Tema 2

Enero 2016

2.1. Un foco F_1 emite ondas sonoras planas de longitud de onda $\frac{1}{12}\,\mathrm{m}$, siendo la presión acústica en él $2\cos(9600\pi t + \pi/4)\,\mathrm{Pa}$. Un segundo foco F_2, a $90\,\mathrm{m}$ de F_1, emite ondas sonoras de la misma longitud de onda, pero con intensidad cuádruple. Si en un punto (*a*), que dista $32\,\mathrm{m}$ de F_1 y $58\,\mathrm{m}$ de F_2, se observa un mínimo para la amplitud de presión acústica, obtener:

1) La función de onda para la presión acústica generada por el foco F_2, considerando que su fase inicial verifica la condición $0 < \varphi < 2\pi$.
2) La función de onda para la presión acústica en el punto (*a*).
3) La impedancia y la densidad del medio, sabiendo que la intensidad en (*a*) es $\frac{25}{3}\,\mathrm{mW\,m^{-2}}$.

Abril 2018

2.2. Un foco F_1 emite ondas sonoras en un medio de densidad $\frac{7}{4}\,\mathrm{kg\,m^{-3}}$, de forma que en dos puntos (*a*) y (*b*), situados a $\frac{2}{3}\,\mathrm{m}$ y $\frac{7}{6}\,\mathrm{m}$ del foco, respectivamente, la velocidad de partícula es tal que:

$$v_{p_a} = -\frac{5}{28}\cos 3520\pi t\ \mathrm{m\,s^{-1}}; \qquad v_{p_b} = \frac{5}{28}\mathrm{sen}\, 3520\pi t\ \mathrm{m\,s^{-1}} \quad (t \text{ en s})$$

1) Determinar razonadamente la función de onda para la presión acústica, considerando su fase inicial entre 0 y $\pi\,\mathrm{rad}$, si la velocidad de propagación de las ondas satisface la condición $250\,\mathrm{m\,s^{-1}} < v_s < 450\,\mathrm{m\,s^{-1}}$.

Se coloca un segundo foco F_2, que emite ondas sonoras de la misma frecuencia que F_1, pero retrasado $\frac{\pi}{2}\,\mathrm{rad}$ respecto a él, de forma que los puntos (*a*) y (*b*) quedan sobre la línea que une ambos focos y entre ellos. De forma razonada, obtener:

2) La mínima distancia que debe separar los dos focos, para que en el punto (*b*) se observe un máximo de intensidad como consecuencia del proceso de interferencia.

Noviembre 2015

2.3. Dos focos sonoros, F_1 y F_2, emiten ondas planas de longitud de onda $4\,\mathrm{m}$. Las presiones acústicas en cada uno de ellos son: $p_1(0,t) = 12\cos\left(\omega t + \frac{\pi}{3}\right)\mathrm{Pa}$; $p_2(0,t) = 4\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{6}\right)\mathrm{Pa}$. En un punto (a), situado entre ambos focos y a $14\,\mathrm{m}$ de F_1, se observa que la intensidad es $10 I_2$, siendo I_2 la correspondiente al foco F_2. De forma razonada:

1) Obtener la distancia *d* entre los focos, si $76\,\mathrm{m} < d < 79\,\mathrm{m}$.
2) Determinar la impedancia característica del medio si $I_{(a)} = \frac{5}{28}\,\mathrm{W\,m^{-2}}$.

Junio 2018

2.4. Dos focos, F_1 y F_2, separados entre sí $1{,}1\,\text{m}$, emiten en oposición de fase ondas sonoras planas, de longitud de onda $16\,\text{cm}$, en un medio cuya densidad es $800\,\text{kg}\,\text{m}^{-3}$. La función de onda para el desplazamiento de las partículas del medio, en el foco F_1, es:

$$\vec{\xi}_1(0,t) = \frac{4}{3\pi}\cos\left(15\pi\cdot 10^3 t - \frac{\pi}{4}\right)\vec{u}_y\ \mu\text{m}\ \left(t \text{ en s}\right)$$

Si en un punto *A*, situado entre ambos focos y a $41\,\text{cm}$ de F_1, la intensidad es $240\ \text{Wm}^{-2}$, obtener de forma razonada:

1) Las funciones de onda para la presión acústica de las ondas emitidas por ambos focos, expresadas en notación exponencial.
2) La diferencia de nivel de intensidad entre el punto *A* y los puntos en los que se producen máximos de intensidad.

Enero 2019

2.5. El desplazamiento de las partículas de un medio en el que se propaga una onda sonora es tal que: $\xi = \dfrac{2}{81} e^{i\left(540\pi t - \frac{3\pi}{2} y\right)} \text{mm}\ \left(t \text{ en s, } y \text{ en m}\right)$. De forma razonada:

1) Determinar cuál es la intensidad de la onda, si la presión acústica máxima en el medio es 6π Pa.
2) Obtener la función de onda para la velocidad vibratoria de las partículas.
3) Obtener la intensidad instantánea.

Abril 2017

2.6. Dos focos F_1 y F_2, separados entre sí 10 m, emiten ondas sonoras planas de longitud de onda 2 m, que se propagan en el agua $\left(Z = 15\cdot 10^5 \text{rayl},\ \rho_0 = 10^3\ \text{kg}\,\text{m}^{-3}\right)$, siendo la función de onda para la presión acústica en el foco F_1: $p = 150\cos\left(\omega t - \pi/4\right)\text{Pa}$. Las ondas procedentes de ambos focos llegan en fase a un punto *A*, situado a $3\ \text{m}$ del foco F_1, y se observa que la intensidad en dicho punto es $\dfrac{375}{2}\text{mW}\,\text{m}^{-2}$. Obtener de forma razonada:

1) Las funciones de onda para la presión acústica de las ondas emitidas por cada uno de los focos, considerando la fase inicial en el foco F_2 comprendida entre 0 y 2π.
2) La expresión del desplazamiento de las partículas del medio en el punto *A*, indicando su amplitud y su fase inicial.

Octubre 2018

2.7. Un foco emite ondas sonoras planas, que se propagan con velocidad $400\ \text{m}\,\text{s}^{-1}$. En un punto que dista 50 cm del foco, las funciones de onda correspondientes a la presión acústica y al desplazamiento de las partículas del medio, son: $p = 20\pi e^{i\left(2400\pi t - \frac{2\pi}{3}\right)}$ Pa; $\vec{\xi} = \dfrac{625}{18} e^{i\left(2400\pi t - \frac{7\pi}{6}\right)}\vec{u}_y\ \mu\text{m}\ \left(t \text{ en s}\right)$. Considerando la fase inicial para la presión acústica en el foco comprendida entre 0 y π rad, obtener razonadamente:

1) La función de onda para la velocidad vibratoria de las partículas del medio.
2) La densidad del medio y la intensidad instantánea de la onda.

Si, manteniendo constante la intensidad de la onda, se duplica la frecuencia de la señal, obtener de forma razonada:

3) La función de onda para el desplazamiento de las partículas del medio.

