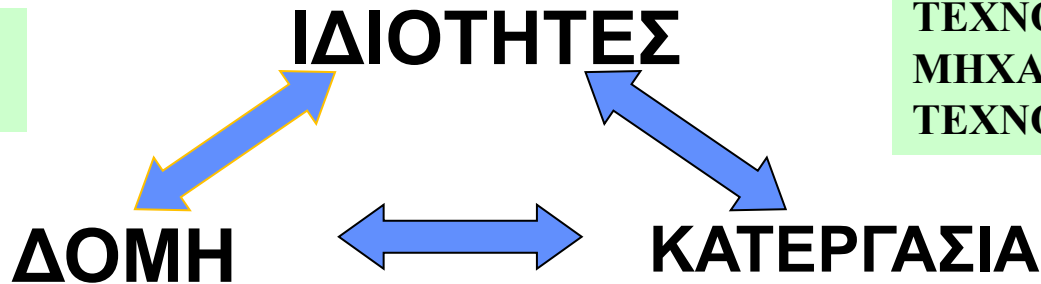


Συσχέτιση

Δομής (structure)
Ιδιοτήτων (properties)
κατεργασίας (Processing)

ΕΠΙΣΤΗΜΗ
ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΛΙΚΩΝ-
ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΙΚΗ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ



ΔΟΜΗ ΥΛΙΚΩΝ

STRUCTURE OF MATERIALS

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ
(Κατανομή ηλεκτρονίων-
ηλεκτρόνια σθένους)

- Αγώγιμα Υλικά
- Διηλεκτρικά Υλικά
- Μαγνητικά Υλικά
- Ημιαγώγιμα Υλικά
- Οπτικές ιδιότητες - Υλικά

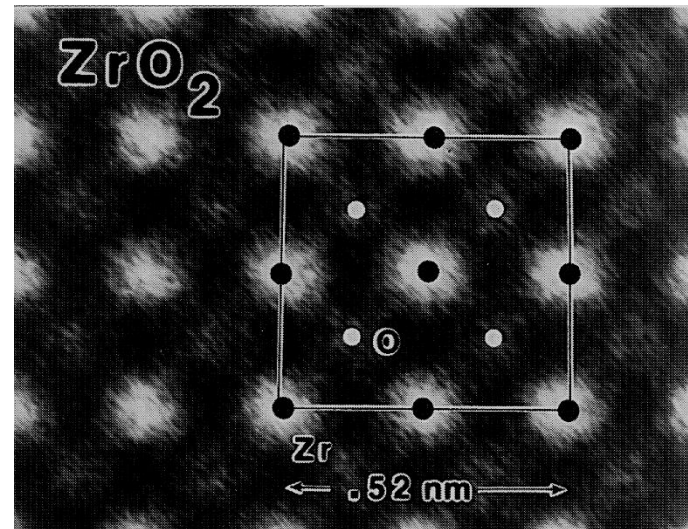
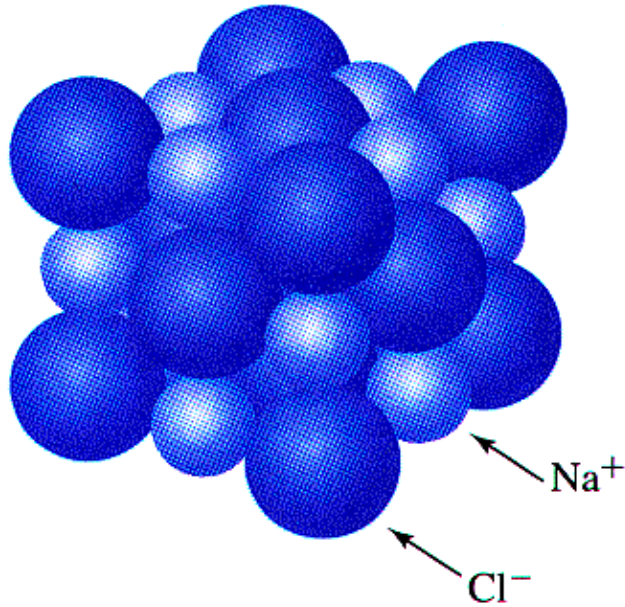
ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΔΟΜΗ

Τρόπος σύνδεσης
των ατόμων
(Δεσμοί)

Διευθέτηση των ατόμων
στο χώρο

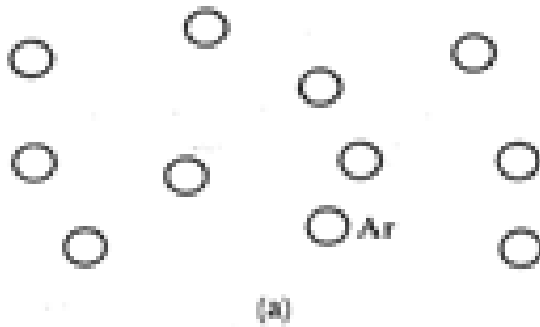
ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΗ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΕΣ ΔΟΜΕΣ

Crystalline & Noncrystalline Structures

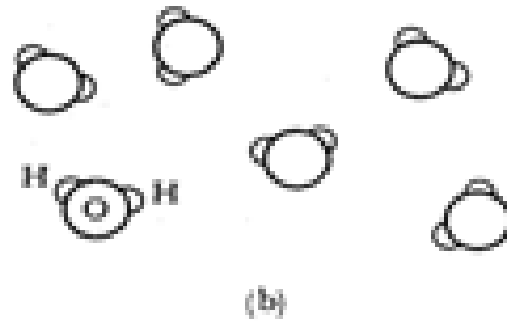


Παραδείγματα δομών σε σύγκριση με την κρυσταλλική δομή

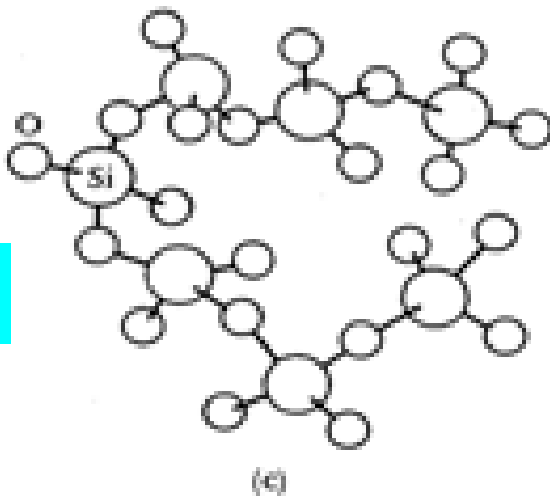
Αέριο



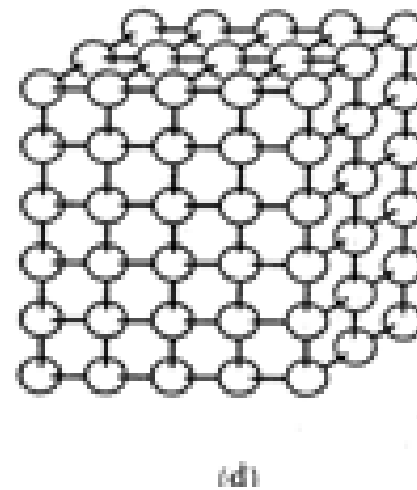
Υδατμοί



Γυαλί



Μέταλλο



Βασικοί ορισμοί

□ *Κρυσταλλικά υλικά (Crystalline Material):*

- Τα άτομα του υλικού είναι διευθετημένα σε περιοδικά επαναλαμβανόμενες θέσεις σε μεγάλη έκταση στη δομή του υλικού. (Καθορισμένες θέσεις των ατόμων στο χώρο)

□ *Μη κρυσταλλικά ή άμορφα υλικά (Noncrystalline or amorphous material):*

- Δεν υπάρχει μεγάλης έκτασης τάξη.
«Τυχαίες θέσεις των δομικών μονάδων στη δομή» «Δομές περιορισμένης συμμετρίας»

□ Κρυσταλλικά υλικά:

Όλα τα μέταλλα και τα κράματα
Πολλά κεραμικά
Ορισμένα πολυμερή

□ Άμορφα υλικά:

-Γυαλί
-Πολυμερή

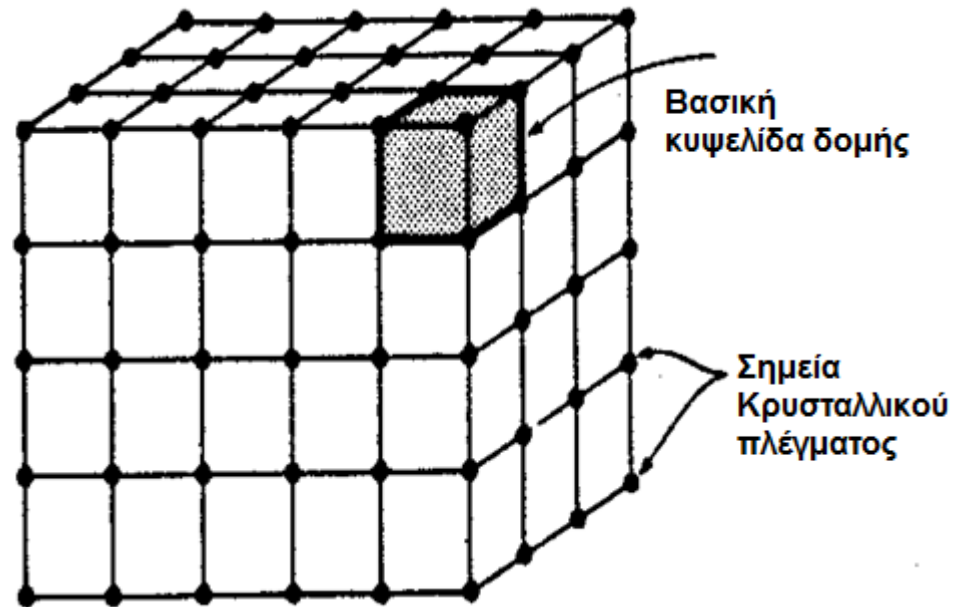
Ανάλυση της κρυσταλλικής δομής των μετάλλων

Κρυσταλλική κυψελίδα →
Επανάληψη μυριάδες φορές →
Κρυσταλλικό πλέγμα

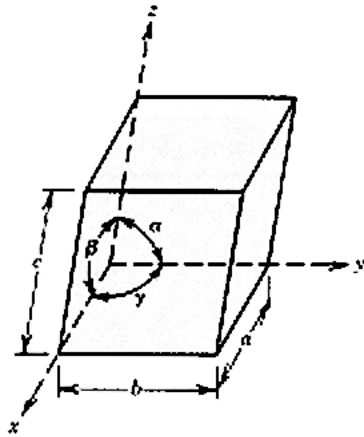
«Τρισδιάστατη δομή η οποία διατηρεί όλα τα στοιχεία συμμετρίας της κυψελίδας»

Βασικές δομές των μετάλλων:

B.C.C , F.C.C , C.P.H



Τα επτά κρυσταλλικά συστήματα

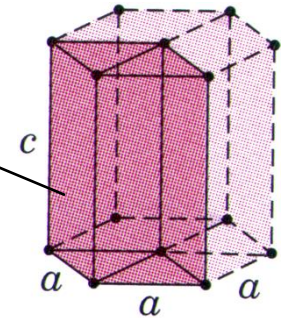


Geometry of a general unit cell

where: a , b , c and α , β , γ are lattice Parameters for a system.

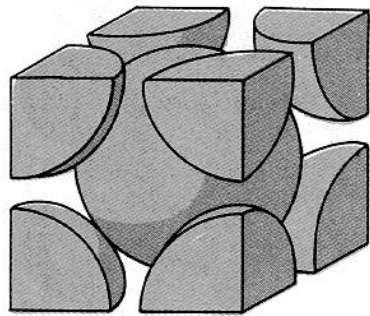
THE SEVEN CRYSTAL SYSTEMS

System	Axial lengths and angles ^a	Unit cell geometry
Cubic	$a = b = c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	
Tetragonal	$a = b \neq c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	
Orthorhombic	$a \neq b \neq c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	
Rhombohedral	$a = b = c, \alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$	
Hexagonal	$a = b \neq c, \alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$	
Monoclinic	$a \neq b \neq c, \alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$	
Triclinic	$a \neq b \neq c, \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$	

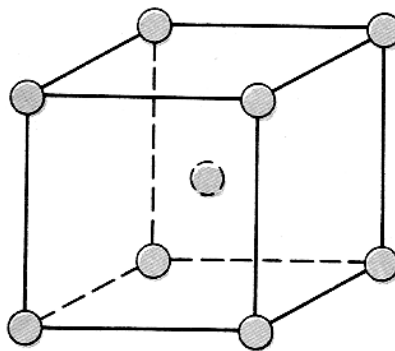


Κρυσταλλικές δομές των μετάλλων

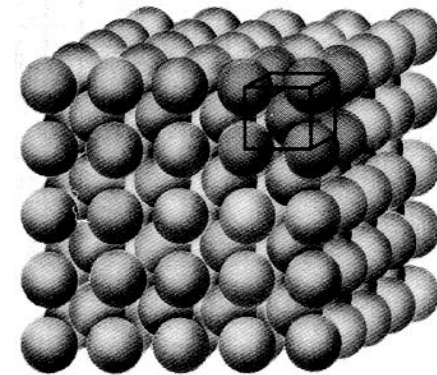
Ενδοκεντρωμένη ή χωροκεντρωμένη κυβική δομή
The Body-Centered Cubic (BCC) Crystal Structure



(a)



(b)



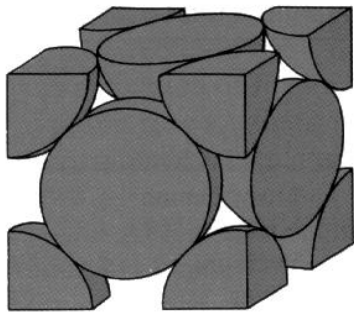
(c)

APF(κάλυψη χώρου): 0.68

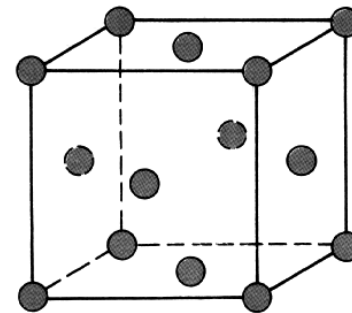
Coordination No(Αριθμός συναρμογής):- 8

Κρυσταλλικές δομές των μετάλλων

- Ολοεδρικά κεντρωμένη ή εδροκεντρωμένη κυβική δομή
- Face-centered cubic (FCC) Crystal Structure



(a)



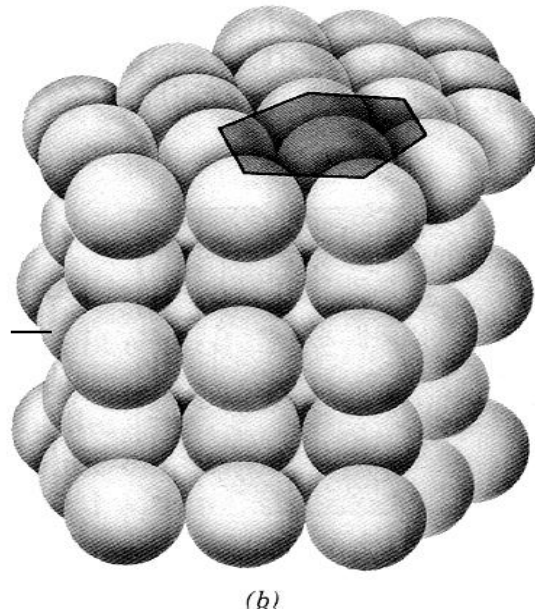
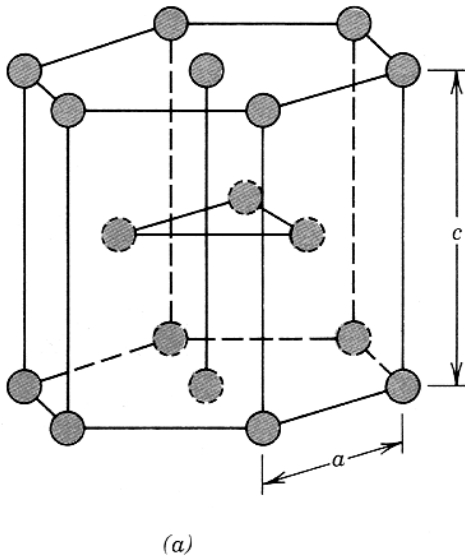
(b)

APF(κάλυψη χώρου): 0.74

Coordination No(αριθμός συναρμογής): 12

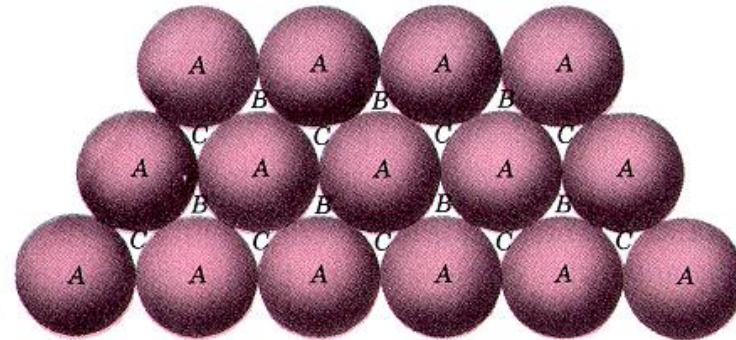
Κρυσταλλικές δομές των μετάλλων

- Εξαγωνική δομή πυκνής συσσώρευσης
- The Hexagonal Closed-Packed (HCP) Crystal Structure

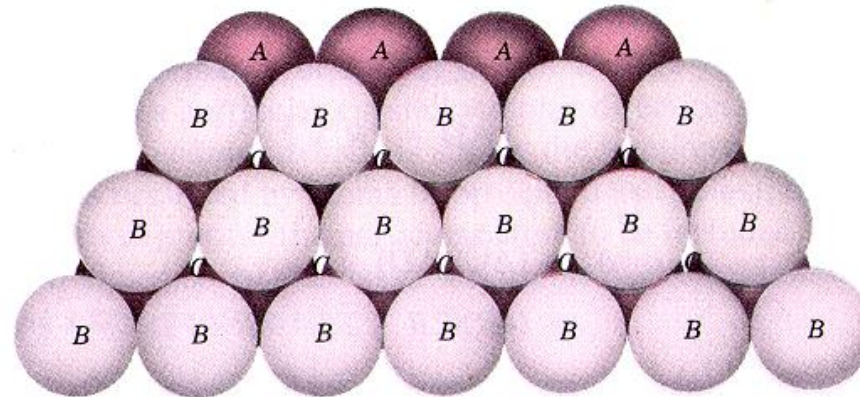


APF(κάλυψη χώρου: 0.74
Αριθμός συναρμογής.: 12

Τα μέταλλα έχουν δομές πυκνής συσσώρευσης



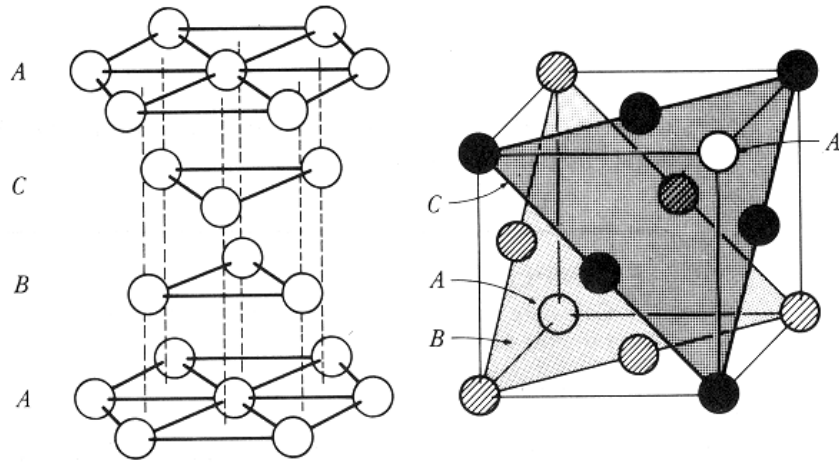
(a)



(b)

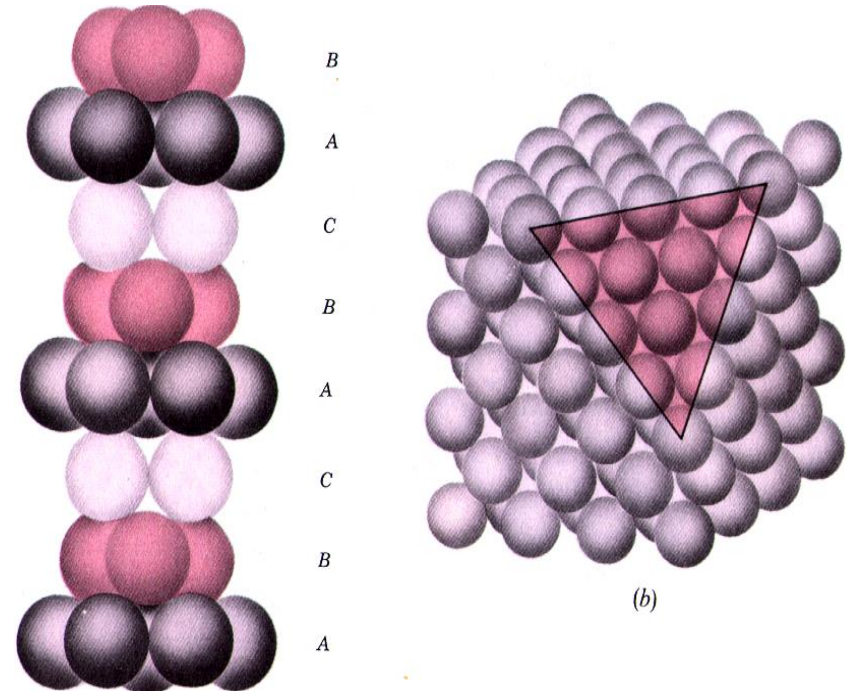
(a) A portion of a close-packed plane of atoms; A, B, and C positions are indicated. (b) The AB stacking sequence for close-packed atomic planes.

