

ASIMOV

TEORICO DE

ONDAS

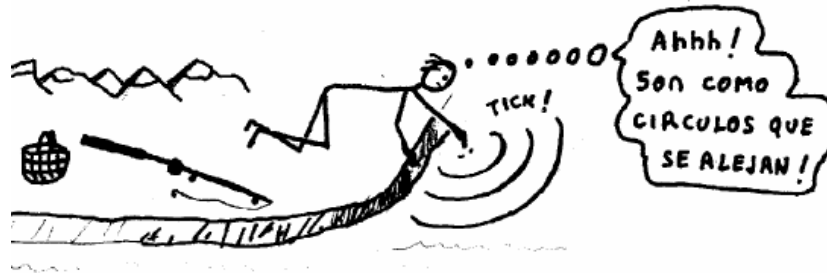


ESCHER, Ondulaciones en el agua (1950)

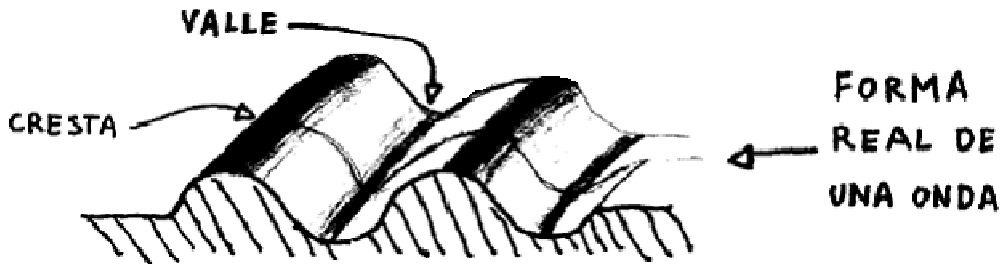
ONDAS

ONDAS MECANICAS

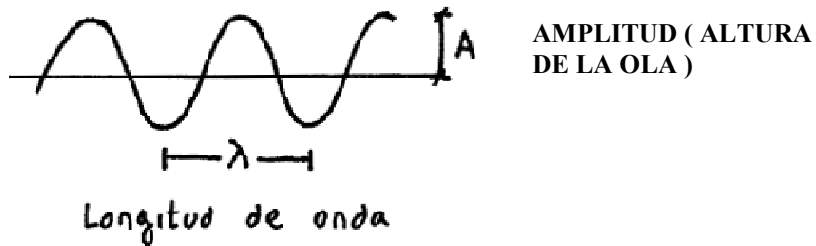
Cuando uno tira una piedra al agua ve olas que se alejan. Estas olas son ONDAS.



Si uno mira de cerca una ola va a ver una cosa así :

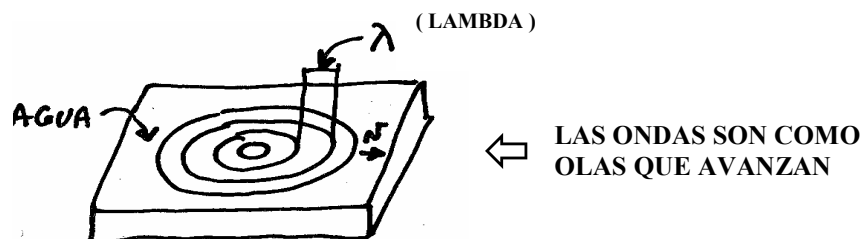


Entre las ondas hay cierta separación. A esa distancia se la llama LONGITUD DE ONDA λ (Lambda). Lambda vendría a ser la separación que hay entre una ola y la otra.

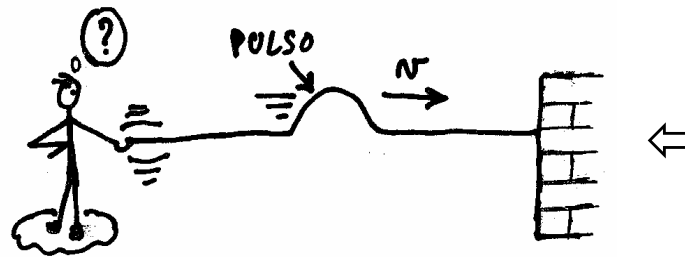


Las ondas nunca están quietas. Siempre van avanzando. A la velocidad con la que se mueven las ondas se la llama VELOCIDAD DE LA ONDA V .

Al tiempo que tarda la onda en recorrer una distancia igual a la de su longitud de onda se lo llama PERIODO T .



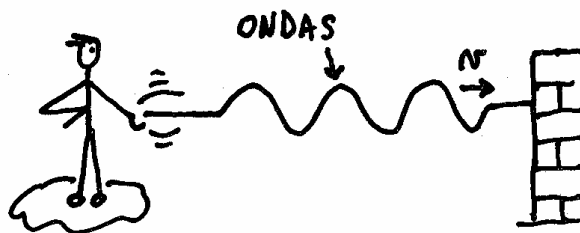
Algo parecido se puede ver si uno ata una soga a una pared y le pega un tirón para arriba de golpe. Probá hacer esto y vas a ver que uno ve como que hay una montañita que va avanzando por la cuerda. (Esto se puede hacer y sale fenómeno). Vendría a ser una cosa así:



AL DAR UN TIRON,
UNA ONDA EMPIEZA
A AVANZAR POR
LA CUERDA ASI →

En resumen lo que uno ve es una especie de montañita que avanza con cierta velocidad por el agua o por una cuerda. A grandes rasgos, esta montañita que se mueve es una onda. (Gran explicación, eh ?)

Fijate lo que pasa si uno en vez de dar un solo tirón a la cuerda, empieza a moverla todo el tiempo para arriba ↑ y para abajo ↓. (Esto también lo podés hacer y también sale perfecto). Si uno lo hace, va a ver un montón de viboritas que se alejan de uno. Estas son las ondas que uno está generando con el movimiento de la mano.



LAS ONDAS AVANZAN
POR LA CUERDA CON
VELOCIDAD V .

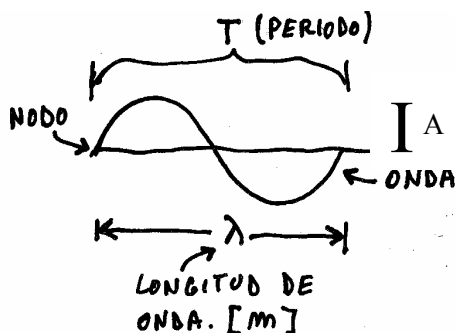
La cantidad de veces por segundo que uno mueve la mano para arriba y para abajo se llama FRECUENCIA DE LA ONDA (Efe). La frecuencia f es la inversa del período. Se mide en Hertz. ([f] = 1/s = Hz)

$$f = \frac{1}{T}$$

← LA FRECUENCIA ES
LA INVERSA DEL
PERIODO ([f] = HZ).

