

## ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

### Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΑΠΟ ΔΥΟ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΠΗΓΕΣ ΚΑΙ Η ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ TRACKS ΕΝΟΣ CD.

#### Στόχοι

Οι μαθητές:

1. Να διαπιστώσουν ότι το φως δίνει εικόνες συμβολής και να το συσχετίσουν με την συμβολή μηχανικών κυμάτων από σύγχρονες πηγές.
2. Να προσεγγίσουν την ιδέα ότι με χρήση της κατάλληλης ακτινοβολίας μπορούν να μελετηθούν «μη ορατές λεπτομέρειες» αντικειμένων, όπως η δομή των κρυστάλλων.

#### Υλικά

- Ένα φύλλο λευκό χαρτόνι (ή εναλλακτικά ο πίνακας της αίθουσας)
- Ένας συμπαγής δίσκος CD «γραμμένος»
- Ένα laser pointer

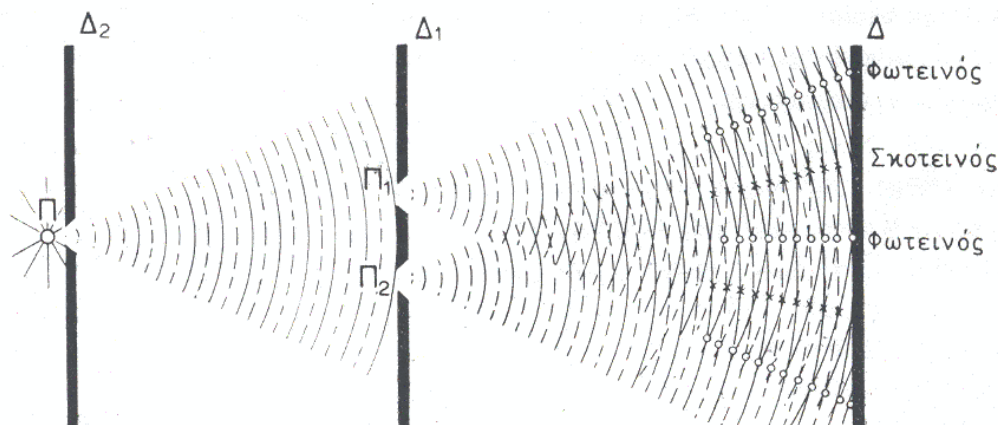
#### Απαιτούμενες γνώσεις

Η Συμβολή κυμάτων που παράγονται από σύγχρονες πηγές και τα παρακάτω πρόσθετα στοιχεία θεωρίας.

*Συμβολή φωτός - Το πείραμα της διπλής σχισμής του Young*

Λόγω της κυματικής φύσης του φωτός, δύο φωτεινές πηγές μπορούν να δώσουν φαινόμενα συμβολής. Για να έχουμε κροσσούς σε σταθερές θέσεις θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε σύμφωνες πηγές.

Ο Thomas Young, το 1801, ήταν ο πρώτος που επέδειξε φαινόμενα συμβολής και θεμελίωσε την κυματική φύση του φωτός. Δημιούργησε σύμφωνες πηγές σύμφωνα με τη διάταξη του παρακάτω σχήματος.



Σχήμα 1

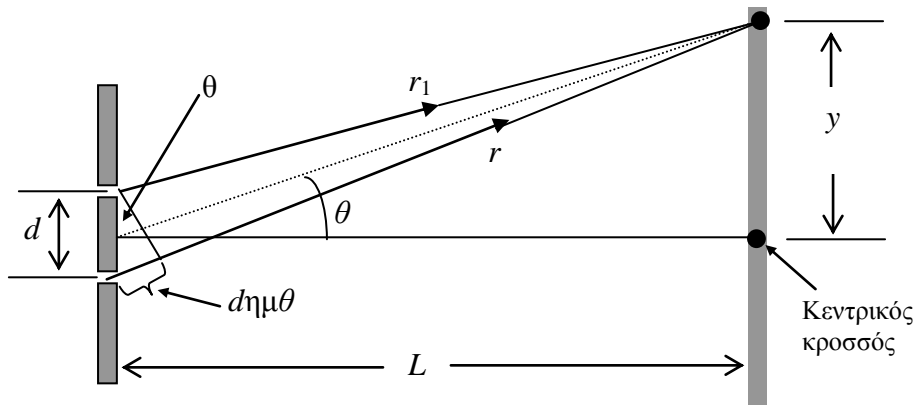
Κατά τα γνωστά (από τη συμβολή κυμάτων από σύμφωνες πηγές) ενισχυτική συμβολή (φωτεινό κροσσό) έχουμε όταν

$$r_1 - r_2 = n\lambda \quad \text{με } n=0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (1)$$

