

Mašinski materijali 3

dr Gordana Bakić, van.prof.

1 Uvod

- Šta je **nauka o materijalima**?
- Zašto nam je bitna?

- **Materijali su obeležili doba**
 - **Kameno doba**
 - **Bronzano doba**
 - **Gvozdeno doba (hmm😊 za nas Fe je železo)**
 - **Savremeno doba?**
 - Silicijum?
 - Polimeri?
 - Pametni materijali?

Vrste materijala

- **Metali:** metalna veza → kristalne rešetke
 - Visoka čvrstoća, duktilni
 - visoka toplotna & električna provodnost
 - neprovidni, reflektuju svetlost.
- **Polimeri/plastike:** Kovalentna veza → dele elektrone
 - Niska čvrstoća, duktilni, mala gustina
 - toplotni i električni izolatori
 - Prozirni, providni i neprovidni
- **Keramike:** najčešće jonska veza (vatrostalni) ali je prisutna i kovalentna – često jedinjenja metala & nemetala (oksidi, carbidi, nitridi, sulfidi)
 - Visoka čvrstoća, modul elastičnosti, krte
 - izolatori
 - staklaste površine

Izbor materijala u mašinstvu

- 1. Primena** → Primena određuje zahtevane **osobine materijala**
npr.: mehaničke – zahteva se visoka čvrstoća ili žilavost,
električne – zahteva se dobra provodnost, ili npr. da bude izolator
ili se traže druge osobine: termičke, magnetne, optičke, kako degradira,...
 - 2. Osobine** → Na osnovu osobina, vršimo izbor kandidata **materijala**
npr.: pored mehaničkih, električnih, termičkih, itd osobina može da se
zahteva još i mikrostruktura, hemijski sastav,
 - 3. Materijal** → Kada je izabran materijal bira se stanje
isporuke, tj. način **izrade**
Načinom izrade delova menjamo mikrostrukturu i *oblik dela*
npr: livenje, valjanje, kovanje, sinterovanje, napanjanjem,
rezanje, spajanje/zavarivanje, termička obrada, itd.
- **Kod materijala postoji neraskidiva veza:**
struktura i način izrade određuju osobine

Primer izbora materijala

Inženjerski problem – zamena kuka

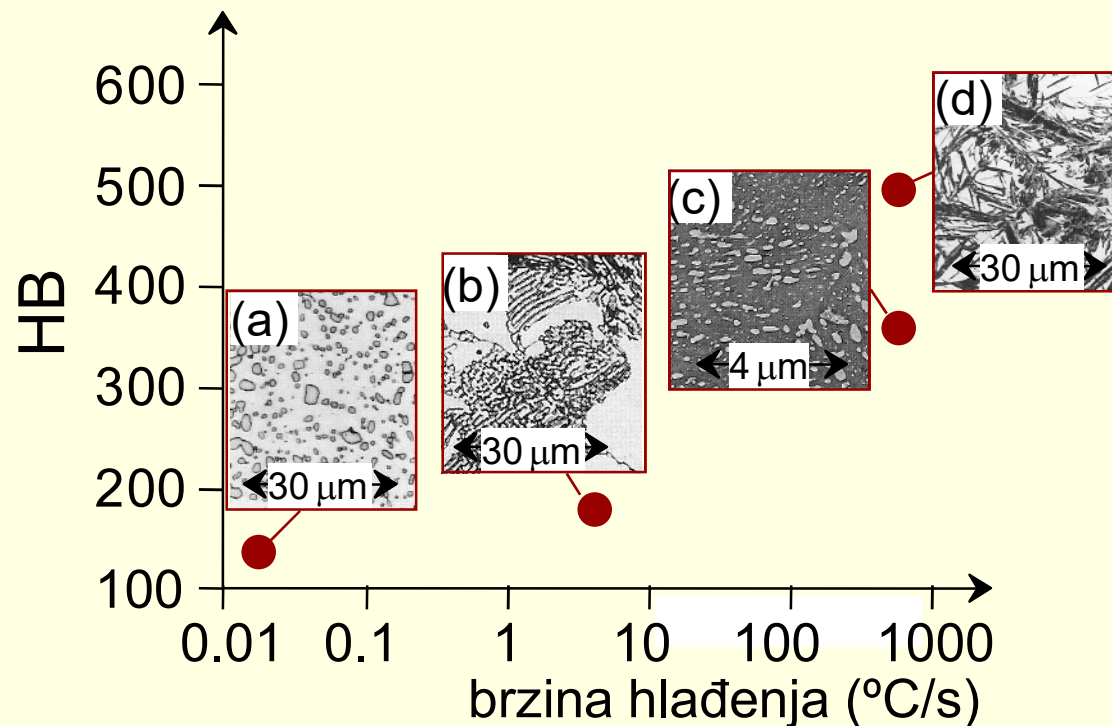
- Starenjem zglobovi se “troše” tj habaju.
- Zahtevi za materijal za izradu veštačkog kuka:
 - dinamička čvrstoća
 - dobro podmazivanje - svojstva podmazivanja *kapice* - ne smeju da se izdvajaju čestice usled habanja
 - biokompatibilnost
- **Najveći problemi pri izradi:**
 - Kako učvrstiti *kapicu*
 - “lepak” kojim se vezuje femoralni deo za kost



Korelacija - izrada, mikrostruktura & osobine

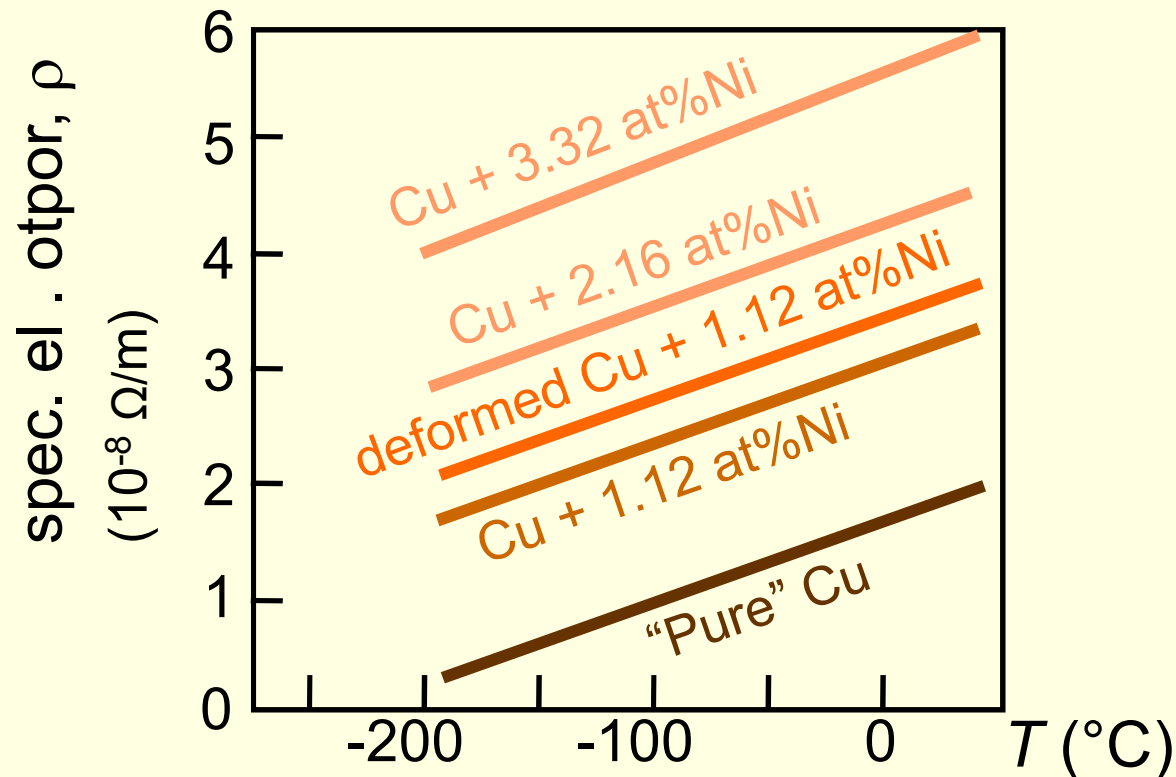
Primer: tvrdoća čelika

- osobine zavise od mikrostrukture
- različitim postupcima izrade menja se mikrostruktura
 - kod čelika mikrostruktura je definisana brzinom hlađenja (izrada) i u korelaciji je sa HB (osobina)



Korelacija - izrada, mikrostruktura & osobine

- Električna otpornost bakra (Cu):



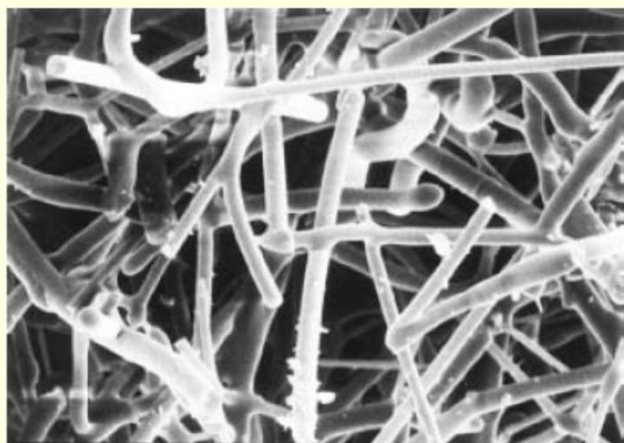
- Dodatkom atoma "nečistoća" (važi i za legiranje!) u Cu raste el. otpornost.
- Takođe i sa porastom stepena deformacije Cu raste el. otpornost.