EXPLICACION DE LA ECUACION $V = \lambda \cdot f$

Voy a dibujar una onda y voy a poner todos los elementos que necesitás conocer .



N = Velocidad [m/s]

λ = Long. de onda [m]

f = Frecuencia [HZ] (= 1/s)

A = Amplitud

Donde una cuerda está atada, siempre hay un nodo. Nodo es la parte de la onda que en ese momento no está vibrando. La longitud de onda es la distancia entre 2 nodos. Por ejemplo, si veo que unas olas en el agua van viajando separadas por una distancia de 20 cm, y recorren 10 cm en cada segundo, digo que la longitud de onda λ es de 20 cm y la velocidad de la onda es de 10 cm/s. El período T para esta onda sería de 2 seg. (Es el tiempo que tarda en recorrer 20 cm). La frecuencia sería $f = 1 / T \Rightarrow f = 1 / 2 \text{ seg} \Rightarrow f = 0,5 \text{ Hz}$.

Hay una relación entre la velocidad de propagación, la longitud de onda y la frecuencia. Si lo pensás un poco, vas a ver que esta relación es : $v = \lambda \cdot f$. Fijate : La onda recorre una distancia λ (λ) en un período T . Quiere decir que su velocidad es $v = \lambda / T$. Pero $1 / T$ es la frecuencia. Entonces queda la hiper - archi reconocida ecuación :

$$v = \lambda \cdot f$$

$\frac{m}{s}$ m Hz

← RELACION ENTRE
V, Lambda y f.
(RECORDAR)

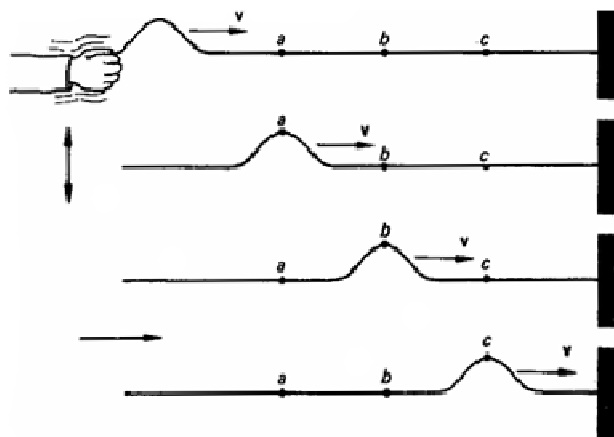
PROPAGACION DE UNA ONDA.

Analicemos un poco el asunto de la propagación de una onda. Una onda necesita un medio donde poder moverse. En el caso del agua, el medio es el agua. En el caso de la cuerda, el medio es la cuerda. También puede haber ondas que se propagan por el aire. Las llamamos ondas sonoras. (sonido).

A las ondas que necesitan un medio para poder moverse se las llama ONDAS MECANICAS. Ejemplo de ondas mecánicas: Ondas en cuerdas, ondas en el agua, ondas en el aire, ondas en un resorte. Hay ondas que no necesitan un medio para poder moverse. Es el caso de las ondas electromagnéticas. (Como la luz, las ondas de radio, y todo eso). Nosotros acá vamos a ver sólo ondas mecánicas.

ONDAS TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES

Hay dos tipos de ondas: Transversales y longitudinales. Tengo una onda transversal cuando la vibración se produce en forma perpendicular a la dirección de propagación de la onda. Concretamente, sin hilar fino, digamos que en una onda transversal, la vibración es " hacia arriba y hacia abajo ". Las ondas en cuerdas son transversales. Las ondas en el agua también. Con este dibujito probablemente lo entiendas mejor:

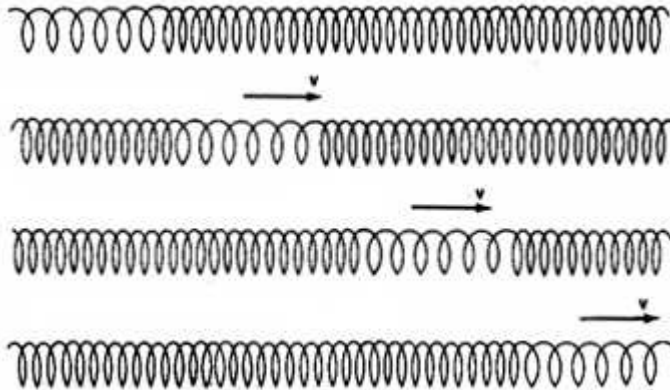


ONDA TRANSVERSAL

La dirección de vibración es así : $\downarrow \uparrow$. La dirección de avance de la onda es así : \rightarrow

Los puntos a, b y c vibran para arriba y para abajo. Es decir, en forma transversal.

Tengo una onda **longitudinal** cuando la vibración de la onda se produce en la misma dirección de la propagación de la onda. Las ondas del sonido son longitudinales. Sin hilar fino, digamos que en una onda longitudinal la vibración es " hacia adelante y hacia atrás "



ONDA LONGITUDINAL

La dirección de vibración es así : →. La dirección de avance de la onda es así: →

Los puntos vibran para adelante y para atrás.
Es decir, en forma transversal.

ONDAS EN LA REALIDAD

Probablemente muchas veces vos viste ondas pero no les prestaste atención. Fijate estos ejemplos. Supongamos que yo pongo a un montón de gente en fila y le pego un empujón al primero. El primero empuja al segundo, el segundo empuja al tercero y así siguiendo. Fijate que ahí lo que se propaga es " el empujón ". La gente no se mueve de la fila. Lo que va avanzando es "el golpe". Por eso ellos suelen decir que una onda no transporta materia sino energía.

Suponé que le digo al primero de la fila: Che, parece que atrasan el parcial. Pasalo. Ahí también tenés una onda que se propaga. Fijate que la gente de la fila no avanza. Lo que se avanza es " el rumor ".

Tenés una onda cuando la gente en las tribunas de las canchas se va parando o levanta los brazos a medida que le llega "la ola".

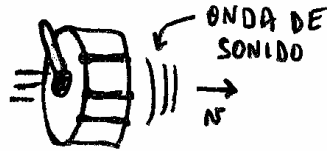
También a veces se puede ver una onda sobre un campo de trigo cuando una ráfaga de viento sopla. Uno ve como las espigas se van doblando sucesivamente a medida que el viento pasa sobre ellas.

Otra onda a la que nunca le prestaste atención es la onda verde de los semáforos. La onda va pasando de semáforo en semáforo. Fijate que los semáforos no se trasladan. Pero por los semáforos viaja la onda verde.

Cuando el semáforo está rojo, todos los autos están parados esperando para arrancar. Cuando el semáforo se pone verde, el primer auto arranca, después arranca el 2do y así sucesivamente. Si miraras todo esto de arriba verías una onda que se propaga para atrás... Lo que avanza es la onda de autos arrancando.

