



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΑΤΡΩΝ  
UNIVERSITY OF PATRAS

Τμήμα Μηχανικών  
Περιβάλλοντος,  
Πολυτεχνική Σχολή

# ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ - ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΓΕΩΧΗΜΕΙΑ

ΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΥΚΤΟΥ  
ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΧΗΜΕΙΑ  
ΑΡΓΙΛΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ  
ΙΟΝΑΝΤΑΛΛΑΓΗΣ  
ΑΜΙΑΝΤΟΣ

Αγγελική Απ. Γαλάνη  
Χημικός PhD

Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό (ΕΔΙΠ)

# ΣΤΕΡΕΑ ΣΩΜΑΤΑ

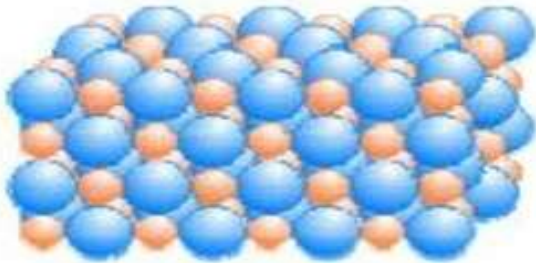
## Κρυσταλλικά

- Αποτελούνται από έναν ή περισσότερους κρυστάλλους. Κάθε κρύσταλλος, έχει καθορισμένη διατεταγμένη δομή σε τρεις διαστάσεις.

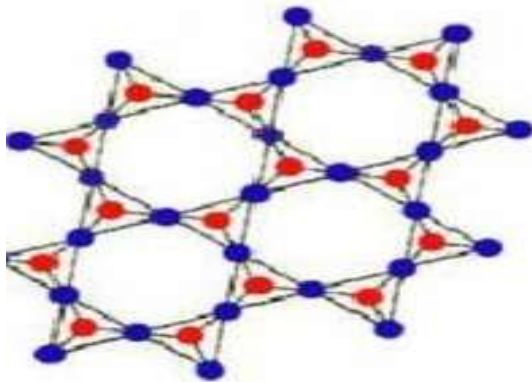
## Άμορφα

- Έχουν δομή χωρίς τάξη, δεν έχουν καθορισμένη διάταξη των βασικών μονάδων τους, (των ατόμων, μορίων ή ιόντων).

# Κρυσταλλικά

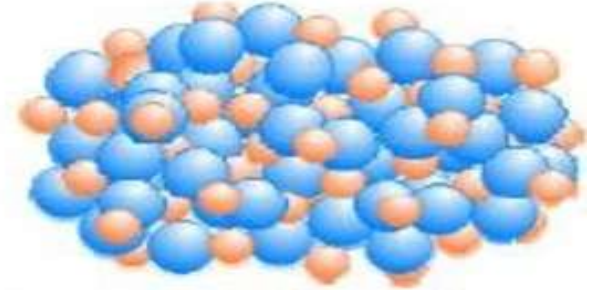


Crystalline  $\text{SiO}_2$   
(Quartz)

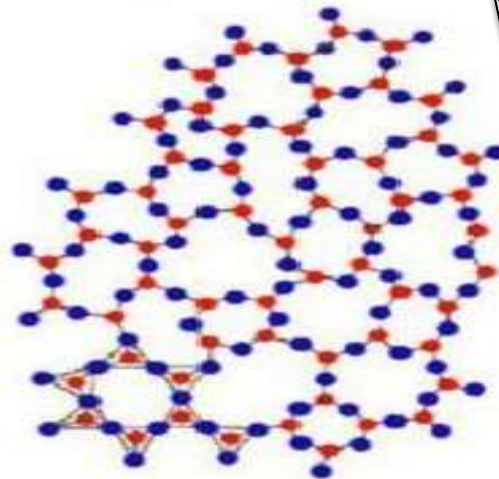


● Si ● O

# Άμορφα



Amorphous  $\text{SiO}_2$   
(Glass)

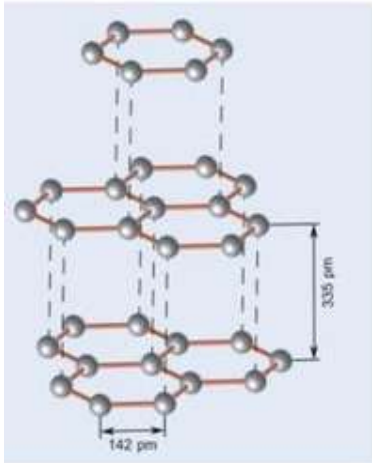


Το γυαλί είναι άμορφο στερεό που προκύπτει από απότομη ψύξη υγρού γυαλιού, έτσι ώστε οι βασικές του μονάδες να παγώνουν σε τυχαίες θέσεις.

<http://www.nde-ed.org/EducationResources/CommunityCollege/Materials/Structure/s>

Τα κρυσταλλικά στερεά χαρακτηρίζονται από ανισοτροπία, σε αντίθεση με τα άμορφα που τα χαρακτηρίζει ισοτροπία

**Ανισοτροπία:**  
Διαφορετικές ιδιότητες (π.χ. αντοχή, παραμορφωσιμότητα) σε διαφορετικές κατευθύνσεις

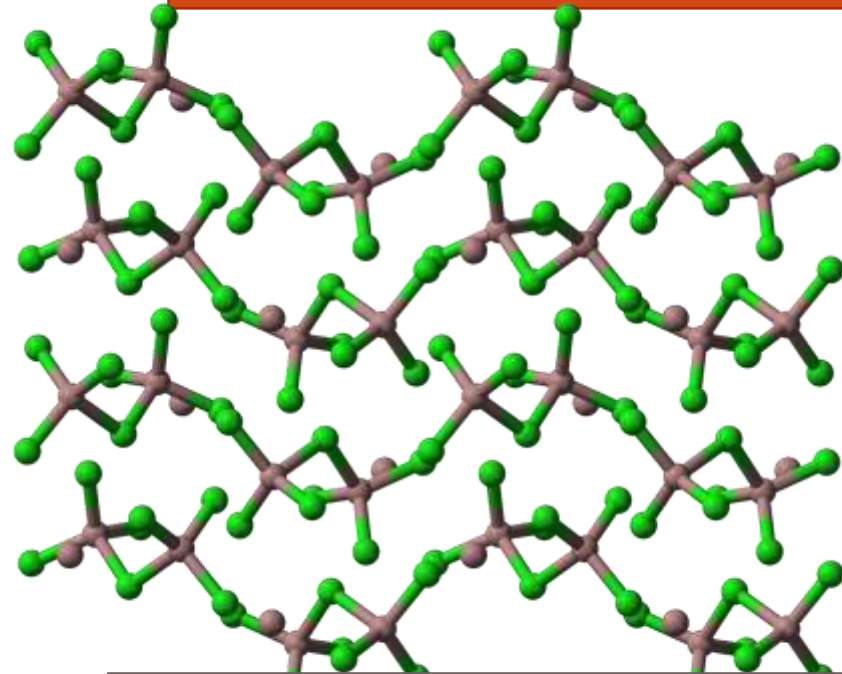
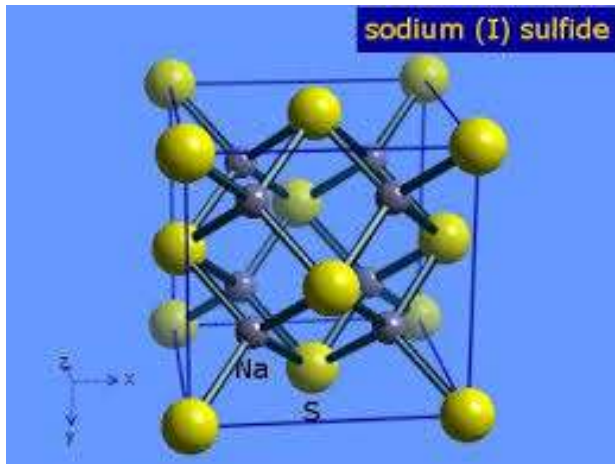


<https://ppt-online.org/100055>

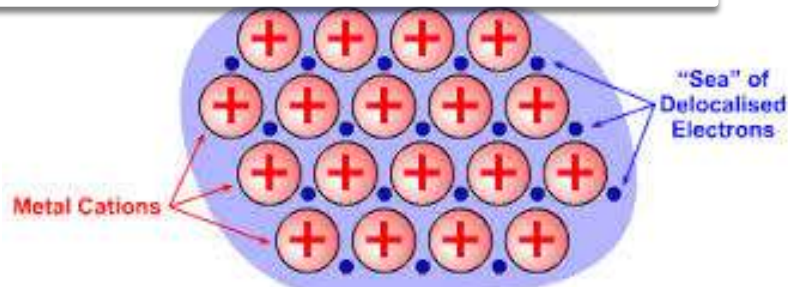
# Τέσσερις διαφορετικοί τύποι στερεών

Carbon tetrachloride,  
 $\text{CCl}_4 \Rightarrow (\text{MOLECULAR})$

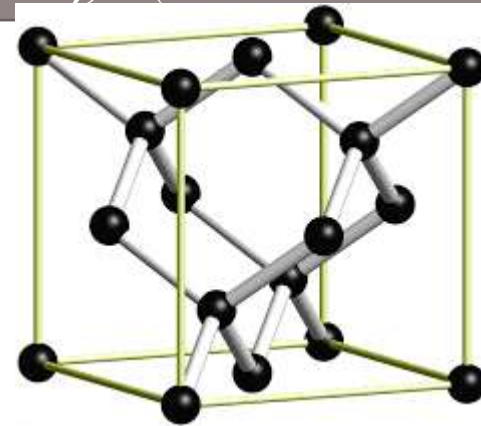
Sodium sulfide,  $\text{Na}_2\text{S} \Rightarrow (\text{IONIC})$



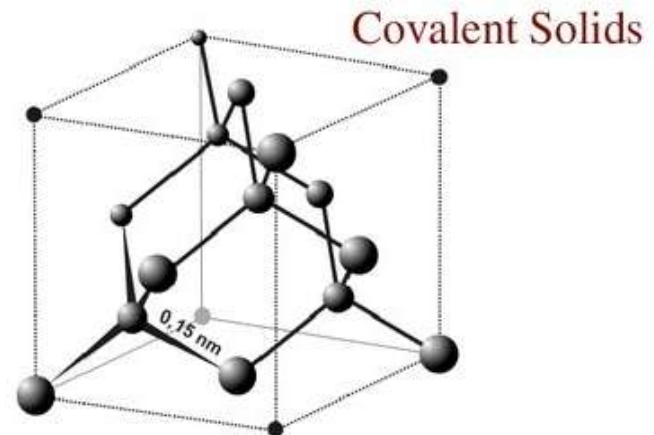
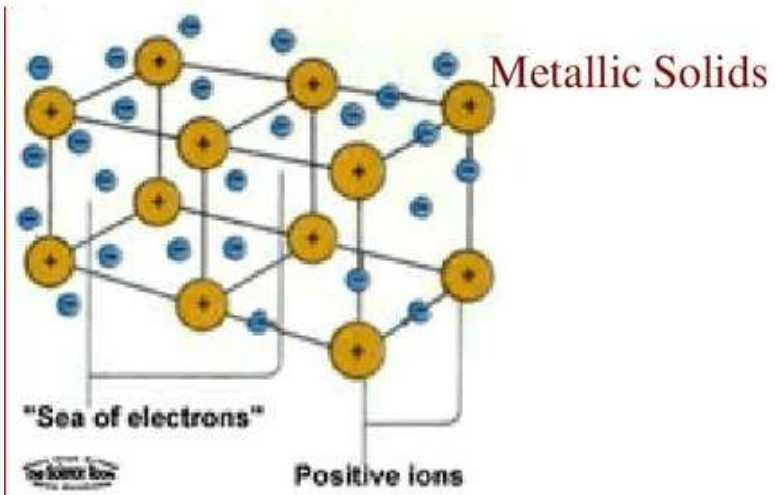
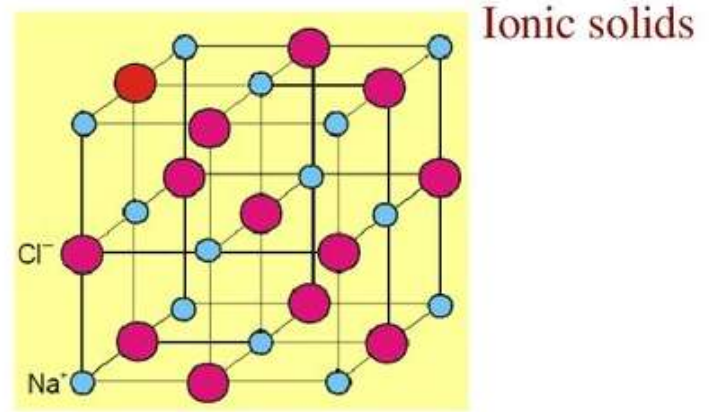
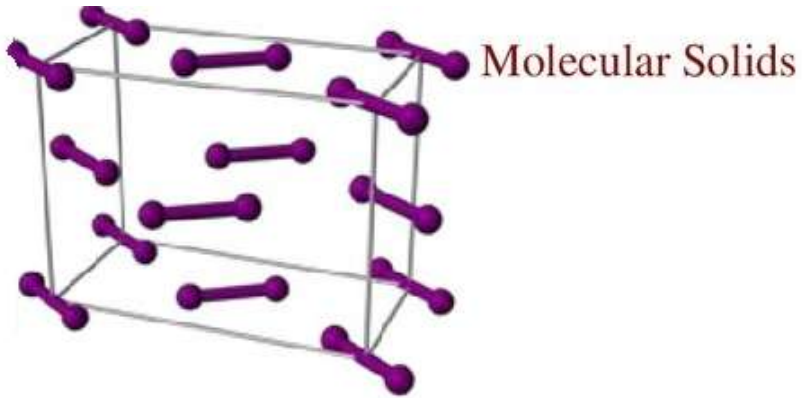
Calcium metal,  $\text{Ca} \Rightarrow (\text{METALLIC})$



C(diamond),  $\Rightarrow (\text{COVALENT-NETWORK})$



<https://socratic.org/questions/classify-each-of-these-solids-as-ionic-molecular-metallic-or-covalent-network-na>



