



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-Matematički fakultet
Geološki odsjek
Mineraloško-petrografski zavod



UVOD

Mineralogija ZOK

Prof. dr. sc. Nenad Tomašić

Sadržaj

- definicija minerala
- definicija kristala
- trodimenzionalna periodična građa
- kristalna rešetka
- jedinična ćelija
- kristalni sustavi

Literatura

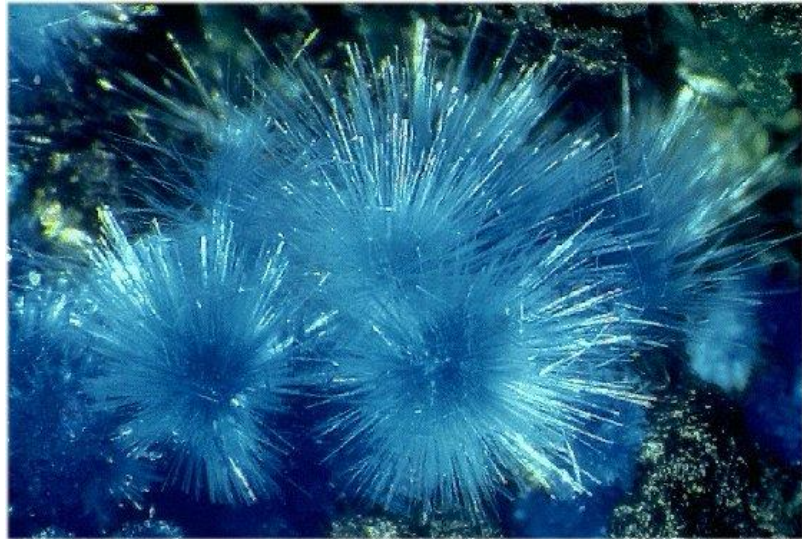
- Slovenec, D. (2011): Opća mineralogija. RGNF, Zagreb.
- Klein, C. (2002): Mineral Science. John Wiley & Sons, Inc., New York. Starija izdanja npr: Klein, C. & Hurlbut, C.S. (1999): Manual of mineralogy.
- Nesse, W.D. (2000): Introduction to mineralogy. Oxford University Press, Oxford.
- Hibbard, M.J. (2002): Mineralogy, a geologist's point of view. McGraw-Hill, New York.
- Wenk, H.R. & Bulakh, A. (2004): Minerals, their constitution and origin. Cambridge University Press, Cambridge.

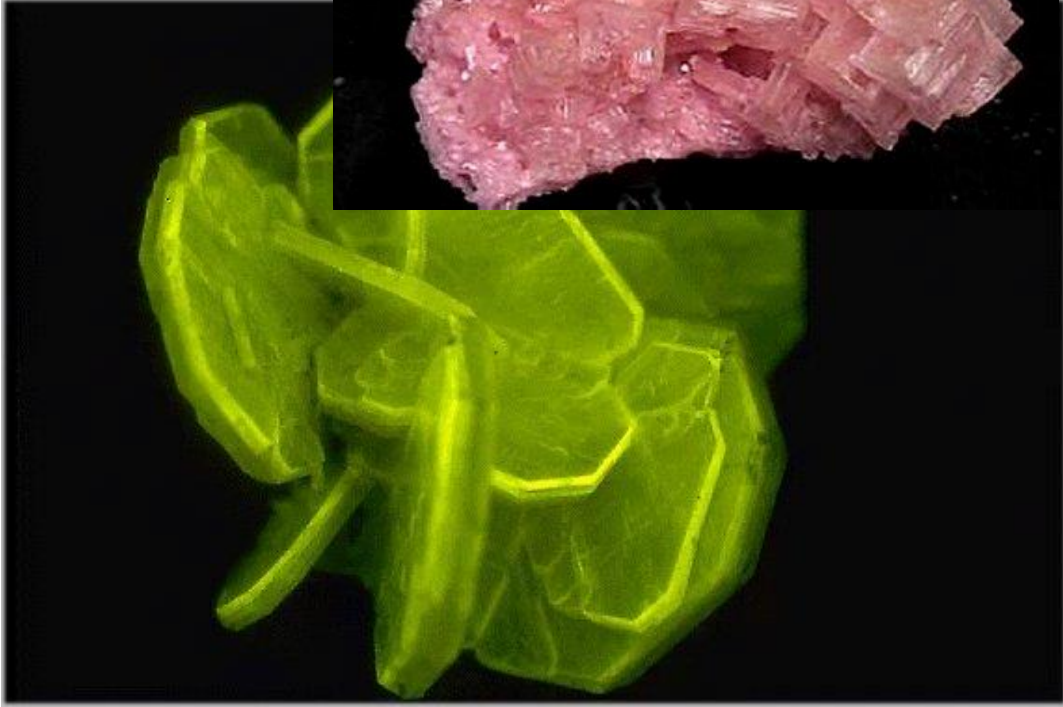
Literatura

- Borhardt-Ott, W. (1995): Crystallography. Springer, Berlin.
- Vrkljan, M., Borojević Šoštarić, S. & Tomašić, N. (2018): Optička mineralogija: Određivanje minerala polarizacijskim mikroskopom. RGNF-PMF, Zagreb.
- Barić, Lj. & Tajder, M. (1967): Mikrofiziografija petrogenih minerala. Školska knjiga, Zagreb.
- Vrkljan, M., Babić, V. & Takšić, J. (1998): Mineralogija, Školska knjiga, Zagreb.
- Tućan, F. (1951): Opća mineralogija. Školska knjiga, Zagreb.