Korelacija - izrada, mikrostruktura & osobine

Primer: termička provodnost

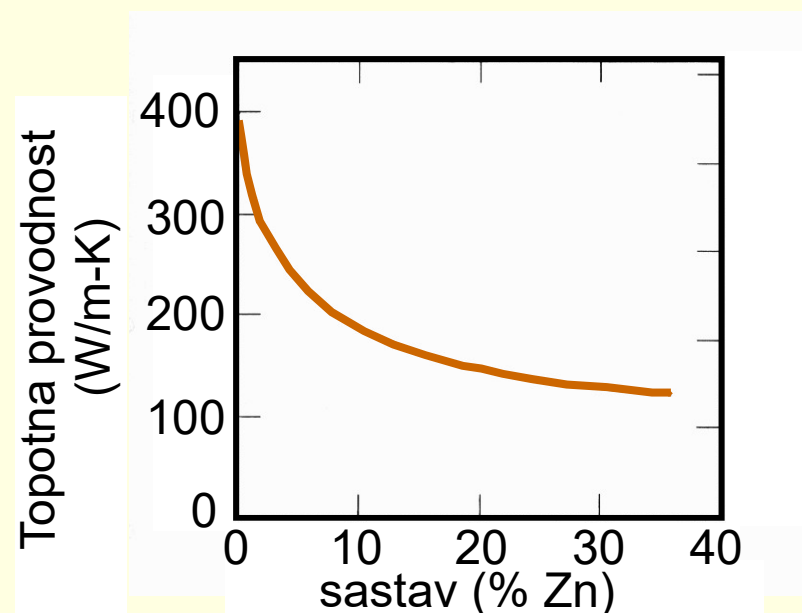


- Pločice za Space Shuttle: Vlakna SiO_2 imaju vrlo malu **toplotnu provodnost**



← 100 μm →

- **Toplotna provodnost** Cu:
 - Sa dodatkom Zn opada!.....ali raste čvrstoća

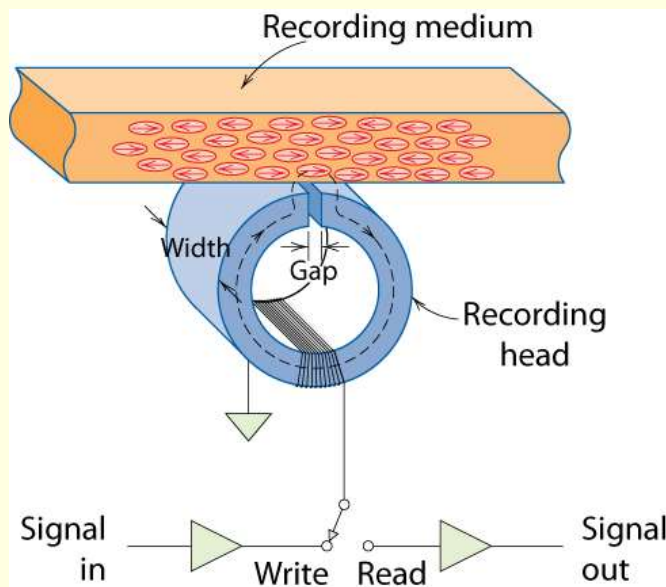


Korelacija - izrada, mikrostruktura & osobine

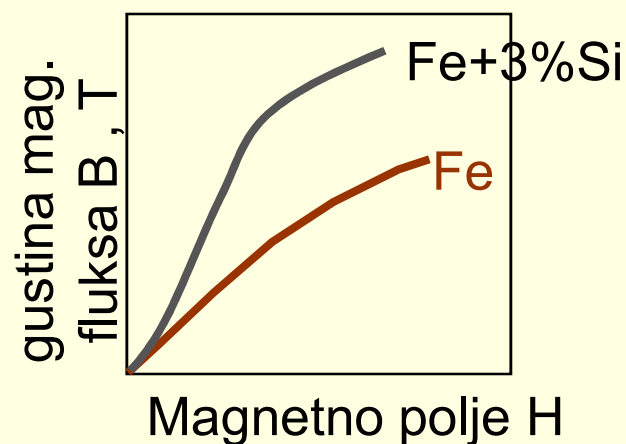
Primer: magnetne osobine

- Magnetna permeabilnost (μ) je elektromagnetna osobina koja pokazuje intenzitet magnetizacije kada su tela izložena spoljašnjem magnetnom polju.
- Što je permeabilnost veća, veća je magnetizacija (lakše se uspostavlja magnetnog polja u materijalu).

- Magnetni zapisi na traci: traka se magnetiše magnetnom glavom.



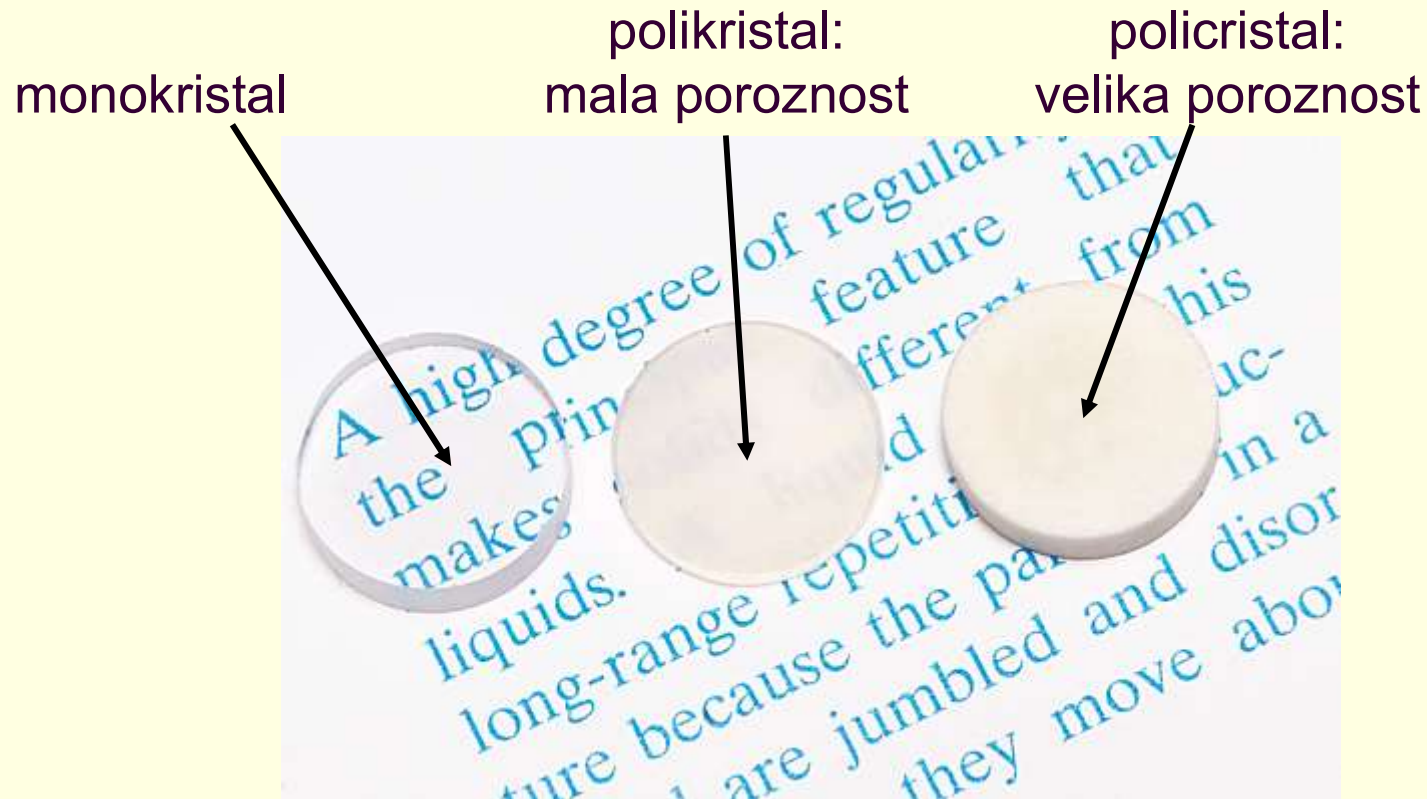
- **Magnetna permeabilnost** je u f-ji sastava: - dodatkom 3at.% Si u Fe raste intenzitet magnetizacije – bolji magnetni zapis!



Korelacija - izrada, mikrostruktura & osobine

Primer: optičke osobine

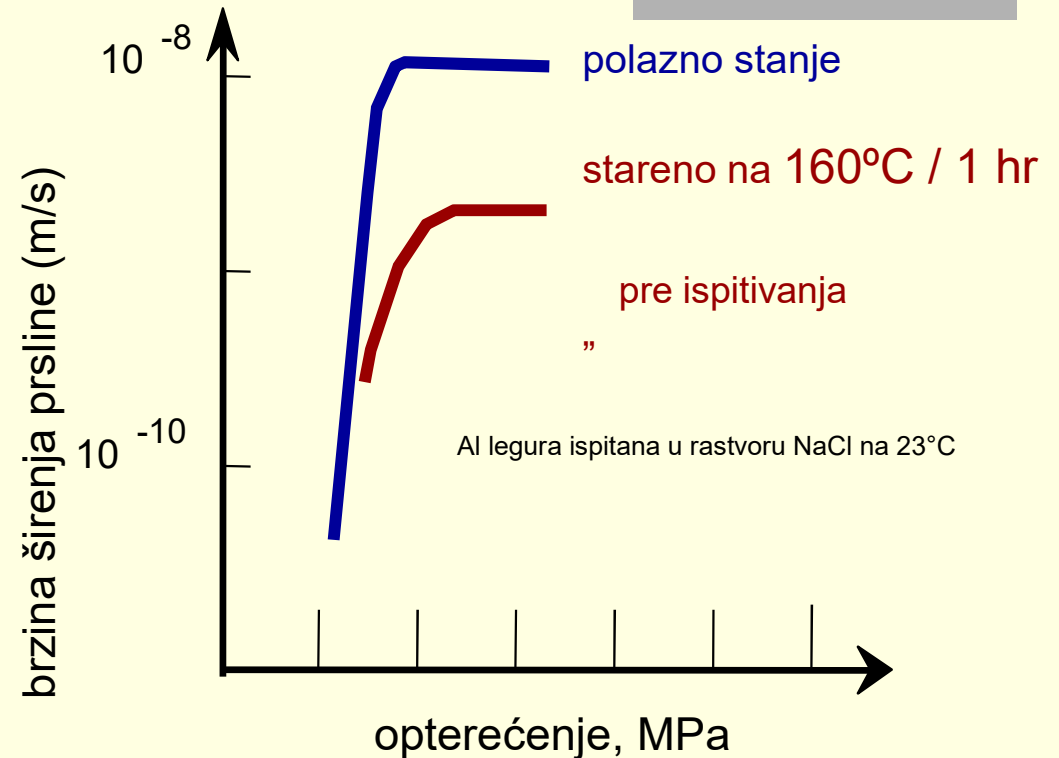
- **Providnost (propuštanje svetlosti):**
 - Al_2O_3 može biti providan, proziran ili neprovidan u zavisnosti od strukture



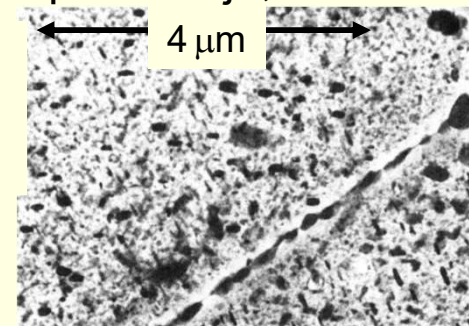
Korelacija - izrada, mikrostruktura & osobine

Primer: način degradacije materijala

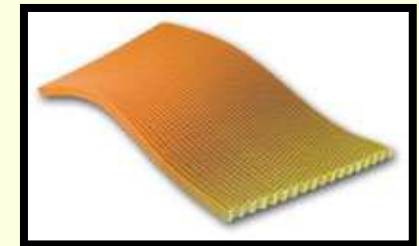
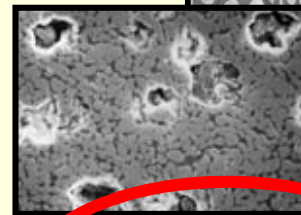
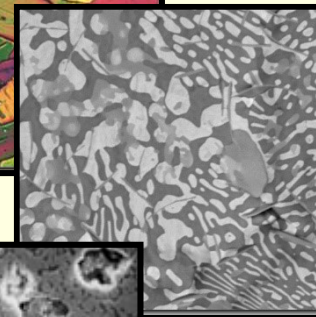
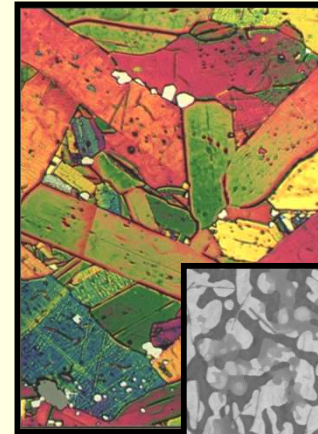
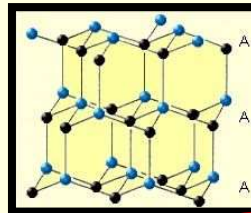
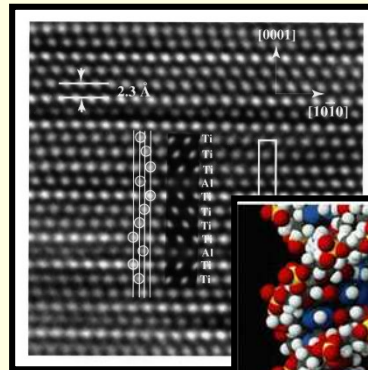
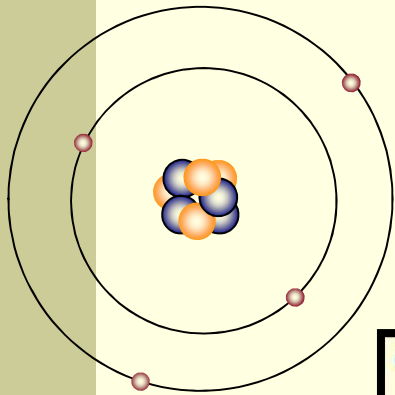
- Kod nekih legura Al napon & morska voda izazivaju prsline naponske korozije!
- **Termička obrada** usporava brzinu širenja prslina naponske korozije u slanoj vodi!



