1. בכיתה ראינו את הפרמטרים הבאים המייצגים את תכונות החומר:

$\chi,\quad \varepsilon,\quad n,\quad k,\quad \sigma$

a. בחרו 3 פרמטרים והסבירו בקצרה את המשמעות הפיזיקלית שלהם.
b. כתבו קשרים מתמטיים המקשרים בין כל אחד מהפרמטרים שבחרתם לאחרים שבחרתם.
c. הסבירו כיצד הקשרים שמצאתם מסתדרים עם המשמעויות הפיזיקליות השונות של הפרמטרים השונים שבחרתם.
d. עבור כל אחד מהפרמטרים שבחרתם, הביעו את החלק הממשי והחלק המדומה שלו באמצעות החלקים הממשיים והמדומים של כל אחד משני הפרמטרים האחרים בנפרד.

א) σ – מוליכות, כמה החומר מוליך מטען

k – מספר גל/ וקטור גל זה התנע של הגל

ε – פרמיטיביות כמה גל עובר בקלות בחומר

ב)
$$\varepsilon(\sigma(\omega)) = 1 + i\frac{\sigma(\omega)}{\varepsilon_0 \omega} = k^2\frac{c^2}{\omega^2}$$

$$k(\omega) = \frac{\omega}{c}\sqrt{\varepsilon(\omega)} = \frac{\omega}{c}\sqrt{\left(1 + i\frac{\sigma(\omega)}{\varepsilon_0\omega}\right)}$$

$$-i\varepsilon + i\cdot 1 = \frac{\sigma}{\varepsilon_0\omega} = i(1-\varepsilon)$$

$$\sigma = i\varepsilon_0\omega(1-\varepsilon) = i\varepsilon_0\omega\left(1-k^2\frac{c^2}{\omega^2}\right)$$

ג) קודם נבין שמכיוון שk נמצא באקספוננט

אז כל תוספת מרוכבת שלו מנחיתה את הגל.

לכן קל לראות ש $\sqrt{\varepsilon}$ ממשי כלומר ככל שהחומר

יותר פרמיטיבי הגל עובר בו מהר יותר. למרות ששורש

גדל ממש ממש לאט ולכן מהר מאוד לגל כמעט

ולא יהיה אפקט שε גדול יותר. עם זאת נשים

לב ש σ תמיד בתרומה המרוכבת ולכן

ככל ש σ יותר גדול לגל יותר קשה להתקדם.

מה שמוכר לנו ממתכות שהרי הם מוליכות (σ גדול)

והם מחזירות אור (נראה) כלומר הגל חודר רק לעומק

מסדר גודל של δ לתוך החומר ולכן השאר מוחזר.

2)

$$\varepsilon = 1 + i\,\frac{(\sigma_r + i\sigma_i)}{\varepsilon_0\,\omega} = 1 - \frac{\sigma_i}{\varepsilon_0\omega} + i\,\frac{\sigma_r}{\varepsilon_0\omega}$$

$$= k^2\frac{c^2}{\omega^2} = (k_r^2 + k_i^2)\frac{c^2}{\omega^2}$$

$$k = \frac{\omega}{c}\sqrt{\varepsilon} = \frac{\omega}{c}(\varepsilon_i^2+\varepsilon_r^2)^{1/4} e^{\frac{i}{2}tg^{-1}\left(\frac{\varepsilon_i}{\varepsilon_r}\right)}$$

$$= \frac{\omega}{c}\left[\left(1-\frac{\sigma_i}{\varepsilon_0\omega}\right)^2+\left(\frac{\sigma_r}{\varepsilon_0\omega}\right)^2\right]^{1/4} e^{\frac{i}{2}tg^{-1}\frac{\frac{\sigma_r}{\varepsilon_0\omega}}{1-\frac{\sigma_i}{\varepsilon_0\omega}}}$$