Minerali i mineralogija

Minerali - prirodne čvrste tvari s određenim kemijskim sastavom i visoko uređenim atomskim rasporedom u strukturi

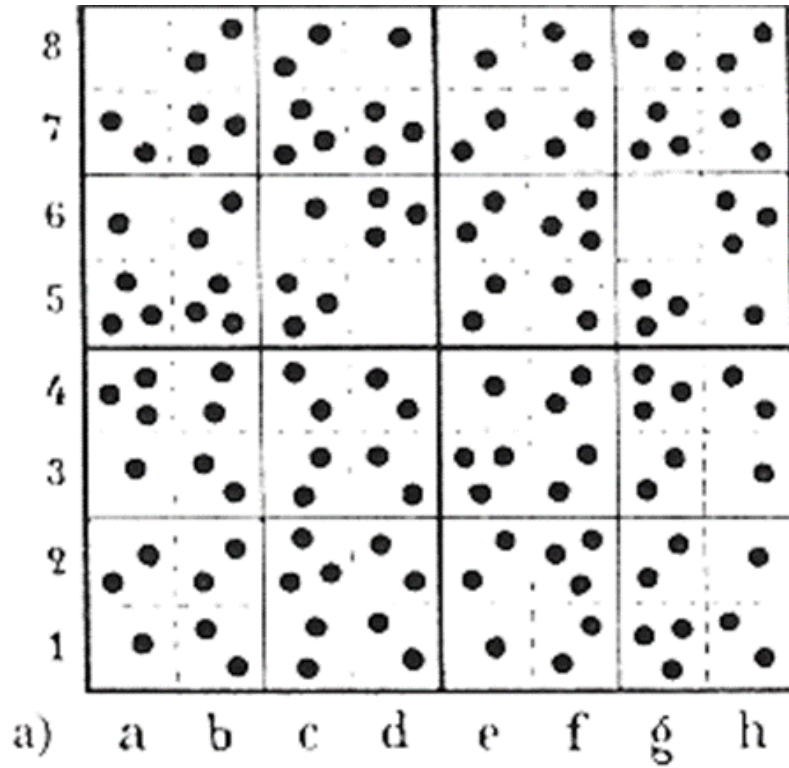
IMA - CNMMN

“In general terms, a mineral is an element or chemical compound that is normally crystalline and that has been formed as a result of geological processes.”
(Nickel, 1995).

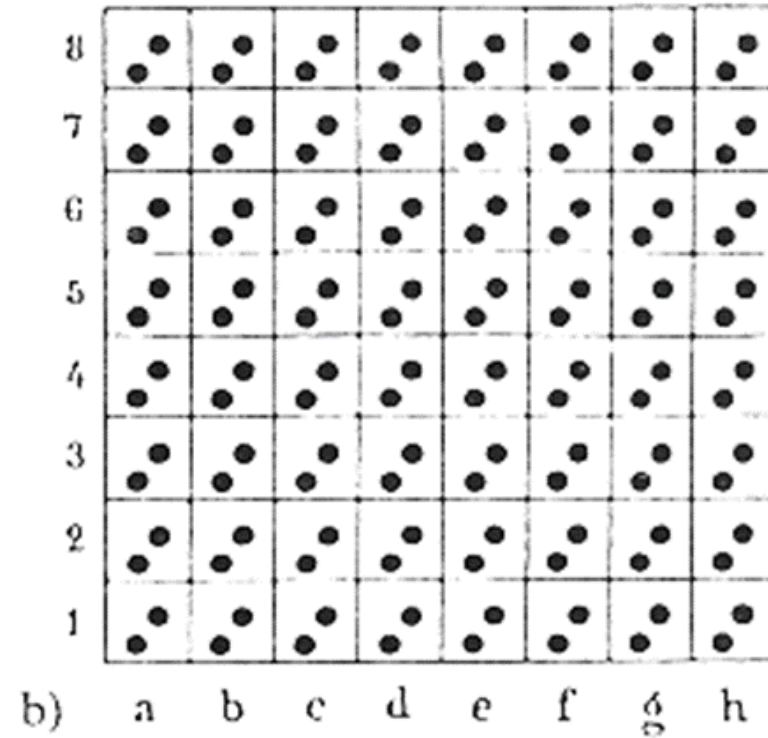
Obilježja minerala

1. Prirodne – pojava i nastanak u prirodi
2. Čvrste – čvrsto (kruto) agregatno stanje
3. Definirani kemijski sastav – kemijska formula, npr. kvarc - SiO_2 , kalcit - CaCO_3
4. Uređen atomski raspored u strukturi → atomi ili ioni su raspoređeni prema pravilnom geometrijskom obrascu → periodičnost → **kristalno stanje (kristali)**

Periodičnost



a) statistička homogenost -
slučajan raspored materije



b) periodična homogenost –
pravilan raspored materije

Mineralogija

- Mineralogija je znanost o mineralima
- lat. minera = ruda i grč. logos = znanost, nauka
- Teofrast (371.-286. pr. n. e.) - “O stijenama”, Plinije Stariji (23. -79.) - “Historia naturalis”
- 1530. Georg Bauer (Georgius Agricola) - “De re metalica”