-materijal:
Al legura
(Zn,Cu,Mg,Zr)



STRUKTURA MATERIJALA



Subatomski nivo

Atomski nivo

Mikrostruktura

Makrostruktura

Osnovne grupe materijala

Keramike

krute, visoka čvrstoća, vrlo tvrde, krte, loši provodnici, otporne na T i koroziju, neke magnetične itd

Jedinjenja metala i nemetala ili metaloida (Si, B) i nemetala, često oksidi, nitridi, karbidi
Npr. Al_2O_3 , SiO_2 , Si_3N_4 , SiC ,...

Ili tradicionalne keramike:

minerali gline (tj, porcelan), staklo, stene, itd

Metali

veća gustina, veća čvrstoća, duktilni, umereno tvrdi, otporni na lom, dobri provodnici, neki magnetični

Metali i njihove legure

Polimeri

nisu čvrste i tvrde ali imaju malu gustinu –

Gume i plastike, npr. polietilen (PE), polivinilhlid (PVC), silikonska guma, itd

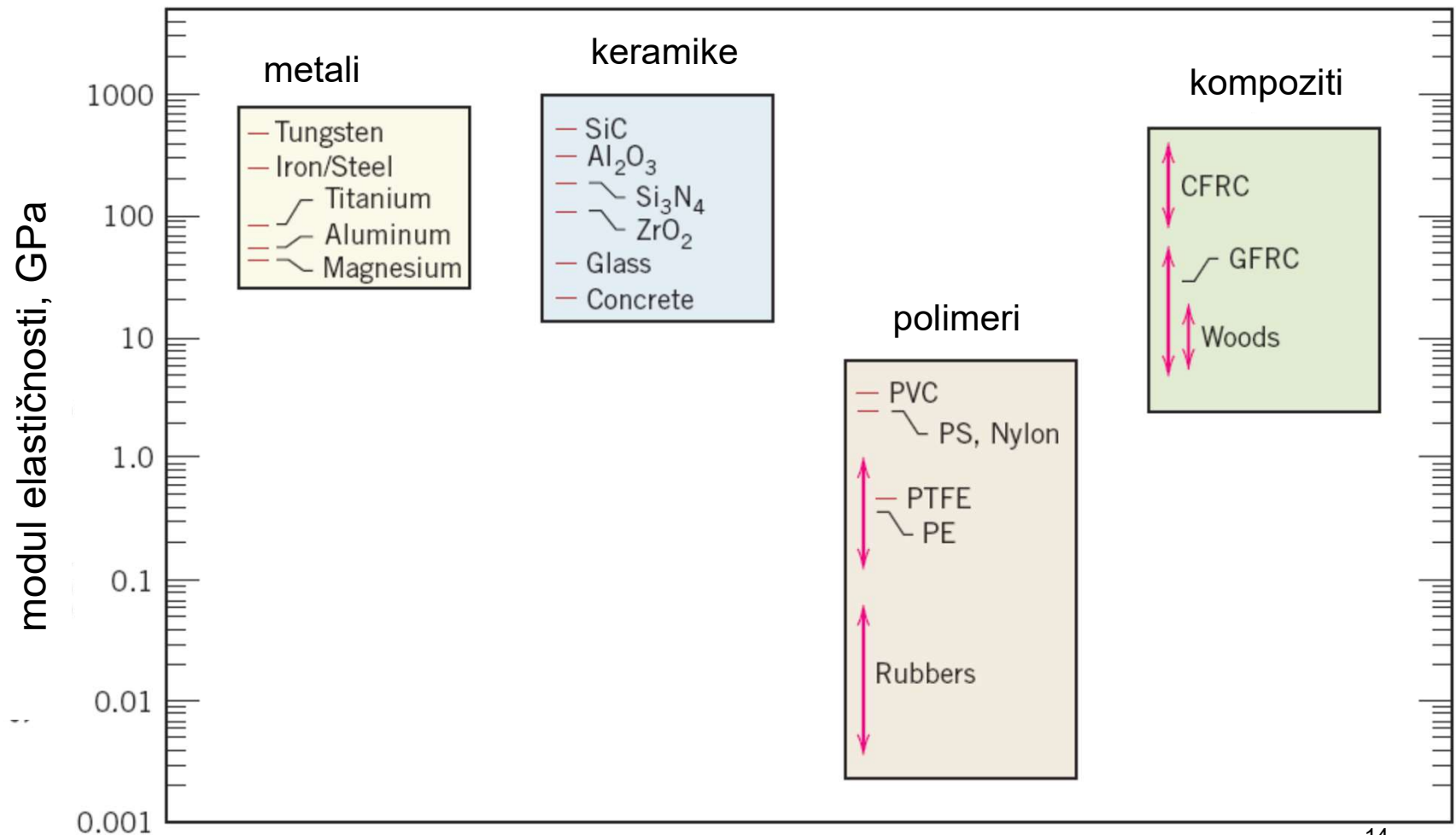
krutost i čvrstoća svedeni na masu su u rangu metala i keramika

Kompoziti

osobine zadržavaju od gradivnih komponenti i daju nove

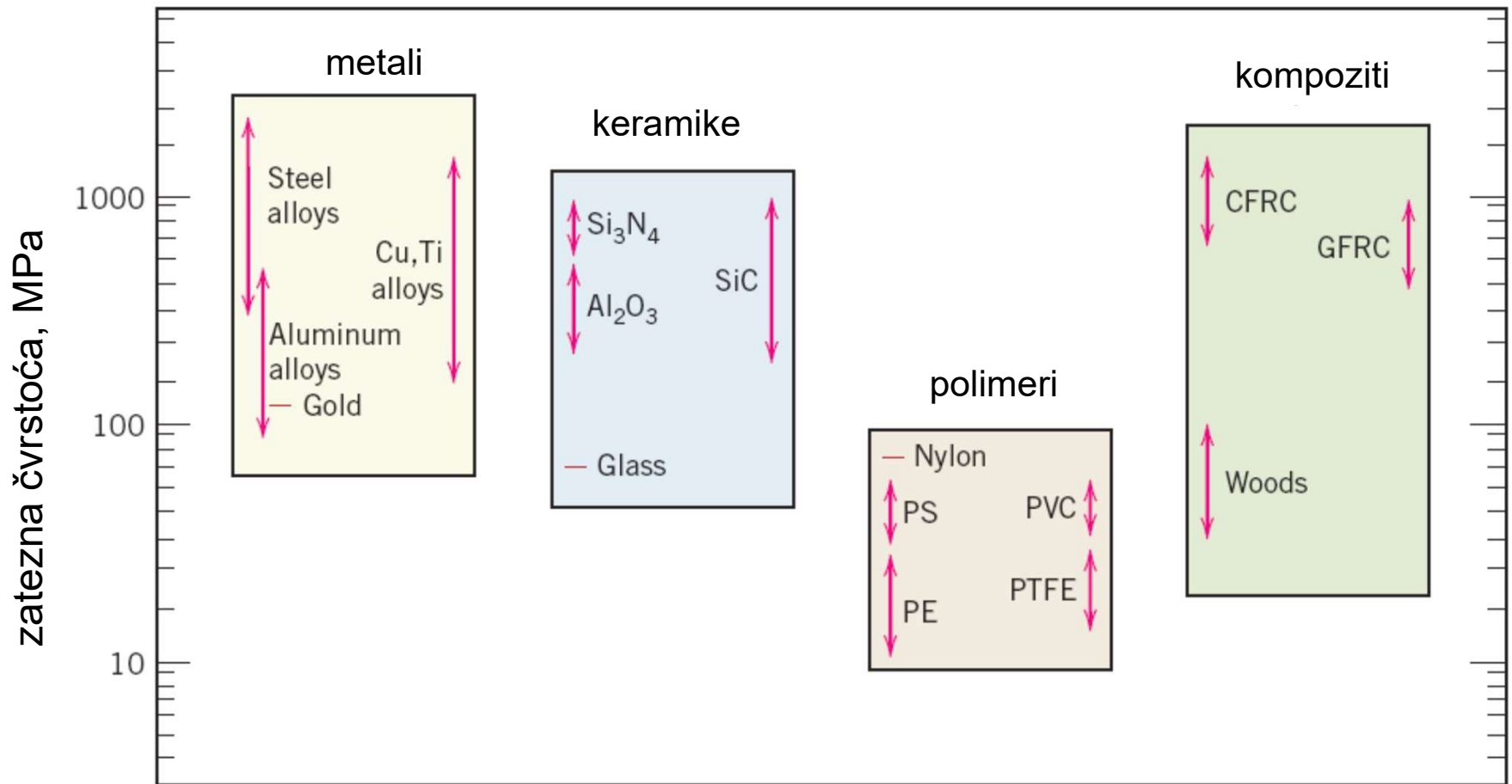
Grade ih dve ili sve tri osnovne grupe materijala
prirodni kompoziti – drvo i kost

