



Φυσική Οπτική (Ε)

Ενότητα 9: Κυκλικά και ελλειπτικά πολωμένο φως - μετατροπή του σε γραμμικά πολωμένο φως

Αθανάσιος Αραβαντινός

Τμήμα Οπτικής και Οπτομετρίας



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



Ευρωπαϊκή Ένωση

Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

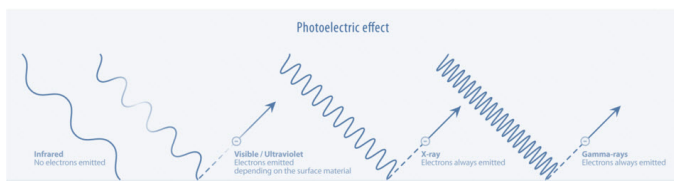


ΕΣΠΑ

2007-2013

Πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

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.



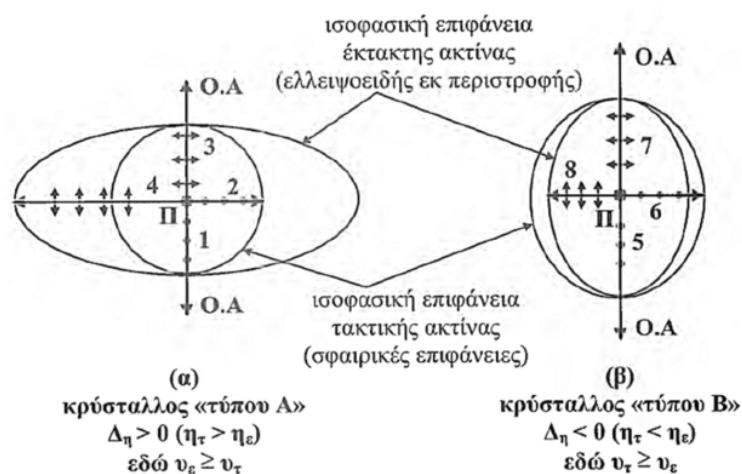
A. ΘΕΩΡΙΑ

Για την κατανόηση αλλά και την καλύτερη εκτέλεση της άσκησης αυτής είναι απαραίτητη η γνώση της σχετικής θεωρίας του πολωμένου φωτός καθώς επίσης πιο συγκεκριμένα η γνώση του τι είναι κυκλικά και τι ελλειπτικά πολωμένο φως και αυτό πως μετατρέπεται σε γραμμικά πολωμένο φως».

1. Διπλοθλαστικά υλικά - πλακίδια καθυστέρησης φάσης

Γνωρίζουμε ότι όταν προσπίπτει φως (φυσικό ή και γραμμικά πολωμένο) σε διπλοθλαστικό κρύσταλλο υπό τυχαία γωνία ως προς τον οπτικό άξονα του κρυστάλλου, θα παρατηρηθεί στην έξοδο του κρυστάλλου η εμφάνιση δυο φωτεινών ακτινών: η τακτική και η έκτακτη.

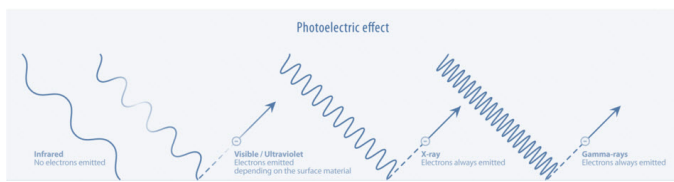
Για την εξήγηση της συμπεριφοράς του φωτός μέσα σ' ένα διπλοθλαστικό υλικό θεωρούμε μία σημειακή φωτεινή πηγή Π που βρίσκεται κάπου μέσα στον κρύσταλλο και ότι αυτή έστω εκπέμπει κύματα προς όλες τις διευθύνσεις. Αν μετά την πάροδο απειροελάχιστου χρόνου αναζητήσουμε τις ισοφασικές επιφάνειες που αντιστοιχούν στην τακτική και στην έκτακτη ακτίνα, τότε ανάλογα με το είδος του διπλοθλαστικού κρυστάλλου θα έχουμε μια από τις δυο περιπτώσεις του **Σχήματος 1**.