<https://ppt-online.org/100055>

Τύπος Στερεού	Δομικές μονάδες	Ελκτικές δυνάμεις μεταξύ δομικών μονάδων	Παραδείγματα
Μοριακός	Άτομα ή μόρια	Διαμοριακές δυνάμεις	Ne, H <sub>2</sub> O, CO <sub>2</sub>
Μεταλλικός	Άτομα (κατιόντα σε θάλασσα ηλεκτρονίων)	Μεταλλικός δεσμός: Ακραία περίπτωση απεντοπισμένου δεσμού	Fe, Ag, Zn
Ιοντικός	Ιόντα	Ιοντικός δεσμός	KCl, NaCl, ZnS
Ομοιοπολικού πλέγματος	Άτομα	Ομοιοπολικοί δεσμοί	Αμίαντος, διαμάντι

Τύπος Στερεού	Σημείο Τήξεως	Σκληρότητα και Ευθραυστότητα	Ηλεκτρική Αγωγιμότητα
Μοριακός	Χαμηλό	Μαλακό και εύθραυστο	Μονωτικό
Μεταλλικός	Μεταβλητό	Μεταβλητή σκληρότητα Ελατό	Αγωγός
Ιοντικός	Υψηλό ως πολύ υψηλό	Σκληρό και εύθραυστο	Μονωτικό στερεό (αγώγιμο υγρό)
Ομοιοπολικού πλέγματος	Πολύ ψηλό	Πολύ σκληρό	Συνήθως μονωτικό



# Κρύσταλλος

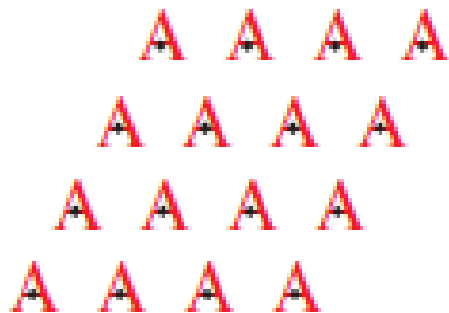
Είναι τρισδιάστατη  
συγκροτημένη διάταξη  
δομικών μονάδων

Η δομική μονάδα μπορεί να  
είναι άτομο, μόριο ή ιόν  
ανάλογα με τον τύπο του  
κρυστάλλου

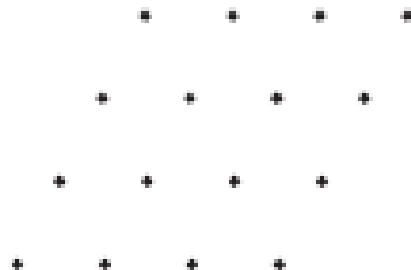
- Η κρυσταλλική δομή των στερεών μπορεί να γίνει πιο εύκολα κατανοητή, κάνοντας σύγκριση με μια ταπετσαρία που έχει ένα κανονικό επαναλαμβανόμενο σχέδιο, που εκτείνεται από το ένα άκρο στο άλλο. Οι κρύσταλλοι έχουν παρόμοιο επαναλαμβανόμενο σχεδιασμό, αλλά στην περίπτωση τους ο σχεδιασμός εκτείνεται σε τρεις διαστάσεις από την μία άκρη του στερεού προς την άλλη

# Κρύσταλλος

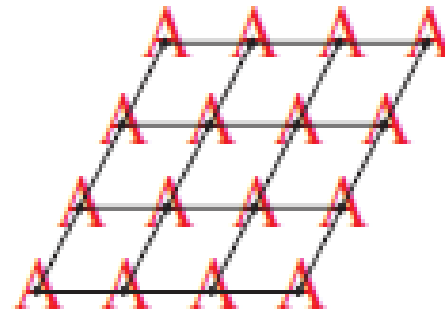
- Μπορούμε να περιγράψουμε ένα τρισδιάστατο κρύσταλλο, καθορίζοντας το μέγεθος, το σχήμα και το περιεχόμενο της απλούστερης επαναλαμβανόμενης μονάδας και τον τρόπο με τον οποίο οι επαναλαμβανόμενες μονάδες, στοιβάζονται για να σχηματίσουν τον κρύσταλλο.
- Συμβατικά περιγράφεται η συγκροτημένη δομή ενός κρυστάλλου με όρους κρυσταλλικού πλέγματος.



A



B



C



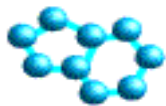
D

Έστω επιλέγουμε το μοτίβο A. Το μοτίβο είναι επανάληψη βασικών μονάδων A.

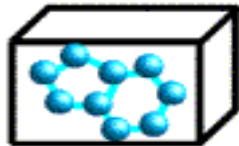
- A. Επιλέγουμε το ίδιο σημείο σε κάθε βασική μονάδα A.
- B. Έτσι έχουμε πλέγμα σημείων.
- C. Διαιρούμε το μοτίβο σε μοναδιαίες κυψελίδες. Τα «τουβλάκια» με τα οποία κτίζουμε τον κρύσταλλο.
- D. Μια μοναδιαία κυψελίδα. Η μικρότερη μονάδα που επαναλαμβανόμενη δημιουργεί τον κρύσταλλο.

Η μοναδιαία κυψελίδα, είναι το μικρότερο παραλληλεπίπεδο, το οποίο επαναλαμβάνεται σε τρεις διαστάσεις και δημιουργεί τον κρύσταλλο.

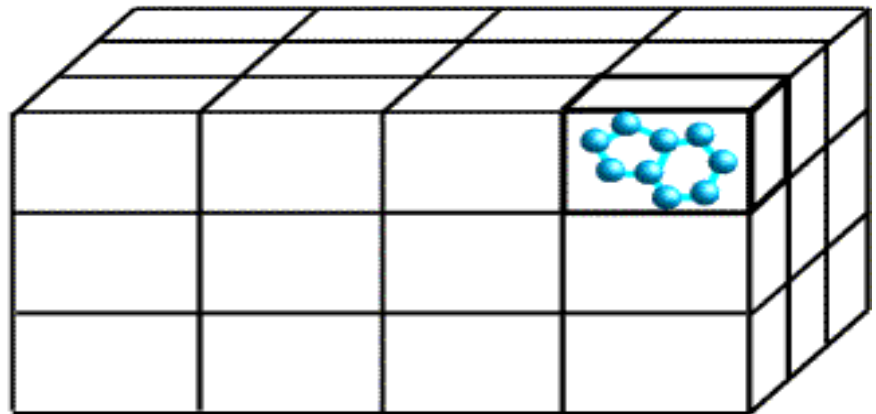
molecule



unit cell

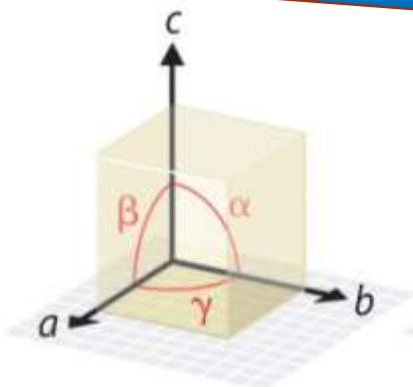


crystal

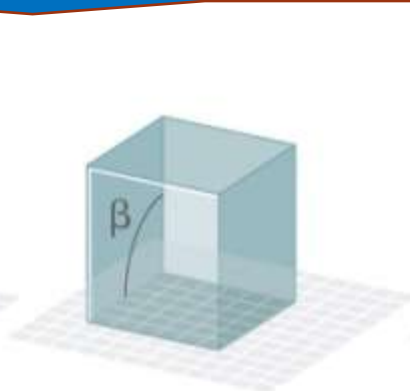


<http://260h.pbworks.com/w/page/30814223/X%20Ray%20Crystallography>

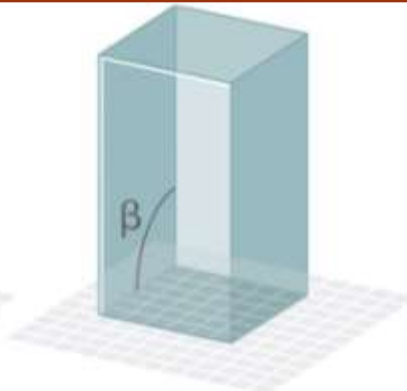
# Σχήματα μοναδιαίων κυψελίδων



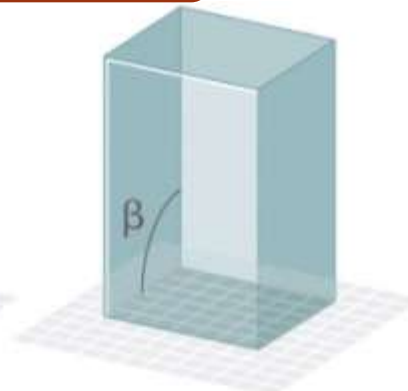
Edges and angles



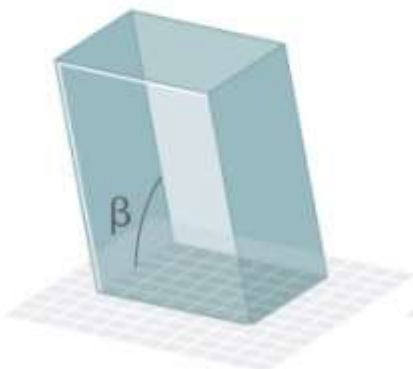
Cubic  
 $a = b = c$   
 $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$



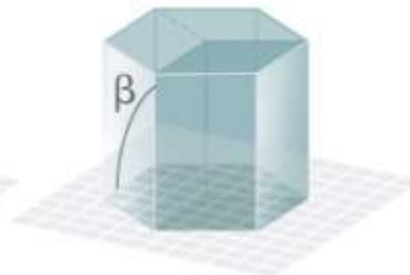
Tetragonal  
 $a = b \neq c$   
 $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$



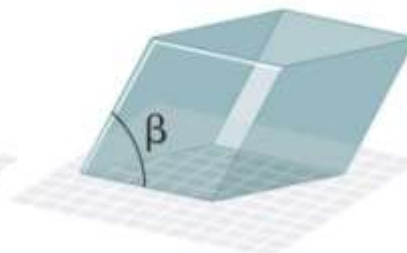
Orthorhombic  
 $a \neq b \neq c$   
 $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$



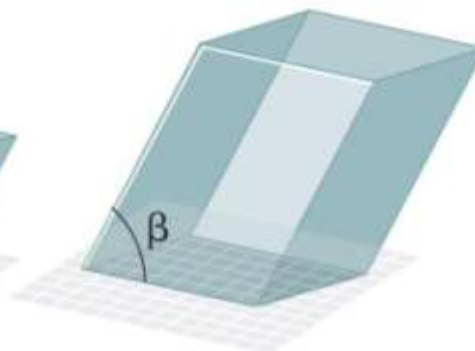
Monoclinic  
 $a \neq b \neq c$   
 $\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$



Hexagonal  
 $a = b \neq c$   
 $\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$



Rhombohedral  
 $a = b = c$   
 $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$



Triclinic  
 $a \neq b \neq c$   
 $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$

Πολλοί διαφορετικοί κρύσταλλοι, είναι δυνατόν να έχουν το ίδιο κρυσταλλικό πλέγμα

Παράδειγμα το κρυσταλλικό πλέγμα του  $\text{CH}_4$  ίδιο με του  $\text{Cu}$

## Κρυσταλλική δομή

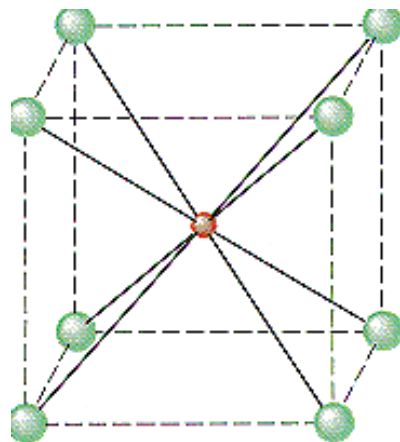
- Η κανονική γεωμετρική διάταξη στην οποία διευθετούνται οι δομικές μονάδες ενός στερεού.

## Κρυσταλλικό Πλέγμα

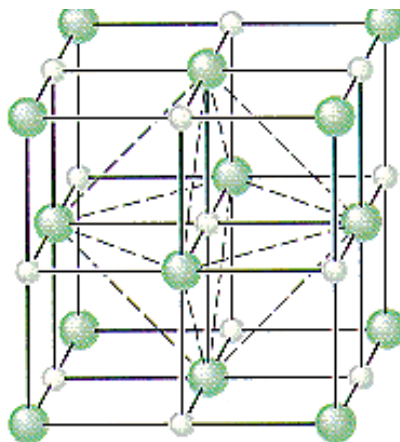
- Ως κρυσταλλικό πλέγμα ορίζεται η τρισδιάστατη γεωμετρική διάταξη πλεγματικών σημείων ενός κρυστάλλου, που προκύπτει εάν επιλεγεί το ίδιο πλεγματικό σημείο σε κάθε βασική μονάδα του κρυστάλλου.
- Δείχνει μόνο τη διάταξη των βασικών μονάδων του κρυστάλλου.

