



Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων &
Γεωργικής Μηχανικής
Εργαστήριο Ορυκτολογίας και Γεωλογίας

Θεωρία: Ορυκτά-Πετρώματα

Δρ. Ιωάννης Μπαζιώτης Λέκτορας

Τι είναι κρύσταλλος;;;

Ως κρύσταλλος χαρακτηρίζεται οποιοδήποτε στερεό που παρουσιάζει κανονική γεωμετρική διάταξη των δομικών (άτομα, ιόντα, μόρια) του μερών.

Άρα;;;

Συμμετρία

Κρυσταλλική Συμμετρία

- Οι κρύσταλλοι παρουσιάζουν συμμετρία από τη φύση τους.
- Οι κρύσταλλοι παρουσιάζουν διαφορετικά είδη και στοιχεία συμμετρίας.

Κρυσταλλική Συμμετρία

Τι είναι η διαδικασία συμμετρίας?

- Η διαδικασία συμμετρίας αφήνει το κρύσταλλο και το περιβάλλον του αμετάβλητα.
- Είναι εκείνη η διαδικασία που επιτελείται σε ένα κρύσταλλο φέρνοντάς το σε μία θέση διαφορετική από μία προηγούμενη.

ΣΥΜΜΕΤΡΙΑ ΣΤΗ ΦΥΣΗ



ΣΥΜΜΕΤΡΙΑ ΣΤΑ ΦΥΤΑ



Κρυσταλλική Συμμετρία

Υπάρχουν 3 στοιχεία συμμετρίας:

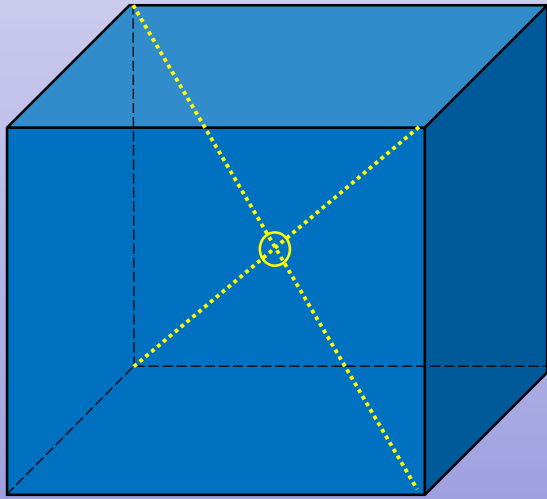
- Κέντρο συμμετρίας
- Επίπεδο συμμετρίας
- Άξονας συμμετρίας

Κρυσταλλική Συμμετρία

Υπάρχουν 3 στοιχεία συμμετρίας:

- **Κέντρο συμμετρίας**
- Επίπεδο συμμετρίας
- Άξονας συμμετρίας

Κέντρο Συμμετρίας



- Ένα σημείο αποτελεί κέντρο συμμετρίας όταν κάθε γραμμή που περνά από αυτό θα συναντήσει την επιφάνεια του κρυστάλλου σε ίσες αποστάσεις σε κάθε κατεύθυνση.
- Ένας κρύσταλλος μπορεί να έχει ένα αριθμό επιπέδων και αξόνων συμμετρίας, αλλά μπορεί να έχει μόνο ΈΝΑ κέντρο συμμετρίας.

Κρυσταλλική Συμμετρία

Υπάρχουν 3 στοιχεία συμμετρίας:

- Κέντρο συμμετρίας
- **Επίπεδο συμμετρίας**
- Άξονας συμμετρίας

Επίπεδο Συμμετρίας

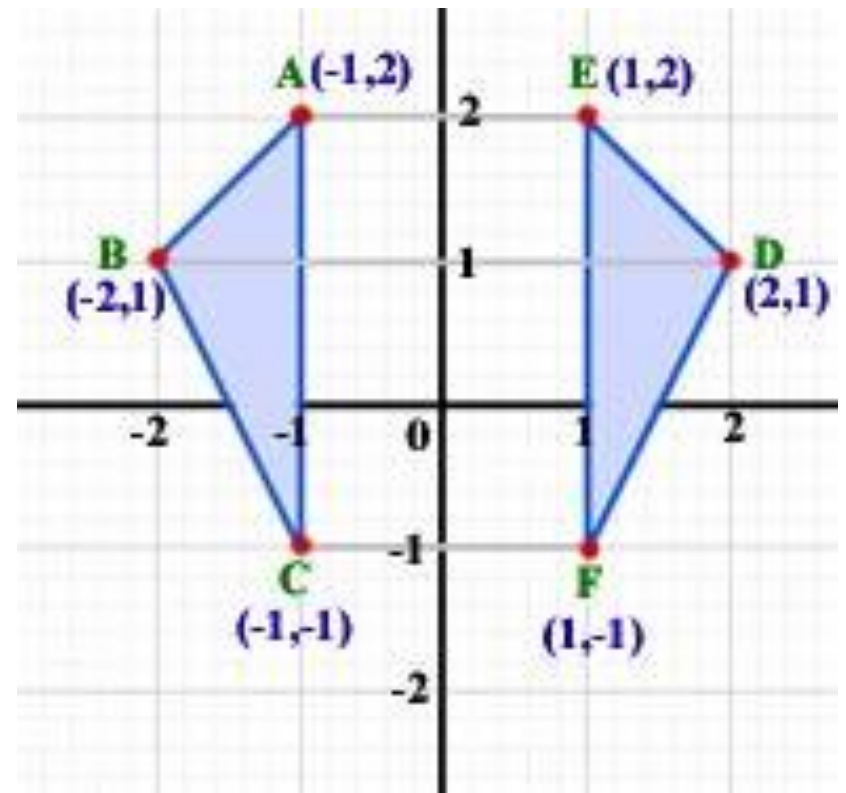
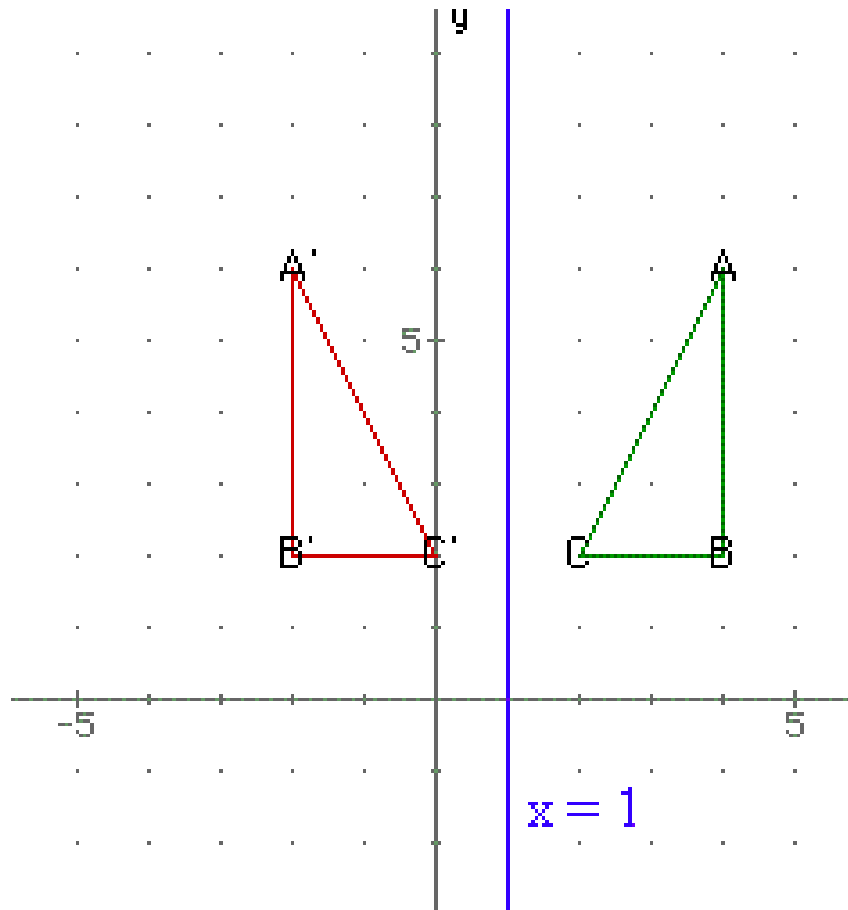
ΑΝΑΚΛΑΣΗ

