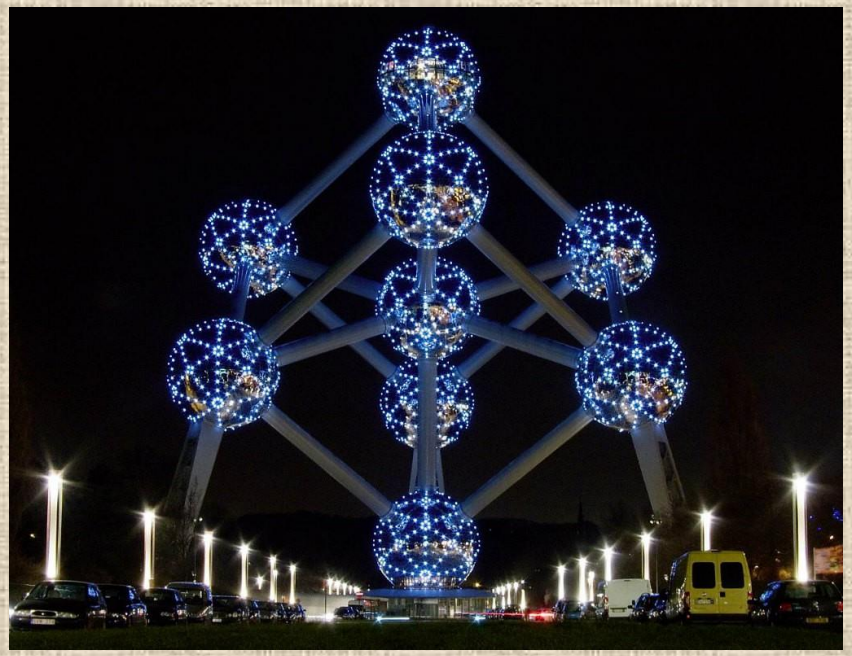
# Atomium - Βρυξέλλες



***Κυψελλίδα Fe***

***Κλίμακα 1:165x10$^{9}$***

# ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΔΕΣΜΟΣ

## Metals, Nonmetals, and Metalloids

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H | | | | | | | | | | | | | | | | | He |
| Li | Be | | | | | | | | | | | B | C | N | O | F | Ne |
| Na | Mg | | | | | | | | | | | Al | Si | P | S | Cl | Ar |
| K | Ca | Sc | Ti | V | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn | Ga | Ge | As | Se | Br | Kr |
| Rb | Sr | Y | Zr | Nb | Mo | Tc | Ru | Rh | Pd | Ag | Cd | In | Sn | Sb | Te | I | Xe |
| Cs | Ba | La | Hf | Ta | W | Re | Os | Ir | Pt | Au | Hg | Tl | Pb | Bi | Po | At | Rn |
| Fr | Ra | Ac | Rf | Db | Sg | Bh | Hs | Mt | Ds | Rg | Uub | — | Uuq | — | — | — | — |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ce | Pr | Nd | Pm | Sm | Eu | Gd | Tb | Dy | Ho | Er | Tm | Yb | Lu |
| Th | Pa | U | Np | Pu | Am | Cm | Bk | Cf | Es | Fm | Md | No | Lr |

metals

metalloids

nonmetals

# Μεταλλικός χαρακτήρας

- Μικρή ενέργεια ιοντισμού
- Μεγάλη σκληρότητα
- Ελατά και όλκιμα
- Υψηλή θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητα
- Χαρακτηριστική λάμψη
- Υψηλά σημεία ζέσης και τήξης
- Μεγάλη πυκνότητα

↓

- Μηχανική αντοχή – πλαστική παραμόρφωση
- Δυνατότητα συγκόλλησης
- Χύτευση - στερεοποίηση
- Δυνατότητα κραματοποίησης
- Δυνατότητα τροποποίησης των μηχανικών ιδιοτήτων με θερμικές και χημικές κατεργασίες.

304- 292 π.Χ

Σιδερένιες ράβδοι – σφυρηλάτηση

Πέτρινα υποστηλώματα – χυτός μπρούτζος

1887-1889

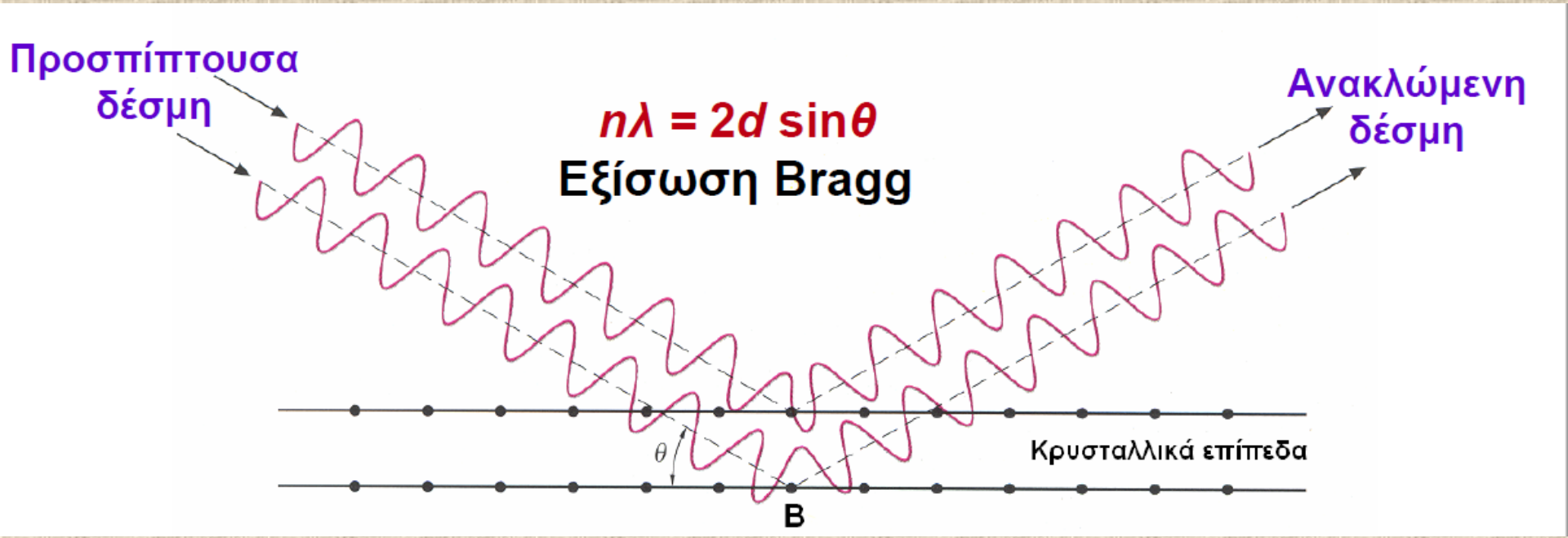
h: 300 m (324 m με την κεραία)

18000 μεταλλικά κομμάτια

6300 tn χάλυβα (7700tn)

## Κρυσταλλικό στερεό : συμμετρική, επαναλαμβανόμενη διάταξη ατόμων, ιόντων ή μορίων

**Οι κρυσταλλικές δομές προσδιορίζονται με περίθλαση ακτίνων Χ**



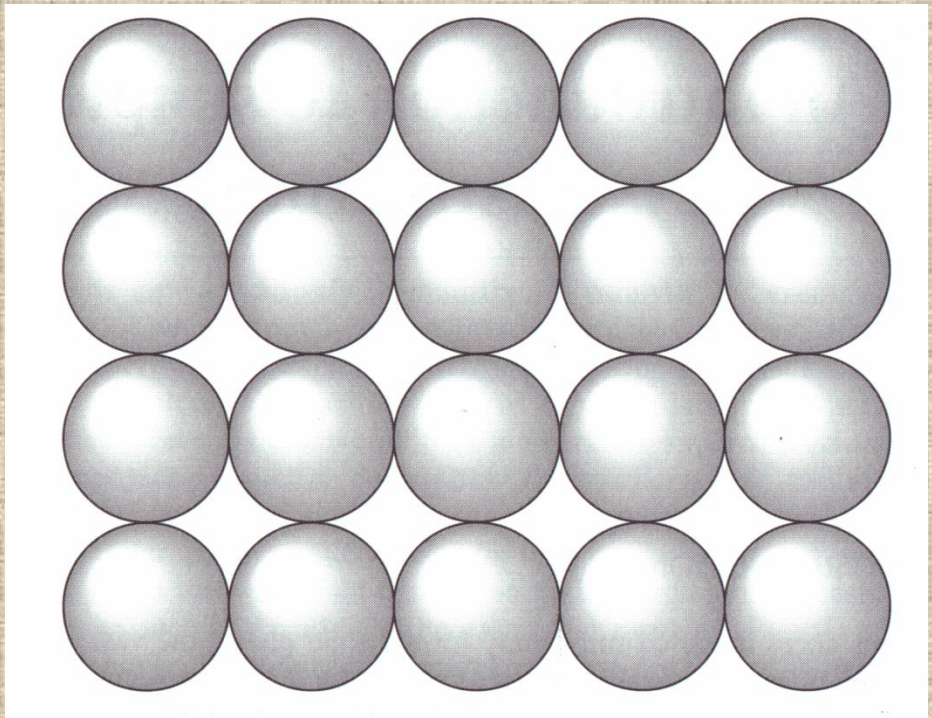

**Περιγραφή κρυσταλλικών δομών μετάλλων: διάταξη συμπαγών σφαιρών**

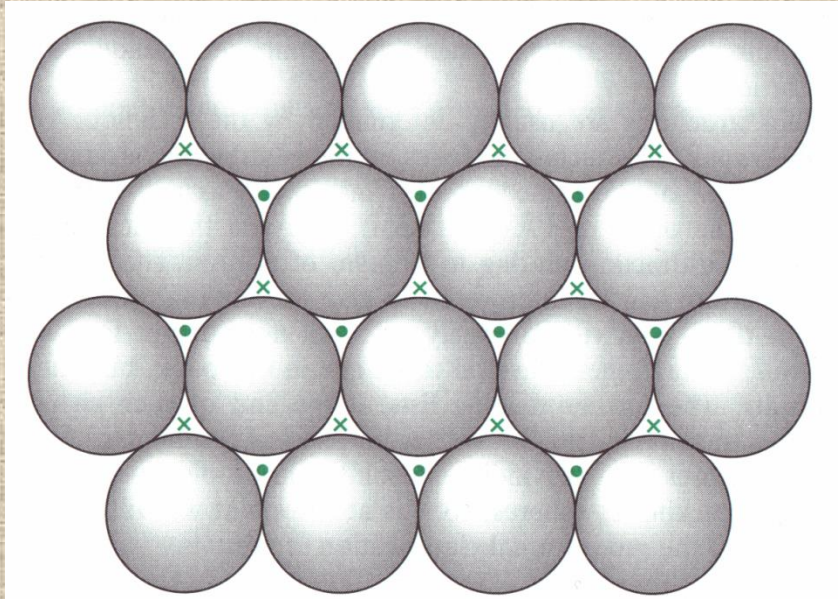
**μεγάλη πυκνότητα → δομές πυκνοτάτης συσσώρευσης**

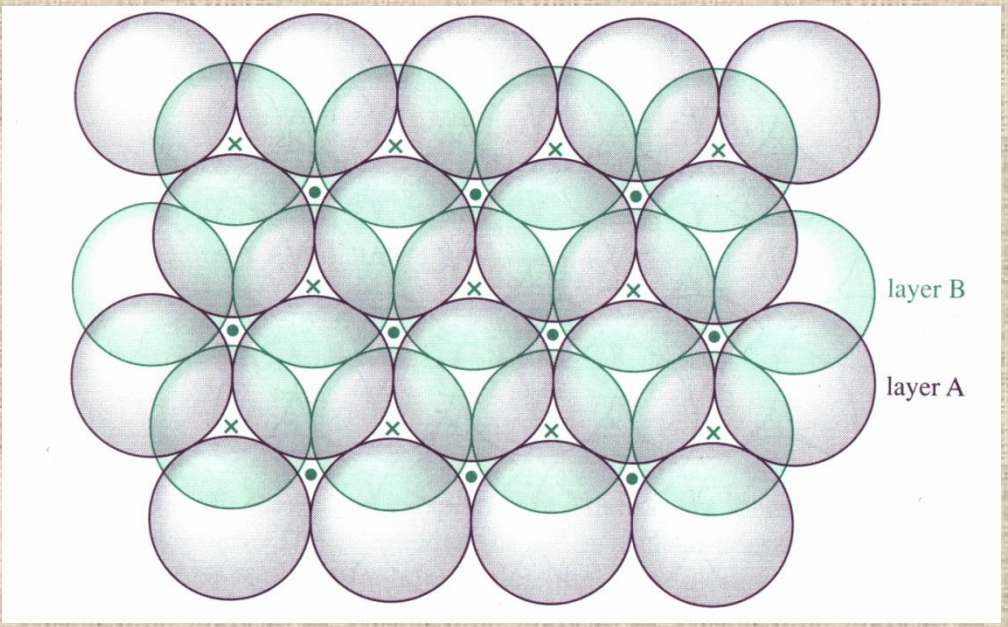
**Βαρέα μέταλλα: πυκνότητα > 5g/cm³**

**Ελαφρότερο μέταλλο : Li 0.534 g/cm³**

**Βαρύτερο μέταλλο : Ir 22.56 g/cm³**








**Πυκνή διάταξη 2 στοιβάδων**

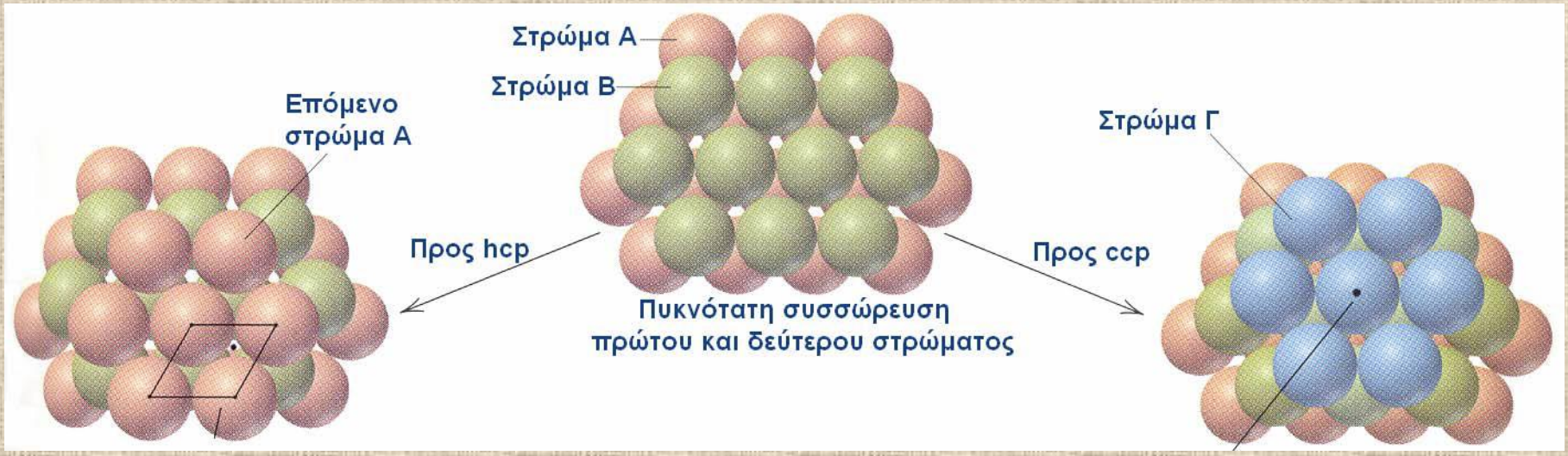
**Δομές πυκνότατης συσσώρευσης**

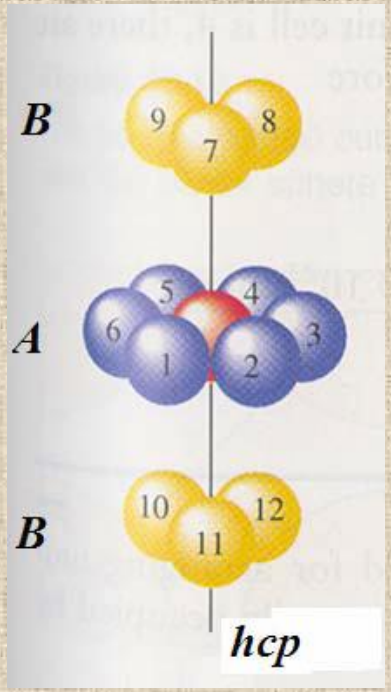
**Προσθήκη 3ης στοιβάδας**

Επάνω από την A → **ABABABAB** — Εξαγωνική πυκνή δομή (hcp)

