

**Tema 7***Julio 2018*

**7.1.** Una onda electromagnética linealmente polarizada, de frecuencia  $10^7 \text{ Hz}$ , se propaga, en la dirección  $\vec{u}_y$ , en un medio cuya conductividad es  $100 \Omega^{-1} \text{ m}^{-1}$ . La función de onda para el campo magnético en el foco es  $\vec{H}_{(0,t)} = H_0 \sin(\omega t) \vec{u}_x$ . Si para la frecuencia indicada el medio se comporta como buen conductor y el valor máximo de la intensidad es  $\frac{125}{\pi} \text{ Wm}^{-2}$ , obtener de forma razonada el valor de  $H_0$  y la función de onda para el campo eléctrico asociado a la onda, expresado en notación exponencial.

*Enero 2018*

**7.2.** Una onda electromagnética, linealmente polarizada, se propaga en la dirección del eje X, en el interior de un material cuyo índice de refracción es  $4 - i$ . Si la función de onda para el campo eléctrico en el foco es  $\vec{E} = 60\pi \cos 15\pi \cdot 10^6 t \vec{u}_y \text{ Vm}^{-1}$ , donde  $t$  se mide en s, obtener de forma razonada:

- 1) La atenuación de la intensidad de la onda, expresada en  $\text{dB cm}^{-1}$ .
- 2) La función de onda para el campo  $\vec{H}$ , utilizando la impedancia del medio.

*Mayo 2018*

**7.3.** La intensidad de una onda electromagnética, que se propaga en un medio de permitividad relativa 16 y conductividad  $\frac{1}{4} \Omega^{-1} \text{ m}^{-1}$ , se atenúa  $\frac{3\pi}{5} \log e \text{ dB cm}^{-1}$ . Obtener de forma razonada:

- 1) El índice de refracción y la impedancia del medio.
- 2) La condición que debería cumplir la frecuencia de la onda para que el medio se comportara como un buen conductor.

*Junio 2018*

**7.4.** Un foco emite ondas electromagnéticas planas y linealmente polarizadas. En el foco, el campo eléctrico es  $\vec{E}_{(0,t)} = \sqrt{34} \cos\left(3\pi \cdot 10^8 t + \frac{\pi}{4}\right) \vec{u}_y \text{ Vm}^{-1}$  ( $t$  en s) y la amplitud del campo magnético es  $\frac{17}{60\pi} \text{ Am}^{-1}$ . Si la intensidad de la onda, cuando ha recorrido una distancia  $x = 5 \text{ cm}$ , se ha atenuado  $3\pi \log e \text{ dB}$ , obtener razonadamente la función de onda para el campo magnético  $\vec{H}$ .

*Junio 2017*

**7.5.** Una onda electromagnética linealmente polarizada, se propaga en la dirección del eje Y, en un medio en el que la impedancia es  $10\pi\sqrt{3}(\sqrt{3} + i) \Omega$ . La función de onda para el campo magnético en

el foco es  $\vec{H}_{(0,t)} = \frac{5}{\pi} \cos\left(3\pi \cdot 10^8 t + \frac{\pi}{3}\right) \vec{u}_x \text{ Am}^{-1}$ , donde  $t$  se mide en s. Obtener de forma razonada:

- 1) La función de onda para el campo eléctrico, expresada en notación armónica (sin utilizar las ecuaciones de Maxwell).
- 2) La intensidad de la onda.

Junio 2018

**7.6.** La función de onda para el campo magnético asociado a una onda electromagnética plana es  $\vec{H} = H_0 e^{-ax} e^{i(\omega t - bx)} \vec{u}_z$ . Justificando todos los desarrollos, obtener la relación entre los valores medios de las densidades espaciales de energía eléctrica y magnética, cuando  $b = \frac{10}{9}a$ .

Diciembre 2018

**7.7.** Un foco emite ondas electromagnéticas planas y linealmente polarizadas, en un medio de conductividad  $\frac{1}{4}\Omega^{-1}\text{m}^{-1}$ . El campo magnético en el foco es:

$$\vec{H}(0, t) = \frac{17}{60\pi} \cos\left(3\pi \cdot 10^8 t + \frac{\pi}{3}\right) \vec{u}_x \text{ Am}^{-1} (t \text{ en s})$$

y la atenuación de la intensidad, cuando la onda ha avanzado hasta  $y = 15 \text{ cm}$  es  $9\pi \log e \text{ dB}$ . Sin utilizar las ecuaciones de Maxwell, obtener razonadamente la función de onda para el campo eléctrico  $\vec{E}$ , así como el factor  $Q$  correspondiente.