κρύσταλλος «τύπου Α»	κρύσταλλος «τύπου Β»
$\Delta n > 0$ ($n_t > n_e$), εδών $v_e \geq v_t$	$\Delta n < 0$ ($n_t < n_e$), εδών $v_t \geq v_e$

Σχήμα 1. Οι δυο διαφορετικοί τύποι των διπλοθλαστικών κρυστάλλων. Και στους δυο τύπους, η $n_t = n_e$ μόνον κατά μήκος του οπτικού άξονα (Ο.Α.) του κρυστάλλου.

Το μέγεθος $\Delta n = n_t - n_e$ εκφράζει διπλοθλαστικότητα. Όταν ένας κρύσταλλος έχει $\Delta n > 0$ χαρακτηρίζεται σαν **κρύσταλλος τύπου Α** (π.χ. ασβεστίτης) όταν έχει $\Delta n < 0$



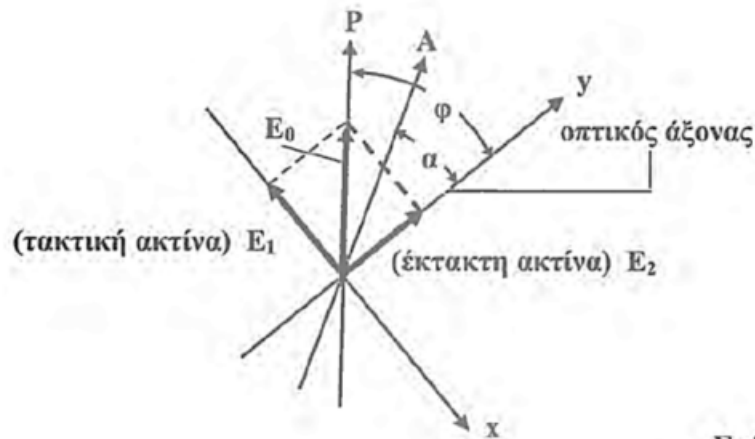
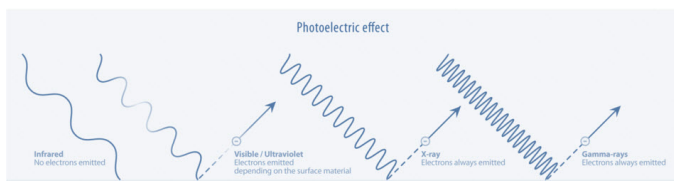
χαρακτηρίζεται σαν **κρύσταλλος τύπου Β** (π.χ. χαλαζίας).

Παρατηρούμε ότι στις δυο κατηγορίες κρυστάλλων, υπάρχει μια χαρακτηριστική διεύθυνση κατά μήκος της οποίας η ταχύτητα της τακτικής ακτίνας v_t ισούται με την ταχύτητα της έκτακτης ακτίνας v_e ($v_t = v_e$). Η χαρακτηριστική αυτή διεύθυνση του κρυστάλλου ονομάζεται οπτικός άξονας (Ο.Α.)

Σε οποιαδήποτε άλλη διεύθυνση μέσα στο υλικό η ταχύτητα της τακτικής ακτίνας v_t είναι διάφορη από εκείνη της έκτακτης v_e ($v_t \neq v_e$) και μάλιστα, στους μεν διπλοθλαστικούς κρυστάλλους τύπου Α έχουμε $v_e > v_t$ (οπότε και $n_e < n_t$), ενώ στους κρυστάλλους τύπου Β έχουμε $v_e < v_t$ (οπότε και $n_e > n_t$).

Στο **Σχήμα 1** φαίνονται επίσης οι ισοφασικές επιφάνειες τόσο της τακτικής όσο και της έκτακτης ακτίνας και στις δυο κατηγορίες κρυστάλλων. Επειδή η ταχύτητα της τακτικής ακτίνας είναι η ίδια, ανεξάρτητα από τη διεύθυνση διάδοσης του φωτός, η ισοφασική επιφάνεια για τις τακτικές ακτίνες είναι η σφαιρική επιφάνεια και στους δυο τύπους κρυστάλλων. Όσον αφορά τώρα τις ισοφασικές επιφάνειες που αντιστοιχούν στις έκτακτες ακτίνες, αυτές είναι και για τους δυο τύπους κρυστάλλων ελλειψοειδή εκ περιστροφής. Για μεν τον κρύσταλλο τύπου Α όπου $v_e \geq v_t$ ο μικρός άξονας του ελλειψοειδούς έχει τη διεύθυνση του οπτικού άξονα, ενώ αντίστοιχα για τον κρύσταλλο τύπου Β όπου $v_e \leq v_t$ ο μεγάλος άξονας του ελλειψοειδούς έχει τη διεύθυνση του οπτικού άξονα.