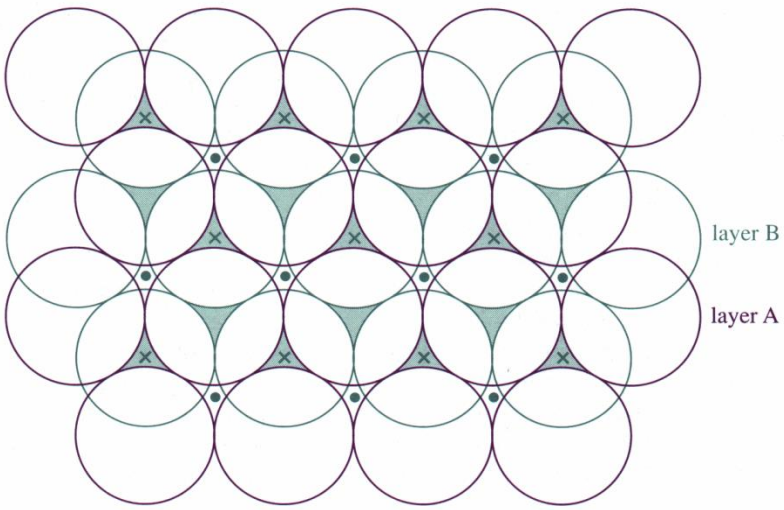
Επάνω στα κενά (•) → **ABCABCABC** — Κυβική πυκνή διάταξη (ccp)

| | |
|---|---|
| **Πλήρωση χώρου** | **74%** |
| **Αριθμός ένταξης** | **12** |




***Στις δομές πυκνότατης συσσώρευσης ο αριθμός ένταξης είναι 12***




x : τετραεδρικές οπές

↓

περικλείονται από 4 σφαίρες με κέντρα στις κορυφές τετραέδρου

↓

για n σφαίρες στο πλέγμα υπάρχουν 2n τετραεδρικές οπές

↓

ακτίνα σφαίρας: r ακτίνα οπής: 0.225r

• : οκταεδρικές οπές

↓

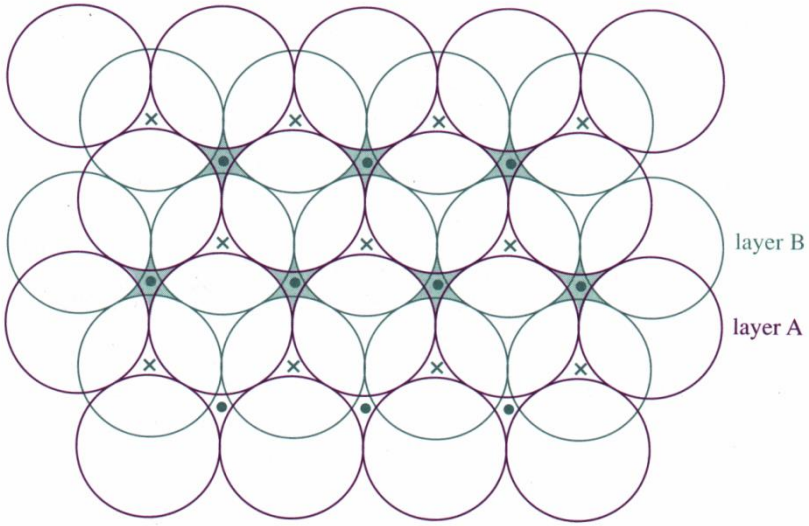
περικλείονται από 6 σφαίρες (3 στην επάνω στοιβάδα, 3 στην κάτω)

↓

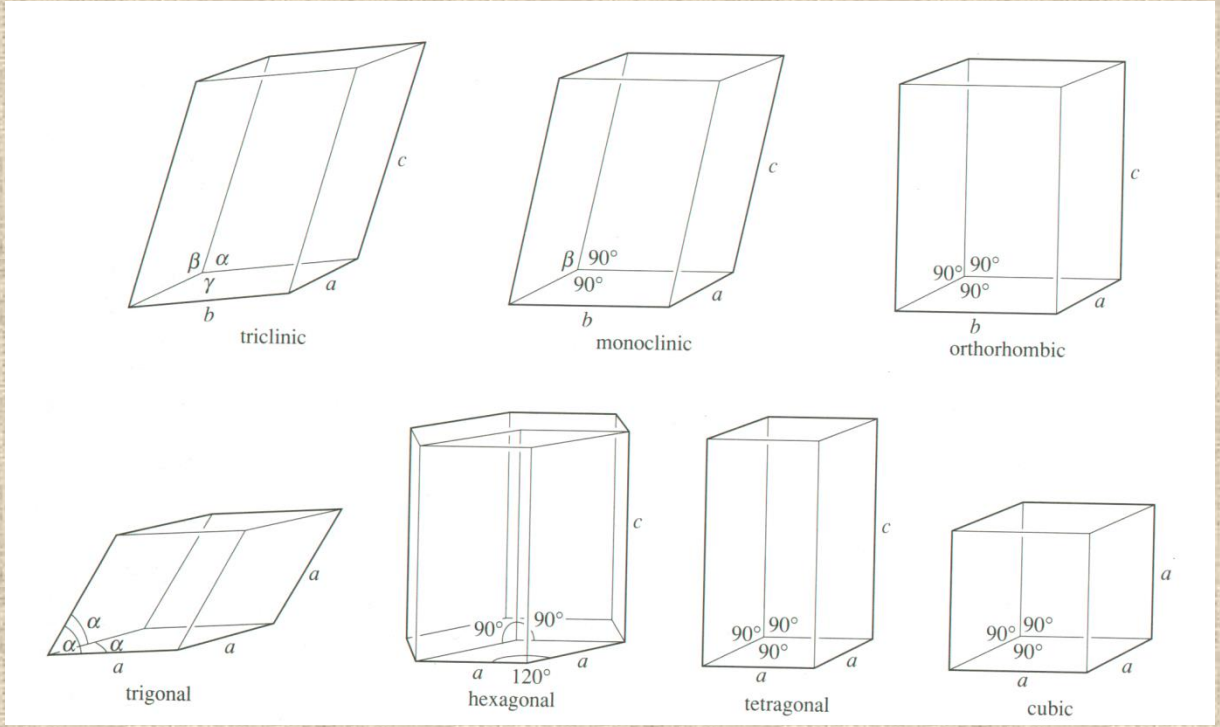
για n σφαίρες στο πλέγμα υπάρχουν n οκταεδρικές οπές

↓

ακτίνα σφαίρας: r ακτίνα οπής: 0.414r



# Μοναδιαίες κυψελίδες των 7 κρυσταλλικών συστημάτων



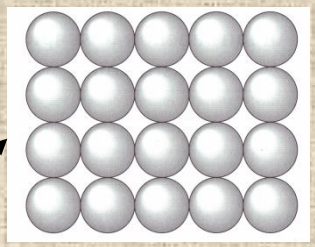

Ορίζονται με βάση → 3 ευθύγραμμα τμήματα :

