Tema 7

Julio 2018

7.1. Una onda electromagnética linealmente polarizada, de frecuencia $10^7\,\mathrm{Hz}$, se propaga, en la dirección $\vec{u}_y$, en un medio cuya conductividad es $100\,\Omega^{-1}\mathrm{m}^{-1}$. La función de onda para el campo magnético en el foco es $\vec{H}(0,t) = H_0 \,\mathrm{sen}\left(\omega t\right)\vec{u}_x$. Si para la frecuencia indicada el medio se comporta como buen conductor y el valor máximo de la intensidad es $\dfrac{125}{\pi}\,\mathrm{Wm}^{-2}$, 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 $\vec{E} = 60\pi\cos 15\pi\cdot 10^6 t\,\vec{u}_y\,\mathrm{Vm}^{-1}$, donde t se mide en s, obtener de forma razonada:

1) La atenuación de la intensidad de la onda, expresada en dBcm^{-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 $\dfrac{1}{4}\,\Omega^{-1}\mathrm{m}^{-1}$, se atenúa $\dfrac{3\pi}{5}\log e\;\mathrm{dBcm}^{-1}$. 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 $\vec{E}(0,t) = \sqrt{34}\cos\left(3\pi\cdot 10^8 t + \dfrac{\pi}{4}\right)\vec{u}_y\;\mathrm{Vm}^{-1}\;\left(t \text{ en s}\right)$ y la amplitud del campo magnético es $\dfrac{17}{60\pi}\,\mathrm{Am}^{-1}$. Si la intensidad de la onda, cuando ha recorrido una distancia $x = 5\,\mathrm{cm}$, se ha atenuado $3\pi\log e\;\mathrm{dB}$, 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 $10\pi\sqrt{3}\left(\sqrt{3}+i\right)\,\Omega$. La función de onda para el campo magnético en el foco es $\vec{H}(0,t) = \dfrac{5}{\pi}\cos\left(3\pi\cdot 10^8 t + \dfrac{\pi}{3}\right)\vec{u}_x\;\mathrm{Am}^{-1}$, 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:

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

y la atenuación de la intensidad, cuando la onda ha avanzado hasta $y = 15$ cm es $9\pi \log e$ 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. $n = 4 - i$

$$\vec{E} = 60\pi \cos(15\pi \cdot 10^6 t)\, \vec{u_y} \quad V/m$$

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

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

$$\frac{20}{\pi}(\gamma - i\beta) = 4 - i \qquad \left\{ \begin{array}{l} \gamma = \frac{4\pi}{20} = \frac{\pi}{5} \\ \beta = \frac{\pi}{20} \end{array} \right\} \qquad \vec{k} \parallel \vec{u_x}$$

$$\vec{E} = E_{y_0}\, e^{i(\omega t - k_c x + \varphi_y)}\, \vec{u_y} = E_{y_0}\, e^{i(\omega t - (\gamma - i\beta)x + \varphi_y)}\, \vec{u_y}$$

$$= E_{y_0}\, e^{-\beta x} \cdot e^{i(\omega t - \gamma x + \varphi_y)}\, \vec{u_y}$$

$\alpha \neq \beta$ no es buen conductor

onda electromagnética se propaga a la dirección del eje X;

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

$$\{\vec{u_E} \parallel \vec{u_y}\}$$

Foco: $(0,t)$

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

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

$$\{E_0 = 60\pi \ V/m\}$$

$$at(int) = 10 \log \frac{I_0}{I(x+x_0)} = 10 \log \frac{I_0 \cdot e^{-2\beta x}}{I_0\, e^{-2\beta(x+x_0)}} = 10 \log \frac{e^{-2\beta x}}{e^{-2\beta x} \cdot e^{-2\beta x_0}} =$$

$$= 10 \log e^{2\beta x_0} = 20\beta x_0 \log(e) = 20 \cdot \frac{\pi}{20} \cdot \frac{1}{100} \log(e)$$

$$\boxed{at(int) = \frac{\pi}{100} \log(e) \ dB/cm}$$

2) Campo Magnético / Impedancia del medio)

$$\vec{k_c} \parallel \vec{u_x}$$

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

$$Z_c = \mu_0 v = \mu_0 \cdot \frac{\omega}{k_c} = \frac{\mu\omega}{\alpha - i\beta} \qquad \begin{cases} \alpha - i\beta = \sqrt{\alpha^2+\beta^2} \cdot e^{-i\theta} \\ \theta = \arctan\left(\frac{\beta}{\alpha}\right) \end{cases}$$

$$\left[Z_c = \frac{\mu\omega}{\sqrt{\alpha^2+\beta^2}} \cdot e^{-i\theta} \right] \qquad \begin{pmatrix} \alpha = \frac{\pi}{5}\ \text{rad/m} \\ \beta = \frac{\pi}{20}\ \text{rad/m} \end{pmatrix}. \qquad \sqrt{\alpha^2+\beta^2} = \frac{\pi\sqrt{17}}{20}$$

