Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας

Επιστημονική Φωτογραφία (Ε)

Ενότητα 1: Οπτικό πρίσμα, μελέτη χαρακτηριστικών

Αθανάσιος Αραβαντινός

Τμήμα Φωτογραφίας & Οπτικοακουστικών Τεχνών

Το περιεχόμενο του μαθήματος διατίθεται με άδεια Creative Commons εκτός και αν αναφέρεται διαφορετικά

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.

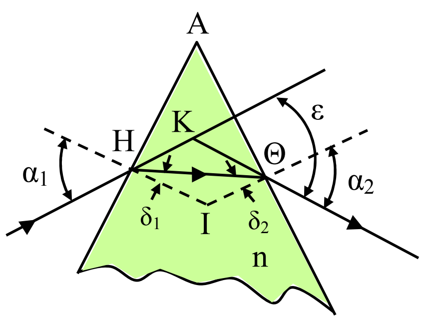
1. Εισαγωγή

Όταν δέσμη λευκού φωτός προσπέσει σε ένα πρίσμα τότε κάθε μήκος κύματος διαθλάται σύμφωνα με τον αντίστοιχο δείκτη διάθλασης του υλικού του πρίσματος για το συγκεκριμένο μήκος κύματος. Στην βασική αυτή αρχή στηρίζεται η λειτουργία του πρίσματος διάθλασης που μελετά από θεωρητική άποψη, και η συγκεκριμένη άσκηση. Αναλυτικά στην άσκηση γίνεται διεξοδική αναφορά στην θέση ελάχιστης εκτροπής και στην αξιοποίηση της θέσης αυτής προκειμένου να υπολογιστεί ο απόλυτος δείκτης διάθλασης του πρίσματος. Επίσης ορίζονται τα φασματοσκοπικά χαρακτηριστικά ενός οπτικού πρίσματος όπως : η προκαλούμενη κάθε φορά μεγέθυνση, η γωνιακή διασπορά αλλά και ο χρωματικός διαχωρισμός.

2. Θεωρία

Πρίσμα ονομάζουμε κάθε διαφανές, ομογενές και ισότροπο οπτικό μέσο που περιορίζεται από δυο επίπεδες, διαθλαστικές επιφάνειες οι οποίες σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία Α (θλαστική γωνία του πρίσματος). Οι επίπεδες αυτές επιφάνειες καλούνται έδρες του πρίσματος, ενώ κάθε επίπεδο κάθετο στην ακμή του πρίσματος θεωρείται κύρια τομή αυτού.

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται αναλυτικά η πορεία φωτεινής ακτίνας μονοχρωματικού φωτός που προσπίπτει στο σημείο Η της πρώτης έδρας ενός πρίσματος υπό γωνία α_1 και αναδύεται στο σημείο Θ της άλλης έδρας υπό γωνία α_2. Η συγκεκριμένη πορεία της φωτεινής ακτίνας θεωρούμε ότι βρίσκεται στο ίδιο ακριβώς επίπεδο μιας κύριας τομής του πρίσματος. Το γεγονός αυτό εξασφαλίζεται από το ότι



συμβαίνουν δυο διαδοχικές διαθλάσεις στις περιοχές Η και Θ αντίστοιχα. Το πρίσμα θεωρείται ότι βρίσκεται στο κενό ή στον αέρα όπου (κατά προσέγγιση) ο δείκτης διάθλασης είναι ίσος με την μονάδα.

Εάν η γωνιακή εκτροπή της δέσμης συμβολίζεται με την γωνία ε για το πρίσμα με δείκτη διάθλασης n, τότε ισχύουν οι εξής σχέσεις :

$1 \sin\alpha_1 = n \sin\delta_1$, $1 \sin\alpha_2 = n \sin\delta_2$ και ακόμη :

$A = \delta_1 + \delta_2$, $\varepsilon = \alpha_1 + \alpha_2 - A$.

