



Conceptos previos

LAS ONDAS SONORAS en un medio material como el aire, el agua o el acero son **ONDAS DE COMPRESION**

Cuando las compresiones y rarefacciones de las ondas inciden sobre el tímpano del oído, dan como resultado la sensación de sonido.

Las ondas sonoras son el ejemplo más importante de las ondas longitudinales. Estas pueden viajar a través de cualquier medio material con una velocidad que depende de las propiedades del medio.

Cuando estas ondas viajan, las partículas en el medio vibran para producir cambios de densidad y presión a lo largo de la dirección del movimiento de la onda. Estos cambios originan una serie de regiones de alta y baja presión llamadas condensaciones y rarefacciones.

Hay tres categorías de ondas mecánicas:

1.- **LAS ONDAS AUDIBLES**: Están en el intervalo de sensibilidad del oído humano (20 Hz a 20.000 Hz) .Se generan por instrumentos musicales, cuerdas vocales etc.

2.-**LAS ONDAS INFRASONICAS**: Tienen frecuencias debajo del intervalo audible. Un ejemplo las ondas producidas por terremotos.

3.-**LAS ONDAS ULTRASONICAS**. Son aquellas cuyas frecuencias están por arriba del intervalo audible-Un ejemplo vibraciones en un cristal de cuarzo.

RAPIDEZ DEL SONIDO.

ECUACION PARA CALCULAR LA RAPIDEZ DEL SONIDO EN UN GAS IDEAL de masa molecular M t temperatura absoluta T , la rapidez del sonido puede calcularse de acuerdo al modelo matemático:

$$V = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \text{ (gas ideal)}$$

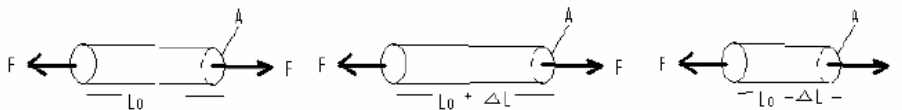
Donde: R es la constante de los gases,

γ : Razón de los calores específicos C_p / C_v , y tiene un valor de aproximadamente 1,67 para los gases monoatómicos (He, Ne, Ar), y de aproximadamente 1,40 para los gases diatómicos (N_2, O_2, H_2)

La RAPIDEZ DE LAS ONDAS DE COMPRESIÓN EN UN MEDIO MATERIAL ESTA DADA POR: $V = \sqrt{\frac{\text{módulo}}{\text{densidad}}}$, $V = \sqrt{\frac{\gamma}{\rho}}$,

Si el material tiene forma de barra se usa el modulo de YOUNG (γ).
MODULO DE YOUNG: Cuando se aplica un esfuerzo perpendicularmente a un area a lo largo de una dimension .se conoce como esfuerzo longitudinal o esfuerzo normal .El esfuerzo longitudinal puede ser traccional o tensil (causando una elongacion o alargamiento) o de compresión (ocasionando un acortamiento)a lo largo de la dimension .El modulo de elasticidad que describe el cambio fraccionario en la longitud en estos casos es el **MODULO DE YOUNG** ,(γ)

$$\gamma = \frac{F/A}{\Delta L/L_0}$$



En los líquidos se debe usar el modulo volumétrico.

$$V = \sqrt{\frac{\beta}{\rho}} \quad , \quad \beta : \text{Modulo de volumen}$$

RAPIDEZ DEL SONIDO EN EL AIRE: a 0° C es 331 m/s. En particular la relación que existe entre la rapidez V_1 y la rapidez V_2 a temperaturas absolutas T_1 y T_2 respectivamente es:

$$\frac{V_1}{V_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}} \quad . \text{LA RAPIDEZ DEL SONIDO NO}$$

DEPENDE DE LA PRESION, LA FRECUENCIA Y LA LONGITUD DE ONDA.