Τέλος, διερευνώντας την κατάσταση πόλωσης της τακτικής και της έκτακτης ακτίνας παρατηρούμε ότι και στις δυο κατηγορίες κρυστάλλων οι διευθύνσεις πόλωσης της τακτικής και της έκτακτης ακτίνας είναι κάθετες μεταξύ τους (**Σχήμα 1**). Ειδικότερα παρατηρούμε ότι η διεύθυνση πόλωσης της τακτικής ακτίνας είναι πάντα κάθετη στον οπτικό άξονα (ακτίνες 1 και 2 του **Σχήματος 1α** και αντίστοιχα 5 και 6 του **Σχήματος 1β**), ενώ όσον αφορά την κατάσταση πόλωσης της έκτακτης ακτίνας, αυτή είναι κάθετη στην κατάσταση πόλωσης της τακτικής και σε γωνία 90° ως προς τον οπτικό άξονα, η έκτακτη ακτίνα ταλαντώνεται παράλληλα με τον οπτικό άξονα του κρυστάλλου (ακτίνες 3 και 4 του **Σχήματος 1α** και αντίστοιχα 7 και 8 του **Σχήματος 1β**).



Σχήμα 2

Αν θεωρήσουμε τώρα ότι γραμμικά πολωμένο φως (που έστω ότι παράγεται από πολωτή **P**) προσπίπτει στην μια έδρα διπλοθλαστικού υλικού του οποίου ο οπτικός άξονας σχηματίζει γωνία φ με τη διεύθυνση πόλωσης του πολωτή **P** (Σχήμα 2).

Αν E_0 είναι το πλάτος της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου του φωτεινού κύματος, που προσπίπτει κατά την έξοδο του φωτεινού κύματος από το διπλοθλαστικό υλικό, θα προκύψουν η τακτική και η έκτακτη ακτίνα, των οποίων τα πλάτη σχετίζονται με το πλάτος E_0 σύμφωνα με τις σχέσεις:

$$E_1(t) = E_0(t) \eta \mu \varphi \text{ (τακτική ακτίνα)} \quad (1)$$

$$E_2(t) = E_0(t) \sigma \nu \eta \varphi \text{ (έκτακτη ακτίνα)}$$

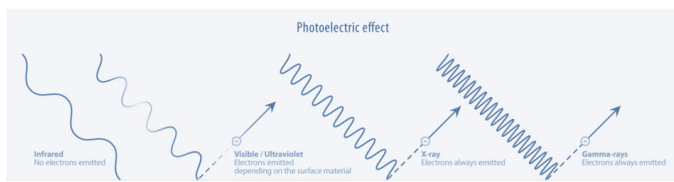
Επειδή $E_0(t) = E_0 \eta \mu \omega t$ οι παρακάτω σχέσεις γράφονται:

$$E_1(t) = E_0 \eta \mu \varphi \eta \mu \omega t \text{ (τακτική ακτίνα)} \quad (2)$$

$$E_2(t) = E_0 \sigma \nu \eta \varphi \eta \mu \omega t \text{ (έκτακτη ακτίνα)}$$

