

Neživá příroda - Minerály

Definice

- Charakteristiky, kterými se liší živé a neživé organismy :
- 1) Látkové složení – mají stejné, jsou ze stejných prvků, liší se pouze procentuálním zastoupením jednotlivých prvků a složitostí stavby organických sloučenin.
- 2) Vztah k prostředí – je u organismů aktivní, u anorganických přírodnin je pasivní. Organismus má schopnost vybrat si pouze ty látky, které k životu nezbytně potřebuje. Látky přijaté ve svém těle přeměňuje na látky organické a látky nepotřebné vyvrhuje zpět do prostředí. Tento proces se nazývá látková přeměna = metabolismus. S látkovou přeměnou souvisí i přeměna energetická = energetický metabolismus. Tyto procesy v neživé přírodě neexistují.
- 3) Rozmnožování, růst a vývoj – je charakteristikou živých organismů. Rozmnožováním vznikají noví jedinci, kteří během svého života rostou (kvantitativní a nevratný proces přibývání buněk) a vyvíjejí se (kvalitativní procesy uvnitř těla organismů).
- 4) Dědičnost a proměnlivost – je vlastností živých organismů. Dědičnost je schopnost vytvářet jedince sobě podobné. Proměnlivost je schopnost plodit odchylky, měnit se. Prostředí, kde organismy žijí, se mění a těmto změnám se musí přizpůsobit i organismus. Když dojde ke změnám skokem, nazýváme je mutace. Většina mutací je letálních (neschopných života).
- 5) Jedinečnost a nedělitelnost – Každý jedinec je unikátní v čase a prostoru. Je neopakovatelný a zpravidla ho nelze bez následků dělit. Neživou hmotu lze dělit – př. : krystaly soli.
- 6) Tvar a funkce – je u živých organismů vždy funkční a záleží na prostředí, kde organismus žije. U neživých organismů je jejich tvar náhodný, nebo určený jejich fyzikálním a chemickým složením.
- 7) Dráždivost a přizpůsobivost – živé organismy reagují na podněty prostředí složitými reakcemi. Pokud dráždění trvá nebo se opakuje, má organismus schopnost se tomuto stavu přizpůsobit, prostor opustit, nebo zahynout.
- 8) Časová ohraničenost – neživé organismy v čase a prostoru trvají. Život organismů je omezený a vždy probíhá jedním směrem – od okamžiku vzniku až po zánik. Doba života je velice specifická a geneticky podmíněná. [Michaela Polanská, 385416](#)

Přehled minerálů

- a. Elementy
- b. Halogenidy
- c. Nitráty, Karbonáty, Boráty
- d. Fosfáty, Arzenáty, Vanadáty
- e. Sulfidy
- f. Oxidy a Hydroxidy
- g. Sulfáty
- h. Silikáty
- i. Organické substance

Elementy (prvky)

- Elementy (prvky) jsou skupina minerálů do níž patří ryzí kovy a jejich slitiny, polokovy a jejich slitiny a nekovy. Mají společné morfologické vlastnosti kubických krystalů a směry štěpnosti, vysoký lesk, nízkou křehkost a tvrdost. Z nekovových prvků má význam C a S, které jsou v přírodě známy ve více modifikacích. Uhlík vytváří v přírodě modifikace grafitu a diamantu, s velkými odlišnostmi v krystalové struktuře a fyzikálních vlastností. Ryzí síra vzniká převážně částečnou oxidací H_2S , někdy redukcí SO_2 i některých kyslíkatých sloučenin síry, případně organických sloučenin bohatých na síru. Mnohé prvky spolu vytváří tuhé roztoky, např. elektrum (Au, Ag). Prvky mají některé charakteristické fyzikální vlastnosti, které je výrazně odlišují od ostatních tříd systému minerálů - především je to u ryzích kovů nejvyšší hustota a nejlepší elektrická a tepelná vodivost ze všech známých minerálů. V nábrusech mají všechny silný, kovový lesk. U ryzích prvků převládají atomové struktury s nejhustějším uspořádáním atomů s různými typy vazeb.
- Z 92 prvků známých ze zemské kůry jich bylo nalezeno v ryzím stavu cca 30 a některé z nich, např. grafit, diamant, zlato nebo síra patří mezi velmi důležité nerostné suroviny. Celkový podíl prvků na hmotě zemské kůry je nepatrný a nepřesahuje 0,1 %.

