❹ Si los delfines emiten ondas ultrasónicas con una frecuencia de $2,5 \cdot 10^5$ Hz ¿ qué grosor pueden tener, corno máximo, las cuerdas de una red de pescar delfines ? (Velocidad del sonido en el agua $1.500 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)

---oo0oo---

$$f = 2'5 \cdot 10^5 \text{ Hz},\ v = 1\,500 \text{ m / s}$$

$$v = \lambda \cdot f \Rightarrow \lambda = \frac{v}{f} = \frac{1500}{2'5 \cdot 10^5} = 6 \cdot 103 - 3m = 0'006 \text{ mm.}$$

◈◈◈▣▣◉▣▣◈◈◈

❺ ¿ A qué distancia (le una roca reflectora se halla un cazador que oye el eco tres segundos después del disparo de su escopetas ? (Velocidad del sonido 340 m/s.)

---oo0oo---

$$t = 3 \text{ s},\ v = 340 \text{ m/s}$$

$$t_{ida} = \frac{t}{2} = \frac{3}{2} = 1'5s;\ d = v \cdot t = 340 \cdot 1'5 = 510 \text{ m}$$

◈◈◈▣▣◉▣▣◈◈◈

❻ ¿Cual es la longitud de onda de un sonido cuya frecuencia es 250 Hz ?

---oo0oo---

$$f = 250 \text{ Hz},\ v = 340 \text{ m/s}$$

$$v = \lambda \cdot f \Rightarrow \lambda = \frac{v}{f} = \frac{340 m/s}{250 s^{-1}} = 1'36 \text{ m}$$

◈◈◈▣▣◉▣▣◈◈◈

❼ Un barco emite un sonido dentro del agua y al cabo de 4 segundos recibe el eco del sonido que se reflejó en el fondo. ¿ A qué profundidad está el fondo ? (v = 1.500 m/s).

---oo0oo---

$$t_{\text{ida y vuelta}} = 4 \text{ s},\ v = 1\,500 \text{ m/s}$$

$t_{ida} = t_{\text{ida y vuelta}} / 2 = 4/2 = 2$ s ⇨ d = v · t = 1500 m/s · 2 s = **3 000 m**.

◈◈◈▣▣◉▣▣◈◈◈

❽ Una persona se encuentra entre dos fuentes sonoras que emiten con la misma frecuencia de 170 Hz. La 1ª fuente dista del observador 30 m y la 2ª 40. ¿ Cómo es la interferencia de las ondas en el lugar donde se encuentra la persona ?

---oo0oo---

$f = 170$ Hz, $x_1 = 30$ m, $x_2 = 40$ m, $v = 340$ m/s

❈ Hallamos primero la longitud de onda de las fuentes sonoras :

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{170} = 2m$$

❈ Ahora comprobamos la diferencia de distancias de las fuentes sonoras al observador :

$x_2 - x_1 = 40 - 30 = 10 = 5 \cdot 2 =$ **$5 \cdot \lambda$; que es un múltiplo de la longitud de onda, de donde deducimos que la interferencia de las dos ondas sonoras al llegar al observador será constructiva**.

❾ Un murciélago vuela en la oscuridad detectando su propio eco, si evita chocar contra una pared que está a 0,5 m de distancia, ¿ qué tiempo transcurre entre la emisión y percepción de los dos ultrasonidos ?

---oo0oo---

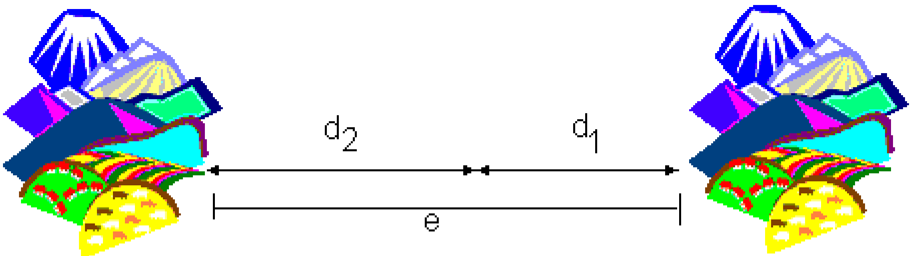
Como la pared está a una distancia de 0'5 m, el espacio que debe recorrer el ultrasonido es el doble (ida y vuelta hasta las orejas del murciélago) : e = 2·d = 0'5 · 2 = 1 m.

Como la velocidad a que viaja el sonido es de v = 340 m/s:

$$v = \frac{e}{t} \Rightarrow t = \frac{e}{v} = \frac{1}{340} = 2'94 \cdot 10^{-3} s$$

❿ Una persona está situada entre dos montañas, emite un grito y recibe el primer a los 3 segundos y el siguiente a los 3,6 segundos. ¿ Cuál es la separación de las dos montañas ?