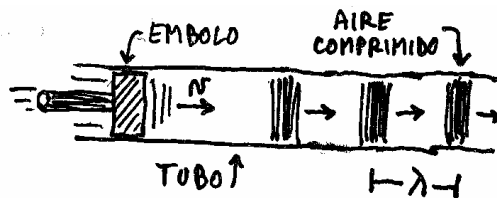
ONDAS DEL SONIDO.

El sonido también es una onda. La onda que se propaga es una onda de presión. Cuando vos golpeás un tambor, el parche vibra y golpea al aire. A su vez cada molécula de aire golpea a la que tiene al lado y así se va propagando una onda de presión.



Al golpear el tambor aparece una onda de sonido que se propaga.

El sonido vendría a ser una onda de aire comprimido que avanza. Imaginate que vos tenés un tubo con un émbolo. Al empujar de golpe el émbolo, el aire se comprime. Esta compresión es la que se va propagando por el tubo.



Al empujar de golpe el émbolo, la compresión del aire empieza a viajar por el tubo.

Cuando esta compresión llega al oído, golpea al tímpano y lo empuja. Esta compresión se traduce a impulsos nerviosos y uno oye. Si te fijás un poco, la onda de presión avanza en la misma dirección que la onda de sonido. Es decir, el sonido es una onda longitudinal.

La velocidad del sonido en el aire depende de la temperatura, la humedad, la presión y otras cosas más. Para una temperatura de 0° C es de alrededor de 330 m/s. Para presión normal y a 20° C, es de 344 m/s. Es decir, el sonido recorre aproximadamente 3 cuadras en un segundo. Este valor de 344 m/s es el que se toma generalmente para resolver los problemas.

$$v_{\text{sonido}} = 344 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

Velocidad del sonido para una temperatura de 20 °C.

En el agua o en los metales el sonido viaja más rápido. De ahí el método de poner el oído en la tierra para escuchar si viene alguien.



SONIDO SER MÁS RÁPIDO EN METAL QUE EN AIRE.

POTENCIA E INTENSIDAD EN ONDAS DEL SONIDO

Todas las ondas transportan energía. Esto también pasa con las ondas del sonido. La potencia en watts de la onda sonora estará dada por la cantidad de energía (joules) que la onda esté entregando por segundo. Es decir :

$$Pot = \frac{\text{Energía}}{\text{tiempo}} \quad [\text{watts}]$$

↖ Joulles
↙ seg

← Potencia entregada por una onda sonora . [watts]


Por ejemplo, un parlante chiquito puede entregar una potencia de unos 10 watts. Si dividimos esta potencia por el área tenemos la **INTENSIDAD DE LA ONDA SONORA**. La intensidad se mide en $\text{watts} / \text{m}^2$.

$$I \left[\frac{\text{Watt}}{\text{m}^2} \right] = \frac{\text{Potencia}}{\text{Area}}$$

Intensidad de una onda sonora [Watts / m²]

INTENSIDAD A CIERTA DISTANCIA DE UNA FUENTE

Supongamos un parlante que emite una potencia de 10 watts. Calculemos que intensidad llega al oído de una persona que está a 10 m de distancia . Para esto hay que suponer que toda la potencia emitida se distribuye en forma esférica alrededor de la fuente de sonido. (Pensarlo). De manera que a 10 m de distancia, todo el sonido se distribuye sobre la superficie de una esfera de 10 m de radio. Te comento que la superficie de una esfera es $4 \pi \text{radio}^2$:



ESFERA

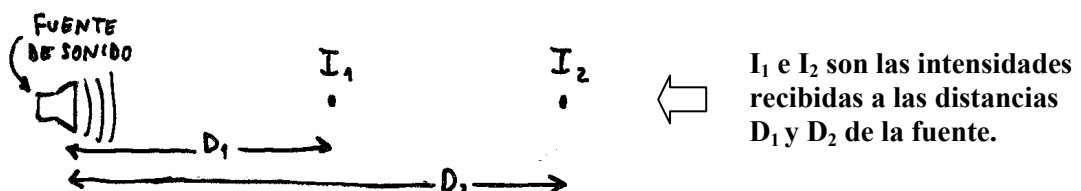
$$\text{Area}_{\text{esfera}} = 4 \pi R^2$$

La intensidad de la onda recibida a 10 m de distancia será:

$$I = \frac{\text{Potencia}}{\text{area}} = \frac{10 \text{ watts}}{4 \cdot \pi \cdot (10 \text{ m})^2}$$

$$\underline{I = 7,9 \times 10^{-3} \text{ W/m}^2}$$

De acá podés sacar como conclusión que la intensidad recibida disminuye con el cuadrado de la distancia. Es decir, a distancia doble, la intensidad será 4 veces menor. Supongamos que una fuente emite con cierta potencia y hay 2 personas escuchando. Una está a la distancia D_1 y la otra está a otra distancia D_2 .



La relación entre las intensidades que llegan a cada una de las personas será:

$$I_1 \cdot (D_1)^2 = I_2 \cdot (D_2)^2$$

← I_1 e I_2 son las intensidades recibidas. D_1 y D_2 son las distancias a la fuente.

EJEMPLO :

Una fuente emite sonidos con una cierta potencia. Sabiendo que la intensidad escuchada a 10 m de distancia es $0,01 \text{ w/m}^2$,

a) – Calcular la potencia de la fuente que emite el sonido.

b)- Calcular la intensidad que es recibida a una distancia de 50 m.

a) Para calcular la potencia de la fuente planteo:

$$I = \frac{\text{Potencia}}{\text{area}} \Rightarrow 0,01 \text{ w/m}^2 = \frac{\text{Pot}}{4.\pi.(10 \text{ m})^2}$$

$$\rightarrow \underline{\text{Pot} = 12,56 \text{ watts}}$$

b) Para calcular la intensidad que recibe una persona a 50 m de distancia hago:

$$I_1 \cdot (D_1)^2 = I_2 \cdot (D_2)^2 \Rightarrow$$

$$0,01 \text{ w/m}^2 \times (10 \text{ m})^2 = I_2 \cdot (50 \text{ m})^2$$

$$\Rightarrow \underline{I_2 = 0,0004 \text{ w/m}^2}$$

INTENSIDAD DE UNA ONDA SONORA EN FUNCION DE LA AMPLITUD DE PRESION

La intensidad de una onda del sonido en función de la amplitud de presión está dada por el siguiente chochazo:

$$I \left[\frac{\text{watt}}{\text{m}^2} \right] = \frac{(\Delta P)^2}{2 \delta v_{\text{son}}}$$

Annotations:
 - I : Intensidad de una onda sonora
 - ΔP : VARIACIÓN DE PRESIÓN
 - δ : DENSIDAD DEL AIRE
 - v_{son} : VELOCIDAD DEL SONIDO

En esta ecuación: I = intensidad de la onda sonora [Watts/ m^2]

ΔP = Amplitud de presión de la onda [Pascales = N/m^2]

δ = Densidad del aire ($\approx 1,3 \text{ Kg / m}^3$)

v_{son} = Velocidad del sonido ($\approx 344 \text{ m/s}$)

EJEMPLO: Calcular la intensidad de una onda sonora que tiene una amplitud de presión $\Delta P = 10$ Pascales.

