

Διπλή διάθλαση και πόλωση

Επίδειξη

Σκοπός

Με την άσκηση αυτή, οι μαθητές μπορούν να επιβεβαιώσουν πειραματικά, τη διπλοθλαστικότητα που παρουσιάζει ο κρύσταλλος του ασβεστίτη. Με αφορμή και μόνο τη παρατήρηση του διαθλώμενου φωτός μπορεί να ενεργοποιηθεί το ενδιαφέρον των μαθητών, για τη θεωρητική εξήγηση του φαινομένου. Τα απαιτούμενα όργανα είναι ένας κρύσταλλος ασβεστίτη και ένα πολωτικό φίλτρο που διαθέτουν όλα τα σχολικά εργαστήρια.

Πειραματική διαδικασία

- Παίρνουμε ένα λευκό φύλλο χαρτιού.
- Χαράζουμε με το μολύβι μια ευθεία γραμμή.
- Τοποθετούμε πάνω από τη γραμμή τον κρύσταλλο του ασβεστίτη.
- Περιστρέφουμε τον κρύσταλλο πάνω από τη γραμμή.
- Παρατηρούμε.....

Παρατηρούμε “περίεργα” φαινόμενα όπως: Η μία γραμμή διαχωρίζεται σε δύο. Καθώς περιστρέφουμε τον κρύσταλλο, το ένα είδωλο της γραμμής περιστρέφεται αντίστοιχα, ενώ για μια χαρακτηριστική διεύθυνση του κρυστάλλου εμφανίζεται μόνο μία γραμμή.

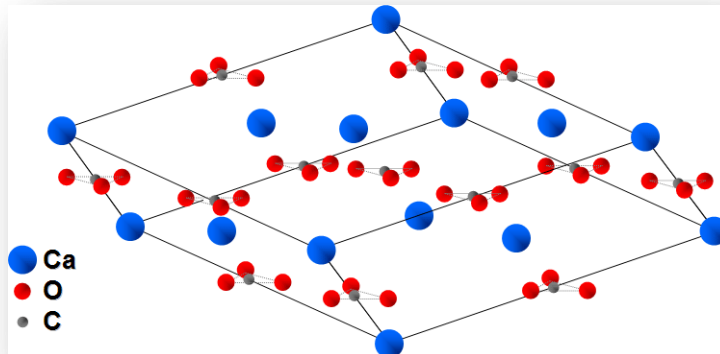


Ερμηνεία του φαινομένου

Το φαινόμενο της **διπλής διάθλασης** (*birefringence*) παρατηρείται σε οπτικώς ανισότροπα μέσα. Δηλαδή σε μέσα των οποίων οι οπτικές ιδιότητες μεταβάλλονται με τη διεύθυνση. Για μια όμως ορισμένη διεύθυνση γύρω από την οποία η διάταξη των ατόμων είναι συμμετρική και συμπίπτει με ένα κρυσταλλογραφικό άξονα του κρυστάλλου δεν εμφανίζονται φαινόμενα διπλής διάθλασης. Η διεύθυνση αυτή ονομάζεται **οπτικός άξονας** (*optical axis*). Οι κρύσταλλοι των σωμάτων αυτών που έχουν ένα μόνο οπτικό άξονα ονομάζονται μονάξονες κρύσταλλοι. Ένας τέτοιος κρύσταλλος είναι και ο ασβεστίτης.

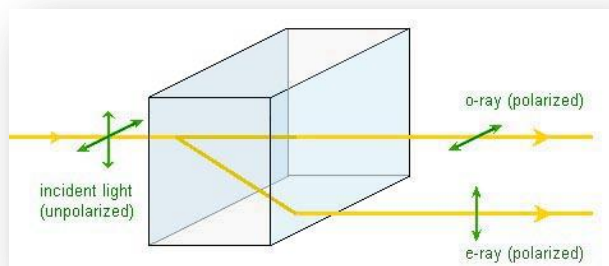
Η μεγάλη διπλοθλαστικότητα του ασβεστίτη οφείλεται στο γεγονός ότι όλες οι ομάδες CO_3 βρίσκονται σε επίπεδα κάθετα ως τον οπτικό άξονα. Εξαιτίας της ιδιόρρυθμης διάταξης

των ατόμων του, ο ασβεστίτης σχίζεται εύκολα σε επίπεδα κάθετα ως προς τρεις διαφορετικές διευθύνσεις. Το σχήμα που θα προκύψει



είναι ένα ρομβόεδρο του οποίου η κάθε έδρα είναι παραλληλόγραμμο με γωνίες $78^\circ 5'$ και $101^\circ 55'$. Ο οπτικός άξονας του κρυστάλλου περνά από την κορυφή της αμβλείας στερεάς γωνίας του ρομβόεδρου.

