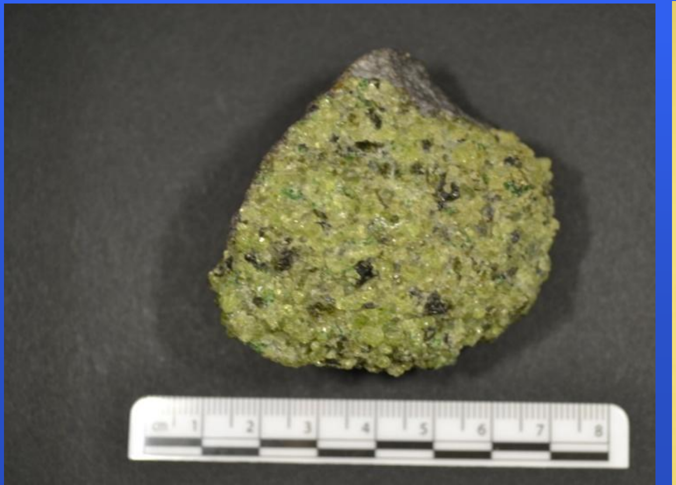
ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑ Ι

5^{η} ΔΙΑΛΕΞΗ

11/11/2020

ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΑ ΙΙ



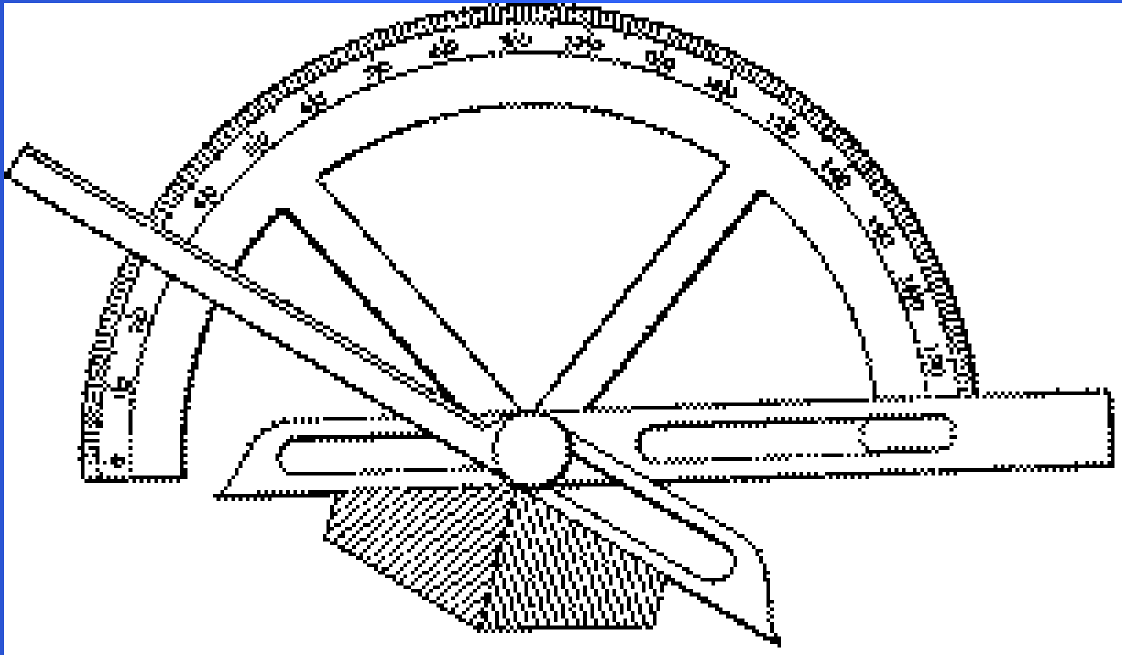
$5^{η}$ ΔΙΑΛΕΞΗ
11/11/20
ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΑ ΙΙ

-Δείκτες εδρών Miller
-Εσωτερική Δομή κρυστάλλων
(14 πλέγματα Bravais,
230 ομάδες χώρου)

ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΩΝ ΔΙΕΔΡΩΝ ΓΩΝΙΩΝ

Στις γωνίες που σχηματίζουν οι έδρες μεταξύ τους διακρίνουμε :

- ✓ τη δίεδρη γωνία δύο εδρών, α
- ✓ την παραπληρωματική της γωνία, n



https://chem.libretexts.org/Bookshelves/General_Chemistry/Book%3A_Chem1_(Lower)/07%3A_Solids_and_Liquids/7.06%3A_Introduction_to_Crystals

ΔΕΙΚΤΕΣ ΤΩΝ ΕΔΡΩΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ

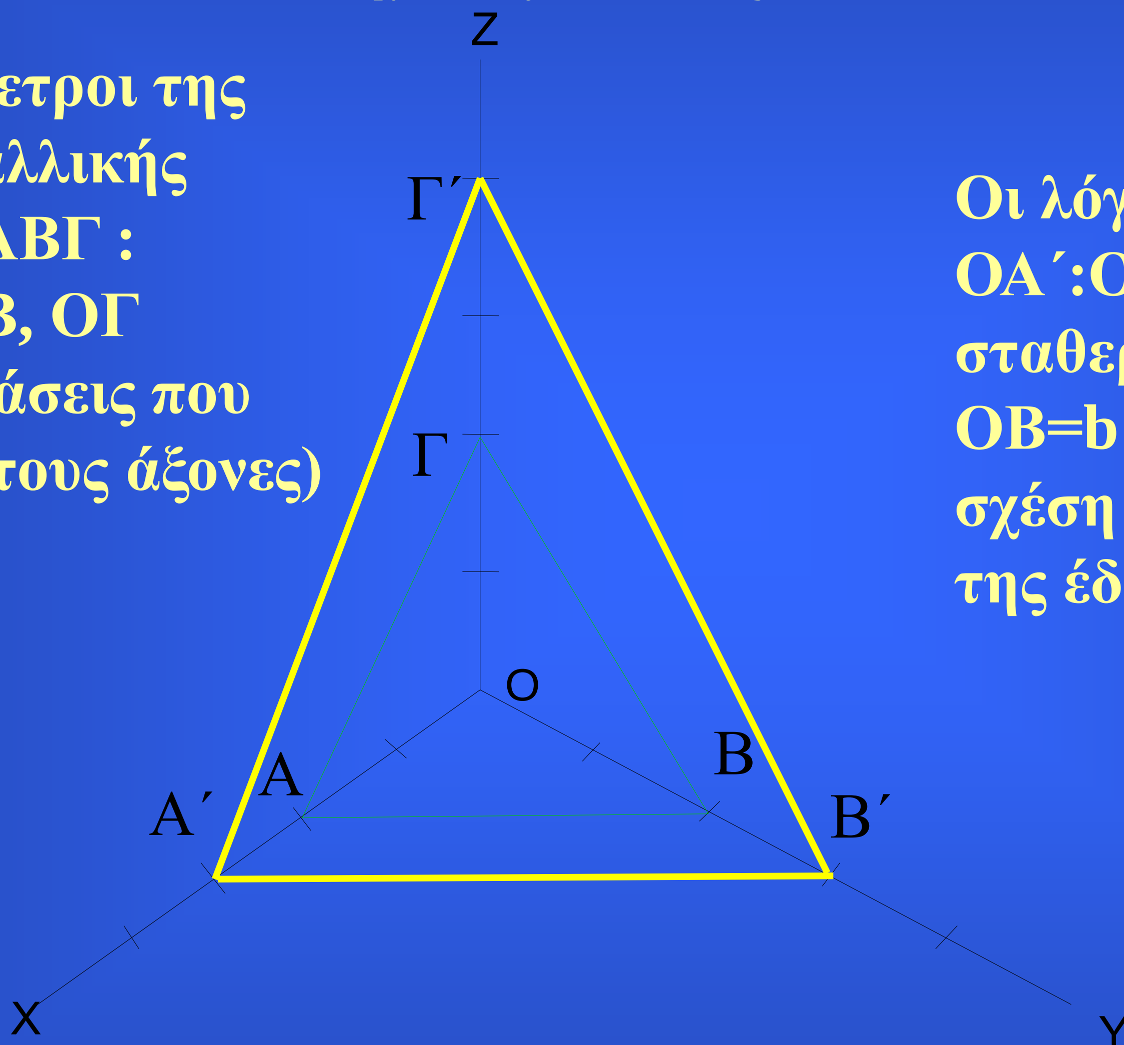
Για να καθορίσουμε ένα απλό κρυσταλλικό σχήμα δεν αρκούν μόνο τα στοιχεία συμμετρίας του γιατί τα ίδια στοιχεία συμμετρίας εμφανίζονται σε περισσότερους από ένα κρυστάλλους.

Πρέπει να καθοριστεί και **η θέση μιας των εδρών του** ως προς τα στοιχεία συμμετρίας ή στο χώρο

ΔΕΙΚΤΕΣ ΤΩΝ ΕΔΡΩΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ (συν…)

Σύστημα αξόνων x, y, z

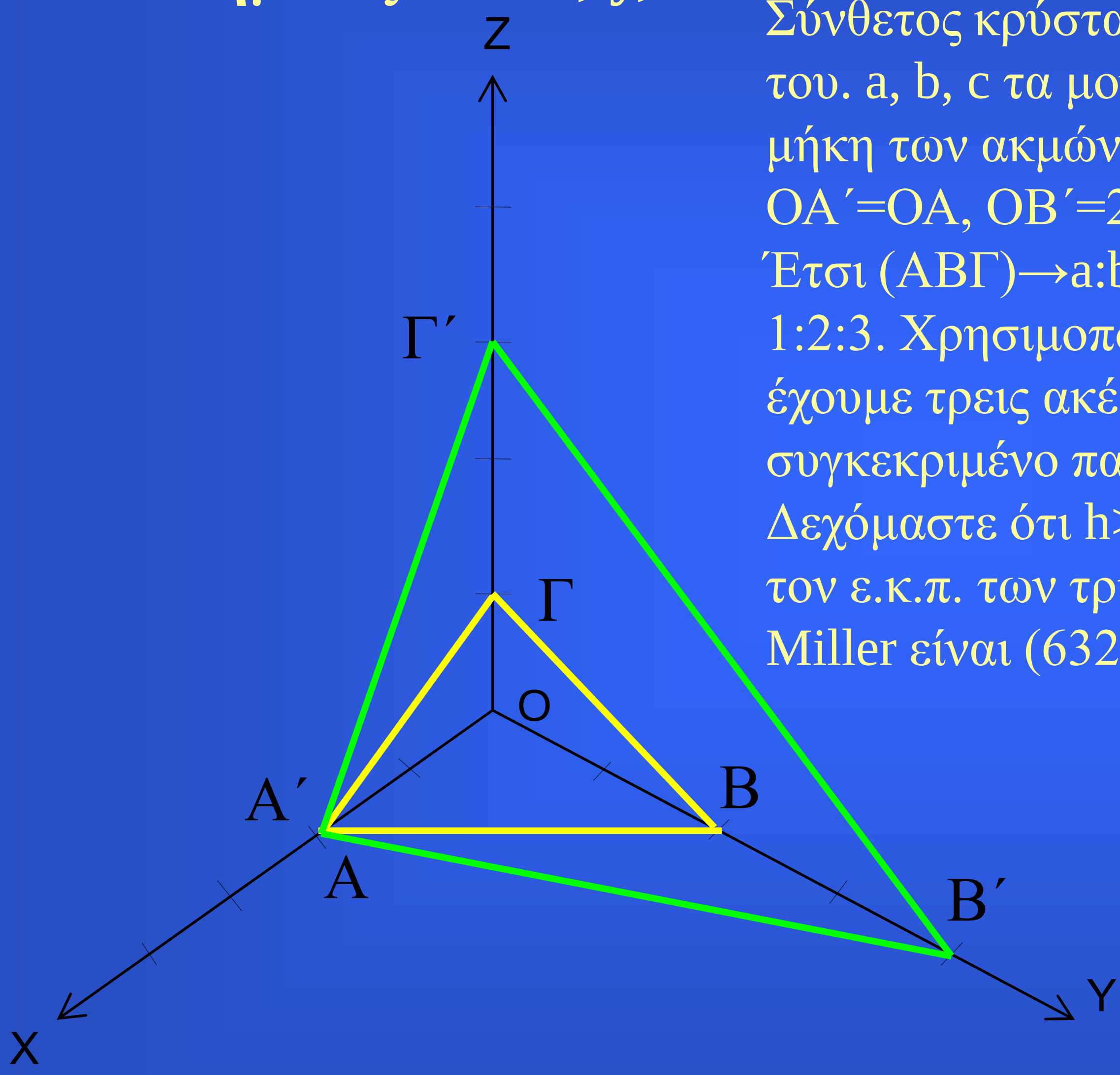
Παράμετροι της κρυσταλλικής έδρας ΑΒΓ :
ΟΑ, ΟΒ, ΟΓ
(αποστάσεις που τέμνει τους άξονες)