Το ζευγάρι των δυο πρώτων σχέσεων εκφράζει την εφαρμογή του νόμου του Snell στα σημεία Η και Θ, εισόδου και εξόδου αντίστοιχα από το πρίσμα ενώ οι άλλες δυο σχέσεις οφείλουν την ύπαρξή τους στη γεωμετρία των τριγώνων ΗΚΘ και ΘΙΗ. Η θεωρία αποδεικνύει αλλά και το πείραμα επιβεβαιώνει ότι η γωνία εκτροπής ε εξαρτάται από τον δείκτη διάθλασης n του υλικού, την γωνία προσπτώσεως $α_1$ όπως και την θλαστική γωνία Α του πρίσματος. Μάλιστα η εκτροπή αυτή λαμβάνει την ελάχιστη τιμή της όταν η γωνία προσπτώσεως είναι ακριβώς ίση με την γωνία αναδύσεως δηλαδή ισχύει : $α_1 = α_2$ (= α) οπότε και : $δ_1 = δ_2$ (= δ).

Οι αρχικές λοιπόν σχέσεις στην θέση ελάχιστης εκτροπής του πρίσματος μετατρέπονται στις εξής : n = (sinα) / (sinδ), Α = 2δ και $ε_{min} = 2α – Α$, έτσι ο απόλυτος δείκτης διάθλασης n του πρίσματος υπολογίζεται από την αναλυτική σχέση :

$$n = \sin [(ε_{min} + A) / 2] / \sin (A/2)$$

Γίνεται λοιπόν φανερό ότι προκειμένου να υπολογιστεί ο δείκτης διάθλασης n ενός πρίσματος θλαστικής γωνίας Α από άγνωστο υλικό αρκεί να προσδιοριστεί πειραματικά η ελάχιστη γωνία εκτροπής $ε_{min}$.

2.1 Αναλυτικός υπολογισμός της συνάρτησης ε = f($α_1$, A, n)

Ο υπολογισμός αυτός γίνεται για οπτικό πρίσμα με δείκτη διάθλασης n σε περιβάλλον αέρα. Από τον νόμο του Snell στο σημείο εξόδου Θ έχω :

$$1 \sin α_2 = n \sin δ_2 = n \sin(A – δ_1) = n \{ \sin A \cos δ_1 – \sin δ_1 \cos A\} =$$

$$= n \{ \sin A (1- \sin^2 δ_1)^{½} - (\sin α_1 \cos A) / n \} =$$
$$= n \{ \sin A (1 – [\sin^2 α_1] / n^2)^{1/2} - (\sin α_1 \cos A) / n \} \text{ οπότε και}$$
$$\sin α_2 = \sin A (n^2 – \sin^2 α_1)^{1/2} - \sin α_1 \cos A \text{ και έτσι :}$$

$$α_2 = \arcsin \{ \sin A (n^2 – \sin^2 α_1)^{1/2} - \sin α_1 \cos A \}$$

Διότι μάλιστα ισχύει : $ε = α_1 + α_2 – Α$ η γωνία εκτροπής ε υπολογίζεται αναλυτικά από την σχέση :

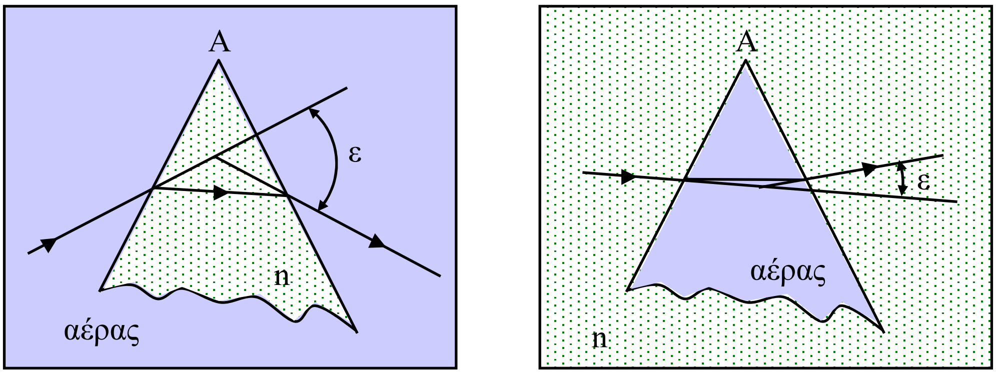
Η αντίστοιχη της προηγούμενης σχέσης για πρίσμα από αέρα που όμως τώρα περιβάλλεται από οπτικά πυκνότερο, διαφανές μέσο με δείκτη διάθλασης n όμοια αποδεικνύεται ότι είναι η εξής :