Enero 2018

2.8. Una onda sonora plana, de intensidad $45\ \mathrm{Wm^{-2}}$, se propaga en un medio en el que genera una velocidad vibratoria cuyo módulo es $\cos\left(4000t - \frac{32}{9}y + \frac{\pi}{3}\right)\mathrm{cm\,s^{-1}}$, donde t se mide en s e y en m.

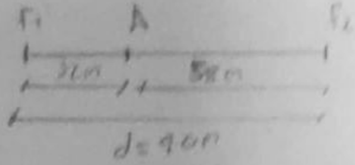
De forma razonada, y sin hacer uso de la ecuación de Euler, obtener:

1) Las funciones de onda para la presión acústica y para el desplazamiento de las partículas del medio, expresando el resultado en notación compleja.
2) La impedancia de la onda y la densidad del medio.

Enero 2016

2.1 F_1 y F_2, ondas sonoras planas

$\lambda = \frac{1}{12}$ m



$P_1(0,t) = 2\cos(9600\pi t + \frac{\pi}{4})$ Pa

$J_2 = 4 J_1$

1) función de onda presión acústica F_2

$0 < \varphi_2 < 2\pi$

Suponemos que las ondas se propagan en el eje x, $\vec{k} \parallel \vec{u_x}$, $\vec{k}\cdot\vec{r} = kx$

$$J(A) = J_1(A) + J_2(A) + 2\sqrt{J_1(A)\cdot J_2(A)}\cos\delta(A)$$

J_{min} en punto A entonces $\cos\delta(A) = -1$, $\delta(A) = (2n+1)\pi$

$$\delta(A) = (\omega t - kx_1 + \varphi_1) - (\omega t - kx_2 + \varphi_2) = k(x_2 - x_1) + (\varphi_1 - \varphi_2)$$

$k = \frac{2\pi}{\lambda} = 24\pi$ rad/m $\quad \varphi_1 = \frac{\pi}{4}$

$x_2 = 58$ m

$x_1 = 32$ m

$$(2n+1)\pi = 24\pi(58-32) + (\frac{\pi}{4} - \varphi_2)$$

$$(2n+1)\pi = 624\pi + \frac{\pi}{4} - \varphi_2 \rightarrow \boxed{\varphi_2 = \frac{\pi}{4} - \pi - 2n\pi}$$

$$\varphi_2 = \left[\frac{2497}{4}\pi - \frac{\pi}{4}\right] + \frac{\pi}{4} - \pi - 2n\pi$$

PDR

$$\boxed{\varphi_2 = -\frac{3\pi}{4} - 2n\pi}$$

Si $\varphi_2 > 0 \quad -\frac{3\pi}{4} - 2n\pi > 0 \quad n < -\frac{3}{8} \approx 0$

Si $\varphi_2 < 2\pi \quad -2n\pi < 2\pi + \frac{3\pi}{4} \quad n > -\frac{11}{8} \approx -1$

$\boxed{n = -1}$

$$\boxed{\varphi_2 = \frac{-3\pi}{4} + 2\pi = \frac{5\pi}{4}}$$

2.1) Relación Intensidades

$J_2 = 4 J_1$ $\quad \left\{ J = \frac{1}{2 \rho_0 v_s} p_0^2 \right\}$

$\frac{J_1}{J_2} = \frac{p_{01}^2}{p_{02}^2} = \frac{4}{p_{02}^2} \rightarrow J_1 = \frac{4}{p_{02}^2} J_2$

$J_2 = \frac{16}{p_{02}^2} J_2 \rightarrow p_{02}^2 = 16 \rightarrow \boxed{p_{02} = 4}$

$$\boxed{p_2(x_2,t) = p_{02} \cos(\omega t - k x_2 + \varphi_2) = 4 \cos\left(9600\pi t - 24\pi x_2 + \frac{5\pi}{4}\right) \text{ Pa}}$$

2) Función de onda presión acústica del pto A.

$J(A) = J_1(A) + J_2(A) + 2 \sqrt{J_1(A) \cdot J_2(A)} \cos \delta(A)$

$J(A) = 5 J_1 + 2 \cdot \sqrt{4 J_1 \cdot J_1} \cdot (-1)$

$J(A) = 5 J_1 - 4 J_1 = J_1$

$J_1 = \frac{4}{p_{0A}^2} J(A)$ $\quad \boxed{p_{0A} = 2}$

$\frac{J_1}{J(A)} = \frac{p_{01}^2}{p_{0A}^2} = \frac{4}{p_{0A}^2}$

$p(a) = p_1(a) + p_2(a)$

$p_1(x_1 = 32, t) = 2\cos(9600\pi t + 24\pi \cdot 32 + \frac{\pi}{4}) = 2\cos(9600\pi t + \frac{\pi}{4})$

$p_2(x_2 = 58, t) = 4\cos(9600\pi t + 24\pi \cdot 58 + \frac{5\pi}{4}) = 4\cos(9600\pi t + \frac{5\pi}{4})$

$p_1 = 2\cos(9600\pi t + \frac{\pi}{4} + \pi - \pi) = -2\cos(9600\pi t + \frac{5\pi}{4})$

$$\boxed{p(a) = -2\cos(9600\pi t + \frac{5\pi}{4}) + 4\cos(9600\pi t + \frac{5\pi}{4}) = 2\cos(9600\pi t + \frac{5\pi}{4}) \text{ Pa}}$$

3)

$$J(\Delta) = \frac{25}{3}\ mW/m$$

$$\left\{ J = \frac{1}{2\rho_0 v_s} \cdot P_0^2 \right\} \qquad \left\{ P_{0A}^2 = 4 \right\}$$

$$Z = \frac{P}{v_p}\text{, onda plana} \quad Z_m = \rho_0 v_s$$

$$\left[v_s = \frac{\omega}{K} = \frac{9600\pi}{24\pi} = 400\ m/s \right]$$

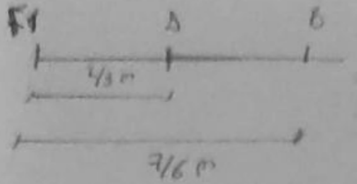
$$\frac{25}{3} \cdot 10^{-3} = \frac{1}{2\rho_0 \cdot 400} \cdot 4 \rightarrow \left[\rho_0 = \frac{12}{800 \cdot 25} \cdot 10^3 = \frac{3}{5}\ kg/m^3 \right]$$

$$\left[Z_m = \frac{3}{5} \cdot 400 = 240\ \text{rayl} \right]$$

Abril 2018.

2.2.

