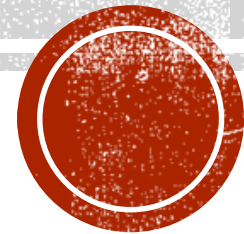


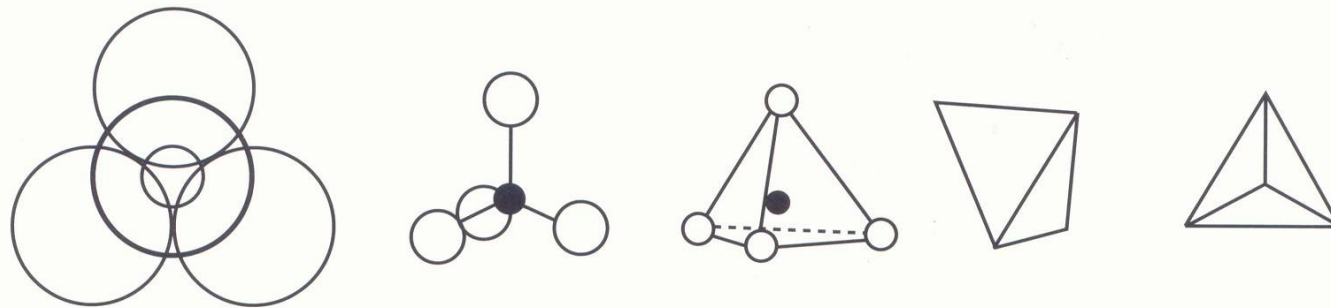
SISTEMATSKA MINERALOGIJA

XIII. SILIKATI

Doc. dr. sc. Andrea Čobić
Sistematska mineralogija (36213)
Akad. god. 2024./2025.



- SILIKATI - najrasprostranjeniji minerali Zemljine kore; zajedno sa kvarcom (koji čini 12 %) čine ukupno 90 % mase Zemljine kore i čine oko 1/3 svih poznatih minerala
- silicij (Si) – glavni element silikata, čini 27,5 % mase Zemljine kore
- za silicij je karakteristična veza s kisikom; silicij je uvijek četverovalentan, što mu omogućava da se tetraedrijski okruži sa 4 atoma kisika tvoreći tako **SiO₄ tetraedre** koji predstavljaju osnovni element strukture silikata



Sl. 1. Zasebni tetraedar [SiO₄]⁴⁻ (kakav se nalazi u strukturama nezosilikata), prikazan na nekoliko različitih načina.



SILIKATI - POLIMERIZACIJA

- SiO_4 tetraedri se mogu polimerizirati, tj. vezati preko zajedničkih vrhova (atoma kisika) u strukturne grupe koje mogu biti konačne i beskonačne.

Podjela silikata ovisno o načinu vezanja SiO_4 tetraedara:

1. Nezosilikati

1a. Nezosilikati s dodatnim anionima (nezosubsilikati)

2. Sorosilikati

4. Ciklosilikati

5. Inosilikati

5a. Lančasto – slojeviti silikati (heterofilosilikati)

