

Tema N° 6. Estudio de las ondas. La luz y el sonido

NOTA: Para acceder a los videos y páginas Webs pisar **CONTROL** y **pinchar** el video o la página Web seleccionada.

Los contenidos subrayados del índice del tema son los archivos teóricos del tema. Para abrirlos proceder como en la nota anterior.

Aparecerá en pantalla aviso de peligrosidad del archivo por desconocimiento del origen del mismo. **NO ACEPTAR CASO** y pinchar **ACEPTAR**.

Si queremos volver al Inicio del tema y pinchar el mensaje fallara, eliminar pantalla o pantallas y llegaréis a la página de Inicio. Es una medida de un alto grado de dificultad **INFORMÁTICA**.

Video: Canción de Alejandro Sanz

<http://www.youtube.com/watch?v=w6NwGXcCO88>

Video: Funcionamiento del oído

http://www.youtube.com/watch?v=IL_9dPgV1OM&feature=related

Página Web MUY IMPORTANTE SOBRE EL SONIDO Y LA LUZ

<http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esofisicaquimica/impresos/quincena11.pdf>

Trataremos de explicar el funcionamiento de **recepción** de las **ondas** por parte del oído y los fenómenos luminosos.



ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

El tema se desarrollará con los contenidos siguientes:



- 1.- *Movimiento Armónico Simple (M.A.S) (pág. N° 2)*
- 2.- *Movimiento Ondulatorio (pág. N° 6)*
- 3.- *Ondas (pág. N° 7)*
- 4.- *El Sonido (pág. N° 11)*
- 5.- *Resonancia (pág. N° 16)*
- 6.- *Eco (pág. N° 16)*
- 7.- *Reverberación (pág. N° 21)*
- 8.- *Contaminación producida por el sonido (pág. N° 27)*
- 9.- *Índice de Refracción Absoluto y Relativo (pág. N° 43)*
- 10.- *Reflexión de la Luz. Leyes (pág. N° 46)*
- 11.- *Refracción de la Luz. Leyes (pág. N° 49)*
- 12.- *Ejercicios Resueltos relacionados con el tema (N° 52)*
- 13.- *Contaminación Visual (pág. N° 60)*
- 14.- *Experiencia de laboratorio (pág. N° 63)*

1.- *Movimiento Armónico Simple (M.A.S)*

Vamos a:



Movimiento Armónico Simple

http://www.natureduca.com/fis_indice_movib01.php

Movimiento Armónico Simple

http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/mas/MAS_indice.htm

Movimiento Armónico Simple

<http://perso.wanadoo.es/cpalacio/mas2.htm>

Movimiento Armónico Simple

<http://www.monografias.com/trabajos30/movimiento-armonico-simple/movimiento-armonico-simple.shtml>

El **Movimiento Armónico Simple** constituye un movimiento modélico en el estudio de las **vibraciones**. El oscilador armónico, o cuerpo genérico que realiza este tipo de movimiento, es un sistema sencillo al que se le pueden aplicar los conceptos más característicos de la mecánica como teoría física. Pero, además, su estudio ayuda a comprender una amplia gama de fenómenos que van desde la producción del **sonido** hasta la recepción de las **ondas de radio**.

El fenómeno de la **vibración** se presenta con mucha frecuencia en la naturaleza y, por tanto, en la física. **El sonido es un tipo de vibración que se propaga a través de un medio material como el aire. La luz puede ser considerada como otra forma de oscilación viajera que es capaz de avanzar incluso por el espacio vacío.** Los átomos que forma un cristal vibran u oscilan en torno a las posiciones intermedias que definen los nudos de la red cristalina. Incluso en una molécula aislada, sus átomos componentes, a la temperatura ambiente, están en continua vibración interna.

No todos los movimientos vibratorios son equivalentes; **el hecho de que el punto móvil se desplace alternativamente en uno y en otro sentido siguiendo una trayectoria rectilínea, o aproximadamente rectilínea, cuyo recorrido repite una y otra vez,** es lo que todos ellos tienen en común. El más sencillo, pero también el más fundamental, es el denominado **MOVIMIENTO ARMÓNICO SIMPLE (M.A.S.)**.

Movimiento Armónico Simple (M.A.S)

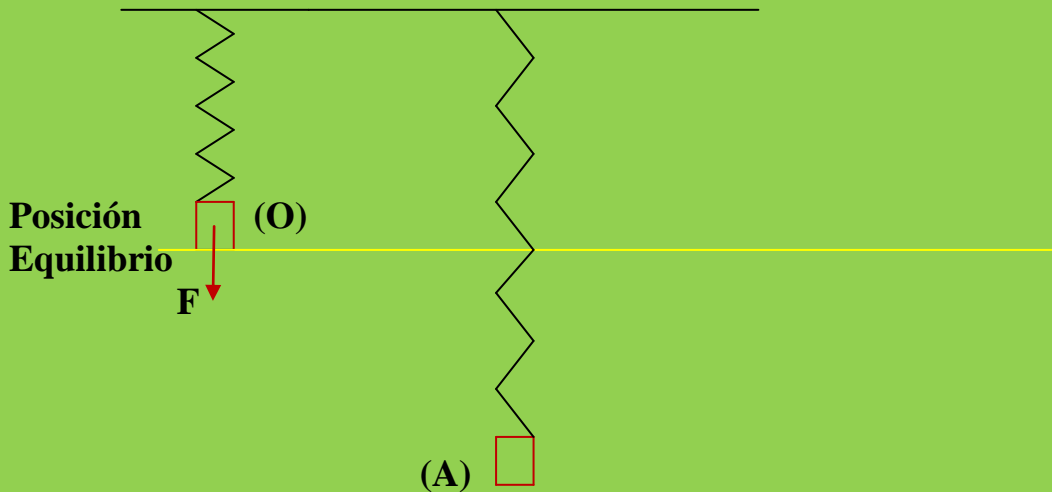
Como sucede con cualquier movimiento, podemos describirlo físicamente de dos maneras diferentes:

- a) **Cinemáticamente**, es decir, estudiando cómo varían la posición, velocidad y aceleración del punto móvil.
- b) **Dinámicamente**, estudiando las causas (fuerzas) que originan dicho movimiento.

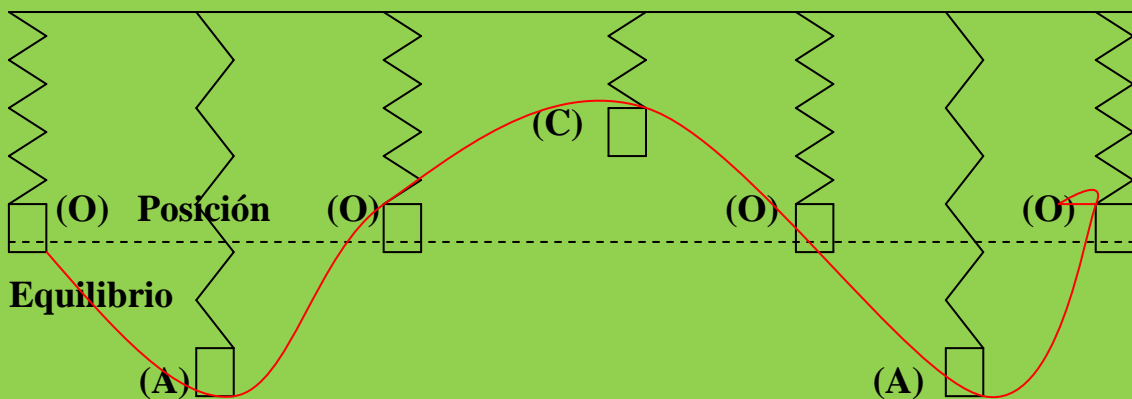


Veamos un ejemplo de Movimiento Armónico Simple:

Tenemos un cuerpo pendiente de un muelle.



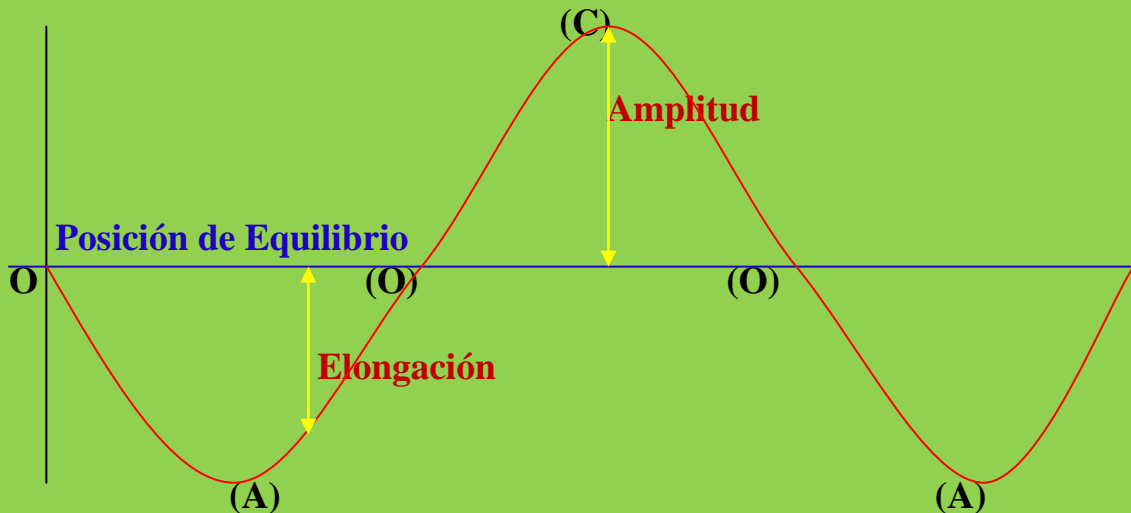
Mediante una fuerza, **F**, desplazamos el cuerpo a la posición **(A)**. La fuerza recuperadora del muelle hará, una vez soltado el cuerpo en la posición (A), que el cuerpo ascienda hacia arriba pasando por (O) y llegando a la posición (C). En la posición (C) la fuerza recuperadora del muelle hace que el cuerpo descienda hacia abajo pasando por (O) y llegando a la posición (A). El proceso se repite continuamente suponiendo que no existen rozamientos con el aire. En definitiva, partiendo de (A), el movimiento sería de la forma:



ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

Estas serían las diferentes etapas que harían posible el **Movimiento Armónico Simple** estableciendo lo que se conoce como **VIBRACIÓN, OSCILACIÓN** o **CICLO** que sería el recorrido: **AOCO**.

La línea roja intenta representar la **gráfica de un M.A.S**:



En el **M.A.S** se establecen las siguientes **magnitudes**:

- Elongación**.- Distancia del cuerpo que está vibrando a la posición de equilibrio.
- Amplitud**.- La máxima elongación, es decir, la máxima distancia que se puede separar el cuerpo del punto de equilibrio.
- Periodo (T)**.- Tiempo que se tarda en describir una vibración. Su unidad es el **segundo**.
- Frecuencia (f)**.- Número de vibraciones realizadas en la unidad de tiempo.

Se cumple que:

$$f = 1 / T$$

Luego la unidad de **frecuencia** es:

1/s ; vibraciones/s ; ciclos/s

A estas unidades se les conoce como **HERCIOS (Hz)**

$$\text{Vibraciones/s} = \text{Hercio (Hz)}$$



2.- *Movimiento Ondulatorio*

El cuerpo que está vibrando puede ser una molécula de una sustancia y cuando ésta llegue a su amplitud choca con otra molécula igual, le transfiere energía y la nueva molécula empieza a vibrar y así sucesivamente. *De esta forma se establece la propagación de un Movimiento vibratorio.* La propagación de un Movimiento Vibratorio establece el **MOVIMIENTO ONDULATORIO**.

