1. Un diapasón de 256 Hz produce cuatro batidos por segundo cuando se hace sonar junto con otro diapasón de frecuencia desconocida. Indique dos valores posibles de la frecuencia desconocida. Escribir una ecuación para cada onda progresiva y otra para la suma de ambas en un punto del espacio, o sea el *y(t)* para el batido.

- $f_{Bat} = |f_1 - f_2| \quad \rightarrow \quad 4Hz = |256Hz - f_2|$
  - Caso 1: $f_2 = 260Hz$
    - $\xi_1 = A_1 \cdot cos(k_1 x - \omega_1 t + \varphi_1)$ donde $\omega_1 = 2\pi \cdot 256Hz; k_1 = \frac{\omega_1}{v_p}$
    - $\xi_2 = A_2 \cdot cos(k_2 x - \omega_2 t + \varphi_2)$ donde $\omega_2 = 2\pi \cdot 260Hz; k_2 = \frac{\omega_2}{v_p}$
    - $\xi = 2A \cdot cos\left[k_p x - \omega_p t + \varphi_p\right] \cdot cos\left[\frac{\Delta k}{2} x - \frac{\Delta\omega}{2} t + \frac{\Delta\varphi}{2}\right]$
    - Para X fijo $\xi(t) = 2A \cdot cos[516\pi t + \delta_1] \cdot cos[4\pi t + \delta_2]$
  - Caso 2: $f_2 = 252Hz$
    - $\xi_1 = A_1 \cdot cos(k_1 x - \omega_1 t + \varphi_1)$ donde $\omega_1 = 2\pi \cdot 256Hz; k_1 = \frac{\omega_1}{v_p}$
    - $\xi_2 = A_2 \cdot cos(k_2 x - \omega_2 t + \varphi_2)$ donde $\omega_2 = 2\pi \cdot 252Hz; k_2 = \frac{\omega_2}{v_p}$
    - $\xi = 2A \cdot cos\left[k_p x - \omega_p t + \varphi_p\right] \cdot cos\left[\frac{\Delta k}{2} x - \frac{\Delta\omega}{2} t + \frac{\Delta\varphi}{2}\right]$
    - Para X fijo $\xi(t) = 2A \cdot cos[468\pi t + \delta_1] \cdot cos[4\pi t + \delta_2]$

4. Si las ecuaciones de dos ondas son (unidades correspondientes en [m] y [s]):

$$y_1 = 3\cos(5x)*\cos(10t)$$

$$y_2 = 3\,\mathrm{sen}(5x)*\mathrm{sen}(10t)$$

Para cada onda hallar (a) la amplitud, (b) la longitud de onda, (c) la frecuencia y (d) la velocidad de propagación. (e) Trazar un diagrama de cada onda en el que se muestre la amplitud y la longitud de onda. (f) Escribir las ecuaciones de las ondas progresivas que les dieron origen.

Extra: Si $y_3 = 3sen(5x) \cdot \cos(10t)$

$$\xi = 2A \cdot cos\left[kx + \varphi_p\right] \cdot cos\left[-\omega t + \frac{\Delta\varphi}{2}\right]$$

y_1) Si $\xi = 3m \cdot cos[5x + 0] \cdot cos[10t - 0]$

$\cos(\beta) = \cos(-\beta)$

- Entonces:
  - $A = 1{,}5m\,; k = 5\frac{1}{m}\;\; ; \quad \omega = 10\frac{1}{s}$
  - $\varphi_p = \frac{\varphi_1+\varphi_2}{2} = 0 \;\leftrightarrow \varphi_1 = -\varphi_2$
  - $\frac{\Delta\varphi}{2} = \frac{\varphi_1-\varphi_2}{2} = \varphi_1 = 0 \;\leftrightarrow \varphi_1 = \varphi_2 = 0$
- Las que generan esta resultante:
  - $\xi_1 = 1{,}5m \cdot cos\left(5\frac{1}{m}x - 10\frac{1}{s}t\right)$
  - $\xi_2 = 1{,}5m \cdot cos\left(5\frac{1}{m}x + 10\frac{1}{s}t\right)$

$$\xi = 2A \cdot cos\left[kx + \varphi_p\right] \cdot cos\left[-\omega t + \frac{\Delta\varphi}{2}\right]$$

y$_2$) Si $\xi = 3m \cdot sen[5x] \cdot sen[10t] = 3m \cdot cos\left[5x + \frac{\pi}{2}\right] \cdot cos\left[10t + \frac{\pi}{2}\right]$

$\mathrm{sen}(\beta) = \cos(\beta + \frac{\pi}{2})$

- Entonces:
  - $A = 1{,}5m\,;k = 5\frac{1}{m}$; $\omega = 10\frac{1}{s}$
  - $\varphi_p = \frac{\varphi_1+\varphi_2}{2} = \frac{\pi}{2} \leftrightarrow \varphi_1 = \pi - \varphi_2$
  - $\frac{\Delta\varphi}{2} = \frac{\varphi_1-\varphi_2}{2} = \frac{\pi-2\varphi_2}{2} = -\frac{\pi}{2} \leftrightarrow \varphi_2 = \pi\ y\ \varphi_1 = 0$