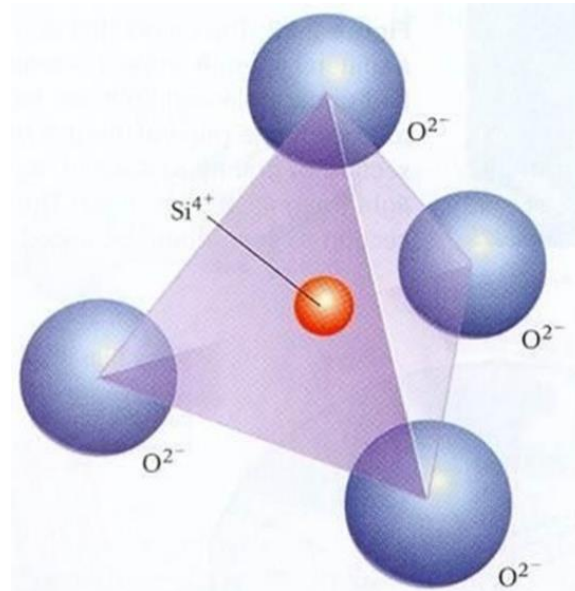
6. Filosilikati

7. Tektosilikati



SILIKATI - POLIMERIZACIJA

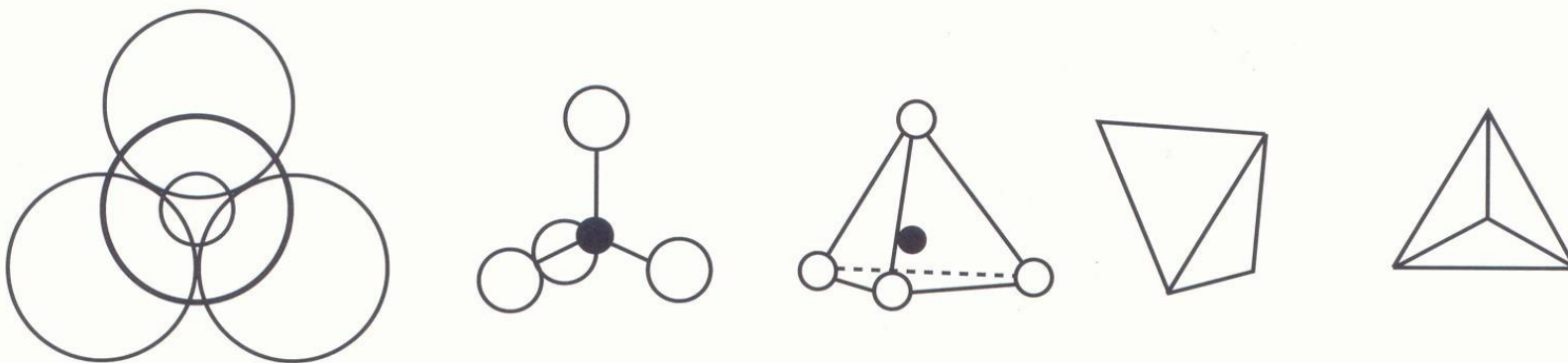
- Konačne anionske grupe sastavljene su od 1, 2, 3, 4 ili 6 SiO_4 tetraedara (nezosilikati, sorosilikati i ciklosilikati).
- Beskonačne anionske grupe mogu imati oblik lanaca, slojeva ili trodimenzionalnih mreža (inosilikati, filosilikati i tektosilikati).



XIII.1. NEZOSILIKATI

Nezosilikati (grč. νῆσος = otok) u svojoj strukturi imaju slobodne, izolirane tetraedre $[\text{SiO}_4]^{4-}$

- nazivaju se još i ortosilikati (grč. ὀρθός = pravi)



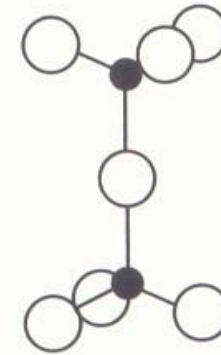
Sl. 1. Zasebni tetraedar $[\text{SiO}_4]^{4-}$ (kakav se nalazi u strukturama nezosilikata), prikazan na nekoliko različitih načina.



XIII.2. SOROSILIKATI

Sorosilikati (grč. σωρός = hrpa, grupa)

- silikati kod kojih se u strukturi prisutni tetraedri međusobno dodiruju s jednim vrhom i dijele jedan kisikov atom
- imaju anionsku skupinu $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$



