# CONTROL 1 – FÍSICA ACÚSTICA

1. Calcule la velocidad del sonido y determine los elementos faltantes en las siguientes tablas

| | | |
|---|---|---|
| frecuencia | f (Hz) | |
| temperatura | Tc (C) | 37 |
| frecuencia angular | ω (rad/s) | |
| velocidad del sonido | c (m/s) | |
| longitud de onda | λ (m) | |
| numero de onda | k (rad/m) | 1200 |

Primeramente, calculamos la velocidad del sonido a partir de la siguiente fórmula

$$c = c_0\sqrt{1 + \frac{T_c}{273}}$$

Donde

$c_0 = 331.6\ (m/s)$

$T_c = 37°C$

Reemplazamos y desarrollamos

$$c = 331.6\left(\frac{m}{s}\right) \times \sqrt{1 + \frac{37°C}{273}}$$

$$c = 331.6\left(\frac{m}{s}\right) \times \sqrt{1.13553113553}$$

$$c = 331.6\left(\frac{m}{s}\right) \times 1.06561303273$$

$$c = 353.357281654\left(\frac{m}{s}\right)$$

$$c \approx 353.35\left(\frac{m}{s}\right)$$

Ahora, calculamos la longitud de onda (λ (m)) a partir de:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

Donde

$$k = 1200(rad/m)$$

Reemplazamos y desarrollamos

$$1200(rad/m) = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{2\pi}{1200(rad/m)}$$

$$\lambda = 0.00523598775$$

$$\lambda \approx 5.23 \times 10^{-3}(m)$$

Teniendo estos dos valores, podemos obtener el valor de la frecuencia a partir de

$$c = \lambda f$$

Donde

$\lambda \approx 5.23 \times 10^{-3}(m)$

$c \approx 353.35\left(\frac{m}{s}\right)$

Reemplazamos y desarrollamos

$$353.35\left(\frac{m}{s}\right) = 5.23 \times 10^{-3}(m) \times f$$

$$\frac{353.35\left(\frac{m}{s}\right)}{5.23 \times 10^{-3}(m)} = f$$

$$67563.53346\ (Hz) = f$$

Ahora, calculamos la frecuencia angular con:

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

Donde

$$f = 67563.53346\ (Hz)$$

Reemplazamos y calculamos

$$67563.53346\ (Hz) = \frac{\omega}{2\pi}$$

$$67563.53346\ (Hz) \times 2\pi = \omega$$

$$424{,}514.20073(rad/s) = \omega$$

## 2. Determine a partir de los datos en las tablas los elementos faltantes

| Fuente 1 | | |
|---|---|---|
| potencia | W (W) | 0.0005 |
| directividad | Q | 3 |
| distancia | r (m) | 4 |
| intensidad | I (W/m2) | |
| presión rms | Prms (Pa) | |
| nivel de potencia | Lw (db) | |
| nivel de intensidad | Li (dB) | |
| nivel de presión | Lp (db) | |

| Fuente 2 | | |
|---|---|---|
| potencia | W (W) | 0.0009 |
| directividad | Q | 4 |
| distancia | r (m) | 2 |
| intensidad | I (W/m2) | |
| presión rms | Prms (Pa) | |
| nivel de potencia | Lw (db) | |
| nivel de intensidad | Li (dB) | |

| | | |
|---|---|---|
| nivel de presión | Lp (db) | |

Desarrollo Fuente 1

Calculamos primeramente la intensidad, a través de la fórmula

$$I = \frac{WQ}{4\pi r^2}$$

Sabiendo que:

$$W = 0.0005(W)$$

$$Q = 3$$

$$r = 4(\mathrm{m})$$

Reemplazamos y desarrollamos

$$I = \frac{0.0005(\mathrm{W}) \times 3}{4\pi(4)^2}$$

$$I = \frac{0.0005(\mathrm{W}) \times 3}{4\pi(4)^2}$$

$$I = \frac{0.0015(W)}{64\pi}$$

$$I = \frac{0.0015(W)}{64\pi}$$

$$I = 7.460387957 \times 10^{-6}(W/m^2)$$

Teniendo esto, podemos calcular la presión RMS con:

$$P_{RMS} = \sqrt{I\rho_0 c}$$

Sabiendo que

$$I = 7.460387957 \times 10^{-6}(W/m^2)$$

$$\rho_0 = 1.18\ kg/m^3$$

$$c = 344\ m/s$$

Reemplazamos y desarrollamos

$$P_{RMS} = \sqrt{7.460387957 \times 10^{-6} \times 1.18 \times 344}$$

$$P_{RMS} = 0.055030179\ (Pa)$$

Ahora calculamos el nivel de potencia:

$$L_W = 10log_{10}\left(\frac{W}{W_0}\right)$$

Donde:

$$W = 0.0005(W)$$

$$W_0 = 1 \times 10^{-12}(W)$$

Reemplazamos y desarrollamos

$$L_W = 10log_{10}\left(\frac{0.0005}{1 \times 10^{-12}}\right)$$

$$L_W = 86.98970\ (dB)$$

Calculamos el nivel de intensidad:

$$L_I = 10log_{10}\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

Donde

$$I = 7.460387957 \times 10^{-6}(W/m^2)$$

$$I_0 = 1 \times 10^{-12}(W/m^2)$$

Reemplazamos y desarrollamos

$$L_I = 10log_{10}\left(\frac{7.460387957 \times 10^{-6}}{1 \times 10^{-12}}\right)$$

$$L_I = 68.72761\ dB$$

Calculamos el nivel de presión

$$L_p = 20log_{10}\left(\frac{P_{RMS}}{P_0}\right)$$

Donde

$$P_{RMS} = 0.055030179(Pa)$$

$$P_0 = 2 \times 10^{-5}(N/m^2)$$

Reemplazamos y desarrollamos

$$L_p = 20log_{10}\left(\frac{0.055030179}{2 \times 10^{-5}}\right)$$

$$L_p = 68.79141\ dB$$

Desarrollo Fuente 2

Calculamos primeramente la intensidad, a través de la fórmula

$$I = \frac{WQ}{4\pi r^2}$$

Sabiendo que:

$$W = 0.0009(W)$$

$$Q = 4$$

$$r = 2(\mathrm{m})$$

Reemplazamos y desarrollamos

$$I = \frac{0.0009(\mathrm{W}) \times 4}{4\pi(2)^2}$$

$$I = \frac{0.0009(\mathrm{W}) \times 4}{4\pi(2)^2}$$

$$I = \frac{0.0036(W)}{16\pi}$$

$$I = \frac{0.0036(W)}{16\pi}$$

$$I = 7.161972439 \times 10^{-5}(W/m^2)$$

Teniendo esto, podemos calcular la presión RMS con:

$$P_{RMS} = \sqrt{I\rho_0 c}$$

Sabiendo que

$$I = 7.161972439 \times 10^{-5}(W/m^2)$$

$$\rho_0 = 1.18\ kg/m^3$$

$$c = 344\ m/s$$

Reemplazamos y desarrollamos

$$P_{RMS} = \sqrt{7.161972439 \times 10^{-5} \times 1.18 \times 344}$$

$$P_{RMS} = 0.170504775(Pa)$$

Ahora calculamos el nivel de potencia:

$$L_W = 10log_{10}\left(\frac{W}{W_0}\right)$$

Donde:

$$W = 0.0009(W)$$

$$W_0 = 1 \times 10^{-12}(W)$$

Reemplazamos y desarrollamos

$$L_W = 10log_{10}\left(\frac{0.0009}{1 \times 10^{-12}}\right)$$

$$L_W = 89.54242\ (dB)$$

Calculamos el nivel de intensidad:

$$L_I = 10log_{10}\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

Donde

$$I = 7.161972439 \times 10^{-5}(W/m^2)$$

$$I_0 = 1 \times 10^{-12}(W/m^2)$$

Reemplazamos y desarrollamos

$$L_I = 10log_{10}\left(\frac{7.161972439 \times 10^{-5}}{1 \times 10^{-12}}\right)$$

$$L_I = 78.55032\ dB$$

Calculamos el nivel de presión

$$L_p = 20log_{10}\left(\frac{P_{RMS}}{P_0}\right)$$

Donde

$$P_{RMS} = 0.170504775(Pa)$$

$$P_0 = 2 \times 10^{-5}(N/m^2)$$

Reemplazamos y desarrollamos

$$L_p = 20log_{10}\left(\frac{0.170504775}{2 \times 10^{-5}}\right)$$

$$L_p = 78.61413\ dB$$

## 3. Considere en todos los casos de la parte 2 propagación esférica. Determine el nivel de presión sonora total para superposición incoherente. Fuente 1 y fuente 2

Para determinar el nivel de presión sonora para superposición incoherente, entre la fuente 1 y fuente 2, partimos de la fórmula:

$$L_{PT} = 10log_{10}\left[10^{\left(\frac{L_{P1}}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{L_{P2}}{10}\right)}\right]$$