Poređenje osnovnih grupa materijala: prema modulu elastičnosti



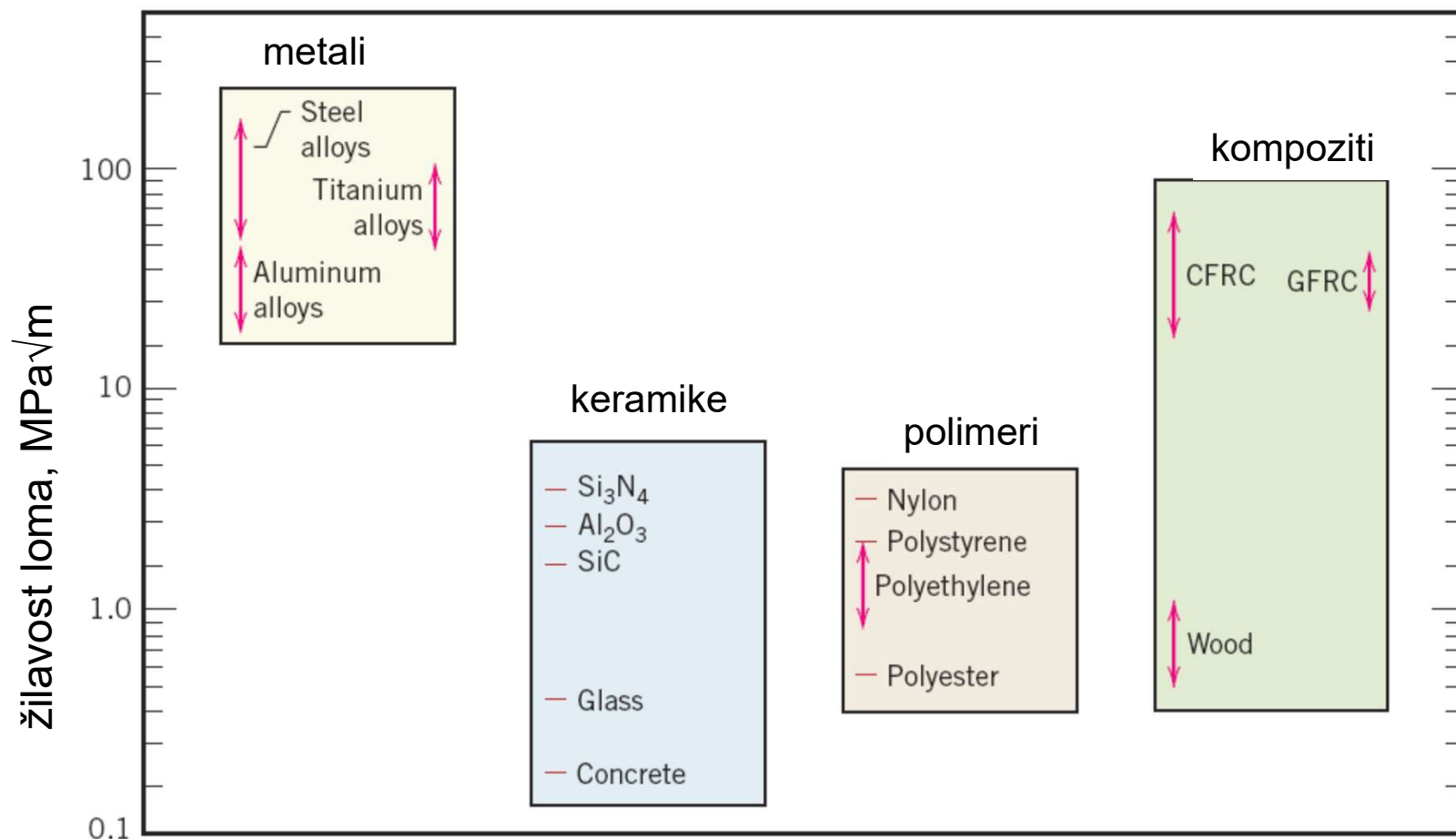
E određuje krutost konstrukcije

Poređenje osnovnih grupa materijala: Rm



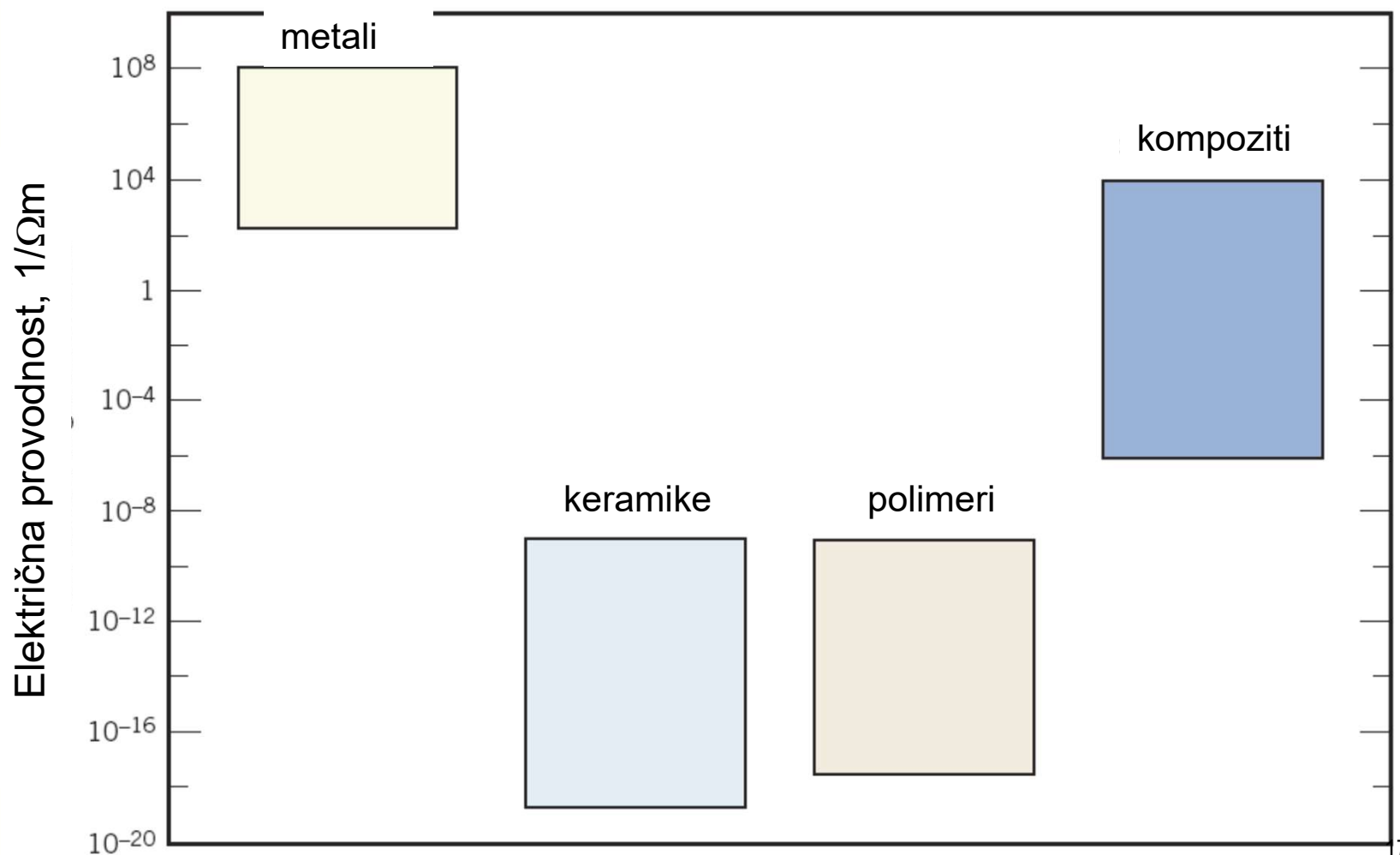
Zatezna čvrstoća određuje nosivost konstrukcije do loma.
 Veličine $R_{0,2}$ ili R_d ili $R_{100.000}^{540^\circ\text{C}}$ određuju...? (pitanje za vas 😊)

Poređenje osnovnih grupa materijala: K_{IC}



Žilavost loma K_{IC} određuje kritičnu dužinu prsline (tj. da li će prslina da raste brzo ili sporo)

Poređenje osnovnih grupa materijala – 1/R



R el. otpornost, tj 1/R el. provodnost određuju primenu

Primarne atomske veze

Keramike

jonska i kovalentna veza:

Velika energija veze

visoka $T_{topljenja}$

visok E

mali koef. line. širenja α

Metali

metalna veza:

Promenljiva energija veze

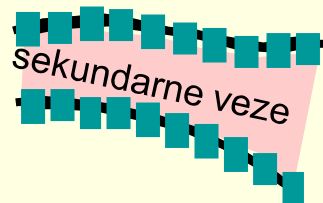
umerena T_m

umeren E

umeren α

Polimeri

(kovalentna & sekundarne):



Energija veze zavisi od pravca

Dominantne sekundarne veze

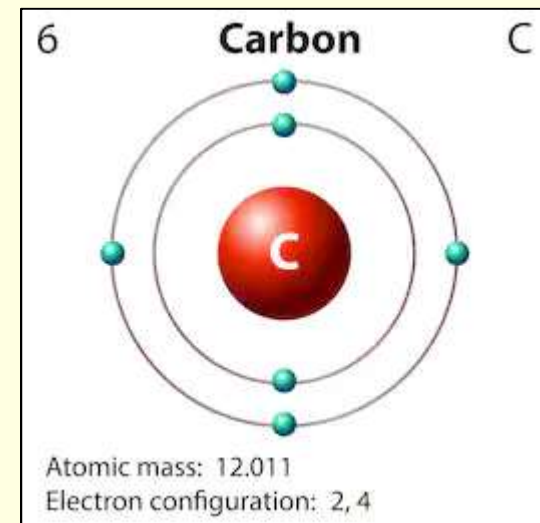
niska T_m

nizak E

visok α

Valentni elektroni određuju sve osobine materijala

- **Valentni elektroni** – u nepopunjenom poslednjem nivou
- Popunjen poslednji nivo – stabilna konfiguracija
- **Valentni elektroni određuju:**
 - Hemijske osobine
 - Električne osobine
 - Termičke osobine
 - Optičke osobine
- primer: C (atomski broj = 6)



$1s^2$

$2s^2 2p^2$

valentni elektroni

Valentni elektroni zavise od građe atoma

Z – atomski broj – broj protona u jezgru

A – atomska masa – masa protona+neutrona

Izotopi – isti atomski broj različita atomska masa (razlikuju se u broju neutrona)

glavni kvantni br.	ljuska	podljuska	br. elektrona	
			po podljusci	po ljusci
1	K	s	2	2
2	L	s	2	8
		p	6	
3	M	s	2	18
		p	6	
		d	10	
4	N	s	2	32
		p	6	
		d	10	
		f	14	

Hibridne orbitale – ukrštanje/mešanje osnovnih orbitala i formiranje nove

Npr.: Neki atomi kada grade kovalentnu vezu prave **sp** hibridnu vezu, npr C, Si, Ge

Simbol	atomski br.	elektronska konfiguracija
H	1	1s ¹
He	2	1s ²
Li	3	1s ² 2s ¹
Be	4	1s ² 2s ²
B	5	1s ² 2s ² 2p ¹
C	6	1s ² 2s ² 2p ²
N	7	1s ² 2s ² 2p ³
O	8	1s ² 2s ² 2p ⁴
F	9	1s ² 2s ² 2p ⁵
Ne	10	1s ² 2s ² 2p ⁶
Na	11	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ¹
Mg	12	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ²
Al	13	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ¹
Si	14	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ²
P	15	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ³
S	16	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁴
Cl	17	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁵
Ar	18	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶
K	19	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ¹
Ca	20	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ²
Sc	21	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 3d ¹ 4s ²
Ti	22	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 3d ² 4s ²
V	23	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 3d ³ 4s ²
Cr	24	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 3d ⁵ 4s ¹
Mn	25	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 3d ⁵ 4s ²
Fe	26	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 3d ⁶ 4s ²
Co	27	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 3d ⁷ 4s ²
Ni	28	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 3d ⁸ 4s ²
Cu	29	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 3d ¹⁰ 4s ¹
Zn	30	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 3d ¹⁰ 4s ²
Ga	31	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 3d ¹⁰ 4s ² 4p ¹
Ge	32	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 3d ¹⁰ 4s ² 4p ²
As	33	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 3d ¹⁰ 4s ² 4p ³
Se	34	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁴
Br	35	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁵
Kr	36	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶

Periodni sistem elemenata

- Kolone: Slična **valentnost**
- Elektonegativnost – mera privlačenja elektrona
- Elektronegativnost **0.7 - 4.0**. Visoke vrednosti: primaju elektron

•

+1e		+2e												-2e		-1e	inertni gasovi
IA	IIA											IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	2
1 H	2 He											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3 Li	4 Be											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
11 Na	12 Mg	21 Sc	IVB	VB	VIB	VIIB	VIII			IB	IIB	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
55 Cs	56 Ba	Rare earth series	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	Actinide series	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds								

Legend:

- Metal (light blue)
- Nonmetal (dark blue)
- Intermediate (diagonal blue)



Elektropozitivni elementi:
otpuštaju elektrone
i postaju + joni.