Οι λόγοι ΟΑ:ΟΒ:ΟΓ= ΟΑ΄:ΟΒ΄:ΟΓ΄ είναι σταθεροί. Εάν ΟΑ=a, ΟΒ=b ,ΟΓ=c, a:b:c= σχέση παραμέτρων της έδρας ABC

ΔΕΙΚΤΕΣ ΤΩΝ ΕΔΡΩΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ (συν…)
Δείκτες Miller

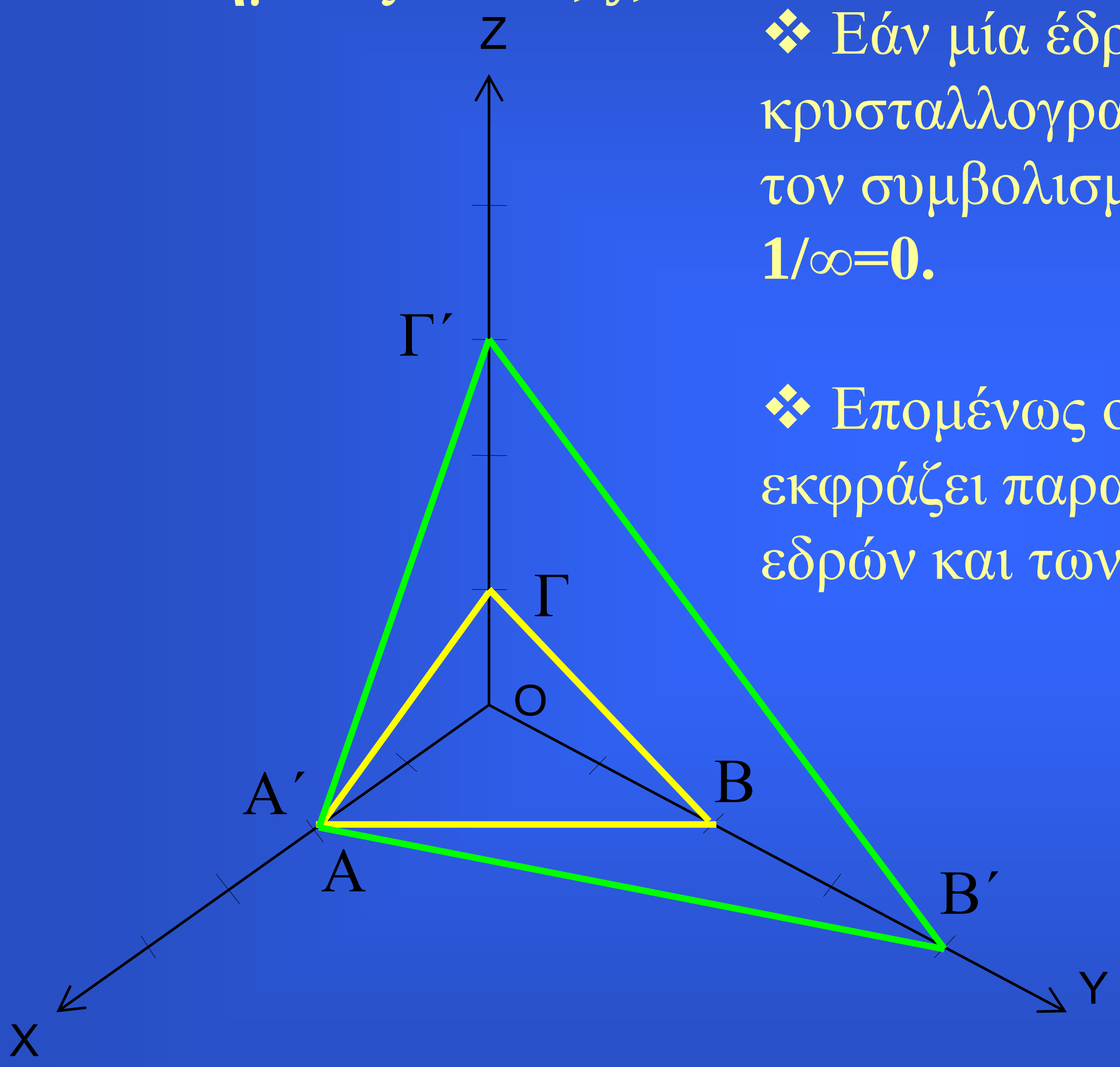
Σύστημα αξόνων x, y, z



Σύνθετος κρύσταλλος (ΑΒΓ) η παραμετρική έδρα του. a, b, c τα μοναδιαία μήκη. a:b:c τα σχετικά μήκη των ακμών της κυψελίδας.
ΟΑ΄=ΟΑ, ΟΒ΄=2ΟΒ, ΟΓ΄=3ΟΓ
Έτσι (ΑΒΓ)→a:b:c, (Α΄Β΄Γ΄)→a:2b:3c δηλαδή 1:2:3. Χρησιμοποιώντας τα αντίστροφα τους έχουμε τρεις ακέραιους αριθμούς (h,k,l). Στο συγκεκριμένο παράδειγμα 1/1 1/2 1/3 ή (1,2,3). Δεχόμαστε ότι h>k>l, έτσι πολλαπλασιάζοντας με τον ε.κ.π. των τριών παρανομαστών, οι δείκτες Miller είναι (632).

ΔΕΙΚΤΕΣ ΤΩΝ ΕΔΡΩΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ (συν…)
Δείκτες Miller

Σύστημα αξόνων x, y, z



❖ Εάν μία έδρα είναι // σε ένα ή δύο κρυσταλλογραφικούς άξονες, σύμφωνα με τον συμβολισμό του Miller θα έχουμε **1/∞=0.**

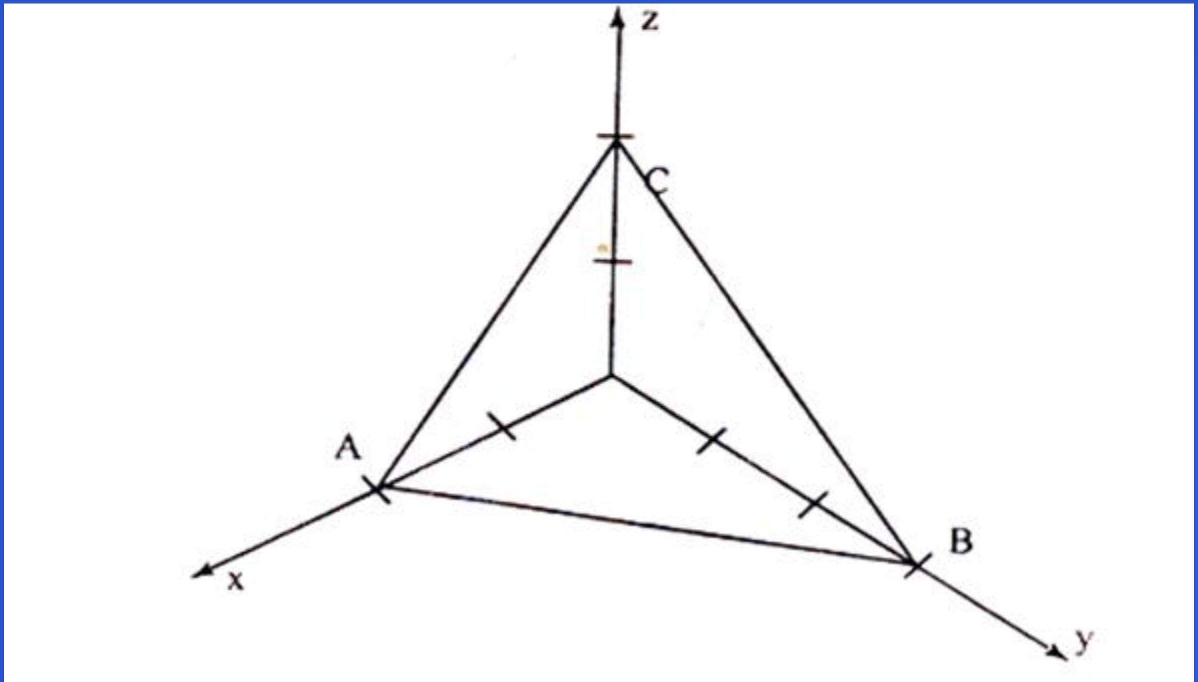
❖ Επομένως ο συμβολισμός 0 κατά Miller εκφράζει παραλληλότητα μεταξύ των εδρών και των αντίστοιχων αξόνων

ΔΕΙΚΤΕΣ ΤΩΝ ΕΔΡΩΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ (συν…)

Νόμος του Haüy

- **Νόμος του Haüy : Οι παράμετροι τυχαίας έδρας κρυσταλλικού σχήματος συγκρινόμενες με τις αντίστοιχες παραμέτρους μιας άλλης έδρας του κρυστάλλου δίνουν λόγους απλούς ακέραιους αριθμούς (συνήθως μικρούς 1 έως 5).**

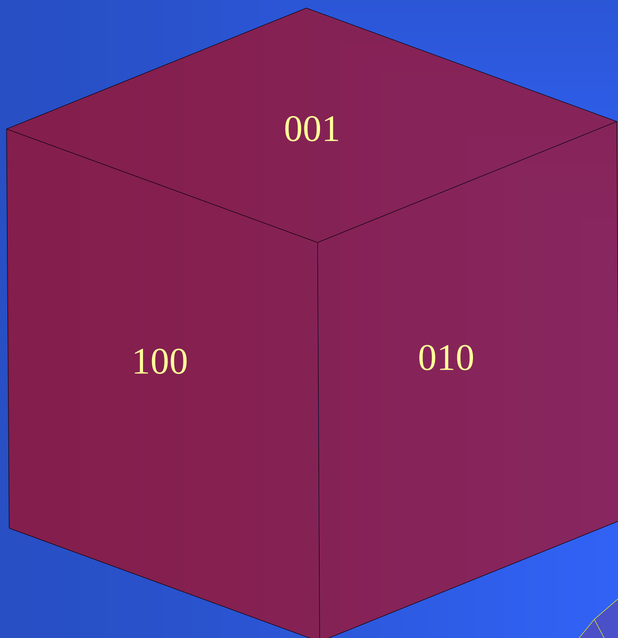
ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΔΡΩΝ MILLER
Νόμος του Haüy (συν…)

