

Křemík

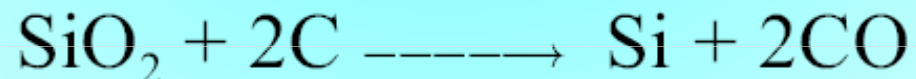
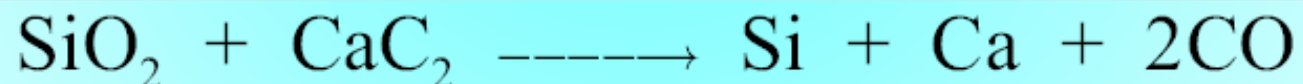
Výskyt

křemíku:

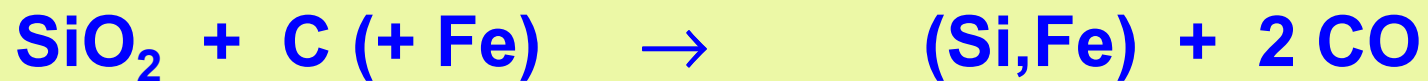
27, 2 %, křemen SiO_2 a křemičitany

Výroba

křemíku:



v elektrické peci



ferrosilicium (“technický křemík”)

Výroba

čistého

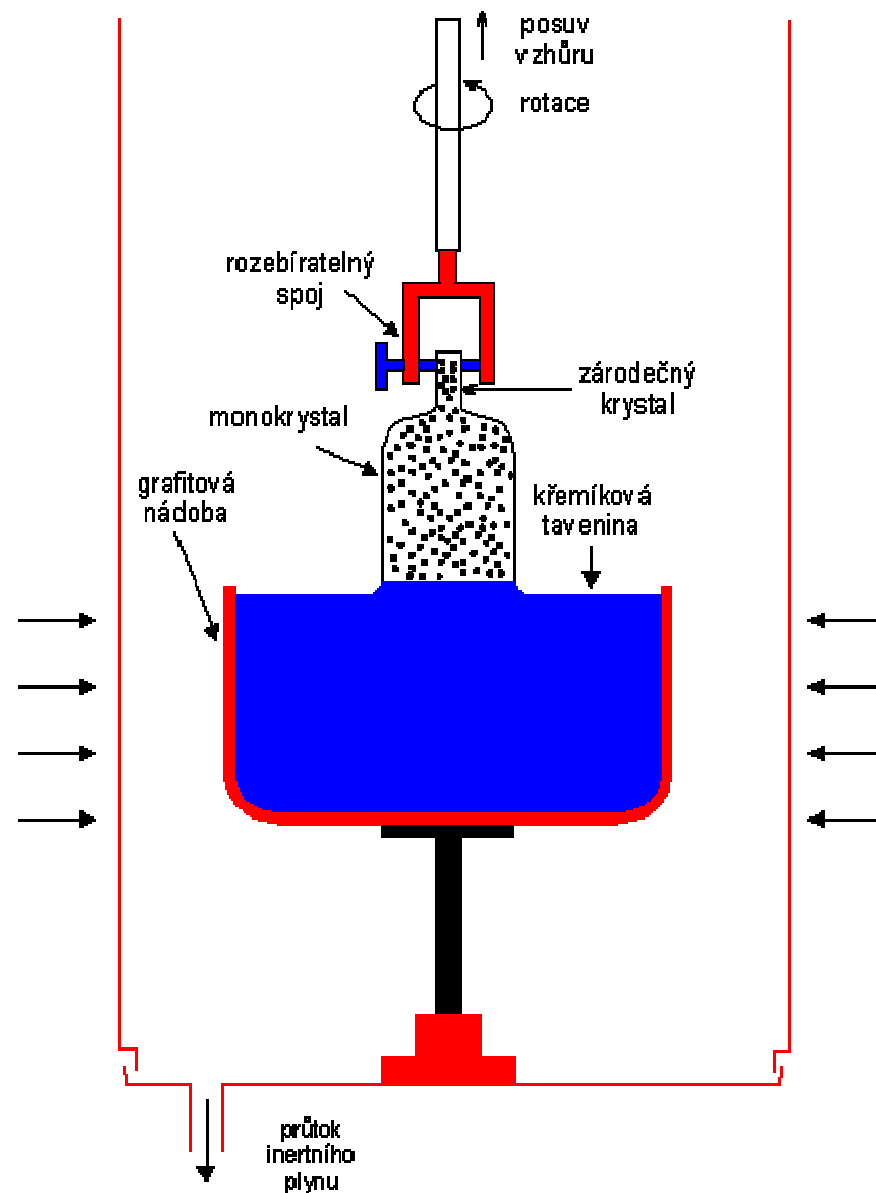
křemíku:

- výroba čistého SiCl_4 – čistí se destilací, redukce vodíkem v žáru
- termický nebo rozklad SiH_4
- redukce SiCl_4 hořčíkem



**Výroba
extrémně
čistého
křemíku:**

extrémně čistý křemík (čistoty 99,99 % pro elektrotechnické účely) se získává z velmi čistého křemíku tzv. zonální tavbou



Vlastnosti křemíku

- ❖ elektronová konfigurace $3s^2p_x^1p_y^1$ + volné d-orbitaly
- ❖ vazebné i chemické vlastnosti obou prvků se proto podstatně liší
- ❖ tvorba kovalentních sloučenin
- ❖ energie vazby Si—Si i Si—H podstatně nižší než energie vazby C—C či C—H \Rightarrow křemíková analoga organických sloučenin jsou nestálá
- ❖ energie vazby Si—O je vyšší než u vazby C—O \Rightarrow sloučeniny s vazbami Si—O nebo Si—O—Si jsou pro křemík charakteristické
- ❖ křemík nevytváří π_p vazby, chybí tedy všechna analoga olefinů, acetylenů, tuhy, aromatických aj. sloučenin
- ❖ křemíkový atom má neobsazené 3d orbitaly. Těmi je schopen vytvářet jak σ -vazby, tak π_{pd} interakce \Rightarrow značné důsledky pro strukturu i reaktivitu řady křemíkových sloučenin.

Vazebné možnosti křemíku

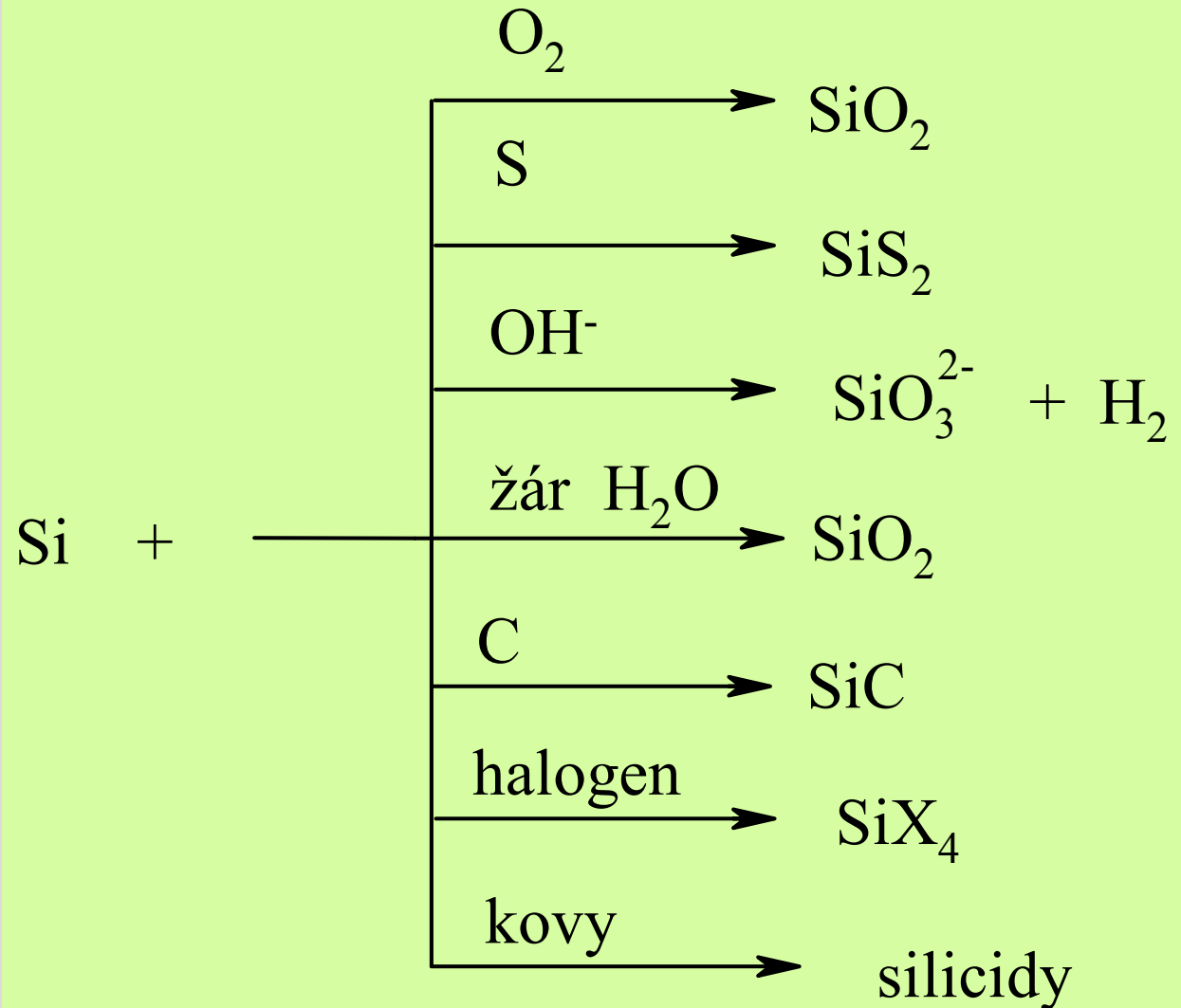
| Typ hybridizace | Typ vazby | Příklad |
|-----------------|---------------------------|--|
| sp^3 | 4σ | SiH_4 , $(\text{CH}_3)_4\text{Si}$ |
| | $4\sigma + 2\pi_d$ delok. | SiO_4^{4-} , SiF_4 , SiCl_4 |
| sp^3d^2 | 6σ | SiF_6^{2-} |

