tuhá látka, která snadno sublimuje a je obsažen v plynné reakční směsi v relativně nízké koncentraci – 10 % obj. Nelze ho přímo nechat reagovat s vodou či s vodní párou, neboť tato reakce má v plynné fázi příliš bouřlivý průběh a vzniká přitom mlha kyseliny sírové, kterou lze jen velmi obtížně zkondenzovat. Z uvedených důvodů je v tzv. absorpčních věžích oxid sírový zkrápen chlazenou 98% kyselinou sírovou, čímž vzniká tzv. oleum, obsahující obecně polysírové kyseliny, hlavně kyselinu disírovou:



Zředěním olea vodou získáme kyselinu sírovou požadované koncentrace.

Absorpční věž je vyrobena z oceli a je vyzděná kyselinovzdornou vyzdívkou.

3. Náměty na praktická cvičení k tématu

- demonstrační pokusy

1/ Dehydratační účinky kyseliny sírové – dehydratace hydratovaných solí

Pomůcky: Petriho miska, pipeta

Chemikálie: $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ (modrá skalice), konc. H_2SO_4

Pracovní postup:

- na Petriho misku dáme malou lžičku krystalů pentahydrátu síranu měďnatého,
- pomocí pipety pokapeme krystalky cca 3 cm^3 koncentrované kyseliny sírové,
- pozorujeme změny.

Pozorování: Koncentrovaná kyselina sírová odnímá síranu měďnatému hydrátovou vodu. Původně modrý pentahydrát síranu měďnatého přejde na světle modrou až bílou barvu (bezvodá sůl).

2/ Dehydratační účinky kyseliny sírové – „černá zmije“

Pomůcky: 2 kádinky 100 cm^3

Chemikálie: cukr (sacharóza), konc. H_2SO_4 (98%)

Pracovní postup:

- z $\frac{1}{4}$ kádinku naplníme cukrem,
- cukr zalijeme koncentrovanou kyselinou sírovou (použijeme ochranné pomůcky) a pozorujeme změny.

Pozorování: Koncentrovaná kyselina sírová odnímá organickým látkám vázaný vodík a kyslík v poměru (2:1). V kádince zbude z cukru černá hmota sestávající převážně z uhlíku, která nabobtná uvolňujícími se plyny. Reakce je silně exotermická.

3/ Ředění kyselin

Pomůcky: kádinka 500 cm^3 , kádinka 100 cm^3 , teploměr skleněná tyčinka, stříčka s vodou, Petriho miska

Chemikálie: koncentrovaná kyselina sírová

Pracovní postup:

- kádinku 500 cm^3 naplníme do $\frac{1}{3}$ destilovanou vodou a změříme její teplotu,
- kádinku umístíme nejlépe do dřezu,

Výroba kyseliny sírové

- z malé kádinky opatrně přiléváme do vody koncentrovanou kyselinu sírovou, po zamíchání skleněnou tyčinkou změříme teplotu směsi,
- pozorujeme změnu teploty,
- na Petriho misku nalijeme koncentrovanou kyselinu sírovou,
- misku místíme do digestoře,
- stříčkou **opatrně** přidáváme vodu,
- pozorujeme změny na hladině.

U obou postupů je třeba dodržovat zásady bezpečné práce – používat veškeré ochranné pomůcky (brýle popř. štít, rukavice).

Pozorování: Při správném ředění (kyselinu lijeme do vody) pozorujeme vzrůstající teplotu směsi. Přidáváme-li vodu ke kyselině – na hladině můžeme pozorovat vypařující se vodu, popř. odstříkující kapky vody s kyselinou sírovou. Při druhé variantě pokusu je třeba dbát bezpečnosti!!!

4. Pracovní listy pro žáka

Doplň do schématu názvy jednotlivých zařízení a produktů kroků kontaktního způsobu výroby kyseliny sírové!

K doplnění:

-
-
-
-
-
-

©Prášilová, Kameníček

Doplň do schématu názvy jednotlivých zařízení a produktů kroků kontaktního způsobu výroby kyseliny sírové!

