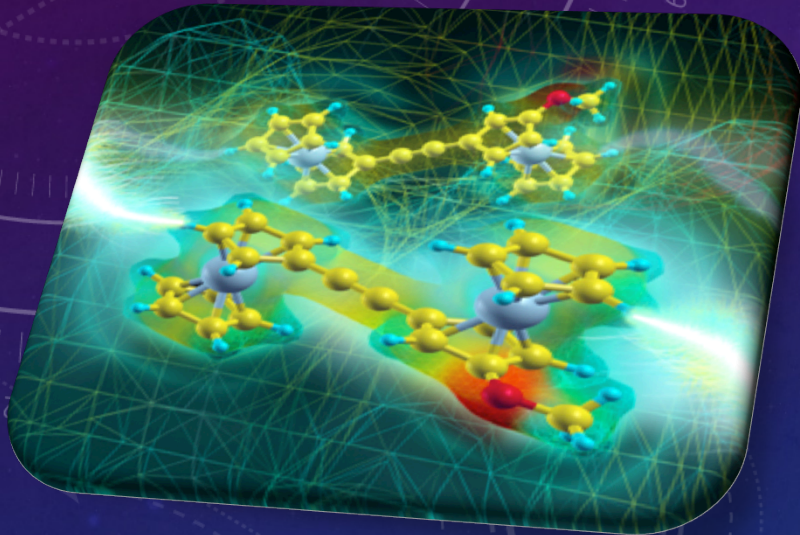


# ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Θεωρητική Ανάλυση





# ΧΗΜΙΚΟΙ ΔΕΣΜΟΙ στα Στερεα

- Ομοιοπολικός δεσμός
- Ιοντικός δεσμός
- Μεταλλικός δεσμός
- Δεσμός του υδρογόνου
- Δεσμός van der Waals

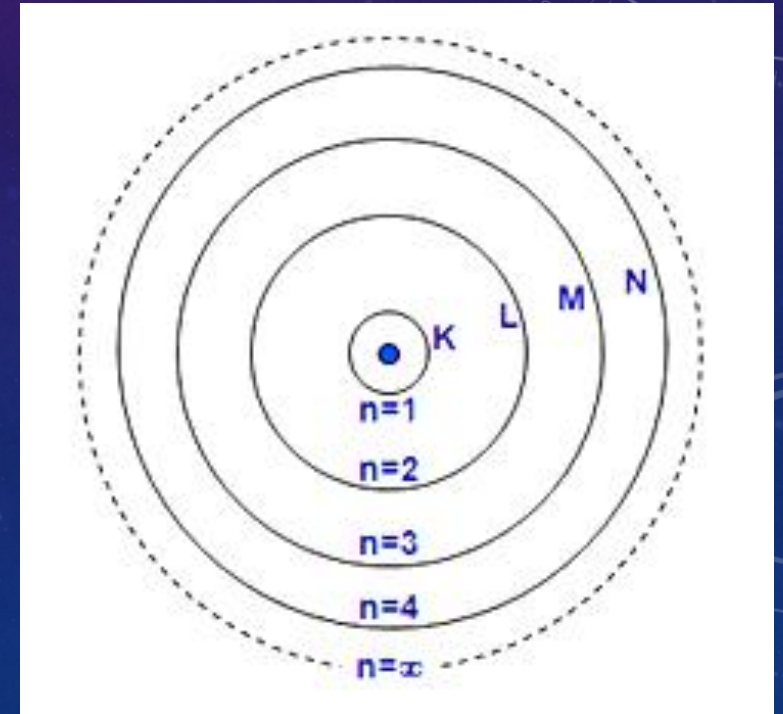
# ΔΟΜΗ ΑΤΟΜΟΥ

## Στοιβάδες

Χώρος κίνησης των ηλεκτρονίων των οποίων ο αριθμός εξαρτάται από τον κύριο κβαντικό αριθμό  $n$  (K,L,M,N,O,P,Q)

## Υποστοιβάδες

Επιμέρους διαχωρισμός των στοιβάδων (s,p,d,f)