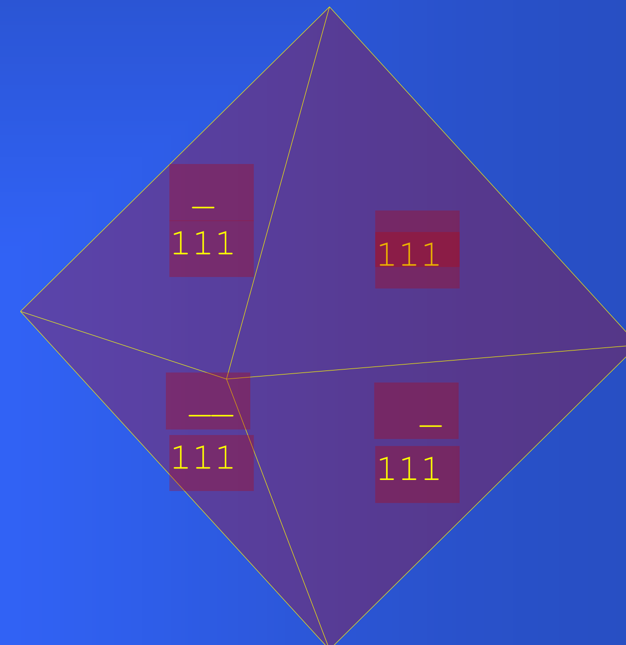


I. Η έδρα τέμνει τους XYZ άξονες σε μήκη 2, 3, 2.
II. Τα μήκη αυτά τα βάζουμε στον παρανομαστή με το 1 αριθμητή, δηλαδή τα μήκη γίνονται ½, 1/3 , ½
III. και πολλαπλασιάζουμε με το ε.κ.π. (6) και τα μήκη γίνονται 3, 2, 3.

http://www.chemohollic.com/2016/08/all-bout-miller-indices.html

ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΔΡΩΝ MILLER (συν…)





ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΔΡΩΝ MILLER (συν…)

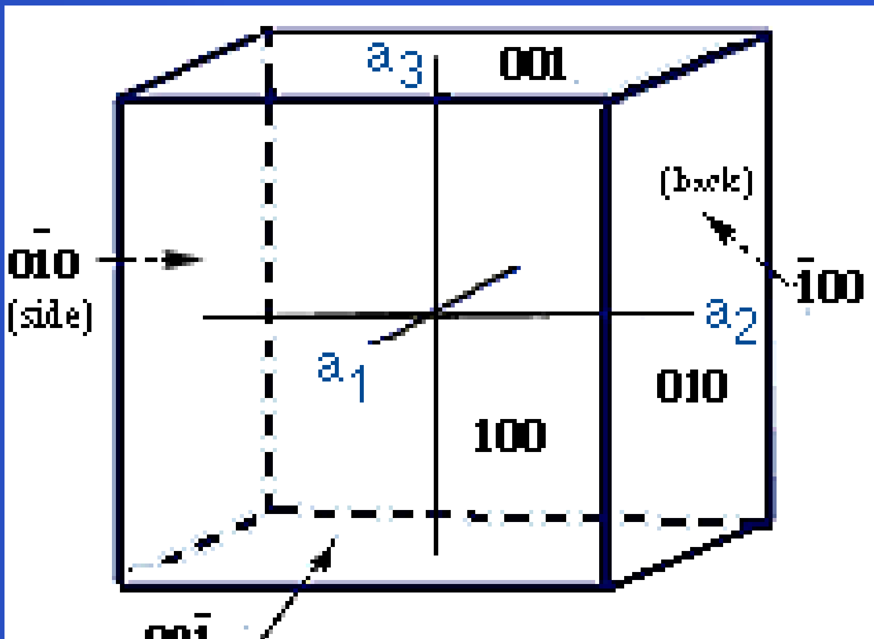


Figure 4

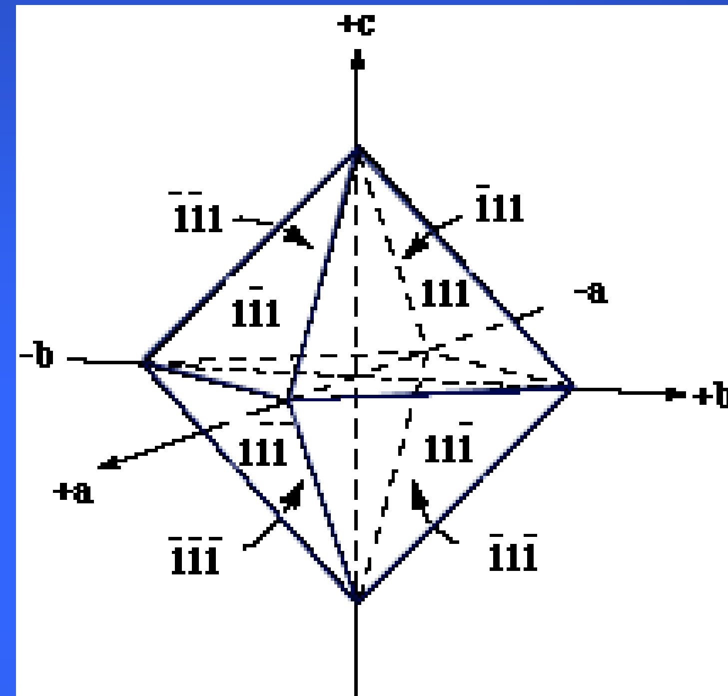
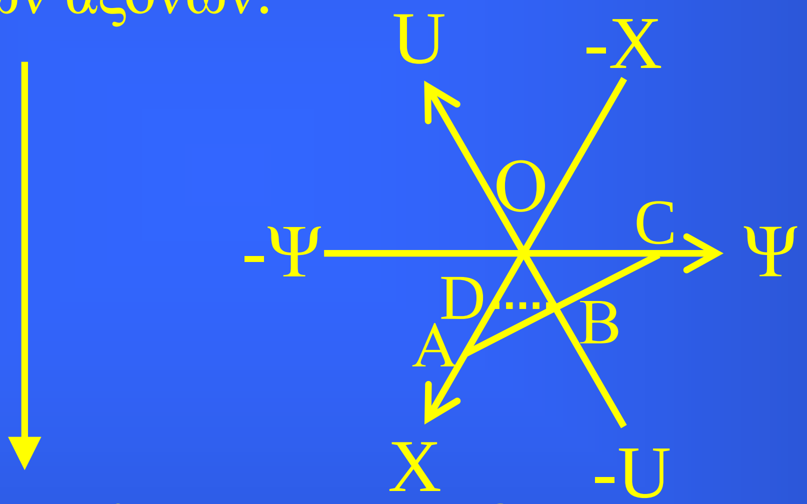


Figure 3

http://www.rockhounds.com/rockshop/xtal/part1.shtml

ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΔΡΩΝ MILLER
Εξαγωνικό και τριγωνικό σύστημα

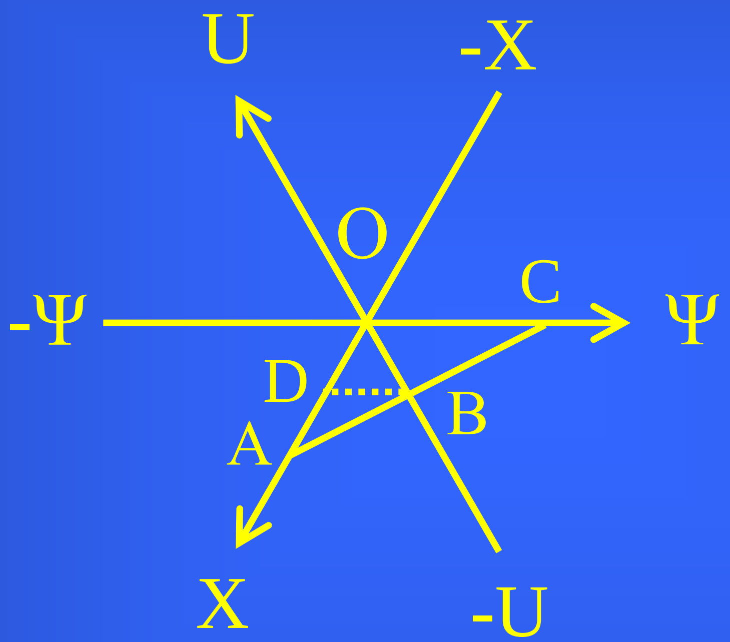
❖ Χαρακτηρίζονται από την παρουσία τεσσάρων κρυσταλλογραφικών αξόνων. Από αυτούς οι τρεις (X, Ψ, U) είναι ισότιμοι, τέμνονται υπό γωνία 120^o (οι ημιάξονες με γωνία 60^o) και ταυτίζονται με ομάδα τριών αξόνων 2^{ης} τάξης. Ο Ζ ταυτίζεται με άξονα 6^{ης} ή 3^{ης} τάξης και είναι ⊥ στο επίπεδο των τριών άλλων αξόνων.



❖ Αυτό σημαίνει ότι για τον καθορισμό μιας έδρας απαιτούνται τέσσερις δείκτες (h,k,i,l) από τους οποίους οι τρεις πρώτοι αντιστοιχούν στους τρεις οριζόντιους άξονες, ο δε τέταρτος προς τον Ζ.

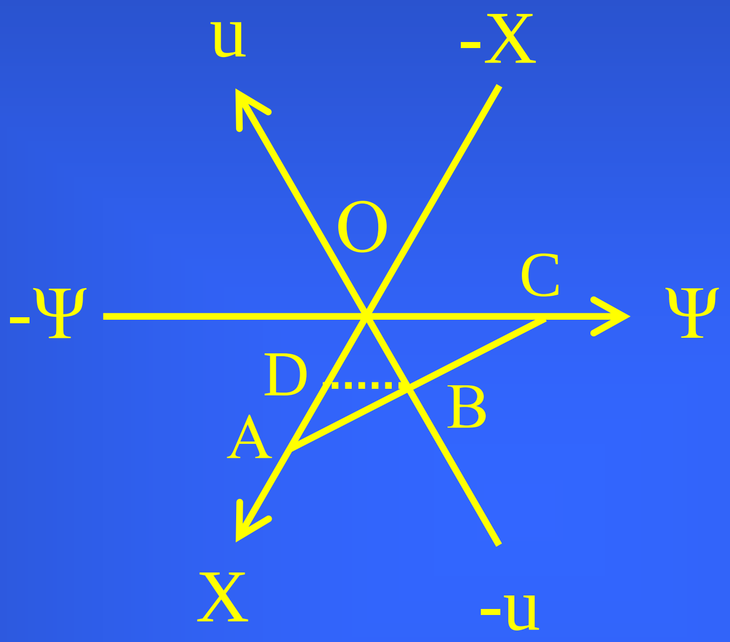
ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΔΡΩΝ MILLER
Εξαγωνικό και τριγωνικό σύστημα (συν…)

Για τους τρεις πρώτους ισχύει η σχέση h + k + i = 0



ABC = το ίχνος τομής των τριών αξόνων x u ψ από οποιαδήποτε έδρα του κρυστάλλου

ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΔΡΩΝ MILLER
Εξαγωνικό και τριγωνικό σύστημα (συν…)