Κρυσταλλικές δομές πυκνής συσώρευσης Close-Packed Crystal Structures

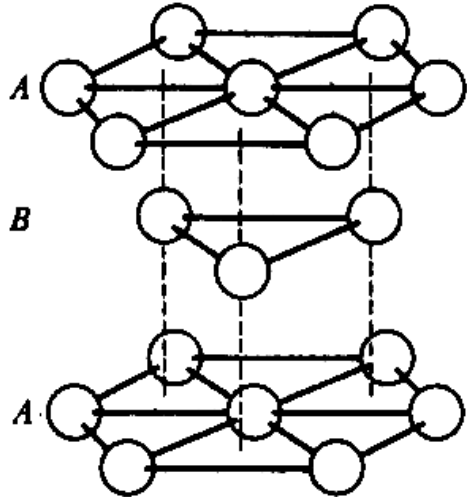


The *ABCABCABC* stacking sequence of close-packed planes produces the FCC structure.

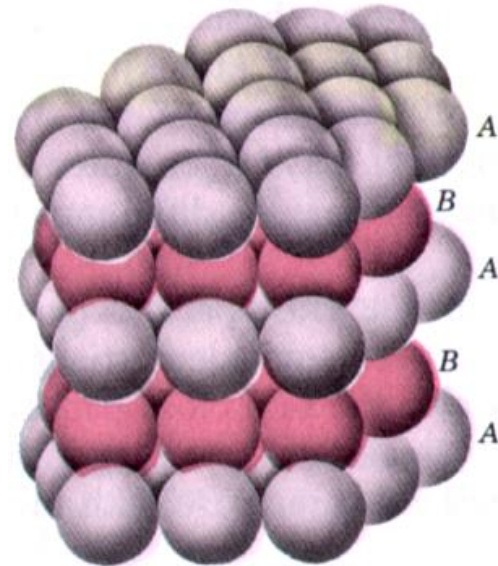
Face-centered Cubic (FCC) –
Εδροκεντρωμένη κυβική δομή



Τα μέταλλα έχουν δομές πυκνής συσσώρευσης



The *ABABAB* stacking sequence of close-packed planes produces the HCP structure.



Close-packed plane stacking sequence for hexagonal close-packed.

Εξαγωνική δομή πυκνής συσσώρευσης(HCP)

Χαρακτηριστικά των κυριότερων μεταλλικών κρυστάλλων

Characteristics of common metallic crystals

Structure	a_0 versus r	Coordination Number	Packing Factor	Typical Metals
Simple cubic (SC)	$a_0 = 2r$	6	0.52	None
Body-centered cubic (BCC)	$a_0 = 4r/\sqrt{3}$	8	0.68	Fe, Ti, W, Mo, Nb, Ta, K, Na, V, Cr, Zr
Face-centered cubic (FCC)	$a_0 = 4r/\sqrt{2}$	12	0.74	Fe, Cu, Al, Au, Ag, Pb, Ni, Pt
Hexagonal close-packed (HCP)	$a_0 = 2r$ $c_0 = 1.633a_0$	12	0.74	Ti, Mg, Zn, Be, Co, Zr, Cd

Κριτήρια κρυστάλλωσης των μετάλλων σε μια δομή

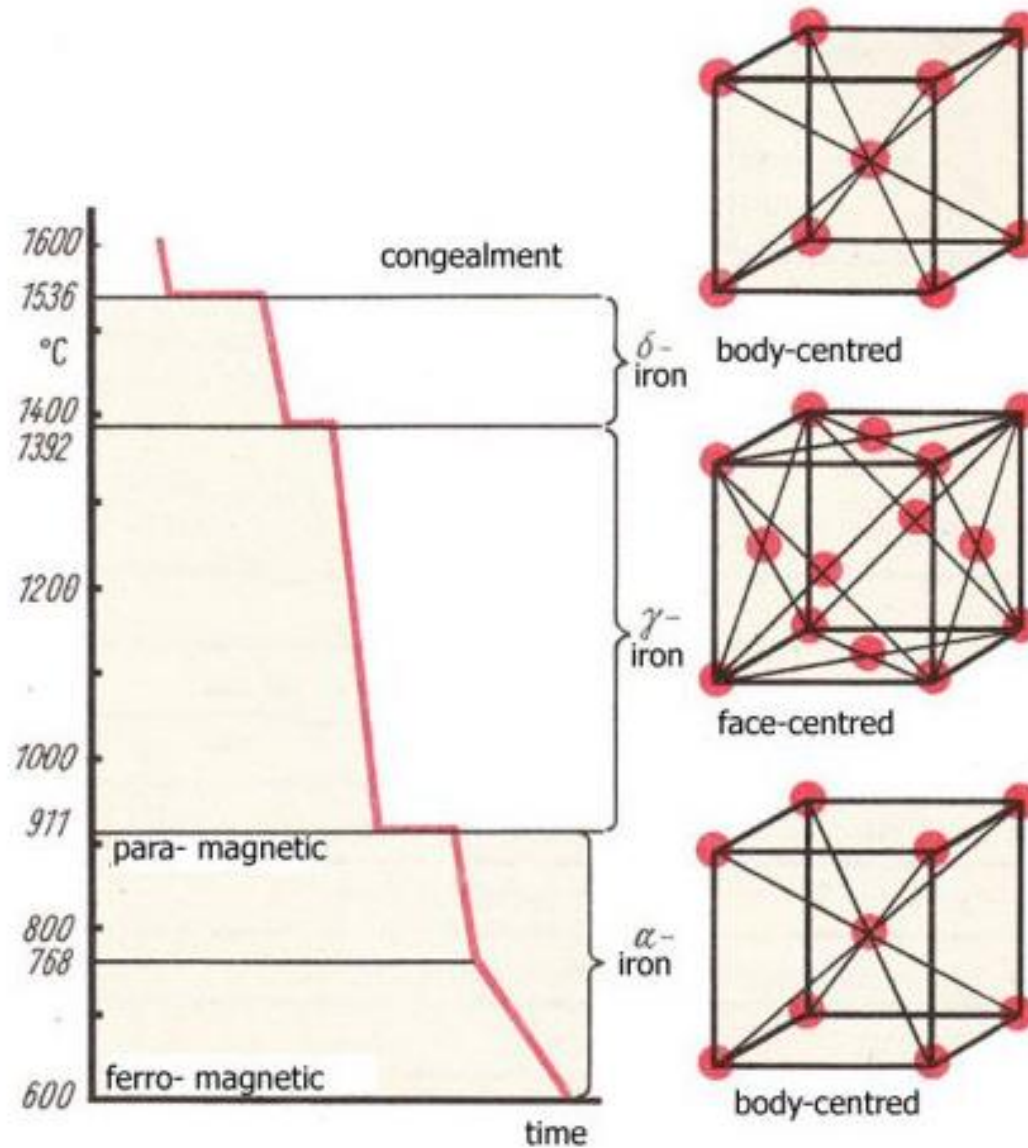
- Πυκνότερη δυνατή δομή
- Χαμηλότερη ενέργεια

Είναι οι δομές των μετάλλων αμετάβλητες;

Αλλοτροπία

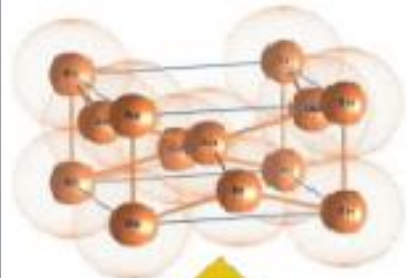
- «Τα υλικά εμφανίζουν διαφορετικές κρυσταλλικές δομές σε διαφορετικές θερμοκρασίες»
- **Φαινόμενο αντιστρεπτό**
- Συμβολισμός (Χρησιμοποιούνται τα μικρά ελληνικά γράμματα α -, β - , γ -)
- **Σημασία της αλλοτροπίας**
- Μερικά αλλοτροπικά μέταλλα: Sn, Co, Mn, Ni, Cr, Ti, Fe . Αλλοτροπικές μορφές του Fe
 - α -Fe , 0-768 °C , BCC(Μαγνητικός)
 - γ -Fe , 768-910 °C , μη μαγνητικός ,
 - γ -Fe , 910-1200 °C , FCC, δ -Fe >1200 °C BCC

Allotropes of iron



Color: White
 β -tin
(Body Centered Tetragonal)
 $a = 5.831 \text{ \AA}$, $c = 3.181 \text{ \AA}$

Density: 7.29 g/cm^3
at $15 \text{ }^\circ\text{C}$

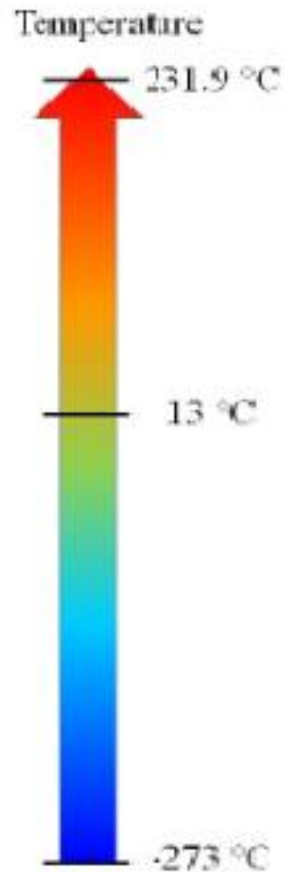


Allotropic transformation
(27% volume change)



Color: Grey
 α -tin (Diamond cube)
 $a = 6.489 \text{ \AA}$

Density: 5.77 g/cm^3
at $13 \text{ }^\circ\text{C}$



Allotropes - Sn

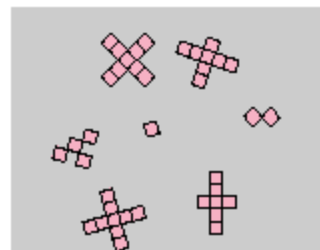


**Tin Disease – Buttons,
Cathedral organ pipes**

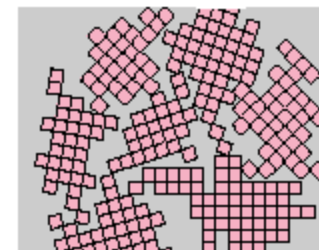
Είναι η δομή των μετάλλων μονοκρυσταλλική;

Η δομή των μετάλλων είναι πολυκρυσταλλική*

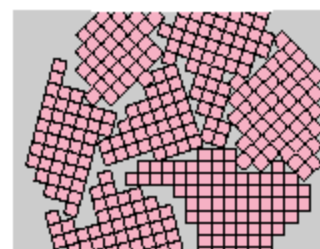
Μηχανισμός
κρυστάλλωσης των
μετάλλων



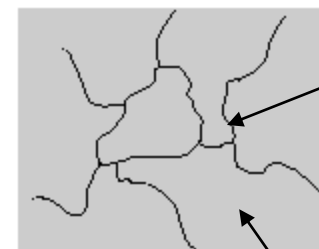
(a)



(b)



(c)



(d)

Όρια
κόκκων

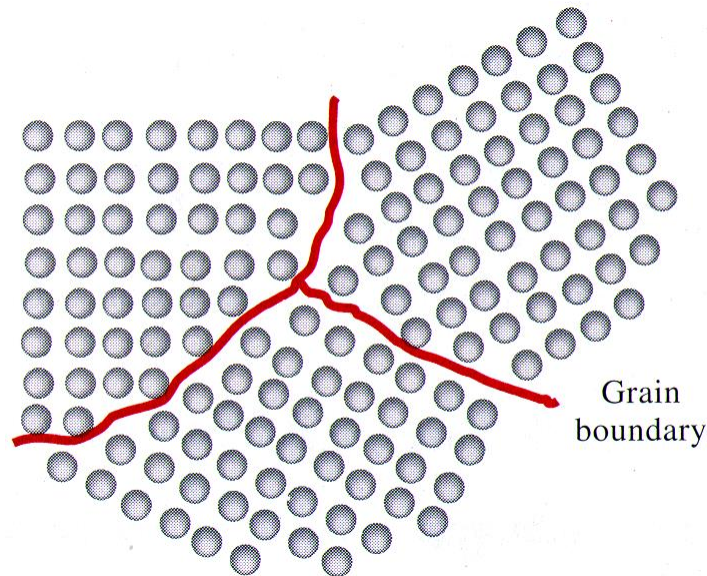
Κρυσταλλικοί
κόκκοι

*Υπάρχουν και μονοκρυσταλλικές δομές

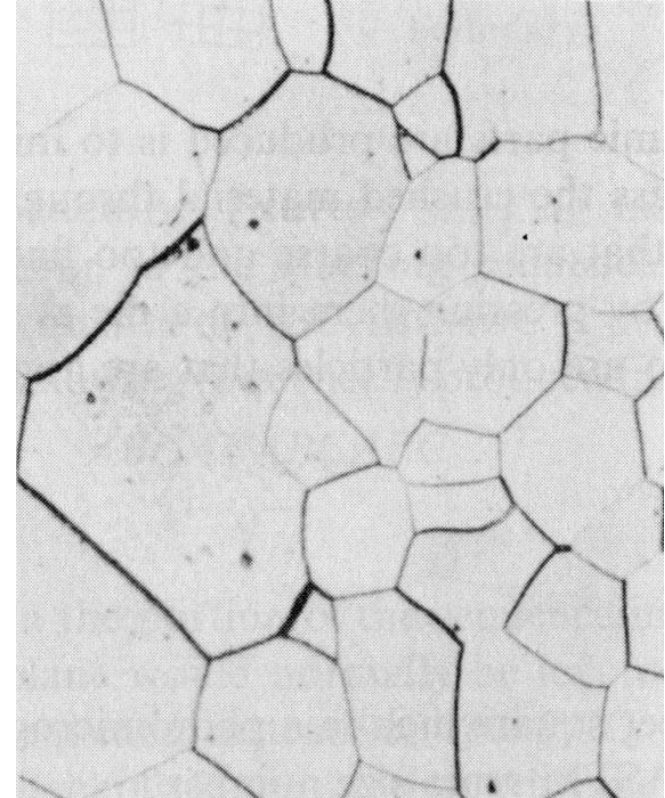
Οι οποίες δημιουργούνται σε ειδικές
συνθήκες

Πολυκρυσταλλική δομή των μετάλλων

Όρια κόκκων

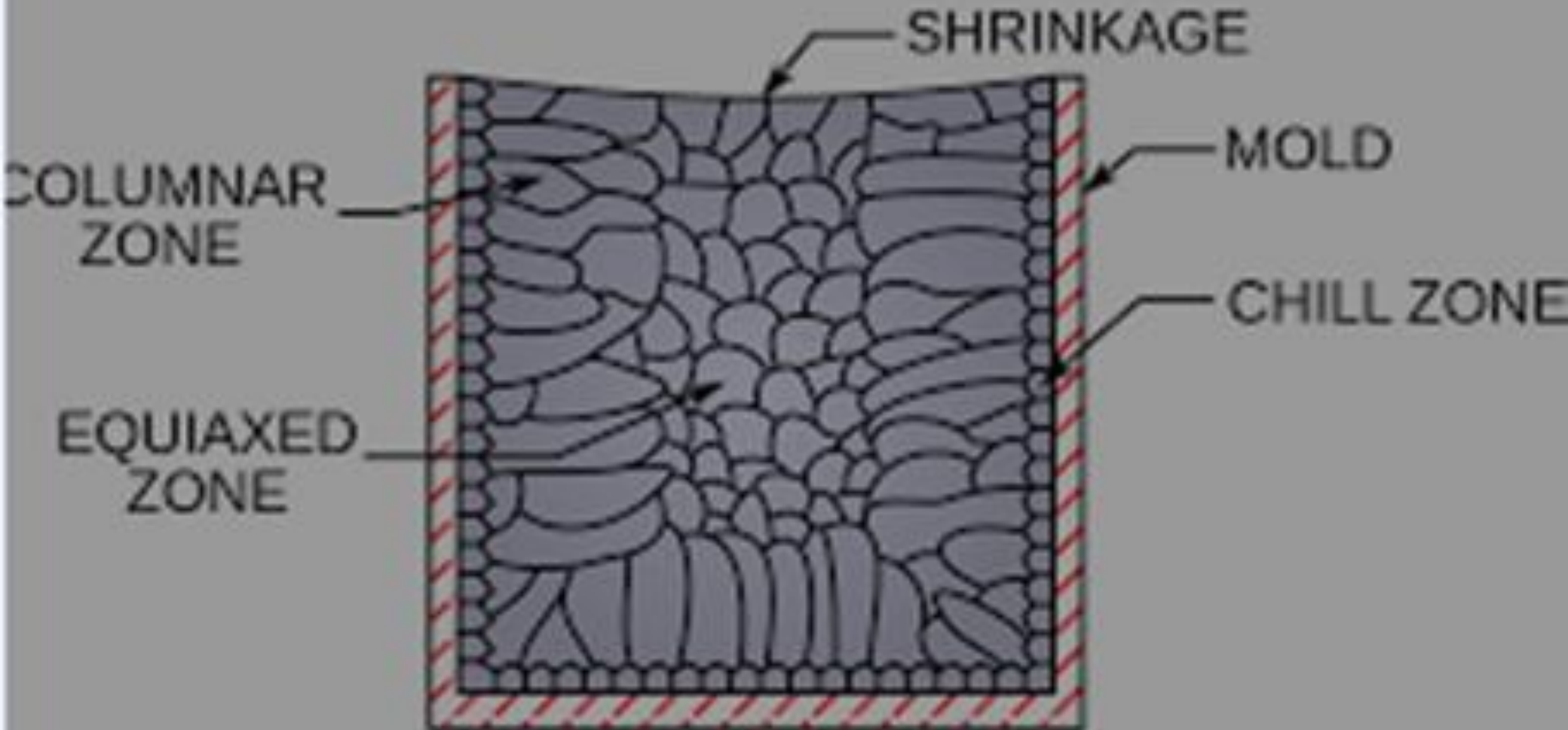


Τα άτομα στα όρια των κόκκων δεν έχουν συγκεκριμένη διεύθυνση, συνεπώς τα όρια των κόκκων είναι ζώνες άμορφης δομής



Microstructure of palladium, ($\times 100$).

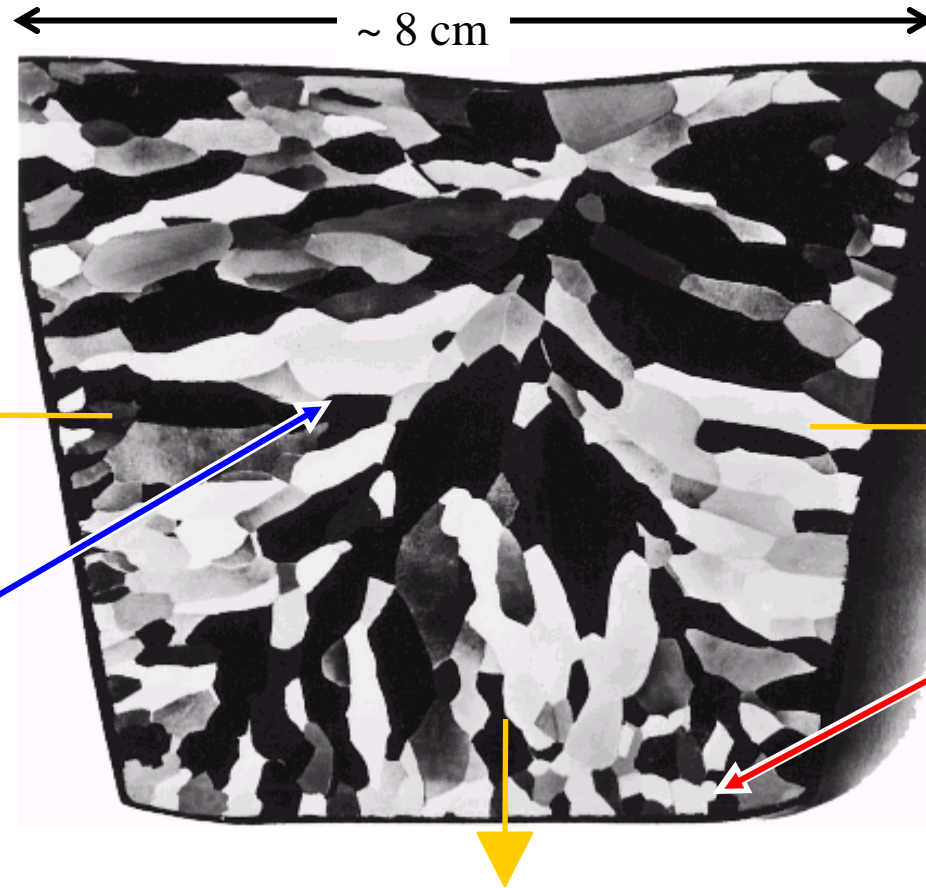
ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΣΗ ΣΕ ΟΓΚΩΔΗ ΧΥΤΕΥΜΑΤΑ INGOT CASTING



Solidification

Grains can be

- equiaxed (roughly same size in all directions)
- columnar (elongated grains)



Columnar in area with less undercooling

Shell of equiaxed grains due to rapid cooling (greater ΔT) near wall

Adapted from Fig. 5.17, *Callister & Rethwisch 3e.*

Grain Refiner - added to make smaller, more uniform, equiaxed grains.