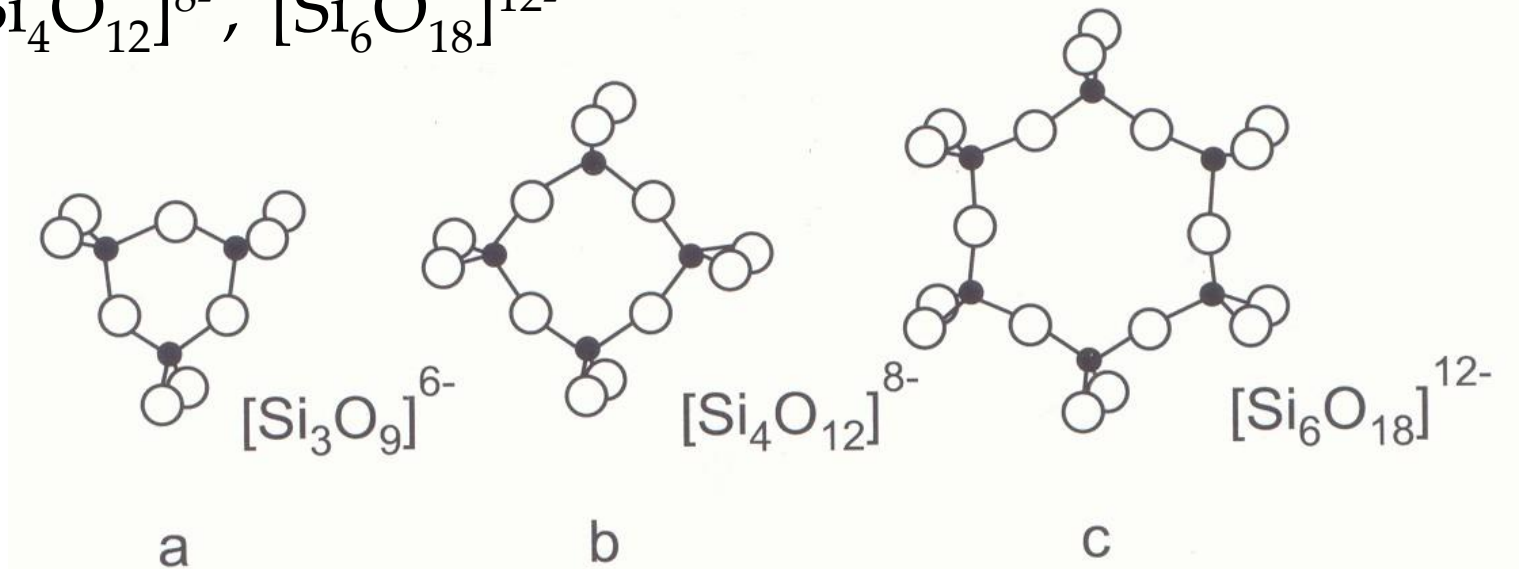
Sl. 2. Tetraedri SiO_4 mogu biti povezani preko zajedničkoga kisikovog atoma u sorosilikatne anionske grupe $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$.



XIII.3. CIKLOSILIKATI

Ciklosilikati (grč. κύκλος = krug, prsten)

- kad se tetraedri $[\text{SiO}_4]^{4-}$ vežu preko dva zajednička vrha (kisikova atoma) sa susjednim tetraedrom tako da se prvi veže i sa zadnjim u nizu, nastaju prstenaste anionske skupine koje se mogu sastojati od 3, 4 ili 6 povezanih tetraedara: $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$, $[\text{Si}_4\text{O}_{12}]^{8-}$, $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$



Sl. 3. Tetraedri u silikatima mogu se povezivati u prstenaste anionske grupe: a – s tri tetraedra u grupi, b – s četiri tetraedra u grupi, c – sa šest tetraedara u grupi. Takvi silikati nazivaju se ciklosilikati.