Elementy jsou dělēny

- oddělení A - kovy a kovové slitiny
- oddělení B - polokovy a nekovy

Halogenidy

- Halogenidy tvoří samostatnou třídu minerálů s malým počtem nerostných druhů. Zahrnuje soli halogenovodíkových kyselin (HBr, HCl, HF a HI) a podle toho rozeznáváme bromidy, chloridy, fluoridy a jodidy. Halovce lehkých kovů mají typickou krychlovou (kubickou) krystalovou strukturu s iontovou vazbou, zatímco sloučeniny těžkých kovů, jejichž kationy se vyznačují velkou polarizací, mají kovalentní vazby. Fyzikální vlastnosti minerálů souhlasí s jejich strukturou. Halogenidy s typickou iontovou vazbou tvoří kationy lehkých kovů s malými náboji a velkými iontovými poloměry, které mají velmi malou schopnost aktivní polarizace. Proto jsou tyto minerály průsvitné, bezbarvé nebo zbarvené, mají malou hustotu, nízký index lomu a v důsledku toho slabý skelný lesk, mnohé z nich se velmi lehce rozpouštějí ve vodě.
- Geochemicky jsou sloučeniny fluóru význačné pro hlubinnou žulovou pneumatolýzu, kdežto sloučeniny chlóru pro bazická magmata (gabrová a čedičová). Při magmatických pochodech nevznikají podmínky, které by umožňovaly hromadění halogenidů ve větším množství. Fluór a chlór vstupují do minerálů jen jako dodatkové aniony, a to zejména do silikátů a fosfátů (většinou v pegmatitech a v kontaktně metasomaticky metamorfovaných horninách). Převážná část těchto prvků vytváří prchavé sloučeniny s kovy a přechází do hydrotermálních roztoků. V exogenních podmínkách vznikají chloridy Na a v menším množství i chloridy K, Mg a jiných kovů často v ohromných masách ve vysychajících solných jezerech spolu se sulfáty, případně boráty a jinými sloučeninami rozpustnými ve vodě. Spolu s Cl se vyskytuje i odpovídající koncentrace Br a I.
- V dnešní době je cca 75 % veškerého chlóru v zemské kůře (a zřejmě i brómu) a více než 90 % jódu soustředěno v mořské vodě. Při větrání hornin a rudních ložisek se ovšem uvolňuje i velké množství fluóru. Chemická afinita fluóru a vápníku je však tak velká, že na cestě k moři většina fluóru vypadne z roztoku v podobě těžko rozpustné sloučeniny CaF_2 a zůstává v kontinentálních sedimentech. Tato skutečnost vysvětluje velmi malý obsah fluóru v mořské vodě (cca 0,8 g na 1 m³). Fluór částečně pohlcují organizmy a zúčastňuje se na stavbě zubního emailu, který se tvoří téměř výlučně z fluoridu vápenatého. Mnohé halogenidy jsou sekundárními minerály. Významnými surovinami pro chemický průmysl jsou zejména halit a fluorit.

Nitráty, Karbonáty, Boráty

Nitráty (dusičnany)

- Jsou ve vodě snadno rozpustné soli kyseliny dusičné. Z nerostných nitrátů jsou nejdůležitější bezvodé dusičnany alkalických kovů. Nitráty jsou téměř výhradně recentního původu a vyskytují se především v suchých (aridních) pouštních oblastech. V přírodě jsou velmi vzácné.

Karbonáty (uhličitany)

- Jsou soli málo disociované kyseliny uhličitě. Nejčastější jsou uhličitany dvojmocných kovů Ca, Mg, Fe, Mn, vzácněji se vyskytují bazické uhličitany Cu. Nerostné karbonáty představují typickou skupinu minerálů nejsvrchnější části zemské kůry. Vyskytují se v sedimentech, hojně jsou také zastoupeny v některých metamorfovaných horninách a rudních žilách. Ve vyvěřelinách se vyskytují vzácněji. Všechny mají v čerstvém stavu nejčastěji světlé barevné tóny, poměrně malou tvrdost a jsou snadno rozpustné v kyselinách. Vykazují mimořádně vysoký dvojlom světla. Patří mezi ně jeden z nejrozšířenějších minerálů kalcit a některé z nich jsou důležitými surovinami pro výrobu cementu, umělých hnojiv a žáruvzdorných surovin.
- Pro vysvětlení principu krystalové struktury karbonátů (uhličitanů) je nevhodnější kalcit. Karbonát samotného kalcia je dimorfní, tj. může krystalizovat ve dvou soustavách – klencové (trigonální) a kosočtverečné (rombické). Krystalovou strukturu trigonální modifikace CaCO_3 lze odvodit ze stlačené kubické (krychlové) mřížky NaCl podél trojspirálové osy tak, že mezi plochami budou úhly $101^\circ 55'$, což je plošně centrovaná romboedrická (tzn. plochy kosočtverečného tvaru) mřížka kalcitu. Ionty Ca zaujímají místa Na, komplexní aniony $[\text{CO}_3]$ místa Cl. Krystalová struktura rombické (kosočtverečné) modifikace CaCO_3 - aragonitu se liší od struktury kalcitu jen tím, že ionty Ca^{2+} a $[\text{CO}_3]^{2-}$ jsou uspořádány podle nejhustějšího hexagonálního (šesterečného) uspořádání strukturních jednotek. Jak v mřížce kalcitu, tak i v mřížce aragonitu obklopuje každý iont $[\text{CO}_3]^{2-}$ šest iontů vápníku.

Boráty (syn. boritany)

- Jsou soli různých boritých kyselin, v přírodě v nerostné podobě se vyskytují velmi vzácně. Jsou výhradně sedimentárního mořského nebo jezerního původu. Hospodářské využití mají v chemickém průmyslu jako zdroj bóru.

Třída je tvořena třemi odděleními:

- oddělení A - nitráty
- oddělení B - karbonáty
- oddělení C - boráty

Fosfáty, Arzenáty, Vanadáty

- Do této třídy patří velký počet minerálních druhů různého složení. Celkový hmotnostní podíl v litosféře je však malý.
- Trojmocné aniony $[\text{PO}_4]^{3-}$, $[\text{AsO}_4]^{3-}$ a $[\text{VO}_4]^{3-}$ mají velké rozměry a tvoří stálé, bezvodé sloučeniny ve spojení s velkými trojmocnými kationy. Sloučeniny s malými kationy, v souladu s pravidlem platným pro všechny kyslíkaté soli, představují mnohem častěji vodnaté normální soli (s hydratovanými kationy). Látkové složení fosfátů je odvozeno od trojsytné orto-kyseliny fosforečné H_3PO_4 . Z fosfátů dvojmocných kovů, ale s dodatkovými aniony (OH, F, O, částečně Cl) anebo v podobě kyselých sloučenin jsou nejstálější sloučeniny s velkými kationy (Ca, Sr, částečně Pb). Pro arzenáty a vanadáty jsou charakteristické sloučeniny s Pb a dodatkovým anionem Cl a konečně podvojně sloučeniny Pb anebo Ca s Cu, Zn, Mg a částečně s Mn^{2+} . Vápník tvoří kromě toho i vodnaté kyselé soli.
- Mezi minerály této třídy jsou hojně zastoupeny jak bezvodé, tak i vodnaté sloučeniny. Převážná část, zejména vodnatých sloučenin, vzniká při exogenních pochodech vzniku minerálů. K endogenním minerálům patří téměř výlučně fosfáty, přičemž většina z nich vzniká v konečných stádiích magmatických pochodů. Zvětráváním vznikají rozpustné fosfáty, jejichž koloběh ve svrchních částech zemské kůry vede k anorganickým i biochemickým reakcím za vzniku sekundárních fosfátů (např. guána). Hospodářsky nejvýznamnější minerál této třídy je apatit.

Sulfidy

- Příbuzné sloučeniny: selenidy, teluridy, arzenidy, antimonidy a bizmutidy
- Sulfidy a příbuzné sloučeniny selenu, teluru, arzenu, antimonu a bizmutu představují samostatnou třídu minerálů. Podle vzájemného poměru kovu k dvojmocné síře nebo jiným polokovům se dělí na 4 oddělení. V přírodě jsou však nejrozšířenější sulfidy (sirníky), disulfidy (dvojsirníky) a komplexní sulfidy. Chemicky jsou sulfidy soli odvozené od H_2S , disulfidy jsou odvozovány od H_2S_2 a komplexní sulfidy jsou sloučeniny typu $AmBnSx$ ($A = Ag, Cu, Pb, Sn$; $B = As, Sb$). V mnohých minerálech této třídy je kromě typického kovu zastoupen jako metaloid As, Bi, Sb, nebo prvek ze skupiny železa, které mohou vystupovat v roli elektro pozitivního nebo elektronegativního prvku. Výrazná příbuznost síry s těžkými kovy se projevuje v tom, že s nimi vytváří ve vodě téměř nerozpustné sirné sloučeniny. Naopak, sulfidy lehkých kovů (Ca, K, Mg, Na aj.) nacházíme jen rozpuštěné ve vodách. Sloučeniny lze považovat za soli sirných analogů některých kyslíkatých kyselin (např. kyseliny thioarzenité H_3AsS_3), proto jsou komplexní sulfidy často označovány jako sulfosoli.
- Rentgenometrické výzkumy krystalové struktury potvrzují, že sulfidy se jako iontové sloučeniny velmi odlišují od typických iontů kyslíkatých sloučenin celou řadou charakteristických vlastností a blíží se vlastnostmi spíše k přírodním prvkům než k oxidům a kyslíkatým solím. Ionty S, Se, Te, As a Sb mají v porovnání s kyslíkem větší poloměry, větší schopnost polarizovat se a vytvářet slabé homopolární vazby. Polarizační jevy způsobují, že v krystalových mřížkách elektrony sousedních opačně nabitých iontů dostávají kovový charakter, o čemž svědčí u většiny sulfidů kovový lesk, dobrá elektrická vodivost, vysoká hustota a neprůhlednost.
- Geochemicky je tato třída jednotná. Naprostá většina jsou typické minerály rudních žil nebo metasomatických ložisek, vyloučené z horkých roztoků v puklinách hornin nebo dutinách vápenců po rozpuštění rudním roztokem. Vyloučením z magmatu se tvoří pyrit jako akcesorická (přídavná) složka vyvřelin, v bazických vyvřelinách se koncentruje pyrhotin. Na přechodu z pneumatolytické fáze do hydrotermální se někdy vylučuje arzenopyrit, molybdenit a chalkopyrit. Za normální teploty, často biochemickými reakcemi se vylučuje pyrit a markazit, např. v kongrecích v křídových opukách, v jílovitých horninách, koloidní sulfid železa v bahnech lagun. Celkové množství těchto minerálů tvoří asi 0,15 % hmoty zemské kůry. Nejvíce jsou z nich rozšířeny sulfidy, disulfidy a sulfosoli, ostatní sloučeniny této třídy jsou vzácné minerály.

- Třída je tvořena 5 odděleními:
- oddělení A - sulfidy s poměrem kovů k polokovům $(K : P) > 1 : 1$
- oddělení B - sulfidy s poměrem kovů k polokovům $(K : P) = 1 : 1$
- oddělení C - sulfidy s poměrem kovů k polokovům $(K : P) < 1 : 1$
- oddělení D - sulfidy s poměrem kovů k polokovům $(K : P) = 1 : 2$
- oddělení E - komplexní sulfidy