Elektronegativni elementi:
primaju elektrone i postaju - joni.²¹

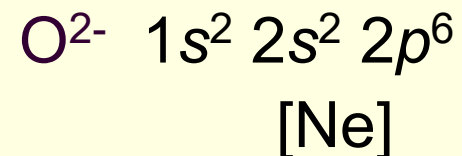
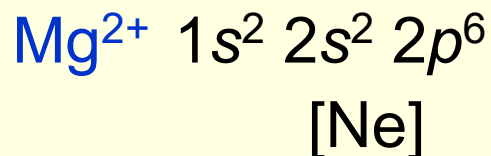
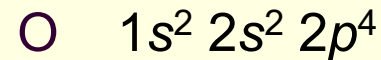
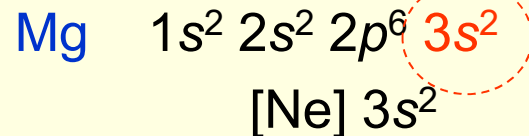
Jonska veza – metal + nemetal

daje
electrone

prima
electrone

Odlika jonske veze je velika razlika u elektronegativnosti

npr: MgO



Primeri jonske veze

- Dominantna veza kod **keramika**

NaCl
MgO
CaF2
CsCl

IA																	0
H																	He
2.1	IIA															-	
Li	Be															Ne	
1.0	1.5															-	
Na	Mg	IIIB	IVB	VB	VIB	VII B	VIII			IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	Ar
0.9	1.2											B	C	N	O	F	-
												2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	-
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
0.8	1.0	1.3	1.5	1.6	1.6	1.5	1.8	1.8	1.8	1.9	1.6	1.6	1.8	2.0	2.4	2.8	-
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	1.9	2.2	2.2	2.2	1.9	1.7	1.7	1.8	1.9	2.1	2.5	-
Cs	Ba	La-Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
0.7	0.9	1.1-1.2	1.3	1.5	1.7	1.9	2.2	2.2	2.2	2.4	1.9	1.8	1.8	1.9	2.0	2.2	-
Fr	Ra	Ac-No															
0.7	0.9	1.1-1.7															

elektronegativnost

← daje elektrone

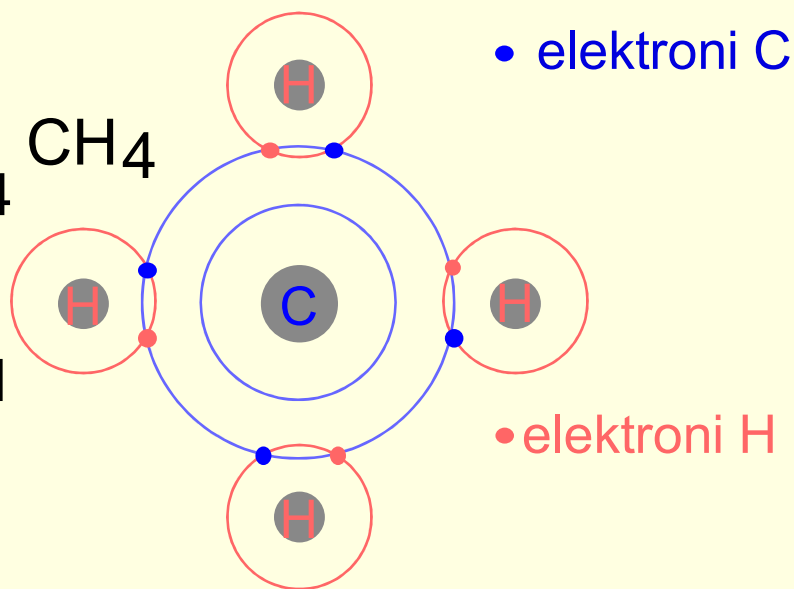
→ prima elektrone

Kovalentna veza

- odlika kovalentne veze je slična **elektronegativnost** atoma
- Atomi dele elektrone (tj formiraju elektronske parove)
- Veza je određena valentnošću
- Primer: CH₄

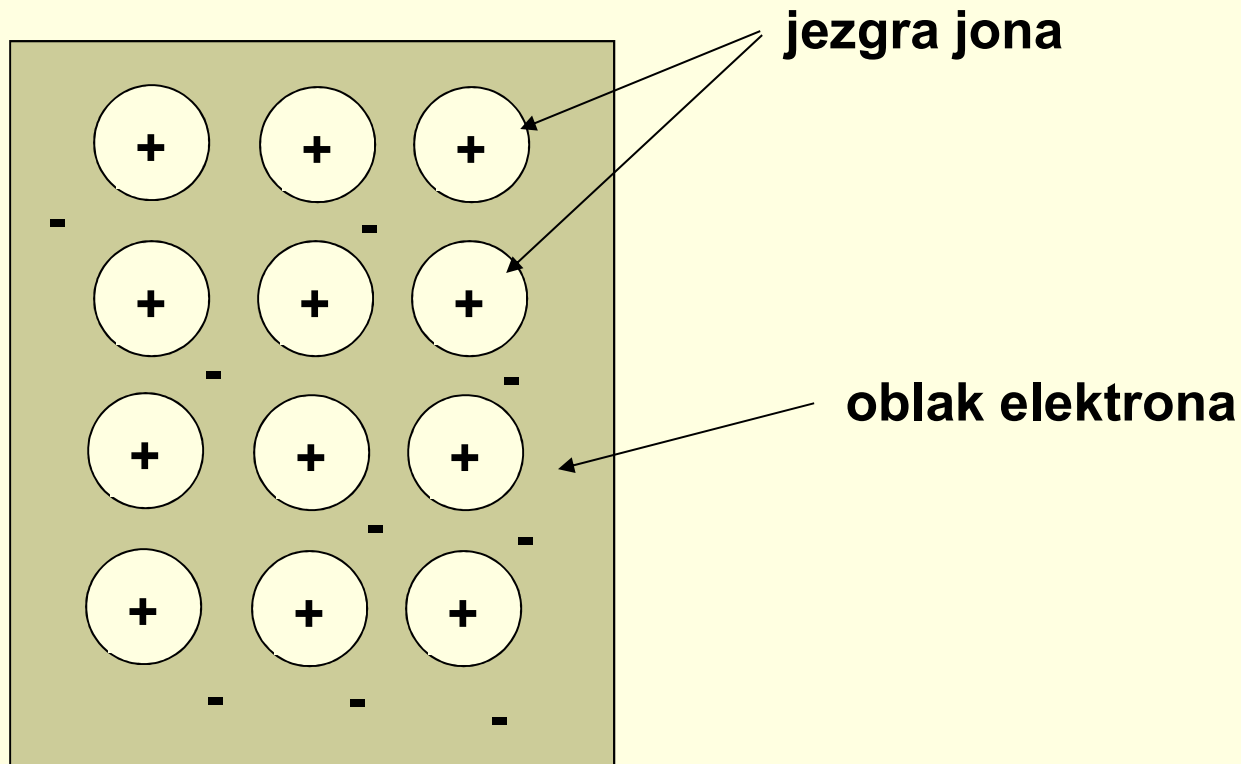
C: ima 4 valentna e⁻,
potrebna su mu još 4

H: ima 1 valentni e⁻,
potreban mu je još 1



mala razlika u elektronegativnosti

Metalna veza – čisto da je spomenemo!



mala elektronegativnost atoma – slabo privlače, tj vežu elektrone
i formira se elektronski oblak

Primarne veze – malo drugačija podela

Generalna podela veza može i ovako da izgleda:

- Metalna veza – elektronski oblak
- Jonsko-kovalentna mešovita veza

$$\% \text{ jonske veze} = \left(1 - e^{-\frac{(X_A - X_B)^2}{4}} \right) \times (100\%)$$

X_A & X_B – elektronegativnost elemenata A i B

Primer: MgO

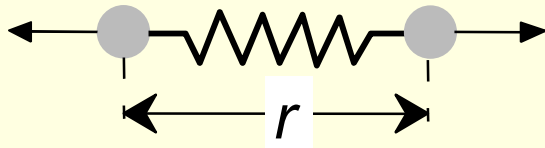
$$\begin{aligned} X_{\text{Mg}} &= 1.3 \\ X_{\text{O}} &= 3.5 \end{aligned}$$

$$\% \text{ jonski deo} = \left(1 - e^{-\frac{(3.5 - 1.3)^2}{4}} \right) \times (100\%) = 70.2\% \text{ jonska}$$

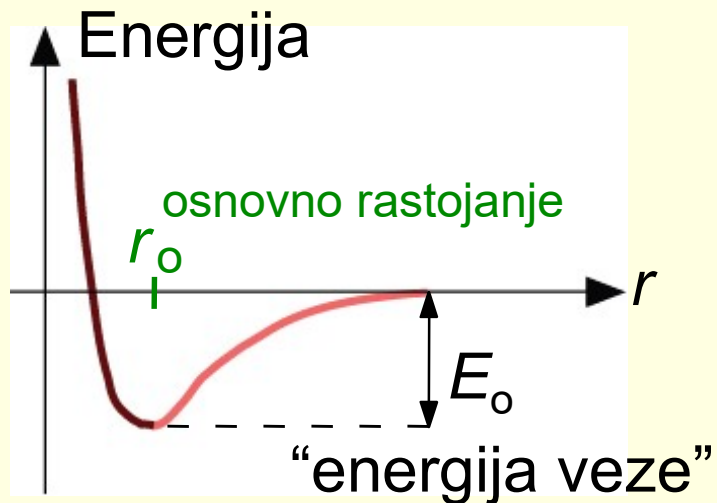
Šta zavisi od veze?

Npr. temperatura topljenja: T_t

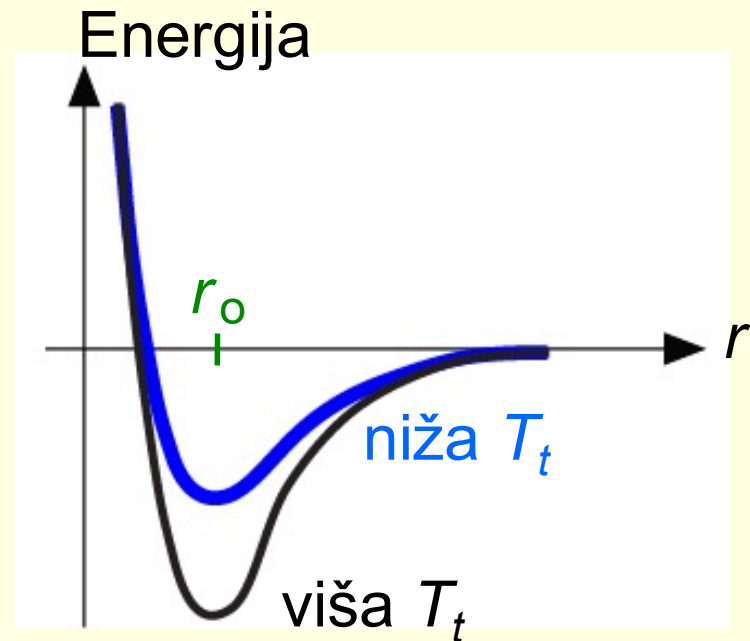
- **rastojanje, r**



- **energija veze, E_o**



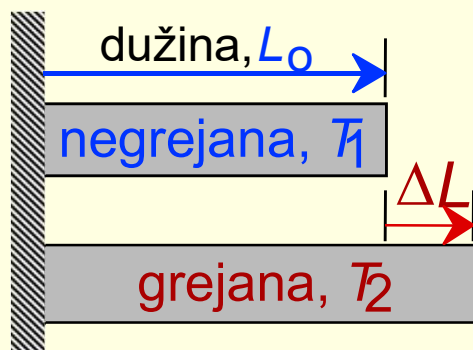
- **temperatura topljenja, T_t**



T_t je viša ako je energija veze viša tj. E_o ima veću vrednost.