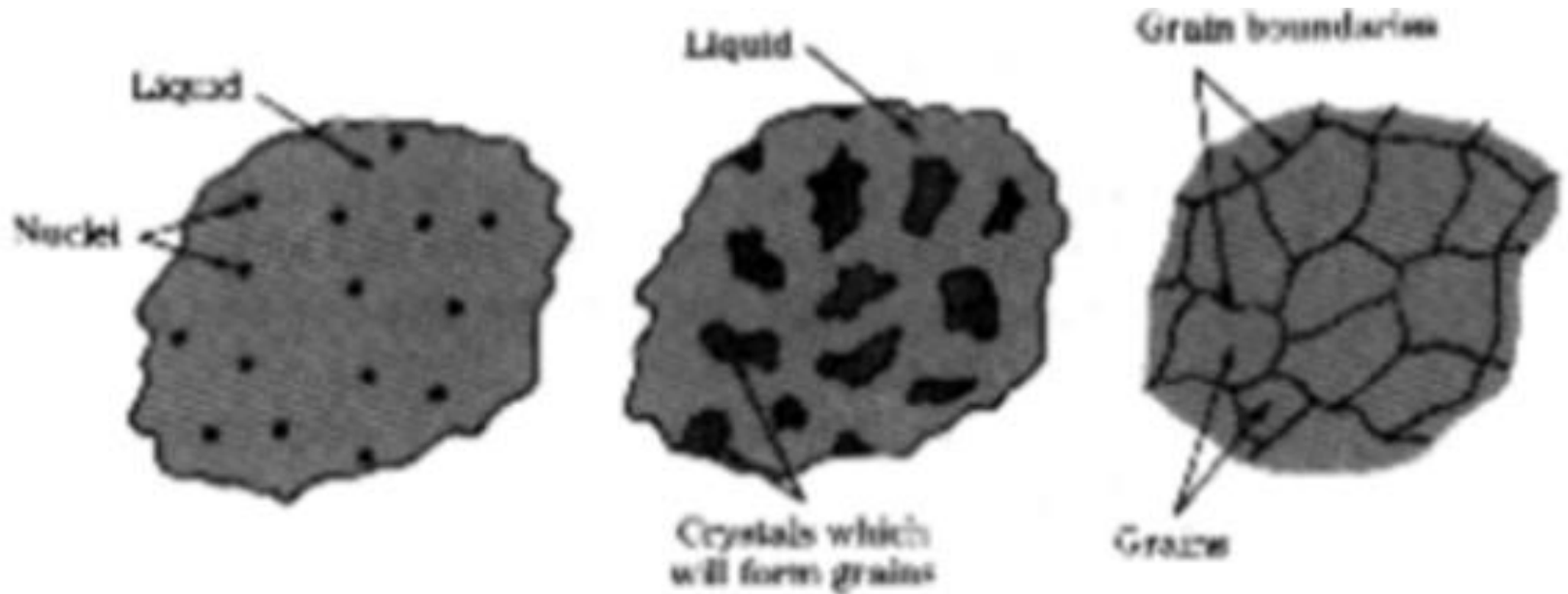
Columnar structure



Isometric structure

ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΜΙΚΡΟΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΗ ΔΟΜΗ

Με προσθήκη πυρήνων κρυστάλλωσης
χύτευση με εμβολιασμό (inoculation casting)



(a) Formation of stable nuclei

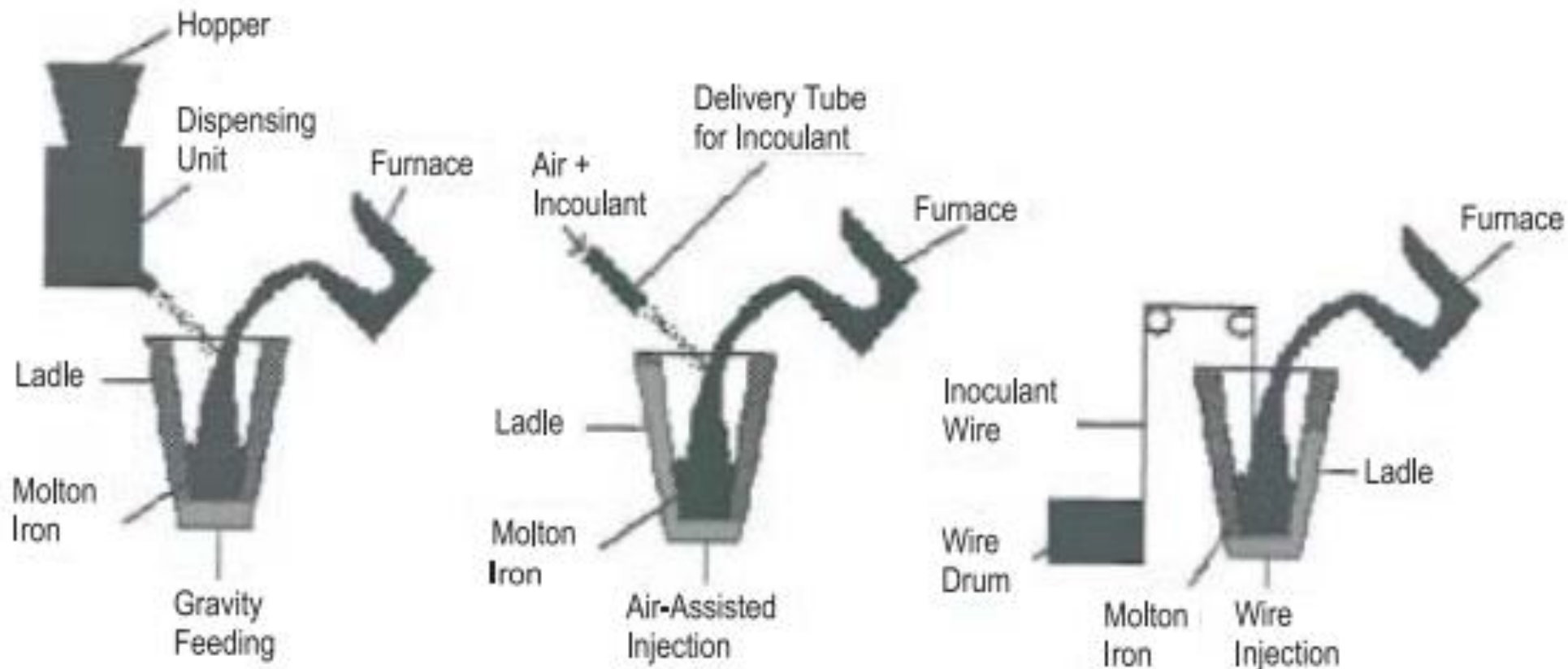
(b)

(c) Growth of crystals

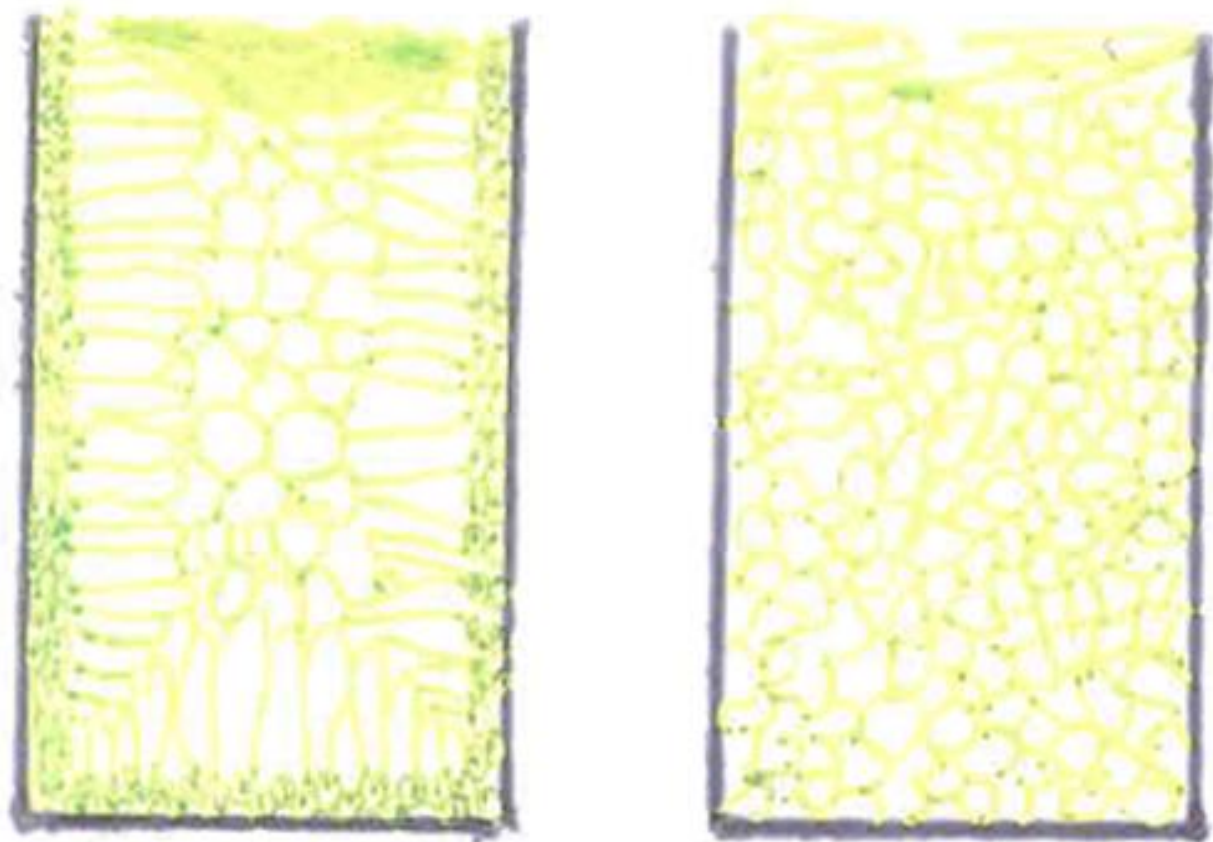
(c) Grain structure

ΧΥΤΕΥΣΗ ΜΕ ΕΜΒΟΛΙΑΣΜΟ (inoculation casting)

Για την επίτευξη ομοιόμορφης μικροκρυσταλλικής δομής



Κρυστάλλωση με εμβολιασμό



Είναι η δομή των μετάλλων τέλεια;

Ατέλειες της κρυσταλλικής δομής των μετάλλων

Οι ατέλειες ανάλογα με την γεωμετρική τους δομή και το μέγεθος τους διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

Μικροσκοπικές ατέλειες

- Σημειακές ατέλειες (point defects)
- Γραμμικές ατέλειες ή εξαρμώσεις (line defects)
- Επίπεδες ατέλειες (planar defects)

Μακροσκοπικές ατέλειες

- Κενά (Voids)
- Ρωγμές (Cracks)
- Προσμείξεις (Inclusions)

Μικροσκοπικές ατέλειες

A: Σημειακές ατέλειες

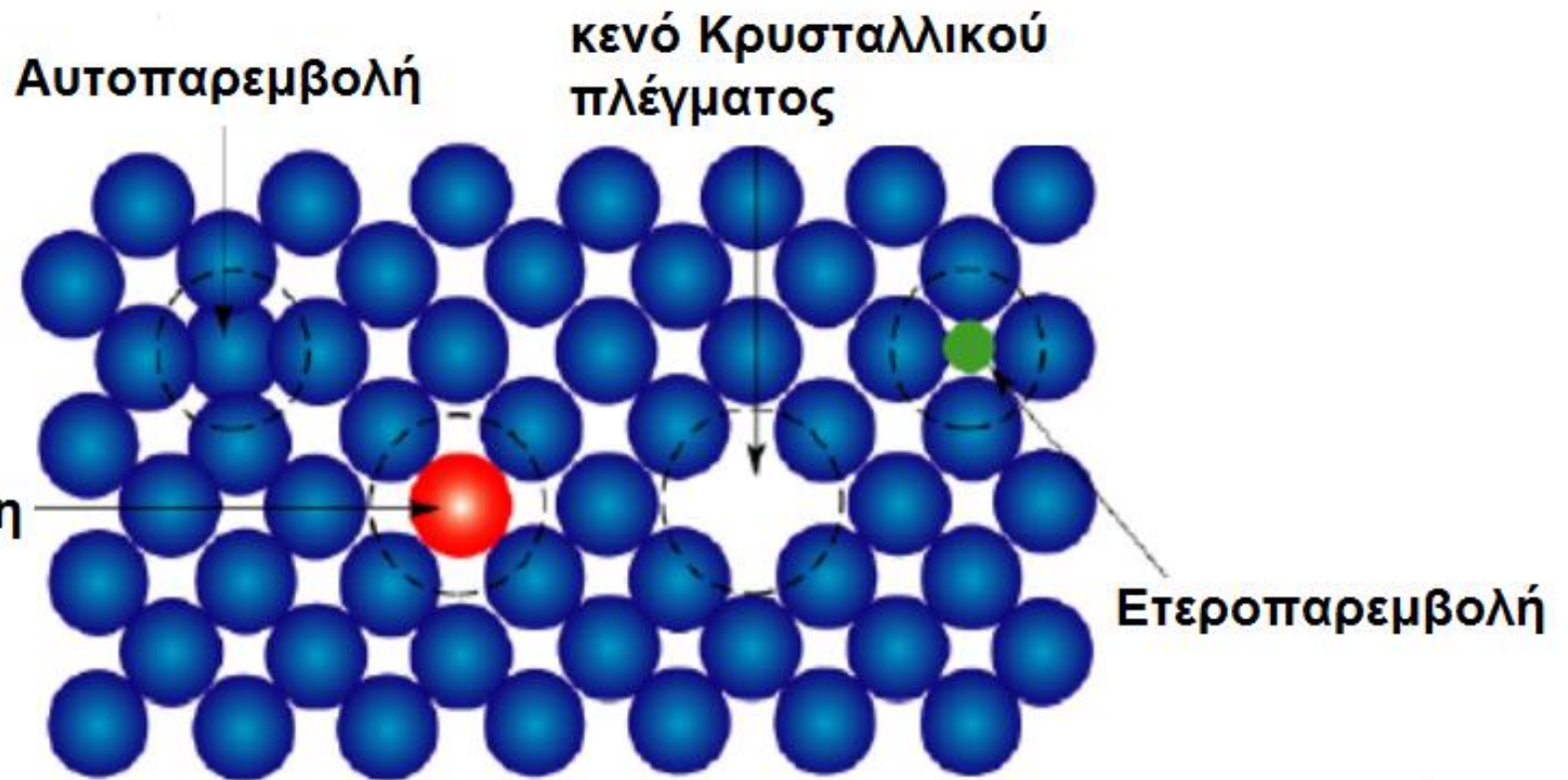
(Point defects)

- Ατέλειες υποκατάστασης ή αντικατάστασης

Substitutional Defects

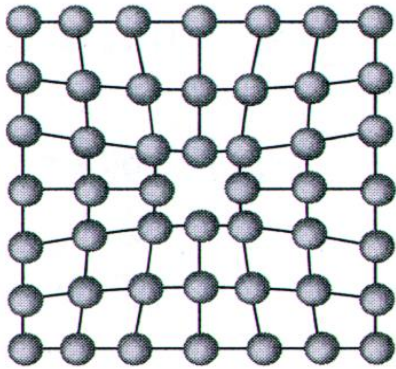
- Ατέλειες παρεμβολής
(Interstitial Defects)
- Κενά (Vacancies)
- Ατέλειες Frenkel
- Ατέλειες Schottky

Σημειακές ατέλειες

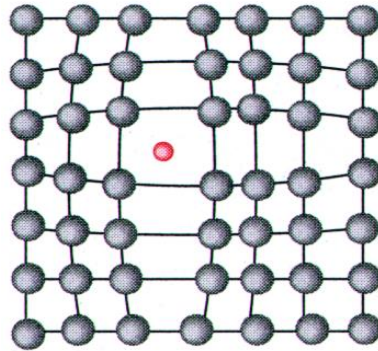


Σημειακές ατέλειες

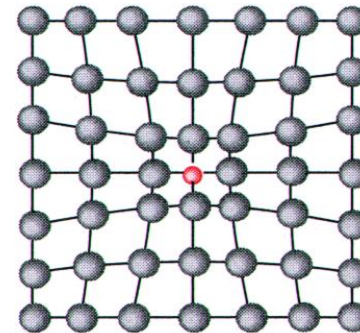
Παραμορφώσεις που προκαλούν στο κρυσταλλικό πλέγμα



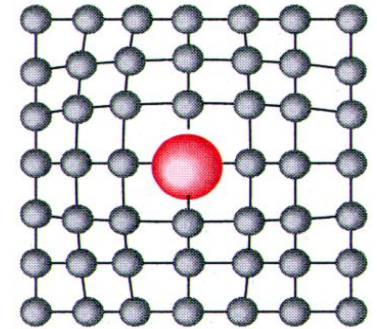
(a) vacancy



(b) interstitial atom



(c) small substitutional atom



(d) large substitutional atom

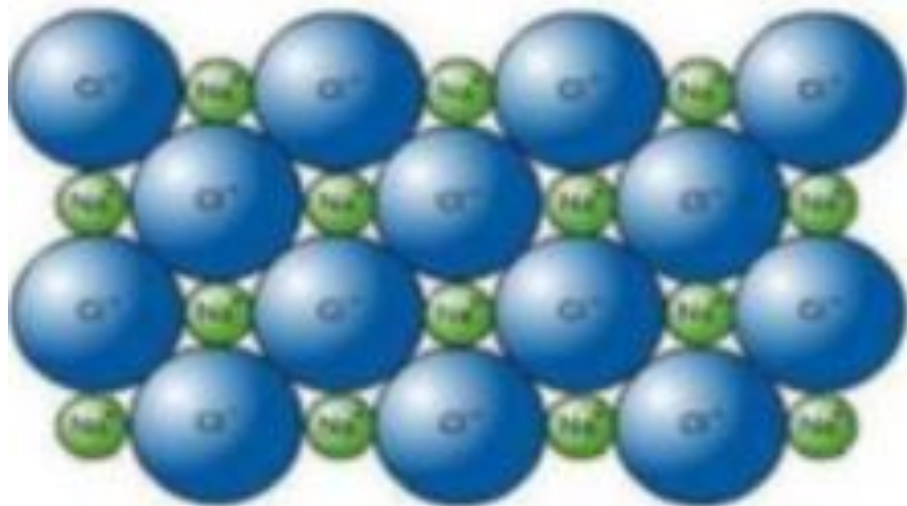
Κενό στο
κρυσταλλικό
πλέγμα

Παρεμβολή ατόμου στο
κενό του πλέγματος
Αυτοπαρεμβολή από
ατόμου του μητρικού
πλέγματος
Ετεροπαρεμβολή από
άτομο πρόσμειξης

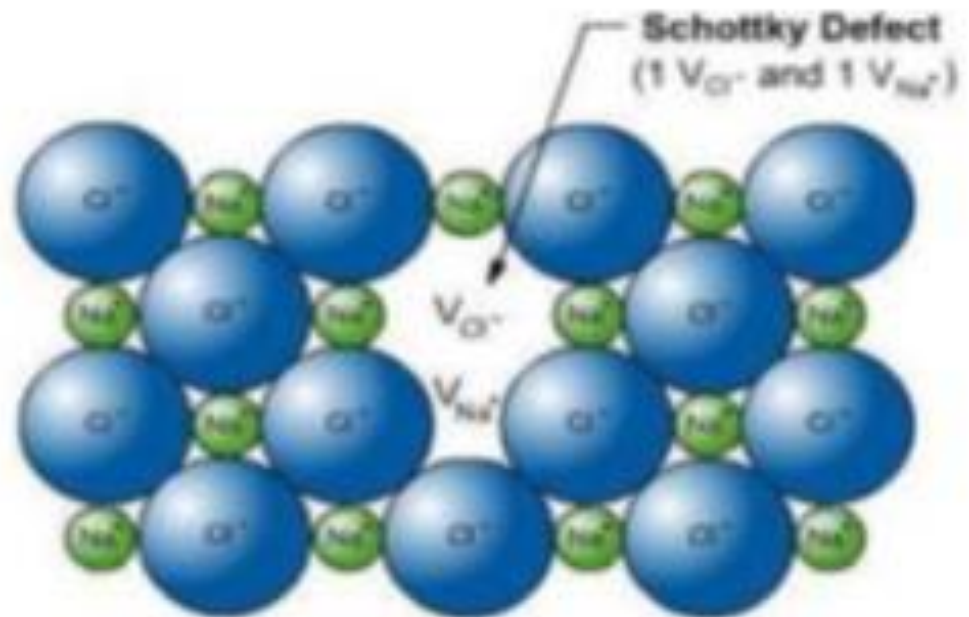
Υποκατάσταση
Με μικρότερο
άτομο

Υποκατάσταση
Με μεγαλύτερο άτομο

Οι ατέλειες Schottky και Frenkel παρατηρούνται στους Ιοντικούς κρυστάλλους (κεραμικά υλικά)



