

C9500 Užitá chemie

10. lekce

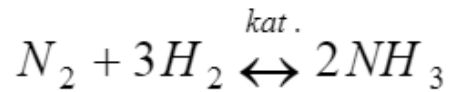
Základní chemické výroby

Mgr. Ing. Radka Kopecká, Ph.D.

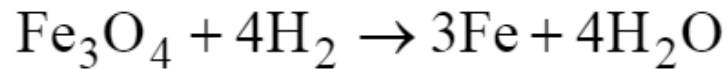
175344@mail.muni.cz

Amoniak

Haberova-Boschova syntéza amoniaku



Katalyzátor α -železo



Provozní podmínky

exotermní reakce

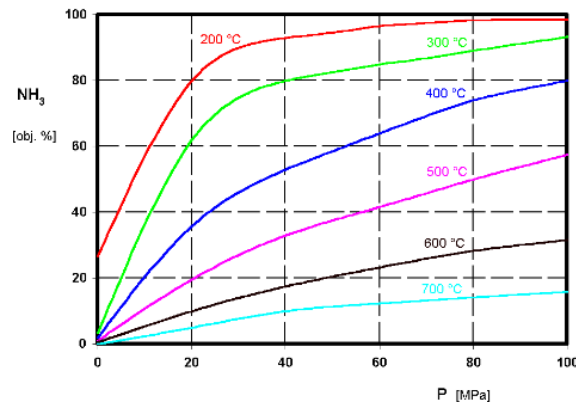
změna objemu

teplota 400 – 500 °C

tlak 10 – 100 MPa

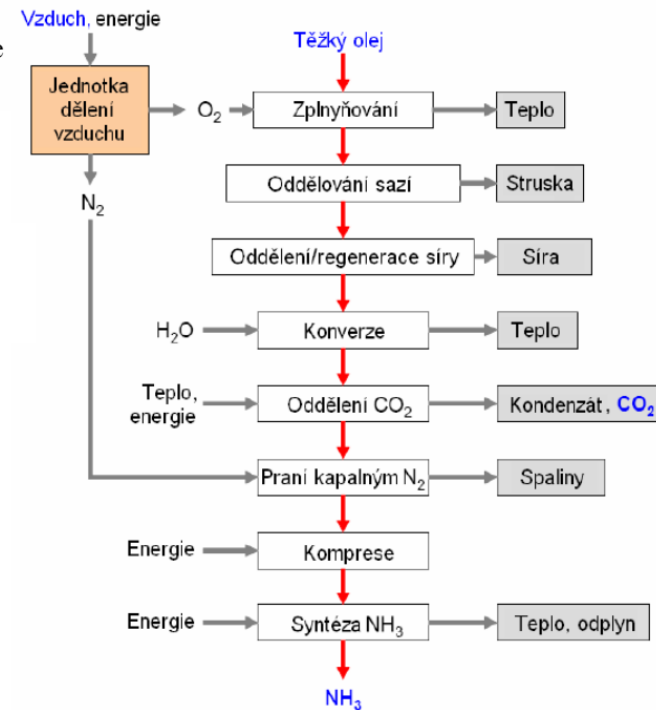
odstranění vytvořeného amoniaku z reakční směsi

Závislost konverze při syntéze amoniaku na tlaku a teplotě



suroviny:

- ✓ těžké ropné frakce
- ✓ uhlí



Carl Bosch

27.8.1874 – 26.4.1940

německý chemik

1909 – Haber-Boschova syntéza amoniaku

1918 – syntéza metanolu

1931 – Nobelova cena za vysokotlaké syntézy

1933 – setkání s Hitlerem, bránil židovské vědce, byl za to suspendován

1939 – pokus o sebevraždu kvůli vývoji v Německu

Fritz Haber

9.12.1869 – 29.1.1934

německý fyzikální chemik

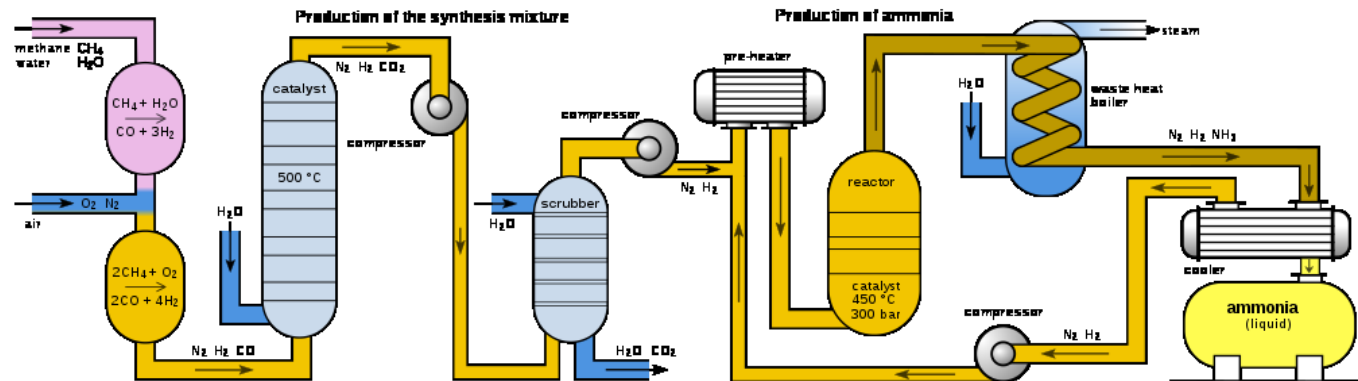
židovského původu

1909 – syntéza amoniaku

osmiový katalyzátor

1918 – Nobelova cena

za průmyslovou výrobu amoniaku



MUNI
SCI

Kyselina sírová

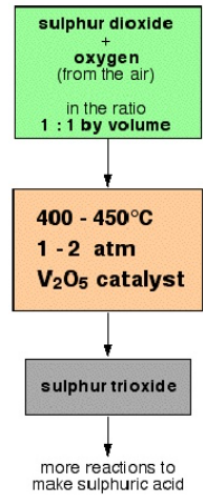
- nejvíce vyráběná chemická látka
- v roce 2009 – vyrobeno 67 500 kt

- **Kyselina sírová (vitriol)** je silná dvojsytná kyselina, hustá olejnatá kapalina, neomezeně mísitelná s vodou.
- Koncentrovaná (96–98%) má dehydratační a oxidační účinky.
- Je hygroskopická.
- Je nebezpečnou žiravinou.
- Je velmi reaktivní,
- Roztok oxidu sírového v kyselině sírové se nazývá oleum.