$$ε = α_1 – A + \arcsin \{ \sin A (n^2 – \sin^2 α_1)^{1/2} - \sin α_1 \cos A \}$$

Πρόκειται δηλαδή για την ζητούμενη αναλυτική σχέση ε = f($α_1$, A, n).

$$ε = A – α_1 – \arcsin \{ \sin A (n^{-2} – \sin^2 α_1)^{1/2} - \sin α_1 \cos A \}$$

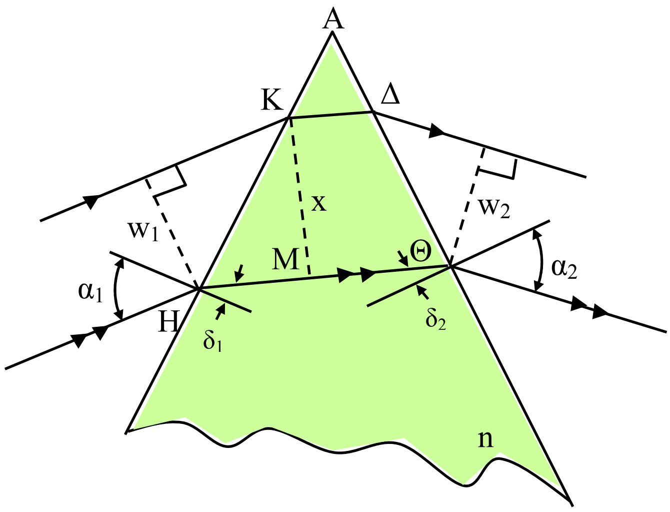
Η εφαρμογή της αντίστοιχης αναλυτικής σχέσης όπου το πρίσμα βρίσκεται τώρα σε μέσο οπτικά πυκνότερο δίνει την ευκαιρία προσδιορισμού νέας θέσης ελάχιστης ε-κτροπής και έτσι της άμεσης σύγκρισης ανάμεσα στις δυο αυτές περιπτώσεις. Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζονται ταυτόχρονα και οι δυο περιπτώσεις όμοιων γεωμετρικά πρισμάτων πάντα σε θέσεις ελάχιστης εκτροπής.



Είναι σαφές ότι στην δεξιά περίπτωση η γωνία εκτροπής είναι σημαντικά μικρότερη από ότι στην αντίστοιχη αριστερή για πρίσμα ίδιας ακριβώς θλαστικής γωνίας Α.

2.2 Φασματοσκοπικά χαρακτηριστικά πρίσματος

Τα οπτικά πρίσματα χρησιμοποιούνται φασματοσκοπικά για την ανάλυση δέσμης λευκού φωτός η οποία προσπίπτει στην πρώτη τους έδρα. Βέβαια η δέσμη αυτή στην πράξη, δεν είναι μια μαθηματική ευθεία αλλά, ακόμη και στην περίπτωση δέσμης laser, χαρακτηρίζεται κατά την είσοδό της από κάποιο συγκεκριμένο πάχος. Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η πορεία μιας μονοχρωματικής δέσμης, σταθερού πά-



χους w_1, η οποία αφού εκτρέπεται από το πρίσμα τελικά το εγκαταλείπει έχοντας ό-μως μεταβάλλει το πάχος της σε w_2.