Rta: Suponiendo que la densidad del aire delta vale $\delta_{\text{aire}} = 1,3 \text{ Kg / m}^3$ y la velocidad del sonido es de 344 m/s :

$$I = \frac{(10 \text{ N/m}^2)^2}{2 \times 1,3 \text{ Kg/m}^3 \times 344 \text{ m/s}}$$
$$\Rightarrow I = 0,11 \text{ w/m}^2$$

LA INTENSIDAD DE UNA ONDA ES PROPORCIONAL AL CUADRADO DE LA FRECUENCIA Y AL CUADRADO DE LA AMPLITUD.

Hay una fórmula que relaciona la intensidad de una onda con la frecuencia y con la amplitud. No tiene sentido que ponga la fórmula porque es gigantesca y no te la van a tomar. Pero lo que sí tenés que saber es que esa fórmula dice que la intensidad de la onda es proporcional al ² de la amplitud de la onda y al ² de su frecuencia.

UNA ONDA DE FRECUENCIA f Y AMPLITUD DE PRESION ΔP TIENE UNA INTENSIDAD $0,1 \text{ watt /m}^2$.

¿ QUE OCURRE CON LA INTENSIDAD SI SE DUPLICA SU FRECUENCIA ?

¿ QUE OCURRE SI SE DUPLICA SU AMPLITUD DE PRESION ?

¿ QUE OCURRE SI SE DUPLICAN AMBAS A LA VEZ ?

Rta : como al intensidad de la onda depende de del cuadrado de la frecuencia y del cuadrado de la amplitud, si la frecuencia se duplica, la intensidad pasará a ser 4 veces mayor. Es decir :

$$I_2 = I_1 \times 4 = 4 \times 0,1 \text{ watt /m}^2 = \underline{0,4 \text{ watt /m}^2}$$

Si se duplica la amplitud de presión pasa lo mismo, es decir $I_2 = 0,4 \text{ watt /m}^2$.

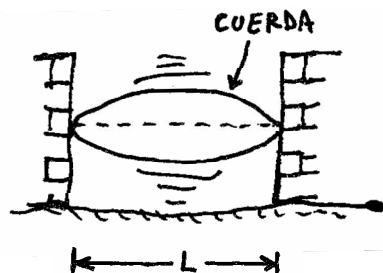
Si se duplican ambas a la vez, la intensidad pasará a ser 16 veces mayor, es decir:

$$\underline{I_2 = 1,6 \text{ watt /m}^2}$$

Eso es todo lo que tenés que saber.

ONDAS ESTACIONARIAS

Si uno ata una cuerda entre 2 paredes y la pone a vibrar, la cuerda adoptará esta forma:

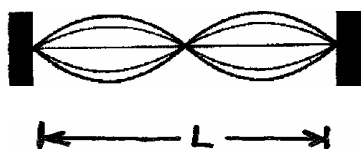


Forma que adopta una cuerda al vibrar. (Modo fundamental o primer modo de vibración, $n = 1$)

En los 2 puntos donde la soga está atada a las paredes hay nodos. En el medio de la cuerda hay un vientre. Habrás visto esto alguna vez al mirar como vibran las cuerdas de una guitarra.

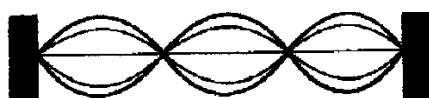
Se dice que en la cuerda se produjo una onda ESTACIONARIA. Se la llama así porque esta onda no se traslada. Vibra en forma "estacionaria" siempre en el mismo lugar.

La cosa es que esta no es la única manera como puede vibrar una cuerda. En ciertas situaciones especiales la soga también puede vibrar así:



2do modo de vibración (n = 2)

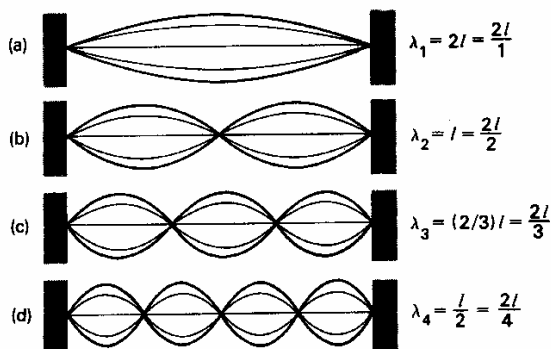
E incluso puede llegar a vibrar adoptando esta otra forma :



3er modo de vibración (n = 3)

Se dice que estos son los tres primeros modos de vibración para una cuerda atada en las puntas. Se los llama modos de vibración para $n = 1$, $n = 2$ y $n = 3$. (Ene sería el N^{ro} de modo de vibración).

Fijate en lo siguiente: Si la longitud de la cuerda es ele (L), para $n = 2$ la longitud de la cuerda es justo la longitud de onda lambda. Pensando un poco vas a ver que para $n = 1$, $L = \lambda/2$. Y también podés ver que para $n = 3$, $L = 3/2 \lambda$. Resumamos todo en el siguiente cuadro:



← Modos de vibración de una cuerda atada en ambos extremos.

Con esto podemos formar una fórmula de recurrencia, es decir, una fórmula que dé la longitud de onda en función del número de modo de vibración. En este caso, esa fórmula sería :

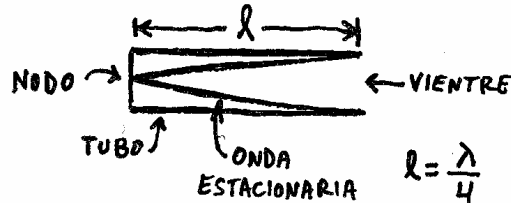
$$L = m \cdot \frac{\lambda}{2} \quad \leftarrow \text{FORMULA DE RECURRENCIA}$$

¿ Para qué sirve esta fórmula ? Bueno, en principio digamos que no sirve para nada. Pero a veces se usa en algunos problemas.

ONDAS ESTACIONARIAS EN TUBOS.

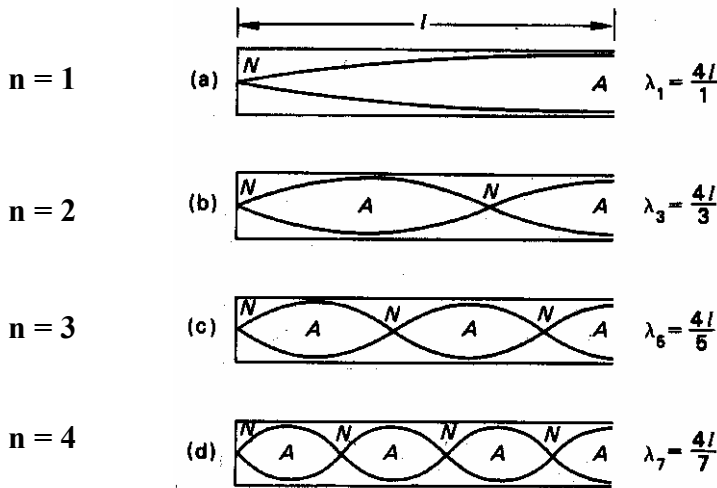
A veces para ciertos instrumentos musicales se usan tubos. Es el caso de los órganos, flautas, trompetas y demás. En estos tubos también se producen ondas estacionarias. Esto es un poco difícil de explicar. Pero es así.