$\rho_0 = \frac{7}{4}\ kg/m^3$



Mismo amplitud
en Ondas planas

$v_{p_a} = -\frac{5}{28} \cos 3520\pi t \ m/s \; = \frac{5}{28}\cos(3520\pi t + \pi)$

$v_{p_b} = \frac{5}{28} \sin(3520\pi t) \ m/s \; \equiv \frac{5}{28}\cos(3520\pi t - \frac{\pi}{2})$

1) Función de onda:

$0 < \varphi < \pi$

$250 \ m/s < v_s < 450 \ m/s$

Ondas planas:

$$\left.\begin{aligned} Z &= \frac{p}{v_p} \\ Z_m &= \rho_0 v_s \end{aligned}\right\} \quad p = \rho_0 v_s \cdot v_p$$

Siempre que igualemos la ecuación general a un punto que no sea el foco, añadir $2n\pi$ (nº indeterminado de vueltas)

$$p = p_0 \cos(3520\pi t - kx + \varphi) \quad \text{función general.}$$

Si $x = 2/3$ (a) $3520\pi t - k\frac{2}{3} + \varphi = 3520\pi t + \pi + 2n_1\pi \rightarrow -\frac{2}{3}k + \varphi = \pi + 2n_1\pi$

Si $x = 7/6$ (b) $3520\pi t - k\,7/6 + \varphi = 3520\pi t - \frac{\pi}{2} + 2n_2\pi \rightarrow -7/6\,k + \varphi = -\frac{\pi}{2} + 2n_2\pi$

$\{n = n_1 - n_2\}$ $\quad$ (a) $-$ (b) $= \left(\frac{7}{6} - \frac{2}{3}\right)k = \pi + 2n_1\pi + \frac{\pi}{2} - 2n_2\pi$

$$\left[\frac{1}{2}k = \frac{3\pi}{2} + 2n\pi\right] \quad k = 3\pi + 4n\pi$$

$250 \ m/s < v_s < 450 \ m/s$

$v_s = \frac{\omega}{k} \rightarrow$

$\frac{\omega}{k} > 250 \rightarrow 3\pi + 4n\pi < \frac{3520\pi}{250}$ $\quad n < 2{,}77$

$\frac{\omega}{k} < 450 \rightarrow 3\pi + 4n\pi > \frac{3520\pi}{450}$ $\quad n > 1{,}2$

$7{,}82 - 3 = \frac{4{,}82}{4} = 1{,}2$

$[n = 2]$

$$[k = 3\pi + 8\pi = 11\pi \ rad/m]$$

$3520\pi t - 11\pi \cdot \frac{2}{3} + \varphi = 3520\pi t + \pi + 2n_1\pi$ $\{n = n_1 - n_2\}$

$3520\pi t - 11\pi \cdot \frac{7}{6} + \varphi = 3520\pi t - \frac{\pi}{2} + 2n_2\pi$

$\{n = 2 \rightarrow n_2 = n_1 - n = n_1 - 2\}$

$$\left.\begin{aligned} \varphi &= \pi + 2n_1\pi + \frac{22}{3}\pi \\ \varphi &= -\frac{\pi}{2} + 2n_2\pi + \frac{77\pi}{6} \end{aligned}\right\}$$

$0 < \varphi < \pi$

$\pi + 2n_1\pi + \frac{22}{3}\pi > 0$ $\quad 2n_1\pi > -\frac{22}{3}\pi - \pi$

$\pi + 2n_1\pi + \frac{22}{3}\pi < \pi$ $\quad 2n_1\pi < \pi - \pi - \frac{22}{3}\pi$

$$\left\{\begin{aligned} n_1 &> -4{,}16 \\ n_1 &< -3{,}6 \end{aligned}\right\}$$

$[n_1 = -4]$ $\quad n = n_1 - n_2 \rightarrow [n_2 = -6]$

$$\left[\varphi = \pi - 8\pi + \frac{22}{3}\pi = \frac{\pi}{3}\right]$$

$\left\{v_s = \frac{\omega}{k} = \frac{3520\pi}{11\pi} = 320 \text{ m/s}\right\}$

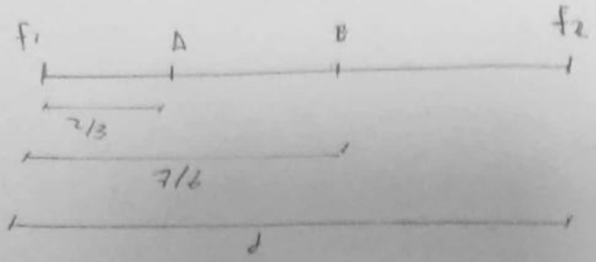
$Z = \frac{P}{v_p} = \{\text{onda plana}\} \rightarrow Z_m = \rho_0 v_s$

$P = \rho_0 \cdot v_s \cdot v_p = \frac{7}{4} \cdot 320 \cdot \frac{5}{28} = 100$

$$\left[P = 100 \cos\left(3520\pi t - 11\pi x + \frac{\pi}{3}\right) \text{ Pa}\right]$$

2.2)

2)



$$\varphi_2 = \frac{\pi}{3} - \frac{\pi}{2} = -\frac{\pi}{6}$$

obtener distancia mínima, para que en B haya un máximo de intensidad.

J_{max} en el punto B → $\cos \delta(B) = 1$ → $\delta(B) = 2n\pi$

$x_1 = 7/6\ m$ (distancia de B)

$x_2 = d - 7/6$

$$\delta(B) = (\omega t - k x_1 + \varphi_1) - (\omega t - k x_2 + \varphi_2)$$

$$\delta(B) = (x_2 - x_1) k + (\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$\delta(B) = \left(d - \tfrac{7}{6} - \tfrac{7}{6}\right) 11\pi + \frac{\pi}{3} + \frac{\pi}{6} = 11\pi d - \frac{77\pi}{3} + \frac{\pi}{2} = 11\pi d - \frac{151\pi}{6}$$

$$2n\pi = 11\pi d - \frac{151\pi}{6} \qquad \left[d = \frac{2n}{11} + \frac{151}{66}\right]$$

$$d > \frac{7}{6} \rightarrow \frac{2n}{11} + \frac{151}{66} > \frac{7}{6} \qquad n > \left(\frac{7}{6} - \frac{151}{66}\right) \cdot \frac{11}{2}$$

$$[n > -6{,}16] \quad [n = -6]$$

$$d_{min} = \frac{-12}{11} + \frac{151}{66} = \frac{79}{66} = 1{,}196\ m$$

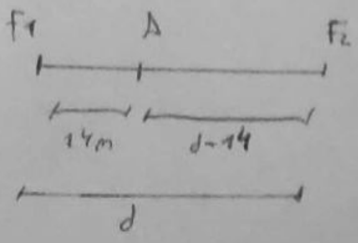
2.3. Noviembre 2015.

F_1 y F_2 emiten ondas planas. $\lambda = 4\,m$

Presión acústica: $P_1(0,t) = 12\cos(\omega t + \frac{\pi}{3})$ Pa

$P_2(0,t) = 4\cos(\omega t - \frac{\pi}{6})$ Pa

$I(A) = 10 I_2$



1. Distancia d, si $76\,m < d < 79\,m$

Presión Acústica: $P(\vec{r},t) = P_0 \cos(\omega t - \vec{k}\cdot\vec{r} + \varphi)$

Suponemos que se propagan por el eje X, $\vec{k} \parallel \vec{u_x}$, $\vec{k}\cdot\vec{r} = k\cdot x$

$P_{01} = 12$ Pa $\quad k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\pi}{2}$ $\quad \left\{ \begin{matrix} \varphi_1 = \frac{\pi}{3} \\ \varphi_2 = -\frac{\pi}{6} \end{matrix} \right\}$

$P_{02} = 4$ Pa

$$I(A) = I_1(A) + I_2(A) + 2\sqrt{I_1(A)\cdot I_2(A)}\cdot\cos\delta(A)$$

Funciones de onda: $P_1(x_1,t) = 12\cos(\omega t - \frac{\pi}{2}x_1 + \frac{\pi}{3})$ Pa