# Ταξινόμηση Ηλεκτρονίων

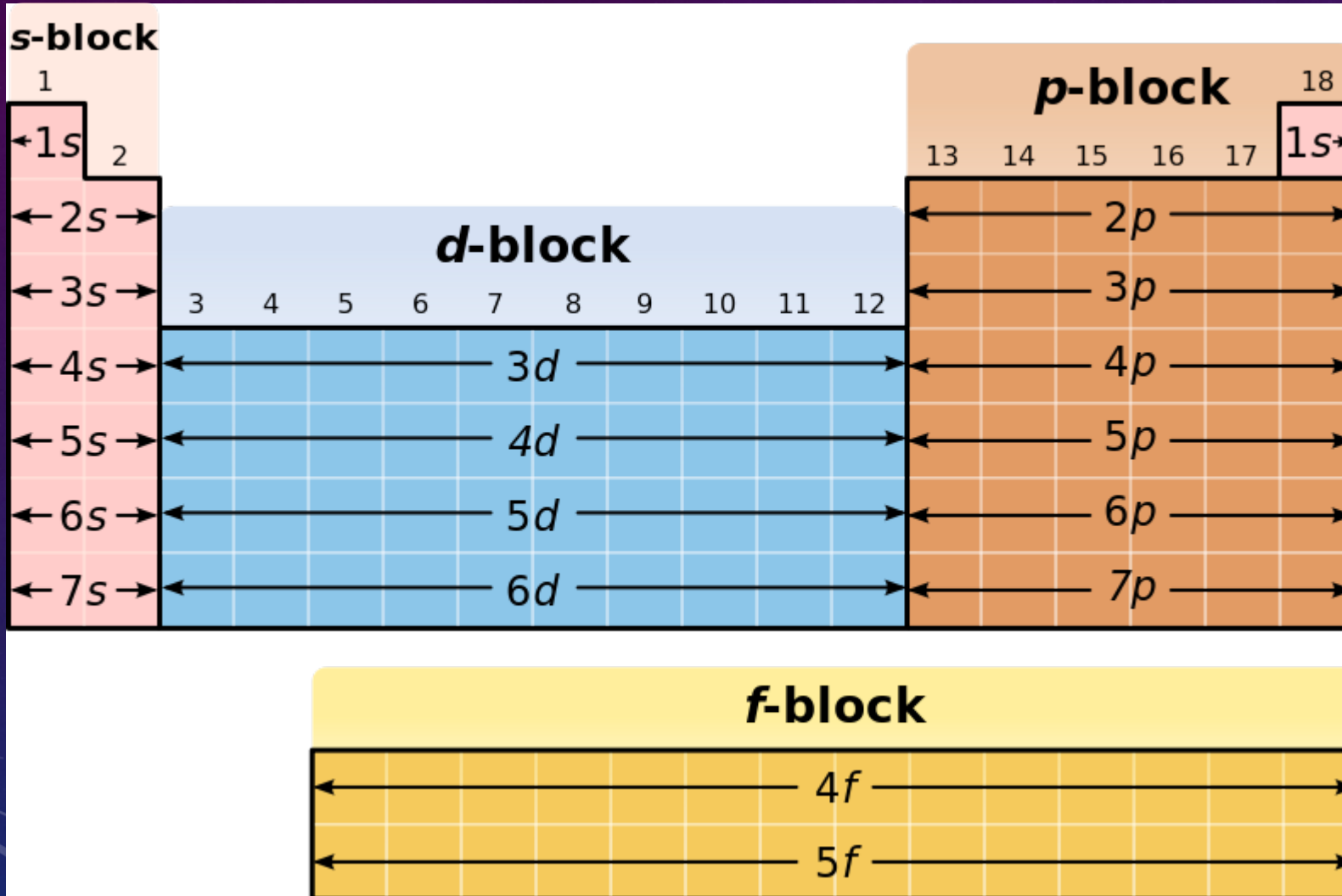
## ΚΒΑΝΤΙΚΟΙ ΑΡΙΘΜΟΙ

- Κύριος κβαντικός αριθμός ( $n=1,2,3,4,\dots$ )
- Αζιμουθιακός κβαντικός αριθμός ή κβαντικός αριθμός τροχιακής στροφορμής ( $l=0,\dots,n-1$ )
- Μαγνητικός κβαντικός αριθμός ( $m=-l,\dots,+l$ )
- Κβαντικός αριθμός σπιν ( στα ηλεκτρόνια  $m_s=-1/2$  ή  $1/2$  )

## ΑΠΑΓΟΡΕΥΤΙΚΗ ΑΡΧΗ ΤΟΥ ΡΑΥΛΙ

Κάθε κατάσταση μπορεί να καταληφθεί από δύο το πολύ ηλεκτρόνια αντιθέτου spin

# Περιοδικος Πινακας (PERIODIC TABLE)



Μετάβαση από:

Αριστερά → Δεξιά

1. Μείωση ατομικής ακτίνας
2. Αύξηση ενέργειας ιονισμού

# Ενεργειακες Ταινιες (ENERGY BANDS)

Ενοποίηση διαχωρισμένων ενεργειακών επιπέδων και σχηματισμό ενεργειακών ταινιών

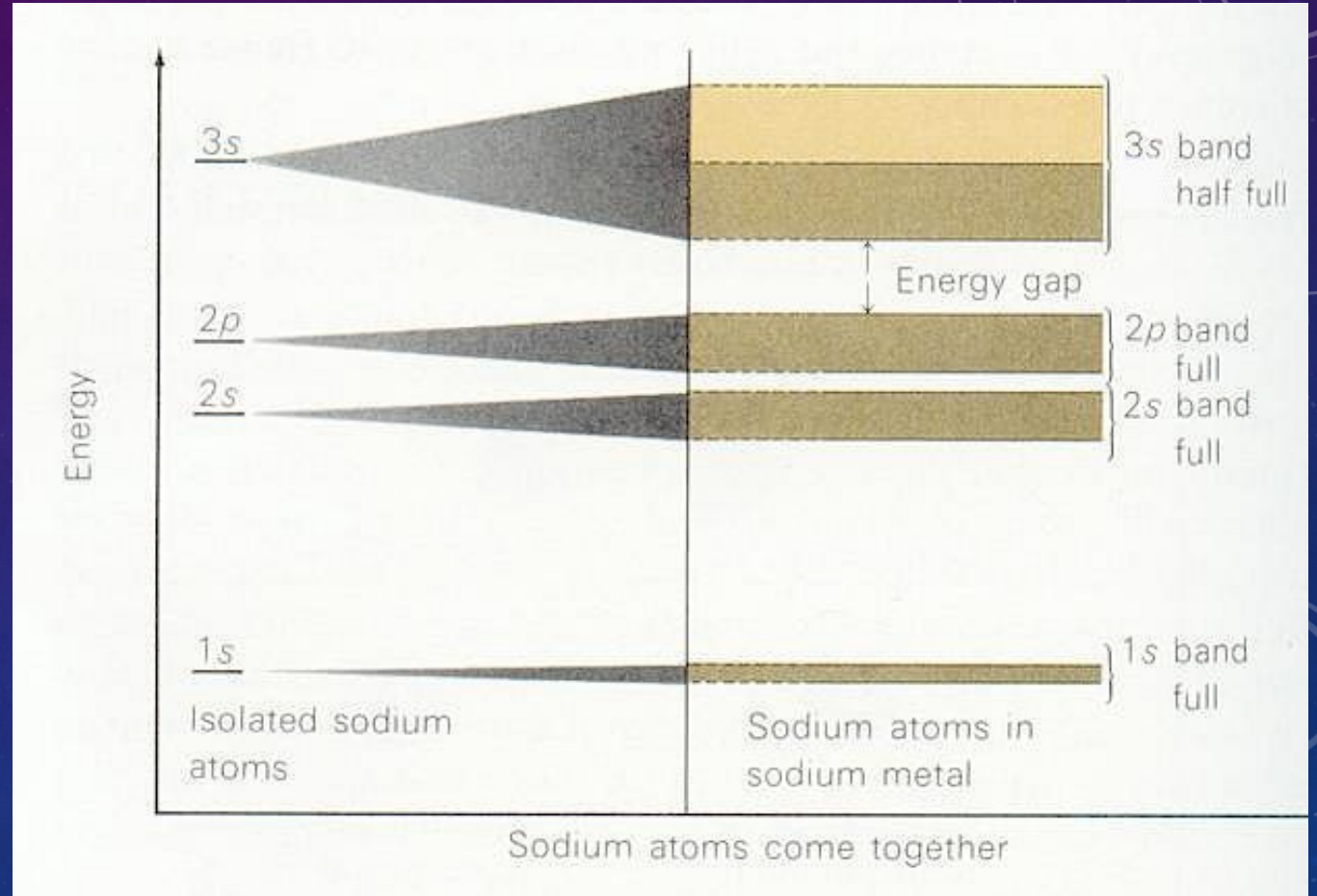
Splitting ενεργειακών ταινιών εξαρτάται:

1. Από την απόσταση των πυρήνων

Όσο πιο κοντά οι πυρήνες τόσο πιο έντονο το Splitting

2. Από την ακτίνα του ατομικού τροχιακού

Όσο πιο μικρή η ακτίνα τόσο πιο έντονη η επίδραση του μητρικού πυρήνα → μικρότερη επιρροή των γειτονικών → μικρότερο το splitting



