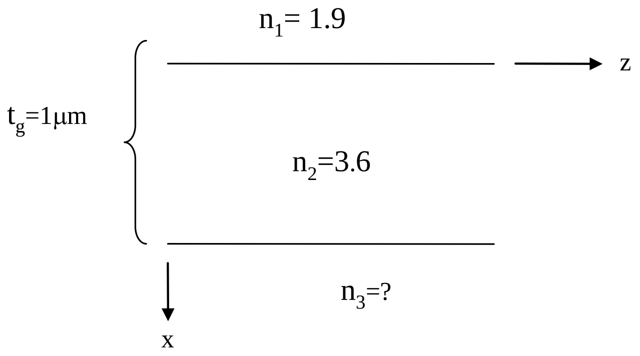
עבודת סימולציה

<u>יש לפרט את דרך הפתרון ופיתוח המשוואות.</u>

נתון מוליך גל שבו כל השכבות משטחיות ואינסופיות. במוליך הגל מתפשט גל באורך גל $\lambda=1.55\mu m$ כאשר $n_2>>n_3$, כמתואר באיור 1 :



איור 1 מוליך גל בעל שכבות משטחיות ואינסופיות כאשר $\lambda=1.55\ \mu m$

א. יש למצוא מקדם n_3 כך שיתקיימו במוליך הגל 3 אופנים אפשריים עבור *TE*. יש למצוא את מקדמי ההתפשטות (β -ות) בכיוון z עבור אופנים אפשריים אלו.

ב. יש לתת ביטוי מפורש ל- $E_y(x)$ בכל שכבה עבור כל אחד מהאופנים שנמצאו (כולל אמפליטודה וקבוע התפשטות בכיוון z).

ג. יש לשרטט את פונקצית $E_y(x)$ כתלות ב- x, עבור האופנים השונים.

ד. ע״י שימוש בערך n_3 שחושב בסעיף א׳, יש למצוא את מקדמי ההתפשטות (β -ות) בכיוון z עבור אופנים אפשריים לשדה מגנטי $H_y(x)$ ב- *TM*. האם קיבלת אותם קבועי התפשטות עבור שני הקיטובים? אם לא יש להסביר איכותית.

ה. יש לתת ביטוי מפורש ל- $H_y(x)$ בכל שכבה עבור כל אחד מהאופנים שנמצאו (כולל אמפליטודה וקבוע התפשטות בכיוון z).

ו. יש לשרטט את פונקצית $H_y(x)$ כתלות ב- x, עבור האופנים השונים.

ז. יש לשרטט על אותו גרף את $H_y(x)$ ו $E_y(x)$, עבור האופנים השונים.

ח. יש לשרטט את פונקציות $E_y(x,z)$ כתלות ב- x ו- z (בגודל של שני אורכי גל וללא תלות בזמן) עבור אחד מהאופנים שתבחר (גרף : תלת-מימדי).

י. בסעיף זה יתוארו בקצרה השלבים לפיתוח פונקצית $H_y(x)$ בשכבות השונות עבור קיטוב *TM* (באופן דומה לפיתוח שביצענו בהרצאה עבור קיטוב *TE*). כאשר הנוסחה הסופית מתוארת בסוף סעיף זה. יש למלא את שלבי הפיתוח החסרים לפי ההנחיות שבנספח 1.

נספח 1:

יש להתחיל ממשואת מקסוול: $\nabla^2\vec{H}=\mu_0 n_j^{\,2}\varepsilon_0\dfrac{d^2\vec{H}}{dt^2}$

<u>A</u>. בהנחה כי: 1. במוליך הגלים מתפשט גל הרמוני בכיוון Z

2. מוליך הגל שלנו אינסופי בכיוון Y ואין שינוי של שדה המגנטי בכיוון זה($\dfrac{\partial\vec{H}}{\partial y}=0$)

<u>יש להראות כי:</u> ניתן לרשום את שדה החשמלי המתפשט באופן הבא: $\vec{H}(x,z,t)=\vec{H}(x)e^{-j(\omega t-\beta z)}$

<u>B</u>. יש להשתמש בעובדה כי מדובר באופני TM.

$$E(x)=\left\{E_x(x),\underbrace{E_y(x)}_{0},E_z(z)\right\}$$

$$H(x)=\left\{\underbrace{H_x(x)}_{0},H_y(x),\underbrace{H_z(z)}_{0}\right\}$$

ולהראות כי: $\dfrac{\partial^2 H_y(x)}{\partial x^2}+\left(n_j^{\,2}k_0^{\,2}-\beta^2\right)H_y(x)=0$

<u>C</u>. **להראות כי**: פתרון כללי של המשוואות בכל אחד מן התחומים:

$$\begin{aligned}
&H_y(x)=A\exp(-qx) && 0\le x\le\infty\\
&H_y(x)=B\cos(hx)+C\sin(hx) && -t_g\le x<0\\
&H_y(x)=D\exp(p(x+t_g)) && -\infty\le x<-t_g
\end{aligned}$$

<u>D</u>. <u>לרשום נוסחות</u> ל: q,p,h .