$P_2(x_2,t) = 4\cos(\omega t - \frac{\pi}{2}x_2 - \frac{\pi}{6})$ Pa

$$\left\{ I = \frac{1}{2\rho_0 v_s}\cdot P_0^2 \right\}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{P_{01}^2}{P_{02}^2} \rightarrow \{ I_1 = 9 I_2 \}$$

Interferencia en A, es nula: $\cos\delta = 0$

$I(A) = I_1(A) + I_2(A) \rightarrow \left[10 I_2 = 9I_2 + I_2 + 2\sqrt{9I_2\cdot I_2}\cdot\cos\delta(A) \right]$

2.3

8. $\cos \delta(D) = 0 \rightarrow \delta(D) = (2n+1)\frac{\pi}{2}$

$$\delta(D) = k(x_2 - x_1) + (\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$\frac{\pi}{2}(d - 14 - 14) + \left(\frac{\pi}{3} + \frac{\pi}{6}\right) = (2n+1)\frac{\pi}{2}$$

$$\frac{d\pi}{2} - 14\pi + \frac{\pi}{2} = (2n+1)\frac{\pi}{2}$$

$$\frac{d}{2} = n + \frac{1}{2} - \frac{1}{2} + 14 \rightarrow \boxed{d = 2n + 28}$$

Si $d > 76m \rightarrow 2n + 28 > 76 \rightarrow n > \frac{48}{2} = 24$

Si $d < 79m \rightarrow 2n + 28 < 79 \rightarrow n < \frac{51}{2} = 25{,}5$

$n = 25$

Si $n = 25$, $\boxed{d = 50 + 28 = 78\,m}$

2) Impedancia del medio si $I(D) = \frac{5}{28}\,W/m^2$

$$Z = \frac{P}{v_p} \rightarrow \boxed{Z_m = \rho_0 v_s}$$

$$I(D) = 10\, I_2 = \frac{5}{28} \rightarrow \boxed{I_2 = \frac{1}{56}}$$

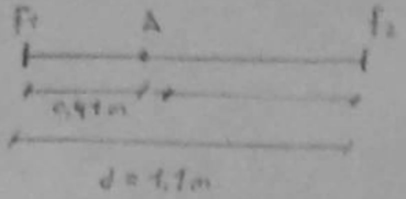
$$I_2 = \frac{P_{02}^2}{2\rho_0 v_s} \rightarrow \rho_0 v_s = \frac{P_{02}^2}{I_2 \cdot 2} = \frac{4^2 \cdot 56}{2} = 448$$

$$\boxed{Z_m = \rho_0 v_s = 448 \text{ rayl}}$$

...io 2018.

2.4.

F_1 y F_2 (oposición de fase)



Onda sonora plana

$\lambda = 16cm = 0,16m$ $\quad \rho_0 = 800\ kg/m^3$

Función de onda para el desplazamiento de las partículas del medio en el F_1 : $\vec{\xi}_{1} = \frac{4}{3\pi}\cos\left(15\pi 10^3 t - \frac{\pi}{4}\right)\vec{u_y}$ μm / (en S)

$I(A) = 240\ W/m^2$

1) Funciones de onda para la presión acústica (notación exponencial) $P(\vec{r},t) = P_0\cos(\omega t - \vec{k}\vec{r} + \varphi) \xrightarrow{\text{exponencial}} P(\vec{r},t) = P_0 e^{i(\omega t - \vec{k}\vec{r} + \varphi)}$

$\left\{ \vec{\xi_1} \parallel \vec{u_y} \rightarrow \vec{k} \parallel \vec{u_y} \rightarrow \vec{k}\vec{r} = ky \right\}$

Si en $y_1 = 0 \rightarrow \vec{\xi_{1}} = \frac{4}{3\pi}\cos\left(15\pi 10^3 t - \frac{\pi}{4}\right)\vec{u_y}$

Donde: $\xi_{01} = \frac{4}{3\pi}\ \mu m$ en todo y_1 al ser Onda Plana.

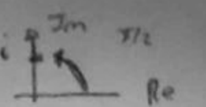
$\omega = 15\pi 10^3\ rad/s$

$\varphi_1 = -\frac{\pi}{4}$

$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{16\cdot 10^{-2}} = \frac{25}{2}\pi\ rad/m$

Función de onda de desplazamiento en el $F1$:

$$\vec{\xi_1}(y_1,t) = \frac{4}{3\pi}\cos\left(15\pi 10^3 t - \frac{25\pi}{2}y_1 - \frac{\pi}{4}\right)\vec{u_y}\ \mu m$$



$\arctan\left(\frac{i}{0}\right) = \frac{\pi}{2}$

Al ser onda armónica: $\vec{\xi} \parallel \vec{v_p}$

$$\vec{v_p} = \frac{\partial \vec{\xi}}{\partial t} \rightarrow v_p = \frac{\partial \xi}{\partial t}$$

Exponencial: $\xi_1 = \xi_{01} e^{i(\omega t - ky - \varphi_1)}$

$$v_p = i\omega\ \xi_{01} e^{i(\omega t - ky - \varphi_1)} = \xi_{01}\omega e^{i(\omega t - ky - \varphi_1 + \frac{\pi}{2})}$$

$z = \frac{p_1}{v_{p_1}}$

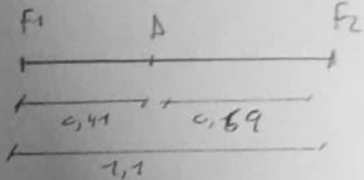
cond plana: $z_m = \rho_0 v_s$ $\Big\}$ $p_1 = \rho_0 v_s \cdot v_{p_1}$ $\qquad v_s = \frac{w}{k} = \frac{15\pi 10^3}{\frac{25\pi}{2}} = 1200$

$$p_1 = 800 \cdot 1200 \cdot \xi_{01}\, w\, e^{i(wt - ky_1 + \varphi_1 + \frac{\pi}{2})}$$

$$\begin{cases} \xi_{01} = \frac{4}{3\pi} \cdot 10^{-6}\ m & k = \frac{25\pi}{2} \\ w = 15\pi 10^3\ rad/s & \varphi_1 = -\frac{\pi}{4} \end{cases}$$

$$\boxed{p_1 = 19200\, e^{i(15\pi\cdot 10^3 t - \frac{25\pi}{2} y_1 + \frac{\pi}{4})}\ Pa}$$

Per ser ona plana se propaga en el eje Y, $\vec{k} \parallel \vec{u_y}$



$\vec{k}\cdot\vec{r} = k y_2$

$$p_2 = p_{02}\, e^{i(wt - ky_2 + \varphi_2)}$$

En oposició de fase: $\varphi_2 - \varphi_1 = \pm\pi \to \varphi_2 = \varphi_1 - \pi = \frac{\pi}{4} - \pi = -\frac{3\pi}{4}$

