

ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ

- Σας ενημερώνουμε ότι τα μαθήματα που παρέχονται από το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, στο πλαίσιο της εξ αποστάσεως εκπαίδευσης μπορεί να βιντεοσκοποούνται. Η βιντεοσκόπηση πραγματοποιείται για σκοπούς εκπαιδευτικούς και αρχειακούς. Τα βίντεο μπορεί να αναρτηθούν στο διαδίκτυο.
- ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Οι πάροχοι με τους οποίους το ΓΠΑ συνεργάζεται (Microsoft/Teams) σέβονται την νομοθεσία για τα προσωπικά δεδομένα(GDPR).



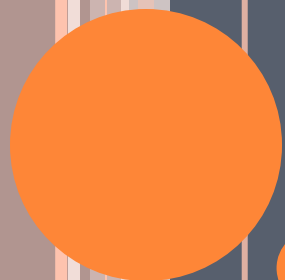
A decorative vertical bar on the left side of the slide, featuring a gradient from light orange to dark blue. It contains several orange circles of varying sizes and a thin white vertical line.

**ΑΣΚΗΣΗ Β3
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΒΙΟΦΥΣΙΚΗΣ**

ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

- Η άσκηση αποτελείται από 2 μέρη.
Ένα θεωρητικό, στο οποίο πρέπει να απαντηθούν ορισμένες ερωτήσεις και ένα πρακτικό, στο οποίο αναλύονται ορισμένες εικόνες με τη βοήθεια προγραμμάτων στον υπολογιστή.





ΜΕΡΟΣ Α

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ



ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΘΛΑΣΙΜΕΤΡΟΥ

- Τα βασικά μέρη του περιθλασίμετρου (Venture D8 Bruker) που υπάρχει στο Εργαστήριο Φυσικής του ΓΠΑ φαίνονται στην εικόνα που ακολουθεί.
- Μπορείτε να βρείτε πολλές φωτογραφίες και περιγραφές του οργάνου στο διαδίκτυο.



ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΘΛΑΣΙΜΕΤΡΟΥ

Ανιχνευτής

κρύσταλλος

πηγή ακτίνων-X
($\lambda=1,54 \text{ \AA}$)

σύστημα ψύξης N₂



Σύστημα κρυσταλλογραφίας Εργαστηρίου Φυσικής ΓΠΑ



ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ

- Το δοχείο Dewar χρησιμεύει για την αποθήκευση υγρού αζώτου με τη βοήθεια του οποίου μπορούμε να επιτύχουμε την ψύξη του υπό μελέτη κρυστάλλου στους 100 K.
- Το άζωτο εξατμίζεται και με τη μορφή αερίου οδηγείται μέσω σωλήνα σε μια έξοδο ακριβώς πάνω από τον κρύσταλλο.



ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ



ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ



Έξοδος αερίου αζώτου

Θέση που τοποθετείται
ο κρύσταλλος



ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ

- Οι ακτίνες X παράγονται από πηγή που στο συγκεκριμένο όργανο είναι ο Cu.
- Αυτό καθορίζει το μήκος κύματος.
- Υπάρχουν και άλλα μέταλλα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν αντί του Cu, με ένα από αυτά να είναι το Μολυβδαίνιο (Mo).
- Η πηγή είναι αερόψυκτη.



ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ



Πηγή ακτίνων Χ

Οι ακτίνες Χ παράγονται
από Cu



ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ

- Οι ακτίνες X αφού παραχθούν εστιάζονται μέσω ενός συστήματος ώστε να δημιουργήσουν μια λεπτή δέσμη η οποία εξέρχεται από έναν κατευθυντήρα (collimator) ακριβώς πάνω στον κρύσταλλο.

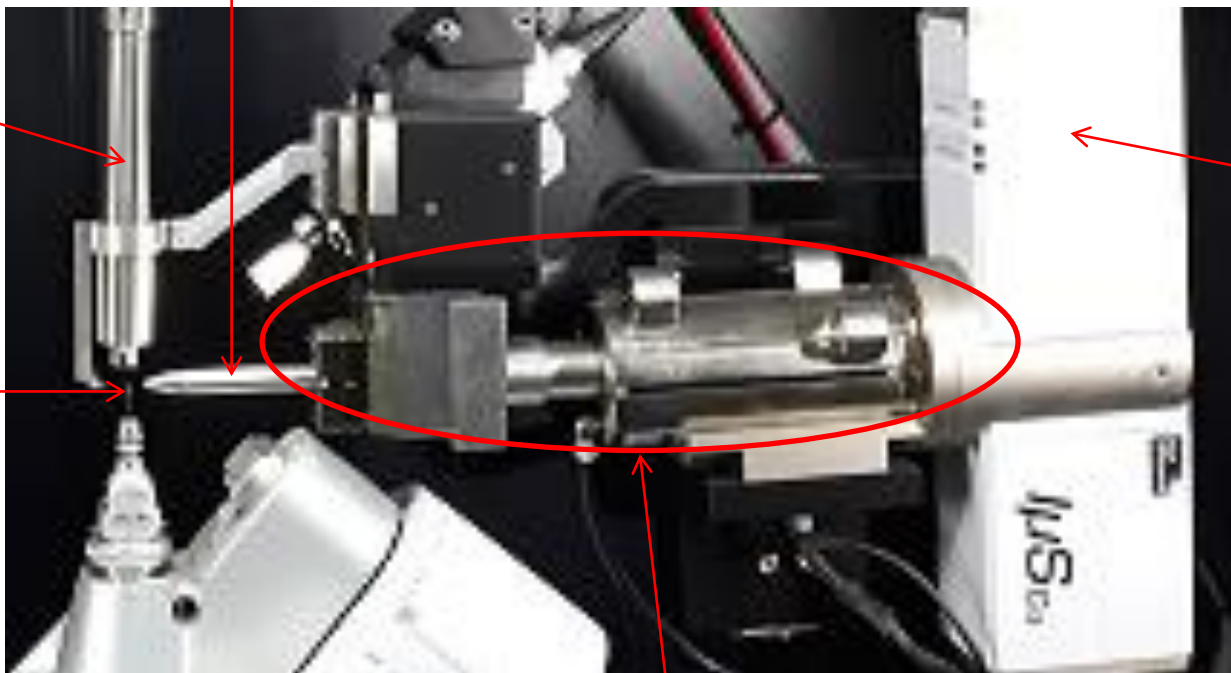


ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ

Collimator

Έξοδος
αερίου
αζώτου
για ψύξη

Πηγή
ακτίνων X



Θέση
κρυστάλλου

Σύστημα εστίασης της δέσμης



ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ

- Ο κρύσταλλος λοιπόν είναι τοποθετημένος σε τέτοια θέση ώστε να βρίσκεται μέσα στη ροή του αζώτου για να ψύχεται και ακριβώς στο κέντρο της λεπτής δέσμης των ακτίνων Χ.
- Η δέσμη δεν κινείται αλλά ο κρύσταλλος βρίσκεται πάνω σε ένα στέλεχος τοποθετημένο πάνω στην γωνιομετρική κεφαλή που βρίσκεται πάνω στην γωνιομετρική τράπεζα.



ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ

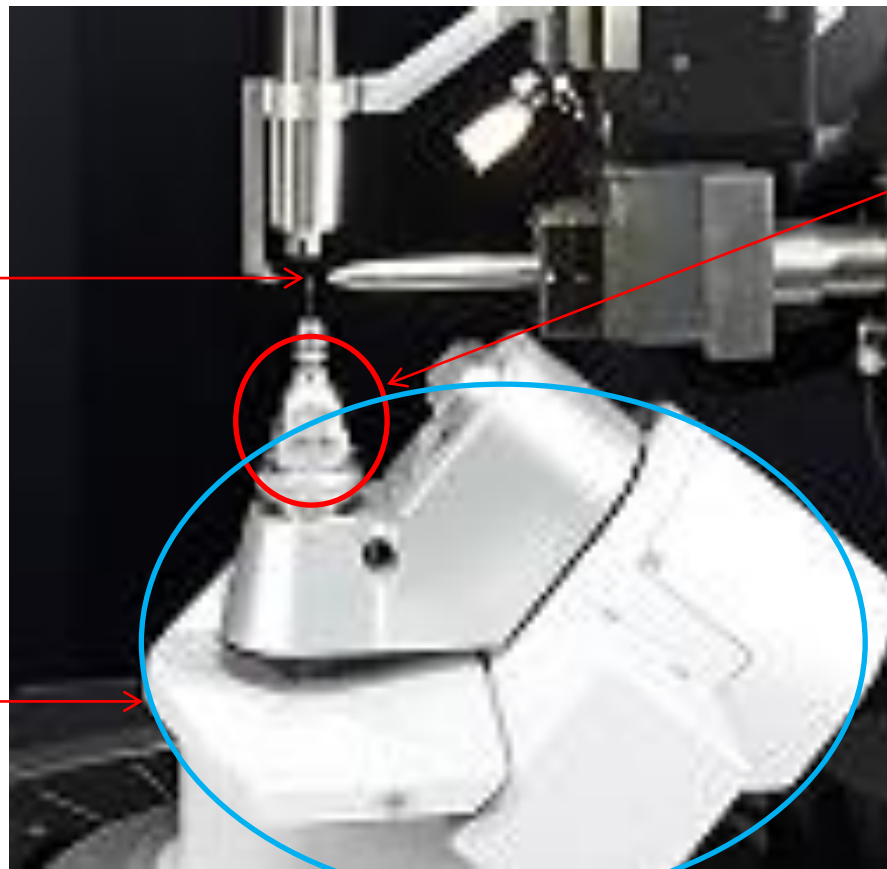
- Η κεφαλή και η τράπεζα μπορούν να στρέφουν τον κρύσταλλο φέρνοντάς τον σε διαφορετικές θέσεις, αλλά διατηρώντας τον πάντα στο κέντρο της δέσμης των ακτίνων Χ.



ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ

Θέση κρυστάλλου
στην τομή του
ρεύματος αζώτου
και των ακτίνων X

Γωνιομετρική
τράπεζα



Γωνιομετρική
κεφαλή



ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ

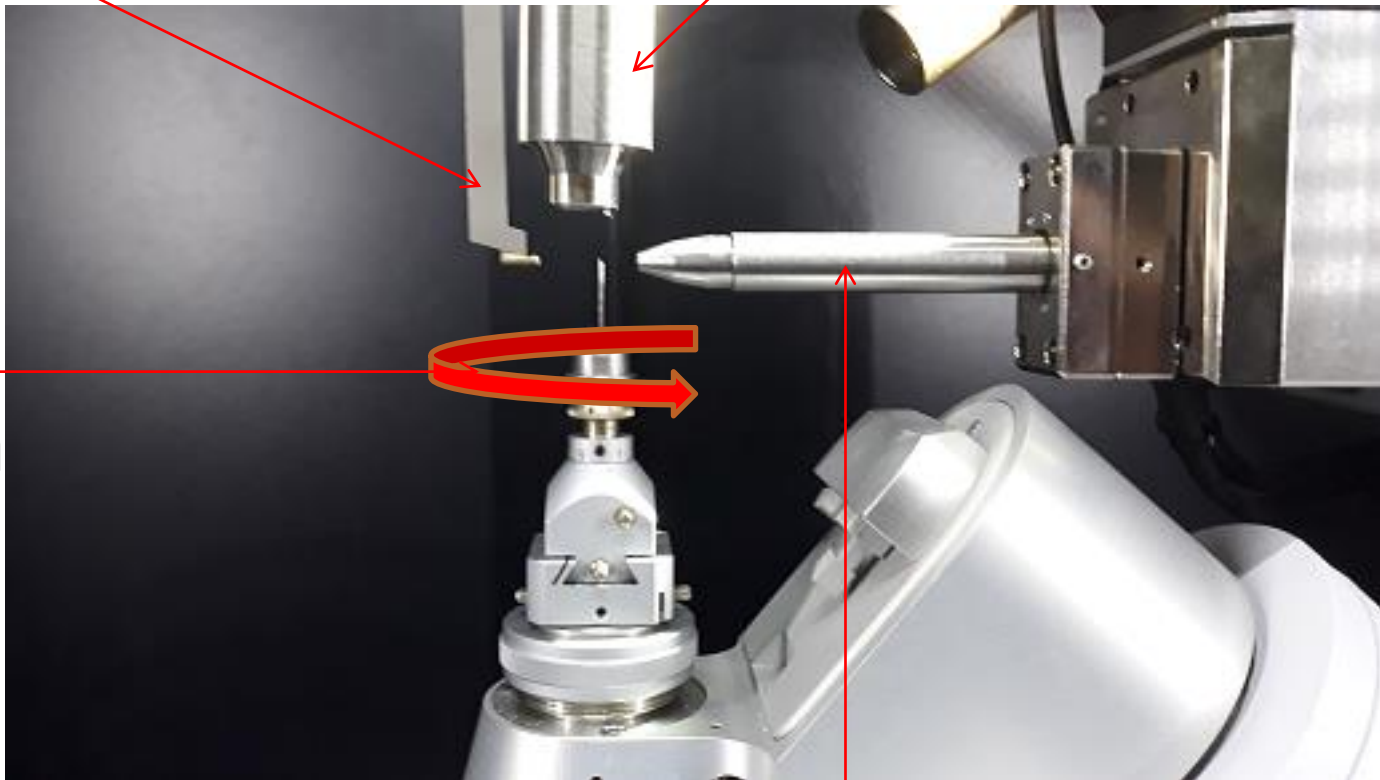
- Πίσω ακριβώς από τον κρύσταλλο υπάρχει το ονομαζόμενο beamstop το οποίο σταματά την απευθείας δέσμη των ακτίνων X που διαπερνά τον κρύσταλλο χωρίς να περιθλαστεί.
- Η γωνιομετρική κεφαλή μπορεί να στρέφεται (μαζί με τον κρύσταλλο) κατά 360° σε μια γωνία που ονομάζεται φ .



ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ

Beamstop

Ροή αζώτου



Γωνία ϕ που
διαγράφει
η γωνιομετρική
κεφαλή

Collimator (έξοδος ακτίνων X)



ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ

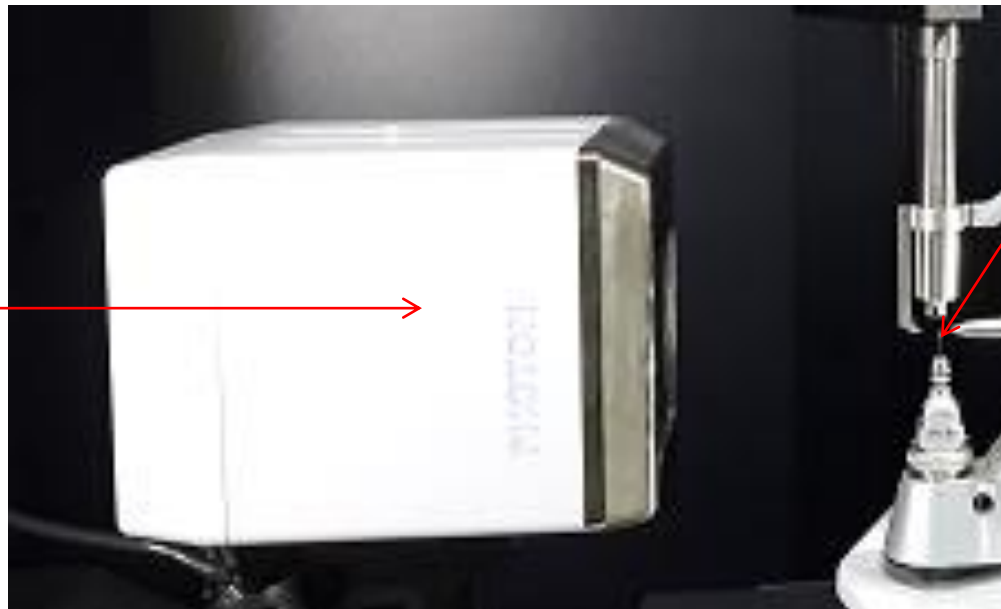
- Οι ακτίνες που περιθλώνται από τον κρύσταλλο (αλλά όχι η δέσμη που διέρχεται μέσα από αυτόν καθώς αυτή προσπίπτει στο beamstop) συλλέγονται από έναν ανιχνευτή που βρίσκεται πίσω από τον κρύσταλλο.
- Ο ανιχνευτής μπορεί να στρέφεται κατά $\pm 90^\circ$ σε μια γωνία που ονομάζεται θ .
- Επίσης ο ανιχνευτής μπορεί να πλησιάζει ή να απομακρύνεται από τον κρύσταλλο.



ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ

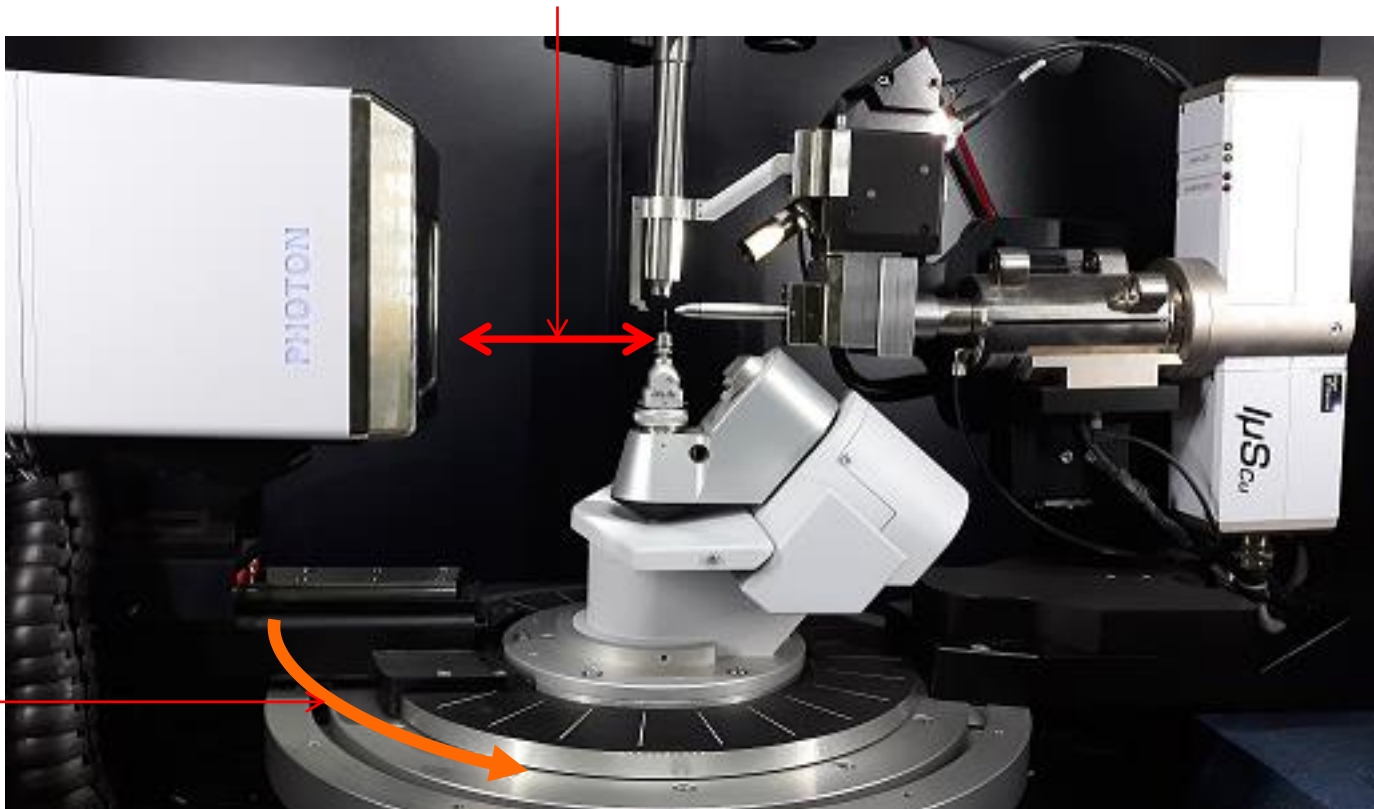
Κρύσταλλος

Ανιχνευτής
ακτίνων X



ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ

Απόσταση ανιχνευτή κρυστάλλου
η οποία μπορεί να μεταβάλλεται



Γωνία θ που
στρέφεται
ο ανιχνευτής



NOMOS BRAGG

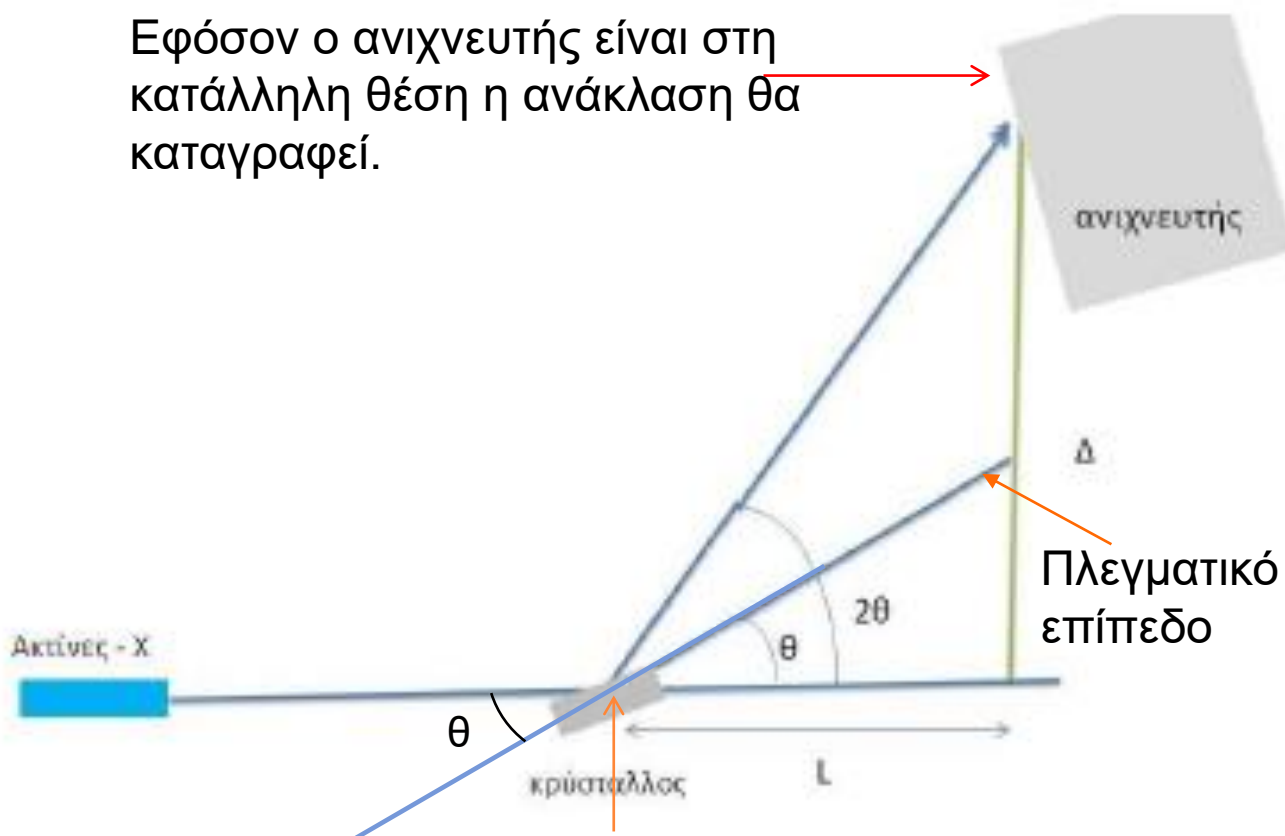
- Στο πείραμα περίθλασης ακτίνων X από κρύσταλλο μας ενδιαφέρουν μόνο οι περιθλώμενες ακτίνες και όχι η ακτινοβολία που διέρχεται μέσα από τον κρύσταλλο χωρίς να περιθλαστεί την οποία και «κόβουμε» με το beamstop.
- Πολλές φορές αυτές τις περιθλώμενες ακτίνες τις ονομάζουμε και ανακλάσεις εξαιτίας της ερμηνείας που έδωσε ο Bragg στο φαινόμενο μέσω της ομώνυμης εξίσωσης.

NOMΟΣ BRAGG

- Για την ερμηνεία αυτή δείτε τις διαφάνειες του μαθήματος κρυσταλλογραφίας (παρουσίαση Κρυσταλλογραφία2.pdf του κ. Καρπούζα).
- Αυτό που γίνεται λοιπόν, είναι ότι μεταβάλλοντας τη γωνία φ , φέρουμε διαφορετικά επίπεδα σε κατάλληλη γωνία θ ώστε να δώσουν ανάκλαση.
- Εφόσον ο ανιχνευτής είναι στην κατάλληλη γωνία 2θ η ανάκλαση θα καταγραφεί.

NOMOS BRAGG

Εφόσον ο ανιχνευτής είναι στη κατάλληλη θέση η ανάκλαση θα καταγραφεί.



Περιστρέφοντας τον κρύσταλλο με τη βοήθεια της γωνιομετρικής κεφαλής φέρνω διαδοχικά τα διάφορα κρυσταλλικά επίπεδα σε θέση για να δώσουν ανάκλαση (ικανοποιούν το νόμο του Bragg)