Enero 2018.

7.2.  $n = 4 - i$

$\vec{E} = 60\pi \cos(15\pi \cdot 10^6 t) \vec{u}_y \text{ V/m}$

1) Intensidad de onda (dB/cm.)  $k_c = \gamma - i\beta$

$n = \frac{c}{v} = \frac{c}{\omega} k_c = \frac{3 \cdot 10^8}{15\pi \cdot 10^6} (\gamma - i\beta) = 4 - i$

$\frac{20}{\pi} (\gamma - i\beta) = 4 - i$

$\left\{ \begin{array}{l} \gamma = \frac{4\pi}{20} = \frac{\pi}{5} \\ \beta = \frac{\pi}{20} \end{array} \right.$

$\vec{k} \parallel \vec{u}_x$

$$\begin{aligned} \vec{E} &= E_{y_0} e^{i(\omega t - k_c x + \varphi_y)} \vec{u}_y = E_{y_0} e^{i(\omega t - (\gamma - i\beta)x + \varphi_y)} \vec{u}_y \\ &= E_{y_0} e^{-\beta x} \cdot e^{i(\omega t - \gamma x + \varphi_y)} \vec{u}_y \end{aligned}$$

$\alpha \neq \beta$  nos buen conductor

Onda electromagnética se propaga a la dirección del  $\vec{u}_x$ :

$\vec{E}(x,t) = E_0 e^{i(\omega t - k_c x + \varphi)} \vec{u}_E = E_0 e^{-\beta x} \cdot e^{i(\omega t - \gamma x + \varphi)} \vec{u}_E$

$\left\{ \vec{u}_E \parallel \vec{u}_x \right\}$

Foco: (0,t)

$\vec{E}(0,t) = 60\pi e^{i(15\pi \cdot 10^6 t)} \vec{u}_y$

$\omega = 15\pi \cdot 10^6 \text{ rad/s}$

$\left\{ E_0 = 60\pi \text{ V/m} \right\}$

$$\begin{aligned} \alpha I(\text{int}) &= 10 \log \frac{I_0}{I(x+x_0)} = 10 \log \frac{I_0 \cdot e^{-2\beta x}}{I_0 e^{-2\beta(x+x_0)}} = 10 \log \frac{e^{-2\beta x}}{e^{-2\beta x} \cdot e^{-2\beta x_0}} = \\ &= 10 \log e^{2\beta x_0} = 20 \beta x_0 \log(e) = 20 \cdot \frac{\pi}{20} \cdot \frac{1}{100} \log(e) \end{aligned}$$

$\left[ \alpha I(\text{int}) = \frac{\pi}{100} \log(e) \text{ dB/cm} \right]$

2) Capacitância / Impedância do meio

$$\vec{k}_c \parallel \vec{u}_x$$

$$Z_c = \frac{E}{H}$$

$$Z_c = \mu_0 v = \mu_0 \cdot \frac{\omega}{k_c} = \frac{\mu \omega}{\alpha - i\beta}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha - i\beta = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2} \cdot e^{-i\theta} \\ \theta = \arctan\left(\frac{\beta}{\alpha}\right) \end{array} \right.$$

$$\left[ Z_c = \frac{\mu \omega}{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}} \cdot e^{-i\theta} \right]$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha = \frac{\pi}{5} \text{ rad/m} \\ \beta = \frac{\pi}{20} \text{ rad/m} \end{array} \right.$$

$$\sqrt{\alpha^2 + \beta^2} = \frac{\pi \sqrt{17}}{20}$$

$$\tan \theta = \frac{\pi/20}{\pi/5} = \frac{1}{4}$$

$$\left\{ Z_c = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 15\pi \cdot 10^6}{\frac{\pi \sqrt{17}}{20}} e^{+i\theta} = \frac{120\pi}{\sqrt{17}} e^{+i\theta} \right.$$

$$\vec{H} = \frac{E_0}{|Z_c|} \cdot e^{-i\theta} \cdot e^{-\beta x} \cdot e^{i(\omega t - \alpha x + \beta x)} \quad (\vec{u}_k \times \vec{u}_E)$$

$$\left. \begin{array}{l} \vec{E} \times \vec{H} \parallel \vec{u}_k \parallel \vec{u}_x \\ \vec{u}_E \parallel \vec{u}_y \end{array} \right\}$$