Οι σχέσεις (2) προσδιορίζουν την κατάσταση ταλάντωσης στις δυο ακτίνες του κρυστάλλου (τακτική και έκτακτη) τη χρονική στιγμή t . Επειδή όμως όπως ήδη αναφέρθηκε, οι δυο ακτίνες κινούνται με διαφορετική ταχύτητα, είναι φανερό ότι κατά την έξοδο του κρυστάλλου θα παρουσιάζουν διαφορά φάσης η οποία μάλιστα εξαρτάται από το πάχος του διπλοθλαστικού κρυστάλλου. Στην περίπτωση αυτή πρόκειται για το **πλακίδιο καθυστέρησης φάσης**. Όταν το πάχος d του πλακιδίου είναι τέτοιο ώστε να προκαλεί μεταξύ τακτικής και έκτακτης ακτίνας διαφορά φάσης 90° τότε το πλακίδιο αυτό λέγεται **πλακίδιο $\lambda/4$** γιατί η σχετική διαφορά φάσης των 90° ισοδυναμεί με διαφορά οπτικών δρόμων ίσων με $\lambda/4$ σύμφωνα με τη σχέση:

$$(\eta_t - \eta_e)d = \lambda/4 \quad (3)$$



Υπενθυμίζεται ότι η σχέση μεταξύ της διαφοράς φάσης $\Delta\phi$ και της διαφοράς οπτικού δρόμου Δs είναι η:

$$\frac{\Delta\phi}{\Delta s} = \frac{360^\circ}{\lambda} \quad (4)$$

και επίσης ότι ισχύει:

οπτικός δρόμος Δs = (δείκτης διάθλασης οπτικού μέσου) x μήκους γεωμετρικού δρόμου. (5)

Αν το σχετικό πάχος του πλακιδίου d' προκαλεί διαφορά φάσης 180° , τότε το πλακίδιο λέγεται αντίστοιχα **πλακίδιο $\lambda/2$** αφού με βάση τη σχέση (4) προκύπτει ότι $\Delta s = \lambda/2$ και μάλιστα σε συνδυασμό με την (5) έχουμε:

$$(\eta_\tau - \eta_\epsilon) d' = \lambda/2 \quad (6)$$

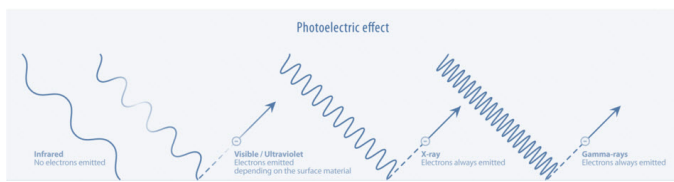
Από τη σχέση (3) προκύπτει ότι το πάχος d που προκαλεί διαφορά φάσης 90° μεταξύ τακτικής και έκτακτης ακτίνας σ' ένα πλακίδιο $\lambda/4$ δίνεται από τη σχέση:

$$d = \frac{\lambda}{4} \frac{1}{\eta_\tau - \eta_\epsilon} \quad (7)$$

Στην περίπτωση αυτή, η φάση της έκτακτης ακτίνας προηγείται κατά 90° της φάσης της τακτικής ακτίνας. Δηλαδή, αν η φάση της τακτικής ακτίνας είναι (ωt) η φάση της έκτακτης είναι $(\omega t + 90^\circ)$. Έτσι, η κατάσταση των ακτινών στην έξοδο του κρυστάλλου και σε διευθύνσεις x και y που είναι κάθετες μεταξύ τους (χαρακτηριστικές διευθύνσεις του κρυστάλλου) (βλ. και Σχήμα 2) δίνεται από τις σχέσεις (2) που τώρα γράφονται:

$$\begin{aligned} E_x &= E_1 = E_0 \eta \mu\phi \eta \mu\omega t \text{ και} \\ E_y &= E_2 = E_0 \text{ συν}\phi \eta \mu(\omega t + 90^\circ) \text{ ή } E_y = E_2 = E_0 \text{ συν}\phi \text{ συν}\omega t \end{aligned} \quad (8)$$

Οι σχέσεις (8) είναι οι χαρακτηριστικές εξισώσεις ενός ανύσματος ηλεκτρικού πεδίου \mathbf{E} το οποίο στρέφεται γύρω από έναν άξονα, ο οποίος έχει τη διεύθυνση της διάδοσης του φωτεινού κύματος και είναι κάθετος στο επίπεδο των αξόνων Ox και Oy .