1831 – britský obchodník s octem **Peregrine Phillips** patentoval tzv. kontaktní proces výroby kyseliny sírové

proces postupně vylepšili **Clemens Alexander Winkler** a **Rudolf Knietsch**

tak, že se stal základem současné světové výroby kyseliny sírové místo původního pyritu se používá jako vstupní surovina většinou elementární síra



zdroj síry

✓ Těžená síra

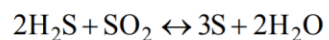
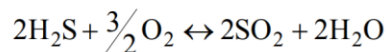
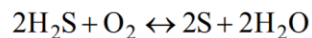
- pokles spotřeby – problém s nečistotami

✓ Clausův proces

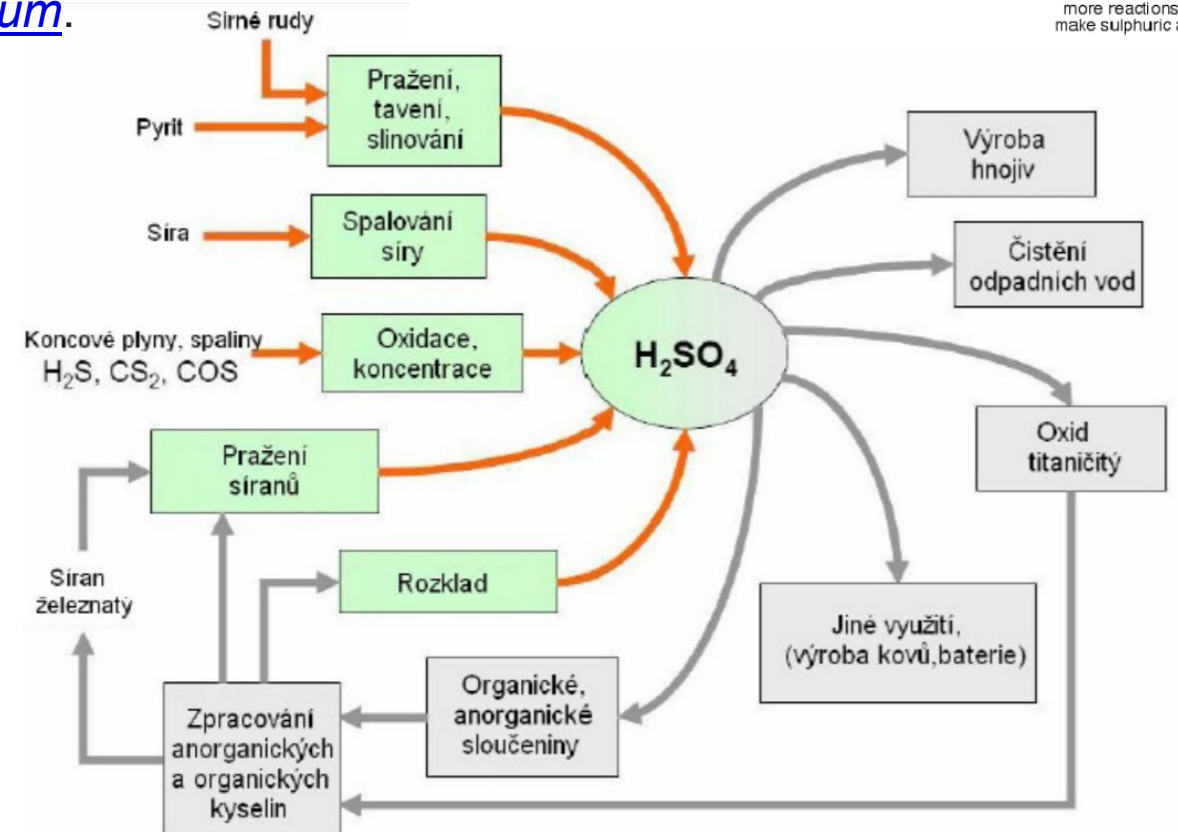
- při odsířování ropných frakcí a zemního plynu.
- kapalná síra (skladovací teplota 125 – 145 °C)



Clausův proces – kontrovaná oxidace sulfanu



katalyzátor – I. stupeň Co-Mo na Al_2O_3 $t = 300\text{ °C}$ konv. = cca 80 %
II. stupeň aktivní Al_2O_3 $t = 220\text{ °C}$



Kyselina sírová – princip výroby

Příprava SO₂

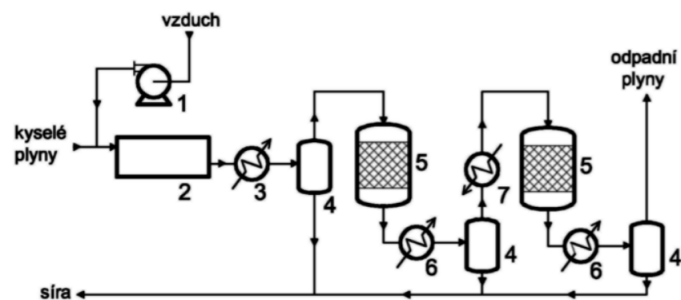
spalování síry
pražení sulfidických rud
rozklad sádrovce
štěpení odpadní kyseliny