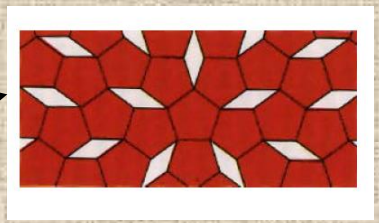
Ορίζονται με βάση → 3 γωνίες : α,β,γ

Απαραίτητη προυπόθεση

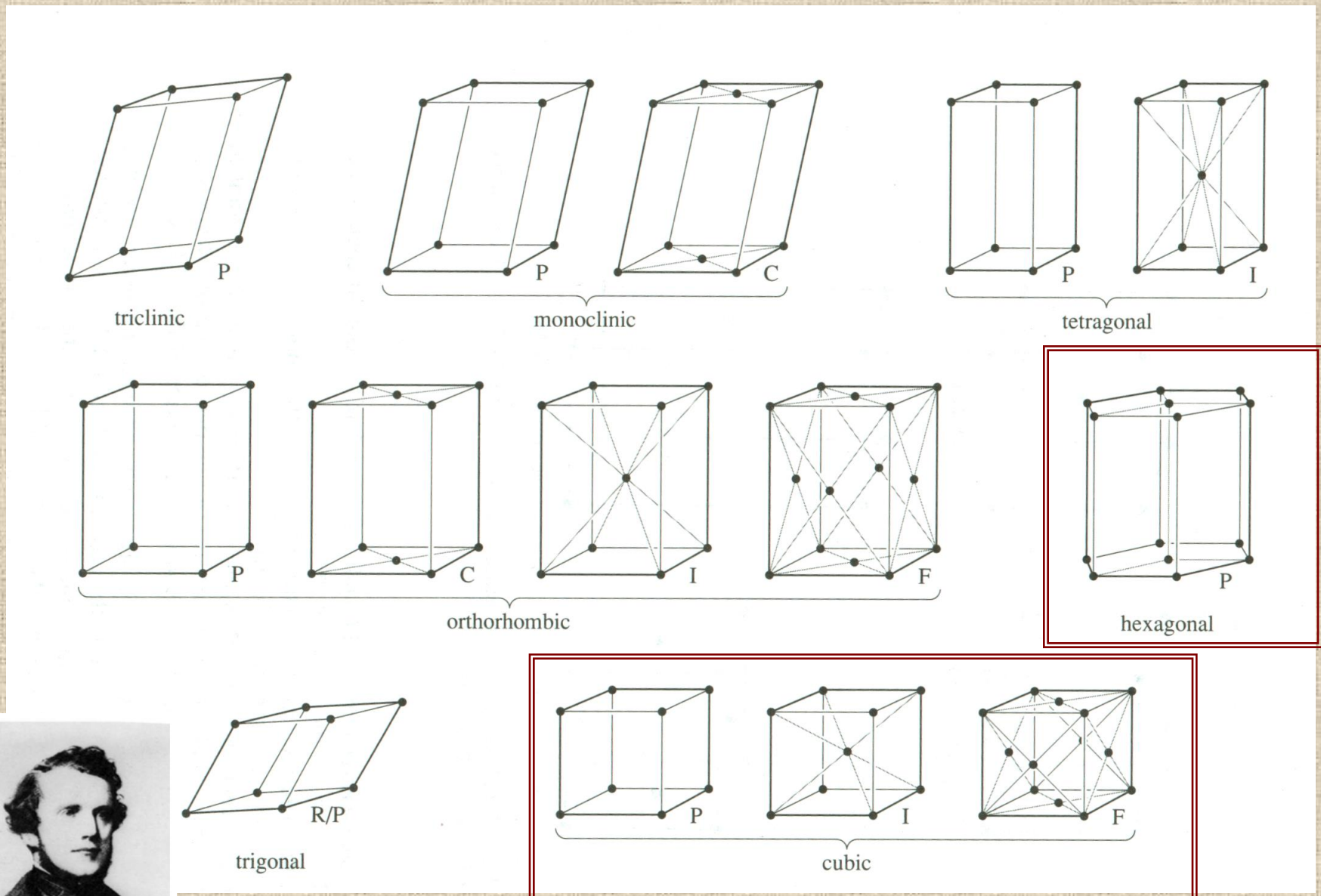
→ επαναλαμβανόμενη διάταξη

→ πλήρης κάλυψη χώρου

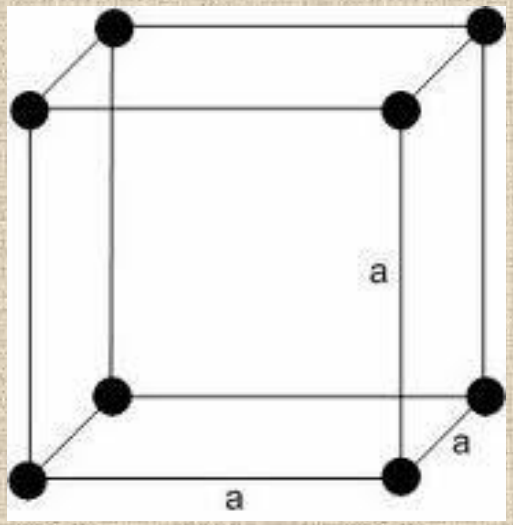


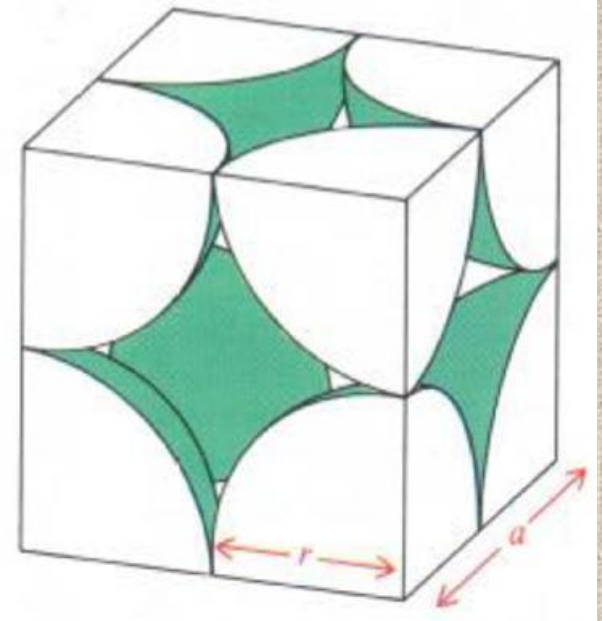


# Τα 14 πλέγματα Bravais

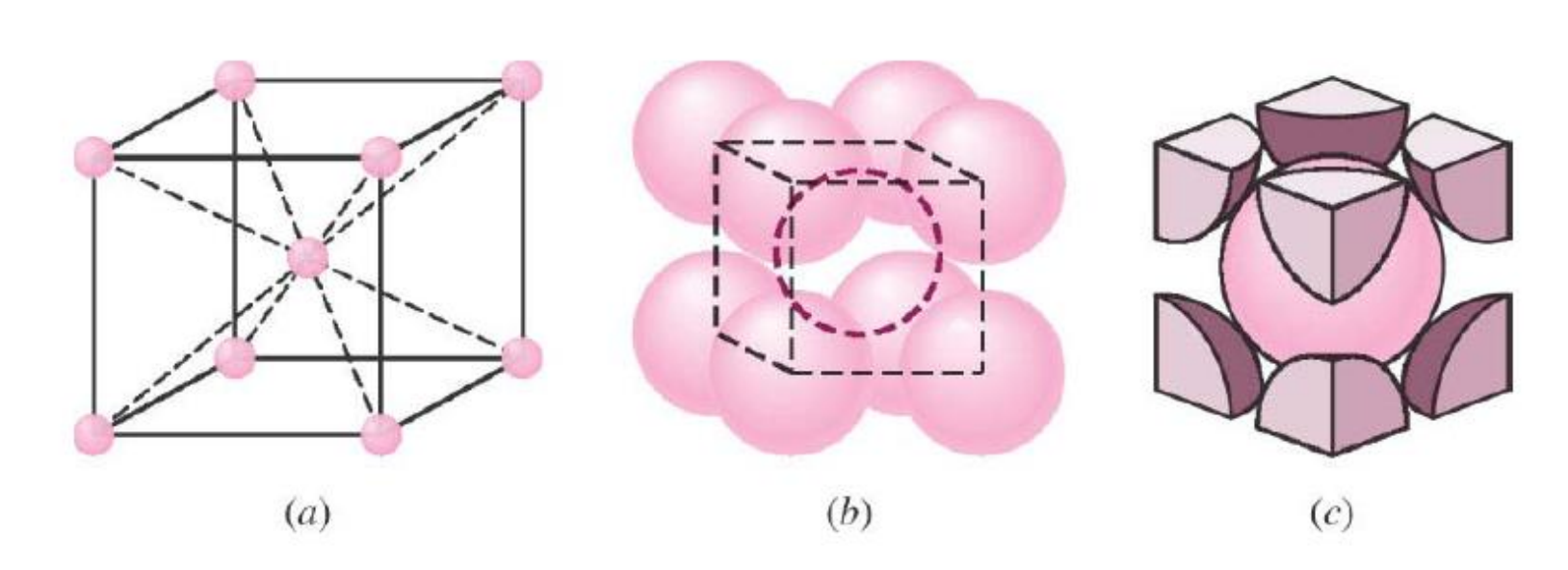


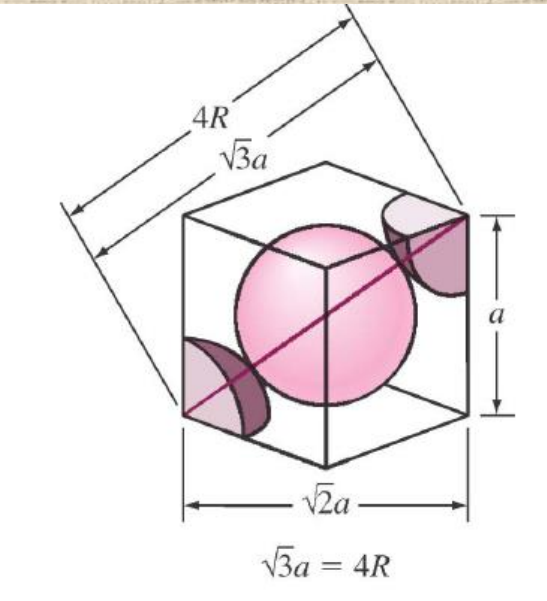
# *Θεμελιώδης κυψελίδα*

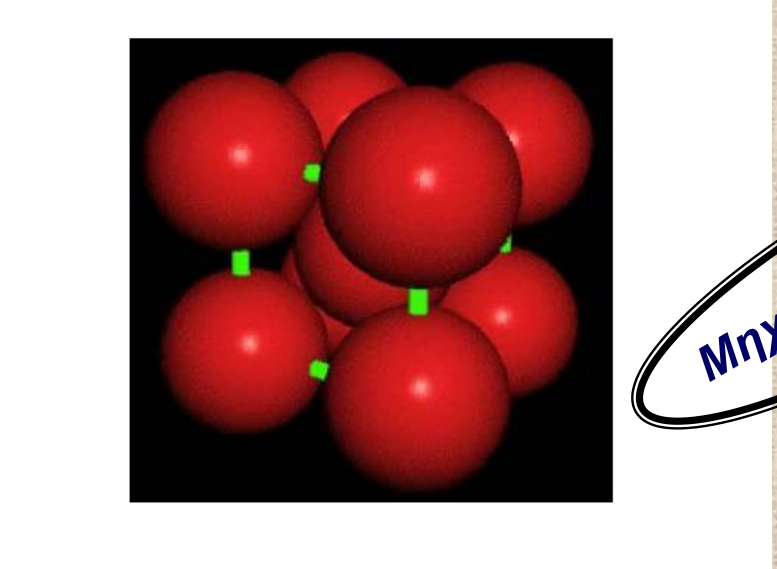


# Body-centered cubic (BCC)



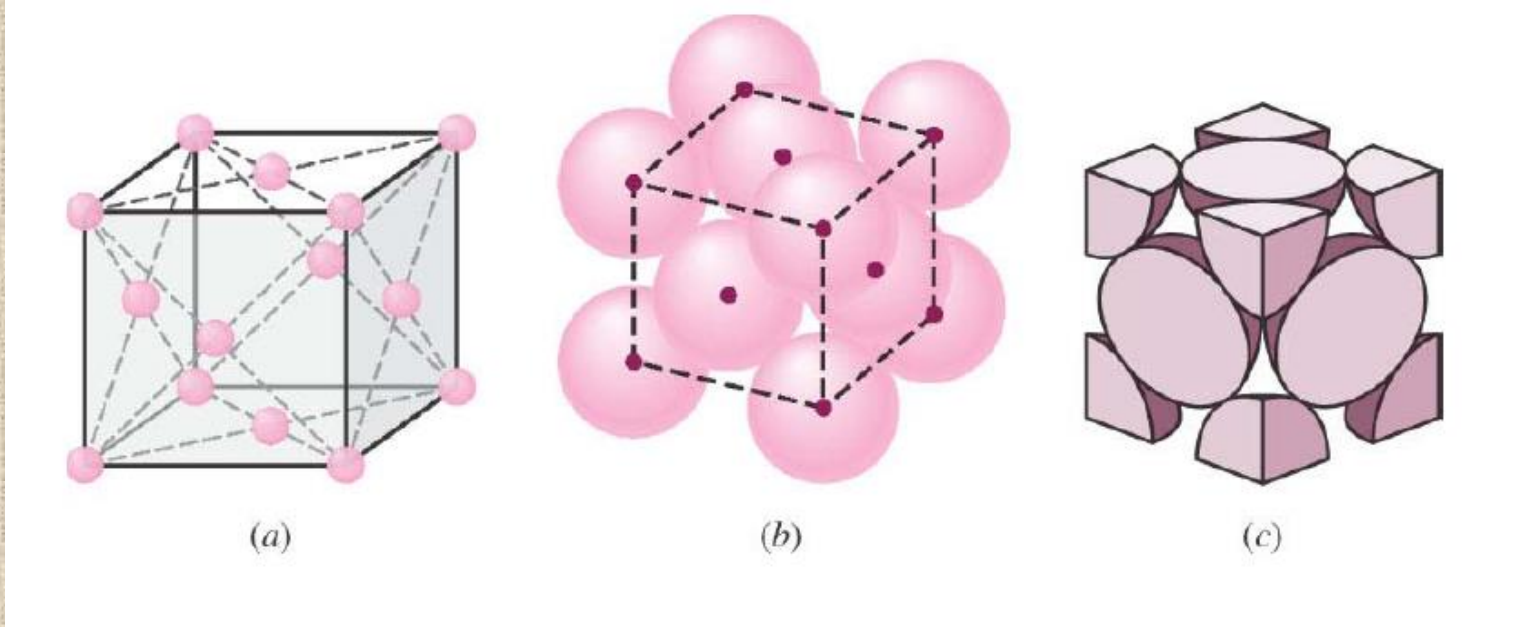



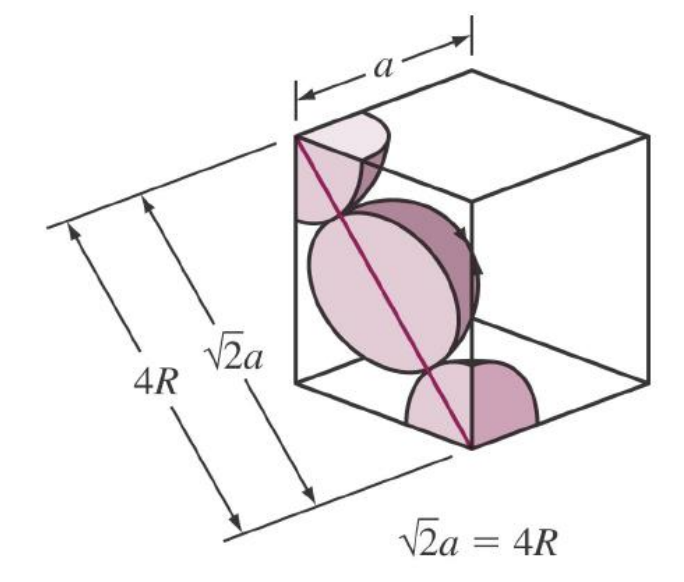



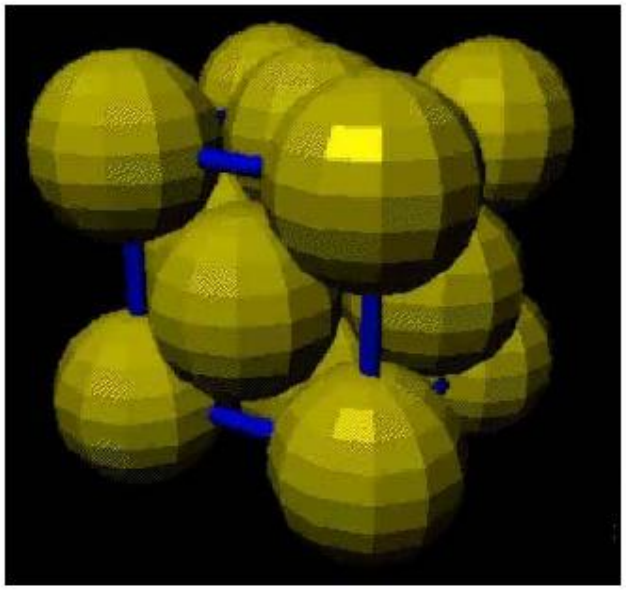
Μηχανική αντοχή

**Fe**

# Face-centered cubic (FCC)



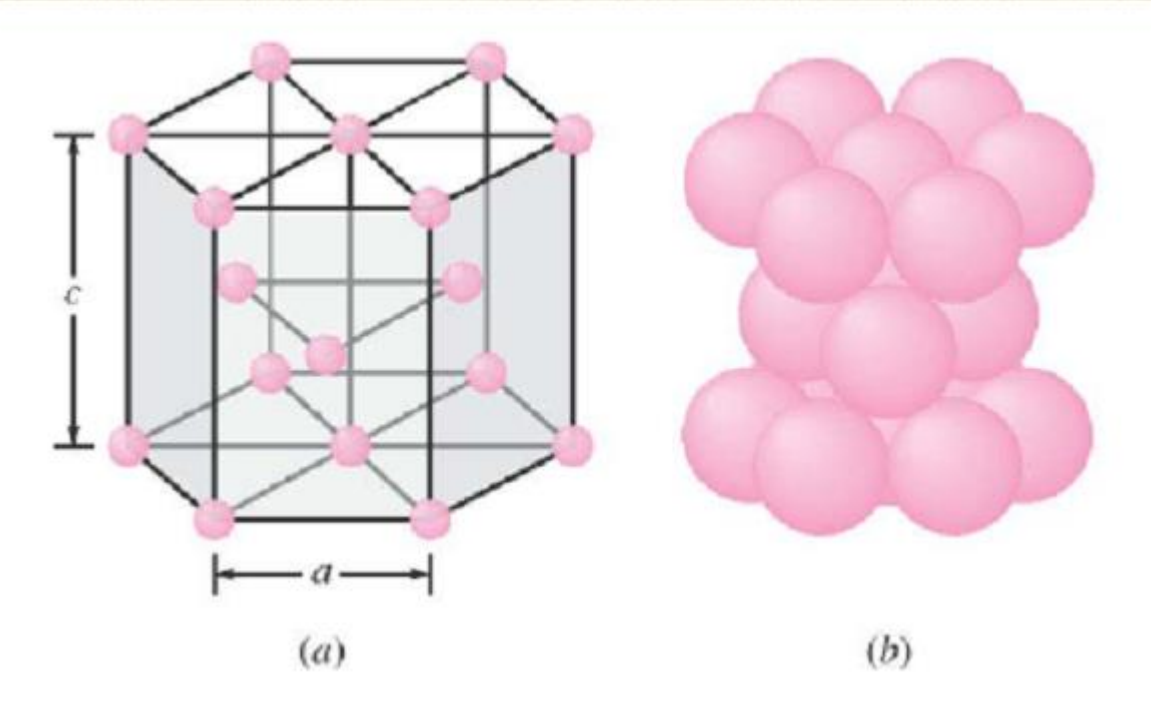



ελατότητα

Cu

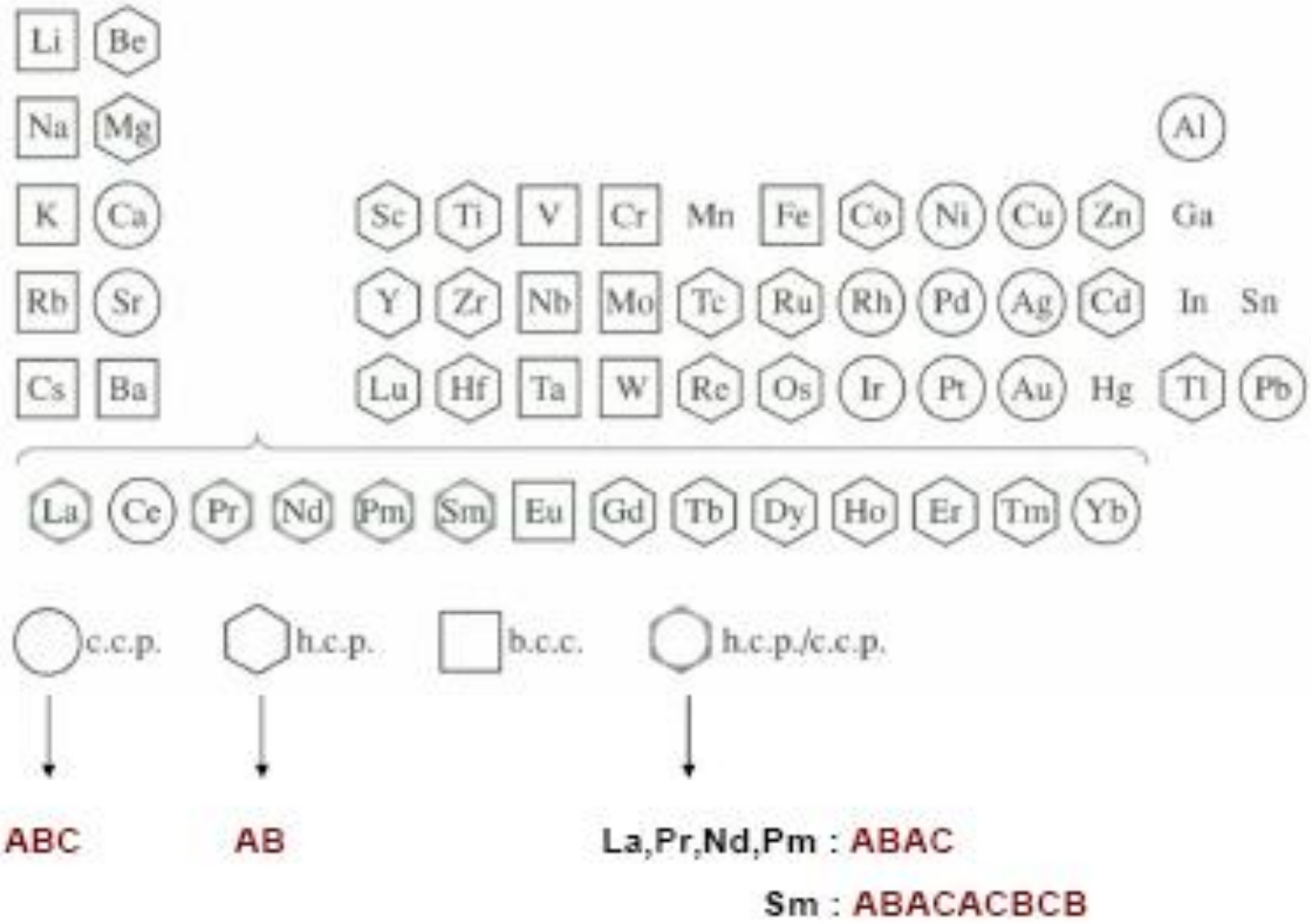
# Hexagonal close packed (HCP)



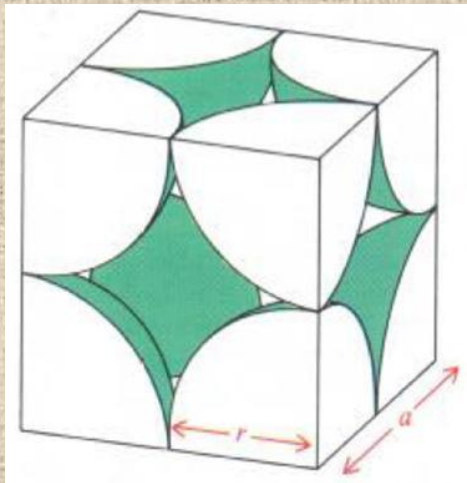

Μη σφυρηλατίσιμο

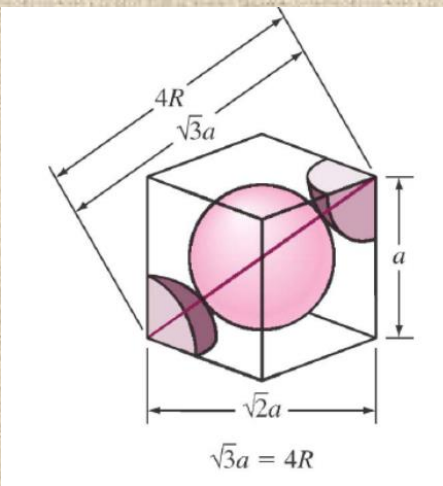
Zn

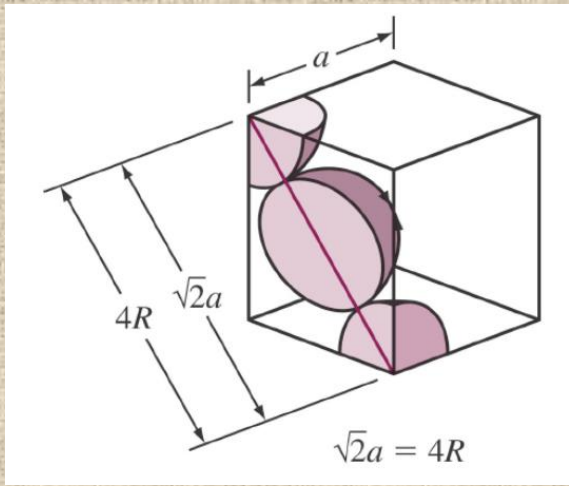
## Κατανομή των τύπων διάταξης των στοιβάδων στα μέταλλα



**Δείξτε ότι τα άτομα καταλαμβάνουν μόνο το 52.4% του όγκου σε μία απλή κυβική δομή στην οποία όλα τα άτομα είναι ίδια.**




**Η ατομική ακτίνα του Fe είναι 1.24 Å. Να υπολογίσετε τις διαστάσεις των κυψελίδων στο BCC και FCC Fe.**

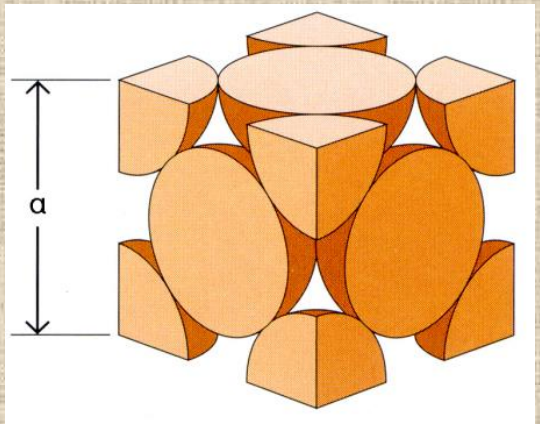
# ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗΣ – ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ

**Ο Cu έχει ατομική ακτίνα 0.128 nm**

**δομή FCC**

**Α.Β. 63.5 g/mole.**

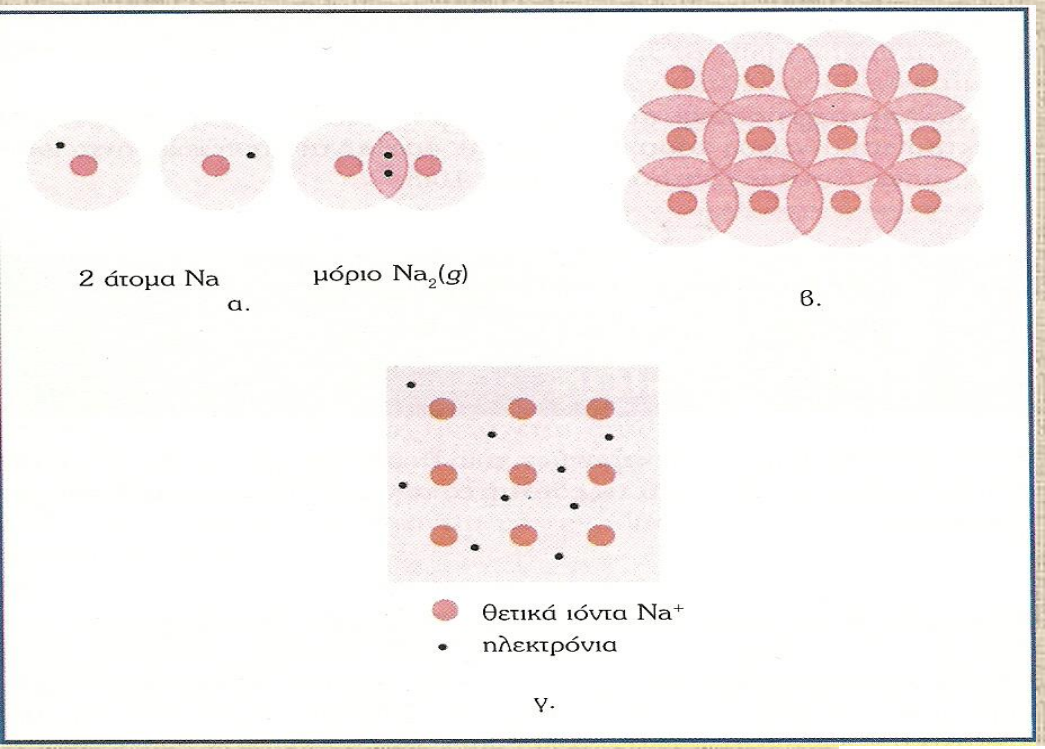
**Να υπολογισθεί η πυκνότητα του και να συγκριθεί με την τιμή που προσδιορίζεται πειραματικά (8.94 g/cm$^3$).**



**Ο χρυσός σχηματίζει κυβικούς κρυστάλλους με ακμή 407.9 pm. Η πυκνότητα του μετάλλου είναι 19.3 g/cm$^3$.**
**Να υπολογιστεί ο αριθμός των ατόμων χρυσού σε μια στοιχειώδη κυψελίδα. Ποιος είναι ο τύπος της στοιχειώδους κυψελίδας. Ατομικό βάρος Au: 196.97**

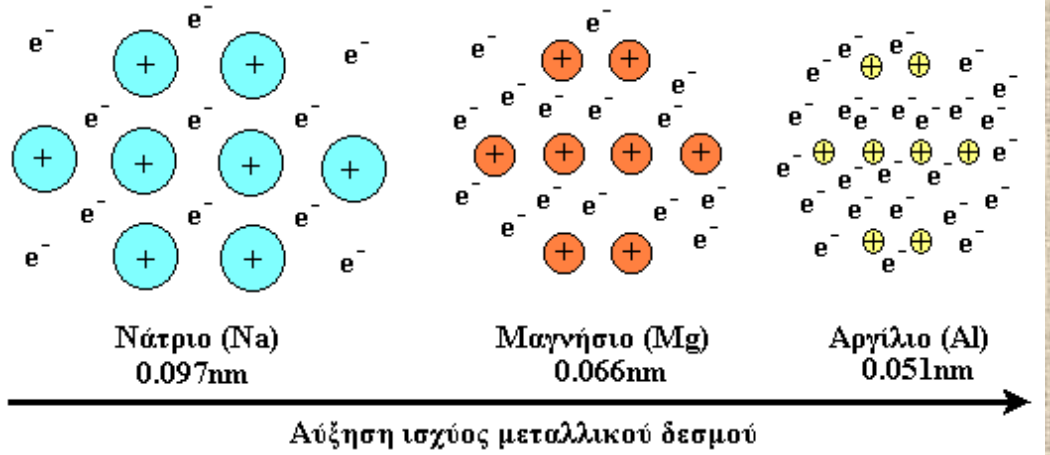
**Το λανθάνιο έχει δομή FCC (a=5.337 Å) σε θερμοκρασία μικρότερη των 865 $^0$C η οποία μετατρέπεται σε BCC (a=4.26 Å) σε μεγαλύτερη θερμοκρασία.**
**Να υπολογίσετε τη μεταβολή όγκου κατά τη θέρμανση του στην παραπάνω θερμοκρασιακή περιοχή.**
**Παρατηρείται συστολή ή διαστολή του υλικού κατά τη θέρμανση;**

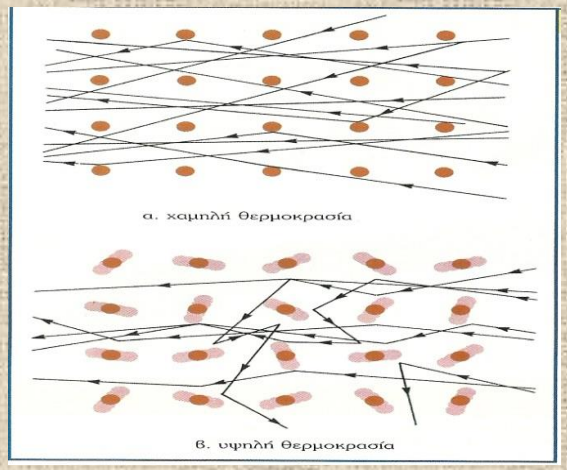
# Μεταλλικός Δεσμός – Θεωρία ελευθέρων ηλεκτρονίων




***Μεταλλικός δεσμός είναι η ελκτική δύναμη μεταξύ του ηλεκτρονιακού νέφους και των θετικών ιόντων του μετάλλου.***

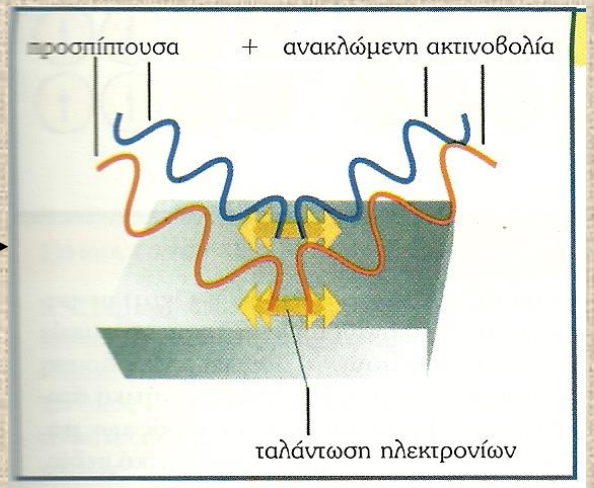
***Η ισχύς του μεταλλικού δεσμού αυξάνει καθώς μειώνεται το μέγεθος του ατόμου και αυξάνει ο αριθμός των ηλεκτρονίων της στοιβάδας σθένους του μετάλλου***