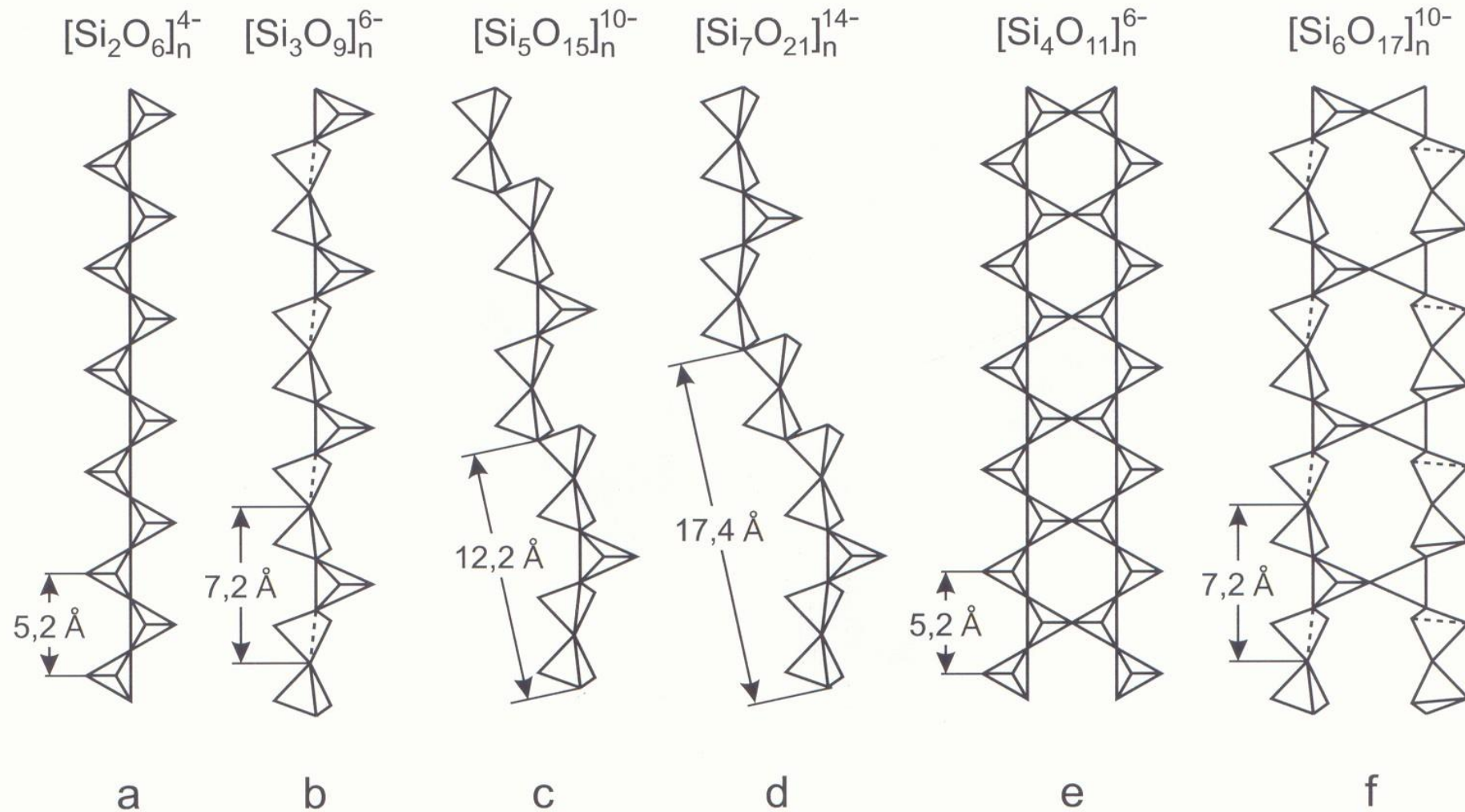
XIII.4. INOSILIKATI

Inosilikati (grč. ἰνώς = nit, vlakno)

- lanci međusobno povezanih tetraedara nastaju povezivanjem $[\text{SiO}_4]^{4-}$ tetraedara preko kisikovih atoma tako da se u svakom tetraedru po dva vrha (kisikova atoma) dijele sa susjednim tetraedrom, s tim da prvi i zadnji tetraedar u nizu nemaju vezu, nego su ispruženi, tj. tvore beskonačne ravne nizove
- takvi beskonačni nizovi mogu biti jednostruki, npr. lančasti anion $[\text{Si}_2\text{O}_6]^{4-n}$ (koji se često u formulama prikazuje pojednostavljeno kao $[\text{SiO}_3]^{2-n}$) ili dvostruki pa tvore vrpce, npr. vrpčasti anion $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{6-n}$
- lanci su u strukturi položeni paralelno, a međusobno se povezuju kationima
- glavni predstavnici tog tipa silikata kod jednostrukih lančastih struktura su minerali grupe **piroksena**, a kod vrpčastih struktura su minerali grupe **amfibola**
- zbog lančaste strukture kristali inosilikata su izduženi, dugoprizmatski do vlaknasti te imaju savršenu prizmatsku kalavost



XIII.4. INOSILIKATI



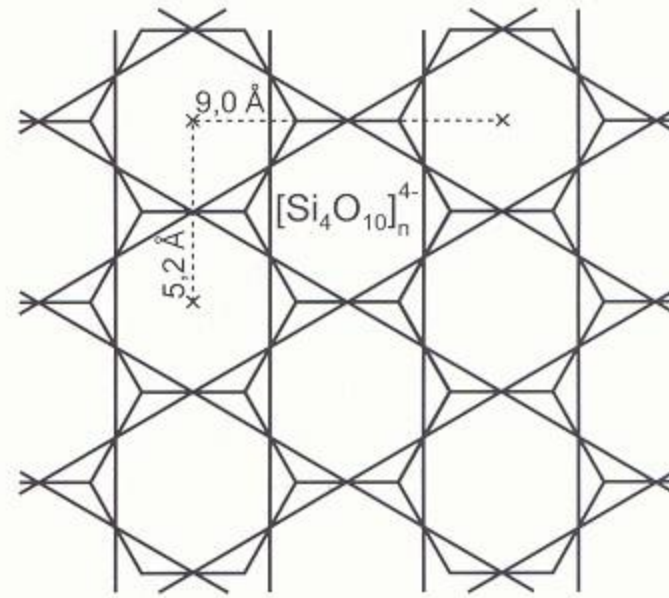
Sl. 4. Tetraedri SiO_4 povezani u lance (inosilikati). a – pirokseni, b – wollastonit, c – rodonit, d – piroksmangit, e – amfiboli i f – xonotlit.



