



## Física General III

### Ayudantía 4

#### Ondas Longitudinales y de Sonido

El alumno una vez finalizado la guía debe ser capaz:

- **Distinguir entre ondas mecánicas transversales y longitudinales**
- **Describir y modelar la propagación del sonido y sus propiedades**
- **Comprender y calcular la intensidad, potencia y energía de una onda sonora**
- **Deducir la velocidad del sonido en función de las propiedades del medio.**
- **Comprender que el sonido es una onda esférica y estudiar su aproximación de onda plan.**
- **Comprender las variables que influyen en la interferencia de ondas sonora y determinar las regiones de interferencia constructiva y destructiva.**
- **Derivar la función de onda estacionaria y calcular las condiciones de modos normales en tubos cerrados y abiertos**
- **Comprender, derivar y calcular el efecto sobre la frecuencia y longitud de onda en el caso que la fuente y/o el receptor tengan un movimiento relativo entre ellos: Efecto Doppler.**

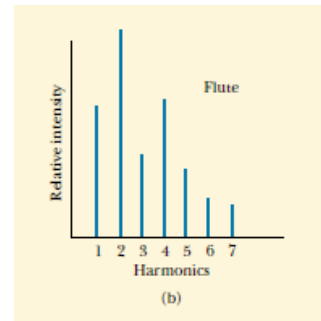
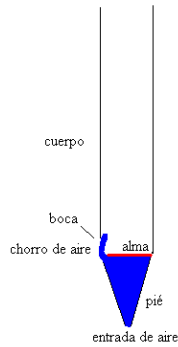
**Problema 1** Un tubo se encuentra abierto en ambos extremos. El largo del tubo es 40 cm.

- a) Dibujar el patrón de onda de la onda estacionaria para esta tubería.
- b) ¿Cuál es la longitud de onda de las ondas de sonido que interfieren para formar la onda fundamental?
- c) Si la velocidad del sonido en el aire es 340 m/s, ¿cuál es la frecuencia de esta onda sonora?
- d) Si la temperatura del aire incrementa tal que la velocidad del sonido es ahora 250 m/s, ¿cuánto cambia la frecuencia?
- e) Dibuje el patrón de onda estacionaria y encuentre la longitud de onda así como su frecuencia para el siguiente armónico en el tubo.

Si se cierra o se tapa el extremo derecho del tubo:

- f) Dibujar el patrón de onda de la onda estacionaria para esta tubería.
- g) ¿Cuál es la longitud de onda de las ondas de sonido que interfieren para formar la onda fundamental?
- h) Si la velocidad del sonido en el aire es 340 m/s, ¿cuál es la frecuencia de esta onda sonora?
- i) Si la temperatura del aire incrementa tal que la velocidad del sonido es ahora 250 m/s, ¿cuánto cambia la frecuencia?
- j) Dibuje el patrón de onda estacionaria y encuentre la longitud de onda así como su frecuencia para el segundo armónico en el tubo

**Problema 2:** Si al tocar un instrumento de aire y su espectro de frecuencia esta dado de acuerdo al siguiente gráfico. Solo sabemos que uno de los extremos está abierto y el otro puede estar abierto o cerrado.



Los armónicos, tienen las siguientes frecuencias:

1: 300 Hz; 2: 850 Hz; 3: 1490 Hz; 4: 2089 Hz; 5: 2600 Hz; 6: 3330 Hz; 7: 3800 Hz.

- Que representa el espectro de frecuencia que se da? Explique el fenómeno que se produce.
- Determine como Ud. puede usar su respuesta anterior y la información de la pregunta para saber si este instrumento tiene el otro extremo abierto o cerrado.
- Determine la longitud del instrumento a partir de la gráfica.

**Problema 3** Demostrar que la intensidad de una onda sonora cuando:

- Se expresa en función de la amplitud de presión  $P$ , está dada por:

$$I = \frac{P^2}{2\rho_0^2 v}$$

Dónde  $v$  la velocidad de propagación de la onda y  $\rho_0$  la densidad normal del aire.

- Determinar la intensidad instantánea de la onda.
- Se expresa en función de la amplitud de desplazamiento  $y_m$  está dada por:

$$I = 2\pi^2 \rho_0 v y_m^2 f^2$$

- Ahora, si dos ondas sonoras, una en el aire y la otra en el agua tienen la misma intensidad, ¿Cuál será la relación de la amplitud de presión de la onda en el agua con respecto a la de la onda en el aire?

