

1. Ondas sonoras

Son ondas mecánicas, tridimensionales y longitudinales, debidas a la presión que impresionan nuestro órgano auditivo, su propagación tiene lugar mediante expansiones (zonas claras) y compresiones (zonas oscuras). La distancia entre ellas es λ (fig.1)

El sistema auditivo humano sólo es sensible para ondas cuya frecuencia oscila entre 20 y 20000 Hz (SONIDOS). Si la frecuencia es menor se denominan infrasonidos y si mayor; ultrasonidos.

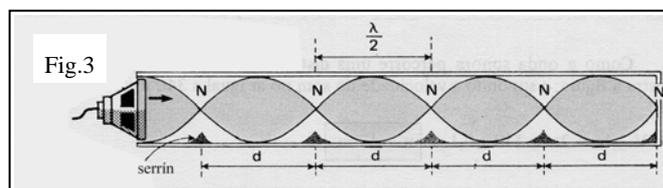
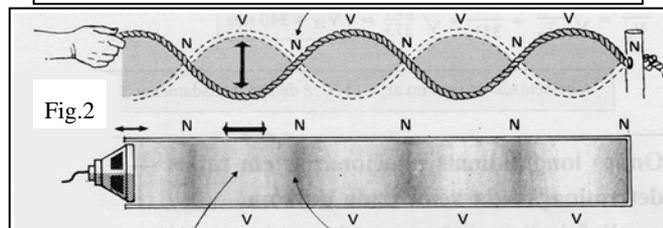
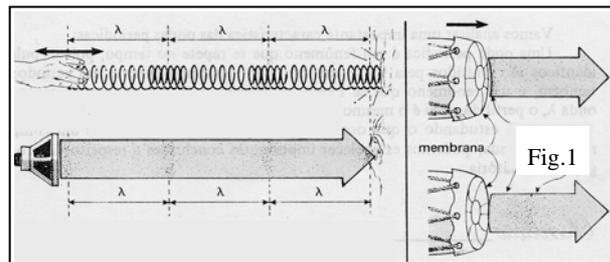
El medio material gaseoso se expande y comprime en la propagación de la onda de presión en un tubo cerrado, y tal como se observa en la figura 2, si lo comparamos con una onda estacionaria, las compresiones en las que las moléculas de gas no oscilan longitudinalmente corresponden a nodos y las expansiones en las que las moléculas oscilan con amplitud máxima, a vientres.

Si dispusiéramos un tubo cerrado en un extremo, acoplado a un altavoz, con serrín en la parte inferior, observaríamos que en los nodos se acumularía el serrín. La distancia entre los montoncitos de serrín sería la $\lambda/2$.

La velocidad con que se propaga el sonido en los gases, es inversamente proporcional a la raíz cuadrada de su masa y directamente proporcional a la raíz cuadrada de la temperatura.

Por eso la velocidad de propagación del sonido en el aire a 15°C es de 340m/s, pero a 0° es sólo de 331m/s. (aproximadamente cada °, 0,6m/s)

Al cambiar la velocidad también cambia la frecuencia, por eso cuando se habla después de tragar humo, por fumar, la voz sale más grave, mientras que si se inhala hidrógeno o helio, se escucha mucho más aguda. En los líquidos se propaga con mayor velocidad (unas 5 veces mayor) y en los sólidos, dado que sus partículas están más juntas (15 veces mayor).