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΟΥ «ΚΑΘΡΕΠΤΗ».
ΚΑΘΕ ΑΝΑΚΛΑΣΗ ΕΧΕΙ ΜΙΑ
ΓΡΑΜΜΗ «ΚΑΘΡΕΠΤΗ»



ΓΡΑΜΜΗ
«ΚΑΘΡΕΠΤΗ»

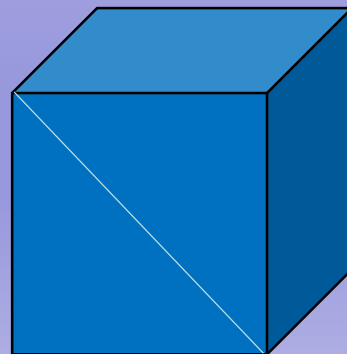
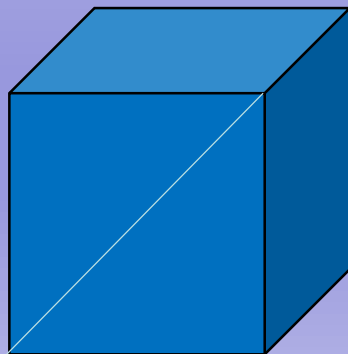
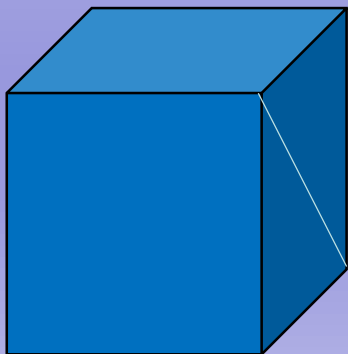
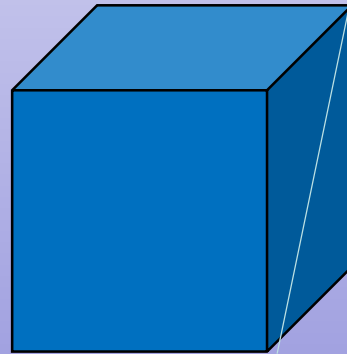
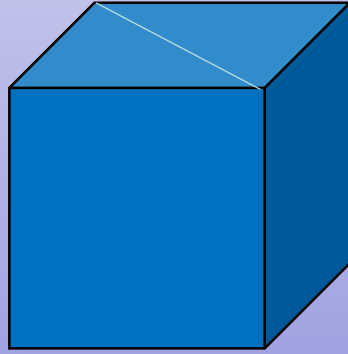
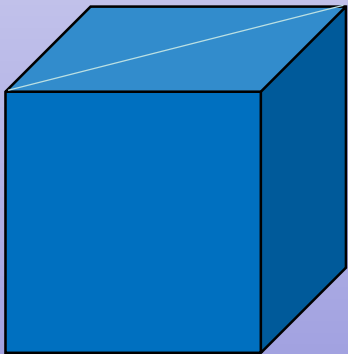
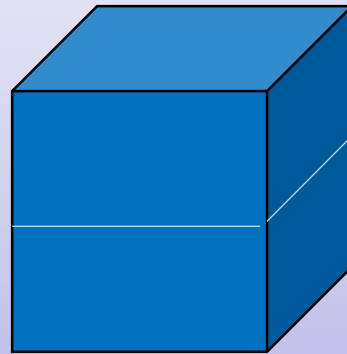
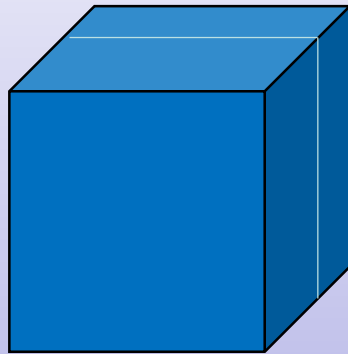
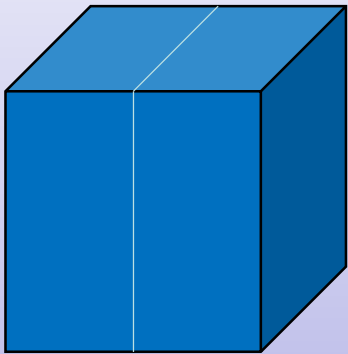
Επίπεδο Συμμετρίας



Επίπεδο Συμμετρίας

- Ένας κρύσταλλος έχει επίπεδο συμμετρίας όταν ένα νοητό επίπεδο διέρχεται από τον κρύσταλλο και τον χωρίζει σε δύο τμήματα που έχουν μεταξύ τους σχέση ειδώλου προς αντικείμενο, ως προς το επίπεδο αυτό.
- Το επίπεδο συμμετρίας λέγεται και κατοπτρικό επίπεδο.

Επίπεδο Συμμετρίας: Κύβος



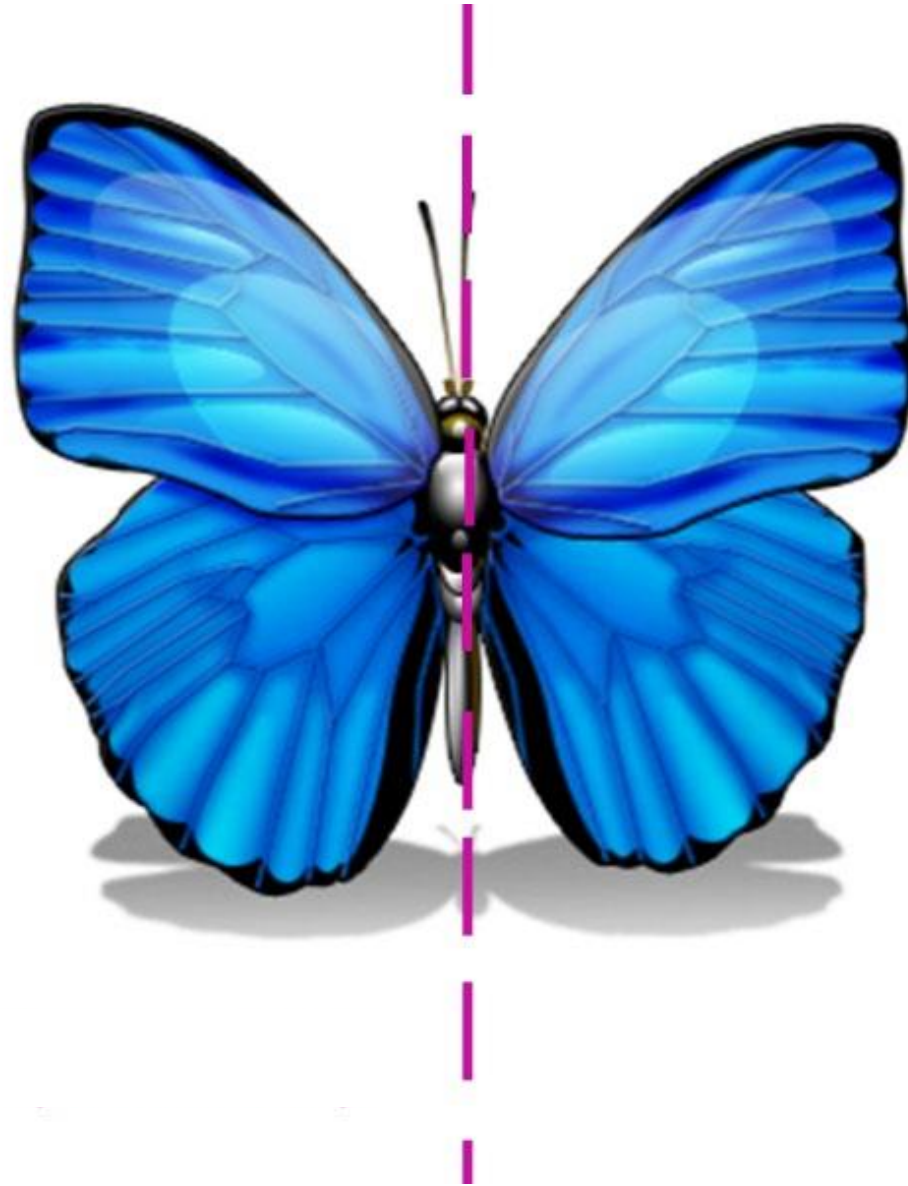
- Ο κύβος έχει 9 επίπεδα συμμετρίας.
- Τα 3 επίπεδα είναι παράλληλα στις έδρες, και τα 6 είναι διαγώνια.

