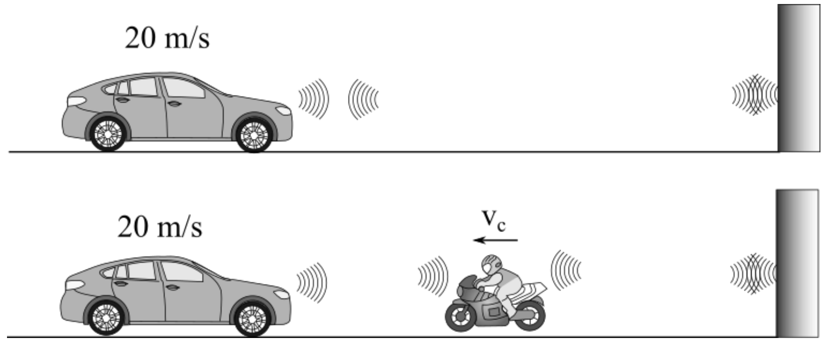
UNIVERSIDAD EIA Ser, Saber y Servir	UNIVERSIDAD EIA. EXAMEN PARCIAL, FÍSICA DE ONDAS (19-03-2019) Nombre:

1. **Efecto Doppler.** El carro se mueve con una velocidad de 20 m/s a la derecha, como se muestra en la figura, hace sonar su sirena que tiene una frecuencia de 1000 Hz. Un motociclista se acerca al carro desde la derecha con una velocidad v_c. Suponga la velocidad del sonido de 340 m/s. Para esta situación:



a) (5) Hallar la frecuencia del sonido que llega al carro una vez se refleja en el muro.

Hay dos procesos: "llegar a la pared" y "llegar al carro"

Para el primer proceso: v_s=+340, v_F=+20, v_O=0 y f=1000Hz. Luego:
$f' = \frac{+340-0}{+340-20} 1000Hz = 1062.5Hz$, esta es la frecuencia que llega a la pared y será con la cual parte de regreso al carro. (Respuesta **2**)

Para el segundo proceso: v_s=-340, v_F=0, v_F=+20 y f=f´=1062.5 Hz. Luego:
$f'' = \frac{-340-20}{-340-0} 1062.5Hz = 1125Hz$ que con la que retorna el sonido al carro y es la respuesta pedida. (Planteo **2**, Respuesta **1**)

b) (10) El motociclista registra el sonido que le llega directo desde el carro y desde el muro (ver figura). Si la diferencia entre las frecuencias que le llegan es $\Delta f = 62.5$ Hz, hallar la rapidez v_c del motociclista.

A la moto llegan 2 frecuencias: f_I por la izquierda (la que llega del carro) y f_D por la derecha (que llega del muro). Se calcula cada una y luego se restarán:
Para f_I: v_s=+v_s, v_F=+v_c, v_O=-v_m y f=1000Hz. Luego:

$$f_I = \frac{+v_s - (-v_m)}{+v_s - (+v_c)} f = \frac{+v_s + v_m}{+v_s - v_c} f$$

Ahora, para f_D: v_s=-v_s, v_F=0, v_O=-v_m y f=f'=1062.5 Hz. Luego:

$$f_D = \frac{-v_s - (-v_m)}{-v_s - (0)} f' = \frac{-v_s + v_m}{-v_s} f'$$

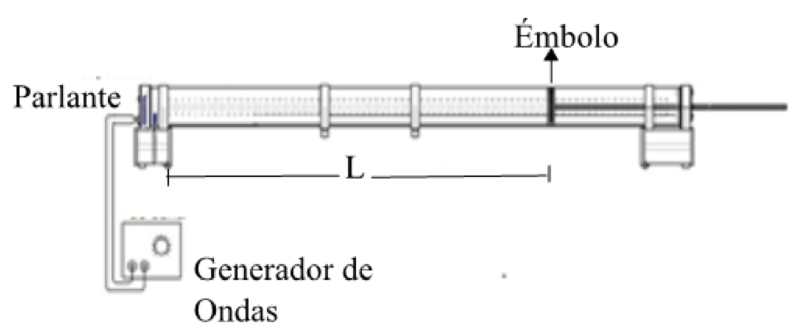
Luego calculando la diferencia Δ_f=f_I-fD:

$$f_I - f_D = \ \Delta\mathrm{f} = \frac{+v_s + v_m}{+v_s - v_c} f \ - \ \frac{-v_s + v_m}{-v_s} f' \xrightarrow{yields} \Delta\mathrm{f} = \frac{v_s}{v_s - v_c} f + \frac{v_m}{v_s - v_c} f - \frac{v_s}{v_s} f' + \frac{v_m}{v_s} f' \xrightarrow{yields}$$

$$\Delta\mathrm{f} - \frac{v_s}{v_s - v_c} f + f' = \left[\frac{f}{v_s - v_c} + \frac{f'}{v_s}\right] v_m \xrightarrow{yields} 62.5 = 6.25\, v_m \Rightarrow v_m = 10 \frac{m}{s}.$$

(Hallar f_I y f_D: **5**, Respuesta: **5**)

2. **Resonancia y Ondas estacionarias** Se tiene un tubo de Kundt construido con un tubo de vidrio, un émbolo que ajusta en un extremo y un parlante colocado en el extremo abierto, que emite sonido con una frecuencia fija de 490 Hz. Dentro del tubo se utiliza como "detector" polvo de corcho. Ajustando convenientemente la posición del émbolo se observa que el polvo de corcho en ciertos lugares se agita violentamente, mientras que en otros permanece en reposo. En total se registra que el polvo está en reposo cerca del émbolo y en otro par de puntos dentro del tubo todos separados 35 cm. Para esta situación:



Este sistema se puede modelar como un tubo con extremos *Abierto-Cerrado*. Y según lo escrito está resonando en su tercer modo.

a) (5) Hallar la velocidad del sonido dentro del tubo.
Según el enunciado los nodos están separados 0.35 m, esto corresponde con media longitud de onda. $Luego\ \lambda = 0.7\ m$ y como para una onda $v = \lambda f$ se tendrá que $v = (0.7m)(490\ Hz) = \ 343\ m/s$. (Identifica λ: 2, Respuesta: 3)

b) (10) Determinar la longitud L de la columna de aire determinada en el tubo por el émbolo.

Hay varias formas de hallar L. Una muy económica es notar que como la columna de aire se encuentra vibrando en su tercer modo natural, hay exactamente una longitud de onda más un cuarto de esta, es decir que $L = 5 * \lambda/4$. (Se puede observar en el dibujo)
Así que $L = 0.875m$

(Identifica el modelo: Abierto-Cerrado: 2, Identifica el modo: 3, Respuesta: 5)

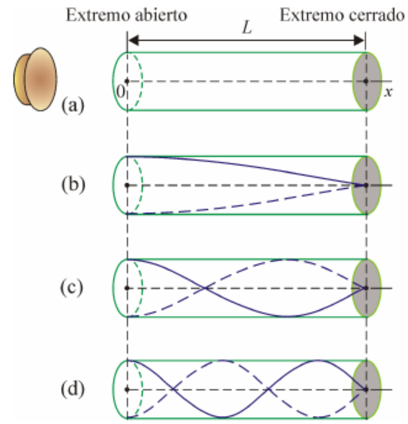
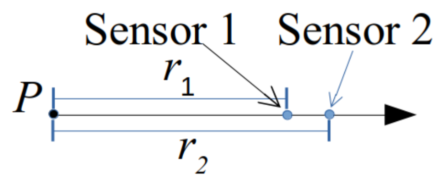


Figura 1.57 *Tubo abierto cerrado y sus tres primeros modos de vibración.*

3. (5) **Energía y Ondas Sonoras**. Dos sensores de sonido están ubicados a distancias distintas de una fuente sonora que emite con una potencia P. Si el sensor 1 está a una distancia r_1 de la fuente y la diferencia entre los niveles de intensidad registrados es de 20 db, determinar la separación entre los sensores. *Dar la respuesta en términos de los datos del problema.*



