

Σ.Ε.Μ.Φ.Ε. – Τομέας Φυσικής

Τελικό Διαγώνισμα στο μάθημα "Οπτική και Εργαστήριο"

Διδάσκων: Ηλίας Σ. Ζουμπούλης

Απαντήστε σε όλα τα (ισοδύναμα) θέματα

Διάρκεια: 2 h

Ζωγράφου, 2/2/2017

1. 1a. Εξηγήστε την διαδικασία με την οποία βρίσκουμε την πορεία μιας φωτεινής ακτίνας σε ένα οπτικό σύστημα με χρήση πινάκων απεικόνισης μεταφοράς ή/και ανάκλασης-διάθλασης.

1b. Θεωρήστε δύο όμοια κοίλα κάτοπτρα ακτίνας καμπυλότητας r , τοποθετημένα σε απόσταση d μεταξύ τους, με τις ανακλαστικές τους επιφάνειες 'αντικρυστές' και τους οπτικούς τους άξονες συνευθειακούς (βλ. Σχ. 1). Ο πίνακας απεικόνισης του συστήματος για φωτεινή ακτίνα που - ξεκινώντας από το σημείο A - διανύει την 'ομοεστιακή κοιλότητα' δύο φορές, ανακλώμενη μία φορά σε κάθε κάτοπτρο, εκφράζεται από το γινόμενο:

$$\begin{pmatrix} -1 & -\frac{2}{r} \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -d & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} -1 & \frac{2}{r} \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ d & 1 \end{pmatrix}$$

Ανάκλαση στο K_1 Διαδρομή K_2-K_1 Ανάκλαση στο K_2 Διαδρομή K_1-K_2

Βρείτε τον συνολικό πίνακα απεικόνισης του συστήματος.

1c. Αν $d = r$, αποδείξτε ότι, για διπλάσια διαδρομή της φωτεινής ακτίνας μέσα στην ομοεστιακή κοιλότητα - δηλ. αφού διανύσει 2 διαδρομές 'πήγαινε-έλα' ή 4 συνολικά ανακλάσεις στα δύο κάτοπτρα - η φωτεινή ακτίνα θα επανέλθει στο αρχικό σημείο εκκίνησης (βλ. Σχ. 1).

2. Μία φωτεινή ακτίνα προσπίπτει σε σφαιρική σταγόνα βροχής στο σημείο A (βλ. Σχ. 2). Η ακτίνα υφίσταται διάθλαση στο σημείο A και ολική ανάκλαση στο σημείο B, ενώ τελικά εξέρχεται από την σταγόνα διαθλώμενη εκ νέου στο σημείο Γ.

$$f = 180^\circ + 2\alpha + 4\beta$$

2a. Να αποδείξετε ότι ισχύει: $\delta = 180^\circ + 2\alpha + 4\beta$, ενώ $\beta = \sin^{-1}(\sin \alpha / n)$, όπου n ο δείκτης διάθλασης του νερού.

2b. Για $\alpha_1 = 58^\circ$ βρείτε την αντίστοιχη δ_1 . Για $\alpha_2 = 64^\circ$ βρείτε την αντίστοιχη δ_2 . Θεωρήστε ότι $n = 1,33$. Επίσης υπολογίστε τις παραπληρωματικές των δ_1 και δ_2 γωνίες φ_1 και φ_2 αντίστοιχα. [Οι γωνίες φ_1 και φ_2 αντιστοιχούν στην γωνία που σχηματίζει η τελικά εξερχόμενη από την σταγόνα φωτεινή ακτίνα με τον ορίζοντα.] Τι παρατηρείτε;

2c. Ποιές είναι οι προυποθέσεις παρατήρησης του πρωτεύοντος ουράνιου τόξου;

3. Δύο κάθετα αρμονικά επίπεδα οπτικά πεδία διαδίδονται κατά μήκος του άξονα z στο κενό και πάλλονται κατά μήκος των αξόνων x και y αντίστοιχα:

$$E_x(z,t) = \hat{x} E_0 \cos(kz - \omega t) \text{ και}$$

$$E_y(z,t) = \hat{y} E_0 \cos(kz - \omega t), \text{ με: } k = 2\pi / \lambda, \omega = 2\pi v, c = \lambda v.$$

3a. Αποδείξτε ότι το συνιστάμενο πεδίο $E_x + E_y$ είναι γραμμικά πολωμένο, σχηματίζοντας γωνία 45° με τα \hat{x} και \hat{y} .

Το πεδίο αυτό προσπίπτει κάθετα σε λεία έδρα παράλληλη προς το επίπεδο (\hat{x}, \hat{y}) διαφανούς διπλοθλαστικού πλακίδου από κρυσταλλικό υλικό (π.χ. χαλαζία), με δείκτες διάθλασης n_o για το πεδίο E_x και n_e για το πεδίο E_y . Μετά την έξοδό του από το πλακίδιο, το οπτικό πεδίο θα έχει την μορφή:

$$E_x(z,t) = \hat{x} E_0 \cos(kz - \omega t) \text{ και}$$

$$E_y(z,t) = \hat{y} E_0 \cos(kz - \omega t + \Delta\phi), \text{ όπου } \Delta\phi = (2\pi / \lambda_0) \times (n_e - n_o) \times d.$$

3b. Αν $\lambda_0 = 590 \text{ nm}$, $n_o = 1,54$ και $n_e = 1,55$, να βρεθεί το ελάχιστο πάχος d_{min} που θα δώσει $\Delta\phi = \text{περιπτό πολλαπλάσιο του } \pi / 2$. [Στην περίπτωση αυτή το πλακίδιο λέγεται 'πλακίδιο $\lambda/4$ ' και το οπτικό πεδίο θα είναι 'κυκλικά πολωμένο'.]

3c. Αν κυκλικά πολωμένο φως διαδιδόμενο στο κενό προσπέσει σε λεία επιφάνεια υλικού με (μοναδικό) δείκτη διάθλασης n υπό την γωνία Brewster ϕ_B - επομένως ισχύει $\phi_B = \tan^{-1} n$, να βρεθεί και να αποδοθεί σε σχήμα η κατάσταση πόλωσης της ανακλώμενης δέσμης.