Reaktivita křemíku

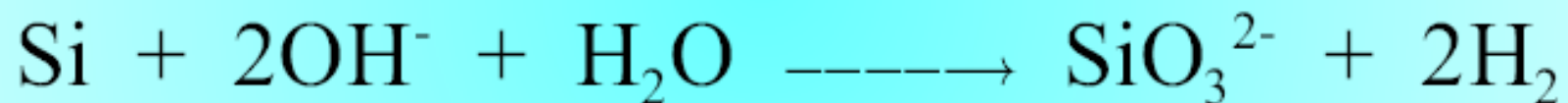
- ❖ Čistý křemík je šedá krystalická látka krystalizující krychlově se strukturou typu diamantu (vzdálenost Si—Si je 235 pm).
- ❖ Je velmi tvrdý, ale křehký.
- ❖ Chemicky není příliš reaktivní, řada reakcí probíhá až za zvýšené teploty.

Chemické chování křemíku

Přímé reakce křemíku

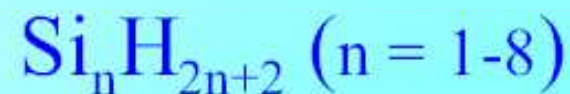


Je prakticky nerozpustný ve všech **kyselinách**, včetně kyseliny fluorovodíkové. V **loužích** se rozpouští na křemičitany:



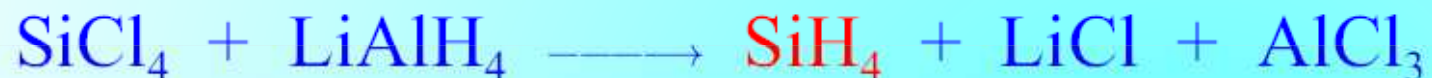
Sloučeniny křemíku - silany

Silany – binární sloučeniny křemíku s vodíkem



| | t. tání (°C) | t.varu (°C) | hustota $10^3 \text{ kg m}^{-3} / (^\circ\text{C})$ |
|----------------------------|--------------|-------------|---|
| SiH_4 | -185 | -112 | 0,68 / -186 |
| Si_2H_6 | -132 | -14 | 0,686 / -25 |
| Si_3H_8 | -117 | 53 | 0,725 / 0 |
| Si_4H_{10} | -90 | 108 | 0,82 / 0 |

Výroba silanů a jejich chloroderivátů:



Na rozdíl od alkanů jsou vysoce reaktivní (malá energie vazby Si—Si a Si—H) – jsou samozápalné a citlivé na vlhkost.



Sloučeniny křemíku - silicidy

Silicidy (připomínají karbidy jen částečně)



- ❖ Pouze některé mají stechiometrické složení, např. Mg_2Si
- ❖ Většina silicidů má charakter intermetalických slitin.
- ❖ Bývají složité, často obsahují řetězce či prostorové sítě, kde vzdálenosti Si—Si jsou blízké délce vazby Si—Si (Mo_3Si , U_3Si_2 , USi_2 , $CaSi_2$, $BaSi_3$).
- ❖ Chemicky bývají značně odolné.
- ❖ Příprava vychází buď z přímého slučování, nebo z redukce SiO_2 nadbytkem kovu.

Sloučeniny křemíku – karbid a nitrid

Karbid křemíku SiC (“karborundum”)



v elektrické peci

Velmi tvrdý materiál (má strukturu diamantu)

brusné materiály

Nitrid křemíku Si_3N_4

Nitrid křemíku má při použití na keramiku podobné vlastnosti jako karbid křemíku a může být použit v týchž oborech. Prášek Si_3N_4 se vyrábí termicky reakcí elementárního křemíku s plynným dusíkem při 1200-1400°C, :

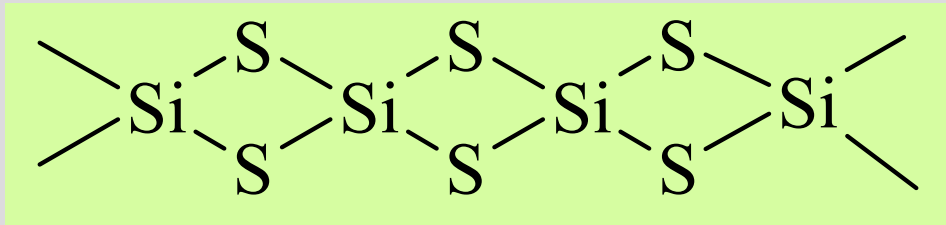


Sloučeniny křemíku – sulfid

Sulfid křemičitý

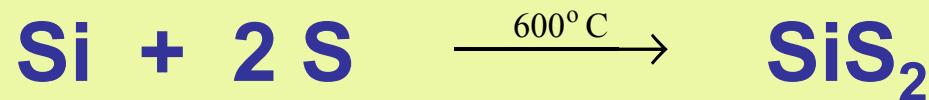
Má odlišnou strukturu, není ze stereochemického hlediska obdobou oxidu.

Na rozdíl od kyslíku je síra schopna více deformovat vazebné úhly (při zachování hybridizace křemíku sp_3)



řetězce SiS_4 tetraedrů,
majících společnou hranu

Výroba:



Vlastnosti: SiS_2 citlivý na vlhkost, vodou se rozkládá:

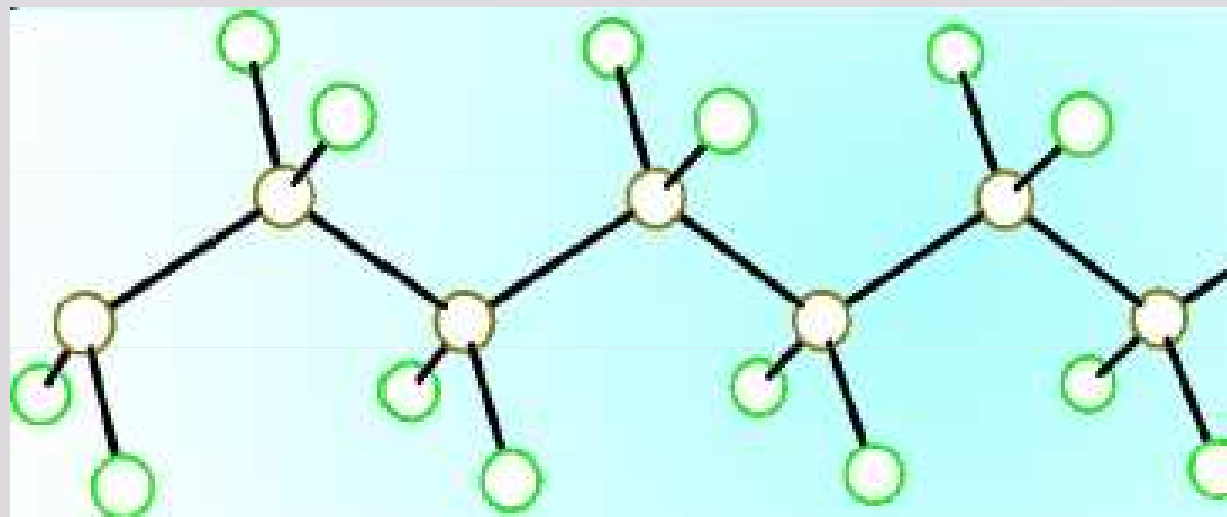
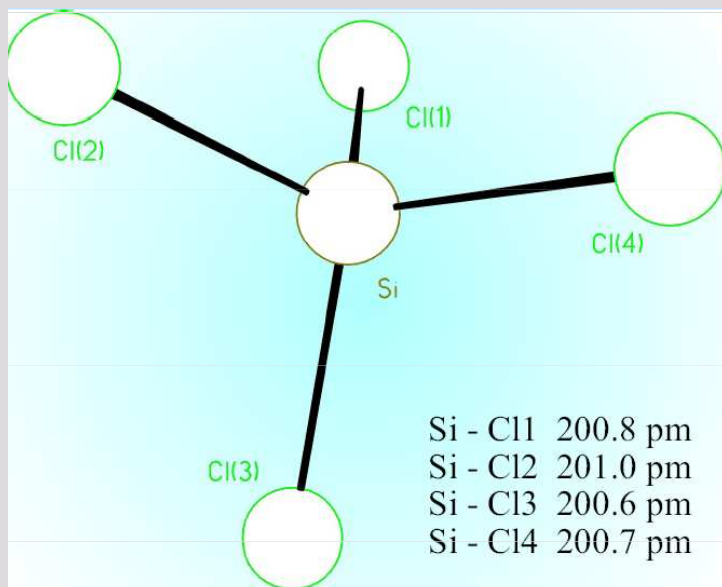