Οι ακτίνες  $r_1, r_2$  είναι σχεδόν παράλληλες και επομένως είναι

$$r_1 - r_2 = d\sin\theta \quad (2)$$

Συνεπώς, ενισχυτική συμβολή (φωτεινό κροσσό) έχουμε όταν



Σχήμα 2

$$d\sin\theta = n\lambda \quad \text{με } n=0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (3)$$

Αν πρόκειται για τον πλησιέστερο φωτεινό κροσσό στον κεντρικό (κροσσός 1<sup>ης</sup> τάξης) είναι  $n=1$  και άρα

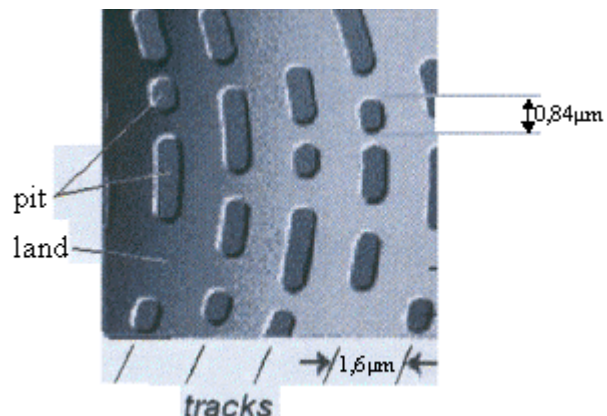
$$d\sin\theta = \lambda \quad (4)$$

και κάτι ακόμα...

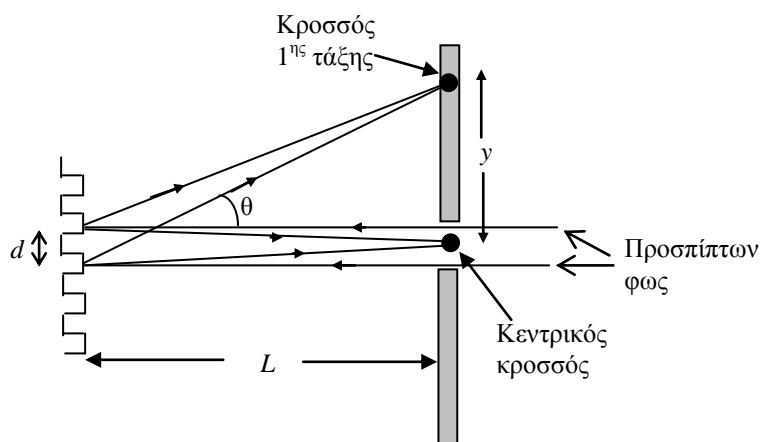
Αν αυξήσουμε το πλήθος των σχισμών στο πείραμα του Young λέμε ότι έχουμε περίθλαση / συμβολή από φράγμα περίθλασης. Η συσκευή με τις περισσότερες από δύο σχισμές λέγεται φράγμα περίθλασης. Όταν μονοχρωματικό φως πέσει πάνω σε φράγμα περίθλασης στην οθόνη θα σχηματιστεί μια σειρά κροσσών συμβολής όπως και στην περίπτωση των δύο σχισμών. Η θέση των κέντρων των φωτεινών κροσσών δεν μεταβάλλεται, δηλαδή και πάλι καθορίζεται από τη σχέση (3). Γενικά, το φαινόμενο της περίθλασης / συμβολής παρατηρείται όταν τα εμπόδια ή οι σχισμές έχουν διαστάσεις σχεδόν της ίδιας τάξης μεγέθους με το μήκος κύματος των διαδιδόμενων κυμάτων.

#### Ο συμπαγής δίσκος CD

Η επιφάνεια ενός CD είναι λεία και μπορεί να ανακλά το φως που πέφτει πάνω του. Τα δεδομένα αποθηκεύονται σε ομόκεντρους κύκλους (tracks) που έχουν χαραχτεί πάνω στην επιφάνεια του CD. Τα tracks στα κανονικά,



μικρής χωρητικότητας CD απέχουν  $d=1,6\mu\text{m}$ . Ένα τέτοιο σύστημα γραμμών αποτελεί ιδανικό φράγμα περίθλασης για το φως που ανακλάται πάνω στην επιφάνεια του CD. Κάθε σημείο του CD που ανακλά το φως αποτελεί μια δευτερογενή πηγή φωτός και η μαθηματική ανάλυση είναι ανάλογη με αυτή που έγινε παραπάνω.