$$\vec{H} = \vec{u}_x \times \vec{u}_y = \begin{vmatrix} \vec{u}_x & \vec{u}_y & \vec{u}_z \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix} = \vec{u}_z$$

$$\vec{H} = \frac{60\pi}{\frac{120\pi}{\sqrt{17}}} \cdot e^{-\frac{\pi}{20}x} \cdot e^{i(15\pi \cdot 10^6 t - \frac{\pi}{5}x - \theta)} \quad (-\vec{u}_z)$$

$$\left[ \vec{H} = \frac{\sqrt{17}}{2} e^{-\frac{\pi}{20}x} e^{i(15\pi \cdot 10^6 t - \frac{\pi}{5}x - \theta)} \vec{u}_z \right]$$

Mayo 2018.

7.3.  $\epsilon_r = 16$ .

$\sigma = \frac{1}{4} \omega^{-1} \text{ m}^{-1}$

$\alpha t(\text{int}) = \frac{3\pi}{5} \lg e \text{ dB cm}$

$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}}$

1) Índice de refracción, Impedancia del medio.

Medio conductor:  $\sigma \neq 0$   
 $\alpha t(\text{int}) \neq 0$

$\left\{ n = \frac{c}{v} = \frac{c}{\omega} k_0 \right\}$

$\left\{ Z = \mu \cdot v = \mu \frac{\omega}{k_0} \right\}$

$\alpha t(\text{int}) = 10 \lg \left( \frac{I}{I(x+x_0)} \right) = 10 \lg \frac{I_0 e^{-2\beta x}}{I_0 e^{-2\beta(x+x_0)}} =$   
 $= 20 \beta x_0 \lg(e) = \frac{3\pi}{5} \lg e$

$20 \beta \cdot \frac{1}{100} \lg(e) = \frac{3\pi}{5} \lg(e)$

$\left[ \beta = \frac{300\pi}{100} = 3\pi \text{ rad/m} \right]$

$\left\{ \begin{aligned} k_0^2 &= \omega^2 \epsilon \mu_0 - i \sigma \omega \mu_0 \\ k_0^2 &= (\alpha - i\beta)^2 = \alpha^2 - 2\alpha\beta i - \beta^2 \end{aligned} \right\}$

$\left\{ \begin{aligned} \omega^2 \epsilon \mu_0 &= \alpha^2 - \beta^2 \\ \sigma \omega \mu_0 &= 2\alpha\beta \end{aligned} \right\} \quad \left\{ \begin{aligned} \alpha^2 &= \omega^2 \epsilon \mu_0 + \beta^2 \\ \alpha &= \frac{\sigma \omega \mu_0}{2\beta} = \frac{\frac{1}{4} \omega \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}}{2 \cdot 3\pi} = \frac{\omega \cdot 10^{-7}}{6} \end{aligned} \right\}$

$\alpha^2 = \omega^2 \cdot \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot \mu_0 + \beta^2 = \omega^2 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{1}{c^2} + \beta^2 =$   
 $= \omega^2 \cdot 16 \cdot \frac{1}{(3 \cdot 10^8)^2} + (3\pi)^2 = \omega^2 \cdot \frac{16}{9 \cdot 10^{16}} + 9\pi^2 = \frac{\omega^2 \cdot 10^{-14}}{36}$

$\omega^2 = \frac{9\pi^2}{\left( \frac{10^{-14}}{36} - \frac{16}{9 \cdot 10^{16}} \right)} = \frac{9\pi^2}{10^{-16}} = 9\pi^2 \cdot 10^{16}$

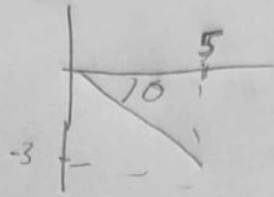
$\left[ \omega = 3\pi \cdot 10^8 \text{ rad/s} \right]$



$$\gamma = \frac{\omega \cdot 10^{-7}}{c} = \frac{3\pi \cdot 10^8 \cdot 10^{-7}}{6} = 5\pi \text{ rad/m}$$

$$n = \frac{c}{v} = \frac{c}{\omega} k_0 = \frac{3 \cdot 10^8}{3\pi \cdot 10^8} [5\pi - i 3\pi]$$

$$[n = 5 - 3i]$$



$$|n| = \sqrt{5^2 + 9} = \sqrt{34}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta = \arctan\left(\frac{-3}{5}\right) \\ \tan \theta = \frac{-3}{5} \end{array} \right\}$$

$$\left\{ Z_0 = \frac{Z_0}{n} \right\}$$

$$\left[ Z_0 = \frac{120\pi}{\sqrt{34}} \cdot e^{+i\theta} \Omega \right]$$

$$\vec{E} = E_0 \cdot e^{i\omega t}$$

$$|Q| \leq \frac{1}{50}$$

2) Bien conductor, frecuencia de la red.