Sloučeniny křemíku - halogenidy

(formálně lze považovat za halogenderiváty silanů)

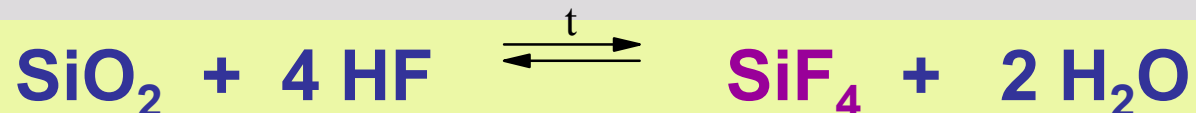
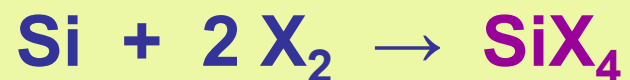


| | |
|-----------------|--|
| SiF_4 | bezb. plyn t. v. $-95\text{ }^\circ\text{C}$ |
| SiCl_4 | bezb. kapalina t. v. $57\text{ }^\circ\text{C}$ |
| SiBr_4 | bezb. kapalina t. v. $153\text{ }^\circ\text{C}$ |
| SiI_4 | bezb. krystaly t. t. $120\text{ }^\circ\text{C}$ |



Sloučeniny křemíku - halogenidy

Příprava a výroba



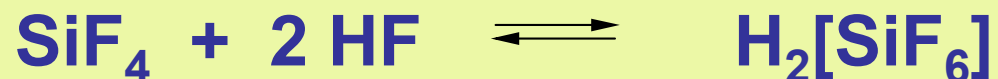
podstata leptání skla fluorovodíkem

Reakce halogenidů křemíku

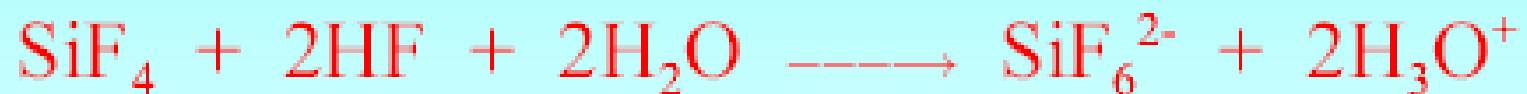


hydrolýzu umožňuje přítomnost **d- orbitalů**
⇒ CCl_4 nehydrolyzuje

Kyselina hexafluorokřemičitá



❖ Kyselina hexafluorokřemičitá je stálá do koncentrace asi 13 %, stále jsou její soli.



❖ Je velmi silnou kyselinou.

❖ Anion $[\text{SiF}_6]^{2-}$ má oktaedrickou strukturu, atom křemíku má hybridizaci sp^3d^2 .

Alkylové a arylové sloučeniny křemíku

Alkyl- a arylsilany

- ❖ Formálně tyto sloučeniny odvozujeme náhradou vodíků v silanech alkylem či arylem.
- ❖ Jsou mnohem stálejší, nejsou samozápalné.
- ❖ Kovalentní sloučeniny, rozpustné v nepolárních rozpouštědlech

Výroba (z halogenidů křemičitých pomocí Grignardových činidel)



Reakce



hexamethyldisiloxan (HMDSO)

Alkylové a arylové sloučeniny křemíku - siloxany

Siloxany (silikony)

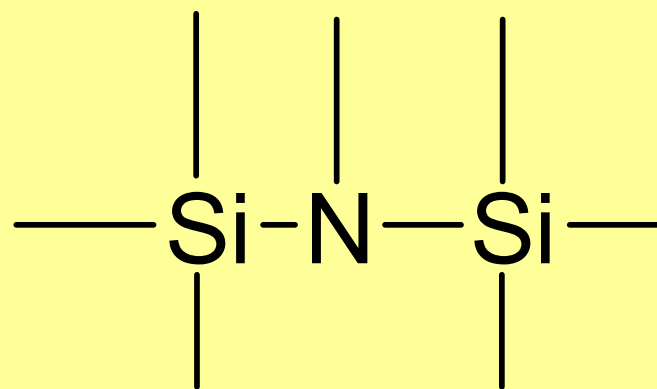
| alkysilan | produkt hydrolyzy | produkt kondenzace |
|---------------------------|-----------------------------|--|
| RSiCl_3 | RSi(OH)_3 | $ \begin{array}{ccccccc} & \text{R} & & \text{R} & & \text{R} & \\ & & & & & & \\ \text{---O---} & \text{Si} & \text{---O---} & \text{Si} & \text{---O---} & \text{Si} & \text{---O---} \\ & & & & & & \\ & \text{O} & & \text{O} & & \text{O} & \\ & & & & & & \\ \text{---O---} & \text{Si} & \text{---O---} & \text{Si} & \text{---O---} & \text{Si} & \text{---O---} \\ & & & & & & \\ & \text{R} & & \text{R} & & \text{R} & \end{array} $ |
| R_2SiCl_2 | $\text{R}_2\text{Si(OH)}_2$ | $ \begin{array}{ccccccc} & \text{R} & & \text{R} & & & \\ & & & & & & \\ \text{---O---} & \text{Si} & \text{---O---} & \text{Si} & \text{---O---} & & \\ & & & & & & \\ & \text{R} & & \text{R} & & & \end{array} $ |
| R_3SiCl | $\text{R}_3\text{Si(OH)}$ | $\text{R}_3\text{Si} - \text{O} - \text{SiR}_3$ |

Silazany

Tyto sloučeniny vznikají podobně jako analogické kyslíkaté deriváty.

K reakci s halogenidy křemičitými však byly použity sloučeniny obsahující amino- skupinu, tedy organické aminy apod.

Obsahují vazebné seskupení:



Alkylové a arylové sloučeniny křemíku - vlastnosti a použití

Vlastnosti silikonů a silazanů

Vhodnou kombinací mono-, di- a trihalogenalkylsilanů, dále volbou alkyly a solvolytických podmínek lze ovlivnit nejen molekulovou hmotnost, ale i fyzikální vlastnosti vznikajícího technického silikonu nebo silazanu.

Silikony a silazany jsou (podle struktury) kapaliny, oleje, příp. pryskyřice, velmi tepelně odolné, vodou nesmáčivé (hydrofobní), elektricky i tepelně nevodivé.

Použití silikonů a silazanů

- ❖ silikonová mazadla, silikonové oleje
- ❖ izolátory
- ❖ pryže (silikonový kaučuk)
- ❖ hydrofobizující kapaliny pro sanaci staveb (Lukofob)
- ❖ hydrofobizující kapaliny pro konzervování předmětů kulturního dědictví