Το πηλίκο της δέσμης εξόδου σε σχέση με την δέσμη εισόδου (σε ότι αφορά τα αντίστοιχα πάχη τους) ορίζεται ως μεγέθυνση M του πρίσματος, δηλαδή είναι : $M = w_2 / w_1$. Μάλιστα αποδεικνύεται γεωμετρικά ότι ισχύει :

$$M = (\cos\alpha_2 \ \cos\delta_1) / (\cos\alpha_1 \cos\delta_2)$$

Από το τρίγωνο ΗΚΓ ισχύει $\sin (90 - \alpha_1) = w_1 / L$, ενώ από το τρίγωνο ΚΗΜ ισχύει $\cos\delta_1 = x / L$, οπότε και $L = x / \cos\delta_1$. Έτσι η διάσταση του πάχους στην είσοδο είναι ίση με : $w_1 = x \cos \alpha_1 / \cos \delta_1$.
Όμοια αποδεικνύεται, για το πάχος εξόδου, ότι ισχύει : $w_2 = x \cos \alpha_2 / \cos \delta_2$ και έτσι η μεγέθυνση M δίνεται από την σχέση :

$$M = w_2 / w_1 = (\cos\alpha_2 \ \cos\delta_1) / (\cos\alpha_1 \cos\delta_2)$$

Είναι προφανές ότι στην θέση ελάχιστης εκτροπής του πρίσματος όπου ισχύει : $\alpha_1 = \alpha_2$ και $\delta_1 = \delta_2$ (= A/2) η τιμή της μεγέθυνσης γίνεται ακριβώς ίση με την μονάδα. Δηλαδή, η προσπίπτουσα δέσμη όχι μόνο υφίσταται την μικρότερη δυνατή εκτροπή αλλά και διατηρεί σταθερό το πάχος της σε όλη αυτή την διαδικασία.

Ένα ιδιαίτερα σημαντικό μέγεθος στην λειτουργία ενός πρίσματος είναι και το πηλίκο $d\varepsilon / d\lambda$ που ονομάζεται γωνιακός διαχωρισμός (angular dispersion) και προσδιορίζει επακριβώς την μεταβολή της γωνιακής εκτροπής σε σχέση με το μήκος λ της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Στην συνέχεια θα αποδειχθεί η σχέση :

$$d\varepsilon / d\lambda = (2 \sin A/2) (1 - n^2 \sin^2 A/2)^{-1/2} (dn/d\lambda)$$

Η σχέση αυτή προσδιορίζει τον γωνιακό διαχωρισμό πρίσματος με δείκτη διάθλασης n και θλαστική γωνία A στην θέση ακριβώς της ελάχιστης εκτροπής ε_{min}.

Απόδειξη :

Ως γνωστό στη θέση ελάχιστης εκτροπής ισχύει η σχέση :
$n = \sin [(\varepsilon_{min} + A) / 2] / \sin (A/2)$ οπότε και παραγωγίζοντας (ως προς ε) ισχύει

$dn / d\varepsilon = \cos[(\varepsilon_{min} + A) / 2] / 2\sin (A/2) = \{1 - \sin^2(\varepsilon_{min} + A) / 2\}^{1/2} / 2\sin (A/2) =$

$(1- n^2\sin^2 A/2)^{1/2}/ 2\sin (A/2)$ και έτσι $dn/d\lambda=[(1-n^2\sin^2 A/2)^{1/2} / 2\sin (A/2)] (d\varepsilon/ d\lambda)$.

