



uniGermana
Transformamos vidas, cumplimos sueños.

FÍSICA II

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA COLOMBO ALEMANA

RESOLUCIÓN 26827 DE 29 DE NOVIEMBRE 2017



FÍSICA II

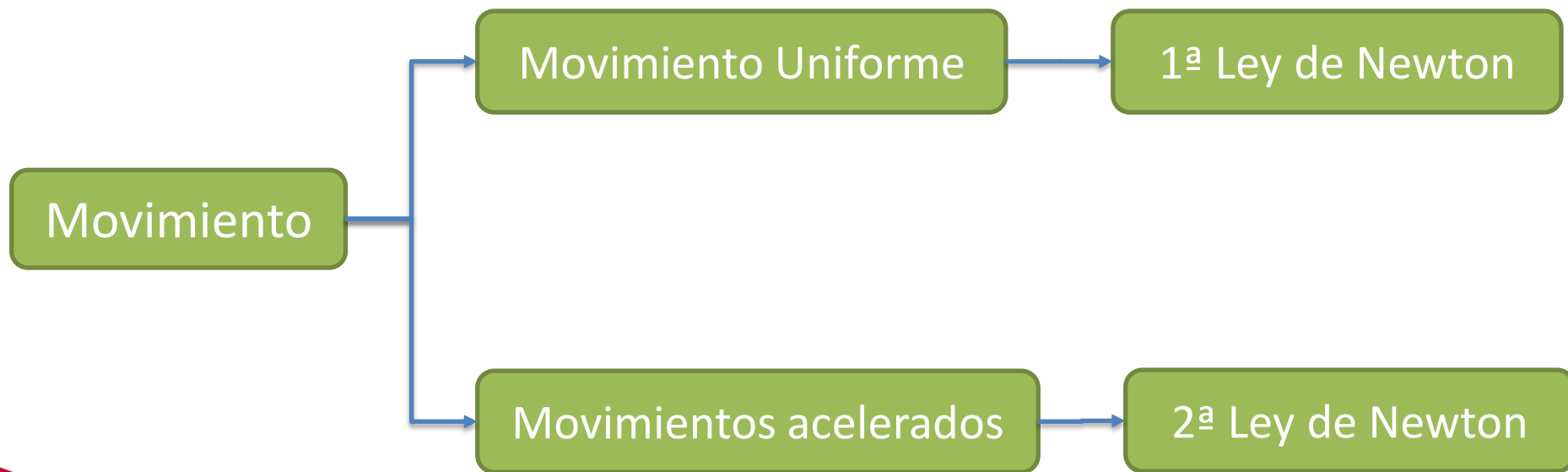
Contenido de la asignatura

- ✓ Movimiento armónico Simple
- ✓ Introducción a las Ondas (características, fenómenos, tipos)
- ✓ El sonido y efecto Doppler
- ✓ La luz y las ondas electromagnéticas



El Movimiento Armónico Simple

En la naturaleza los cuerpos se mueven de distintas maneras, como lo hemos estudiado en el curso de Física I, estos movimientos los podemos clasificar en:



UniGermana



EFQM
Committed to excellence
2 star - 2015

El Movimiento Armónico Simple

Pero hay objetos o cuerpos que se mueven de una manera diferente, en este si aplicamos (o si existe) una fuerza restauradora (F_r) estos oscilan desde una punto de equilibrio (0), podemos decir que están en un movimiento armónico.

Por ejemplo: un objeto atado a un resorte, un diapasón, un péndulo, una regla que sostenida desde el borde es golpeada suavemente, las vibraciones producidas por un clarinete o las cuerdas de una guitarra, con breves ejemplos movimientos oscilantes.

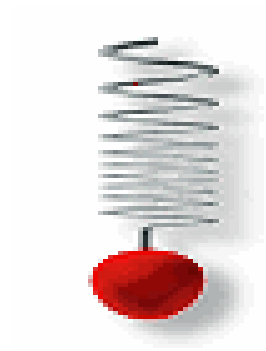


UniGermana



El Movimiento Armónico Simple

Ejemplos de sistemas oscilantes ...



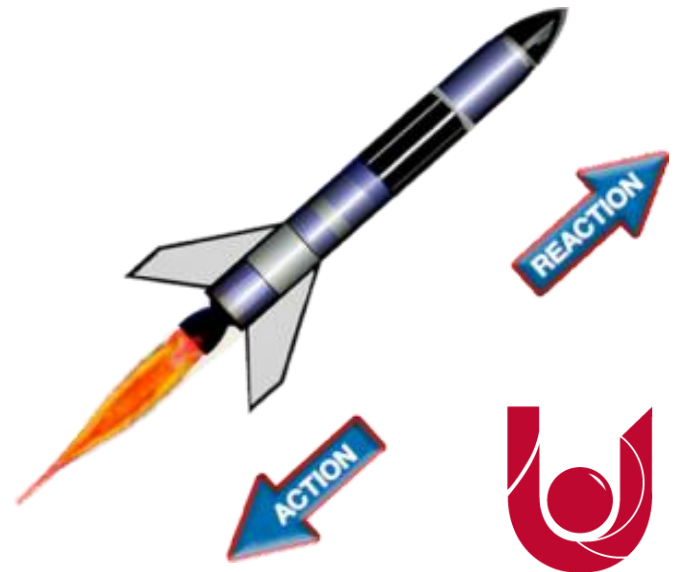
EFQM



El Movimiento Armónico Simple

Entonces ... si a un objeto le aplicamos una fuerza externa haciendo que salga de su posición de equilibrio y este tiende a regresar, es sin lugar a duda un movimiento oscilante, que puede o no ser armónico (y simple).

Todo objeto en la naturaleza posee una fuerza de restauración, esto es lo que se conoce como la rigidez del objeto que depende netamente de la naturaleza del material. Siguiendo la tercera Ley de Newton, toda fuerza aplicada tiene una con la misma intensidad y en el sentido contrario.



El Movimiento Armónico Simple

La Fuerza Restauradora

La fuerza restauradora fue descrita en principio por el Físico contemporáneo a Newton, Robert Hooke. Su principio se basaba básicamente en que elasticidad de un objeto dependía netamente de la fuerza aplicada y de la contracción o deformidad que sufría el objeto, en otras palabras.

La ley de la elasticidad está dada en:

$$F_r = k\Delta x$$

Donde k es la constante de elasticidad y x es la distancia a la cual se contrae el objeto.



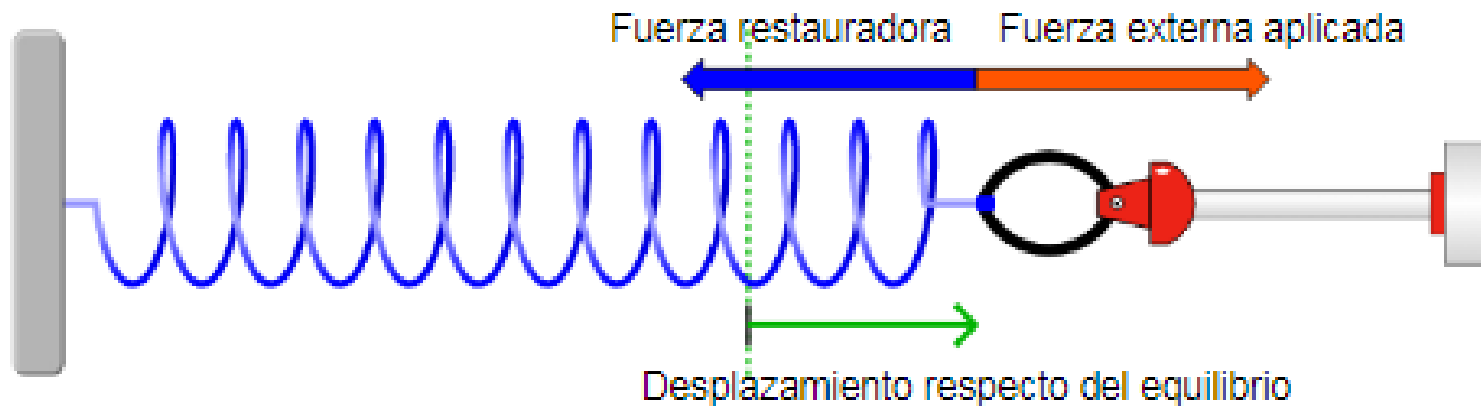
UniGermana



El Movimiento Armónico Simple

La Fuerza Restauradora

Vista desde otro punto de vista, aplicada a un resorte.



El Movimiento Armónico Simple

La Fuerza Restauradora

Veamos un ejemplo:

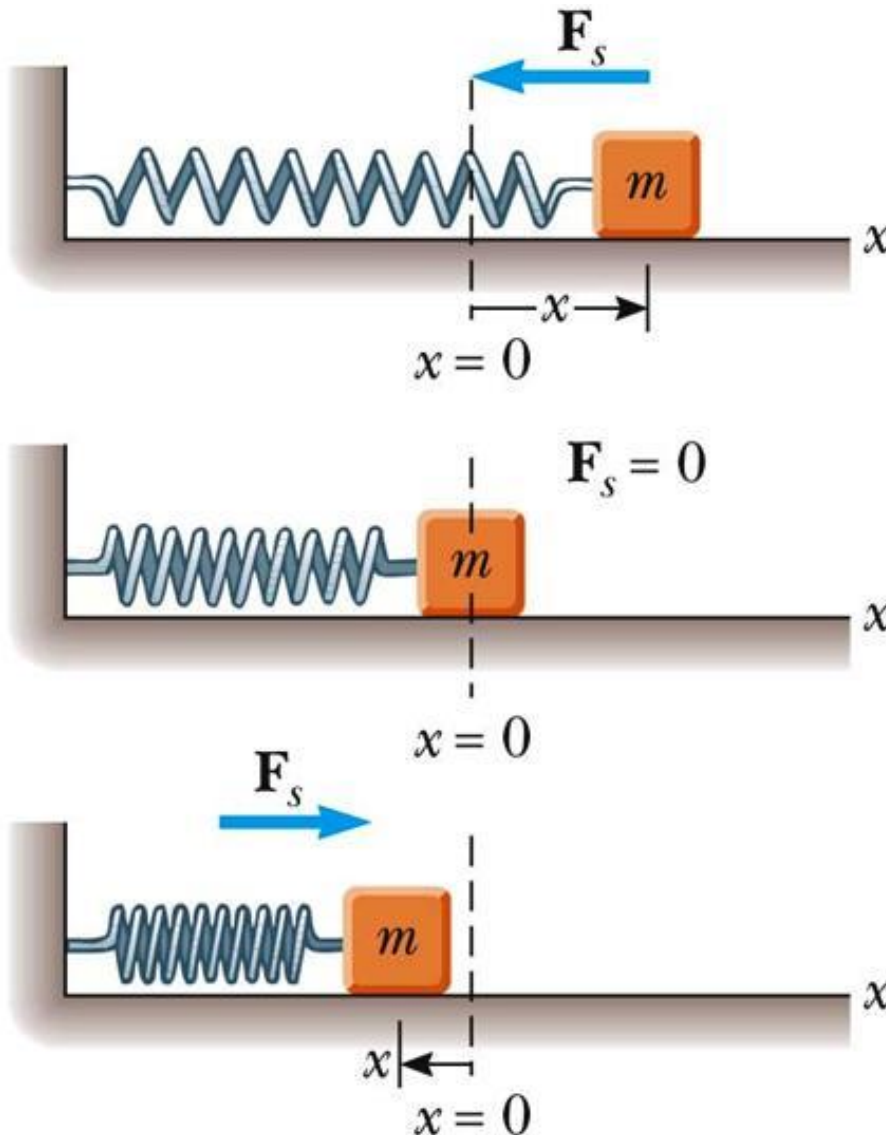
Resortes automotrices. Cuando una familia de cuatro personas con una masa total de 200 kg se sube a su automóvil de 1200 kg, los resortes del vehículo se comprimen 3.0 cm. a) ¿Cuál es la constante de resorte de los resortes del auto, suponiendo que éstos actúan como un solo resorte? b) ¿Cuánto más bajo estará el automóvil si se carga con 300 kg, en vez de 200 kg?



UniGermana



El Movimiento Armónico Simple



Ahora si tomamos una masa (m) que se encuentra atada a un resorte de constante de elasticidad (k) y aplicamos una fuerza externa (F_{ex}), apartándolo de su posición de equilibrio (0).

El sistema empezará a oscilar en referente a su punto de equilibrio.

El Movimiento Armónico Simple

Entonces aplicando la segunda ley de Newton sobre el sistema, obtenemos:

$$ma - kx = 0$$

Segunda Ley de
Newton

Fuerza
restauradora

$$\frac{d^2 x}{dt^2} m - kx = 0$$

El Movimiento Armónico Simple

Obtenemos una ecuación diferencial de segundo orden

$$\frac{d^2 x}{dt^2} m - kx = 0$$

Dividiendo toda la expresión por la masa m

$$\frac{d^2 x}{dt^2} - \frac{k}{m} x = 0$$

$$\ddot{x} - \omega^2 x = 0$$



UniGermana



El Movimiento Armónico Simple

Obtenemos una ecuación diferencial de segundo orden

$$\ddot{x} - \omega^2 x = 0$$

Donde ω es la frecuencia natural del sistema que está oscilando, esta variable también se conoce como “frecuencia angular”.

$$\omega^2 = \frac{k}{m} \quad \text{O bien} \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Entonces la solución a la ecuación diferencial

$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi)$$



UniGermana



El Movimiento Armónico Simple

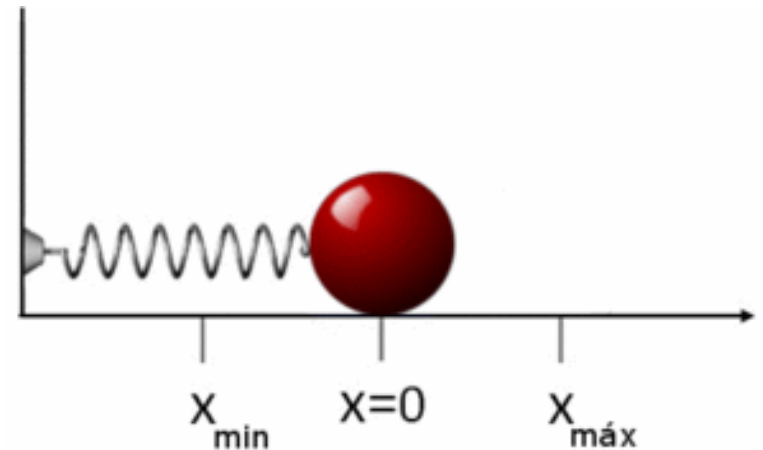
Entonces la solución a la ecuación diferencial

$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi)$$

Recordemos que estamos trabajando con un sistema masa – resorte.