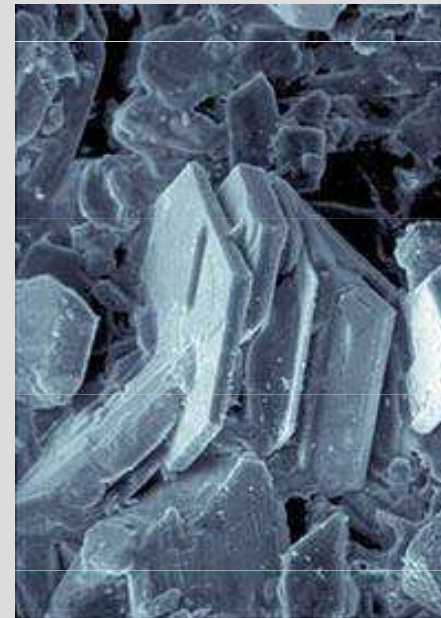
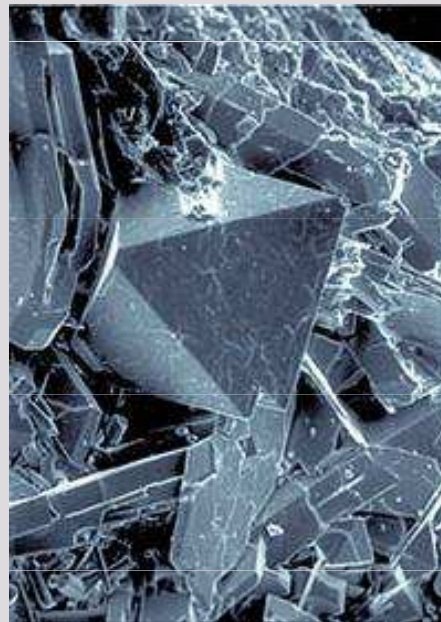
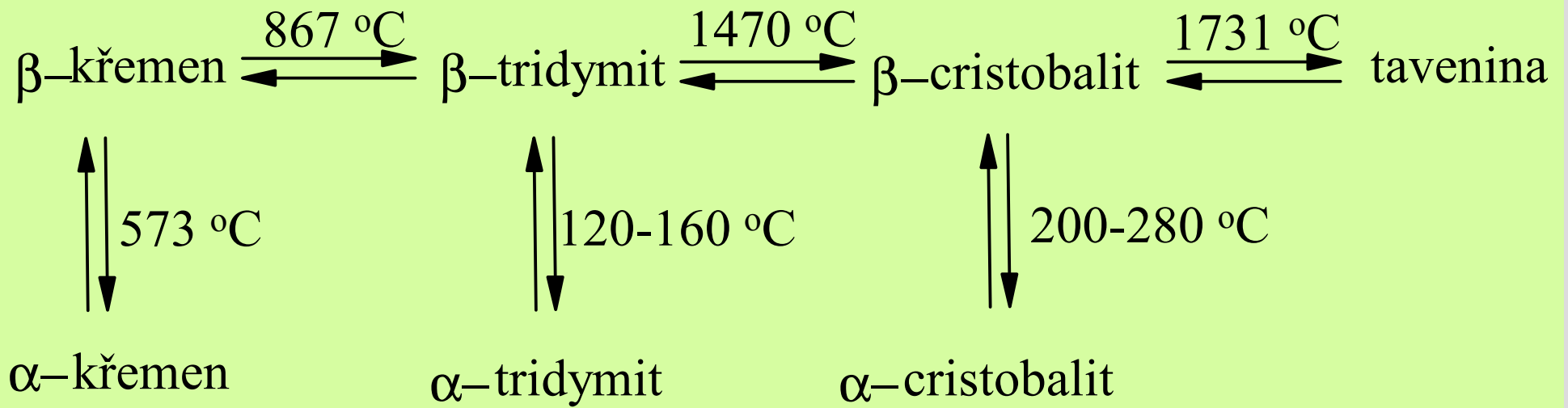
Kyslíkaté sloučeniny křemíku – oxidy

Oxid křemnatý SiO

vzniká za vysokých teplot, není stálý a snadno se oxiduje (na vzduchu hoří) na oxid křemičitý.

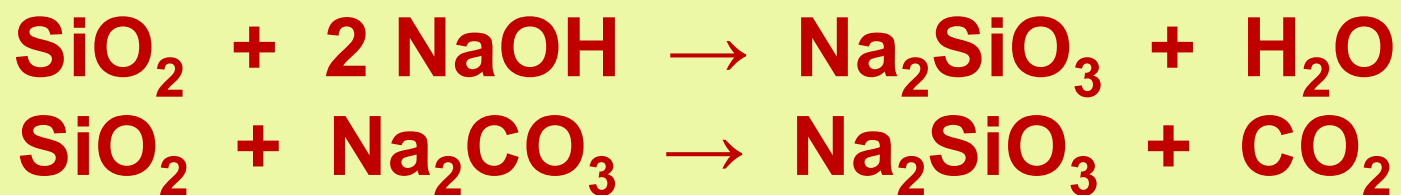
Oxid křemičitý SiO_2

- ❖ Svými vlastnostmi diametrálně liší od CO_2 .
- ❖ Atom křemíku má hybridizaci sp^3 , je tedy ve středu tetraedru, jehož vrcholy tvoří můstkové kyslíkové atomy.
- ❖ Struktura SiO_2 je tedy makromolekulární (každý krystal představuje jedinou molekulu), při čemž tetraedry SiO_4 jsou vzájemně propojeny svými vrcholy.
- ❖ Dva sousední tetraedry mají společný vždy jen jeden kyslíkový atom.
- ❖ Uspořádání tetraedrů SiO_4 umožňuje existenci tří krystalových modifikací oxidu křemičitého: křemen, tridymit a cristobalit.
- ❖ Každá z těchto modifikací může existovat ve dvou formách, nízkoteplotní α a vysokoteplotní β , které zachovávají typ vzájemného spojování tetraedrů v prostoru, liší se malými rozdíly v geometrickém umístění tetraedrů.



Vlastnosti oxidu křemičitého

- ❖ Všechny formy SiO_2 jsou chemicky neobyčejně odolné (viz energie vazby Si-O).
- ❖ Redukuje se uhlíkem či Mg, eventuálně Al, za vysokých teplot.
- ❖ SiO_2 reaguje pouze s HF a s alkalickými hydroxidy či uhličitany, štěpí se vazby **Si—O—Si**, vazby **Si—O** však zůstávají zachovány.



Použití: Technický oxid křemičitý (písek) slouží k výrobě skla a ve stavebnictví.

Výroba křemenného skla

Křemenné sklo

- ❖ Roztavením a rychlým ochlazením dochází u křemene k zborcení krystalové struktury a náhodnému pospojování tetraedrů SiO_4 za vzniku **křemenného skla**.
- ❖ Na rozdíl od zákonité krystalové stavby křemene (nebo tridymitu či cristobalitu) vzniká sklovitá amorfnní látka, mající některé pro praktické účely velmi výhodné vlastnosti (**nízký koeficient roztažnosti, vysokou teplotu tání, propustnost pro UV oblast spektra**).
- ❖ Dlouhodobým zahříváním (temperováním) skla blízko teploty tání dochází k tvorbě zárodečných krystalů, sklo se „rozesklívá“.

Použití křemenného skla:

- výroba součástí křemenných aparatur,
- kyvety pro UV spektroskopii
- křemenné baňky pro zdroje UV světla apod.

V přírodě se nachází celá řada krystalických i amorfních, bezvodých i částečně hydratovaných minerálů SiO_2 .

Některé slouží jako polodrahokamy v klenotnictví

Záhněda



Chalcedon



růženín



Achát



Ametyst



Opál



KŘEMEN

Křišťál



- **Chemické zloženie:** SiO_2
- **Tvrdosť:** 7
- **Vryp:** biely
- **Farba:** bezfarebná, biela, šedá, hnedá, čierna, fialová, zelenkavá, modrastá, žltá, ružová
- **Priehľadnosť:** priehľadná, priesvitná až nepriesvitná
- **Lesk:** sklený, matný
- **Štiepatelnosť:** nedokonalá
- **Lom:** lastúrnatý
- **Kryštalografická sústava:** trigonálna alebo hexagonálna

OPÁL

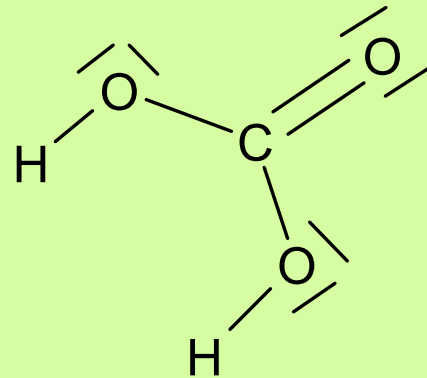


- **Chemické zloženie:** $\text{SiO}_2 \cdot n \text{H}_2\text{O}$
- **Tvrdosť:** 5,5 – 6,6
- **Vryp:** biely
- **Farba:** biela, žltá, červená, hnedá, zelená, modrá, čierna
- **Priehľadnosť:** priehľadná, priesvitná až nepriesvitná
- **Lesk:** sklený, matný, mastný, voskový
- **Štiepateľnosť:** chýba
- **Lom:** lastúrnatý, nerovný
- **Kryštalografická sústava:** je amorfný

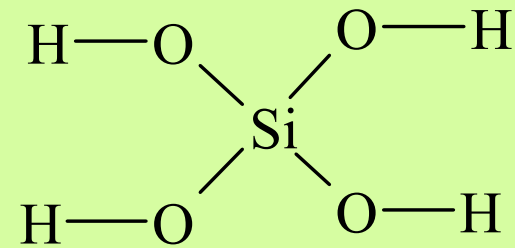
Kyslíkaté sloučeniny křemíku – kyselina křemičitá

Kyselina křemičitá

opravit vzorec – je tam kys. uhličitá



kyselina metakřemičitá

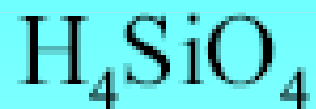


kyselina orthokřemičitá

velmi slabá kyselina pK ≈ 12

Kyselinu křemičitou je možno ze křemičitanů uvolnit okyselením.

Není stálá, v kyselém prostředí dochází snadno ke kondenzačním reakcím, nekontrolované tvorbě vazeb Si—O—Si a vzniku amorfních gelů polymerních kyselin křemičitých.



sol/gel



Kyslíkaté sloučeniny křemíku – silikagel

- ❖ Rosolovité gely kyseliny křemičité obsahují velké množství vody, kterou je možno zahřátím vypudit.
- ❖ Tímto způsobem je možno připravit téměř bezvodý amorfni **silikagel** SiO_2 .
- ❖ Vysoce neuspořádaná struktura náhodně pospojovaných tetraedrů SiO_4 má velký povrch, a proto vykazuje bohaté možnosti **absorpce** vody, různých plynů atd.
- ❖ Tento jev se prakticky využívá, protože termické uvolňování adsorbované vody či plynů je vratné.