Vamos a:



Movimiento Ondulatorio

<http://www.angelfire.com/empire/seigfrid/Movimientoondulatorio.html>

Movimiento Ondulatorio

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/ondas/MovOndulatorio.html>

Movimiento Ondulatorio

http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/teoria/A_Franco/ondas/MovOndulatorio.html

Movimiento Ondulatorio

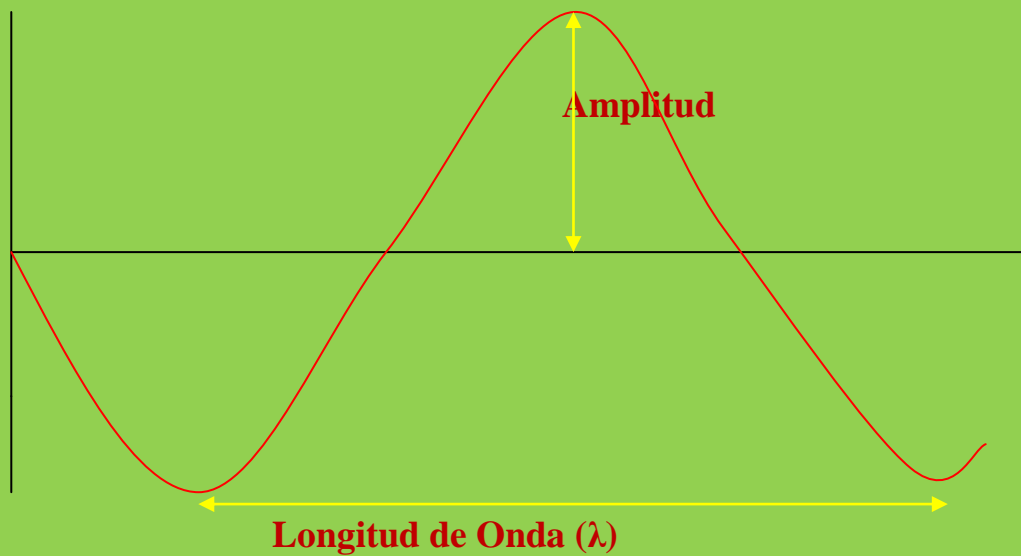
http://es.wikiversity.org/wiki/Movimiento_Ondulatorio

Podemos definir el **MOVIMIENTO ONDULATORIO** como la propagación de un **Movimiento Vibratorio Armónico Simple**.

El Movimiento Ondulatorio se constituye por **ONDAS** que la podemos definir como cada una de las vibraciones que constituyen el **Movimiento Ondulatorio**.

3.- Ondas

Supongamos una vibración y por lo tanto una **ONDA**:



En una **onda** se establecen las siguientes **magnitudes**:

- Longitud de Onda (λ).**- La distancia entre dos puntos que se encuentran en FASE (vibran con las mismas características).
- Periodo (T).**- Tiempo que tarda una onda en recorrer un espacio igual a la Longitud de Onda.
- Frecuencia (f).**- Número de ondas que se propagan en la unidad de tiempo

Como el Movimiento Ondulatorio es una propagación de una vibración se nos plantea el problema de conocer la velocidad de un Movimiento Ondulatorio. La ecuación que nos permite conocer dicha velocidad es :

$$V = \lambda / T \quad (1)$$

Si el medio por el que se propaga la onda es homogéneo la velocidad de propagación es constante.

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

Como:

$$f = 1 / T \rightarrow T = 1 / f$$

que llevado a (1):

$$V = \lambda / (1/f) \rightarrow V = \lambda \cdot f$$

Problema resuelto

¿Qué longitud de onda tiene la nota «La» de un diapasón de 440 Hz?
($V_{\text{sonido}} = 340 \text{ m/s}$)

Resolución:

$$f = 440 \text{ Hz}$$

$$V = \lambda \cdot f ; \quad \lambda = V / f = 340 \text{ (m/s)} / 440 \text{ (1/s)} = 0,77 \text{ m}$$

¿Son todas las ONDAS iguales?

Vamos a:



Tipos de ondas

<http://www.mitecnologico.com/Main/TiposDeOndaYCaracteristicas>

Tipos de ondas

http://usuarios.multimania.es/pefeco/ondas1/ondas1_indice.htm

Tipos de ondas

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

http://web.educastur.princast.es/proyectos/jimena/pj_franciscga/concypip.htm

Tipos de ondas

http://www.educared.org/wikiEducared/Tipos_de_ondas.html

Tipos de ondas

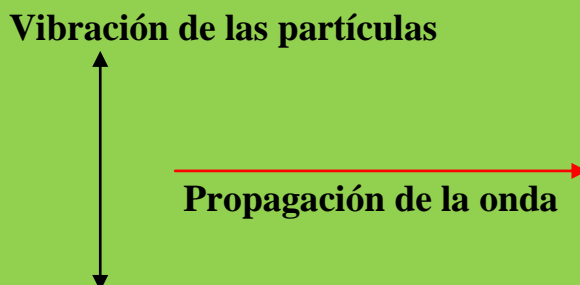
http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/Ondasbachillerato/ondasCaract/ondas-Caract_indice.htm

En nuestro nivel podemos establecer dos tipos de ondas:

- a) **Longitudinales**.- Cuando la dirección de propagación y vibración es la misma.



- b) **Transversales**.- Cuando la vibración es perpendicular a la dirección de propagación.



Animación para ver el tipo de ondas

http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/Ondasbachillerato/ondasCaract/longtransv_e.htm

Las ondas **LONGITUDINALES** se caracterizan porque se **propagan en cualquier medio** (sólido, líquido o gas). Son ejemplos las ondas producidas por un muelle en vibración y las ondas del sonido.

Las ondas **TRANSVERSALES** solamente se propagan en medios sólidos y en la superficie de los líquidos. Las ondas de radio también entrarían en esta clasificación.

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

Como conclusión al **MOVIMIENTO ONDULATORIO** diremos que éste implica un **transporte de energía pero no de masa**. Si en un lago, en aguas tranquilas, tenemos un barco de papel y producimos una perturbación como lanzar una piedra, se produce un tren de ondas que al llegar al barco lo harían subir y bajar pero no trasladarse en la dirección de propagación de las ondas.

Problema resuelto

Si el período de un movimiento vibratorio es 10 segundos, la frecuencia valdrá: ¿0,1 Hz?, ¿100 Hz?

Razona la respuesta.

Resolución:

La relación entre el periodo (T) y la frecuencia (f) de un movimiento vibratorio es :

$$f = 1 / T \quad ; \quad f = 1 / 10 \text{ s} = 0,1 \text{ Hz}$$

Problema resuelto

Si un cuerpo vibra a razón de 100 ciclos por segundo, su período es: a) 100 segundos. c) 0,01 segundos. b) 0,1 segundos. d) 1 segundo.

Resolución:

Relación entre T y f :

$$T = 1 / f$$

$$f = 100 \text{ ciclos/s} = 100 \text{ Hz} = 100 \text{ 1/s}$$

$$T = 1 / 100 \text{ (1/s)} \quad ; \quad T = 0,01 \text{ s}$$

Problema resuelto

El período de un movimiento vibratorio es 0,02 s. ¿Cuál es su frecuencia? ¿Cuántas vibraciones se producen en 2 minutos?

Resolución:

a)

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

$$f = 1 / T ; f = 1 / 0,02 \text{ s} ; f = 50 \text{ 1/s} = 50 \text{ Hz}$$

b)

Si definimos el T: Tiempo que se tarda en producir una vibración podemos conocer las vibraciones producidas en 2 minutos:

$$t = 2 \text{ min} \cdot \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 120 \text{ s}$$

$$120 \text{ s} \cdot \frac{1 \text{ vibración}}{0,02 \text{ s}} = 6000 \text{ vibraciones}$$

Laboratorio virtual. Movimiento Ondulatorio. En la pantalla inicial y en la izquierda de la misma **PINCHAR**:

- 1.- Movimiento armónico Simple
- 2.- Ondas varias.
- 3.- Ondas longitudinales y transversales.

<http://enebro.pntic.mec.es/~fmag0006/index.html#>

4.- El Sonido

Video: El sonido y la Audición

<http://www.youtube.com/watch?v=uhJ4brVRsXE>

El Sonido

http://www.quimicaweb.net/grupo_trabajo_ccnn_2/tema4/index.htm

El Sonido

http://www.juntadeandalucia.es/averroes/recursos_informaticos/andar_ed01/paisaje_sonoro/sonido.htm

El Sonido

<http://www.monografias.com/trabajos5/else/else.shtml>

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

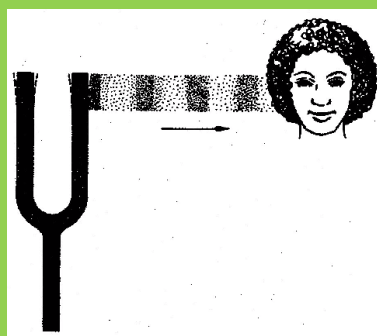
El **SONIDO** es un ejemplo de **Movimiento Ondulatorio** que se propaga por medio de **ONDAS LONGITUDINALES**. Cuando se produce una perturbación en el aire, las moléculas de los distintos gases que forman el aire transmiten dicha perturbación mediante este tipo de ondas. La razón de ondas **LONGITUDINALES** tenemos en el hecho de que el **SONIDO** **no se propaga en el vacío** (ausencia de moléculas y por lo tanto en ausencia de transferencia energética y propagación).

Como dijimos anteriormente el sonido se puede transmitir en cualquier medio elástico (sólido, líquido y gas). Dicho esto el **SONIDO**:

*Es la propagación, en un medio material, de la **VIBRACIÓN** de un cuerpo elástico.*

Las características del **SONIDO** como transmisión de una perturbación son:

- La velocidad de las **ONDAS SONORAS** es constante y la misma para los distintos sonidos, en un mismo medio homogéneo (formado por elementos de igual naturaleza).
- Producen una variación de la **densidad del medio** por el que se propagan pues ésta propagación implica una **compresión** (disminución de volumen) y **enrarecimiento** (dilatación del volumen) del medio (recordar $d = m/v$).



- Las **ONDAS SONORAS** se pueden propagar en todas las direcciones por lo que podemos darle el apellido de **ONDAS ESFÉRICAS**.

Video: Formación de ondas esféricas

<http://www.youtube.com/watch?v=xJIVgHDT08c>

¿Por qué sabemos que la velocidad del SONIDO es constante para los diferentes sonidos?

Independientemente de las mediciones experimentales que se hayan podido hacer hay un ejemplo muy aclaratorio para explicarlo: Cuando estamos oyendo un concierto, ¿los sonidos se adelantan o se atrasan unos respecto a otros? **NO**. Luego la velocidad del sonido es **CONSTANTE**, eso sí, para un **MISMO MEDIO HOMOGÉNEO**.

Según sea el medio (sólido, líquido o gas) el valor de la velocidad es distinto:

$$V_{\text{sonido sólidos}} > V_{\text{sonido líquidos}} > V_{\text{sonido gases}}$$

La razón la podemos encontrar en **la estructura de la materia**, es decir, en las **fuerzas de cohesión** que unen sus moléculas y por tanto la **distancia de separación** entre moléculas (cuanto más cerca mayor velocidad).

Velocidad del sonido en medios diferente

<http://www.youtube.com/watch?v=u7FXKuUzAQo>

Velocidad del sonido en (m/s)

CO ₂ (g)	265
Oxígeno (g)	316
Nitrógeno (g)	338
Aire (g)	331
Hidrógeno (g)	1264
Etanol(L)	1275
Agua (L)	1450
Mercurio (L)	1500
Cobre (s)	3600
Aluminio (s)	5100
Hierro (L)	5150

El SONIDO presenta unas características que nos permite, por ejemplo:

- Saber si la charla entre dos personas es silenciosa (murmullo), tiene un nivel que se puede escuchar.
- Distinguir el barítono en una ópera.

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

- c) Distinguir un sonido determinado realizado por distintos instrumentos.

A estas características del **SONIDO** se les conoce como **CUALIDADES DEL SONIDO** y son:

- a) **Intensidad**.- Es la energía que transmite el **SONIDO** por unidad de tiempo a través de la unidad de superficie colocada perpendicularmente a la dirección de propagación.

$$I = W / (S \cdot t)$$

Esta cualidad nos permite distinguir dos tipos de sonidos:

- 1.- Sonido **FUERTE**.
- 2.- Sonido **DÉBIL**.