Τελικά λοιπόν :

$$d\varepsilon / d\lambda = (2 \sin A/2) (1 - n^2 \sin^2 A/2)^{-1/2} (dn / d\lambda)$$

Στην τελευταία σχέση το πηλίκο $(dn/d\lambda)$ καλείται χρωματικός διαχωρισμός (color dispersion) και προσδιορίζει την μεταβολή του δείκτη διάθλασης n σε σχέση με την μεταβολή του μήκους κύματος λ της προσπίπτουσας ακτινοβολίας για ένα δεδομένο υλικό. Σημειώνεται μάλιστα ότι στο μέτρο που, σχεδόν όλα τα συνήθη διαφανή μέσα, ο δείκτης διάθλασής τους n ελαττώνεται με την αύξηση του μήκους κύματος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας το πηλίκο $(dn/d\lambda)$ διαθέτει τιμή με αρνητικό πρόσημο.

3. Μέθοδος

Στην άσκηση αυτή γίνεται αναλυτικά ο θεωρητικός υπολογισμός της γωνίας εκτροπής ε σε υποθετικό πρίσμα με γνωστά χαρακτηριστικά (θλαστική γωνία Α και δείκτης διάθλασης n). Η μεταβολή της γωνίας προσπτώσεως $α_1$ κυμαίνεται από 0^o έως 90^o και υπολογίζεται κάθε φορά η τιμή της εκτροπής ε. Με την χάραξη της καμπύλης ε = f ($α_1$) προσδιορίζονται γραφικά η ελάχιστη τιμή $ε_{min}$ καθώς και η αντίστοιχη γωνία $α_1$ που την δημιουργεί.

Η προηγούμενη διαδικασία επαναλαμβάνεται και για όμοιο πρίσμα από άλλο όμως υλικό με διαφορετικό δείκτη διάθλασης έτσι ώστε να φανεί η αλλαγή στην θέση της ελάχιστης εκτροπής. Επιλέγονται συγκεκριμένες τιμές της γωνίας προσπτώσεως $α_1$ (εκατέρωθεν του ελάχιστου) και αφού προσδιοριστούν κάθε φορά οι γωνίες $δ_1$, $δ_2$ και $α_2$ υπολογίζεται αναλυτικά η μεγέθυνση Μ που προκαλεί το συγκεκριμένο πρίσμα.

4. Υπολογιστική διαδικασία

1. Θεωρήστε διαφανές, γυάλινο (n = 1.5) πρίσμα, θλαστικής γωνίας $A = 45^o$ που δέχεται μονοχρωματική δέσμη φωτός από συσκευή laser. Η γωνία προσπτώσεως $α_1$ μεταβάλλεται από 5^o έως και 90^o και αυτό γίνεται προκειμένου να προσδιοριστεί η θέση ελάχιστης εκτροπής του πρίσματος.

2. Από την αναλυτική έκφραση $ε = f(α_1, A, n)$ του θεωρητικού μέρους της άσκησης προσδιορίστε κάθε φορά την τιμή της γωνιακής εκτροπής ε για επιλεκτική μεταβολή της γωνίας $α_1$ από 5^o έως και 85^o .

3. Συμπληρώστε τον πίνακα των υπολογισμών που ακολουθεί για 10 τουλάχιστον διαφορετικές τιμές της γωνίας προσπτώσεως $α_1$. Στον πίνακα υπολογισμών ισχύουν οι συμβολισμοί :
$ρ = \sin A\,(n^2 – \sin^2 α_1)^{1/2}$, $τ = \arcsin \{\sin A\,(n^2 – \sin^2 α_1)^{1/2} - \sin α_1 \cos A\}$
και $ε = α_1 – A + τ$.

$α_1$	$\sin α_1$	$\sin^2 α_1$	$n^2 – \sin^2 α_1$	ρ	$\sin α_1 \cos A$	τ	ε
5^o							
10^o							
20^o							
30^o							
85^o							

4. Να γίνει η γραφική παράσταση $ε = f(α_1)$ και να χαραχθεί η καλλίτερη δυνατή ομαλή καμπύλη των σημείων. Να υπολογιστεί γραφικά η ελάχιστη τιμή $ε_{min}$ της εκτροπής όπως επίσης και η αντίστοιχη γωνία $α_1$ για την οποία συμβαίνει αυτό το γεγονός.