Praktické užití silikagelu:

- adsorpční materiál pro různé chromatografické kolony
- **Silufol** pro tenkovrstevnou chromatografii
- sušidlo pro exsikátory (na povrch je zpravidla adsorbována kobaltnatá sůl, která jako bezvodá je **modrá** a hydratovaná jako **růžová**)

Kyslíkaté sloučeniny křemíku – alkalické křemičitany

Alkalické křemičitany - jsou ve vodě rozpustné



“vodní sklo”

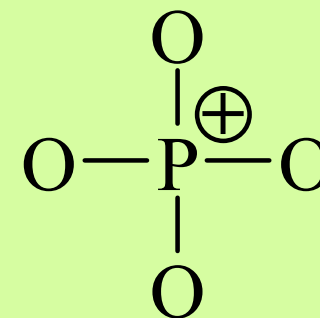
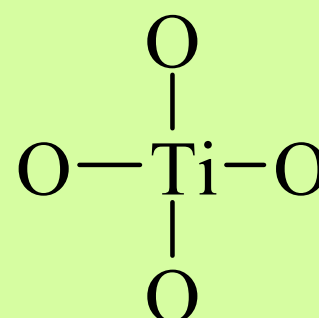
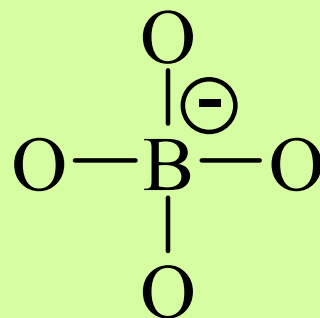
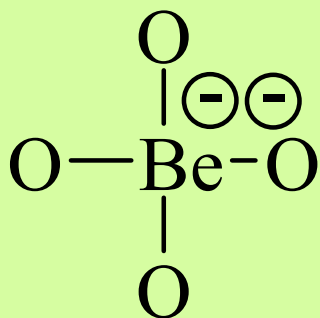


“nerozpustné” sklo

Kyslíkaté sloučeniny křemíku – křemičitany

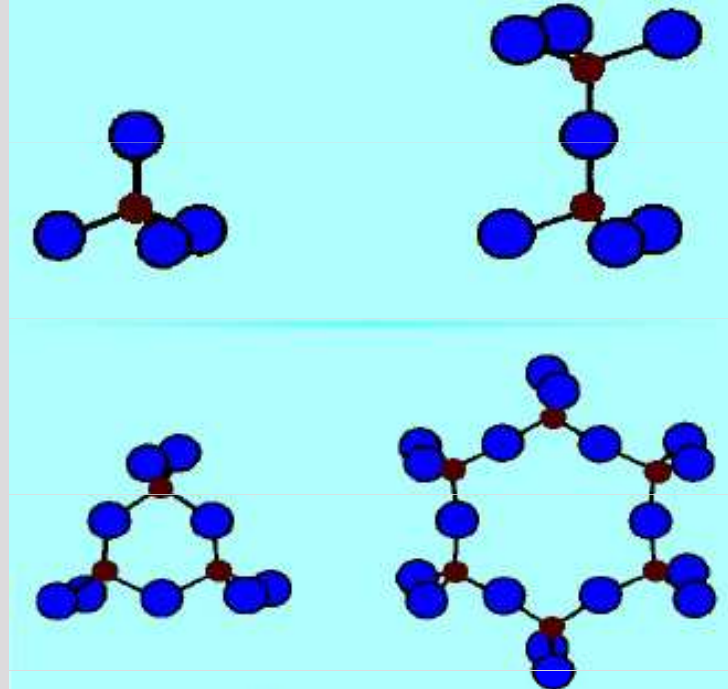
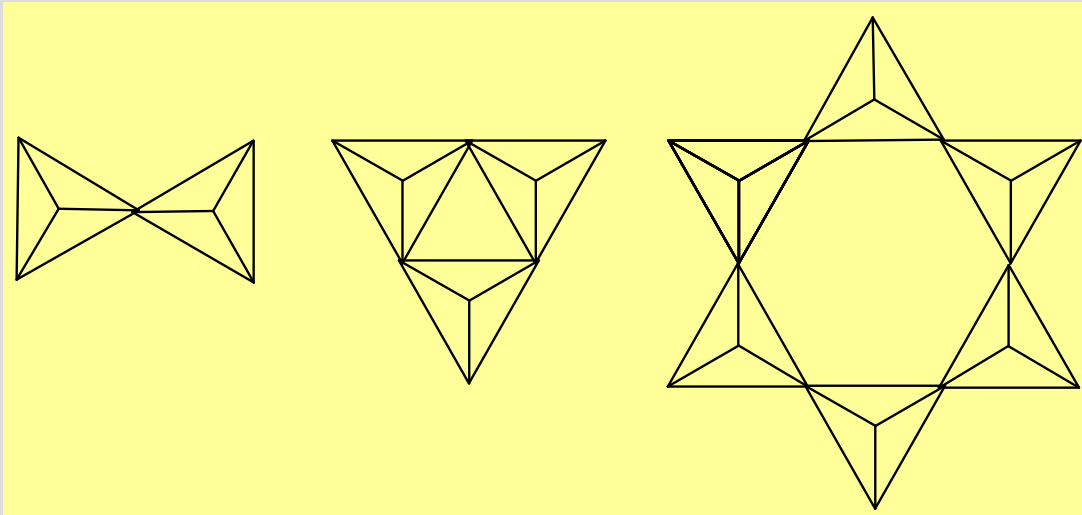
Křemičitany ostatních kovů: (jsou nerozpustné)

- ❖ Vyznačují se velmi rozmanitou strukturou, která je dána možnostmi uspořádání základních stavebních jednotek – **tetraedrů SiO_4**
- ❖ Se sousedními tetraedry se může SiO_4 vázat přes 1, 2, 3 příp. 4 můstky, čímž vzniká řetězová (1, 2 můstky), plošná (3 můstky) nebo prostorová (4 můstky) struktura.
- ❖ Dva sousední tetraedry se mohou vázat maximálně jedním kyslíkovým můstkem.
- ❖ Část atomů křemíku v křemičitanové struktuře může být zastoupena některými dvojmocnými (Be, Mg), trojmocnými (B, Al), čtyřmocnými (Ti) ale i pětimocnými (P) prvky



Kyslíkaté sloučeniny křemíku – křemičitany

Křemičitany s ostrůvkovitou strukturou



- olivín $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$,
- granáty $\text{Me}_3^{\text{II}}\text{Me}_2^{\text{III}}(\text{SiO}_4)_3$, kde $\text{Me}^{\text{II}} = \text{Ca, Mg, Fe}$ a $\text{Me}^{\text{III}} = \text{Al, Cr, Fe}$
- hemimorfit $\text{Zn}_4(\text{OH})_2\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$
- benitoit $\text{BaTiSi}_3\text{O}_9$
- wollastonit $\alpha\text{-Ca}_3\text{Si}_3\text{O}_9$
- beryl $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$

OLIVÍN



- **Chemické zloženie:** $(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{Si O}_4] \text{Si O}_4$
- **Tvrdosť:** 6,5 - 7
- **Vryp:** biely
- **Farba:** žltkasto zelená, červená, hnedastá, sivá

GRANÁT

- **Chemické zloženie:** $A^2_3 + B^3_2 + [SiO_4]_3$ (všeobecný vzorec)
- **Tvrdosť:** 6,5 – 7,5
- **Vryp:** biely alebo svetlých odtieňov (podľa farby granátu)
- **Farba:** bezfarebná, biela, ružová, svetlozelená, hyacintovočervená, červenofialová, tmavočervená, tmavozelená až smaragdovozelená, hnedá, čierna
- **Priehľadnosť:** priesvitná až nepriehľadná
- **Lesk:** sklený, mastný, hodvábný
- **Štiepaťnosť:** nedokonalá
- **Lom:** nerovný, lastúrnatý
- **Kryštalografická sústava:** kubická



TOPAZ

- **Chemické zloženie:** $\text{Al}_2[\text{F}_2/\text{SiO}_4]$
- **Tvrdosť:** 8
- **Vryp:** biely
- **Farba:** bezfarebná, žltá, zlatožltá, ružová, modrastá, červená, fialová, zelená, hnedá
- **Priehľadnosť:** priehľadná, priesvitná
- **Lesk:** sklený
- **Štiepatelnosť:** dokonalá
- **Lom:** lastúrnatý – nerovný
- **Kryštalografická sústava:** rombická





ZIRKON

- **Chemické zloženie:** $Zr[SiO_4]$
- **Tvrdosť:** 7,5
- **Vryp:** biely
- **Farba:** bezfarebná, biela, ružovožltá, zelená, modrá, hnedá, hnedočervená
- **Priehľadnosť:** priehľadná až priesvitná
- **Lesk:** sklený, mastno - diamantový
- **Štiepatelnosť:** nedokonalá
- **Lom:** lastúrovitý
- **Kryštalografická sústava:** tetragonálna
- **Výskyt:** ČR – České stredohorie