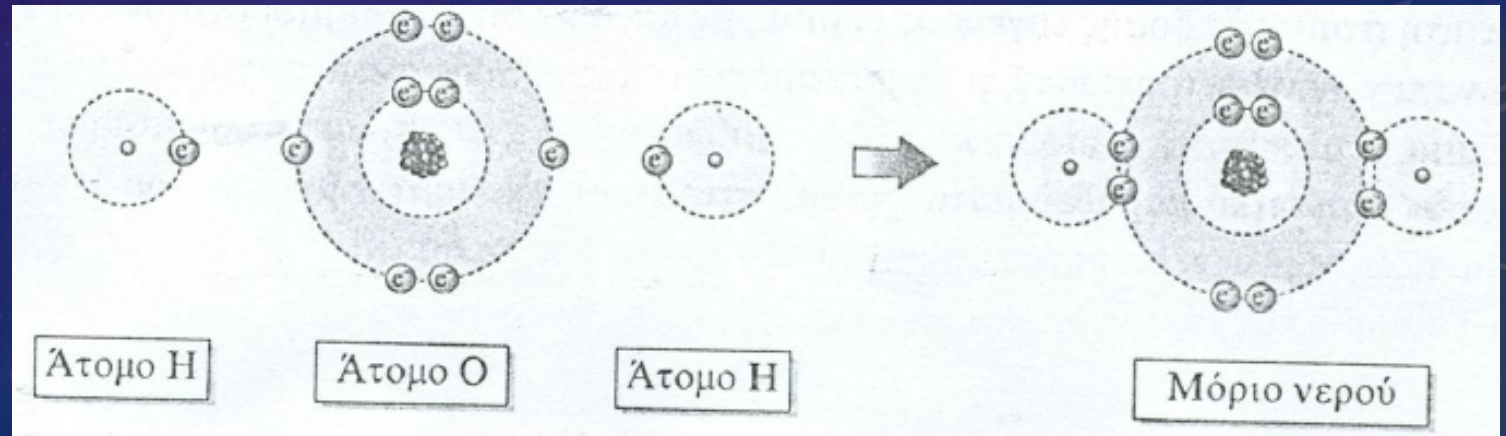
# Ομοιοπολικος Δεσμος

Δυνάμεις έλξης μεταξύ των πυρήνων και των κοινών ζευγών ηλεκτρονίων τα οποία σχηματίζονται με αμοιβαία εισφορά ηλεκτρονίων από τα δύο άτομα.

Τα άτομα της ίδιας ηλεκτροαρνητικότητας σχηματίζουν ομοιοπολικούς απολικούς δεσμούς ενώ τα άτομα διαφορετικής ηλεκτροαρνητικότητας σχηματίζουν ομοιοπολικούς πολικούς δεσμούς.

## Τα πιο γνωστά είδη:

1. Απλός ομοιοπολικός δεσμός
2. Διπλός ομοιοπολικός δεσμός
3. Τριπλός ομοιοπολικός δεσμός





Ο τύπος αυτός δεσμού είναι αρκετά συνηθισμένος στις οργανικές ενώσεις. Στα ορυκτά είναι σχετικά σπάνιος. Το πιο τυπικό ίσως παράδειγμα μεταξύ των ορυκτών είναι το διαμάντι, στο οποίο κάθε άτομο άνθρακα περιβάλλεται από άλλα τέσσερα άτομα, το καθένα εκ των οποίων μοιράζεται ένα ηλεκτρόνιο με το κεντρικό άτομο άνθρακα.

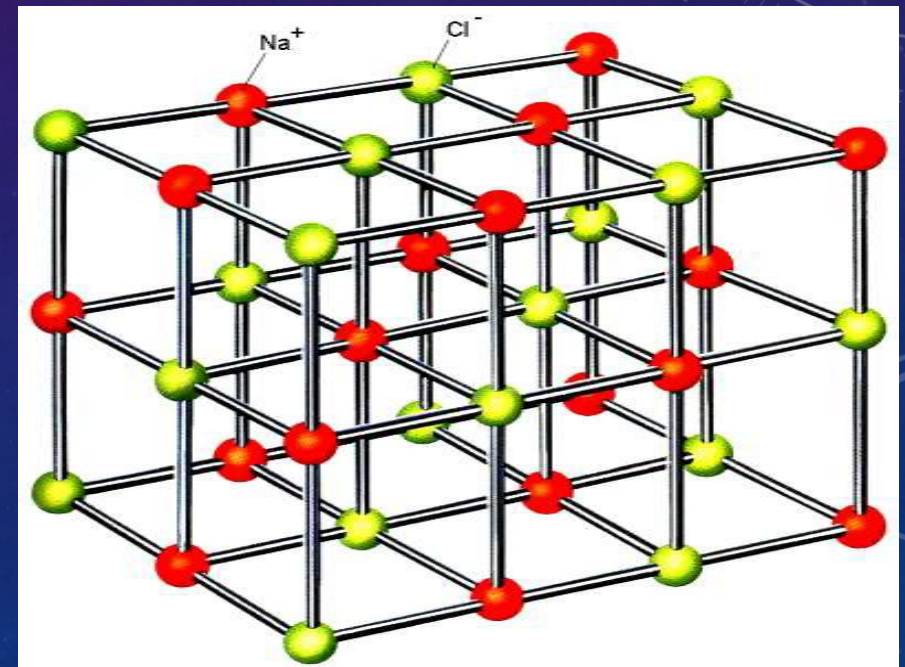
Ορυκτά με ομοιοπολικό δεσμό χαρακτηρίζονται:

- Από μεγάλη σταθερότητα.
- Ψηλά σημεία τήξεως και πήξεως (χαμηλά σε σχέση με εκείνα του ιοντικού δεσμού).
- Οι ομοιοπολικές ενώσεις με πολικότητα, διαλύονται στο νερό ενώ οι μη πολικές ενώσεις δεν διαλύονται στο νερό.
- Είναι κακοί αγωγοί του ηλεκτρισμού.

# ΙΟΝΤΙΚΟΣ Η ΕΤΕΡΟΠΟΛΙΚΟΣ Δεσμος

Σχηματίζεται με την μεταφορά ηλεκτρονίων από άτομο σε άτομο, οπότε αυτά γίνονται ιόντα με αντίθετο φορτίο (+ και -), έλκονται και συγκρατούνται σε ορισμένη, μεταξύ τους απόσταση με ηλεκτροστατικές δυνάμεις Coulomb.

Σ' ένα κρύσταλλο NaCl, ο ιοντικός δεσμός μεταξύ  $\text{Na}^+$  και  $\text{Cl}^-$  μπορεί να περιγραφεί ως το αποτέλεσμα της ανταλλαγής ενός ηλεκτρονίου μεταξύ μετάλλου και αμετάλλου.



Ο ιοντικός δεσμός είναι αρκετά συνηθισμένος στις ανόργανες ενώσεις, και έτσι έχει μεγάλη σπουδαιότητα στη δομή των ορυκτών. Στην ουσία, όλα σχεδόν τα ορυκτά, εκτός των στοιχείων και των σουλφιδίων, είναι κυρίως ιοντικές ενώσεις.