<u>E</u>. יש להשתמש בתנאי שפה לרציפות שדה מגנטי ב- x=0 ו- x=-tg.

<u>ולהראות כי:</u>

1) $A=B$

2) $D=B\cos(h\cdot t_g)-C\sin(h\cdot t_g)$

<u>F</u>. להשתמש בתנאי שפה לרציפות השדה החשמלי ב x=0 ו- x=-tg .

כאשר $E_z(x)=\dfrac{j}{\omega n_j^{\,2}\varepsilon_0}\dfrac{\partial}{\partial x}H_y\hat{z}$ $\qquad E_x(x)=\dfrac{\beta}{\omega n_j^{\,2}\varepsilon_0}H_y\hat{x}$

ולהראות כי:

$$3)\qquad -A\frac{q}{n_3^{\,2}}=C\frac{h}{n_2^{\,2}}\Rightarrow C=-A\frac{q}{h}\left(\frac{n_2}{n_3}\right)^2$$

$$4)\qquad A\frac{h}{n_2^{\,2}}\sin(h\cdot t_g)+C\frac{h}{n_2^{\,2}}\cos(h\cdot t_g)=\frac{p}{n_1^{\,2}}\left(A\cos(h\cdot t_g)-C\sin(h\cdot t_g)\right)$$

G. יש להשתמש במשוואות 3 ו 4 **ולהראות כי:**

$$\tan(h\cdot t_g)=\frac{\dfrac{p}{n_1^{\,2}}+\dfrac{q}{n_3^{\,2}}}{\left(\dfrac{h}{n_2^{\,2}}-\dfrac{pq}{h}\left(\dfrac{n_2}{n_3 n_1}\right)^2\right)}=\frac{hn_2^{\,2}\left(n_3^{\,2}p+n_1^{\,2}q\right)}{n_3^{\,2}n_1^{\,2}h^2-n_2^{\,4}qp}=\frac{h\left(p'+q'\right)}{h^2-q'p'}$$

כאשר : $q'=q\left(\frac{n_2}{n_3}\right)^2 \quad and \quad p'=p\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$

H. להשתמש במשוואות 1 ו 2 **ולהראות כי:**

$$H_y(x)=A\exp(-qx)\qquad 0\le x\le\infty$$

$$H_y(x)=A\left[\cos(hx)-\frac{q}{h}\left(\frac{n_2}{n_3}\right)^2\sin(hx)\right]\qquad -t_g\le x<0$$

$$H_y(x)=A\left[(\cos(h\cdot t_g)+\frac{q}{h}\left(\frac{n_2}{n_3}\right)^2\sin(h\cdot t_g)\right]\cdot\exp(p(x+t_g))\qquad -\infty\le x<-t_g$$

סיכום: הנוסחה הסופית לשדה המגנטי עבור אופני TM במוליך הגל.

$$H_y(x)=C_m\exp(-qx)\qquad 0\le x\le\infty$$

$$H_y(x)=C_m\left[\cos(hx)-\frac{q}{h}\left(\frac{n_2}{n_3}\right)^2\sin(hx)\right]\qquad -t_g\le x<0$$

$$H_y(x)=C_m\left[(\cos(h\cdot t_g)+\frac{q}{h}\left(\frac{n_2}{n_3}\right)^2\sin(h\cdot t_g)\right]\cdot\exp(p(x+t_g))\qquad -\infty\le x<-t_g$$

כאשר (מתקבל מפיתוח הספק כללי ונירמול (אין צורך לבצע))

$$\begin{cases} C_m = 2\sqrt{\dfrac{\omega\varepsilon_0 P_{total}}{\beta t'_g}} \\ t'_g = \left(\dfrac{h^2+q'^2}{h^2}\right)\left[\dfrac{h^2+q^2}{n_3{}^2 q\left(h^2+q'^2\right)} + \dfrac{h^2+p^2}{n_1{}^2 p\left(h^2+p'^2\right)} + \dfrac{t_g}{n_2{}^2}\right] \\ q' = q\left(\dfrac{n_2}{n_3}\right)^2 \quad and \quad p' = p\left(\dfrac{n_2}{n_1}\right)^2 \end{cases}$$