

סמסטר א' תשפ"ד

מועד הבחינה : א

חלק א

עבודת בית בקורס "מבוא לאופטיקה מודרנית ואלקטרו-אופטיקה"

מרצה : פרופ' זאב זלבסקי

מתרגלים : נדב שברו וסמי אפסל

הערות :

1. העבודה היא אישית, אין לעזר באף אחד, ניתן לשלוח שאלות למתרגלים.
2. הציונים ינורמלו לפי הממוצעים של שנים שעברו.
3. התשובות וקבצי הקוד יעברו בדיקה דרך מנוע חיפושי העתקות.
4. תהיה בדיקה מדגמית להגנה פרונטלית על עבודת הבית.

הוראות הגשה:

1. יש להקליד את התשובות לכל השאלות והסעיפים בקובץ וורד ולייצא ל-PDF. לא יתקבלו סריקות בכתב יד לרבות תשובות שנכתבו בטאבלט.
2. יש לשמור את קובץ ה-PDF עם שם קובץ [first name]_[last name]_[personal I.D.]_Q1
3. יש לכתוב את הקוד ב-MATLAB בלבד. יש לצרף את הקוד בתוך המסמך תחת הכותרת של נספחים. כמוכן יש לשמור את הקוד לכל שאלה בקובץ m. עם שם קובץ :
[first name]_[last name]_[personal I.D.]_Q1 עבור השאלה הראשונה
[first name]_[last name]_[personal I.D.]_Q2 עבור השאלה השנייה
4. יש לעלות את הקבצים בנפרד, סה"כ :
 - a. קובץ הקוד לשאלה 1
 - b. קובץ הקוד לשאלה 2
 - c. PDF עם התשובות לשאלה 1 ושאלה 2 + קוד בסוף

לדוגמא : לסטודנט יוסי כהן, בעל ת.ז. 123456789 יעלה את הקבצים הבאים :

- a. Yossi_Cohen_123456789_Q1.m
- b. Yossi_Cohen_123456789_Q2.m
- c. Yossi_Cohen_123456789.pdf

אחריות ההגשה היא עליכם, לא ניתן לערוך את הקבצים לאחר סגירת התיבה

שאלה 1 (25 נק')

לסעיף הבא השתמשו בפרמטרים הבאים :

$$n_0 = 1.1 + (\text{Last 3 digits of ID})/1000$$

$$\theta_1 = [2 + \text{mod}(\text{Last 3 digits of ID}, 80)]^\circ$$

$$\alpha = [3 + \text{mod}(\text{Last 4 digits of ID}, 45)]^\circ$$

$$\lambda = [1000 + \text{mod}(\text{Last 3 digits of ID}, 500)]nm$$

נתונה לוח זכוכית בעל עובי d ומקדם שבירה n_0 . קרן אור מקוטבת פוגעת בה בזווית פגיעה θ_i , חלק מהאור מוחזר.

- באיזה קיטוב וזווית פגיעה θ_i על הקרן האור להיות כדאי שלא תהיה החזרה.
- אור לא מקוטב בעוצמה של $5W$ פוגע במקטב לינארי שזווית העברה שלו נטויה ב- α ביחס למישור הפגיעה. לאחר מכן עובר דרך לוח הזכוכית בזווית פגיעה של θ_1 . חשבו את העוצמה והקיטוב של האור עובר.

- עכשיו רוצים לבנות מקטב מהלוח זכוכית עבור אור באורך גל λ , כך שהיא תחזיר באופן מקסימלי קיטוב אנכי בלבד ותעביר רק קיטוב מקבילי. בנוסף עבור אורך גל של $\lambda + 0.5nm$ תהיה העברה מקסימלית (כאשר אין עוד העברה מקסימלית ביניהם). מקדם השבירה לשני אורכי הגל הוא n_0 , מצאו את זווית בה הלוח זכוכית צריך להיות מונחת ביחס לקרן וגם את עובי הזכוכית d .

$$d. \text{ נתון שמקדם השבירה הוא תלוי באורך גל לפי הנוסחה: } n(v) = n_0 - \frac{a}{v^2}$$

ציירו את גרף של העברה של הקיטוב האנכי כפונקציה של אורך גל עבור α

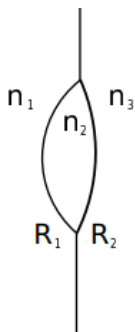
$$10^{26}, 10^{27}, 10^{28} [Hz^2]$$

הסבירו מה קורה לFSR.