ACTIVIDAD 1

Dejas caer en la boca de un pozo una piedra pequeña, y al cabo de 1 segundo escuchas el choque con el agua. ¿A qué profundidad se encuentra el agua en el pozo? $V_{\text{del sonido}} = 340\text{ms}^{-1}$. $g = 10\text{ms}^{-2}$

ACTIVIDAD 2

Te encuentras en la terraza de un alto edificio, y al tropezar se cae un trozo de baldosín que estaba medio suelto al suelo. Al cabo de dos segundos escuchas un ¡¡Ay!!, seguido de un insulto. A qué altura estaba la terraza del suelo. $V_{\text{del sonido}} = 340\text{ms}^{-1}$. $g = 10\text{ms}^{-2}$

ACTIVIDAD 3

Un altavoz como el de la fig.3, emite sonidos a una frecuencia 460 Hz. Si la distancia entre cada montoncito de serrín es de 15cm. ¿Cuál es la longitud de onda del sonido? ¿Cuál la longitud del tubo? ¿Cuál la velocidad del sonido? ¿El gas dentro del tubo tendrá más o menos masa que el aire?

2. Cualidades del sonido: Intensidad. Tono y timbre (repaso de 2º ESO)

2 a. Intensidad.

Se define intensidad del sonido como la energía de la onda sonora, por unidad de tiempo y de superficie perpendicular a la misma. $E = \text{energía}/S \cdot t$. Dado que energía/tiempo es potencia, $I = \text{Potencia}/\text{superficie}$. Su unidad será el watio/m². A partir de $1\text{w}/\text{m}^2$, sentimos dolor en nuestro oído. Dado que la energía de una onda depende del cuadrado de su amplitud, la intensidad tendrá esa misma dependencia.

La sensación sonora (intensidad sonora) se mide en decibelios (db) referida a la mínima intensidad audible. Su medida es 10 veces el logaritmo decimal de la relación de intensidades. Por lo tanto una intensidad sonora 20 decibelios mayor supone realmente 10^2 veces de intensidad física mayor ($10 \log 100$). A partir de los 120 decibelios, puede causar lesiones y deteriorar la membrana del tímpano (se debe abrir la boca para compensar la presión a ambos lados de la membrana)

2 b. Tono.

Es la cualidad por la cual distinguimos un sonido agudo de otro grave. Depende de la frecuencia. Sonido grave; baja frecuencia, $T >$. Sonido agudo, alta frecuencia, $T >$. El intervalo de frecuencia entre dos sonidos musicales, se denomina octava.

2c. Timbre

Es la cualidad por la que reconocemos sonidos de la misma intensidad y tono (frecuencia) de diferentes instrumentos. Está asociado a los armónicos (ondas secundarias) que acompañan al sonido fundamental, peculiares para cada instrumento. Como las cuerdas vibrantes, producen ondas estacionarias, el sonido fundamental con dos nodos en los extremos fijos y un vientre (1 armónico), se junta con los diferentes armónicos (para producir la onda final , en negrita) (fig.4)

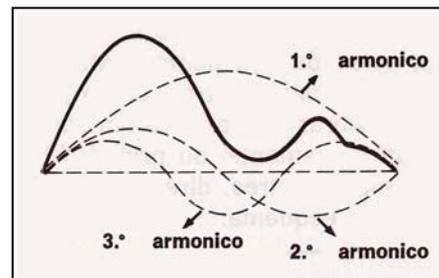


Fig.4

3. Resonancia

Es la oscilación espontánea de un sistema, cuando otro en su proximidad oscila en la frecuencia propia de su vibración. En este caso el sistema oscila con una amplitud A creciente, pudiendo causar graves perjuicios al sistema. La resonancia ha causado verdaderas catástrofes como el derrumbamiento del puente colgante de Tacoma (EE.UU), el día de su inauguración. Por este mismo fenómeno no deben marcar el paso un grupo de personas cuando pasan por un puente. La rotura de una copa, cuando una soprano canta cerca etc. Experimentalmente se puede comprobar con dos diapasones de frecuencias iguales. Si golpeas uno de ellos, el otro también entra en vibración. Los instrumentos musicales amplifican el sonido con una caja de resonancia.

4. Cuerdas sonoras y tubos sonoros

Los instrumentos musicales de cuerda y de viento, son ejemplos de producción de sonidos.