#### Οι ιοντικά συνδεδεμένοι κρύσταλλοι:

1. Είναι εύθραυστοι.
2. Η σκληρότητά τους κυμαίνεται, αλλά σε γενικές γραμμές είναι μέτρια.
3. Έχουν μέτριο ειδικό βάρος.
4. Έχουν αρκετά ψηλά σημεία τήξεως και ζέσεως.
5. Είναι κακοί αγωγοί της θερμότητας και του ηλεκτρισμού.

# Μεταλλικός Δεσμός

Ο μεταλλικός δεσμός ερμηνεύεται με διάφορες θεωρίες επικρατέστερη των οποίων είναι η θεωρία των "ελεύθερων" ηλεκτρονίων. Τα ηλεκτρόνια δεν ανήκουν σε οποιοδήποτε άτομο αλλά στον κρύσταλλο ως σύνολο, σ' όλη την έκταση του οποίου κινούνται με μορφή **ηλεκτρονικού νέφους**. Το κρυσταλλικό πλέγμα ενός μετάλλου χαρακτηρίζεται από μια κανονική διάταξη θετικώς φορτισμένων ατόμων (προέκυψαν από τα άτομα του μετάλλου μετά την απομάκρυνση των εξωτερικών ηλεκτρονίων) και από αποσπασθέντα ηλεκτρόνια διασκορπισμένα μεταξύ των ατόμων και κινούμενα ελεύθερα. Μεταξύ των θετικώς φορτισμένων ατόμων και των ελεύθερα κινουμένων ηλεκτρονίων δημιουργούνται δυνάμεις ηλεκτροστατικής φύσεως.

Η κινητικότητα αυτή των ηλεκτρονίων είναι υπεύθυνη για το χρώμα, τη λάμψη και την ψηλή ηλεκτρική και θερμική αγωγιμότητα του μετάλλου.

# Δεσμος VAN DER WAALS

Ουδέτερα άτομα και μόρια τα οποία δεν έχουν διαθέσιμα ηλεκτρόνια σθένους προς δημιουργία ιοντικού, ομοιοπολικού ή μεταλλικού δεσμού δείχνουν μια ασθενή έλξη το ένα για το άλλο όταν βρεθούν πολύ κοντά. Η ασθενής αυτή ελκτική δύναμη ονομάζεται δεσμός Van der Waals και οφείλεται σε "στιγμιαίες" μετατοπίσεις των ηλεκτρονίων και των πυρήνων σε αντίθετα άκρα των ατόμων, που έχουν ως αποτέλεσμα το σχηματισμό διπόλων.

- Παίζουν σημαντικό ρόλο στις οργανικές ενώσεις.
- Οι δεσμοί που σχηματίζονται από τις δυνάμεις αυτές είναι πολύ ασθενείς
- Χαμηλά σημεία τήξεως και τη μικρή σκληρότητα των ουσιών.
- Όταν ο δεσμός van der Waals εμφανίζεται σε ορυκτά, πράγμα που συμβαίνει σχετικά σπάνια, καθορίζει ζώνες σχισμού και μικρής σκληρότητας.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο γραφίτης (C), στον οποίο τα άτομα του άνθρακα συνδέονται μεταξύ τους με ομοιοπολικό δεσμό σχηματίζοντας παράλληλα φύλλα. Τα φύλλα αυτά συνδέονται μεταξύ τους με ασθενείς δυνάμεις που δεν είναι τίποτε άλλο παρά δυνάμεις van der Waals. Ο πολύ τέλειος σχισμός και η μαλακότητα του γραφίτη δικαιολογούνται με την ύπαρξη των δυνάμεων αυτών.

# Δεσμος ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ

Όταν ένα υδρογόνο συνδέεται με ένα ισχυρά ηλεκτραρνητικό στοιχείο όπως π.χ. το F ή το O, το μοναδικό του ηλεκτρόνιο θα περιοριστεί σε μια ηλεκτρονική τροχιά του F ή του O. Το πρωτόνιο του στη συνέχεια μπορεί να ελκύσει άλλα αρνητικά φορτία σχηματίζοντας έτσι δεσμούς γνωστούς ως δεσμούς υδρογόνου. Το είδος αυτό του δεσμού είναι συχνό σε ορυκτά που έχουν στη σύστασή τους υδροξύλιο, όπως είναι οι μαρμαρυγίες και οι αμφίβολοι, και είναι ισχυρότερο του δεσμού van der Waals.

# Δομη της Στερεασ Υλης

- Κατηγορίες υλικών
- Κρυσταλλικό πλέγμα & Κυψελίδα
- Απλές κρυσταλλικές δομές
- Κράματα
- Φασικά διαγράμματα κραμάτων
- Ατέλειες στα στερεά

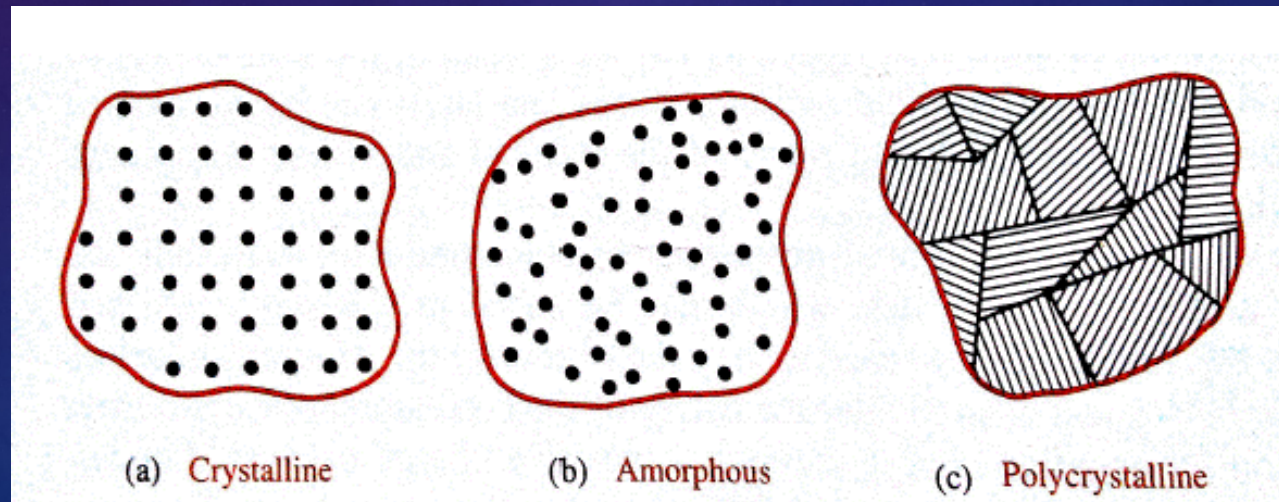
# Χαρακτηριστικά Υλικών

- Υλικά καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού
- Υλικά μονωτές – διηλεκτρικά
- Υλικά καλοί ή κακοί αγωγοί της θερμότητας
- Υλικά ανθεκτικά σε ψηλές θερμοκρασίες - πυρίμαχα υλικά
- Υλικά που λειτουργούν σε ψηλές θερμοκρασίες (θερμιονικές εφαρμογές)
- Υλικά που λειτουργούν σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες (υπεραγωγοί)
- Υλικά σε αέρια , υγρή ή στερεή κατάσταση αλλά και σε μεσομορφικές καταστάσεις (υγροί κρύσταλλοι, άμορφα στερεά)
- Ακόμα και το κενό χρησιμοποιείται σαν μονωτικό μέσο