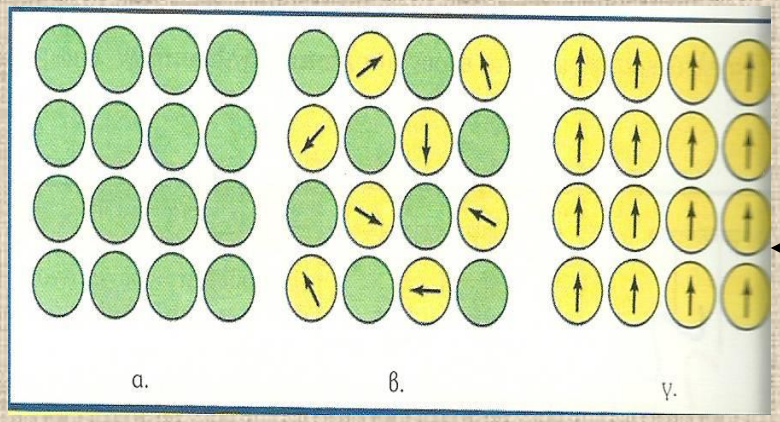





**Ηλεκτρική αγωγιμότητα**

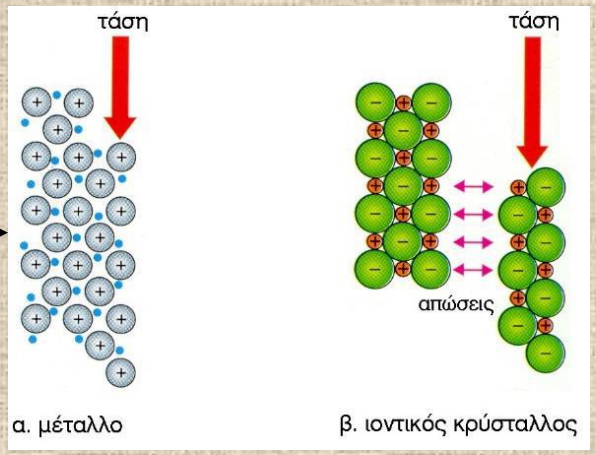
**Μεταλλική λάμψη**



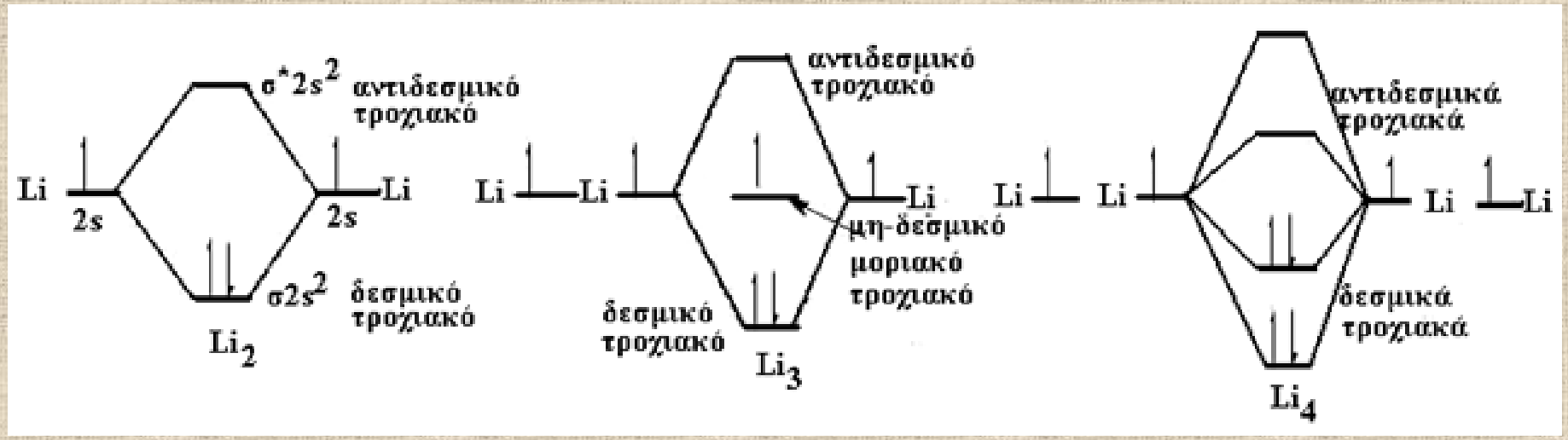

**Μαγνητικές ιδιότητες**

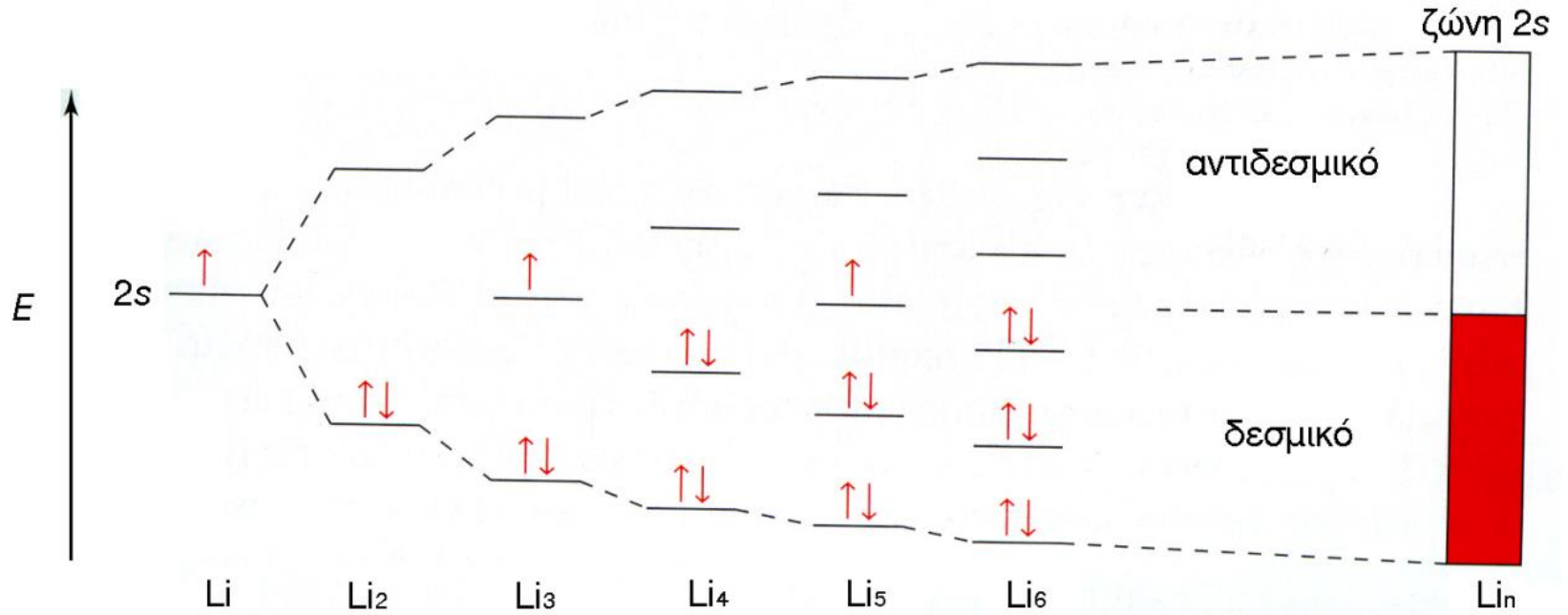
**Ελατά και όλκιμα**



# ΚΒΑΝΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥ ΔΕΣΜΟΥ

## ΘΕΩΡΙΑ ΖΩΝΩΝ






**N** **άτομα** $Li_2$ **N μοριακά τροχιακά**

$E_{min}$ **in phase combination**

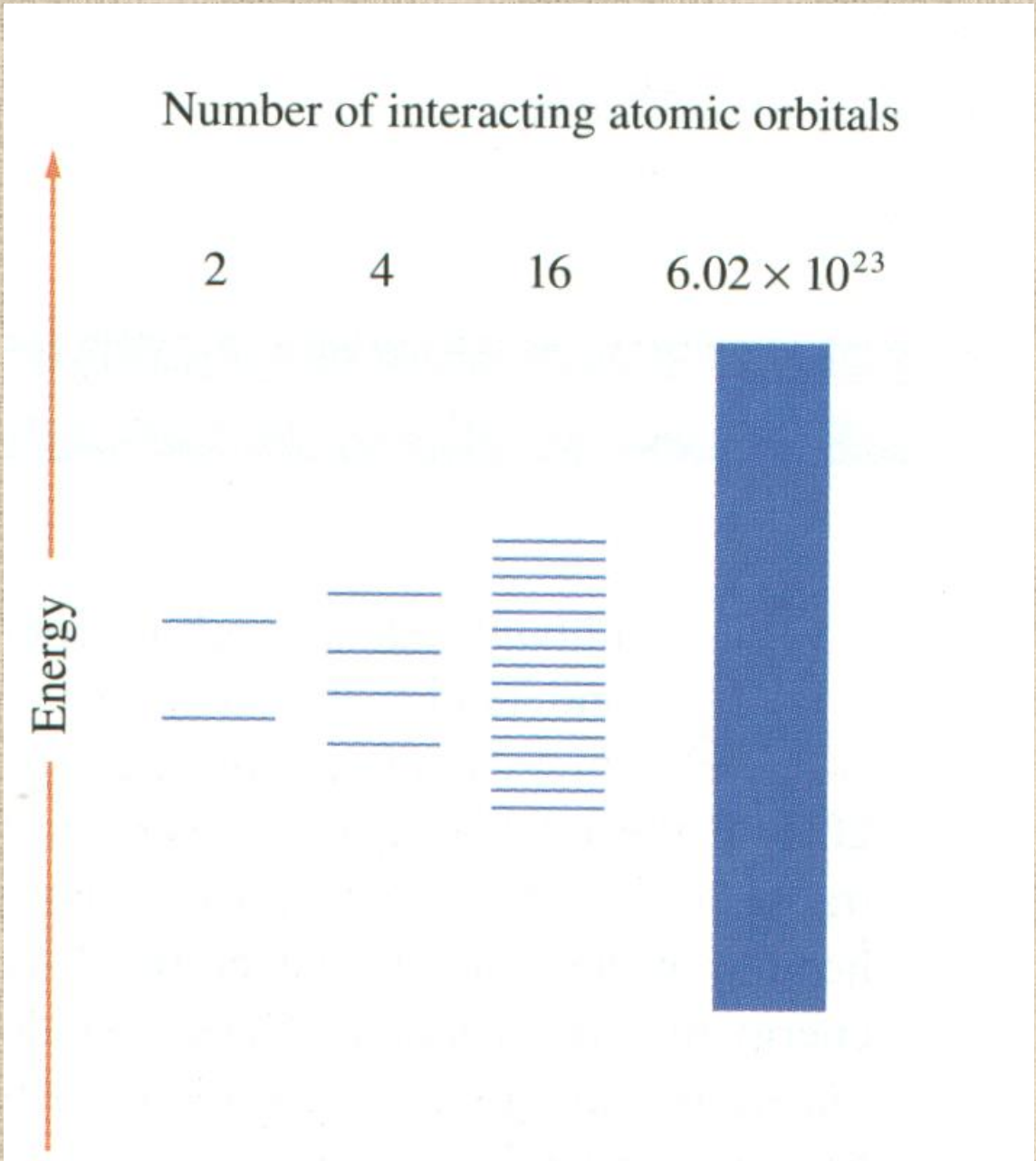
$E_{max}$ **out of phase combination**

**N-2 ενδιάμεσες ενεργειακές στάθμες**

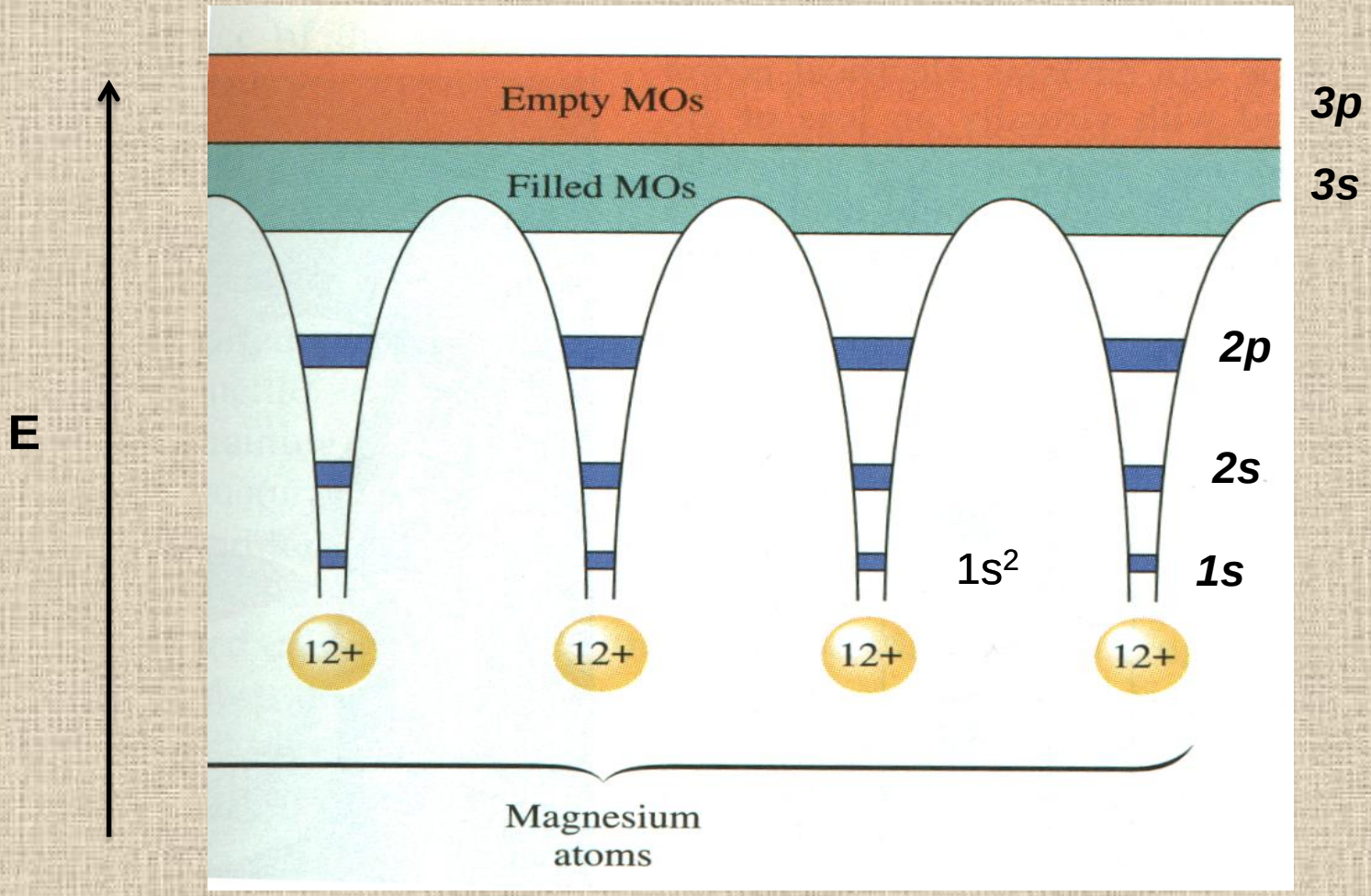
**ατομα** $\cong 10^{20}$

**μεταλλικός κρύσταλλος** $\longrightarrow$ $E_{max} - E_{min} \cong 10^{-19}$ **J**

$\Delta E \cong 10^{-39}$ **J**


Number of interacting atomic orbitals
2
4
16
6.02 × 10^23
Energy

# Ενεργειακές ζώνες στον κρύσταλλο Mg



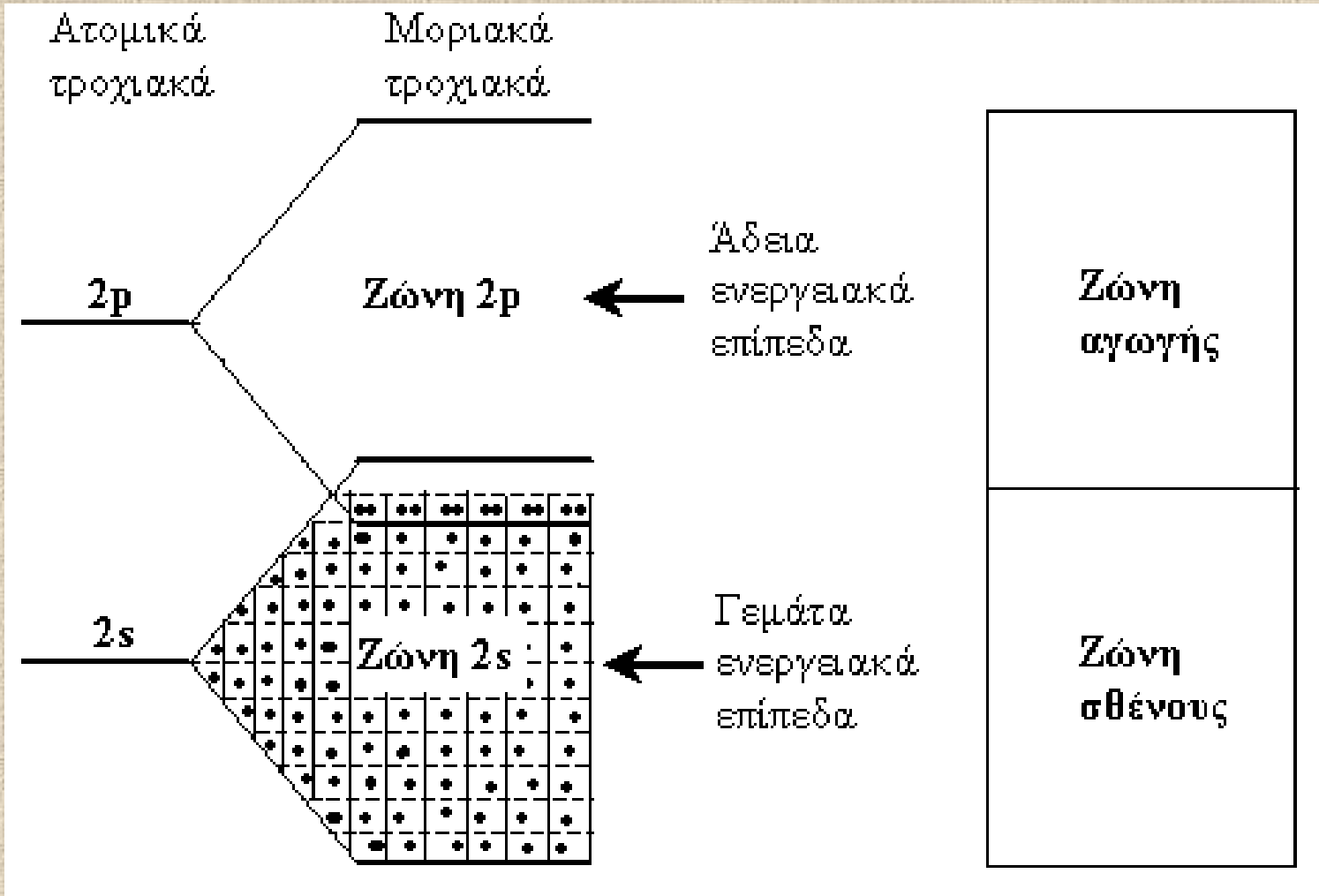

$_{12}Mg : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$

**Το ενεργειακό πλάτος της ταινίας 2s για το Li είναι 1eV. Ποια είναι η διαφορά ενέργειας των ενεργειακών σταθμών μιας ταινίας 2s αν ο μεταλλικός κρύσταλλος περιέχει $10^{23}$ άτομα.**

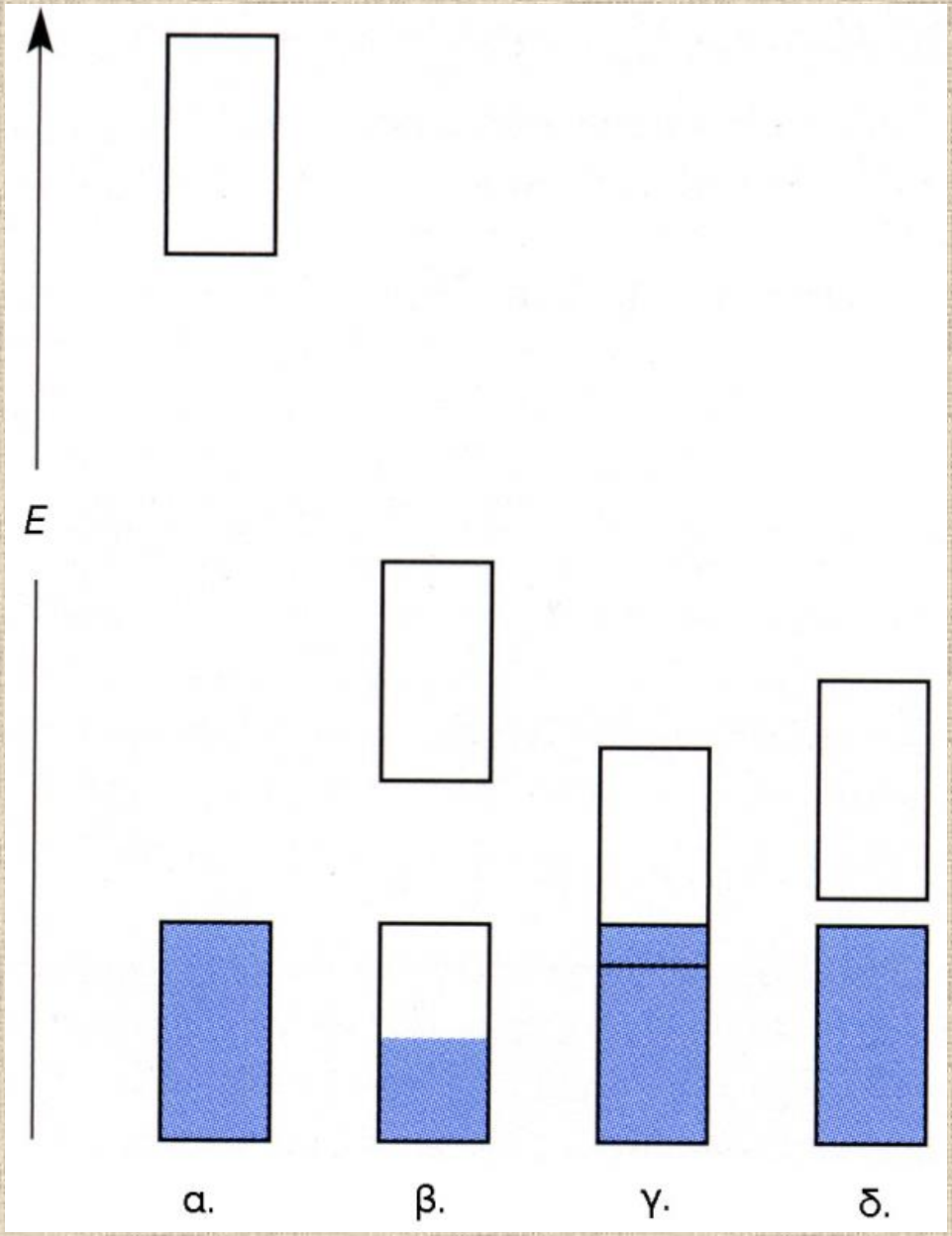