Fijate como serían las ondas estacionarias que se formarían en un tubo abierto en un lado y cerrado en el otro :



Onda estacionaria en un tubo abierto en una punta y cerrado en la otra.

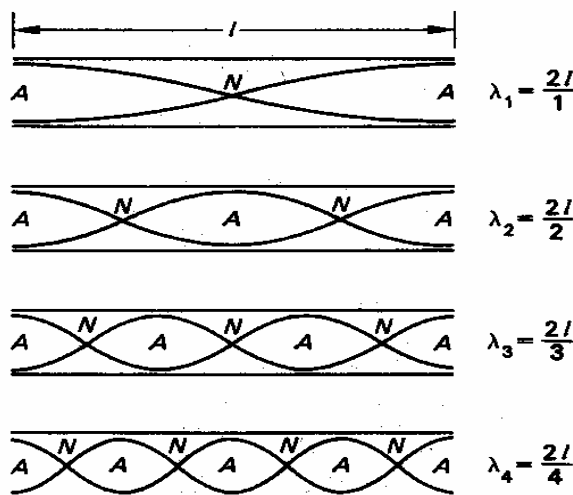
Ahora, fijate como serían los diferentes modos de vibración de la columna de aire dentro del tubo:



Modos de vibración de la columna de aire para un tubo abierto en una punta y cerrado en la otra.

En este caso, la fórmula de recurrencia sería $L = (2n - 1) \lambda / 4$. ¿Cómo deduje esta fórmula? Rta: Mirando el dibujito y pensando.

También puede haber tubos que estén abiertos en las 2 puntas o cerrados en las 2 puntas. Para un tubo cerrado en las 2 puntas, las ondas quedan igual que para una cuerda atada entre 2 paredes. Fijate como serían las ondas estacionarias para un tubo abierto en ambos extremos :



Ondas estacionarias en un tubo abierto en ambos extremos.

Fijate a ver si podés deducir solo la fórmula de recurrencia.

NOTA FEA: Al primer modo de vibración de la onda, algunos libros lo llaman modo fundamental. Otros libros lo llaman 1er armónico (o primer sobretono).

Esto confunde porque a veces en los problemas dice : " calcule tal y tal cosa para el 4^{to} armónico " . Entonces uno no sabe si se están refiriendo a $n = 4$ o a $n = 3$.

Quedemos entonces en lo siguiente: Para el primer modo de vibración , decimos que n vale 1, para el 2do modo decimos que n vale 2 y así siguiendo.

Es decir, evitamos hablar de fundamental, armónicos, sobretonos y demás.

NIVEL DE INTENSIDAD - DECIBELES

Lo que en física se llama intensidad I (en w/m^2), en la vida diaria se llama volumen. Al bajar el volumen de la radio, estás disminuyendo la intensidad que está llegando a tu oído.

Parece ser que el oído no responde linealmente a la intensidad sonora. Es decir, cuando la intensidad se duplica, el oído no escucha el doble. Parece que el oído responde logarítmicamente a la intensidad. Eso significa que a intensidad doble, el oído no escucha el doble sino sólo un poco más.

Por este motivo se inventó una escala que da una idea de cuánto escucha el oído en realidad. A lo que escucha el oído lo llamamos NIVEL DE INTENSIDAD . Se lo designa con la letra beta (β). Para saber el nivel de intensidad, se compara la intensidad que uno está escuchando con el mínimo nivel de intensidad que puede escuchar una persona.

$$\underline{ECUACION \quad \beta = 10 \text{ Log } (10^{12} I)}$$

Los experimentos muestran que el sonido mas bajo que puede escuchar una persona es de 10^{-12} watts / m^2 . A esta intensidad de 10^{-12} watts / m^2 se la llama intensidad umbral (= Mínima).

Entonces si la intensidad que está llegando al oído es I , la comparación que se hace es dividir esta I por la mínima intensidad que el oído es capaz de escuchar. La cuenta sería: $I / 10^{-12}$ watts / m^2 . Como el número 10^{-12} está dividiendo, lo puedo pasar arriba y me queda $I \times 10^{12}$. Ahora, para traducirlo a lo que el oído escucha, hay que tomar el logaritmo.

La cuenta quedaría: $\text{Log } (I \times 10^{12})$. A esta unidad se la llama Bel. El Bel no se usa porque es una unidad demasiado grande. Se usa el decibel (dB).

Finalmente la cuenta definitiva que hay que hacer para sacar el nivel de intensidad beta es :

$$\beta = 10 \text{ Log } (10^{12} \times I)$$

NIVEL DE INTENSIDAD (DECIBELES) INTENSIDAD QUE LLEGA AL OIDO (EN watts / m^2)



NIVEL DE INTENSIDAD.
(DECIBELES)

El nivel de intensidad vendría a ser una especie de comparación entre lo que está escuchando el oído y lo mínimo que puede escuchar. Esta fórmula es un poco fea de usar (por el logaritmo). Sin embargo la toman y hay que saberla. Voy a poner ahora algunos ejemplos para que veas como se usa.

Ejemplo:

UNA FUENTE EMITE SONIDO DE MANERA QUE LLEGA AL OIDO UNA INTENSIDAD DE 10^{-4} w/m^2 .
CALCULAR EL NIVEL DE INTENSIDAD EN DECIBELES RECIBIDO POR EL OIDO.

Solución: El nivel de intensidad beta que llega al oído lo calculo con la famosa fórmula $\beta = 10 \text{ Log} (10^{12} \times I)$:

$$\begin{aligned} \beta &= 10 \log (10^{12} \times I) \quad \leftarrow 10^{-4} \frac{\text{Watt}}{\text{m}^2} \\ \Rightarrow \beta &= 10 \log 10^8 \\ \Rightarrow \beta &= \underline{80 \text{ dB}} \quad \leftarrow \text{NIVEL DE INTENSIDAD ESCUCHADO POR EL OIDO} \end{aligned}$$

OTRO EJEMPLO

CALCULAR LA INTENSIDAD I QUE LLEGA AL OIDO DE UNA PERSONA SABRIENDO QUE EL NIVEL DE INTENSIDAD QUE ESCUCHA ES DE 60 DECIBELES.