Δομή NaCl χωρίς ατέλεια

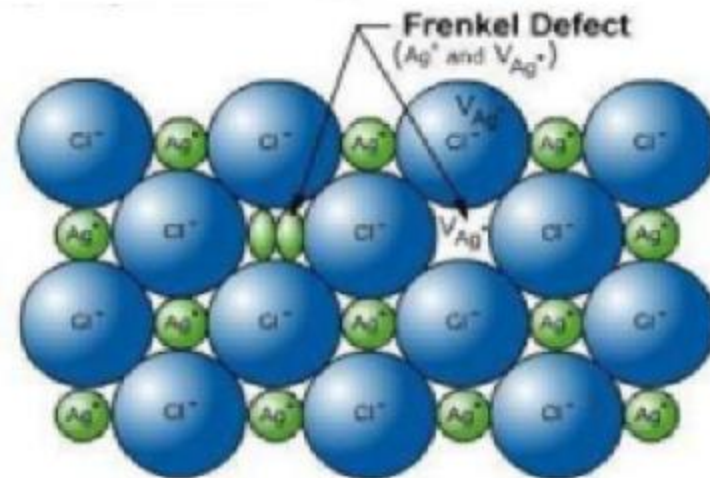
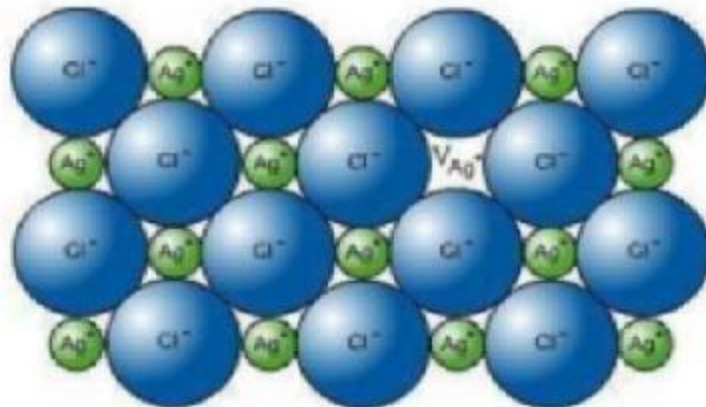
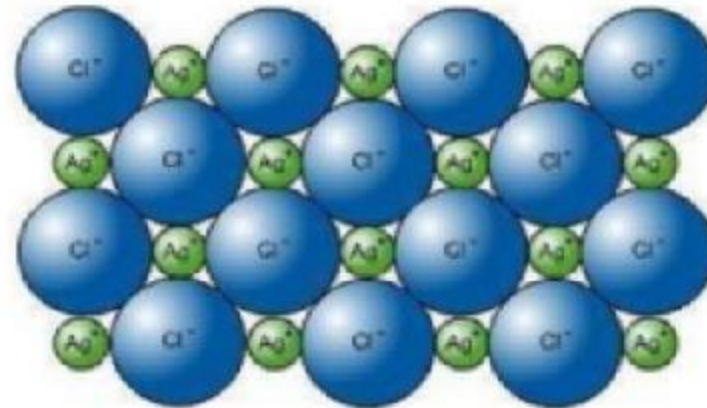


Δομή NaCl με ατέλεια schottky

Δημιουργία ατέλειας schottky

Δομή AgCl χωρίς ατέλεια

Σχηματισμός ατέλειας
Frenkel
Σε δομή AgCl

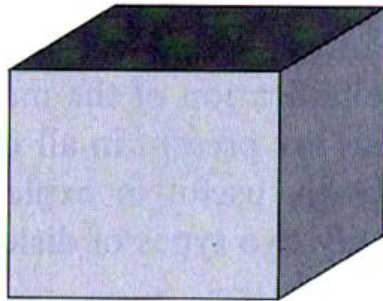


Β.Ατέλειες γραμμής ή εξαρμώσεις των κρύσταλλων (line defects)

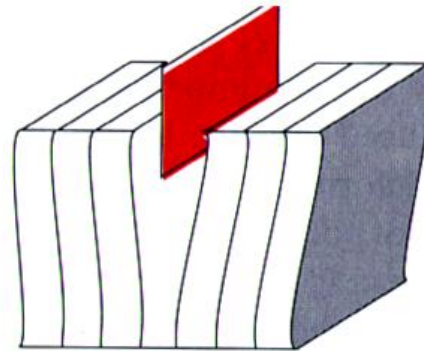
Διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες ανάλογα με την κίνησης τους κατά τη μηχανική καταπόνηση του κρυστάλλου:

- Εξαρμώσεις ή ατέλειες ακμής**
- Εξαρμώσεις ή ατέλειες ελικοειδείς**
- Εξαρμώσεις ή ατέλειες μεικτές**

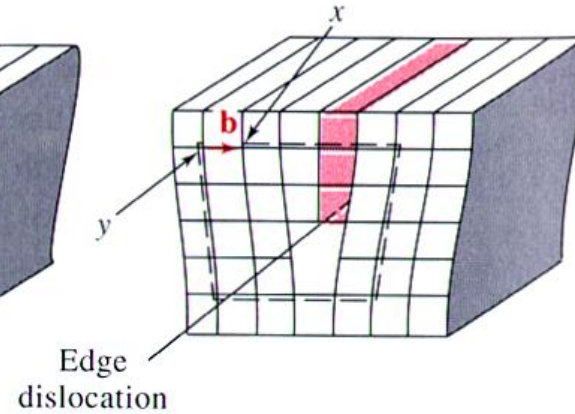
Εφαρμογές ακμής



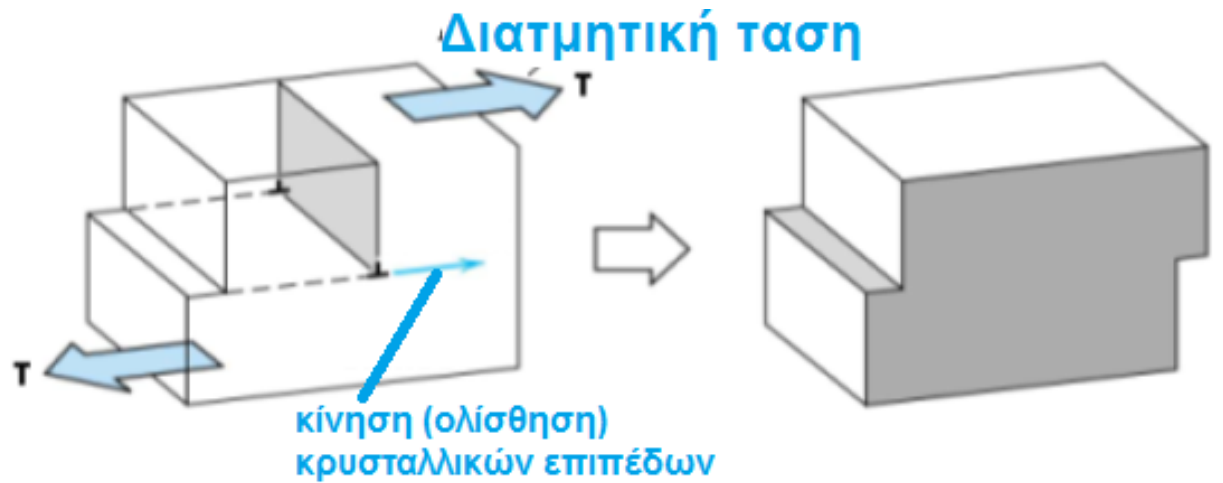
(a)



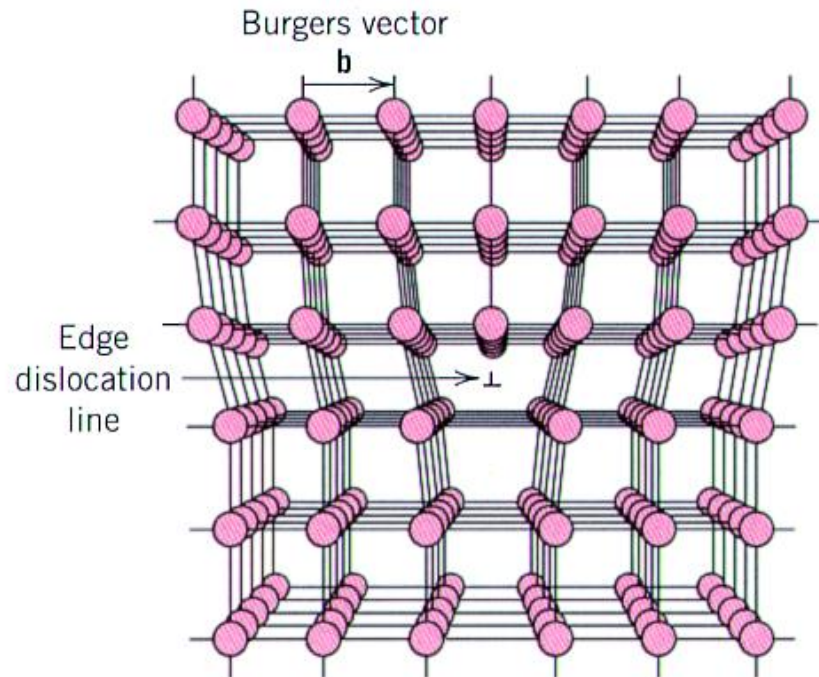
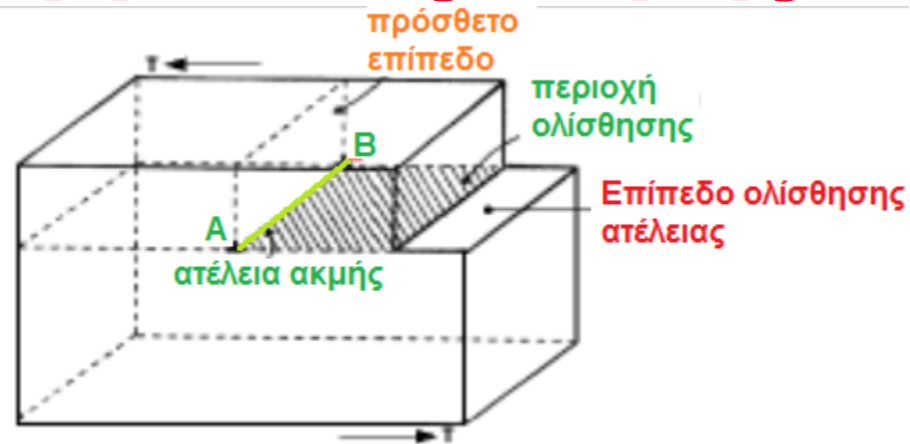
(b)



(c)

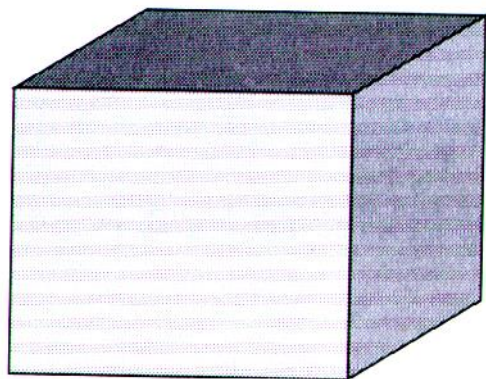


Εξαρμώσεις ακμής

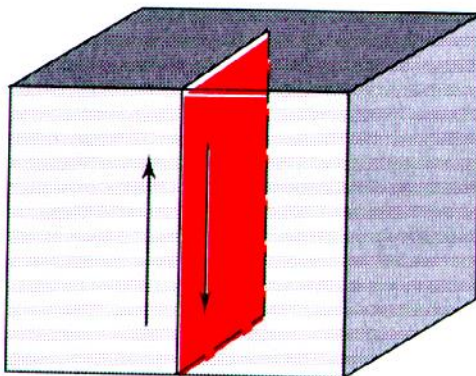


Dislocations – Linear defects

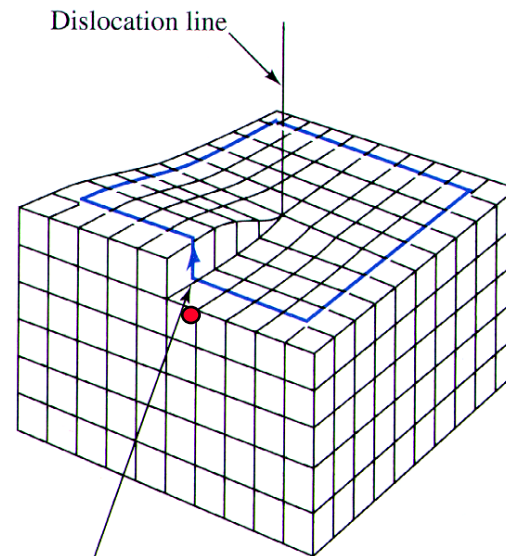
Εφαρμογές γραμμής: Ελικοειδείς



(a)



(b)

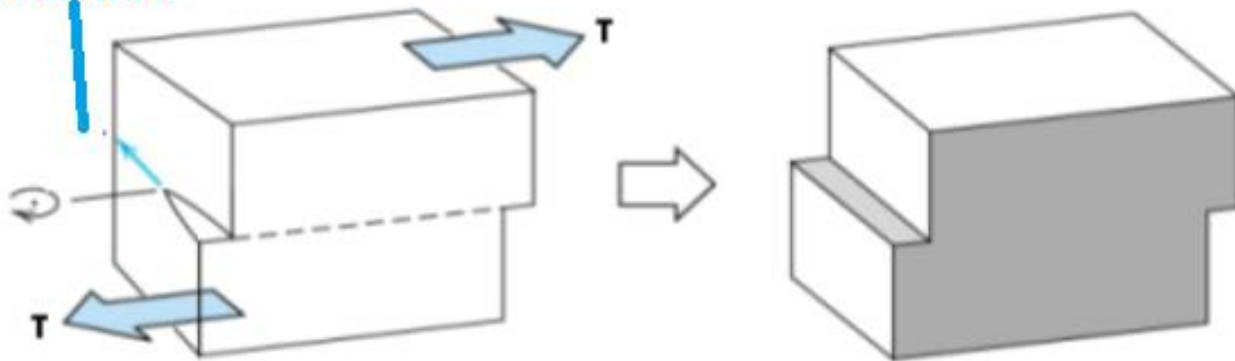


Dislocation line

Burgers vector, b

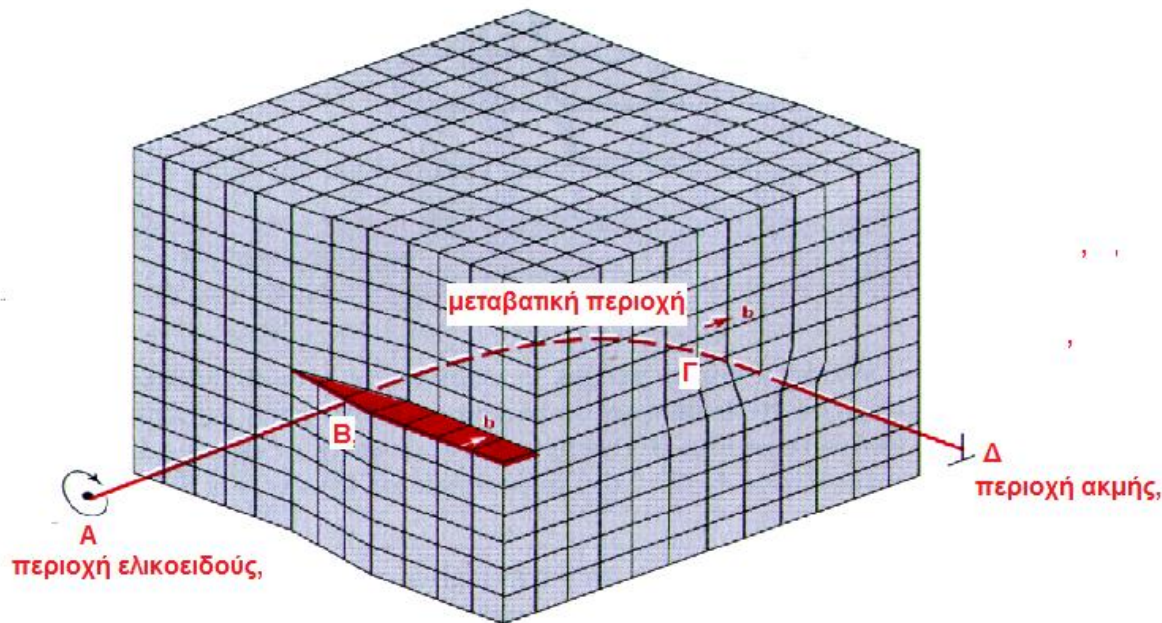
(c)

Κίνηση (ολίσθηση)
κρυσταλλικών
επιπέδων



Mixed Dislocations

Μεικτές εξαρμώσεις



Η μεικτή ατέλεια περιέχει περιοχή ατέλειας ακμής-περιοχή ατέλειας ελικοειδούς και μια μεταβατική περιοχή μεταξύ αυτών

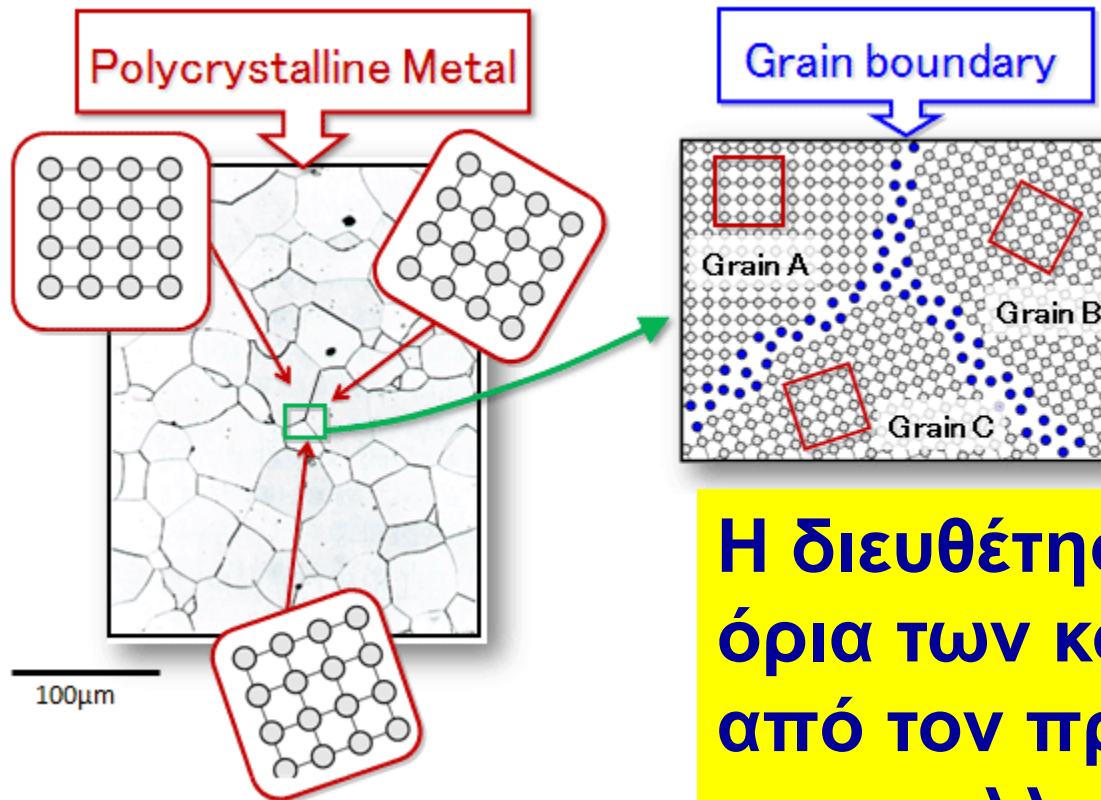
Επίπεδες ατέλειες ή ατέλειες δύο διαστάσεων ή διεπιφανειακές ατέλειες (interfacial)

Διακρίνονται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους στις παρακάτω κατηγορίες:

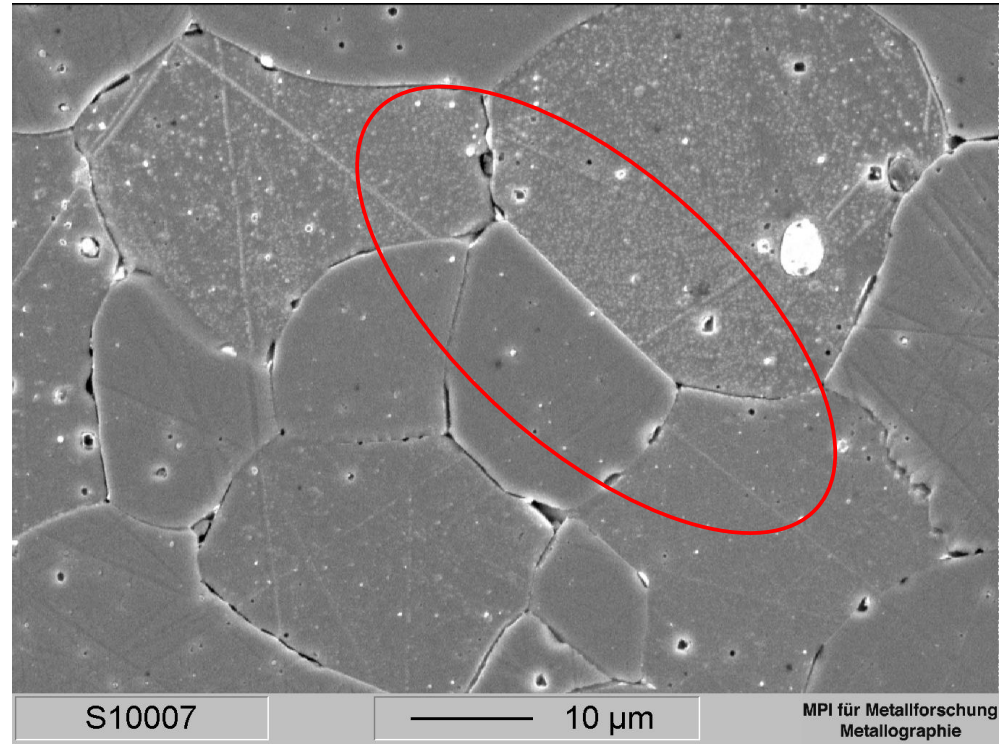
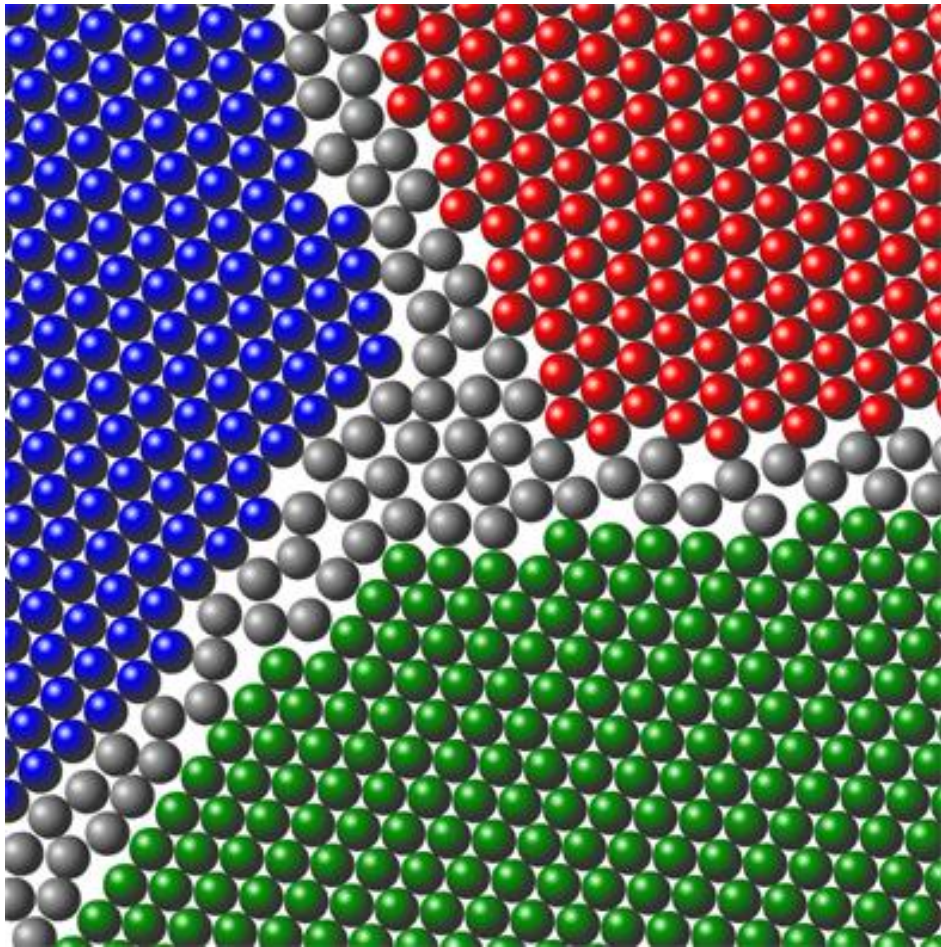
- Όρια κόκκων (Grain boundaries)
- Διδυμίες (Twining)
- Επιφανειακές

Διεπιφανειακές ατέλειες *Interfacial Defects*

Όρια κόκκων-*Grain Boundaries*



Η διεύθυνση των ατόμων στα όρια των κόκκων επηρεάζεται από τον προσανατολισμό των κρυσταλλικών κόκκων που συνορεύουν



- ❑ τα Όρια των κόκκων περιέχουν άτομα από τους κρυσταλλικούς κόκκους που συνορεύουν με αποτέλεσμα να μην υπάρχει συμμετρία (κρυσταλλικότητα) στις περιοχές αυτές. Είναι επομένως περιοχές που επικρατεί άμορφη κατάσταση.
- ❑ Το πάχος των ορίων των κόκκων είναι της τάξης μερικών ατόμων
- ❑ Ο προσανατολισμός των ατόμων αλλάζει απότομα μετά τα ορια των κόκκων
- ❑ Στα όρια των κόκκων χαμηλής γωνίας προσανατολισμού, ο προσανατολισμός διαφέρει $< 10^\circ$
- ❑ Τα όρια των κόκκων παίζουν σημαντικό ρόλο στην παραμόρφωση των κρυστάλλων ανάλογα με την γωνία προσανατολισμού.
- ❑ Η ενέργεια των ορίων των κόκκων καθορίζει την ανάπτυξη των κόκκων κατά τη θέρμανση (ανακρυστάλλωση) \sim $\sim (>0.5T_m)$
- ❑ Οι μεγάλοι κόκκοι αυξάνονται εις βάρος των μικρών

Ενέργεια ορίων κόκκων

Τύπος ορίων	Energy (J/m ²)
Όρια κόκκων μεταξύ κρυστάλλων BCC	0.89
Όρια κόκκων μεταξύ κρυστάλλων FCC	0.85
Όρια κόκκων μεταξύ κρυστάλλων BCC and FCC	0.63

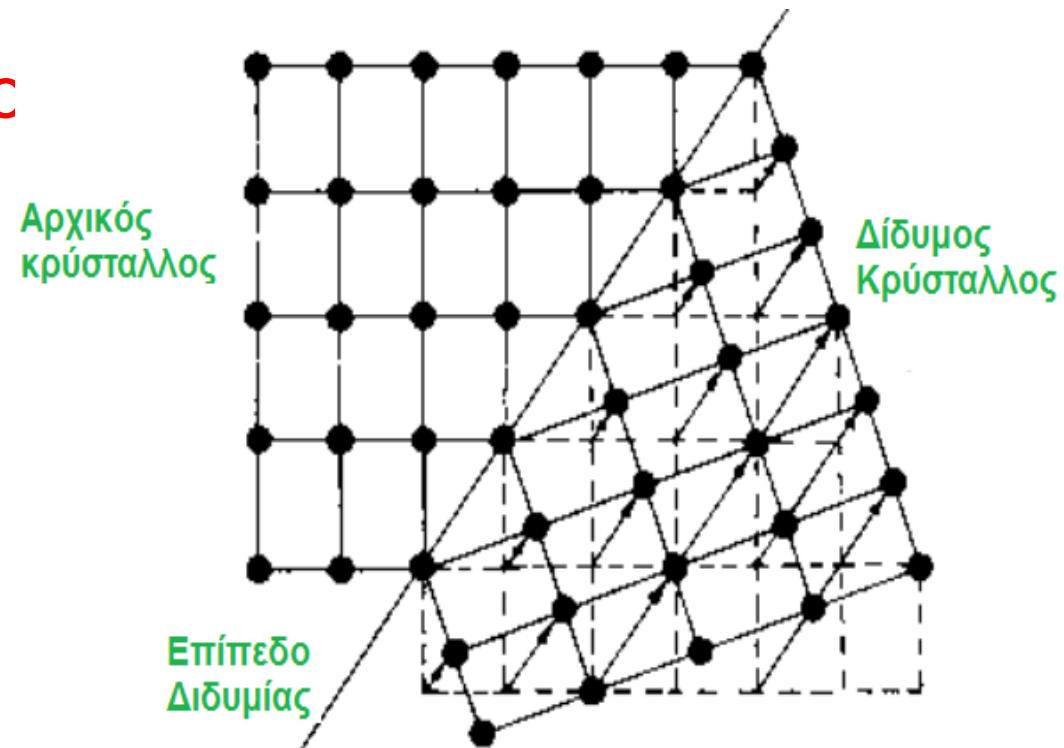
Τα όρια των κόκκων επηρεάζουν την συνοχή(συνεκτικότητα) των υλικών και κατ'επέκταση την αντοχή τους σε παραμόρφωση.

- Συνεκτικά :~85% κοινά άτομα
- Ημισυνεκτικά:~40-60% κοινά άτομα
- Μη συνεκτικά: ~15% κοινά άτομα

Διεπιφανειακές ατέλειες *Interfacial Defects*

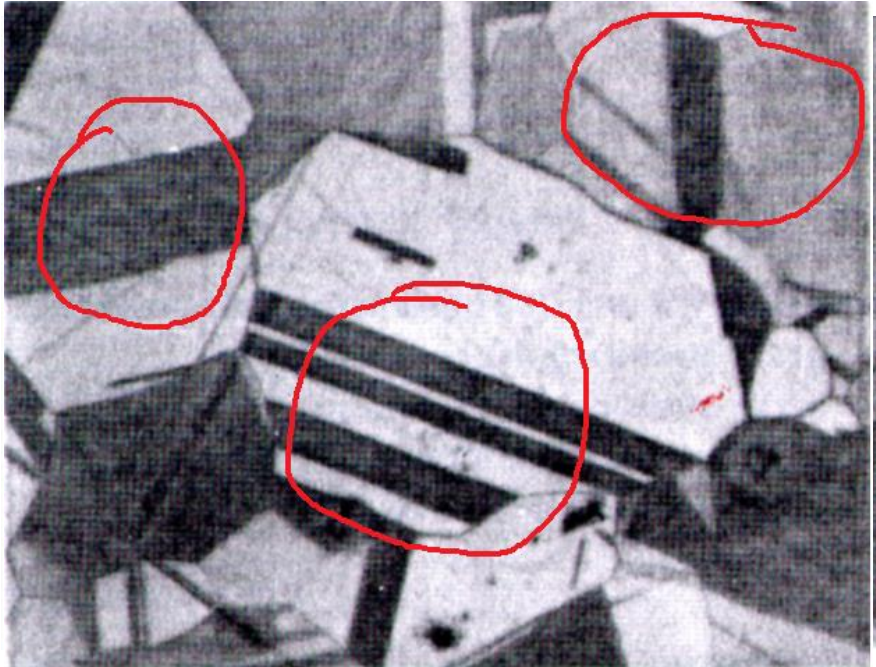
Διδυμία - *Twin boundary*

Παρατηρείται σε ένα κρύσταλλο όταν το ένα τμήμα του είναι μετατοπισμένο ως προς το υπόλοιπο τμήμα του κατά τρόπο ώστε το τμήμα να αποτελεί είδωλο του άλλου.

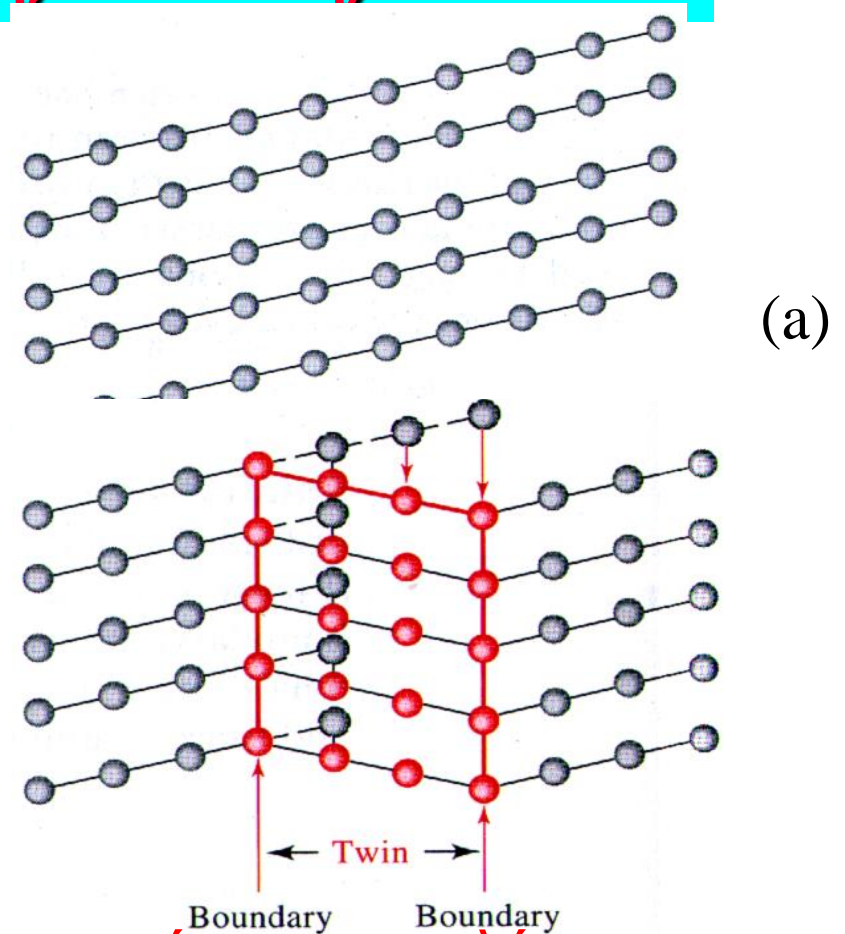


Διεπιφανειακές ατέλειες-*interfacial Defects*

Διδυμία- *Twin boundary*



A photomicrograph of twins within a grain of brass

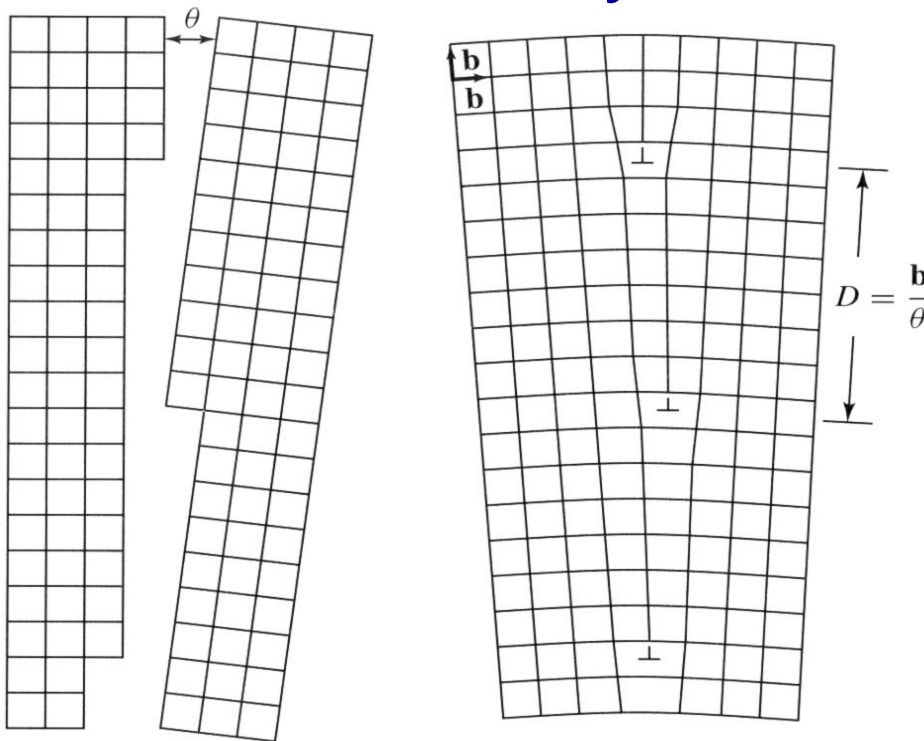


Εφαρμογή τάσης στον κρύσταλλο (α) μπορεί να προκαλέσει μετατόπιση μέρους του κρυστάλλου (β) σχηματίζοντας διδυμία. Η παραμόρφωση του κρυστάλλου είναι αποτέλεσμα της διδυμίας

Διεπιφανειακές ατέλειες

Interfacial Defects

Λογχοειδή όρια κόκκων- Όρια μικρής γωνίας
Tilt Boundary – a low angle boundary



Τα όρια χαμηλής γωνίας θεωρείται ότι αποτελούνται από επίπεδο με ατέλειες ακμής. Τα υλικά αυτά έχουν μεγάλο βαθμό συνεκτικότητα και χαμηλή ενέργεια

Ατέλειες επιστοίβας

Για τα μέταλλα με δομή

ABCABC

**μπορεί να υπάρξει σφάλμα
στη σειρά επιστοίβας**

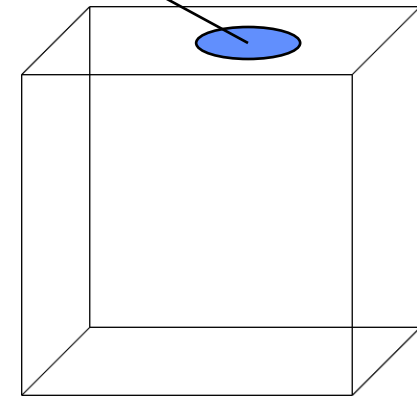
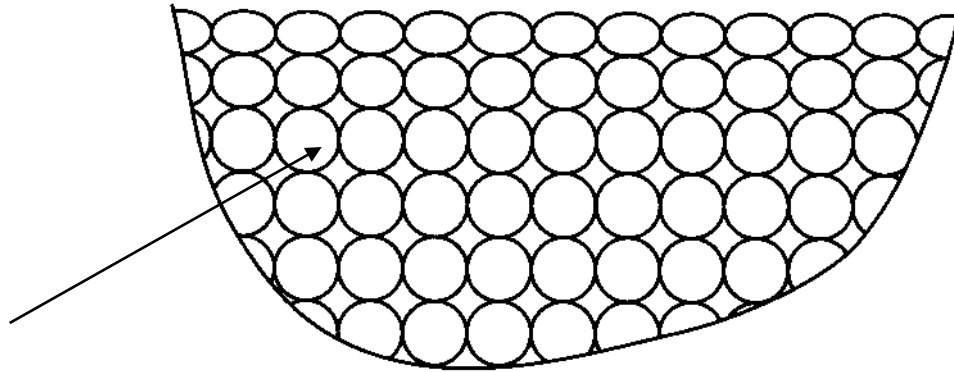
πχ: **ABCABC**

Ατέλειες επιφάνειας

*External surface –
Εξωτερική επιφάνεια*

**Ελεύθερη
επιφάνεια με
επιφανειακή
ενέργεια**

Ακόρεστα άτομα



**Crystalline
material**

Μακροσκοπικές ατέλειες

- Κενά (Voids)
- Ρωγμές (Cracks)
- Προσμείξεις
(Inclusions)

ΔΟΜΗ ΚΕΡΑΜΙΚΩΝ

A: Παραδοσιακά κεραμικά

Πηλός (Άργιλοι+άστριοι) + χαλαζιακή άμμος +
συλλιπάσματα + πυρίμαχες ουσίες

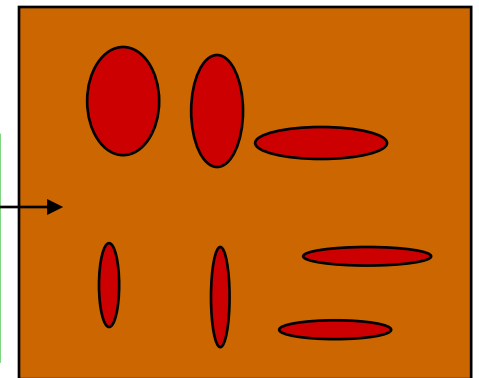
↓ +H₂O

Ανάμειξη → Ομογενοποίηση → Μορφοποίηση

Ξήρανση → Όπτηση → ΠΡΟΙΟΝ

Δομή ετερογενής: Κρύσταλλοι + Υαλώδης μάζα

Βασικό κρυσταλλικό συστατικό: Καολίνης $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$