— Calcul p_{02}:

$$I(A) = I_1(A) + I_2(A) + 2\sqrt{I_1(A)\cdot I_2(A)}\cdot \cos\delta(A)$$

$$\delta(A) = (wt - ky_1 + \varphi_1) - (wt - ky_2 + \varphi_2) = k(y_2 - y_1) + (\varphi_1 - \varphi_2) =$$

$$= \frac{25\pi}{2}\underbrace{(0{,}69 - 0{,}41)} + \left(\frac{\pi}{4} + \frac{3\pi}{4}\right) = \frac{7}{2}\pi + \pi = \frac{7\pi}{2}$$

$$I_1 = \frac{1}{2\rho_0 v_s} p_{01}^2 = \frac{1}{2\, 800\cdot 1200} 19200^2 = 192\ W/m^2$$

$$I = \frac{1}{2\rho_0 v_s} p_0^2 \to$$

$$I_2 = \frac{1}{2\rho_0 v_s} p_{02}^2$$

$$\cos\left(\frac{5\pi}{2}\right) = 0 \to I(A) = I_1(A) + I_2(A) = \frac{1}{2\rho_0 v_s}\left(p_{01}^2 + p_{02}^2\right)$$

$$240 \cdot 2 \cdot 800 \cdot 1200 = (19200)^2 + p_{02}^2$$

$\boxed{p_{02} = 9600\ Pa}$ $\qquad$ $\boxed{p_1 = 9600\, e^{i(15\pi\cdot 10^3 t - \frac{25\pi}{2} y_2 - \frac{3\pi}{4})}\ Pa}$

2.4

2) Diferencia de nivel de intensidad en el punto A y los puntos que se producen máximos:

Puntos donde se producen máximos de Intensidad: $\cos(\delta)=1 \to \delta = 2n\pi$

$$J_{max} = J_{1\,max} + J_{2\,max}$$

$$\Delta s = S(A) - S(\text{máximo}) = 10\log\frac{J(A)}{J_0} - 10\log\frac{J_{max}}{J_0}$$

$$\Delta s = 10\log\frac{I(A)}{J_{max}}$$

Para que haya Intensidad máxima $\cos\delta = 1$, $\delta = 2\pi n$

$$J_{max} = J_1 + J_2 + 2\sqrt{J_1 I_2} = \left(\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2}\right)^2$$

$$\left\{ J = \frac{1}{2\rho_0 v_s} P_0^2 \right\} \qquad I_{max} = \left(\frac{P_{01}}{\sqrt{2\rho_0 v_s}} + \frac{P_{02}}{\sqrt{2\rho_0 v_s}}\right)^2$$

$$J_{max} = \frac{1}{2\rho_0 v_s}\left(P_{01} + P_{02}\right)^2 = \frac{(9600+19200)^2}{2\cdot 800\cdot 1200} = 432\ W/m^2$$

$$\boxed{\Delta s = 10\log\frac{240}{432} = 10\log\frac{5}{9}\ dB}$$

Posición de los puntos de intensidad máxima: $y_2 = d - y_1$

Para los puntos del foco 1.

$\cos\delta = 1$

$$\delta = k(x_2 - x_1) + (\varphi_1 - \varphi_2) = \frac{25\pi}{2}(1{,}1 - y_1 - y_1) + \left(\frac{\pi}{4} + \frac{3\pi}{4}\right) = 2n\pi$$

$$2n\pi = \frac{55\pi}{4} - 25\pi y_1 + \pi$$

$$2n - \frac{59}{4} = -25y_1 \to y_1 = -\frac{2n - \frac{59}{4}}{25}$$

$$\begin{cases} n=0 & y_1 = 0{,}59 \\ n=1 & y_1 = 0{,}51 \end{cases}$$

Enero 2019.

2.5.

Desplazamiento de la partícula: $\xi = \frac{2}{57} e^{i(540\pi t - \frac{3\pi}{2} y)}$ mm

1. Intensidad de onda: , presión máxima: 6π Pa $\left[p_{max} = 6\pi \text{ Pa} \right]$

$\xi = \xi_0 e^{i(\omega t - \vec{k}\vec{r} + \varphi)}$

$\vec{k}\cdot\vec{r} = \left\{ \begin{array}{l} \vec{k} = k_x \vec{u_x} + k_y \vec{u_y} + k_z \vec{u_z} \\ \vec{r} = x\vec{u_x} + y\vec{u_y} + z\vec{u_z} \end{array} \right\} = k_y y$

$\vec{k} \parallel \vec{u_y}$, Como las ondas sonoras son ondas longitudinales $\vec{\xi} \parallel \vec{u_y}$,

$\xi_0 = \frac{2}{57}$ mm , $\omega = 540\pi$ rad/s , $k_y = \frac{3\pi}{2}$, $\varphi = 0$

$\vec{v_p} = \frac{\partial \vec{\xi}}{\partial t}$, $v_p = i\omega \frac{2}{57} e^{i(\omega t - \frac{3\pi}{2} y)} \cdot 10^{-3}$ · m/s

$\left\{ i = e^{i\pi/2} \right\}$ $\qquad v_{p_0} = \xi_0 \omega$

$v_p = v_{p_0} \cdot e^{i(\omega t - \frac{3\pi}{2} y + \frac{\pi}{2})}$ m/s

$Z = \frac{p_0}{v_{p_0}} = \{\text{onda plana}\} = \rho_0 v_s$ $\qquad \left\{ \begin{array}{l} p = v_{p_0} \cdot \rho_0 v_s \\ p = p_0 \cos(\omega t - ky + \pi/2) \end{array} \right.$, $p_0 = Z \cdot v_{p_0}$

La presión acústica se hará máxima cuando $\cos(\omega t - ky + \pi/2) = \pm 1$

$\left[Z = \rho_0 \cdot v_s \right]$

$p_{0max} = 6\pi$ Pa $\rightarrow I = \frac{1}{2\,\rho_0 v_s} p_0^2$

$Z = \frac{p_0}{v_{p_0}} = \frac{6\pi}{\frac{2}{57} \cdot 10^{-3} \cdot 540\pi} = 450$ rayl

$v_s = \frac{\omega}{k} = \frac{540\pi}{\frac{3\pi}{2}} = 360$ m/s

$\left[I = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{Z_m} \cdot p_0^2 = \frac{1}{2}\frac{1}{450}(6\pi)^2 = \frac{\pi^2}{25} \text{ W/m}^2 \right]$

$\left[I = \frac{\pi^2}{25} \text{ W/m}^2 \right]$

2) Función de onda velocidad vibratoria de la partícula.

$$v_p = v_{p_0} \cdot e^{i(\omega t - \vec{k}\cdot\vec{r} + \pi/2)}$$

$\varphi = 0$

$\omega = 540\pi$ rad/s

$\vec{k} = \frac{3\pi}{2}\vec{u_y}$

$\vec{v_p} \parallel \vec{u_y}$

$$v_{p_0} = \xi \cdot \omega = \frac{2}{81} \cdot 10^{-3} \cdot 540\pi$$

$$\left[v_{p_0} = \frac{\pi}{75} \ m/s \right]$$

$$\left[\vec{v_p} = \frac{\pi}{75} \ e^{i(540\pi t - \frac{3\pi}{2} y + \frac{\pi}{2})} \ \vec{u_y} \ m/s \right]$$ [con t en s, y en m]

3) Intensidad instantánea.