Donde:

A es la amplitud, que es el máximo desplazamiento que realiza el sistema desde su punto de equilibrio. También se conoce como máxima elongación.



El Movimiento Armónico Simple

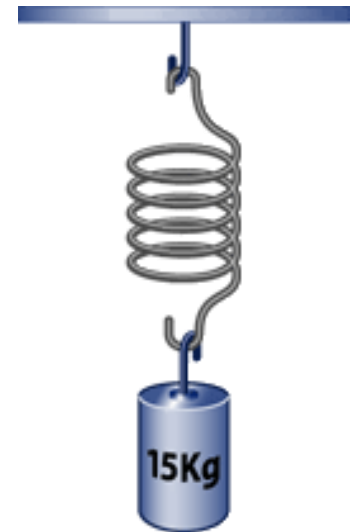
Relación entre frecuencia angular, periodo y frecuencia

En el movimiento armónico simple, tenemos tres variables fundamentales, la frecuencia angular ω , el periodo T y la frecuencia f

La frecuencia angular, esta asociada al movimiento circular, donde es la cantidad de vueltas o giros durante un intervalo de tiempo, en otras palabras:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

Donde el Periodo T es el tiempo que se demora el sistema en realizar una oscilación.



El Movimiento Armónico Simple

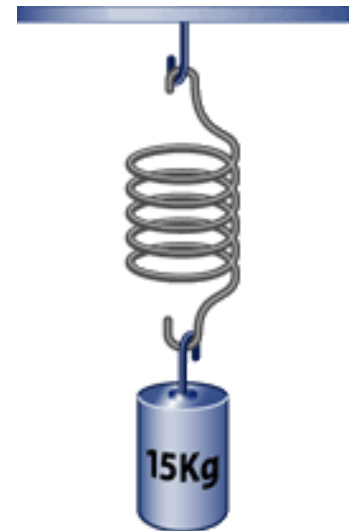
Relación entre frecuencia angular, periodo y frecuencia

La frecuencia f se define como la cantidad de ciclos u oscilaciones en un intervalo de tiempo. La unidad de la frecuencia en el S.I. es el Hertz

$$1 \text{ Hertz} = 1 \text{ Hz} = \frac{1 \text{ ciclo}}{\text{seg}} = 1 \text{ s}^{-1}$$

Como la frecuencia es la cantidad de ciclos en un intervalo de tiempo, la podemos relacionar con el Periodo, de esta manera.

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



El Movimiento Armónico Simple

Relación entre frecuencia angular, periodo y frecuencia

De esta manera la frecuencia angular, también se puede definir, como:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

Para un sistema masa - resorte

$$f = \frac{1}{2\pi} \omega = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \qquad T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$



UniGermana

El Movimiento Armónico Simple

Elongación, velocidad y aceleración

La solución a la ecuación diferencial, nos permite encontrar la elongación del sistema en cualquier tiempo dado, entonces:

$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi)$$

La velocidad en cualquier intervalo de tiempo:

$$v = \frac{dx}{dt} = -\omega A \sin(\omega t + \phi)$$

La aceleración en cualquier intervalo de tiempo:

$$a = \frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2 A \cos(\omega t + \phi)$$

El Movimiento Armónico Simple

Ejemplo:

Una masa en un resorte oscila verticalmente con una amplitud de 15 cm, con una frecuencia de 0.20 Hz. ¿Cuál es la posición, la velocidad y la aceleración y la dirección de la masa en el tiempo $t = 3 \text{ seg}$? ¿Cuántas oscilaciones efectúa la masa en un tiempo de 12 segundos? ¿Cual es el periodo y frecuencia angular del sistema?

Datos...

Primero hallamos la frecuencia angular ...

$$A = 15 \text{ cm}$$

$$f = 0.20 \text{ Hz}$$

$$t = 3 \text{ seg}$$

$$\omega = 2\pi f = 2(3.1416)(0.20) = 1.25$$

Ahora hallamos la posición:

$$x(t) = (0.15)\text{Sen}((1.25)(3) + 0) = (0.15)\text{Sen}(3.75 \text{ rad})$$

$$x(t) = -0.08 \text{ m}$$



UniGermana



El Movimiento Armónico Simple

Datos...

Calculando la velocidad del sistema

$$A = 15 \text{ cm}$$

$$f = 0.20 \text{ Hz}$$

$$t = 3 \text{ seg}$$

$$v(t) = -(1.25)(0.15)\text{Cos}((1.25)(3))$$

$$v(t) = -0.19\text{Cos}(3.75) = 0.15 \text{ m/s}$$

Calculando la aceleración del sistema

$$a(t) = -(1.25)^2(0.15)\text{Sen}(3.75) = 0.13 \text{ m/s}^2$$



UniGermana



El Movimiento Armónico Simple

Datos...

Calculamos el periodo

$$A = 15 \text{ cm}$$

$$f = 0.20 \text{ Hz}$$

$$t = 3 \text{ seg}$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{0.20 \text{ Hz}} = 5 \text{ Seg}$$

Cuántas oscilaciones se realizan en 12 seg

$$\text{Periodo (T)} = \frac{\text{tiempo}}{\text{Oscilaciones}}$$

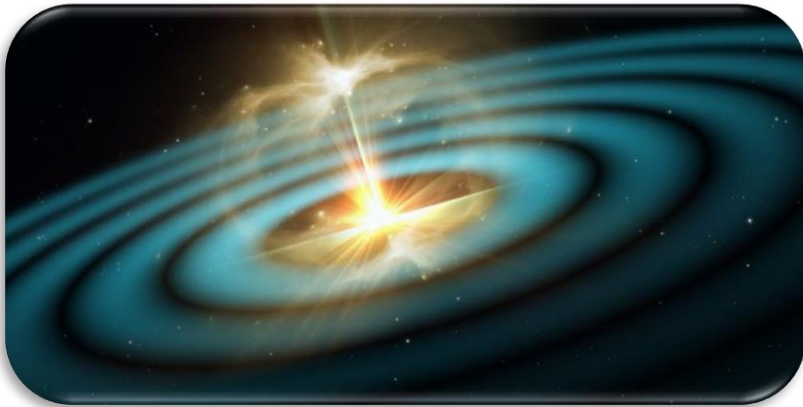
$$\text{Oscilaciones} = \frac{\text{tiempo}}{\text{Periodo}}$$

$$\text{Oscilaciones} = \frac{\text{tiempo}}{\text{Periodo}} = \frac{12 \text{ seg}}{5 \text{ seg}} = 2.4 \text{ osc}$$



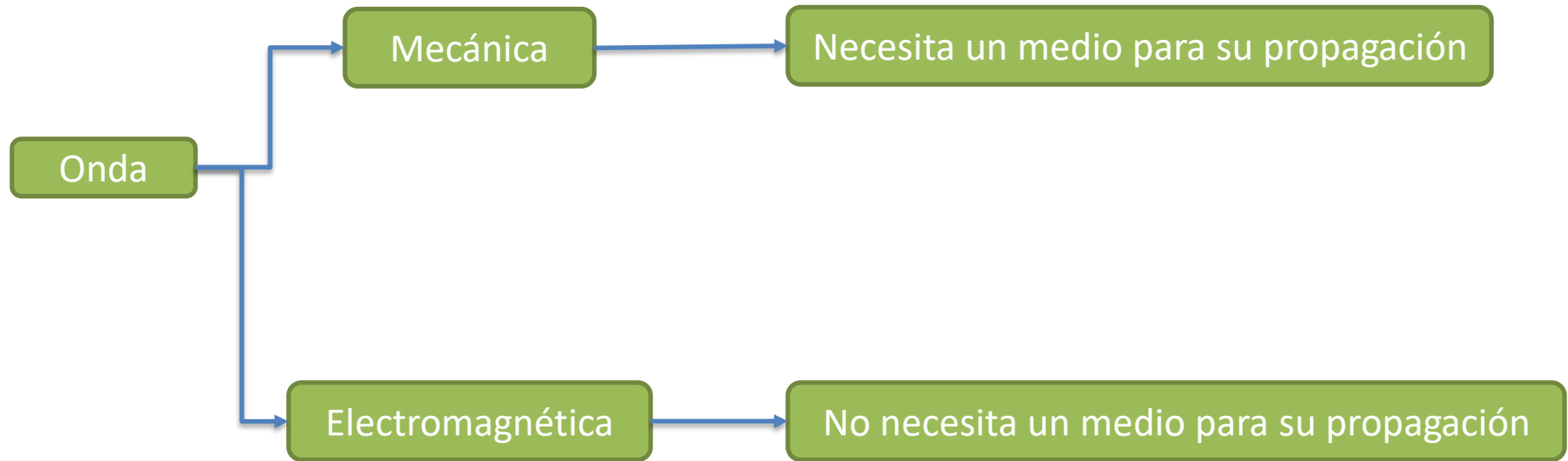
UniGermana

Segunda unidad: Las Ondas

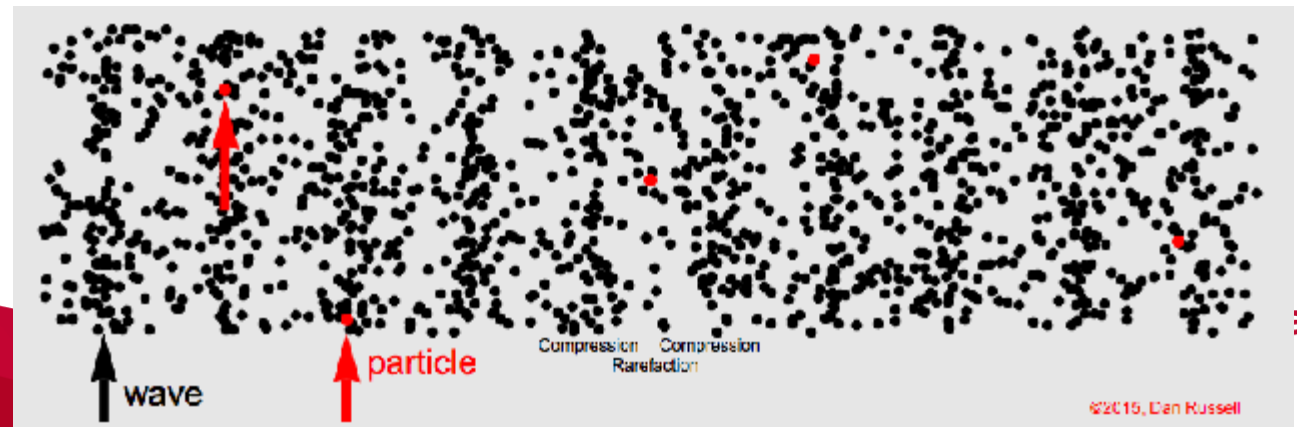
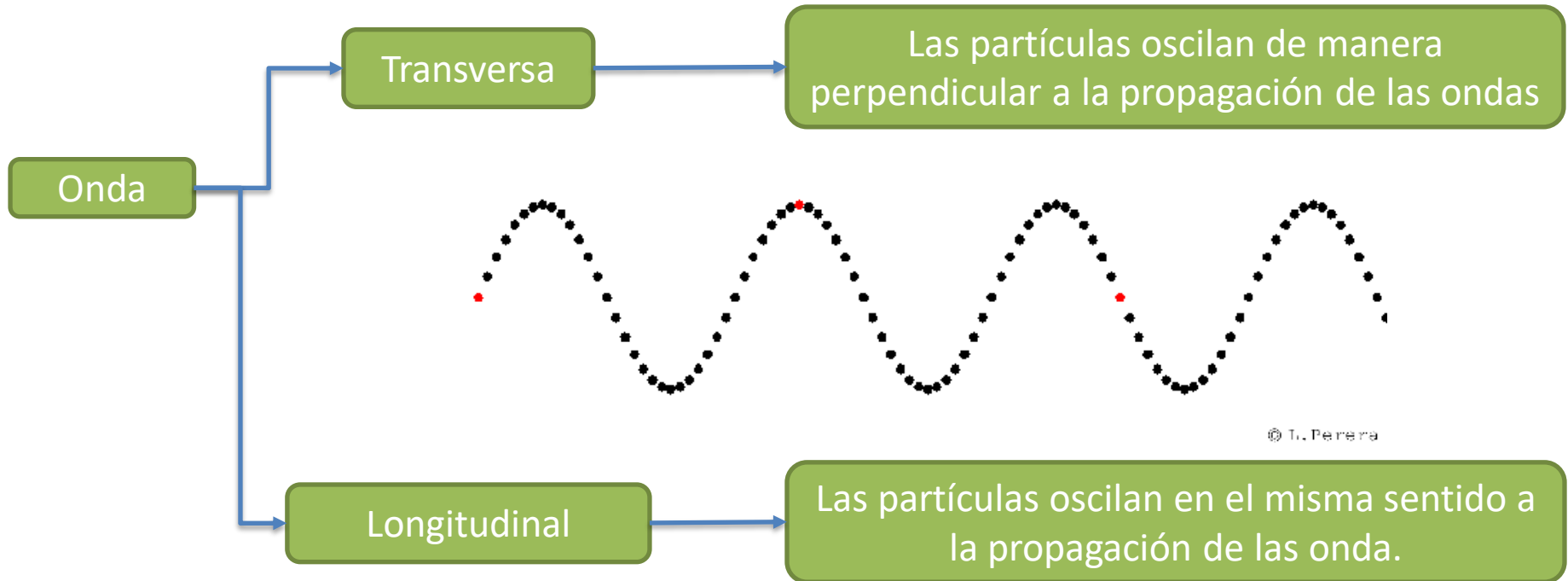


Las Ondas y los fenómenos ondulatorios

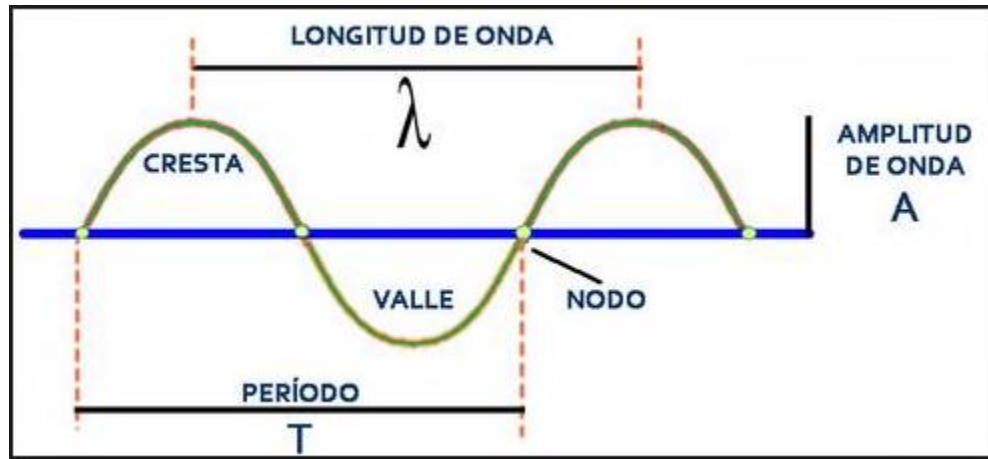
Una Onda la podemos definir como una perturbación que se propaga en el espacio donde se transmite energía pero no materia.