**Πόσες ενεργειακές στάθμες υπάρχουν στην 3s ζώνη αγωγιμότητας σε ένα κρύσταλλο Na βάρους 26.8 mg; Πόσα ηλεκτρόνια υπάρχουν στη ζώνη αυτή;**

**Na: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1$ ή [Ne] $3s^1$ A.B. = 23 g/mol**

# Σχηματισμός ζωνών στο μεταλλικό Be




**Be: [He]$2s^2 2p^o$**




**Σχηματική ερμηνεία της ηλεκτρικής αγωγιμότητας υλικών με βάση τη θεωρία των ζωνών.**

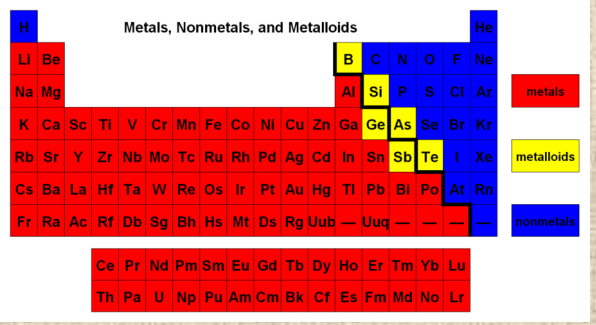
**α. μονωτής,**

**β. και γ. μεταλλικός αγωγός,**

**δ. ημιαγωγός**

**Γιατί τα “απλά μέταλλα” (1η ομάδα, 2η ομάδα, Al)**

**είναι καλοί αγωγοί του ηλεκτρικού ρεύματος?**




**Ηλεκτρονιακή δόμηση: ns np**

**Πυκνή κρυσταλλική δομή**

↓

**Υψηλός αριθμός ένταξης**

↓

**Μεγάλη αλληλεπικάλυψη τροχιακών**

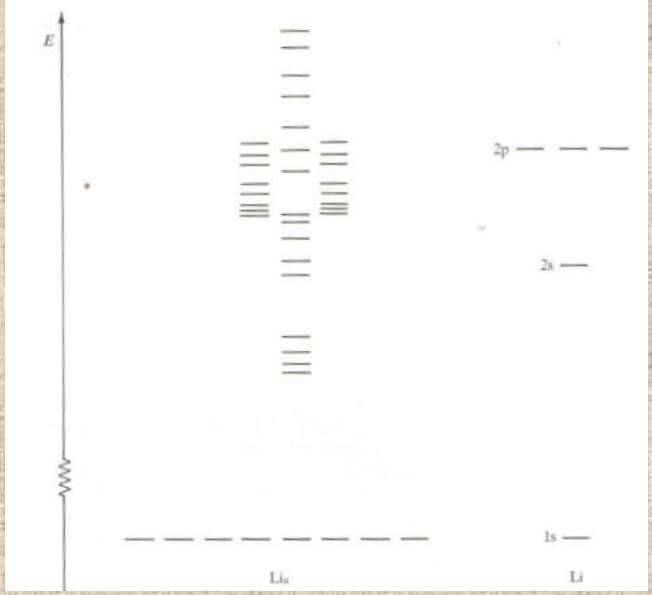
↓

**Ευρεία ζώνη ns και np**

**ns, np : παραπλήσιες ενέργειες**

↓

**Ενιαία ζώνη ns/np**




**Για N άτομα**

↓

**N ns τροχιακά**

**+**

**3N np τροχιακά**

↓

**Σύνολο 4N τροχιακά**

**Υπάρχουν N, 2N ή 3N e**

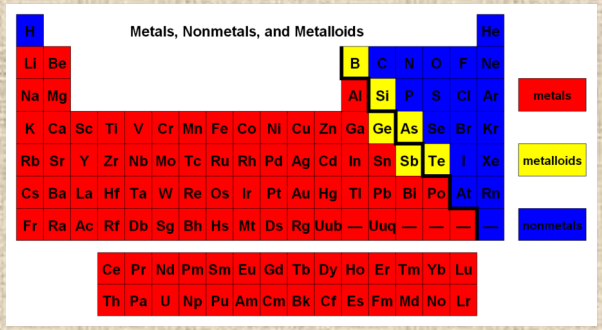
↓

**Πολλές κενές στάθμες**

↓

**Εύκολη μετακίνηση e**

Γιατί τα στοιχεία της 4ης ομάδας (C, Si, Ge) είναι ημιαγωγοί?