$$Q = \frac{j\omega}{j}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{J} = \epsilon \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} = \epsilon E_0 \cdot i\omega e^{i\omega t} \\ \vec{J} = \sigma \cdot \vec{E} = \sigma \cdot E_0 \cdot e^{i\omega t} \end{array} \right\}$$

$$|Q| = \frac{\epsilon E_0 i\omega}{\sigma E_0} = \frac{i\omega \epsilon}{\sigma} \quad \left\{ i = e^{i\frac{\pi}{2}} \right\}$$

$$|Q| = \frac{\omega \epsilon}{\sigma} \leq \frac{1}{50}$$

$$\omega \leq \frac{\sigma}{50 \cdot \epsilon} = \frac{\frac{1}{4}}{50 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{1}{\mu_0 \cdot 10^{-7}}} = \frac{\mu_0 c^2}{4 \cdot 50 \cdot \epsilon_r} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot (3 \cdot 10^8)^2}{3200} = \frac{36 \cdot 10^9}{3200}$$

$$= \frac{9}{800} \cdot 10^9 = \frac{9\pi}{8} \cdot 10^7$$

$$\omega \leq 2\pi f \quad \rightarrow \quad f \leq \frac{\omega}{2\pi}$$

$$\left[ f \leq \frac{9}{16} \cdot 10^7 \right] \text{ Hz.}$$

7.4.

$$\vec{E}(x,t) = \sqrt{34} \cos\left(3\pi \cdot 10^8 t + \frac{\pi}{4}\right) \hat{y} \text{ V/m}$$

$$H_0 = \frac{17}{60\pi} \text{ A/m}$$

$$x = 5 \text{ cm} \quad a(t, \text{int}) = 3\pi \text{ lge dB.}$$

$$\vec{E} = E_0 \cdot \cos(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r} + \varphi) \hat{y}$$

$$a(t, \text{int}) = 20 \log \frac{J(x)}{J(x+x_0)} = 10 \log \frac{I_0 \cdot e^{-2\beta x}}{I_0 \cdot e^{-2\beta(x+x_0)}} = 20\beta x_0 \text{ lge}$$

$$\text{Si } x_0 = 5 \text{ cm} = \frac{5}{100} \text{ m}$$

$$20\beta x_0 \text{ lge} = 3\pi \text{ lge dB}$$

$$\left[ \beta = 3\pi \text{ rad/m} \right]$$

$$\left[ k_c = \alpha - i\beta \right]$$

$$Z_c = \frac{\mu \omega}{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}} e^{i\theta} \quad \theta = \arctan \frac{\beta}{\alpha}$$

$$Z = \frac{E}{H} = \frac{\sqrt{34}}{\frac{17}{60\pi}} = \frac{60\pi \sqrt{34}}{17}$$

$$|Z_c| = \frac{\mu \omega}{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}} = \frac{60\pi \sqrt{34}}{17}$$

$$\sqrt{\alpha^2 + \beta^2} = \frac{\mu \omega \cdot 17}{60\pi \sqrt{34}} = \sqrt{34} \pi$$

$$\alpha^2 = 34\pi^2 - 9\pi^2 = 25\pi^2 \rightarrow \left[ \alpha = 5\pi \text{ rad/m} \right]$$

$$k_c = 5\pi - i3\pi$$

$$\theta = \arctan \frac{3\pi}{5\pi} = \arctan \frac{3}{5}$$

$$\frac{1}{2}\theta = \frac{3}{5}$$

Existe atenuación, apenas que es en  
material conductor.

Suponemos que el campo se propaga en la dirección de  $\vec{b} \times \vec{X}$ .

$$\vec{k} \parallel \vec{u} \times \vec{X}$$

$$\vec{H} = \frac{c \vec{u} \times \vec{E}}{2}$$

$$\vec{u} \times \vec{u} = \vec{u} \times \vec{u} = \begin{vmatrix} \vec{u}_x & \vec{u}_y & \vec{u}_z \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix} = \vec{u}_z$$

$$i(3\pi \cdot 10^8 t - \pi x(5 - \frac{3}{5}) + \frac{\pi}{4}) \vec{u}_y$$

$$\text{Siendo } \vec{E} = \sqrt{34} e$$

$$i(3\pi \cdot 10^8 t - 5\pi x + \frac{\pi}{4} - 0) \vec{u}_z, \quad \Delta/m, \quad \frac{3}{5}$$

$$\vec{H} = \frac{17}{60\pi} e^{3\pi x} \cdot e$$



Junio 2017.