Sean I_1 y I_2 las intensidades que llegan a cada sensor, respectivamente. Entonces

$$\beta_1 = 10db \log\left(\frac{I_1}{I_0}\right)\ y\ \beta_2 = 10db \log\left(\frac{I_2}{I_0}\right) \Rightarrow \beta_1 - \beta_2 = 20db = 10db\left(\log\left(\frac{I_1}{I_0}\right) - \log\left(\frac{I_2}{I_0}\right)\right)$$

Luego: $2 = \log\left(\frac{I_1}{I_2}\right) \Rightarrow 10^2 = \frac{I_1}{I_2} = \frac{\frac{P}{4\pi^2 r_1^2}}{\frac{P}{4\pi^2 r_2^2}} \rightarrow 10^2 = \frac{r_2^2}{r_1^2}$ luego $r_2 = 10r_1 \xrightarrow{yields} d = r_2 - r_1 = 10r_1 - r_1 = 9r_1$.

(Respuesta: 5)

4. **Ondas Electromagnéticas.** Una onda electromagnética se propaga en el vacío y su campo magnético B está descrito por: $\vec{\mathrm{B}}(\vec{\mathrm{r}},\mathrm{t}) = (83.30 \times 10^{-9})\sin\left[2\pi\left(6 \times 10^{14}\mathrm{t} - \sqrt{3} \times 10^{6}\mathrm{x} - 1 \times 10^{6}\mathrm{z}\right)\right]\hat{\mathrm{u}}_{\mathrm{x}} - (144.28 \times 10^{-9})\cos\left[2\pi\left(6 \times 10^{14}\mathrm{t} - \sqrt{3} \times 10^{6}\mathrm{x} - 1 \times 10^{6}\mathrm{z} + 1/4\right)\right]\hat{\mathrm{u}}_{\mathrm{z}}$,
donde todas las magnitudes están en el sistema internacional. Para esta onda obtener (justifique adecuadamente su respuesta):

a) (3) El vector propagación.

De la fase de la onda se ve que:
$(\vec{\mathrm{k}} \cdot \vec{\mathrm{r}}) = 2\pi\left[\left(\sqrt{3} \times 10^{6}\mathrm{x} + 1 \times 10^{6}\mathrm{z}\right)\right]$, *luego* $\vec{\mathrm{k}} = 2\pi\left(\sqrt{3} \times 10^{6}\hat{\mathrm{u}}_{\mathrm{x}} + 1 \times 10^{6}\hat{\mathrm{u}}_{\mathrm{z}}\right) = 4\pi \times 10^{6}\left(\frac{\sqrt{3}}{2}, 0, \frac{1}{2}\right)$

(Respuesta: 3)

b) (3) La longitud de onda.
Del numeral anterior se puede ver $k = 4\pi \times 10^{6} m^{-1}$, entonces $\lambda = \frac{2\pi}{k} = 0.5 \times 10^{-6} m = 500nm$

(Respuesta: 3)

c) (3) El vector campo eléctrico asociado a la onda.

$$\vec{E} = -\frac{c^2}{\omega}\vec{k} \times \vec{B} = \frac{c}{k}\begin{vmatrix} \hat{\mathrm{u}}_{\mathrm{x}} & \hat{\mathrm{u}}_{\mathrm{y}} & \hat{\mathrm{u}}_{\mathrm{z}} \\ \mathrm{k}_x & 0 & \mathrm{k}_z \\ B_x & 0 & \mathrm{B}_x \end{vmatrix} = -49.98 \sin\left[2\pi\left(6 \times 10^{14}\mathrm{t} - \sqrt{3} \times 10^{6}\mathrm{x} - 1 \times 10^{6}\mathrm{z}\right)\right]\hat{\mathrm{u}}_{\mathrm{Y}}$$

(Identifica los vectores: 1, Respuesta: 3)

d) (3) El estado de polarización.