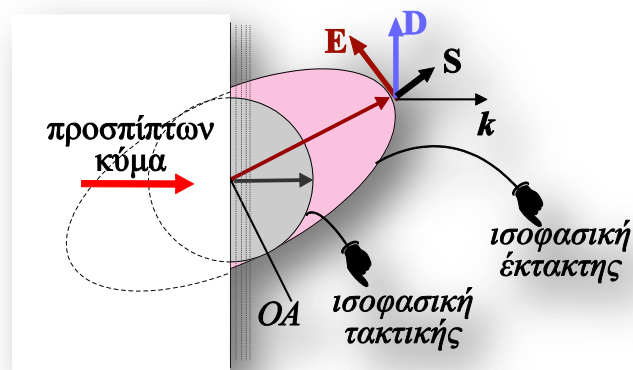
Όταν μια ακτίνα φυσικού φωτός συναντά κάθετα μια έδρα του κρυστάλλου χωρίζεται σε δύο ακτίνες. Η μια από αυτές η **τακτική -ο-** (*ordinary wave*) περνά μέσα από τον κρύσταλλο χωρίς εκτροπή όπως προβλέπει και ο νόμος της διάθλασης, ενώ η άλλη η **έκτακτη -ε-** (*extraordinary wave*) παρά το γεγονός της κάθετης πρόσπτωσης, εκτρέπεται χωρίς να φαίνεται ότι υπακούει στο νόμο της διάθλασης. Και οι δύο ακτίνες είναι γραμμικά πολωμένες με επίπεδα πόλωσης κάθετα μεταξύ τους, κάτι που μπορούμε να διαπιστώσουμε αν τοποθετήσουμε πάνω από τον κρύσταλλο ένα πολωτικό φίλτρο. Περιστρέφοντάς το, είναι δυνατόν να εξαφανίσουμε τη μία από τις δύο γραμμές.



Εικόνα 6.20

Πώς όμως είναι δυνατόν ο νόμος του Snell να ισχύει για την μία ακτίνα και να μην ισχύει για την άλλη; Στο ερώτημα αυτό μπορεί να δοθεί απάντηση αν δεχτούμε ότι ο νόμος της διάθλασης αναφέρεται στις κάθετες επί των επιφανειών κύματος και όχι στις ίδιες τις ακτίνες.

Το μέτωπο κύματος της τακτικής ακτίνας θα διαδίδεται με σταθερή ταχύτητα $v_o = \frac{c}{n_o}$, σχηματίζοντας μια σφαιρική επιφάνεια, ενώ το μέτωπο κύματος της έκτακτης ακτίνας θα διαδίδεται με ταχύτητα της οποίας η τιμή μεταβάλλεται



συνεχώς από $v_o = \frac{c}{n_o}$, κατά μήκος του οπτικού άξονα σε $v_e = \frac{c}{n_e}$, προς όλες τις διευθύνσεις τις κάθετες προς αυτόν. Το μέτωπο κύματος της έκτακτης θα έχει σχήμα ελλειψοειδούς. Οι δύο επιφάνειες θα εφάπτονται σε δύο σημεία διαμετρικά αντίθετα, αφού για μια ορισμένη διεύθυνση που ταυτίζεται με τον οπτικό άξονα οι ταχύτητες διάδοσης της τακτικής και έκτακτης είναι ίσες.

Ο νόμος του Snell μπορούμε να πούμε ότι ισχύει και για τα ανισότροπα μέσα, αν στη θέση των ταχυτήτων των ακτίνων πάρουμε τις συνιστώσες των ταχυτήτων κατά την κάθετη διεύθυνση επί την επιφάνεια κύματος. Οι συνιστώσες αυτές συμπίπτουν με τις ταχύτητες φάσεως v_p (και έχουν τη διεύθυνση του k). Στο σχήμα δηλ. για κάθετη πρόσπτωση δεν παρατηρούμε φαινόμενα διάθλασης αφού οι επιφάνειες κύματος εκτός και εντός του κρυστάλλου διατηρούνται παράλληλες¹.

¹ Ι. Σπυριδέλλης, Οπτική, Θεσσαλονίκη, Γιαχούδη 1985 (σελ. 108-123)