K doplnění:

-
-
-
-
-
-

©Prášilová, Kameníček

Doplň fáze kontaktního způsobu výroby kyseliny sírové a jednotlivé rovnice!

| <u>FÁZE</u> | <u>PROBÍHAJÍCÍ DĚJ</u> |
|--|--|
| Příprava oxidu siřičitého. |(l) +(g) →(g) |
| Katalytická oxidace oxidu na oxid | 2(g) + O ₂ (g) ⇌ 2(g) |
| Reakce oxidu sírového na kyselinu sírovou – zjednodušená reakce. (ve skutečnosti reakce probíhá....) | SO ₃ (g) + H ₂ O → (SO ₃ (g) + H ₂ SO ₄ (l) →) |

©Prášilová, Kameníček

Doplň fáze kontaktního způsobu výroby kyseliny sírové a jednotlivé rovnice!

| <u>FÁZE</u> | <u>PROBÍHAJÍCÍ DĚJ</u> |
|---|---|
| Příprava oxidu siřičitého. | S(l) + O ₂ (g) → SO ₂ (g) |
| Katalytická oxidace oxidu siřičitého na oxid sírový | 2 SO ₂ (g) + O ₂ (g) ⇌ 2 SO ₃ (g) |
| Reakce oxidu sírového na kyselinu sírovou – zjednodušená reakce. (ve skutečnosti reakce probíhá) | SO ₃ (g) + H ₂ O(l) → H ₂ SO ₄ (SO ₃ (g) + H ₂ SO ₄ (l) → H ₂ S ₂ O ₇) |

©Prášilová, Kameníček

5. Metodika pro hodinu základního typu

Zařazení tématu do výuky:

- A. Anorganická chemie \Rightarrow p-prvky a jejich sloučeniny \Rightarrow síra a její sloučeniny \Rightarrow výroba kyseliny sírové
- B. Obecná chemie \Rightarrow chemická rovnováha \Rightarrow ovlivňování rovnováhy chemických reakcí

| Téma I | Ročník |
|--|--|
| Výroba kyseliny sírové | 2. ročník |
| Vstupní předpoklady | |
| <p><i>Žák by se měl orientovat v následující problematice:</i> Chemické reakce – ovlivňování průběhu chemické reakce. Katalýza. Oxidace.</p> | |
| Předpokládané výsledky výuky | |
| <p><i>Žák:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • vyjmenuje tři hlavní stupně výroby kyseliny sírové kontaktním způsobem • rovnicí zapíše výrobu oxidu siřičitého a slovně okomentuje použití výchozích surovin • rovnicí zapíše výrobu oxidu sírového, popíše podmínky reakce • jmenuje a zapíše výsledné produkty kontaktního způsobu výroby | |
| Metody výuky | Učební pomůcky |
| <ul style="list-style-type: none"> • problémový výklad • <i>práce ve skupině (třídě)</i> | <ul style="list-style-type: none"> • prezentace k tématu v MS PowerPoint • pracovní list pro žáka • učební text |

Pomocí problémového výkladu postupně doplníme s žáky jednotlivé kroky kontaktní metody výroby kyseliny sírové do pracovního listu. Diskutujeme možnosti ovlivnění rovnováhy chemické reakce.

6. Použitá literatura a elektronické zdroje

1. EISNER, W. a kol.: *Chemie pro střední školy 1b*. Praha: Scientia, 1997.
2. <http://pglbc.cz/files/chv/sirova/zoxidace.html> [cit. 2013-11-16]
3. NEISER, J.: *Základy chemických výrob: Vysokoškolská učebnice pro studenty pedagogických a přírodovědeckých fakult studijního oboru 76-12-8 učitelství všeobecně vzdělávacích předmětů*. Praha 1988.
4. ANDRLÍK, K., Petrů, F.: *Základy chemických výrob*. SPN, Praha 1965.
5. HRANOŠ, P.: *Anorganická technologie: studijní text pro SPŠCH*. Ostrava: Pavel Klouda, 2000.
6. WICHTERLE, K.: *Chemická technologie*. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2010.