Haya varias formas de analizar el estado de polarización, la más rápida es observar que el campo eléctrico del numeral anterior solo tiene componente en $\hat{u}_Y$, así que la onda está polarizada linealmente sobre el eje y.

(Tipo de polarización: 2, Eje de polarización:1)

e) (3) La magnitud del vector de Poynting.

Por definición la magnitud de **S** es justamente la intensidad promedio, así que $S = \frac{1}{2} c\varepsilon_0 E_0^2 = 3.32 \frac{W}{m^2}$

(Respuesta: 3)

Consulte la solución en la plataforma Moodle.

$$I = \frac{1}{A}\frac{\partial W}{\partial t}, \quad I = P/A, \quad \overline{P} = \frac{1}{2}A\sqrt{Y\rho}\ \omega^2\xi_0^2, \quad \overline{P} = \frac{1}{2}A\sqrt{G\rho}\ \omega^2\xi_0^2, \ \overline{P} = \frac{1}{2}\sqrt{T\mu}\ \omega^2\xi_0^2, \quad f' = f\frac{\mathrm{v}-\mathrm{v}_0}{\mathrm{v}-\mathrm{v}_f}, \quad \mathrm{v} = \frac{\lambda}{P}, \ \mathrm{v} = \sqrt{\frac{T}{\mu}},$$

$$\mathrm{v} = 20\sqrt{T}, \quad \mathrm{v} = \sqrt{\frac{E}{\rho}}, \ \mathrm{v} = \sqrt{\frac{G}{\rho}}, \quad |\vec{k}| = \frac{2\pi}{\lambda}; \ \omega = \frac{2\pi}{P} = k\mathrm{v}; \ \beta = 10\log\frac{I}{I_0}, \quad I_0 = 10^{-12}Wm^{-2}, \ \rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{Al} = \frac{\mu}{A}, \quad P - P_0 = \frac{(\rho-\rho_0)}{\rho_0}B,$$

$$\frac{\rho-\rho_0}{\rho_0} = -\frac{\partial\xi}{\partial x}, \ \frac{P-P_0}{B} = -\frac{\partial\xi}{\partial x}; \quad T = \frac{\xi_{ot}}{\xi_{oi}} = \frac{2\sqrt{\mu_1}}{\sqrt{\mu_1}+\sqrt{\mu_2}}; \ R = \frac{\xi_{or}}{\xi_{oi}} = \frac{\sqrt{\mu_1}-\sqrt{\mu_2}}{\sqrt{\mu_1}+\sqrt{\mu_2}}; \ \Re = \frac{P_r}{P_i} = R^2; \ \Im = \frac{P_t}{P_i} = \sqrt{\tfrac{\mu_2}{\mu_1}}T^2;$$

$$\xi(x,t) = (A\ sen\ kx + B\cos\ kx)\ Sen\,\omega t; \ \lambda = \frac{2L}{n}; \ f = \frac{n}{2L}\mathrm{v}; \quad f = \frac{2n-1}{4L}\mathrm{v}; \quad A_{cilindro} = 2\pi rh; \quad A_{esfera} = 4\pi r^2. \quad \vec{E} = -\frac{c^2}{\omega}\vec{k}\times\vec{B}$$

$$\boxed{E = cB, \varepsilon_0 = 8.85\times10^{-12}C^2/Nm^2, c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0\varepsilon_0}} = 3\times10^8 m/s, \vec{S} = \frac{1}{\mu_0}\vec{E}\times\vec{B}, \ \mathbf{B} = \tfrac{1}{\omega}\mathbf{k}\times\mathbf{E}, \ E_0 = cB_0, I = \frac{1}{2}c\varepsilon_0E_0^2, I = \frac{P_{ot}}{A}, P_{rad} = \frac{I}{c}, P_{rad} = \frac{2I}{c}}$$