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

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

$$\vec{H} = \frac{E_0}{|Z_c|} \cdot e^{-i\theta} \cdot e^{-\beta x} \cdot e^{i(\omega t - \cancel{\alpha x} + \beta x)} \cdot (\vec{u_k} \times \vec{u_E})$$

$$\{\vec{u_k} \times \vec{u_E}\}$$

$$\left. \begin{array}{l} \vec{E} \times \vec{H} \parallel \vec{u_k} \parallel \vec{u_x} \\ \vec{u_E} \parallel \vec{u_y} \end{array} \right\} \quad \vec{H} = \vec{u_x} \times \vec{u_y} = \begin{vmatrix} \vec{u_x} & \vec{u_y} & \vec{u_z} \\ 1 & 0 & 0 \\ & 1 & 0 \end{vmatrix} = \vec{u_z}$$

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

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

Mayo 2018.

7.3. $\varepsilon_r = 16$.

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

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

$v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon\mu}}$

1) Índice de refracción, Impedancia del medio.

Medio conductor: $\sigma \neq 0$, $at(int) \neq 0$

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

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

$$at(int) = 10 \lg \left(\frac{I}{I(x+x_0)} \right) = 10 \lg \frac{I_0 e^{-2\beta x}}{I_0 e^{-2\beta(x+x_0)}} =$$

$$= 20 \beta x_0 \lg(e) = \frac{3\pi}{5} \lg e$$

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

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \rightarrow \varepsilon = \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0$$

$$\varepsilon = \varepsilon_r \cdot \frac{1}{\mu_0 c^2}$$

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

$$\left[K_c^2 = \omega^2 \varepsilon \mu_0 - i \sigma \omega \mu_0 \right]^{\text{Hecho}}$$

$$K_c^2 = (\alpha - i\beta)^2 = \alpha^2 - 2\alpha\beta i - \beta^2$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \omega^2 \varepsilon \mu_0 = \alpha^2 - \beta^2 \\ \sigma \omega \mu_0 = 2\alpha\beta \end{array} \right.$$

$$\alpha^2 = \omega^2 \varepsilon \mu_0 + \beta^2$$

$$\left[\alpha = \frac{\sigma \omega \mu_0}{2\beta} = \frac{\frac{1}{4} \omega \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}}{2 \cdot 3\pi} = \frac{\omega \cdot 10^{-7}}{6} \right]$$

$$\alpha^2 = \omega^2 \cdot \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0 \cdot \mu_0 + \beta^2 = \omega^2 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{1}{c^2} + \beta^2 =$$

$$= \omega^2 \cdot 16 \cdot \frac{1}{(3 \cdot 10^8)^2} + (3\pi)^2 = \omega^2 \cdot \frac{16}{9 \cdot 10^{16}} + 9\pi^2 = \frac{\omega^2 \cdot 10^{-14}}{36}$$

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

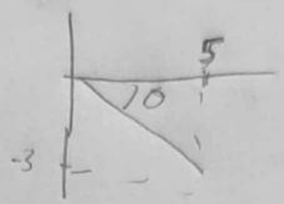
$$\left[\omega = 3\pi \cdot 10^8 \text{ rad/s} \right]$$

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

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

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

$$\left[n = 5 - 3i \right]$$



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

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

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

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

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

2) Buen conductor, frecuencia de la onda.

$$Q = \frac{j^d}{j} \qquad \begin{cases} \vec{j}^d = \varepsilon \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} = \varepsilon E_0 \cdot i\omega\, e^{i\omega t} \\ \vec{j} = \sigma \cdot \vec{E} = \sigma \cdot E_0 \cdot e^{i\omega t} \end{cases}$$

$$\left\{ i = e^{i\frac{\pi}{2}} \right\}$$

$$|Q'| = \frac{\varepsilon E_0\, i\omega}{\sigma E_0} = \frac{i\omega\varepsilon}{\sigma}$$

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

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

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

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

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

7.4.

$$\vec{E}(0,t) = \sqrt{34}\cos\left(3\pi\cdot 10^{8}t + \frac{\pi}{4}\right)\vec{u}_y \ V/m$$

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

$x = 5cm \quad at(int) = 3\pi \lg e \, dB.$

$$\vec{E} = E_0\cdot\cos(\omega t - \vec{k}\cdot\vec{r} + \varphi)\,\vec{u}_E$$

$$at(int) = 10\lg\frac{J(x)}{J(x+x_0)} = 10\lg\frac{J_0\cdot e^{-2\beta x}}{J_0\, e^{-2\beta(x+x_0)}} = 20\beta x_0 \lg e$$

Exote atenuación, suponemos que es un material conductor.