Κρυσταλλική Συμμετρία

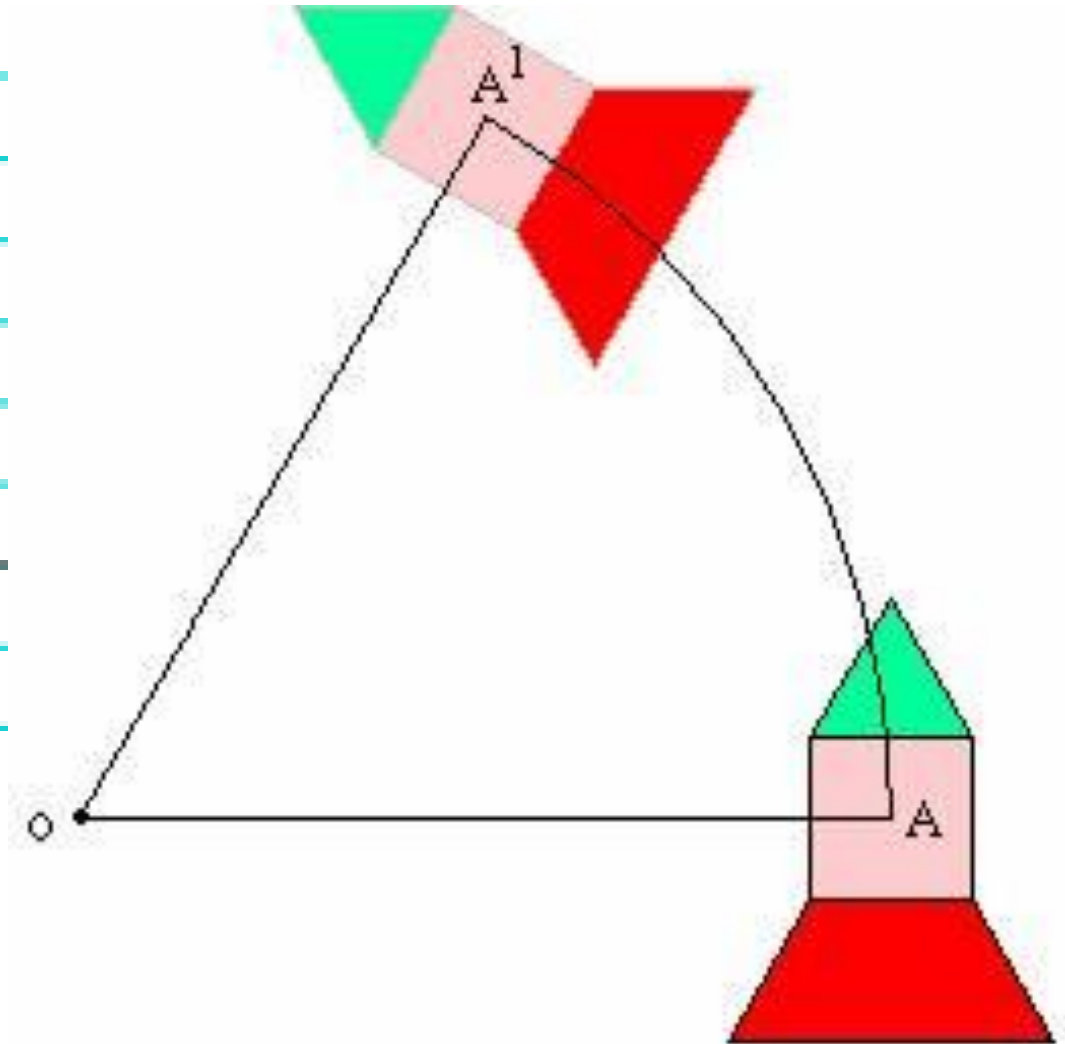
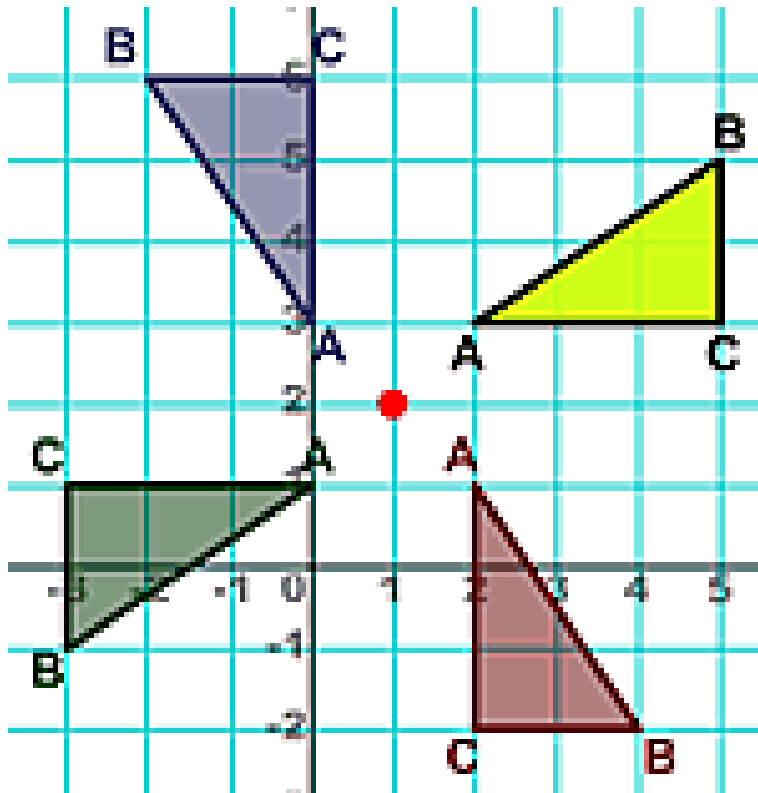
Υπάρχουν 3 στοιχεία συμμετρίας:

- Κέντρο συμμετρίας
- Επίπεδο συμμετρίας
- Άξονας συμμετρίας

Άξονας Συμμετρίας



Άξονας Συμμετρίας



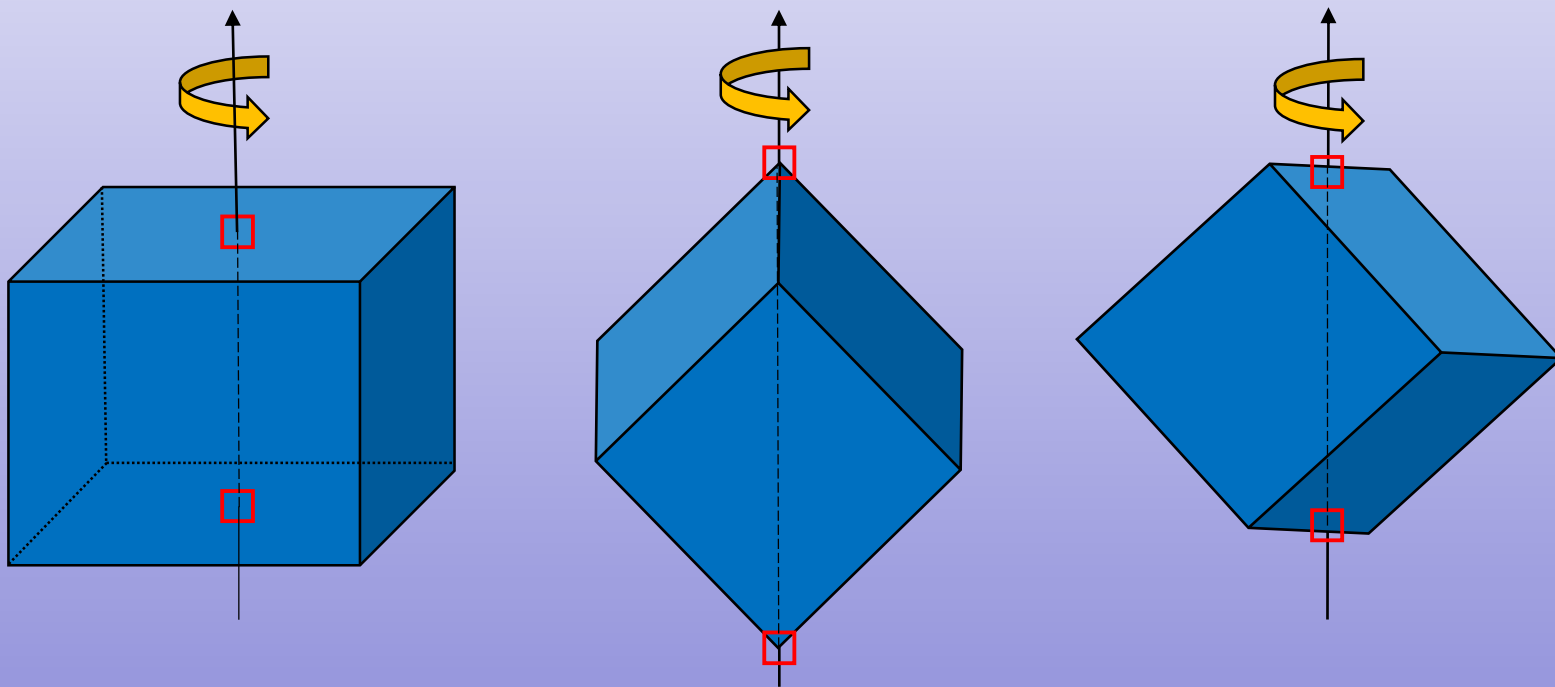
Άξονας Συμμετρίας

Άξονας συμμετρίας καλείται η νοητή ευθεία γύρω από την οποία εάν στραφεί ο κρύσταλλος κατά γωνία $2\pi/n$ θα ταυτισθεί με τον εαυτό του.

Άξονας Συμμετρίας

Οι άξονες καλούνται 2^{ης}, 3^{ης}, 4^{ης} και 6^{ης} τάξης, ανάλογα το πόσες φορές – κατά την περιστροφή γύρω από τη νοητή ευθεία - θα συμπέσει το κρυσταλλικό σχήμα με τον εαυτό του.

Άξονες συμμετρίας: Κύβος



Συμμετρία-ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ



SYMMETRY

Συμμετρία-ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ

<https://www.youtube.com/watch?v=3drtbPZF9yc>

Νόμος της ΣΥΜΜΕΤΡΙΑΣ

Μια ορισμένη χημική ένωση μπορεί κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας να παρουσιασθεί με διάφορα κρυσταλλικά σχήματα.

Παράδειγμα το NaCl με προσθήκη ουρίας

Εκείνο που χαρακτηρίζει όλα αυτά τα χημικά σώματα είναι ότι όλα έχουν τα ίδια στοιχεία συμμετρίας.

Αυτό αποτελεί βασικό νόμο της κρυσταλλογραφίας
(νόμος της συμμετρίας).

Νόμος της ΣΥΜΜΕΤΡΙΑΣ

Οι κρύσταλλοι σώματος σταθερής χημικής σύστασης που σχηματίζονται κάτω από ορισμένες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας έχουν τα ίδια ακριβώς στοιχεία συμμετρίας.

Προσδιορίσθηκαν ότι υπάρχουν συνολικά 32 επιτρεπτοί συνδυασμοί στοιχείων συμμετρίας που υπάρχουν στα κρυσταλλικά σώματα και καλούνται κρυσταλλικές τάξεις.

Ορίζουμε ως κρυσταλλική τάξη το σύνολο των κρυσταλλικών σχημάτων που έχουν τα ίδια στοιχεία συμμετρίας

Το πλήθος των συνδυασμών είναι περιορισμένο διότι είναι μικρός ο αριθμός των στοιχείων συμμετρίας και των γεωμετρικών σχέσεων που συνδέουν τα στοιχεία μεταξύ τους.

Κρυσταλλικά Συστήματα

Το NaCl σχηματίζει κρυστάλλους εξαεδρικούς, οκταεδρικούς και συνδυασμούς αυτών. Όλα αυτά όμως τα κρυσταλλικά πολύεδρα έχουν τα ίδια ακριβώς στοιχεία συμμετρίας. Αλλά δεν βλέπουμε το ίδιο στερεομετρικό σχήμα.

Επομένως δεν φτάνει να προσδιορίσουμε τα στοιχεία συμμετρίας πρέπει επί πλέον να καθορίσουμε και τη θέση των εδρών στο χώρο προκειμένου να περιγράψουμε και να ταυτοποιήσουμε το στερεό σχήμα.

Για να καθορίσουμε όμως τις θέσεις των εδρών στο χώρο χρησιμοποιούμε ένα σύστημα συντεταγμένων από τρεις ή τέσσερις άξονες. Τους **κρυσταλλογραφικούς άξονες**.

Από τα στοιχεία συμμετρίας κάθε μιας από τις 32 κρυστ. τάξεις και από τις γεωμετρικές σχέσεις που τα συνδέουν βρέθηκε ότι υπάρχει συγγένεια μεταξύ ορισμένων τάξεων και ότι μπορούμε να τις χωρίσουμε σε 7 ομάδες (τα 7 κρυσταλλικά συστήματα) π.χ. Το Τρικλινές έχει 3 άξονες άνισους που συνδέονται σε τρεις άνισες γωνίες κλπ.

ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟ ΠΛΕΓΜΑ.

Γενικά

Όταν ένα σώμα μεταβαίνει από τη ρευστή στη στερεή κατάσταση οι υλικές του μονάδες που λίγο πριν ήταν σε κίνηση δεσμεύονται η μία με την άλλη σε κανονική διάταξη. Στην επαναλαμβανόμενη αυτή διάταξη που προσλαμβάνει συνεχώς άτομα οφείλεται η γένεση των κρυστάλλων.