Esta clasificación tiene como base la **AMPLITUD** de la **VIBRACIÓN**. A mayor Amplitud sonido más fuerte, a menor amplitud sonido más débil.

Video: Sonidos fuertes y débiles

<http://www.youtube.com/watch?v=VgDFuyrzR4Y>

En base a la definición de **INTENSIDAD**, la unidad de esta es: $J/s.m^2$ equivalente a $vatio/m^2$. También se utiliza el $vatio/cm^2$.

El oído humano es capaz de tolerar como **máximo** una Intensidad de 10^{-4} $vatios/cm^2$ y de 10^{-6} $vatios/cm^2$ como mínimo.

- b) **Tono**.- Nos permite distinguir entre sonidos **AGUDOS** (altos) y sonidos **GRAVES** (bajos).

Video: Sonidos graves y agudos

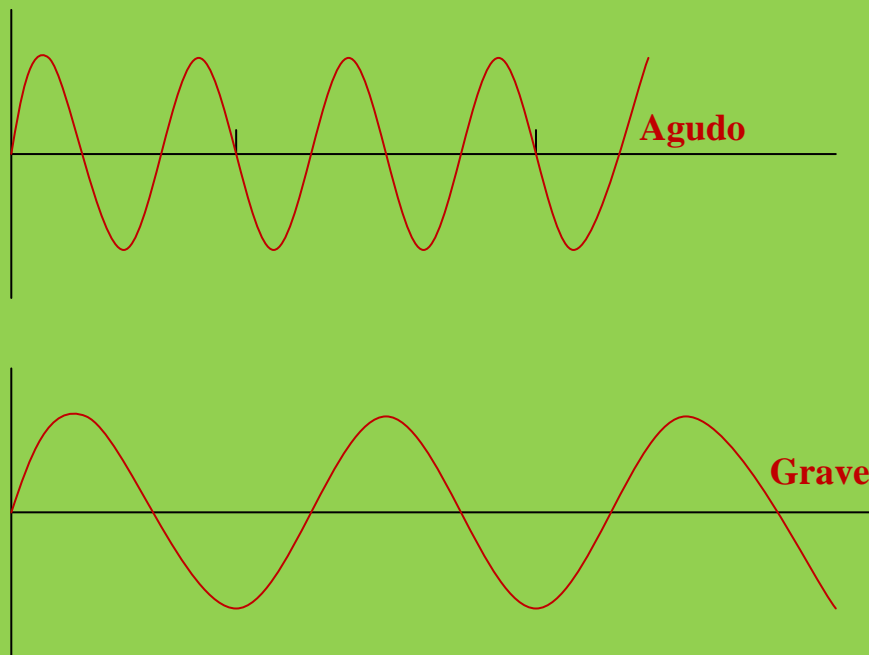
<http://www.youtube.com/watch?v=AuPTDXPnpq0>

Video: Dependencia del TONO de un sonido

<http://www.youtube.com/watch?v=6fYrfd-BAAg>

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

El Tono depende de la **FRECUENCIA** de la vibración, concretamente del **número de vibraciones emitidas por el foco sonoro en 1 segundo**.



La unidad del **TONO** es el **Hercios** (Hz).

El oído humano es capaz de apreciar sonidos de **TONO** comprendido entre **20 y 20000 Hz**.

- c) **Timbre**.- Nos permite distinguir sonidos de igual *intensidad* y tono pero producidos por *diferentes instrumentos*.

Video: El Timbre

<http://www.youtube.com/watch?v=uDc7IMYHPBc>

Video: Frecuencia, intensidad y timbre del Sonido

<http://www.youtube.com/watch?v=3X3Nt3L10DM&feature=related>

Video: Cualidades del sonido

<http://www.youtube.com/watch?v=TggOGilhLMw>

Dijimos que el oído humano era capaz de captar sonidos cuya frecuencia está comprendida entre **20 y 20000 hertzios**. Por debajo de

20 Hz el sonido se llama **INFRASONIDO** y por encima de 20000 Hz se le llama **ULTRASONIDOS**.

Existen animales capaces de captar **ULTRASONIDOS** superiores a 20000 Hz. (ballena, delfín) e incluso superiores a 200000 Hz como son las marsopas.

Los **ULTRASONIDOS** tienen importantes aplicaciones y entre las más importantes es el estudio de los fondos marinos, bancos de peces y todo lo que se mueva en el fondo marino. Para ello se utiliza el **SONAR** que funciona emitiendo **ULTRASONIDOS** y nos permite establecer la distancia del objeto al sistema donde está el **SONAR**.

5.- Resonancia

Video: Efecto de la Resonancia

<http://www.youtube.com/watch?v=fQyoHkrBa3U>

Estudio de la Resonancia

<http://es.wikipedia.org/wiki/Resonancia>

Estudio de la Resonancia

<http://www.wisphysics.es/2008/04/vibrando-en-la-resonancia>

Según el video y las páginas Webs cuando un primer diapasón se pone a vibrar y tiene otro cerca de él, en reposo, éste empieza a vibrar hasta hacerlo con **la misma amplitud del primer diapasón**. De esta forma el efecto vibratorio del primer diapasón aumenta transmitiendo el conjunto un sonido de mayor intensidad. En definitiva: **Cuando sobre un cuerpo actúa una fuerza de forma periódica de modo que este periodo coincida con el de vibración del cuerpo, entonces este cuerpo REFUERZA continuamente su vibración aumentando la amplitud a cada actuación de la fuerza**. Este efecto es el causante de la rotura de objetos, como vimos en el medio.

A este efecto del sonido se le conoce como **RESONANACIA**.

6.- Eco

Estudiemos otro fenómeno relacionado con el **SONIDO** y que se conoce como **ECO**.

Video: El Eco

<http://www.youtube.com/watch?v=hATr4DwnS7>

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

Video: El Eco

<http://www.youtube.com/watch?v=on9YDqK9DMg>

Video: El Eco

<http://www.youtube.com/watch?v=D3wT8QV7bvg>

Estudio del Eco (animación)

<http://www.ehu.es/acustica/bachillerato/feaces/feaces.html>

Estudio del Eco

http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_03_04/Csound/eco.htm

Estudio del Eco

[http://es.wikipedia.org/wiki/Reflexi%C3%B3n_\(sonido\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Reflexi%C3%B3n_(sonido))

Bien, llegamos a la conclusión de que el fenómeno acústico **ECO** se basa en el fenómeno de la **REFLEXIÓN** de las ondas sonoras. Cuando las ondas se propagan e inciden sobre una superficie de otro medio (montaña, pared), parte de las ondas vuelven al medio del que procedían cambiando el sentido de propagación.



Podemos decir que el **ECO** es la percepción repetida de un mismo **sonido**.

Para que el sonido reflejado no se confunda con el incidente deben transcurrir 0,1 s (para el oído humano). Sabiendo que el sonido lleva una velocidad constante (340 m/s), podemos calcular la distancia mínima para que se produzca el **ECO**:

$$e = V \cdot t \quad ; \quad e = 340\text{m/s} \cdot 0,1 \text{ s} = 34 \text{ m}$$

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

Pero si tenemos en cuenta que el sonido debe ir y regresar, el espacio mínimo será la mitad del calculado, es decir, 17 m.

Problema resuelto

Una onda sonora, de longitud de onda 1,7 m, se propaga en el aire con una velocidad de 340 m/s. ¿Qué valor tienen su período y su frecuencia?

Resolución:

$$\lambda = 1,7 \text{ m}$$

$$V = 340 \text{ m/s}$$

Recordemos que las magnitudes λ , V y T se relacionan mediante la ecuación:

$$V = \frac{\lambda}{T} \quad (1)$$

De (1) podemos despejar el T :

$$T = \lambda / V \quad ; \quad T = 1,7 \text{ m} / 340 \text{ (m/s)} \quad ; \quad T = 0,005 \text{ s}$$

Sabemos que :

$$f = 1 / T \quad ; \quad f = 1 / 0,005 \text{ s} \quad ; \quad f = 200 \text{ (1/s)} = 200 \text{ Hz}$$

Problema resuelto

¿Con qué velocidad se propaga una onda de longitud de onda 40 m y frecuencia 3000 Hz?

Resolución:

Recordemos la ecuación:

$$V = \lambda \cdot f$$

$$V = 40 \text{ m} \cdot 3000 \text{ Hz} = 120.000 \text{ m} \cdot 1/\text{s} = 120.000 \text{ m/s} = 120.000 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

Problema resuelto

Un movimiento vibratorio de frecuencia 100 Hz se transmite a una velocidad de 72 km/h. ¿Cuál es la longitud de onda de este movimiento vibratorio?

Resolución:

Cambio de unidades:

$$V = 72 \cdot \frac{\text{Km}}{\text{h}} \cdot \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ Km}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 20 \text{ m/s}$$

Sabemos que:

$$V = \lambda \cdot f \rightarrow \lambda = V / f ; \lambda = 20 \text{ (m/s)} / 100 \text{ (1/s)} = 0,2 \text{ m}$$

Problema resuelto

La frecuencia inferior y superior de los sonidos audibles son, respectivamente, 20 Hz y 20000 Hz. Calcula las longitudes de onda correspondientes a estas frecuencias.

Resolución:

$$f_{\text{infe}} = 20 \text{ Hz}$$

$$f_{\text{sup.}} = 20000 \text{ Hz}$$

$$\lambda = V / f$$

$$\lambda_{\text{infe}} = 340 \text{ (m/s)} / 20 \text{ (1/s)} = 17 \text{ m}$$

$$\lambda_{\text{sup.}} = 340 \text{ (m/s)} / 20000 \text{ (1/s)} = 0,017 \text{ m}$$

Problema resuelto

Una perturbación que se transmite en forma de ondas por una cuerda tarda 8 s en recorrer 12 m, produciendo 8 oscilaciones completas.

Calcula:

- La velocidad de propagación de la onda.
- La longitud de onda.
- La frecuencia de la onda.

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

Resolución:

a)

$$V = e / t \quad ; \quad \bar{V} = 12\text{m} / 8\text{ s} = 1,5\text{ m/s}$$

b)

T = Tiempo en producirse una oscilación:

$$1\text{ oscilación} \cdot \frac{8\text{ s}}{8\text{ oscilaciones}} = 1\text{ s} = T$$

$$\lambda = V \cdot T \quad ; \quad \lambda = 1,5\text{ m/s} \cdot 1\text{ s} = 1,5\text{ m}$$

c)

$$f = 1 / T \quad ; \quad f = 1 / 1\text{ s} = 1\text{ (1/s)} = 1\text{ Hz}$$

Problema resuelto

La cuerda de una guitarra vibra con una frecuencia de 435 Hz. ¿Cuál es la longitud de onda del sonido originado? ¿Cuál sería la longitud de este sonido en el agua?

Resolución:

$$\left. \begin{array}{l} V_{\text{sonidoaire}} = 340\text{ m/s} \\ f = 435\text{ Hz} \end{array} \right\} \lambda = V / f \quad ; \quad \lambda = 340\text{ (m/s)} / 435\text{ (1/s)} = 0,78\text{ m}$$

$$V_{\text{sonidoagua}} = 1450\text{ m/s} \rightarrow \lambda = V / f \quad ; \quad \lambda = 1450\text{ (m/s)} / 435\text{ (1/s)} = 3,33\text{ m}$$

Problema propuesto

La velocidad de una onda sonora en el acero es de 5500 m/s y su longitud de onda de 60 cm ¿Cuál es la frecuencia de esta onda?

Problema resuelto

En una ecografía exploratoria del corazón se utilizan ultrasonidos de 2 MHz. ¿Cuál es la longitud de onda de estos ultrasonidos en el



ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

aire? ¿Cuál es su longitud de onda en los tejidos celulares si ellos se propaga a 1500 m/s?

Resolución:

a)

En el corazón:

$$f = 2 \text{ MHz} = 2 \cdot 10^6 \text{ Hz}$$

$$V = 340 \text{ m/s}$$

$$\lambda = V / f \quad ; \quad \lambda = 340 \text{ (m/s)} / 2 \cdot 10^6 \text{ (1/s)} = 170 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

b)

En los tejidos:

$$V = 1500 \text{ m/s} \rightarrow \lambda = V / f \quad ; \quad \lambda = 1500 \text{ (m/s)} / 2 \cdot 10^6 \text{ (1/s)} = 750 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

¿Qué ocurriría si la distancia de separación entre el foco emisor del sonido y la pared fuera inferior a 17 m?