Příprava SO₃

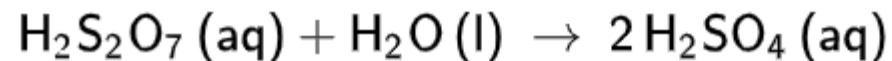
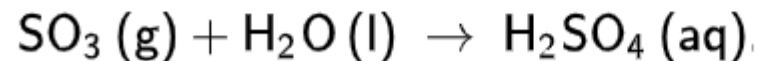
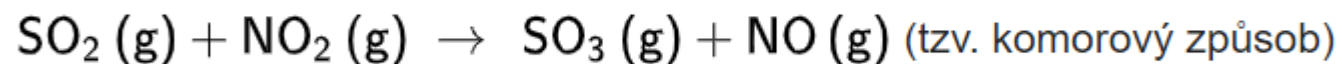
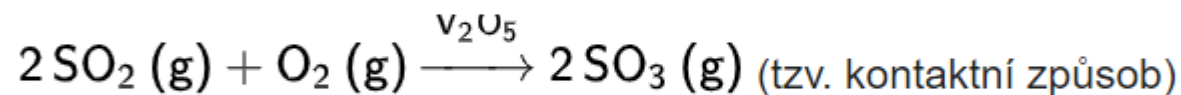
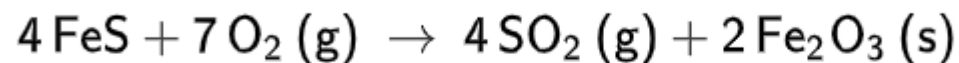
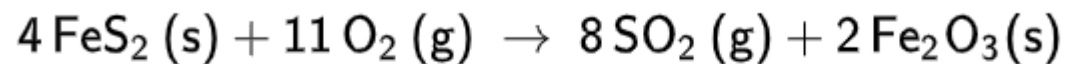
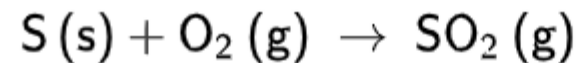
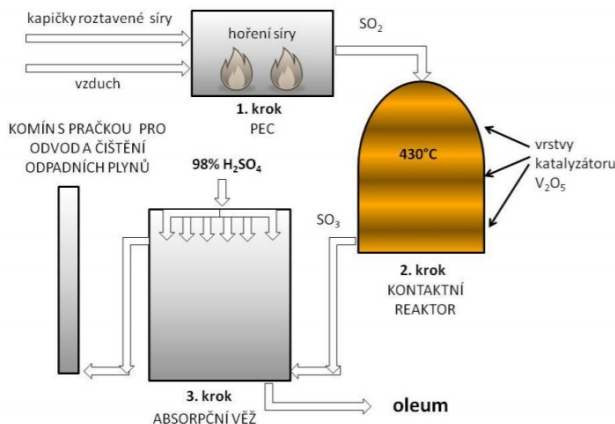
nitrozní způsob
kontaktní způsob

Příprava H₂SO₄

absorpce



- 1 - ventilátor
- 2 - spalovací komora
- 3 - kotel na odpadní teplo
- 4 - separátor kapalné síry
- 5 - reaktor
- 6 - kondenzátor síry
- 7 - ohřivač



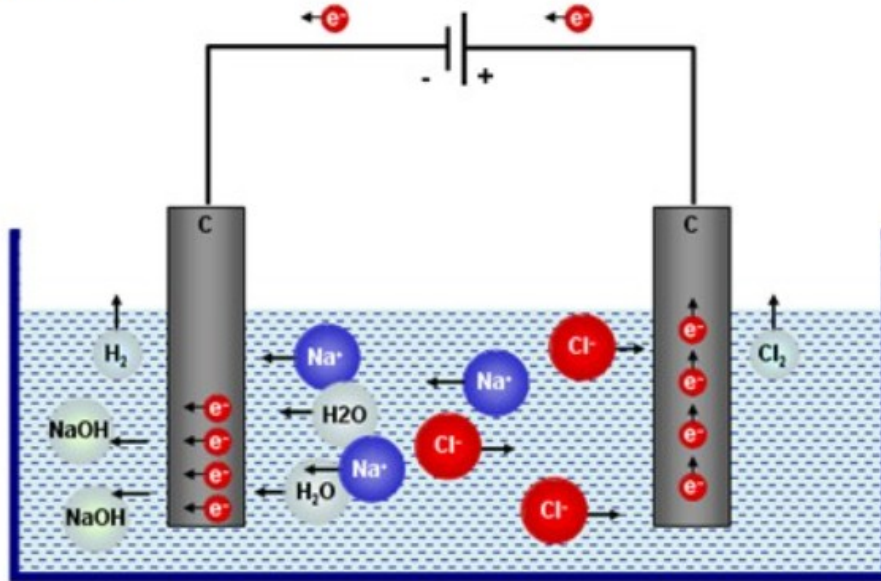
Kyselina chlorovodíková

V současné době se kyselina chlorovodíková (chlorovodík) vyrábí ve dvou velkých průmyslových společnostech v ČR. ve **Spolku pro chemickou a hutní výrobu, a.s. v Ústí nad Labem** (Spolchemie) a ve **Spolaně, a.s. v Neratovicích**. V obou podnicích navazuje výroba chlorovodíku na předchozí elektrolýzu solanky, která poskytuje chlor a vodík.



Elektrolýza solanky

Roztok NaCl

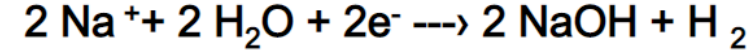


Elektrolýza NaCl – uhlíkové elektrody

© Dragon 2006

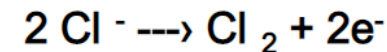
Katoda

Na katodě přijmou kationty sodíku (Na^+) jeden elektron. Reagují s vodou za vzniku hydroxidu sodného (NaOH) a vodíku (H_2).



Anoda

Anionty chloru odevzdají anodě jeden elektron. Vzniklé molekuly chloru (Cl_2) unikají z elektrolytu ve formě drobných bublinek.



Na katodě je vylučován vodík (H_2) a na anodě chlór (Cl_2).

Kyselina trihydrogenfosforečná a superfosfát

Rozlišujeme 2 způsoby přípravy kyseliny fosforečné, a to výrobu termickou a extrakční.

Termická výroba vychází z elementárního fosforu a produkuje koncentrovanou a velmi čistou kyselinu.