5. Με δεδομένα τα $ε_{min}$ και Α της προηγούμενης ερώτησης προσδιορίστε τον απόλυτο δείκτη διάθλασης n του υλικού και συγκρίνετε τον με αυτόν που αρχικά είχαμε υποθέσει (π.χ. n = 1.5).

6. Επαναλάβατε τις προηγούμενες εργασίες (από 2 έως και 5) σε κοινή γραφική παράσταση $ε = f(α_1, A, n)$ για ένα νέο πρίσμα. Θεωρήστε ότι το νέο αυτό πρίσμα είναι από υλικό με απόλυτο δείκτη διάθλασης n’ = 4 / 3 ενώ η θλαστική του γωνία παραμένει $A = 45^o$. Πρόκειται δηλαδή για ένα όμοιο γεωμετρικά πρίσμα φτιαγμένο όχι από γυαλί (n = 1.5) αλλά από νερό.

7. Στην περίπτωση του αρχικού γυάλινου πρίσματος ($A = 45^o$, n = 1.5) και για τις τιμές των 10^o, 35^o και 70^o της γωνίας πρόσπτωσης $α_1$ υπολογίστε τις αντίστοιχες γωνίες $δ_1$, $α_2$ και $δ_2$. Για τον υπολογισμό των γωνιών αυτών αξιοποιείστε τις σχέσεις : $δ_1 = \arcsin [(\sin α_1) / n]$, $δ_2 = 45^o - δ_1$ και $α_2 = \arcsin (n \sin δ_2)$. Έτσι, από την σχέση της μεγέθυνσης Μ υπολογίστε κάθε φορά την αντίστοιχη τιμή της. Συμπληρώστε τον πίνακα που ακολουθεί.

$α_1$	$δ_1$	$δ_2$	$α_2$	$\cos α_2 \cos δ_1$	$\cos α_1 \cos δ_2$	M
10^o						
35^o						
70^o						

5. Θεματολογικές ερωτήσεις κατανόησης

1. Να αποδειχθεί ότι στη θέση ελάχιστης εκτροπής πρίσματος : ($α_1 = α_2$ και $δ_1 = δ_2 = A/2$) η σχέση της διακριτικής ικανότητας προσδιορίζεται από την σχέση :

$$λ / dλ = [\ (ΗΘ) – (ΚΔ)\ ]\ (dn / dλ)$$

όπου (ΗΘ) και (ΚΔ) είναι οι παράλληλες διαδρομές των οριακών φωτεινών ακτίνων της δέσμης στο εσωτερικό του πρίσματος (βλ. σχήμα στα φασματοσκοπικά χαρακτηριστικά του πρίσματος).
Απόδειξη :
Από τη γεωμετρία του σχήματος στη θέση ελάχιστης εκτροπής (Θ.Ε.Ε.) ισχύει :
$(ΗΘ) – (ΚΔ) = 2 L \sin A/2$ και ακόμη γωνία $(ΓΚΗ) = 90^o – (A+ε) / 2$ και έτσι : $\sin (ΓΚΗ) = \cos (A + ε) / 2 = W / L$ (όπου : $W_1 = W_2 = W$).
Τελικά λοιπόν : $(ΗΘ) – (ΚΔ) = [\ 2 W \sin (A/2)\ ] / \cos [(A + ε) /2]$.