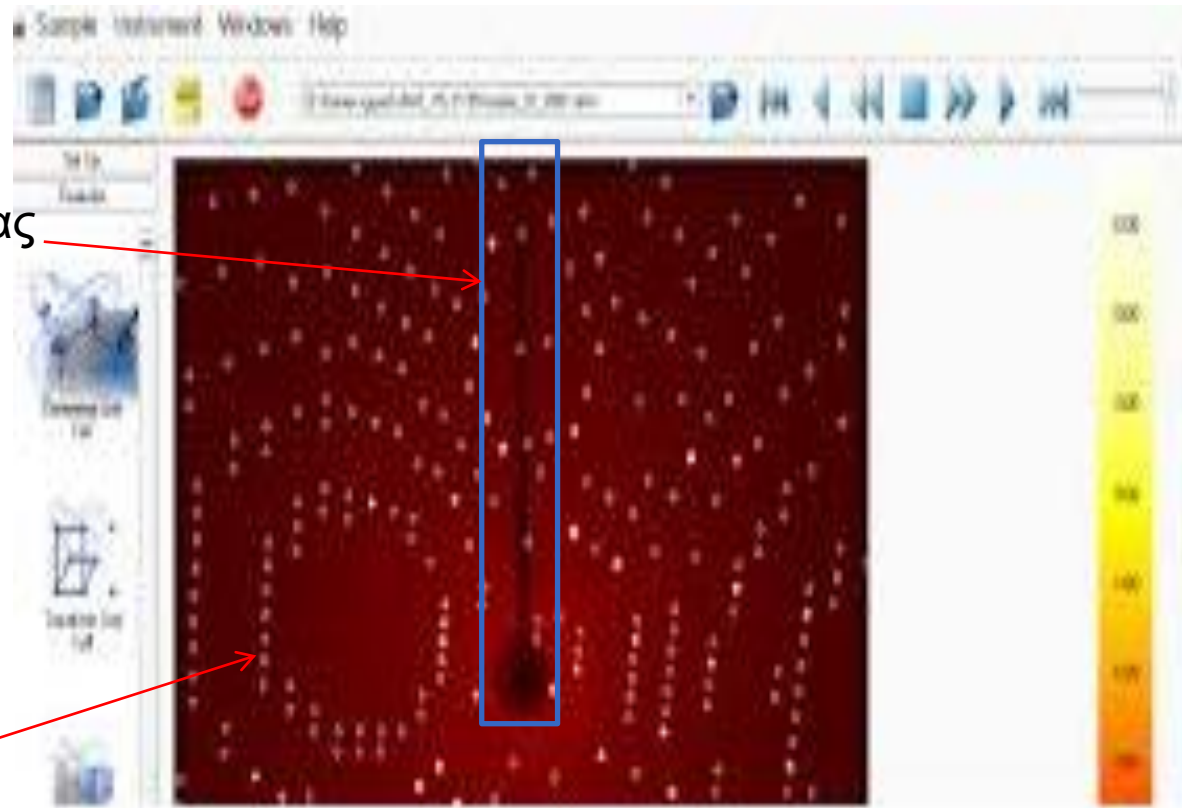
ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ & ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

- Τα δεδομένα καταγράφονται από τον ανιχνευτή που λειτουργεί παρόμοια με μια κάμερα CCD.
- Οι κάμερες αυτές «μεταφράζουν» την ένταση της ακτινοβολίας που προσπίπτει σε κάθε pixel σε ένταση ρεύματος που μεταφέρεται σε ένα υπολογιστή και δίνει μια εικόνα με τα σημεία που έχουμε περίθλαση αλλά και την έντασή της.



ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ & ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η σκιά αυτή δείχνει τη θέση του beamstop που κόβει την απευθείας δέσμη.



Σημεία στα οποία έχω περίθλαση

Σε άλλα σημεία έχω ισχυρή ένταση και σε άλλα ασθενή ένταση



ΕΝΤΑΣΕΙΣ & ΘΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΝΑΚΛΑΣΕΩΝ

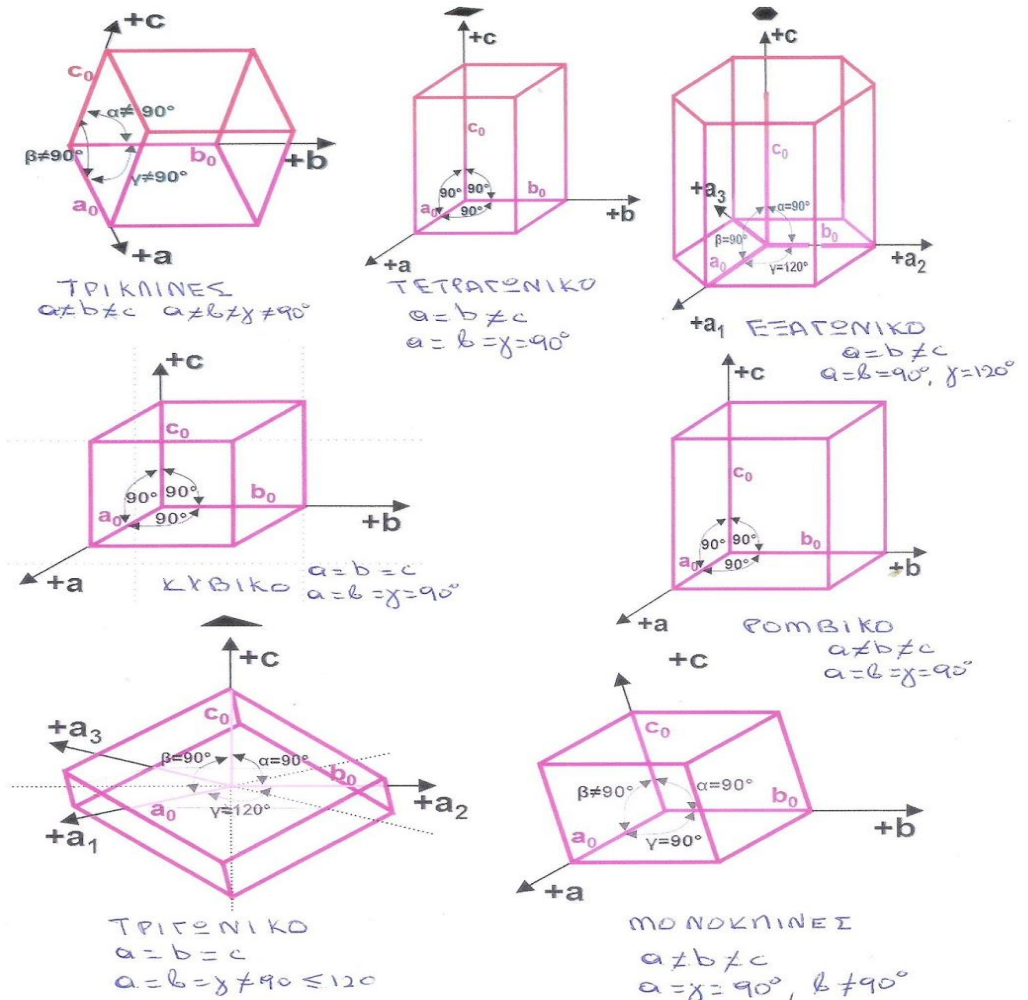
- Υπάρχουν δύο διακριτές πληροφορίες που μπορούμε να εξαγάγουμε από ένα τέτοιο πείραμα.
- Κατά πρώτον είναι οι θέσεις που εμφανίζονται οι ανακλάσεις από όπου μπορούμε να πάρουμε πληροφορίες για τη μοναδιαία κυψελίδα του στερεού και πιο συγκεκριμένα για τη μορφή της (κύβος, ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο) και τις διαστάσεις της.



ΕΝΤΑΣΕΙΣ & ΘΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΝΑΚΛΑΣΕΩΝ

- Τα επτά είδη κυψελίδων από τις οποίες δημιουργούνται όλοι οι κρύσταλλοι.

7 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΣΤΡΩΣ



ΕΝΤΑΣΕΙΣ & ΘΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΝΑΚΛΑΣΕΩΝ

- Στο πρακτικό μέρος της άσκησης θα προσπαθήσετε ακριβώς να προσδιορίσετε, από κατάλληλες εικόνες, το κρυσταλλικό σύστημα (δηλ. το σχήμα και τις διαστάσεις της μοναδιαίας κυψελίδας) σε μια περίπτωση στερεού.