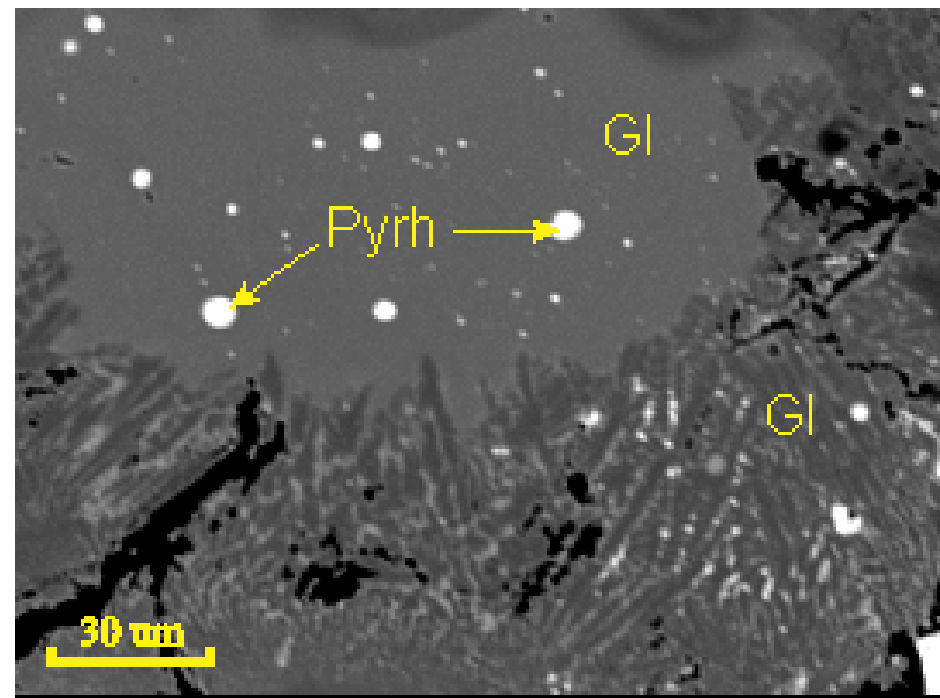
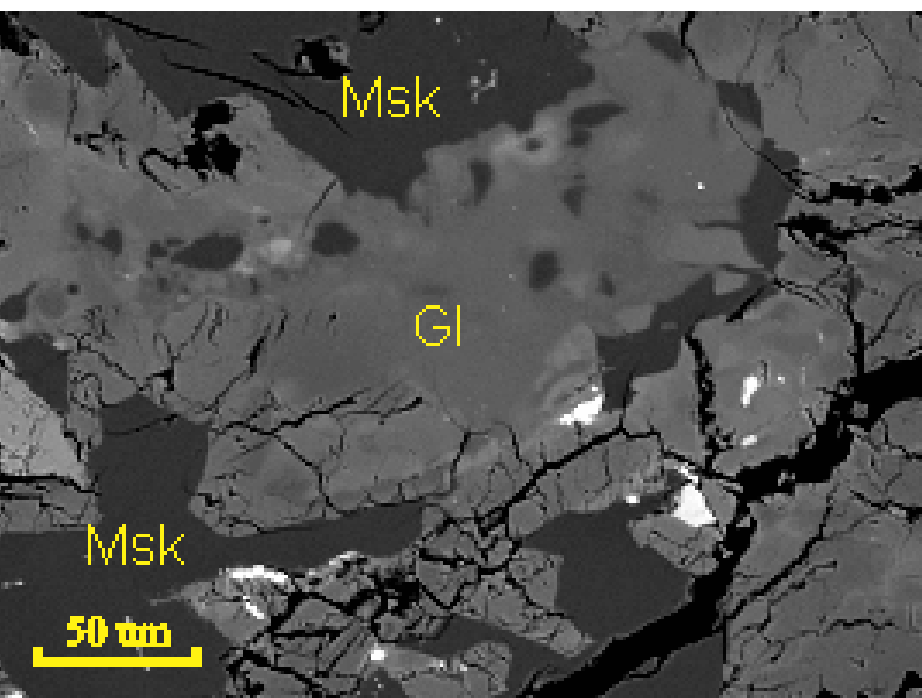
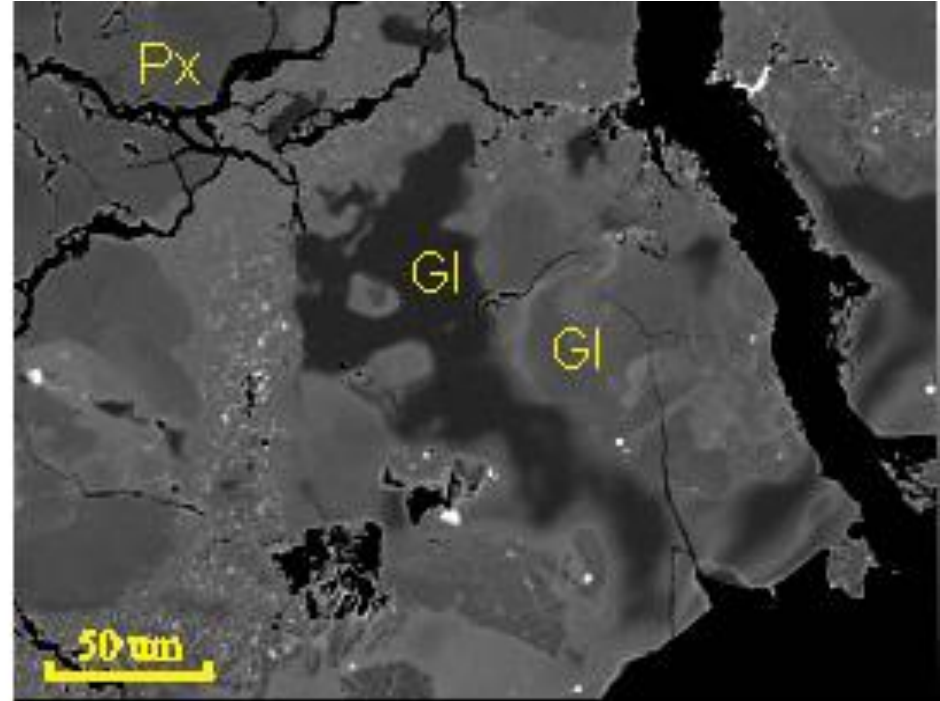
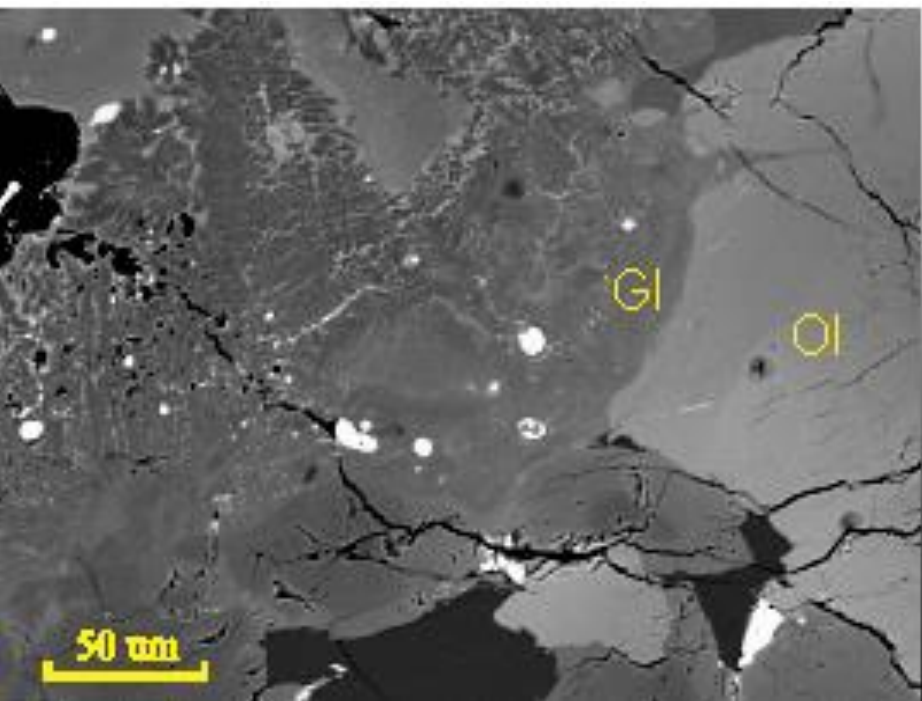
Η Κανονικότητα της διάταξης των ατόμων εκδηλώνεται μακροσκοπικά από τη συμμετρία όλων των φυσικών του ιδιοτήτων (δηλ. των μηχανικών, θερμικών, οπτικών, ηλεκτρικών, μαγνητικών).