Laboratorio virtual: Estudio de los fenómenos ondulatorios.

http://www.rabfis15.uco.es/Aspectossonido/ayuda/fenomenos_ondulatorios.htm

7.- Reverberación

Video: Efecto de la Reverberación

<http://www.youtube.com/watch?v=uK5XjEPNsWo>

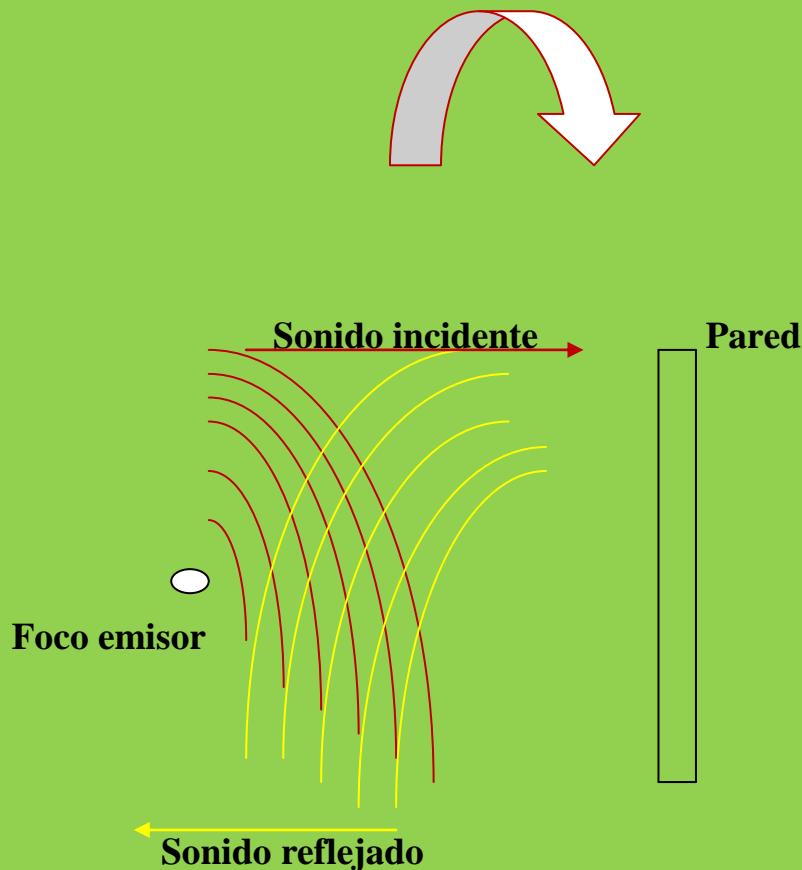
Estudio de la Reverberación

<http://www.ehu.es/acustica/bachillerato/acares/acares.html>

Estudio de reverberación

<http://sonido44100.blogspot.com/2009/09/la-reverberacion.html>

Si la distancia de separación es inferior a 17 metros la onda incidente y la reflejada se confunden en una sola onda. Se produce entonces el fenómeno de la **REVERBERACIÓN**.



Este fenómeno lleva consigo que los sonidos nos lleguen confusos y sin nitidez.

Podemos resolver la Reverberación si revestimos la sala con elementos absorbentes del sonido, que eliminen la reflexión de la onda (sonido). Los tapices de pared, cortinas, alfombras pueden ser ejemplos de materiales absorbentes.

El sonido, en la música, puede ser agradable, tranquilizante, hacer que te sientas bien. Pero también puede ocurrir todo lo contrario, es decir, que sea desagradable, insoportable, que te produzca nerviosismo.

Podemos diferenciar entre **INTENSIDAD DE SONIDO** y **SENSACIÓN SONORA** que las ondas pueden originar en nuestro oído. Se estableció una escala de sensación sonora medida en la unidad llamada **BEL**, que corresponde a la Sensación Sonora que produce un sonido cuya intensidad sea igual a 10 veces el **VALOR UMBRAL (0)**. Un submúltiplo del Bel es el Decibel (**dB**, *décima parte del Bel*).

Problema resuelto

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

Se lanza un grito a 34 m de un monte. Si la velocidad del sonido es 340 m/s, el tiempo, en segundos, que tarda en oírse el eco es de:

- a) 1 c) 10
b) 5 d) 1/10

Resolución:

$$e = 34 \text{ m}$$
$$V = 340 \text{ m/s}$$

Para poder oír el eco el sonido debe hacer viaje de ida y vuelta a la fuente sonora, por tanto:

$$e_{\text{sonido}} = e_{\text{ida}} + e_{\text{vuelta}}$$

$$e_{\text{sonido}} = 34 \text{ m} + 34 \text{ m} = 68 \text{ m}$$

Recordando el M.R.U.:

$$e = V \cdot t \quad ; \quad t = e / V \quad : \quad t = 68 \text{ m} / 340 \text{ (m/s)} = 0,2 \text{ s}$$

Problema resuelto

Dos montañas, A y B, están separadas horizontalmente por una distancia de 3 500 m. Si se produce un disparo en A tarda 10 segundos en oírse en B. ¿Es eso posible? ¿Cómo lo explicarías? Si en esas condiciones el disparo se produjera en B, ¿cuánto tiempo tardaría en escucharse en A?

Resolución:

Cinemáticamente es muy fácil determinarlo:

$$e = V \cdot t \quad ; \quad t = e / V \quad ; \quad t = 3500 \text{ m} / 340 \text{ (m/s)} = 10,30 \text{ s}$$

Demostramos que no son 10 s, son 10,30 s. La única explicación a esto es que exista una corriente de aire en sentido contrario al sentido del sonido.

Cuando el disparo se produzca en B, la corriente de aire la tenemos en el mismo sentido y por lo tanto el sonido tendrá una velocidad superior a 340 m/s:

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

$$V = e/t ; V = 3500 \text{ m} / 10,30 \text{ s} = 339,8 \text{ m/s (Ida)}$$

La velocidad de ida del sonido de A a B ha sufrido una disminución de:

$$\Delta V = 339,8 - 340 = - 0,2 \text{ m/s}$$

Esta disminución será el aumento de la velocidad del sonido de B a A:

$$V_{BA} = 340 + 0,2 = 340,2 \text{ m/s (Vuelta)}$$

$$t_{BA} = e / V ; t = 3500 \text{ m} / 340,2 \text{ (m/s)} = 10,28 \text{ s}$$

Problema resuelto

Las ondas que emite en cada segundo un foco emisor tienen una energía de 25 J. Si esas ondas se propagan mediante ondas esféricas, ¿qué intensidad existe a 5 m del foco emisor?:

- a) $0,08 \text{ W/m}^2$. c) 5 W/m^2 .
b) 125 W/m^2 . d) $0,2 \text{ W/m}^2$.

Resolución:

Recordando la definición de la intensidad del sonido:

Es la energía que transmite el SONIDO por unidad de tiempo a través de la unidad de superficie colocada perpendicularmente a la dirección de propagación.

$$I = W / (S \cdot t)$$

$$t = 1 \text{ s}$$

$$S_{\text{esfera}} = 4 \cdot \pi \cdot r^2 = 4 \cdot 3,14 \cdot (5 \text{ m})^2 = 314 \text{ m}^2$$

$$I = 25 \text{ J} / 314 \text{ m}^2 \cdot 1 \text{ s} = 0,079 \text{ J} / \text{m}^2 \cdot \text{s} = 0,079 \text{ W/m}^2$$

Problema resuelto

Calcula el tiempo que invierte el avión Concorde, que vuela a 2,2 veces la velocidad del sonido, en ir de París a Nueva York, si estas dos ciudades están separadas por una distancia aproximada de 6500 km.

Resolución:

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

$$V_{\text{CONCORDE}} = 2,2 \cdot V_{\text{sonido}} = 2,2 \cdot 340 \text{ m/s} = 748 \text{ m/s}$$

$$e = 6500 \text{ Km} \cdot 1000 \text{ m/1 Km} = 6500000 \text{ m}$$

$$e = V \cdot t ; t = e / V ; t = 6500000 \text{ m} / 748 \text{ (m/s)} = \\ = 8689,84 \text{ s} \cdot 1 \text{ h} / 3600 \text{ s} = 2,41 \text{ h}$$

Problema resuelto

Un sonido de 1400 Hz de frecuencia se propaga dentro de una viga de hierro. ¿Cuál es su longitud de onda?

Resolución:

$$\left. \begin{array}{l} V_{\text{sonidohierro}} = 5150 \text{ m/s} \\ f = 1400 \text{ Hz} \end{array} \right\} \begin{array}{l} V = \lambda \cdot f ; \lambda = V / f \\ \lambda = 5150 \text{ (m/s)} / 1400 \text{ (1/s)} = 3,7 \text{ m} \end{array}$$

Problema resuelto

Los delfines emiten ultrasonidos en el intervalo de frecuencias que va desde 40 MHz hasta 170 MHz. Calcula entre qué longitudes de onda emiten los delfines estos ultrasonidos (recuerda que el sonido se propaga en el agua a 1500 m/s).

Resolución:

$$f = 40 \text{ MHz} = 40 \text{ MHz} \cdot 10^6 \text{ Hz} / 1 \text{ MHz} = 40000000 \text{ Hz}$$

$$\lambda_{\text{pequeña}} = V / f = 1500 \text{ (m/s)} / 40000000 \text{ (1/s)} = 2,5 \cdot 10^{-8} \text{ m}$$

$$f_{\text{grande}} = 170 \text{ MHz} = 170 \text{ MHz} \cdot 10^6 \text{ Hz} / 1 \text{ MHz} = 170 \cdot 10^6 \text{ Hz}$$

$$\lambda_{\text{grande}} = V / f = 1500 \text{ (m/s)} / 170 \cdot 10^6 \text{ (1/s)} = 8,82 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

Problema resuelto

El sonar de un submarino envía verticalmente hacia el fondo del mar un pulso de ultrasonidos y capta el eco reflejado al cabo de 0,46 s. ¿A qué distancia del fondo se encuentra el submarino?

Resolución:

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

El sonar es un instrumento cuyo funcionamiento se basa en el ECO. El sonar manda un sonido y luego lo recibe. El tiempo empleado por el sonar es la suma del tiempo de ida y del tiempo de regreso:

$$t = 0,46 \text{ s}$$

$$V_{\text{sonidoagua}} = 1450 \text{ m/s}$$

$$e = V \cdot t ; e = 1450 \text{ m/s} \cdot 0,46 \text{ s} = 667 \text{ m}$$

Este espacio corresponde a la suma del espacio de ida más el espacio de regreso. Estos espacios son iguales y por tanto:

$$e = e_{\text{ida}} + e_{\text{regreso}} ; e_{\text{ida}} = e_{\text{regreso}} ; 667 \text{ m} = 2 \cdot e_{\text{fondo}}$$

$$e_{\text{fondo}} = 667 \text{ m} / 2 = 333,5 \text{ m}$$

Problema propuesto

¿Cuál es la frecuencia de un sonido que posee una longitud de onda de 0,5 m cuando se propaga por el aire? ¿Y cuando se propaga por el agua?

Problema propuesto

Un diapasón emite un sonido de 440 Hz, ¿cuál es la longitud de onda del sonido emitido?

Problema propuesto

Calcula la longitud de onda de un sonido, sabiendo que su velocidad es de 6 000 m/s y su frecuencia es de 100 000 Hz.

Problema propuesto

Si la velocidad del sonido en el aire es de 330 m/s, la longitud de onda, en m, de una nota musical de frecuencia 550 Hz, es de:

- a) 181 500 c) 0,6
- b) 1/5 d) 5

Problema propuesto

La longitud de onda en un movimiento ondulatorio es 3 m y la frecuencia vale 2 000 Hz. La velocidad de propagación será:

- a) No existe, porque no depende de la frecuencia.
- b) 6 000 m/s.
- c) $1,5 \cdot 10^{-3}$ m/s.

d) 666,7 m/s.