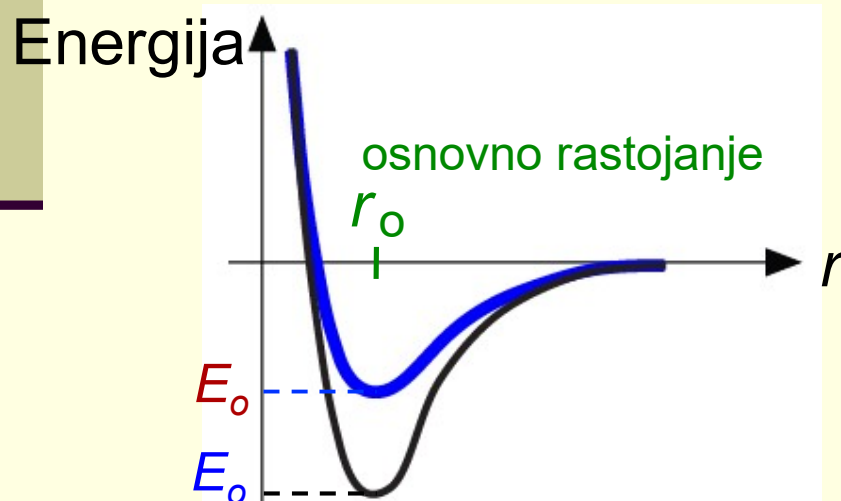
Šta još zavisi od energije veze? α

- **Koeficijent lin. širenja**, α



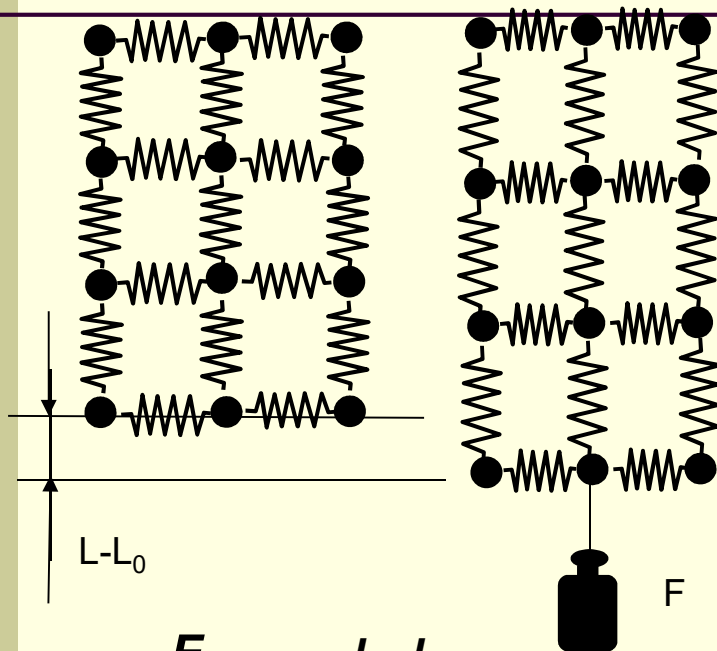
Koeficijent lin. širenja

$$\frac{\Delta L}{L_0} = \alpha (T_2 - T_1)$$



Sa zagrevanjem slabe veze.
 α je veće ako je energija
veze manja.

Šta još zavisi od energije veze? E

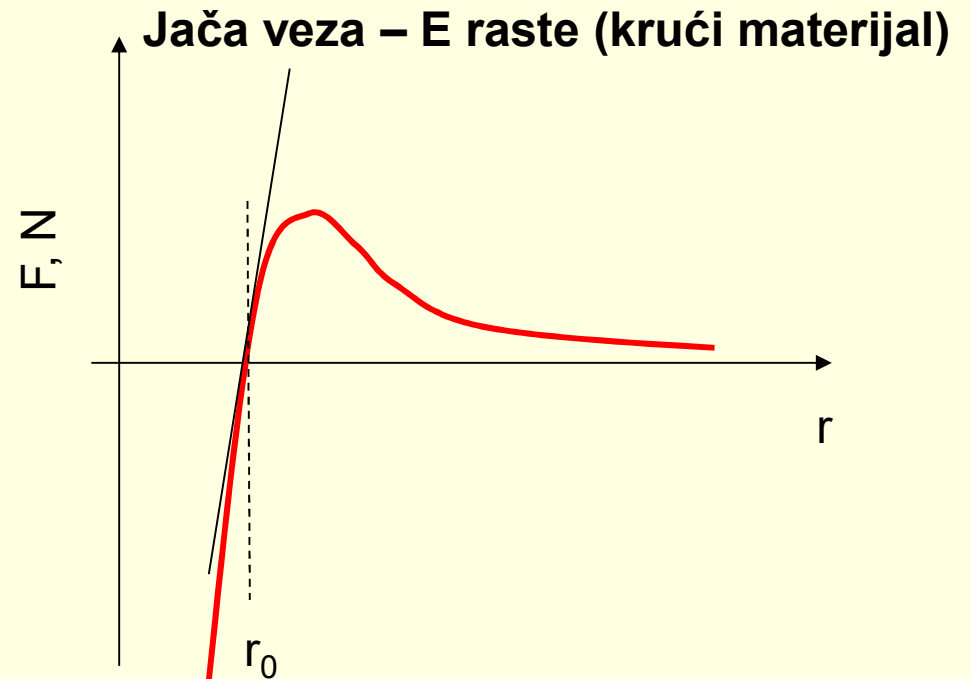


$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0}$$

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

Hukov zakon

E – Jungov modul elastičnosti



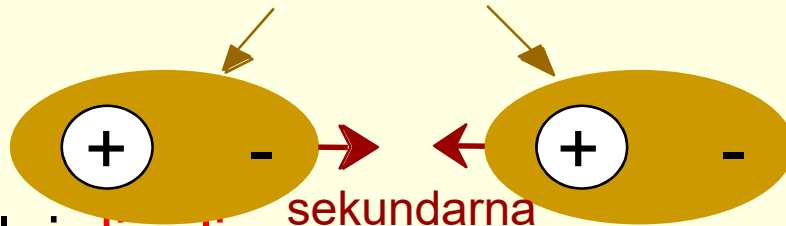
Sa porastom temperature E opada

Sekundarne veze - VAN DER WAALS

Veze koje se uspostavljaju između **dipola** – praktično kod svih molekula

- promenljivi **dipoli**

asimetrično naelektrisanje

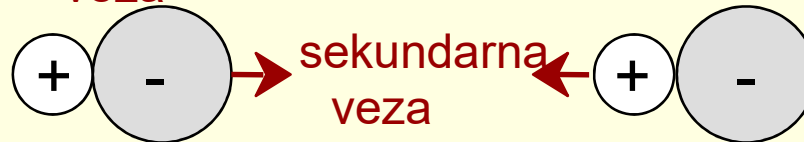


npr: tečni H₂
H₂ → ← H₂

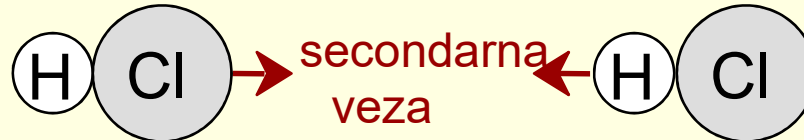


- stalni **dipoli**

-opšti slučaj:



-npr: tečni HCl



-npr: polimeri



sekundarna veza
Van der Waals

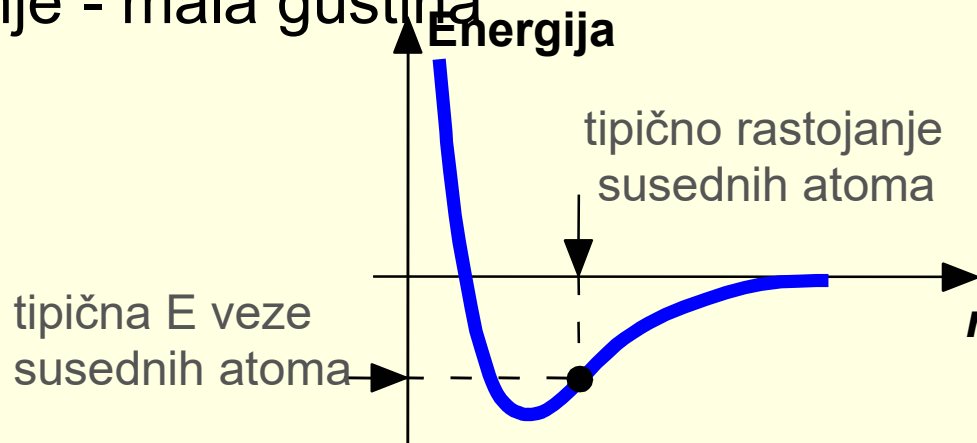
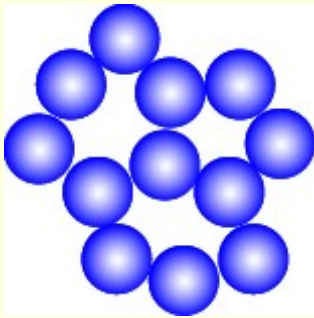
Najjače sekundarne veze su između H i F, O i N – **vodonična veza** ³⁰

Atomske veze - poređenje

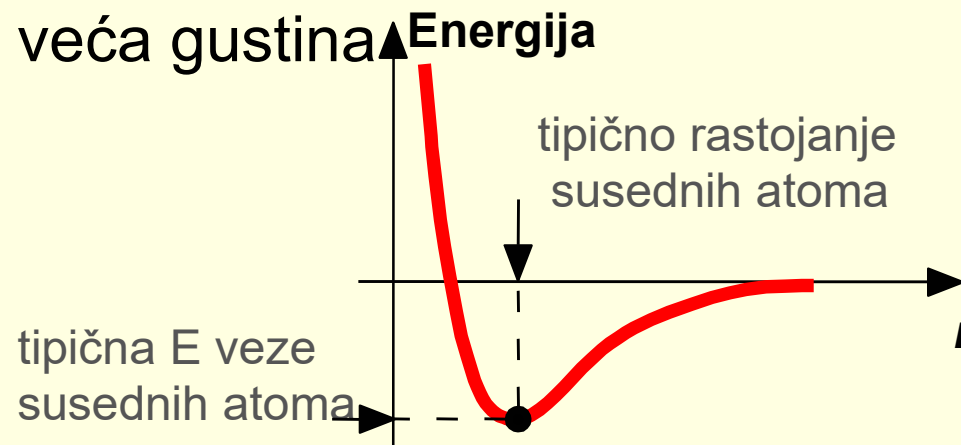
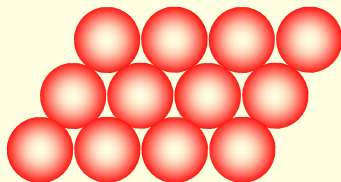
<u>Tip</u>	<u>Energija veze</u>	<u>Napomena</u>
Jonska	Velika!	Neusmerena (keramike)
Kovalentna	različita velika - dijamant mala - bizmut	usmerena (poluprovodnici , keramike lanci polimera)
Metalna	promenljiva velika - W mala- Hg	neusmerena (metali)
Sekundarna	najmanja	usmerena između lanaca (polimeri) između molekula

Raspored atoma

- **nasumično** pakovanje - mala gustina



- **uređeno** pakovanje- veća gustina

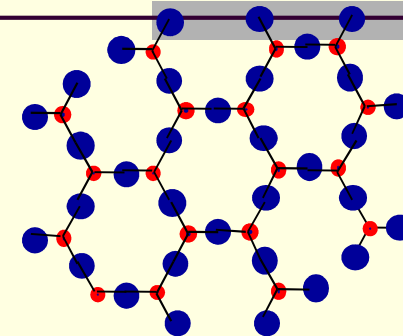


Guste, uređeno pakovane strukture imaju jaču vezu

Raspored atoma

Kristalni materijali...