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

$$20\beta x_0 \lg e = 3\pi \lg e \ dB$$

$$\boxed{\beta = 3\pi \ rad/m}$$

$$\boxed{k_c = \alpha - i\beta}$$

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

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

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

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

$$\alpha^2 = 34\pi^2 - 9\pi^2 = 25\pi^2 \rightarrow \boxed{\alpha = 5\pi \ rad/m}$$

$$\theta = \arctg\frac{3\pi}{5\pi} = \arctg\frac{3}{5} \qquad tg\,\theta = \frac{3}{5}$$

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

Suponemos que la onda se propaga en la dirección de eje X.

$$\vec{k} \parallel \vec{u_x}$$

$$\vec{H} = \frac{\vec{u_k} \times \vec{E}}{Z}$$

$$\vec{u_H} = \vec{u_k} \times \vec{u_E} = \begin{vmatrix} \vec{u_x} & \vec{u_y} & \vec{u_z} \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix} = \vec{u_z}$$

siendo $\vec{E} = \sqrt{34}\, e^{i(3\pi\cdot 10^8 t - \pi x(5 - i3) + \frac{\pi}{4})}\, \vec{u_y}$

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

Junio 2017.

7.5

$Z = 10\pi\sqrt{3}\,(\sqrt{3}+i)\,\Omega$, Impedancia compleja, suponemos que la onda se propaga por un material conductor.

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

$$\vec{H}(0,t) = \frac{5}{\pi}\cos\left(3\pi\cdot 10^8 t + \frac{\pi}{3}\right)\vec{u_x} \quad A/m$$

α

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

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

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

$$K_c = \alpha - i\beta = \pi\sqrt{3}\,(\sqrt{3}-i) \quad \begin{cases} \alpha = 3\pi \ \text{rad/m.} \\ \beta = \sqrt{3}\pi \ \text{rad/m} \end{cases}$$

$k \parallel \vec{u_y}$

$$\vec{H} = \frac{\vec{u_k} \times \vec{E}}{Z} \rightarrow \vec{E} = \vec{H} \cdot Z \times \vec{u_k}$$

$$\left\{ \vec{u_E} = \vec{u_H} \times \vec{u_k} = \begin{vmatrix} u_x & u_y & u_z \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix} = \vec{u_z} \right\}$$

$$\vec{H} = \frac{5}{\pi} e^{i(3\pi \cdot 10^5 t - \pi\sqrt{3}y(\sqrt{3}-i) + \frac{\pi}{3})} A/m \ \vec{u_x}$$

$$\vec{E} = \frac{5}{\pi} \cdot 10\pi\sqrt{3} \ 2 \cdot e^{+i\frac{\pi}{6}} \cdot e^{-\pi\sqrt{3}y} e^{i(3\pi \cdot 10^5 t - 3\pi y + \frac{\pi}{3})} \vec{u_z}$$

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

$$\boxed{\vec{E} = 100\sqrt{3} \ e^{-\pi\sqrt{3}y} e^{i(3\pi \cdot 10^5 t - 3\pi y + \frac{\pi}{2})} \vec{u_z} \quad V/m}$$

2) $J_0 = \langle |\vec{S}| \rangle = \langle | E_0 \cdot H_0 | \rangle =$

$$J = J_0 \cdot e^{-2\beta y} = J_0 \cdot e^{-2 \cdot \pi\sqrt{3} y} \ W/m^2$$

7.6. $\vec{H} = H_0 \, e^{-ax} e^{i(wt - bx)} \, \vec{u_i}$

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

Como la amplitud de la onda se atenúa (decrece exponencialmente con el tiempo), el material es conductor. $k = \gamma + i\beta$ siendo $a = \beta$, $b = \gamma$

Energía eléctrica: we
energía magnética: wm

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

$$we = \frac{1}{2} \vec{E} \cdot \vec{D} = \frac{1}{2} \cdot \varepsilon \, E^2$$

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

$$Z = \frac{E}{H} = \frac{\mu_0 w}{\sqrt{\gamma^2+\beta^2}} \cdot e^{i\theta} \rightarrow E = Z \cdot H = \left(\frac{\mu_0 w}{\sqrt{\gamma^2+\beta^2}}\right) H_0 e^{-ax} \cos(wt - ax - \theta)$$

$$\langle we \rangle = \frac{1}{2} \varepsilon \cdot \frac{\mu_0^2 w^2}{\gamma^2+\beta^2} H_0^2 e^{-2ax} \cdot \frac{1}{2}$$

$$\langle wm \rangle = \frac{1}{2} \mu_0 H_0^2 e^{-2ax} \cos^2(wt - ax) = \frac{1}{4} \mu_0 H_0^2 e^{-2ax}$$

$$\frac{\langle we \rangle}{\langle wm \rangle} = \frac{\varepsilon \frac{\mu_0^2 w^2}{\gamma^2+\beta^2}}{\mu_0} = \frac{\varepsilon \mu_0 w^2}{\gamma^2+\beta^2} \cdot \left[b = \frac{10}{9} a \right] =$$

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

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

$$\left.\begin{aligned} \beta &= a \\ \gamma &= b \end{aligned}\right\} \quad b^2 - a^2 = \varepsilon \mu_0 w^2$$

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

Problema 7.1

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

Problema 7.2

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

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

Problema 7.3

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

2) $f \le \frac{9}{16}\cdot 10^7$ Hz

Problema 7.4

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

Problema 7.5

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

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

Problema 7.6

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

Problema 7.7

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