8.- Contaminación producida por el sonido

Video: Contaminación Acústica

<http://www.youtube.com/watch?v=Nxy-jvLmsos&feature=related>

Video: Contaminación Acústica

http://www.youtube.com/watch?v=S_Re5QBuKg8&feature=related

Video: Contaminación Acústica

http://www.youtube.com/watch?v=u4haB_IXJfQ&feature=related

Video: Contaminación Acústica

<http://www.youtube.com/watch?v=b8qPhHSxXe0&feature=related>

Video: Contaminación Acústica

http://www.youtube.com/watch?v=JB_V0_poXkQ

Estudio de la Contaminación Acústica

<http://www.monografias.com/trabajos/contamacus/contamacus.shtml>

Estudio de la Contaminación Acústica

<http://presencias.net/indpdm.html?http://presencias.net/invest/ht3026.html>

Estudio de la Contaminación Acústica

<http://espana.aula365.com/post/contaminacion-acustica/>

La contaminación sonora es producto del conjunto de sonidos ambientales nocivos que recibe el oído,

En el caso de la zona más ruidosa (100 dB) los picos alcanzados se traducen en un nivel que entra en el rango de riesgo auditivo (se pierde la percepción sonora; su límite es la sordera). Siendo que la Ordenanza Municipal específica permite un máximo que está muy por debajo de la cifra citada, es de imaginar -por lo pronto- el daño que sufren las personas que viven o transitan en dichas zonas, diarieros, floristas, conductores de transporte público.

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

Los efectos de la **contaminación sonora** se manifiestan en molestias o lesiones inmediatas o daños por acumulación: **trastornos físicos** (elevación pasajera de agudeza auditiva); **trauma acústico**: envejecimiento prematuro del oído y pérdida de la capacidad auditiva.

Los ruidos constituyen uno de los males característicos que ya forman parte de nuestra actividad cotidiana: las bocinas de los vehículos particulares o de transporte público, la construcción, los lugares de diversión y los sistemas electrónicos (altavoces y parlantes), industrias, el tráfico aéreo y los aeropuertos, etc. ocasionan importantes afectaciones que deterioran el ambiente y alteran nuestras vidas.

El uso de los MP3, MP4 y MP5 y otros aparatos electrónicos, usados a altos niveles acústicos, son causas de anomalías acústicas en nuestros oídos.

Contaminación acústica: sonido y ruido

Conviene distinguir inicialmente dos conceptos: **sonido** y **ruido**.

Sonido: conjunto de vibraciones que pueden estimular el órgano del oído.

Ruido: perturbación sonora, periódica, compuesta por un conjunto de sonidos que tienen amplitud, frecuencia y fases variables y cuya mezcla suele provocar una sensación sonora desagradable al oído.

Físicamente no es posible fijar un límite neto entre sonido y ruido porque intervienen factores psicológicos dependientes del ambiente y del modo de producirse la manifestación sonora.

En nuestros días el incremento del ruido se debe, como es notorio, a diversos factores: **innovaciones tecnológicas**, **medios de transporte**, **instrumentos eléctricos**, **medios de comunicación**: **radio**, **televisión**, **cine**, etcétera.

Su ámbito de manifestación se da tanto en zonas urbanas como suburbanas y rurales, incrementándose en las cercanías de aeropuertos, puertos e industrias.

La medición del ruido se efectúa a través de una unidad física **L_{eq}** = **nivel de decibeles** cuya energía en el tiempo considerado es igual a la energía producida por fuentes, es decir, por la adecuación del sonido, debe ser correlativa a una correcta emisión por la fuente emisora. Este

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

criterio se mantiene en diversas naciones y se miden las emisiones de ruido a través de estaciones ubicadas en diversos puntos de las ciudades, dividiéndose las ruidometrías en dos bandas horarias, de '7 a 22, y de 22 a 7.

El ruido y el sonido son perceptibles a través del oído. Un oído corriente sólo puede percibir una onda sinusoidal si la frecuencia de la misma está comprendida entre **15 y 20 mil herz**.

El umbral de audibilidad es la curva que para cada frecuencia da la energía expresada para hacer el sonido audible. El umbral del dolor indica la energía a partir de la cual el oído experimenta dolor.

Los dos umbrales, umbral de audibilidad y umbral del dolor, determinan el campo de audición no contaminante, que abarca frecuencias de **500 a 5.000 Hz**.

A modo de ejemplo, podemos enumerar los decibeles producidos por diversas fuentes generadoras de sonidos:

0 dB: no podemos oír;

10 dB: murmullo de personas ubicadas a un metro y medio de distancia;

30 dB: calle tranquila de barrio:

40 dB: ruidos nocturnos de una ciudad.

50 dB: ruido de coche que se desplaza a 6 km de distancia; **60 dB:** multitud en un lugar grande y cerrado;

70 dB: tránsito muy intenso **80 dB:** tránsito muy pesado: **100 dB:** sonido doloroso;

15 dB: martillar sobre acero a 60 m de distancia. **40 dB:** posibilidad de rotura del tímpano.

La **contaminación acústica** presenta unas características concretas que lo diferencian de otros contaminantes:

- Es el contaminante más barato de producir y necesita muy poca energía para ser emitido.
- Es complejo de medir y cuantificar.

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

- No deja residuos, no tiene un efecto acumulativo en el medio, pero sí puede tener un efecto acumulativo en sus efectos en el hombre.
- Tiene un radio de acción mucho menor que otros contaminantes, es decir, se localiza en espacios muy concretos.
- No se traslada a través de los sistemas naturales, como el aire contaminado movido por el viento, por ejemplo.
- Se percibe sólo por un sentido: el oído, lo cual hace subestimar su efecto. Esto no sucede con el agua, por ejemplo, donde la **contaminación** se puede percibir por su aspecto, olor y sabor.

Actualmente la **contaminación acústica** es una de las mayores preocupaciones en las áreas urbanas. De hecho, ha crecido desproporcionadamente en las últimas décadas y sólo en España se calcula que al menos 9 millones de personas soportan niveles medios de **65 decibelios**, el límite aceptado por la **OMS**.

En el caso de Canarias, podemos afirmar que es junto con Andalucía, la Comunidad Valenciana y Baleares, una de las comunidades más ruidosas de España.

Consecuencias

Algunas reacciones fisiológicas y psicológicas que surgen como consecuencia de sonidos excesivamente altos tienen su origen en el deseo natural de autoprotección. Los animales silvestres reaccionan a sonidos con un estado de alarma, por lo que están más atentos a posibles riesgos. Se despiertan, se esconden o se enfrentan a la causa del ruido y el cuerpo reacciona inmediatamente con la secreción de adrenalina.

El hombre no es una excepción, por tanto el ruido provoca en él de forma instintiva las mismas reacciones aunque con frecuencias moduladas o inhibidas por la voluntad, lo que incrementa el nivel de estrés.

Así podemos observar **consecuencias** psicológicas, físicas, sociales y económicas:

- ▶ **Malestar y estrés**
- ▶ **Trastornos del sueño**
- ▶ **Pérdida de atención**
- ▶ **Dificultad de comunicación**
- ▶ **Pérdida de oído**

- ▶ **Afecciones cardiovasculares**
- ▶ **Retraso escolar**
- ▶ **Conductas agresivas**
- ▶ **Dificultad de convivencia**
- ▶ **Costes sanitarios**
- ▶ **Baja productividad**
- ▶ **Accidentes laborales**
- ▶ **Pérdida de valor de los inmuebles**
- ▶ **Ciudades inhóspitas**
- ▶ **Retraso económico y social**

A continuación se enumeran diferentes estudios sobre las **consecuencias** del ruido en las personas:

- La población expuesta a un nivel de ruido por encima de los 65 decibelios desarrolla a corto plazo un índice superior en un 20% de ataques cardíacos. (Estudio Cohort, presentación en Barcelona a cargo de Dieter Gottlob, de la Agencia Federal Alemana de Medio Ambiente Alemana).
- Los niños y los ancianos son más sensibles a los ruidos que perturban su sueño, aunque su reacción no es la misma: mientras los ancianos son más propensos a despertarse debido a la ligereza de su sueño, ambos grupos mostraron alteraciones vitales debido al ruido, aún durmiendo a pierna suelta: alteraciones del pulso, vasoconstricción, modificaciones en el electromiógrafo y en el encefalograma. (Experimento realizado por el Doctor Alain Muzet, del Centro de Estudios Bioclimáticos del CNRS, en Francia).
- Con niveles de ruido altos, la tendencia natural de la gente hacia la ayuda mutua disminuye o desaparece, reapareciendo en el momento en que se suprime la presión sonora.
- En experimentos de laboratorio con animales se demostró que en un ambiente con ruido superior a 110 decibelios (claxon de automóvil a un metro, sirena de ambulancia a la misma distancia, discoteca, concierto de rock, moto a escape libre, trueno...), los procesos cancerosos aparecen y se desarrollan con mayor rapidez.

- Los niños cuyos colegios lindan con zonas ruidosas (industrias, aeropuertos, carreteras con mucho tráfico...), aprenden a leer más tarde, presentan mayor agresividad, fatiga, agitación, peleas y riñas frecuentes, mayor tendencia al aislamiento, y cierta dificultad de relación con los demás. El CSIC afirma a este respecto que la **contaminación acústica** conlleva efectos negativos en las generaciones futuras, como deterioro del aprendizaje y del desarrollo humano.

Reducción de la contaminación auditiva

Existen diversas maneras de combatir la contaminación acústica. Como por ejemplo disminuyendo el uso de sirenas en las calles, controlando el ruido de motocicletas, coches, maquinaria etc. En muchos casos, aunque tenemos la tecnología para reducir las emisiones de ruido, no se usan totalmente porque los usuarios piensan que una máquina o vehículo que produce más ruido es más poderosa y las casas comerciales prefieren mantener el ruido, para generar más ventas. Además, los especialistas en higiene y seguridad en el trabajo recomiendan el uso de protectores acústicos en aquellos ambientes donde la intensidad del sonido sea superior a los 90 dB. Por su parte, los arquitectos especializados en acústica tienen la responsabilidad de diseñar ambientes y escoger materiales que puedan funcionar como aislantes de ruidos molestos, por ejemplo, las paredes huecas que no estén conectadas.

Opiniones sobre posibles soluciones

Creemos que a través de la publicidad televisiva y radial se puede informar a la gente sobre la contaminación auditiva que producen los muchos ruidos de la zona. Con la ayuda del Gobierno de la provincia de Buenos Aires podría hacerse una campaña publicitaria para advertir y concienciar a las ciudades de los graves problemas que traen los sonidos en altas cantidades. También presentar soluciones fáciles y que cada uno puede hacer como revisar periódicamente sus automóviles, plantar árboles en sus propiedades (dado que estos absorben ruidos) etc. En conclusión, nuestra propuesta de cambio más que el hecho de ir y hacerlos es el de informar y concienciar, avisar sobre los daños ocasionados y en el futuro prevenir otros daños.

9.- La Luz

Otro ejemplo de Movimiento ondulatorio lo tenemos en la **LUZ**

Video: El amanecer

<http://www.youtube.com/watch?v=vKKSET91EPM&feature=related>

Video: El amanecer

<http://www.youtube.com/watch?v=kfQzaa-IoJo&feature=related>

Particularmente he visto muy pocos amaneceres pero os puedo decir que ver uno de ellos es lo que da sentido a la vida.

Vamos a estudiar otro Movimiento Ondulatorio. Se trata de la LUZ.

Naturaleza de la Luz

http://www.quimicaweb.net/grupo_trabajo_ccnn_2/tema5/index.htm

Naturaleza de la luz

<http://es.wikipedia.org/wiki/Luz>

La Luz

<http://www.educaplus.org/luz/index.html>

Estudio de la Luz

<http://www.monografias.com/trabajos5/natlu/natlu.shtml#mode>

La Luz

http://www.rimed.cu/index.php?option=com_content&view=article&id=5105:-la-luz-1&catid=256&Itemid=94

Naturaleza de la Luz

<http://www.profesorenlinea.cl/fisica/Luz.htm>

¿Qué es la luz?