- e) Si lo que es común a las dos ondas es la amplitud de presión, ¿cuál será la relación de las intensidades de las ondas?
- f) Si se sabe que la frecuencia de la onda sonora en el aire es de 300 [Hz] con una intensidad de 1,0 micro-watt/m<sup>2</sup>. ¿Cuál será la amplitud de las vibraciones del aire producidas por esta onda sonora?

Datos:  $\rho_{agua} = 1000 \frac{kg}{m^3}$ ;  $\rho_{aire} = 1,22 \frac{kg}{m^3}$ ;  $v_{agua} = 1450 \frac{m}{s}$ ;  $v_{agua} = 334 \frac{m}{s}$

**Problema 4** Una onda plana se propaga en el aire ( $\rho_{aire}=1,29$  [kg/m<sup>3</sup>]),  $T_{aire}=288$  K,  $M_{aire}=29 \cdot 10^{-3}$  [kg/mol]. La onda tiene una frecuencia de 2000 Hz y una amplitud de  $9 \times 10^{-5}$  [N/m<sup>2</sup>]

- a) Considerando que el gas realiza un proceso adiabático, demuestre que  $v_s = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$  y especifique que es M. (tener en cuenta que  $PV^\gamma = cte$ )
- b) Escriba una expresión explícita para la onda de presión p(x,t) en la aproximación de onda plana.
- c) Determine la amplitud de los desplazamientos s(x,t)
- d) Si en un cierto instante, en x=3 [m], la presión tiene su máximo valor, determine en qué punto x (lo más cercano a x= 3 [m]) la variación de volumen del gas es cero.

**Problema 5** El nivel de presión  $L_p$  de una onda sonora se define como

$$L_p = 10 \log_{10} \left( \frac{p_{rms}}{p_{ref}} \right)^2 = 20 \log_{10} \left( \frac{p_{rms}}{p_{ref}} \right)$$

Dónde  $p_{ref} = 2 \cdot 10^{-5}$  [Pa]

Siendo  $p_{rms}$  el valor rms (valor cuadrático medio,  $\sqrt{p^2}$ ) de la onda de presión en el punto considerado. Un diapason vibra con una frecuencia de 275,2 [Hz]. Una persona que oye la nota emitida por el mismo percibe un nivel de presión de 64 dB.

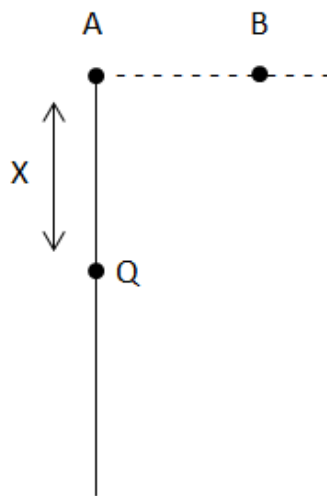
- a) Calcular la longitud de onda
- b) Escribir la ecuación de onda
- c) Determinar la intensidad de la onda en W/m<sup>2</sup>

Datos: Densidad del aire  $\rho=1,29$  g/lit. Velocidad de propagación del sonido  $v=344$  m/s.

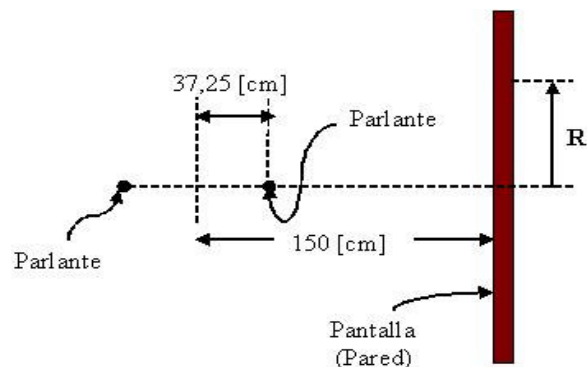
Relación entre la intensidad en W/m<sup>2</sup> y la presión en Pa:  $I = p_{rms}^2 / (\rho v)$

**Problema 6** Los parlantes **A** y **B** emiten ondas en fase de 4000 [Hz] que se propagan a 340 [m/s]. En la figura, los parlantes están separados en dos longitudes de onda. Cada parlante emite ondas, cuya amplitud de onda de presión es de  $1 \cdot 10^{-3} [Pa]$ . Determine:

- La diferencia de fase que tienen las ondas en el punto Q, ubicado a "x" como se muestra en la figura.
- La amplitud de la onda de presión en Q.
- ¿En qué posición "x" se ubica el primer mínimo?
- ¿Cuántos mínimos de intensidad se encuentran a lo largo de la recta?
- Analizar los resultados si los parlantes A y B emiten ondas desfasados en  $\pi$  y  $\pi/2$ .



