



# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

## ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ, ΗΛΕΚΤΡΟΟΠΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Καθ. Ηλίας Γλύτσης, Τηλ. 210-7722479, e-mail: [eglytsis@central.ntua.gr](mailto:eglytsis@central.ntua.gr)

### ΟΠΤΙΚΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ (Καθ. Η. Ν. Γλύτσης)

15 Ιουλίου 2015

#### Θέμα 1 [30%]:

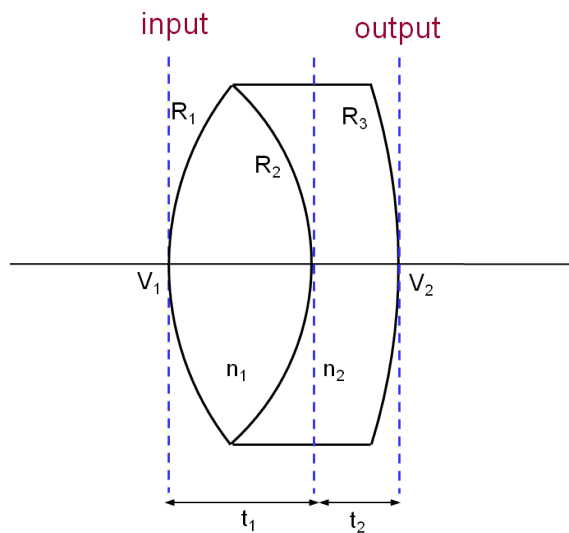
Ένας διπλός αχρωματικός φακός (achromat doublet) στον αέρα φαίνεται στο κάτωθι σχήμα. Οι ακτίνες καμπυλότητας του συστήματος είναι  $|R_1| = 60.741\text{mm}$ ,  $|R_2| = 44.710\text{mm}$ , και  $|R_3| = 133.104\text{mm}$  (προσοχή στα πρόσημα) και οι δείκτες διάθλασης είναι  $n_1 = 1.515$  και  $n_2 = 1.668$ . Τα πάχη των δύο φακών είναι  $t_1 = 5.0\text{mm}$  και  $t_2 = 2.17\text{mm}$ , αντίστοιχα.

(α) [10%] Να βρεθεί ο πίνακας ABCD με επίπεδο εισόδου αυτό που διέρχεται απειροελάχιστα αριστερά του σημείου  $V_1$  και επίπεδο εξόδου αυτό που διέρχεται απειροελάχιστα δεξιά από το σημείο  $V_2$  του διπλού φακού. Ποια είναι η εστιακή απόσταση του διπλού φακού.

(β) [8%] Ένα αντικείμενο  $O$  βρίσκεται σε απόσταση  $150\text{mm}$  στα αριστερά του σημείου  $V_1$  του διπλού φακού. Να υπολογιστεί η απόσταση του ειδώλου του αντικειμένου από την δεξιά επιφάνεια (από σημείο  $V_2$ ) του διπλού φακού χρησιμοποιώντας την μέθοδο των πινάκων ABCD. Να βρεθεί η μεγέθυνση του ειδώλου. Είναι το είδωλο φανταστικό ή πραγματικό; Είναι ορθό ή ανεστραμμένο;

(γ) [6%] Να βρεθούν τα *Cardinal* (θεμελιώδη) σημεία του διπλού φακού (με επίπεδο εισόδου και εξόδου όπως ορίστηκαν στο (α) και φαίνονται στο σχήμα) και να προσδιοριστεί η θέση τους πάνω στον οπτικό άξονα.

(δ) [6%] Να βρεθεί ξανά η θέση και ο τύπος του ειδώλου χρησιμοποιώντας τα *Cardinal* σημεία του συστήματος. Να σχεδιάσετε ένα διάγραμμα ακτινών που να δείχνει τον σχηματισμό του ειδώλου και όλα τα *Cardinal* σημεία του συστήματος.



Translation Matrix

$$\begin{bmatrix} 1 & L \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Refraction Matrix

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \left(\frac{n_1}{n_2} - 1\right) \frac{1}{R} & \frac{n_1}{n_2} \end{bmatrix}$$

Thin Lens Matrix

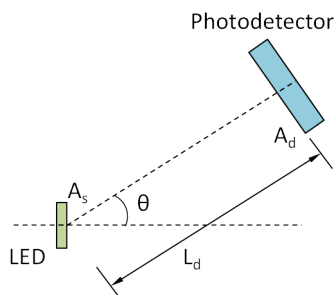
$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{f} & 1 \end{pmatrix}$$