Ένα κρυσταλλικό πλέγμα μπορεί να διαιρεθεί σε πολλές μοναδιαίες κυψελίδες

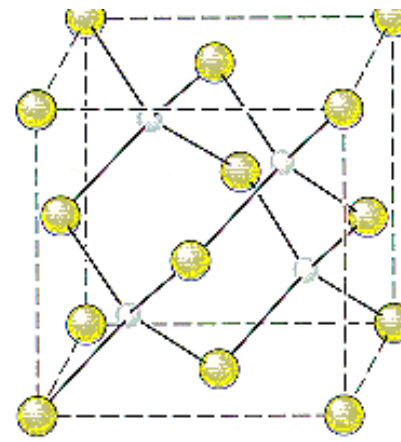
# Μοναδιαίες κυψελίδες διαφόρων κρυσταλλικών στερεών



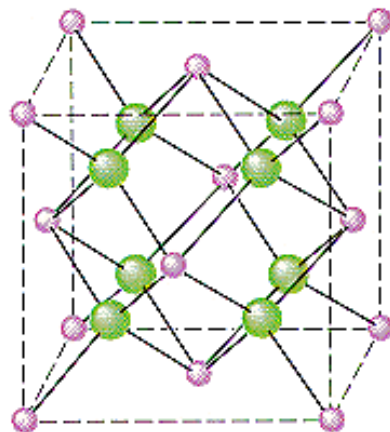
CsCl



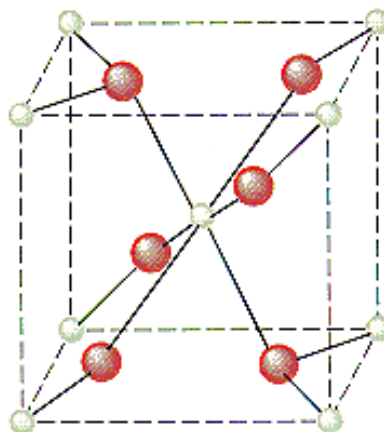
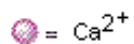
NaCl



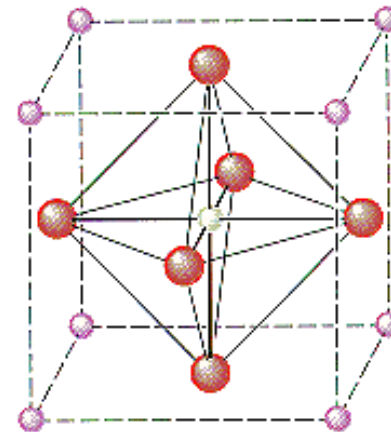
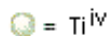
Zinc blende (cubic ZnS)



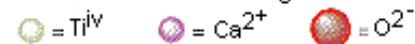
Fluorite (CaF<sub>2</sub>)



Rutile (TiO<sub>2</sub>)



Perovskite (CaTiO<sub>3</sub>)



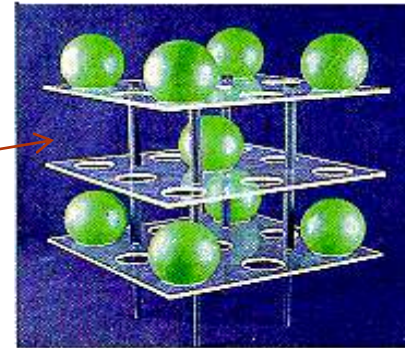
<http://chemed.chem.purdue.edu/genchem/topicreview/bp/ch13/unitcell.php>

# Τα κρυσταλλικά συστήματα έχουν περισσότερα του ενός πιθανά κρυσταλλικά πλέγματα.

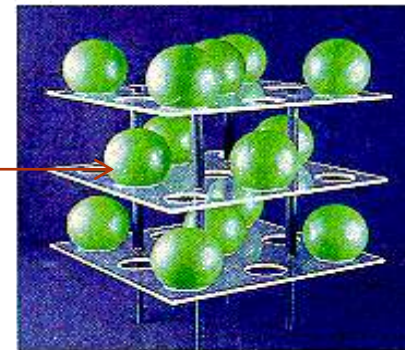
- Το απλό πλέγμα, το χαρακτηρίζει η μοναδιαία κυψελίδα, που μόνο στις κορυφές της έχει πλεγματικά σημεία .
- Η ενδοκεντρωμένη έχει και ένα πλεγματικό σημείο στο κέντρο της.
- Η ολοεδρικά κεντρωμένη κυβική έχει πλεγματικά σημεία και στα κέντρα όλων των εδρών, εκτός από τα πλεγματικά σημεία που έχει στις κορυφές της.



Simple Cubic



Body-Centered Cubic

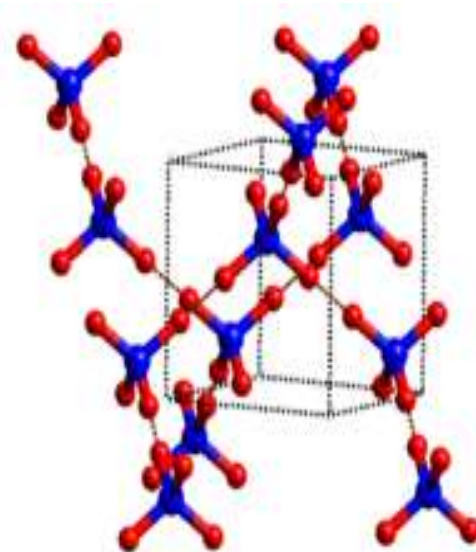


Face-Centered Cubic



# Μοριακοί Κρύσταλλοι

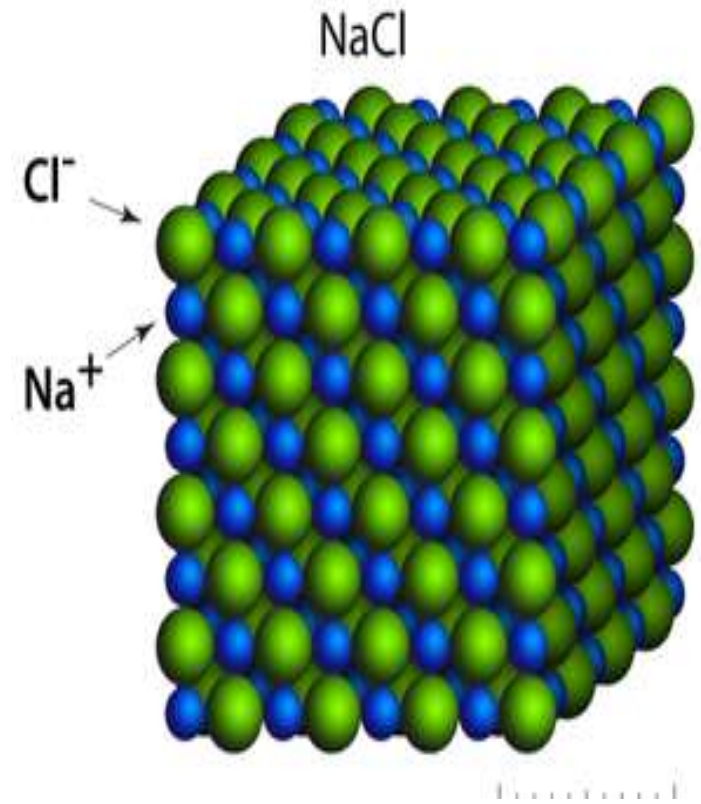
- Το ιώδιο ( $I_2$ ), η ζάχαρη ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ), και το πολυαιθυλένιο είναι παραδείγματα μοριακών στερεών σε θερμοκρασία δωματίου. Επίσης τα παγωμένα ευγενή αέρια, είναι και αυτά παραδείγματα μοριακών στερεών. Το νερό και το βρώμιο είναι υγρά που σχηματίζουν μοριακά στερεά όταν ψύχονται.
- Οι διαμοριακές δυνάμεις που αναπτύσσονται σε αυτούς είναι ασθενείς (παράδειγμα δυνάμεις διασποράς ή δεσμοί υδρογόνου), με αποτέλεσμα, τα σημεία τήξης και βρασμού των μοριακών κρυστάλλων να είναι πολύ χαμηλότερα των ομοιοπολικών και ιοντικών. Χωρίς ιόντα ή ελεύθερα ηλεκτρόνια, οι μοριακοί κρύσταλλοι είναι κακοί ηλεκτρικοί αγωγοί.



<https://chem.libretexts.org>

# Ετεροπολικοί Κρύσταλλοι

- Αποτελούνται από εναλλασσόμενα θετικά και αρνητικά φορτισμένα ιόντα που συγκρατούνται με δυνάμεις Coulomb στο κρυσταλλικό πλέγμα.
- Η συνοχή τους είναι μεγάλη.
- Τα Σ.Τ. και Σ.Ζ. είναι μεγάλα όχι όμως μεγαλύτερα των ομοιοπολικών κρυστάλλων.
- Οι δεσμοί δεν κατευθύνονται όπως στους ομοιοπολικούς κρυστάλλους για το λόγο αυτό σπάνε εύκολα.
- Οι ιονικοί κρύσταλλοι είναι κακοί αγωγοί της θερμότητας και του ηλεκτρισμού, (τα ιόντα τους δεν κινούνται εύκολα). Τα διαλύματά τους είναι καλοί αγωγοί.
- Χαρακτηριστικό παράδειγμα ιονικού κρυστάλλου είναι το NaCl.



<http://nersp.osg.ufl.edu/~wsawyer/atoms/chapter4/chapter4.html>

# Ομοιοπολικοί Κρύσταλλοι



Διαμάντι

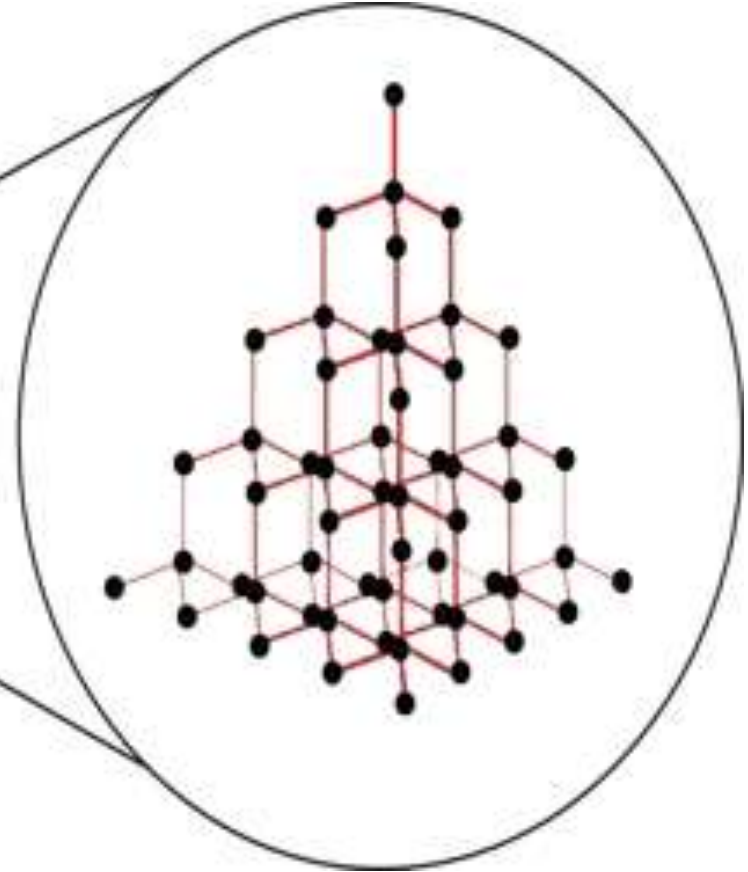


Γραφίτης

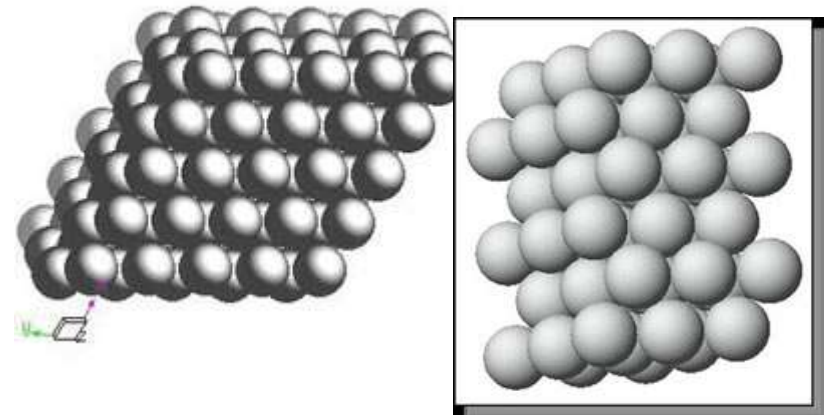
<http://www.qsstudy.com/chemistry/bonding-in-network-covalent-crystals-and-their-characteristic>

- Είναι σπάνιοι και πολύ σταθεροί. Η πιο σκληρή φυσική ουσία είναι η αλλοτροπική μορφή του άνθρακα, ο αδάμαντας.
- Έχουν ισχυρά κατευθυνόμενους δεσμούς και παραμορφώνονται για το λόγο αυτό δύσκολα.
- Δεν διαλύονται στο νερό ή στους οργανικούς διαλύτες
- Έχουν πολύ ψηλά Σ.Τ. και Σ.Ζ..
- Είναι κακοί αγωγοί της θερμότητας και του ηλεκτρισμού, (εκτός από το γραφίτη ο οποίος είναι επίσης αλλοτροπική μορφή του άνθρακα).
- Στους κρυστάλλους τους εκτός από τους ομοιοπολικούς δεσμούς, είναι δυνατόν να αναπτύσσονται και άλλοι όπως οι δυνάμεις Van der Waals στο γραφίτη.
- Τέτοιες ουσίες είναι ο αδάμαντας, ο γραφίτης, ο χαλαζίας κ.α..

# Διαμάντι

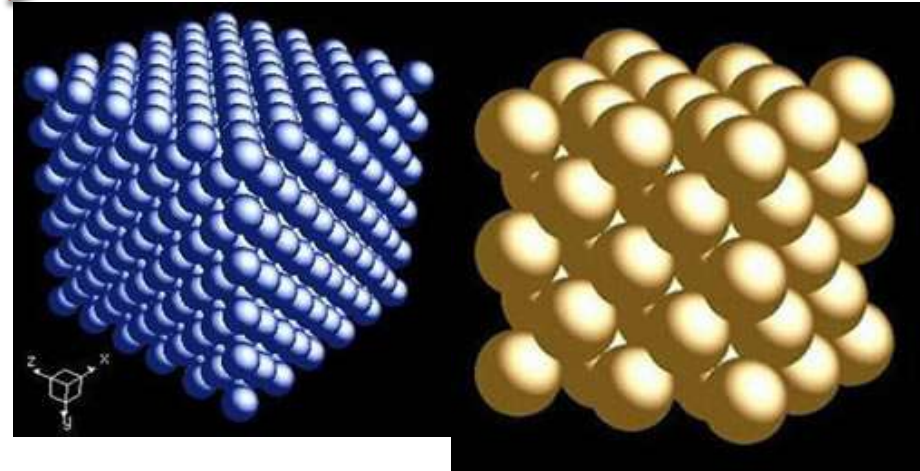


- Εκτός ελάχιστων εξαιρέσεων, έχουν δομή πυκνότατης συσσώρευσης ή ενδοκεντρομένη δομή.