Για N άτομα υπάρχουν 4N ηλεκτρόνια

Πυκνή κρυσταλλική δομή

Ευρεία ζώνη ns και np

Ημιπλήρης ns/np ζώνη

Κάποια e δεν είναι δεσμικά

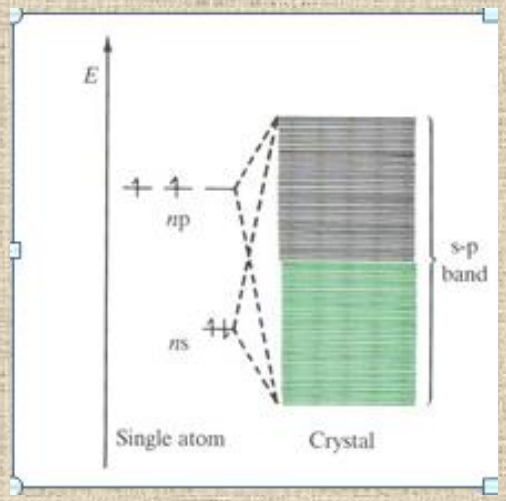
*σταθερότερη κατάσταση*

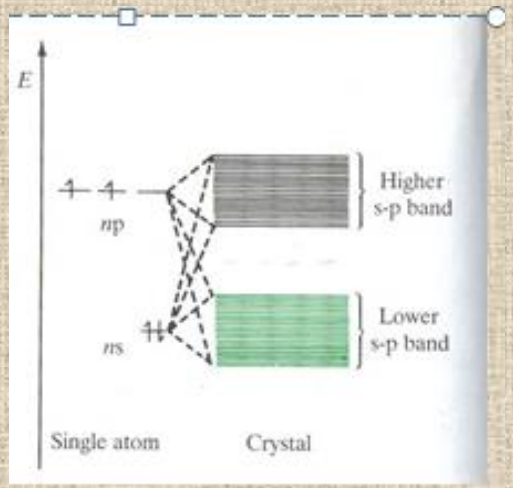
Τετραεδρική δομή

Διαχωρισμός ns και np

Πλήρης ns ζώνη

Όλα τα e είναι δεσμικά



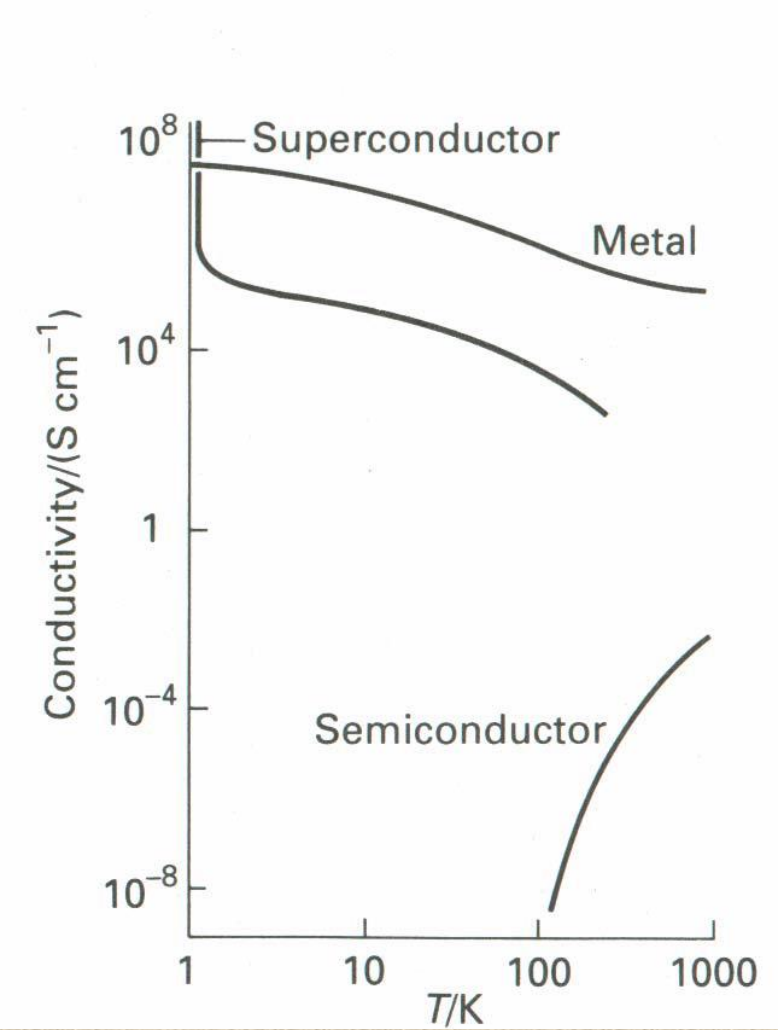
*Band gaps of Group IV elements*

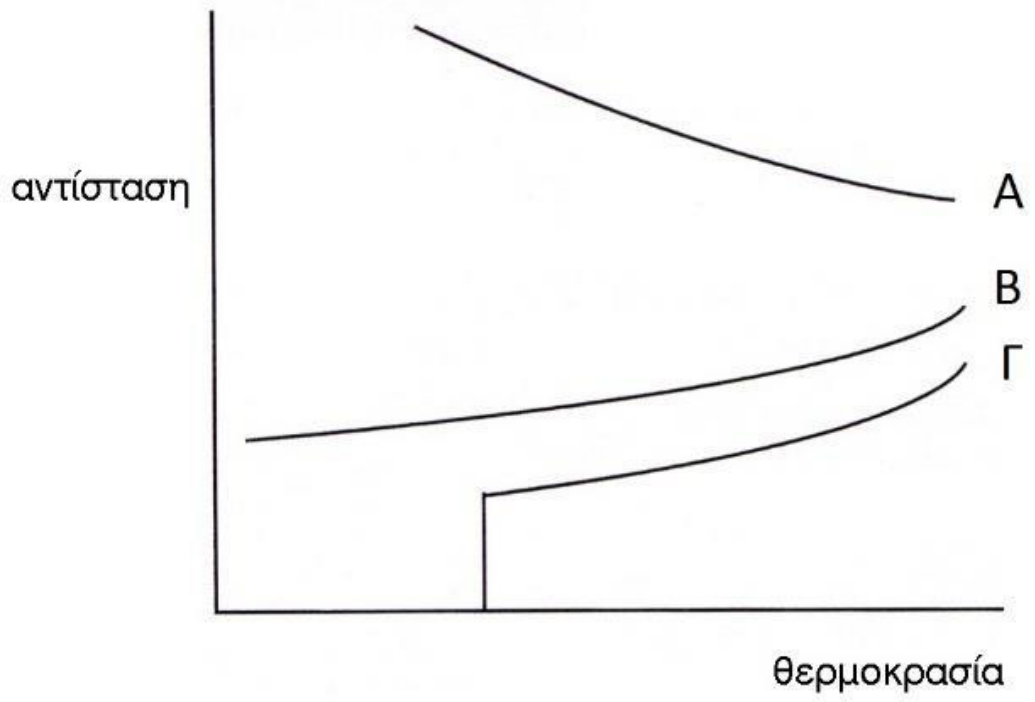
| Element | Band Gap | Type of material |
|---|---|---|
| C (diamond) | 6.0 | Insulator |
| Si | 1.1 | Semiconductor |
| Ge | 0.7 | Semiconductor |
| Sn (T>13 °C) | 0.1 | Semiconductor |
| Sn (T<13 °C) | 0 | Metal |
| Pb | 0 | Metal |

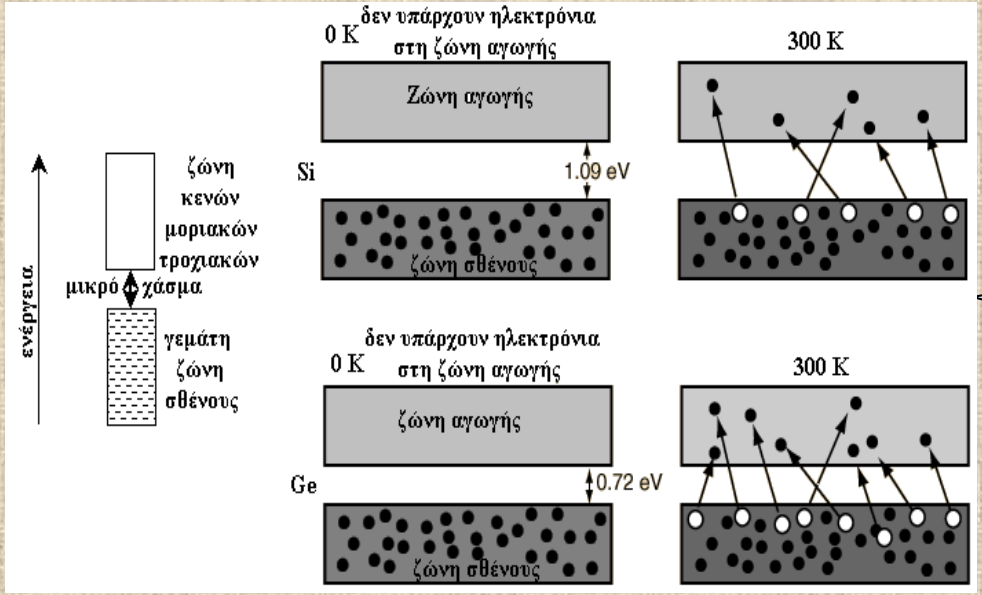
| Element | C | Si | Ge |
|---|---|---|---|
| Conductivity (S/m) | $10^{-13}$ | $1.56\times10^{-3}$ | 2.17 |

| | |
|---|---|
| Silver | $6.30\times10^{7}$ |
| Sea water | 4.8 |
| Drinking water | $5\times10^{-4}$ to $5\times10^{-2}$ |

# Σχέση αγωγιμότητας - θερμοκρασίας

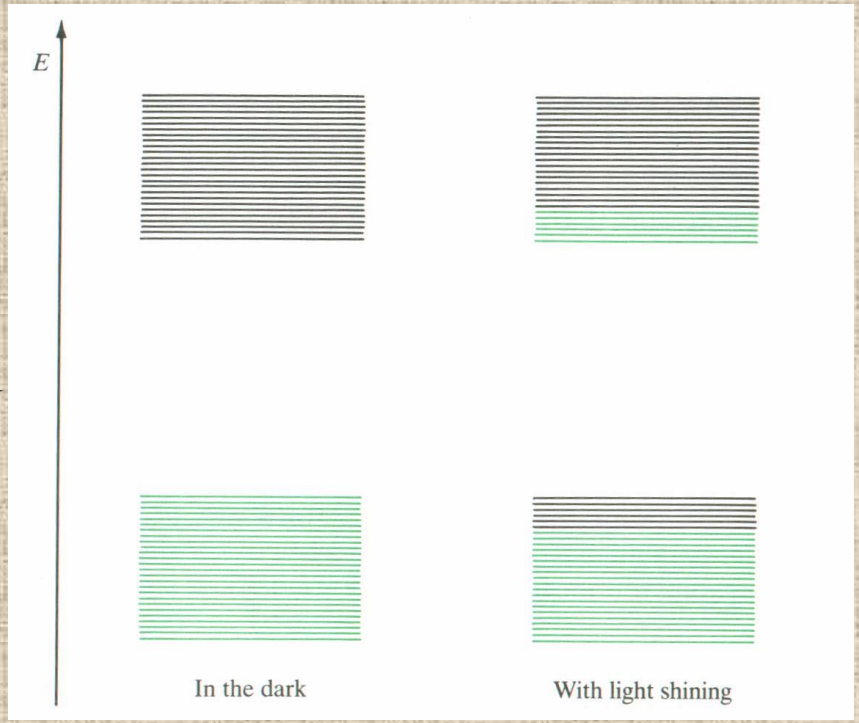





**Επίδραση θερμοκρασίας στην αγωγιμότητα ημιαγωγών**

**Επίδραση φωτεινής ακτινοβολίας στην αγωγιμότητα ημιαγωγών**



# Επίδραση προσμίξεων στην αγωγιμότητα

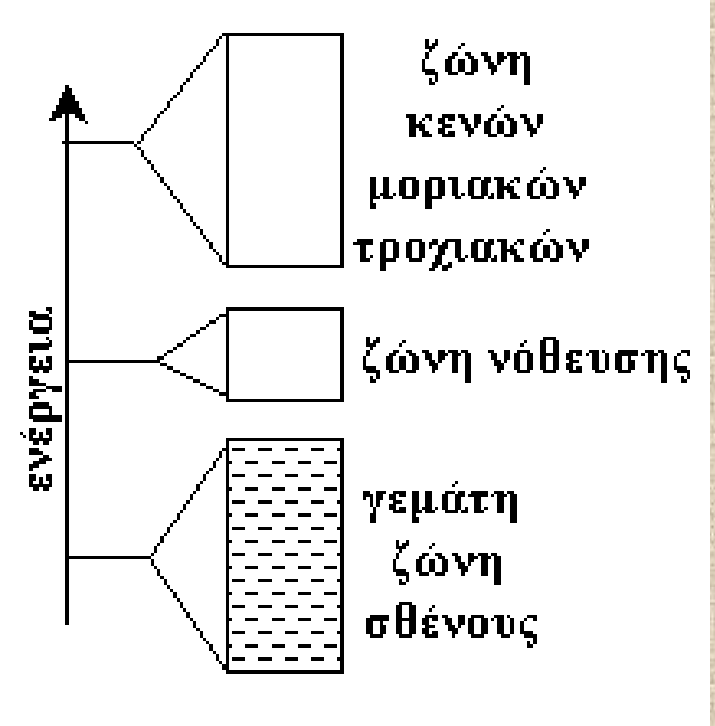
**Ημιαγωγοί πρόσμιξης (doped semiconductors): δημιουργούνται από εισαγωγή κατάλληλων προσμίξεων**

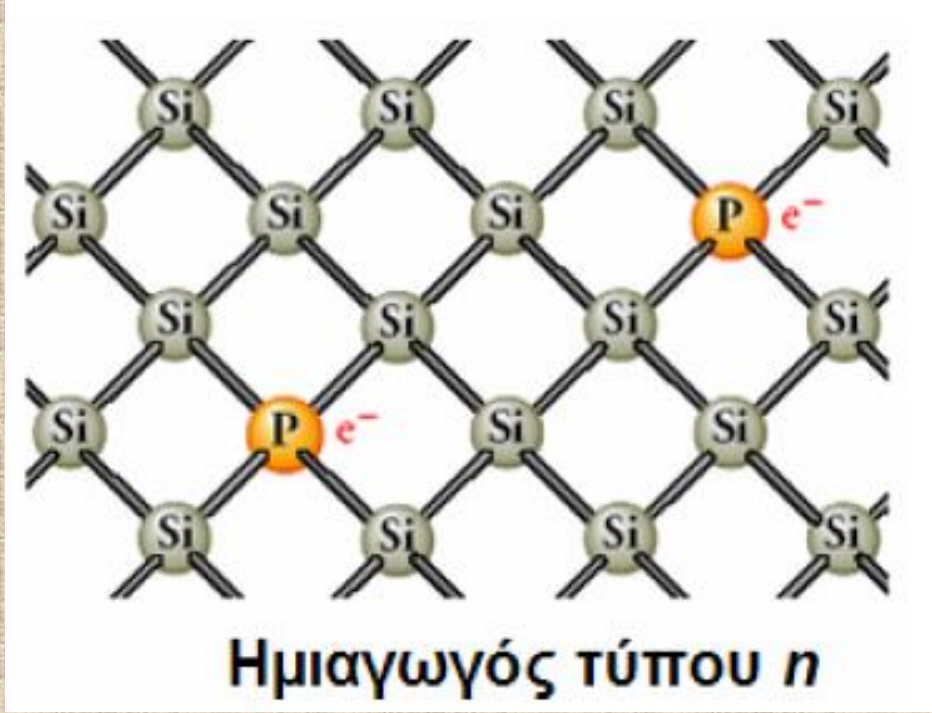
↓

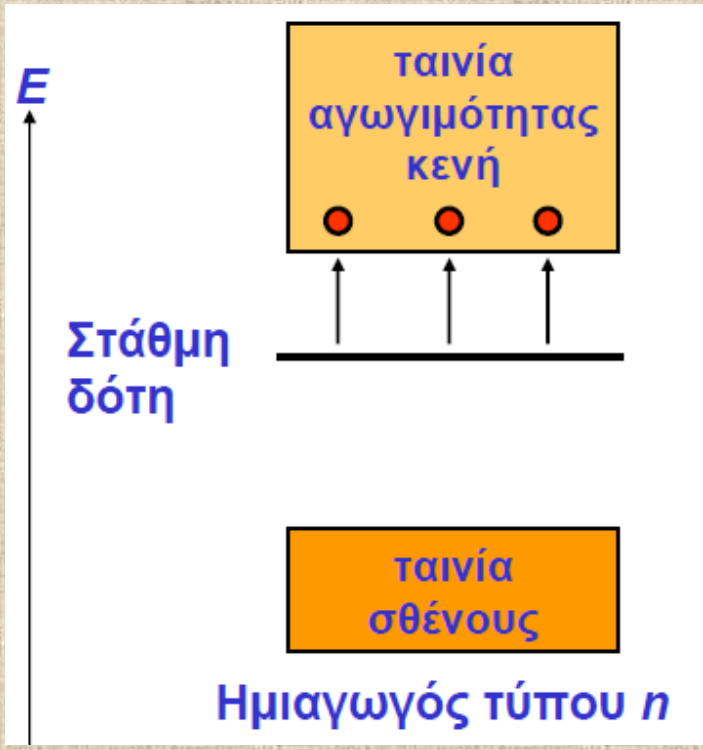
**Η πρόσμιξη εισάγει τροχιακά ανάμεσα στις ζώνες σθένους και αγωγής**

