**1.-** a) Explica qué es la difracción y expón algún fenómeno en el que se ponga de manifiesto.

b) Una emisora de radio emite a la frecuencia de 100,6 MHz, calcula cuál es el tamaño mínimo de un obstáculo que supondrá un obstáculo a la propagación de dichas ondas. Dato: la velocidad de las ondas electromagnéticas es 300.000 Km/s

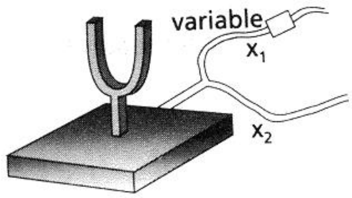
**2.-** a) Deduce la expresión general de las ondas estacionarias.

b) Escribe la ecuación de una onda estacionaria que en el foco tenga un vientre, de amplitud 10 cm, con 10 Hz de frecuencia y 3 m/s de velocidad de propagación.

Datos: $\mathbf{sen\ a + sen\ b = 2\ sen\frac{a+b}{2}\cos\frac{a-b}{2}}$ ;

sen (a±b)= sena · cosb ± cosa · senb

**3.-** Un experimentador conecta dos tubos de goma a una caja de un diapasón electrónico, como se observa en la figura adjunta. A continuación se coloca los extremos de los tubos en los oídos y va modificando la longitud de uno de ellos, haciéndolo gradualmente más largo que el otro. En el momento en que la diferencia de longitud de ambos es de 18 cm se percibe un sonido mínimo. Calcúlese la frecuencia del diapasón. Dato: $v_{sonido}$ = 340 m/s




**4.-** Un viandante observa cómo el sonido del silbato de una locomotora cambia de 2900 Hz, cuando se acerca, a 2600 Hz, cuando se aleja. A partir de esos datos, y sabiendo que la velocidad del sonido es 340 m/s, calcula la velocidad del tren. Dato: $v_{sonido}$ = 340 m/s

**5.-** Se coloca un diapasón de 1000Hz sobre la boca de un tubo abierto por ambos extremos. El tubo puede alargarse y acortarse, a voluntad.

a) Realiza los dibujos de las tres primeras situaciones en las que se produce resonancia.
b) Establece la relación matemática adecuada y calcula cuáles son esas tres primeras longitudes.

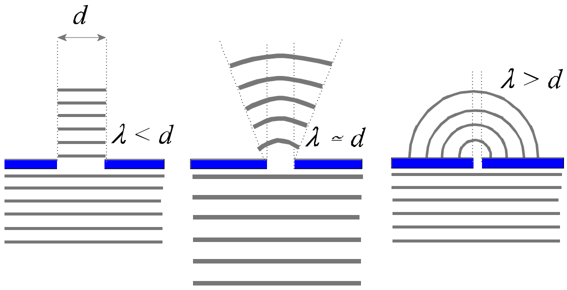
# SOLUCIONES

**1.- a) Explica qué es la difracción y expón algún fenómeno en el que se ponga de manifiesto.**

La difracción es el cambio de dirección que experimenta una onda al encontrarse con un obstáculo o abertura. Esto permite que las ondas bordeen o salven obstáculos y atraviesen ranuras. Esta es la característica que diferencia al movimiento ondulatorio del movimiento corpuscular.

Para explicar la difracción puede recurrirse al principio de Huygens, según el cual cualquier punto del medio se comporta como un foco emisor de ondas secundarias.

El que el obstáculo o abertura permita una mayor, menor o nula difracción, depende de la relación entre la dimensiones del obstáculo (d) y la longitud de la onda incidente. Así se dan las situaciones que se recogen en el dibujo adjunto.




*Sin difracción* *Difracción parcial* *Difracción total*

**b) Una emisora de radio emite a la frecuencia de 100,6 MHz, calcula cuál es el tamaño mínimo de un obstáculo que supondrá un obstáculo a la propagación de dichas ondas. Dato: la velocidad de las ondas electromagnéticas es 300.000 Km/s**

Calculamos la longitud de la onda: $\lambda = v \cdot T = \frac{v}{\upsilon} = \frac{3 \cdot \cancel{10^8}\ \frac{m}{\cancel{s}}}{1{,}006 \cdot \cancel{10^8}\ \frac{1}{\cancel{s}}} \simeq \underline{2{,}98 m}$

Eso significa que, según lo anterior, cualquier objeto (obstáculo) o abertura cuyo diámetro sea superior a 3 metros (aproximadamente) será un serio obstáculo para la onda. La onda podrá difractarse, esto es, superar aberturas más pequeñas. Por ejemplo puede penetrar por las rendijas de una ventana y reproducirse en el interior de una casa, pero al penetrar en un túnel (de unos 10 m de embocadura) no se difractaría, quedando zonas del túnel sin recepción.