ΕΝΤΑΣΕΙΣ & ΘΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΝΑΚΛΑΣΕΩΝ

- Κατά δεύτερο λόγο, οι εντάσεις των ανακλάσεων μπορούν να μας δώσουν πληροφορίες για το είδος και τις θέσεις των ατόμων εντός του κρυστάλλου.
- Η ανάλυση αυτή είναι πολύ πιο δύσκολη και χρονοβόρα και δεν θα ασχοληθούμε εδώ με αυτή.



ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ

- Το σύστημα ψύξης με το υγρό άζωτο είναι κρίσιμης σημασίας κυρίως στην περίπτωση που ο κρύσταλλός μας είναι από κάποιο μόριο βιολογικής σημασίας (π.χ. πρωτεΐνη).
- Ο πρώτος του ρόλος είναι να προστατεύει τον κρύσταλλο από τις ακτίνες X που σε διαφορετική περίπτωση θα «έλυαν» τον κρύσταλλο σε πολύ μικρό χρόνο.



ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ

- Ο δεύτερος ρόλος του είναι να μειώνει τη θερμική κίνηση των ατόμων στον κρύσταλλο με συνέπεια τα δεδομένα που συγκεντρώνουμε να είναι καλύτερης ποιότητας και να μας επιτρέπουμε να δούμε με μεγαλύτερη λεπτομέρεια τη δομή του κρυστάλλου.
- Ουσιαστικά με τον τρόπο αυτό μπορούμε να επιτύχουμε καλύτερη διακριτική ικανότητα.



ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΕ ΕΙΚΟΝΑ ΠΕΡΙΘΛΑΣΗΣ

- Σύμφωνα με τον νόμο του Bragg, οι «ανάκλασεις» εμφανίζονται όταν ικανοποιείται η σχέση:

$$2 \cdot d \cdot \sin\theta = n \cdot \lambda$$

- Η διακριτική ικανότητα ορίζεται από την μικρότερη απόσταση d , μεταξύ των πλεγματικών επιπέδων από τα οποία καταγράφεται μια ανάκλαση.



ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΕ ΕΙΚΟΝΑ ΠΕΡΙΘΛΑΣΗΣ

- Πολύ εύκολα διαπιστώνει κανείς, από την εξίσωση Bragg, ότι καθώς $d \downarrow$ θα πρέπει, δεδομένου ότι $\lambda =$ σταθερό, το $\sin\theta \uparrow$, επομένως και $\theta \uparrow$.
- Αυτό σημαίνει ότι οι ανακλάσεις από πλεγματικά επίπεδα με μικρό d (ανακλάσεις υψηλής διακριτικής ικανότητας) θα εμφανίζονται σε μεγάλη γωνιά θ .



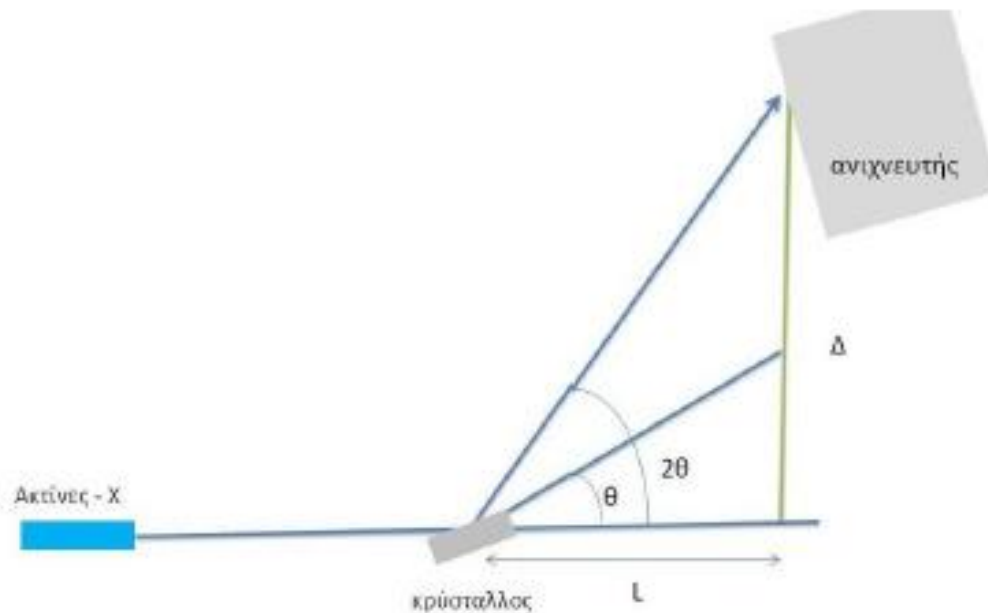
ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΕ ΕΙΚΟΝΑ ΠΕΡΙΘΛΑΣΗΣ

- Η γεωμετρία του πειράματος όμως, που περιγράφεται από το διπλανό σχήμα, δείχνει ότι για να καταγραφεί μια τέτοια ανάκλαση θα πρέπει ο ανιχνευτής να βρίσκεται σε μεγάλη γωνία θ .



ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΕ ΕΙΚΟΝΑ ΠΕΡΙΘΛΑΣΗΣ

- Αυτό σημαίνει ότι οι ανακλάσεις αυτές θα εμφανίζονται εξωτερικά, μακριά από το κέντρο, στις εικόνες που καταγράφει ο ανιχνευτής.



ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΕ ΕΙΚΟΝΑ ΠΕΡΙΘΛΑΣΗΣ

- Για να προσδιορίσουμε λοιπόν την ανάκλαση που ορίζει το όριο της διακριτικής ικανότητας μιας φωτογραφίας, πρέπει να εντοπίσουμε την ανάκλαση που είναι πιο μακριά από το κέντρο της φωτογραφίας. Στην συνέχεια πηγαίνοντας το δείκτη του ποντικιού πάνω στη συγκεκριμένη ανάκλαση, σε μια εικόνα περίθλασης, θα διαβάσουμε απευθείας την απόσταση d που ορίζει τη διακριτική ικανότητα.



