PTC3314 - Ondas e Linhas

4º Exercício de Simulação Computacional

Data para entrega: 08 de dezembro de 2024

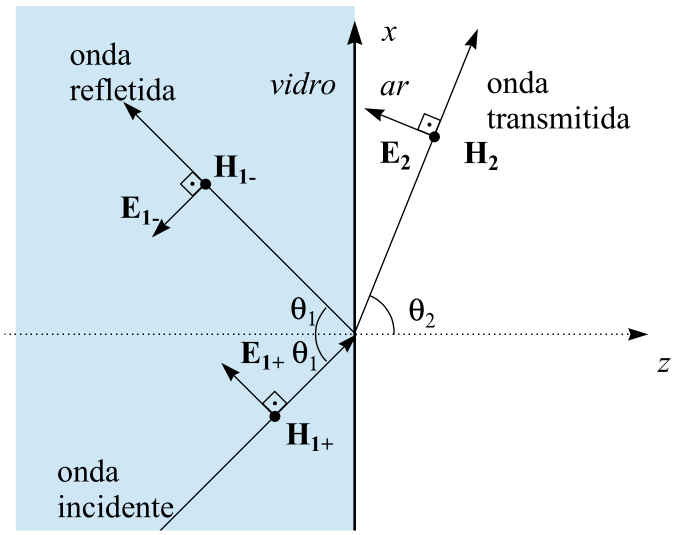
Este exercício computacional contará como um dos testes da disciplina.

A listagem completa e os gráficos solicitados deverão ser entregues na data acima, impreterivelmente.

As simulações solicitadas podem ser feitas utilizando-se o programa Matlab ou outro similar.

Considere uma onda eletromagnética plana, propagando-se no vidro, incidindo obliquamente na interface vidro-ar como mostrado abaixo. Essa onda tem o campo elétrico no plano de incidência, e oscila na frequência de 1,0 GHz

A onda incidente tem o campo magnético (na direção y) com valor de 1 mA_{ef}/m.



Dados para o vidro: $\mu_{vidro} = \mu_0$, $\varepsilon_{vidro} = 3{,}mnp\ \varepsilon_0$, de acordo com os 3 últimos algarismos do seu número USP (exemplo: nusp=2264123 => $\varepsilon_{vidro} = 3{,}123\ \varepsilon_0$). Este trabalho poderá ser realizado em grupos de no máximo 3 alunos (todos de uma mesma turma de PTC3314) e, neste caso, o número USP do primeiro aluno, em ordem alfabética, deverá ser o utilizado para a escolha dos parâmetros.

a) **(2,0)** Faça um gráfico do valor do ângulo θ_2 em função do ângulo θ_1, para θ_1 variando de 0 a 90° (em passos de 0,1 grau). Explicite o valor do ângulo de incidência crítico, θ_c , com precisão de centésimos de grau.

b) **(2,0)** Faça um gráfico das partes real e imaginária de $Z_L = \dfrac{\dot{E}_{x2}}{\dot{H}_{y2}}$, num mesmo eixo. Interprete o resultado. Explicite os valores de Z_L para θ_1= 0º , 90º e θ_c .

c) **(4,0)** Faça os gráficos das relações $\dfrac{|N^+_{z2}|}{|N^+_{z1}|}$ e $\dfrac{|N^-_{z1}|}{|N^+_{z1}|}$ (componentes na direção z dos vetores de Poynting incidente (1,+), refletido (1,–) e transmitido (2,+)) num mesmo eixo. Qual o valor do ângulos de Brewster θ_p ? Explicite os valores desses gráficos para θ_1 = 0º , θ_p e 40º, com precisão de 10^{-3}.

d) **(2,0)** Para θ_1=60°, faça um gráfico de |**H**| em função de z, para z entre –20 cm e +10 cm. Interprete o resultado. Explicite seu valor em z = 0 e em z = 5 cm.

FOLHA DE RESPOSTAS

PTC3314 – 4º *Exercício de Simulação Computacional*

Turma: _____ Professor: ____

Nome: ____ NUSP:______________
Nome: ____ NUSP:______________
Nome: ____ NUSP:______________

a) **(2,0)** $\theta_c =$ ____,____ º
Anexar gráfico.

b) **(2,0)** $Z_L(0^\circ) =$ ________Ω $Z_L(\theta_c) =$ ________Ω $Z_L(90^\circ) =$ ________Ω
Anexar gráfico.

c) **(4,0)** $\theta_p =$ ____,____ º

potência transmitida: $\left.\frac{|N_{z2}^{+}|}{|N_{z1}^{+}|}\right|_{\theta_i=0^\circ} =$ ________ $\left.\frac{|N_{z2}^{+}|}{|N_{z1}^{+}|}\right|_{\theta_i=\theta_p} =$ ________ $\left.\frac{|N_{z2}^{+}|}{|N_{z1}^{+}|}\right|_{\theta_i=\theta_c} =$ ________

potência refletida: $\left.\frac{|N_{z1}^{-}|}{|N_{z1}^{+}|}\right|_{\theta_i=0^\circ} =$ ________ $\left.\frac{|N_{z1}^{-}|}{|N_{z1}^{+}|}\right|_{\theta_i=\theta_p} =$ ________ $\left.\frac{|N_{z1}^{-}|}{|N_{z1}^{+}|}\right|_{\theta_i=40^\circ} =$ ________

Anexar gráfico.

d) **(2,0)** $|\dot{H}_y(z=0)| =$ ________ mA_{ef}/m $|\dot{H}_y(z=5\,\text{cm})| =$ ________ mA_{ef}/m.
Anexar gráfico.