$\cos(\beta) = \cos(-\beta)$

- Las que generan2 esta resultante:
  - $\xi_1 = 1{,}5m \cdot cos\left(5\frac{1}{m}x - 10\frac{1}{s}t\right)$
  - $\xi_2 = 1{,}5m \cdot cos\left(5\frac{1}{m}x + 10\frac{1}{s}t + \pi\right)$

$$\xi = 2A \cdot cos\left[kx + \varphi_p\right] \cdot cos\left[-\omega t + \frac{\Delta\varphi}{2}\right]$$

y_3) Si $\xi = 3m \cdot sen[5x] \cdot cos[10t] = 3m \cdot cos\left[5x + \frac{\pi}{2}\right] \cdot cos[10t]$

$\boxed{\mathrm{sen}(\beta) = \cos(\beta + \frac{\pi}{2})}$

- Entonces:
  - $A = 1{,}5m\,; k = 5\frac{1}{m}\quad;\quad \omega = 10\frac{1}{s}$
  - $\varphi_p = \frac{\varphi_1+\varphi_2}{2} = \frac{\pi}{2} \leftrightarrow \varphi_2 = \pi - \varphi_1$
  - $\frac{\Delta\varphi}{2} = \frac{\varphi_1-\varphi_2}{2} = \frac{2\varphi_1-\pi}{2} = 0 \leftrightarrow \varphi_1 = \frac{\pi}{2}\ y\ \varphi_2 = \frac{\pi}{2}$
- Las que generan esta resultante:
  - $\xi_1 = 1{,}5m \cdot cos\left(5\frac{1}{m}x - 10\frac{1}{s}t + \frac{\pi}{2}\right) = 1{,}5m \cdot sen\left(5\frac{1}{m}x - 10\frac{1}{s}t\right)$
  - $\xi_2 = 1{,}5m \cdot cos\left(5\frac{1}{m}x + 10\frac{1}{s}t + \frac{\pi}{2}\right) = 1{,}5m \cdot sen\left(5\frac{1}{m}x - 10\frac{1}{s}t\right)$

5. Una cuerda estirada de 0,05 kg vibra con una frecuencia de 25 Hz en su modo fundamental cuando los soportes a los que está atada la cuerda están separados 0,8 m. Calcular:

a- la velocidad para una onda transversal en la cuerda

b- la tensión en la cuerda

- Datos:
  - Soga con extremos fijos ($\lambda_n = \frac{2L}{n}$) y $L = 0{,}8m$
  - Frecuencia fundamental $f = 25Hz$

a) En el fundamental $\lambda = 2L = 1{,}6m$.

Y la velocidad de propagación es $v_p = \lambda \cdot f = 40\frac{m}{s}$

b) Se puede relacionar la velocidad de propagación y la tensión de la soga: $v_p = \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \sqrt{\frac{T}{M/L}} \quad \rightarrow \quad T = \frac{M}{L}v_p^2 = 100N$

8. Un tubo de órgano tiene siempre un extremo abierto que es por donde ingresa el aire que excita al tubo. Se sabe que un determinado tubo, tiene dos armónicos sucesivos con frecuencias de 400 y 560 Hz. Considere que la velocidad del sonido en el aire a temperatura ambiente y a nivel del mar vale de 1238 km/h.

a- ¿El otro extremo del tubo, está abierto o cerrado?

b- ¿las frecuencias que se dan como dato, de qué armónicos se tratan?

c- ¿qué longitud tiene el tubo?

- Datos:
  - Velocidad de propagación $v_p = 1238 \frac{km}{h} = 343{,}89 \frac{m}{s}$
  - Frecuencia en armónico (n) $f_n = 400Hz$
  - Frecuencia en armónico siguiente (n+1) $f_n = 560Hz$

Si

- El extremo es abierto-abierto $\lambda_n = \frac{2L}{n}$ y $f_n = v_p \frac{n}{2L}$
- El extremo es abierto-cerrado $\lambda_n = \frac{4L}{(2n-1)}$ y $f_n = v_p \frac{(2n-1)}{4L}$

- Extremo abierto-abierto
  - $f_n = v_p \frac{n}{2L} = 400Hz$
  - $f_{n+1} = v_p \frac{(n+1)}{2L} = 560Hz$
    - $\rightarrow n = 2{,}5$ ABSURDO
- Extremo abierto-cerrado
  - $f_n = v_p \frac{(2n-1)}{4L} = 400Hz$
  - $f_{n+1} = v_p \frac{(2n+1)}{4L} = 560Hz$
    - $\rightarrow n = 3$ (segundo y tercer armónico)

a) Extremo abierto-cerrado

b) Segundo y tercer armónico

c) Si $v_p = \lambda_n \cdot f_n \quad \rightarrow v_p = \frac{4L}{(2n-1)} \cdot f_n \ \rightarrow 343{,}89\frac{m}{s} = \frac{4L}{5} \cdot 400\frac{1}{s} \quad \rightarrow L = 1{,}07m$