$J_{inst} = p \cdot v_p$ | utilizamos notación escalar para obtener el producto |

$$\left. \begin{array}{l} p = p_0 \cos(\omega t - ky + \pi/2) \\ v_p = v_{p_0} \cos(\omega t - ky + \pi/2) \end{array} \right\}$$

$$J_{inst} = p_0 \cdot v_{p_0} \cos^2(\omega t - ky + \pi/2)$$

$$J_{inst} = 6\pi \cdot \frac{\pi}{75} \cdot \cos^2(540\pi t - \frac{3\pi}{2} y + \frac{\pi}{2}) = 80\pi^2 \cos^2(540\pi t - \frac{3\pi}{2} y + \frac{\pi}{2}) \ \frac{mW}{m^2}$$

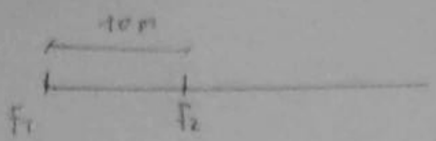
$$\left[J_{inst} = 8\pi^2 \cdot 10^{-2} \cos^2(540\pi t - \frac{3\pi}{2} + \frac{\pi}{2}) \ W/m^2 \right]$$

Abril 2017.

2.6. Dos focos F_1 y F_2.

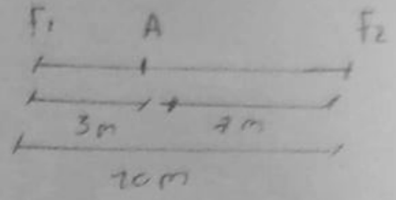
$Z = 1{,}5 \cdot 10^5$ rayl $\quad \lambda = 2$ m

$\rho_0 = 10^3$ kg/m^3



$p_1 = 150 \cos(\omega t - \pi/4)$ Pa

$I(A) = \frac{375}{2}$ mW/m^2



1. Funciones de onda emitidas por cada foco.

$0 < \varphi_2 < 2\pi$

Suponemos que las ondas se propagan en el eje X. $\vec{k} \parallel \vec{u_x}$.

Como las ondas sonoras son ondas longitudinales $\vec{v_p} \parallel \vec{u_x}$.

$$I(A) = I_1(A) + I_2(A) + 2\sqrt{I_1 \cdot I_2} \cdot \cos\delta(A)$$

$$I = \frac{1}{2} \cdot \frac{p_0^2}{2\rho_0 v_s}$$

$$Z = \frac{p_0}{v p_0} = \{\text{onda plana}\} = \rho_0 \cdot v_s$$

$$\left[k = \frac{2\pi}{\lambda} = \pi \text{ rad/m}\right]$$

$$v_s = \frac{Z}{\rho_0} = \frac{1{,}5 \cdot 10^5}{10^3} = 1500 \text{ m/s} = \frac{\omega}{k}$$

$$[\omega = 1500\pi \text{ rad/s}]$$

$$p = p_0 \cos(\omega t - \vec{k}\cdot\vec{r} + \varphi), \quad p = p_0 \cos(\omega t - kx + \varphi)$$

$$p_0 = cte \rightarrow \begin{cases} p_0 = 150 \text{ Pa} \\ \varphi_1 = -\frac{\pi}{4} \text{ rad} \end{cases}$$

$$I_1(A) = \frac{1}{2} \cdot \frac{150^2}{2 \cdot 1{,}5 \cdot 10^5} = 7{,}5 \text{ mW/m}^2$$

$$\delta(A) = (\omega t - k \cdot x_1 + \varphi_1) - (\omega t - k x_2 + \varphi_2) = k(x_2 - x_1) + (\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$\{\text{fase en el punto A: } \varphi_1 - \varphi_2 = 0\} \quad \begin{cases} x_2 = 7 \text{ m} \\ x_1 = 3 \text{ m} \end{cases}$$

$$\delta(A) = \pi \cdot (7-3) = 4\pi \text{ rad} \rightarrow [\cos\delta(A) = 1]$$

Función de onda foco 1: $\boxed{p_1 = 150 \cos(1500\pi t - \pi x - \frac{\pi}{4}) \text{ Pa}}$

$\delta(\Delta) = 2n\pi$ en fase:

$$\delta(\Delta) = k(x_2 - x_1) + (\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$2n\pi = 4\pi + \left(-\frac{\pi}{4} - \varphi_2\right) \rightarrow \varphi_2 = 4\pi - \frac{\pi}{4} - 2n\pi = \pi\left(\frac{15}{4} - 2n\right)$$

$$\left\{\begin{array}{l} \pi\left(\frac{15}{4} - 2n\right) > 0 \rightarrow n < \frac{15}{8} = 1{,}875 \\ \pi\left(\frac{15}{4} - 2n\right) < 2\pi \rightarrow n > \frac{\frac{15}{4} - 2}{2} = 0{,}875 \end{array}\right\} n = 1$$

$\boxed{\varphi_2 = \frac{7\pi}{4} \text{ rad}}$ $\quad \cos \delta(\Delta) = 1.$

$J(\Delta) = \frac{375}{2}$ m W/m²

$J_1(\Delta) = 7{,}5$ m W/m²

$$J(\Delta) = J_1(\Delta) + J_2(\Delta) + 2\sqrt{J_1(\Delta) \cdot J_2(\Delta)} \cdot \cos\delta(\Delta)$$

$$x = \sqrt{J_2(\Delta)}, \quad x^2 = J_2(\Delta)$$

$$x^2 + 2 \cdot \sqrt{J_1(\Delta)} \cdot x + (J_1(\Delta) - J(\Delta)) = 0$$

$$x^2 + \frac{\sqrt{3}}{10}x - \frac{9}{50} = 0 \rightarrow x = \frac{-\frac{\sqrt{3}}{10} \pm \sqrt{\frac{3}{100} - 4\cdot\left(-\frac{9}{50}\right)}}{2} = \frac{-\frac{\sqrt{3}}{10} \pm \frac{\sqrt{3}}{2}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{5}$$

$$x = \sqrt{J_2(\Delta)} = \frac{\sqrt{3}}{5} \rightarrow \boxed{J_2(\Delta) = \frac{3}{25} \text{ W/m}^2}$$

$$J_2(\Delta) = \frac{1}{2}\frac{P_{02}^2}{\rho_0 \cdot v_s} \rightarrow P_{02} = \sqrt{2 \cdot J_2(\Delta) \cdot Z_m} = \sqrt{2 \cdot \frac{3}{25} \cdot 15 \cdot 10^5} = 600 \text{ Pa}$$

$$p_2 = P_{02} \cos(\omega t - kx + \varphi_2)$$

$$\boxed{p_2 = 600 \cdot \cos\left(1500\pi t - \pi x_2 + \frac{7\pi}{4}\right) \text{ Pa}}$$

26. Abril 2017.

2)