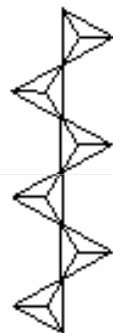
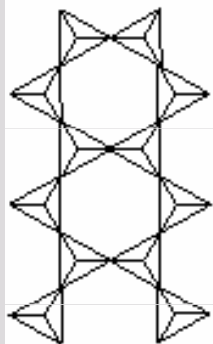
BERYL



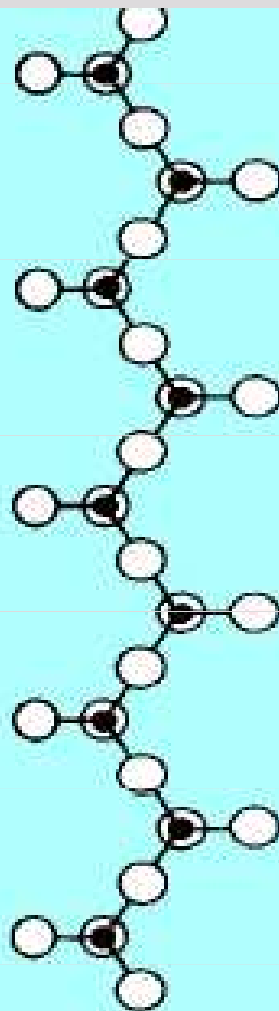
- **Chemické zloženie:** $\text{Al}_2\text{Be}_3[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$
- **Tvrdosť:** 7,5 – 8
- **Vryp:** biely
- **Farba:** bezfarebná, žltá, žltobiela, zlatožltá žltozelená, ružová, červená, modrastá, zelenomodrá, zelená
- **Priehľadnosť:** priehľadný, priesvitný
- **Lesk:** sklený, matný
- **Štiepatelnosť:** nedokonalá
- **Lom:** nerovný, lastúrnatý
- **Kryštalografická sústava:** hexagonálna

Kyslíkaté sloučeniny křemíku – křemičitany

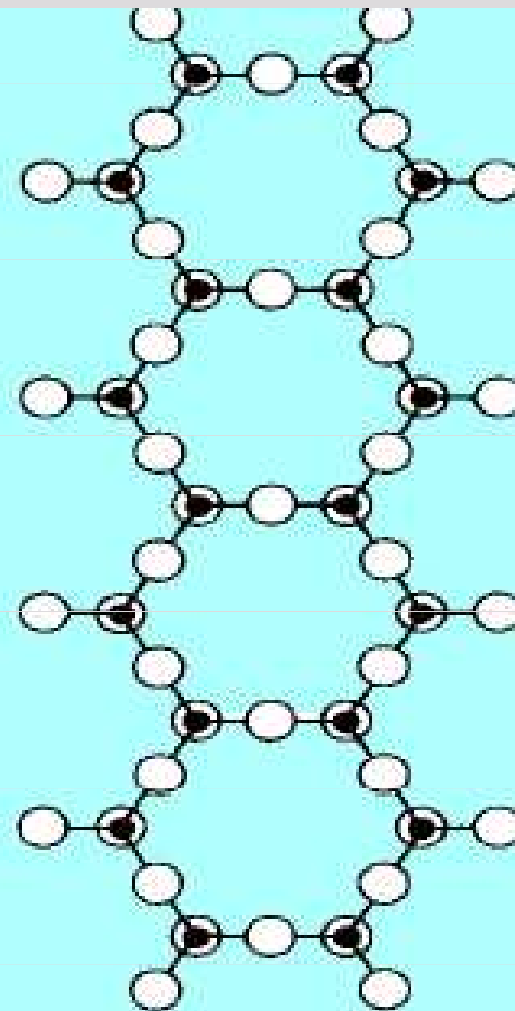
Křemičitany s řetězovitou, resp. pásovou, strukturou



pyroxeny



Spodumen $\text{LiAl}(\text{SiO}_3)_2$



amfiboly

Tremolit $\text{Ca}_2\text{Mg}_5(\text{Si}_4\text{O}_{11})_2(\text{OH})_2$

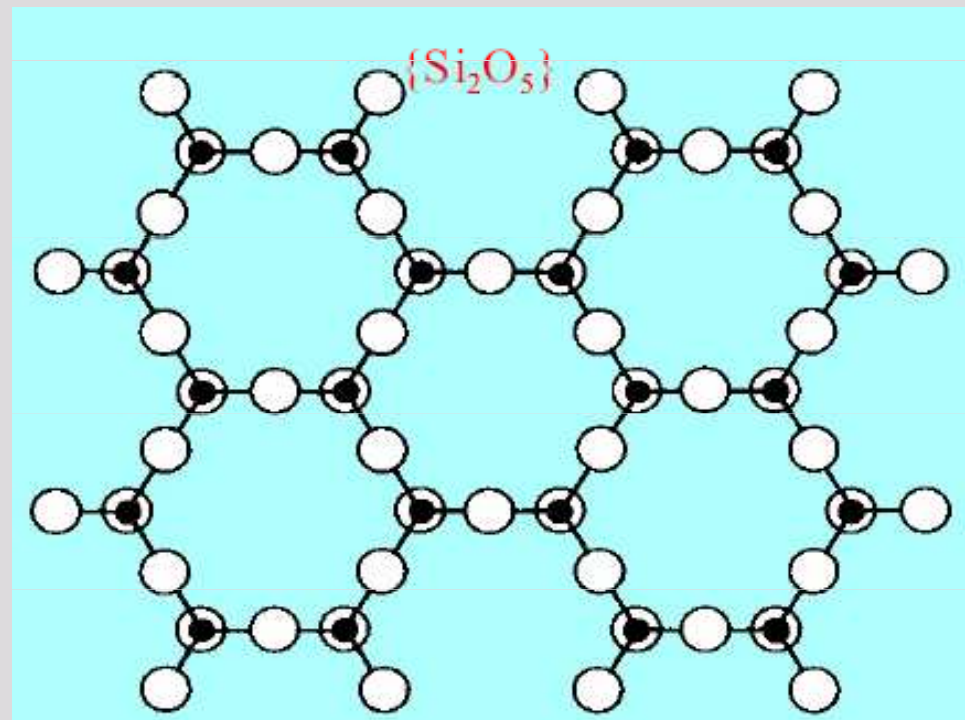
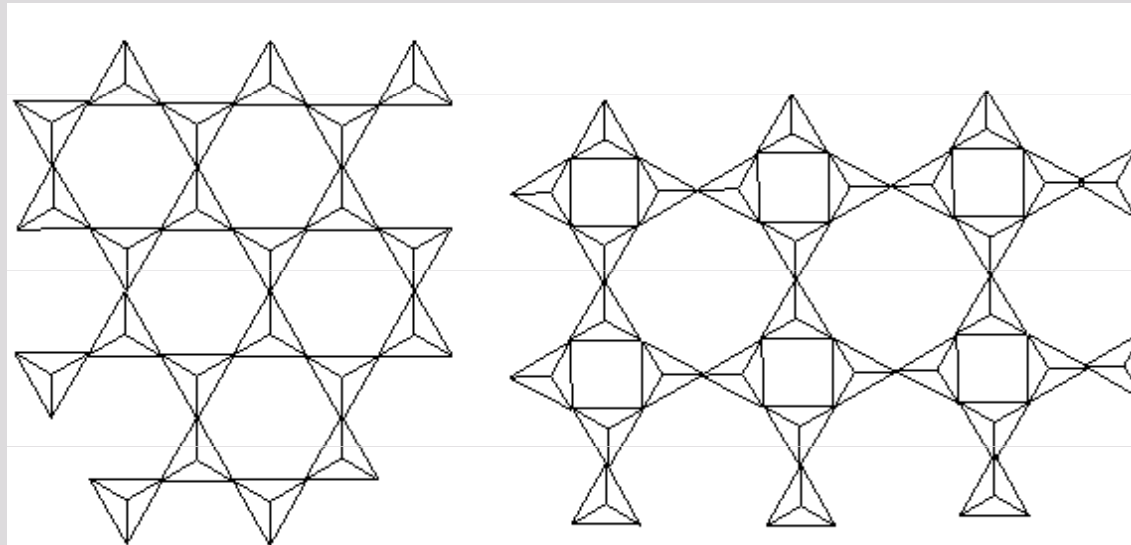
AMFIBOL

- **Chemické zloženie:**
 $(\text{Ca, Na, K})_{2-3}(\text{Mg, Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Al})[\text{OH}/(\text{AlSi}_3)\text{O}_{11}]_2$
- **Tvrdosť**: 5 – 6
- **Vryp**: šedobiely, hnedý
- **Farba**: zelenočierna, čierna
- **Priehľadnosť**: priesvitný, nepriehľadný
- **Lesk**: sklený, mastný
- **Štiepateľnosť**: dokonalá
- **Lom**: lastúrnatý
- **Kryštalografická sústava**: monoklinická