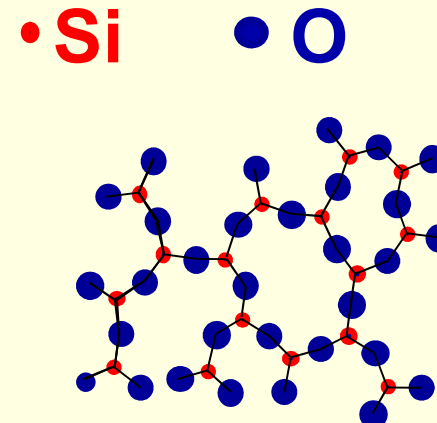
- periodično, 3D pakovanje
- tipično za
 - metale
 - mnoge keramike
 - neke polimere



kristalni SiO₂

Nekristalni ili amorfni materijali...

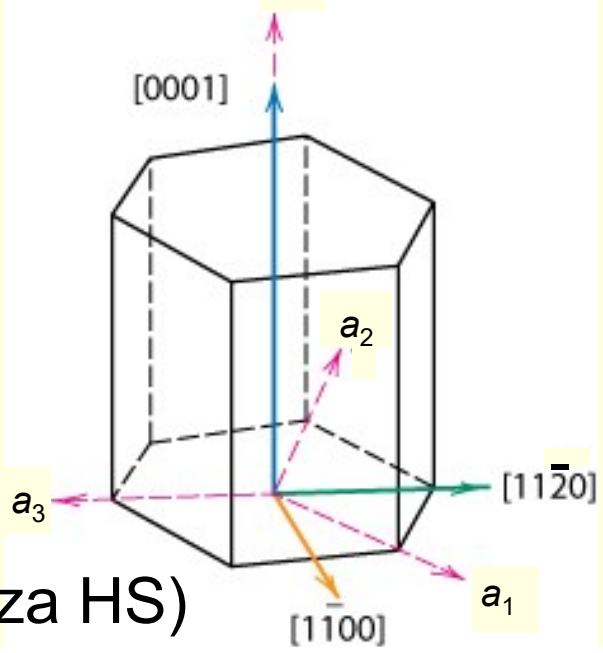
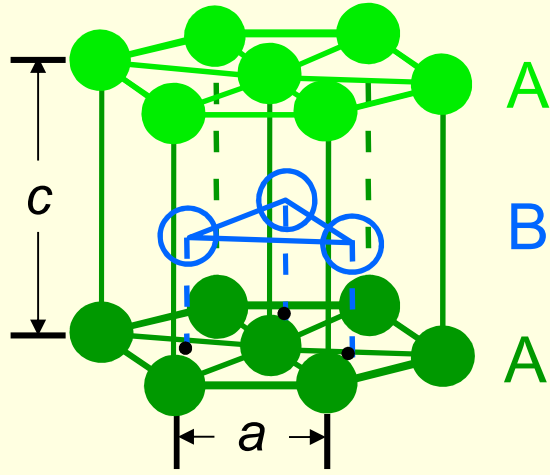
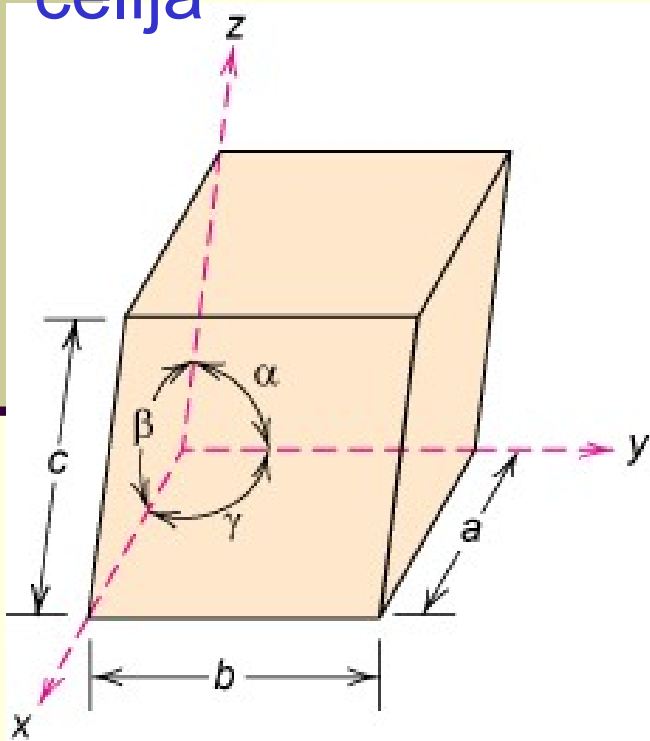
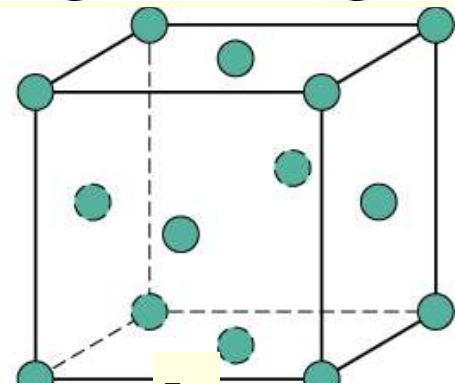
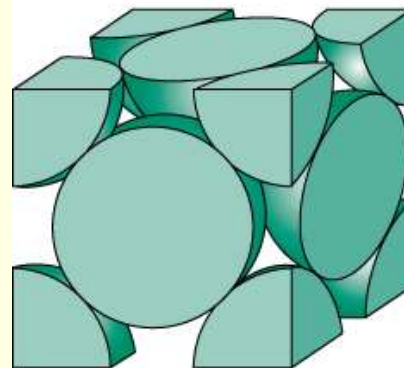
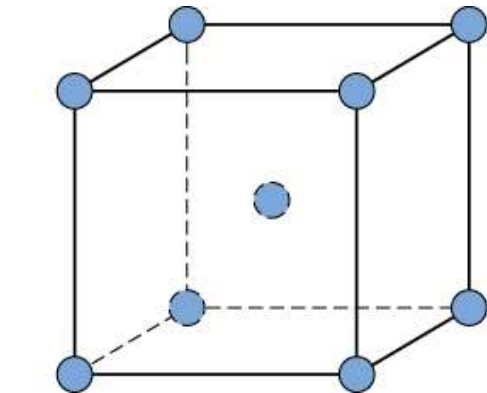
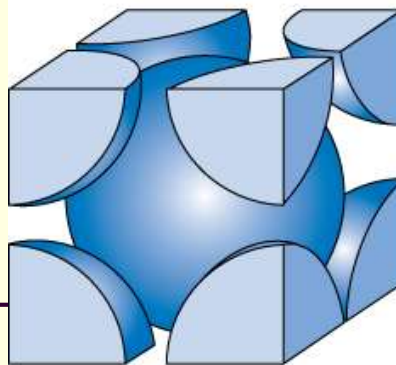
- atomi nisu složeni uređeno
- tipična za:
 - kompleksne strukture
 - naglo hlađenje



nekristalni SiO₂

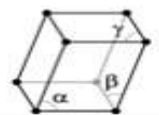
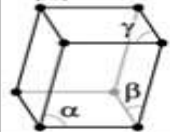
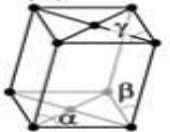
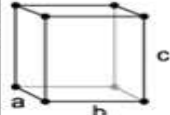
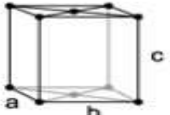
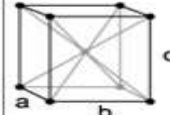
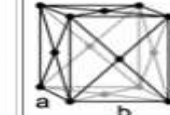
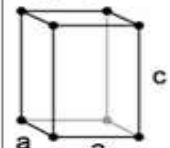
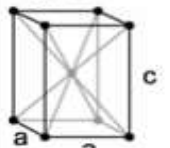
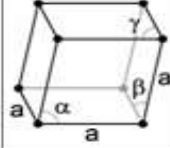
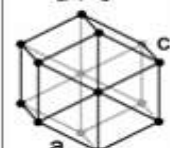
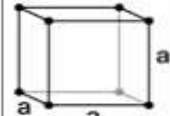
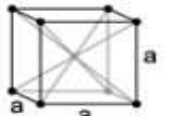
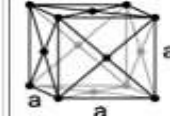
Kristalne rešetke

jedinična
ćelija



parametri rešetke: a , b , c i uglovi (jedan više za HS)

14 Bravaisovih rešetki

<u>triclinic</u>	$\alpha, \beta, \gamma \neq 90^\circ$ 			
<u>monoclinic</u>	simple $\alpha \neq 90^\circ$ $\beta, \gamma = 90^\circ$ 	centered $\alpha \neq 90^\circ$ $\beta, \gamma = 90^\circ$ 		
<u>orthorhombic</u>	simple $a \neq b \neq c$ 	base-centered $a \neq b \neq c$ 	body-centered $a \neq b \neq c$ 	face-centered $a \neq b \neq c$ 
<u>tetragonal</u>	simple $a \neq c$ 	body-centered $a \neq c$ 		
<u>rhombohedral</u>	$\alpha, \beta, \gamma \neq 90^\circ$ 			
<u>hexagonal</u>	$a \neq c$ 			
<u>cubic</u>	simple 	body-centered 	face-centered 	