Για γωνίες $\varphi = 0^\circ$ αλλά και $\varphi = 90^\circ$ παρατηρούμε ότι το φως που εξέρχεται του κρυστάλλου πρέπει να είναι **γραμμικά** πολωμένο και η έντασή του $I = I \sim E_0^2$. Όταν η γωνία έχει τιμή $\varphi = 45^\circ$ τότε $\eta\mu\varphi = \sigma\upsilon\nu\varphi = \frac{\sqrt{2}}{2}$ και η (8) μας δίνει:

$$E_x = \frac{E_0}{\sqrt{2}} \eta\mu\omega t \text{ και } E_y = \frac{E_0}{\sqrt{2}} \sigma\upsilon\nu\omega t \quad (9)$$

οπότε έχουμε για το μέτρο του στρεφόμενου ανύσματος **E**:

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} = \frac{E_0}{\sqrt{2}} \quad (10)$$

παρατηρούμε δηλαδή ότι το φως εμφανίζεται να είναι **κυκλικά πολωμένο** και η έντασή του $I = I_0/2 \sim E_0^2/2$ είναι σταθερή σε όλες τις διευθύνσεις περιστροφής του αναλύτη. Σε όλες τις άλλες γωνίες φ εκτός 0° , 45° και 90° το φως που εξέρχεται από τον διπλοθλαστικό κρύσταλλο είναι **ελλειπτικά πολωμένο**. Το ίχνος της κορυφής του ανύσματος του ηλεκτρικού πεδίου **E** στρεφόμενο γύρω από τον άξονα κατά τον οποίο γίνεται η διάδοση του κύματος, περιγράφει μια έλλειψη με ημιάξονες:

$$\begin{aligned} E_a &= E_0 \eta\mu\varphi \text{ (διεύθυνση -x)} \\ E_b &= E_0 \sigma\upsilon\nu\varphi \text{ (διεύθυνση -y)} \end{aligned} \quad (11)$$

Όσον αφορά τώρα την ένταση του φωτός που διέρχεται από τον αναλύτη στις προηγούμενες διευθύνσεις έχουμε:

$$I_a \sim E_a^2 = E_0^2 \eta\mu^2\varphi \quad (12)$$

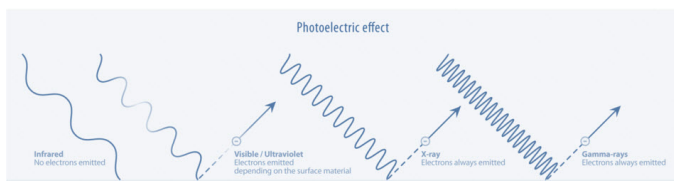
$$I_b \sim E_b^2 = E_0^2 \sigma\upsilon\nu^2\varphi$$

Παρατηρούμε ότι ο λόγος των εντάσεων του φωτός στις δύο αυτές χαρακτηριστικές διευθύνσεις είναι:

$$I_a / I_b = E_a^2 / E_b^2 = \eta\mu^2\varphi / \sigma\upsilon\nu^2\varphi = \epsilon\varphi^2 \quad (13)$$

Σε τυχαία γωνιακή διεύθυνση α μεταξύ του αναλύτη και του οπτικού άξονα του πλακιδίου $\lambda/4$ (Σχήμα 2), ισχύει:

$$I \sim E_0^2 \sigma\upsilon\nu^2\varphi \sigma\upsilon\nu^2\alpha + E_0^2 \eta\mu^2\varphi \eta\mu^2\alpha \quad (14)$$