Zn και Mg αντίστοιχα

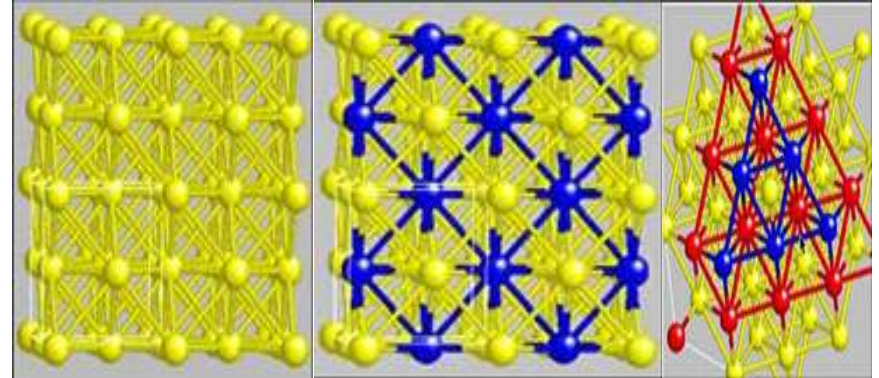
- Τα μέταλλα είναι καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού, λόγω ύπαρξης ελεύθερων ηλεκτρονίων σε αυτά



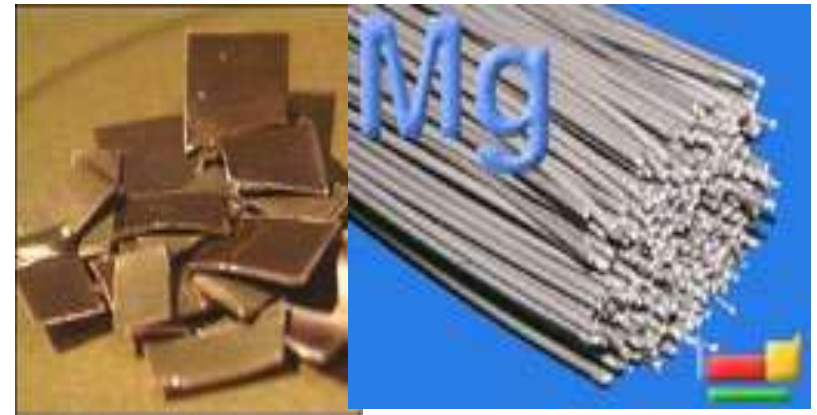
Cu και Au αντίστοιχα

# Ιδιότητες των μεταλλικών κρυστάλλων

- Παρουσιάζουν μεταλλική λάμψη (μεταλλική λάμψη πλέγματος χαλκού). →
- Τα μέταλλα, είναι ελατά (δηλαδή μετατρέπονται σε λεπτά μεταλλικά φύλλα (Cu) τα λεγόμενα ελάσματα) και όλκιμα (δηλαδή μετατρέπονται σε λεπτά σύρματα, Mg).



<http://users.sch.gr/xbalasi/electrochem/sect02/page%2022.html>



<http://users.sch.gr/xbalasi/electrochem/sect02/page%2022.html>

# Ακτίνες Χ

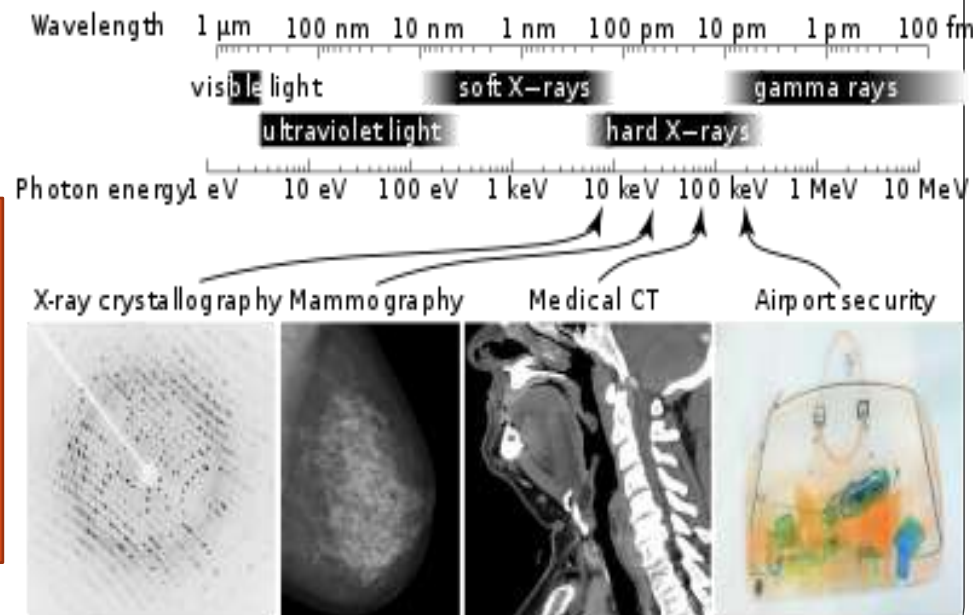
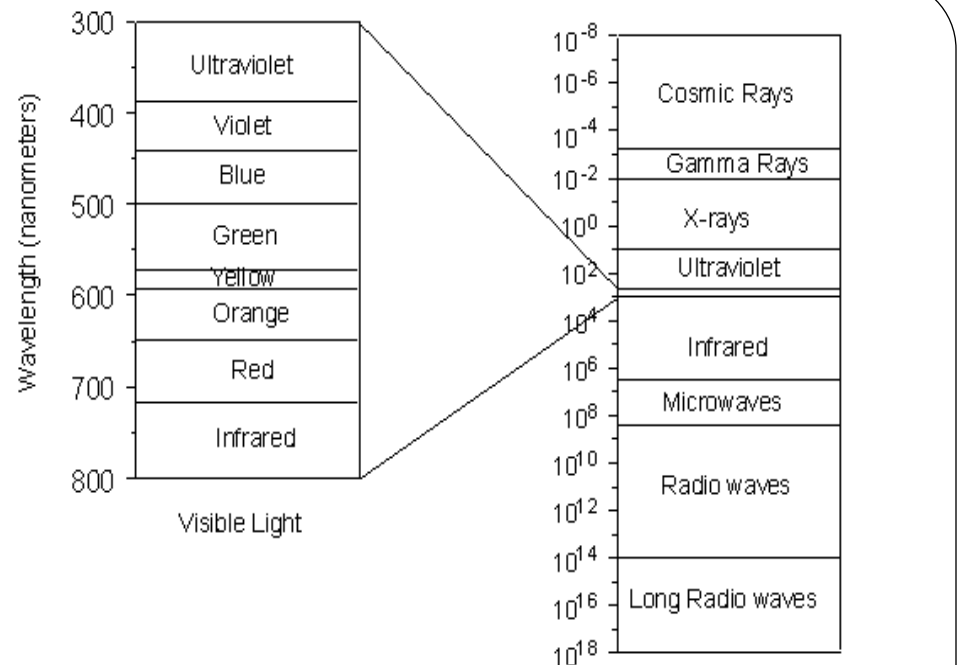
- Ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα υψηλής ενέργειας και πολύ μικρού μήκους κύματος, (μεταξύ των υπεριωδών ακτινών και των ακτινών γ), το οποίο είναι ικανό να διεισδύσει στην ύλη πολύ πιο εύκολα από το ορατό φως.

**Μήκος Κύματος:**

**0,02 – 100 Å (1 Å = 10<sup>-10</sup>m)**

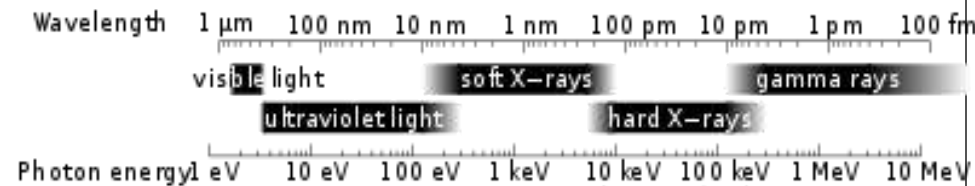
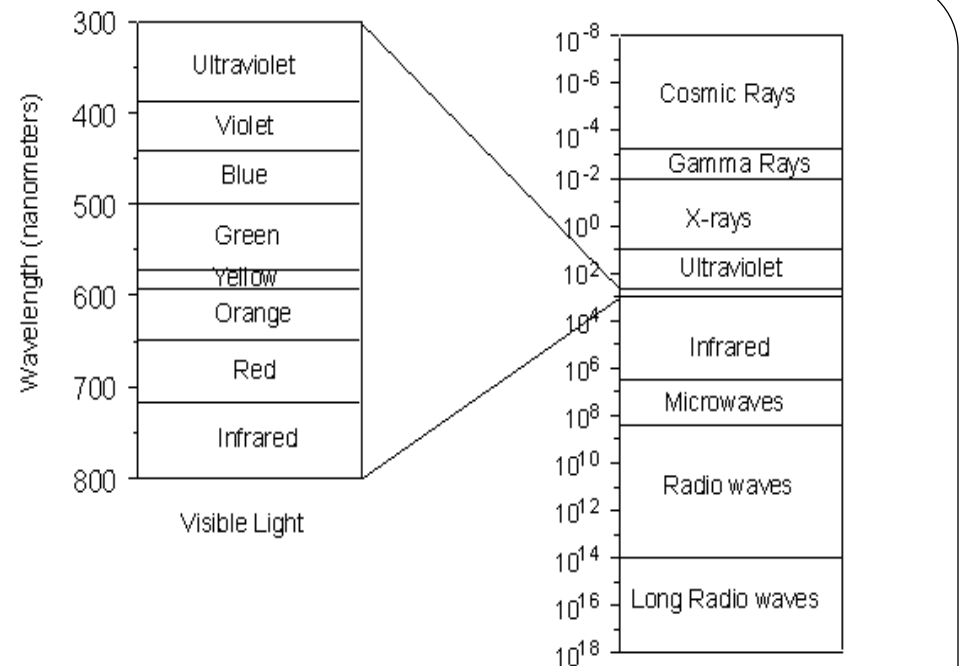
**Ενέργεια:**

**100 eV – 100 KeV**

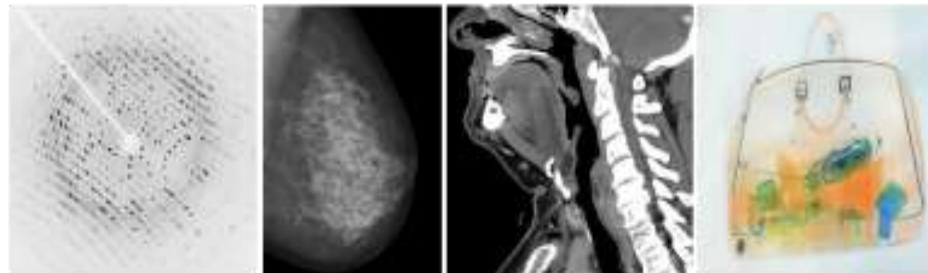


# Ακτίνες Χ

- Ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα υψηλής ενέργειας και πολύ μικρού μήκους κύματος, (μεταξύ των υπεριωδών ακτινών και των ακτινών γ), το οποίο είναι ικανό να διεισδύσει στην ύλη πολύ πιο εύκολα από το ορατό φως.



X-ray crystallography Mammography Medical CT Airport security

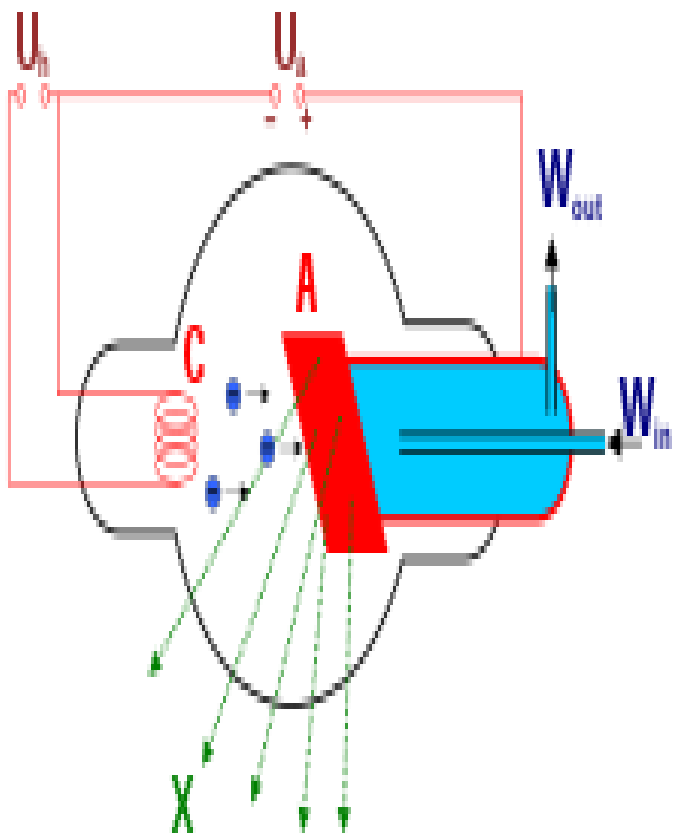


Μήκος Κύματος:  
0,02 – 100 Å ( $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$ )

Ενέργεια:  
100 eV – 100 KeV



# Πως παράγονται οι ακτίνες X

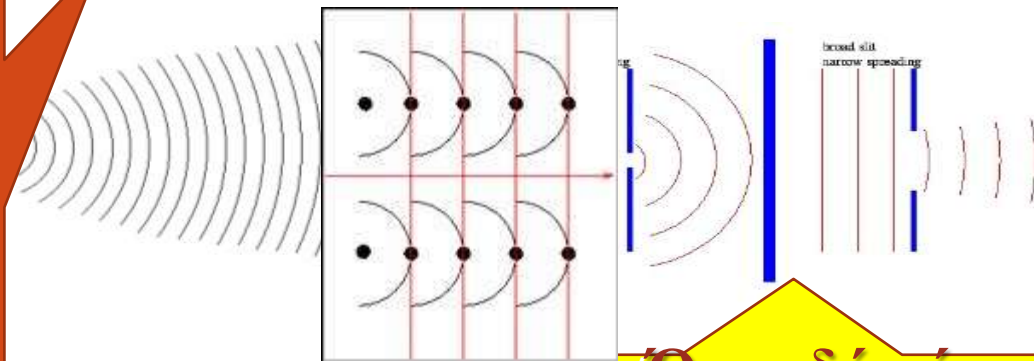


- Τα ηλεκτρόνια, επιταχύνονται από δυναμικό δεκάδων χιλιάδων V και προσπίπτουν σε μεταλλικό στόχο μεγάλου ατομικού αριθμού, συνήθως βολφράμιο ή μολυβδαίνιο για ακτινογραφίες.
- Τα ηλεκτρόνια χάνουν σταδιακά την ενέργεια τους όταν προσπίπτουν στο στόχο, διότι υφίστανται επιβραδύνσεις από τα άτομα του υλικού του στόχου. Ωστόσο η ενέργεια που αποδίδουν στα άτομα του στόχου είναι αρκετή ώστε να διεγείρει ηλεκτρόνια των εσωτερικών στοιβάδων των ατόμων.
- Έτσι συμβαίνει συμπλήρωση των στοιβάδων αυτών από ηλεκτρόνια υψηλότερων ενεργειακά στοιβάδων και παράγονται τα φωτόνια των ακτινών X.

## ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ

Η διαδικασία με την οποία μια ακτίνα φωτός, ή άλλο σύστημα κυμάτων διαχέεται προς όλες τις κατευθύνσεις, ως αποτέλεσμα της διόδου δια μέσω μιας στενής οπής (διαστάσεων παραπλήσιων του μήκους κύματος), η οποία συνήθως παρεμβάλλεται μεταξύ των παραγόμενων μορφών κύματος. Η περίθλαση είναι αποτέλεσμα δύο κυματικών φαινομένων, της αρχής του Χόιχενς και της **συμβολής**

Κάθε σημείο μιας ισοφασικής επιφάνειας κύματος μπορεί να θεωρηθεί πηγή κύματος



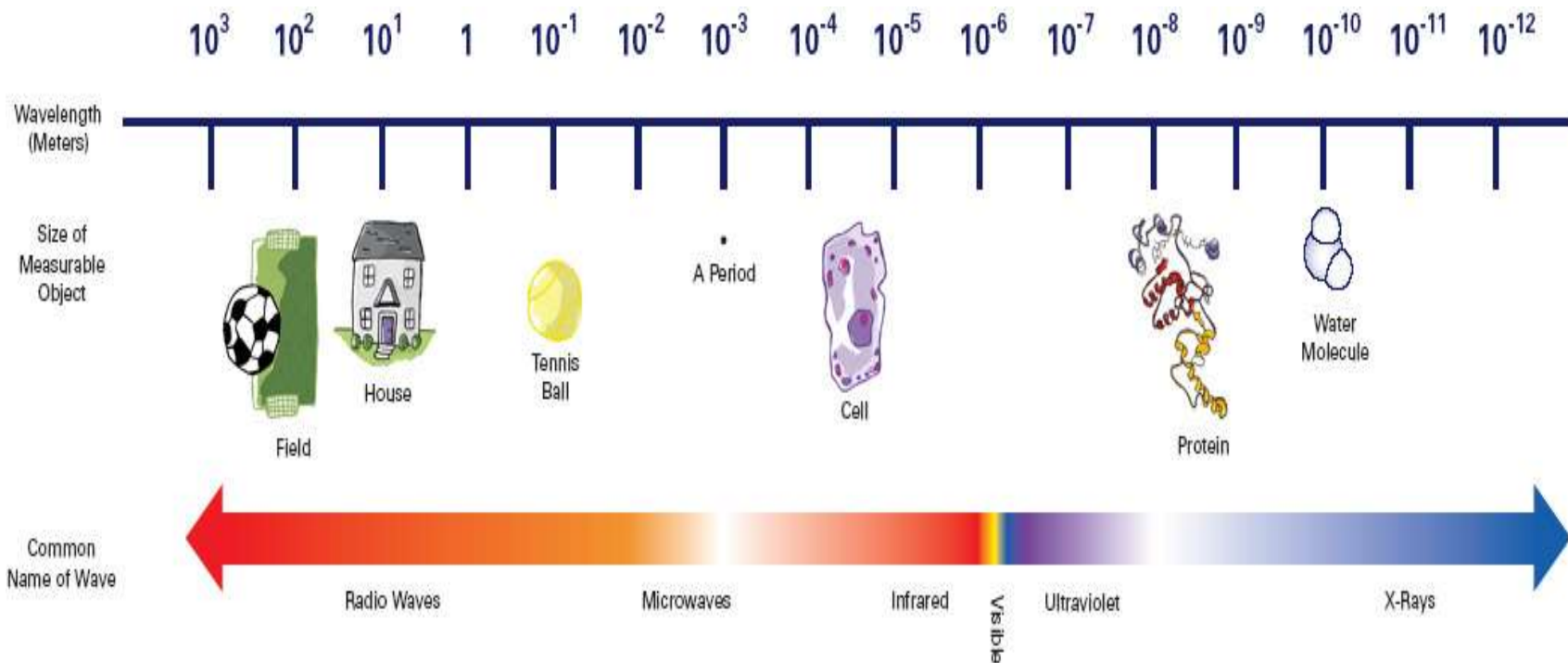
<http://users.sch.gr/kassetas/zzzzzzzphHUYGENS.htm>

**Όταν δύο ή περισσότερα κύματα διαδίδονται ταυτόχρονα στο ίδιο ελαστικό μέσο, συμβάλλουν.**

# Κρυσταλλογραφία ακτίνων X

**Μελετά** τη  
γεωμετρική δόμηση  
των κρυστάλλων  
χρησιμοποιώντας τις  
ακτίνες X.

**Προσδιορίζει** τη  
διάταξη των ατόμων  
από τα οποία  
συγκροτείται  
κρύσταλλος. ένας



**Όταν χρησιμοποιείτε φως για τη μέτρηση ενός αντικειμένου, το μήκος κύματος του φωτός πρέπει να είναι παρόμοιο με το μέγεθος του αντικειμένου. Οι ακτίνες X, ( $\lambda=0,5 -1,5 \text{ \AA}$ ), μπορούν να μετρήσουν την απόσταση μεταξύ των ατόμων. Ορατό φως, με μήκος κύματος 4.000 έως 7.000  $\text{\AA}$ , χρησιμοποιείται σε απλά μικροσκόπια φωτός επειδή μπορεί να μετρήσει αντικείμενα στο μέγεθος των κυττάρων.**

1901 1<sup>ο</sup> Βραβείο  
Νόμπελ Φυσικής  
στον Ρέντγκεν  
για την  
ανακάλυψη των  
ακτινών X

1914 Βραβείο  
Νόμπελ  
Φυσικής στον  
Λάουε για την  
ανακάλυψη της  
περίθλασης των  
ακτινών X όταν  
προσπίπτουν σε  
κρύσταλλο

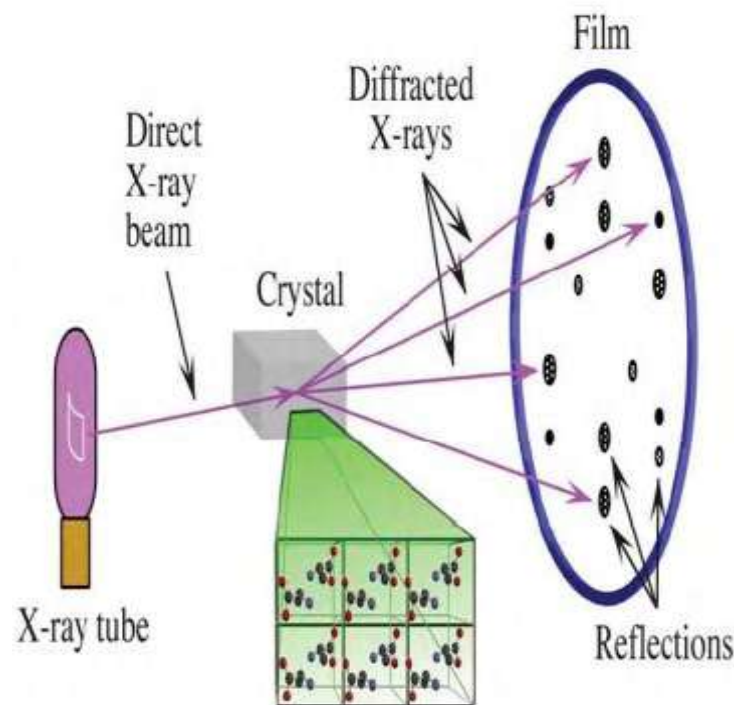
1915 Μπράγκ  
(Πατέρας και  
γιός) Βραβείο  
Νόμπελ  
Φυσικής για τη  
διατύπωση του  
νόμου  
περίθλασης  
των ακτινών X  
όταν περνούν  
από κρύσταλλο

Η δομή των στερεών  
μπορεί να διερευνηθεί αν  
αυτά ακτινοβοληθούν με  
ακτίνες X, διότι το μήκος  
κύματος των τελευταίων,  
είναι παρόμοιο με τις  
αποστάσεις των ατόμων  
στα στερεά.

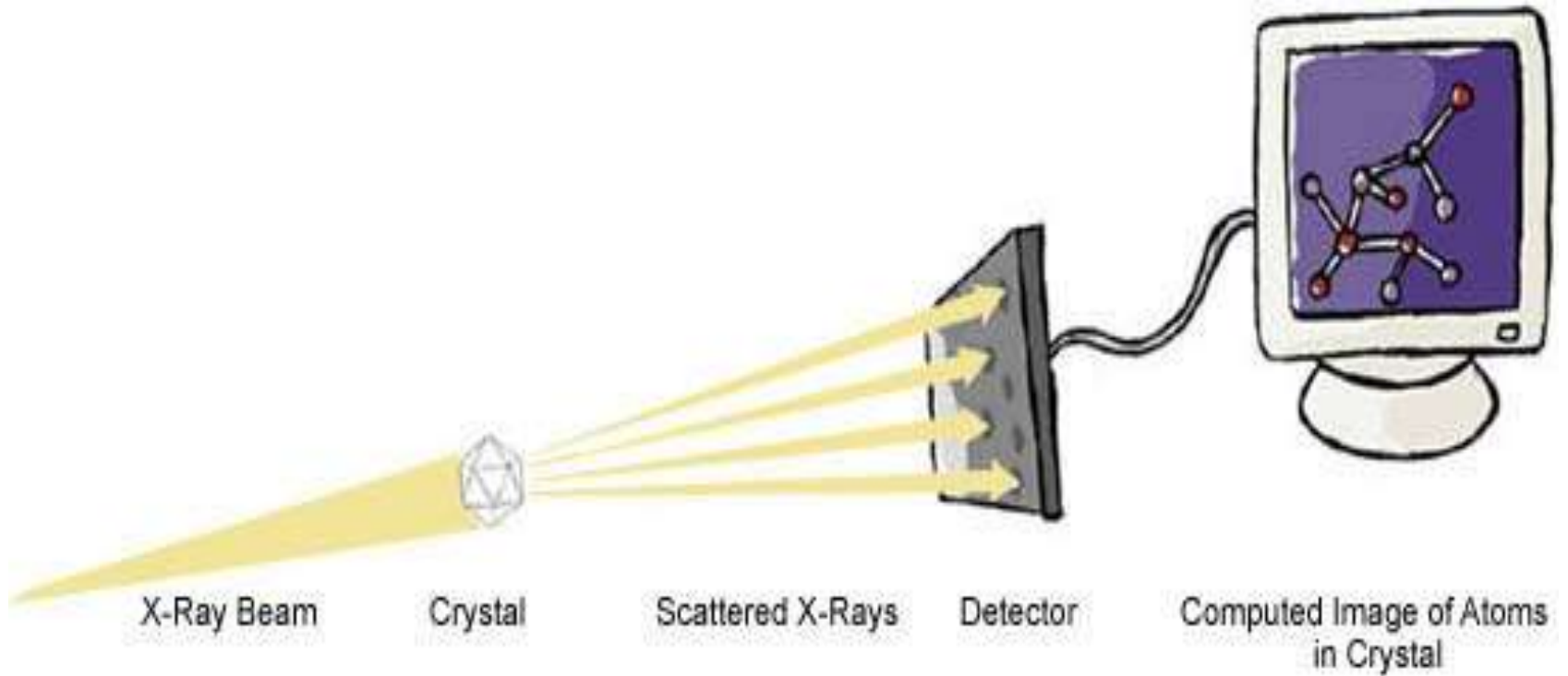
Διατύπωσαν το νόμο  
της περίθλασης των  
ακτίνων X από έναν  
κρύσταλλο

# Προσδιορισμός Κρυσταλλικής δομής με περίθλαση ακτίνων X

- Η δομή ενός κρυστάλλου, χαρακτηρίζεται από μεγάλη τάξη και ο κρύσταλλος αποτελείται από επαναλαμβανόμενα επίπεδα ίδιων ατόμων.
- Τα επίπεδα αυτά, δρουν ως επιφάνειες ανάκλασης των ακτίνων X.
- Οι ακτίνες X, όταν ανακλώνται από τα επίπεδα αυτά, δίνουν διάγραμμα περίθλασης, που είναι δυνατόν να καταγραφεί σε φωτογραφική πλάκα ως σειρά κηλίδων .