# Κατηγοριοποίηση Υλικων

Άμορφα	Κρυσταλλικά
Ισότροπα	Μονοκρυσταλλικά
Κεραμικά	Πολυκρυσταλλικά
Γυαλικά	Ανισότροπα
Πλαστικά	



**Κρυσταλλικά** ονομάζονται τα υλικά των οποίων τα άτομα, ιόντα ή μόρια που τα αποτελούν διατάσσονται στο χώρο με τρόπο κανονικό, επαναλαμβανόμενο και συμμετρικό.

**Άμορφα** ονομάζονται τα υλικά στην περίπτωση τυχαίας και μη κανονικής διάταξης των δομικών μονάδων τους στο χώρο.

Ο σχηματισμός άμορφου ή κρυσταλλικού στερεού εξαρτάται από το κατά πόσο είναι δυνατή η μετάβαση του υλικού από μια κατάσταση τυχαίας διάταξης των δομικών μονάδων του, όταν βρίσκεται στην υγρή κατάσταση, σε μια κατάσταση κανονικής διάταξης κατά τη στερεοποίησή του.

# ΣΤΕΡΕΑ ΥΛΙΚΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

**Μεταλλικά υλικά:** Αποτελούνται από ένα ή περισσότερα μεταλλικά στοιχεία και μπορεί να περιέχουν και μερικά μη μεταλλικά στοιχεία (π.χ. C,N,O κ.α.).

Έχουν συνήθως κρυσταλλική δομή, είναι καλοί αγωγοί του ηλεκτρικού ρεύματος και της θερμότητας, έχουν καλή αντοχή και δυνατότητα μορφοποίησης.

Διακρίνονται σε:

1. Σιδηρούχα μέταλλα και κράματα (κύριο στοιχείο ο Fe)
2. Μη σιδηρούχα μέταλλα και κράματα (Al, Cu, Zn, Ti, Ni)

**Πολυμερή:** Αποτελούνται από μεγαλομοριακές αλυσίδες ή δίκτυα οργανικών ενώσεων (ενώσεις άνθρακα, υδρογόνου και άλλων μη μεταλλικών στοιχείων).

Είναι άμορφα ή μερικώς κρυσταλλικά σώματα, με ποικιλία ιδιοτήτων αναλόγως της δομής και της σύστασής τους. Τα περισσότερα είναι κακοί αγωγοί του ηλεκτρισμού και χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρικές μονώσεις.

Γενικά έχουν χαμηλές πυκνότητες και σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες τήξης και αποσύνθεσης.

Διακρίνονται σε:

1. **Θερμοπλαστικά**: με θέρμανση καθίστανται μορφοποιήσιμα και μετά την ψύξη διατηρούν το σχήμα τους (πολυαιθυλένιο-PE, πολυπροπυλένιο-PP, χλωριούχο πολυβινύλιο-PVC, πολυστυρένιο-PS, πολυαμίδια-Nylon, πολυτετραφθοοαιθυλένιο-Teflon)
2. **Θερμοσκληρυνόμενα**: μορφοποιούνται με σύγχρονη χημική αντίδραση και με θέρμανση διασπώνται ή αποσυντίθενται (φαινολικά πολυμερή - βακελίτες, εποξειδικές ρητίνες)
3. **Ελαστομερή**: παραμορφώνονται ελαστικά όταν εφαρμόζεται σε αυτά κάποια δύναμη (καουτσούκ, πολυβουταδιένιο, πολυχλωροπρένιο, ελαστομερή σιλικόνης, ελαστομερή θερμοπλαστικών πολυουρεθανών)

**Κεραμικά:** Ανόργανα υλικά από μεταλλικά και αμέταλλα στοιχεία συνδεδεμένα χημικά μεταξύ τους (οξειδία, νιτρίδια, καρβίδια κ.α.)

Είναι άμορφα, μερικώς κρυσταλλικά ή κρυσταλλικά σώματα σώματα. Είναι μονωτές της θερμότητας και του ηλεκτρικού ρεύματος, έχουν υψηλή σκληρότητα αλλά μεγάλη ευθραυστότητα. Είναι ανθεκτικότερα σε υψηλές θερμοκρασίες και σε δυσμενή περιβάλλοντα από τα μέταλλα και τα πολυμερή.

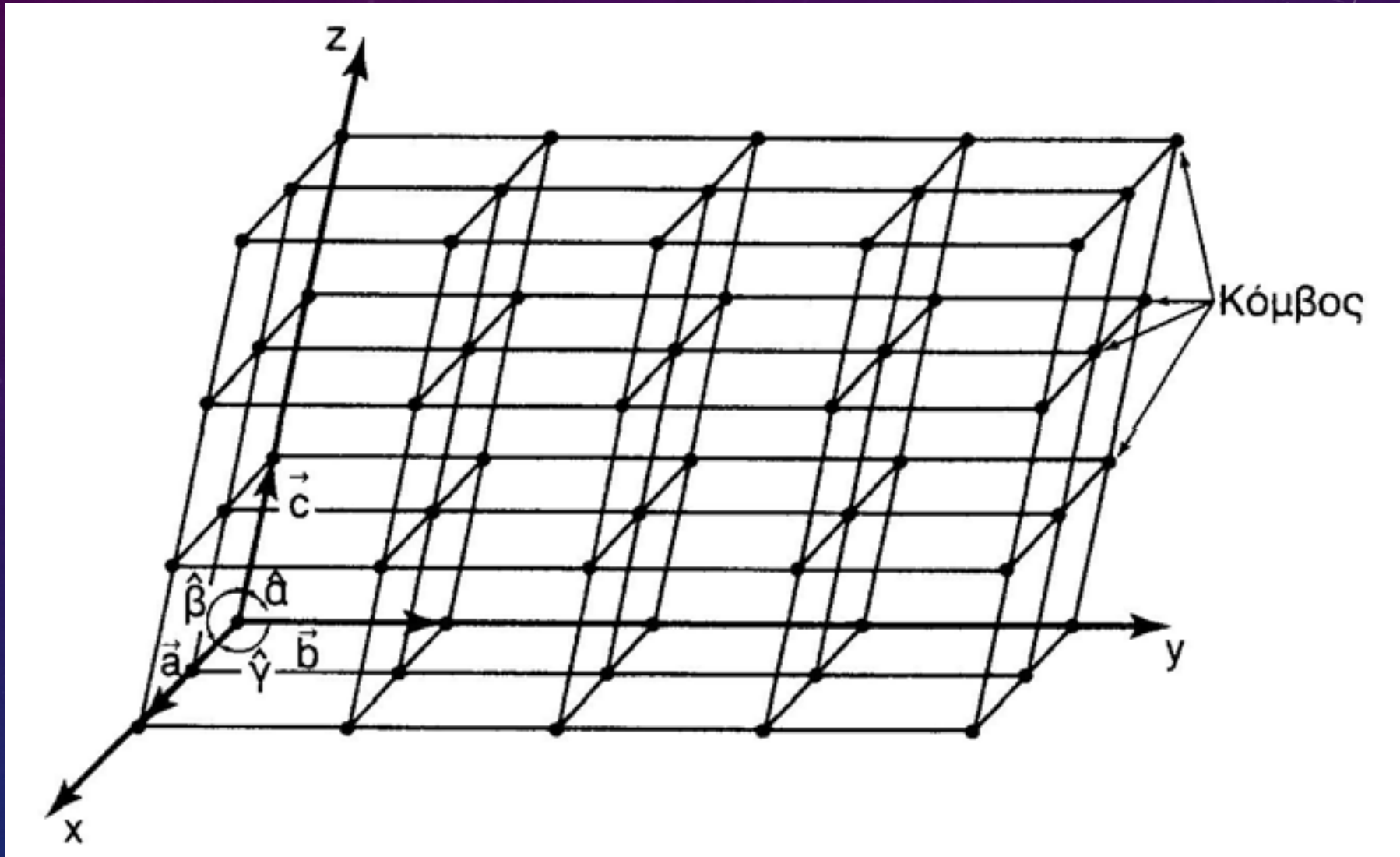
**Σύνθετα υλικά:** Μίγματα δύο ή περισσότερων υλικών.