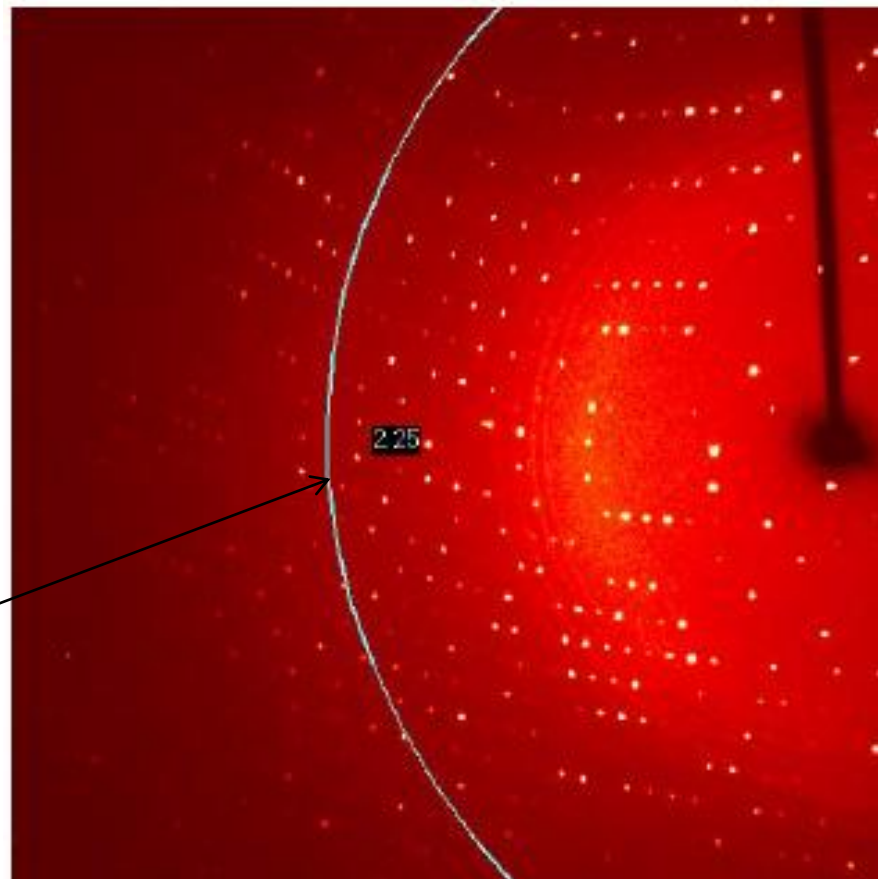
ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΕ ΕΙΚΟΝΑ ΠΕΡΙΘΛΑΣΗΣ

- Μια άλλη λύση είναι να επιλέξουμε το εργαλείο του κύκλου μεταβαλλόμενης ακτίνας που κάθε στιγμή μας δείχνει, καθώς αλλάζει η ακτίνα του, σε ποια διακριτική ικανότητα ανήκουν οι ανακλάσεις που στη συγκεκριμένη θέση βρίσκονται στην περιφέρεια του κύκλου.



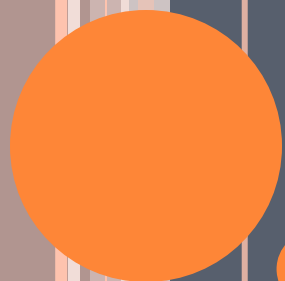
ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΕ ΕΙΚΟΝΑ ΠΕΡΙΘΛΑΣΗΣ

○ Σχηματικά



Ο κύκλος για τη μέτρηση της διακριτικής ικανότητας σε μια θέση





ΜΕΡΟΣ Β

ΠΡΑΚΤΙΚΟ



ΕΙΚΟΝΕΣ ΠΡΟΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

- Οι εικόνες που θα χρησιμοποιηθούν στο πρακτικό μέρος της άσκησης υπάρχουν στην ηλεκτρονική τάξη του μαθήματος της Βιοφυσικής, στα έγγραφα, στον φάκελο με τον τίτλο Άσκηση Β3.
- Πρόκειται για εικόνες από ένα πείραμα περίθλασης που έχουν δημιουργηθεί μετά από ορισμένη επεξεργασία.



ΕΙΚΟΝΕΣ ΠΡΟΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

- Ουσιαστικά οι εικόνες αυτές συνιστούν μια εικόνα του αντίστροφου πλέγματος.
- Για την ιδέα του αντίστροφου πλέγματος δείτε την παρουσίαση Κρυσταλλογραφία2.pdf του μαθήματος Βιοφυσικής από τον κ. Καρπούζα.





ΜΕΡΟΣ Β

**ΣΧΟΛΙΑ/ΥΠΟΔΕΙΞΕΙΣ ΣΤΑ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ
ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ**

ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΝΑΚΛΑΣΕΩΝ 0 6 5 & 0 -5 3

- Δείτε την ιδέα του αντίστροφου πλέγματος και σκεφτείτε σε ποια από τις τρεις φωτογραφίες πρέπει να καταφύγετε για να εντοπίσετε τις συγκεκριμένες ανακλάσεις με δεδομένο ότι $h = 0$.



ΠΟΙΑ ΤΑ ΠΙΘΑΝΑ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

- Ανοίξτε διαδοχικά τις 3 φωτογραφίες και δείτε το σχήμα στο οποίο διατάσσονται οι γειτονικές ανακλάσεις σε κάθε μια. Σημειώστε για κάθε φωτογραφία το σχήμα και τις γωνίες (αν είναι 90° ή όχι).



ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ ΤΗΣ ΚΥΨΕΛΙΔΑΣ

- Χρησιμοποιήστε το πρόγραμμα Paint προκειμένου να μετρήσετε σε κάθε άξονα την απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών ανακλάσεων Δ_h , Δ_k , Δ_l .
- Επειδή η απόσταση αυτή θα έχει μεγάλο σφάλμα αν μετρηθεί από δύο διαδοχικές ανακλάσεις, για το λόγο αυτό μετράμε για παράδειγμα την απόσταση μεταξύ 8 κηλίδων και διαιρούμε με 7 για να βρούμε την απόσταση μεταξύ 2 κηλίδων.




ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ ΤΗΣ ΚΥΨΕΛΙΔΑΣ

- Προσοχή στο γεγονός ότι θα πρέπει να μετατρέψετε την απόσταση αυτή σε mm.
- Έχοντας αυτές τις τρεις αποστάσεις υπολογίστε τις αντίστοιχες γωνίες θ από τη σχέση

$$\theta = \frac{1}{2} \cdot \arctan\left(\frac{\Delta}{L}\right)$$

- Στη συνέχεια έχοντας τρεις γωνίες θ , υπολογίστε την απόσταση d από τη σχέση

$$d = \frac{\lambda}{2 \cdot \sin\theta}$$


ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ ΤΗΣ ΚΥΨΕΛΙΔΑΣ

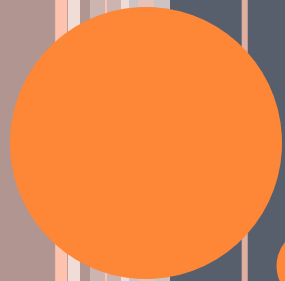
- Οι αποστάσεις που προσδιορίσατε είναι οι διαστάσεις της μοναδιαίας κυψελίδας.
- Τα L και λ δίνονται στην άσκηση.



ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΥΜΜΕΤΡΙΑΣ

- Προσδιορίστε με τον τρόπο που αναφέρει η άσκηση στοιχεία συμμετρίας του κρυστάλλου.