Las Ondas y los fenómenos ondulatorios



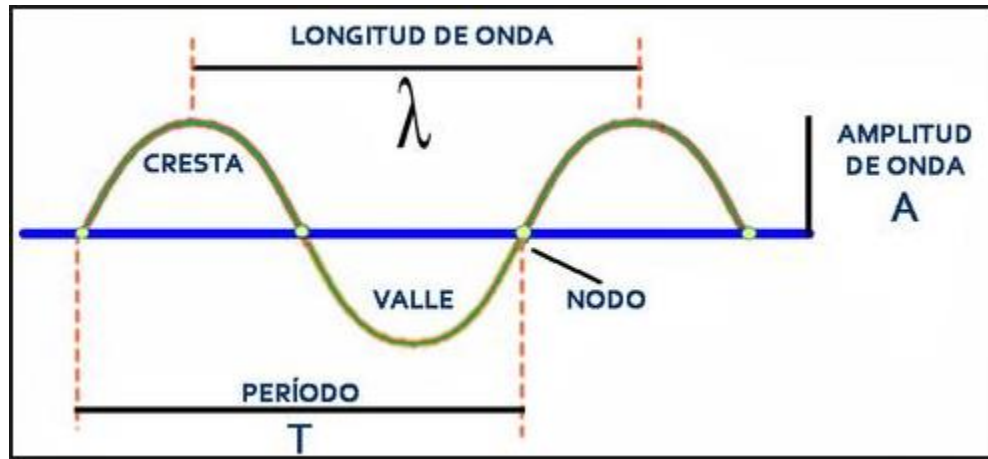
Las Ondas y los fenómenos ondulatorios



Una onda se puede modelar como una función Seno o una función Coseno, análogamente como se modela un movimiento armónico simple.

- **Longitud de Onda (λ):** Es la medida desde una Cresta y Cresta, es la medida más característica de una Onda.
- **Cresta:** Es el punto más alto de la onda.
- **Valle:** Es el punto más bajo de la onda.
- **Nodo:** es un punto donde la onda cruza con la línea de equilibrio.
- **Amplitud (A):** Es la medida de la apertura máxima de la onda.

Las Ondas y los fenómenos ondulatorios

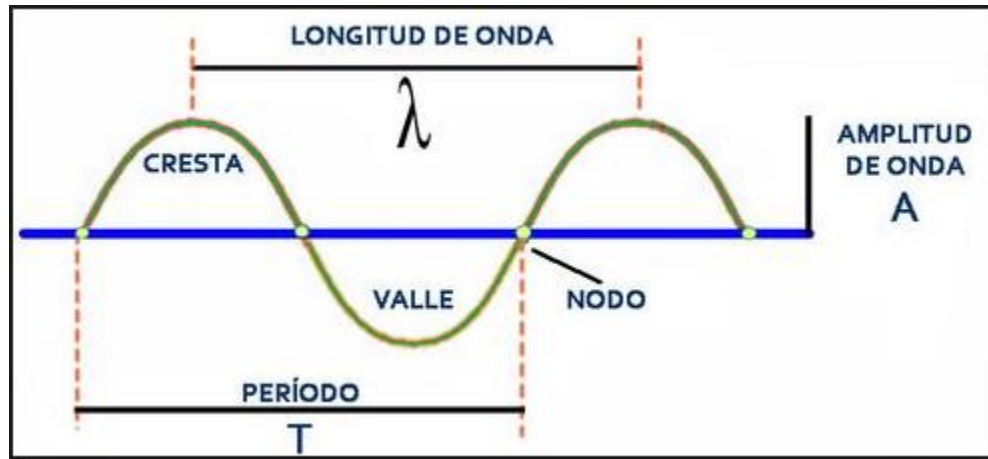


Se considera que una onda viaja a una velocidad constante, es por ello que podemos relacionar las ecuaciones del M.R.U. para trabajar con ellas.

Recordemos que el periodo, es el tiempo que demora la onda en realizar un ciclo, en la imagen podemos observar que la onda sinusoidal inicia en cero (grados) y termina en 360 grados.

$$\text{Velocidad } (v) = \frac{\text{Longitud de onda}}{\text{Periodo}} = \frac{\lambda}{T}$$

Las Ondas y los fenómenos ondulatorios



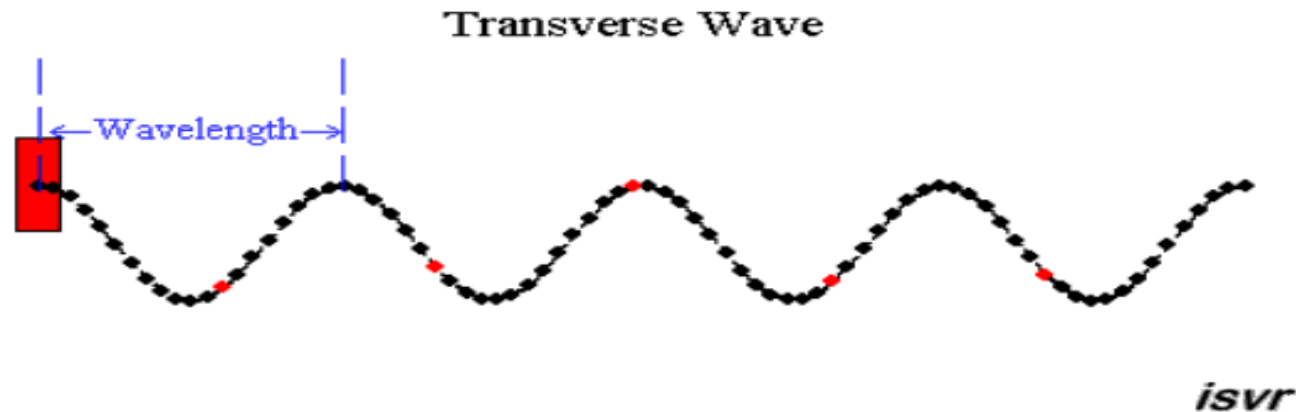
Las ondas poseen ciertas características que nos permiten saber de ellas, como la longitud de onda y el periodo, a partir de ellas dos podemos obtener:

$$\text{Frecuencia}(f) = \frac{1}{\text{Periodo}} = \frac{1}{T}$$

$$\text{Periodo}(T) = \frac{1}{\text{Frecuencia}} = \frac{1}{f}$$

$$\text{Velocidad}(v) = \frac{\text{Longitud de onda}}{\text{Periodo}} = \frac{\lambda}{T}$$

Las Ondas y los fenómenos ondulatorios



$$\text{Periodo } (T) = \frac{\text{Longitud de Onda}}{\text{Velocidad}} = \frac{\lambda}{v}$$

$$\text{Velocidad } (v) = \text{Longitud de onda } (\lambda) \text{ frecuencia } (f)$$

Las Ondas y los fenómenos ondulatorios

Ejemplo:

Una onda de un rango en el espectro no especificado, viaja una velocidad de $1,200 \text{ mts/seg}$ con una frecuencia de 400 Hz . Halla la longitud de onda y el periodo de la onda asociada.

$$\text{Longitud de onda } (\lambda) = \frac{\text{Velocidad}}{\text{Frecuencia}} = \frac{1,200 \text{ mts/seg}}{400 \text{ Hz}} = 300 \text{ mts}$$

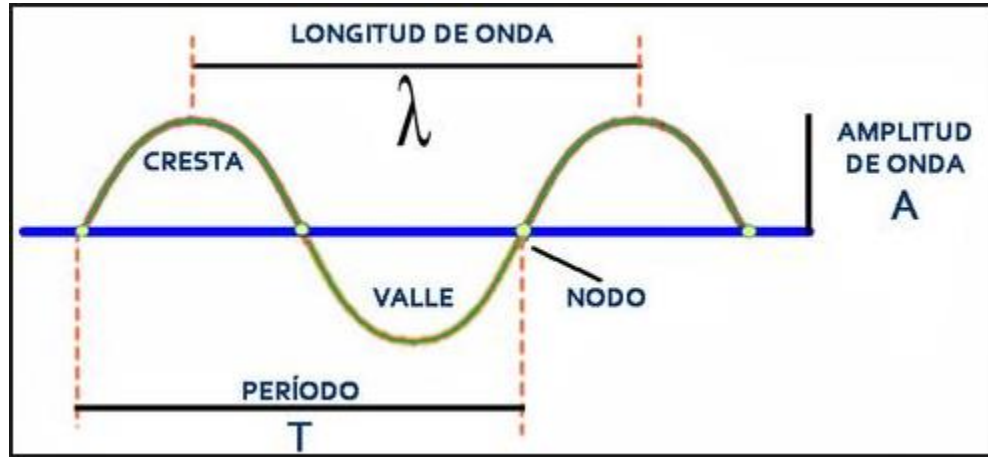
$$\text{Periodo } (T) = \frac{1}{\text{Frecuencia}} = \frac{1}{400 \text{ Hz}} = 0,0025 \text{ seg}$$

$$\text{Frecuencia angular } (\omega) = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0,0025 \text{ seg}} = 2,513,28 \text{ rad/seg}$$



UniGermana

Las Ondas y los fenómenos ondulatorios



Una onda viaja tanto en el tiempo como en el espacio, la onda que estamos observando, es una dimensión, por lo tanto la podemos modelar de la manera:

$$D(x, t) = A \text{Sen}(\omega t + kx)$$

Donde, A es la amplitud de la onda, ω es la frecuencia angular, k es el número de onda.

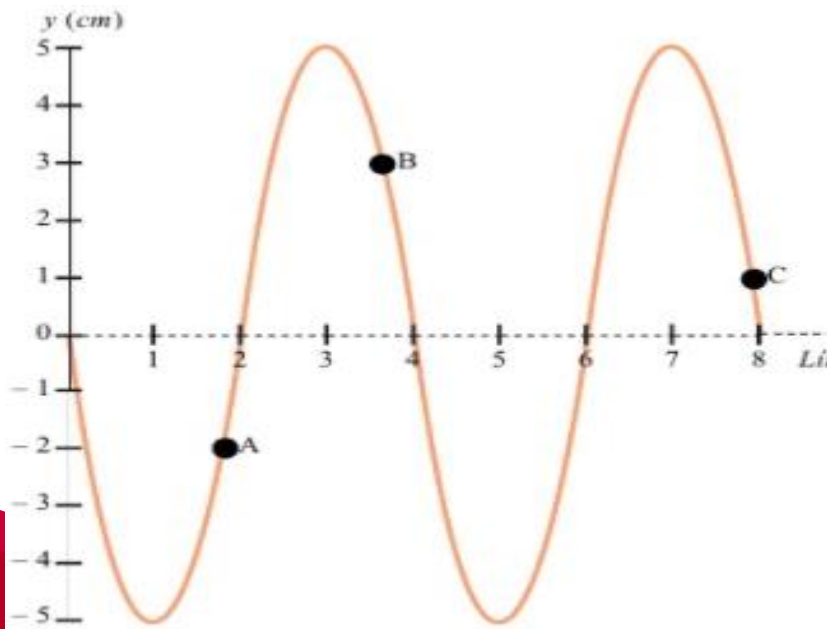
$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

Las Ondas y los fenómenos ondulatorios

Ejemplo:

Una onda se propaga con una amplitud de 5 cm y un periodo de 8 seg . Como se muestra en la imagen. Halla la longitud de onda (λ), su frecuencia angular (ω), su frecuencia (f), su número de onda (k) y su velocidad. Construye la ecuación de la onda descrita.



$$T = 8\text{ seg}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{8\text{ seg}} = 0.8\text{ rad/seg}$$

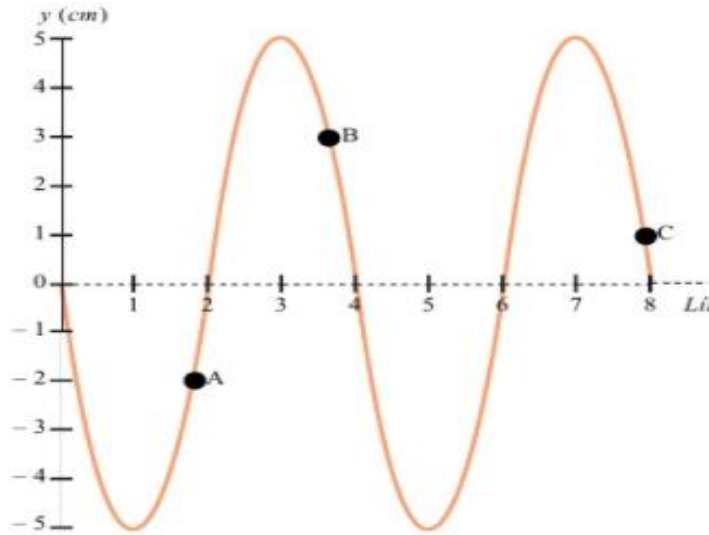
$$\lambda = 4\text{ cm}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{4\text{ cm}} = 1.6\text{ cm}^{-1}$$



UniGermana

Las Ondas y los fenómenos ondulatorios



$$D(x, t) = A \text{Sen}(\omega t + kx)$$

$$\omega = 0.8 \quad k = 1,6 \quad A = 5 \text{ cm}$$

$$D(x, t) = 5 \text{Sen}(0.8t + 1.6x)$$

$$\text{Velocidad } (v) = \frac{\lambda}{T} = \frac{4 \text{ cm}}{8 \text{ seg}} = 0.5 \text{ cm/seg}$$

$$\text{frecuencia } (f) = \frac{\text{velocidad}}{\text{longitud de onda}} = \frac{0.5 \text{ cm/seg}}{4 \text{ cm}} = 0.1 \text{ Hz}$$



UniGermana

Las Ondas y los fenómenos ondulatorios

Ejemplo:

Un generador de señales produce una onda armónica que se propaga por una cuerda como: $D(x, t) = 0.001 \text{Sen}(314t + 62.8x)$ ¿En que sentido viaja la onda? ¿Cuál es su velocidad? ¿Cuál es su longitud de onda, frecuencia y periodo? ¿Cuál es la ecuación de la velocidad y de la aceleración cuando la onda este en el punto $x = -3 \text{ cm}$?