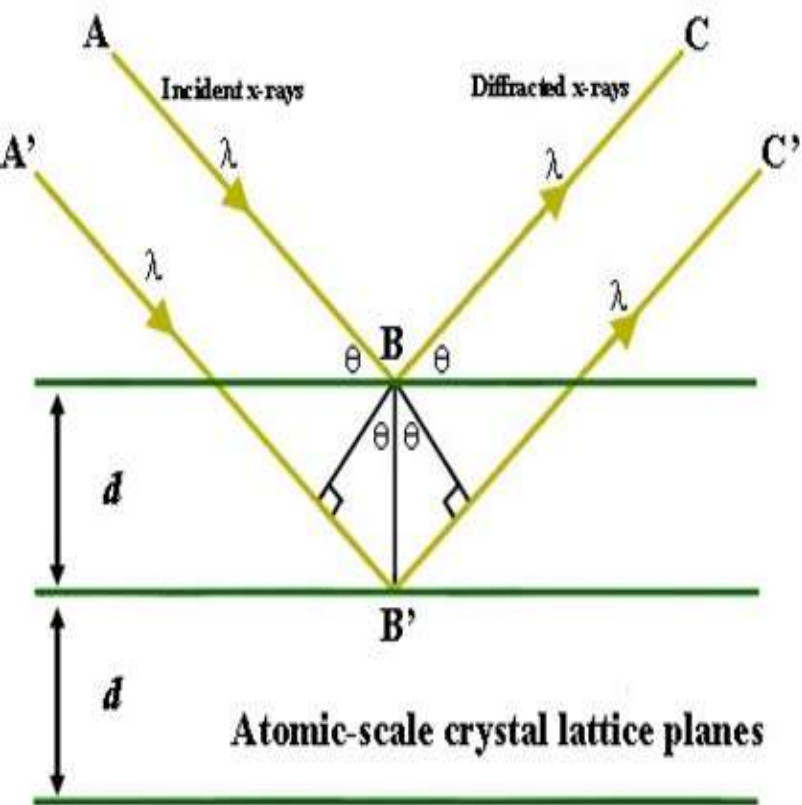


<http://docplayer.gr/51173459-Efarmoges-moriakis-viologias.html>



<https://publications.nigms.nih.gov/structlife/chapter2.html>

# Νόμος Bragg

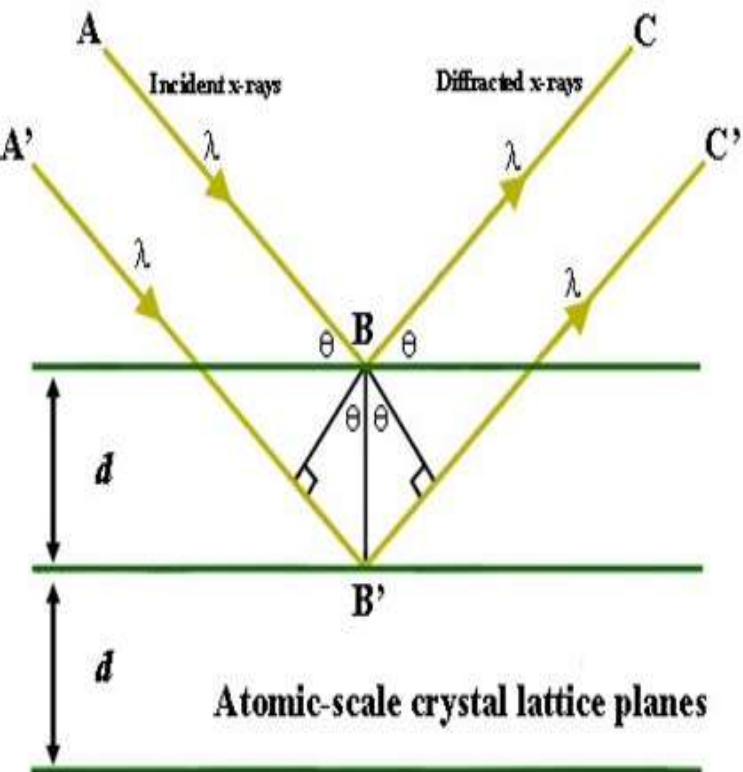


- Οι Βρετανοί φυσικοί William Bragg και Lawrence Bragg ανέπτυξαν το νόμο της περίθλασης των ακτινών X από κρύσταλλο.
- Οι ακτίνες X κατευθύνονται με μορφή δέσμης πάχους χιλιοστών, σε σύγχρονα αναλυτικά μηχανήματα μερικών μικρών (μέχρι και 10  $\mu\text{m}$ ), πάνω σε σκόνη του δείγματος ή και σε μονοκρυστάλλους.

[https://serc.carleton.edu/research\\_education/geochemsheets/BraggsLaw.html](https://serc.carleton.edu/research_education/geochemsheets/BraggsLaw.html)



# Νόμος Bragg



[https://serc.carleton.edu/research\\_education/geochemsheets/BraggsLaw.html](https://serc.carleton.edu/research_education/geochemsheets/BraggsLaw.html)

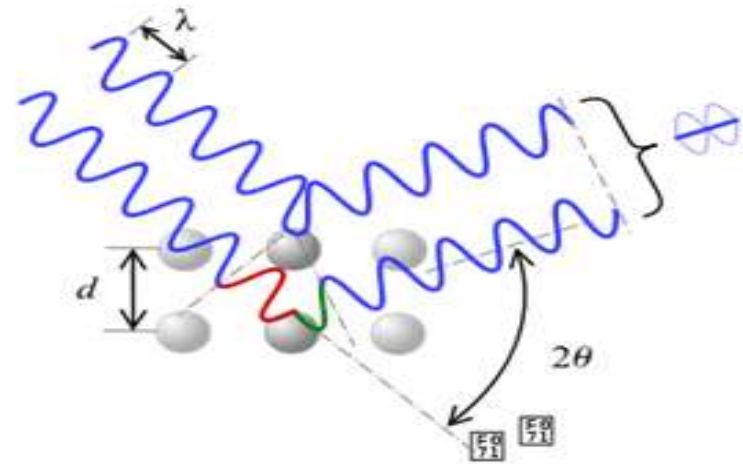
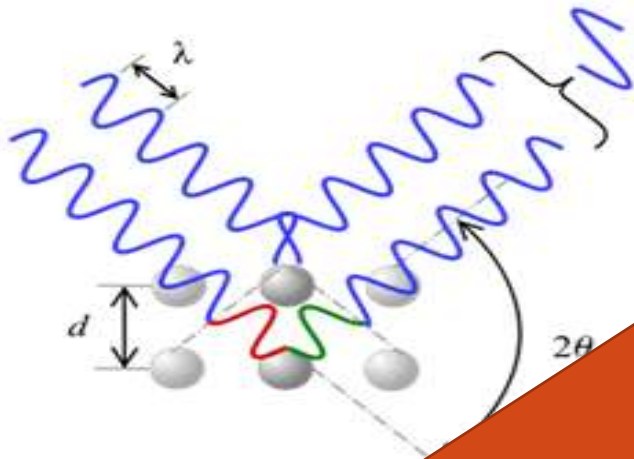
- Συμβαίνει περίθλαση των ακτίνων, δηλαδή πολλαπλές ανακλάσεις μεταξύ των ατόμων του δείγματος (τα άτομα είναι περιοδικά τοποθετημένα μέσα στον κρύσταλλο).
- Με την περιστροφή του κρυστάλλου ως προς την δέσμη των ακτίνων X, μόνο σε ορισμένες γωνίες αυτές ανακλώνται από την επιφάνεια του δείγματος, ώστε να ισχύει ο νόμος του Bragg

$$n \lambda = 2 d \eta\mu(\theta)$$

$$n \lambda = 2 d \eta\mu(\theta)$$

- $n = 1, 2, 3, \dots$  ακέραιος αριθμός
- $\lambda =$  το μήκος κύματος της δέσμης των ακτινών  $X$
- $\theta =$  είναι η γωνία πρόσπτωσης ή ανάκλασης της ακτίνας  $X$  σε σχέση με τα κρυσταλλικά επίπεδα, την οποία ορίζει ο χρήστης που ελέγχει τον ρυθμό περιστροφής του δείγματος
- $d =$  είναι οι αποστάσεις των διαφορετικών ατόμων στο πλέγμα του κρυστάλλου οι οποίες είναι το ζητούμενο. Κάθε κρύσταλλος χαρακτηρίζεται από περισσότερες της μιας πλεγματικές αποστάσεις που περιγράφουν την εσωτερική δομή του.

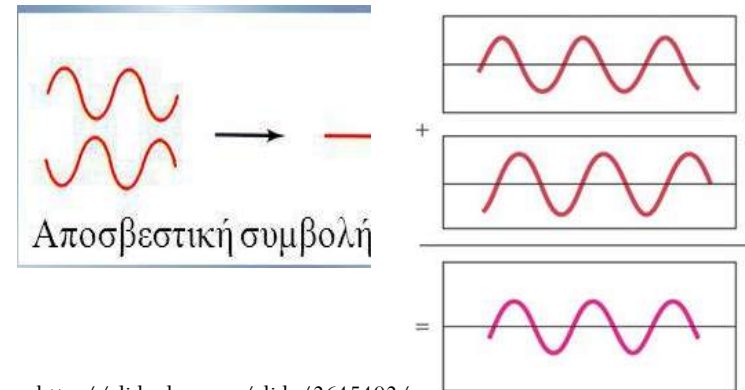
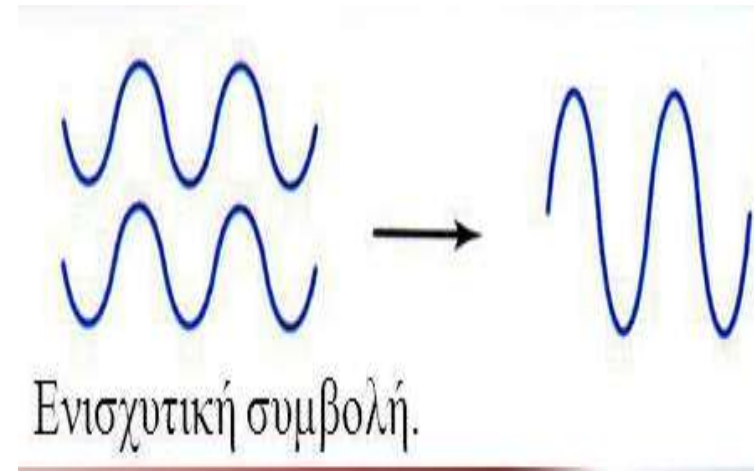
# Σκέδαση ανάκλαση ακτινών X από ένα κρύσταλλο



Τα ανακλώμενα κύματα τις περισσότερες φορές συμβάλλουν αποσβεστικά. Σε κάποιες όμως περιπτώσεις, κύματα που ανακλώνται υπό ορισμένες γωνίες, είναι δυνατόν να έχουν θετική συμβολή. **Περίθλαση παρατηρείται μόνο όταν οι επί μέρους ανακλάσεις συμβάλλουν θετικά.**

# Συμβολή κυμάτων

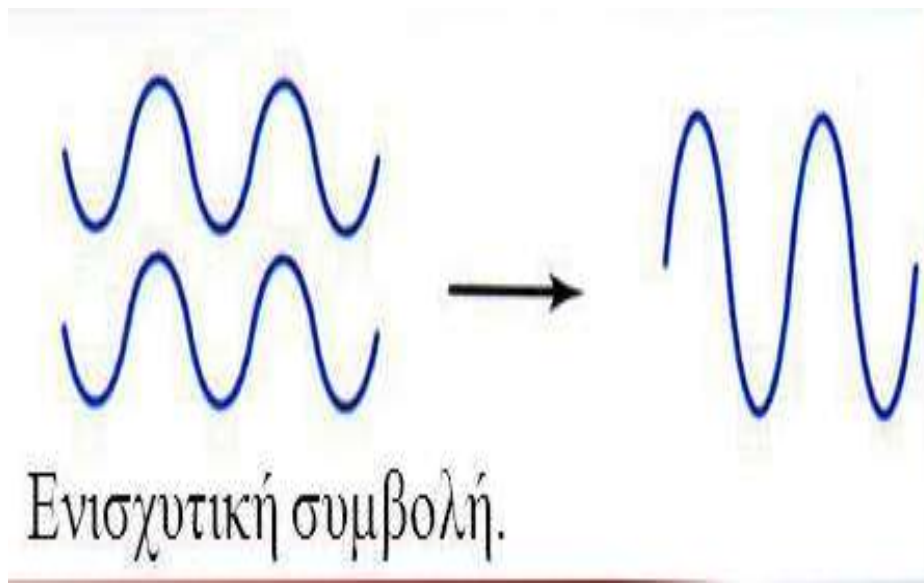
- Δύο κύματα θα συμβάλλουν ενισχυτικά, όταν είναι σε φάση. Δηλαδή όταν οι κορυφές και οι κοιλάδες τους είναι σε ίδια θέση. Όταν τα δυο κύματα προστεθούν, δίνουν κυματική συνιστώσα με υψηλότερες κορυφές και βαθύτερες των αρχικών κυμάτων κοιλάδες.
- Όταν είναι εκτός φάσης, δύο κύματα συμβάλλουν αποσβεστικά. (Οι κορυφές του ενός συναντούν τις κοιλάδες του άλλου). Τελικά έχουμε συνιστώσα με χαμηλότερες κορυφές και πιο αβαθείς των αρχικών κοιλάδες.