---oo0oo---



Sea:

d_1 = la distancia desde la persona a la primera montaña(la de la derecha).

d_2 = la distancia desde la persona a la primera montaña(la de la izquierda).
t_1 = el tiempo que tarda el sonido en llegar a la montaña de la derecha .

t_2 = el tiempo que tarda el sonido en llegar a la montaña de la izquierda.

❍ Como recibe el primer eco a los 3 s de emitir el grito, el sonido tarda en llegar a la montaña más cercana (la de la derecha) un tiempo $t_1 = 3/2 = 1'5$ s y análogamente para la otra montaña $t_2 = 3'6/2 = 1'8$ s

❍ Como el movimiento del sonido es uniforme, las distancias respectivas son :

$$d_1 = v \cdot t_1 = 340 \cdot 1'5 = 510 \text{ m}$$

$$d_2 = v \cdot t_2 = 340 \cdot 1'8 = 612 \text{ m}$$

❍ Y la distancia que separa ambas montañas será:

$$\mathbf{d = d_1 + d_2 = 510 + 612 = 1\,122 \text{ m.}}$$

◈◈◈▣▣◉▣▣◈◈◈

➊➊ Un sonido tiene una intensidad de 10^{-8} W/m^2 ¿ Cuál es su nivel de intensidad ?

---oo0oo---

$I = 10^{-8}$ W/m^2

Aplicando la fórmula que relaciona la sonoridad e intensidad:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{10^{-8}}{10^{-12}} = 10 \log 10^4 = 10 \cdot 4 = 40 \text{ dB}$$

◈◈◈▣▣◉▣▣◈◈◈

PROBLEMAS AVANZADOS

➊ Una locomotora se dirige hacia una montaña con velocidad constante. El maquinista hace sonar el silbato y recibe el eco proveniente de la montaña 5 segundos más tarde. En el instante de recibir el eco vuelve a tocar el silbato y recibe el segundo eco 3 segundos después. ¿ Cuál es la velocidad de la locomotora ?

---oo0oo---

Sea (ver ilustración más abajo) :

s = distancia de la locomotora a la montaña cuando emite el primer sonido.

x = espacio recorrido por la locomotora hasta recibir el eco del primer sonido emitido.

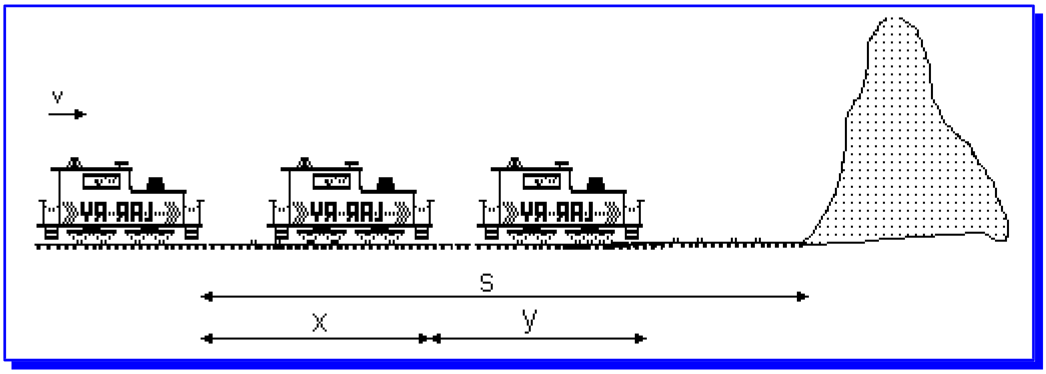
y = espacio recorrido por la locomotora desde que emite el segundo sonido hasta que recibe el eco.

t_1 = tiempo que tarda en recibir el eco del primer sonido emitido = 5 s.

t_2 = tiempo que tarda en recibir el segundo eco a partir de que emite el segundo sonido = 3 s.

v = velocidad constante a que circula la locomotora.

v_s = velocidad constante del sonido en el aire = 340 m/s .