Kristali i kristalno stanje

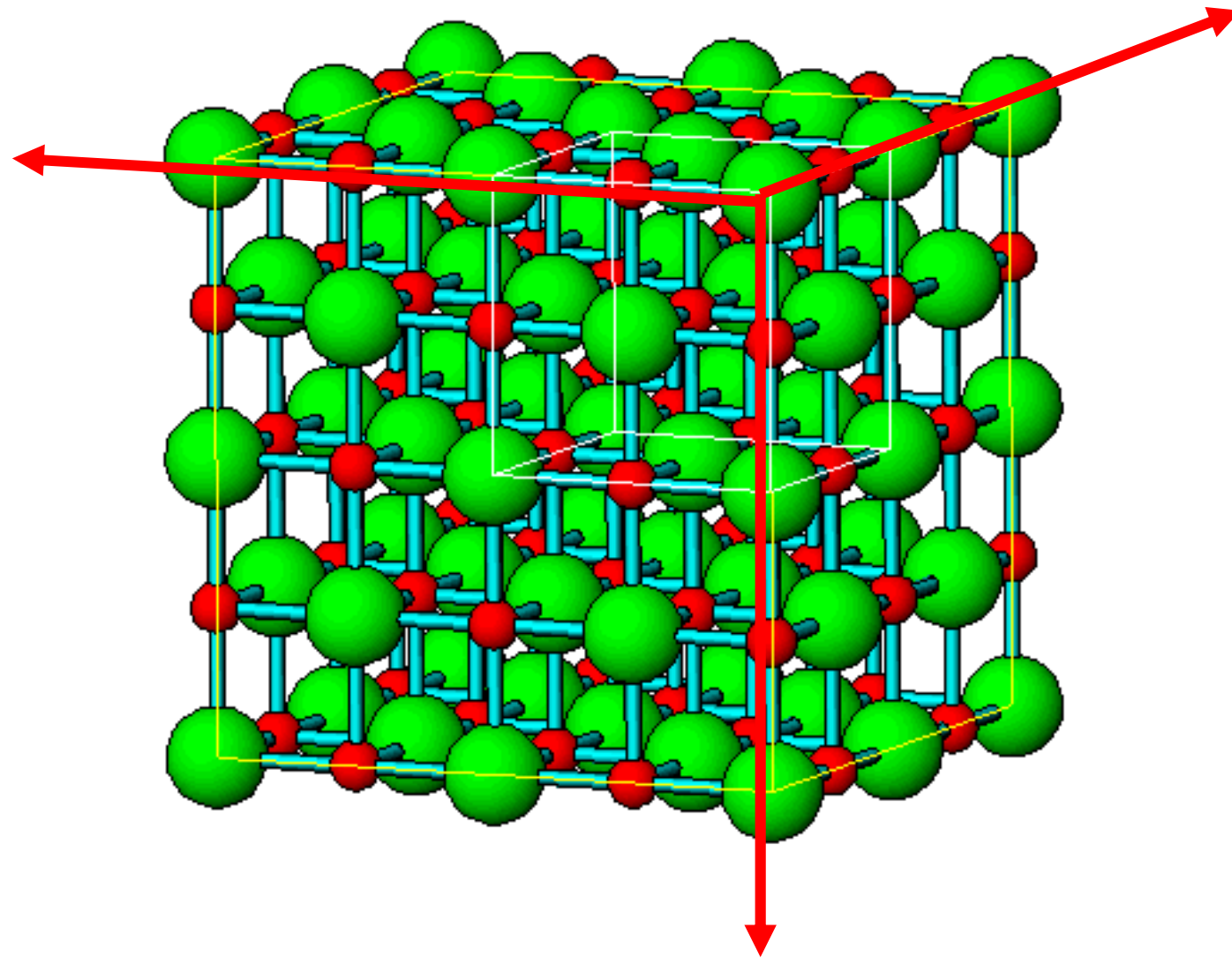
- **KRISTAL – kruto anizotropno homogeno tijelo pravilne unutrašnje građe za koju je karakteristična trodimenzionalna periodičnost**

- KRUTO - kinetička energija atoma je toliko mala da su oni stalno vezani jedan za drugoga, gibanje atoma svodi se samo na titranje oko ravnotežnog položaja
- ANIZOTROPNOST – različite vrijednosti za određeno fizičko svojstvo ovisno o smjeru (\neq izotropnost)
- HOMOGENOST – u svakom djeliću vladaju iste zakonitosti
- TRODIMENZIONALNA PERIODIČNOST – osnovna građevna jedinica se ponavlja u tri smjera

kristalno \neq amorfno

kristalizirano stanje je stanje najniže energije tj. energetski najstabilnije

HALIT (NaCl)



Kristalografija

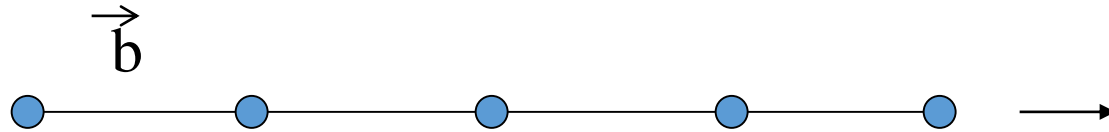
- znanstvena disciplina koja izučava kristalizirane tvari, principe njihovog rasta, vanjski oblik i unutarnju strukturu
- primjena u mineralogiji, organskoj i anorganskoj kemiji, farmaciji, znanosti o materijalima

Periodičnost

- kristalna struktura – trodimenzionalna periodičnost → ponavljanje motiva (npr. atoma) pravilnim translacijama u tri dimenzije
- kristalna struktura – uređeni obrasci (niže energetske stanje)
- trodimenzionalni strukturni obrazac smatra se homogenim ako su kutovi i udaljenosti među motivima isti u svim njegovim dijelovima
- zbog jednostavnosti motiv koji se ponavlja u prostoru zamjenjuje se čvorom i njegovim ponavljanjem dobije se matematički model koji se naziva **prostorna rešetka**
- kristalna struktura je nešto realno, definiraju je atomi
- rešetka – matematički model, definiraju je čvorovi

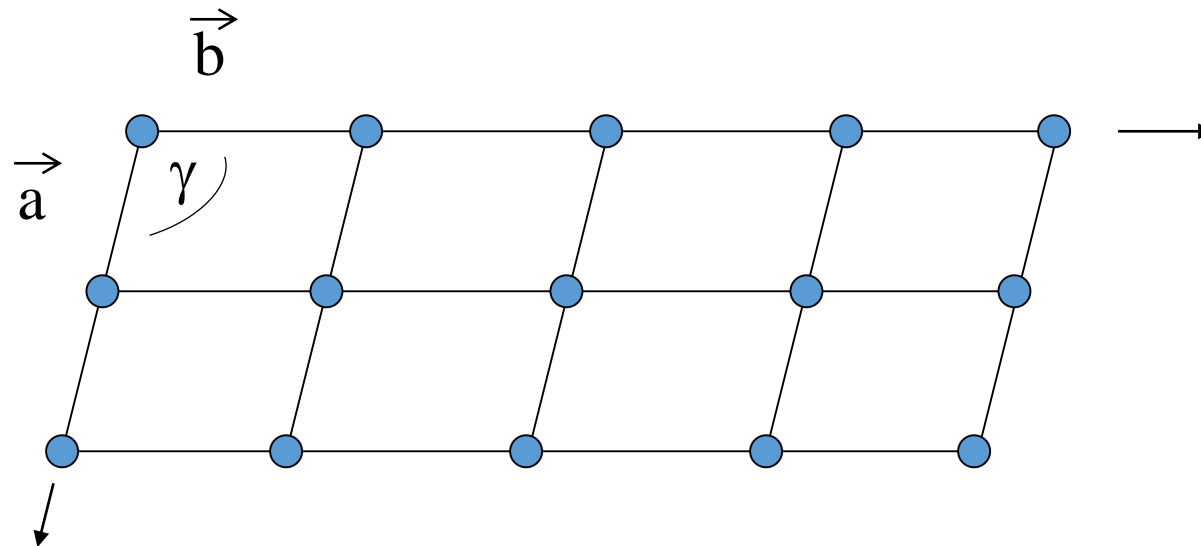
Kristalna rešetka

- trodimenzionalna kristalna struktura može se promatrati kao trodimenzionalne translacije motiva u **rešetki** ili **mreži** (mat. koncept)