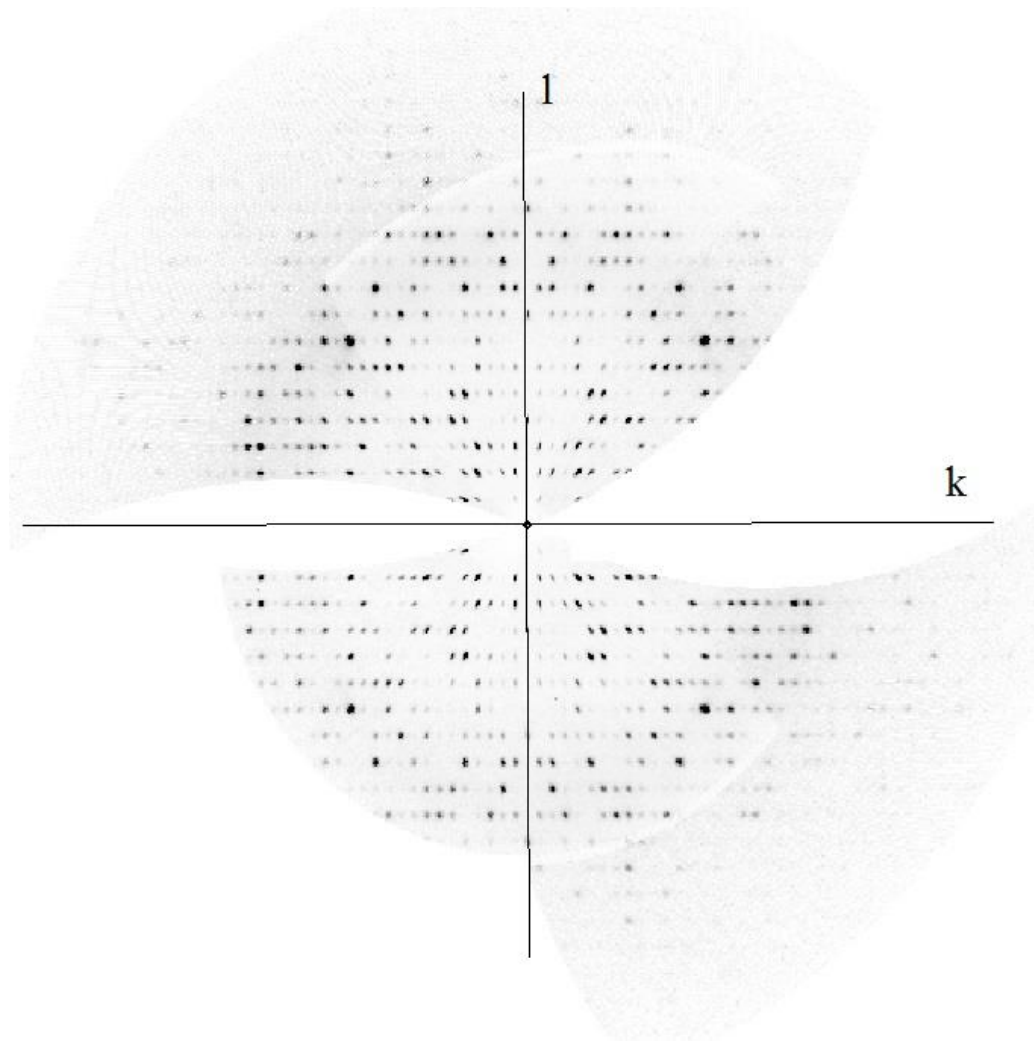


ΜΕΡΟΣ Β

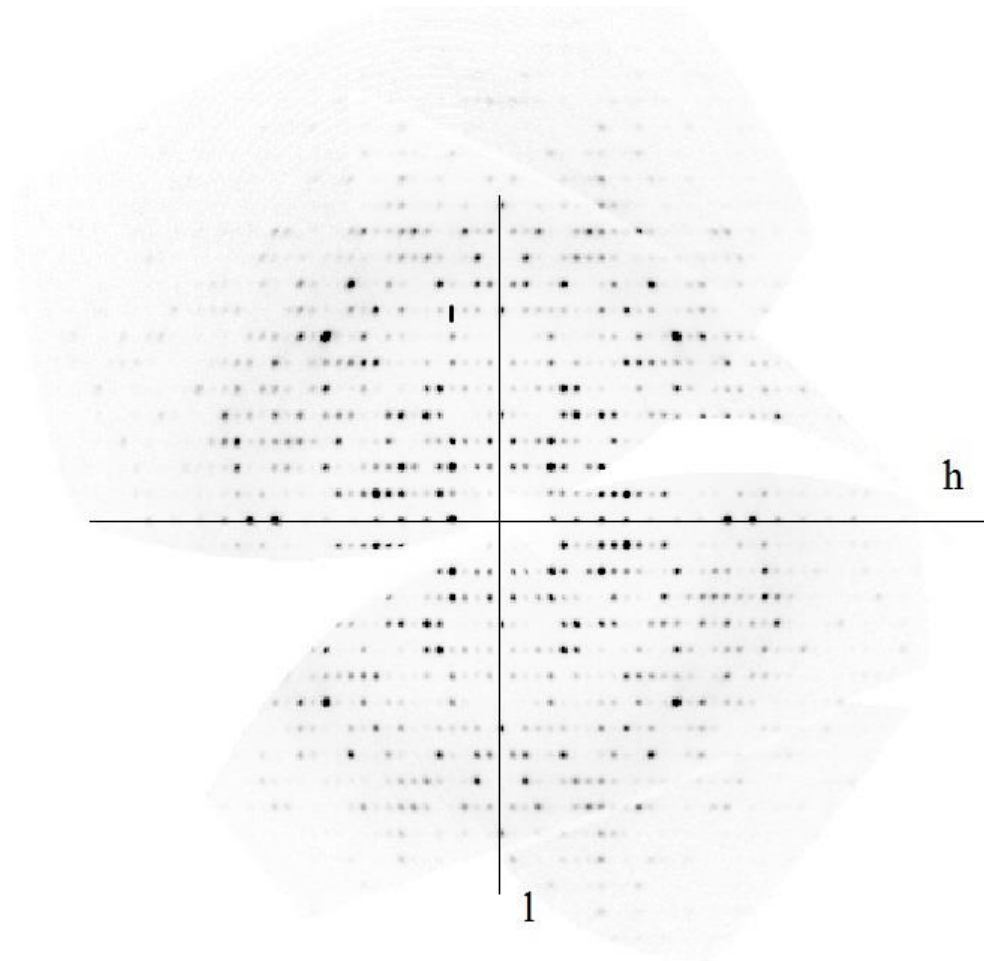
ΕΙΚΟΝΕΣ ΠΡΟΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ



OKL.JPEG



HOL.JPEG



HK0.JPEG