Los sabios de todas las épocas han tratado de responder a esta pregunta. Los griegos suponían que la luz emanaba de los objetos, y era algo así como un espectro de los mismos que al llegar al ojo del observador le permitía verlo.

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

De esta manera los griegos y los egipcios se abocaron a la solución del conocimiento de la luz sin encontrar respuestas adecuadas.

Posteriormente en la Europa del siglo XV al XVII, con los avances realizados por la ciencia y la técnica, surgieron muchos matemáticos y filósofos que produjeron importantes trabajos sobre la luz y los fenómenos luminosos.

Hoy día existen tres modelos sobre la **NATURALEZA DE LA LUZ**.

- a) **Modelo corpuscular**.- Según Newton la luz consiste en la **proyección o emisión de PEQUEÑOS CORPÚSCULOS MATERIALES** a partir del foco radiante, los cuales se propagaban a gran velocidad y rectilíneamente en todo medio transparente y homogéneo. Estos corpúsculos fueron, más tarde, llamados **FOTONES**.

Fenómenos perfectamente estudiados como:

- 1.- **La propagación de la luz.**
- 2.- **La reflexión de la luz.**
- 3.- **El efecto fotoeléctrico.**

Avalan la validez del modelo corpuscular.

Sin embargo este modelo no es capaz de interpretar otros fenómenos luminosos como:

- 1.- **La refracción de la luz.**
- 2.- **La Difracción de la luz.**
- 3.- **Las interferencias.**

- b) **Modelo ondulatorio**.- En un principio se pensó que la luz se componía de ondas longitudinales, pero experiencias posteriores llevaron a establecer la posibilidad de ser ondas transversales.

Como la luz se **propaga en el vacío**, no existe un soporte material para la propagación de la misma lo que llevó a un señor llamado Maxwel a establecer un modelo ondulatorio que tiene su origen en **vibraciones eléctricas**, las cuales producen **ondas electromagnéticas**. Más tarde Hertz demostró que las **ondas luminosas** tienen las mismas características que las ondas

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

electromagnéticas (explican los fenómenos luminosos que el modelo corpuscular no podía hacerlo).

La luz es una radiación que se propaga en forma de ondas. Las ondas que se pueden propagar en el vacío se llaman **ONDAS**

ELECTROMAGNÉTICAS. La luz es una radiación electromagnética.

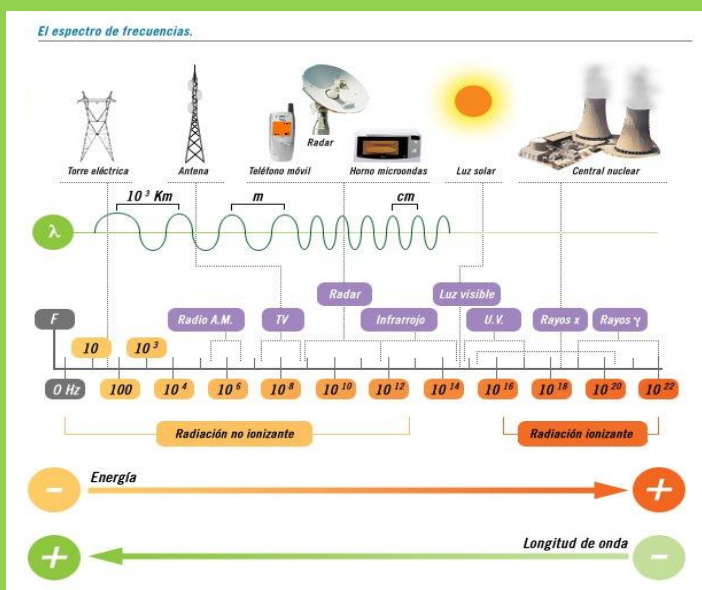
Características de las ondas electromagnéticas

.- Las ondas electromagnéticas se propagan en el vacío a la velocidad de **300000 km/s**, que se conoce como "**velocidad de la luz en el vacío**" y se simboliza con la letra c ($c = 300000 \text{ km/s}$).

.- **La velocidad de la luz en el vacío no puede ser superada por la de ningún otro movimiento existente en la naturaleza**. En cualquier otro medio, la velocidad de la luz es inferior.

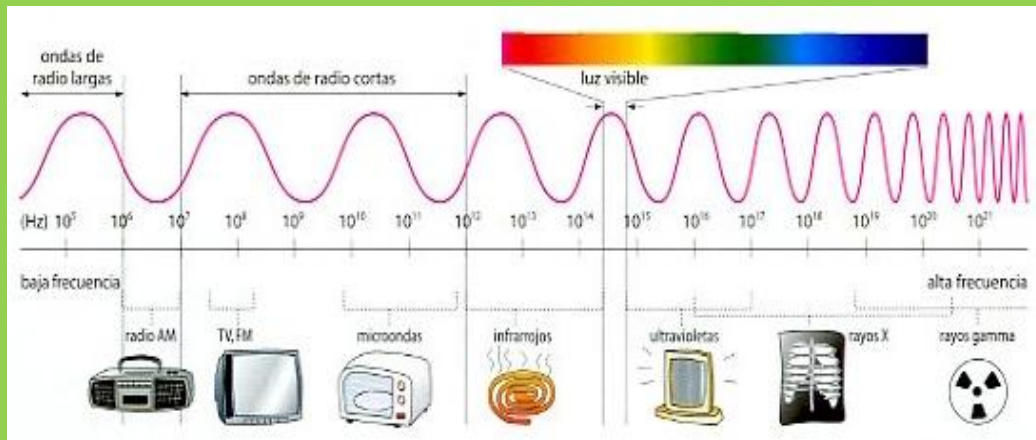
.- **La energía transportada por las ondas es proporcional a su frecuencia**, de modo que cuanto mayor es la frecuencia de la onda, mayor es su energía.

Las ondas electromagnéticas se clasifican según su frecuencia como puede verse en el siguiente diagrama:



ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

La **LUZ** es la radiación visible del espectro electromagnético que podemos captar con nuestros ojos.



Problema resuelto

Una radiación emitida por una lámpara de vapor de sodio tiene una longitud de onda, en el vacío, de 589nm. Calcula la frecuencia de esta radiación. ($c = 3 \cdot 10^8$ m/s)

Resolución:

$$\lambda = 589 \text{ nm} \cdot 10^{-9} \text{ m} / 1 \text{ nm} = 5,89 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda = c / f ; f = c / \lambda ; f = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} / 5,89 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 0,50 \text{ Hz}$$

Problema resuelto

¿Cuál es la longitud de onda de una emisora de radio que emite con una frecuencia de 100 MHz. ($c = 3 \cdot 10^8$ m/s)

Resolución:

$$f = 100 \text{ MHz} \cdot 10^6 \text{ Hz} / 1 \text{ MHz} = 10^8 \text{ Hz}$$

$$\lambda = c / f ; \lambda = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} / 10^8 \text{ (1/s)} = 3 \text{ m}$$

Hasta el momento hemos establecido dos modelos para la naturaleza de la **LUZ** (corpúscular y ondulatorio) y los dos explican fenómenos luminosos, es decir, los dos modelos son válidos. Esto nos lleva al tercer modelo.

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

- c) **Modelo ondulatorio-corpúscular.**- Louis de Broglie en 1924 y Schrödinger en 1926 unieron en un solo concepto las ideas **ONDA** y **CORPÚSCULO**, suponiendo que toda **PARTÍCULA EN MOVIMIENTO LLEVA ASOCIADA UNA ONDA**.

De esta forma lograron unificar los dos modelos iniciales, aparentemente contradictorios, aceptando el hecho de que la **LUZ** parece tener una doble naturaleza: **CORPÚSCULAR** y **ONDULATORIA**.

Adivina adivinanza:

Nunca podrás alcanzarme, aunque corras tras de mí, y por más que quieras irte, siempre estaré junto a tí.

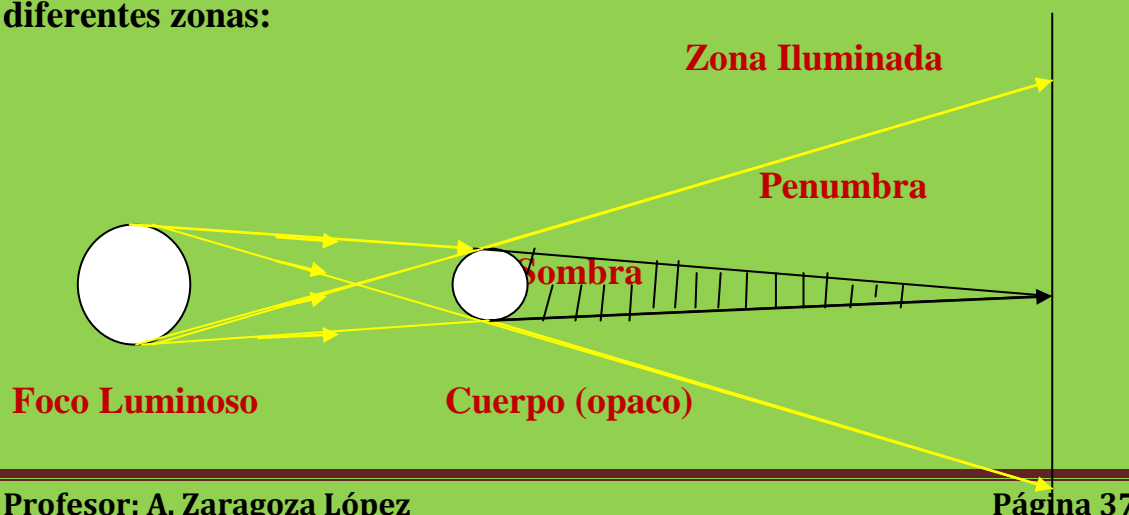
Solución:¿?

¿Qué es la Sombra?, ¿Luz o consecuencia de la luz? ¿Fenómeno luminoso o consecuencia de él?

Una sombra es una región de **oscuridad** donde la **luz** es obstaculizada. Una sombra ocupa todo el **espacio** detrás de un objeto **opaco** (no deja pasar la luz) con una fuente de luz frente a él.

La sombra es consecuencia de la **PROPAGACIÓN RECTILÍNEA DE LA LUZ**.

Supongamos la siguiente experiencia: Tenemos un foco luminoso y delante de él colocamos un cuerpo que no deje pasar la luz (opaco), colocamos una pantalla y observamos que detrás del cuerpo aparecen diferentes zonas:



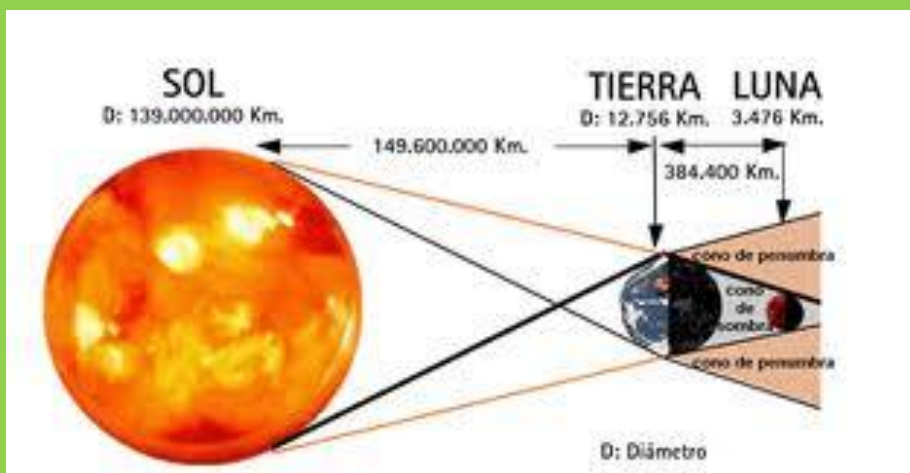
Zona Iluminada

La luz se propaga en línea recta. La línea recta que representa la dirección y el sentido de la propagación de la luz se denomina **rayo de luz** (el rayo es una representación, una línea sin grosor, no debe confundirse con un haz, que sí tiene grosor).