Solución: Ahora me dan el nivel de intensidad beta que llega al oído de la persona. Para calcular la intensidad en watts por m^2 aplico la fórmula pero al revés :

$$\begin{aligned} 60 \text{ dB} &= 10 \log (10^{12} \cdot I) \\ \Rightarrow 6 &= \log (10^{12} \cdot I) \\ 10^6 &= 10^{12} \cdot I \\ \Rightarrow I &= \underline{10^{-6} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}} \quad \leftarrow \text{INTENSIDAD QUE LLEGA AL OIDO} \end{aligned}$$

OTRO EJEMPLO

UNA AMBULANCIA HACE SONAR UNA SIRENA CON UN NIVEL DE INTENSIDAD DE 100 DECIBELES. CALCULAR EL NIVEL DE INTENSIDAD QUE ES ESCUCHADO CUANDO SE COLOCA AL LADO OTRA AMBULANCIA QUE TAMBIEN EMITE CON UN NIVEL DE 100 DECIBELES.

Solución: Ahora tengo 2 ambulancias emitiendo cada una con un nivel de 100 deci-

beles. Los niveles de intensidad no se pueden sumar. Es decir, las 2 ambulancias juntas no emiten 200 decibeles. Lo que hay que hacer es sumar las intensidades en watt/m^2 emitidas por cada una de las ambulancias. Veamos. Calculo la intensidad emitida por una sola ambulancia:

$$\begin{aligned} 100 \text{ dB} &= 10 \log (10^{12} \times I) \\ \Rightarrow 10 &= \log (10^{12} \cdot I) \\ \Rightarrow 10^{10} &= 10^{12} I \\ \Rightarrow I &= 10^{-2} \frac{\text{watt}}{\text{m}^2} \quad \leftarrow \text{Intensidad PARA UNA AMBULANCIA.} \end{aligned}$$

Ahora, al estar emitiendo las 2 sirenas juntas, la intensidad será la suma de las intensidades. Es decir:

$$\begin{aligned} I_{\text{TOT}} &= I_1 + I_2 = 2 \times 10^{-2} \text{ watt}/\text{m}^2 \\ \Rightarrow I_{\text{TOT}} &= 2 \times 10^{-2} \frac{\text{watt}}{\text{m}^2} \end{aligned}$$

Ahora me fijo a qué nivel de intensidad corresponde una I de $2 \times 10^{-2} \text{ w}/\text{m}^2$.

$$\begin{aligned} \beta &= 10 \log (10^{12} \times 2 \times 10^{-2}) \\ \beta &= 10 \log (2 \times 10^{10}) \\ \beta &= 10 \times 10,3 \\ \Rightarrow \beta &= 103 \text{ dB} \quad \leftarrow \text{NIVEL DE INTENSIDAD ESCUCHADO POR EL OIDO.} \end{aligned}$$

Fijate que al estar sonando las 2 sirenas juntas, el nivel de intensidad escuchado por el oído sube muy poco. (Solamente 3 dB). Te digo más, si pusieras 10 ambulancias juntas, el nivel de intensidad solamente subiría 10 decibeles. Es decir, se iría a 110 dB.

TABLA CON NIVELES DE INTENSIDAD

Fijate esta tabla que tiene los niveles de intensidad típicos de sonidos de la vida diaria. Nivel de intensidad es lo que en la vida diaria llamamos sonido fuerte o débil. El umbral mínimo de audición tiene una intensidad de $1 \times 10^{-12} \text{ w}/\text{m}^2$. Esto representa aproximadamente el ruido que hace una hoja al caer de un árbol.

Al mínimo nivel de intensidad escuchable le corresponde 0 dB. (Ojo). La intensi-

dad máxima que puede escuchar el oído es aproximadamente de 1 w/m^2 . Esto equivale a unos 120 decibeles. (sensación dolorosa).

	SONIDO EMITIDO	NIVEL DE INTENSIDAD BETA EN DECIBELES
Mora- leja: Cuando vayas a bailar, nunca metas la ca- beza en el cono del parlan- te.	UMBRAL MINIMO DE AUDICION	0 db (Ojo, cero)
	PERSONA HABLANDO EN SECRETO	10 dB
	MOVIMIENTO DE LAS HOJAS DE UN ARBOL	20 dB
	RADIO MUY, MUY BAJITO	30 dB
	RADIO A POCO VOLUMEN	40 dB
	RADIO O TELE A VOLUMEN NORMAL	50dB
	CONVERSACION NORMAL	60dB
	VARIAS PERSONAS HACIENDO RUIDO	70dB
	RUIDO EN EL OBELISCO A LAS 18 HS	80 dB
	ESTEREO MUY FUERTE	90dB
	ESTEREO ATRONANDO	100 Db
	BOLICHE BAILABLE - RECITAL	110 dB
	BOLICHE, CABEZA EN EL CONO DEL PARLANTE	120 dB

VER

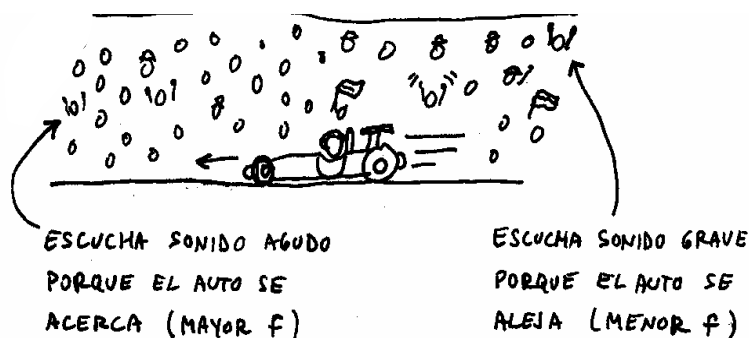
EFEECTO DOPPLER

La frecuencia de una onda es la cantidad de veces por segundo que una onda vibra. A más vibraciones por segundo, mayor frecuencia. Es importante que sepas que lo que en la vida diaria se llama sonido grave o agudo, en física se lo llama sonido de baja frecuencia o sonido de alta frecuencia. Cuanto mayor es la frecuencia del sonido, más agudo es. Es decir :

FRECUENCIA MAYOR → SONIDO AGUDO.

FRECUENCIA MENOR → SONIDO GRAVE.

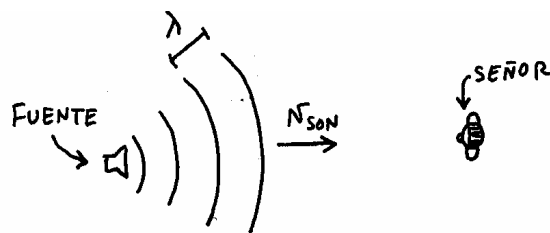
Habrás notado alguna vez que cuando una ambulancia se acerca el sonido de la sirena es mas agudo que cuando se aleja. Lo mismo pasa con los trenes que llegan a la estación y pasan sin frenar. Quiero decir, cuando el tren se acerca, el sonido es agudo. Pero una vez que pasó, el sonido es grave. También se puede escuchar esto cuando el auto de carrera pasa frente a uno.