- Μήτρα ή Συνδετικό υλικό (πολυμερές, μέταλλο, κράμα)
- Ενισχυτικό υλικό (ίνες ή σωματίδια άνθρακα άνθρακα, γυαλιού γυαλιού, κεραμικών )

**Ηλεκτρονικά υλικά:** Υλικά όπως το Si και Ge με ελεγχόμενες ηλεκτρονικές ιδιότητες.

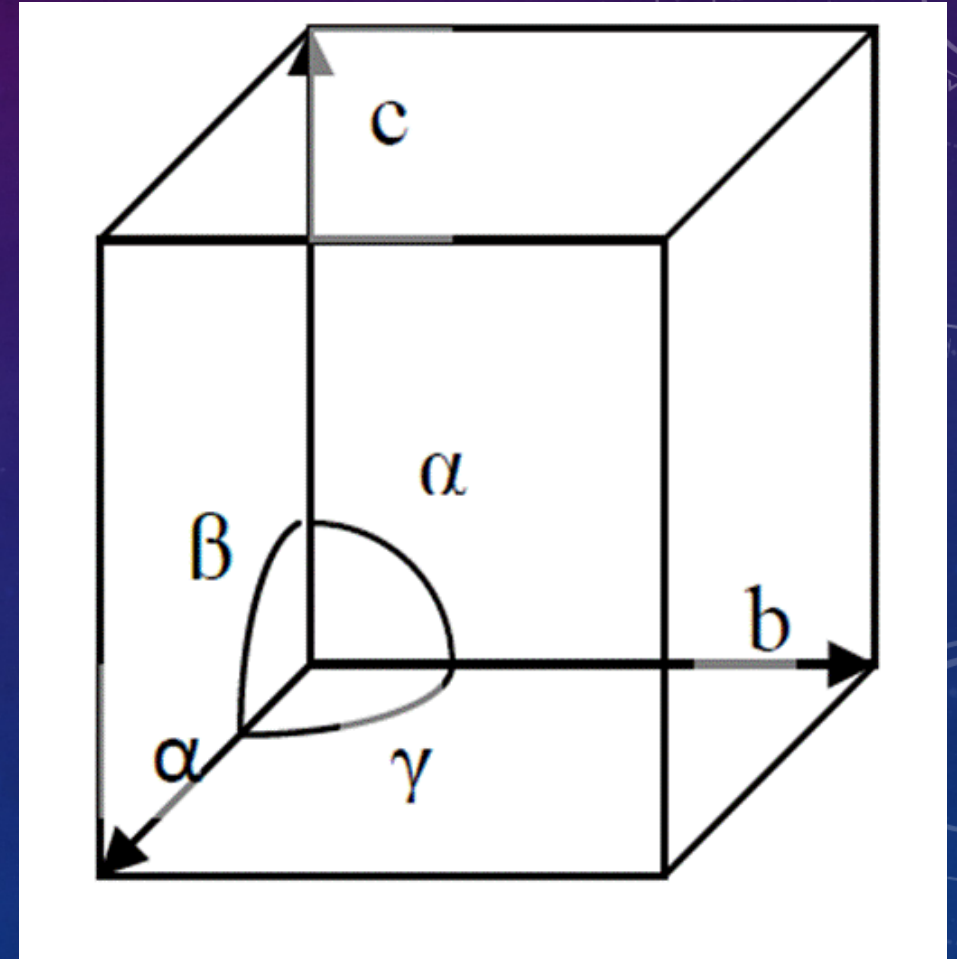
# ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟ ΠΛΕΓΜΑ & Κυψελίδα

- **Κρυσταλλικό πλέγμα** στα κρυσταλλικά σώματα ονομάζεται η τρισδιάστατη διάταξη των ατόμων στο χώρο που επαναλαμβάνεται δημιουργώντας ένα δίκτυο. Μέσα στο πλέγμα αναπτύσσεται η πραγματική κυψελίδα.
- **Κυψελίδα** είναι το μικρότερο τμήμα ύλης που επαναλαμβάνεται, το οποίο διατηρεί όλα τα χαρακτηριστικά του πλέγματος, περιέχει οπωσδήποτε έναν κόμβο και επαναλαμβανόμενο στις τρεις διαστάσεις αναπαράγει το κρυσταλλικό πλέγμα.



# Κυψελίδα

Το σχήμα και το μέγεθος της κυψελίδας περιγράφονται από το μήκος των πλευρών της κυψελίδας ( $a, b, c$ ) και από τις γωνίες  $\alpha, \beta$  και  $\gamma$  που σχηματίζονται μεταξύ των πλευρών της κυψελίδας. Τα μεγέθη αυτά ονομάζονται παράμετροι της κυψελίδας.