Los edificios, por ejemplo, serán obstáculos serios. La recepción dentro de un pequeño bosque será casi imposible. No obstante también hemos de recordar que las ondas electromagnéticas pueden reflejarse.

**2.- a) Deduce la expresión general de las ondas estacionarias.**

Las ondas estacionarias se producen como el resultado de la interferencia de dos ondas iguales y que viajan en sentidos contrarios. Una onda incidente y su reflejada. La ecuación de la onda estacionaria la obtenemos sumando las dos ecuaciones de los movimientos ondulatorios que la generan. En verdad, la onda reflejada lo hace en oposición de fase, aunque para resumir obviaremos ese detalle:

$$\left.\begin{aligned} y_{\rightarrow} &= A\ sen\,(\omega t - kx) \\ y_{\leftarrow} &= A\ sen\,(\omega t + kx) \end{aligned}\right\}$$
$$y = A\left[sen\,(\omega t - kx) + sen\,(\omega t + kx)\right]$$

Considerando la relación trigonométrica: sen (a±b)= sena · cosb ± cosa · senb

Tendremos: $y = y_{\rightarrow} + y_{\leftarrow} = A\ [sen\ \omega t \cdot cos\ kx - cos\ \omega t \cdot sen\ kx + sen\omega t \cdot coskx + cos\omega t \cdot senkx] =$
$= 2A\ sen\omega t \cdot coskx$

Finalmente: $\boxed{y = 2A \cos kx \cdot sen\ \omega t}$ [1]

Esta expresión corresponde a una onda ***estacionaria con vientre en el origen***, ya que el coseno para x=0 sale 1, y la amplitud 2A. En el caso de tratarse de una ***onda con un nodo en el origen*** (como ocurre con una cuerda atada por ambos extremos) la expresión sería del tipo:

$$y = 2A\ sen\ kx \cdot \cos \omega t \qquad [2]$$

**b) Escribe la ecuación de una onda estacionaria que en el foco tenga un vientre, de amplitud 10 cm, con 10 Hz de frecuencia y 3 m/s de velocidad de propagación.**

Los datos son: Amplitud del vientre= 0,1 m
$\nu$ = 10Hz ⇒ T= 0,1 s
v= 3 m/s

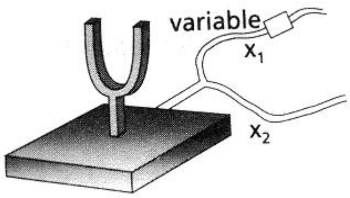
La expresión de la onda, según lo indicado en el apartado anterior, debe corresponder con una expresión del tipo [1] : y= 2 A· coskx ·sen ωt

como: ω= 2πν=20π rad/s

y: $$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{v \cdot T} = \frac{2\pi}{3\frac{m}{\cancel{s}} \cdot \frac{1}{10}\cancel{s}} = \frac{20\pi}{3} m^{-1}$$

La expresión queda así: $y(x,t) = 0{,}1 \cdot \cos \frac{20\pi}{3} x \cdot sen 20\pi t$

**3.- Un experimentador conecta dos tubos de goma a una caja de un diapasón electrónico, como se observa en la figura adjunta. A continuación se coloca los extremos de los tubos en los oídos y va modificando la longitud de uno de ellos, haciéndolo gradualmente más largo que el otro. En el momento en que la diferencia de longitud de ambos es de 18 cm se percibe un sonido mínimo. Calcúlese la frecuencia del diapasón. Dato: $v_{sonido}$ = 340m/s**




En los fenómenos de interferencias, la condición de interferencia destructiva máxima (mínimo sonido en nuestro caso), se da cuando:

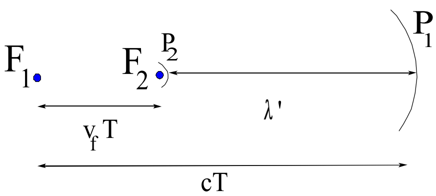
$x_2 - x_1 = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$ **; siendo n=0,1,2,3**