Si consideramos una variación de temperatura de 1° C, tenemos:

$T_1 = 0^\circ\text{C} = 273$, entonces $V_1 = 331\text{m/s}$

$T_2 = 1^\circ\text{C} = 274$, el valor de V_2 será:

$$\frac{331\text{m/s}}{V_2} = \sqrt{\frac{273}{274}} \quad , \quad \text{entonces } V_2 = 331.61 \text{ m/s, es decir hay}$$

una variación de 0.61m/s por cada °C que aumente.

Esto es:

$$V_{\text{sonido}} = (331 + 0.6t_c) \frac{\text{m}}{\text{s}} .$$

INTENSIDAD DEL SONIDO (I).

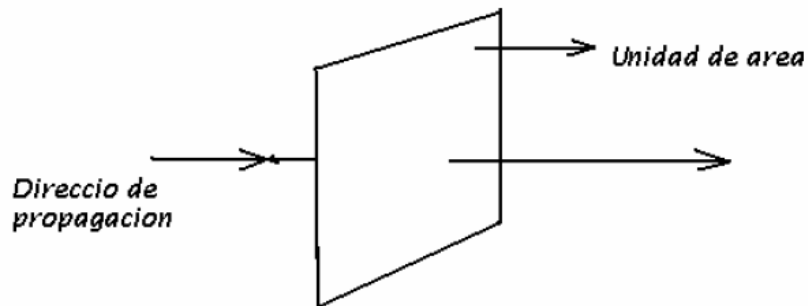
La intensidad del sonido de una onda sonora es la potencia transportada por una onda a través de un área unitaria perpendicular a la dirección de propagación de la onda.

Si en un intervalo de tiempo Δt una cantidad de energía ΔE atraviesa el área ΔA , la cual es perpendicular a la dirección de propagación de la onda. Entonces:

$$I = \frac{\Delta E}{\Delta A \times \Delta t} = \frac{\text{Potencia}}{\Delta A} \text{ (Recuerde que la potencia se define}$$

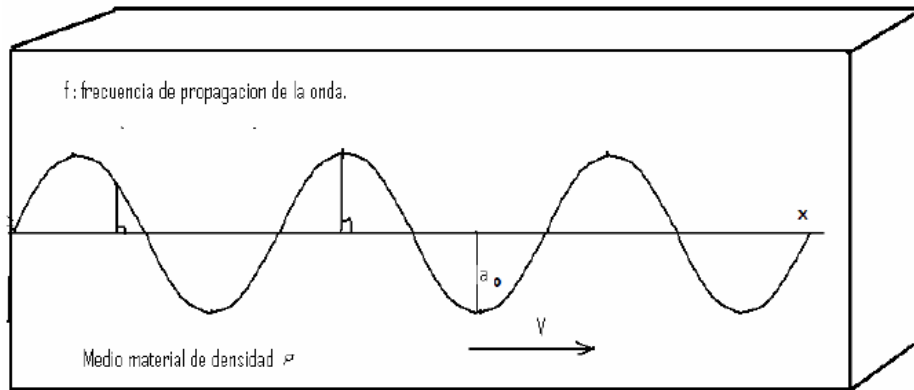
como el trabajo realizado por unidad de tiempo)

$$I = \frac{\text{Potencia}}{\text{Area}}$$



Se puede demostrar que para una onda sonora con AMPLITUD a_0 , y frecuencia f , que viaja con una rapidez V , en un medio material de densidad ρ , esta dada por:

$$I = 2\pi f^2 \rho V a_0^2$$



Si " f " está en Hz, " ρ " en $\frac{kg}{m^3}$, " V " en m/s y " a_0 " en m, entonces " I " está dado en W/m^2

El nivel de intensidad o volumen sonoro se define con una escala arbitraria que corresponde aproximadamente a la sensación de sonoridad. El cero en esta escala se toma en la intensidad de una onda sonora $I_0 = 1 \times 10^{-12} W/m^2$, que corresponde al sonido audible más débil (intensidad umbral)