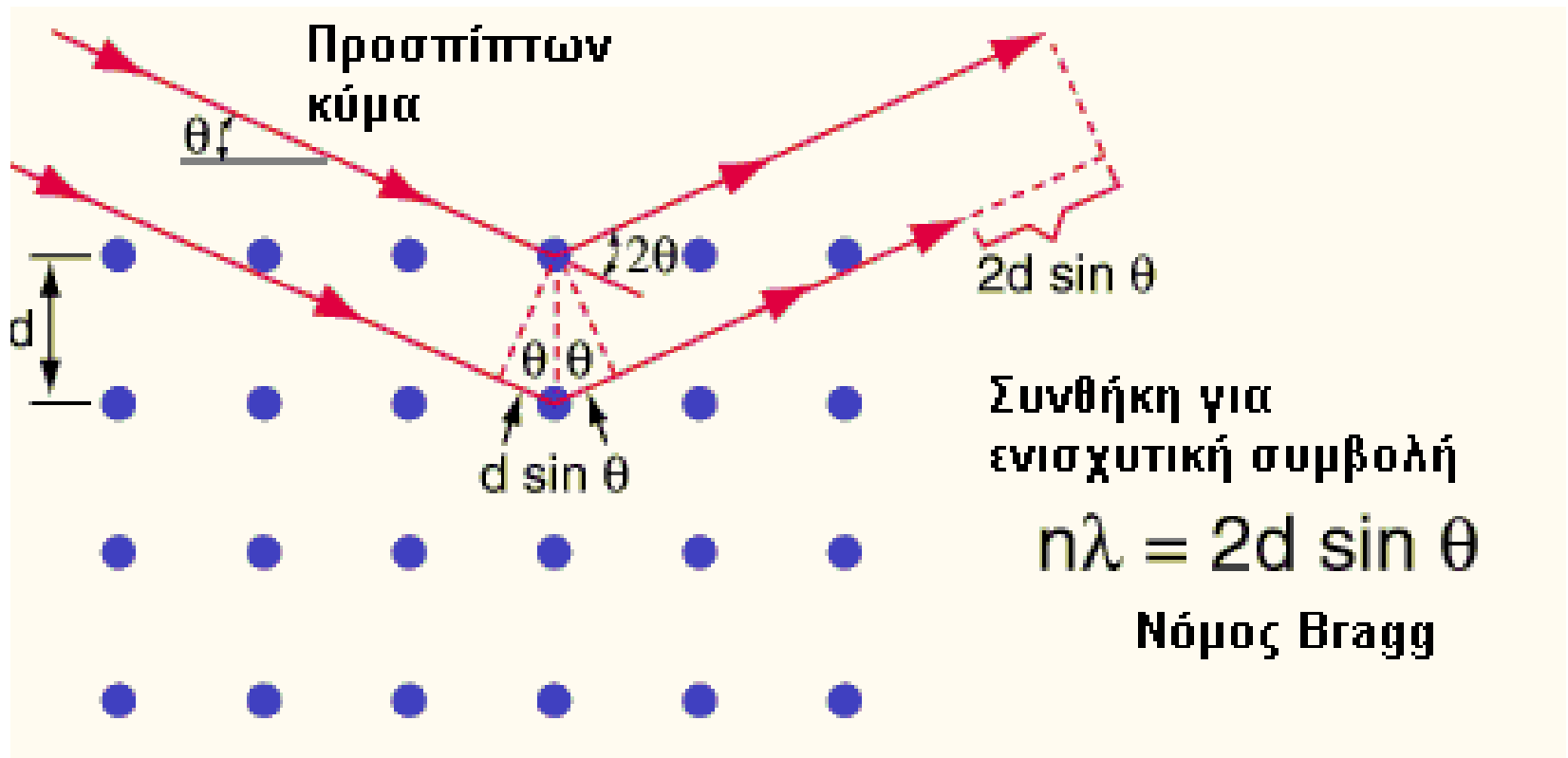


<http://slideplayer.gr/slide/2645402/>

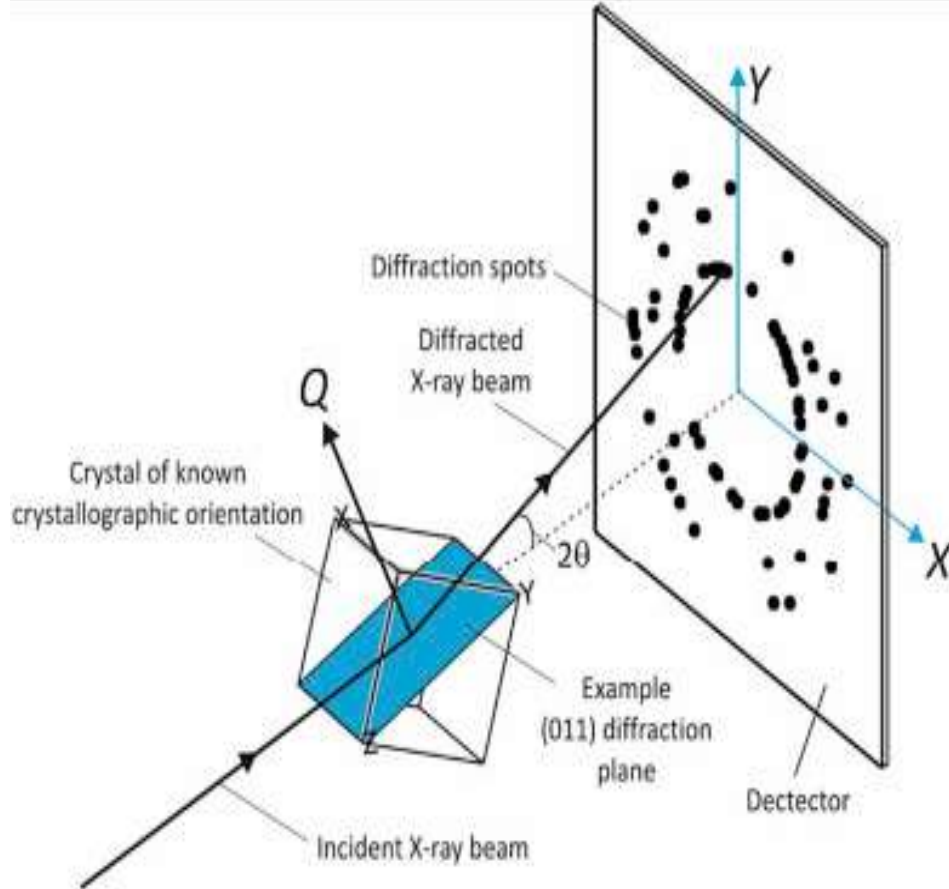
<http://slideplayer.gr/slide/2429423/>

- Το πλάτος ενός κύματος ακτίνων X, (το ύψος του), έχει άμεση σχέση με την ένταση των ακτίνων X. Κάθε ενισχυτική συμβολή, δίνει κυματική συνισταμένη αυξημένης έντασης.





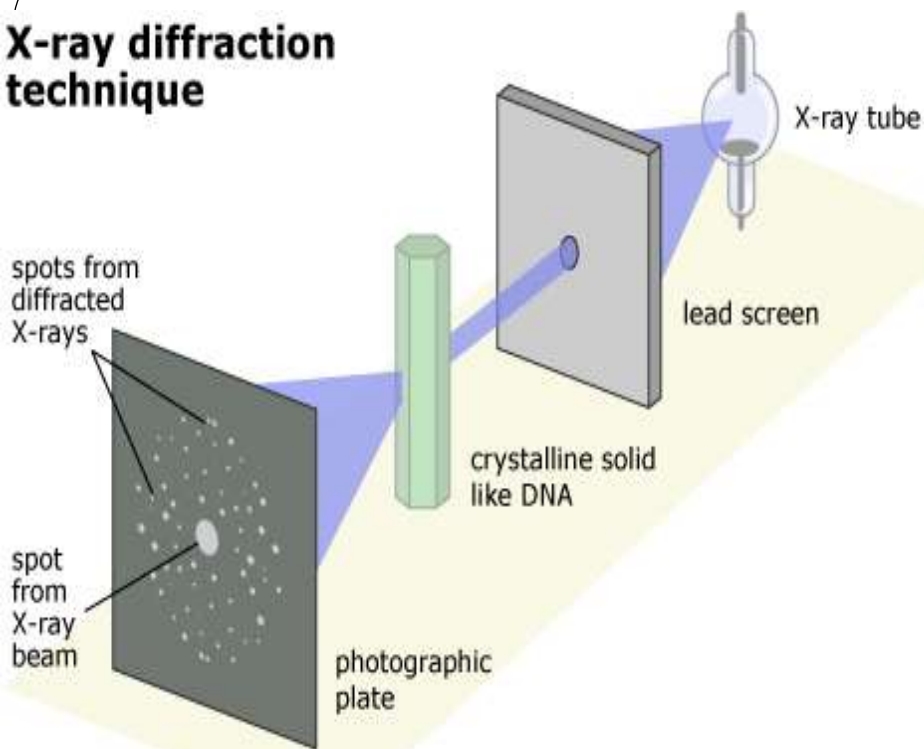
<http://www.physics4u.gr/>



- Είναι δυνατή τόσο η ανάλυση των εντάσεων, όσο και των γωνιακών κατευθύνσεων των ανακλώμενων δεσμών κι έτσι τελικά ο προσδιορισμός των ακριβών θέσεων όλων των ατόμων στη μοναδιαία κυψελίδα του κρυστάλλου. Άρα μπορεί να προσδιοριστεί και η δομή του μορίου.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0749641916300432>

## X-ray diffraction technique



Οι ανακλώμενες ακτίνες X, καταγράφονται σε φωτογραφικές πλάκες και ύστερα από τη λήψη πολλών εικόνων και την προσεκτική μελέτη των αρνητικών και τη μέτρηση των πυκνοτήτων των κηλίδων και των θέσεών τους πάνω στις πλάκες, ακολουθούν οι υπολογισμοί και η ανάλυση των δεδομένων

[https://www.google.gr/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0hUKEwiEhd6Wq5LYAhvII1AKHYVTBiEQjB0IBg&url=https%3A%2F%2Ffundsci.berkeley.edu%2Farc/e%2F0\\_0\\_0%2Fdna\\_04&psig=AOvVaw2xb8bCrKeZMd-dxUXfATWv&ust=1513644323050681](https://www.google.gr/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0hUKEwiEhd6Wq5LYAhvII1AKHYVTBiEQjB0IBg&url=https%3A%2F%2Ffundsci.berkeley.edu%2Farc/e%2F0_0_0%2Fdna_04&psig=AOvVaw2xb8bCrKeZMd-dxUXfATWv&ust=1513644323050681)

Η παρασκευή του κατάλληλου κρυστάλλου είναι μεγάλης σημασίας, αφού σήμερα με την ανάπτυξη ηλεκτρονικών ανιχνευτών ακτίνων X καθώς και των μικροϋπολογιστών, η όλη διαδικασία αυτοματοποιήθηκε αρκετά.



28 Βραβεία Νόμπελ τα τελευταία 100 χρόνια σχετίζονται είτε άμεσα είτε έμμεσα με την κρυσταλλογραφία ακτινών Χ

Ακολουθούν κάποια χαρακτηριστικά

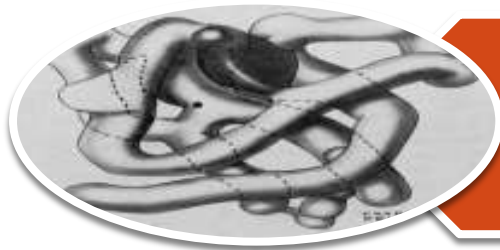




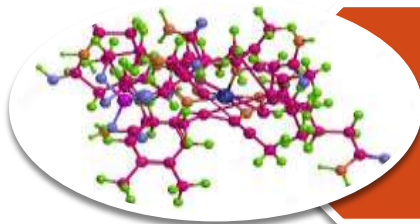
1962, Νόμπελ Ιατρικής - Φυσιολογίας

Watson και Crick Πολύ μεγάλη συμβολή Franklin

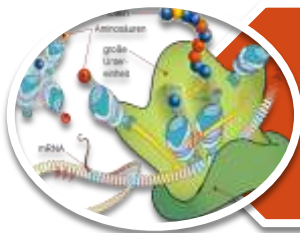
Η μεγαλύτερη ίσως ανακάλυψη του 20<sup>ου</sup> αιώνα η ανακάλυψη με κρυσταλλογραφία ακτίνων X της δομής του DNA



1962 Νόμπελ Χημείας Perutz και Kendrew, Ανακάλυψη της δομής των σφαιρικών πρωτεϊνών (αιμοσφαιρίνη)



1964 Νόμπελ Χημείας Hodgkin  
Προσδιορισμός δομής βιταμίνης B12



2009 Νόμπελ Χημείας Ramakrisan, Steitz, Yonath . Προσδιορισμός δομής και λειτουργίας ριβοσώματος

- Αξίζει να σημειωθεί πως περισσότερο από το 85% των πρωτεϊνικών δομών που είναι γνωστές έχουν προσδιοριστεί χρησιμοποιώντας κρυσταλλογραφία ακτινών Χ.

# ΟΡΥΚΤΑ

Όσα παράγονται από οργανισμούς όπως τα κελύφη στρειδιών μαργαριτάρια, θεωρούνται επίσης ορυκτά

Ανόργανα συστατικά, (δεν έχουν βιολογική προέλευση), τα οποία απαντώνται φυσικά και έχουν χαρακτηριστική δομή, που μπορεί να είναι ή σταθερή ή να διαφοροποιείται, όμως εντός συγκεκριμένων ορίων:

Το διαμάντι και ο γραφίτης προέρχονται από φυσικοχημικές διαδικασίες όμως είναι ορυκτά

Κάθε ορυκτό έχει σχετικά μοναδική σύσταση

Όσες υαλώδεις φάσεις, είναι ρευστά κάτω από το Σ.Τ. τους δεν θεωρούνται ορυκτά

- Ο πάγος είναι ορυκτό το νερό όχι.
- Συνήθως είναι ανόργανες οι διαδικασίες σχηματισμού:
  - Σιδηροξειδία από σιδηροβακτηρίδια
  - Θείο από θειοβακτηρίδια
  - Φωσφορικά άλατα στα οστά
- Τα ορυκτά καύσιμα όπως το πετρέλαιο δεν είναι ορυκτά.

# Ορυκτά

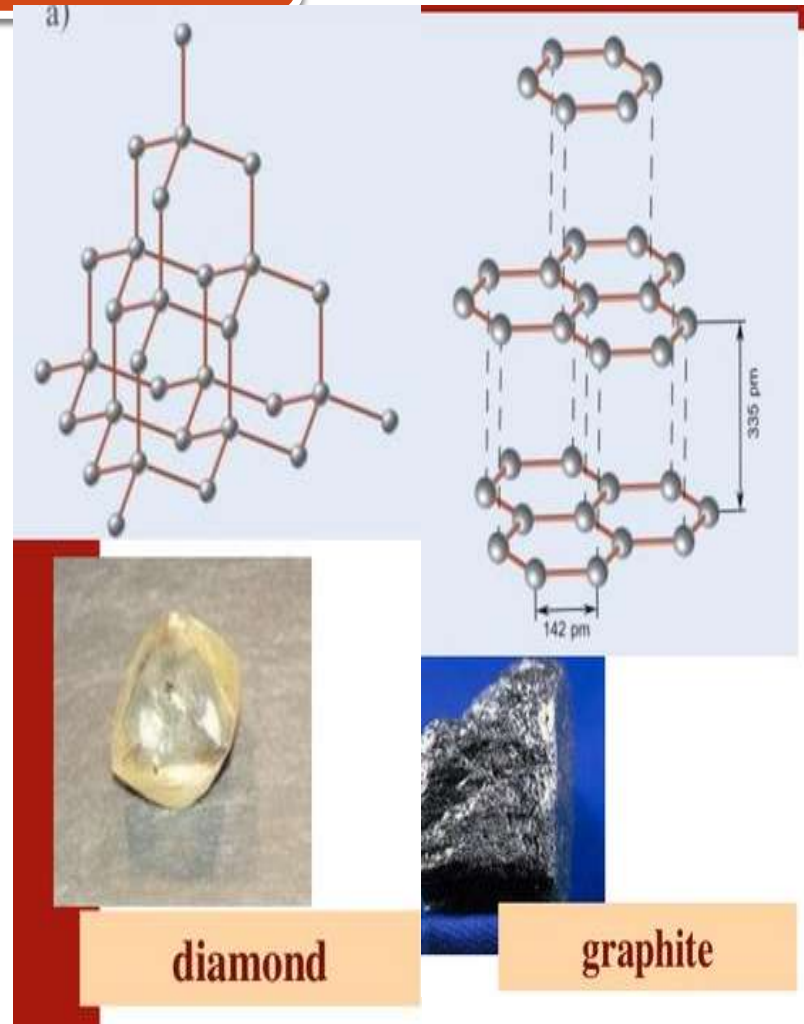
Τα αργιλικά  
διαδραματίζουν  
σημαντικότατο  
ρόλο στη  
μετακίνηση των  
ιόντων στα υπόγεια  
νερά.