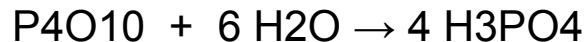
Extrakční výroba je založená na rozkladu přírodního fosforečnanu minerální kyselinou, nejčastěji kys. sírovou poskytuje zředěnou a znečištěnou kyselinu.

Termická výroba kyseliny fosforečné sestává ze dvou stupňů:

1) spálení elementárního fosforu na oxid:



2) slabě exotermní reakce oxidu fosforečného s vodou

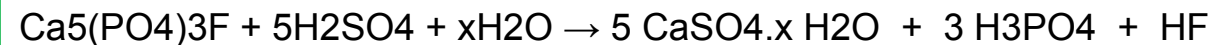


Extrakční proces výroby kyseliny fosforečné je založen na rozkladu přírodních fosforečnanů, nejčastěji apatitu s obsahem fluoru, zpravidla kyselinou sírovou.

Vzniklá kyselina je znečištěná prvky - Si, Ca, Fe, Al, Cr, Zn, V, Ni, Cu, Mn, As a Pb.

Při rozkladu fosforečnanu při teplotě 80°C vzniká dihydrát síranu vápenatého, při teplotě rozkladu při 90 až 110°C vzniká hemihydrát a nad 110°C bezvodý síran, tzv. anhydrit. Příslušné postupy výroby kyseliny označujeme jako dihydrátový, hemihydrátový a anhydritový proces.

| Aplikace | Anhydrit (AH) (CaSO ₄) | Dihydrát, DH (CaSO ₄ ·2 H ₂ O) | Hemihydrát, HH (CaSO ₄ ·0,5 H ₂ O) |
|--------------|--|--|---|
| Stavebnictví | Podlahové směsi (regulátor tuhnutí). | Cement (regulátor tuhnutí). | Omitky (štuk) sádrokarton, podlahové směsi. |
| Zemědělství | Prostředek pro úpravu půdy, jako zdroj vápníku a síry, plnidlo pro insekticidy, plnidlo pro hnojiva. | Prostředek pro úpravu půdy, plnivo pro insekticidy, plnivo pro hnojiva. | Zdroj vápníku a síry. |
| Průmysl | Plnivo pro pigmenty a jiné aplikace | Plnivo pro pigmenty a jiné aplikace, výroba síranu amonného a kyseliny sírové. | Plnivo pro pigmenty a další aplikace. |



Superfosfát je [minerální hnojivo](#) s různým obsahem [fosforu](#), rozpustné ve vodě.

Superfosfáty se rozlišují podle obsahu fosforu:

- jednoduchý superfosfát – obsah P = 7,5–8,5 %,
- dvojitý superfosfát – obsah P = 12–15 %,
- trojitý superfosfát – obsah P = 21 %.



Chlor a Hydroxid sodný

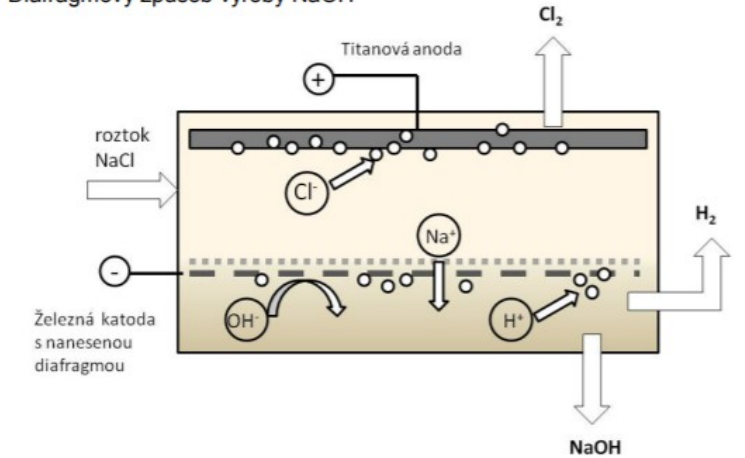
- V průmyslové praxi se chlor a hydroxid sodný vyrábí třemi metodami: diafragmovou, amalgámovou a membránovou.
- V České republice se NaOH vyrábí klasickou amalgámovou metodou.



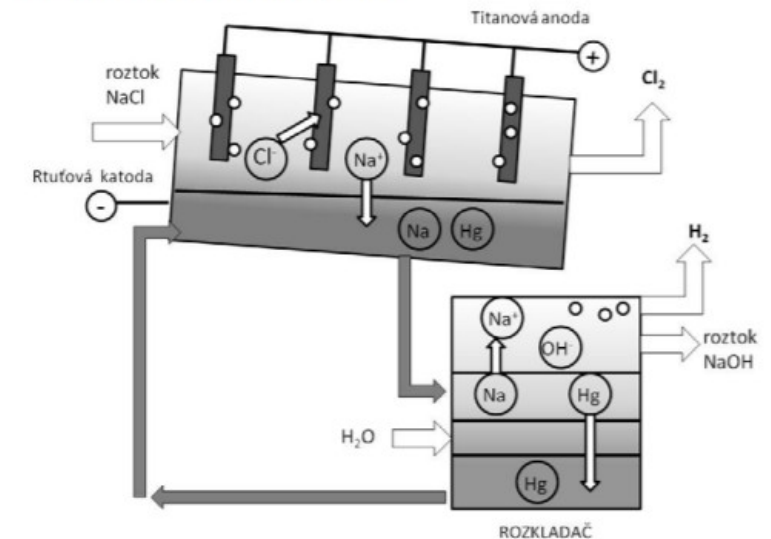
Porovnání diafragmového a amalgamového způsobu elektrolýzy roztoku NaCl