Desplazamiento de las partículas en el medio en el punto D. $\vec{\xi} \parallel \vec{u_x}$

$$z = \frac{p_0}{v_{p_0}} = \rho_0 \cdot v_s. \qquad \begin{cases} v_{p_1} = v_{p_{01}} \, e^{i(\omega t - kx_1 + \varphi_1)} \\ v_{p_2} = v_{p_{02}} \cdot e^{i(\omega t - kx + \varphi_2)} \end{cases}$$

$$\vec{v_p} = \frac{\partial \vec{\xi}}{\partial t} \qquad \xi = \xi_0 \, e^{i(\omega t - kx + \varphi - 0)}$$

$$p_1(D) = 150 \cos\left(1500\pi t - \pi \cdot (3) - \frac{\pi}{4}\right) = 150 \cos\left(1500\pi t - \underbrace{\frac{13\pi}{4}}_{-\frac{13\pi}{4} + \frac{5\pi}{4} - \frac{5\pi}{4}}\right)$$

$$p_1(D) = 150 \cos\left(1500\pi t - \frac{5\pi}{4}\right) \text{ Pa}$$

$$p_2(D) = 600 \cdot \cos\left(1500\pi t - \pi \cdot (7) + \frac{7\pi}{4}\right) = 600 \cos\left(1500\pi t - \underbrace{\frac{21}{4}\pi}_{\left(-\frac{21}{4}\pi + \frac{5\pi}{4} - \frac{5\pi}{4}\right)}\right)$$

$$p_2(D) = 600 \cos\left(1500\pi t - \frac{5\pi}{4}\right) \text{ Pa}$$

$$p(D) = 750 \cos\left(1500\pi t - \frac{5\pi}{4}\right) \text{ Pa}$$

$$z = \frac{p}{v_p} \rightarrow v_p = \frac{p}{z} = 500 \cdot 10^{-6} \cos\left(1500\pi t - \frac{5\pi}{4}\right)$$

$$\xi = \int v_p \cdot dt = 500 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1}{1500\pi t} \operatorname{sen}\left(1500\pi t - \frac{5\pi}{4}\right)$$

$$\boxed{\vec{\xi} = \frac{1}{3\pi} \operatorname{sen}\left(1500\pi t - \frac{5\pi}{4}\right) \vec{u_x} \; \mu m}$$

Octubre 2018

7.7 $v_s = 400$ m/s

$$p = 20\pi e^{i(2400\pi t - \frac{2\pi}{3})} \text{ Pa}$$

$$\vec{\xi} = \frac{625}{18} e^{i(2400\pi t - \frac{7\pi}{6})} \vec{u_y} \text{ pm.}$$

$0 < \varphi < \pi$

1. Función de onda velocidad vibración de la partícula

Como la onda sonora es onda longitudinal: $\vec{v_p} \parallel \vec{u_y}$

$$\vec{v_p} = \frac{\partial \vec{\xi}}{\partial t} \quad ; \quad v_p = \frac{625}{18} \cdot i\omega \, e^{i(\omega t - \frac{7\pi}{6})} \text{ pm/s}$$

$$\boxed{\vec{v_p} = \frac{625}{18} \cdot 2400\pi \, e^{i(\omega t - \frac{7\pi}{6} + \frac{\pi}{2})} \cdot 10^{-6} \text{ m/s}}$$

En el punto A.
$y = 50 \cdot 10^{-2}$ m $= 0,5$ m.

$$v_s = \frac{\omega}{k} \to k = \frac{\omega}{v_s} = \frac{2400\pi}{400} = 6\pi \text{ rad/s}$$

$P_0 = 20\pi$ Pa
$\omega = 2400\pi$

$$\vec{k} \parallel \vec{u_y} \qquad p = p_0 \cdot e^{i(\omega t - kx + \varphi + 2n\pi)}$$

En el punto $y = 0,5$ m:

$$p = 20\pi e^{i(\omega t - 6\pi \cdot 0,5 + \varphi + 2n\pi)} = 20\pi e^{i(\omega t - \frac{2\pi}{3})}$$

$$-6\pi \cdot 0,5 + \varphi + 2n\pi = -\frac{2\pi}{3} \to \varphi = 3\pi - \frac{2\pi}{3} - 2n\pi = \pi\left(\frac{7}{3} - 2n\right)$$

Comprendido entre: $0 < \varphi < \pi$

$$\pi\left(\frac{7}{3} - 2n\right) > 0 \to n < \frac{7}{6} = 1,16$$

$$\pi\left(\frac{7}{3} - 2n\right) < \pi \to n > \frac{\frac{7}{3} - 1}{2} = 0,6$$

$n = 1.$

$$\boxed{\varphi = \pi\left(\frac{7}{3} - 2\right) = \frac{\pi}{3} \text{ rad}}$$

$$\boxed{p = 20\pi e^{i(2400\pi t - 6\pi y + \frac{\pi}{3})} \text{ Pa}}$$

2.7)

$$\vec{v_p} = v_{p0}\, e^{i(\omega t - ky + \varphi)}$$

$v_{p0} = \frac{625}{18} \cdot 2400\pi \cdot 10^{-6}\ m/s = \frac{\pi}{12}\ m/s$

$k = 6\pi$ rad/m.

$\varphi = \frac{\pi}{3}$, $y = 50$.

$$v_{p0} \cdot e^{i(\omega t - 6\pi \cdot 0{,}5 + \varphi + 2\pi n)} = v_{p0}\, e^{i(\omega t - \frac{7\pi}{6} + \frac{\pi}{2})}$$

$$\left\{ \varphi = 3\pi - \frac{7\pi}{6} + \frac{\pi}{2} - 2\pi n = \pi\left(\frac{7}{3} - 2n\right) = \frac{\pi}{3} \right\}$$ compruebo.

$$\boxed{\vec{v_p} = \frac{\pi}{12}\, e^{i(2400\pi t - 6\pi y + \frac{\pi}{3})}\ \vec{u_y}\ m/s}$$

2) Densidad del medio y Intensidad instantánea:

$$z = \frac{p}{v_p} = \{\text{ondas planas}\} = \rho_0 v_s$$

$$\rho_0 = \frac{P_0}{v_{p0} \cdot 25} = \frac{20\pi}{\frac{\pi}{12} \cdot 400} = \frac{3}{5}\ kg/m^3$$

$I_{inst} = p \cdot v_p$.

$$p = 20\pi \cos(2400\pi t - 6\pi y + \frac{\pi}{3})\ Pa$$

$$v_p = \frac{\pi}{12} \cos(2400\pi t - 6\pi y + \frac{\pi}{3})\ m/s$$

$$\boxed{I_{inst} = \frac{5\pi^2}{3} \cos^2(2400\pi t - 6\pi y + \frac{\pi}{3})\ W/m^2}$$