Este cambio en la frecuencia del sonido cuando la fuente de sonido se acerca o se aleja de la persona que escucha se llama EFECTO DOPPLER .

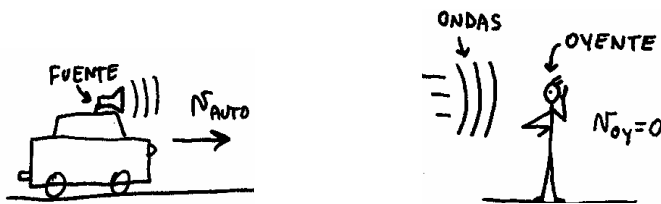
¿ Por que se produce este cambio en el tono del sonido que es escuchado por el oyente cuando la fuente se mueve ? Bueno, esto no es fácil de explicar. La idea es la siguiente. Supongamos una fuente que emite sonido de cierta frecuencia. Pongamos 100 Hz (= 100 vibraciones por segundo). Si la fuente que emite el sonido está quieta y el observador está quieto, no hay problema, el tono del sonido que va a escuchar el oyente es el mismo tono que el que emite la fuente. Es decir, el tipo va a escuchar 100 Hz.

Miremos lo que ocurre desde arriba :



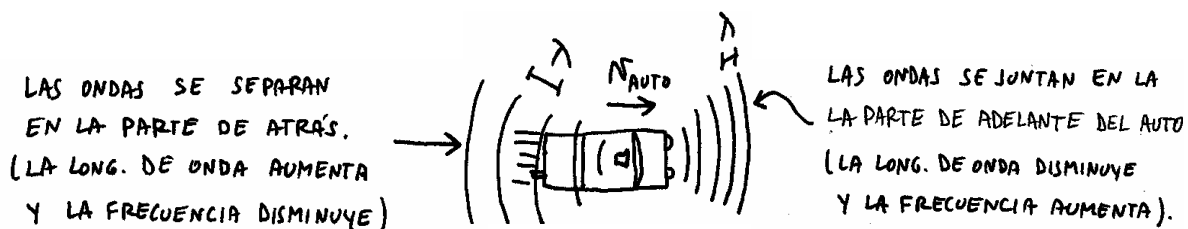
Para fuente quieta y oyente quieto, el tono del sonido escuchado es el mismo que el del sonido emitido.

Fijate lo que pasa si la fuente de sonido se mueve hacia el tipo que escucha:

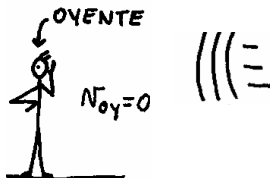


Fuente acercándose: frecuencia escuchada mayor.

Ahora las ondas que salen hacia delante del auto se juntan todas delante del auto. Eso quiere decir que la longitud de onda disminuye. Al disminuir la longitud de onda, a uno le llegan más cantidad de ondas por segundo. Y la cantidad de ondas por segundo que uno recibe es justamente la frecuencia.



Para alguien que escucha al auto mientras lo ve alejarse, lo que ocurre es exactamente lo contrario. La longitud de las ondas aumenta y la cantidad de ondas que le llegan por segundo disminuye. Es decir, la frecuencia con la que llegan las ondas disminuye y el sonido se escucha mas grave.

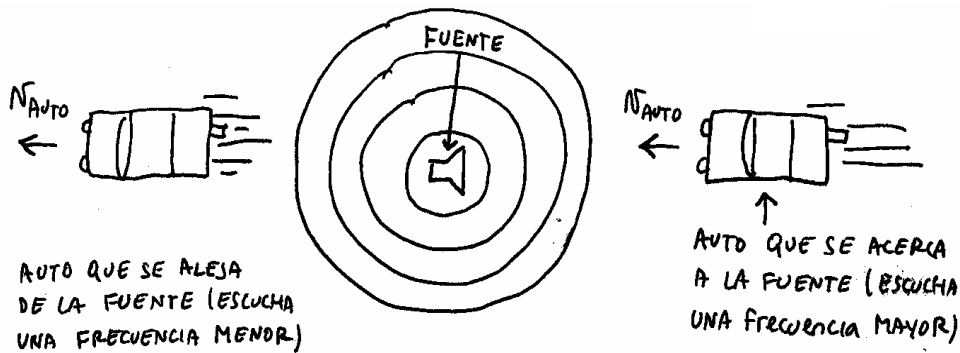


Fuente alejándose:
La frecuencia que escucha es menor.

Conclusión:

FUENTE ACERCANDOSE → MAYOR FRECUENCIA
FUENTE ALEJANDOSE → MENOR FRECUENCIA

El mismo razonamiento puede hacerse si la fuente que emite el sonido está quieta y el que se mueve es el oyente.



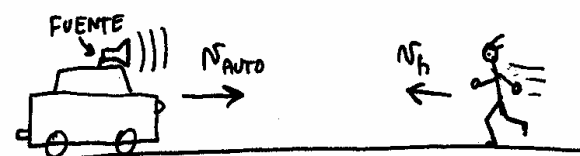
Por ejemplo, el oyente al acercarse a la fuente corta mayor cantidad de ondas por segundo. Eso hace que la frecuencia que escucha sea mayor.

Exactamente lo contrario pasa si el oyente se está alejando de la fuente de sonido. Se va alejando de las ondas, de manera que recibe menos ondas por segundo y la frecuencia disminuye. Conclusión:

OYENTE ACERCANDOSE → MAYOR FRECUENCIA
OYENTE ALEJANDOSE → MENOR FRECUENCIA

También pueden moverse tanto el oyente como la fuente. Ahí los efectos se sumarán o se restarán, depende el caso.

Ejemplo, si la fuente de sonido viaja hacia el oyente y a la vez el oyente viaja hacia la fuente, los efectos se sumarán.



Oyente y fuente yendo uno al encuentro del otro.
Los efectos se superponen.

FORMULA PARA EL EFECTO DOPPLER

La fórmula para calcular el efecto Doppler da la frecuencia que escucha el oyente cuando la fuente se mueve, o cuando el oyente se mueve, o cuando los 2 se mueven. La fórmula chochaza es esta :

$$f_{OY} = \frac{344 \pm N_{OY}}{344 \pm N_{FU}} \times f_{FU}$$

VELOCIDAD DEL SONIDO
↓
344

VELOCIDAD (m/s)
↑
N_{OY}

FRECUENCIA QUE ESCUCHA EL OYENTE [Hz]

VELOCIDAD DE LA FUENTE (m/s)
↑
N_{FU}

FRECUENCIA EMITIDA POR LA FUENTE. (VA EN HERTZ)

EFECTO DOPPLER. FORMULA PARA CALCULAR LA FRECUENCIA QUE ESCUCHA EL OYENTE.