| | Diafragmový způsob | Amalgamový způsob |
|----------------------------------|--|---|
| Přítomnost iontů | Na^+ , Cl^- , H_3O^+ , OH^- | Na^+ , Cl^- , H_3O^+ , OH^- |
| Anoda (+) | titanová (pokrytá TiO_2 , RuO_2) | titanová (pokrytá TiO_2 , RuO_2) |
| Katoda (-) | železná | rtuťová (kapalná) |
| Oddělení prostoru anody a katody | porézní přepážkou (dříve karcinogenní azbest, dnes tkaniny, keramické materiály) | prostory nejsou odděleny další procesy probíhají v tzv. rozkladné nádobě |
| Reakce probíhající na anodě (+) | $2 \text{Cl}^- \rightarrow 2 \text{Cl}^\bullet + 2 e^-$ $2 \text{Cl}^\bullet \rightarrow \text{Cl}_2$ | $2 \text{Cl}^- \rightarrow 2 \text{Cl}^\bullet + 2 e^-$ $2 \text{Cl}^\bullet \rightarrow \text{Cl}_2$ |
| Reakce probíhající na katodě (-) | $2 \text{H}_2\text{O} + 2 e^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$ $\text{Na}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{NaOH}$ | $2 \text{Na}^+ + 2 e^- + x \text{Hg} \rightarrow 2 \text{NaHg}_x$ (sodíkový amalgám) |
| Doprovodné reakce | | v rozkladné nádobě: $2 \text{NaHg}_x + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2x \text{Hg} + 2 \text{NaOH} + \text{H}_2$ |
| Produkty | Cl_2 , H_2 , NaOH | Cl_2 , H_2 , NaOH |

Diafragmový způsob výroby NaOH

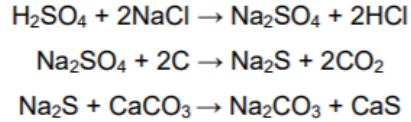


Amalgamový způsob výroby NaOH



Soda

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:

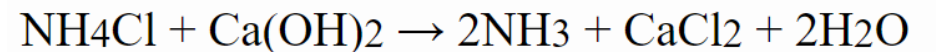
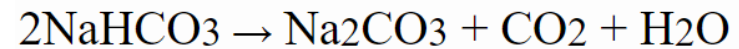
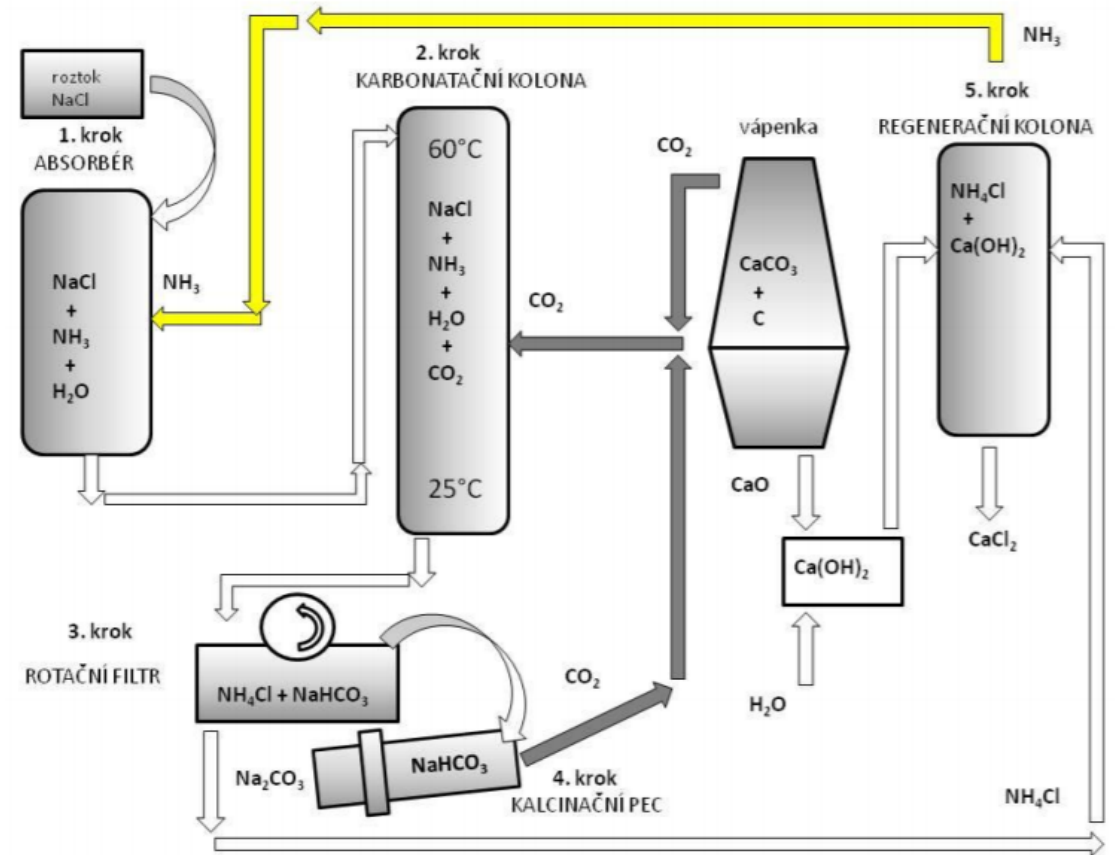


Solvayův způsob výroby sody

- kontinuální
- prakticky bezodpadová technologie
- od roku 1950 se od něj postupně upouští



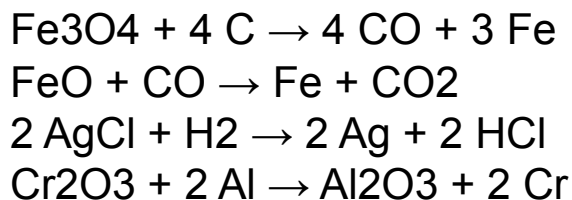
- 1. krok:** *Absorpce amoniaku do roztoku chloridu sodného v tzv. absorbéru.*
- 2. krok:** *Nasycení směsi oxidem uhličitým v tzv. karbonatační koloně.*
- 3. krok:** *Filtrace směsi chloridu amonného a méně rozpustného hydrogenuhličitanu sodného na vakuových rotačních filtrech.*
- 4. krok:** *Tepelný rozklad hydrogenuhličitanu sodného v kalcinační peci.*
- 5. krok:** *Regenerace amoniaku.*



Kovy (metalurgie)

Výrobou kovů se zabývá vědní obor zvaný metalurgie (neboli hutnictví).