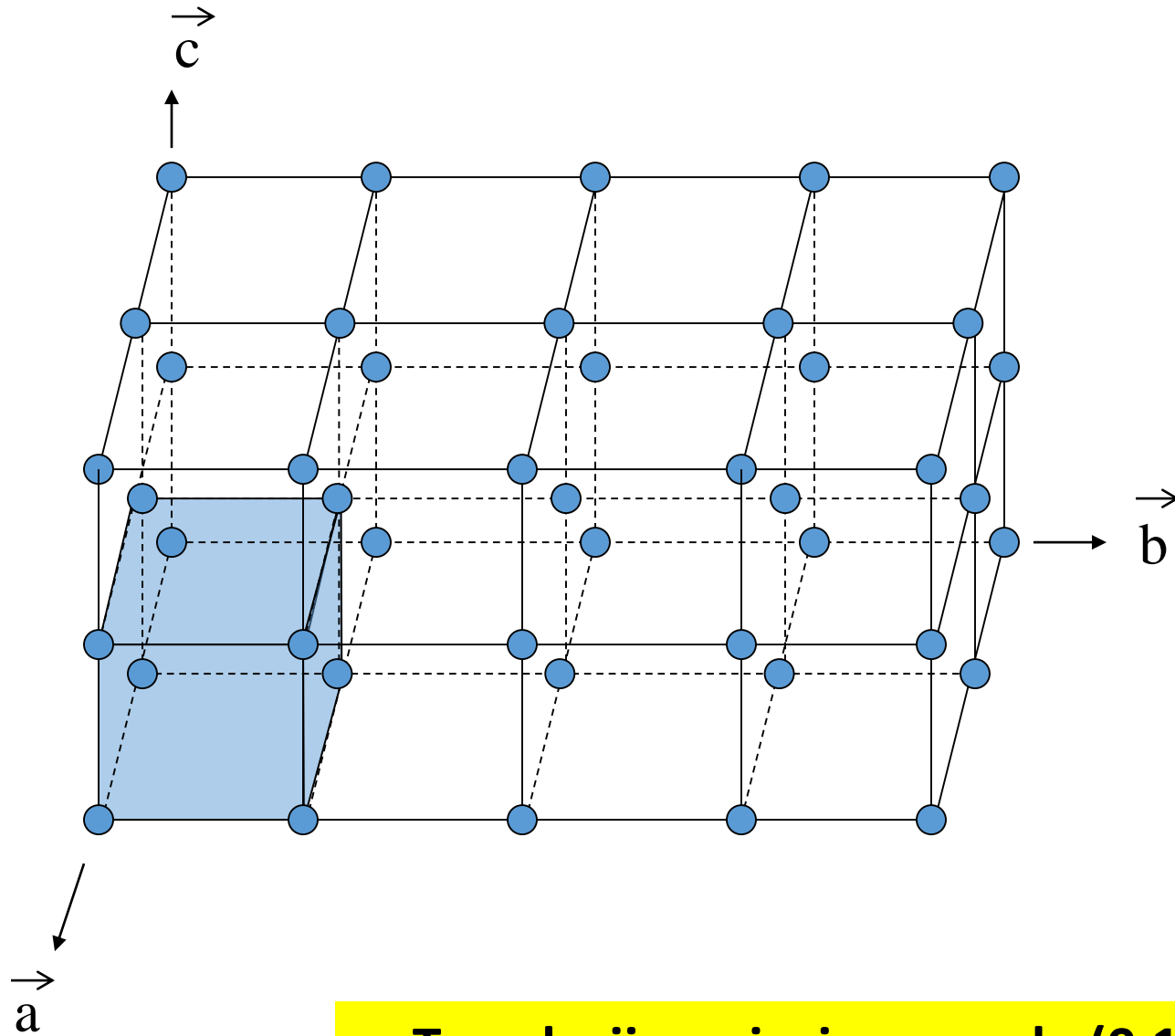


**1D (linijska mreža) =
1 parametar**

operacija ponavljanja = mrežna translacija



**2D (plošna
mreža) = 3
parametra**



**3D (prostorna rešetka)
= 6 parametara**

Translacije su iznimno male (0,1-1 nm), te se stoga kao simetrijske operacije ne opažaju na morfologiji kristala!

