

1 Utilizando los valores de las Tablas 3.1 y 3.2 y aplicando la fórmula  $v = \lambda f$  completa la tabla siguiente para un sonido de 500 Hz de frecuencia.

---oo0oo---

Hierro :  $J = 9 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$ ,  $\rho = 7'9 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$

$$v_{Fe} = \sqrt{\frac{J}{\rho}} = \sqrt{\frac{9 \cdot 10^{10}}{7'9 \cdot 10^3}} = 1067'35 \frac{m}{s} \Rightarrow \lambda_{Fe} = \frac{v_{Fe}}{f} = \frac{1067'35}{500} = 2'13 \text{ m}$$

Agua de mar :  $B = 0'22 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$ ,  $\rho = 1 \text{ 030 kg/m}^3$

$$v_{am} = \sqrt{\frac{B}{\rho}} = \sqrt{\frac{0'22 \cdot 10^{10}}{1030}} = 1461'48 \frac{m}{s} \Rightarrow \lambda_{am} = \frac{v_{am}}{f} = \frac{1461'48}{500} = 2'92 \text{ m}$$

Mercurio :  $B = 2'8 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$ ,  $\rho = 13 \text{ 600 kg/m}^3$

$$v_{Hg} = \sqrt{\frac{B}{\rho}} = \sqrt{\frac{2'8 \cdot 10^{10}}{13600}} = 1434'86 \frac{m}{s} \Rightarrow \lambda_{Hg} = \frac{v_{Hg}}{f} = \frac{1434'86}{500} = 2'87 \text{ m}$$

Luego la tabla queda :

|                  | Hierro  | Agua de mar | Mercurio |
|------------------|---------|-------------|----------|
| <b>Velocidad</b> | 1067'35 | 1461'48     | 1434'86  |
| $\lambda$        | 2'13 m  | 2'92 m      | 2'87 m   |



2 Como resultado de una explosión lejana, un observador percibe una sacudida terrestre y después oye la explosión. ¿Qué explicación das a este hecho?

---oo0oo---

Como la velocidad de la onda expansiva es mayor en la corteza terrestre que la del sonido en el aire, tarda menos en recorrer la distancia que la separa del observador, al ser  $e_1 = e_2$ , como  $v_1 > v_2 \Rightarrow t_1 < t_2$ , pues la velocidad y el tiempo son magnitudes inversamente proporcionales.



3 Explica por qué el sonido se transmite más deprisa en el aire caliente que en el aire frío.

---oo0oo---

La velocidad del sonido en los gases, viene dada por la expresión :

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$$

en donde :

$\gamma$  = el coeficiente adiabático del gas . Para el aire = 1'4.

R = constante de los gases, R = 8'31 J/ mol · °K.

T = temperatura Kelvin del gas.

M = masa molar del gas

La diferencia entre el aire caliente y el frío, que la  $T_1 > T_2$  y por tanto  $v_1 > v_2$  pues según la fórmula anterior la velocidad es directamente proporcional a la raíz cuadrada de la temperatura T.



4 En muchas películas de ciencia-ficción cuando una nave espacial explota, se escucha mucho ruido. ¿Es posible esto? ¿Por qué?



No porque, si admitimos que en el espacio la densidad es tan pequeña que puede considerarse vacío, en el vacío no se puede transmitir el sonido, que necesita un medio material por el que propagarse, luego no se oiría nada de nada aunque sí veríamos la explosión.



5 Un sonido muy fuerte puede hacer vibrar un objeto ligero, como un folio de papel. ¿En qué dirección vibrará el papel, en la dirección del sonido o perpendicular a ella? Razona la respuesta.



El sonido es una onda tridimensional, un frente de onda que choca con el papel lo hace vibrar en la misma dirección de propagación.



6 Suponiendo que la velocidad del sonido es de 330 m/s en el aire, ¿cuál es el rango de longitudes de onda que puede percibir el oído humano?



Como  $v = 330$  m/s y los límites de audición del oído humano son las frecuencias: frecuencia inferior =  $f_i = 20$  Hz y frecuencia superior =  $f_s = 20\,000$  Hz, las longitudes de onda serán :

$$\lambda_i = \frac{v}{f_i} = \frac{330}{20} = 16'5m; \text{ y } \lambda_s = \frac{v}{f_s} = \frac{330}{20000} = 0'0165 \text{ m}$$

luego el rango de longitudes de onda que puede percibir el oído humano es :

**( 0'0165, 16'5) m**



7 Si al gritar frente a una roca oyes el eco al cabo de 4 segundos, ¿a qué distancia de ti está la roca? (Velocidad del sonido 343 m/s.)

---oo0oo---

La distancia es la mitad del espacio recorrido por el sonido, ya que recorre la distancia de ida y vuelta. El espacio que recorre el sonido en los 4 s es :

$$e = v \cdot t = 343 \text{ m/s} \cdot 4 \text{ s} = 1\,372 \text{ m y, por tanto la distancia es } d = e/2 = 1\,372/2 = \mathbf{686 \text{ m.}}$$



8 Un sonido tiene una frecuencia de 4.400 Hz y se propaga en el agua con una longitud de onda 3,3 m. ¿Cuál es la velocidad del sonido en el agua?