Η σχέση (στη Θ.Ε.Ε.) $n = \sin [(ε + A)/2] \sin A/2$ δίνει :
$dn / dε = \cos [(ε + A)/2]\ 2 \sin (A/2)$ οπότε και $(ΗΘ) – (ΚΔ) = W [dε / dn]$

Ακόμη βέβαια η σχέση διακριτικής ικανότητας πρίσματος ικανοποιεί την : $dε = λ / W$. Πρόκειται για την σχέση που προσδιορίζει την στοιχειώδη μεταβολή της γωνίας εκτροπής dε που οφείλεται στην παρουσία διαφορετικού μήκους κύματος (λ + dλ) από το αρχικό λ. Το πρίσμα βρίσκεται στην Θ.Ε.Ε. ενώ W είναι το σταθερό πλάτος της προσπίπτουσας – εξερχόμενης φωτεινής δέσμης, έτσι ισχύει :

$$(\text{ΗΘ}) - (\text{ΚΔ}) = [\lambda / d\varepsilon]\, [d\varepsilon / dn]$$

Τελικά δηλαδή : $\lambda / d\lambda = [\, (\text{ΗΘ}) - (\text{ΚΔ})\,]\, (dn / d\lambda)$.

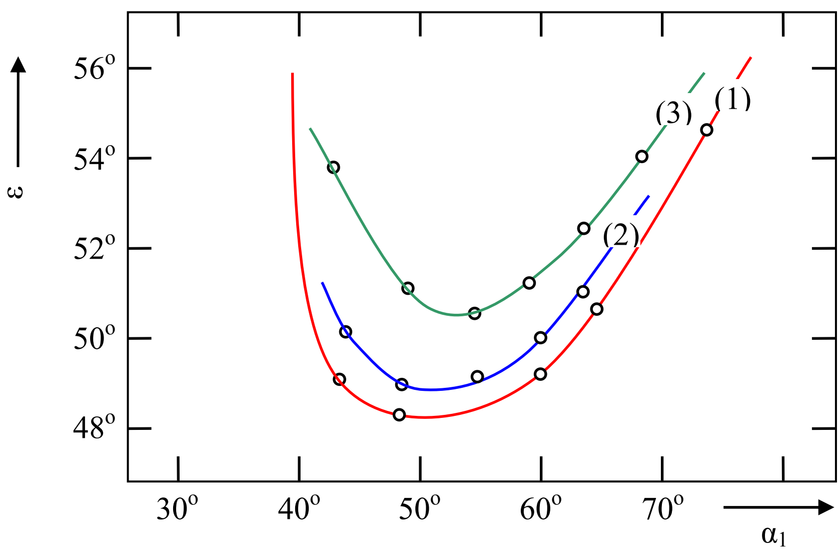
2. Εάν τώρα το σημείο πρόσπτωσης Κ της δέσμης ταυτιστεί με την κορυφή Ο του πρίσματος το δε ευθύγραμμο τμήμα (ΗΘ) προσδιορίζει την βάση του Β τότε η προηγούμενη σχέση εύκολα μετατρέπεται στην :
$\lambda / d\lambda = B\, (dn / d\lambda)$ ή ακόμη και :

$$d\lambda = \lambda / \{\, B\, (dn / d\lambda)\, \}$$

Δηλαδή το διακριτικό όριο dλ του οπτικού πρίσματος δεν εξαρτάται από την θλαστική γωνία Α του πρίσματος αλλά είναι αντιστρόφως ανάλογο της βάσης Β αυτού.

3. Να υπολογιστεί αναλυτικά το διακριτικό όριο γυάλινου οπτικού πρίσματος από υλικό flint με $dn / d\lambda = -1.25 \times 10^{-4}\ \text{nm}^{-1}$ (στα λ = 550 nm) και με βάση : Β = 20 mm. Τι ακριβώς σημαίνει η τιμή που μόλις υπολογίστηκε ; Μπορεί το συγκεκριμένο πρίσμα να διακρίνει τις δυο D φασματικές γραμμές του νατρίου (Na) που χαρακτηρίζονται από μήκη κύματος : $\lambda_1 = 589.0$ και $\lambda_2 = 589.6$ nm ;

4. Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται το κοινό, πειραματικό διάγραμμα $\varepsilon = f\,(\alpha_1)$ γυάλινου πρίσματος ($A = 60^o$) από υλικό flint glass. Κάθε καμπύλη αντιστοιχεί και σε διαφορετικό μήκος κύματος λ προσπίπτουσας φωτεινής, μονοχρωματικής ακτινοβολίας. Η καμπύλη (1) στο κόκκινο, η (2) στο πράσινο και η (3) στο μπλε. Με δεδομένες τις καμπύλες υπολογίστε τον δείκτη διάθλασης n του συγκεκριμένου υλικού για τα τρία διαφορετικά μήκη κύματος. Τι ακριβώς παρατηρείτε ;



5. Λεπτά (ή οξέα) πρίσματα ονομάζονται αυτά όπου η θλαστική γωνία τους Α είναι αρκετά μικρή (μικρότερη από 4^o). Σε αυτά τα πρίσματα η εκτροπή ε που προκαλείται , για κάθετη πρόσπτωση στην πρώτη έδρα, δίνεται από την σχέση : $\varepsilon = (n - 1)\,A$. Να αποδειχθεί η προηγούμενη σχέση των λεπτών πρισμάτων αξιοποιώντας κατάλληλα την γενική σχέση : $\varepsilon = f(\alpha_1, A, n)$ και θεωρώντας ότι ισχύει : $\sin A = A$.

6. Απαραίτητες γνώσεις

Φαινόμενο διάθλασης, δείκτης διάθλασης υλικού, λεπτά πρίσματα, θέση ελάχιστης εκτροπής, πρίσματα.

Τέλος Ενότητας

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Αθήνας**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.

Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

ΕΣΠΑ 2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Σημειώματα

Σημείωμα Αναφοράς

Copyright ΤΕΙ Αθήνας, Αθανάσιος Αραβαντινός, 2014. Αθανάσιος Αραβαντινός. «Επιστημονική Φωτογραφία (Ε). Ενότητα 1: Οπτικό πρίσμα, μελέτη χαρακτηριστικών». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: ocp.teiath.gr.

Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό. Οι όροι χρήσης των έργων τρίτων επεξηγούνται στη διαφάνεια «Επεξήγηση όρων χρήσης έργων τρίτων».

Τα έργα για τα οποία έχει ζητηθεί άδεια αναφέρονται στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».

[1] http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Επεξήγηση όρων χρήσης έργων τρίτων

©	Δεν επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, παρά μόνο εάν ζητηθεί εκ νέου άδεια από το δημιουργό.
διαθέσιμο με άδεια CC-BY	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου και η δημιουργία παραγώγων αυτού με απλή αναφορά του δημιουργού.
διαθέσιμο με άδεια CC-BY-SA	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού, και διάθεση του έργου ή του παράγωγου αυτού με την ίδια άδεια.
διαθέσιμο με άδεια CC-BY-ND	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού. Δεν επιτρέπεται η δημιουργία παραγώγων του έργου.
διαθέσιμο με άδεια CC-BY-NC	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού. Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου.
διαθέσιμο με άδεια CC-BY-NC-SA	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού και διάθεση του έργου ή του παράγωγου αυτού με την ίδια άδεια. Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου.
διαθέσιμο με άδεια CC-BY-NC-ND	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού. Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου και η δημιουργία παραγώγων του.
διαθέσιμο με άδεια CC0 Public Domain	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, η δημιουργία παραγώγων αυτού και η εμπορική του χρήση, χωρίς αναφορά του δημιουργού.
διαθέσιμο ως κοινό κτήμα	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, η δημιουργία παραγώγων αυτού και η εμπορική του χρήση, χωρίς αναφορά του δημιουργού.
χωρίς σήμανση	Συνήθως δεν επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου.

Διατήρηση Σημειωμάτων

- Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:
- Το Σημείωμα Αναφοράς
- Το Σημείωμα Αδειοδότησης
- Τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- Το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει) μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.