Σχήμα 3

Για το κροσσό 1<sup>ης</sup> τάξης ισχύει η σχέση (4), δηλαδή  $\lambda=d\eta\mu\theta$ , όπου

$$\eta\mu\theta = \frac{y}{\sqrt{L^2 + y^2}}$$

συνεπώς

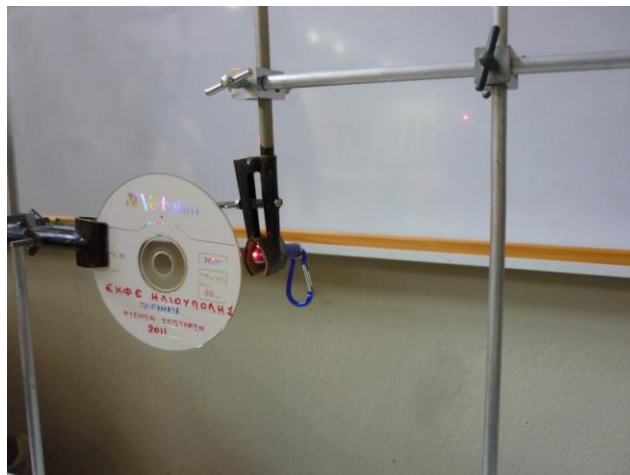
$$\lambda = d \frac{y}{\sqrt{L^2 + y^2}}$$

Αν επιδιώκουμε να υπολογίσουμε πειραματικά την απόσταση  $d$  μεταξύ των tracks, μετρώντας τα  $y$ ,  $L$  και γνωρίζοντας το μήκος κύματος  $\lambda$  (ή μετρώντας το με το φασματόμετρο), λύνουμε την προηγούμενη σχέση ως προς  $d$

$$d = \lambda \frac{\sqrt{L^2 + y^2}}{y} \quad (5)$$

### Η πειραματική διαδικασία

1. Στερεώστε το CD και το laser pointer, μπροστά από τον πίνακα, όπως φαίνεται στην παρακάτω φωτογραφία. Με αυτό τον τρόπο δημιουργήσατε τη διάταξη της οποίας η κάτωψη παριστάνεται στο σχήμα 3.



2. Φροντίστε ο κεντρικός κροσσός μόλις να μην «κρύβεται» οριακά από το laser pointer και οι δύο κροσσοί 1<sup>ης</sup> τάξης να ισαπέχουν από τον κεντρικό κροσσό, όπως φαίνεται στην παρακάτω φωτογραφία. Αυτό επιτυγχάνεται αν το CD είναι παράλληλο με τον πίνακα και η δέσμη του φωτός να πέφτει κάθετα στο CD.



3. Μετρείστε κατόπιν τα μήκη  $L$  (απόσταση CD - πίνακα) και  $y$  (απόσταση του κροσσού 1<sup>ης</sup> τάξης από τον κεντρικό κροσσό) και σημειώστε τις τιμές στον πίνακα

του φύλλου απαντήσεων. Επαναλάβετε την μέτρηση για τρεις τιμές της απόστασης  $L$  π.χ. 70cm, 120cm και 170cm.



4. Σημειώστε στον πίνακα την τιμή του μήκος κύματος  $\lambda$  του φωτός του laser. Αυτή η τιμή είτε αναγράφεται πάνω στο laser pointer από τον κατασκευαστή ή μπορείτε να τη μετρήσετε με το φασματόμετρο.
5. Στη συνέχεια από τη σχέση (5) υπολογίστε στο φύλλο απαντήσεων για κάθε μέτρηση την τιμή της απόστασης  $d$  μεταξύ των tracks.
6. Υπολογίστε, στο φύλλο απαντήσεων, την μέση τιμή της απόστασης  $d$  σε  $\mu\text{m}$ .
7. Στη βιβλιογραφία δίνεται ότι  $d=1,6\mu\text{m}$ . Υπολογίστε, στο φύλλο απαντήσεων, το % σχετικό σφάλμα.

#### ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ

Η παραπάνω πειραματική διάταξη μπορεί να τροποποιηθεί και να αντικατασταθούν τα τρία πρώτα βήματα της παραπάνω διαδικασίας ως ακολούθως:

1. Στο κέντρο ενός λευκού χαρτονιού (πετάσματος) ανοίξτε μια μικρή τρύπα για να περνά το φως του laser pointer. Στερεώστε το χαρτόνι και βάλτε το laser pointer πίσω από το χαρτόνι. Απέναντι από την τρύπα στερεώστε το CD κατακόρυφο όπως φαίνεται στην εικόνα.