#### Θέμα 2 [20%]:

Τρεις LEDs εξετάζονται πειραματικά σε ένα εργαστήριο με την βοήθεια ενός φωτοανιχνευτού. Η πρώτη SiC LED εκπέμπει φως στα  $480\text{nm}$  (μπλε χρώμα) και η ακτινοβολία της μετρίεται υπό γωνία  $\theta = 10^\circ$  όπως φαίνεται στο σχήμα. Η δεύτερη GaP:N LED εκπέμπει φως στα  $565\text{nm}$  (κίτρινο-πράσινο) και η ακτινοβολία της μετρίεται υπό γωνία  $\theta = 75^\circ$ . Η τρίτη AlGaP LED εκπέμπει φως στα  $620\text{nm}$  (πορτοκαλί) και η ακτινοβολία της μετρίεται υπό γωνία  $\theta = 20^\circ$ . Και οι τρεις LEDs έχουν την ίδια ολική οπτική ισχύ των  $5\text{mW}$  και εκπέμπουν σύμφωνα με τον νόμο του Lambert (Lambertian sources). Η επιφάνεια κάθε LED είναι  $A_s = 1\text{mm}^2$ . Ο φωτοανιχνευτής με τον οποίο παίρνουμε μετρήσεις σύμφωνα με την διάταξη του σχήματος και για τις γωνίες που αναφέρθηκαν προηγουμένως, έχει ενεργό επιφάνεια  $A_d = 4\text{mm}^2$  και βρίσκεται σε απόσταση  $L_d = 100\text{mm}$  από κάθε LED.

(α) [10%] Υπολογίστε την φωτεινή ένταση (luminous intensity, σε  $\text{lumen/sr}$ ) που μετρά ο φωτοανιχνευτής για κάθε LED και υπό την προαναφερθείσα γωνία μέτρησης. Ποια LED φαίνεται λαμπρότερη για την γωνία παρατήρησής της;

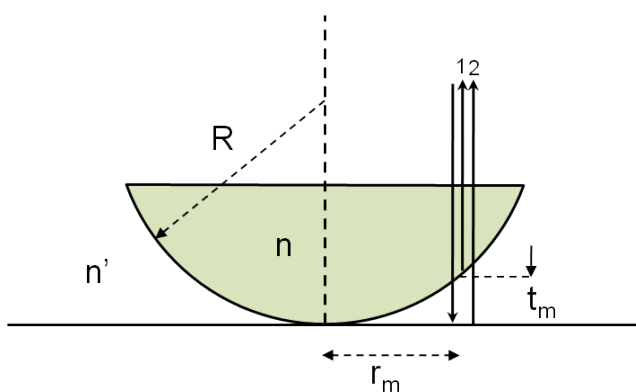
(β) [10%] Υπολογίστε την λαμπρότητα (luminance) για κάθε LED σε  $\text{lumen/sr mm}^2$ .



**Θέμα 3 [30%]:**

(α) [15%] Σε ένα πείραμα συμβολής σχηματίζονται δακτύλιοι Newton. Ο 15<sup>ος</sup> φωτεινός δακτύλιος έχει διάμετρο 5.90mm και ο 5<sup>ος</sup> φωτεινός δακτύλιος έχει διάμετρο 3.36mm. Αν η ακτίνα καμπυλότητας του επιπεδόκυρτου φακού είναι  $R = 100\text{cm}$  να βρεθεί το μήκος κύματος που χρησιμοποιήθηκε σε nm. ( $n' = 1$ )

(β) [15%] Σε ένα άλλο πείραμα συμβολής (με διαφορετικό φακό και μήκος κύματος) σχηματίζονται και πάλι δακτύλιοι Newton. Παρατηρείται ότι ο 12<sup>ος</sup> φωτεινός δακτύλιος μεταβάλλει την διάμετρό του από 15.0mm σε 13.0mm όταν ένα υγρό υπαισέρχεται μεταξύ της κυρτής επιφάνειας του φακού και της επίπεδης πλάκας πάνω στην οποία είναι ο φακός. Να βρεθεί ο άγνωστος δείκτης διάθλασης του υγρού  $n'$ .



**Θέμα 4 [20%]:**

Παρατηρούμε την συμβολή/περίθλαση μονοχρωματικού φωτός πάνω σε μια οθόνη παρατήρησης (screen). Το μονοχρωματικό φως διέρχεται από μια διπλή σχισμή (double-slit experiment) που βρίσκεται σε επίπεδο παράλληλο με την οθόνη παρατήρησης. Η οθόνη παρατήρησης βρίσκεται σε απόσταση 3 μέτρων μακριά από το επίπεδο των σχισμών. Η δύο όμοιες σχισμές βρίσκονται σε απόσταση 0.235mm μεταξύ τους. Το αποτέλεσμα της συμβολής/περίθλασης πάνω στην οθόνη παρατήρησης είναι αυτό που φαίνεται στο κάτωθι σχήμα (όπου παρατηρούνται κροσσοί συμβολής σε ασπρόμαυρη βαθμονομημένη φωτογραφία – προσοχή στην σωστή χρήση της κλίμακας).

(α) [10%] Να βρεθεί το μήκος κύματος του μονοχρωματικού φωτός σε nm.

(β) [10%] Να βρεθεί το εύρος της κάθε σχισμής σε  $\mu\text{m}$ .