DB/OC = DA/OA

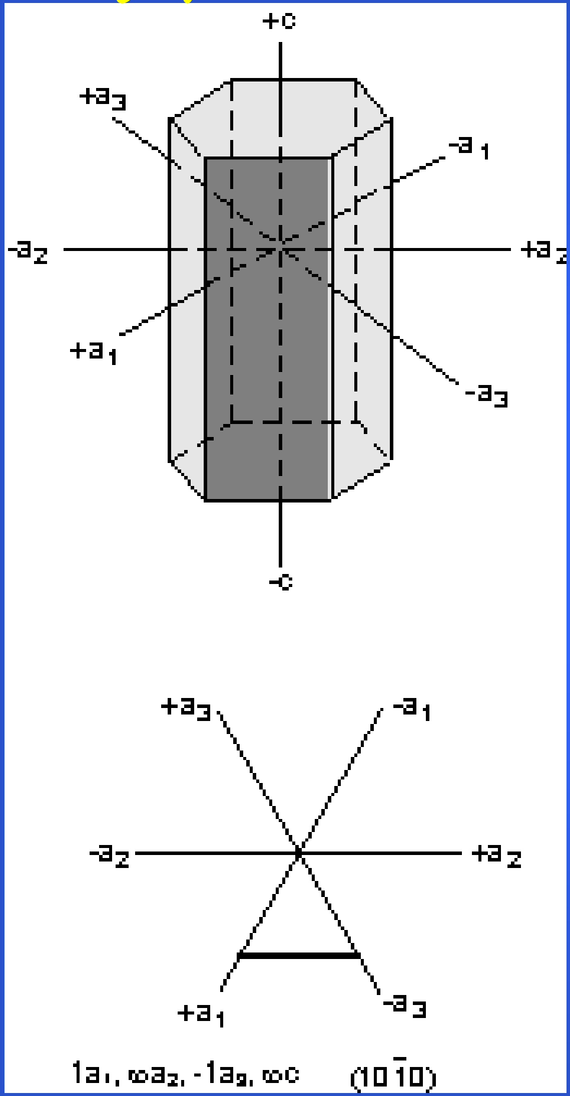
DB/OC = (OA-OD)/OA

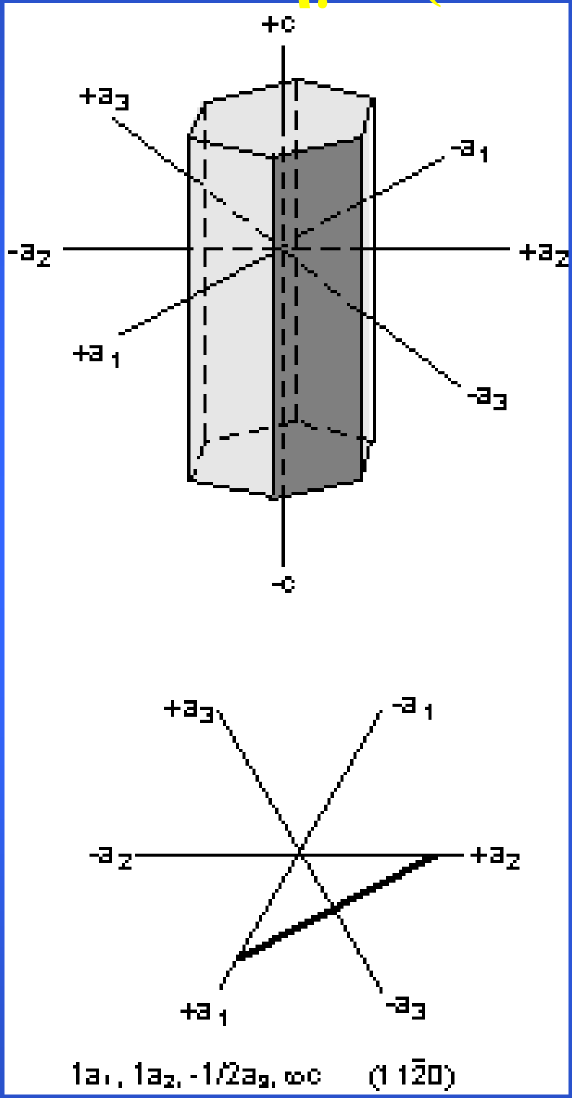
Επειδή h=1/OA, k=1/OC, $\bar{i} = \bar{1}$/OB και DB=OD=OB

-k/i=(1/h +1/i)/(1/h) = 1 + h/i δηλαδή

-k = i + h ή h + k + i= 0

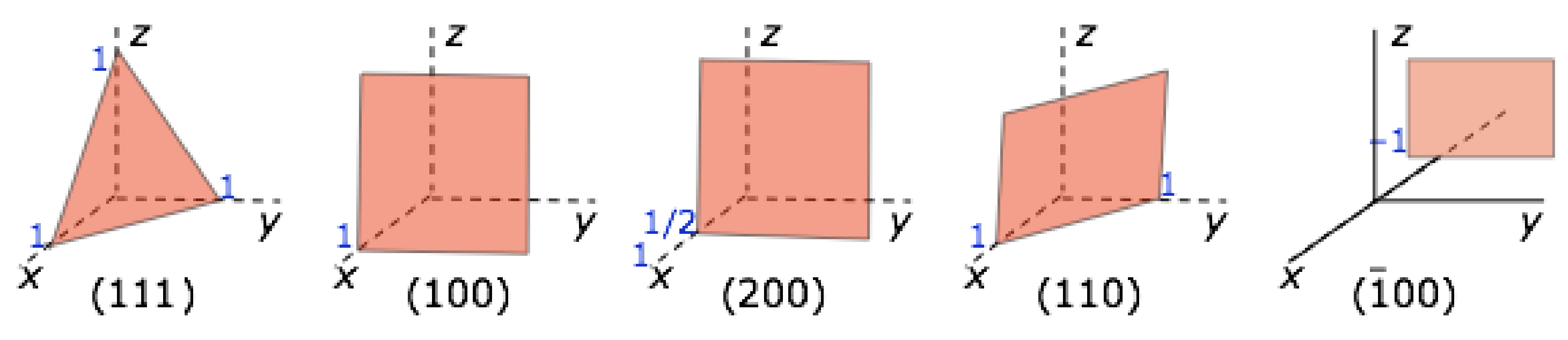
ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΔΡΩΝ MILLER
Εξαγωνικό και τριγωνικό σύστημα (συν…)





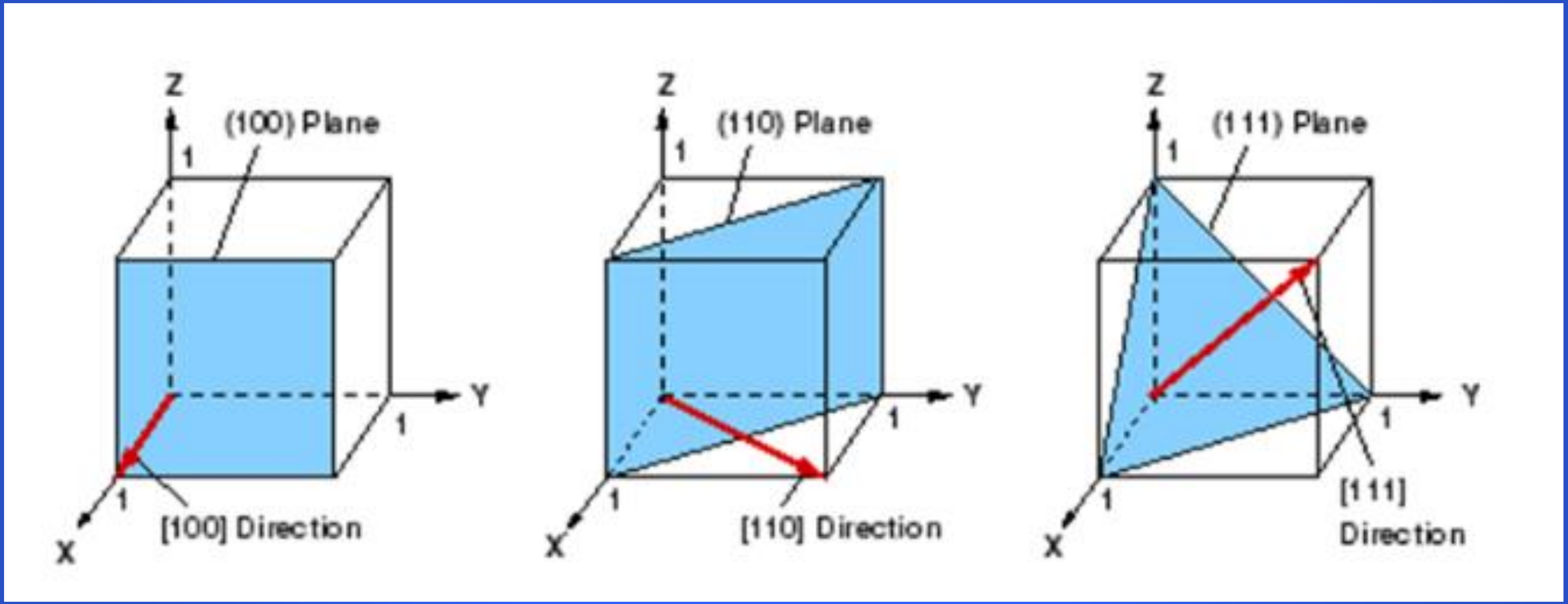
http://www.tulane.edu/~sanelson/eens211/axial_ratios_paramaters_miller_indices.htm

ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΔΡΩΝ MILLER
Κυβικό σύστημα



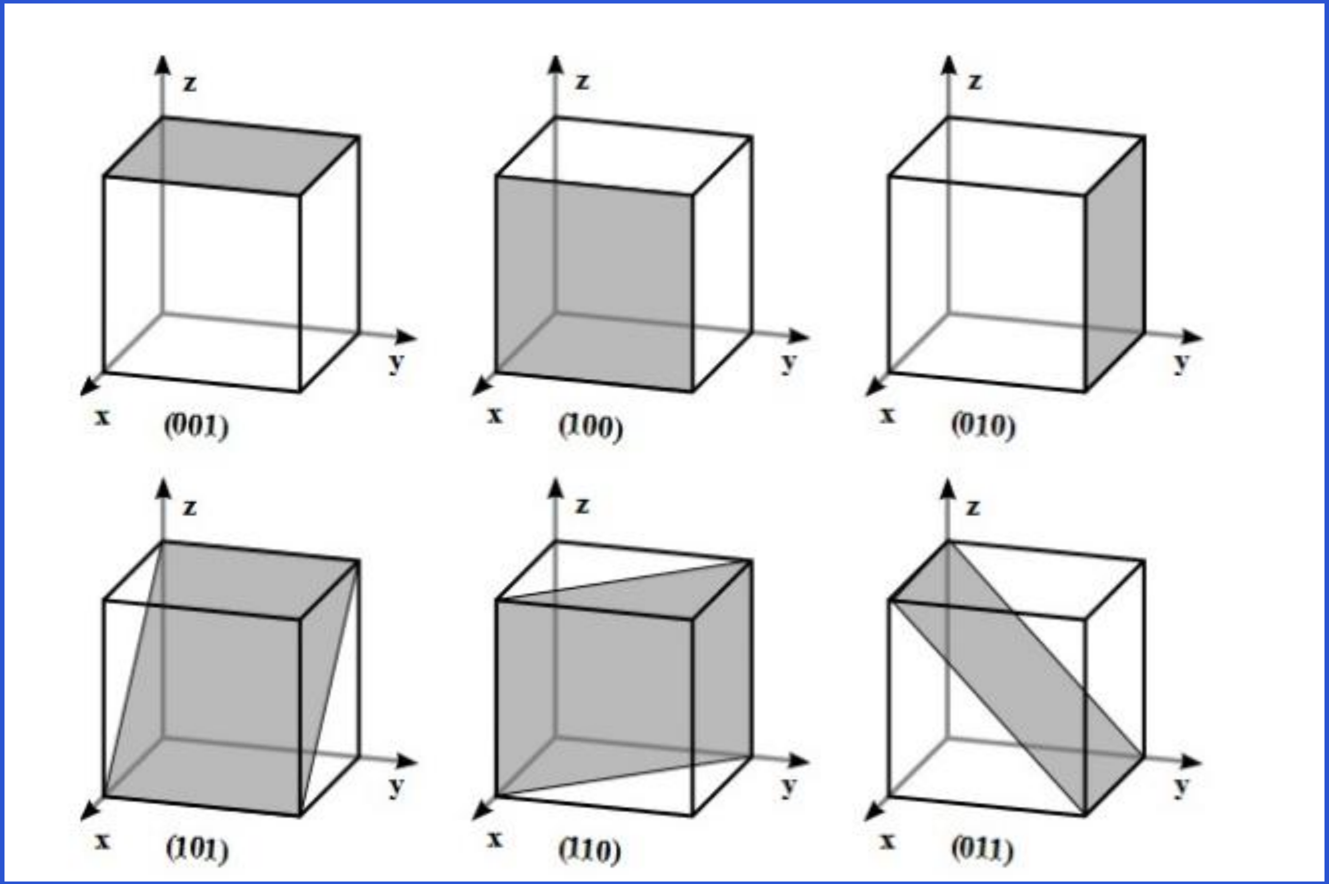
https://chem.libretexts.org/Bookshelves/General_Chemistry/Book%3A_Chem1_(Lower)/07%3A_Solids_and_Liquids/7.06%3A_Introduction_to_Crystals

ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΔΡΩΝ MILLER
Κυβικό σύστημα (συν…)



http://www.chemohollic.com/2016/08/all-bout-miller-indices.html

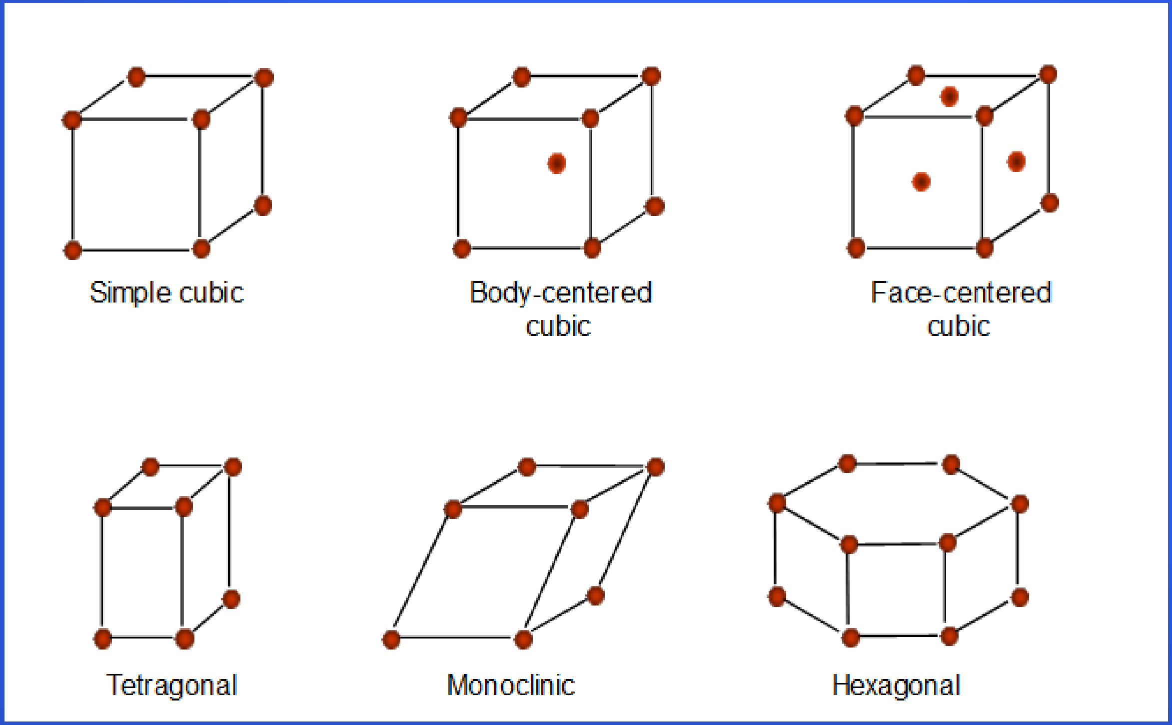
ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΔΡΩΝ MILLER
Κυβικό σύστημα (συν…)



http://www.chemohollic.com/2016/08/all-bout-miller-indices.html

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ

- Τα “μόρια” από τα οποία αποτελούνται οι κρύσταλλοι είναι τοποθετημένα κατά έναν κανονικό τρόπο στις τρεις διευθύνσεις. Ο κρύσταλλος δηλαδή πρέπει να θεωρηθεί ως ένα οικοδόμημα ενός μεγάλου αριθμού τρισδιάστατων μικροσκοπικών μονάδων. Κάθε μονάδα ονομάζεται Στοιχειώδης Κυψελίδα (unit cell).

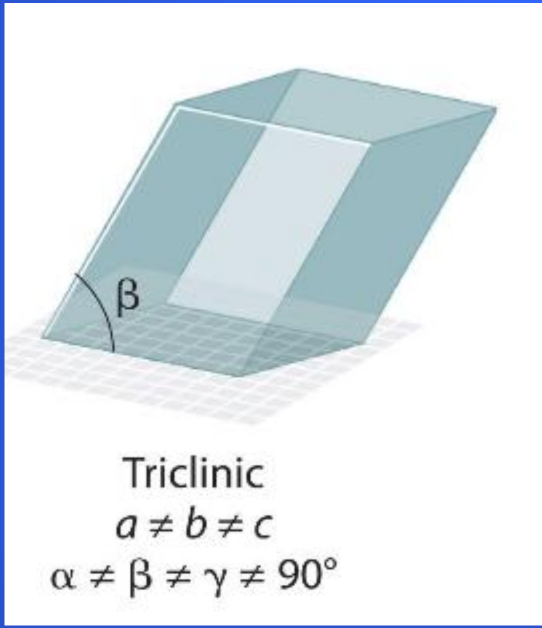


Οι έξι βασικές τρισδιάστατες στοιχειώδεις κυψελίδες

https://slideplayer.com/slide/4635445/

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ (συν…)

- Το "κουτί" της στοιχειώδους κυψελίδας, γενικά είναι ένα παραλληλεπίπεδο χωρίς περιορισμούς στα μήκη των αξόνων ή στις γωνίες μεταξύ των αξόνων. Το "κουτί" προσδιορίζεται από τρεις άξονες ή ακμές της κυψελίδας που ονομάζονται a, b και c και τρεις γωνίες μεταξύ των αξόνων α, β, και γ. α είναι η γωνία μεταξύ των ακμών b και c, β μεταξύ a και c και γ μεταξύ a και b



Η στοιχειώδης κυψελίδα του τρικλινούς

https://chem.libretexts.org/Courses/University_of_Arkansas_Little_Rock/Chem_1403%3A_General_Chemistry_2/Text/12%3A_Solids/12.01%3A_Crystal_Lattices_and_Unit_Cells

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ (συν…)

- Η κυψελίδα ενός ορυκτού είναι η μικρότερη διαιρετή μονάδα ενός ορυκτού που κατέχει τη συμμετρία και τις ιδιότητες του ορυκτού. Είναι μια μικρή ομάδα ατόμων, από τέσσερα έως και περίπου χίλια, που κατέχουν μια σταθερή γεωμετρία, το ένα σε σχέση με το άλλο. Τα άτομα διευθετούνται σε ένα “κουτί” (box) με // πλευρές που ονομάζεται κυψελίδα (unit cell), το οποίο επαναλαμβάνεται με απλές μετατοπίσεις για να φτιάξει τον κρύσταλλο.

- Τα άτομα μπορεί να είναι στις κορυφές, στις ακμές, στις έδρες ή εξολοκλήρου μέσα στο κουτί.

- Κάθε κυψελίδα στον κρύσταλλο είναι πανομοιότυπη.

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ (συν…)

- Η παρουσία εσωτερικής συμμετρίας στην κυψελίδα μπορεί να θέσει περιορισμούς στη γεωμετρία της κυψελίδας

- Ως εκ τούτου τα διάφορα είδη δυνατής συμμετρίας θέτουν διάφορους περιορισμούς στις γεωμετρίες της κυψελίδας

- **Έτσι έχουμε χαρακτηριστικές γεωμετρικές κυψελίδες για καθένα από τα <u>ΕΠΤΑ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ</u>**

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ (συν…)

- Κάθε κυψελίδα στον κρύσταλλο είναι πανομοιότυπη.

- Αυτή είναι και η σημασία στον ορισμό του ορυκτού με το : "Ταξινομημένη εσωτερική διευθέτηση". Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο οι κρύσταλλοι έχουν τόσο ωραίες έδρες, σχισμούς και κανονικές ιδιότητες.

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ (συν…)

Διεργασίες μετατόπισης (translational Operations)

- Η εσωτερική ατομική διευθέτηση σε έναν κρύσταλλο έχει συμμετρία μετατόπισης. Δηλαδή, κάθε σημείο σε έναν κρύσταλλο επαναλαμβάνεται από ένα σετ διανυσμάτων μετατόπισης. Το σετ των σημείων που γεννώνται από τα διανύσματα μετατόπισης ονομάζεται **πλέγμα (Lattice)**.

- ✓ Οι ατομικές διευθετήσεις στο γυαλί, στα υγρά και στα αέρια δεν έχουν συμμετρία μετατόπισης.

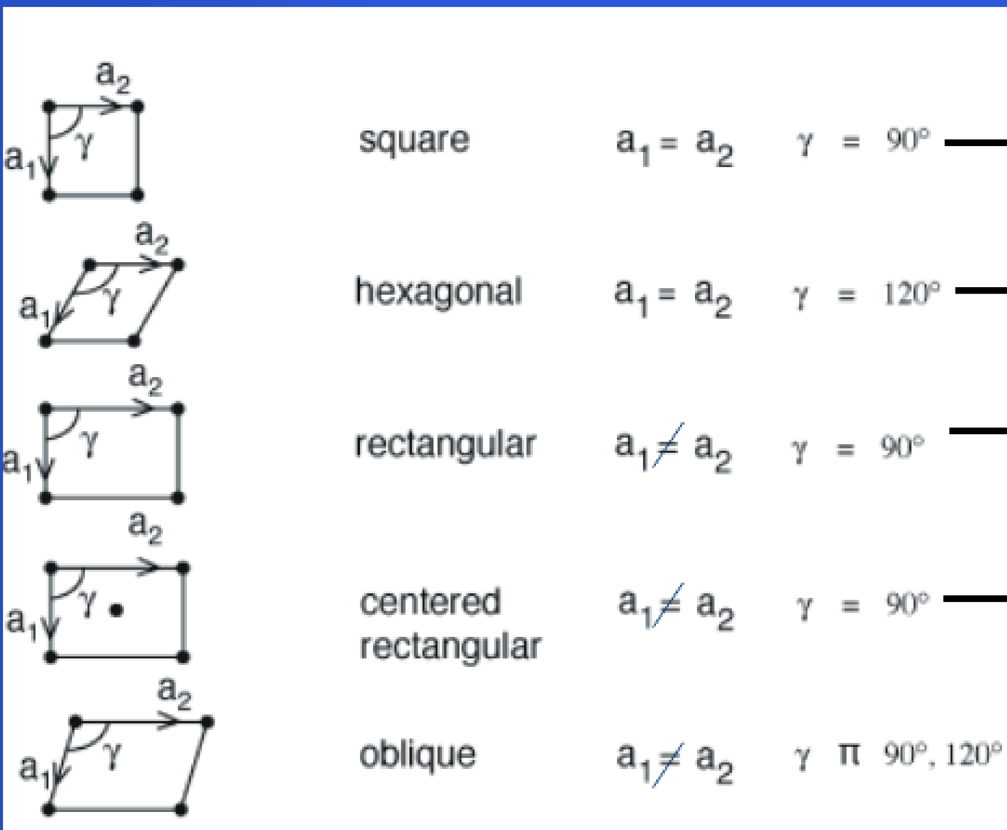
ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ (συν…)

Πλέγματα σε δύο διαστάσεις (lattice in 2-dimensions)

- Σε δύο διαστάσεις, θα έχουμε δύο διανύσματα μετατόπισης. Υπάρχουν 5 πέντε μοναδικοί τρόποι να παραταχθεί ένα πλέγμα 2-διαστάσεων ή **επίπεδο πλέγμα**.