Kyslíkaté sloučeniny křemíku – křemičitany

Křemičitany s plošnou strukturou



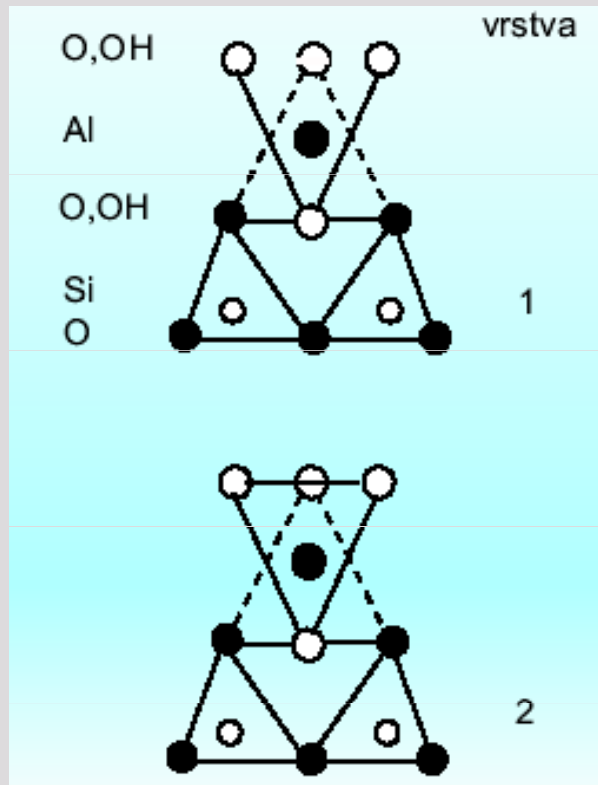
TURMALÍN

- **Chemické zloženie:**
 $\text{Na}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn}, \text{Li}, \text{Al})_3\text{Al}_6(\text{BO}_3)_3(\text{OH}, \text{F})_4[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$
- **Tvrdosť:** 7 – 7,5
- **Vryp:** biely
- **Farba:** bezfarebná, biela, červená, modrá, zelená, hnedá, čierna
- **Priehľadnosť:** priehľadný, priesvitný, nepriehľadný
- **Lesk:** sklený
- **Štiepatelnosť:** nie je
- **Lom:** nerovný
- **Kryštalografická sústava:** trigonálna

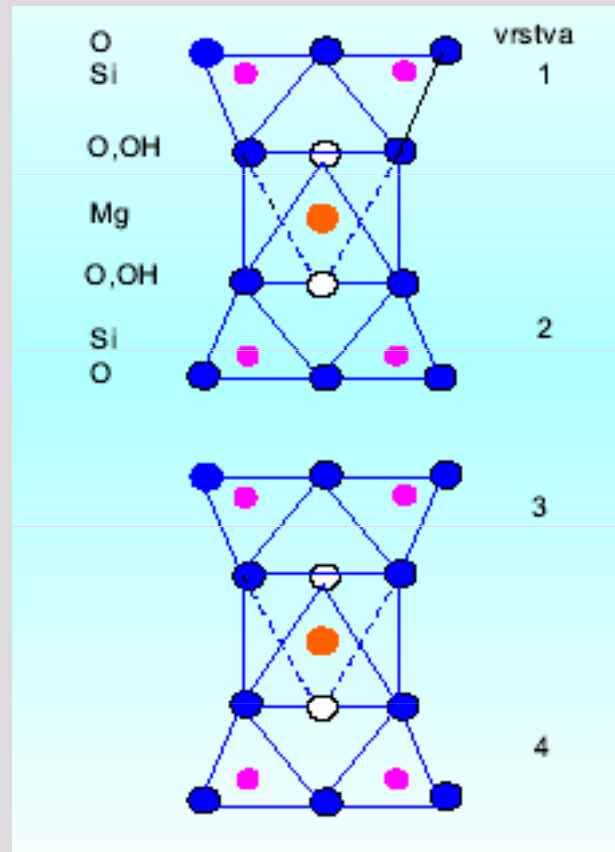


Kyslíkaté sloučeniny křemíku – křemičitany

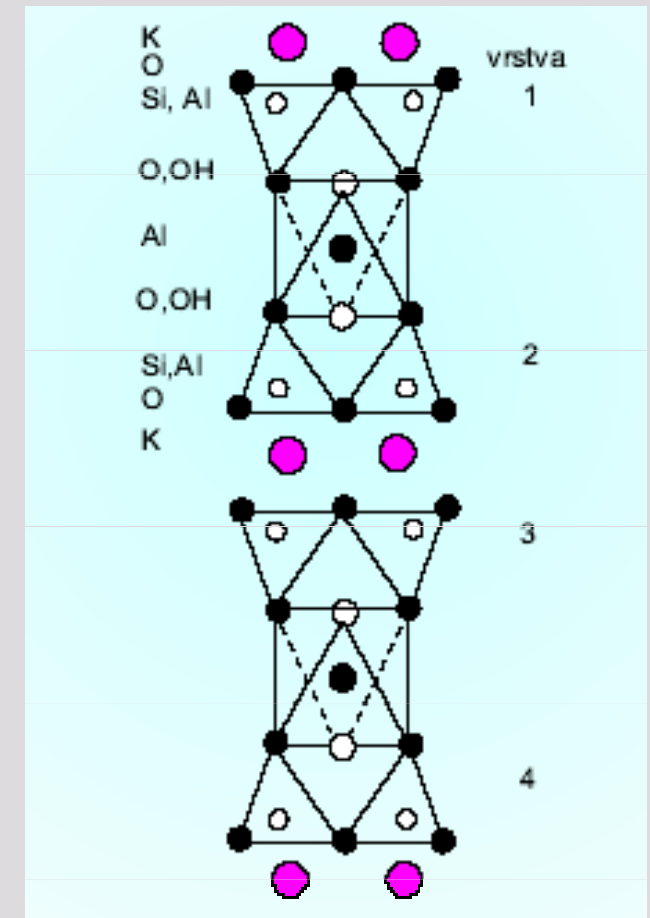
Křemičitany s plošnou strukturou - příklady



kaolinit
 $\text{Al}_2(\text{OH})_4\text{Si}_2\text{O}_5$



mastek
 $\text{Mg}_3(\text{OH})_2(\text{Si}_2\text{O}_5)_2$



muskovit
 $\text{KAl}(\text{OH})_2(\text{Si}_3\text{AlO}_{10})$
"světlá slída"

BIOTIT (TMAVÁ SLÍDA)

- **Chemické zloženie:** $K(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_3[(\text{OH})_2 / (\text{Al}, \text{Fe}^{3+})\text{Si}_3\text{O}_{10}]$
- **Tvrdosť**: 2,5 – 3
- **Vryp**: biely, šedý
- **Farba**: tmavohnedá, hnedočervená, hnedočierná
- **Priehľadnosť**: priehľadná až priesvitná
- **Lesk**: sklený, perleťový, opakný
- **Štiepateľnosť**: výborná
- **Lom**: nerovný
- **Kryštalografická sústava**: monoklinická



MUSKOVIT (SVĚTLÁ SLÍDA)

- **Chemické zloženie:** $\text{KAl}_2 [(\text{OH}, \text{F})_2 / \text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$
- **Tvrdosť:** 2 – 2,5
- **Vryp:** biely
- **Farba:** biela, šedá, striebrobiela, hnedá, zelenkavá, žltohnedá
- **Priehľadnosť:** výborná
- **Lesk:** perleťový
- **Štiepatelnosť:** dokonalá
- **Lom:** nerovný
- **Kryštalografická sústava:** monoklinická



MASTEK(TALEK)

- **Chemické zloženie:** $Mg_3[(OH)_2 / Si_4O_{10}]$
- **Tvrdosť:** 1
- **Vryp:** biely
- **Farba:** svetlé odtiene, biela, zelenkavá, žltá, ružová
- **Priehľadnosť:** priesvitná
- **Lesk:** masný, u jemne šupinatých perleťový
- **Štiepateľnosť:** výborná
- **Lom:** nerovný
- **KryštalCografická sústava:** monoklinická



Kyslíkaté sloučeniny křemíku – hlinitokřemičitany

Hlinitokřemičitany s trojrozměrnou strukturou

prostorová struktura

(Si , Al) : O = 1 : 2

max. 50 %

Živce

ortoklas KAlSi_3O_8

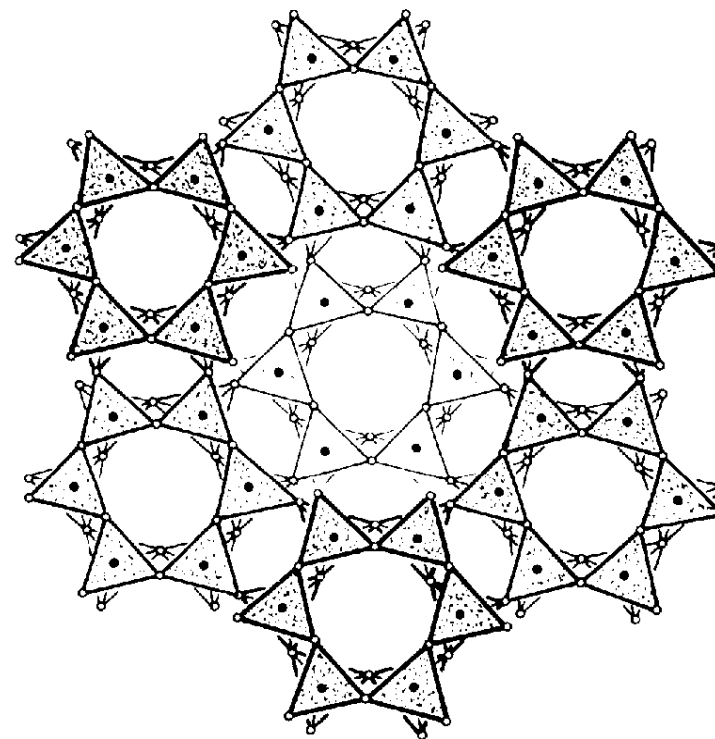
anorthit $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$