Sabiendo que

$$L_{P1} = 68.79141\ dB$$

$L_{P2} = 78.61413\ dB$

Reemplazamos y desarrollamos

$$L_{PT} = 10log_{10}\left[10^{\left(\frac{68.79141}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{78.61413}{10}\right)}\right]$$

$$L_{PT} = 79.04447\ dB$$

## 4. Considere en todos los casos de la parte 2 propagación esférica. Determine el nivel de presión sonora total para superposición coherente Fuente 1 y fuente 2 a una frecuencia f = 5000 Hz

Para determinar el nivel de presión sonora para superposición coherente, primero debemos calcular la PRMS total de las dos fuentes, siguiendo la fórmula:

$$P_{RMST} = \sqrt{[P_{RMS1}cos(kr_1) + P_{RMS2}cos(kr_2)]^2 + [P_{RMS1}sin(kr_1) + P_{RMS2}sin(kr_2)]^2}$$

Determinamos primeramente k, sabiendo que

$$k = \frac{\omega}{c}$$

Donde:

$$f = 5000\ Hz$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 5000 = 31{,}415.92654 \left(\frac{rad}{s}\right)$$

$$c = 344\ \left(\frac{m}{s}\right)$$

Desarrollamos

$$k = \frac{31{,}415.92654}{344}$$

$$k = 91.32536784\ \left(\frac{rad}{m}\right)$$

Ahora calculamos $kr_1$ y $kr_2$, sabiendo que

$$r_1 = 4\ m$$

$$r_2 = 2\, m$$

$$kr_1 = 91.32536784 \times 4\, m$$

$$kr_1 = 365.3014713\, rad$$

$$kr_2 = 91.32536784\ \times 2\, m$$

$$kr_2 = 182.6507357\, rad$$

Ahora, teniendo:

$$P_{RMS1} = 0.055030179(Pa)$$

$$P_{RMS2} = 0.170504775(Pa)$$

$$kr_1 = 365.3014713\, rad$$

$$kr_2 = 182.6507357\, rad$$

Reemplazamos y desarrollamos

$$P_{RMST} = \sqrt{\begin{matrix}[0.055030179\ \times cos(365.3014713) + 0.170504775\ \ \times cos(182.6507357)]^2 + \\ [0.055030179 \times sin(365.3014713) + 0.170504775 \times\ sin(182.6507357)]^2\end{matrix}}$$

$$P_{RMST} =\ 0.2215664(Pa)$$

Y ahora, determinamos el nivel de presión sonora con

$$L_{pT} = 20log_{10}\left(\frac{P_{RMST}}{P_0}\right)$$

Donde:

$P_{RMST} =\ 0.2215664\ (Pa)$

$P_0 =\ 2 \times 10^{-5}(N/m^2)$

Reemplazamos y desarrollamos

$$L_{pT} = 20log_{10}\left(\frac{0.2215664\ (Pa)}{2 \times 10^{-5}(N/m^2)}\right)$$

$$L_{pT} = 80.88947dB$$

5. Demuestre para onda plana que la relación da el número de Mach $M$

$$\vec{\mathbf{u}}(x,t) = U_0 e^{j(\omega t - kx)}\hat{\mathbf{x}}$$

$$\left|\frac{(\vec{\mathbf{u}}\cdot\nabla)\vec{\mathbf{u}}}{\frac{\partial\vec{\mathbf{u}}}{\partial t}}\right| = \frac{U_0}{c} = M$$

$$\left|\frac{(\vec{\mathbf{u}}\cdot\nabla)\vec{\mathbf{u}}}{\frac{\partial\vec{\mathbf{u}}}{\partial t}}\right| = \left|\frac{\left(\vec{\mathbf{u}}\cdot\frac{\partial\vec{\mathbf{u}}}{\partial x}\right)\vec{\mathbf{u}}}{\frac{\partial\vec{\mathbf{u}}}{\partial t}}\right|$$

$$\left|\frac{\partial\vec{\mathbf{u}}}{\partial t}\right| = \left|j\omega U_0 e^{j(\omega t - kx)}\hat{\mathbf{x}}\right| = \omega U_0$$

$$\left|\left(\vec{\mathbf{u}}\cdot\frac{\partial\vec{\mathbf{u}}}{\partial x}\right)\vec{\mathbf{u}}\right| = \left|U_0 e^{j(\omega t - kx)}\hat{\mathbf{x}}\cdot\ jkU_0 e^{j(\omega t - kx)}\hat{\mathbf{x}}\right| = k(U_0)^2$$

$$\left|\frac{(\vec{\mathbf{u}}\cdot\nabla)\vec{\mathbf{u}}}{\frac{\partial\vec{\mathbf{u}}}{\partial t}}\right| = \frac{k(U_0)^2}{\omega U_0} = \frac{U_0}{c} = M$$