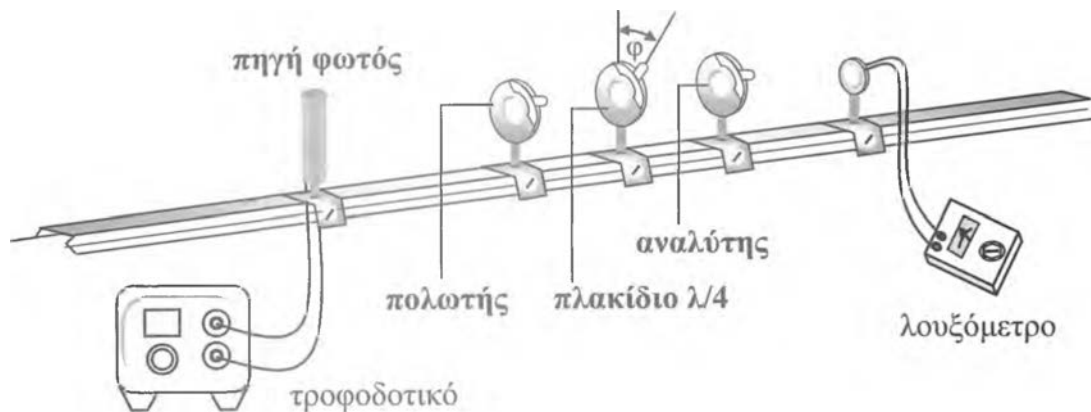


Β. ΠΕΙΡΑΜΑ

1. Σκοπός

Ο σκοπός της συγκεκριμένης άσκησης είναι η εξοικείωση με το κυκλικά αλλά και το ελλειπτικά πολωμένο φως. Η γνώση αυτή θα βοηθήσει στην κατανόηση της λειτουργίας των διπλοθλαστικών υλικών που συχνά χρησιμοποιούνται σήμερα σε τεχνολογικές εφαρμογές αλλά και άλλες τεχνικές όπως π.χ. οι ηλεκτροοπτικές ρυθμίσεις των συσκευών Laser κ.α.

2. Πειραματική διάταξη

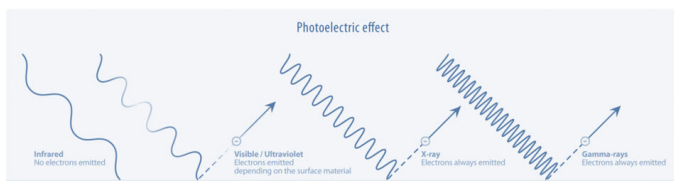


Σχήμα 3. Η πειραματική διάταξη. Ανάμεσα στα πολωτικά φίλτρα, το πλακίδιο $\lambda/4$ και την φωτοπαθή επιφάνεια του λουξόμετρου τοποθετούμε κατευθυντήρες για να εμποδίσουμε το διάχυτο φως να εισέλθει στο σύστημα. Για λόγους ευκρίνειας δεν σχεδιάστηκαν στη θέση τους.

Η πειραματική διάταξη που θα χρησιμοποιηθεί στην άσκηση αυτή (**Σχήμα 3**) αποτελείται:

1. Πηγή φωτός και αντίστοιχο τροφοδοτικό
2. Πολωτής - αναλύτης
3. Πλακίδια $\lambda/4$
4. Κατευθυντήρες
5. Λουξόμετρο
6. Οπτική τράπεζα για τη στήριξη και ευθυγράμμιση των παραπάνω εξαρτημάτων

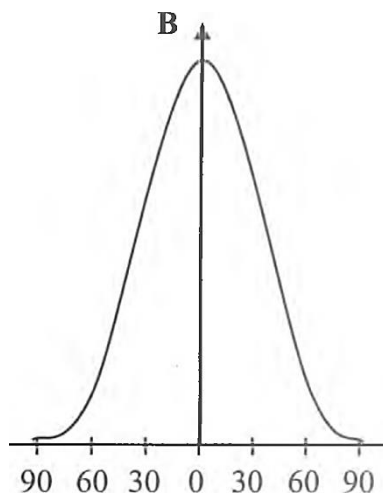
Αν αφαιρέσουμε το πλακίδιο $\lambda/4$ και πάρουμε τις ενδείξεις του λουξόμετρου



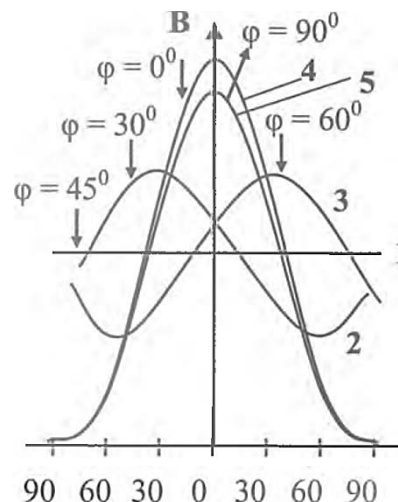
ακριβώς μετά τον αναλύτη για διάφορες γωνίες στροφής του αναλύτη, θα δημιουργηθεί η καμπύλη του **Σχήματος 4** που αντιστοιχεί σε γραμμικά πολωμένο φως (που προφανώς είναι το φως που δημιουργεί ο πολωτής).