- 1) Zkoncentrování rudy
 - 2) Chemické separační postupy
 - 3) Chemický děj, kterým je získán surový elementární kov
- Redukce chemickým činidlem = redukce pomocí redukčních činidel: uhlík (ve formě koksu), oxid uhelnatý CO, vodík, kov



Elektroredukce

Tepelný rozklad sloučenin

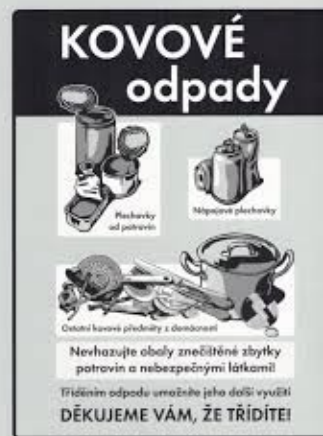
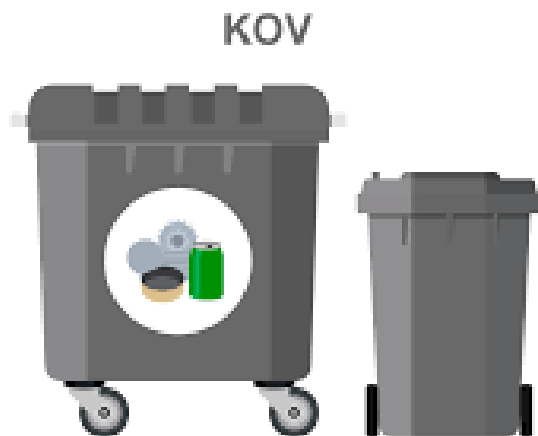
| Název slitiny | Složení | Vlastnosti, použití |
|----------------------------------|--------------------|--|
| amalgám zlata | Hg, Au | • využívá se při výrobě zlata (nešetrný k životnímu prostředí) |
| amalgám stříbra | Hg, Ag, Cu, Sn | • k výrobě dentálních plomb |
| amalgámy alkalických kovů | Hg + alkalický kov | • vznikají při výrobě NaOH (rtuť vystupuje jako katoda) |

| Název slitiny | Složení | Vlastnosti, použití |
|------------------|-------------------------------------|--|
| dural | 90–96 % Al 4–6 % Cu příměs Mg | <ul style="list-style-type: none"> • konstrukční materiál (automobily, letadla, lodě) • výroba sportovních pomůcek (luky a šípy) |
| magnalium | 50–95 % Al 5–50 % Mg | <ul style="list-style-type: none"> • konstrukční materiál (automobily, letadla) • v práškovém stavu je hořlavá (pyrotechnika) |
| silumin | 88 % Al 12% Si příměs Mg | <ul style="list-style-type: none"> • má malou teplotní roztažnost • slévárenský průmysl, písty motorů |
| elektron | 90 % Mg 10 % Al příměs Zn | <ul style="list-style-type: none"> • odlévání součástek (součástky motorů) • kousky jsou vysoce hořlavé – dříve byly součástí japonských zápalných granátů |

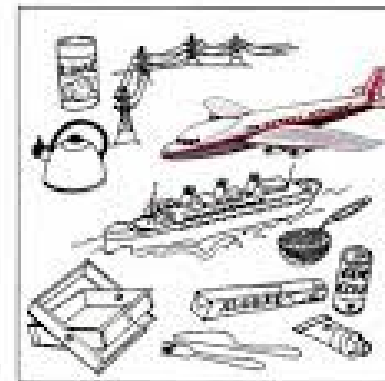
| Název slitiny | Složení | Vlastnosti, použití |
|-------------------------------|--|--|
| klempířská pájka | 25 % Sn 75 % Pb | <ul style="list-style-type: none"> • pro pájení (spojování) kovů v klempířství • teplota tání 271 °C |
| elektrotechnická pájka | 60 % Sn 40 % Pb | <ul style="list-style-type: none"> • pro pájení v elektrotechnice • teplota tání 190 °C |
| liteřina | 56–86 % Pb 11–30 % Sb 3–20 % Sn | <ul style="list-style-type: none"> • odolná vůči tlaku • dříve pro odlévání tiskařských liter (písmen) |
| Roseův kov | 50 % Bi 25 % Pb 25 % Sn | <ul style="list-style-type: none"> • využití ve slévárenství k výrobě modelů výrobků • teplota tání 96 – 98 °C |
| Woodův kov | 50 % Bi 25 % Pb 12,5 % Sn 12,5 % Cd | <ul style="list-style-type: none"> • k výrobě termopojistek • teplota tání 60 – 70 °C |

| Název slitiny | Složení | Vlastnosti, použití |
|--------------------|--------------------------------|---|
| bronzy | Cu, Sn + další kov dle potřeby | <ul style="list-style-type: none"> cínový bronz je tvrdý, pevný, dobře slévateľný hliníkový bronz je odolný vůči korozi, žáru (do 800 °C), zásadám i kyselinám dělovina – na výrobu odlitků historických zbraní zvonovina – na výrobu zvonů berylliový bronz – na výrobu nejiskřících nástrojů |
| mosazi | Cu, Zn + další kov dle potřeby | <ul style="list-style-type: none"> kování, armatury, ozubená kola tombaky – na výrobu membrán, v elektrotechnice cínové mosazi – výroba žesťových nástrojů manganové mosazi – na výrobu zbraní, lopatek turbín |
| nikelin | Cu, Ni, Mn | <ul style="list-style-type: none"> velký elektrický odpor odporové dráty |
| konstantan | 55 % Cu 45 % Ni | <ul style="list-style-type: none"> téměř stabilní elektrický odpor nezávislý na teplotě elektrotechnika |
| Monelův kov | 68 % Ni 32 % Cu | <ul style="list-style-type: none"> chemicky odolný, vhodný pro práci s fluorem pro výrobu lodních šroubů, chemického nádobí |
| alpaka | 65 % Cu 18 % Ni 17 % Zn | <ul style="list-style-type: none"> označována je jako „nové stříbro“ na výrobu hudebních nástrojů, přístrojů, ozdob, mincí |

