

ČVRSTO STANJE

Čvrsto stanje

Najuređenije stanje materije.

Dva oblika:

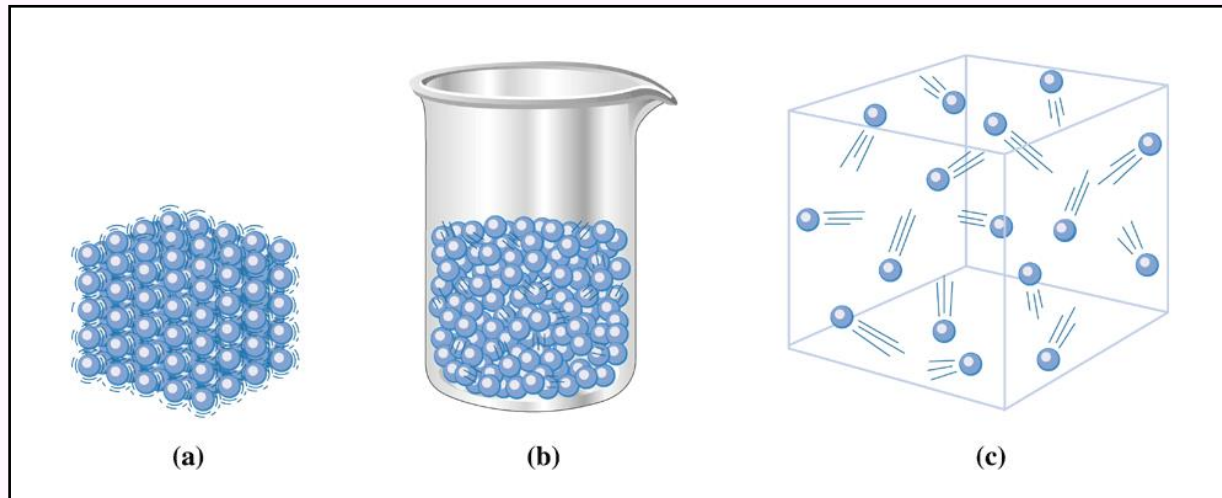
- **amorfno** stanje nema dobro uređenu strukturu; uređenost kratkog dometa (parafin, stakla)
- **kristalno** stanje ima dobro definisanu strukturu; uređenost i kratkog i dugog dometa (metali, minerali)

Svojstva kristalnog stanja

- određeni oblik i zapremina (skoro nekompresibilno)
- dobro definisana tačka topljenja i sublimacije
- anizotropija
- polimorfizam
- izomorfizam

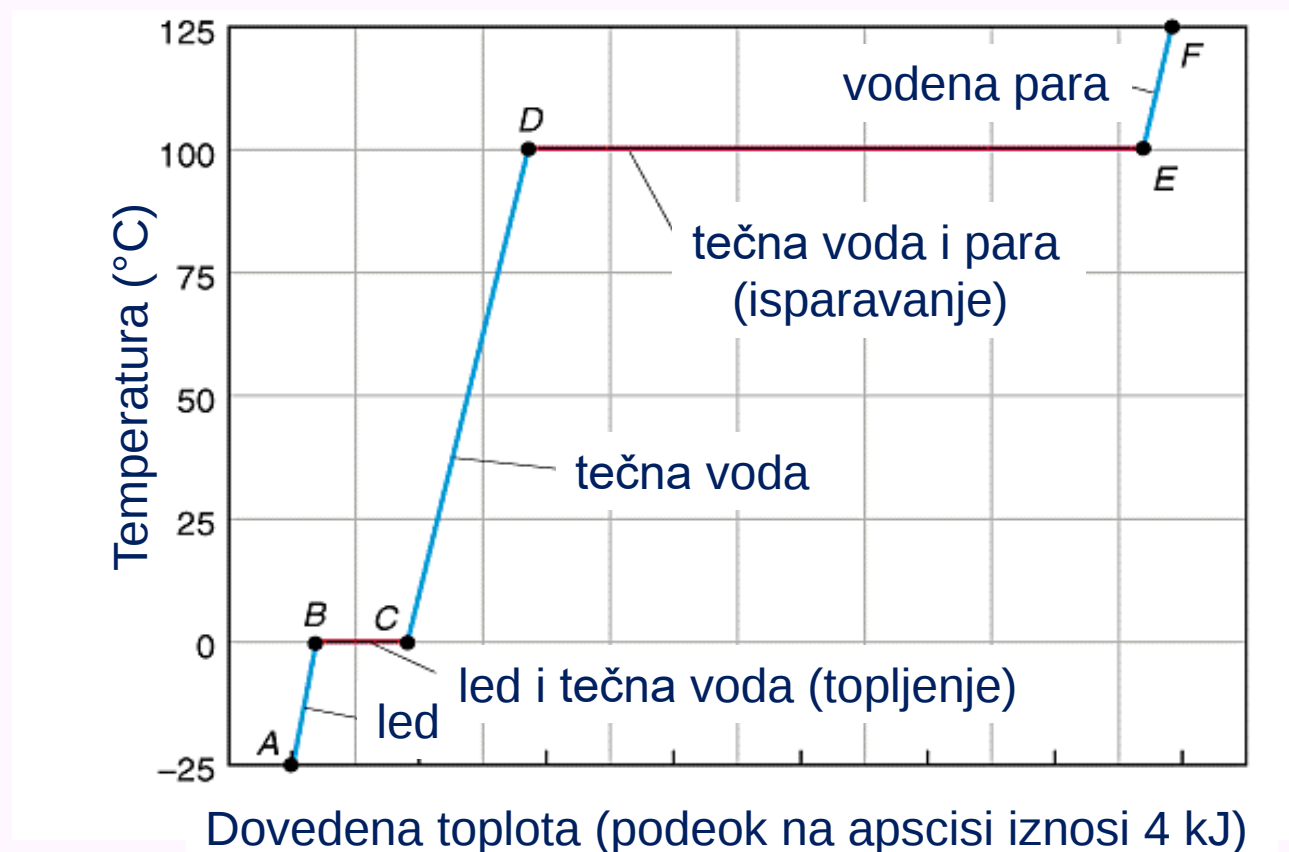
Svojstva kristalnog stanja

- određeni oblik i zapremina (skoro nekompresibilno)
- dobro definisana tačka topljenja i sublimacije
- anizotropija
- polimorfizam
- izomorfizam



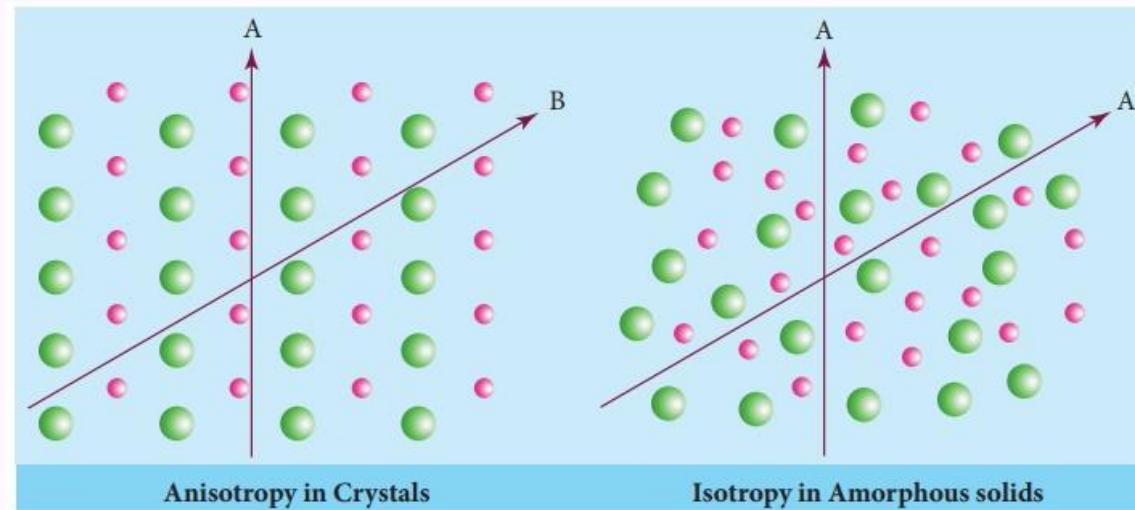
Svojstva kristalnog stanja

- određeni oblik i zapremina (skoro nekompresibilno)
- dobro definisana tačka topljenja i sublimacije
- anizotropija
- polimorfizam
- izomorfizam