Εφόσον τίποτε δεν θα εμποδίσει την ανάπτυξη του, ο κρύσταλλος θα πάρει σχήμα πολυεδρικό και συνήθως συμμετρικό.

Πριν τη χρήση των ακτίνων Χ η θεωρητική μαθηματική μελέτη είχε εξακριβώσει τους γεωμετρικούς νόμους που ακολουθεί η κρυσταλλική δομή. Προσδιορίστηκε έτσι τα δυνατά σχέδια της κρυσταλλικής αρχιτεκτονικής, που βασιζόταν στις γενικές ιδιότητες και τα γεωμετρικά δεδομένα της μακροσκοπικής μελέτης των κρυστάλλων.

Τα δεδομένα είναι ότι οι κρύσταλλοι είναι

- Α) ομογενή ανισότροπα μέσα
- Β) παρουσιάζονται ως πολύεδρα (αν υπάρχει ελευθερία ανάπτυξης)
- Γ) Έχουν άξονες συμμετρίας μονο 2ης 3ης 4ης και 6ης τάξης
- Δ) Η θέση μιας έδρας κρυστάλλου δεν είναι ανεξάρτητη από τη θέση των άλλων εδρών του, με συνέπεια ο δυνατός αριθμός κρυσταλλικών πολυέδρων σε ορισμένη συμμετρία είναι περιορισμένος.

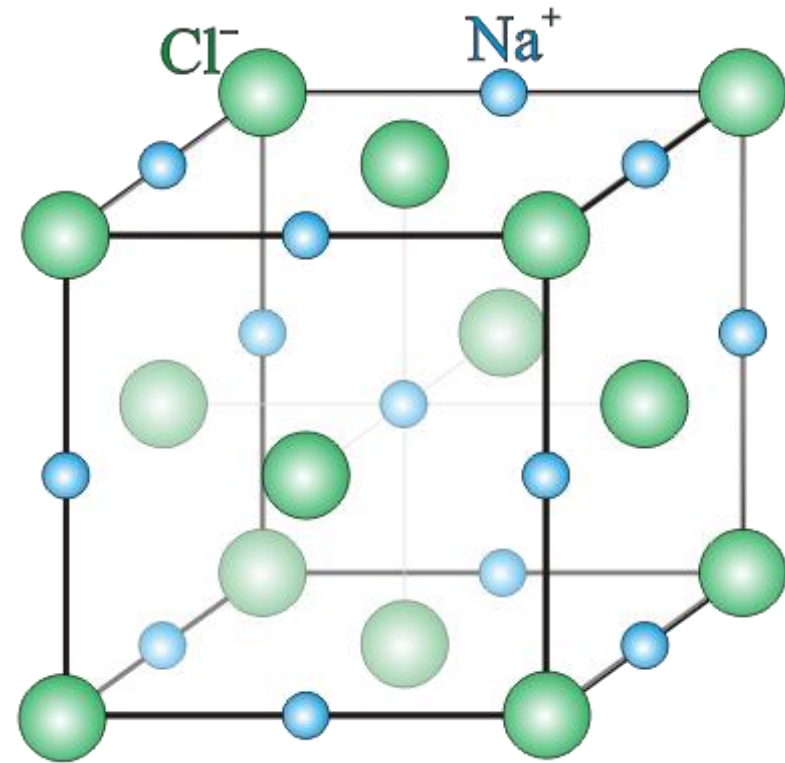
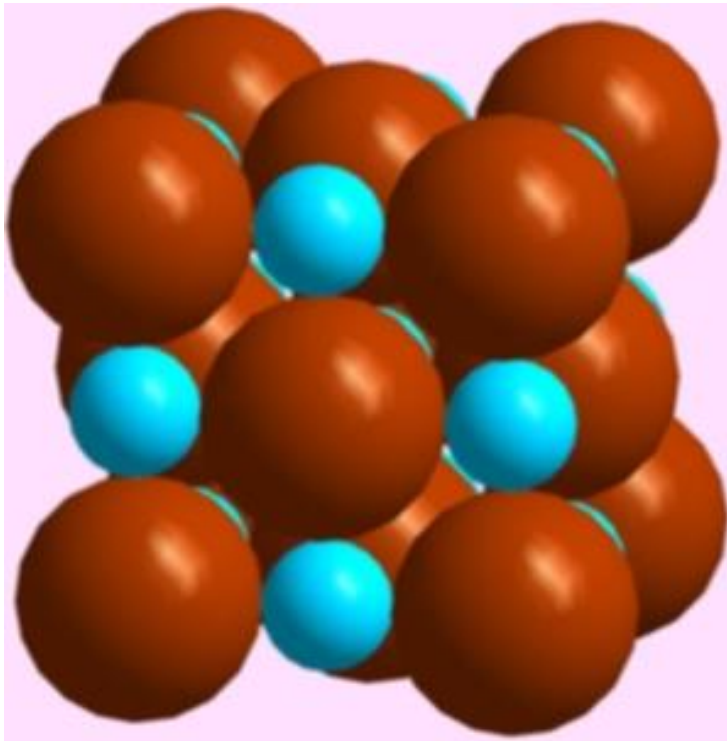


Σύνταξη - Αριθμός σύνταξης

Αριθμός σύνταξης: ο αριθμός των πλησιέστερων γειτονικών ιόντων ενός είδους που περιβάλλουν ένα αντίθετα φορτισμένο κεντρικό ιόν και βρίσκονται σε ίση απόσταση από αυτό.

Σύνταξη - Πολύεδρο σύνταξης

Πολύεδρο σύνταξης: Σχήμα κατά τη σύνταξη γύρω από τα ιόντα Na^+ και Cl^- .



Αριθμός σύνταξης: 6 με οκταεδρική διάταξη.

Σχέσεις ακτίνων των ιόντων

Πρώτη στιβάδα σύνταξης: Κάθε ιόν κρυστάλλου επηρεάζει κάθε άλλο ιόν σε κάποιο βαθμό, όμως ισχυρά επηρεάζει μόνο τα γειτονικά ιόντα με τα οποία συνήθως εφάπτεται.

Σχέσεις ακτίνων των ιόντων

Σχετικά μεγέθη ιόντων εκφράζονται με τους λόγους των ακτίνων των ιόντων $R_K:R_A$.

Κυβική διάταξη: $R_K:R_A = 1-0.732$ (Α.Σ. = 8)

Οκταεδρική: $R_K:R_A = 0.732-0,414$ (Α.Σ. = 6)

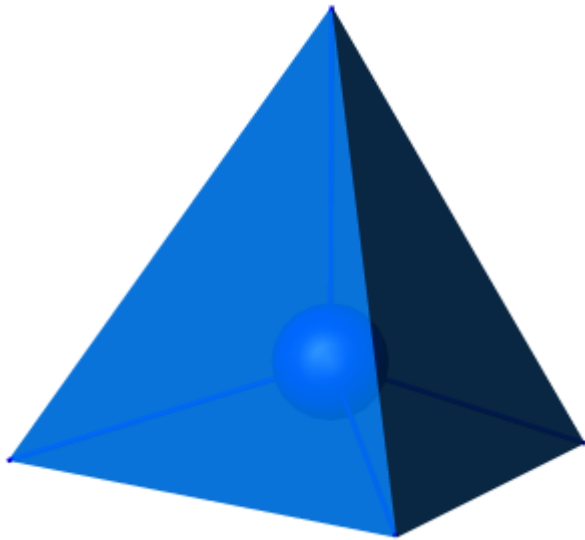
Τετραεδρική: $R_K:R_A = 0,414-0.225$ (Α.Σ. = 4)

Π.χ.