Jedinična ćelija

Najmanja strukturna jedinica kojom se može opisati cijela struktura

duljina translacijskih vektora rešetke

$$|\vec{a}| = a_0$$

$$|\vec{b}| = b_0$$

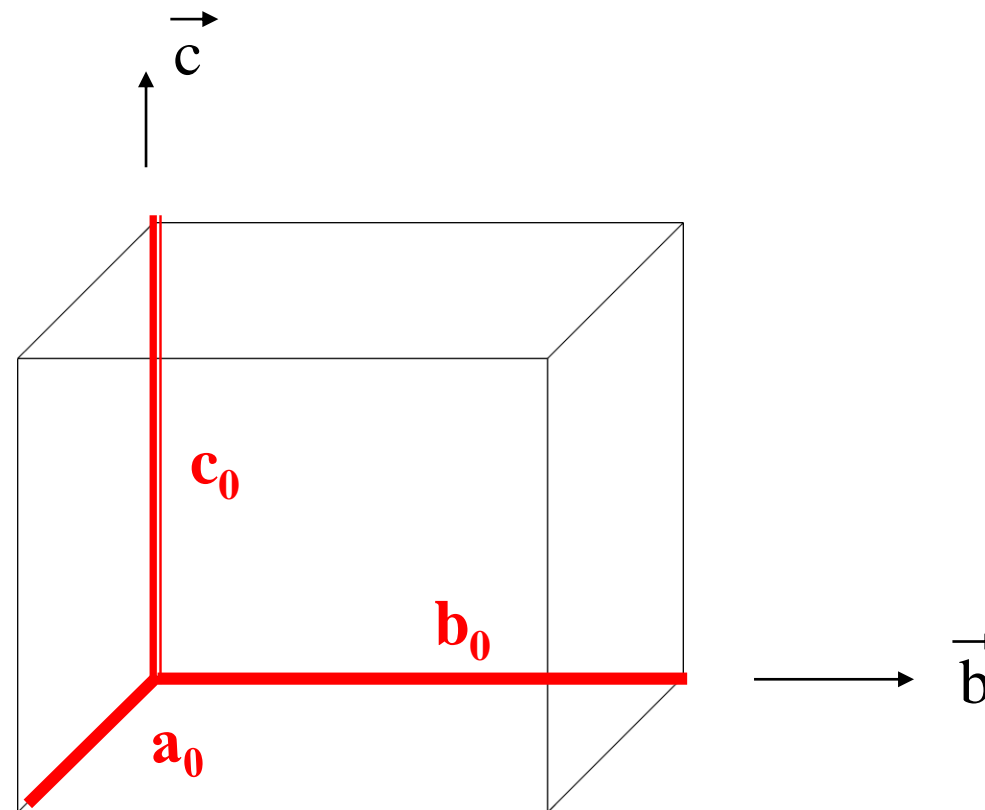
$$|\vec{c}| = c_0$$

$$\vec{a} \wedge \vec{b} = \gamma$$

$$\vec{a} \wedge \vec{c} = \beta$$

$$\vec{b} \wedge \vec{c} = \alpha$$

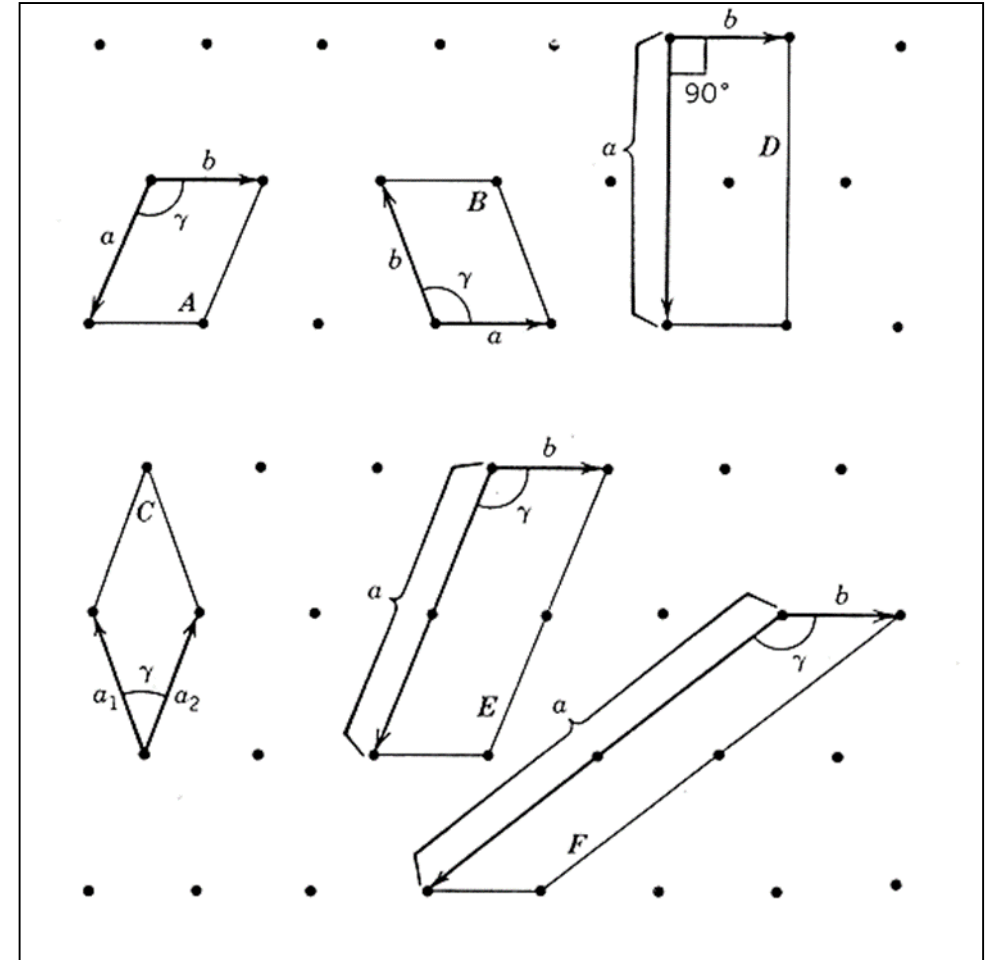
kutovi među osima rešetke



$a_0, b_0, c_0, \alpha, \beta, \gamma$ - definiraju jediničnu ćeliju →
parametri jedinične ćelije

Jedinična ćelija

- jedinična ćelija potpuno definira čitavu kristalnu rešetku
- svaka jedinična ćelija je paralelopiped te ima osam vrhova i šest ploha
- na svakom vrhu nalazi se identična točka