$I =$ Intensidad dolorosa = $1 \times 10^0 W/m^2$

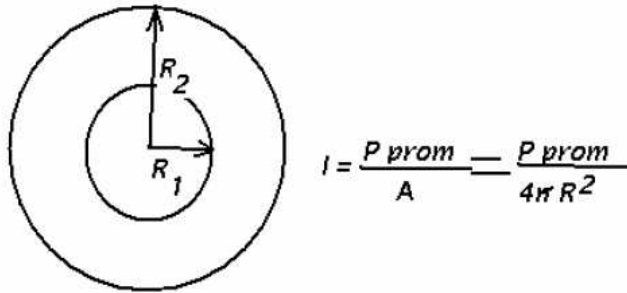
LA DEFINICIÓN DE LA ESCALA ES:

Nivel de intensidad en decibelas $I = 10 \times \text{Log} \left(\frac{I}{I_0} \right)$

El decibel (dB), es una unidad adimensional. El oído normal puede distinguir entre intensidades que difieren aproximadamente en 1 dB

ONDAS ESFERICAS.

Consideremos la siguiente situación:



$$I_1 = \frac{P_{prom}}{4\pi R_1^2} \quad e \quad I_2 = \frac{P_{prom}}{4\pi R_2^2},$$

$P_{rom.} = P_{rom.}$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2}.$$

EFECTO DOPPLER.

Supongamos que una fuente sonora emite un sonido de frecuencia f_0 y cuya rapidez de propagación es V .

Supongamos además que la rapidez de la fuente sonora con que se aproxima a un observador es v_s . Supongamos que además el observador se aproxima a la fuente con una velocidad v_o , ambas medidas respecto del medio de propagación. El observador oirá el sonido de frecuencia f dada por:

$$\text{Frecuencia observada (f)} = f_0 \left(\frac{V + v_o}{V - v_s} \right)$$

SI TANTO EL OBSERVADOR COMO LA FUENTE, SE ALEJAN EL UNO DEL OTRO, EL SIGNO DE LA RAPIDEZ RESPECTIVA EN LA ECUACION SE DEBE CAMBIAR.

Si la fuente y el observador se acercan entre si, el observador percibirá mas ondas por segundo, que cuando ambos se encuentran en reposo. Esto ocasiona que el yodo escuche una frecuencia mas alta que la frecuencia emitida por la fuente. Cuando los dos se apartan entre si ocurre lo contrario, la frecuencia percibida es mas baja.

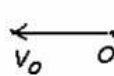
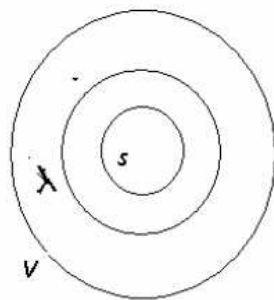
RESUMEN:

Se experimenta un efecto Doppler siempre que hay un movimiento relativo entre la fuente y el observador.

Cuando la fuente y el observador se mueven uno hacia el otro (se acercan), la frecuencia que escucha el observador es mas alta que la frecuencia de la fuente.

Cuando la fuente y el observador se alejan uno del otro, la frecuencia escuchada por el observador es mas baja que la frecuencia de la fuente.

CASO 1: el observador *O* se mueve hacia la fuente *S* en reposo



- λ :Longitud de onda
- f frecuencia de la fuente
- V velocidad del sonido
- V_s velocidad de la fuente
- V_o velocidad del observador

Velocidad de las ondas con respecto al observador:

$V' = V - V_o$ como V_o tiene signo negativo,

$V' = V + V_o$

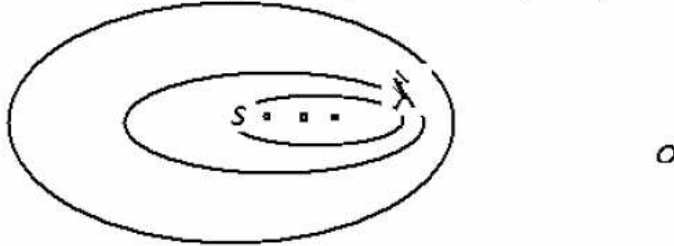
$f' = \frac{V'}{\lambda}$ pero $V' = V + V_o$, luego