Αν τώρα τοποθετήσουμε το πλακίδιο $\lambda/4$ μεταξύ πολωτή και αναλύτη, τότε ανάλογα με την τιμή της γωνίας φ του οπτικού άξονα του πλακιδίου, σε σχέση με τη διεύθυνση πόλωσης του πολωτή (**Σχήμα 3**) και για διάφορες τιμές της γωνίας στροφής α του αναλύτη θα πάρουμε τις καμπύλες του **Σχήματος 5** εκ των οποίων η 1 αντιστοιχεί σε γωνία $\varphi = 45^\circ$ (κυκλικά πολωμένο φως, άρα σταθερός φωτισμός B και ανεξάρτητος από τη γωνία στροφής του αναλύτη).

Οι καμπύλες 2 και 3 αντιστοιχούν σε γωνίες $\varphi = 30^\circ$ και $\varphi = 60^\circ$. Στις περιπτώσεις αυτές έχουμε ελλειπτικά πολωμένο φως. Τέλος για γωνίες $\varphi = 0^\circ$ και $\varphi = 90^\circ$ έχουμε γραμμικά πολωμένο φως (καμπύλες 4 και 5 αντίστοιχα).

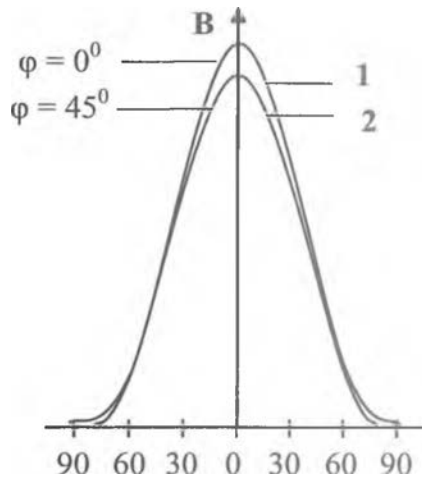
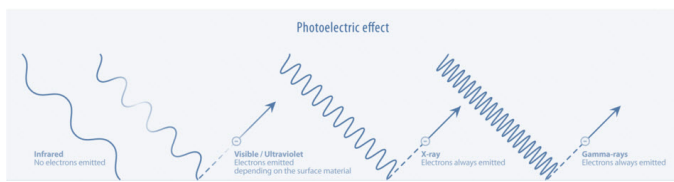


Σχήμα 4. Ο φωτισμός B γραμμικά πολωμένου φωτός, συναρτήσει της γωνίας στροφής x του αναλύτη.



Σχήμα 5. Ο φωτισμός B στην έξοδο του αναλύτη για διάφορες γωνίες φ του οπτικού άξονα του πλακιδίου $\lambda/4$ και της διεύθυνσης πόλωσης του πολωτή, να είναι η γωνία στροφής του αναλύτη.

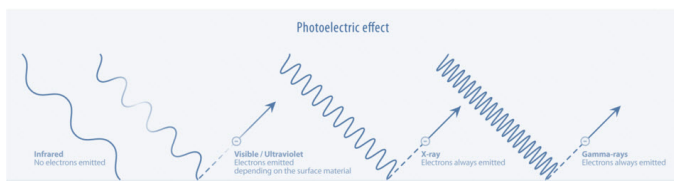
Αν τώρα τοποθετήσουμε πίσω από το πλακίδιο $\lambda/4$ ένα ακόμη δεύτερο πλακίδιο $\lambda/4$ με παράλληλους τους οπτικούς άξονές τους, τότε το σύστημα των δύο πλακιδίων $\lambda/4$ ισοδυναμεί με ένα πλακίδιο $\lambda/2$. Στην περίπτωση αυτή ο φωτισμός B στην έξοδο του αναλύτη για διάφορες τιμές της γωνίας στροφής α του αναλύτη αποδίδεται στις καμπύλες του **Σχήματος 6**, όπου η μεν καμπύλη 1 αντιστοιχεί σε γωνία φ του πλακιδίου $\lambda/2$ ίση με 0° ($\varphi = 0^\circ$) και η καμπύλη 2 αντιστοιχεί σε γωνία φ του πλακιδίου $\lambda/2$ ίση με 45° ($\varphi = 45^\circ$).