Svojstva kristalnog stanja

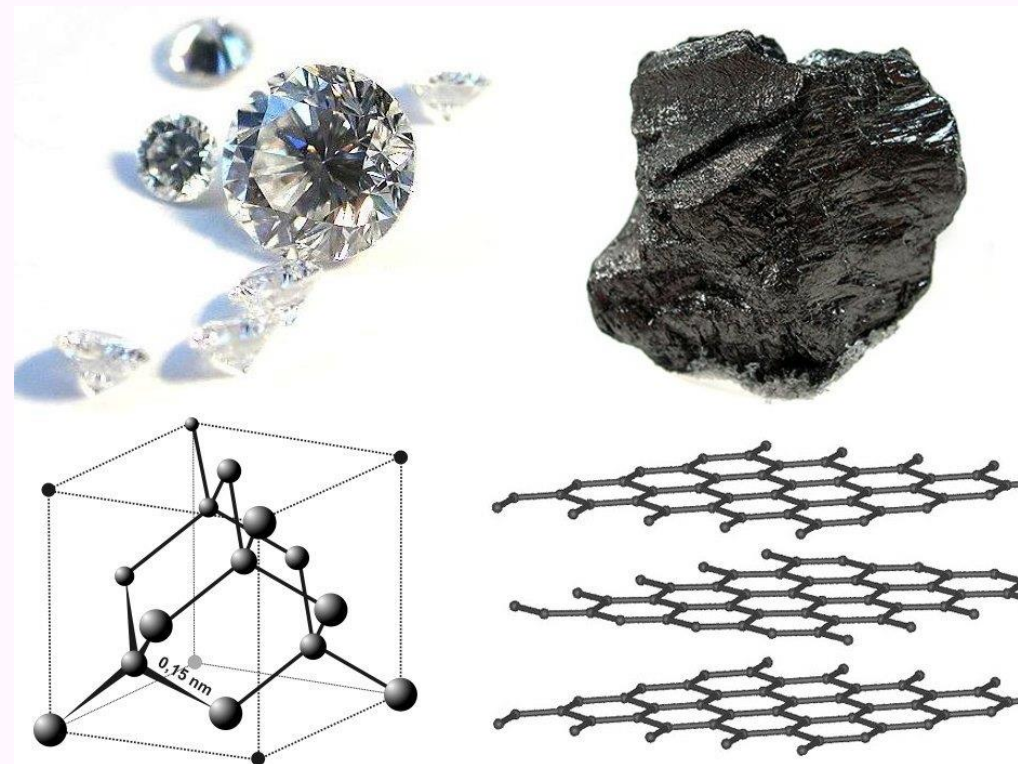
- određeni oblik i zapremina (skoro nekompresibilno)
- dobro definisana tačka topljenja i sublimacije
- **anizotropija**
- polimorfizam
- izomorfizam



Svojstva kristalnog stanja

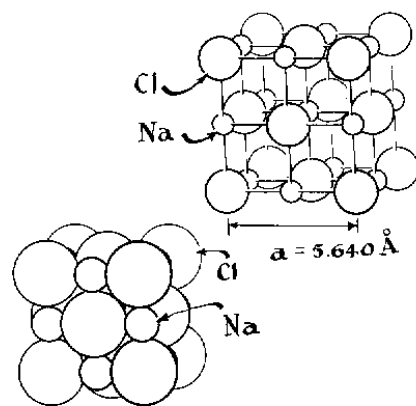
- određeni oblik i zapremina (skoro nekompresibilno)
- dobro definisana tačka topljenja i sublimacije
- anizotropija
- **polimorfizam**
- izomorfizam

MoO_3	α faza	553-673 K i 1 atm	ortorombični
	β faza	553-673 K i 1 atm	monoklinični
	h faza	visoki p i T	heksagonalni
	$\text{MoO}_3 - \text{II}$	60 kbar i 973 K	monoklinični

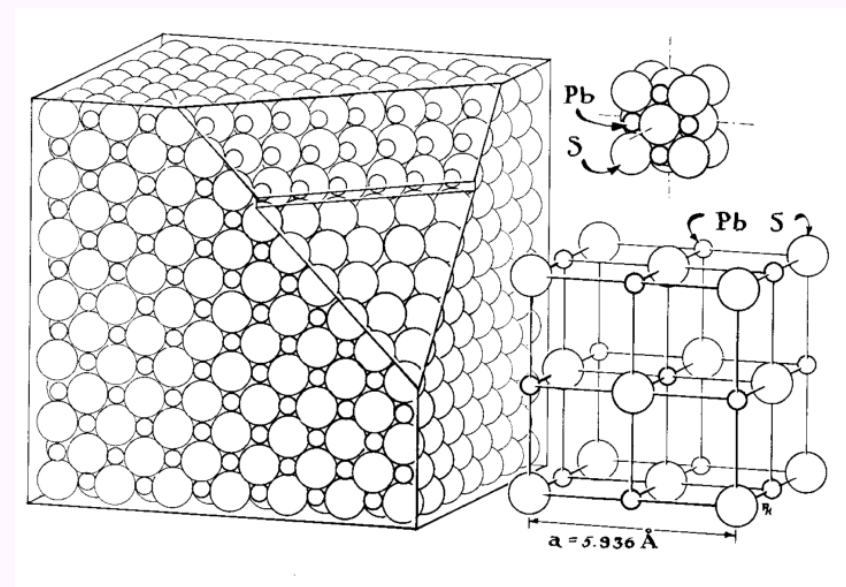


Svojstva kristalnog stanja

- određeni oblik i zapremina (skoro nekompresibilno)
- dobro definisana tačka topljenja i sublimacije
- anizotropija
- polimorfizam
- izomorfizam



NaCl



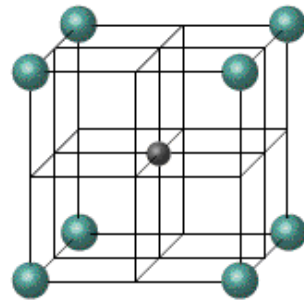
PbS

Podela kristala prema prirodi hemijskih veza i međumolekulskih sila

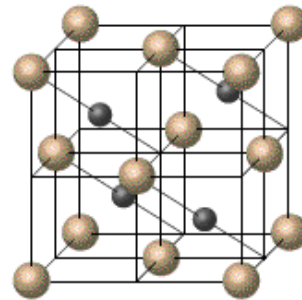
- jonski
- kovalentni
- metalni
- molekulski

Podela kristala prema prirodi hemijskih veza i međumolekulskih sila

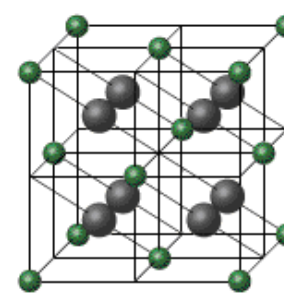
- **jonski** (joni, elektrostatičke sile)
 - kovalentni
 - metalni
 - molekulski
- visoke temperature topljenja
 - visoke temperature ključanja
 - tvrdi i kruti



(a) CsCl



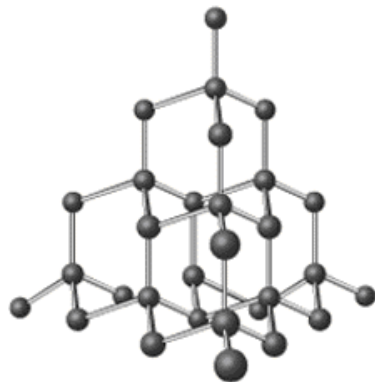
(b) ZnS



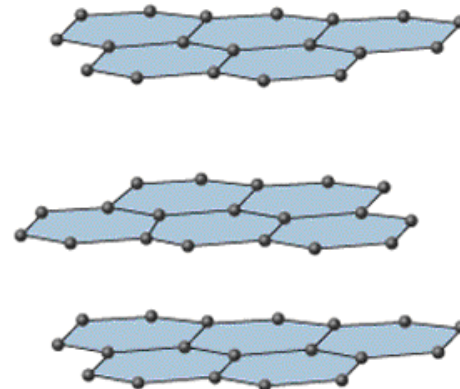
(c) CaF₂

Podela kristala prema prirodi hemijskih veza i međumolekulskih sila

- jonski
 - **kovalentni** (jake, kovalentne veze između atoma)
 - metalni
 - molekulski
- visoka temperatura topljenja
 - visoka temperatura sublimacije
 - niska električna provodljivost (osim grafita)



dijamant

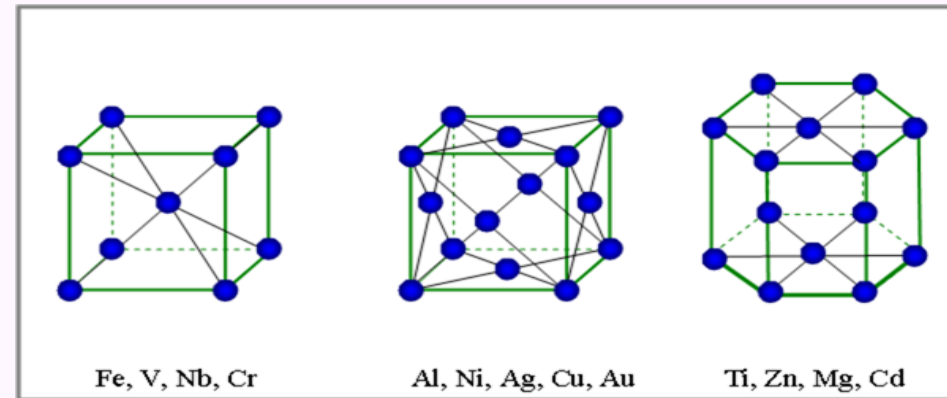
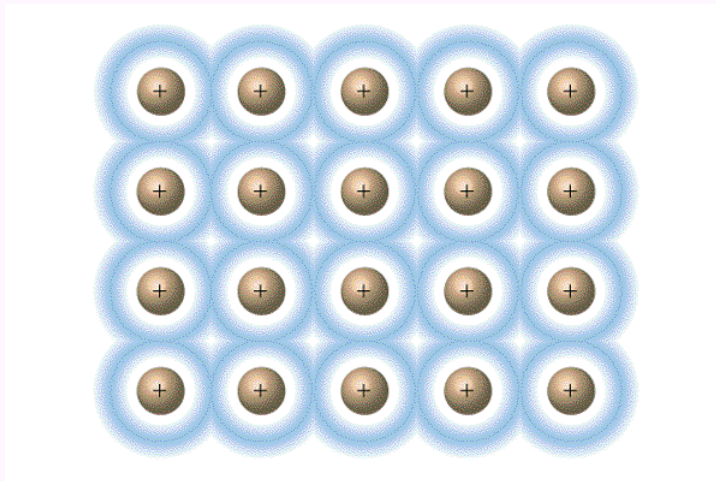