$f' = \frac{V + V_o}{\lambda}$, pero $\lambda = \frac{V}{f}$, reemplazando queda: $f' = \frac{f}{V} (V + V_o)$

Si el observador se acerca a la fuente $f' = f(1 + \frac{V_o}{V})$

Si el observador se aleja de la fuente $f' = f(1 - \frac{V_o}{V})$

CASO2: La fuente en movimiento y el observador en reposo
 El observador ve los frentes de ondas mas juntos producto que la fuente esta en movimiento. Esto provoca que la onda vista por el observador es mas pequeña que la emitida por la fuente.



La distancia que se mueve la fuente es: $X=VT=\frac{V}{f}$

$$\lambda' = d - d_F$$

$$\lambda' = V_S T - V_F T$$

$$\lambda' = T(V - V_F), \text{ pero } \lambda' = \frac{V}{f'}$$

$$\lambda' = \frac{1}{f'}(V - V_F)$$

REEMPLAZANDO SE TIENE FINALMENTE:
$$F' = F \left(\frac{1}{1 \pm \frac{V_F}{V}} \right)$$

+ SI SE ALEJA Y - SI LA FUENTE SE ACERCA.

GUIA DE EJERCICIOS
(ONDAS ESTACIONARIAS – SONIDO)

1.-Encuentre los valores generales de la rapidez del sonido en:

($\gamma_{\text{cobre}} = 11 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$, $\beta_{\text{agua}} = 2.2 \times 10^9 \text{ N/m}^2$, $\rho_{\text{cobre}} = 8.9$

$\times 10^3 \text{ Kg/m}^3$, $\rho_{\text{agua}} = 1 \times 10^3 \text{ Kg/m}^3$)

1.1.-Una varilla de cobre

1.2.-Agua líquida

1.3.-Aire a temperatura ambiente (20°C)

($3.5 \times 10^3 \text{ m/s}$; 1483.23 m/s ; 343 m/s)

2.-¿Cuál es la rapidez del sonido en el aire?

2.1.-a 10°C

2.2.-a 25°C

(337 m/s , 346 m/s)

3.-¿Cuanto tiempo le tomara al sonido viajar 3.5Km en el aire , si la temperatura es de 30° C

(10.02 s)

4.-¿Cuál es la temperatura del aire , si la rapidez del sonido es d 0.34 Km/s

(15° C)

5.-La rapidez del sonido en el acero es de alrededor de 4500m/s. Un riel de acero se golpea con un martillo, y hay un observador a 0.3 Km con la oreja pegada al riel. ¿Cuanto tiempo pasara para que el sonido se escuche a través del riel a diferencia del que pasara para oírse por el aire?(20°C)

(0.81s)

6.-Un cazador ve como otro que esta a 1.5Km de distancia dispara su rifle (ve el humo que sale del canon). Si la temperatura del aire es de

5°C. ¿Cuanto tiempo después oírá el primer cazador el sonido del disparo?

(4.49s)

7.-¿Puede haber niveles negativos de decibeles , tales como -10 dB. Si es así ,¿Qué significado físico tienen?

8.-Un medidor de nivel de ruido da una lectura del nivel de sonido en un cuarto de 85 dB .¿Cual es la intensidad de sonido en la habitación?.

($3.16 \times 10^{-4} \text{ W/m}^2$)

9.-Una explosión ocurre a una distancia de 6 Km. de una persona .Calcule el tiempo que transcurre después de la explosión antes que la persona la pueda escuchar. (Suponga una temperatura ambiente de 14°C).

(17.6 s)

10.-Un sonido tiene una intensidad de $3 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2$. ¿Cual es la intensidad del sonido en decibeles?