7.5  $Z = 10\pi\sqrt{3} (\sqrt{3} + i) \Omega$ , Impedancia compleja, supuesta que la red se realiza por un material conductor.

$$Z_c = \frac{\mu \omega}{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}} \cdot e^{i\theta}$$

$$\vec{H}(z,t) = \frac{5}{\pi} \cos \left( 3\pi \cdot 10^8 t + \frac{\pi}{3} \right) \hat{x} \text{ A/m}$$

$$Z_c = \frac{\mu \omega}{K_c} = 10\pi\sqrt{3} (\sqrt{3} + i)$$

$$K_c = \frac{\mu \omega}{10\pi\sqrt{3} (\sqrt{3} + i)} = \frac{4\pi\sqrt{3}}{(\sqrt{3} + i)} = \frac{4\pi\sqrt{3} (\sqrt{3} - i)}{(\sqrt{3} + i)(\sqrt{3} - i)} =$$

$$= \frac{4\pi\sqrt{3} (\sqrt{3} - i)}{3 + 1} = \pi\sqrt{3} (\sqrt{3} - i)$$

$$K_c = \alpha - i\beta = \pi\sqrt{3} (\sqrt{3} - i) \quad \left\{ \begin{array}{l} \alpha = 3\pi \text{ rad/m} \\ \beta = \sqrt{3}\pi \text{ rad/m} \end{array} \right.$$

$$k \parallel \vec{u}_y$$

$$\vec{H} = \frac{u \vec{k} \times \vec{E}}{2}$$

$$\vec{E} = \vec{H} \cdot 2 \times u \vec{k}$$

$$\left\{ u \vec{E} = u \vec{H} \times u \vec{k} = \begin{vmatrix} u_x & u_y & u_z \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix} = u \vec{z} \right\}$$

$$\vec{H} = \frac{5}{\pi} e^{i(3\pi \cdot 10^8 t - \pi \sqrt{3} y (\sqrt{3}-1) + \frac{\pi}{3})} \Delta/m \vec{u}_x$$

$$\vec{H} = \frac{5}{\pi} e^{i(3\pi \cdot 10^8 t - \pi \sqrt{3} y (\sqrt{3}-1) + \frac{\pi}{3})} \Delta/m \vec{u}_x$$

$$\vec{E} = \frac{5}{\pi} \cdot 10\pi\sqrt{3} \vec{z} \cdot e^{+i\frac{\pi}{6}} \cdot e^{-\pi\sqrt{3}y} e^{i(3\pi \cdot 10^8 t - 3\pi y + \frac{\pi}{3})} \vec{u}_z$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sqrt{3}+i \\ \text{mod} = 2 \\ \arg = \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{\pi}{6} \end{array} \right\} (\sqrt{3}+i) = 2e^{+i\frac{\pi}{6}}$$

$$\vec{E} = 100\sqrt{3} e^{-\pi\sqrt{3}y} e^{i(3\pi \cdot 10^8 t - 3\pi y + \frac{\pi}{2})} \vec{u}_z \quad v/m$$

$$2) I_0 = \langle |\vec{S}| \rangle = \langle |\vec{E}_0 \cdot \vec{H}_0| \rangle =$$

$$I = I_0 \cdot e^{-2\beta y} = I_0 \cdot e^{-2 \cdot \pi \sqrt{3} y} \quad w/m^2$$

7.6.  $\vec{H} = H_0 e^{-\alpha x} e^{i(\omega t - \beta x)} \hat{y}$

$b = \frac{10}{9} a$

Amplitude decays exponentially (decays exponentially as it propagates) as conductor.  $k = \gamma + i\beta$  s.t.  $a = \beta$   
 $b = \gamma$