grafit

Podela kristala prema prirodi hemijskih veza i međumolekulskih sila

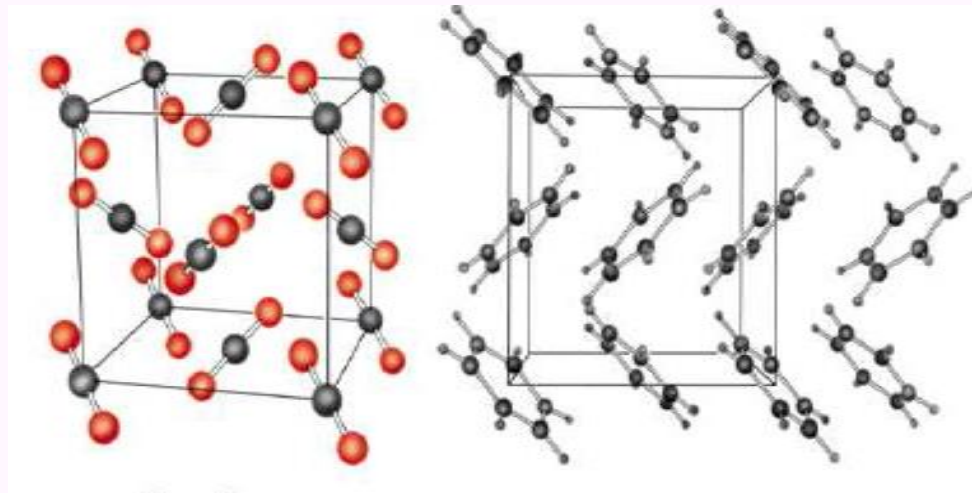
- jonski
- kovalentni
- **metalni** (pozitivni joni okruženi delokalizovanim elektronima)
- molekularni

- visoke tačke topljenja
- dobri električni provodnici



Podela kristala prema prirodi hemijskih veza i međumolekulskih sila

- jonski
- kovalentni
- metalni
- **molekulski** (molekuli, međumolekulske interakcije)
 - niske temperature topljenja
(van der Valsove interakcije)
 - izolatori



Simetrija kristala

Simetrija kristala – svojstvo da se pri prostornim premeštanjima kristal podudara sam sa sobom.

Operacije simetrije kristala kao tela konačnih dimenzija:

- rotacija
- refleksija
- inverzija
- njihove kombinacije

Elementi simetrije:

- osa simetrije ($2, 3, 4, 6$)
- ravan simetrije (m)
- centar simetrije (i)
- inverziona obrtna osa simetrije

Operacije simetrije kristala kao tela beskonačnih dimenzija: i translacija

Simetrija kristala

Simetrija kristala – svojstvo da se pri prostornim premeštanjima kristal podudara sam sa sobom.

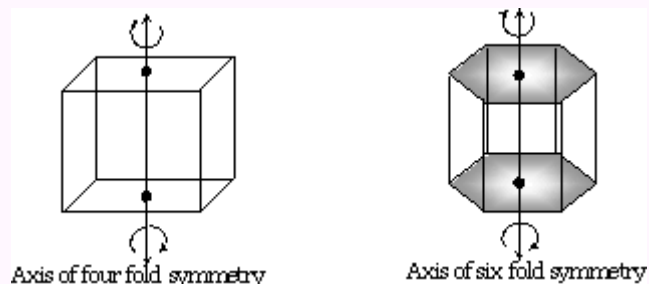
Operacije simetrije kristala kao tela konačnih dimenzija:

- rotacija
- refleksija
- inverzija
- njihove kombinacije

Elementi simetrije:

- osa simetrije (2, 3, 4, 6)
- ravan simetrije (m)
- centar simetrije (i)
- inverziona obrtna osa simetrije

Operacije simetrije kristala kao tela beskonačnih dimenzija: i translacija



Simetrija kristala

Simetrija kristala – svojstvo da se pri prostornim premeštanjima kristal podudara sam sa sobom.

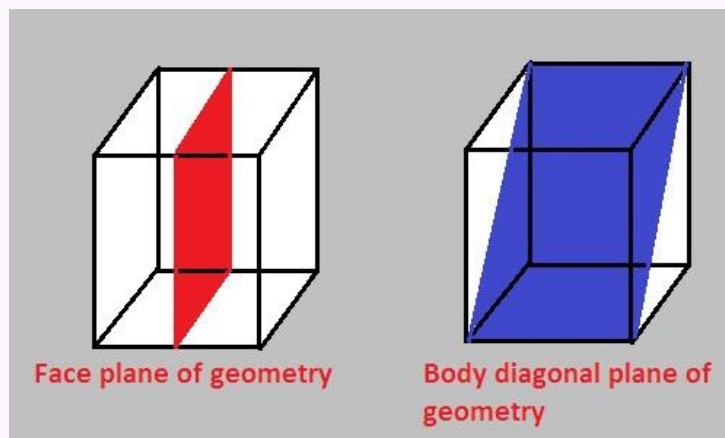
Operacije simetrije kristala kao tela konačnih dimenzija:

- rotacija
- **refleksija**
- inverzija
- njihove kombinacije

Elementi simetrije:

- osa simetrije (2, 3, 4, 6)
- **ravan simetrije (m)**
- centar simetrije (i)
- inverziona obrtna osa simetrije

Operacije simetrije kristala kao tela beskonačnih dimenzija: i translacija



Simetrija kristala

Simetrija kristala – svojstvo da se pri prostornim premeštanjima kristal podudara sam sa sobom.

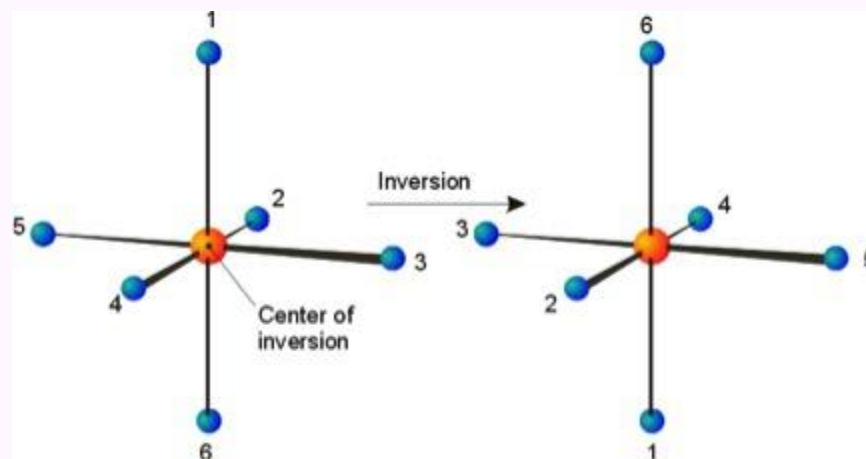
Operacije simetrije kristala kao tela konačnih dimenzija:

- rotacija
- refleksija
- **inverzija**
- njihove kombinacije

Elementi simetrije:

- osa simetrije (2, 3, 4, 6)
- ravan simetrije (*m*)
- **centar simetrije (*i*)**
- inverziona obrtna osa simetrije

Operacije simetrije kristala kao tela beskonačnih dimenzija: i translacija



Simetrija kristala

Simetrija kristala – svojstvo da se pri prostornim premeštanjima kristal podudara sam sa sobom.

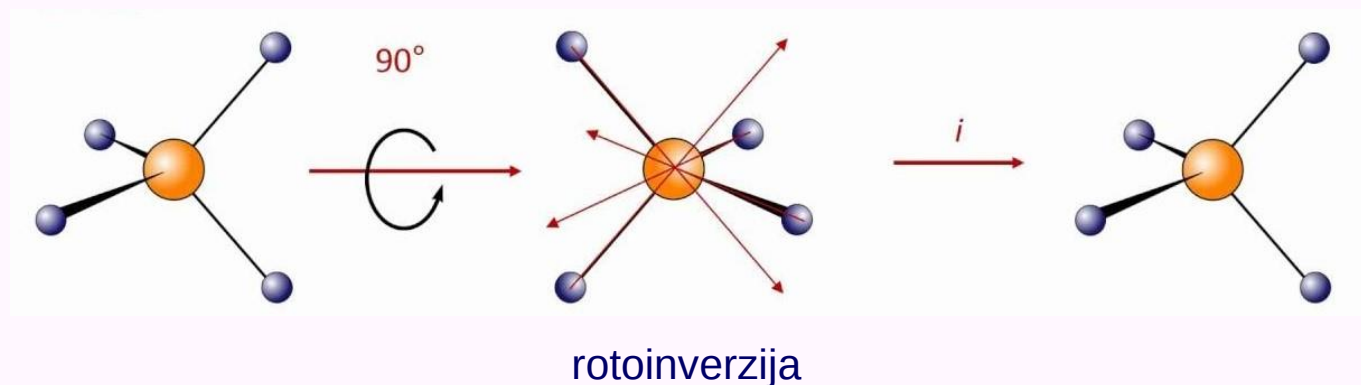
Operacije simetrije kristala kao tela konačnih dimenzija:

- rotacija
- refleksija
- inverzija
- njihove kombinacije

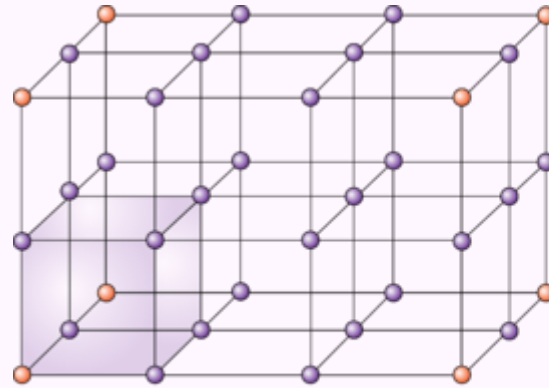
Elementi simetrije:

- osa simetrije (2, 3, 4, 6)
- ravan simetrije (m)
- centar simetrije (i)
- inverziona obrtna osa simetrije

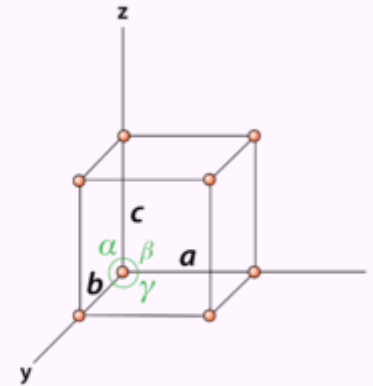
Operacije simetrije kristala kao tela beskonačnih dimenzija: i translacija



Elementarna ćelija, kristalna rešetka i kristalna struktura



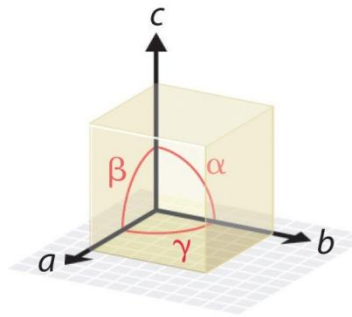
kristalna rešetka



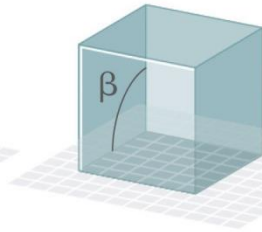
elementarna ćelija

Kristalna struktura nastaje kada svakom čvoru kristalne rešetke pridružimo po jedan **strukturni motiv** (najmanji broj čestica koje se ponavljaju u kristalu).

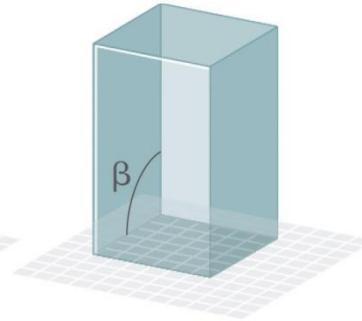
Kristalni sistemi



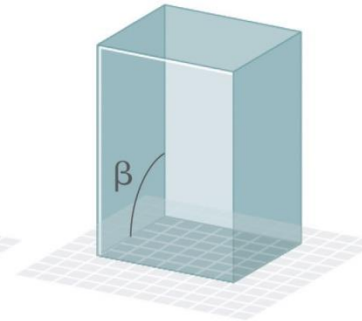
Edges and angles



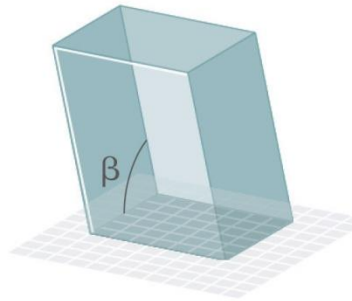
Cubic
 $a = b = c$
 $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$



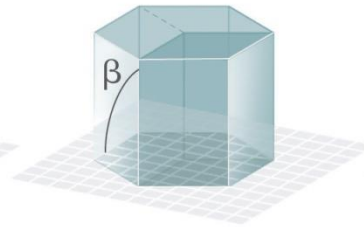
Tetragonal
 $a = b \neq c$
 $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$



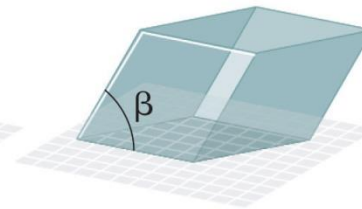
Orthorhombic
 $a \neq b \neq c$
 $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$



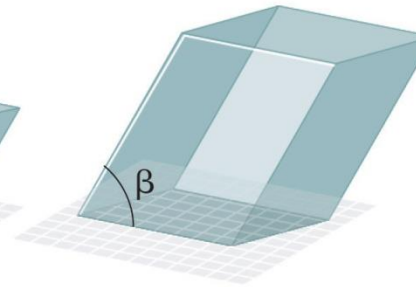
Monoclinic
 $a \neq b \neq c$
 $\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$



Hexagonal
 $a = b \neq c$
 $\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$



Rhombohedral
 $a = b = c$
 $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$



Triclinic
 $a \neq b \neq c$
 $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$

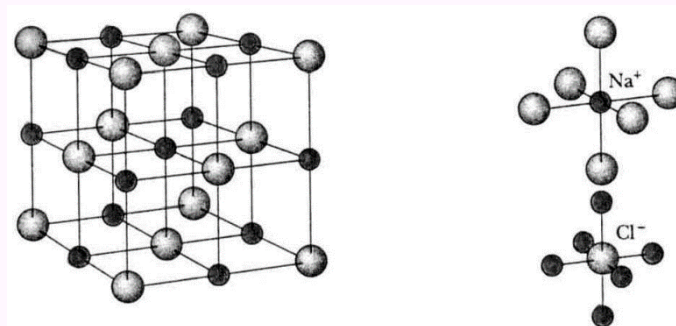
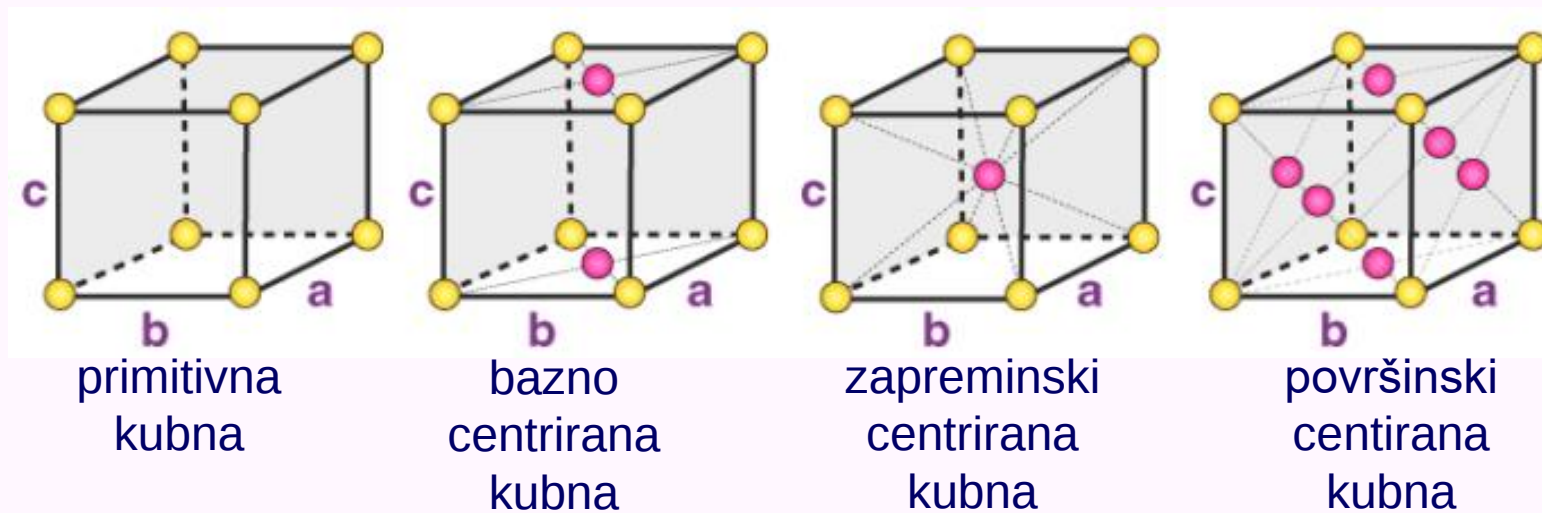
32 klase kristala

Podela kristala prema kombinacijama elemenata simetrije koje su moguće u svakom sistemu:

- heksagonalni sistem – 7 klasa
- tetragonalni sistem – 7 klasa
- kubni sistem – 5 klasa
- trigonalni sistem – 5 klasa
- ortorombični sistem – 3 klase
- monoklinični sistem – 3 klase
- triklinični sistem – 2 klase