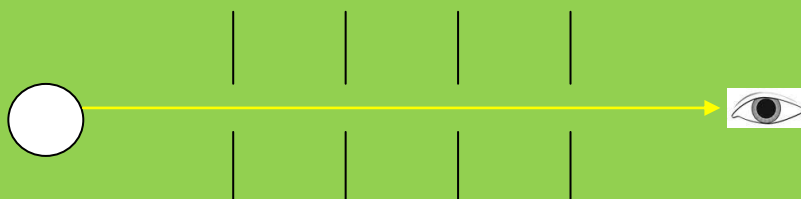
Si un foco, grande o pequeño, de luz se encuentra muy lejos de un objeto produce sombras nítidas.

Si un foco grande se encuentra cercano al objeto, se formará sombra donde no lleguen los rayos procedentes de los extremos del foco y penumbra donde no lleguen los rayos procedentes de un extremo pero sí del otro.

Un eclipse, por ejemplo de Sol, también nos demostraría que la Luz se propaga en línea. También aparecen la zona de **SOMBRA Y DE PENUMBRA**.

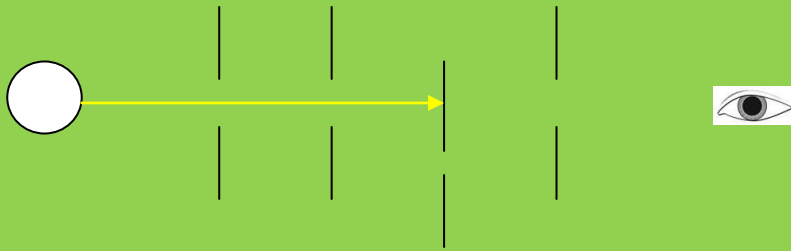


Otra experiencia consiste en poner un foco luminoso y varios cartones con un orificio en su parte central. Si los orificios se encuentran alineados un observador podrá ver la Luz:



ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

Si uno de los cartones no está alineado, el observador no podrá ver la Luz:



Batallita:

Año: 1975

Ciudad: Cartagena

Localización: Cuartel de Artillería de Campaña N° 32

Sitio: Garita de vigilancia

Turno de Guardia: 6:00 – 8:00 h

Soldado de Guardia: A. Zaragoza López

Noto que me tocan en el hombro estando en el camastro durmiendo y el Cabo de Guardia me comunica que era mi turno de guardia. Me levanto y formo, con el resto de soldados que entrabamos, en la puerta del Cuerpo de Guardia. Todos en fila y conducidos por el Cabo vamos siendo depositados en las garitas correspondientes. Cuando estaba ya depositado me puse cómodo y miré hacia el cielo, negro y con muchas estrellas. Era un momento de paz dentro de ese mundo del juego de la guerra, iba pasando el tiempo, o hacía frío, se estaba bien a pesar de la hora. Fui observando como esa oscuridad intensa iba cambiando, aparecían los primeros claros del día, y hablando para mí dije: esa claridad ha llegado a la Tierra con una velocidad de 300.000 Km/s y ha recorrido 149.600.000 Km en un tiempo de 8 minutos 30 s. Lo sabía porque ya entonces era profesor de Física y Química, por supuesto antes de incorporarme al ejercito.

Daros cuenta, velocidad de la Luz 300.000 Km/s. Es un número inmenso, se escapa a mi poca inteligencia, pero ahí está, ese es valor de la velocidad de la Luz.

Video: Experimento de Michelson y Morley para determinar la velocidad de la Luz (1ª Parte)

http://www.youtube.com/watch?v=axBQ0Zt_3Ww

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

Video: Experimento de Michelson y Morley para determinar la velocidad de la Luz (2ª Parte)

<http://www.youtube.com/watch?v=6-2HcBtlM-U&feature=related>

Video: Experimento de Michelson y Morley para la determinación de la velocidad de la Luz (Parte final)

<http://www.youtube.com/watch?v=CkvzleK5sBw&feature=related>

La historia de científicos que trabajaron en el cálculo de la velocidad de la Luz queda resumida en el siguiente cuadro:

AÑO	INVESTIGADOR	RESULTADO
1675	Roemer	300.000 Km/s
1728	Bradley	Ídem
1849	Fizeau	Ídem
1862	Focault	Ídem
1926	Michelson y Morley	299.796 Km/s

Actualmente se acepta como valor más exacto para la velocidad de la Luz, en el aire y en el vacío de:

$$c = 299.776 \pm 4 \text{ Km/s}$$

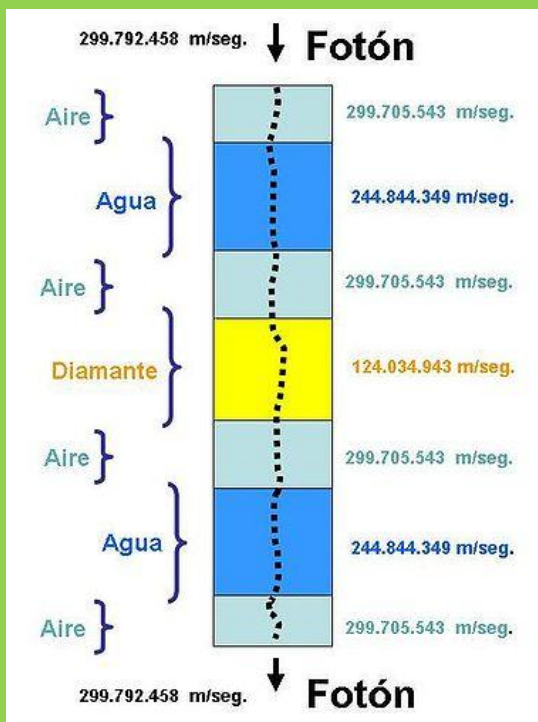
La interpretación de este dato es la siguiente: La velocidad de la Luz en el vacío y en el aire es de 299.776 Km/s pero puede ser aumentado o disminuido en 4 Km/s.

Como dice el video final del experimento de Michelson y Morley, este resultado no era aceptado totalmente por los dos investigadores, sin embargo Einstein, sin tener conocimiento del trabajo de estos dos investigadores, en su Teoría de la Relatividad, postuló la necesidad de suponer constante la velocidad de la Luz de 300.000 Km/s en el vacío, independientemente de que el foco luminoso o el observador estén en reposo o en movimiento. Además estableció que esta velocidad (300.000 Km/s) es el valor MAXIMO de velocidad en nuestro Universo.

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

Este trabajo lo estoy realizando en el mes de Septiembre de 2011 y en esta fecha ingenieros nucleares italianos han determinado que existe una partícula (sumamente pequeña) llamada NEUTRINO que ha superado este valor de la velocidad. El mundo científico ni afirma ni desmienten este descubrimiento, se deben realizar muchos más experimentos para determinar la veracidad del resultado. Lo que es seguro, y eso lo tienen muy claro todos los científicos de este nivel, es la Teoría de la Relatividad de Einstein. Si se comprobara la veracidad de la velocidad del NEUTRINO se produciría un gran cambio en la Física. Otros científicos dicen que es posible esta velocidad del NEUTRINO, pero esto no quiere decir que la Teoría de la Relatividad sea falsa, podría ser una consecuencia de la propia Relatividad a la cual no pudo llegar Einstein. De momento estamos a la espera de nuevos experimentos que confirmen un valor de velocidad superior al de la luz en el vacío, mientras tanto manda Einstein.

La velocidad de la Luz en diferentes medios:



Variación de la velocidad de la luz en diferentes medios (metros por segundo).

Problema resuelto

¿Qué tiempo tardaría la luz en ir de la Tierra a la Luna, si la distancia entre ambos cuerpos celestes es 380.000 km?

Resolución:

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

$$V_{\text{luz}} = 300000 \text{ Km/s}$$

$$e = 380000 \text{ Km}$$

En este caso no hace falta pasar las unidades al S.I.

$$c = e / t ; t = e / c ; t = 380000 \text{ Km} / 300000 \text{ (Km/s)} = 1,27 \text{ s}$$

Problema resuelto

La luz amarilla tiene una longitud de onda de unos 580 nm. Calcula su frecuencia y su período.

$$\text{DATO: } V_{\text{luzamarilla}} = 299700 \text{ Km/s}$$

Resolución:

$$\lambda = 580 \text{ nm} = 580 \text{ nm} \cdot \frac{10^{-9} \text{ m}}{1 \text{ nm}} = 580 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

$$V = \lambda / T ; T = 580 \cdot 10^{-9} \text{ m} / 299700 \text{ (Km/s)} = 0,0019 \cdot 10^{-9} \text{ s} = 1,9 \cdot 10^{-6} \text{ s}$$

$$f = 1 / T ; f = 1 / 1,9 \cdot 10^{-6} \text{ s} = 0,52 \cdot 10^{-6} \text{ (1/s)} = 5,2 \cdot 10^{-7} \text{ Hz}$$

Problema resuelto

¿A qué frecuencias corresponden las longitudes de onda que marcan los límites para la luz visible?

(Recuerda que $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$).

$$\text{DATOS: } \lambda_1 = 380 \text{ nm} ; \lambda_2 = 780 \text{ nm}$$

Resolución:

Para λ_1 :

$$\lambda_1 = 380 \text{ nm} \cdot \frac{10^{-9} \text{ m}}{1 \text{ nm}} = 380 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

$$V_{\text{luz}} = \lambda_1 \cdot f_1 ; f_1 = V_{\text{luz}} / \lambda_1 = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} / 380 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 7,8 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

Para λ_2 :

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

$$\lambda_2 = 780 \text{ nm} \cdot \frac{10^{-9} \text{ m}}{1 \text{ nm}} = 780 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

$$f_2 = V_{\text{luz}} / \lambda_2 = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} / 780 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 3,8 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

Problema resuelto

Un trueno se oye 5,2 segundos después de producirse el relámpago. ¿A qué distancia se ha producido esta descarga eléctrica?

Resolución:

Tiempo en verse el relámpago = $t = 5,2 \text{ s}$

$$V_{\text{luz}} = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)}$$

$$e = V_{\text{luz}} \cdot t ; e = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} \cdot 5,2 \text{ s} = 15,6 \cdot 10^8 \text{ m} = 15,6 \cdot 10^5 \text{ Km}$$

Problema resuelto

Si ves un relámpago y a los 15 segundos oyes el trueno deduces que, aproximadamente, la tormenta se encuentra a:

- a) 5100 m. c) 22,6 km.
b) 5,1 km. d) 0,044 km.

Resolución:

Los 15 s es el tiempo que tarda en oírse el sonido. Respecto al tiempo que se tarda en verse la luz, el problema no dice nada. Resolveremos el problema atendiendo solamente al sonido.

Para el sonido:

$$V_{\text{sonido}} = 340 \text{ m/s}$$

$$t = 15 \text{ s}$$

$$e = V_{\text{sonido}} \cdot t = 340 \text{ m/s} \cdot 15 \text{ s} = 5100 \text{ m}$$

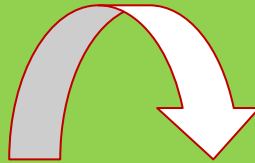
10.- Índice de Refracción Absoluto y Relativo

Bueno parece que tenemos claro que la Luz se propaga con Movimiento Rectilíneo y Uniforme no sólo en el vacío, sino también en

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

cualquier medio transparente **ISÓTROPO** (las propiedades físicas del medio son idénticas en todas las direcciones) y **HOMOGÉNEO**.

Os habéis dado cuenta lo **FEO** que estamos al levantarnos y mirarnos en el espejo. El espejo no engaña y además confirma que todas las chicas son muy **GUAPAS**. Bromas aparte, tenemos que estudiar el hecho de vernos en el espejo. Se trata de un fenómeno que realiza la Luz. Para estudiar este fenómeno necesitamos establecer lo que se llama Índice de **Refracción Absoluto** e **Índice de Refracción Relativo**.