(44.8 dB)

11.- Si el nivel de sonido es de 33dB cerca de un altoparlante de 90 cm.² de área. ¿Cuánta energía sonora emite el altoparlante por segundo?
9000000 Watts

12.-Un haz de sonido tiene un área transversal de 2.75 cm² y un nivel de sonido de 105 dB. El haz golpea una lámina que absorbe por completo el sonido. ¿Cuántos joules se transfieren a la lámina en un minuto?

13.-Calcular la rapidez del sonido que se propaga en un recipiente con gas de Neón a 27° C. (Para el Neón, $M = 20.18 \text{ Kg./m}^3$, El Neón por ser monoatómico, tiene $\gamma = 1.67$).

(454 m/s)

14.- Un observador a 9m del punto de una fuente estacionaria se mueve 5m más cerca de la fuente. ¿En que factor cambia la intensidad del sonido?

(R 5.1)

15.- Un camión que viaja a 96 Km./h se aproxima y pasa frente a una persona de pie, en la carretera el conductor hace sonar la bocina. ¿Cuáles son las frecuencias de las ondas sonoras que escucha la persona.

($f=400\text{Hz}$)

15.1.- Al aproximarse el camión? (R 434 s.f.)

15.2.- Después de que ha pasado? (R 371 Hz)

16.- Calcular las frecuencias que escucharía una persona cuando

16.1.-Se próxima y

16.2.-Se aleja a 20 m/s de una bocina estacionaria de 500 hz.

($=331 \text{ m/s}$) (R 530 hz, 470 hz)

17.- ¿Cuál es la velocidad de una onda de compresión (onda sonora) en el agua. (Modulo volumétrico del agua es de $2.2 \times 10^9 \text{ N/m}^2$).

(1.48 Km/s)

18.- Un diapasón vibra en el aire a razón de 284 vibraciones por segundo. Calcular la longitud de onda del tono emitido a 25°C.

(1.22 m)

19.-Un sonido fuerte y desagradable puede tener una intensidad de 0.54W/m^2 . Calcular la amplitud de la onda sonora si su frecuencia es de 800 Hz. (Tome la densidad del aire como 1.29Kg/m^3 y la rapidez del sonido como 340 m/s)

(9,9 μm)

20.-Una cuerda de guitarra tiene una masa de 2gr y una longitud de 60 cm ¿Cuál debe ser la tensión en la cuerda para que la magnitud de la velocidad de una onda que viaja por ella sea 300 m/s? (R 300N)

21.- Se estira una cuerda entre dos postes separados por una distancia 34m. La cuerda tiene una masa de 55gr por metro de longitud. Un pulso transversal impartido a la mitad de la cuerda tarda 0.37 s en llegar a cualquier de los postes. ¿Cuánta tensión tiene la cuerda? (R 116.07N)

22.- Un vibrador de 180 hz inicia en una cuerda tensa un patrón de onda estacionaria consistente en tres lazos. La longitud de la cuerda es de 2.2 m. Si la cuerda tiene una masa de 1.7 gr/m: ¿Qué tensión requiere la cuerda para producir el patrón de ondas descrito?

(117.4)

23.- Un automóvil que se mueve a 20 m/s haciendo sonar el claxon, que emite un sonido de frecuencia 1200Hz, persigue a otro automóvil que se mueve a una velocidad de 15 m/s . ¿Cual es la frecuencia aparente del claxon escuchada por el automóvil perseguido?. (Tome la rapidez del sonido en el aire como 340 m/s).

(1219 Hz)

24.- Una cuerda determinada de un piano tiene una longitud efectiva de 1.15m, una masa de 20 gr y esta bajo una tensión de 6.3 N.

a) ¿Cuál es la frecuencia fundamental del tono cuando se golpea la cuerda? (R 8.36 HZ)

b) ¿Cuáles son las frecuencias de las dos armónicas siguientes?
(R16.73Hz, 25.10Hz)