3) Desplazamiento $\omega_2 = 2\omega_1 \rightarrow \omega = 4800\pi \text{ rad/s}$

$$\cancel{\vec{v}_p = \frac{\partial \vec{\xi}}{\partial t} \rightarrow \xi = \int v_p \, dt = \int \frac{\pi}{12} \cos(4800\pi t - 6\pi y + \frac{\pi}{3}) \, dt =}$$

$$\vec{\xi} = \frac{625}{18} e^{i(2400\pi t - \frac{7\pi}{6})}, \quad y = 0{,}5 \text{ m}$$

$$\vec{\xi} = \xi_0 \cdot e^{i(\omega t - ky + \varphi - \theta)} = \xi_0 \cdot e^{i(\omega t - 6\pi\, 0{,}5 + \frac{\pi}{3} - \theta)}$$

$$-3\pi + \frac{\pi}{3} - \theta = -\frac{7\pi}{6} \rightarrow \theta = \pi\left(-3 + \frac{1}{3} + \frac{7}{6}\right) = -\frac{3\pi}{2}$$

$$\xi = \xi_0 \, e^{i(\omega t - 6\pi y + \underbrace{\frac{11\pi}{6}}_{\frac{11\pi}{6} + \frac{\pi}{6} - \frac{\pi}{6}})}$$

$$\boxed{\xi = \frac{625}{36} e^{i(4800 t - 12\pi y - \frac{\pi}{6})} \, \vec{u}_y \ \mu m}$$

$$v_{p_0} = \xi_0 \cdot \omega \rightarrow \xi_0 = \frac{v_{p_0}}{\omega} = \frac{\frac{\pi}{12}}{4800\pi} = \frac{625}{36} \ \mu m.$$

Enero 2018

2.8 $I = 45\ W/m^2$ $\quad v_p = \cos(4000t - \frac{32}{9}y + \frac{\pi}{3})$ cm/s

La onda sonora plana se propaga a través del eje Y $\vec{k} \parallel \vec{e_y}$, al ser onda longitudinal $\vec{v_p} \parallel \vec{e_y}$

$$\left\{ \begin{array}{ll} k = \frac{32}{9}\ rad/m & v_{p_0} = 10^{-2}\ m/s \\ \varphi = \frac{\pi}{3}\ rad & \omega = 4000\ rad/s \end{array} \right\}$$

$$I = \frac{p_0^2}{2\rho_0 v_s}$$

1) Función de onda presión acústica, desplazamiento (notación compleja)

$$v_s = \frac{\omega}{k} = \frac{4000}{\frac{32}{9}} = 1125\ m/s$$

$$Z = \frac{p_0}{v_{p_0}} = \{\text{onda plana}\} = \rho_0 v_s \rightarrow \left[p_0 = \rho_0 v_s \cdot v_{p_0} \right]$$

$$I = \frac{(\rho_0 v_s)^2}{2\rho_0 v_s} \rightarrow 2I = \rho_0 v_s \cdot v_{p_0}^2$$

$$\rho_0 = \frac{2 \cdot I}{v_s} = \frac{2 \cdot 45}{1125 \cdot v_{p_0}^2} = 800\ kg/m^3$$

$$\left[p_0 = \rho_0 v_s \cdot v_{p_0} = 800 \cdot 1125 \cdot 10^{-2} = 9 \cdot 10^3\ Pa \right.$$

$$\left[p = 9\, e^{i(4000t - \frac{32}{9}y + \frac{\pi}{3})} kPa \right]$$

$$\vec{v_p} = \frac{\partial \vec{\xi}}{\partial t} \rightarrow \xi = \int v_p \cdot dt = \int \cos(4000t - \frac{32}{9}y + \frac{\pi}{3})\, dt =$$

$$\xi = \frac{1}{4000} 10^{-2} \operatorname{sen}(4000t - \frac{32}{9}y + \frac{\pi}{3}) = 2{,}5 \cos(4000t - \frac{32}{9}y + \frac{\pi}{3} - \frac{\pi}{2})\ \mu m$$

$$\left[\vec{\xi} = 2{,}5\, e^{i(4000t - \frac{32}{9}y - \frac{\pi}{6})} \vec{e_y}\ \mu m \right]$$

2) Impedancia de la onda y densidad del medio.

$$\rho_0 = 800 \ kg/m^3$$

$$Z = \frac{P_0}{v_{p0}} = \frac{9 \cdot 10^3}{10^{-2}} = 9 \cdot 10^5 \ rayl$$

Problema 2.1

1) $p_2(x,t) = 4\cos\left(9600\pi t - 24\pi x + 5\pi/4\right)$ Pa

2) $p_{(a)} = 2\cos\left(9600\pi t - 3\pi/4\right)$ Pa

3) $Z = 240$ rayl ; $\rho_0 = \frac{3}{5}\ \mathrm{kg\,m^{-3}}$

Problema 2.2

1) $p = 100\cos\left(3520\pi t - 11\pi x + \pi/3\right)$ Pa

2) $d_{mín} = \frac{79}{66}$ m

Problema 2.3

1) $d = 78$ m

2) $Z_m = 448$ rayl

Problema 2.4

1) $p_1 = 19{,}2\, e^{i\left(15\pi\cdot 10^3 t - \frac{25\pi}{2} y_1 + \frac{\pi}{4}\right)}$ kPa ; $p_2 = 9{,}6\, e^{i\left(15\pi\cdot 10^3 t - \frac{25\pi}{2} y_2 - \frac{3\pi}{4}\right)}$ kPa

2) $\Delta S = 10\log\frac{5}{9}$ dB

Problema 2.5

1) $I = \frac{\pi^2}{25}\ \mathrm{Wm^{-2}}$

2) $\vec{v}_p = \frac{\pi}{75} e^{i\left(540\pi t - \frac{3\pi}{2} y + \frac{\pi}{2}\right)}\, \vec{u}_y\ \mathrm{m\,s^{-1}}$

3) $I_{inst} = \frac{2\pi^2}{25}\cos^2\left(540\pi t - \frac{3\pi}{2} y + \frac{\pi}{2}\right)\ \mathrm{Wm^{-2}}$

Problema 2.6

1) $p_1 = 150\cos\left(1500\pi t - \pi x_1 - \frac{\pi}{4}\right)$ Pa ; $p_2 = 600\cos\left(1500\pi t - \pi x_2 + \frac{7\pi}{4}\right)$ Pa

2) $\vec{\xi}_A = \frac{1}{3\pi}\,\mathrm{sen}\left(1500\pi t - \frac{5\pi}{4}\right)\vec{u}_x\ \mu\mathrm{m}$

Problema 2.7

1) $\vec{v}_p = \frac{\pi}{12} e^{i\left(2400\pi t - 6\pi y + \frac{\pi}{3}\right)}\, \vec{u}_y\ \mathrm{m\,s^{-1}}\ (t \text{ en s}, y \text{ en m})$

2) $\rho_0 = 0{,}6\ \mathrm{kg\,m^{-3}}$; $I_{inst} = \frac{5\pi^2}{3}\cos^2\left(2400\pi t - 6\pi y + \frac{\pi}{3}\right)\ \mathrm{Wm^{-2}}\ (t \text{ en s}, y \text{ en m})$

3) $\vec{\xi}' = \frac{625}{36} e^{i\left(4800\pi t - 12\pi y - \frac{\pi}{6}\right)}\, \vec{u}_y\ \mu\mathrm{m}\ \ (t \text{ en s}, y \text{ en m})$

Problema 2.8

1) $p = 9\, e^{i\left(4000t - \frac{32}{9} y + \frac{\pi}{3}\right)}$ kPa ; $\vec{\xi} = \frac{5}{2} e^{i\left(4000t - \frac{32}{9} y - \frac{\pi}{6}\right)}\, \vec{u}_y\ \mu\mathrm{m}$

2) $Z = 9\cdot 10^5$ rayl ; $\rho_0 = 800\ \mathrm{kg\,m^{-3}}$