Las cuerdas, sujetas en dos extremos producen al vibrar ondas estacionarias, cuya frecuencia es inversamente proporcional a su diámetro y a su longitud (a mayor grosor menos frecuencia y a menor longitud mayor), y es directamente proporcional a la raíz cuadrada de la tensión. Siempre tiene nodos en los extremos, y un número entero de armónicos

Los tubos pueden ser abiertos o cerrados por un lado o por los dos. Los primeros forman nodos en el centro y vientres en los extremos. Los cerrados siempre nodos en el lado cerrado

ACTIVIDAD 4

Un tubo de órgano afinado a una frecuencia de 320 Hz, está en una sala de conciertos a 12°C, cuando se llena de gente la temperatura alcanza los 25°C ¿cuál será la frecuencia con que emitirá?

5. Propiedades.

El sonido tiene todas las propiedades de las ondas mecánicas longitudinales (reflexión, refracción y difracción), pero la más característica es la **Reflexión** dado que puede producir **eco** y **reverberación**.

Dado que nuestro oído sólo puede diferenciar dos sonidos si entre ellos existe un intervalo de 0,1s. Si nuestra voz colisiones con un obstáculo situado a más de 17m de distancia y es reflejada, podemos percibir este mismo sonido. Dado que deberá recorrer entre ida y vuelta $s=vt$; $t = s/v = 17m*2/ (340m/s) = 0,1s$ (límite de percepción auditiva). A este fenómeno se le denomina **eco**. Si la distancia es menor el sonido incidente y reflejado se juntan y se percibe una sensación de ruido. A este fenómeno se le denomina **reverberación**. Para evitar este fenómeno las salas acústicas forran sus paredes de un material absorbente que evita la reflexión.

La reflexión proporciona instrumentos tan conocidos como el sonar (sound navigation ranking), que midiendo el tiempo de los ecos permiten calcular la profundidad de los fondos marinos, la existencia de un banco de peces, o de un submarino (se deberá tener en cuenta para captura de ecos en el mar que la velocidad de propagación del sonido en agua salada es de 1600m/s). ¿Cuál deberá ser la distancia mínima a la que se encuentra un objeto en el agua, para percibir el eco?

Un caso de reflexión total puede ocurrir, cuando existe una gran diferencia de temperatura entre las capas de aire, esto da lugar a que en algunas tormentas veraniegas, no se escuche el trueno, pues la onda en lugar de avanzar hacia ti, se ha reflejado antes.

ACTIVIDAD 5

En un polígono de tiro los blancos se encuentran en una pared rocosa. Gritas y escuchas el eco al cabo de 10s. Disparas un fusil tardando 2 segundos en alcanzar el blanco ¿Con qué velocidad salió la bala?

7. Efecto Doppler

Cuando el foco sonoro se mueve la frecuencia del sonido emitido se modifica. Este fenómeno se denomina Efecto Doppler (fig.5)

Si el foco se aproxima al observador, la distancia disminuye, **8** disminuye por lo que v aumenta y lo percibimos más agudo. Al alejarse será al revés. Por eso cuando televisan una carrera de fórmula 1 (y no vemos la pantalla) sabemos cuando se acerca un vehículo, porque el ruido del motor sonará mas agudo que cuando se aleja.

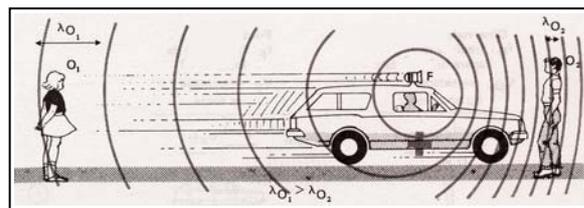


Fig.5

ACTIVIDAD 6

Vas en un coche, con la ventanilla abierta, pero no te fijas en tu alrededor, escuchas la sirena de una ambulancia primero muy aguda y después más grave. ¿Circula en tu sentido o en el contrario? Razona.