**Problema 7** Dos parlantes colocados en un plano horizontal, a 75 [cm] de distancia entre sí, emiten ondas en fase con frecuencia de 680 [Hz] e igual intensidad. El sonido se examina en una superficie vertical, perpendicular a la línea que une los parlantes, colocada a 150 [cm] del punto medio entre ellos, como se indica en la figura. Para la velocidad del sonido use el valor 340 [m/s].

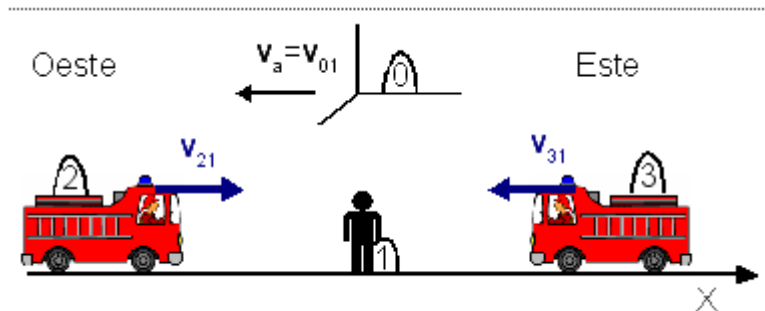


(Vista Lateral)

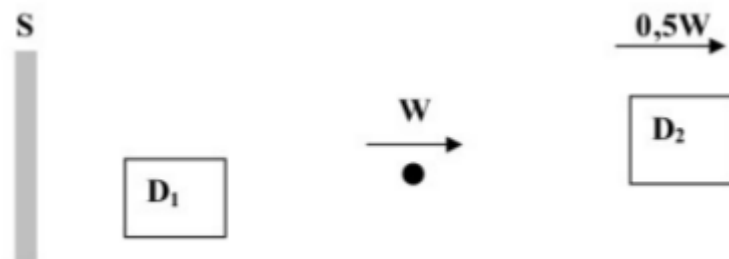
- Determine cuantos máximos habrá sobre la superficie vertical.
- Determine el radio R de los máximos y mínimos de interferencia sobre la superficie vertical.
- analizar que sucede entre los parlantes, y entre los parlantes y la pared.

**Problema 8** Dos camiones de bomberos acuden desde el este y el oeste a apagar un incendio situado entre ellos. Ambos camiones circulan a 80 km/h y hacen sonar sus sirenas a 600 Hz. Un viento de 50 km/h sopla del este al oeste.

- ¿Con qué frecuencia escucha las sirenas un observador situado en el punto intermedio?
- ¿Con qué frecuencia escucha cada conductor la sirena del otro camión?



**Problema 9:** La fuente  $W$  de la figura emite ondas de frecuencia  $f_0 = 100[\text{Hz}]$  y se mueve hacia la derecha con velocidad  $v_w = 0,1v_{\text{sonido}}$ . Las ondas se propagan a una velocidad de 340 [m/s] respecto del medio. Se tiene una pequeña superficie (en reposo respecto del medio) que refleja las ondas.  $D_1$  y  $D_2$  son detectores.  $D_1$  está en reposo respecto del medio, y  $D_2$  se mueve hacia la derecha con velocidad  $v_2 = 0,4v_w$  respecto al medio. Determine el valor numérico de:



- La longitud de onda de las ondas medidas en  $D_1$ , provenientes directamente de  $W$ .
- La longitud de onda de las ondas medidas en  $D_2$ , provenientes directamente de  $W$ .
- La frecuencia de las ondas detectadas por  $D_1$  provenientes de la reflexión en  $S$ .
- La frecuencia de las ondas detectadas por  $D_2$  provenientes de la reflexión en  $S$ .