



# 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) 4 Ιουλίου 2013

#### Θέμα 1 [30%]:

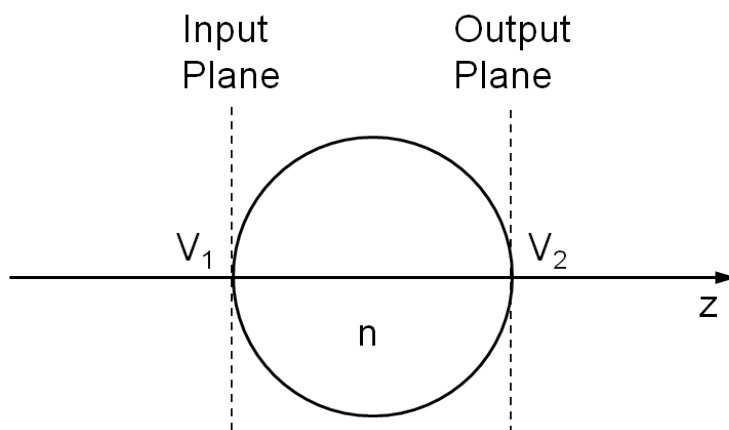
Δίδεται διαφανής διηλεκτρική σφαίρα ακτίνας  $R$  και δείκτη διάθλασης  $n$ . Ο χώρος γύρω από την σφαίρα είναι αέρας.

(α) [12%] Να βρεθεί ο πίνακας ABCD με επίπεδο εισόδου (input plane) αυτό που διέρχεται από το σημείο  $V_1$  και επίπεδο εξόδου (output plane) αυτό που διέρχεται από το σημείο  $V_2$  (όπως φαίνεται στο σχήμα). Να υπολογιστεί η εστιακή απόσταση του συστήματος της σφαίρας και να γίνει η γραφική παράσταση της σαν συνάρτηση της ακτίνας της σφαίρας με σταθερό τον δείκτη διάθλασης (επιλέξετε δύο διαφορετικούς δείκτες διάθλασης) και σαν συνάρτηση του δείκτη διάθλασης ( $1 < n < 5$ ) για σταθερή ακτίνα.

(β) [6%] 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 αν  $R = 10\text{cm}$  και  $n = 1.50$ .

(γ) [6%] Ένα αντικείμενο  $O$  βρίσκεται σε απόσταση  $25\text{cm}$  στα αριστερά από την πρώτη επιφάνεια της σφαίρας (από σημείο  $V_1$ ). Αν και πάλι  $R = 10\text{cm}$  και  $n = 1.50$ , να υπολογιστεί η απόσταση του ειδώλου του αντικειμένου από την δεξιά επιφάνεια (από σημείο  $V_2$ ) της σφαίρας χρησιμοποιώντας την μέθοδο των πινάκων ABCD. Να βρεθεί η μεγέθυνση του ειδώλου. Είναι το είδωλο φανταστικό ή πραγματικό; Είναι ορθό ή ανεστραμμένο;

(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

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

#### Θέμα 2 [20%]:

Μια φωτογραφική μηχανή με φακό εστιακής απόστασης  $f = 50\text{mm}$ , εστιάζει σε αντικείμενο που απέχει 2 μέτρα από τον φακό με  $f\text{-number} = 4$ . Εάν η μέγιστη επιτρεπτή διάμετρος του κύκλου της ελάχιστης σύγχυσης (circle of least confusion) είναι  $c = 0.05\text{mm}$  τότε να απαντηθούν τα ερωτήματα:

(α) [10%] Ποιο είναι το βάθος πεδίου (depth of field) στην συγκεκριμένη φωτογραφία; Ποια είναι η κοντινότερη και η μακρινότερη απόσταση των αντικειμένων που φαίνονται εστιασμένα στην φωτογραφία; Ποια θα πρέπει να είναι η απόσταση του αντικειμένου που θα εστιάσει η φωτογραφική μηχανή ώστε το βάθος πεδίου να γίνει άπειρο; Ποια είναι τότε η κοντινότερη απόσταση των αντικειμένων που φαίνονται εστιασμένα στην φωτογραφία (προφανώς σε αυτήν την περίπτωση η μακρινότερη απόσταση γίνεται άπειρη).