Oxidy a hydroxidy

- Třída oxidů jsou binární sloučeniny kyslíku s kovovými i nekovovými prvky. Jsou bezvodé i vodnaté. Vodnaté mají vodu konstituční (ve vzorci psanou jako hydroxyl OH), krystalovou i koloidně adsorpční (u nekrystalických, tj. amorfních minerálů).
- Kyslíkaté sloučeniny převládají v zemské kůře (průměrný hmotnostní podíl kyslíku je 49,13 %). Jednoduché sloučeniny s kyslíkem tvoří v různé formě asi 40 prvků. Celkový hmotnostní podíl volných oxidů v litosféře (kromě hydrosféry a atmosféry) činí asi 17 %, z toho připadá jen na SiO₂ 12,6 % a na oxidy a hydroxidy Fe 4 %. Převážná část oxidů a hydroxidů různého složení se soustřeďuje v nejsvrchnějších částech zemské kůry - na styku litosféry s atmosférou. Hloubka, kam proniká volný kyslík v podstatě souhlasí s hladinou podzemní vody.
- Kůra větrání hornin je spolu s oxidačními zónami rudních ložisek hlavní oblastí chemických reakcí, při kterých vznikají nové minerály, a to převážně oxidy a hydroxidy kovů. Dešťová voda, bohatá na kyslík a oxid uhličitý, prosakováním k hladině podzemní vody postupně ztrácí své oxidační účinky, což se markantně projevuje při oxidaci sulfidů a jim podobných sloučenin, kde jako první stádium vznikají sulfáty, arzenáty a jiné soli. Velmi snadno oxidují kyslíkaté sloučeniny obsažené v horninách, které obsahují nějaké kovy s nižším stupněm valence, např. Fe²⁺, Mn²⁺, V³⁺ a jiné. Při oxidaci zvyšují tyto kovy svou valenci, důsledkem čehož se oslabují vazby v krystalových mřížkách. To má za následek úplné rozrušení okysličujících se krystalických látek a vznik nových, ve vodě rozpustných nebo nerozpustných sloučenin.
- Z nejdůležitějších kationů, které tvoří v přírodě oxidy a hydroxidy, je část z nich (Mg²⁺, Fe²⁺, Ni²⁺, Zn²⁺, Cu²⁺) schopná lehce se přenášet v kyselých roztocích a v silně zásaditých prostředích vypadá v podobě krystalických sedimentů, hydroxidů nebo solí. Kationy s vyššími iontovými potenciály (Al³⁺, Fe³⁺, Mn⁴⁺, Si⁴⁺, Ti⁴⁺, Sn⁴⁺) velmi lehce sedimentují z roztoků v důsledku hydrolyzy solí, zejména v podobě těžko rozpustných hydroxidů (ve spojení s aniony OH). Převážná část hydroxidů vzniká v oxidačních zónách rudních ložisek a v kůře zvětrávání hornin, dále jsou rozšířeny ve vodních pánvích, močálech, jezerech a mořích. Na vzduchu za sucha ztrácejí hydroxidy časem kapilární a adsorbovanou vodu a vytvářejí sloučeniny s obsahem pevně vázaných hydroxylových skupin i bezvodých oxidů (Fe₂O₃, MnO₂ aj.) zejména v oblastech s výrazným kontinentálním klimatem. V krystalových strukturách těchto minerálů s iontovými vazbami bývají kationy vždy obklopeny aniony kyslíku (nebo hydroxylu).

Oxidy jsou řazeny do oddělení podle stoupající oxidace

- 1. led H_2O a elektropozitivní oxidy s kovy jednomocnými a dvojmocnými
- 2. podvojně oxidy dvojmocných a trojmocných kovů
- 3. amfoterní, tj. od případu k případu elektropozitivní nebo elektronegativní, oxidy prvků trojmocných
- 4. oxidy prvků čtyřmocných kyselého charakteru

Třída je tvořena čtyřmi odděleními

- oddělení A - sloučeniny K_2O a KO
- oddělení B - K_3O_4 a příbuzné sloučeniny
- oddělení C - K_2O_3 a příbuzné sloučeniny
- oddělení D - KO_2 a příbuzné sloučeniny

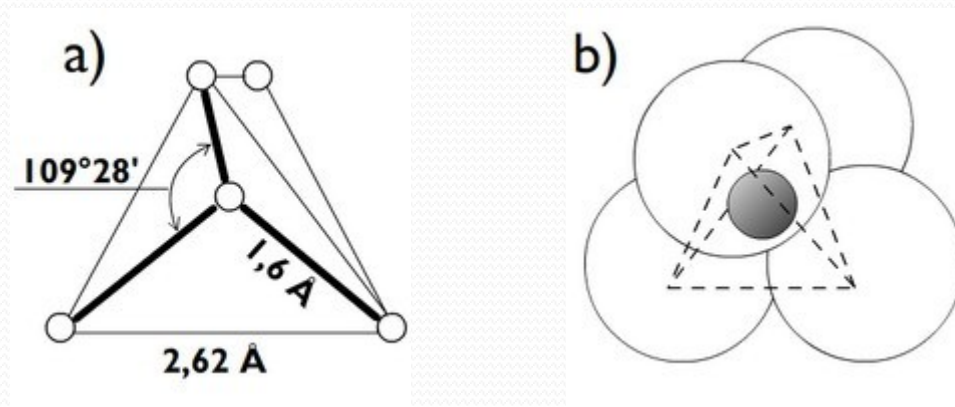
Sulfáty

- Krystalizované látky, které tvoří sloučeniny kovů s aniony síry $[\text{SO}_3]^{2-}$ a $[\text{SO}_4]^{2-}$, nazýváme sulfáty (starší název: sírany). V přírodě jsou hojné. Vznik kyslíkatých siřných sloučenin s kovy může nastat jen v podmínkách zvýšené koncentrace parciálního tlaku kyslíku v okolním prostředí a za velmi nízkých teplot při povrchu zemské kůry. Velký komplexní anion $[\text{SO}_4]^{2-}$ může vytvářet stabilní krystalové mřížky jen ve spojení s velkými dvojmocnými kationy. Nejstálejší jsou sulfáty Ba, Sr a Pb, které nevytvářejí v přírodě vodnaté sloučeniny. Velký hospodářský význam má zejména vodnatý sulfát Ca - sádrovec. Přestože je mezi minerály této třídy velké množství různých sloučenin, počet stálých a hojně rozšířených sulfátů je v zemské kůře poměrně malý. Tvrdost sulfátů je malá, u vodnatých jen kolem 2 Mohsovy stupnice a nejsou známy sulfáty s tvrdostí nad 3,5.
- Chromáty, jako soli kyseliny chromové, vznikají jen v prostředí s vysokou koncentrací kyslíku a vyskytují se v přírodě velmi vzácně. Komplexní anion $[\text{CrO}_4]^{2-}$ je schopen vytvářet krystalové mřížky s velkým kationem Pb^{2+} . Podobně málo jsou rozšířené kyslíkaté sloučeniny molybdenu a vyskytují se jen v oxidační zóně rudných ložisek. Velmi vzácné jsou vysokoteplotní kyslíkaté wolframáty.
- Třída je tvořena třemi odděleními:
 - oddělení A - sulfáty
 - oddělení B - chromáty
 - oddělení C - molybdáty a wolframáty