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ (συν…)

Πλέγματα σε δύο διαστάσεις (lattice in 2-dimensions) (συν)



→ Προκύπτει Κυβικό, τετραγωνικό

→ Προκύπτει Εξαγωνικό

→ Προκύπτει Ρομβικό

→ Προκύπτει Τριγωνικό, Ρομβικό

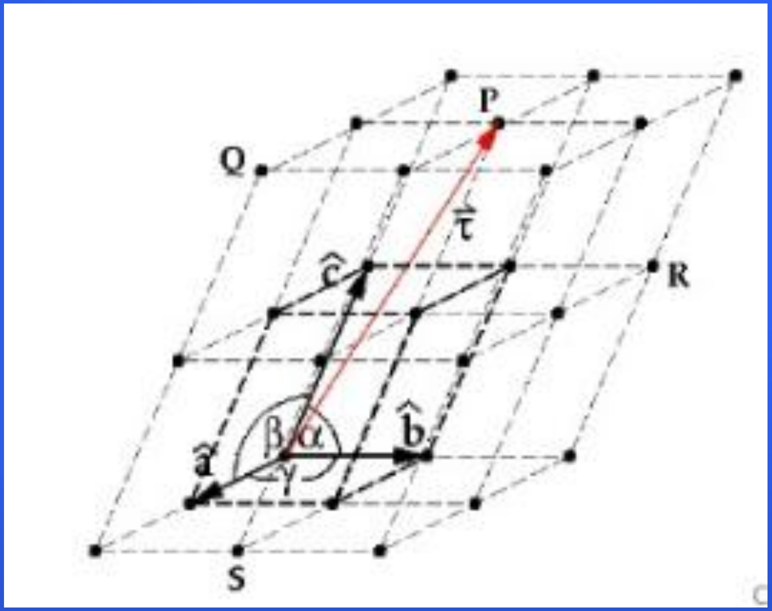
→ Προκύπτει Μονοκλινές, τρικλινές

http://www2.latech.edu/~pderosa/SS_2010/Supporting%20Documents/4p70chap1lect2b.pdf

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ (συν…)

Πλεγματα σε τρεις διαστασεις η χωροπλεγματα (space lattice)

- Ένα χωροπλέγμα δημιουργείται από ένα επίπεδο πλέγμα δια μετατοπίσεως κατά μήκος ενός ανύσματος ν που δεν βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με το επίπεδο πλέγμα.

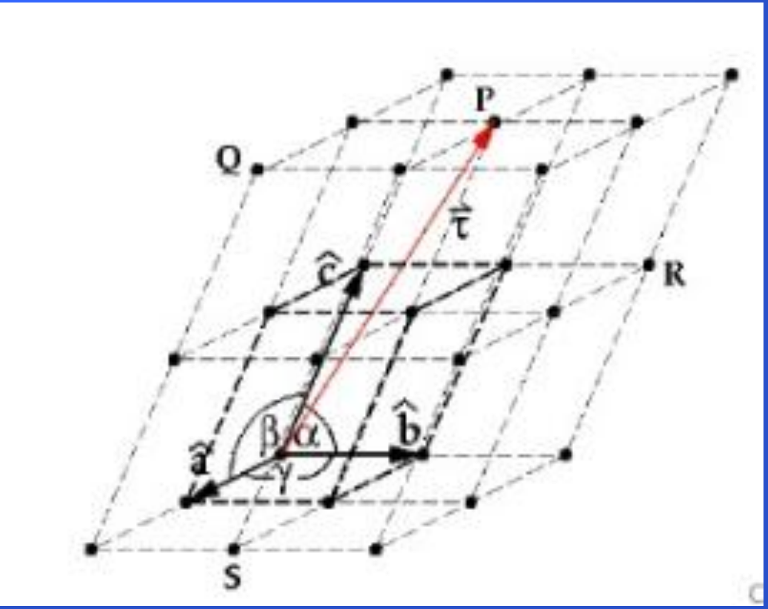


https://www.slideshare.net/AkhilChowdhury/unit-icrystal-structure

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ (συν…)

Πλέγματα σε τρεις διαστάσεις ή χωροπλέγματα (space lattice)

- Τρεις στίχοι a, b και c, που δεν βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο συνιστούν ένα unit παραλληλεπίπεδο ή **unit cell**. Μια τέτοια στοιχειώδης κυψελίδα θα χτίσει ένα ολόκληρο πλέγμα δια μετατοπίσεως κατά μήκος των ακμών της, των διαγωνίων της ή των διαγωνίων των πλευρών της.

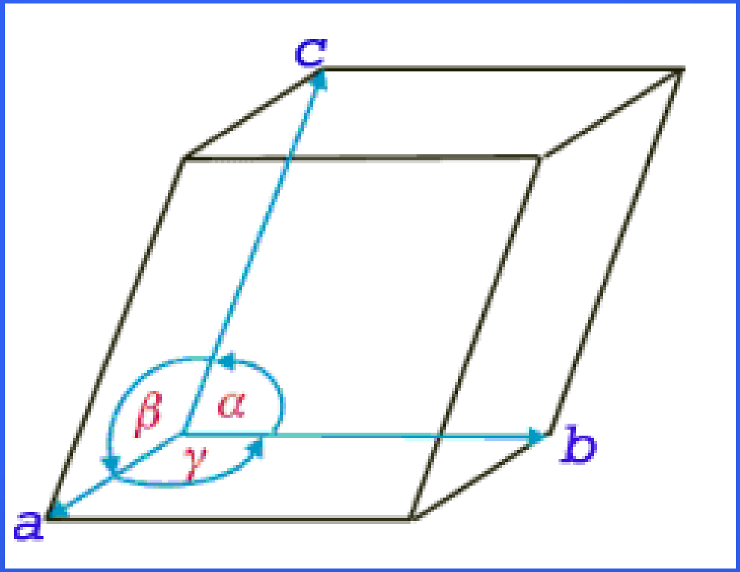


https://www.slideshare.net/AkhilChowdhury/unit-icrystal-structure

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ

Πλέγματα σε τρεις διαστάσεις ή χωροπλέγματα (space lattice) (συν…)

- Κατά συνέπεια, οι τρεις πιο μικροί μη ομοεπίπεδοι περίοδοι διαλέγονται για να προσδιορίσουν την στοιχειώδη κυψελίδα του πλέγματος



Στοιχειώδης κυψελίδας και σχέσεις των διανυσμάτων

https://www.xtal.iqfr.csic.es/Cristalografia/parte_03-en.html

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ

Πλέγματα σε τρεις διαστάσεις ή χωροπλέγματα (space lattice) (συν…)

- Η στοίβαξη επίπεδων τετραγώνων πλεγμάτων για να παραχθούν χωροπλέγματα μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους. Εάν ένα επίπεδο πλέγμα τοποθετηθεί **τυχαία** επάνω σε άλλο, τότε δεν θα διατηρηθεί η συμμετρία.

- Μπορούμε να στοιβάξουμε τα επίπεδα πλέγματα ακριβώς το ένα πάνω στο άλλο ώστε να διατηρήσουμε την maximum συμμετρία.

- Αν η απόσταση μεταξύ των επιπέδων είναι η ίδια με την απόσταση μεταξύ σημείων στο επίπεδο πλέγμα, έστω α, τότε το χωροπλέγμα έχει μια κυβική διευθέτηση των σημείων του πλέγματος.

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ (συν…)
Ειδικοί τύποι χωροπλεγμάτων. Τα 14 πλέγματα Bravais

- Μετά από δοκιμές έχει βρεθεί ότι είναι γεωμετρικά δυνατό να έχουμε μόνο 14 τύπους χωροπλεγμάτων και τα πλέγματα αυτά ονομάζονται 14 πλέγματα Bravais

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ
Ειδικοί τύποι χωροπλεγμάτων. Τα 14 πλέγματα Bravais
(συν…)

- Ονομάζουμε τις κυψελίδες που περιέχουν ένα μόνο σημείο πλέγματος **primitive και τις συμβολίζουμε P**

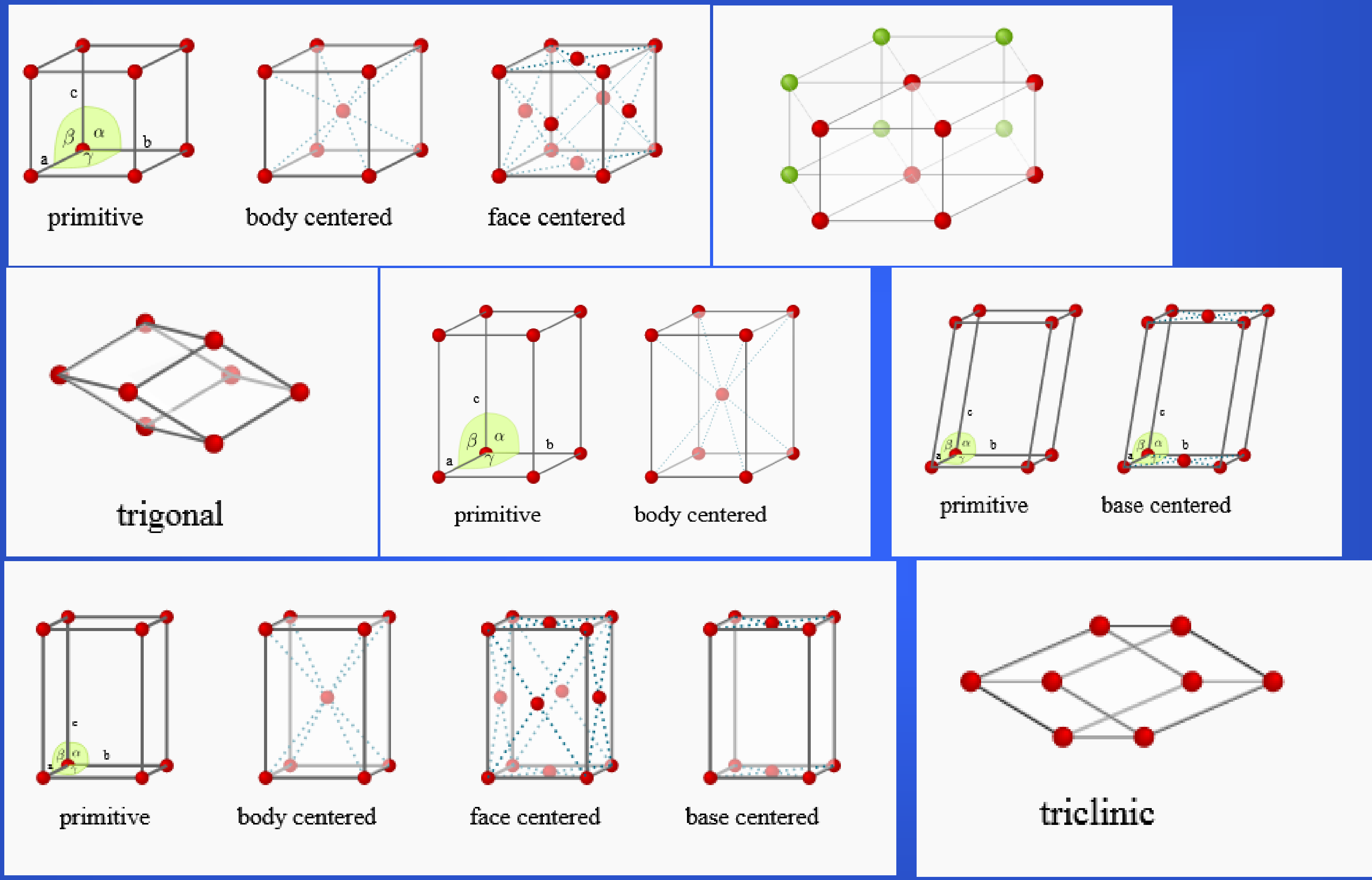
- Οι στοιχειώδεις κυψελίδες που έχουν ένα επιπλέον σημείο πλέγματος στο κέντρο τους ονομάζονται **ενδοκεντρωμένες (body-centered και τις συμβολίζουμε** I

- Οι ρομβικές στοιχειώδεις κυψελίδες (όλες οι γωνίες 90^o, αλλά οι πλευρές άνισες μεταξύ τους) με επιπλέον σημεία πλέγματος σε δύο απέναντι πλευρές ονομάζονται **μονοεδρικά κεντρωμένες (end-centered) και συμβολίζονται A, B ή C**.

