



# 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 ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ (Καθ. Η. Ν. Γλύτσης)

6 Ιουλίου 2012

#### Θέμα 1 [25%]:

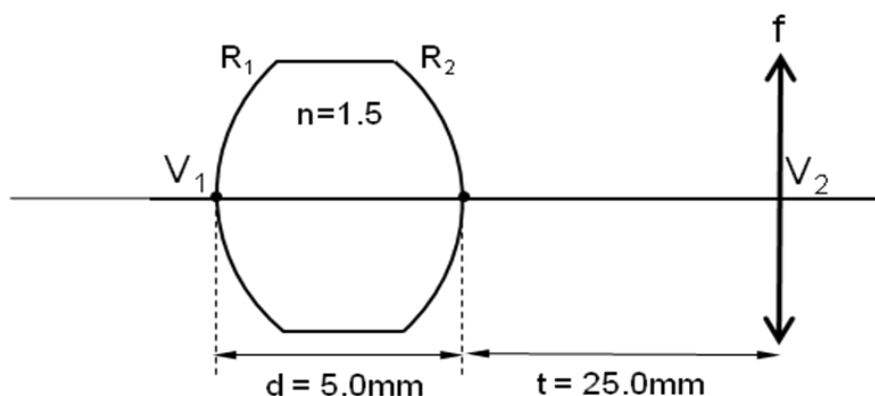
Ένας «παχύς» αμφίκυρτος φακός στον αέρα σε συνδυασμό με ένα «λεπτό» φακό φαίνεται στο κάτωθι σχήμα. Οι ακτίνες καμπυλότητας του φακού είναι  $|R_1| = 50\text{mm}$  και  $|R_2| = 50\text{mm}$  (προσοχή στα πρόσημα) και ο δείκτης διάθλασής του είναι  $n = 1.50$ . Το πάχος του φακού είναι  $5.0\text{mm}$ . Ο «λεπτός» φακός έχει εστιακή απόσταση  $f = +50\text{mm}$  και βρίσκεται σε απόσταση  $t = 25\text{mm}$  από το «παχύ» φακό.

(α) [8%] Να βρεθεί ο πίνακας ABCD με επίπεδο εισόδου αυτό που διέρχεται από το σημείο  $V_1$  και επίπεδο εξόδου αυτό που διέρχεται από το σημείο  $V_2$  (κάθετα στον οπτικό άξονα).

(β) [7%] Ένα αντικείμενο  $O$  βρίσκεται σε απόσταση  $100\text{mm}$  στα αριστερά από την πρώτη επιφάνεια του «παχью» φακού (από σημείο  $V_1$ ). Να υπολογιστεί η απόσταση του ειδώλου του αντικειμένου από την δεξιά επιφάνεια (από σημείο  $V_2$ ) του «λεπτού» φακού χρησιμοποιώντας την μέθοδο των πινάκων ABCD. Να βρεθεί η μεγέθυνση του ειδώλου. Είναι το είδωλο φανταστικό ή πραγματικό; Είναι ορθό ή ανεστραμμένο;

(γ) [5%] Να βρεθούν τα *Cardinal* σημεία του συστήματος των δύο φακών (με επίπεδο εισόδου αυτό που διέρχεται από το σημείο  $V_1$  και επίπεδο εξόδου αυτό που διέρχεται από το σημείο  $V_2$ ) και να προσδιοριστεί η θέση τους πάνω στον οπτικό άξονα.

(δ) [5%] 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

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

#### Θέμα 2 [25%]:

Η έξοδος ενός Argon-Ion laser είναι μια Γκαουσιανή δέσμη με μήκος κύματος  $\lambda_0 = 0.5145 \mu\text{m}$ . Η ισχύς εξόδου του laser είναι 1 Watt. Η δέσμη έχει το ελάχιστο πάχος της (minimum waist) μόλις βγει από το laser και είναι  $2w_0 = 5\text{mm}$ . Από τους πίνακες CIE για φωτοπική όραση (photopic vision) οι φωτεινές αποδόσεις (luminous efficiencies) στα  $514\text{nm}$  και στα  $515\text{nm}$  είναι  $0.5869653$  και  $0.6082$  αντιστοίχως.