Silikáty

- Silikáty (křemičitany) tvoří nejpočetnější třídu, kam patří asi 1/3 všech minerálů z celkem cca čtyř tisíc dosud známých ze zemské kůry. Hmotnostní podíl v zemské kůře je ještě výraznější, silikáty v ní tvoří objemem cca 75 %. Význam prvku křemíku v geochemii zemské kůry stoupá připočtením ještě 12 % volného SiO₂ (křemen, opál). Mnohé silikáty jsou nejdůležitějšími horninotvornými minerály.
- Silikáty jsou podstatně zastoupeny téměř ve všech ložiskách užitkových minerálů, nejen jako doprovodné minerály rudních ložisek (hlušina), ale mnohdy jako nositelé cenných kovů (Ni, Zn, Be, Zr, Li, Cs, Rb, U, vzácných zemin ap.).
- Některé silikáty jsou cennými užitkovými nekovovými minerály - azbest, kaolín, hlínky a živce, jako surovina pro ohnivzdorné výrobky a keramiku, různé stavební hmoty ap. Mnohé silikáty jsou odedávna používány jako drahé a ozdobné kameny - smaragd, akvamarín, turmalín, topaz, rodonit, nefrit, granáty aj. Hlavní prvky, které se zúčastňují stavby silikátů jsou: Na, K, Li, Ca, Mg, Fe²⁺, Fe³⁺, Mn²⁺, Be, Al, B, Si, Zr, Ti, O, F, H (jako H⁺, [OH]⁻ a H₂O).
- Podle dřívější, pouze chemické klasifikace, byly silikáty odvozovány ze solí hypotetických kyselin: křemičitých, alumokřemičitých, titano-zirkono-křemičitých ap. přičemž kyseliny křemičité se formálně odvozovaly slučováním jejich anhydridu SiO₂ s vodou v různých poměrech:
 - H₄SiO₄ (SiO₂ : H₂O = 1:2) - kyselina ortokřemičitá
 - H₆Si₂O₇ (SiO₂ : H₂O = 2:3) - kyselina diortokřemičitá
 - H₄Si₃O₈ (SiO₂ : H₂O = 3:2) - kyselina triortokřemičitá
 - H₂SiO₃ (SiO₂ : H₂O = 1:1) - kyselina metakřemičitá
 - H₂Si₂O₅ (SiO₂ : H₂O = 2:1) - kyselina dimetakřemičitá

- Silikáty, tedy soli těchto kyselin, se pak označovaly jako ortosilikáty, diortosilikáty, triortosilikáty, metasilikáty, dimetasilikáty, pyrosilikáty (soli kyseliny $\text{H}_6\text{Si}_2\text{O}_7$) atd.
- Novější krystalografické výzkumy struktury silikátů prokázaly, že jejich základní stavební jednotkou je křemíko-kyslíkový tetraedr $[\text{SiO}_4]^{4-}$, který je tvořen malým centrálním atomem křemíku, jenž je obklopen čtyřmi velkými atomy kyslíku, nacházejícími se ve vrcholech tetraedru.



a) schematické znázornění tetraedru $[\text{SiO}_4]$

b) schematické znázornění téhož tetraedru s reálným poměrem ve velikosti atomů (atom křemíku je šrafováný a je skryt v "dutině" mezi relativně velkými atomy kyslíku)

- Tyto tetraedry mohou ve struktuře silikátů existovat jako samostatné strukturní jednotky nebo se mohou vzájemně spojovat do složitějších útvarů, přičemž ke spojení tetraedrů dochází sdílením jednoho kyslíkového atomu dvěma sousedními tetraedry (dva sousední tetraedry jsou spojeny rohem, nikdy ne hranou nebo plochou).
- Ve struktuře silikátů může být určitá část centrálních atomů Si nahrazena atomy Al. Jde v podstatě o nahrazení části tetraedrů $[\text{SiO}_4]^{4-}$ tetraedry $[\text{AlO}_4]^{5-}$ (tzv. alumosilikáty).
- K uvedené substituci (zastoupení) křemíku hliníkem dochází pouze u určitých strukturních typů silikátů.
- Způsob vzájemného spojení křemíko-kyslíkových (hliníko-kyslíkových) tetraedrů ve struktuře silikátů předpokládá rozdělení této třídy na 6 oddělení:
 - nesilikáty
 - sorosilikáty
 - cyklosilikáty
 - inosilikáty
 - fylosilikáty
 - tektosilikáty

1. Nesosilikáty (křemičitany s izolovanými tetraedry)

- V tomto typu silikátů je křemíko-kyslíkový tetraedr $[\text{SiO}_4]^{4-}$ samostatnou strukturní jednotkou. Vazba těchto izolovaných samostatných tetraedrů je uskutečňována pomocí tzv. vnějších kationů, které se nachází v mezerách mezi tetraedry.