| Název slitiny | Složení | Vlastnosti, použití |
|-------------------------|------------------------------|--|
| nerezová ocel | 80 % Fe 18 % Cr 1 % Ni | <ul style="list-style-type: none"> odolná vůči korozi využívána v potravinářství na výrobu chirurgických nástrojů |
| vanadová ocel | Fe, V | <ul style="list-style-type: none"> na výrobu karosérií v automobilovém průmyslu |
| pružinová ocel | Fe, Cr | <ul style="list-style-type: none"> na výrobu pružin |
| ohnivzdorná ocel | Fe, Mo, W | <ul style="list-style-type: none"> k výrobě trezorů, ventilů motorů |
| rychlořezná ocel | Fe, V, W | <ul style="list-style-type: none"> kotoučové i pásové pily |
| manganová ocel | Fe, Mn | <ul style="list-style-type: none"> velmi tvrdá na výrobu pancířů, lžic bagrů apod. |



Železo a jeho využití



Hliník a jeho využití



Měď a její využití

Mléko a mléčné produkty

Mléko vzniká metabolickými přeměnami z krve a mízy. Mléko tvoří z 86-88 % voda, 12-14 % je sušina – bílkoviny, tuky, sacharidy, minerální látky, vitaminy, enzymy a hormony. Hlavním mléčným cukrem je laktóza, která je složena z jedné molekuly glukózy a jedné molekuly galaktózy navzájem spojené β -1-4 glykosidickou vazbou.

Úprava mléka fyzikálními pochody:

- a) filtrace,
- b) deaerace,
- c) odstředování,
- d) zahřívání,
- e) homogenizace,
- f) chlazení.

Metody tepelného ošetření mléka (MO = mikroorganismy)

| Metoda | Teplota | Časový interval | Cíl | Poznámky |
|------------------------------|------------|--|---|---|
| pasterace | pod 100 °C | 2 sekundy (85 °C) 20 sekund (65 °C) | usmrcení MO snížení aktivity enzymů | trvanlivost 3 - 5 dnů skladování v lednicích |
| UHT (ultra-high temperature) | 135 °C | 1 – 2 sekundy | usmrcení MO i spor inaktivace enzymů | změny chuti mléka |
| sterilace | 120 °C | 20 – 30 minut | zvýšit trvanlivost | probíhá v obalech skladování při pokojové teplotě |



Výroba másla

Máslo je ztuhlá emulze vody a tuku, obsahující výhradně mléčný tuk (min. 80 %). Máslo se vyrábí tzv. stloukáním ze smetany.

Výroba jogurtů

Jogurty jsou fermentované mléčné výrobky (při výrobě probíhají řízené mikrobiologické procesy mléčného kvašení).

Výroba sýrů

Sýry vznikají vysrážením kaseinu působením kyseliny mléčné (vzniká zkvašováním laktózy činností bakterií mléčného kvašení) nebo syřidla.

| Název kultury | Rody | Teplota zrání | Doba zrání | Výrobky |
|---------------|--|-------------------------------------|--------------|---|
| smetanová | <i>Lactococcus</i> <i>Leuconostoc</i> | 21 – 23 °C (mezofilní bakterie) | 1 den | kysané mléko kysané smetany šlehané podmásílí |
| kefirová | smíšená kultura mléčných bakterií a kvasinek | 16 – 20 °C | 1 – 3 dny | kefír |
| jogurtová | <i>Lactobacillus</i> <i>Streptococcus</i> | 42 – 43 °C (termofilní bakterie) | 3 – 4 hodiny | jogurty jogurtová mléka |

Pivo

1) Příprava mladiny

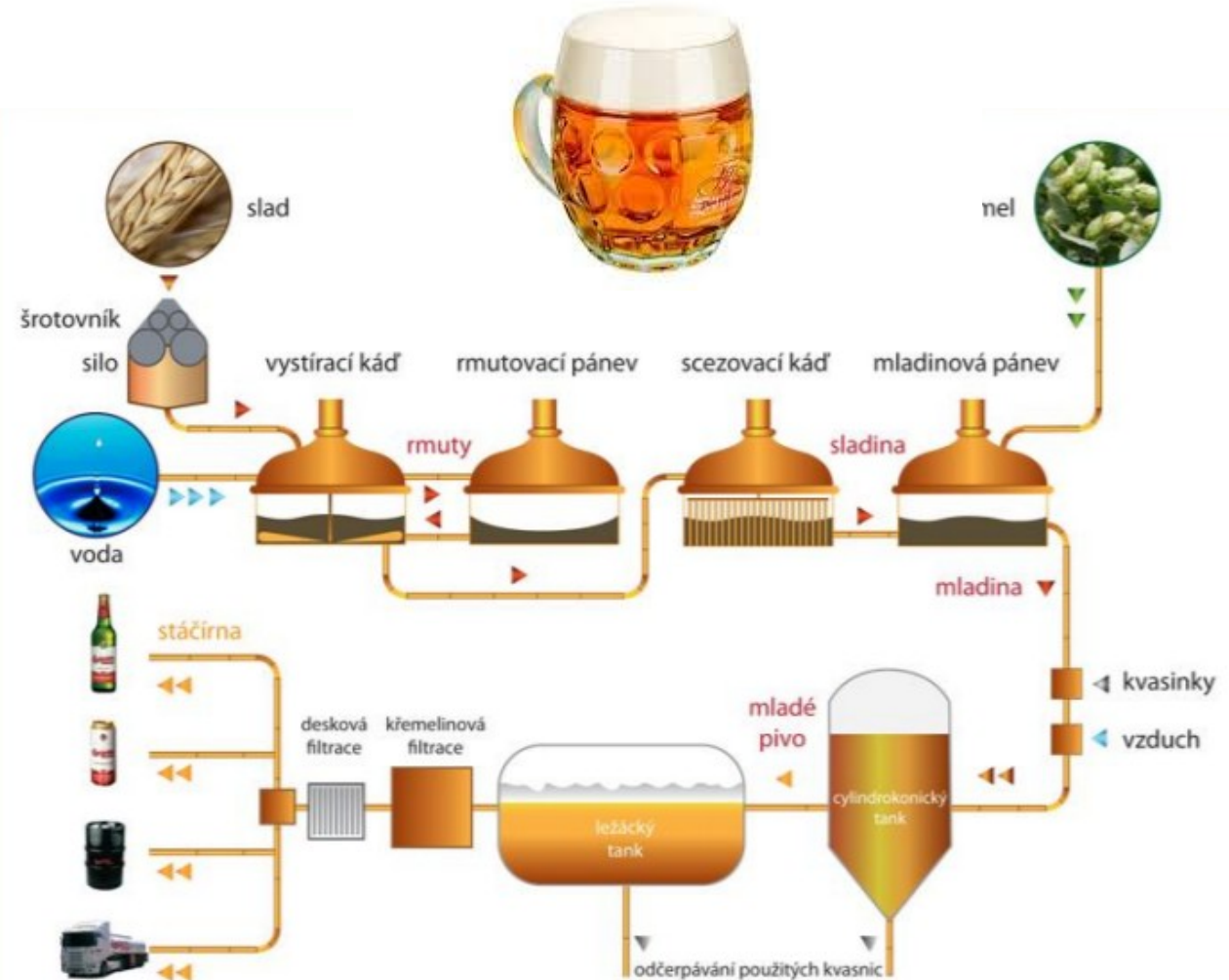
| Fáze | Cíl | Operace | Výstup |
|------------------|--|--|----------------|
| šrotování | rozrušit obilky sladu | mechanické mletí | |
| vystírání | převedení látek rozpustných ve vodě do roztoku | luhování | |
| rmutování | enzymatické štěpení sacharidů na zkvasitelné cukry enzymatický rozklad jiných látek | zvyšování a snižování teploty směsi míchání roztoků o různé teplotě | sladina |
| scezování | samofiltrací oddělit pluchy* od sladiny | filtrace | sladina, mláto |
| chmelovar | odpařit přebytečnou vodu a těkavé látky inaktivovat enzymy sterilizování mladiny získat potřebné látky z chmele zvýšit aciditu | fyzikální, chemické a biochemické reakce | mladina |
| chlazení mladiny | ochlazení mladiny na zákvasnou teplotu vyloučení kalů | chlazení | mladina |