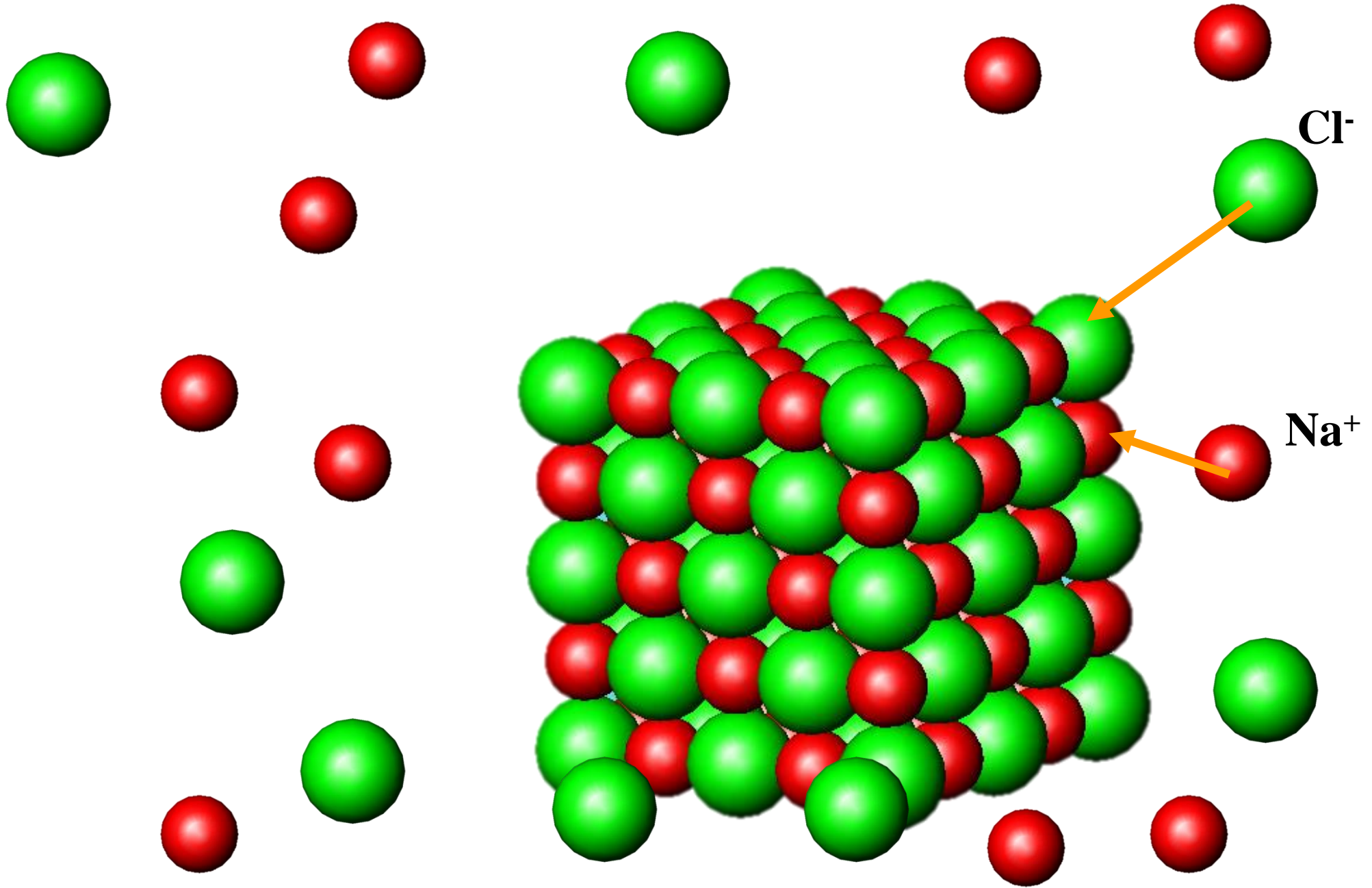


$$V = a_0 b_0 c_0 (1 - \cos^2 \alpha - \cos^2 \beta - \cos^2 \gamma + 2 \cos \alpha \cos \beta \cos \gamma)^{1/2}$$

Nastanak kristala

→ **procesom KRISTALIZACIJE** iz otopina, taljevina ili para

- **u početku su atomi u neuređenom stanju sa slučajnom raspodjelom atoma u unutarnjoj građi**
- **promjenom temperature, tlaka i koncentracije atomi se udružuju u uređeni raspored → kristalno stanje**



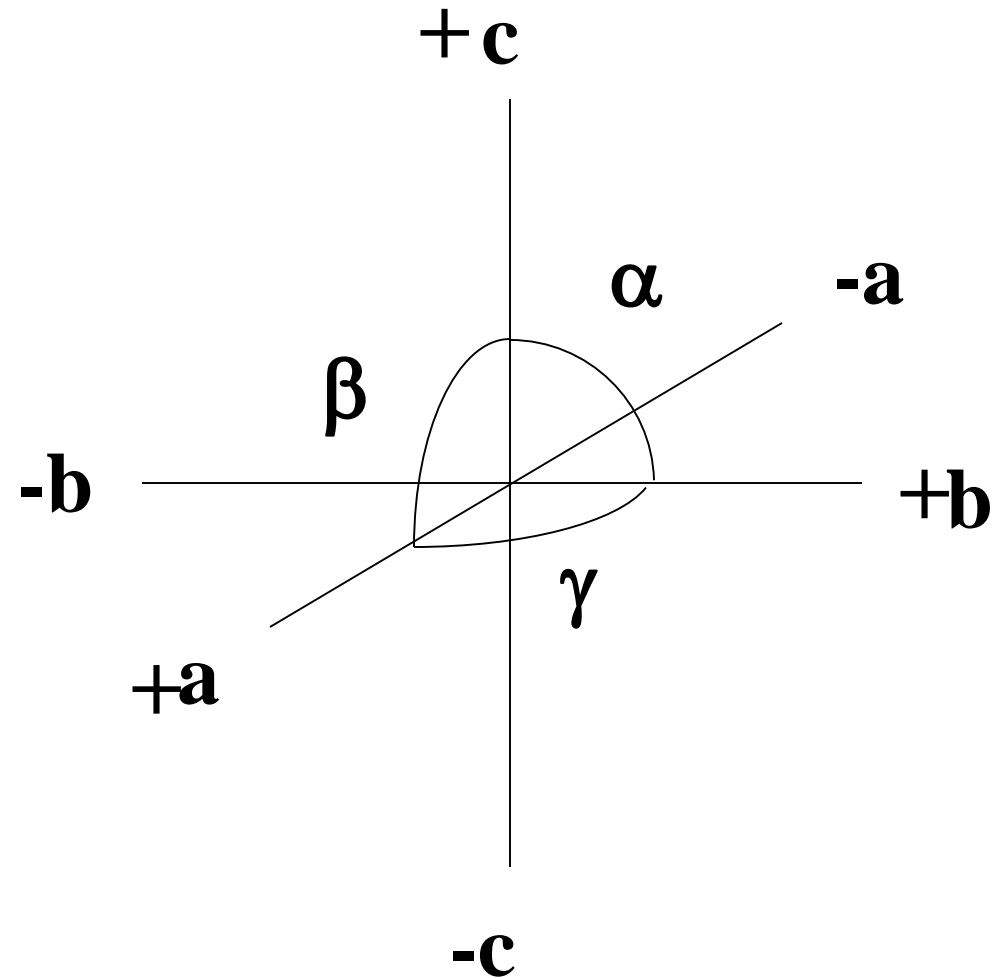
Rast kristala

1. Nukleacija – nastanak jezgre kristalizacije
→ združivanje nekoliko atoma (iona) na način da tvore početak trodimenzionalne periodičke mreže
2. Rast jezgre u kristal – jezgra privlači druge slobodne ione, koji zauzimaju svoja mjesta na njezinim plohamama