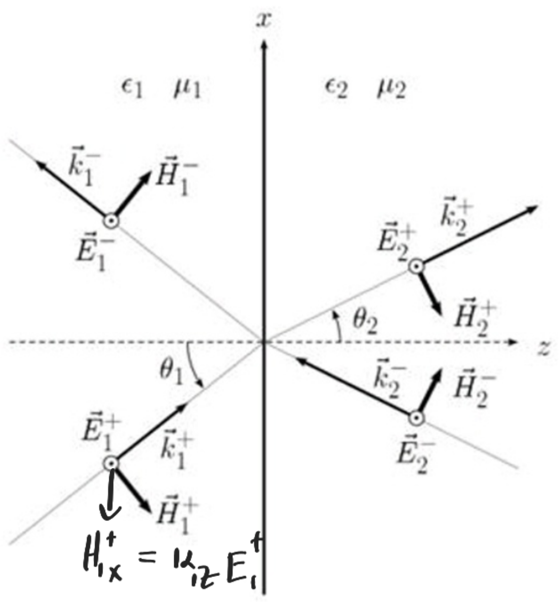
$$= \frac{1}{c}\sqrt{\frac{\omega}{\varepsilon_0}}\left[(\varepsilon_0\omega-\sigma_i)^2+\sigma_r^2\right]^{1/4} e^{\frac{i}{2}tg^{-1}\left(\frac{\sigma_r}{\varepsilon_0\omega-\sigma_i}\right)}$$

$$\sigma = i\varepsilon_0\omega(1-\varepsilon_r - i\varepsilon_i) = \varepsilon_0\omega\varepsilon_i + \varepsilon_0\omega(1-\varepsilon_r)\,i$$

$$= i\varepsilon_0\omega\left(1-k^2\frac{c^2}{\omega^2}\right) = \varepsilon_0\omega\left(1-(k_r^2+k_i^2)\frac{c^2}{\omega^2}\right)i$$

2. בכיתה פיתחנו את מטריצת מעבר הגלים בין שתי שכבות עבור קיטוב TM: $\widetilde{\boldsymbol{M}}^{(p)}$.
באופן דומה, פיתחו את מטריצת מעבר הגלים בין שתי שכבות עבור קיטוב TE, $\widetilde{\boldsymbol{M}}^{(s)}$,
המקיימת: $\begin{pmatrix} E_1^+ \\ E_1^- \end{pmatrix} = \widetilde{\boldsymbol{M}}^{(s)} \begin{pmatrix} E_2^+ \\ E_2^- \end{pmatrix}$.

TE



$$\bar{E} = E\,\hat{y}$$

$$\bar{H} = (H_x, 0, H_z)$$

נדרוש תנאי שפה:

$$E_1^+ + E_1^- = E_2^+ + E_2^- \quad (1)$$

$$H_{1x}^+ + H_{1x}^- = H_{2x}^+ + H_{2x}^- \quad (2)$$

ונדרוש את הכיוונים ממש' מקסוול:

$$\bar{\nabla} \times \bar{E} = -\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}\bar{B}$$

$$\begin{pmatrix} \partial_x \\ \partial_y \\ \partial_z \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0 \\ E \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\partial_z E \\ 0 \\ \partial_x E \end{pmatrix} = -\frac{1}{c}\begin{pmatrix} \partial_t H_x \\ 0 \\ \partial_t H_z \end{pmatrix} \Rightarrow -i k_z E = -\frac{1}{c} i\omega H$$

$$k_z E = \frac{\omega}{c} H$$

$$k_{1z} E_1^+ = \frac{\omega}{c} H_{1x}^+$$

מהיפוך כיוון

$$k_{1z} E_1^- = -\frac{\omega}{c} H_{1x}^-$$

ובאותו אופן (כמו) הכיוונים הפוכים:

$$k_{1z} E_2^+ = -\frac{\omega}{c} H_{2x}^+$$

$$k_{1z} E_2^- = \frac{\omega}{c} H_{2x}^-$$

נציב ב (2):

$$k_{1z} \cancel{\frac{c}{\omega}} E_1^+ - k_{1z} \cancel{\frac{c}{\omega}} E_1^- = -k_{2z} \cancel{\frac{c}{\omega}} E_2^+ + k_{1z} \cancel{\frac{c}{\omega}} E_2^- \quad (2)$$

$$E_1^+ + E_1^- = E_2^+ + E_2^- \quad (1)$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ k_{1z} & -k_{1z} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_1^+ \\ E_1^- \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ -k_{2z} & k_{2z} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_2^+ \\ E_2^- \end{pmatrix}$$ וקנורה מ(רינים

$$\Rightarrow \quad \tilde{M}^{(s)} = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 + \frac{k_{2z}}{k_{1z}} & 1 - \frac{k_{2z}}{k_{1z}} \\ 1 - \frac{k_{2z}}{k_{1z}} & 1 + \frac{k_{2z}}{k_{1z}} \end{pmatrix}$$