XIII.5. FILOSILIKATI

Filosilikati (grč. φύλλον = list)

- silikati u kojima su tetraedri SiO_4 povezani u mrežu ili list
- u njima su anionske grupe $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}_n$ odnosno $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]^{4-}_n$ povezane u beskonačni ravni list koji se proteže prostorom cijelog kristala što uzrokuje savršenu kalavost po bazi i listićast oblik kristala; svaki SiO_4 tetraedar dijeli tri vrha sa susjednim tetraedrima
- šesteročlani prstenovi tetraedara (kao kod ciklosilikata ili amfibola) povezani u ravnini sa susjednim identičnim prstenovima tako da uvijek po dva prstena dijele jednu zajedničku stranicu



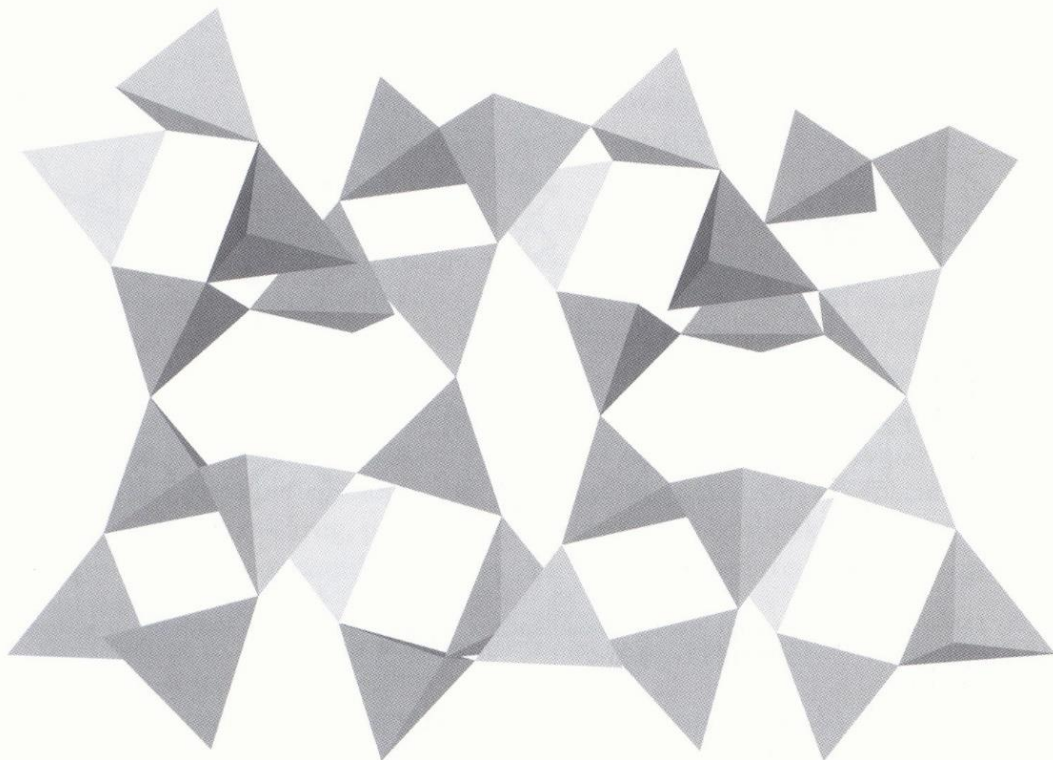
Sl. 5. Tetraedri SiO_4 povezani u beskonačnu mrežu (list) heksagonskog tipa (gotovo svi filosilikati).



XIII.6. TEKOSILIKATI

Tektosilikati (grč. τεκτονεια = pleter, rešetka)

• silikati u kojima su svi tetraedri SiO_4 međusobno povezani preko sva četiri vrha zajedničkim atomima kisika sa susjednim tetraedrima pa tvore trodimenzionalnu rešetku.



Sl. 6. Dio alumosilikatnoga kostura kristalne strukture feldspata kao primjer jednog od postojećih prostornih razmještaja tetraedara SiO_4 i AlO_4 u tektosilikatima.