$$\text{numero de onda}(k) = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{2\pi}{k} = \frac{2\pi}{62,8} = 0,10 \text{ metros}$$

$$\text{Frecuencia angular } (\omega) = \frac{2\pi}{T}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{314} = 0,02 \text{ seg}$$



UniGermana



Las Ondas y los fenómenos ondulatorios

Ejemplo:

Un generador de señales produce una onda armónica que se propaga por una cuerda como: $D(x, t) = 0.001 \text{Sen}(314t + 62.8x)$ ¿En que sentido viaja la onda? ¿Cuál es su velocidad? ¿Cuál es su longitud de onda, frecuencia y periodo? ¿Cuál es la ecuación de la velocidad y de la aceleración cuando la onda este en el punto $x = -3 \text{ cm}$?

$$\text{velocidad } (v) = \frac{\text{longitud de onda } (\lambda)}{\text{periodo } (T)} = \frac{0,10 \text{ metros}}{0,02 \text{ seg}} = 5 \text{ mts/seg}$$

$$\text{frecuencia } (f) = \frac{1}{\text{periodo } (T)} = \frac{1}{0,02 \text{ seg}} = 50 \text{ Hz}$$



UniGermana



Las Ondas y los fenómenos ondulatorios

Tenemos que la ecuación de onda es:

$$D(x, t) = 0.001 \text{Sen}(314t + 62.8x)$$

Aplicando la condición, cuando la elongación es $x = -0,03 \text{ metros}$

$$D(-0,03, t) = 0.001 \text{Sen}(314t + 62.8(-0,03))$$

$$D(-0,03, t) = 0.001 \text{Sen}(314t - 1,9))$$

Recordemos que para hallar la velocidad de la onda, realizamos la primera derivada.

$$\frac{dD}{dt} = 0,001 \text{Cos}(314t - 1,9) \cdot 314$$

$$v = 0,314 \text{Cos}(314t - 1,9)$$



UniGermana

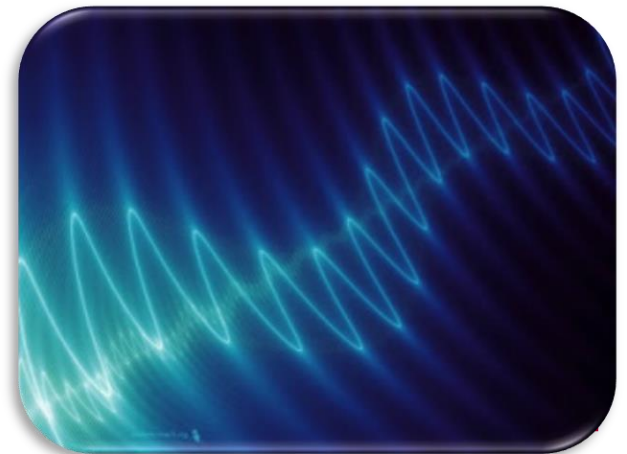


Las Ondas y los fenómenos ondulatorios

La aceleración se puede hallar aplicando la segunda derivada de la posición con respecto al tiempo, o la derivada de la velocidad con respecto al tiempo.

$$\frac{d^2 D}{dt^2} = -0,314 \text{Sen}(314t - 1,9) \cdot 314$$

$$\frac{dv}{dt} = a = -98,6 \text{Sen}(314t - 1,9)$$



Las Ondas y los fenómenos ondulatorios

Las ondas han sido objeto de estudio desde hace bastantes años, pero siempre llegamos aun mismo punto de partida. Sir Isaac Newton es uno de los pioneros de darnos a conocer el comportamiento de las onda, desde un pequeño rayo de luz hecho pasar por un prisma, Newton ha sido el escalón para llegar a sitios tan altos como la Mecánica Cuántica Ondulatorio.

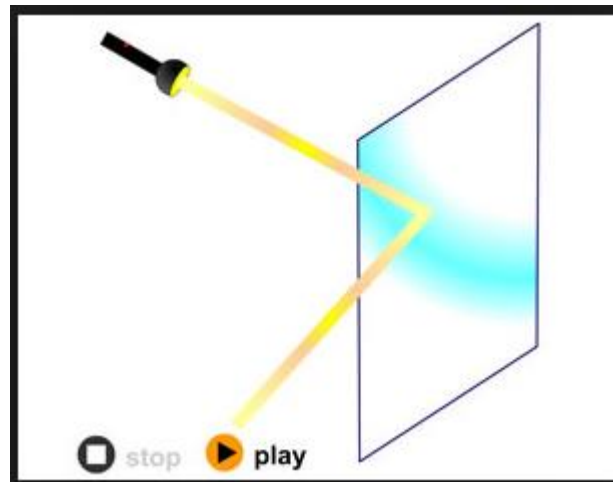


Newton descubrió el denominado espectro de la luz, la cual al pasar por un prisma, aparecían los colores del arco iris. La gran conclusión la luz blanca es el conjunto de los de demás colores.

Las Ondas y los fenómenos ondulatorios

LA TEORIA CORPUSCULAR

Desde el punto de vista de Newton la luz era una serie de corpúsculos o partículas emitidos por los manantiales luminosos, los cuales se propagan en línea recta, que pueden atravesar medios transparentes y que pueden ser reflejados por materiales opacos. Con esta idea solo se pueden explicar la refracción y la reflexión, dado a que los rayos viajan en línea recta.



Las Ondas y los fenómenos ondulatorios

LA REFLEXIÓN

Los rayos de luz pueden ser reflejados sobre prácticamente todas la superficies, esta es la forma por la cual podemos observar el mundo que nos rodea, ya que la luz blanca incide sobre el objeto dejando ver un color específico.

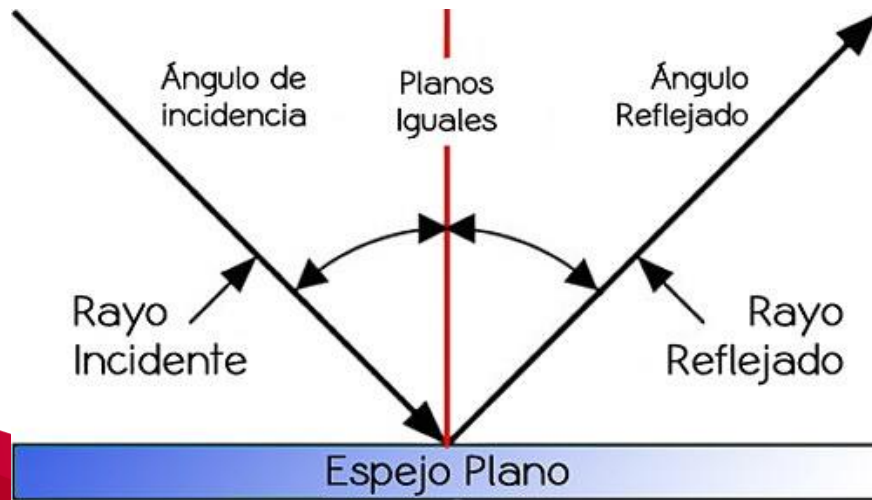


Las longitudes de onda que no son absorbidas por la superficie es reflejada, en el caso dela imagen, veríamos un color rojizo.

Las Ondas y los fenómenos ondulatorios

LA REFLEXIÓN

La reflexión se estudia en la óptica geométrica ya que la naturaleza de la luz permite hacer cálculos con mayor precisión, como vemos en la imagen, un rayo de luz incide sobre un espejo plano, el cual el ángulo de incidencia θ_i es igual al ángulo reflejado θ_r .



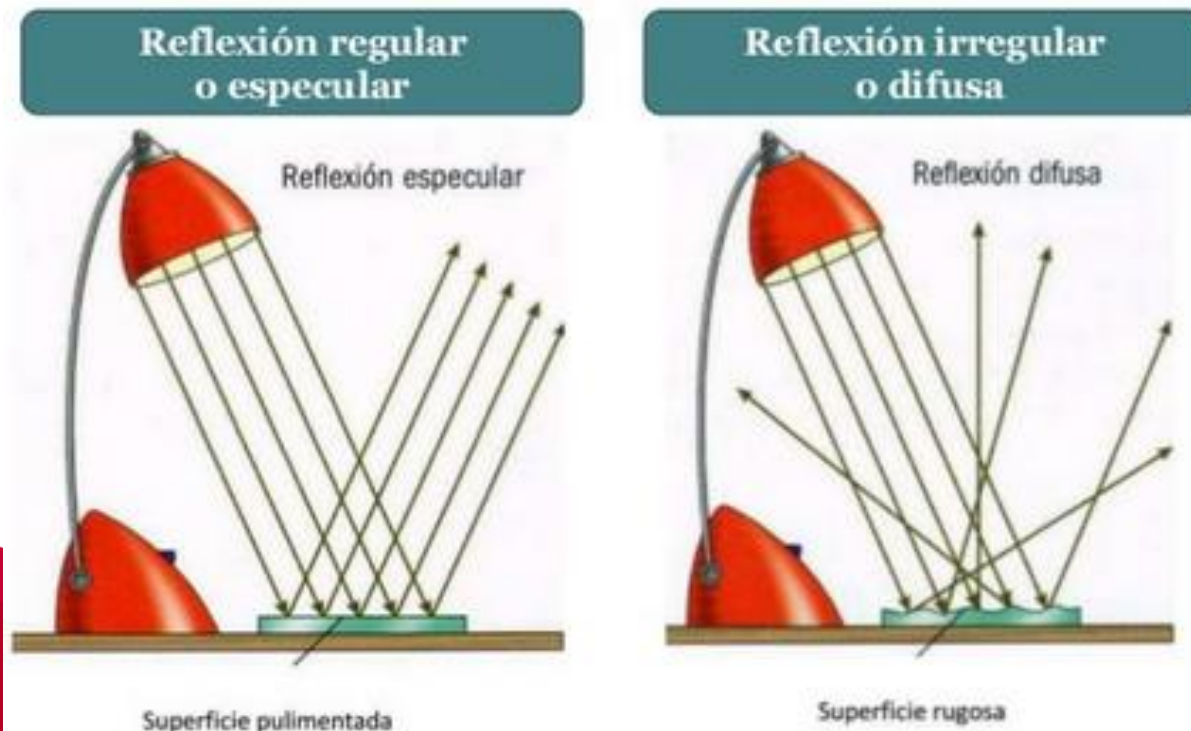
Esta es la que se conoce como ley de la Reflexión.

$$\theta_i = \theta_r$$

Las Ondas y los fenómenos ondulatorios

LA REFLEXIÓN

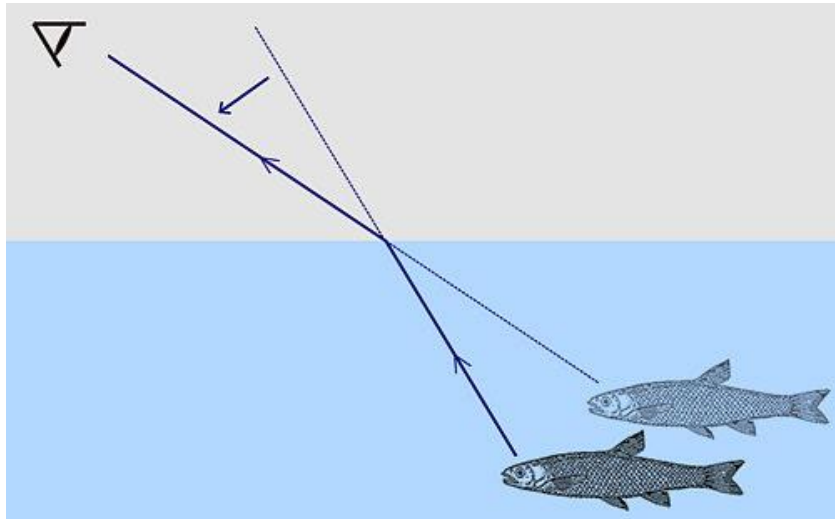
La reflexión puede suceder sobre superficies planas como el dibujo de la izquierda donde veremos imagen nítida o puede suceder sobre superficies rugosas, donde veremos una imagen distorsionada, ya que los rayos no siguen una ruta de reflexión homogénea.



Las Ondas y los fenómenos ondulatorios

LA REGRACCIÓN

Cuando la luz pasa de un medio a otro, se produce un cambio en la dirección debido a la distinta velocidad de propagación que tiene la luz en los diferentes medios y materiales.

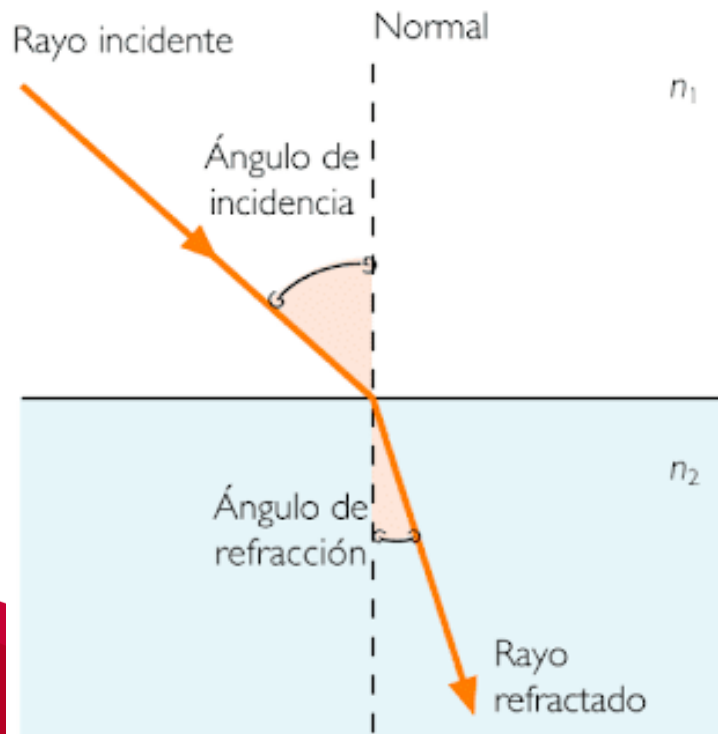


Cuando observamos un objeto, desde afuera del agua, tenemos una perspectiva muy diferente si vamos el a tomarlo con la mano.

Las Ondas y los fenómenos ondulatorios

LA REGRACCIÓN

Este fenómeno siempre se observa cuando los rayos de luz pasan de un medio a otro, puede ser un líquido, sólido o un gas.