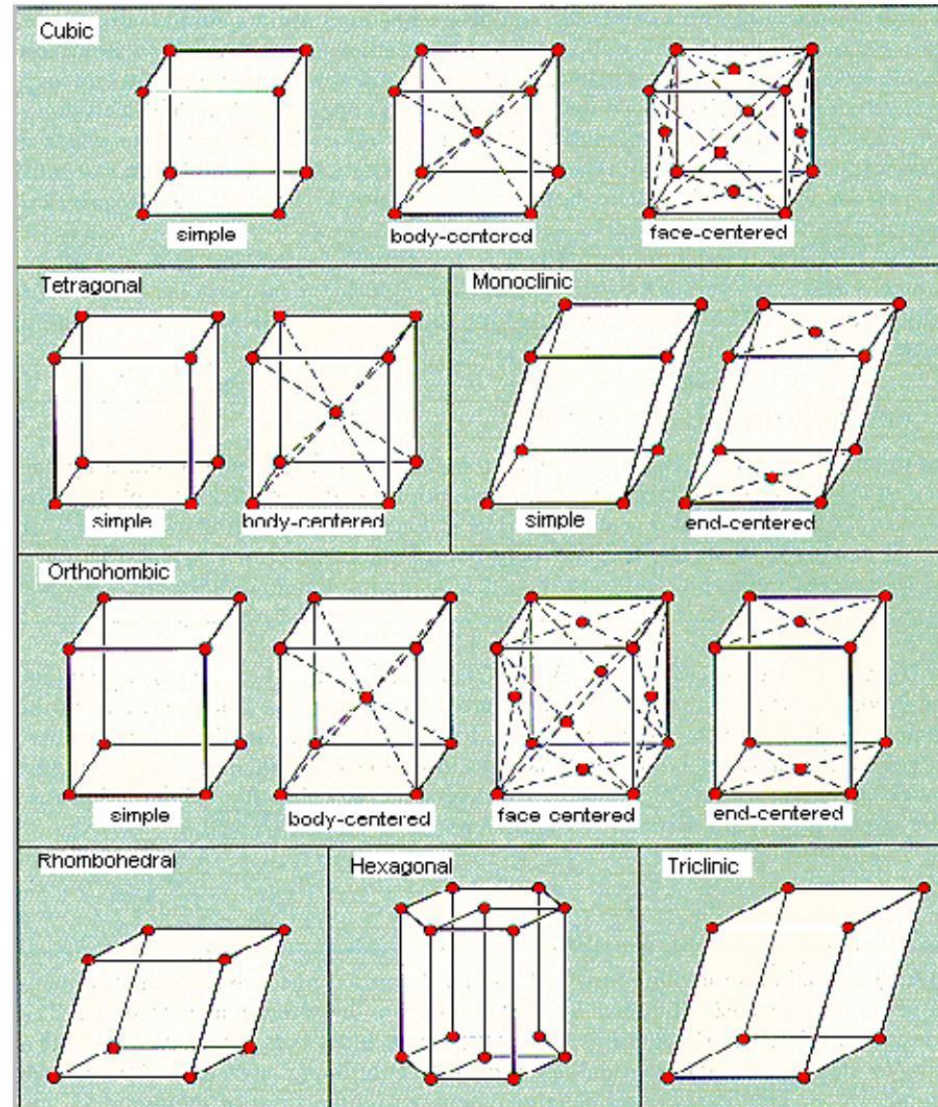
Dodavanjem translacije elementima simetrije tačke nastaje 230 prostornih grupa.

Kubna elementarna ćelija

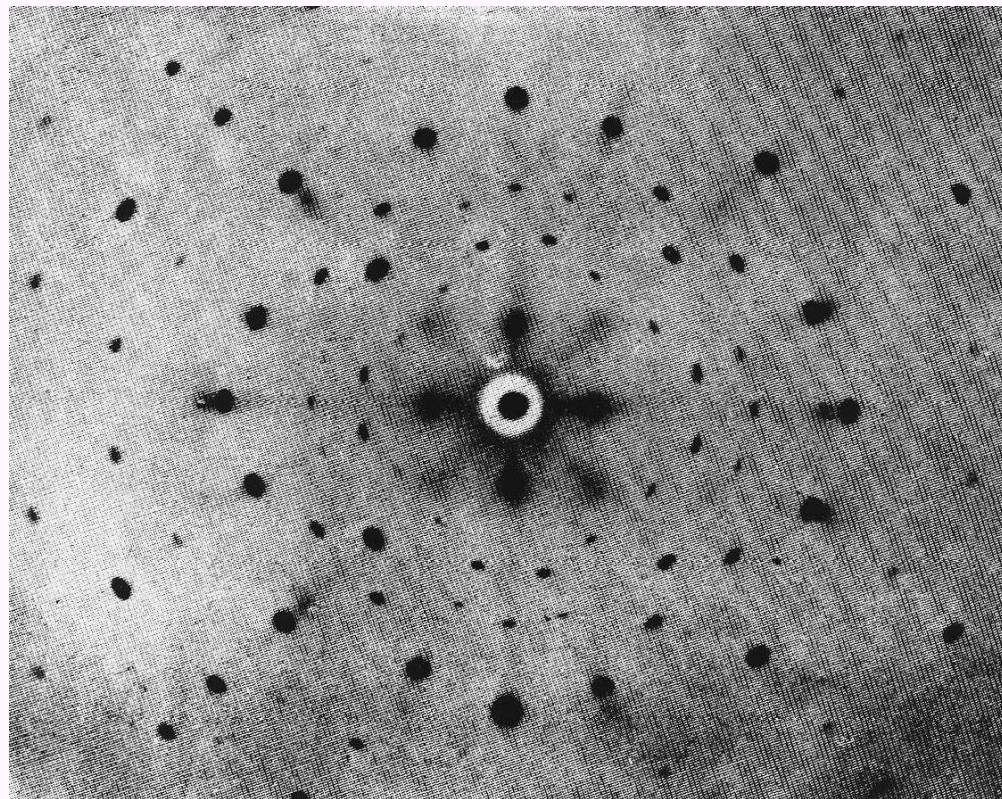


NaCl – površinski centrirana kubna struktura

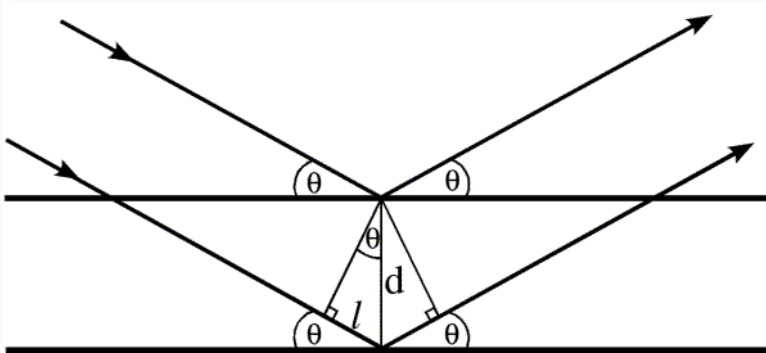
Braveove rešetke



Rentgenska strukturna analiza

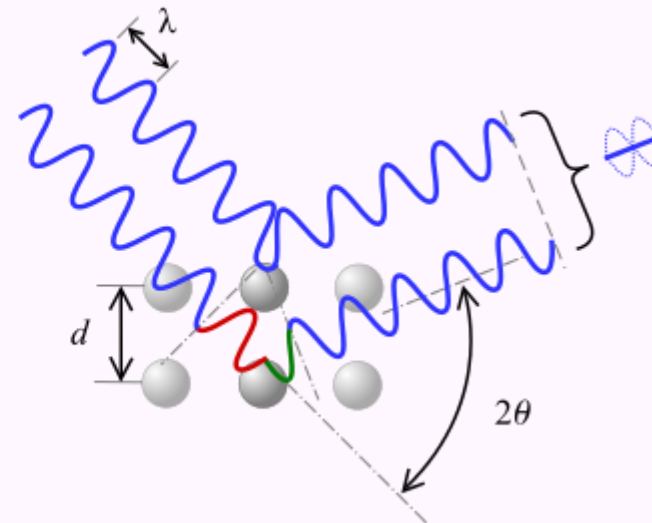
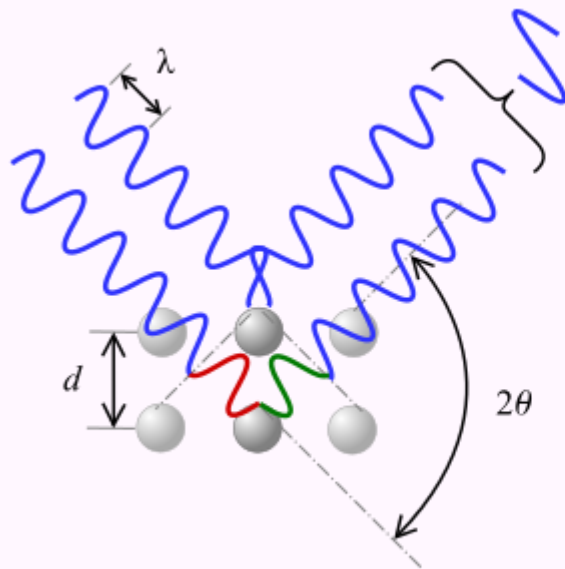