Teorijska gustina, ρ

$$\text{gustina} = \rho = \frac{\text{masa atoma u jediničnoj ćeliji}}{\text{zapremina jedinične ćelije}}$$

$$\rho = \frac{n A}{V_C N_A}$$

gde su

n = broj atoma/ćeliji

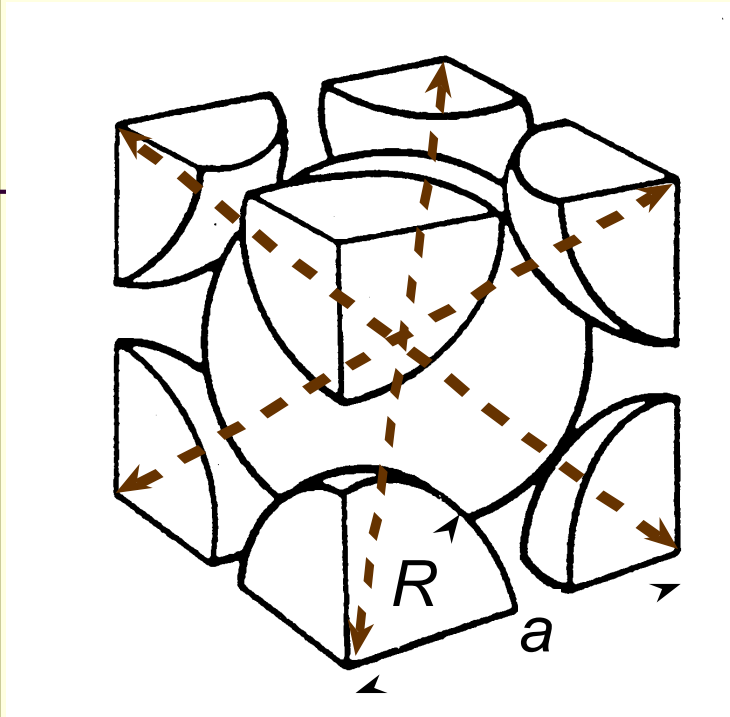
A = atomska masa

V_C = zapremina jed. ćelije = a^3 za kubnu rešetku

N_A = Avogadrov broj = 6.023×10^{23} atom/mol

Gustina određuje masu i težinu konstrukcije

Primer: Cr



Cr (ZCK)

$A = 52.00 \text{ g/mol}$

$R = 0.125 \text{ nm}$

$n = 2$

$$a = 4R\sqrt{3} = 0.2887 \text{ nm}$$

$\frac{\text{atoma}}{\text{jed. ćeliji}} \rightarrow 2 \quad 52.00$

$\frac{\text{g}}{\text{mol}}$

$\rho_{\text{teorijska}}$	$= 7.18 \text{ g/cm}^3$
ρ_{izmerena}	$= 7.19 \text{ g/cm}^3$

$$\rho = \frac{2 \cdot 52.00}{0.2887^3 \cdot 6.023 \times 10^{23}}$$

$\frac{\text{zapremina}}{\text{jed. ćelija}}$

$\frac{\text{atoma}}{\text{mol}}$

Gustina po klasama materijala

generalno

$$\rho_{\text{metal}} > \rho_{\text{keramika}} > \rho_{\text{polimera}}$$

Zašto?

Metali imaju...

- gusto pakovanje (metalna veza)
- često veliku atomsku masu

Keramike...

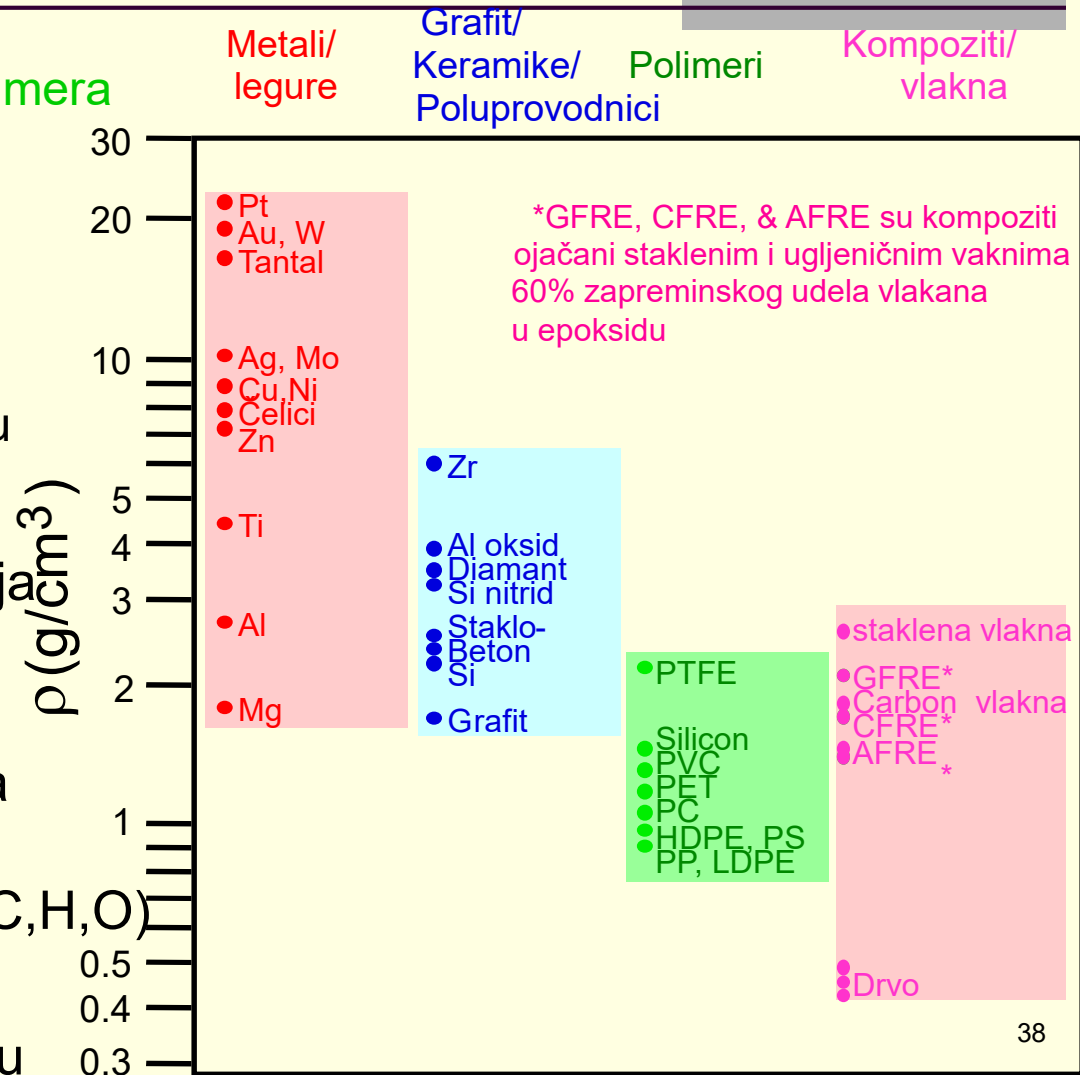
- manju gustinu pakovanja
- grade ih lakši elementi

Polimeri...

- mala gustina pakovanja (često amorfne)
- grade ih laki elementi (C,H,O)

Kompoziti...

- zavisi od građe - između



Kristalna struktura

- Za neke inženjerske primene neophodni su monokristali:
 - dijamantski monokristali za skidanje površine abrazijom



-lopatice gasnih turbina



- Osobine kristalnih materijala zavise od njegove kristalne strukture.

- Npr: Kvarc, ali i drugi materijali, lakše se lome po određenim kristalografskim ravnima



Polikristali

- *Većina inženjerskih materijal ima strukturu polikristala.*



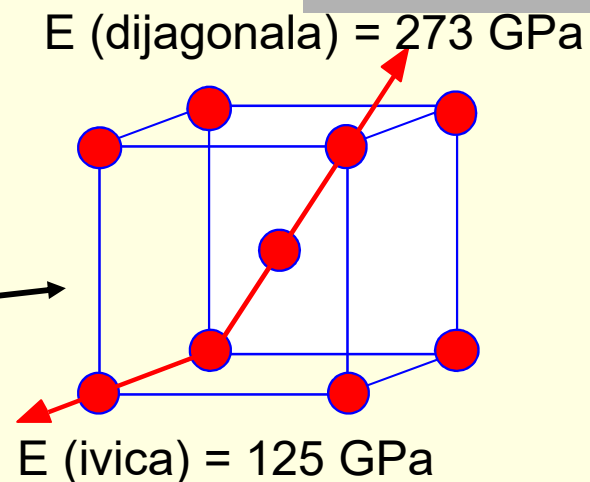
- Nb-Hf-W lim sa zavarenim spojem dobijenim el. snopom.
- Svako "zrno" je približno jedan monokristal.
- Ako su zrna nasumično orijentisana – kvaziizotropna struk.
- Tipična veličina zrna može da bude 1nm - 2 cm!
(tj., od nekoliko do milion atomskih slojeva).

Poređenje monokristala i polikristala

- Monokristal

- Osobine zavise od pravca
anizotropan.

- Npr: modul elastičnosti kod KZC rešetke Fe

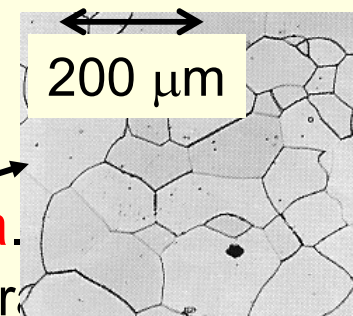


- Polikristali

- Mogu da budu kvaziizotropni ili anizotropni

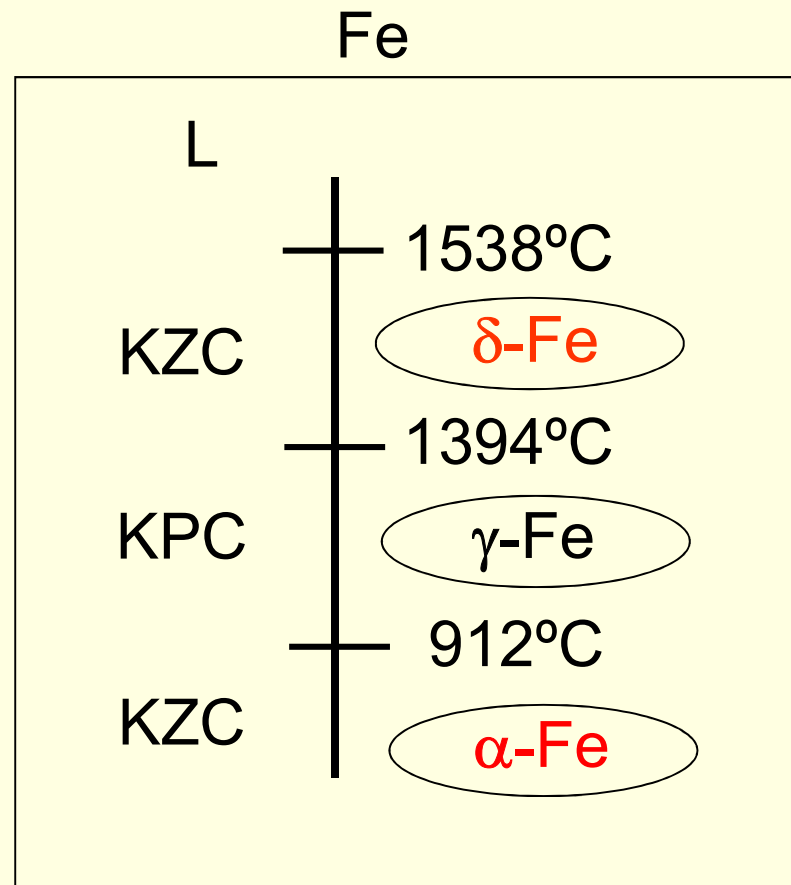
- Npr.: pologonalna struktura je: **kvaziizotropna.**

- ($E_{\text{poli Fe}} = 210$ GPa): hladno deformisana struktura (tekstura) je **anizotropna.**



Polimorfija

- Promena kristalne rešetke - sa temperaturom i pritiskom
- Ti - α , β -Ti
- CrO_2 - α , β oblik
- SiC – heksagonalna, romboedarska i KPC – POLIMORFIJA PAKOVANJA
- Sn - α ili sivi kalaj, β ili beli kalaj



■ Hvala na pažnji😊