Expressões úteis:

para meios sem perdas: $k_i=\omega\sqrt{\mu_i\varepsilon_i}$, $\eta_i=\sqrt{\frac{\mu_i}{\varepsilon_i}}$

$\theta_2=\mathrm{sen}^{-1}\left(\mathrm{sen}\,\theta_1\sqrt{\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}}\right)$;

se $\mathrm{sen}\,\theta_1\sqrt{\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}}>1$ então θ_2 será complexo e nesse caso

$\theta_2=\frac{\pi}{2}\pm j\cosh^{-1}\left(\mathrm{sen}\,\theta_1\sqrt{\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}}\right)$ (prove!).

Como na expressão do campo no meio 2 teremos termos do tipo $e^{-jk_2\cos\theta_2 z}=e^{-jk_2\cos\left(\frac{\pi}{2}\pm j\psi\right)z}=e^{\mp k_2\,\mathrm{senh}\,\psi z}$ devemos escolher

$\theta_2=\frac{\pi}{2}+j\cosh^{-1}\left(\mathrm{sen}\,\theta_1\sqrt{\frac{\epsilon_1}{\epsilon_2}}\right)$

- $Z_L=\eta_2\cos(\theta_2)$ $\quad Z_{z1}=\eta_1\cos(\theta_1)$ $\quad \vec{E}$ *no plano de incidencia*
  $Z_L=\eta_2\sec(\theta_2)$ $\quad Z_{z1}=\eta_1\sec(\theta_1)$ $\quad \vec{H}$ *no plano de incidencia*

$\rho_0=\frac{\dot{E}_{t1-}}{\dot{E}_{t1+}}=\frac{Z_L-Z_{z1}}{Z_L+Z_{z1}}$; $\quad \tau_0=\frac{\dot{E}_{t2}}{\dot{E}_{t1+}}=1+\rho_0$ $\qquad$ onde t pode ser x ou y.

- $\beta_{x1}=k_1\,\mathrm{sen}\,\theta_1 \qquad \beta_{z1}=k_1\cos\theta_1$
  $\beta_{x2}=k_2\,\mathrm{sen}\,\theta_2=\beta_{x1} \qquad \beta_{z2}=k_2\cos\theta_2$
- campo elétrico no plano de incidência :

$$\begin{aligned}\dot{H}_y(x,z)&=\dot{H}_{y1+}e^{-j\beta_x x}\left[e^{-j\beta_{z1}z}-\rho_0 e^{j\beta_{z1}z}\right]\\ \dot{E}_x(x,z)&=\eta_1\cos\theta_1\dot{H}_{y1+}e^{-j\beta_x x}\left[e^{-j\beta_{z1}z}+\rho_0 e^{j\beta_{z1}z}\right]\\ \dot{E}_z(x,z)&=-\eta_1\,\mathrm{sen}\,\theta_1\dot{H}_{y1+}e^{-j\beta_x x}\left[e^{-j\beta_{z1}z}-\rho_0 e^{j\beta_{z1}z}\right]\end{aligned}\qquad \text{para } z<0$$

$$\begin{aligned}\dot{H}_y(x,z)&=(1-\rho_0)\dot{H}_{y1+}e^{-j\beta_x x}e^{-j\beta_{z2}z}\\ \dot{E}_x(x,z)&=\eta_2\cos\theta_2(1-\rho_0)\dot{H}_{y1+}e^{-j\beta_x x}e^{-j\beta_{z2}z}\\ \dot{E}_z(x,z)&=-\eta_2\,\mathrm{sen}\,\theta_2(1-\rho_0)\dot{H}_{y1+}e^{-j\beta_x x}e^{-j\beta_{z2}z}\end{aligned}\qquad \text{para } z>0$$

- campo magnético no plano de incidência :

$$\begin{aligned}\dot{E}_y(x,z)&=\dot{E}_{y1+}e^{-j\beta_x x}[e^{-j\beta_{z1}z}+\rho_0 e^{j\beta_{z1}z}]\\ \dot{H}_x(x,z)&=\frac{-\dot{E}_{y1+}}{\eta_1\sec\theta_1}e^{-j\beta_x x}[e^{-j\beta_{z1}z}-\rho_0 e^{j\beta_{z1}z}]\\ \dot{H}_z(x,z)&=\frac{\dot{E}_{y1+}}{\eta_1\csc\theta_1}e^{-j\beta_x x}[e^{-j\beta_{z1}z}+\rho_0 e^{j\beta_{z1}z}]\end{aligned}\qquad \text{para } z<0$$

$$\begin{aligned}\dot{E}_y(x,z)&=(1+\rho_0)\dot{E}_{y1+}e^{-j\beta_x x}e^{-j\beta_{z2}z}\\ \dot{H}_x(x,z)&=-\frac{(1+\rho_0)\dot{E}_{y1+}}{\eta_2\sec\theta_2}e^{-j\beta_x x}e^{-j\beta_{z2}z}\\ \dot{H}_z(x,z)&=\frac{(1+\rho_0)\dot{E}_{y1+}}{\eta_2\csc\theta_2}e^{-j\beta_x x}e^{-j\beta_{z2}z}\end{aligned}\qquad \text{para } z>0$$