# ΣΥΜΜΕΤΡΙΕΣ ΧΩΡΟΥ η Σημείου

- Ανάκλαση σε επίπεδο

$$y' = y, z' = z, x' = -x$$












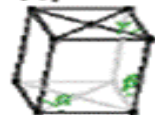
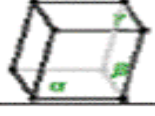

- Αναστροφή

$$x' = -x, y' = -y, z' = -z$$

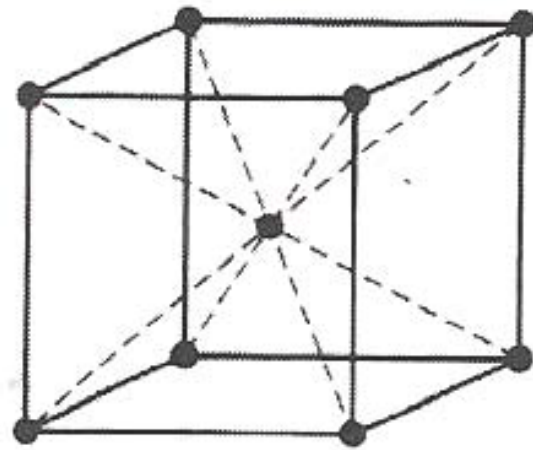
- Άξονες Περιστροφής

- Άξονες περιστροφής-αναστροφής

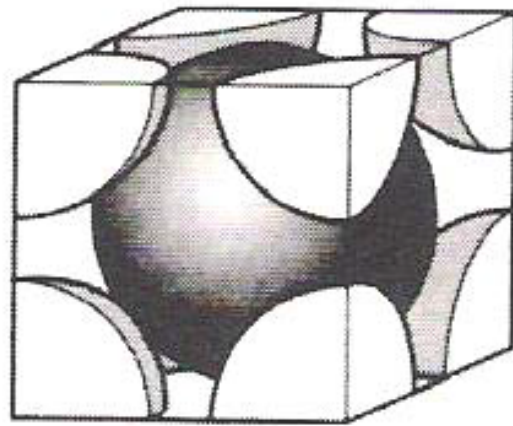
Ο Bravais έδειξε ότι 14 τύποι κυψελίδας μπορούν να περιγράψουν όλα τα δυνατά κρυσταλλικά πλέγματα. Τα κρυσταλλικά αυτά πλέγματα ομαδοποιούνται σε επτά κρυσταλλικά συστήματα, που χαρακτηρίζονται από επτά διαφορετικά γεωμετρικά σχήματα.

Κρυσταλλικό Σύστημα	Παράμετροι κυψελίδας	Στοιχειώδη κύτταρα			
		απλό	χωροκεντρωμένο	εδροκεντρωμένο	
Κυβικό	$a=b=c,$ $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$				
Τετραγωνικό	$a=b \neq c,$ $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$				
Ορθορομβικό	$a \neq b \neq c,$ $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$				
Ρομβοεδρικό	$a=b \neq c,$ $\alpha=\beta=\gamma \neq 90^\circ$				
Μονοκλινές	$a \neq b \neq c,$ $\alpha \neq 90^\circ$ $\beta=\gamma=90^\circ$				
Τρικλινές	$a \neq b \neq c,$ $\alpha, \beta, \gamma \neq 90^\circ$				
Εξαγωνικό	$a=b \neq c,$ $\alpha=\beta=90^\circ,$ $\gamma=120^\circ$				

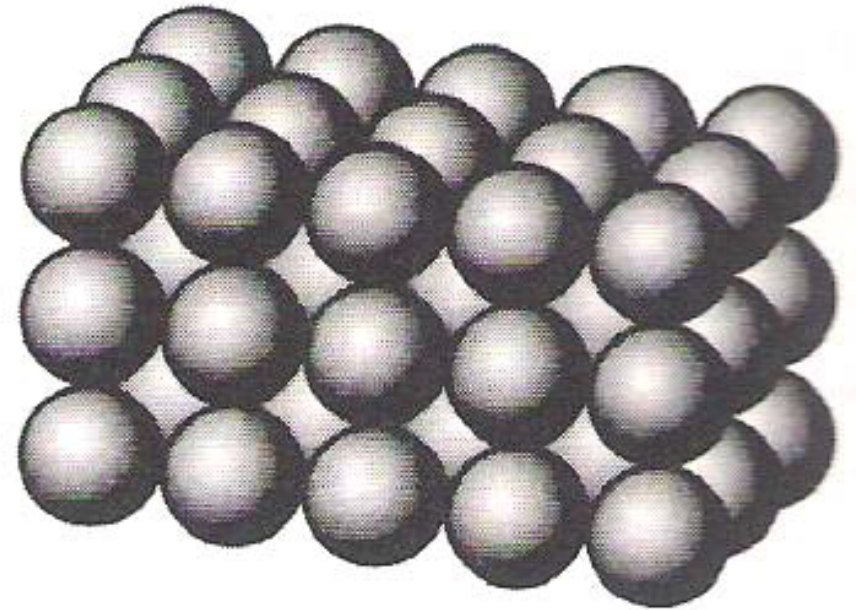
# Κρυσταλλική δομή Χωροκεντρωμένου κυβικού (BCC – BODY CENTERED CUBIC )



(α)

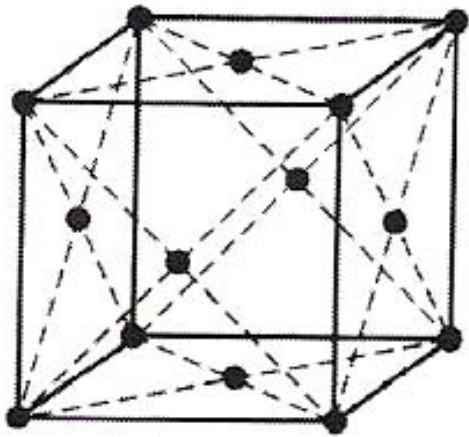


(β)

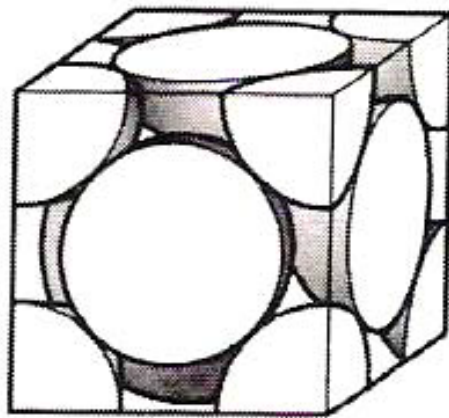


(γ)