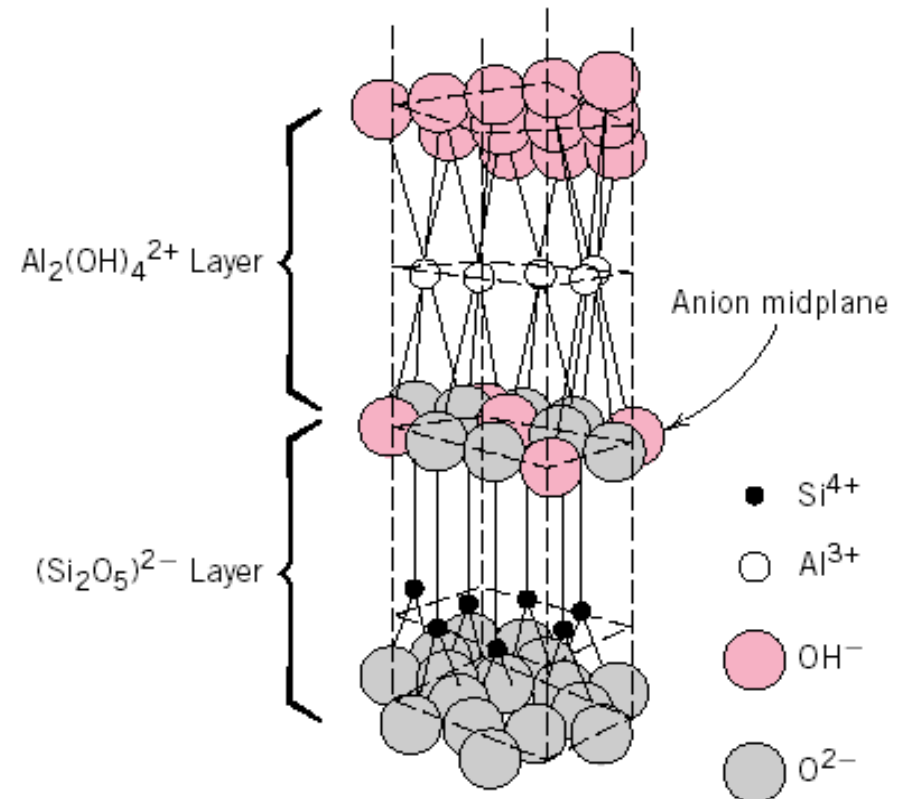
Εφυαλωμένα κεραμικά

ΔΟΜΗ ΚΕΡΑΜΙΚΩΝ

B: Κρυσταλλικά πλέγματα στιβάδας

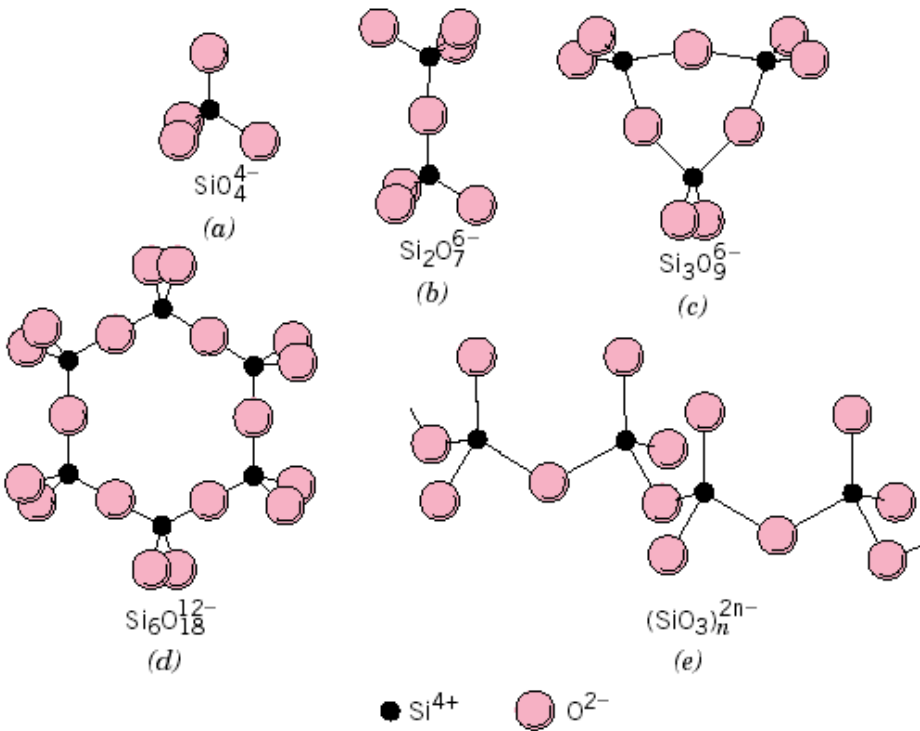
Άργιλος, Τάλκης,

Μίκα (Ηλεκτρομονωτικό υλικό)

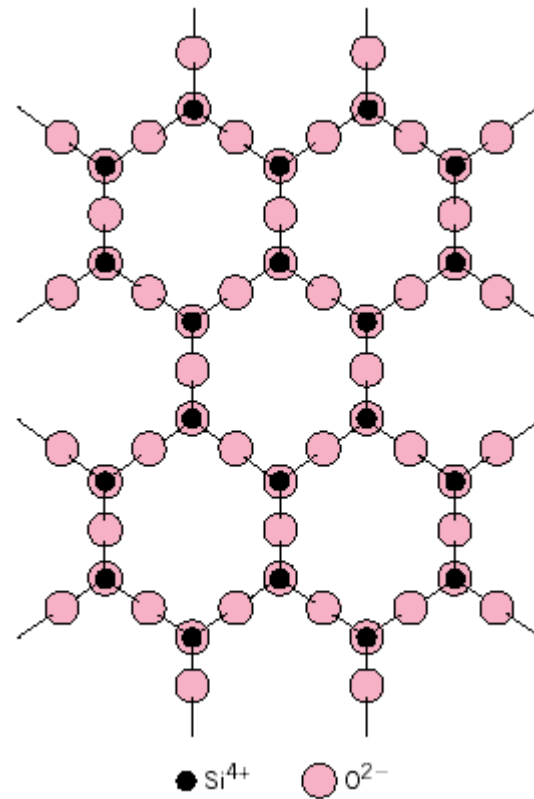


ΔΟΜΗ ΚΕΡΑΜΙΚΩΝ

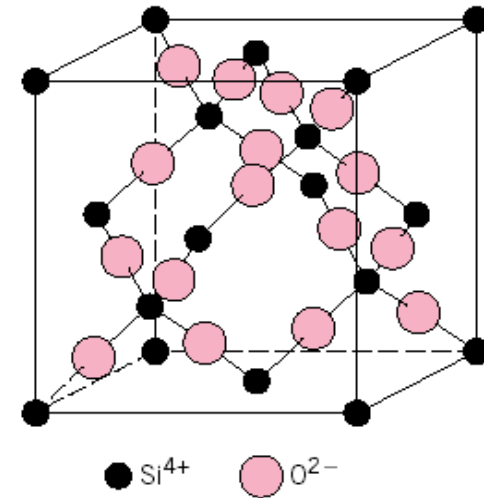
Γ: Δομή πυριτικών



Τετραεδρικές δομές



Επίπεδη

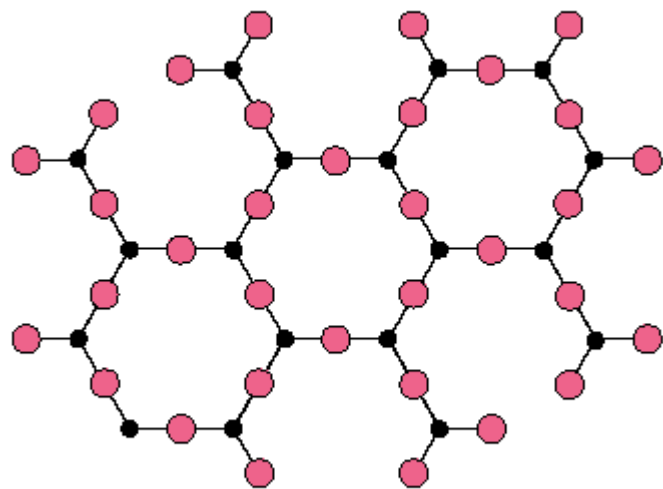
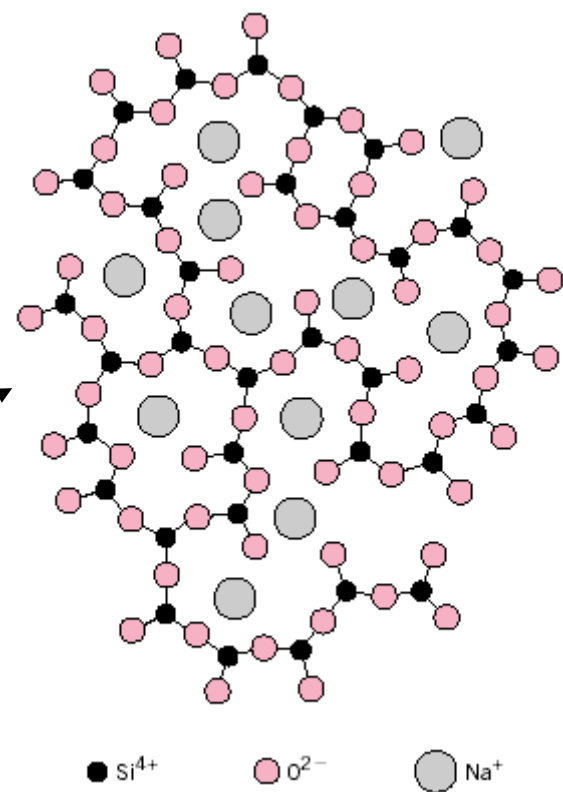


Τρισδιάστατη δομή

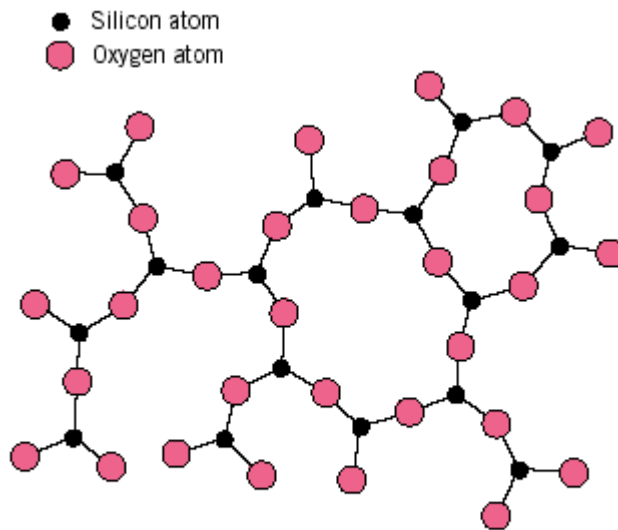
ΔΟΜΗ ΚΕΡΑΜΙΚΩΝ

Δ: Άμορφη Δομή

Γυαλί Νατρίου



(a)

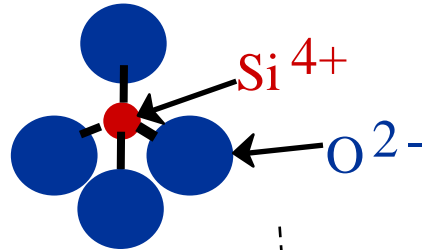


(b)

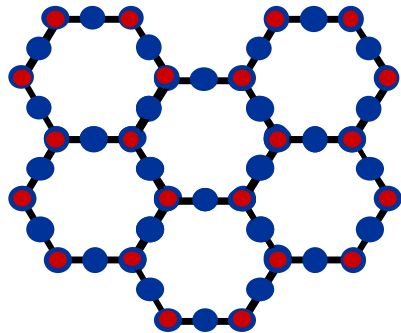
Δομή Γυαλιού

• Βασική Μονάδα

SiO_4^{4-} tetrahedron

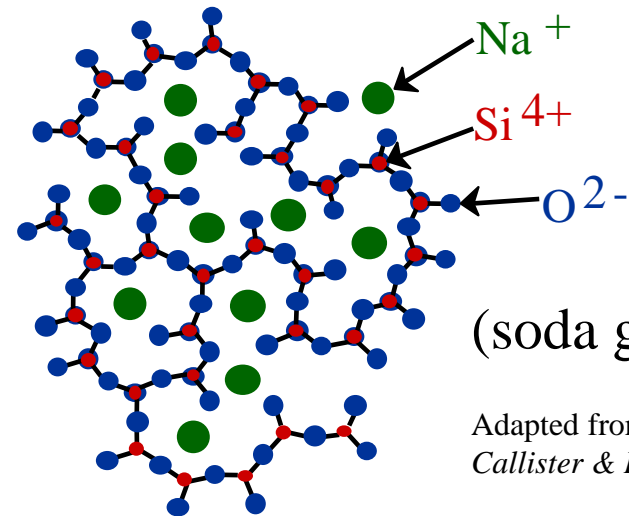


- Χαλαζιάς είναι κρυσταλλικός SiO_2 :



Το Γυαλί είναι μη κρυσταλλικό (**amorphous**)

- Σχηματίζεται από τήξη SiO_2 χωρίς την προσθήκη προσμείξεων
- Άλλα κοινά γυαλιά περιέχουν προσμείξεις όπως Na^+ , Ca^{2+} , Al^{3+} , και B^{3+}



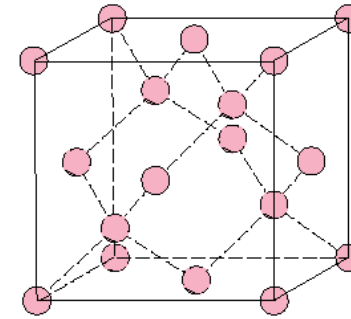
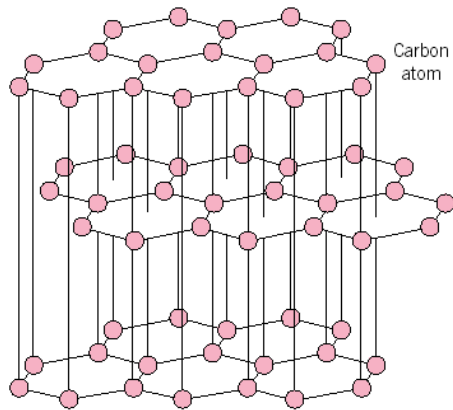
(soda glass)

Adapted from Fig. 12.11,
Callister & Rethwisch 8e.

ΔΟΜΗ ΚΕΡΑΜΙΚΩΝ

Ε: Δομές άνθρακα

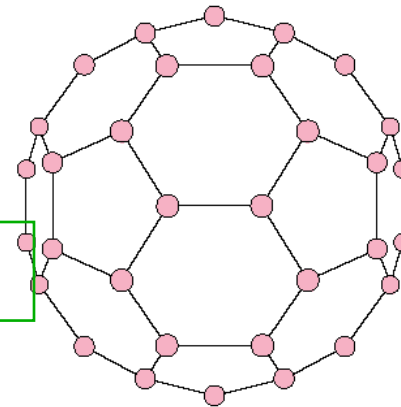
Γραφίτης



Διαμάντι

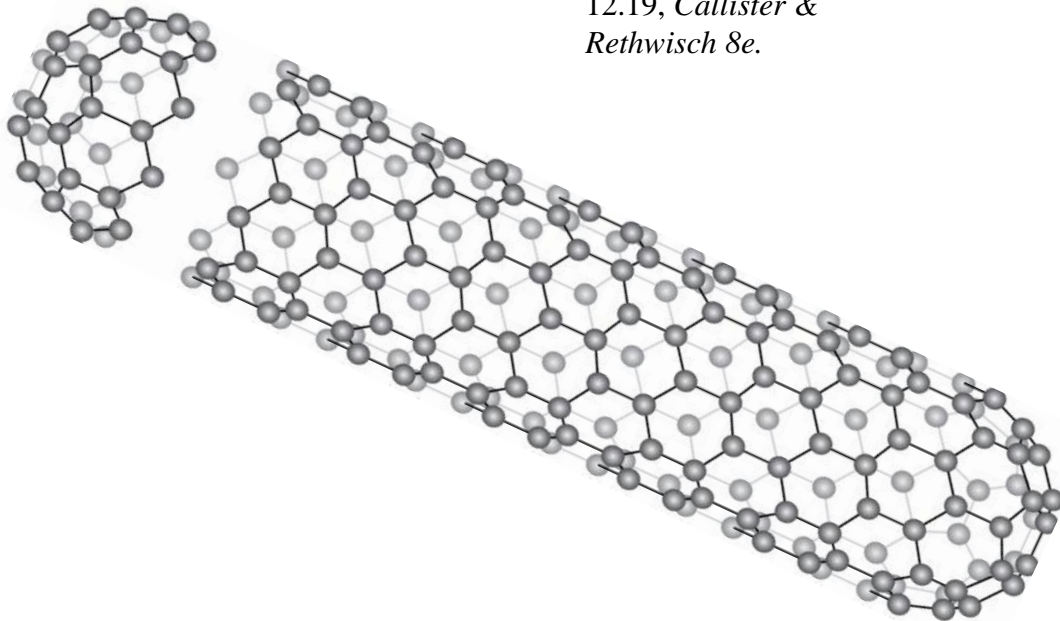
C

C60

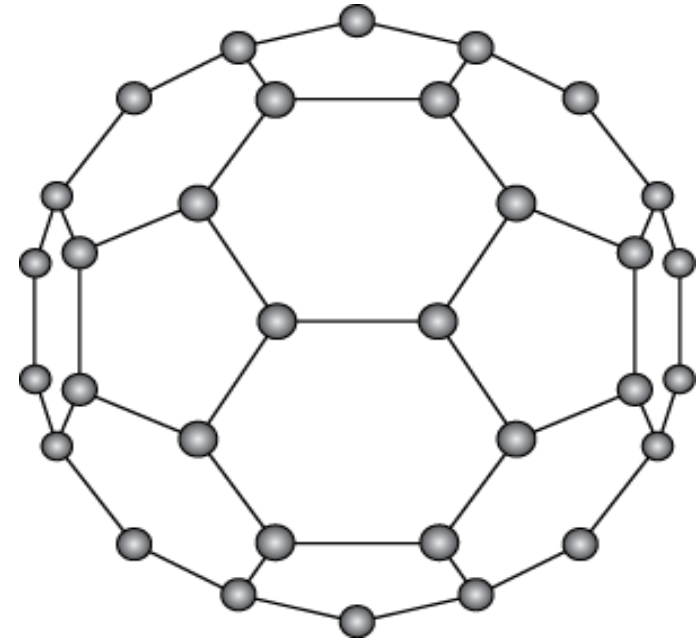


Πολυμορφικές δομές του άνθρακα) Fullerenes and Nanotubes

- Fullerenes —, C_{60}
- Carbon nanotubes



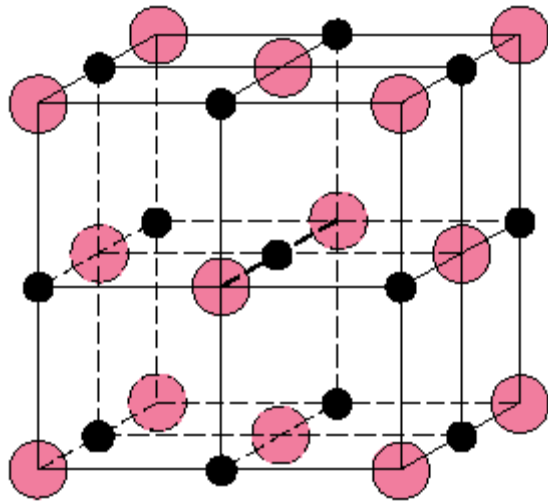
Adapted from Figs. 12.18 &
12.19, *Callister &
Rethwisch 8e.*



ΔΟΜΗ ΚΕΡΑΜΙΚΩΝ

Z: Διάφορες κρυσταλλικές δομές

Χλωριούχο νάτριο



● Na⁺

● Cl⁻

Φθορίτης



ΔΟΜΗ ΚΕΡΑΜΙΚΩΝ

Η: Νεώτερα βιομηχανικά κεραμικά

«Μη μεταλλικά ανόργανα κρυσταλλικά υλικά»

Οξειδία ,Καρβίδια, Νιτρίδια των μετάλλων

(Al_2O_3 , SiC AlN)

Δομή Κρυσταλλικά πλέγματα πυκνής συσσώρευσης (Το είδος τους εξαρτάται από το μέγεθος και τη φύση των ιόντων)

Χαρακτηριστικά: Δεσμοί Ιοντικοί –Ομοιοπολικοί

- Μεγάλη χημική σταθερότητα
- Μεγάλη σκληρότητα
- Μεγάλη αντοχή στη συμπίεση
- Υψηλό σημείο τήξεως
- Ηλεκτρομονωτικές ιδιότητες

ΔΟΜΗ ΚΕΡΑΜΙΚΩΝ

Ηλεκτρονικά κεραμικά

Παρουσιάζουν και ηλεκτρονικές ιδιότητες

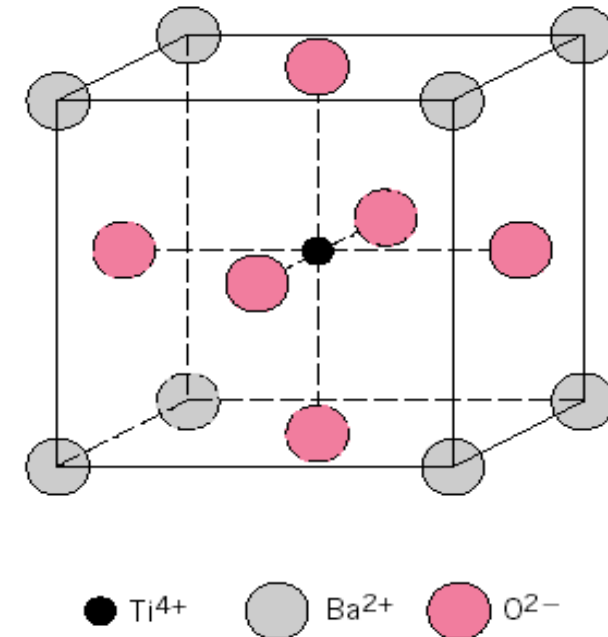
Παράδειγμα : **Οι σπινέλιοι**

Δομή σπινέλιου: **AB_2O_4**

A: Δισθενές μέταλλο **B**: Τρισθενές μέταλλο

Βασική κυψελίδα: 32 άτομα οξυγόνου σε κυβική διάταξη. Τα κατιόντα A και B τοποθετούνται στα κενά.