(α) [10%] Να βρεθεί η γωνία απόκλισης της δέσμης λόγω περίθλασης,  $\Delta\theta$ , σε radians και σε degrees. Να βρεθεί η απόσταση Rayleigh της δέσμης σε μέτρα. Να βρεθεί το πάχος της δέσμης  $w$  σε απόσταση 1 χιλιομέτρου από το laser.

(β) [10%] Τώρα θέλουμε να προσεγγίσουμε την φωτεινή ένταση (lumen/sr) του laser με το τύπο  $I(\theta) = I_0 [\cos\theta]^n$  όπου  $n$  ακέραιος. Να υπολογιστεί ο δείκτης  $n$  και η σταθερά  $I_0$  σε lumen/sr. Κάνετε τις υποθέσεις που θεωρείτε αναγκαίες για να απαντήσετε σε αυτό το ερώτημα.

(γ) [5%] Αν υποθέσουμε ότι όλη η φωτεινή ισχύς του laser περιέχεται στην στερεά γωνία που σχηματίζει κώνος με γωνία κορυφής την  $\Delta\theta$  να υπολογίσετε προσεγγιστικά την λαμπρότητα (luminance) του laser σε lumen/m<sup>2</sup>sr.

### Θέμα 3 [25%]:

Ένα Fabry-Perot συμβολόμετρο πρέπει να χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση του φάσματος ενός He-Ne laser με λειτουργία σε μήκος κύματος  $\lambda_0 = 0.6328\mu\text{m}$ . Το μήκος της κοιλότητας του laser είναι 120cm. Οι πλάκες του συμβολόμετρου έχουν ανακλαστικότητα  $r^2 = 0.995$  και το μεταξύ των πλακών υλικό είναι αέρας.

(α) [3%] Να βρεθεί ο συντελεστής finesse του Fabry-Perot.

(β)[10%] Αν για την ανάλυση του φάσματος του laser απαιτείται διακριτικότητα (resolution) τουλάχιστον 1/10 της απόστασης σε συχνότητα μεταξύ των ρυθμών του laser να βρεθεί η ελάχιστη δύναμη ανάλυσης (resolving power) του Fabry-Perot συμβολόμετρου.

(γ)[7%] Για την ελάχιστη δύναμη ανάλυσης (resolving power) ποια είναι η απαιτούμενη απόσταση των πλακών του Fabry-Perot συμβολόμετρου;

(δ)[5%] Ποια είναι η χρήσιμη φασματική περιοχή (free spectral range) του Fabry-Perot συμβολόμετρου κάτω από τις συνθήκες του ερωτήματος (γ);

### Θέμα 4 [25%]:

Ένα επίπεδο κύμα (μοναδιαίου πλάτους) με μήκος κύματος  $\lambda_0$  προσπίπτει κάθετα σε ένα παραπέτασμα με τρεις όμοιες σχισμές πλάτους  $s$  και απόστασης  $d$  μεταξύ τους όπως φαίνεται στο σχήμα. Σε απόσταση  $L$  από τις σχισμές βρίσκεται ένα προπέτασμα (screen) όπου παρατηρείται η περίθλαση του επιπέδου κύματος από τις τρεις σχισμές. Υποθέσετε ότι  $L \gg d \gg s$  και ότι ισχύει η περιοχή περίθλασης του Fraunhofer.

(α) [15%] Να βρεθεί η ένταση του περιθλασμένου κύματος σαν συνάρτηση του  $x$  πάνω στο προπέτασμα (screen).

(β) [10%] Αν  $\lambda_0 = 1\mu\text{m}$ ,  $s = 5\lambda_0$ ,  $d = 50\lambda_0$ , και  $L = 50\text{cm}$ , να βρεθούν τα σημεία στα οποία μηδενίζεται η ένταση πάνω στο προπέτασμα, να βρεθεί το μέγιστο της έντασης και που συμβαίνει, καθώς και να γίνει μια ποιοτική γραφική παράσταση της έντασης σαν συνάρτηση του  $x$ .