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ
Ειδικοί τύποι χωροπλεγμάτων. Τα 14 πλέγματα Bravais
(συν…)

- Οι ρομβικές στοιχειώδεις κυψελίδες (όλες οι γωνίες 90^o, αλλά οι πλευρές άνισες μεταξύ τους) με επιπλέον σημεία πλέγματος στο κέντρο κάθε έδρας ονομάζονται **εδροκεντρωμένες (face-centered) και συμβολίζονται F**.

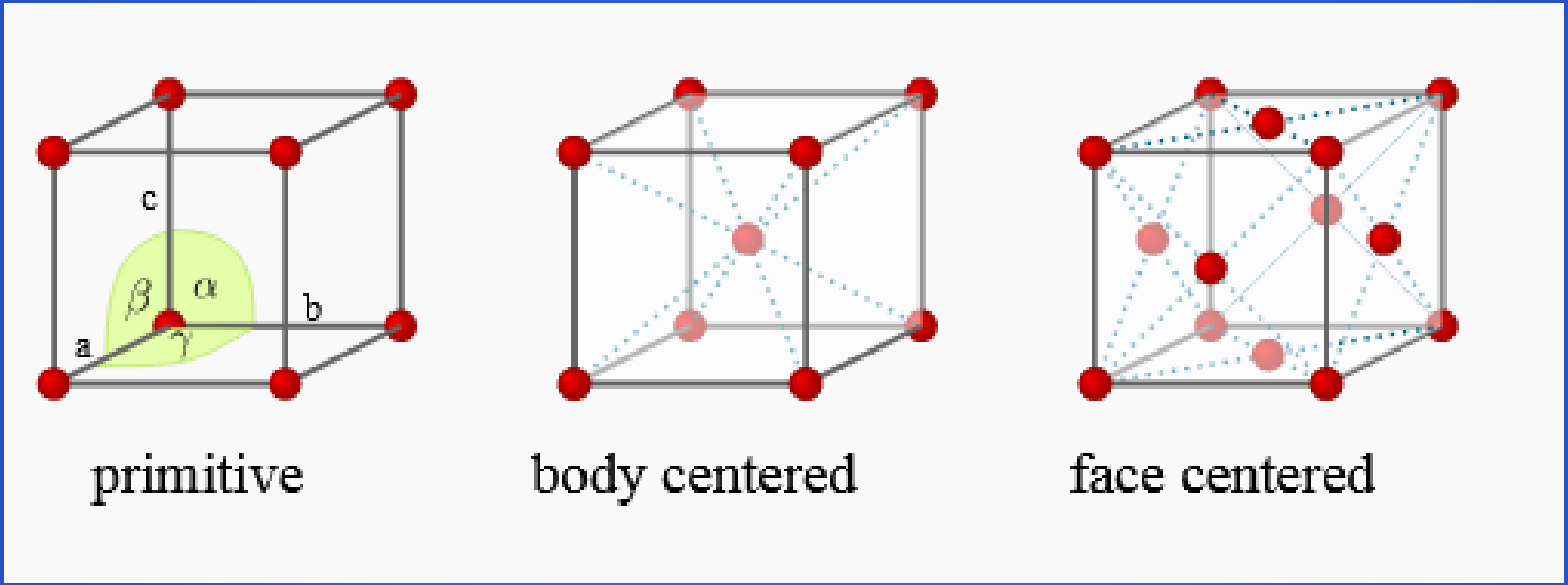
ΤΑ 14 ΠΛΕΓΜΑΤΑ BRAVAIS (BRAVAIS LATTICES) (συν)



https://www.physics-in-a-nutshell.com/article/6/symmetry-crystal-systems-and-bravais-lattices

ΤΑ 14 ΠΛΕΓΜΑΤΑ BRAVAIS (συν…)

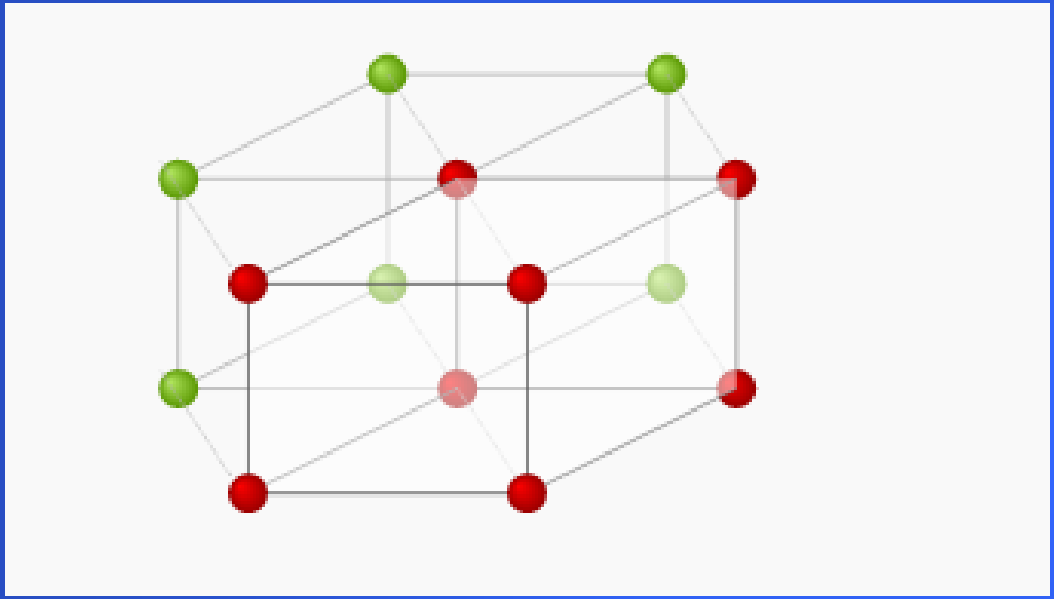
Κυβικό

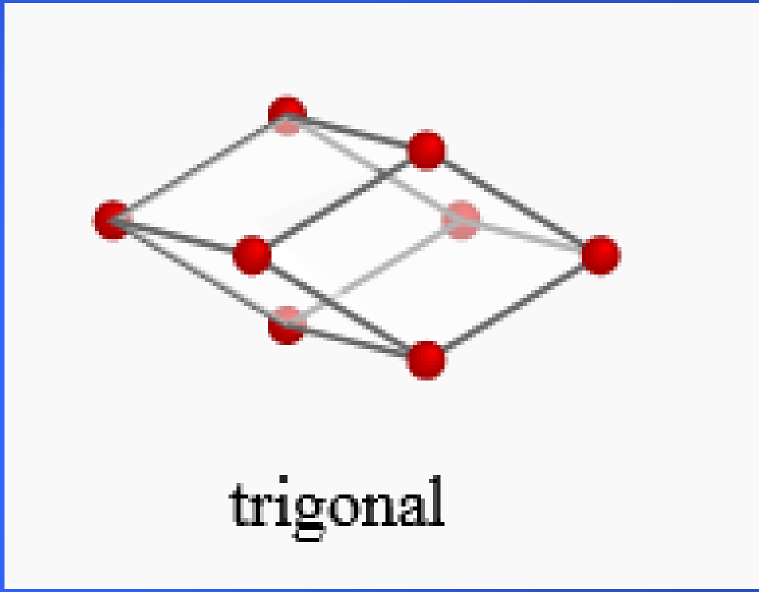


https://www.physics-in-a-nutshell.com/article/6/symmetry-crystal-systems-and-bravais-lattices

ΤΑ 14 ΠΛΕΓΜΑΤΑ BRAVAIS (συν…)

Εξαγωνικό και Τριγωνικό





https://www.physics-in-a-nutshell.com/article/6/symmetry-crystal-systems-and-bravais-lattices

ΤΑ 14 ΠΛΕΓΜΑΤΑ BRAVAIS (συν…)

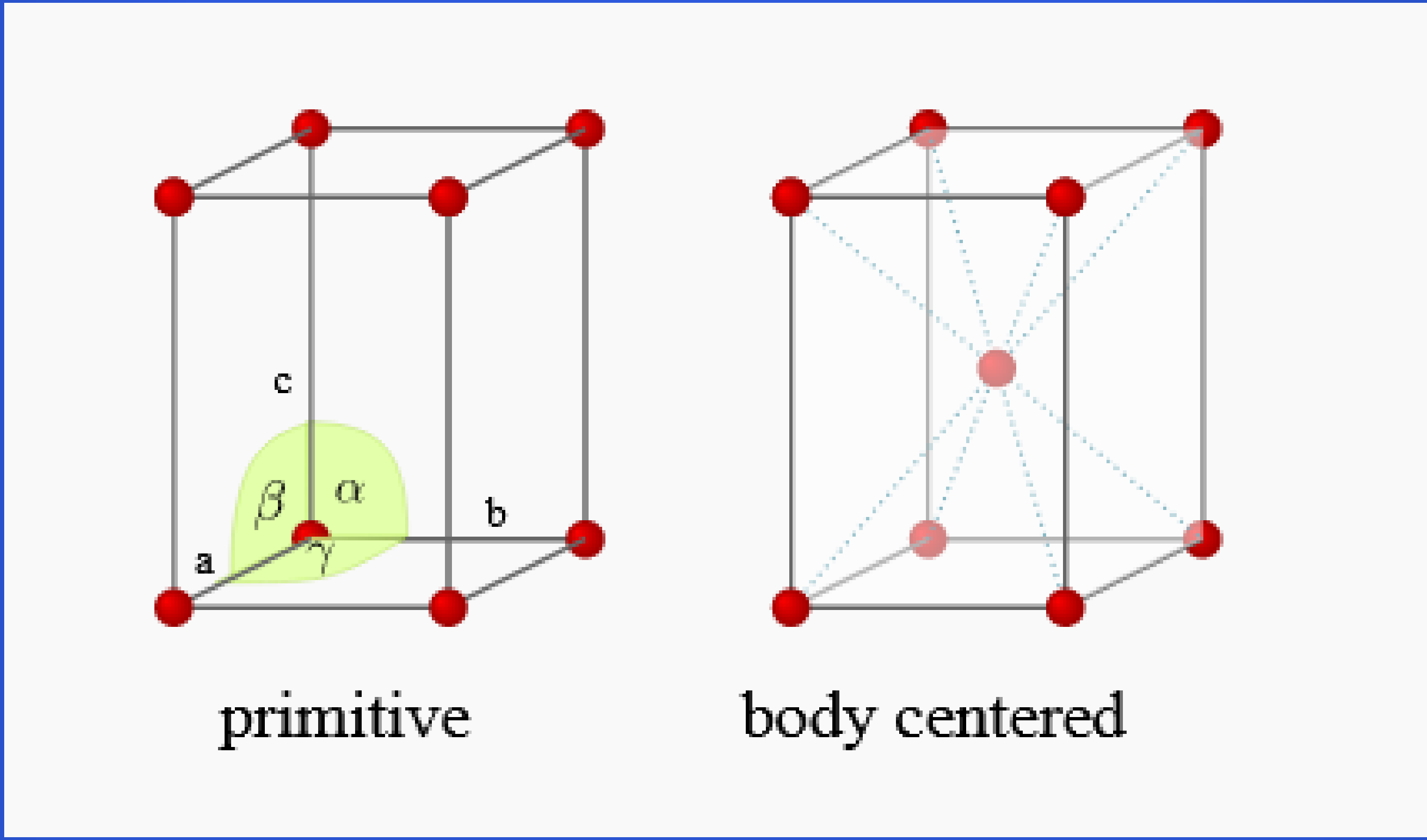
Εξαγωνικό

- Η στοίβαξη εξαγωνικών επιπέδων πλεγμάτων είναι πιο περίπλοκη από τις άλλες στοιβάξεις, διότι τα εξαγωνικά επίπεδα πλέγματα έχουν υψηλότερη συμμετρία.