- Οι βασικές μονάδες του φλοιού της γης άρα διαδραματίζουν σημαντικότατο ρόλο στο περιβάλλον.

Αμίαντος  
επικίνδυνος για την  
υγεία του ανθρώπου.

# Πολυμορφία

- Ως **Πολυμορφία** ορίζουμε το φαινόμενο κατά το οποίο μια χημική ένωση **συγκεκριμένης χημικής σύστασης**, εμφανίζεται, λόγω μεταβολών πίεσης και θερμοκρασίας, με **περισσότερες από μία μορφές**, που τις χαρακτηρίζουν **διαφορετικοί δομικοί τύποι**.



<https://ppt-online.org/100055>

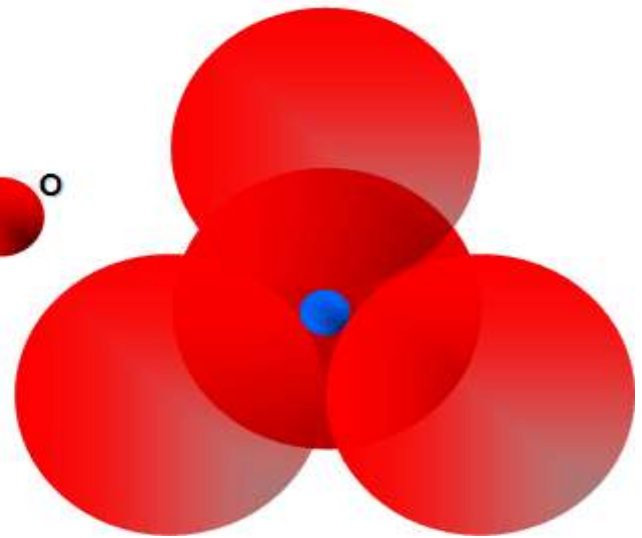
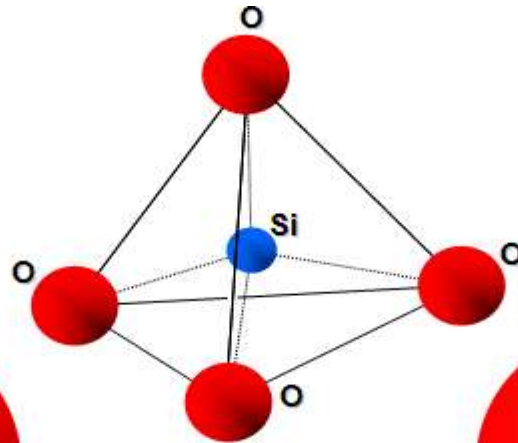
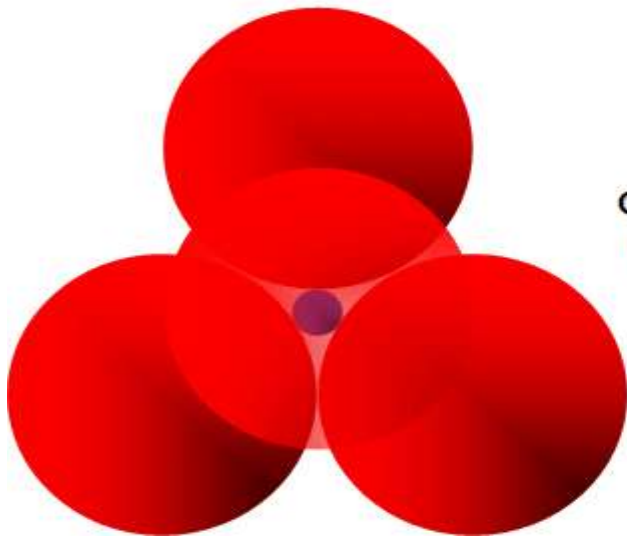
<b>Τάξη</b>	<b>Χημικά Χαρακτηριστικά</b>
<b>Βορικά</b>	<b>Στοιχεία σε συνδυασμό με B</b>
<b>Ανθρακικά</b>	<b>Στοιχεία σε συνδυασμό με ανθρακικά</b>
<b>Αλογονούχα</b>	<b>Αλκάλια ή αλκαλικές γαίες σε συνδυασμό με αλογόνα</b>
<b>Υδροξείδια</b>	<b>Μέταλλα σε συνδυασμό με (OH<sup>-</sup>)</b>
<b>Καθαρά στοιχεία</b>	<b>Μέταλλα ή αμέταλλα σε καθαρή μορφή</b>
<b>Οξειδία</b>	<b>Μέταλλα σε συνδυασμό με οξυγόνο</b>
<b>Φωσφορικά, αρσενικικά, βαναδικά, χρωμικά, βολφραμικά, μολυβδαινικά</b>	<b>Στοιχεία σε συνδυασμό με τη ρίζα ZO<sub>4</sub> όπου Z= P, As, V, Cr, W, Mo</b>
<b>Πυριτικά</b>	<b>Μέταλλα σε συνδυασμό με τα τετράεδρα του SiO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>
<b>Θειικά</b>	<b>Αλκαλικές γαίες και μέταλλα σε συνδυασμό με SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>
<b>Θειούχα</b>	<b>Ένα ή περισσότερα στοιχεία σε συνδυασμό με ανηγμένο θείο ή παρόμοια στοιχεία (As, Se, Te)</b>



# Πυριτικά ορυκτά

Οι δομικές  
μονάδες του  
φλοιού της Γης.

Τα πιο άφθονα ορυκτά στη γη. Η βασική τους μονάδα είναι το  $\text{Si}^{4+}$  το οποίο συντάσσεται τετραεδρικά με τέσσερα  $\text{O}^{2-}$ .



[http://old-2017.metal.ntua.gr/index.pl/mineralogy\\_page10](http://old-2017.metal.ntua.gr/index.pl/mineralogy_page10)

# Αργιλικά ορυκτά

Μια από τις ομάδες ορυκτών με το μεγαλύτερο περιβαλλοντικό ενδιαφέρον.

- Κοινά προϊόντα αποσάθρωσης των πυριτικών ορυκτών.
- Παίζουν μεγάλο ρόλο στη δέσμευση μετάλλων μέσω της ανταλλαγής ιόντων.
- Βρίσκουν πολλές εφαρμογές:
  - Παράδειγμα η εφαρμογή τους ως μονωτικά υλικά σε χώρους υγειονομικής ταφής

Μάργα μίγμα αργιλικών  
με ανθρακικά

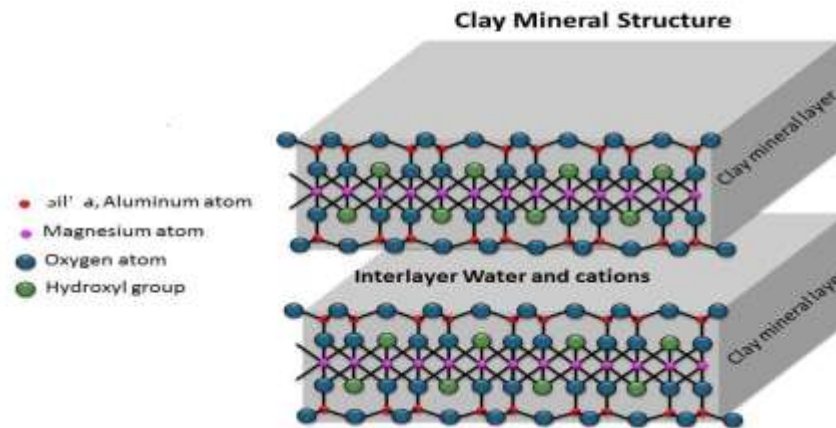
Π.χ.  
μπεντονίτης

## Αργιλικά ορυκτά

- Λεπτόκοκκα ένυδρα πυριτικά ορυκτά, αποτελούμενα από στρώματα κατιόντων, οργανωμένων σε τετραεδρικές και οκταεδρικές δομές.

## Άργιλος (clay)

- Κάθε υλικό το οποίο έχει διάμετρο κάτω των 2 μm.
- Αποτελούνται συχνά αλλά όχι πάντα από αργιλικά ορυκτά.



<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PIA17598-MarsCuriosityRover-Mudstone-ClayMineralStructure-20131209.jpg>

# Ιδιότητες Ιοντοανταλλαγής

Η ιδιότητα αυτή παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην κατανομή των μετάλλων στο περιβάλλον.

- Τα αργιλικά ορυκτά έχουν την ιδιότητα να ανταλλάζουν κατιόντα με υδατικές φάσεις.
  - Σε ειδικές περιπτώσεις μπορούν να ανταλλάζουν και ανιόντα.

CEC όταν η επιφάνεια του ορυκτού είναι αρνητικά φορτισμένη.  
AEC όταν η επιφάνεια του ορυκτού είναι θετικά φορτισμένη.

Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (cation exchange capacity CEC), μπορεί να προσδιοριστεί με την μέτρηση της πρόσληψης και της απελευθέρωσης των ιόντων αμμωνίου, από διάλυμα οξικού αμμωνίου, pH=7

Η CEC, (μετράται συνήθως σε meq/100 g) εξαρτάται από το pH, την κοκκομετρία και τον τύπο των ιόντων που συμμετέχουν στην ανταλλαγή.

# Ορυκτά του αμιάντου

Ο αμιάντος έχει  
κατηγορηθεί για σοβαρές  
επιπτώσεις στην υγεία

- Υπάρχουν δύο τύποι ορυκτών αμιάντου. Τα ορυκτά του σερπεντίτη και οι ινώδεις αμφίβολοι.
- Ο αμιάντος έχει πολλές χρήσεις λόγω της αντοχής του στη θερμότητα την τριβή και τις όξινες συνθήκες:
  - Ρουχισμός,
  - Γάντια,
  - μάσκες και κουρτίνες πυροπροστασίας,
  - υλικά στέγασης,
  - υλικά μόνωσης σε spray,
  - συνδετικό υλικό σε πλακάκια δαπέδου.

Έκθεση σε αμίαντο οδηγεί σε τρεις ασθένειες των πνευμόνων:

- **Αμιάντωση**

- **Ασθένεια πνευμόνων που οφείλεται στην επικάθιση σωματιδίων αμίαντου με την εισπνοή στους πνεύμονες. Συνέπεια αυτού είναι με την πάροδο των ετών οι πνεύμονες να σκληραίνουν και να μειώνεται η ικανότητά τους στην ανταλλαγή  $O_2/CO_2$ .**

- **Μεσοθηλίωμα**

- **Επιθετική μορφή καρκίνου πνευμόνων και στομάχου.**

- **Καρκίνος Πνευμόνων**

# Βιβλιογραφία

- **Αρχές Περιβαλλοντικής Γεωχημείας G. NELSON EBY, Μετάφραση Νίκος Λυδάκης Σημαντήρης, Δέσποινα Πεντάρη, 2011, Εκδόσεις Κωσταράκη**
- **«Γεωχημεία», Στέργιος Θεοδωρίκας, 2014, Γραφικές Τέχνες «Μέλισσα» ΑΕ**
- **<https://ppt-online.org/100055>**
- **<http://el.wikipedia.org/>**
- **ΓΕΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ, EBBING D. DARRELL, GAMMON D. STEVEN, Μετάφραση Κλούρας, 2011, Εκδόσεις Τραυλός**
- **<http://chemed.chem.purdue.edu/genchem/topicreview/bp/ch13/category.php>**
- **<https://physics4u.wordpress.com/>**
- **<http://www.nde-ed.org/EducationResources/CommunityCollege/Materials/Structure/solidstate.htm>**
- **[https://catalog.flatworldknowledge.com/bookhub/4309?e=averill\\_1.0-ch12\\_s02](https://catalog.flatworldknowledge.com/bookhub/4309?e=averill_1.0-ch12_s02)**
- **<http://260h.pbworks.com/w/page/30814223/X%20Ray%20Crystallograph>**
- **<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0749641916300432>**
- **[https://serc.carleton.edu/research\\_education/geochemsheets/BraggsLaw.html](https://serc.carleton.edu/research_education/geochemsheets/BraggsLaw.html)**
- **«ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΓΕΩΧΗΜΕΙΑ, Αρχές και Εφαρμογές», KULA C. MICRA, επιστημονική επιμέλεια Αριάδνη Αργυράκη & Χριστίνα Στουραϊτη Αθήνα 2018, ΠΕΔΙΟ**
- **«Σύγχρονη ΓΕΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ», Ebbing Gammon, Μετάφραση: Νικόλαος Δ. Κλούρας Καθηγητής Τμήματος Χημείας στο Πανεπιστήμιο Πατρών, 10<sup>η</sup> Διεθνής Έκδοση, 2014, Εκδοτικός Οίκος ΤΡΑΥΛΟΣ**
- **[http://old-2017.metal.ntua.gr/index.pl/mineralogy\\_minanalysis\\_05a](http://old-2017.metal.ntua.gr/index.pl/mineralogy_minanalysis_05a)**
- **<https://publications.nigms.nih.gov/structlife/chapter2.html>**
- **<http://wiki.eanswers.com/de/Ribosom>**
- **<http://chemistryclass.eu/pluginfile.php/171/coursecat/description/crystallography.pdf>**