◎ Espacio que recorre la locomotora mientras recibe el primer eco = velocidad de la locomotora · tiempo que tarda en recibir el eco :

$$x = v \cdot t_1 \qquad \textbf{(1)}$$

Espacio recorrido por el primer sonido hasta que es recibido de nuevo = velocidad del sonido · tiempo que tarda en recibirse :

$$2s - x = v_s \cdot t_1 \qquad \textbf{(2)}$$

Espacio que recorre la locomotora mientras viaja el segundo sonido = velocidad de la locomotora · tiempo que tarda en recibir el segundo eco:

$$y = v \cdot t_2 \qquad \textbf{(3)}$$

Espacio que recorre el sonido en el tiempo anterior(2º eco) = velocidad del sonido · tiempo que está viajando el sonido :

$$2(s-x) - y = v_s \cdot t_2 \qquad \textbf{(4)}$$

Si sustituimos la ecuación **(1)** en la **(2)** y la **(1)** y la **(3)** en la **(4),** obtenemos un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas :

$$\left.\begin{aligned} 2s - vt_1 &= v_s t_1 \\ 2(s - vt_1) - vt_2 &= v_s t_2 \end{aligned}\right\} \Leftrightarrow \left.\begin{aligned} 2s - 5v &= 340 \cdot 5 \\ 2(s - 5v) - 3v &= 340 \cdot 3 \end{aligned}\right\} \Leftrightarrow \left.\begin{aligned} 2s - 5v &= 1700 \\ 2s - 13v &= 1020 \end{aligned}\right\}$$

que resuelto por reducción :

$$\left.\begin{aligned} 2s-5v &= 1700 \\ -2s+13v &= -1020 \end{aligned}\right\} \Leftrightarrow 8v = 680 \Leftrightarrow v = \frac{680}{8} = 85\ \frac{m}{s}$$

◈◈◈▣▣◉▣▣◈◈◈

❷ Un murciélago va a la caza de un insecto, si éste se mueve a razón de 1 m/s y el murciélago a razón de 1,75 m/s, ¿ cuál debe ser la frecuencia del sonido emitido por el mamífero para captar el sonido reflejado por el insecto con una frecuencia de 80 kHz ?

---oo0oo---

- Velocidad del sonido = v_s = 340 m/ s
- Velocidad del murciélago = v_m = 1’75 m/s.
- Velocidad del insecto = v_i = 1 m/s.
- Frecuencia del sonido reflejado = f ’ = 80 kHz.

Como el murciélago se acerca al insecto, su velocidad es negativa y, como el insecto se aleja del murciélago su velocidad es negativa. La fórmula que nos calcula la frecuencia es pues :

$$f' = f\frac{v_s-v_i}{v_s-v_m};\ 80 = f\frac{340-1}{340-1'75} \Leftrightarrow 80 = f\frac{339}{338'25} \Leftrightarrow f = \frac{80\cdot 338'25}{339} = 79'82\,kHz.$$

◈◈◈▣▣◉▣▣◈◈◈

❸Un pesquero faena en aguas jurisdiccionales de un país extranjero, usa un sonar para detectar los peces, que emite ondas de 500 Hz de frecuencia. Un guardacostas del país extranjero, que está en reposo, capta las ondas emitidas por el barco de pesca que se aleja con una velocidad de 15 km/h. ¿Qué longitud de onda capta el guardacostas?

---oo0oo---

- Foco en movimiento con velocidad constante = v_f = (15 km/hr)·(1 000 m/km)·(1hr/3600s) = 4’17 m/s.
- Receptor en reposo, velocidad = v_r = 0 m/s
- Velocidad del sonido = v = 340 m/s.
- Frecuencia emitida = f = 500 Hz.

La frecuencia recibida por el guardacostas, como la fuente se aleja, viene dada por la fórmula :

$$f' = f\frac{v}{v+v_f} = 500\frac{340}{340+4'17} = 391'554\,Hz \Rightarrow \lambda' = \frac{v}{f'} = \frac{340}{391'554} = 0'87\,m$$

◈◈◈▣▣◉▣▣◈◈◈

❹ ¿Cuál es la velocidad del sonido en el aire en un día caluroso de verano cuando la temperatura es de 38 °C?

---oo0oo---

- Temperatura = t = 38 ºC ⇨ T = 38 + 273 = 311 K
- Masa molecular media del aire = M = 28’8 gr/mol = 28’8·10^{-3} Kg/mol.
- Coeficiente adiabático = γ = 1’4.
- Constante de los gases = R = 8’31 J/mol·K.

La velocidad del sonido en el aire, supuesto gas ideal, viene dada por :

$$v=\sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}=\sqrt{\frac{1'4\cdot 8'31\cdot 311}{28'8\cdot 10^{-3}}}=354'44\,m/s.$$

◈◈◈▣▣◉▣▣◈◈◈

❺ Una ventana cuya superficie es de 1,5 m- está abierta a una calle cuyo ruido produce un nivel de intensidad de 65 dB. ¿ Qué potencia acústica penetra por la ventana?