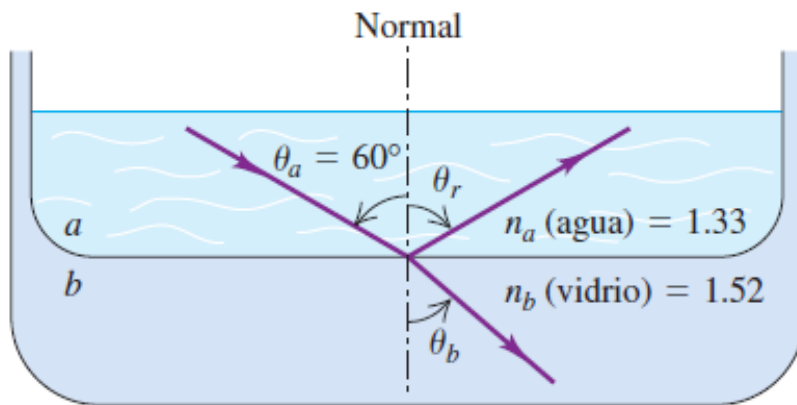
Cada medio posee un termino que se le denomina “índice de refracción” en la imagen observamos la distinción entre los dos. Este aparece cuando comparamos la velocidad de la luz, en el vacío con la velocidad del rayo refractado.

$$n_1 \text{Sen} \theta_i = n_2 \text{Sen} \theta_r$$

Las Ondas y los fenómenos ondulatorios

EJEMPLO

En la imagen el material a es agua y el b es vidrio con índice de refracción de 1.52. Si el rayo incidente forma un ángulo de 60° con la normal, determine las direcciones de los rayos reflejado y refractado.



Usamos la ley de Snell

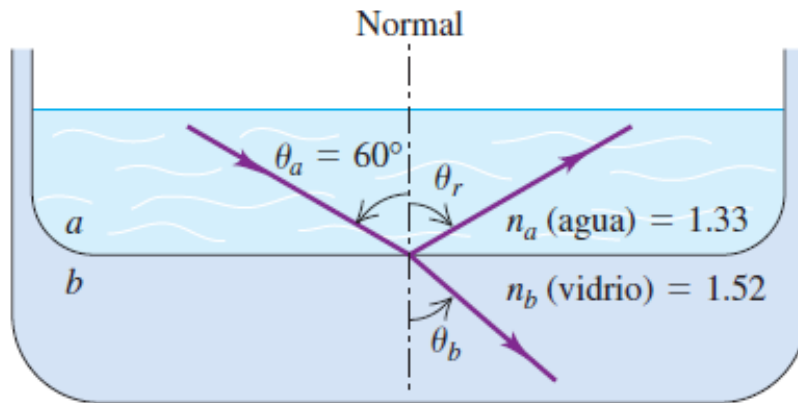
$$n_1 \text{Sen} \theta_i = n_2 \text{Sen} \theta_r$$

Para hallar el ángulo del rayo refractado, despejamos:

$$\text{Sen} \theta_r = \frac{n_1 \text{Sen} \theta_i}{n_2}$$

Las Ondas y los fenómenos ondulatorios

EJEMPLO



Para hallar el ángulo del rayo refractado, despejamos:

$$\text{Sen}\theta_r = \frac{n_1 \text{Sen}\theta_i}{n_2}$$

$$\text{Sen}\theta_r = \frac{1.33 \text{ Sen}(60)}{1.52} = 0.758$$

$$\text{Sen}^1(0.758) = 49.3^\circ$$

Las Ondas y los fenómenos ondulatorios

LA TEORÍA ONDULATORIA DE LA LUZ

Fue idea de C. Huygens, quien propone que la luz se propaga en onda mecánica emitidas por los focos luminosos. Como bien sabemos las onda mecánicas necesitan un medio para su propagación a lo cual Huygens utiliza la idea de un medio elástico, impalpable que ocupa todo el espacio y lo llamó: ETER.



Par Huygens la luz se propagaba como una onda longitudinal, algo muy similar al sonido.

Centra su teoría presentando un nuevo concepto denominado: **Frente de onda**



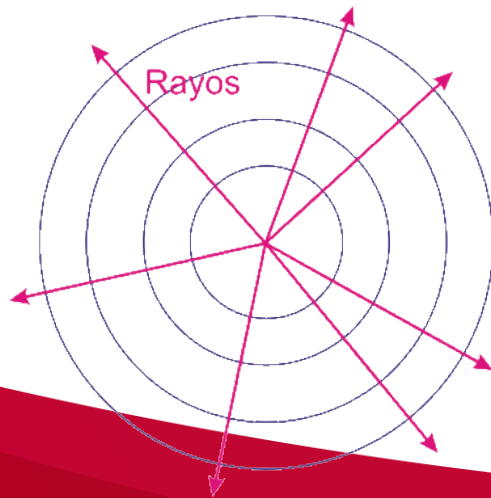
UniGermana

Las Ondas y los fenómenos ondulatorios

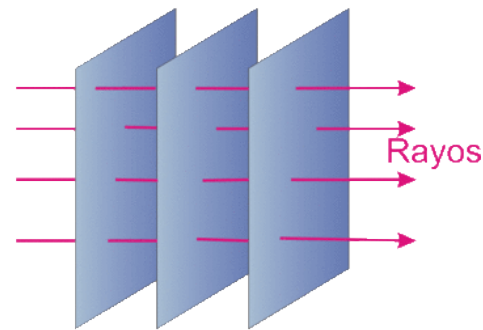
LA TEORÍA ONDULATORIA DE LA LUZ

Cuando se produce una perturbación en uno o varios puntos de un medio, la perturbación se propaga a lo largo de este en todas las direcciones. Un frente de onda es la línea que une todos los puntos vecinos de una onda que vibran en fase. La velocidad de propagación de las ondas depende del medio a través del cual se mueven.

Cuando las ondas chocan con un obstáculo se produce el fenómeno de reflexión y cuando cambian de medio de propagación se produce el **fenómeno de refracción**.



Frentes de onda esféricos



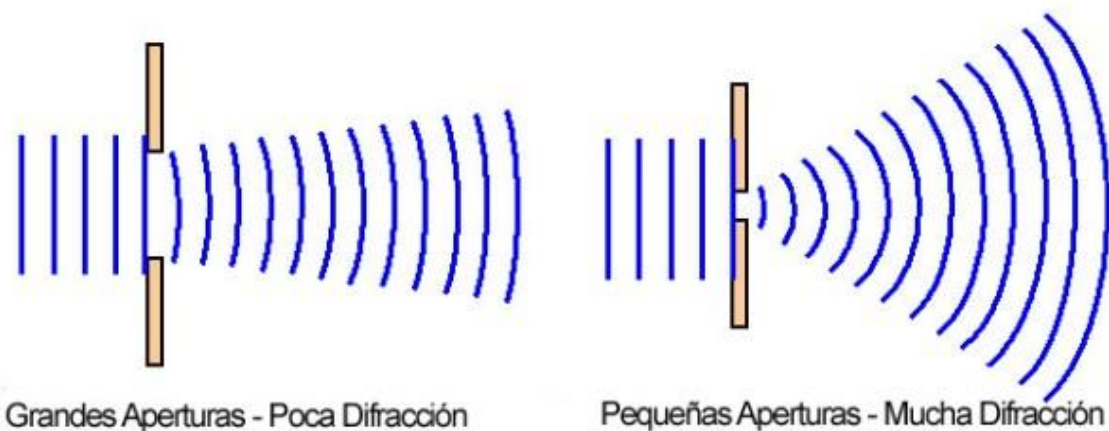
Frentes de onda planos

Las Ondas y los fenómenos ondulatorios

LA DIFRACCIÓN

Las onda al propagarse, pueden encontrar objetos opacos donde se producen sombras, la cual desde el punto de vista de la teoría corpuscular nos menciona que se debe observar un límite bien definido entre la sombra y la luz.

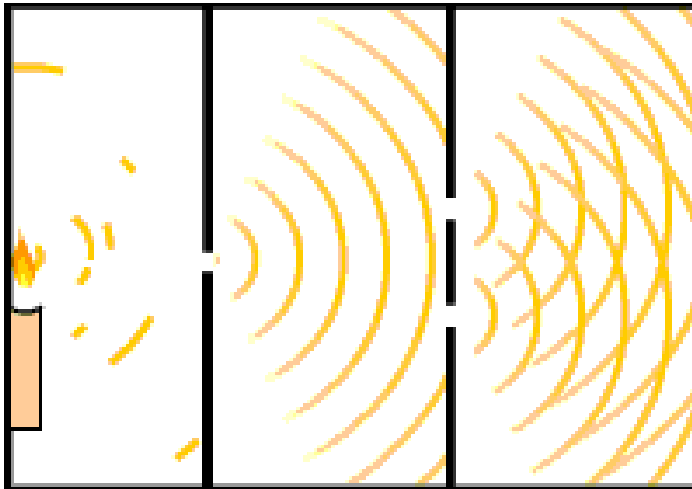
Este límite en realidad no aparece y lo que observamos es un pequeño borde, una especie de halo que tenue que rodea la figura. Este fenómeno solo aparece cuando se estudian ondas, lo cual, la característica más marcada es que las Ondas ya sean de Luz o Sonoras tienen a rodear los objetos.



Las Ondas y los fenómenos ondulatorios

LA DIFRACCIÓN

Este fenómeno también aparece cuando la onda pasa por pequeñas hendiduras, denominadas rendijas, como observamos en la imagen, podemos estudiar las ondas desde los conceptos de Huygens y sus frentes de Ondas.

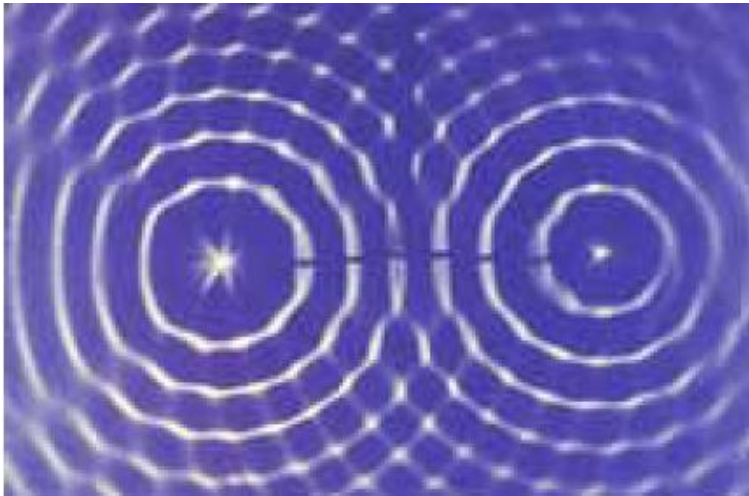


Gracias a esta característica de las Ondas, podemos escuchar la Radio, ver Televisión y tener llamadas en nuestro celular. Las ondas rodean los edificios y demás obstáculos para propagarse en el espacio.

Las Ondas y los fenómenos ondulatorios

LA INTERFERENCIA

Cuando dos o más ondas de la misma naturaleza coinciden en un punto en el medio, en un instante dado, sucede lo que se define como interferencia.



Alguna vez hemos golpeado el agua con dos piedras al mismo tiempo, se crean dos patrones de ondas, que se superponen, formando un patrón de interferencia.

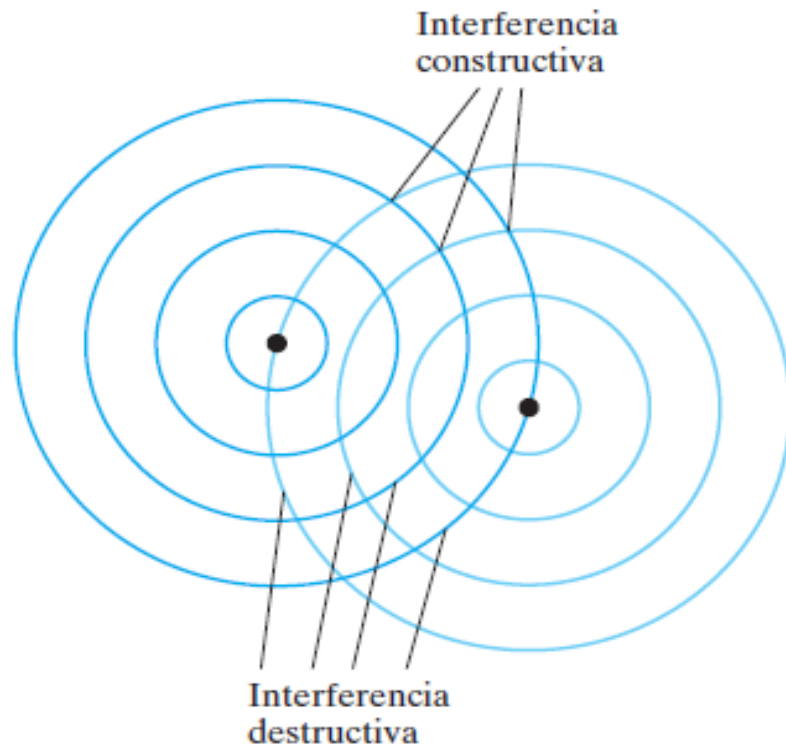


UniGermana

Las Ondas y los fenómenos ondulatorios

LA INTERFERENCIA

Como las dos ondas se propagan en el mismo medio e intervalo de tiempo, podemos observar ciertos puntos característicos, los cuales se encuentran dos crestas o dos valles, la amplitud del pulso resultante es la suma de las amplitudes y se produce una interferencia, constructiva o destructiva, respectivamente.

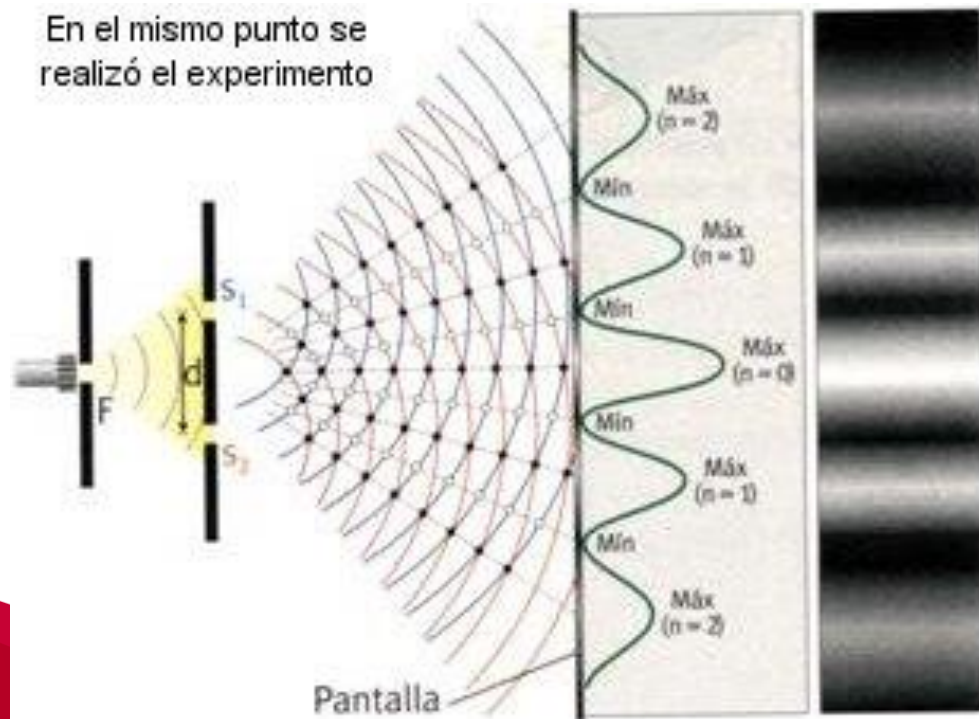


En la imagen podemos observar los dos tipos de patrones, cuando es constructiva y cuando es destructiva. Esto solo es posible de explicar con ondas, lo cual, da a entender que la luz es una onda.