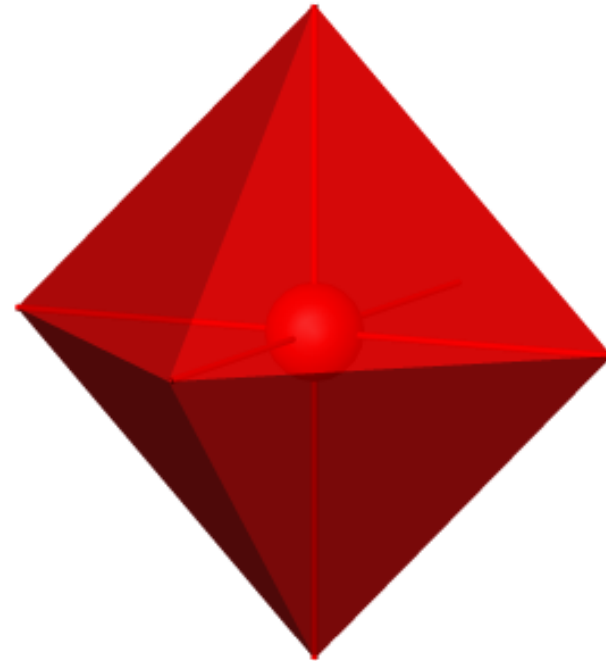
$R_{Na^+} = 0.97$, και $R_{Cl^-} = 1.81$. $R_{Na^+}:R_{Cl^-} = 0.54$.

Τι σύνταξη και Α.Σ. έχει?

Τα πιο διαδεδομένα πολύεδρα

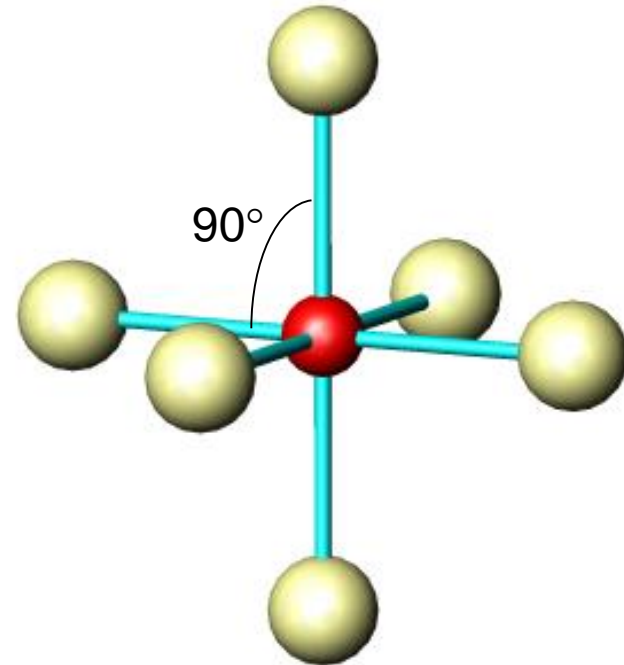
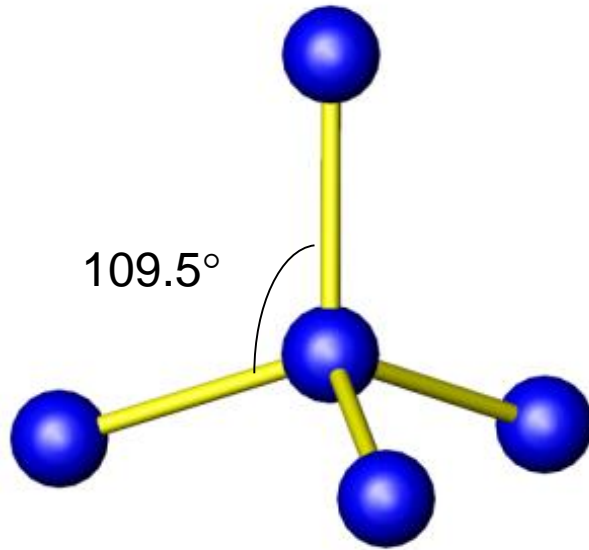


Τετράεδρο



Οκτάεδρο

Κατιόντα στο κέντρο και τρόπος ένωσης με τα ανιόντα



Βέλτιστη θέση ιόντων!

Ισομορφία

Έχει παρατηρηθεί σε κρυστάλλους να καταλαμβάνονται ομότιμες θέσεις της δομής ενός ορυκτού από περισσότερα του ενός είδη συγγενών ατόμων.

Ισομορφία

Ολιβίνης $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$

Ακτίνα $\text{Mg}^{+2}=0,66$ και του $\text{Fe}^{+2}=0,74$.

Μπορούν το μαγνήσιο και ο σίδηρος να αντικαθιστούν το ένα το άλλο σε όλες τις αναλογίες.

Ισομορφία

Αλκαλικοί άστριοι ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ – KAlSi_3O_8)

Ακτίνα $\text{Na}^+=0,97$ και του $\text{K}^+=1,35$.

Μπορούν το νάτριο και το κάλιο να αντικαθιστούν το ένα το άλλο αλλά όχι σε τις αναλογίες.

Ισομορφία

Πλαγιόκλαστα ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 - \text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$)

Ακτίνα $\text{Na}^+=0,97$ και του $\text{K}^+=0,99$ και
 $\text{Si}^{+4}=0,39$, $\text{Al}^{+3}=0,51$

Μπορούν το νάτριο και το ασβέστιο να αντικαθιστούν το ένα το άλλο σε τις αναλογίες με παράλληλη αντικατάσταση πυριτίου από αργίλιο.

Πολυμορφία

Είναι η ικανότητα μίας χημικής ένωσης ή στοιχείου να κρυσταλλώνεται με δύο ή περισσότερους τρόπους διάταξης των ατόμων. Δηλαδή, με διαφορετικούς τύπους δομής ανάλογα με τις συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας που επικρατούν κατά την κρυστάλλωση.