Zeolity

analcin $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$

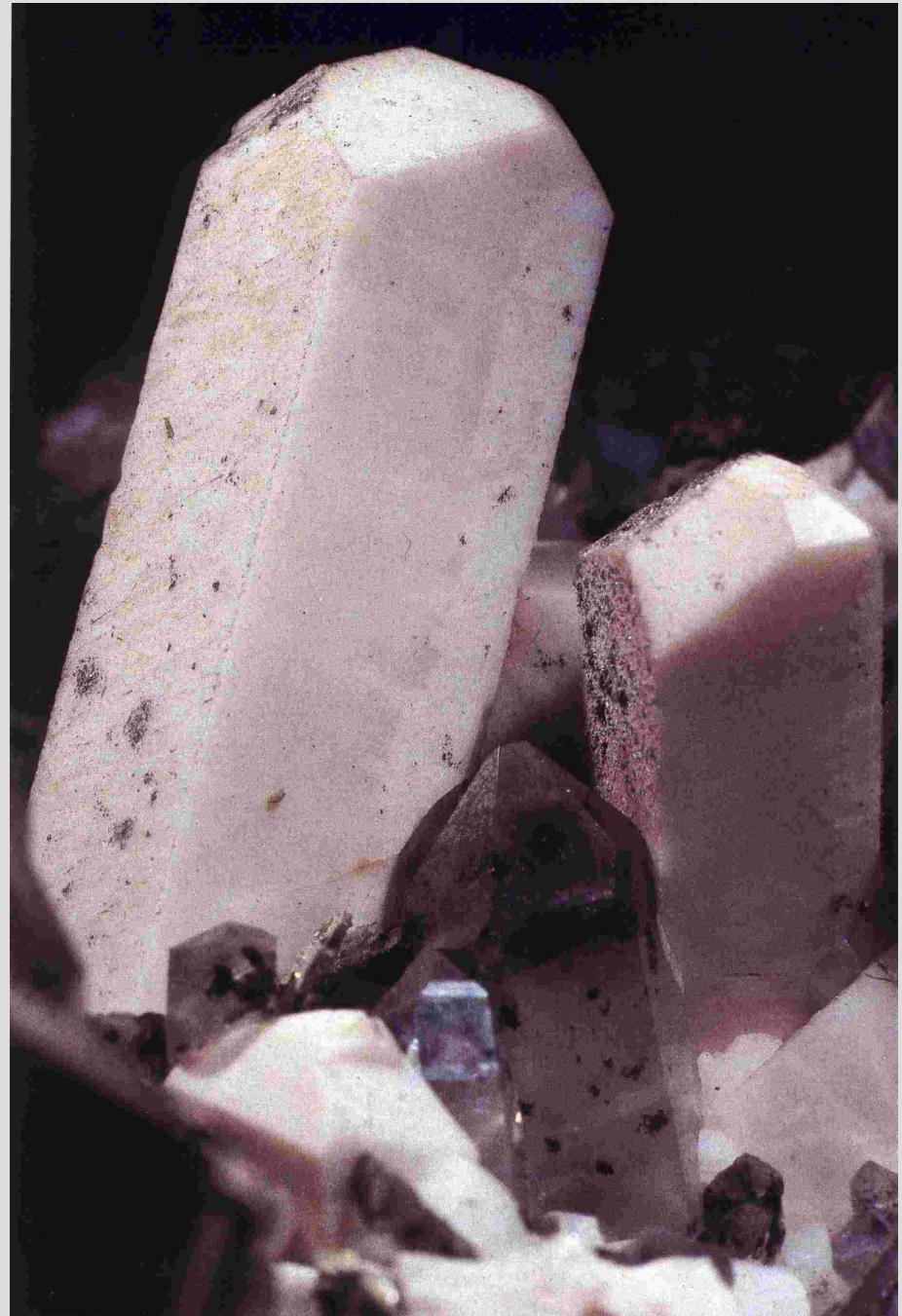
Ultramaríny

lazurit $\text{Na}_8\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{S}_2$



ORTHOKLAS

- **Chemické zloženie:** $K[AlSi_3O_8]$
- **Tvrdosť**: 6
- **Vryp**: biely
- **Farba**: bezfarebná, biela, žltkastá, hnedastá, červenkastá, niekedy modrastá
- **Priehľadnosť**: priehľadná, priesvitná
- **Lesk**: sklený, perleťový
- **Štiepatelnosť**: dokonalá
- **Lom**: nerovný, lastúrnatý až trieštivý
- **Kryštalografická sústava**: monoklinická



PLAGIOKLAS

- **Chemické zloženie:** tvoria zmesný rad sodno-vápenatých živcov – patrí medzi silikáty
- **Tvrdosť:** 6 – 6,5
- **Vryp:** biely
- **Farba:** biela, šedobiela, modrastá, červenkastá, zelenkastá
- **Priehľadnosť:** priehľadná, priesvitná
- **Lesk:** sklený, perleťový
- **Štiepatelnosť:** veľmi dobrá
- **Lom:** nerovný
- **Kryštalografická sústava:** triklinická



Kyslíkaté sloučeniny křemíku – hlinitokřemičitany

Zeolity - vlastnosti

Zeolity se od živců liší tím, že obsahují vodu, kterou je možno - podobně jako u silikagelu - reverzibilně odstranit.

Krystalová síť je tvořena jednotkami (např. kulovité útvary složené z 24 tetraedrů SiO_4), které obsahují dutiny určitých rozměrů, do nichž se mohou van der Waalsovými silami vázat molekuly vody nebo jiné látky.

Stejně mohou reverzibilně vyměňovat kationty kovů (iontoměniče).

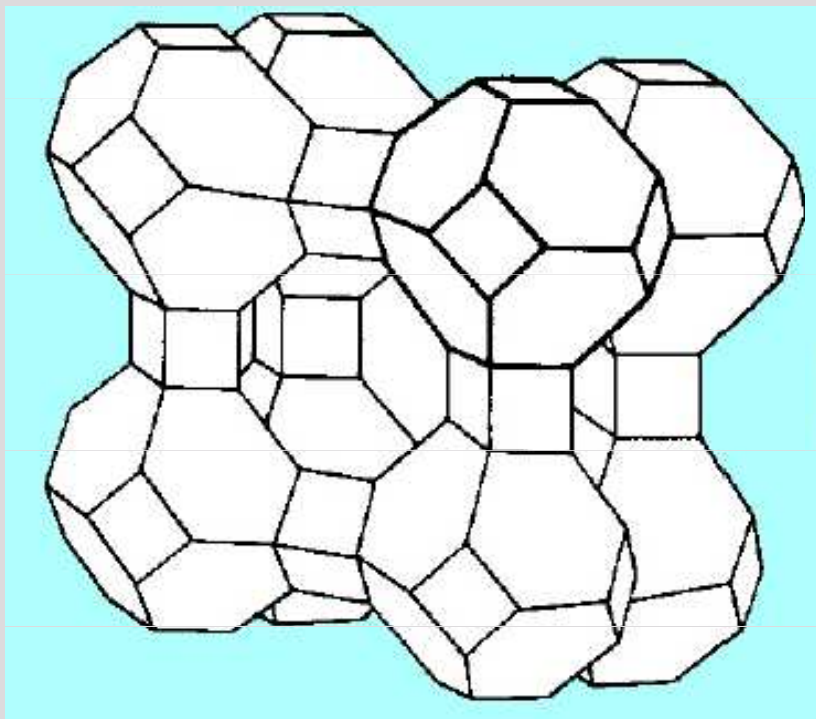
Syntetické zeolitové materiály – molekulová síta

Synteticky lze připravit **molekulová síta** o určité velikosti dutin (od 400 do 1200 pm)

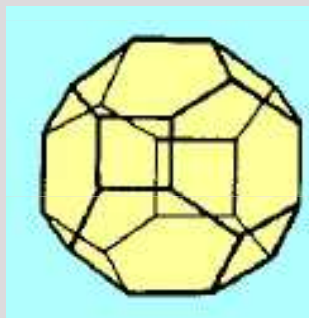
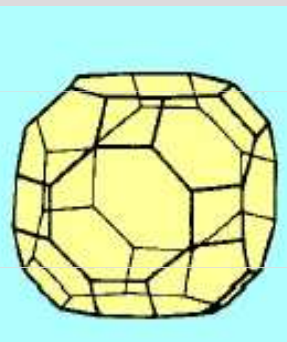
Molekulová síta slouží k selektivní adsorpci při dělení směsí kapalin, plynů, k sušení, apod.

Kyslíkaté sloučeniny křemíku – hlinitokřemičitany

Zeolity



Zeolit A



Sodalit