*pluchy = přeměněné listy tvořící obal u klásků trav (rostlin čeledi lipnicovité)

2) Kvašení mladiny probíhá přidáním kvasinky *Saccharomyces cerevisiae*, které obsahují enzym maltázu štěpící maltózu na dvě molekuly glukózy. Během fermentace mladiny převážná část cukerných látek zkvasí na ethanol, oxid uhličitý a vedlejší produkty.

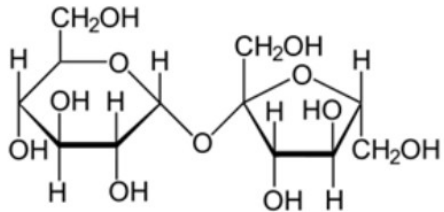
3) Při nízkých teplotách pomalu **dokvašuje** zbylý extrakt kvasnicemi, pivo se číří, sytí vznikajícím oxidem uhličitým a dozrává. Filtrací se z piva odstraňují kalicí látky.

| Etapy | Přibližná doba trvání | Teplota |
|---------------------------|-----------------------|------------|
| Vaření (příprava mladiny) | až 10 hodin | 35 – 70 °C |
| Kvašení (hlavní kvašení) | 7 - 12 dnů | 8 – 11 °C |
| Dokvašování (ležení) | 20 dnů (ležáky až 60) | 2 °C |



Cukr řepný (sacharóza)

- Počátky průmyslové výroby cukru na našem území se datují od roku 1831
- Cukr je vžitý název pro chemickou látku s názvem sacharosa.
- Skládá se z jedné molekuly glukosy a jedné molekuly fruktosy. V čistém stavu je sacharosa bílá krystalická látka sladké chuti.



- Základní surovina pro výrobu cukru je:
 - **cukrová řepa** (*Beta vulgaris*) – pěstuje se v naší zeměpisné šířce a je surovinou pro výrobu cukru v ČR
 - **cukrová třtina** (*Saccharum officinarum*) – pěstuje se v tropických a subtropických oblastech, sklízí se dvakrát do roka a jednodušeji se zpracovává na cukr.



- Cukr se vyrábí v CUKROVARU.
- Řepa se nejprve v mechanické pračce zbavuje nečistot. Takto připravené bulvy se krájí na tenké hranoly, tzv. **řízky**, které se extrahují vodou při zvýšené teplotě. Tímto procesem se získá **difúzní šťáva**. Zbylé řízky se silážují a používají se jako krmivo.
- Získaná šťáva se čistí přidávkem vápenného mléka (suspenze $\text{Ca}(\text{OH})_2$ v H_2O), tzv. **čiřením**. Tímto procesem se oddělí všechny necukry, které by bránily krystalizaci roztoku. Přebytek hydroxidu se odstraní pomocí CO_2 , tzv. **saturací** a produkt se zfiltruje.
- Takto se získá **lehká šťáva** a z ní odpařením části vody zahuštěná **těžká šťáva**, která obsahuje 61-67 % sacharosy. Těžká šťáva se zahřívá na bod krystalizace, tedy na stav, kdy se po skončení varu vylučují krystaly cukru. Opakovanou krystalizací se získá **surový cukr**, který obsahuje 96 % sacharosy.
- Takto získaný cukr se může prodávat jako surový hnědý cukr, nebo se dále čistí
 - **afinací** (odstředění a promytí vodou a vodní párou),
 - **rafinací** (rozpuštění ve vodě a další krystalizace).
- Zbýlý tmavě hnědý až černý sirupovitý cukerný roztok, ze kterého již nelze krystalizací získat sacharosu, se nazývá **melasa**. Používá se jako cenné krmivo.
- U finálního výrobku nelze určit, zda byl získán z cukrové třtiny, nebo z cukrové řepy, neexistují žádné spotřebitelem zaznamatelné rozdíly.