Kristalografske osi

- za opis rešetke definira se koordinatni sustav, kojeg određuju tzv. kristalografske osi, paralelne s vektorima koji su definirali jediničnu ćeliju
- na temelju veličina kristalografskih osi, odnosno jedinica po njima koje su u skladu s dužinama bridova jedinične ćelije, te kutova među osima, razlikujemo 6 odnosno 7 koordinatnih sustava tj. 6 odnosno 7 kristalnih sustava;
- plohe na kristalu, kao i unutarnja struktura, opisuju se odnosom prema tri (ili četiri) KRISTALOGRAFSKE OSI
- kristalografske osi se sijeku u središtu kristala te čine OSNI KRIŽ, a općenito su predodređene simetrijom kristala
 - obično se podudaraju s osima simetrije ili okomicama na ravnine simetrije

Konvencije prikaza kristalografskih osi



KRISTALNI SUSTAVI

1. Triklinski sustav

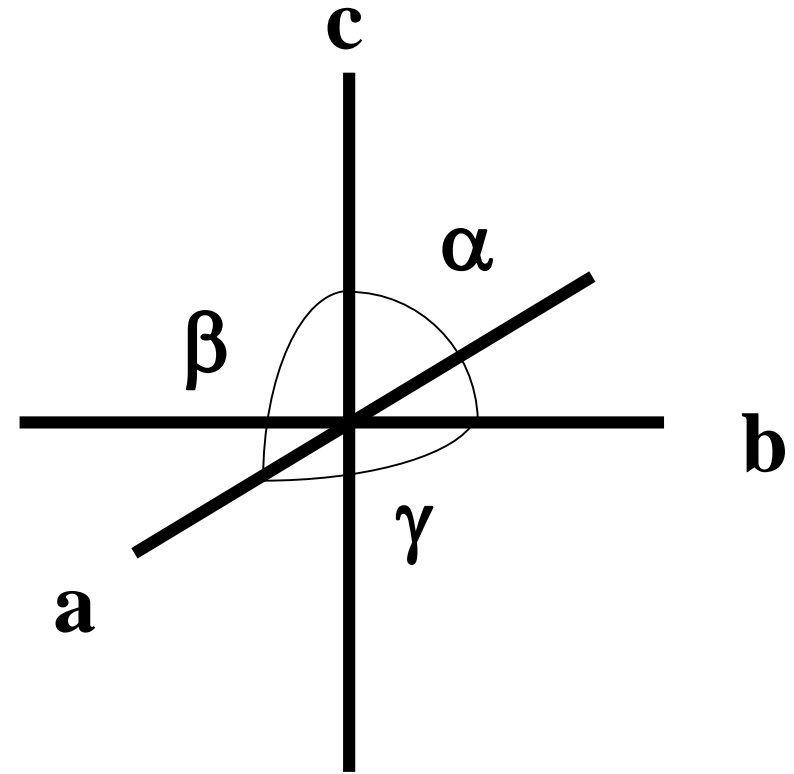
$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$$

2. Monoklinski sustav

$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha = \gamma = 90^\circ, \beta > 90^\circ$$



KRISTALNI SUSTAVI

3. Rompski sustav

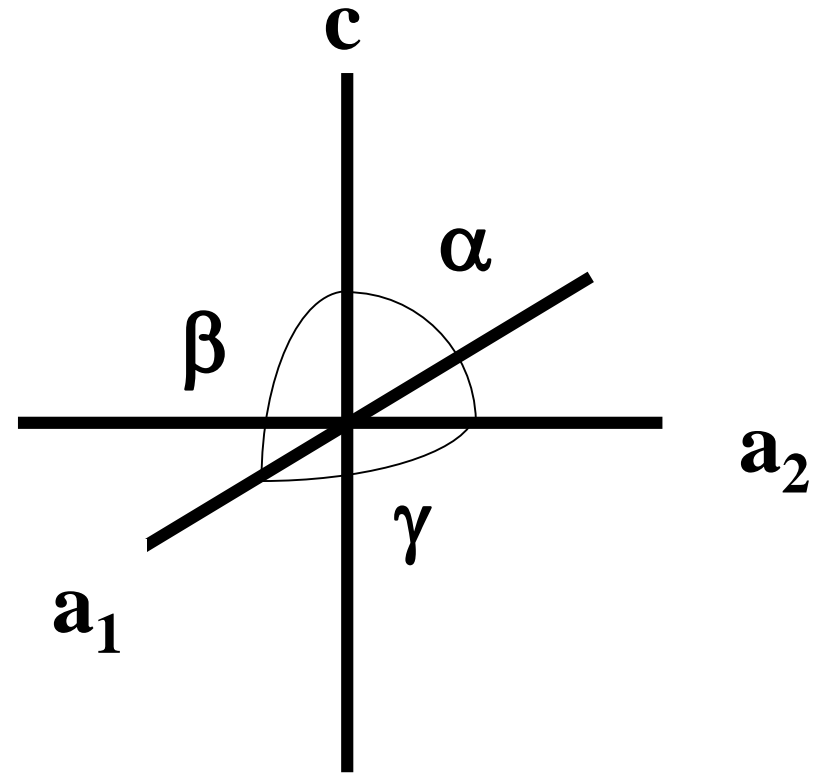
$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