שאלה 2 (35 נק')

נתונה עדשה המתוארת בתרשים הבאה :

כאשר n_1 ו n_3 אלו מקדמי השבירה של האוויר



$$n_2 = 1.1 + (\text{Last 3 digits of ID})/1000$$

$$R_1 = [50 - (\text{Last 2 digits of ID})]mm$$

$$R_2 = [50 - (2 \text{ digits before the last 2 digits of ID})]mm$$

- מצאו את מוקד העדשה, האם אפשר לקבל דמות ממשית עם העדשה זאת?
- עכשיו נתון שמקדם השבירה משתנה כפונקציה של אורך גל לפי הנוסחה (נוסחת הדיספרסיה של BK7):

$$n_{BK7}^2(\lambda) = 1 + \frac{1.03961212\lambda^2}{\lambda^2 - 0.00600069867} + \frac{0.231792344\lambda^2}{\lambda^2 - 0.0200179144} + \frac{1.01046945\lambda^2}{\lambda^2 - 103.560653}$$

כאשר היחידות של אורך הגל הן ב- μm .

כיצד ישתנה מוקד העדשה, צירו גרף בעזרת מטלב שמתאר את מוקד העדשה כפונקציה של אורך גל עבור אורכי גל $1\mu m - 0.4$ (בקפיצות של $0.01\mu m$). הערה: יש לוודא של ביטוי של מקדם השבירה בוטא נכון ע"י השוואה לערכים שמופיעים באתר:

<https://refractiveindex.info/?shelf=3d&book=glass&page=BK7#:~:text=Refractive%20index%5B%20i%20%5D,n%20%3D%201.5168>

ג. בסעיף הזה נבנה סימולציה בעזרת מטריצות $ABCD$. בסעיפים הבאים השתמשו בפרמטרים הבאים:

$$R = [\text{mod}(\text{Last 3 digits of ID}, 30) + 10]mm$$

$$\lambda_1 = [\text{mod}(\text{Last 3 digits of ID}, 200) + 550]nm$$

$$\lambda_2 = [\text{mod}(\text{Last 3 digits of ID}, 102) + 450]nm$$

(1) נתונה עדשה $biconvex$ העשויה זכוכית $(BK7)$ שרדיוס העקמומיות שלה הם R (שימו לב לסימן השלילי או החיובי של R בהתאם לכיוון התקדמות הקרן), כאשר $L_1 = 70mm$, מה צריך להיות L_2 כדי לקבל דימות עבור אורך גל λ_1 .

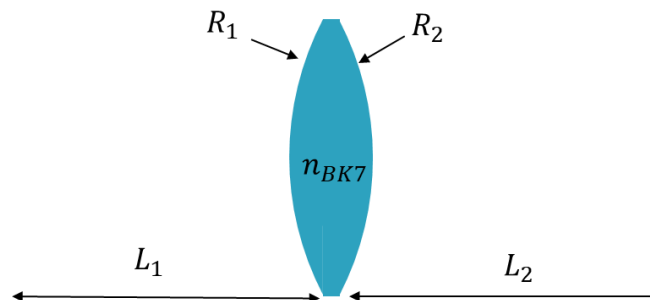
(2) הציגו את תרשים של התקדמות הקרניים במערכת, הצירים בתרשים צריכים להיות גובה הקרן כפונקציה (ציר y) של מרחק (ציר x). הקרן הנכנסת היא $\left(\frac{1}{\theta}\right)$, עבור זוויות כניסה (θ)

של $\frac{\pi}{5}$ עד $-\frac{\pi}{5}$ בקפיצות של $\frac{\pi}{25}$, אורך הגל של הקרן הוא λ_1 . הדרכה: לאחר הפעלה של כל מטריצה שמרו את הערך של גובה הקרן, כך שתקבלו ווקטור המתאר גובה הקרן בכל נקודה על ציר ההתקדמות. על מנת שכל הקרניים שנכנסות בזוויות שונות יהיו על אותו גרף אפשר להשתמש בפונקציית $hold$