2. Sorosilikáty (křemičitany s izolovanými skupinami tetraedrů)

- Ve struktuře sorosilikátů se až na nepatrné výjimky setkáváme s dvojicemi křemíko-kyslíkových tetraedrů, tzv. diortogrupami $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{4-}$. Součástí struktury sorosilikátů mohou být i samostatné tetraedry $[\text{SiO}_4]^{4-}$. K sorosilikátům však náleží i silikáty, které místo diortogrupy obsahují lineárně uspořádané trojice tetraedrů $[\text{Si}_3\text{O}_{10}]^{8-}$, popř. i pětice tetraedrů $[\text{Si}_5\text{O}_{16}]^{12-}$.

3. Cyklosilikáty (křemičitany s kruhovou vazbou tetraedrů)

- V tomto oddělení silikátů jsou křemíko-kyslíkové tetraedry cyklicky uspořádány do prstenců, které jsou nejčastěji trojčetné $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$, čtyřčetné $[\text{Si}_4\text{O}_{12}]^{8-}$ nebo šestičetné $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$, avšak může jít např. i o zdvojené šestičetné prstence $[\text{Si}_{12}\text{O}_{30}]^{12-}$, které jsou tvořeny dvěma nad sebou ležícími a šesti atomy kyslíku spojenými šestičetnými prstenci.
- U cyklosilikátů podobně jako u nesosilikátů a sorosilikátů nedochází k zastupování křemíku hliníkem - výjimkou je komplikovaná struktura cordieritu s anionovou skupinou $[\text{AlSi}_5\text{O}_{18}]^{13-}$.

4. Inosilikáty (křemičitany s řetězovitou vazbou tetraedrů)

- Ve struktuře inosilikátů jsou křemíko-kyslíkové tetraedry uspořádány do nekonečných řetězců, které mohou být jednoduché (u pyroxenů), dvojité (u amfibolů), nebo vzácněji i vícenásobné. U jednoduchých řetězců sdílí každý tetraedr dva atomy kyslíku se sousedními tetraedry. Vůči ose řetězce jsou sousední tetraedry zpravidla různě orientovány, avšak lze pozorovat, že v určité periodě se polohy tetraedrů opakují.
- Podle počtu tetraedrů v periodě se rozlišují jednoduché dvojčlankové řetězce se vzorcem anionu základní periody $[\text{Si}_2\text{O}_6]_{4-}$. Jednoduché trojčlankové řetězce se vzorcem $[\text{Si}_3\text{O}_9]_{6-}$ a jednoduché vícečlankové řetězce (pozn.: jednoduché jednočlankové řetězce nejsou u minerálů známy). Struktura dvojitých nebo vícenásobných řetězců je tvořena dvěma nebo více souběžně probíhajícími řetězci tetraedrů, které jsou v periodicky se opakujících vzdálenostech propojeny atomem kyslíku, jenž leží ve vrcholu dvou tetraedrů, náležejících ke dvěma různým řetězcům. Z dvojitých řetězců jsou nejběžnější dvojité dvojčlankové řetězce se skupinou $[\text{Si}_2\text{O}_5]_{2-}$. Vícenásobné řetězce jsou u přírodních inosilikátů vzácné. Ve struktuře inosilikátů někdy dochází k zastupování křemíku hliníkem.

5. Fylosilikáty (křemičitany s plošnou vazbou tetraedrů)

- Ve struktuře fylosilikátů jsou křemíko-kyslíkové tetraedry uspořádány do vrstev (do nekonečných dvojrozměrných sítí), přičemž je v těchto vrstvách každý tetraedr propojen třemi vrcholy se třemi sousedními tetraedry. Anionová kostra fylosilikátů může mít, podobně jako kostra inosilikátů, různý charakter.
- Nejčastěji je základní strukturní perioda fylosilikátů tvořena čtyřmi tetraedry - v tomto případě má anionová skupina vzorec $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]_{4-}$, avšak velmi často je v této skupině 1/4 nebo 1/2 atomů křemíku zastoupena atomy hliníku a anionová skupina má potom vzorec $[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]_{5-}$ nebo $[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}]_{6-}$.

6. Tektosilikáty (křemičitany s prostorovou vazbou tetraedrů)

- Křemíko-kyslíkové tetraedry jsou vázány do trojrozměrné prostorové kostry. V ní je každý tetraedr propojen všemi svými vrcholy se čtyřmi sousedními tetraedry a atomy křemíku a kyslíku jsou v této struktuře přítomny v poměru 1:2. Uvedenému poměru odpovídá vzorec SiO_2 a mezi tektosilikáty, tvořenými pouze tetraedry $[\text{SiO}_4]^{4-}$, by tedy patřily jen různé modifikace SiO_2 (křemen, tridymit, cristobalit aj.), s nimiž mají podobnou mřížku.
- Existence tektosilikátů odlišného chemického složení je umožněna nahrazením určité části (max. 50 %) atomů křemíku v centru tetraedrů hliníkem (méně často i bórem nebo železem). Touto substitucí (nahrazením) dochází k valenční nerovnováze, která je kompenzována vstupem vhodných kationů do dutin v anionové kostře, např. ve struktuře draselného živce o vzorci $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ má $1/4$ tetraedrů ve svém centru hliník a v dutinách anionové kostry je přítomen draslík.
- Pozn.: při psaní chemických vzorců je vhodné jejich anionovou kostru uzavřít do hranaté závorky a tak ji oddělit od kationové části vzorce (u silikátů se složitější strukturou je používání hranaté závorky nezbytné). Pokud jsou v anionové kostře silikátu přítomny různé skupiny tetraedrů nebo i přídatné aniony, oddělují se ve vzorci svislými čarami, přičemž přídatné aniony se uvádějí zpravidla před tetraedrickými skupinami. Kationy jsou ve vzorci umístěny před hranatou závorkou v pořadí, které odpovídá jejich klesající velikosti; při izomorfní substituci značky prvků za sebou následují v pořadí podle klesajícího zastoupení. Uvedené zásady lze doložit např. na poměrně složitém vzorci vesuvianu $\text{Ca}_{10}(\text{Mg,Fe})_2\text{Al}_4[(\text{OH})_4](\text{SiO}_4)_5(\text{Si}_2\text{O}_7)$, nebo na vzorci muskovitu $\text{KAl}_2[(\text{OH,F})_2|\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$.