Πολυμορφία

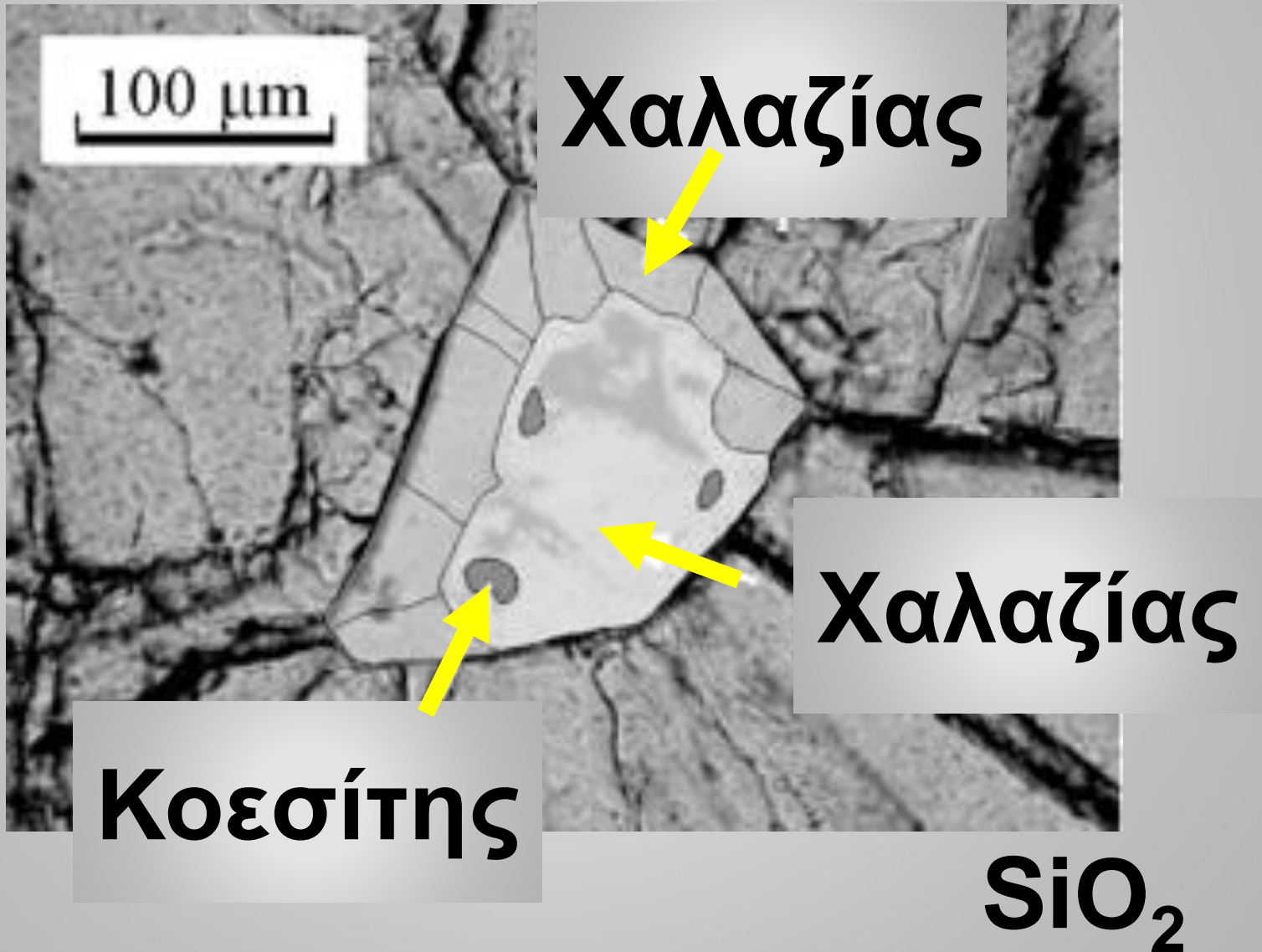
Γραφίτης

Διαμάντι

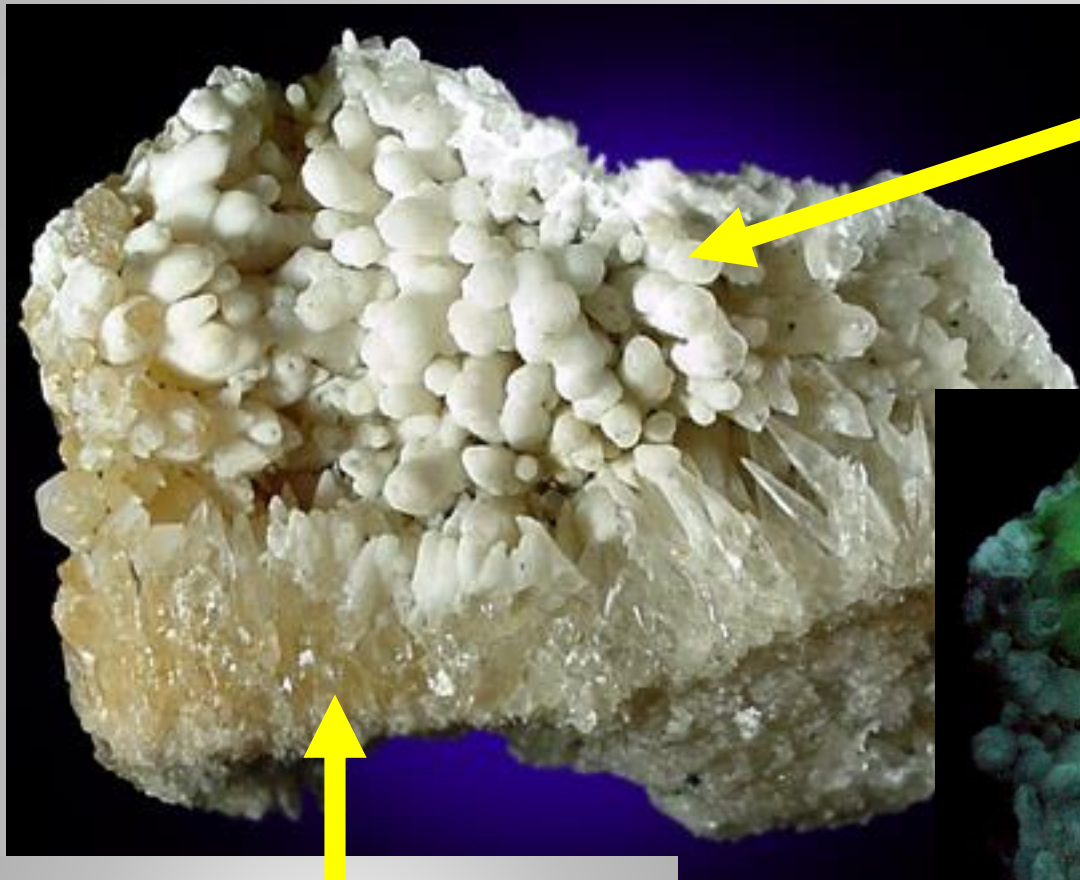


Άνθρακας - C

Πολυμορφία

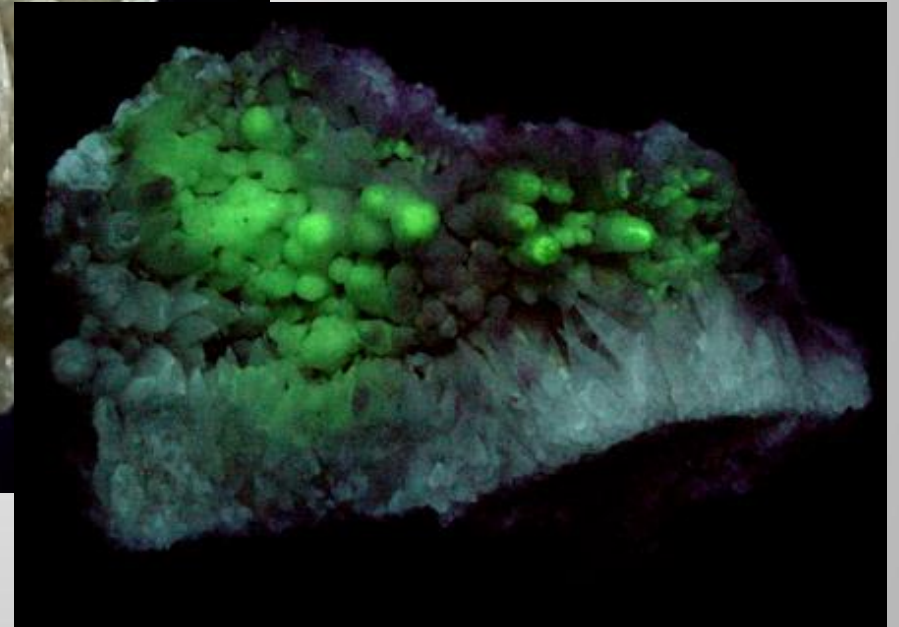


Πολυμορφία



Αραγονίτης

Ασβεστίτης



CaCO_3