(β) [10%] Να επαναληφθεί το ερώτημα (α) αν ο φακός χρησιμοποιείται με  $f\text{-number} = 1.4$ ; Τι παρατηρείτε;

**Θέμα 3 [30%]:**

Η κανονικοποιημένη ένταση,  $I/I_0=T$ , που διέρχεται από τον συντονιστή Fabry-Perot πάχους  $d_0 = 1.0$  cm φαίνεται στο σχήμα σαν συνάρτηση του πάχους  $d_0$ . Το λέιζερ που χρησιμοποιείται για να παραχθεί η  $T$  είναι ένα λέιζερ He-Ne με  $\lambda_0 = 0.6328\mu\text{m}$ . Το υλικό μέσα στον συντονιστή είναι αέρας ( $n = 1$ ). Μόνο οι εσωτερικές επιφάνειες των δύο πλακών του συντονιστή είναι παράλληλες και συμμετέχουν στον συντονισμό. Το φως του λέιζερ εισέρχεται κάθετα στον συντονιστή (όπως φαίνεται και στο σχήμα).

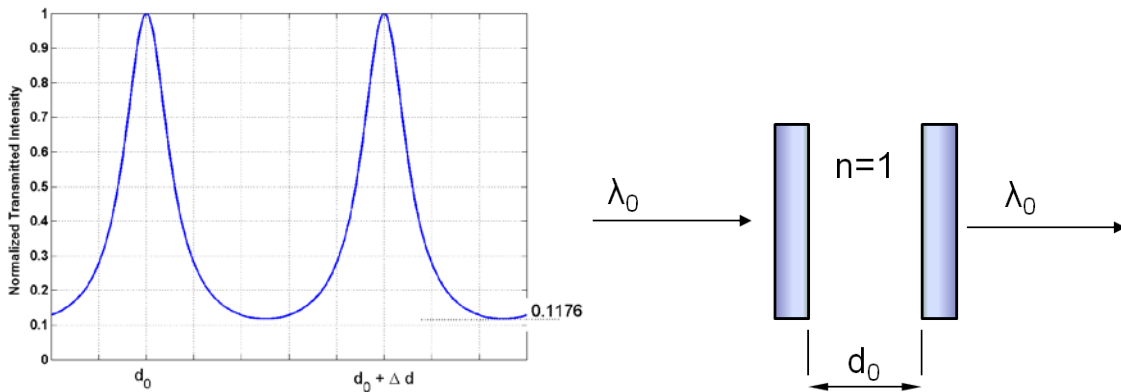
(α) [6%] Να βρεθεί η απόσταση  $\Delta d$  που φαίνεται στην γραφική παράσταση.

(β) [6%] Να βρεθεί η free spectral range απόσταση στο πεδίο της συχνότητας και στο πεδίο του μήκους κύματος.

(γ) [6%] Να βρεθεί η μέγιστη τιμή του ακεραίου  $m$  όταν συντονίζεται ο συντονιστής στο μήκος κύματος  $\lambda_0 = 0.6328\mu\text{m}$ .

(δ) [6%] Να βρεθεί ο συντελεστής finesse του Fabry-Perot συντονιστή καθώς και η ανακλαστικότητα (ως προς την ένταση) των εσωτερικών του επιφανειών.

(ε) [6%] Να βρεθεί η ελάχιστη διαφορά μήκους κύματος που μπορεί να ανιχνεύσει ο συντονιστής καθώς και η δύναμη ανάλυσής του (resolving power).



**Θέμα 4 [20%]:**

Ένα επίπεδο κύμα (μοναδιαίου πλάτους) με μήκος κύματος  $\lambda_0$  προσπίπτει κάθετα σε ένα παραπέτασμα με 4 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 4 σχισμές. Υποθέσετε ότι  $L \gg d \gg s$  και ότι ισχύει η περιοχή περίθλασης του Fraunhofer.

(α) [10%] Να βρεθεί η ένταση του περιθλασμένου κύματος σαν συνάρτηση του  $x$  πάνω στο προπέτασμα (screen). Να βρεθούν τα μέγιστα και τα ελάχιστα της έντασης.

(β) [10%] Αν  $\lambda_0 = 1\mu\text{m}$ ,  $s = 5\lambda_0$ ,  $d = 15\lambda_0$ , και  $L = 50\text{cm}$ , να βρεθούν τα σημεία στα οποία μηδενίζεται η ένταση πάνω στο προπέτασμα, να βρεθεί η ένταση των 3 πρώτων κύριων μεγίστων της έντασης, καθώς και να γίνει μια ποιοτική γραφική παράσταση της έντασης σαν συνάρτηση του  $x$ . Ποιος θα πρέπει να είναι ο λόγος  $d/s$  ώστε να μηδενίζεται το πέμπτο κύριο μέγιστο;