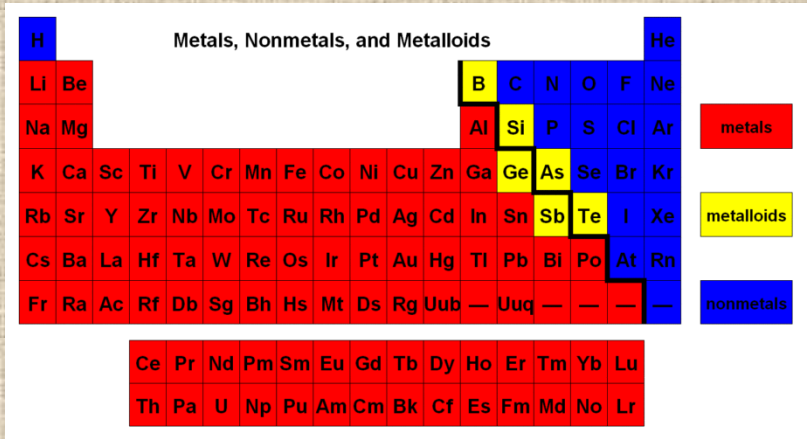
↓

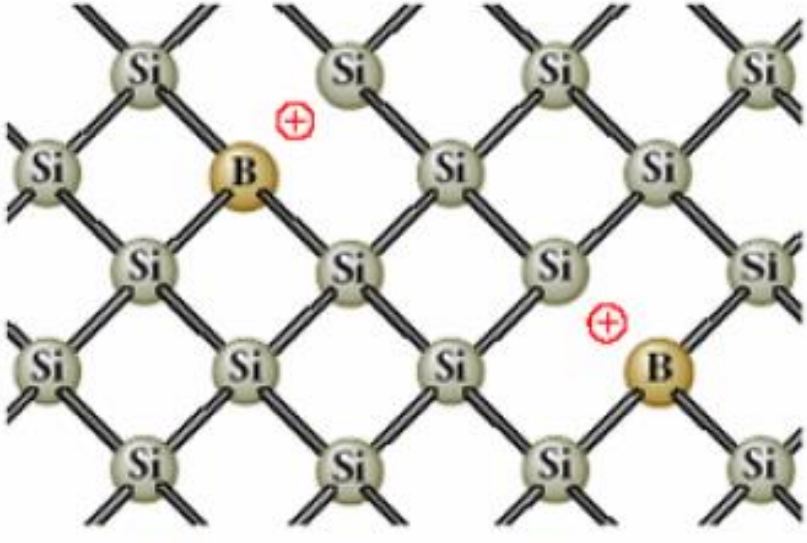
**Διευκολύνεται η μετακίνηση ηλεκτρονίων**



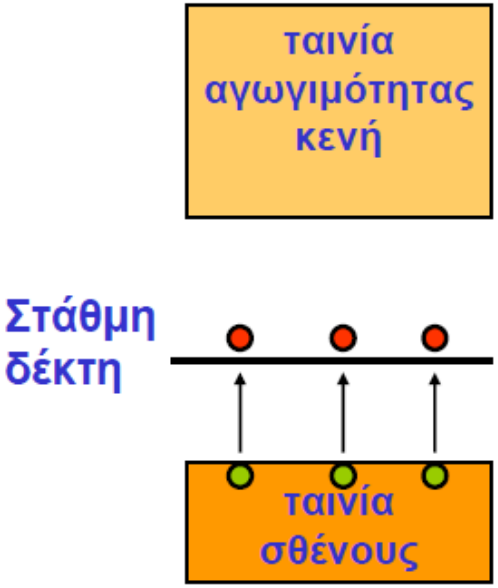

Si
P
e⁻
Ημιαγωγός τύπου n


E
ταινία αγωγιμότητας κενή
Στάθμη δότη
ταινία σθένους
Ημιαγωγός τύπου n

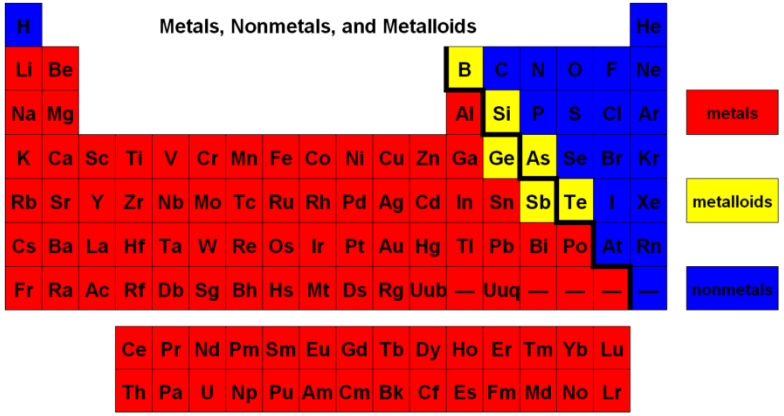

Metals, Nonmetals, and Metalloids
H He
Li Be B C N O F Ne
Na Mg Al Si P S Cl Ar
K Ca Sc Ti V Cr Mn Fe Co Ni Cu Zn Ga Ge As Se Br Kr
Rb Sr Y Zr Nb Mo Tc Ru Rh Pd Ag Cd In Sn Sb Te I Xe
Cs Ba La Hf Ta W Re Os Ir Pt Au Hg Tl Pb Bi Po At Rn
Fr Ra Ac Rf Db Sg Bh Hs Mt Ds Rg Uub — Uuq — — — —
Ce Pr Nd Pm Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu
Th Pa U Np Pu Am Cm Bk Cf Es Fm Md No Lr
metals
metalloids
nonmetals




Ημιαγωγός τύπου *p*




Ημιαγωγός τύπου *p*



## *Transistor*

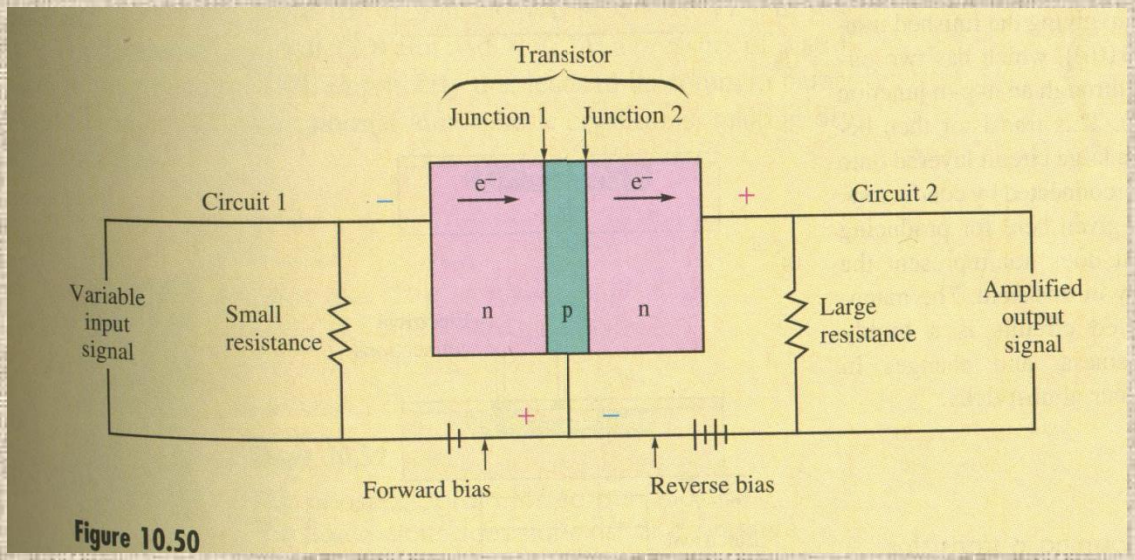
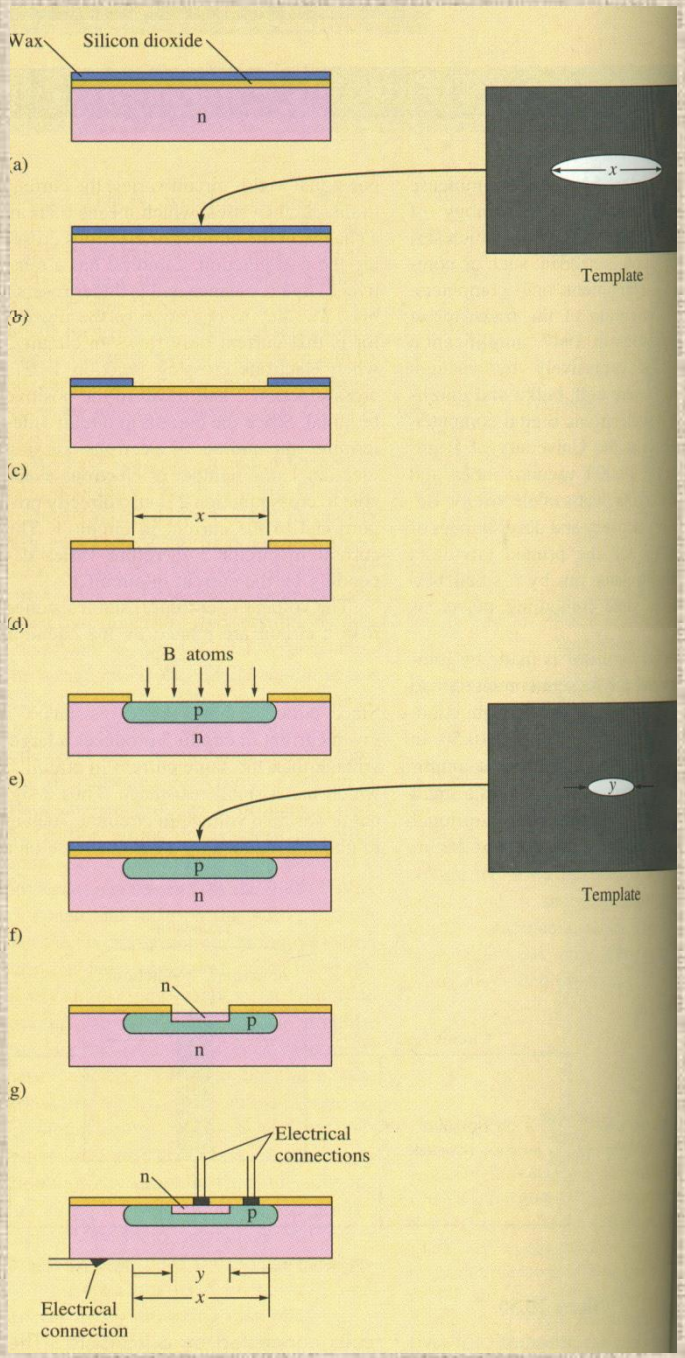
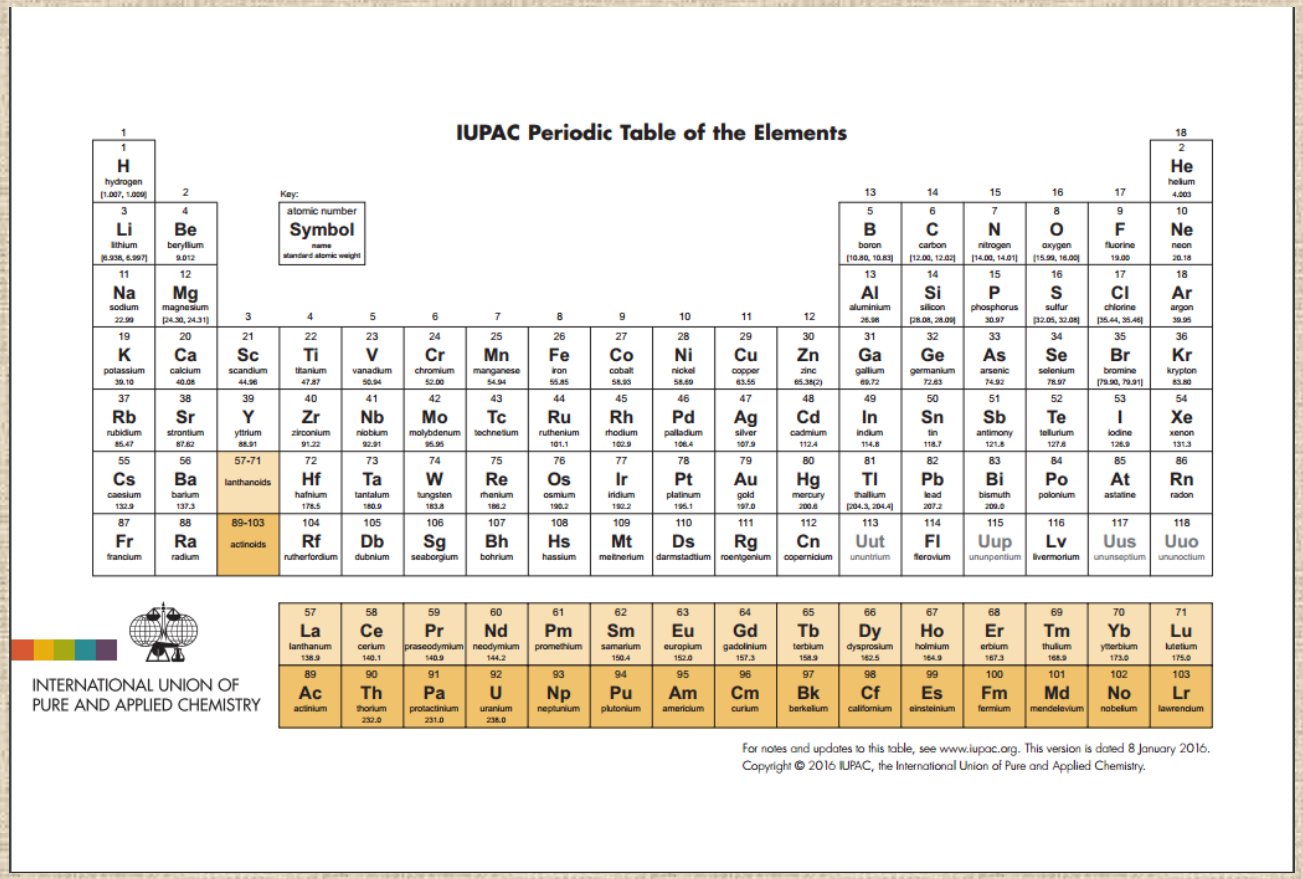



Figure 10.50

## *Printed circuits*



**Πως χαρακτηρίζεται ο τύπος του ημιαγωγού που προκύπτει αν σε έναν κρύσταλλο Ge αντικατασταθούν μερικά άτομα Ge από άτομα i) Sb, ii) Ga. Δικαιολογήστε την απάντηση σας. Δίνονται οι ατομικοί αριθμοί: $_{32}$Ge, $_{31}$Ga και $_{51}$Sb.**