2. Φροντίστε το φως να ανακλάται σε μια οριζόντια διάμετρο και ο κεντρικός κροσσός να είναι στην τρύπα (το φως τότε πέφτει κάθετα στο CD). Ρυθμίστε την απόσταση  $L$  μεταξύ χαρτονιού και CD και την κλίση του CD, ώστε στο χαρτόνι να δείτε τους δύο πρώτους κροσσούς εκατέρωθεν του κεντρικού (σε ίσες αποστάσεις).



3. Μετρείστε κατόπιν τα μήκη  $L$  (απόσταση CD - πετάσματος) και  $y$  (απόσταση του κροσσού 1<sup>ης</sup> τάξης από την τρύπα - σχήμα 3) και σημειώστε τις τιμές στον παρακάτω πίνακα. Επαναλάβετε την μέτρηση για τρεις τιμές της απόστασης  $L$ , φροντίζοντας να μην «πέσουν» οι κροσσοί έξω από το πέτασμα.

Στη συνέχεια ακολουθείτε τα βήματα 4,5,6 και 7 της προηγούμενης διαδικασίας.

**ΦΥΛΛΟ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ****Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΑΠΟ ΔΥΟ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΠΗΓΕΣ ΚΑΙ Η ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ TRACKS ΕΝΟΣ CD.**

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ:

ΣΧΟΛΕΙΟ:

ΤΑΞΗ:

1. Συμπληρώστε τον πίνακα με τις μετρήσεις και τους υπολογισμούς που κάνατε ακολουθώντας τα βήματα της πειραματικής διαδικασίας.

A/A	$L$	$y$	$\lambda$	$d$
1				
2				
3				

2. Υπολογίστε σε  $\mu\text{m}$  την μέση τιμή της απόστασης  $d$ .

.....

.....

.....

.....

3. Στη βιβλιογραφία δίνεται ότι  $d=1,6\mu\text{m}$ . Υπολογίστε το % σχετικό σφάλμα.

.....

.....

.....

.....

4. Κάντε κάποιες υποθέσεις για τους παράγοντες στους οποίους μπορεί να οφείλεται το παραπάνω σφάλμα.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

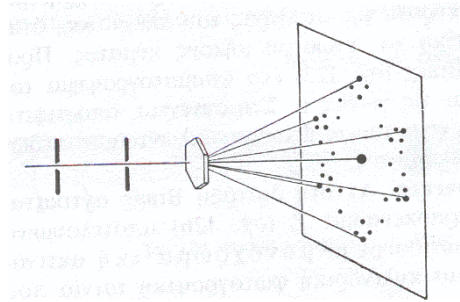
.....

5. Σας δίνεται το παρακάτω κείμενο από το οποίο λείπει το όνομα μιας ακτινοβολίας

... οι αποστάσεις ανάμεσα στα άτομα των στερεών είναι της τάξης του  $10^{-10}$  m. Έτσι, ο Laue διατύπωσε την ιδέα ότι μια σειρά ατόμων ενός κρυστάλλου θα μπορούσε να παίξει τον ρόλο φράγματος περίθλασης / συμβολής για ..... Πειράματα που έγιναν απέδειξαν την ορθότητα της ιδέας αυτής. Οι εικόνες περιθλάσεως που λαμβάνονται όμως με τον τρόπο αυτό είναι πολύ σύνθετες εξαιτίας της τρισδιάστατης δομής του κρυστάλλου.

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται μια πειραματική διάταξη για τη μελέτη εικόνων περίθλασης / συμβολής ..... από κρυστάλλους.

Μια παράλληλη δέσμη .... προσπίπτει πάνω σε έναν κρύσταλλο, π.χ. χλωριούχου νατρίου. Στις διευθύνσεις όπου η συμβολή είναι ενισχυτική, η ακτινοβολία είναι πολύ έντονη και τούτο συμβαίνει



διότι συμβάλλουν ενισχυτικά ... που ανακλάστηκαν από τα ατομικά επίπεδα του κρυστάλλου. Οι περιθλώμενες .... ανιχνεύονται με φωτογραφικό φιλμ και με την προσεκτική εξέταση και μελέτη της θέσης και της έντασης των κηλίδων στο φιλμ εξαγάγουμε συμπεράσματα για την κρυσταλλική δομή...

Αφού διαβάσετε το κείμενο ανατρέξτε στο σχολικό σας βιβλίο και από τη μελέτη του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας κάντε υποθέσεις για το ποια είναι η ακτινοβολία που αναφέρεται στο κείμενο και γιατί;

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....