- takva rešetka je električno neutralna pa, kako bi mogli nastati silikati, u dio tetraedara umjesto Si^{4+} mora ući neki drugi kation s manjim nabojem – najčešće je to Al^{3+} => ALUMOSILIKATI
- ova djelomična zamjena omogućuje stvaranje tj. postojanje tektosilikata, jer ulaskom Al^{3+} umjesto Si^{4+} nastaje višak negativnog naboja koji omogućava ulazak drugih kationa kako bi ponovno izjednačili naboje u strukturi



SILIKATI – KRISTALOKEMIJSKA OBILJEŽJA

- osim hidroksidnih skupina, u sastav silikata mogu ući i dodatni anioni O^{2-} , F^- , Cl^- i neki kompleksni anioni, npr. $[PO_4]^{3-}$, $[SO_4]^{2-}$, $[CO_3]^{2-}$ i dr.
- neki silikati sadrže kristalnu, a neki adsorbiranu vodu; duž slojeva gdje se nalaze molekule vode, koje su u strukturama slabije vezane, postoji savršena kalavost
- većina silikata ima nisku simetriju, što je posljedica njihovog složenog sastava (kubični su samo neki nezosilikati i tektosilikati)
- silikati sa slojevitim strukturama imaju savršenu kalavost duž jedne ravnine (plohe) paralelne mrežama (listovima) tetraedara SiO_4 . Inosilikati imaju kalavost duž dviju presječnih ravnina (ploha) koje su paralelne lancima tetraedara SiO_4 . Nezosilikati i tektosilikati mogu imati kalavost duž triju presječnih ploha.



SILIKATI – FIZIČKA SVOJSTVA

- GUSTOĆA tektosilikata, filosilikata i inosilikata varira u uskim granicama ($2-3,5 \text{ gcm}^{-3}$), dok kod nezosilikata varira od $2,5$ do 7 gcm^{-3} . Silikati čije su strukture izgrađene od konačnih grupa tetraedara SiO_4 odlikuju se kompaktnim strukturama i imaju veću gustoću od ostalih silikata. Silikati rešetkaste građe, s većim šupljinama u strukturi, imaju i manju gustoću.
- Po TVRDOĆI silikati zauzimaju drugo mjesto, poslije oksida.
- INDEKSI LOMA silikata kolebaju u širokim granicama, no općenito su niži nego kod oksida. Silikati s izoliranim grupama tetraedara SiO_4 imaju gušće strukture i više indekse loma nego tektosilikati. Silikati s višim indeksima loma imaju masni do dijamantni SJAJ. Međutim, većina silikata ima staklasti sjaj, što je posljedica njihovih relativno niskih indeksa loma. U mikroskopskim izbruscima svi su prozirni.



SILIKATI – NASTANAK

- silikati su glavni sastojci većine stijena i mogu nastati svim minerogenetskim procesima, pa predstavljaju najvažnije i najbrojnije petrogene minerale
- pri KRISTALIZACIJI MAGME prvi se izdvajaju silikati s niskim, a posljednji s visokim sadržajem SiO_2 , što i dovodi do postupne polimerizacije tetraedara SiO_4
- PEGMATITI, osim tipičnih petrogenih (stijenskih) silikata (feldspati, tinjci i kvarc), sadrže još niz silikatnih minerala s malim kationima (Be, B, Al, Li, Ti, Zr i dr.) ili s velikim kationima (Cs, K, Rb, Ba, REE i dr.). Zbog velike koncentracije lakohlapljivih komponenata u pegmatitskom stadiju, brojni silikatni minerali sadrže i dodatne anione, npr. Cl^- , F^- , OH^- i dr
- u HIDROTERMALNIM UVJETIMA niz silikata nastaje na račun ranije postojećih minerala. Za hidrotermalna ležišta tipični su filosilikati (muskovit, kloriti i dr.) i tektosilikati (zeoliti i dr.)



SILIKATI – NASTANAK

- u EGZOGENIM UVJETIMA mnogi silikati su stabilni te se nakon razaranja matičnih stijena mogu koncentrirati u nanosnim ležištima (npr. cirkon, granati, kianit, topaz, turmalini i dr.)
- neki silikati razaraju se djelovanjem površinskih otopina uz stvaranje oksida i hidroksida (aluminija, željeza, mangana i dr.), a mogu nastati i silikati stabilni u datim uvjetima
- u METAMORFNIM STIJENAMA pronađene su različite vrste silikata, no mnoge od njih se nalaze i u ERUPTIVNIM STIJENAMA
- uz kremen (kvarc), silikatni minerali su često među primjerima najvećih kristala pronađenih u prirodi.