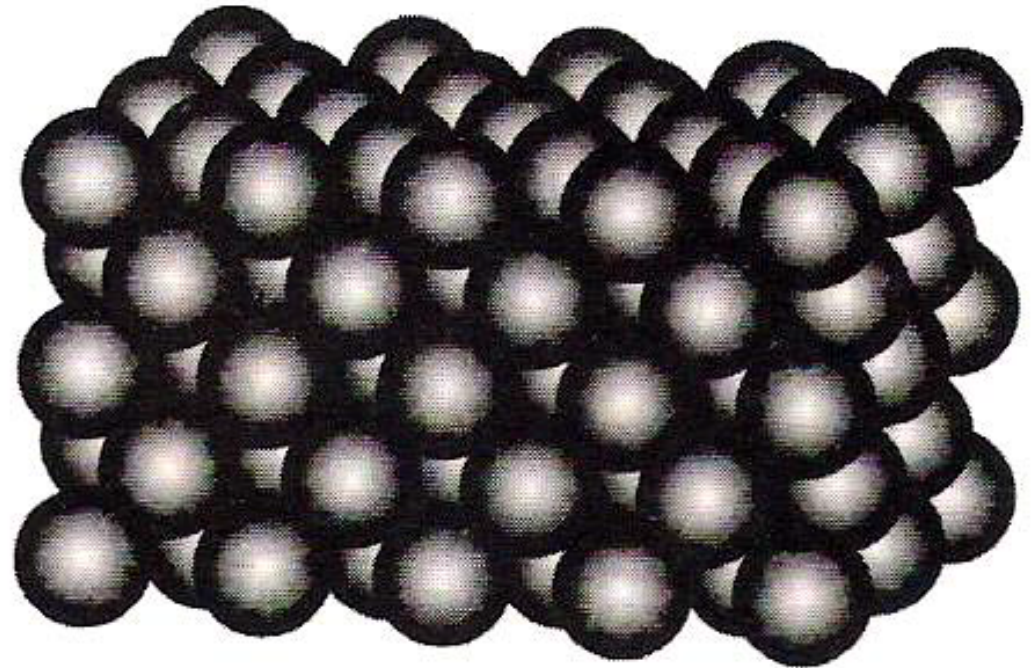
# Κρυσταλλική δομή Εδροκεντρωμένου κυβικού (FCC – FACE CENTERED CUBIC)



( $\alpha$ )

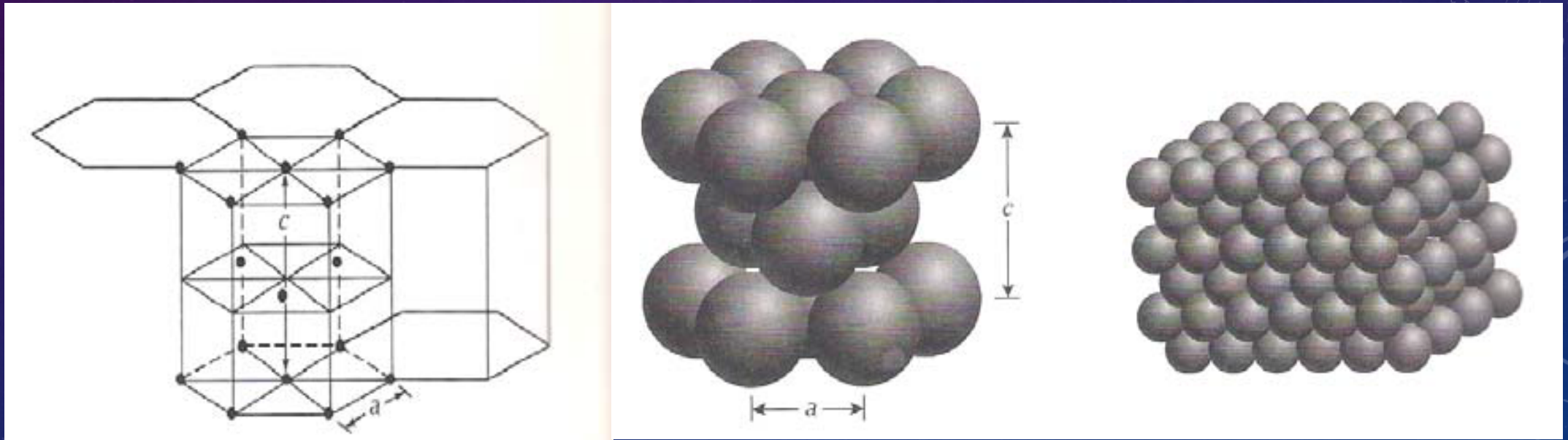


( $\beta$ )



( $\gamma$ )

# Κρυσταλλική δομή μέγιστης πυκνότητας εξαγωνικού (HCP – HEXAGONAL CLOSED PACKED)



# Κυριότερα μέταλλα του κυβικού Χωροκεντρωμένου συστήματος

Μέταλλο	Σταθερά κυψελίδας $a$ (nm)	Ατομική ακτίνα $r$ (nm)
Χρώμιο	0,289	0,125
Σίδηρος	0,287	0,124
Μολυβδαίνιο	0,315	0,136
Κάλιο	0,533	0,231
Νάτριο	0,429	0,186
Ταντάλιο	0,330	0,143
Βολφράμιο	0,316	0,137
Βανάδιο	0,304	0,132

# Κυριότερα μέταλλα του κυβικού Εδροκεντρωμένου συστήματος

Μέταλλο	Σταθερά κυψελίδας $a$ (nm)	Ατομική ακτίνα $r$ (nm)
Αλουμίνιο	0,405	0,143
Χαλκός	0,362	0,128
Χρυσός	0,408	0,144
Μόλυβδος	0,495	0,175
Νικέλιο	0,352	0,125
Πλατίνα	0,393	0,139
Αργυρος	0,409	0,144

# Κυριότερα μέταλλα του μέγιστης πυκνότητας εξαγωγικού συστήματος

Μέταλλο	Σταθερές κυψελίδας		Ατομική ακτίνα $r$ (nm)
	$a$ (nm)	$c$ (nm)	
Κάδμιο	0,2973	0,5618	0,149
Ψευδάργυρος	0,2665	0,4947	0,133
Μαγνήσιο	0,3209	0,5209	0,160
Κοβάλτιο	0,2507	0,4069	0,125
Ζηρόνιο	0,3231	0,5148	0,160
Τιτάνιο	0,2950	0,4683	0,147
Βηρύλλιο	0,2286	0,3584	0,113



# Αλλοτροπικές κρυσταλλικές μορφές

Πολλά στοιχεία και ενώσεις παρουσιάζουν περισσότερες από μια κρυσταλλικές δομές κάτω από διαφορετικές συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **πολυμορφισμός** ή **αλλοτροπία**.

Μέταλλο	Κρυσταλλική δομή σε θερμοκρασία περιβάλλοντος	Κρυσταλλική δομή σε άλλες θερμοκρασίες
Ασβέστιο	fcc	bcc (>447°C)
Κοβάλτιο	hcp	fcc (>427°C)
Σίδηρος	bcc	fcc (912-1394°C) bcc (>1394°C)
Λίθιο	bcc	hcp (<-193°C)
Νάτριο	bcc	hcp (<-233°C)
Τιτάνιο	hcp	bcc (>883°C)
Υτριο	hcp	bcc (>1481°C)
Ζιρκόνιο	hcp	bcc (>872°C)