Fijate como se usa esta fórmula. Vamos primero al número 344. Este 344 es la velocidad del sonido. (344 m/s). Ojo, este es el valor normal que suele tomarse para la velocidad del sonido. Este valor depende de la presión , la temperatura y varias cosas más. Puede cambiar de un problema a otro. Vos tenés que usar el valor que ellos te digan. El problema al usar la fórmula de Doppler son los signos. Fijate que en la ecuación hay dos ± . ¿ Cómo sabe uno cuando usar + o cuándo usar - ?

Rta: Bueno, hay que razonarlo para cada problema en particular. Es decir, uno mira la fórmula y se fija si tiene que poner signo positivo o negativo en el numerador o en el denominador para que la frecuencia escuchada dé mayor o para que la frecuencia escuchada dé menor.

Para saber el signo siempre me baso en las reglas que puse antes:

FUENTE ACERCANDOSE AL OYENTE → MAYOR FRECUENCIA ESCUCHADA.
FUENTE ALEJANDOSE DEL OYENTE → MENOR FRECUENCIA ESCUCHADA.

OYENTE ACERCANDOSE A LA FUENTE → MAYOR FRECUENCIA ESCUCHADA.
OYENTE ALEJANDOSE DE LA FUENTE → MENOR FRECUENCIA ESCUCHADA.

Estas reglas no hay que aprendérselas de memoria. Hay que razonarlas para cada problema en particular.

Vamos a un ejemplo:

UNA SIRENA EMITE CON UNA FRECUENCIA DE 100 Hz. CALCULAR LA FRECUENCIA QUE ESCUCHA UNA PERSONA EN LOS SIGUIENTES CASOS:

- FUENTE QUIETA. OYENTE MOVIENDOSE HACIA LA FUENTE CON $V = 40$ m/s.
- FUENTE QUIETA. OYENTE ALEJANDOSE DE LA FUENTE CON $V = 40$ m/s.
- OYENTE QUIETO. FUENTE MOVIENDOSE HACIA EL OYENTE CON $V = 40$ m/s.
- OYENTE QUIETO. FUENTE ALEJANDOSE DEL OYENTE CON $V = 40$ m/s.
- FUENTE Y OYENTE MOVIENDOSE UNO HACIA EL ENCUENTRO CON EL OTRO CADA UNO CON VELOCIDAD 40 m/s.

Solución:

a) El oyente se mueve hacia la fuente y la fuente está quieta. La frecuencia escuchada tiene que ser mayor a 100 Hz. Quiere decir que en la fórmula, en el numerador, donde dice ($344 \pm V_{oyente}$) tengo que usar el signo + para que el número de lo más grande posible.

Por otra parte, en el denominador va CERO porque la velocidad de la fuente es cero. Entonces me queda:

$$f_{oy} = \frac{344 + 40}{344 + 0} \times 100 \text{ Hz}$$

← VER
Frecuencia escuchada por el oyente en el caso a)

b) - Fuente quieta. Oyente alejándose de la fuente con $v = 40 \text{ m/s}$.

Ahora la frecuencia del sonido tiene que disminuir porque el oyente se aleja. Quiere decir que en el numerador ahora va un signo menos. Entonces:

$$f_{oy} = \frac{344 - 40}{344 + 0} \times 100 \text{ Hz}$$

← VER
 $f_{oy} = \underline{88,3 \text{ Hz}}$ ← Frecuencia escuchada por el oyente en el caso b)

c) - Oyente quieto. Fuente moviéndose hacia el oyente con $v = 40 \text{ m/s}$.

Si la fuente se mueve hacia el oyente, la frecuencia escuchada tiene que aumentar. Entonces en el denominador los 40 m/s van con signo MENOS.

$$f_{oy} = \frac{344 + 0}{344 - 40} \times 100 \text{ Hz}$$

← VER
 $f_{oy} = \underline{113,1 \text{ Hz}}$ ← Frecuencia escuchada por el oyente en el caso c)

d) - Oyente quieto. Fuente alejándose del oyente con $v = 40 \text{ m/s}$.

$$f_{oy} = \frac{344 + 0}{344 + 40} \times 100 \text{ Hz}$$

← VER
 $f_{oy} = \underline{89,5 \text{ Hz}}$ ← Frecuencia escuchada por el oyente en el caso d)

e) - Fuente y oyente moviéndose uno hacia el encuentro con el otro cada uno con velocidad 40 m/s .

Ahora ambos efectos se superponen. La frecuencia aumenta. Tiene que ir signo mas arriba y signo menos abajo. Entonces:

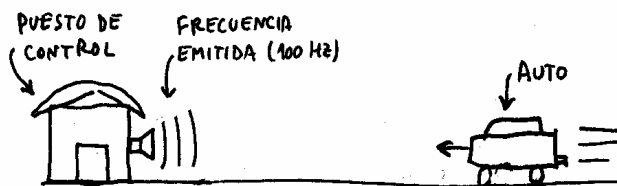
$$f_{oy} = \frac{344 + 40}{344 - 40} \times 100 \text{ Hz}$$

$$f_{oy} = 126,3 \text{ Hz}$$

← Frecuencia escuchada por el oyente en el caso e)

OTRO EJEMPLO

DESDE UN PUESTO CAMINERO SE EMITE UN SONIDO CON UNA FRECUENCIA DE 100 Hz. ESTE SONIDO REBOTA EN UN AUTO QUE SE ACERCA A 40 m/s. DETERMINAR LA FRECUENCIA RECIBIDA EN EL PUESTO CAMINERO.



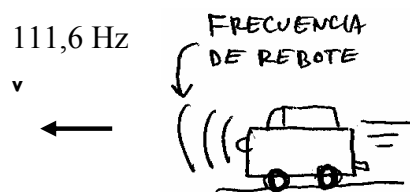
Acá hay que tener cuidado. Este problema hay que calcularlo en 2 partes. Calculemos 1ro con qué frecuencia escucha el auto el sonido que le llega desde el puesto de control. La fuente está quieta y el auto se acerca a 40 m/s. Quiere decir que la frecuencia escuchada por el tipo será mayor. Los 40 m/s irán en el numerador con signo + . Me queda:

$$f_{oy} = \frac{344 + 40}{344 + 0} \times 100 \text{ Hz}$$

$$f_{oy} = 111,6 \text{ Hz}$$

← Frecuencia que llega al auto.

Pero ahora , ojo, este sonido rebota en el auto y vuelve a llegar al puesto de control. Del auto rebota sonido con una frecuencia de 111,6 Hz. Pero este sonido ahora sale del auto que se está moviendo a 40 m/s.



Ahora el auto funciona como fuente y el puesto caminero como oyente. Entonces la ecuación es:

$$f_{oy} = \frac{344 + 0}{344 - 40} \times 111,6 \text{ Hz}$$

$$f_{oy} = 126,2 \text{ Hz}$$

← Frecuencia que llega al puesto.