---oo0oo---

- S = 1’5 m^2
- β = 65 dB.

$$\beta=10\log\frac{I}{I_0}\Rightarrow 65=10\log\frac{I}{10^{-12}}\Leftrightarrow 6'5=\log I+12\Leftrightarrow \log I=6'5-12=-5'5,\ \text{luego:}$$

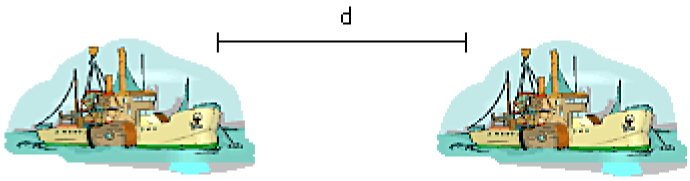
I= $10^{-5'5}$ = 3’16·10^{-6} W/m^2, y la potencia :

P = I·S = 3’16·10^{-6} W/m^2· 1’5 m^2 = 4’74 · 10^{-6} W.

◈◈◈▣▣◉▣▣◈◈◈

❻ Un barco emite simultáneamente un sonido dentro del agua y otro en el aire. Si otro barco detecta los dos sonidos con una diferencia de dos segundos, ¿ a qué distancia están los dos barcos?

---oo0oo---



- Diferencia de tiempo = Δt = 2 s.
- Velocidad del sonido en el aire = v = 340 m/s.
- Módulo volumétrico del agua (tabla 3.2) = β = 0’22 · 10^{10} N/m^2 .
- Densidad del agua de mar = ρ = 1 030 Kg/ m^3 .

$$\Delta t=t_{agua}-t_{aire}=2;\ \text{como } t=\frac{v}{e}\Rightarrow\frac{v_{agua}}{d}-\frac{v}{d}=2\Leftrightarrow v_{agua}-v=2d\Leftrightarrow d=\frac{v_{agua}-v}{2}$$

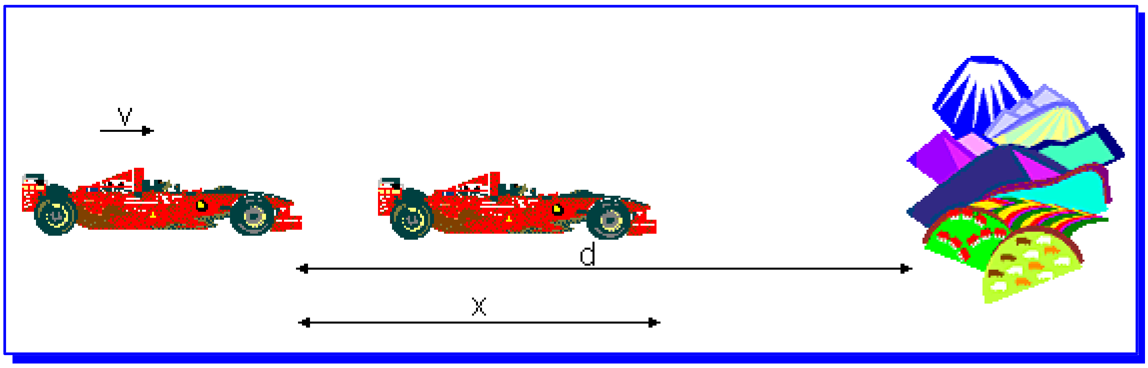
Para hallar la velocidad de propagación del sonido en el agua aplicamos la fórmula:

$$v_{agua} = \sqrt{\frac{\beta}{\rho}} = \sqrt{\frac{0'22\cdot 10^{10}}{1030}} = 1461'48 \text{ m/s, luego d=}\frac{1462'48-340}{2} = 560'74 \text{ m.}$$

❼ Un automóvil viaja hacia una montaña con una velocidad de 72 km/h, hace sonar el claxon y recibe el eco a los 2 segundos. ¿A qué distancia está de la montaña cuando recibe el eco?

---oo0oo---

- Velocidad = v = 72 km/h = (72 km/h)·(1 00 m/km)· (1hr/3 600s) = 20 m/s.
- Tiempo que tarda en recibir el eco = t =2 s.
- Espacio recorrido por el automóvil hasta que recibe el eco = x
- Distancia desde donde se encuentra el automóvil cuando toca el claxon hasta la montaña = d.



- Espacio que recorre el automóvil hasta que recibe el eco (en t = 2 s) = x = v · t = 20 m/s · 2 s = 40 m.

- Espacio que recorre el sonido hasta que vuelve al móvil = e_s = v_s · t ; 2d-x = 340 ·2, luego:

$$d = \frac{680-x}{2} = \frac{680-40}{2} = 360m,$$ luego está a d-x = 360 - 40 = 320 m de la montaña.