Las Ondas y los fenómenos ondulatorios

LA INTERFERENCIA

Entonces al hacer pasar una onda por dos ranuras, se crea un patrón de interferencia como el que se observa en la imagen.



Este es el conocido experimento de la doble rendija de Thomas Young en 1801, lo que da a entender que la luz es una onda, este fenómeno no se presenta cuando se trabajan con partículas.



UniGermana
Transformamos vidas, cumplimos sueños.

“Si la música es el aliento de la física, que toque la orquesta”
Shakespeare.

EL SONIDO



El Sonido, características y generalidades.

EL SONIDO

En principio el sonido es una onda mecánica, longitudinal, que viaja por el espacio usando el aire como medio de propagación. El sonido es la forma general por la cual muchos seres vivos se comunican en la Tierra.



Podemos pensar que la evolución del hombre estuvo dada por la forma de comunicación... la posibilidad de hablar.



El Sonido, características y generalidades.

EL SONIDO

El sonido se estudia desde el punto de vista del espectro de frecuencia auditivo de un ser humano, es decir, nuestro parámetro de medida es el oído humano.



El como es una onda y se comporta como tal, relacionamos todos los fenómenos ondulatorios en ella, aunque en la unidad exploraremos las mas importantes.



El Sonido, características y generalidades.

EL SONIDO

El oído humano, es un órgano muy simple pero complejo, este transforma las perturbaciones del aire a nuestro alrededor, en pulsos eléctricos que nuestro cerebro interpreta como palabras, melodías y música.

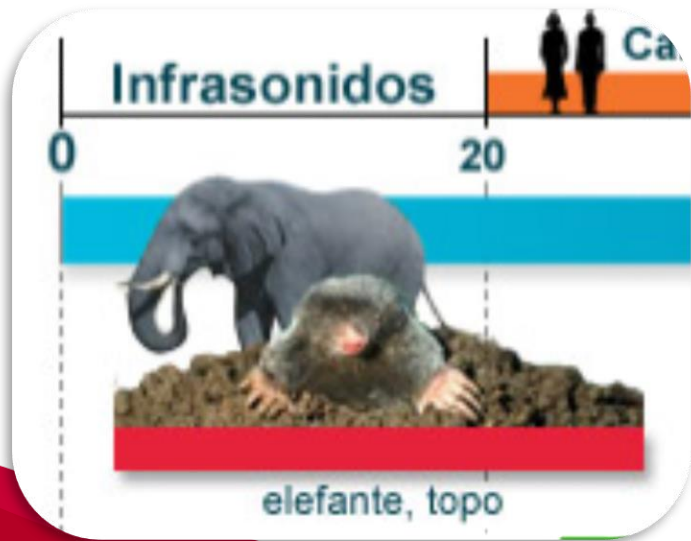


La escala auditiva de un ser humano está desde los 20 Hz hasta los 20.000 Hz . Donde por debajo de este intervalo se le denomina infrasónica y por encima del límite superior es la región ultrasónica.

El Sonido, características y generalidades.

EL INFRASONIDO

Los humanos no pueden escuchar las bajas frecuencias o infrasónicas. Esta región del espectro auditivo es muy limitada y solo algunos animales como los elefantes, vacas y palomas pueden percibir.

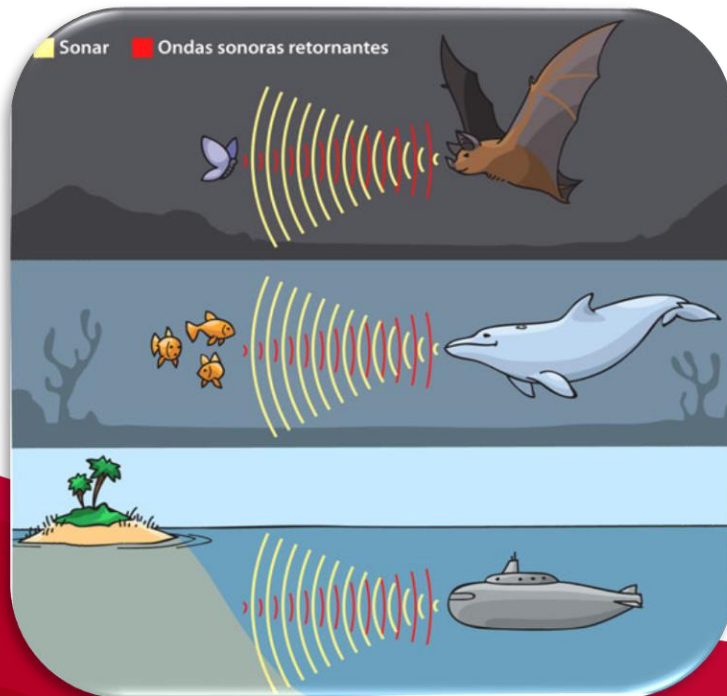


En la naturaleza los sismos, huracanes y algunos patrones en el clima generan ondas infrasónicas es por ello que se usan estaciones para captar este tipo de ondas y así prevenir. Como las explosiones nucleares generan ondas infrasónicas después de 1963 las estaciones propuesta para detectarlas, se orientaron a detectar otras fuentes del infrasonido.

El Sonido, características y generalidades.

EL ULTRASONIDO

Después de los 20.000 Hz , aparece la región ultrasónica, este tipo de ondas el oído humano tampoco las percibe, pero muchos animales si, como el ejemplo de los perros que son capaces de percibir frecuencias de hasta los 45.000 Hz .



El ultrasonido, tiene aplicaciones muy practicas, como: el sonar que permite la ecolocalización en el mar que es usado por los delfines y murciélagos, otra aplicación son las imágenes ultrasónicas o ecografías.



El Sonido, características y generalidades.

LA VELOCIDAD DEL SONIDO

La velocidad del sonido es uno de los parámetros mejor establecidos en la física, ya que la acústica es una de las ramas que se estudia con mayor precisión con el ánimo de hacer mejores instrumentos y escenarios.

La velocidad del sonido depende de material por donde se propague, es por ello, que el agua logramos escuchar el choque de de dos piedras.

En los sólidos viaja hasta 5 veces más rápido que en el aire y 3 veces más que un líquido. ¿Por qué se observa tal diferencia?



UniGermana



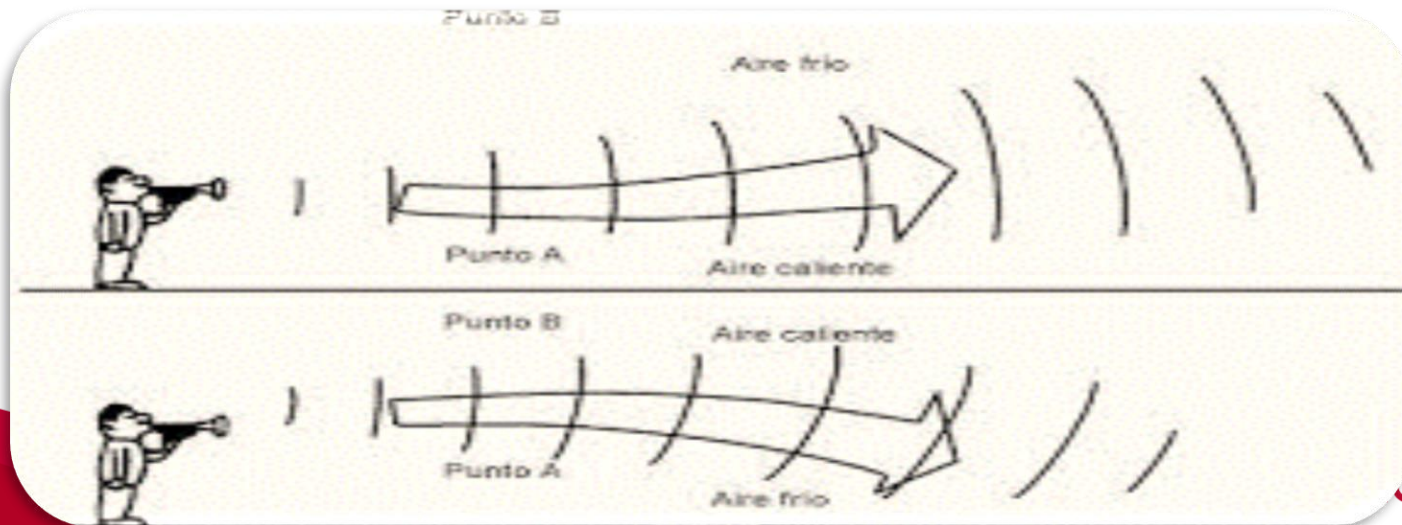
El Sonido, características y generalidades.

LA VELOCIDAD DEL SONIDO

El sonido en el aire depende netamente de la temperatura del ambiente, aunque no lo notemos el sonido sufre pequeñas variaciones a los cuales nuestro oído se acomoda rápidamente.

Para estudiar la velocidad del sonido en el aire, usamos:

$$v \approx = (331 + 0,60T) \text{ metros/segundos}$$



El Sonido, características y generalidades.

LA VELOCIDAD DEL SONIDO

Nótese que la velocidad depende directamente proporcional a la temperatura, particular mente usamos el dato de una velocidad a una temperatura de 15 °C.

$$v \approx = (331 + 0,60T) \text{ metros/segundos}$$

Si $T = 15$ °C, reemplazamos:

$$v \approx = 331 + (0,60 * 15) = 331 + 9 = 340 \text{ metros/segundo}$$

Particularmente, este es el valor de la velocidad del sonido que usamos, para los cálculos más sencillos.



El Sonido, características y generalidades.

LA VELOCIDAD DEL SONIDO, EJEMPLO:

¿En qué momento llega a nosotros el sonido de la campana de una iglesia si nos encontramos a un cuarto de kilómetro de distancia y la temperatura es de 15 °C?

Sabemos que las ondas viajan con velocidad constante, por lo tanto, podemos usar la expresión:

$$velocidad = \frac{Distancia}{tiempo} \quad \text{Entonces} \quad tiempo = \frac{Distancia}{Velocidad}$$

La distancia es un cuarto de kilómetro, es decir, 250 metros

$$t = \frac{250 \text{ metros}}{340 \text{ m/s}} = 0,73 \text{ segundos}$$



UniGermana



El Sonido, características y generalidades.

LA VELOCIDAD DEL SONIDO, EJEMPLO:

En Bogotá, en los días calurosos, la temperatura suele pasar de 0°C a 21 °C.

A) ¿Cuál es la velocidad del sonido a 21 °C?

B) ¿En cuanto aumenta la velocidad del sonido?

Reemplazamos el valor de 21°C en la ecuación y calculamos:

$$v \approx = 331 + (0,60 * 21) = 331 + 12,6 = 343,6 \text{ metros/segundo}$$

La diferencia entre las velocidades es:

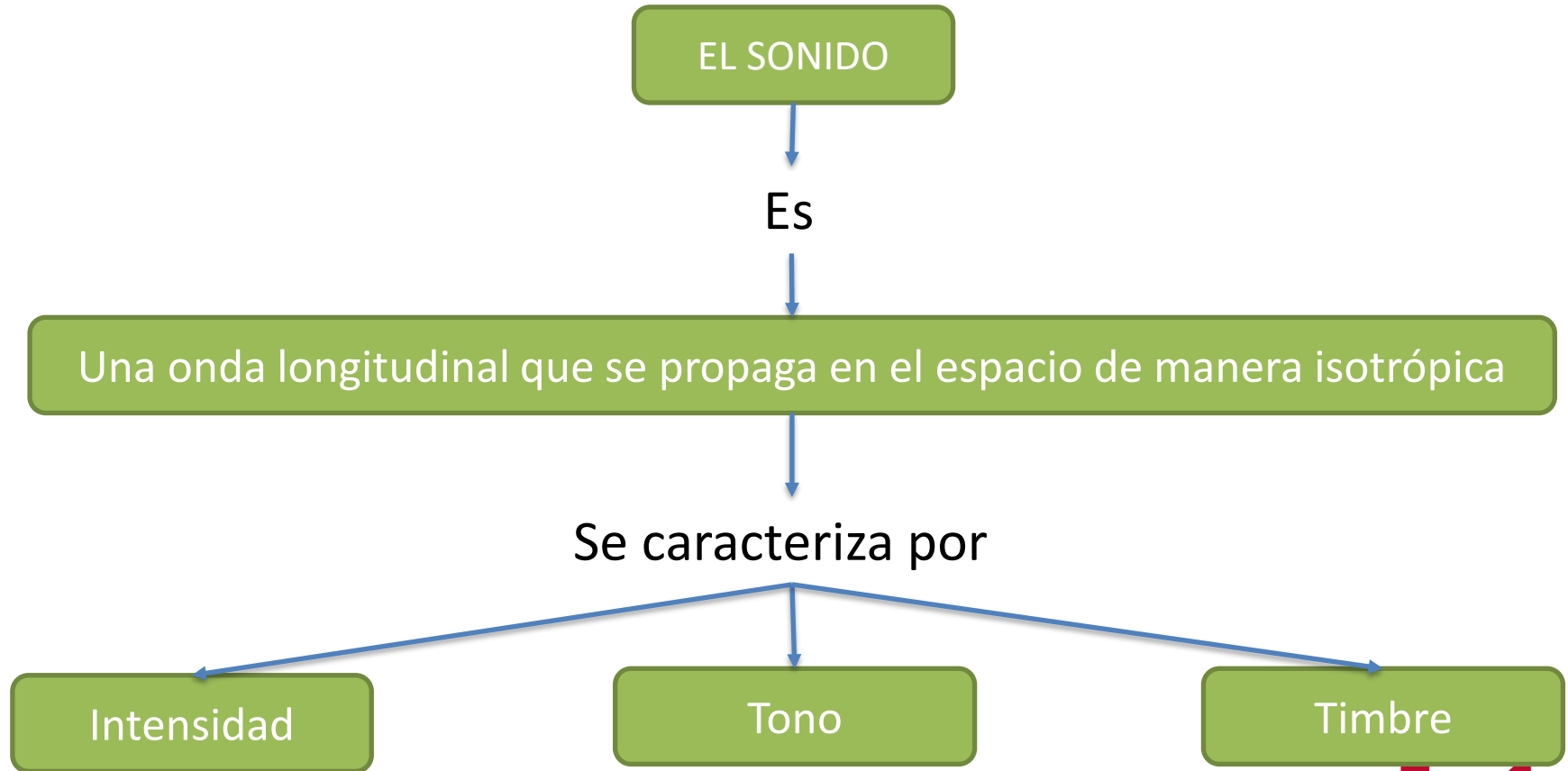
$$\Delta v = 343,6 - 340 = 12,6 \text{ metros/segundos}$$



UniGermana



El Sonido, características y generalidades.