4. Tetragonski sustav

$$a_1 = a_2 \neq c$$

$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$



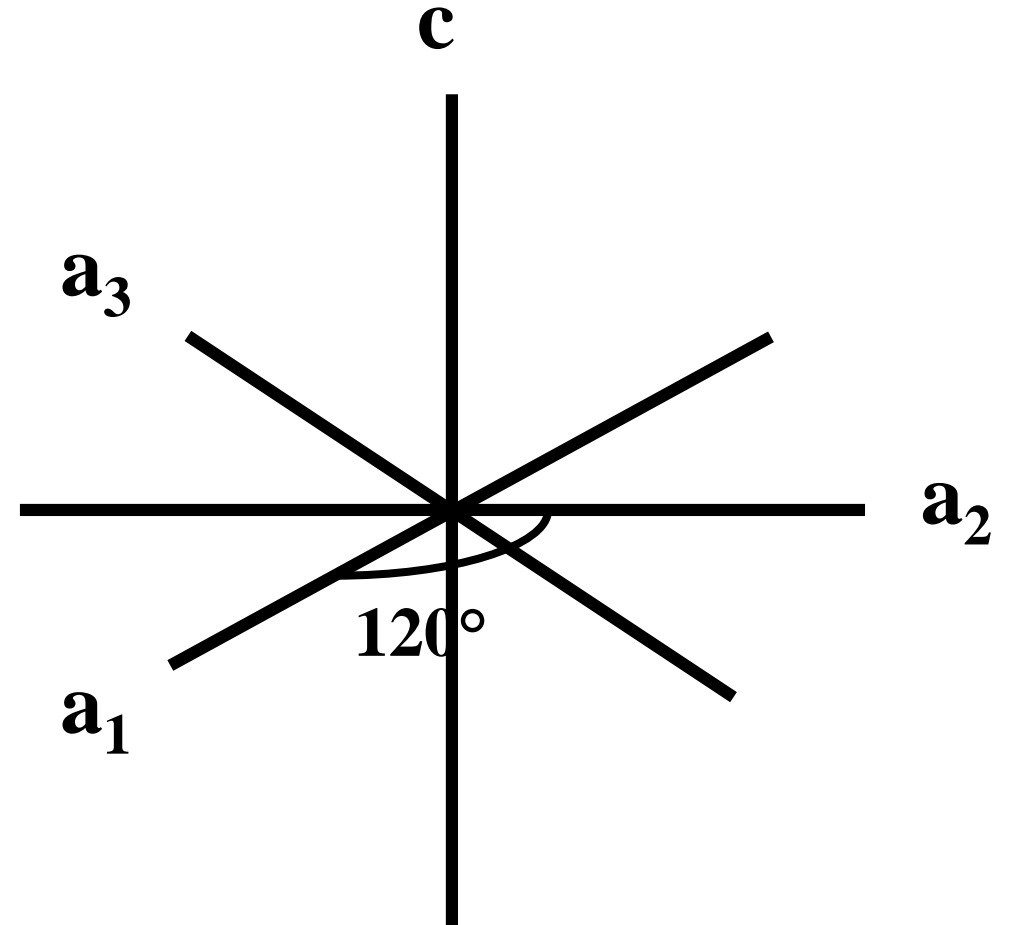
KRISTALNI SUSTAVI

5. Heksagonski sustav

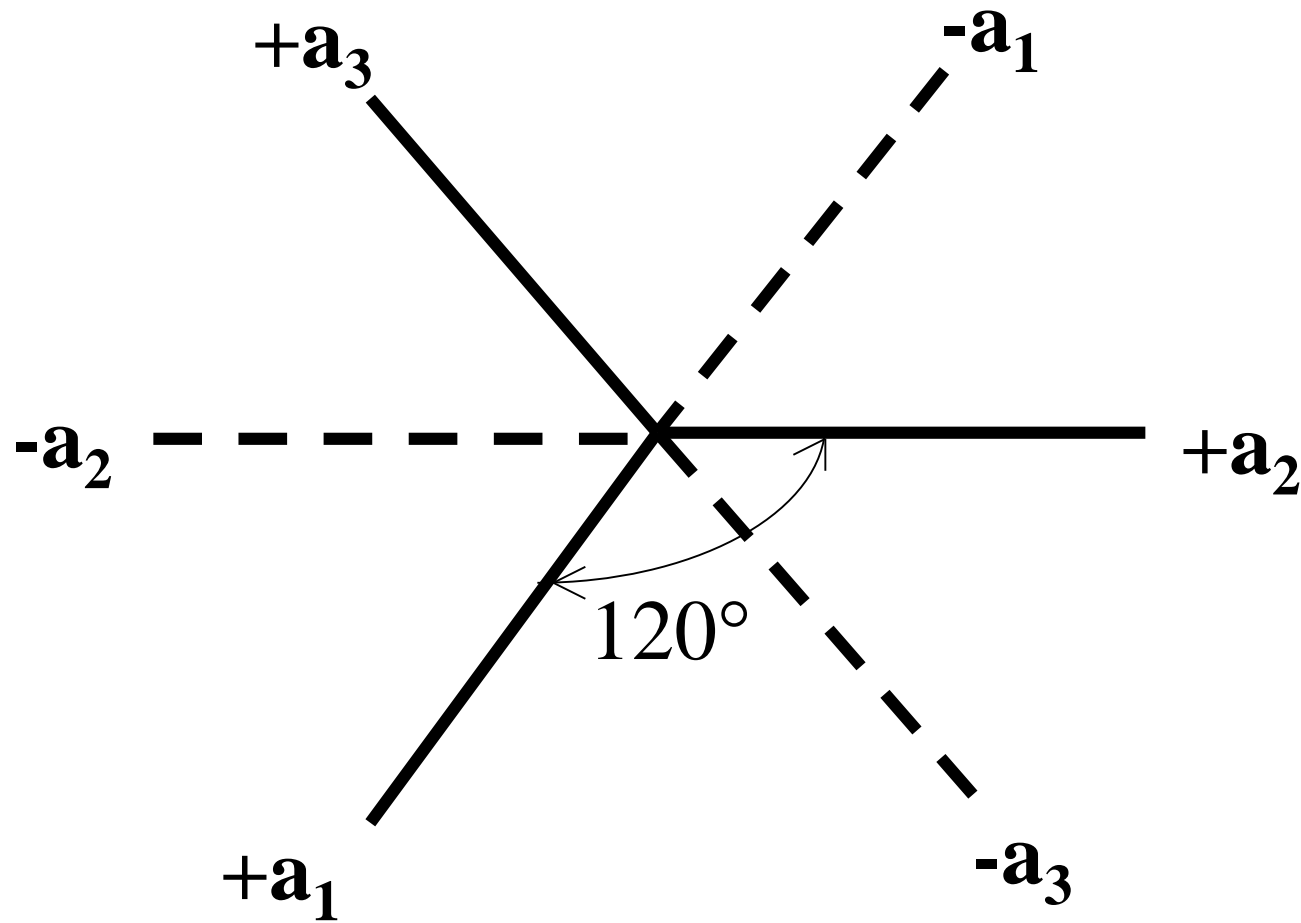
$$a_1 = a_2 = a_3 \neq c$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 120^\circ$$

$$\delta = 90^\circ$$



Heksagonski sustav



prikaz kristalografskih osi u horizontalnoj ravnini

Romboedrijski ili trigonski sustav
(podsustav heksagonskog sustava)

$$a_1 = a_2 = a_3$$

$$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$$

KRISTALNI SUSTAVI

6. Kubični sustav

$$a_1 = a_2 = a_3$$
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