<https://www.mathworks.com/help/matlab/ref/hold.html>

(3) עכשיו חזרו על סעיף קודם, כאשר הקרן הנכנסת היא $\begin{pmatrix} x \\ 0 \end{pmatrix}$ עבור אורך λ_1 ו λ_2 כאשר L_1 ו L_2

הם כמו שמצאתם בסעיף קודם. x מייצג את הגבוה, עבור ערכים 1 עד -1 בקפיצות של 0.1 הציגו את הקרניים באותו גרף האופטי כאשר תשמשו באותו צבע עבור כל הקרניים באותו אורך גל (אפשר לעשות את זה ע"י לדוגמא $plot(x,y,'red')$). כתבו את המטריצה שמתארת את העדשה והסבירו את התוצאה שקבלתם.



ד. על מנת לפתור את הבעיה בסעיף ג הציעו להוסיף שכבה נוספת לעדשה כמתואר בתרשים (עדשה אכרומטית) עם מקדם שבירה:

$$n_{F2}^2(\lambda) = 1 + \frac{1.34533359\lambda^2}{\lambda^2 - 0.00997743871} + \frac{0.209073176\lambda^2}{\lambda^2 - 0.0470450767} + \frac{0.937357162\lambda^2}{\lambda^2 - 111.886764}$$

בהינתן ש: $R_1 = -R_2 = R$

$$d_1 = [\text{mod}(\text{Last 3 digits of ID}, 1.01) + 0.1] \text{mm}$$

$$d_2 = [\text{mod}(\text{Last 3 digits of ID}, 2.17) + 1] \text{mm}$$

$$R = [\text{mod}(\text{Last 3 digits of ID}, 30) + 10] \text{mm}$$

$$\lambda_1 = [\text{mod}(\text{Last 3 digits of ID}, 100) + 400] \text{nm}$$

$$\lambda_2 = [\text{mod}(\text{Last 3 digits of ID}, 153) + 600] \text{nm}$$

(1) מצאו את R_3 עבור נקבל את אותו אורך מוקד עבור אורכי הגל λ_1 ו λ_2 .

(2) ציירו גרף של מוקד כפונקציה של אורך גל ($\lambda = 400 - 1000 \text{nm}$) והשוו לעדשה ללא

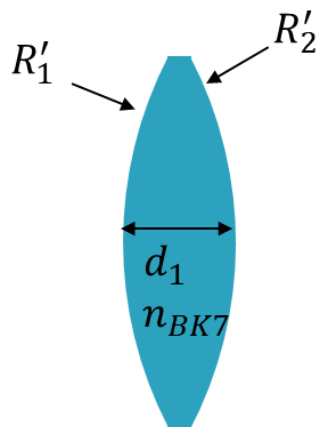
השכבה (2 גרפי בתרשים אחד) בעלת רדיוסי עקמומיות של $R_1 = -R_2 = 2f_{avg} \cdot (n_{avg} - 1)$

כאשר f_{avg} זה המוקד אפקטיבי הממוצע של העדשה החדשה (עם השכבה, ממוצע של הגרף

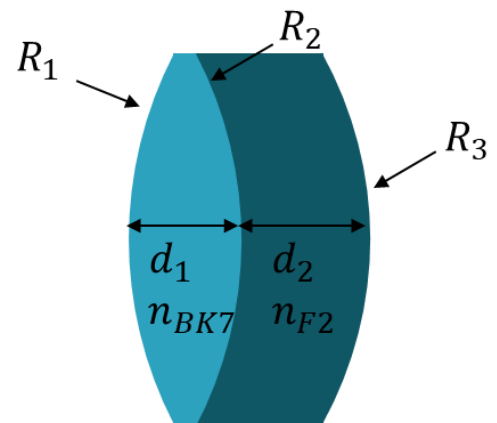
בסעיף הקודם) ו n_{avg} זה מקדם השבירה הממוצע של n_{BK7} .

(3) מצאו את המישורים העיקרים של מערכת העדשה.

עדשה ללא שכבה



עדשה עם שכבה



בהצלחה!