El primer mínimo se observará para n=0, es decir cuando: $x_2 - x_1 = \lambda/2$ ; y de aquí obtenemos:

$\lambda = 2 \cdot (x_2 - x_1)$ = 36 cm

Dada la relación: $\lambda = \frac{v}{\upsilon} \Rightarrow \upsilon = \frac{v}{\lambda} = \frac{340 \frac{\cancel{m}}{s}}{0{,}36\cancel{m}} \simeq \underline{940 Hz}$

**4.- Un viandante observa cómo el sonido del silbato de una locomotora cambia de 2900 Hz, cuando se acerca, a 2600 Hz, cuando se aleja. A partir de esos datos, y sabiendo que la velocidad del sonido es 340 m/s, calcula la velocidad del tren.**




El movimiento de la fuente produce acortamiento en la longitud de onda en el sentido del movimiento, y alargamiento en el sentido contrario. La longitud de onda se ve modificada en una cantidad $v_f \cdot T$. El resultado es que, la longitud de onda recibida por el observador, vale:

$\boldsymbol{\lambda'}$ = cT± $v_f$ T = (c-$v_f$) T = $\boldsymbol{(c-v_f)/\upsilon}$ (+ cuando se aleja y - si se acerca al observador)

La frecuencia vale: $\upsilon' = \upsilon \cdot \frac{c}{c \pm v_f}$

Las dos situaciones son (omitiendo las unidades en las expresiones):

a) cuando se acerca: $2900 = \upsilon \cdot \dfrac{340}{340 - v_f}$

b) cuando se aleja: $2600 = \upsilon \cdot \dfrac{340}{340 + v_f}$

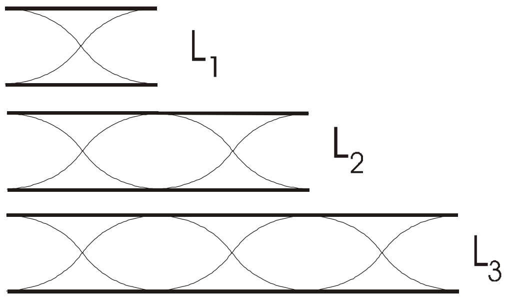
No conocemos la frecuencia real que emite el silbato v. Por tanto, disponemos de un sistema de ecuaciones en el que debemos eliminar precisamente v. Para conseguirlo, la mejor opción es dividir las dos expresiones miembro a miembro. El resultado es:

$$\frac{29\cancel{00}}{26\cancel{00}} = \frac{340 + v_f}{40 - v_f} \quad \Rightarrow \quad 29 \cdot (340 - v_f) = 26 \cdot (340 + v_f)$$

$$(29 - 26) \cdot 340 = (26 + 29) v_f \quad \Rightarrow \quad v_f = 18{,}5\,\tfrac{m}{s} \simeq \underline{66{,}7\,\tfrac{km}{h}}$$

**5.- Se coloca un diapasón de 1000Hz sobre la boca de un tubo abierto por ambos extremos. El tubo puede alargarse y acortarse, a voluntad.**

**a) Realiza los dibujos de las tres primeras situaciones en las que se produce resonancia.**
**b) Establece la relación matemática adecuada y calcula cuáles son esas tres primeras longitudes.**




Se observa la relación: $L_n = n \cdot \dfrac{\lambda}{2} \quad (n = 1, 2, 3)$ [2]

siendo la longitud de onda la que corresponde a un sonido de 100 Hz

b) A partir de la relación entre la velocidad la longitud de onda y la frecuencia, obtenemos la λ de la onda que penetra en los tubos.

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot \upsilon \quad \Rightarrow \quad de\ donde: \ \lambda = \frac{v}{\upsilon} = \frac{340\,\frac{m}{s}}{1000 s^{-1}} = \underline{0{,}34m}$$

Por consiguiente, las tres primeras longitudes de a las que se producirá resonancia, se obtienen a partir de [2], y son:

$$L_1 = \frac{0{,}34m}{2} = 0{,}17m = \underline{17\ cm}$$

$$L_2 = 2 \cdot \frac{0{,}34m}{2} = 0{,}34m = \underline{34\ cm}$$

$$L_1 = 3 \cdot \frac{0{,}34m}{2} = 0{,}51m = \underline{51\ cm}$$