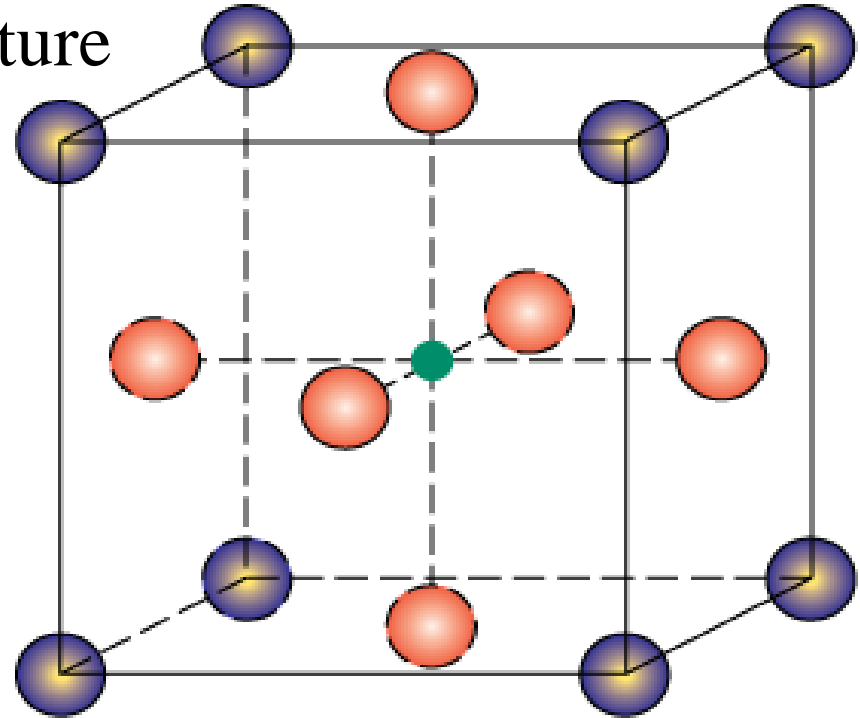
Οι σπινέλιοι στη βιβλιογραφία αναφέρονται ως φερρίτες ή σιδηρίτες (Ferrites). Έχουν μαγνητικές ιδιότητες



Κρυσταλλική δομή ABX_3

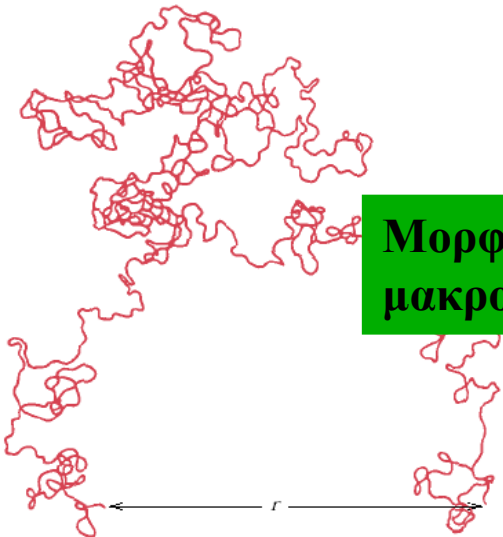
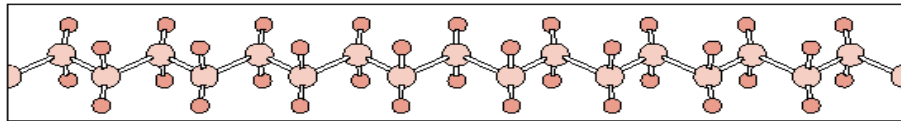
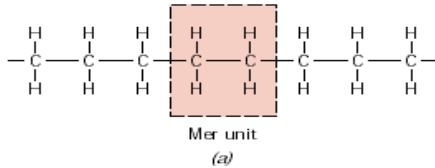
- Δομή **Perovskite** structure

Ex: complex oxide



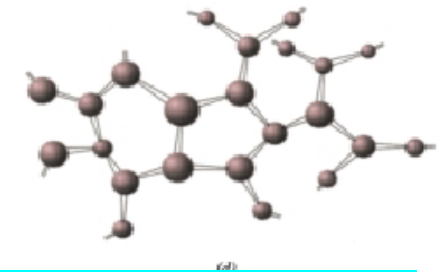
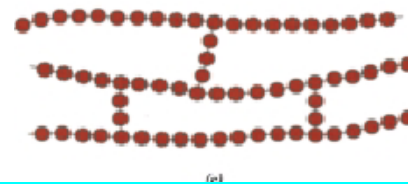
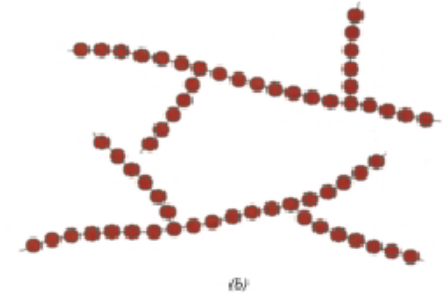
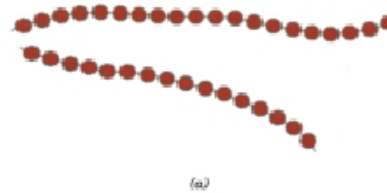
Adapted from Fig. 12.6,
Callister & Rethwisch 8e.

ΔΟΜΗ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ



(1) Γραμμικά

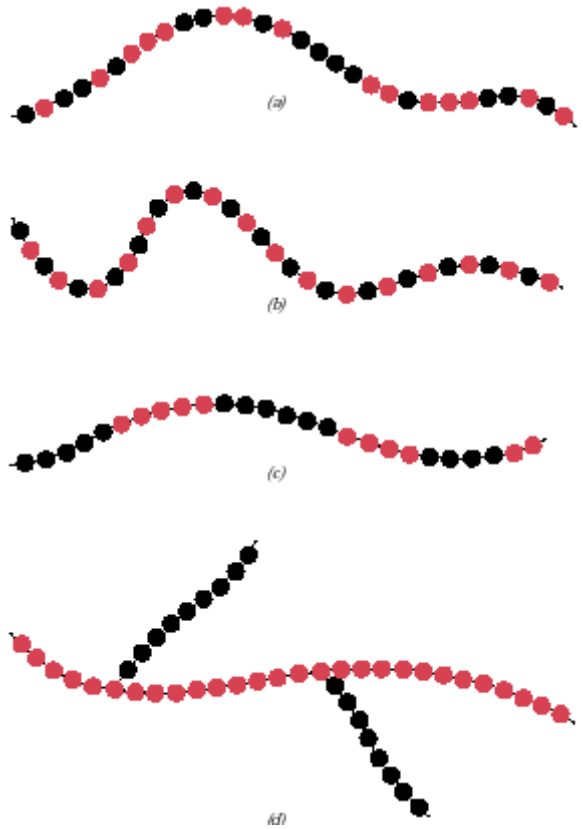
(2) Διακλαδιζόμενα



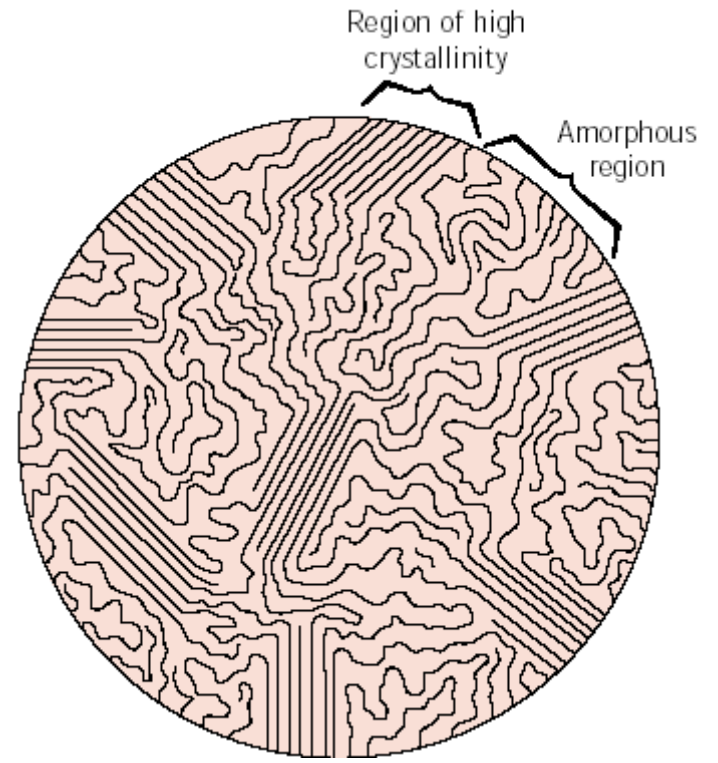
(3) Δικτυωμένα, με μικρό και μεγάλο βαθμό δικτύωσης

(4) Ελαστομερή (Rubbers)

ΔΟΜΗ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ



Συμπολυμερή



Γραμμικά πολυμερή με κρυσταλλικές περιοχές

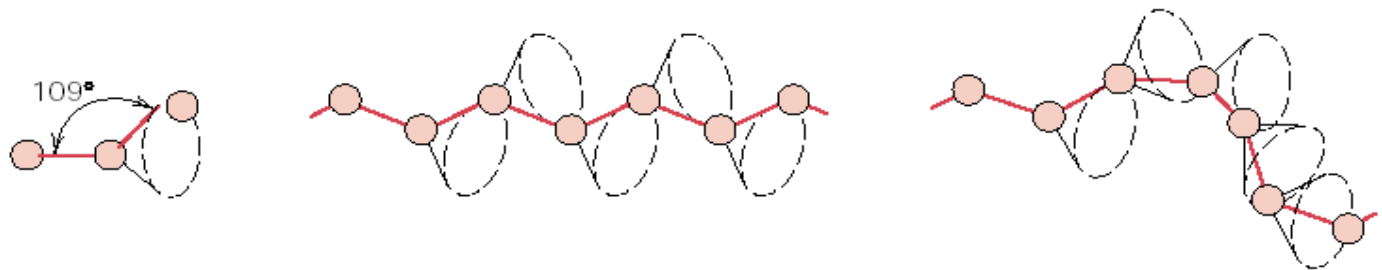
ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ

Θερμοπλαστικά: Γραμμικά, Διακλαδιζόμενα, Ελαστομερή

Τα άμορφα θερμοπλαστικά χαρακτηρίζονται από τη **θερμοκρασία υάλου** ή σημείο υάλου **“Glass Transition Temperature”**

Είναι η θερμοκρασία μετάπτωσης από την ελαστική και πλαστική περιοχή στην υαλώδη κατάσταση

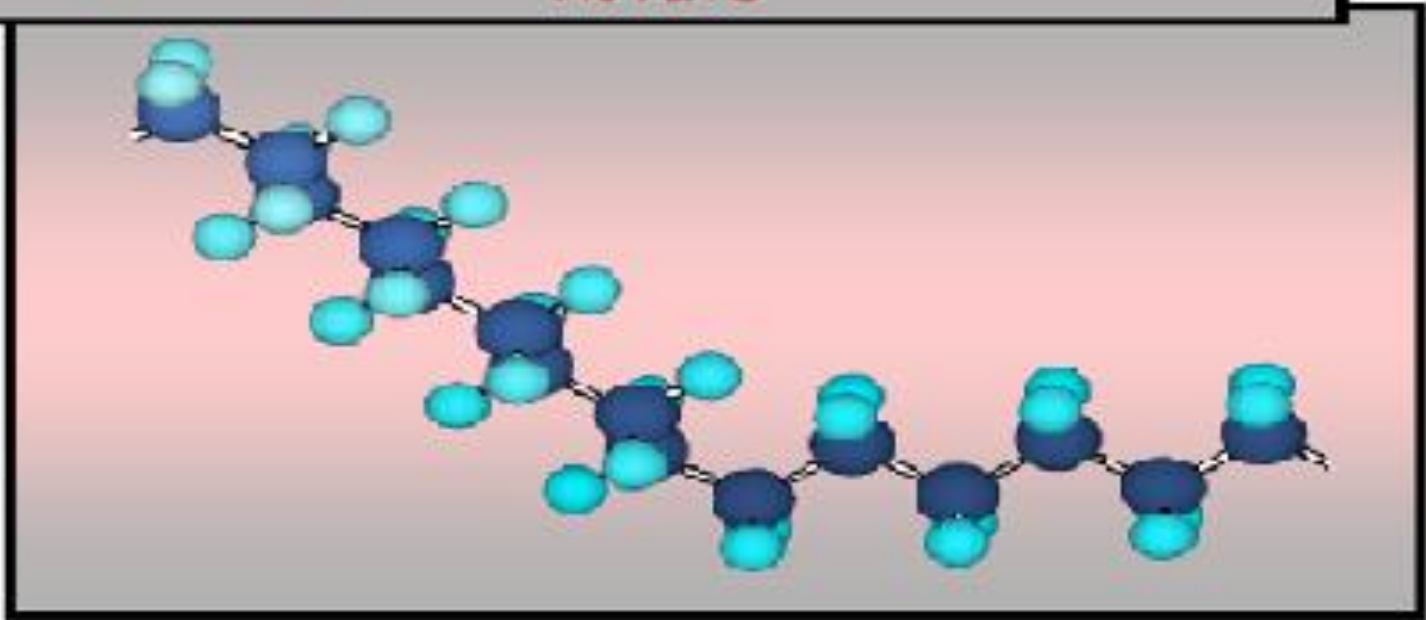
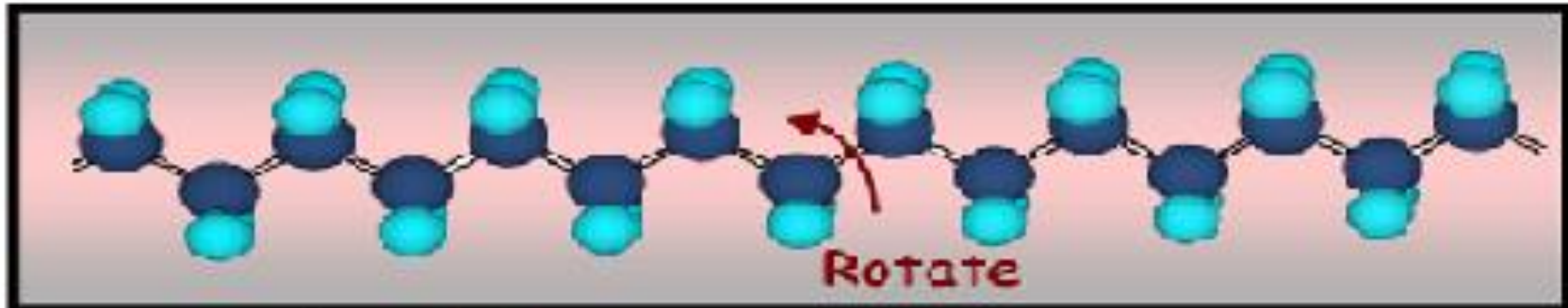
$T > T_g$ Ελαστική-πλαστική περιοχή. Ελεύθερη δόνηση και περιστροφή των μακρομορίων



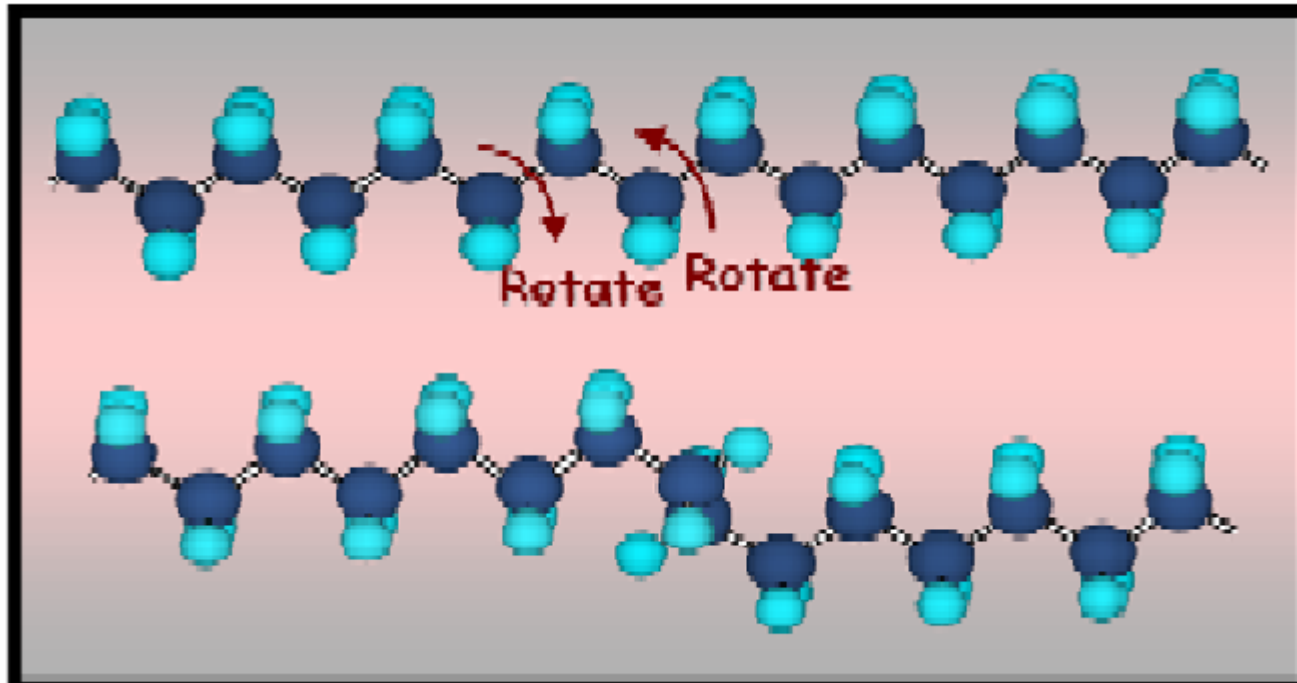
$T < T_g$ Δόνηση και περιστροφή ενεργειακά απαγορευμένη