- Εάν στοιβάξουμε πλέγματα ώστε οι άξονες $6^{ης}$ τάξεως όλων των επιπέδων να συμπίπτουν, παράγουμε τότε ένα απλό εξαγωνικό χωροπλέγμα. Το τρισδιάστατο αποτέλεσμα είναι μια στοιχειώδης κυψελίδα που μοιάζει με ένα ρομβικό πρίσμα ή μια ισοδύναμη εξαγωνική κυψελίδα.

ΤΑ 14 ΠΛΕΓΜΑΤΑ BRAVAIS (συν…)

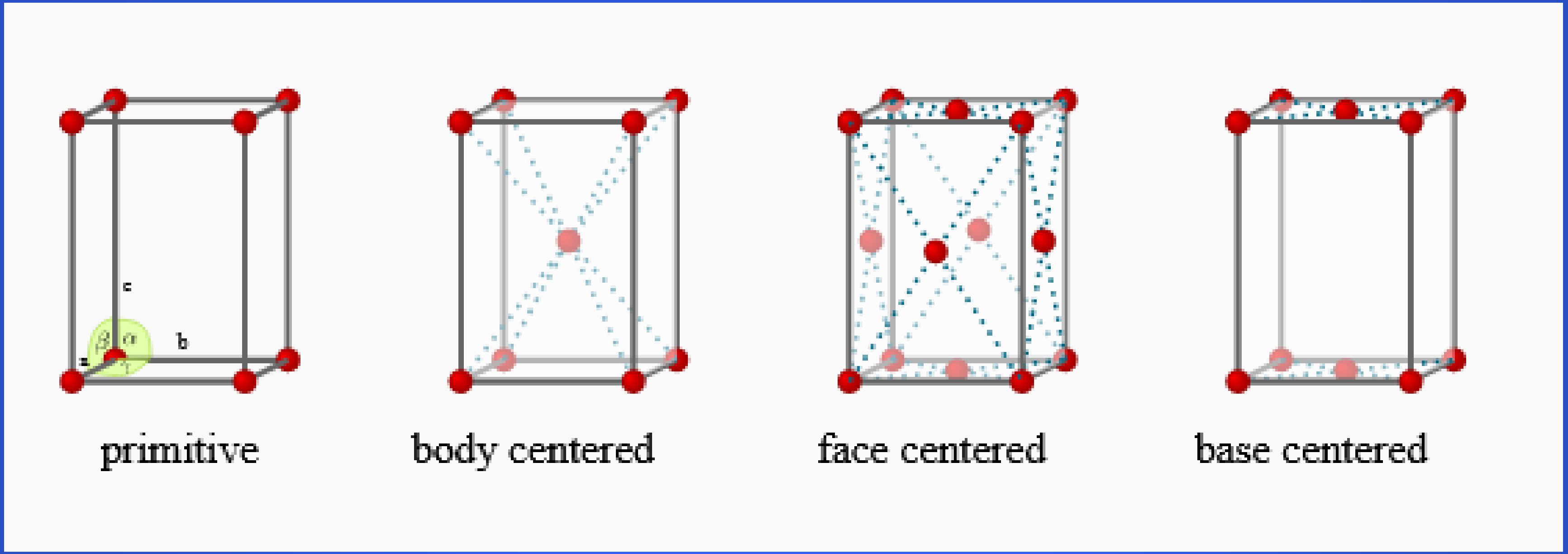
Τετραγωνικό



https://www.physics-in-a-nutshell.com/article/6/symmetry-crystal-systems-and-bravais-lattices

ΤΑ 14 ΠΛΕΓΜΑΤΑ BRAVAIS (συν…)

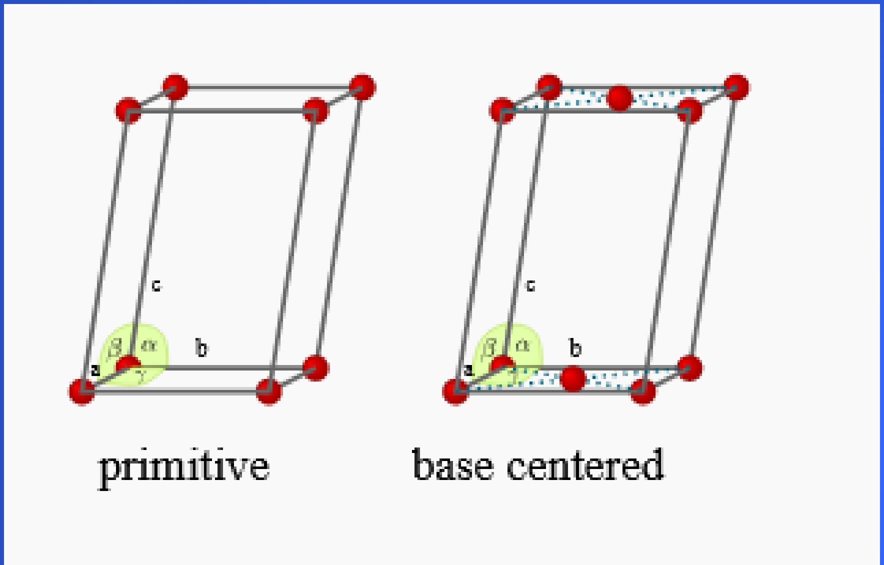
Ρομβικό

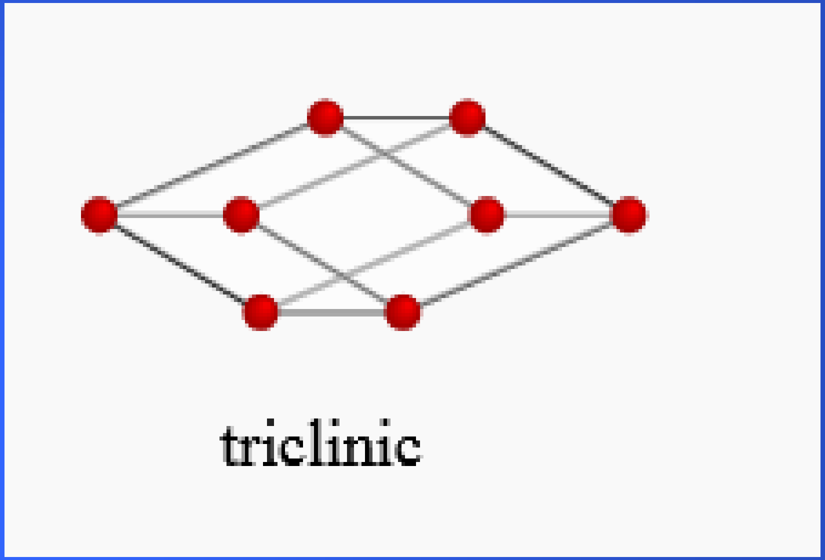


https://www.physics-in-a-nutshell.com/article/6/symmetry-crystal-systems-and-bravais-lattices

ΤΑ 14 ΠΛΕΓΜΑΤΑ BRAVAIS (συν…)

Μονοκλινές και Τρικλινές





https://www.physics-in-a-nutshell.com/article/6/symmetry-crystal-systems-and-bravais-lattices

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ
Συμμετρία χώρου

- Τι πιθανή συμμετρία μπορεί να έχει μια τρισδιάστατη ατομική δομή;

  - Υπάρχουν μόνο 32 δυνατές ομάδες σημείου (τάξεις συμμετρίας)

  - Εδώ εισαγάγουμε τη μετατόπιση ως ένα επιπρόσθετο στοιχείο συμμετρίας και θα συγκροτήσουμε τα 14 πιθανά πλέγματα χώρου που επεκτείνουν τα motifs στον τρισδιάστατο χώρο

  - **Μια ατομική δομή, λοιπόν, συνίσταται από ομάδες ατόμων (motifs) με μια από τις 32 συμμετρίες που επαναλαμβάνονται άπειρες φορές σύμφωνα με ένα από τα 14 πλέγματα χώρου**

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ
Συμμετρία χώρου

- **Έτσι, η συμμετρία μιας κρυσταλλικής δομής εξαρτάται και από τη διευθέτηση των ατόμων σε ένα motif και από τον τύπο του πλέγματος**

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ
Συμμετρία χώρου

- Για να περιγράψουμε τη συμμετρία χώρου, θεωρούμε δύο επιπλέον είδη συμμετρίας

1. **Επίπεδα ολίσθησης (glide plane)**
   Συνδυασμός κατοπτρισμού και της // μετατόπισης προς τον στοίχο του πλέγματος μετατόπισης κατά το ½ της παραμέτρου του στοίχου.

2. **Άξονες ελικώσεως (Screw axis)**
   Συνδυασμός στροφής και μετατόπισης // προς τον άξονα και ίσης με το κλάσμα της περιόδου t του πλέγματος κατά την διεύθυνση του άξονα

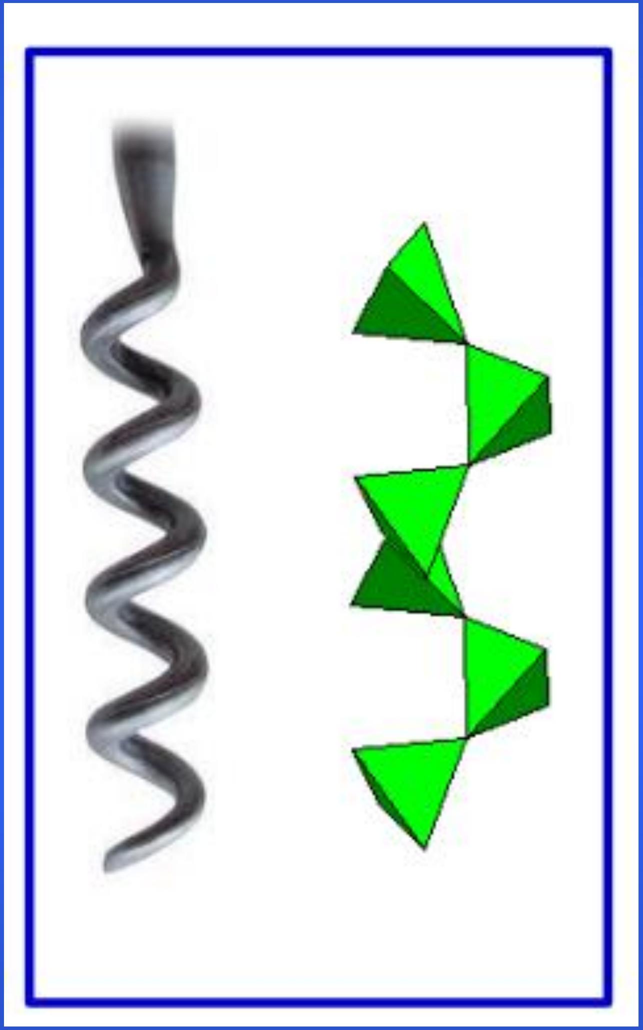
ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ
Συμμετρία χώρου

- Ούτε τα επίπεδα ολίσθησης ούτε οι άξονες ελικώσεως είναι παρόντα στις ομάδες σημείου και τα πλέγματα. Εκδηλώνονται μόνο όταν μότιφ ατόμων και τύποι πλέγματος συνδυάζονται για να παράγουν δομές στον τρισδιάστατο χώρο.

- Όταν συνδυάσουμε αυτούς τους “32 space group operators” (32 ομάδες σημείου) με τα 14 πλέγματα Bravais λαμβάνουμε τις 230 δυνατές ομάδες χώρου (δυνατές συμμετρίες των κρυσταλλικών δομών).

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ

Συμμετρία χώρου



Άξονες ελίκωσης

http://n.ethz.ch/~nielssi/download/4.%20Semester/AC%20II/Unterlagen/symmetry_3D_2.pdf

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ

Συμμετρία χώρου

Επίπεδο κατοπτρισμού   Επίπεδο ολίσθησης