Σχήμα 6. Ο φωτισμός B στην έξοδο του αναλύτη για διάφορες γωνίες στροφής α του αναλύτη, με πλακίδιο $\lambda/2$ σε δυο γωνιακές θέσεις $\varphi = 0^\circ$ και $\varphi = 45^\circ$.

3. Εργασίες

1. Αναγνωρίστε τα εξαρτήματα της διάταξης που θα χρησιμοποιήσετε. Προσδιορίστε τα πολωτικά και τα πλακίδια $\lambda/4$.
2. Τοποθετείστε και στερεώστε στην οπτική τράπεζα κατά σειρά την πηγή φωτός, πολωτή, πλακίδιο $\lambda/4$, αναλύτη και τον αισθητήρα του λουξόμετρου (**Σχήμα 3**). Ανάμεσα από τα στοιχεία αυτά τοποθετείστε και στερεώστε κατάλληλα στην οπτική τράπεζα κατευθυντήρες (κλειστούς σωλήνες) για τον περιορισμό του διάχυτου φωτός.
3. Στρίψτε τα χαρακτηριστικά επίπεδα πολωτή και αναλύτη σε 0° (κατακόρυφη θέση) ώστε να είναι παράλληλα μεταξύ τους.
4. Συμβουλευτείτε τον υπεύθυνο καθηγητή και θέσατε σε λειτουργία την πηγή φωτός.
5. Στρίψτε τον οπτικό άξονα του πλακιδίου $\lambda/4$ ώστε να σχηματίσει γωνία με το χαρακτηριστικό επίπεδο του πολωτή.
6. Για διάφορες τιμές της γωνίας στροφής α του αναλύτη, μετρήστε με τη βοήθεια του λουξόμετρου τον φωτισμό B στην έξοδο του αναλύτη (πάρτε το φωτισμό B για 10 τιμές του α από -90° έως $+90^\circ$). Τα αποτελέσματα των μετρήσεων καταχωρείστε τα σε σχετικό πίνακα.
7. Επαναλάβετε τις εργασίες 5 και 6 για τιμές της γωνίας φ ίσες με 30° , 45° , 60° και 90° . Τα αποτελέσματα των μετρήσεων καταχωρείστε τα σε αντίστοιχους πίνακες.
8. Αποδώστε γραφικά τις σχέσεις $B = f(\alpha)$ για τις διάφορες γωνίες φ στο ίδιο διάγραμμα.
9. Αποδώστε σε **πολικές συντεταγμένες** τις σχέσεις $B = B(\alpha)$ για γωνίες $\varphi = 45^\circ$ και $\varphi = 30^\circ$ σε δύο διαφορετικές γραφικές παραστάσεις. Τι



παρατηρείτε;

10. Τοποθετείστε και δεύτερο πλακίδιο $\lambda/4$ μετά το πρώτο (δημιουργία πλακιδίου $\lambda/2$) και παραλληλίστε τους οπτικούς τους άξονες σε γωνία $\varphi = 0^\circ$ ως προς το χαρακτηριστικό επίπεδο του πολωτή.
11. Για διάφορες τιμές της γωνίας στροφής α του αναλύτη βρείτε, με τη βοήθεια του λουξόμετρου, το φωτισμό B στην έξοδο του αναλύτη (μετρήστε το φωτισμό B για 10 διαφορετικές τιμές του α από -90° έως $+90^\circ$). Τα αποτελέσματα των μετρήσεων καταχωρείστε τα σε σχετικό πίνακα.
12. Αποδώστε γραφικά τη σχέση $B = f(\alpha)$ στην περίπτωση αυτή που έχετε πλακίδιο $\lambda/2$.

Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας

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

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Σημειώματα

Σημείωμα Αναφοράς

Copyright TEI Αθήνας, Διονύσιος Μελιτσιώτης, 2014. Διονύσιος Μελιτσιώτης. «Φυσική Οπτική (Ε). Ενότητα 9: Κυκλικά και ελλειπτικά πολωμένο φως - μετατροπή του σε γραμμικά πολωμένο φως». 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.