---oo0oo---

$$f = 4\,400 \text{ Hz, } \lambda = 3'3 \text{ m}$$

$$v = \lambda \cdot f = 3'3 \cdot 4\,400 = \mathbf{14\,520 \text{ m / s.}}$$



9 El cristal de una ventana se puede romper debido a una explosión originada a varios kilómetros de distancia. También se puede romper una copa de cristal cuando, cerca de ella, un tenor canta una nota alta.

¿En los dos casos la rotura ha sido producida por la misma causa?

¿Qué propiedad del sonido ha sido la principal responsable en cada caso?

---oo0oo---

No, en el primer caso, la onda sonora de choque producida por la expansión de los gases en la explosión, aumenta la presión local del vidrio y lo hace estallar, en el segunda la copa se rompe por que la nota hace vibrar las partículas del vidrio hasta que al entrar en resonancia, la frecuencia de vibración es lo suficientemente alta como para quebrar la estructura del vidrio.

En el primer caso, la intensidad del sonido y en segundo la frecuencia de vibración.



10 ¿Cuál es la diferencia en dB entre dos sonidos cuyas intensidades son 0,5 y 4 W/m<sup>2</sup> ?

$$\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_0} - 10 \log \frac{I_1}{I_0} = 10 \left[ \log \frac{I_2}{I_0} - \log \frac{I_1}{I_0} \right] = 10 \log \frac{I_2 \cdot I_0}{I_1 \cdot I_0} = 10 \log \frac{I_2}{I_1} =$$

$$= 10 \log \frac{4}{0,5} = 9'03dB$$



11 Halla la relación entre las intensidades de dos sonidos, si uno es 12 dB más intenso que el otro.



Según hemos visto en el ejercicio anterior:

$$\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow 12 = 10 \log \frac{I_2}{I_1} \Leftrightarrow \frac{12}{10} = \log \frac{I_2}{I_1} \Leftrightarrow \frac{I_2}{I_1} = 10^{1,2} \simeq 15'85$$



12 Si aumenta la temperatura del aire en un tubo de órgano, ¿ qué sucede a las frecuencias resonantes ?



Como al aumentar la temperatura la velocidad aumenta, las frecuencias de resonancia han de disminuir, hacerse más bajas.



13 Explica por qué la voz de una persona suena mejor que lo habitual cuando canta en la ducha.



Porque la cortina de agua refleja las ondas sonoras que emitimos y las refuerza.



14 ¿Cuál es la finalidad de la vara de un trombón o de los pistones de una trompeta ?



Los pistones al moverse modifican el volumen de aire en el interior, con lo cual varían las frecuencias de resonancia de los sonidos que se producen.



15 Explica la razón de por qué todas las frecuencias naturales (armónicas) están presentes en un tubo abierto de órgano pero sólo las armónicas impares están presentes en un tubo cerrado en un extremo.



Porque en un tubo cerrado las frecuencias de resonancia se producen en longitudes :

$$(2n + 1) \frac{\lambda}{2}, \text{ es decir impares}$$

y en un tubo abierto en longitudes  $n\lambda / 2$ , en donde n puede tomar cualquier valor ( par o impar )



### PROBLEMAS BÁSICOS

1 En un día de tormenta mides el intervalo de tiempo transcurrido entre la percepción de un relámpago y la percepción del trueno. Si este intervalo es de 4 segundos, ¿ a qué distancia se encuentra la tormenta ?

---oo0oo---

$$t = 4 \text{ s}, v = 340 \text{ m / s}$$

$$e = v \cdot t = 340 \text{ m/s} \cdot 4 \text{ s} = 1\ 360 \text{ m}$$



2 Se golpea, en un extremo, una barra de aluminio de 15 cm de longitud. ¿ Cuánto tarda la perturbación en llegar al otro extremo ?

---oo0oo---

$$l = 15 \text{ cm} = 0'15 \text{ m}, (\text{ de la tabla 3-1}) \Rightarrow J = 7 \cdot 10^{10} \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}, \rho = 2'7 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$v = \sqrt{\frac{J}{\rho}} = \sqrt{\frac{7 \cdot 10^{10}}{2'7 \cdot 10^3}} = 5091'75 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ luego } t = \frac{l}{v} = \frac{0'15 \text{m}}{5091'75 \text{m/s}} = 2'95 \cdot 10^{-5} \text{ s}$$



3 Para poder detectar objetos mediante ondas, la longitud de onda ha de ser, como máximo, del orden de la dimensión del objeto. Utilizando este criterio, ¿cuál debe ser la frecuencia de los ultrasonidos de un murciélago para detectar insectos cuyas dimensiones son del orden de 1 mm ? (Torna 340 m/s para la velocidad del sonido en el aire.)

---oo0oo---

$$\lambda = 1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}, v = 340 \text{ m/s}$$

$$\text{Como } v = \lambda \cdot f \Rightarrow f \geq \frac{v}{\lambda} = \frac{340 \text{m/s}}{10^{-3} \text{m}} = 3'4 \cdot 10^5 \text{ Hz}$$