1. oddělení: Nesosilikáty

Nesosilikáty (chemicky ortosilikáty) mají typické fyzikální vlastnosti, podmíněné vlastnostmi kompaktních krystalových mřížek. Habitus krystalů bývá izometrický. Vysoká tvrdost a značně zvýšená hustota jsou dány hustým uspořádáním iontů v mřížce a to má za následek zvýšený index lomu světla. Mezi základní nesosilikáty patří zirkon, olivín, topaz, kyanit, andalusit, sillimanit, staurolit, granáty, vesuvián a titanit.

2. oddělení: Sorosilikáty

- Z chemického hlediska sem patří tzv. pyrosilikáty. Nejvýznamnější sorosilikáty jsou hemimorfit a epidot.

3. oddělení: Cyklosilikáty

- Hlavními cyklosilikáty jsou beryl, cordierit a turmalíny.

4. oddělení: Inosilikáty

- Nejdůležitějšími inosilikáty (dříve označované podle chemizmu jako metasilikáty) jsou pyroxeny a amfiboly, dále pak wollastonit. Jejich společnými znaky jsou např. analogický krystalový habitus, blízké krystalové struktury, stejná štěpnost, podobná tvrdost a hustota. V pyroxenech a amfibolech bývají jako kationy tyto prvky: Mg^{2+} , Fe^{2+} , Ca^{2+} , Na^{+} , někdy Li^{3+} , Al^{3+} a Fe^{3+} . Na stavbě anionů se zúčastňují radikály $[SiO_4]^{4-}$, i $[AlO_4]^{4-}$, $[OH]^{-}$, F^{-} a Cl^{-} (v amfibolech). V přírodě jsou nejrozšířenější (16 % hmotnosti) pyroxeny a amfiboly, které jsou důležitými horninotvornými minerály mnohých hornin magmatických a metamorfovaných. Je pro ně charakteristické, že mají výraznou štěpnost a že krystalová individua jsou protáhlá v jednom směru.
- Přes mnoho společného, odlišují se pyroxeny a amfiboly od sebe podstatně takto:
- v krystalových strukturách pyroxenů jsou zastoupeny aniontové radikály složené z jednoduchých řetězců křemíko-kyslíkatých tetraedrů, v amfibolech složené z dvojitých řetězců; z těchto typů struktur vyplývají rozdílné úhly prizmatické štěpnosti pyroxenů a amfibolů, rovnoběžně s protažením řetězců.
- Štěpné linie pyroxenů tvoří útvary blízké čtverci s úhlem 87° , u amfibolů mají tvar kosočtverce s úhlem 124° . Krystaly pyroxenů mají na příčném průřezu pseudotetragonální tvary a krystaly amfibolů pseudohehexagonální tvary.

V oddělení inosilikátů rozlišujeme dvě skupiny minerálů

1. skupina pyroxenů

- s jednoduchými řetězci tetraedrů
- Obecný vzorec je $ABSi_2O_6$, kde
- $A = Ca, Fe^{2+}, Li, Mg, Na$
- $B = Al, Cr^{3+}, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Mg, Mn^{2+}, Sc$ a část křemíku může být nahrazena hliníkem

Patří sem:

- a) klinopyroxeny (tj. jednoklonné pyroxeny), kam patří pyroxeny dipsid hedenbergitové řady, augit a alkalické pyroxeny egirín-jadeitové řady
- b) ortopyroxeny (tj. kosočtverečné pyroxeny) enstatit-ferrosilitové řady
- Klinopyroxeny jsou diopsid, hedenbergit, augit, jadeit, egirín a spodumen. Ortopyroxeny jsou enstatit a hypersten.

2. skupina amfibolů s dvojitými řetězci tetraedrů

- Obecný vzorec je $A_{0-1}B_2Y_5Z_8O_{22}(OH,F,Cl)_2$, kde
- A = Ca, Na, K
- B = Ca, Fe²⁺, Li, Mg, Mn²⁺, Na
- Y = Al, Cr, Fe²⁺, Fe³⁺, Mg, Mn²⁺, Ti
- Z = hlavně Si, ale i Al a Ti

Patří sem:

- a) klinoamfiboly (tj. jednoklonné amfiboly)
- b) ortoamfiboly (tj. kosočtverečné amfiboly)

- Nově jsou amfiboly děleny podle chemizmu na:
 - Ca-amfiboly
 - Fe-Mg-Mn amfiboly
 - Na-Ca amfiboly
 - alkalické amfiboly

- Klinoamfiboly jsou hornblenda, tremolit, aktinolit a glaukofán. Ortoamfibol je antofylit.