UniGermana

El Sonido, características y generalidades.

EL TONO:

Las ondas sonoras se pueden clasificar dependiendo la frecuencia a la cual se propagan, como bien sabemos el rango auditivo humano es desde los 20 Hz hasta los $20,000\text{ Hz}$. Entonces el tono es la habilidad de distinguir entre esta característica particular de los sonidos altos o agudos y los bajos o graves.

Esta cualidad del sonido se relaciona con la frecuencia, ya que cuanto mayor sea la frecuencia, más agudo es el sonido y cuanto menor sea la frecuencia, más grave es el sonido.



UniGermana



El Sonido, características y generalidades.

EL TONO – LAS ESCALAS MUSICALES:

Los instrumentos musicales sobre todo los de viento, como la flauta, produce ondas musicales en distintos tonos, es por ello que podemos percibir con facilidad entre la una nota y otra.



Primer
Armónico
 $\lambda_1 = 4L$



Tercer
Armónico
 $\lambda_3 = 4/3 L$



Quinto
Armónico
 $\lambda_5 = 4/5 L$



Séptimo
Armónico
 $\lambda_7 = 4/7 L$

Recordemos que las notas musicales son:

Do, Re, Mi, Fa, Sol, La, Si

Cada una se obtiene de un armónico.

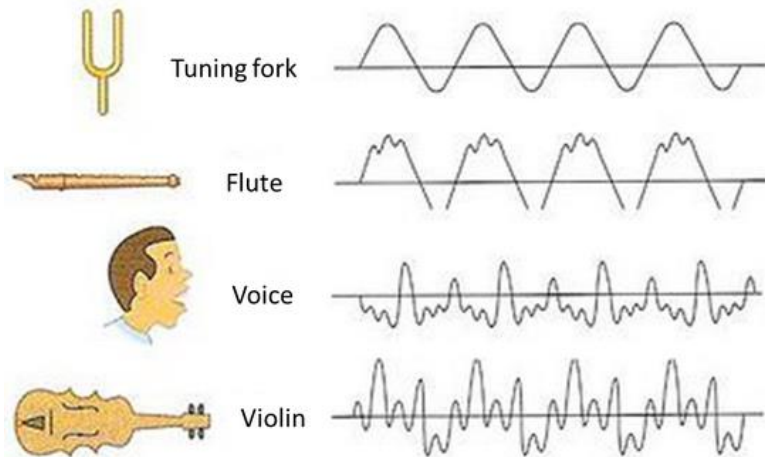


UniGermana

El Sonido, características y generalidades.

TIMBRE:

Una de las características más marcadas del sonido es el timbre, los humanos percibimos el timbre de un sinfín de objetos y personas, que claramente clasificamos desde que nacemos.



Cada objeto o persona tiene un timbre particular. Como se observa en la imagen, las ondas son diferentes aunque pueden estar en la misma frecuencia.

El Sonido, características y generalidades.

INTENSIDAD:

La intensidad acústica es una de las características más estudiadas en la física, esta se relaciona directamente con la energía que transporta la onda, pudiendo distinguir un sonido fuerte de uno débil, es por ello que usamos el botón del “volumen” en nuestro aparato de sonido para elevar la intensidad.

Una onda se propaga en el medio transportando energía de un punto a otro. Para una onda sinusoidal de frecuencia f las partículas se mueven en movimiento armónico simple, conforme la onda pasa cada partícula posee una energía.



El Sonido, características y generalidades.

INTENSIDAD:

Esta energía se describe como:

$$E = \frac{1}{2} k A^2$$

Donde k es la constante de elasticidad del medio y A es la amplitud de la Onda.

Como se comporta como un M.A.S. la frecuencia, se relaciona:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Recordemos que para este caso, k es la constante de elasticidad del resorte que para nuestra conveniencias es el medio elástico por donde se propaga la onda.



UniGermana

El Sonido, características y generalidades.

INTENSIDAD:

Despejamos k obtenemos: $k = 4\pi^2 m f^2$

Reemplazando en la ecuación de la energía, tenemos

$$E = \frac{1}{2} k A^2 = \frac{1}{2} (4\pi^2 m f^2) A^2 = 2\pi^2 m f^2 A^2$$

La energía de una onda depende de la Amplitud y de la frecuencia.

Recordemos que una onda sonora se propaga en el medio, es decir, en las tres dimensiones del espacio.

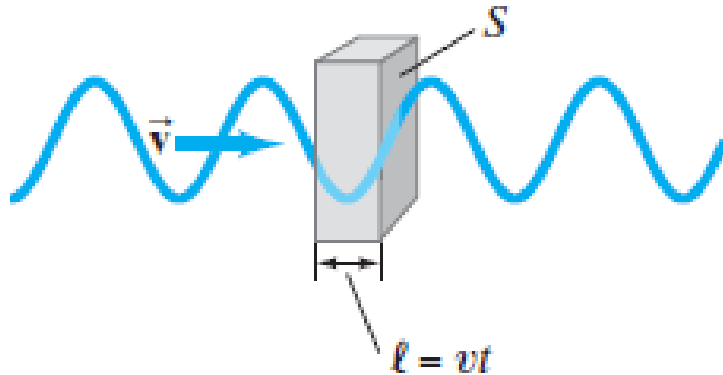


UniGermana



El Sonido, características y generalidades.

INTENSIDAD:



Como se observa en la imagen, la onda viaja en el espacio, tomamos un parte de Volumen, de área S y de longitud $l = vt$

Entonces la masa m la podemos definir como la densidad del medio por el volumen, de esta forma: $m = \rho V$ donde ρ es la densidad del medio elástico por donde viaja la onda.

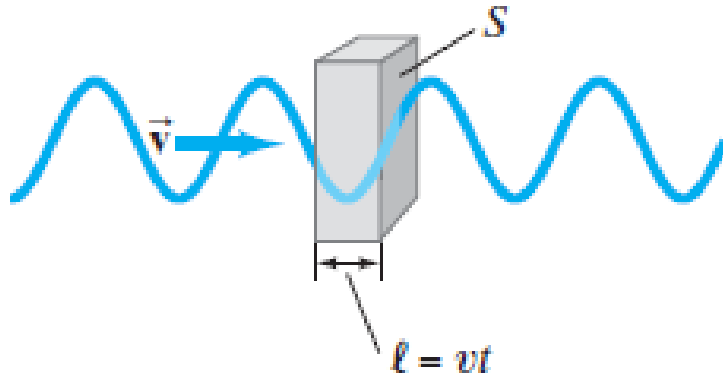
$$E = \frac{1}{2} k A^2 = 2\pi^2 m f^2 A^2 = 2\pi^2 (\rho V) f^2 A^2$$



UniGermana

El Sonido, características y generalidades.

INTENSIDAD:



Como se observa en la imagen, la onda viaja en el espacio, tomamos una parte de Volumen, de área S y de longitud $\ell = vt$

Definimos el volumen (V) como el área por la longitud, obtenemos que: $V = Svt$ donde S es el área transversal, v es la velocidad de la onda y t el tiempo que se demora en cruzar ese espacio. Entonces:

$$E = \frac{1}{2} k A^2 = 2\pi^2 (\rho Svt) f^2 A^2$$

El Sonido, características y generalidades.

INTENSIDAD:

Como la potencia mecánica se define como la cantidad de energía utilizada entre un intervalo de tiempo, lo usamos para definir la potencia de una onda en función de su energía, por lo tanto:

$$P = \frac{E}{t} = \frac{2\pi^2(\rho Svt)f^2 A^2}{t} = 2\pi^2 \rho S v f^2 A^2$$

Finalmente la **Intensidad** de una onda se define como la potencia transferida a través de un área unitaria perpendicular a la dirección del flujo de energía.

$$I = \frac{P}{S} = \frac{2\pi^2 \rho S v f^2 A^2}{S} = 2\pi^2 \rho v f^2 A^2$$



UniGermana

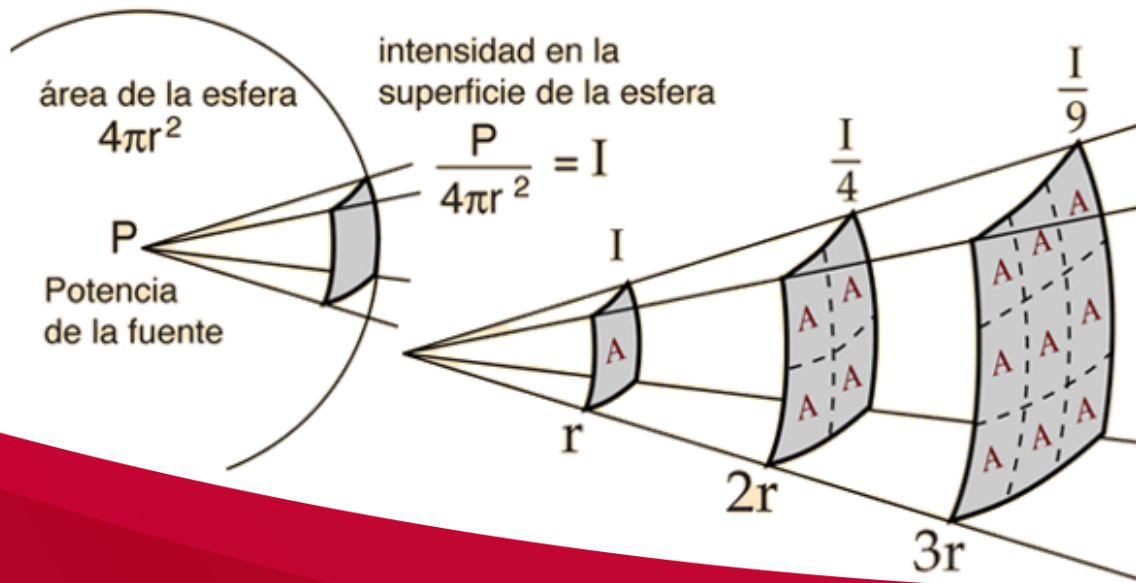
El Sonido, características y generalidades.

INTENSIDAD:

Si la onda se propaga en todas la direcciones, desde la fuente es una onda tridimensional. Si el medio es isotrópico, la onda desde una fuente puntual se podría modelar como una onda esférica.

$$I = \frac{P}{S} = \frac{P}{4\pi r^2}$$

Si la potencia P es constante, la intensidad disminuye como el cuadrado inverso de la distancia.



El Sonido, características y generalidades.

INTENSIDAD, EJEMPLO:

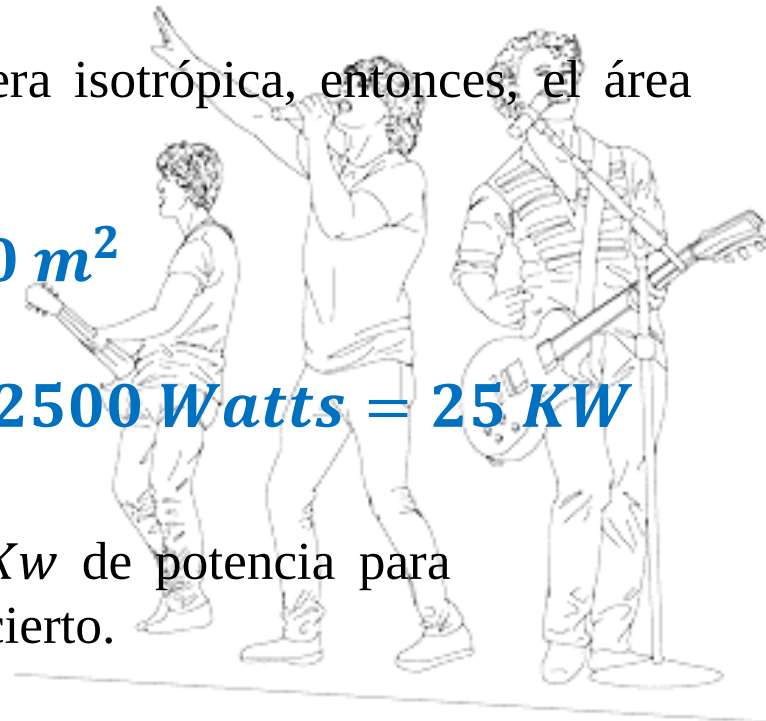
Para un concierto al aire libre, queremos que la intensidad del sonido a 20 metros de los altavoces sea de 1 Watt/metro^2 . Suponiendo que las ondas sonoras tienen la misma intensidad en todas las direcciones, ¿Qué salida de potencia acústica debe tener el grupo de altavoces?

Suponemos que la ondas se propagan de manera isotrópica, entonces, el área superficial de este está dado por:

$$S = 4\pi r^2 = 4\pi(20 \text{ metros})^2 = 2500 \text{ m}^2$$

$$P = I \cdot S = \left(1 \text{ W/m}^2\right) (2500 \text{ m}^2) = 2500 \text{ Watts} = 25 \text{ KW}$$

Necesitamos mas o menos 2,5 Kw de potencia para las condiciones deseadas del concierto.



El Sonido, características y generalidades.