Difrakcija X-zraka

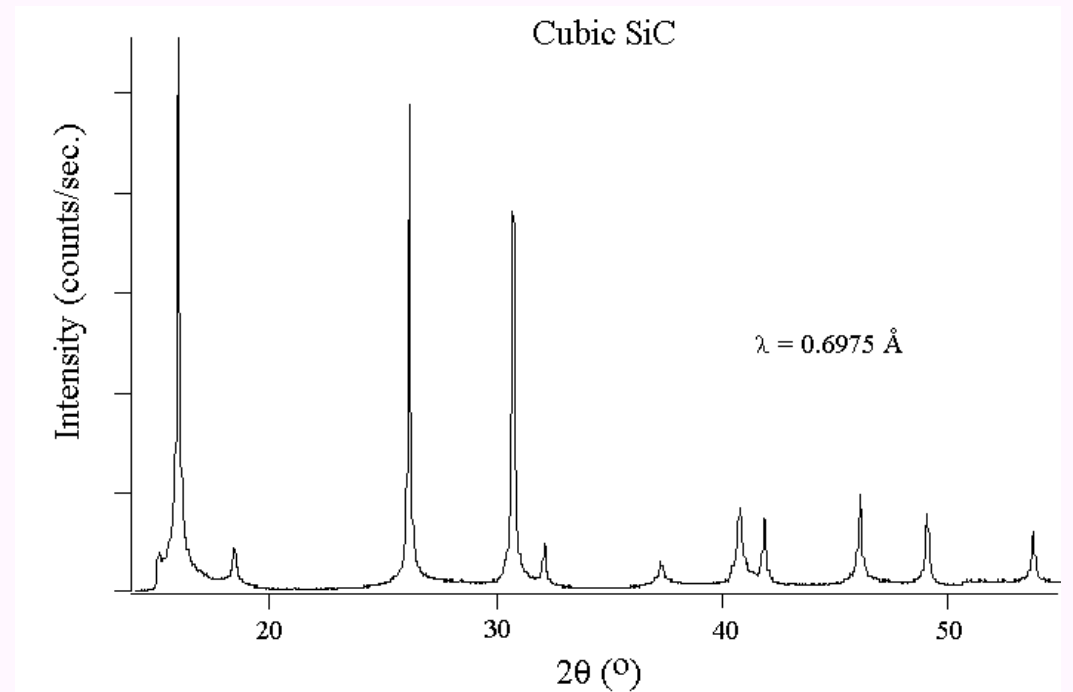
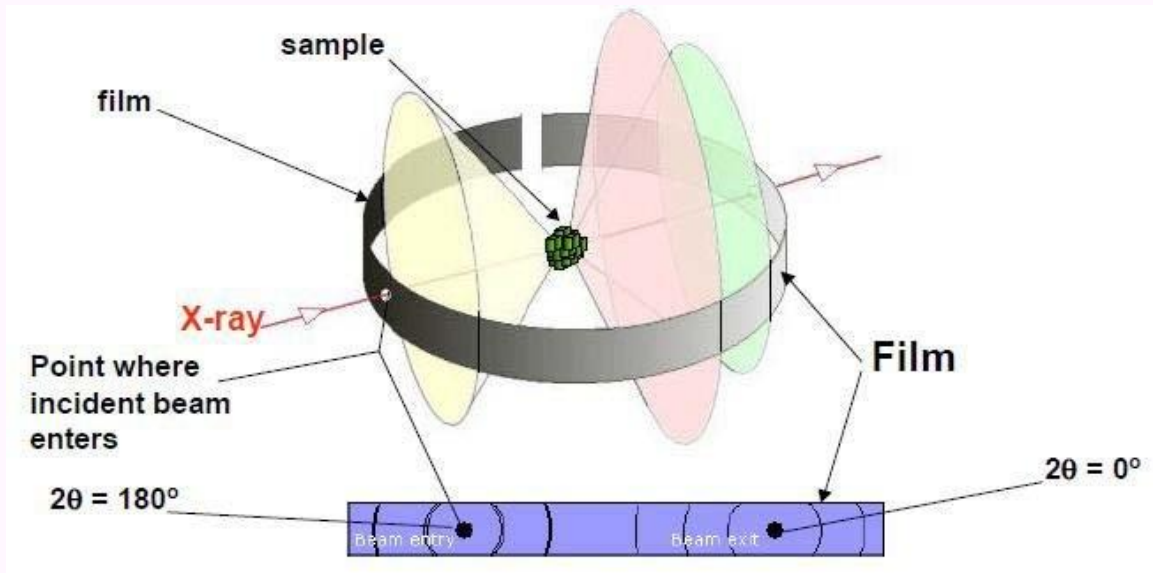


Bragov uslov:

$$2d \sin \theta = n\lambda$$



Debaj-Šererov metod



Rešavanje strukture DNK

Džejms Votson i Fransis Krik



Rosalind Franklin
je prva iskristalisala
i “fotografisala” DNK.

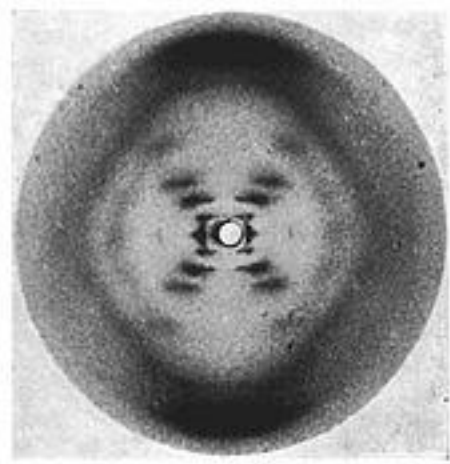
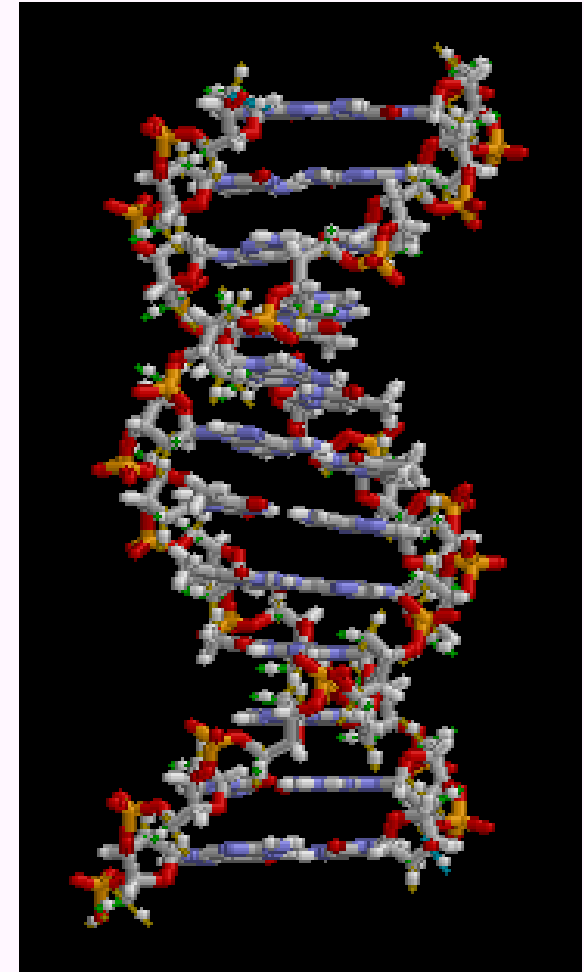


Photo 51



TEČNÍ KRISTALI

Tečni kristali

Tečni kristali: mehaničke osobine tečnosti i optičke osobine kristala

Osobine tečnosti: viskoznost.

Osobine čvrstog stanja: optička anizotropija.

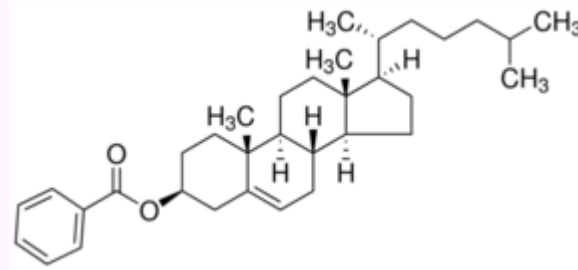
Širina temperaturnog intervala u kome se javlja: od 0,01 do 100°C.

Javljaju se pri temperaturama od -20 do 400°C.

Istorijat

- 1850.** V. Hajnc – stearin: 52°C (zamagljena tečnost), 58°C (mutna tečnost), 62,5°C (bistra tečnost)
- 1877.** Oto Leman – naziv ove faze i polarizacioni mikroskop
- do 1888.** Istraživači u različitim oblastima hemije, biologije, medicine i fizike opažali su da izvesni biološki materijali pokazuju mutno tečno stanje između kristalnog stanja i tečnog stanja
- 1888.** Fridrih Rajnicer!
- 1890.** Prvi sintetički tečni kristal, p-azoksianizol
- 1991.** Pierre-Gilles De Gennes, Nobelova nagrada za doprinos razumevanju tečnih kristala i polimera (soft matter physics – fizika mekih materijala)

Holesteril benzoat



kristal $\xrightarrow[PT]{145,5^{\circ}C}$ tečni kristal $\xrightarrow[TT]{178,5^{\circ}C}$ prava tečnost

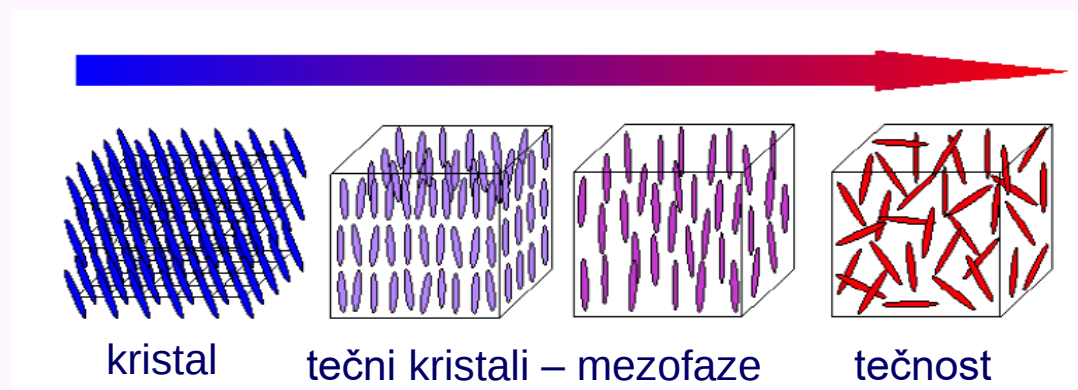


Termotropni i liotropni tečni kristali

- **termotropni** (promena temperature)
- **liotropni** (nastaju rastvaranjem u određenim rastvaračima)