5. oddělení: Fylosilikáty

- Do tohoto oddělení patří především slídovité silikáty (mastek, slídy, chlority, serpentín) a jílové minerály (kaolinit, illit, montmorillonit a nontronit), s typickou vrstevnatou šesterečnou (hexagonální) nebo pseudohexagonální krystalovou mřížkou. Je pro ně charakteristické, že vždy obsahují hydroxyl OH, často spolu s F. Kationy jsou spolu s hydroxylovými skupinami bezprostředně spojené s vrstvami křemíko-kyslíkatých tetraedrů.
- Ve fylosilikátech jsou zastoupeny jako kationy Mg^{2+} a Al^{3+} a kromě toho prvky, které je mohou izomorfne zastupovat - Fe^{2+} , Ni^{2+} , (Mn^{2+}), Li^{+} a Fe^{3+} , zřídka Cr^{3+} a V^{3+} . Mnohé minerály, které mají ve mřížkách tetraedry SiO_4 částečně zaměněné za tetraedry AlO_4 obsahují kromě toho velké doplňkové kationy K^{+} , Na^{+} , Ca^{2+} a molekuly vody. Fyzikální vlastnosti vyplývají z krystalové struktury.
- Stavba rovinných sítí se odráží především v hexagonálně souměrném habitu krystalů, dále v tzv. nárazových a tlakových trhlinkách na štěpných tabulkách. Vrstevnatá stavba krystalové mřížky podmiňuje výbornou štěpnost těchto minerálů až na jemné lupínky. Stupeň jejich pružnosti je různý. Obecný vzorec slídovitých silikátů je $(K,Na)(Al,Fe,Mg)_{2-3}(OH,F)_2(Si,Al)_4O_{10}$.

6. oddělení: Tektosilikáty

- Toto oddělení minerálů je nejdůležitější ve třídě silikátů pro své obrovské rozšíření v zemské kůře.
- Tektosilikáty se vyznačují trojrozměrnými kostrovitými mřížkami, složenými z anionových tetraedrů $(Si,Al)O_4$. Chemicky jsou to téměř výlučně alumosilikáty, tzn. že v krystalových strukturách sloučenin jsou v anionových komplexech nejen tetraedry SiO_4 , ale i tetraedry AlO_4 . Počet iontů Si^{4+} , zaměňovaný ionty Al^{3+} , nepřevyšuje nikdy polovinu. Poměry Si:Al bývají buď 3:1 nebo 1:1, tj. komplexní aniony mají formu: Si_3AlO_8 nebo $SiAlO_4(Si_2Al_2O)_8$. Poměr (Si + Al):O v anionových radikálech je vždy 1:2. U živců a zeolitů, které jsou spolu s foidy hlavními představiteli tektosilikátů, byly zjištěny tyto hlavní typy anionových radikálů: $[Si_3AlO_8]^{-}$, $[Si_2Al_2O_8]^{-}$, $[Si_3Al_2O_{10}]^{2-}$.
- Fyzikální vlastnosti tektosilikátů mají některé zvláštnosti - nápadná je světlá barva, nejmenší index lomu světla ze všech oddělení silikátů, tvrdost minerálů je dosti vysoká (mezi 5 - 6,5), štěpnost je dobrá až velmi dobrá jen podle některých směrů (na rozdíl od strukturně podobného křemene, kde je ve všech třech směrech stejná) a výrazná náklonnost k vytváření dvojčatných srůstů (v důsledku jejich vysoké symetrie krystalových struktur).

Organické substance

- Organické látky přistupují k minerálním paragenezím svrchních částí zemské kůry rozmanitým způsobem. Někdy podmiňují vznik těchž minerálů, které se v jiných případech tvoří čistě anorganicky (síra, grafit, pyrit, kalcit, aragonit, apatit, vivianit aj.), jindy však vznikají látky svou povahou organické. Vžil se pro ně název "organolity" a bývaly ve starších mineralogických systémech (např. podle F. Slavíka, 1948) členěny na:
 - 1. soli organických sloučenin
 - 2. uhlovodíky
 - 3. bitumeny
 - 4. pryskyřice
 - 5. uhlí
- Hranice mezi tím, co ještě bylo pokládáno za minerál a co již ne, bylo již dříve v této třídě minerálů neurčité a subjektivní. Přitom však byly vědomě některé nestejnorodé směsi organických sloučenin z mineralogického systému vyčleňovány. Byly to např. z uhlovodíků ozokerit, ropa a utuhlé uhlovodíkové deriváty (tzv. bitumeny) asfalt a uhlí - ty byly a rovněž i dnes jsou považovány za horniny a zařazovány do petrografického systému.
- Současná Strunzova mineralogická klasifikace označuje tuto početně nejméně zastoupenou třídu jako organické substance, jejichž základem jsou definované minerály tří oddělení:
 - soli organických kyselin, tzv. oxaláty (např. Ca-oxalát a Fe²⁺-oxalát)
 - uhlovodíky (např. řada parafinová a řada uhlíkatých sloučenin)
 - pryskyřice
- Rozšíření organických substancí v přírodě je malé a většinou (vyjma jantaru) nemají ekonomický význam.

Literatura

- Bernard, J. H., Rost, R. Encyklopedický přehled minerálů
Academia, Praha, 1992
- Bernard, J. H.a kol. Mineralogie Československa
Academia, Praha, 1981
- Bouška, V. Geologie a stratigrafie vltavínových nalezišť v Čechách a na
Moravě
Sborník Národního muzea v Praze, řada B, 22, 2, s. 67 - 88, Praha, 1966
- Bouška, V., Kouřimský, J. Drahé kameny kolem nás
- Slavík, F., Pacák, O. Mineralogie a petrografie
Díl I., vyd. 2. Nová škola, Praha, 1948