INTENSIDAD – NIVEL DE INTENSIDAD: LOS DECIBELES

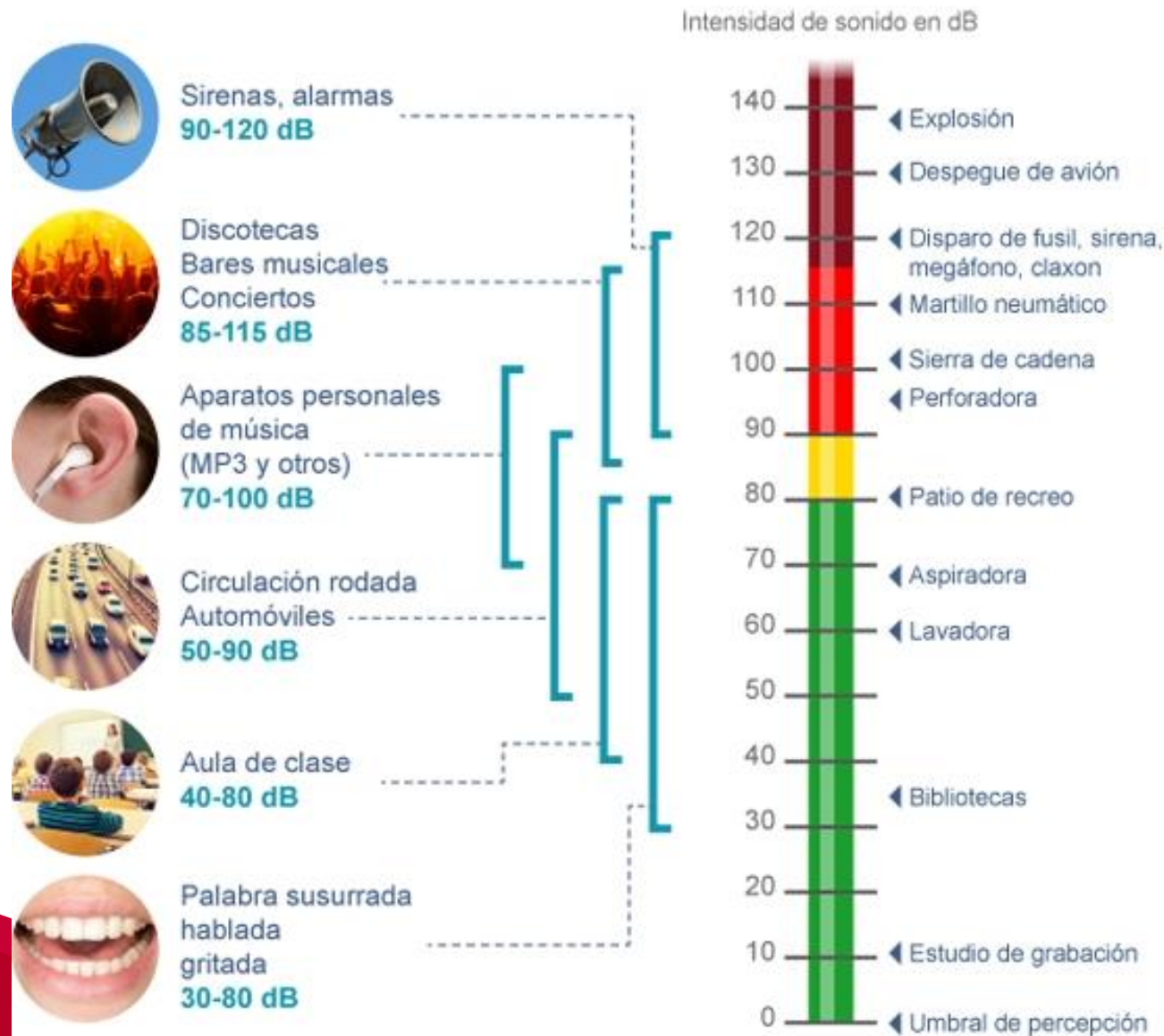
La escala auditiva como lo hemos mencionado desde los 20 *Hz* hasta los 20,000 *Hz* ahora si observamos esta misma escala en términos de la potencia y la Intensidad acústica, podemos definir un nivel de intensidad para el humano, conocido como **DECIBELES**, esta escala relaciona tanto la potencia de una onda sonora como su frecuencia, de esta manera podemos saber si un sonido puede o no ser perjudicial para nuestro aparato auditivo.

Como lo mencionamos la escala relaciona tanto frecuencia como potencia, de esta manera podemos hacer un cuadro comparativo

Frecuencia <i>Hz</i>	Intensidad W/m^2	Decibels dB
20	1×10^{-12}	0
10.000	1×10^{-6}	60
20.000	1	120
< 20.000	1×10^2	140



INTENSIDAD – NIVEL DE INTENSIDAD: LOS DECIBELES



■ Sonidos excepcionales
daños irreversibles

■ Peligro: sonidos nocivos

■ Límite de nocividad

■ Sin riesgo



El Sonido, características y generalidades.

INTENSIDAD DEL SONIDO – NIVEL DE INTENSIDAD: LOS DECIBELES

Como hemos observado, los decibels son una escala muy apropiada para el estudio del sonido, por lo tanto, el nivel de intensidad esta dado, por:

$$d\beta = 10 \log_{10} \frac{I}{I_0}$$

Como es una escala (escala logarítmica) en decimos la debemos multiplicar por 10, I es la intensidad de estudio y I_0 es la intensidad de referencia, que siempre usamos el valor de $1 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2$ que donde inicia el umbral auditivo humano.

Es claro recordar que con esta escala podemos relacionar un valor de Intensidad del Sonido y revisar su correspondiente valor al Nivel de Intensidad.



El Sonido, características y generalidades.

INTENSIDAD DEL SONIDO – NIVEL DE INTENSIDAD: LOS DECIBELES

Por ejemplo:

Si estamos escuchando una melodía o sonido con una intensidad de $1 \times 10^{-10} \text{ W/m}^2$ ¿Cuál será el nivel de intensidad en $d\beta$?

Entonces:

$$d\beta = 10 \log_{10} \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{(1 \times 10^{-10})}{(1 \times 10^{-12})} = 10 \log 100 = 20 \text{ } d\beta$$

Como podemos observar, ese nivel de intensidad es equivalente a $20 \text{ } d\beta$



UniGermana



El Sonido, características y generalidades.

INTENSIDAD DEL SONIDO – NIVEL DE INTENSIDAD: LOS DECIBELES

Por ejemplo:

En una calle congestionada el nivel de sonido es de 75 dB ¿Cuál es la intensidad del sonido, aquí?

En este caso pasaremos de un nivel de intensidad (decibeles) a una intensidad, entonces en este caso debemos despejar I

$$d\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

Entonces

$$\frac{d\beta}{10} = \log \frac{I}{I_0}$$

Como la base del logaritmo es 10, usamos la misma potencia como operación inversa al logaritmo, por lo tanto:

$$10^{\frac{d\beta}{10}} = \frac{I}{I_0}$$



El Sonido, características y generalidades.

INTENSIDAD DEL SONIDO – NIVEL DE INTENSIDAD: LOS DECIBELES

Por ejemplo:

En una calle congestionada el nivel de sonido es de 75 dB ¿Cuál es la intensidad del sonido, aquí?

Reemplazamos los 75 dB

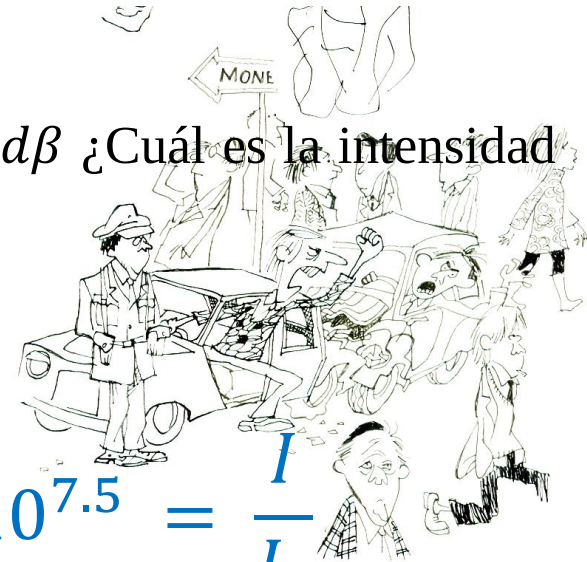
$$10^{\frac{dB}{10}} = \frac{I}{I_0}$$

Entonces

$$10^{7.5} = \frac{I}{I_0}$$

Recordemos que $I_0 = 1 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2$

$$I = (1 \times 10^{-12}) (10^{7.5}) = 3.2 \times 10^{-5} \text{ W/m}^2$$



UniGermana



El Sonido, características y generalidades.

INTENSIDAD DEL SONIDO – NIVEL DE INTENSIDAD: LOS DECIBELES

Por ejemplo:

Un trompetista toca con un nivel de sonido de 75 dB . Después de unos minutos se agregan tres trompetistas con la misma intensidad ¿Cuál es el nuevo nivel de sonido?

El valor del nivel de intensidad de 4 trompetistas es cuatro veces el de un trompetista, es decir, $4I$

$$d\beta = 10 \log \frac{4I}{I_0} = 10 \log 4 + 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$d\beta = 6 \text{ dB} + 75 \text{ dB} = 81 \text{ dB}$$

Utilizamos la propiedad del producto de los logaritmos.

Como observamos solo se incrementa en 6 dB aunque sean 4 trompetistas los que están tocando.



UniGermana



El Sonido, características y generalidades.

INTENSIDAD DEL SONIDO – NIVEL DE INTENSIDAD: LOS DECIBELES

Por ejemplo:

Una conversación ordinaria entre dos personas el nivel de intensidad normal es de $65 \text{ d}\beta$, entonces, si dos personas hablan al mismo el nivel de intensidad, el nuevo nivel de intensidad sería:

El valor del nivel de intensidad de 2 personas, es proporcional a decir, $2I$

$$d\beta = 10 \log \frac{2I}{I_0} = 10 \log 2 + 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$d\beta = 3 \text{ d}\beta + 65 \text{ d}\beta = 68 \text{ d}\beta$$

Utilizamos la propiedad del producto de los logaritmos.

Como observamos solo se incrementa en $3 \text{ d}\beta$ aunque sean 2 personas hablando al mismo tiempo. ¿Que sucede cuando hay 20 personas hablando al mismo tiempo?



UniGermana

El Sonido, características y generalidades.

INTENSIDAD DEL SONIDO – NIVEL DE INTENSIDAD: LOS DECIBELES

Por ejemplo:

Un altavoz de alta calidad reproduce a todo volumen, frecuencias entre los 30 *Hz* hasta los 18.000 *Hz* con una intensidad uniforme $\pm 3 \text{ dB}$. Esto es, en este rango de frecuencias, el nivel de sonido no varía más de 3 *dB* del promedio. ¿Por qué factor cambia la intensidad para el cambio máximo de sonido de 3 *dB*?

Llamaremos I_1 a la intensidad promedio y β_1 al nivel intermedio. La intensidad máxima I_2 corresponde entonces a un nivel $\beta_2 = \beta_1 + 3 \text{ dB}$. Usamos entonces la relación entre intensidad y nivel de sonido.

$$\beta_2 - \beta_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_0} - 10 \log \frac{I_1}{I_0}$$

$$3 \text{ dB} = 10 \left(\log \frac{I_2}{I_0} - \log \frac{I_1}{I_0} \right)$$

Utilizamos la propiedad del cociente de los logaritmos.

UniGermana

El Sonido, características y generalidades.

INTENSIDAD DEL SONIDO – NIVEL DE INTENSIDAD: LOS DECIBELES

Por ejemplo:

Un altavoz de alta calidad reproduce a todo volumen, frecuencias entre los 30 *Hz* hasta los 18.000 *Hz* con una intensidad uniforme $\pm 3 \text{ dB}$. Esto es, en este rango de frecuencias, el nivel de sonido no varía más de 3 *dB* del promedio. ¿Por qué factor cambia la intensidad para el cambio máximo de sonido de 3 *dB*?

$$3 \text{ dB} = 10 \log \frac{I_2}{I_1}$$

Entonces

$$0,3 = \log \frac{I_2}{I_1}$$

Elevando a la décima potencia

$$10^{0,3} = \frac{I_2}{I_1} \quad \text{Resolviendo} \quad \frac{I_2}{I_1} = 2$$

La variación de 3 decibeles en el nivel de intensidad, significa a duplicar o dividir entre 2 la intensidad del sonido.

El Sonido, características y generalidades.

INTENSIDAD DEL SONIDO – NIVEL DE INTENSIDAD: LOS DECIBELES

Por ejemplo:

En un campo abierto Oscar llama a Gustavo con una potencia de $1 \times 10^{-8} \text{ W}$ pero este no lo escucha. Si Andres, que se encuentra a 50 cm de Oscar, logra escuchar el llamado:

- a) ¿A qué distancia se encuentra Gustavo con respecto a Oscar?
- b) Con qué nivel de intensidad Andres escucha a Oscar?

Para que un sonido no se perciba debe tener una intensidad de $1 \times 10^{-12} \text{ W}$, entonces:

$$I = \frac{P}{4\pi r^2}$$

Despejamos r

$$r = \sqrt{\frac{P}{4\pi I}}$$



El Sonido, características y generalidades.

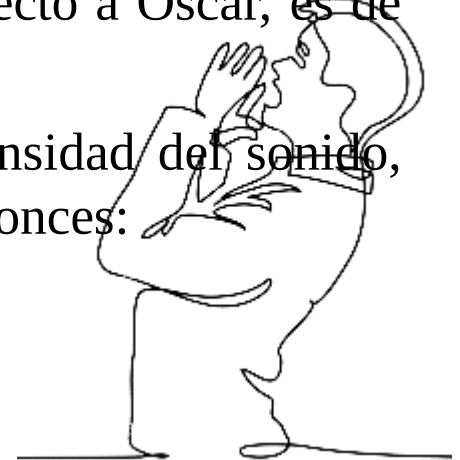
INTENSIDAD DEL SONIDO – NIVEL DE INTENSIDAD: LOS DECIBELES

Para que un sonido no se perciba debe tener una intensidad de $1 \times 10^{-12} \text{ W}$, entonces:

$$r = \sqrt{\frac{P}{4\pi I}} = \sqrt{\frac{1 \times 10^{-8}}{4\pi(1 \times 10^{-12})}} = 28,21 \text{ metros}$$

La distancia mínima a la cual se encuentra Gustavo con respecto a Oscar, es de 28,21 m.

Para hallar el nivel de intensidad, se requiere hallar la intensidad del sonido, como el enunciado comenta esta a 50 cm Andres de Oscar, entonces:



El Sonido, características y generalidades.

INTENSIDAD DEL SONIDO – NIVEL DE INTENSIDAD: LOS DECIBELES

Para hallar el nivel de intensidad, se requiere hallar la intensidad del sonido, como el enunciado comenta esta la distancia es de 50 cm Andres de Oscar, entonces:

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} = \frac{1 \times 10^{-8} \text{ W}}{4\pi(0,5)^2} = 3,2 \times 10^{-9} \text{ W/m}^2$$

Al tener el valor de la intensidad del sonido, calculamos el valor el nivel de intensidad del sonido ($d\beta$).

$$d\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{3,2 \times 10^{-9}}{1 \times 10^{-12}} = 35 \text{ } d\beta$$

Andres escucha a Oscar con un nivel de intensidad de 35 $d\beta$