Energy electric:  $w_e$   
 energy magnetic:  $w_m$

$\vec{D} = \epsilon \cdot \vec{E}$   $\vec{B} = \mu_0 \vec{H}$

$w_e = \frac{1}{2} \vec{E} \cdot \vec{D} = \frac{1}{2} \epsilon E^2$

$w_m = \frac{1}{2} \vec{H} \cdot \vec{B} = \frac{1}{2} \mu_0 H^2$

$\vec{E} = \frac{\vec{H}}{Z} = \frac{\mu_0 \omega}{\sqrt{\gamma^2 + \beta^2}} e^{i\theta} \rightarrow E = Z \cdot H = \left( \frac{\mu_0 \omega}{\sqrt{\gamma^2 + \beta^2}} \right) H_0 e^{-\alpha x} e^{i(\omega t - \beta x - \theta)}$

$\langle w_e \rangle = \frac{1}{2} \epsilon \cdot \frac{\mu_0^2 \omega^2}{\gamma^2 + \beta^2} H_0^2 e^{-2\alpha x} \cdot \frac{1}{2}$

$\langle w_m \rangle = \frac{1}{2} \mu_0 H_0^2 e^{-2\alpha x} \cos^2(\omega t - \beta x) = \frac{1}{4} \mu_0 H_0^2 e^{-2\alpha x}$

$\frac{\langle w_e \rangle}{\langle w_m \rangle} = \frac{\epsilon \frac{\mu_0^2 \omega^2}{\gamma^2 + \beta^2}}{\mu_0} = \frac{\epsilon \mu_0 \omega^2}{\gamma^2 + \beta^2} \cdot \left\{ b = \frac{10}{9} a \right\} =$

$= \frac{\epsilon \mu_0 \omega^2}{\left(\frac{10}{9} a\right)^2 + a^2} = \frac{81}{181} \frac{\epsilon \mu_0 \omega^2}{a^2}$

$h_0^2 = (\gamma - i\beta)^2 = \gamma^2 - \beta^2 - 2\beta\gamma i$

$\beta = a$   
 $\gamma = b$   $b^2 - a^2 = \epsilon \mu_0 \omega^2$

$\left[ \frac{\langle w_e \rangle}{\langle w_m \rangle} = \frac{81}{181} \cdot \frac{b^2 - a^2}{a^2} = \frac{81}{181} \cdot \left( \frac{19}{81} \right) = \frac{19}{181} \right]$

**Problema 7.1**

$$H_0 = \frac{25\sqrt{2}}{\pi} \text{ Am}^{-1}; \quad \vec{E} = 10 e^{-20\pi y} e^{i\left(2\pi \cdot 10^7 t - 20\pi y - \frac{\pi}{4}\right)} \vec{u}_z \text{ Vm}^{-1}$$

**Problema 7.2**

$$1) \quad \frac{\pi}{100} \log e \text{ dB cm}^{-1}$$

$$2) \quad \vec{H} = \frac{\sqrt{17}}{2} e^{-\frac{\pi}{20}x} \cos\left(15\pi \cdot 10^6 t - \frac{\pi}{5}x - \theta\right) \vec{u}_z \text{ Am}^{-1}, \quad \text{tg } \theta = \frac{1}{4}$$

**Problema 7.3**

$$1) \quad n = 5 - 3i; \quad Z = \frac{120\pi}{\sqrt{34}} e^{i\theta} \Omega \left( \text{tg } \theta = \frac{3}{5} \right)$$

$$2) \quad f \leq \frac{9}{16} \cdot 10^7 \text{ Hz}$$

**Problema 7.4**

$$\vec{H} = \frac{17}{60\pi} e^{-3\pi x} e^{i\left(3\pi \cdot 10^8 t - 5\pi x + \frac{\pi}{4} - \theta\right)} \vec{u}_z \text{ A m}^{-1}, \quad \text{tg } \theta = \frac{3}{5}$$

**Problema 7.5**

$$1) \quad \vec{E} = 100\sqrt{3} e^{-\pi\sqrt{3}y} \cos\left(3\pi \cdot 10^8 t - 3\pi y + \frac{\pi}{2}\right) \vec{u}_z \text{ Vm}^{-1}$$

$$2) \quad I = \frac{375}{\pi} e^{-2\pi\sqrt{3}y} \text{ Wm}^{-2}$$

**Problema 7.6**

$$\frac{\langle \omega_e \rangle}{\langle \omega_m \rangle} = \frac{19}{181}$$

**Problema 7.7**

$$\vec{E} = \sqrt{34} e^{-3\pi y} e^{i\left(3\pi \cdot 10^8 t - 5\pi y + \frac{\pi}{3} + \theta\right)} \vec{u}_z \text{ Vm}^{-1}, \quad \text{tg } \theta = \frac{3}{5}; \quad Q = \frac{8}{15} i$$