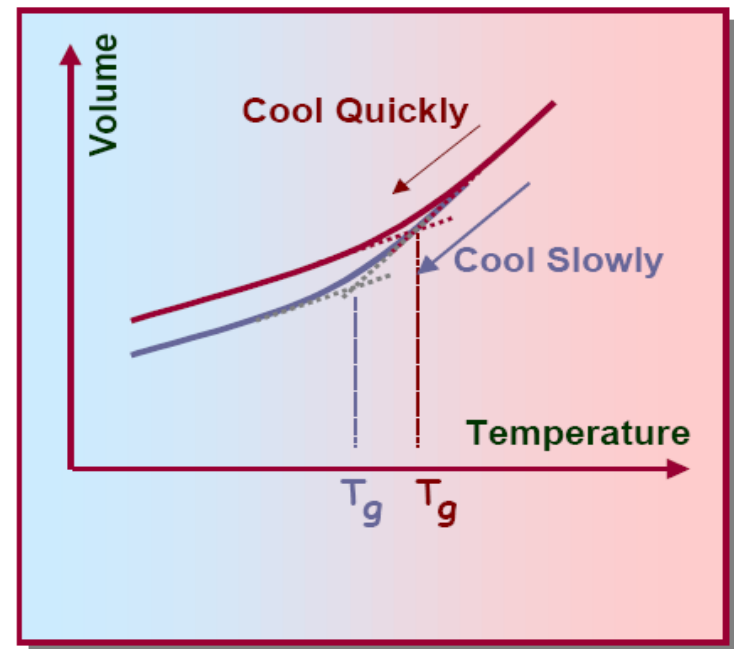
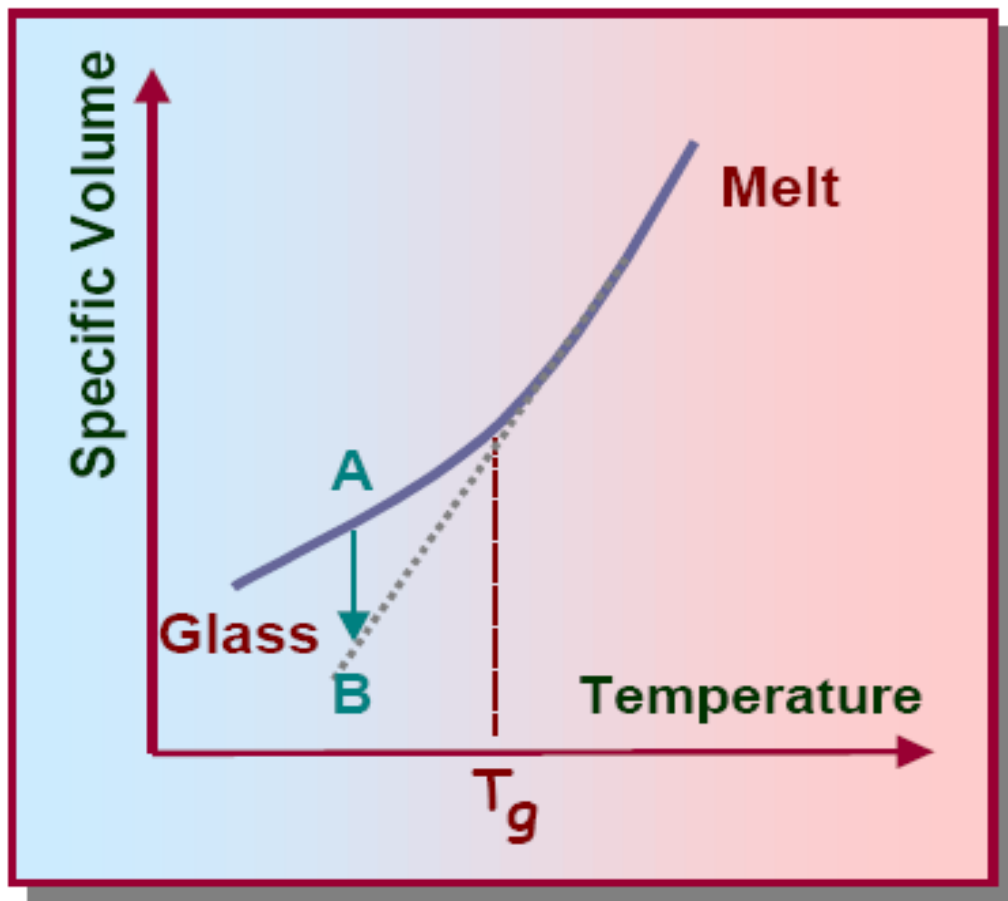
(Υαλώδης κατάσταση)

Κίνηση στα Πολυμερή



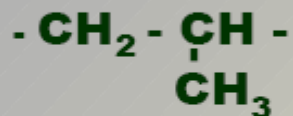
Κίνηση στα Πολυμερή





Factors that Affect the Tg

Chemical Structure



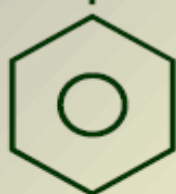
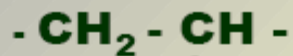
Atactic Polypropylene

$T_g \sim ?$



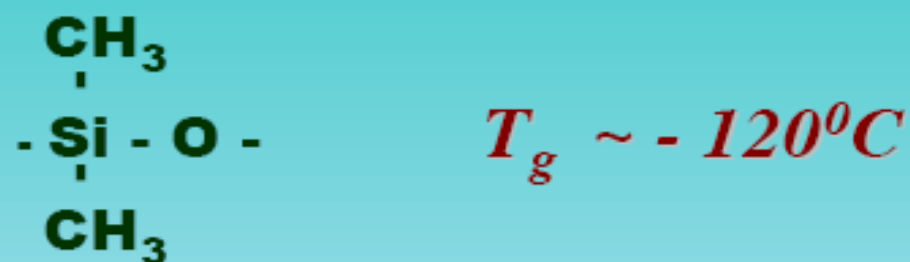
Polyethylene

$T_g \sim ?$

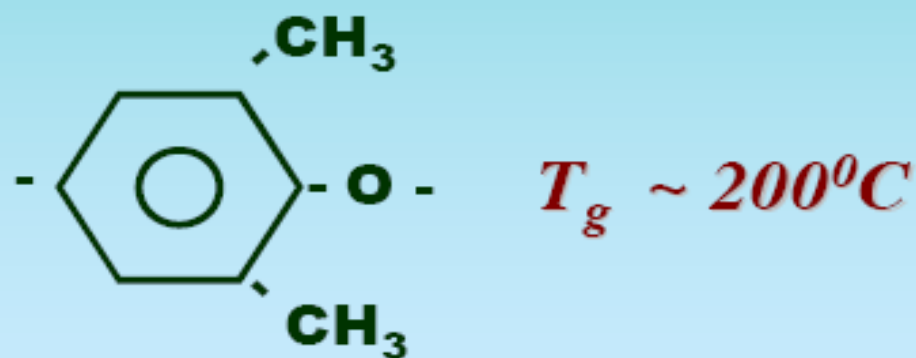


Atactic Polystyrene

$T_g \sim ?$



Poly (dimethyl siloxane)

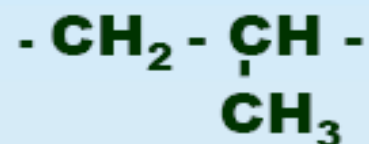


Poly (phenylene oxide)



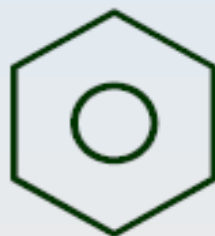
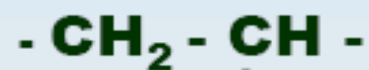
Polyethylene

$$T_g \sim -80^\circ\text{C}$$



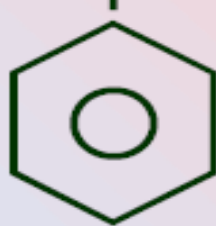
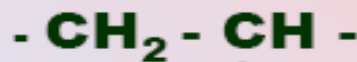
Atactic Polypropylene

$$T_g \sim -10^\circ\text{C}$$



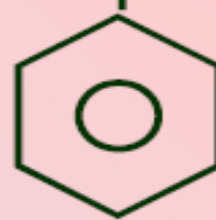
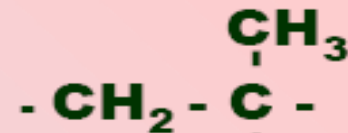
Atactic Polystyrene

$$T_g \sim 100^\circ\text{C}$$



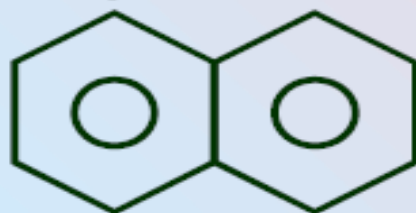
$$T_g \sim 100^\circ\text{C}$$

Atactic Polystyrene



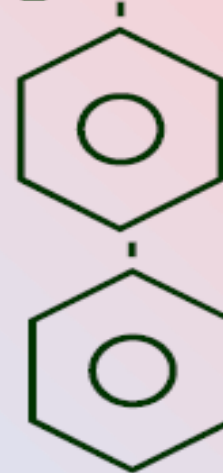
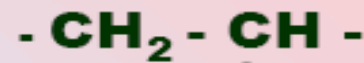
$$T_g \sim 175^\circ\text{C}$$

*Atactic
Poly(α -methyl styrene)*



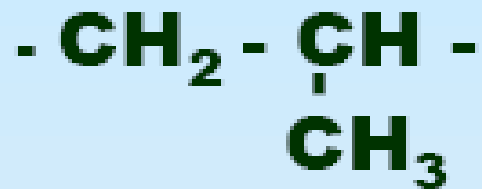
$$T_g \sim 135^\circ\text{C}$$

*Atactic
Poly(1-vinyl naphthalene)*



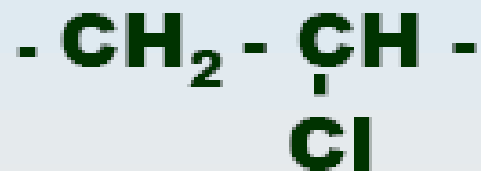
$$T_g \sim 145^\circ\text{C}$$

Atactic Poly(vinyl biphenyl)



$$T_{\text{g}} \sim -10^{\circ}\text{C}$$

Atactic Polypropylene

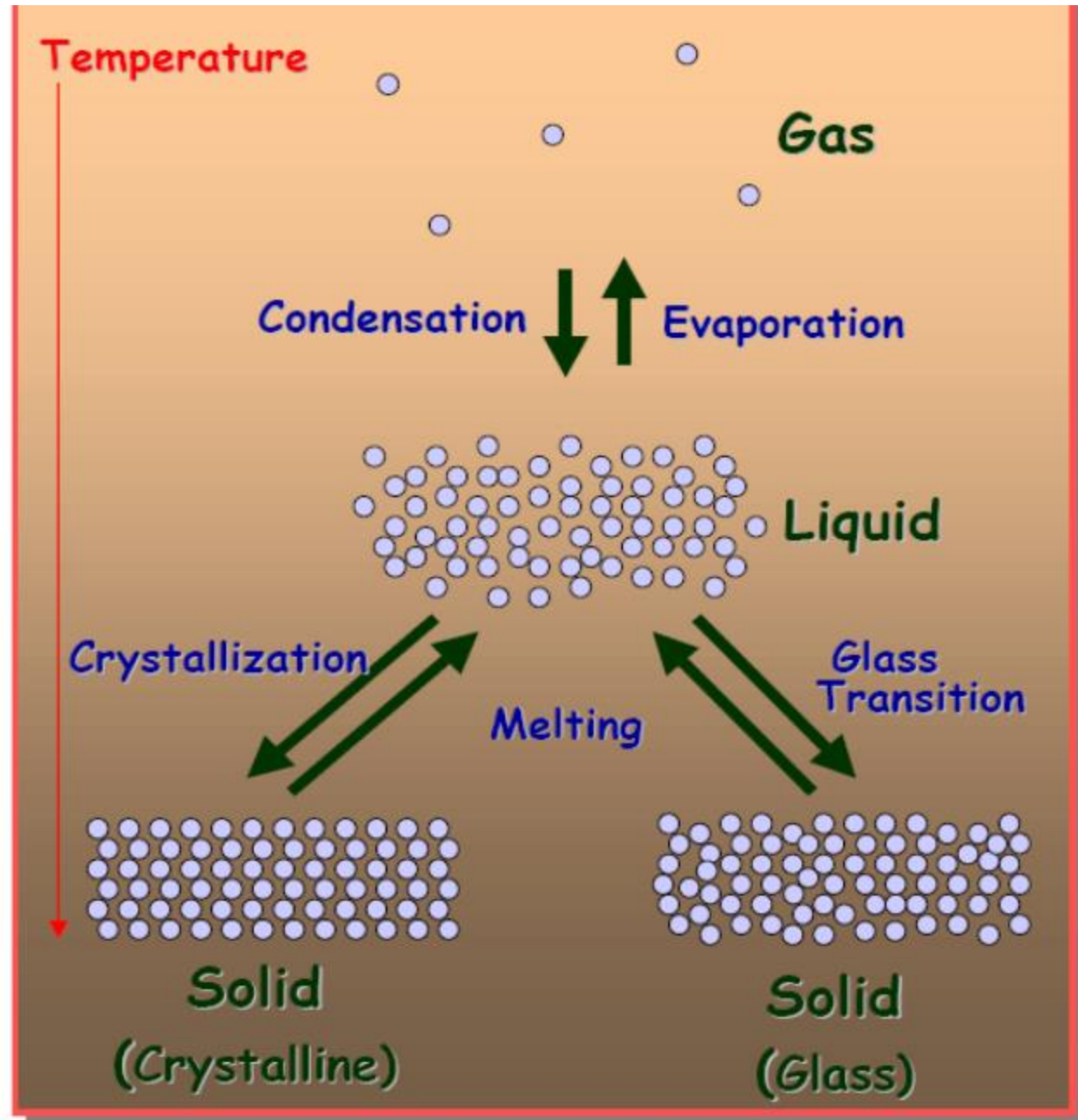


$$T_{\text{g}} \sim -87^{\circ}\text{C}$$

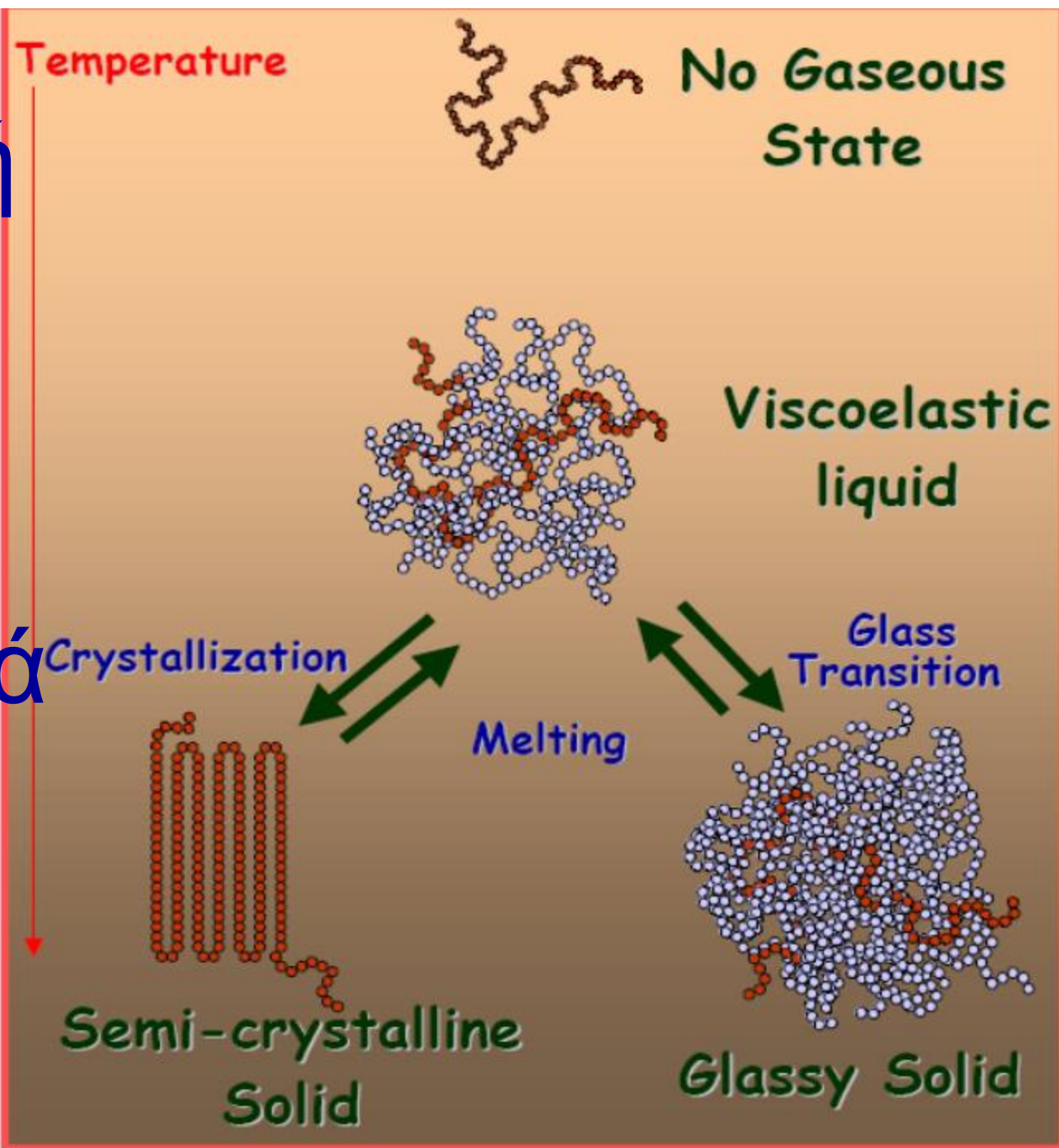
PVC

Καταστάσεις της ύλης

- Αέρια
- Υγρή
- Στερεά



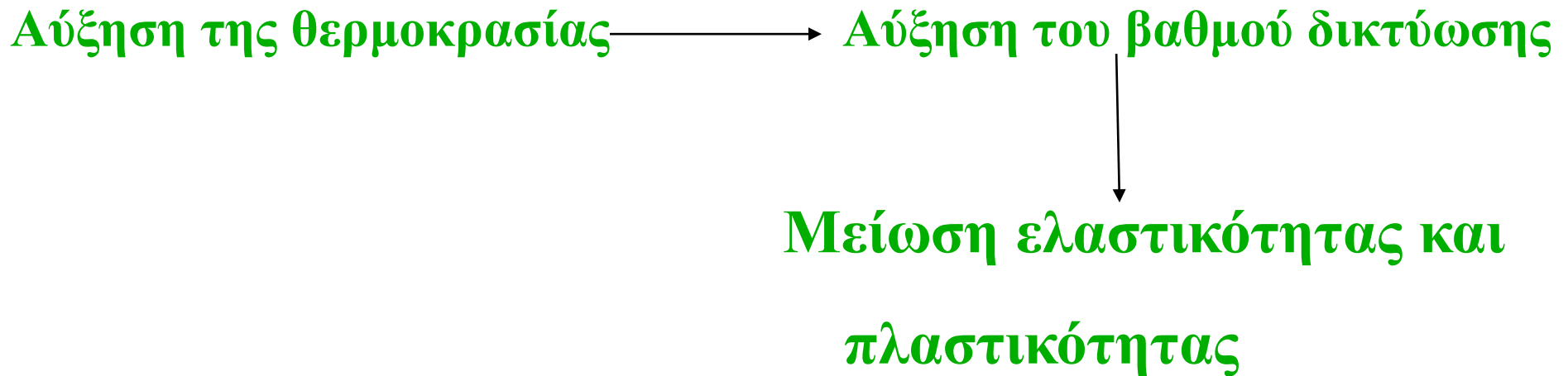
Τα πολυμερή
εμφανίζουν
ποιο
πολύπλοκη
συμπεριφορά



ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ

Θερμοσκληρυνόμενα (Thermosetting)

Δικτυωμένα πολυμερή



• Πληρωτικά και ενισχυτικά υλικά (Fillers and reinforcing agents)

Μπορεί να είναι ανόργανα ή οργανικά υλικά φυσικά ή συνθετικά.

Βελτιώνουν: τη μηχανική αντοχή, την αντοχή στη θερμοκρασία, τη σταθερότητα των διαστάσεων.

Υλικά: Σκόνη (άλευρο ξύλου, σκόνη χαλαζιακής άμμου, σκόνη silica, γυαλί (ίνες, ψήγματα), τάλκης, άλλα πολυμερή κ.λ.π..
Μέγεθος σωματιδίων > 10nm.

Πλαστικοποιητές (Plasticizers)

Βελτιώνουν τη πλαστικότητα και ευκαμψία του υλικού. Ο πλαστικοποιητής δεν συνδέεται χημικά με το πλαστικό αλλά δρα σαν λιπαντικό ελαττώνοντας τις δυνάμεις Van der waals μεταξύ των μακρομορίων. Χωρίς πλαστικοποιητές θα ήταν αδύνατο να κατασκευαστούν φύλλα, φίλμς και άλλα εύκαμπτα πλαστικά προϊόντα.

Υλικά: πανίροειστα μικρά μικροί μοριακού βάρους Φθαλικά

• Σταθεροποιητές (Heat stabilizers)

Παρεμποδίζουν τη διάσπαση των ρητινών όταν κατά τη μορφοποίηση τους σε κατάσταση τήγματος υποβάλλονται σε υψηλές θερμοκρασίες ή επεκτείνουν τη διάρκεια ζωής του τελικού προϊόντος. Το PVC είναι χαρακτηριστική περίπτωση πολυμερούς που διασπάται εύκολα κατά τη διεργασία παραγωγής και απαιτεί την ικανή ποσότητα σταθεροποιητή.

Χρησιμοποιούνται υγροί σταθεροποιητές και άλατα Ba, Zn.

•Λιπαντικά (Lubricants).

•Χρωστικές (Colorants).

Προσδίδουν Σταθεροποιητές στη UV ακτινοβολία (UV light absorbers).

•Αντιστατικά αντιδραστήρια (Antistatic agents).

•Επιβραδυντικά καύσης (Flame retardants).

•Αφροποιητικά αντιδραστήρια (Blowing agents).

•χαρακτηριστικό χρώμα στο πολυμερές.

Πολυμερή (Πλαστικά)
σε επαφή με τρόφιμα!!!