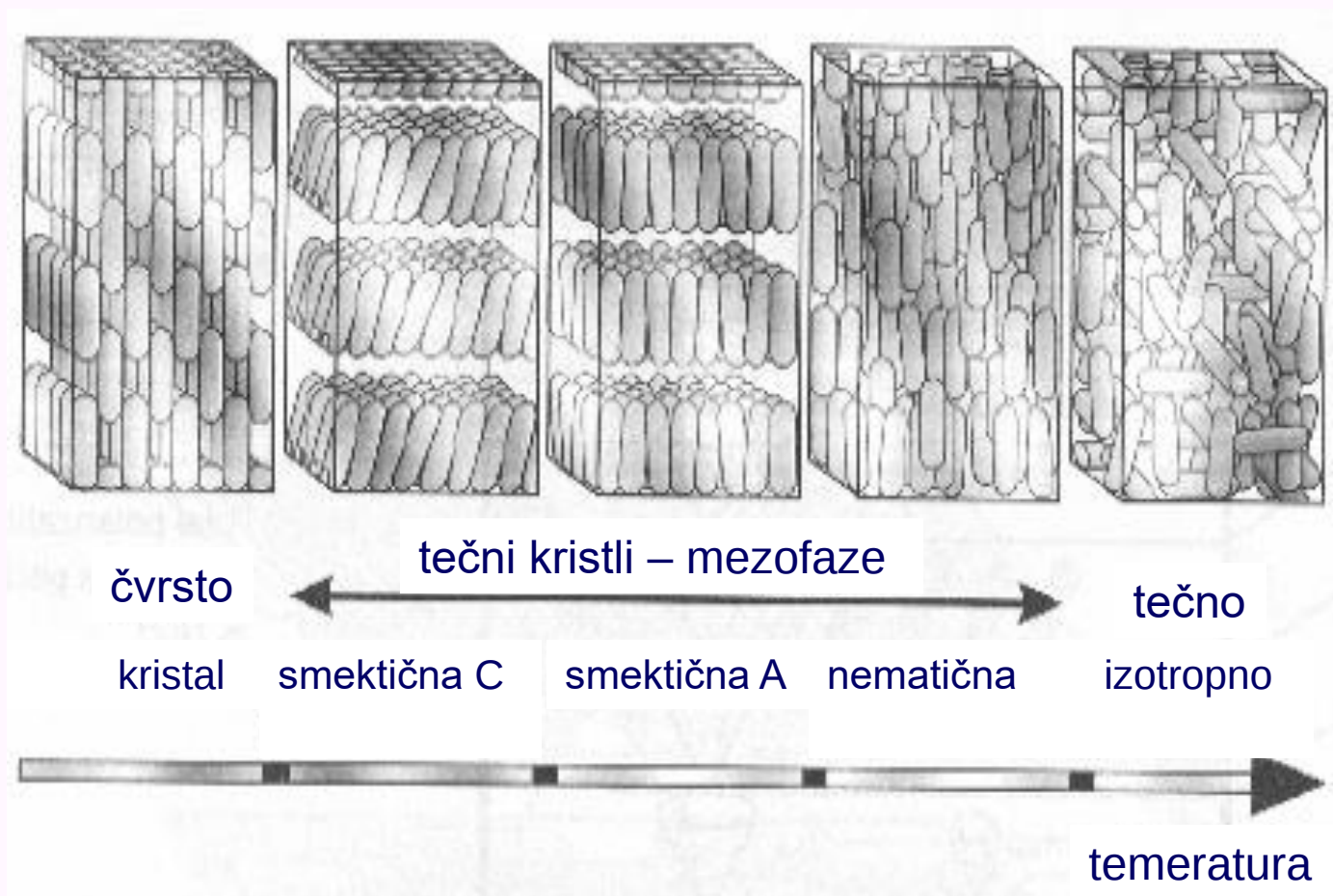
Termotropni:

- **prelazna temperatura** – temperatura na kojoj se supstancija topi u mutnu, viskoznu tečnost.
- **temperatura topljenja** – temperatura na kojoj mutna tečnost prelazi u pravu, bistru tečnost.

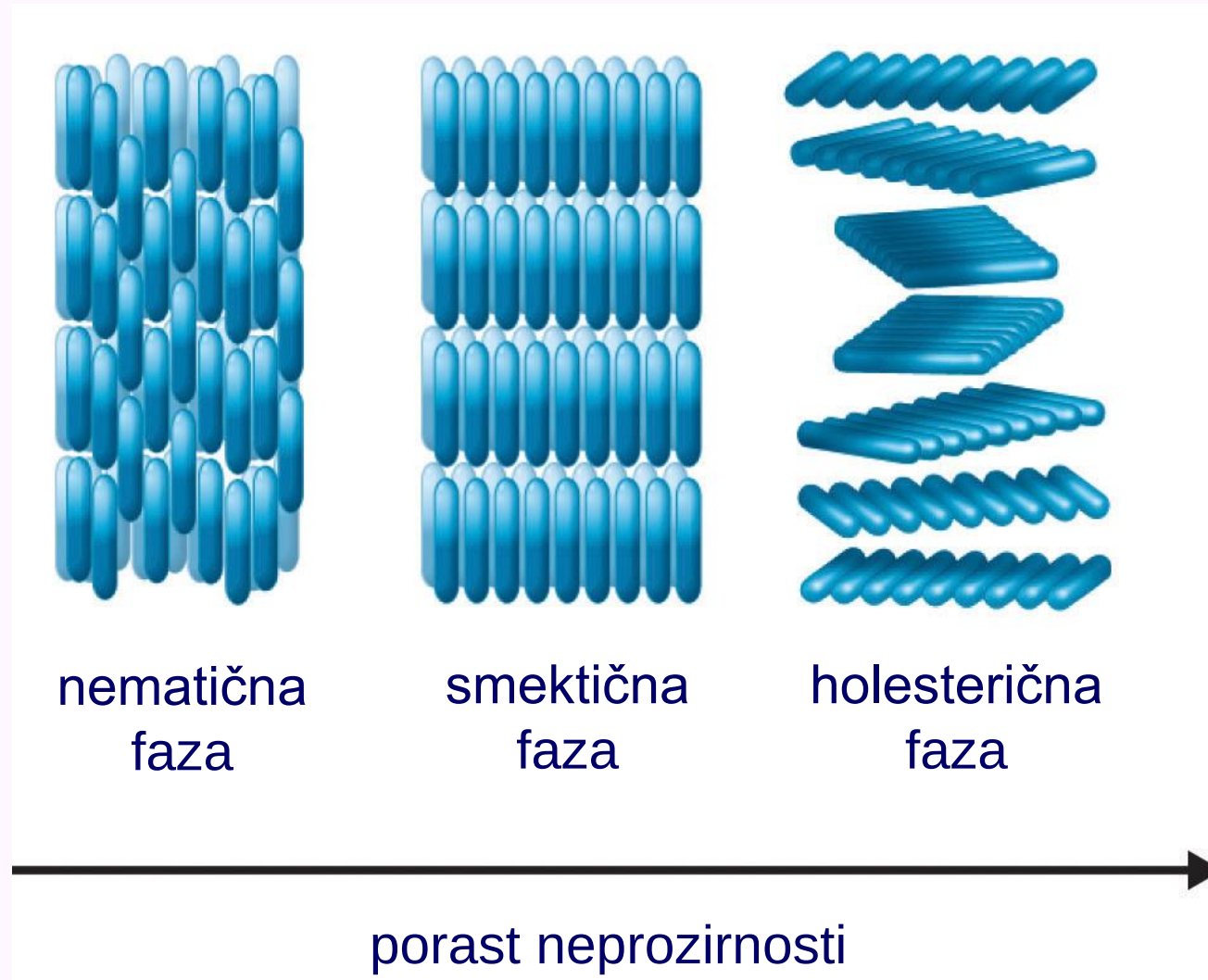


Termotropni tečni kristali

Postoje supstancije koje imaju više prelaznih tačaka:

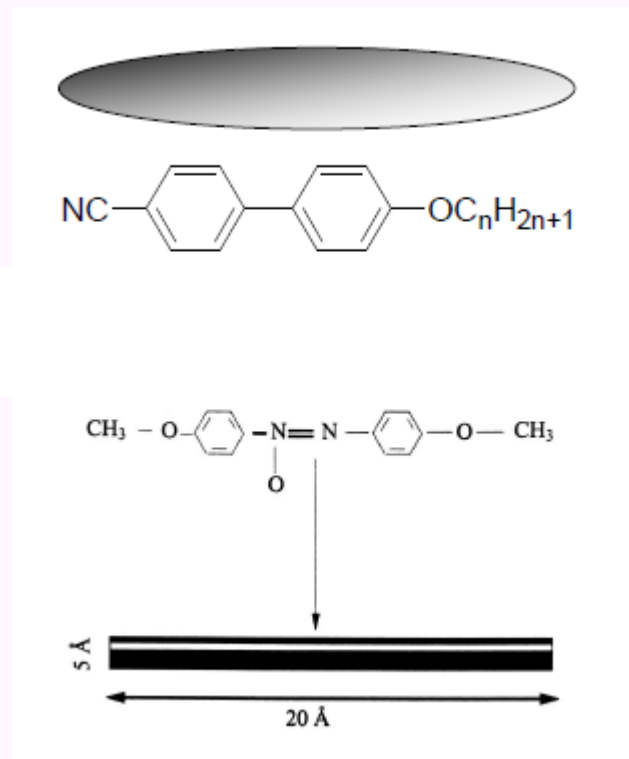


Podela tečnih kristala

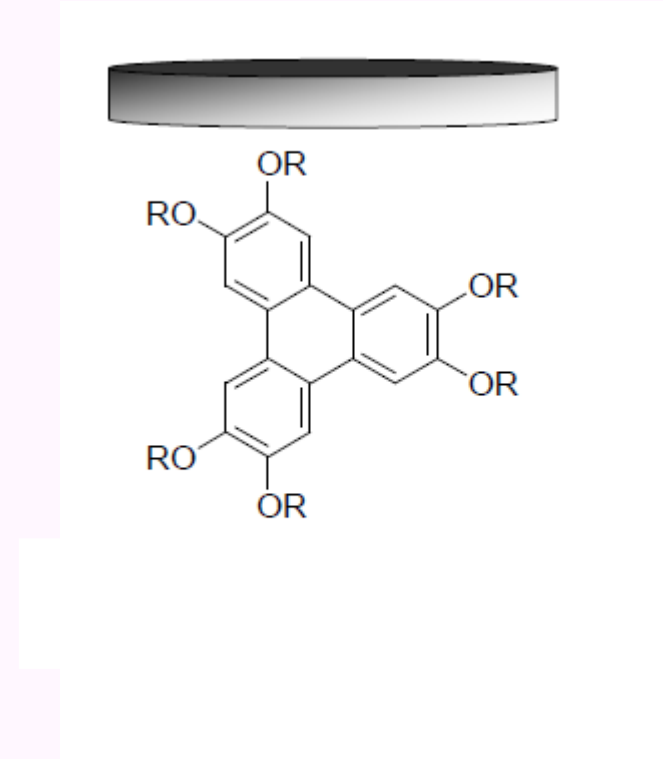


Kalamatični i diskotični tečni kristali

kalamatični tečni kristal
(oblik štapića)



diskotični tečni kristal
(oblik diska)



STAKLASTO STANJE

Osobine stakla

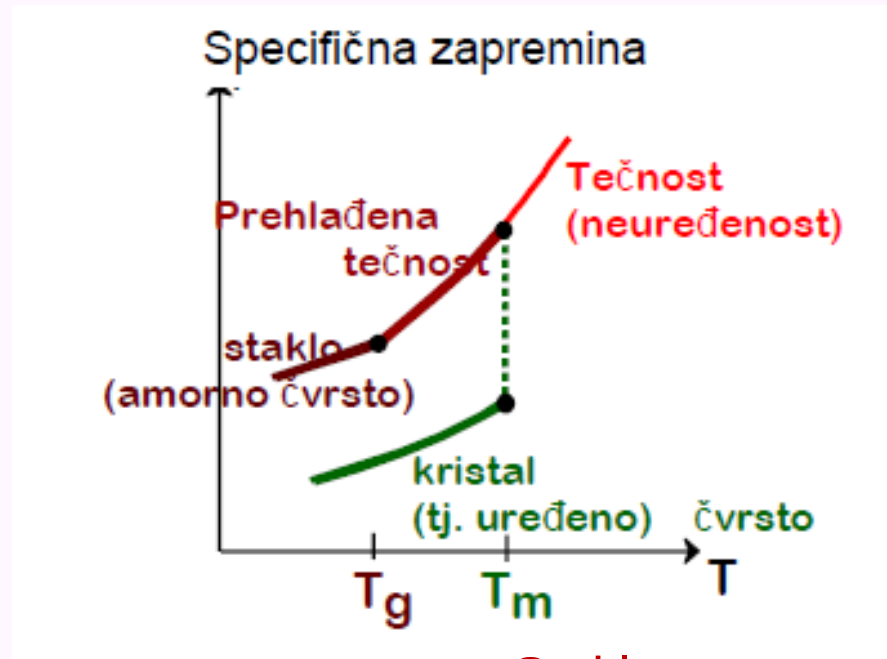
Staklasto stanje: mehaničke osobine čvrstog i optičke osobine tečnog stanja.

svojstva čvrstog stanja: čvrstoća, krutost, otpornost na sile smicanja.

svojstva tečnog stanja: izotropnost, optička propustljivost.

Nemaju oštru tačku topljenja (omekšavaju), mali termički koeficijent širenja, velika viskoznost, pri stajanju dolazi do iskristalisavanja.

Osobine stakla



Kristalni materijali:

- kristališu na tački mržnjenja, T_m
- imaju naglu promenu specifične zapremine na T_m
- temperatura topljenja je temperatura na kojoj se javlja naglo, diskontinualno smanjenje specifične zapremine

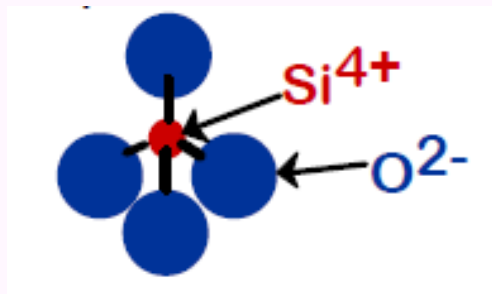
Stakla:

- ne kristališu
- specifična zapremina se postepeno menja sa temperaturom
- temperatura prelaska u staklasto stanje T_g je temperatura na kojoj se menja nagib zavisnosti specifične zapremine od temperature

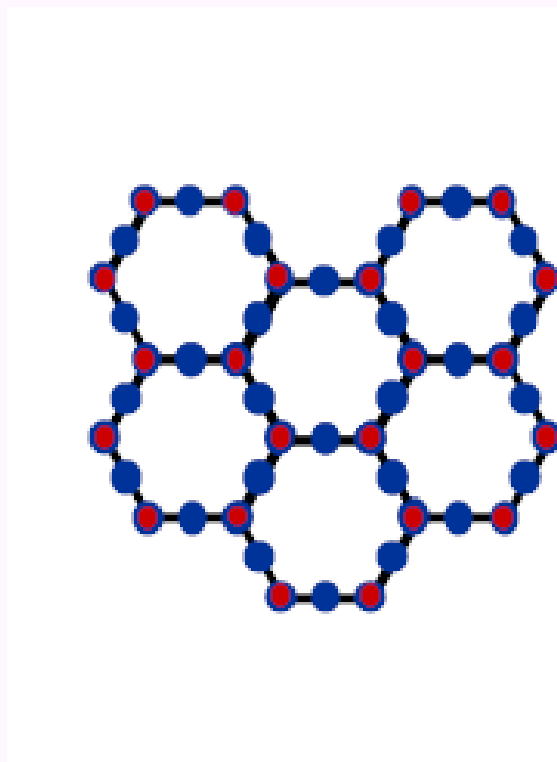
Struktura stakla

Stakla se mogu smatrati amorfnim čvrstim stanjem (čvrsto stanje bez kristalne strukture, tj. bez uređenosti dugog dometa).

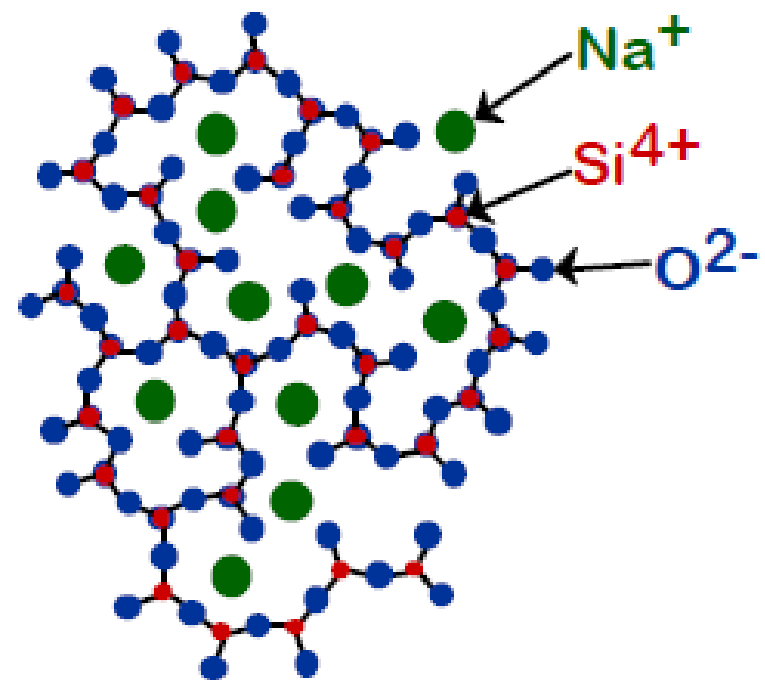
Na⁺ - modifikator



osnovna izgrađivačka
jedinica je SiO_4^{4-} tetraedar



kvarc



Na staklo

Struktura stakla

- **Stvaraoci stakla** pomažu u stvaranju 3D rešetke i lako prelaze u staklasto stanje: Si, B, P, Ge, As, Be (koordinacioni broj 3, 4).
- **Modifikatori stakla** sa koordinacionim brojem većim ili jednakim 6: Na, K, Ca, Ba.
- **Intermedijeri** (mogu biti i stvaraoci stakla, i modifikatori) sa koordinacionim brojem između 4 i 6: Al, Mg, Zn, Pb, Be, Nb, Ta.

Simulacije