El **Índice de Refracción Absoluto “n”** de un medio transparente es la relación entre la velocidad de la luz en el vacío “c” y la velocidad “v” que tiene en ese medio. Matemáticamente:

$$n = \frac{c}{v}$$

El valor de “n” siempre es superior a la unidad y no tiene unidades:

$$N = \frac{\cancel{\text{Km/s}}}{\cancel{\text{Km/s}}}$$

nos determina el número de veces que es mayor la velocidad de la Luz en el vacío que la velocidad en el medio considerado.

Podemos establecer una tabla para valores de Índice de Refracción Absoluto, para diferentes medios:

Material	Índice de refracción
<u>Vacío</u>	1

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

Aire (*)	1,0002926
Agua	1,3330
Acetaldehído	1,35
Solución de azúcar (30%)	1,38
1-butanol (a 20 °C)	1,399
Glicerina	1,473
Heptanol (a 25 °C)	1,423
Solución de azúcar (80%)	1,52
Benceno (a 20 °C)	1,501
Metanol (a 20 °C)	1,329
Cuarzo	1,544
Vidrio (corriente)	1,52
Disulfuro de carbono	1,6295
Cloruro de sodio	1,544
Diamante	2,42

(*) en condiciones normales de presión y temperatura (1 bar y 0 °C)

Supongamos como medio el vidrio, su “*n*” es de 1,52:

$$n = c / v ; 1,52 = c / V ; c = 1,52 \cdot V_{\text{medio}}$$

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

El **Índice de Refracción Relativo** de un medio respecto a otro es el cociente entre sus respectivos Índices de Refracción Absoluto. Matemáticamente:

Medio 1 : n_1 ; v_1

Medio 2 : n_2 ; v_2

$$\left. \begin{array}{l} n_1 = c/v_1 \\ n_2 = c/v_2 \end{array} \right\} \begin{array}{l} n_{1,2} = n_1 / n_2 \\ n_{1,2} = (c/v_1) / (c/v_2) \end{array}$$

$$n_{1,2} = v_2/v_1$$

11.- Reflexión de la Luz. Leyes

Video: Reflexión de la Luz

<http://www.youtube.com/watch?v=6THGpyuhFK4>

Reflexión de la Luz

<http://www.educaplus.org/luz/reflexion.html>

Reflexión de la Luz

[http://es.wikipedia.org/wiki/Reflexi%C3%B3n_\(f%C3%ADsica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Reflexi%C3%B3n_(f%C3%ADsica))

Reflexión de la Luz

<http://www.educar.org/enlared/planes/optica/reflexion.htm>

Reflexión de la Luz

<http://definicion.de/reflexion-de-la-luz/>

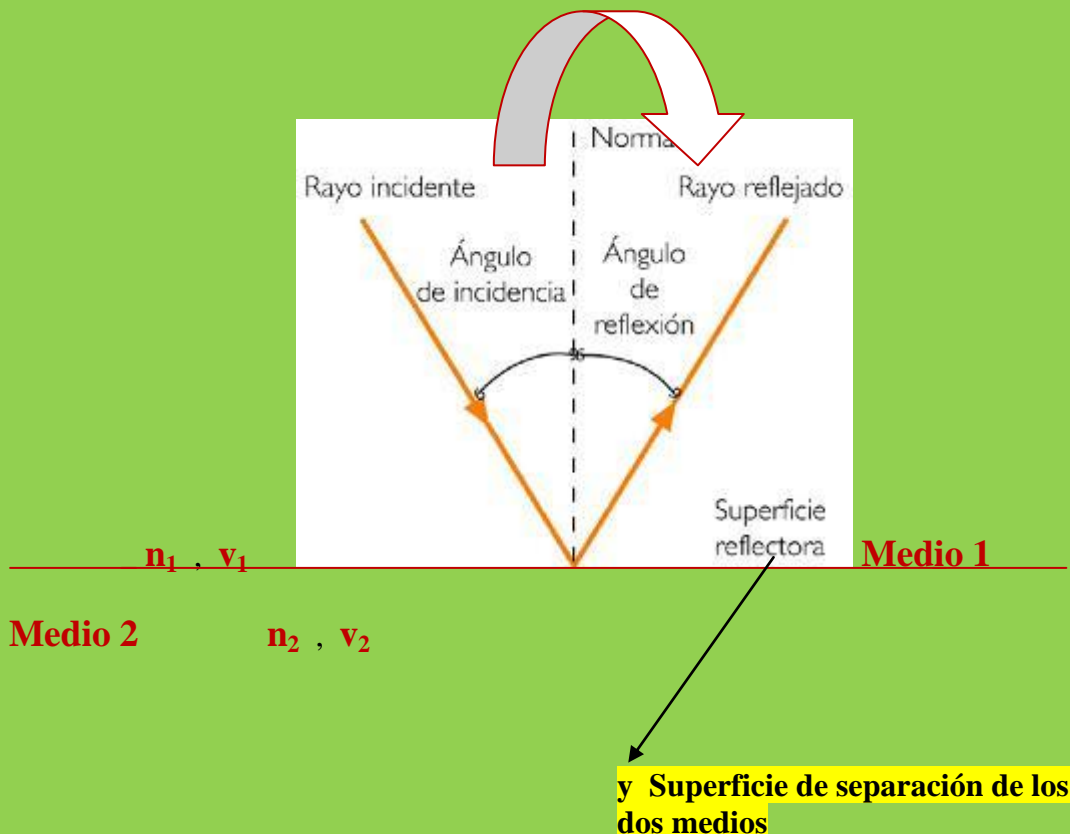
Según visto y oído podemos decir:

En el ámbito de la Física, la **reflexión** es el cambio de dirección de un rayo o una onda que ocurre en la superficie de separación entre dos medios, de modo que regresa al medio inicial.

En todo fenómeno de reflexión nos encontramos con:

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

- Un rayo Incidente.
- Un rayo reflejado.
- La normal.



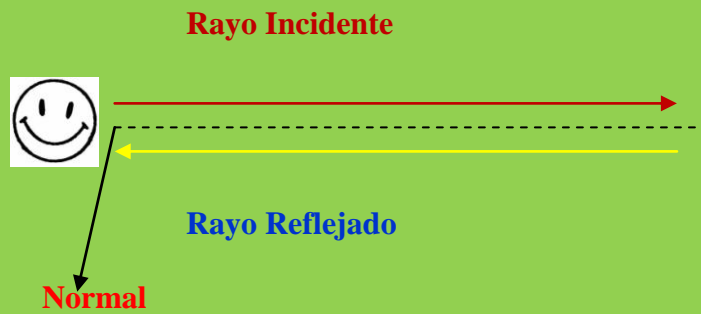
Podemos observar que la reflexión se está realizando en un mismo medio (**Medio 1**), teniendo dicho medio, un Índice de Refracción Absoluta " n_1 " que determina que la **velocidad de la luz permanece constante** en dicho medio.

Dependiendo de la naturaleza de la superficie de separación, existen dos tipos de reflexión de la luz:

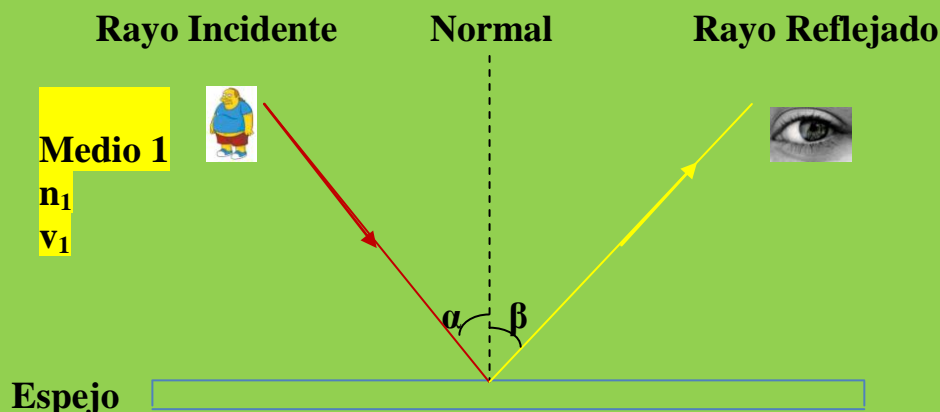
- La reflexión especular**.- Es aquella que se produce como en un espejo; cuando la superficie reflejante es lisa, los rayos reflejados son paralelos a los rayos incidentes, por lo que regresan mostrando la imagen.

Espejo

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO



Cuando el rayo incidente no es perpendicular al espejo, las leyes de la reflexión especular señalan que el rayo que incide, el rayo reflejado y la normal con relación a la superficie de reflexión en el punto de incidencia, deben estar en el mismo plano, mientras que el ángulo formado entre el rayo que incide y la normal es igual al ángulo que existe entre el rayo reflejado y la misma normal.



Medio 2
 n_2
 v_2

α = Ángulo de Incidencia
 β = Ángulo Reflejado
Se cumple que: $\alpha = \beta$

- b) **La reflexión difusa.**- Si la superficie reflejante es áspera o irregular, los rayos reflejados no son paralelos a los rayos incidentes, por lo que solo se ve iluminada la superficie.

A pesar de que ya se han mencionado, podemos establecer las **LEYES DE LA REFLEXION**:

- a) El rayo incidente, el reflejado y la normal están en un mismo plano.
- b) El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

Laboratorio virtual. Reflexión y Refracción de las ondas
http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/56_ondas/index.htm

12.- Refracción de la Luz. Leyes

Para poder seguir con el Tema quiero que hagáis en casa la siguiente experiencia: Medio llenar de agua el lavabo del cuarto de aseo, introducir en el agua hasta la mitad de un peine. ¿Qué observáis?

LA LONGITUD DEL PEINE SE HA REDUCIDO

¿El agua tiene la propiedad de cortar objetos?

NO

Lo que ha ocurrido es que el rayo incidente ha pasado al segundo medio. En este segundo miembro hay un Índice de Refracción distinto lo y una velocidad, constante, pero distinta a la que existía en el primer medio. Se ha producido el fenómeno de la **REFRACCIÓN DE LA LUZ**.

Video: Refracción de la Luz

http://www.youtube.com/watch?v=_MVvkc0mHC4

Refracción de la Luz

<http://www.educaplus.org/luz/refraccion.html>

Refracción de la Luz

http://edison.upc.edu/curs/llum/luz_vision/luz.html#refraccion

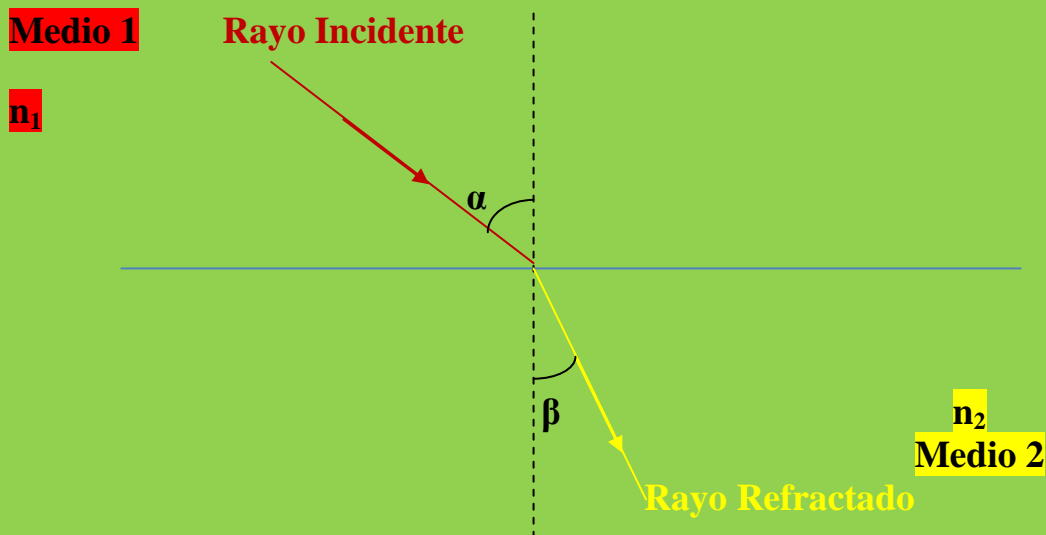
Refracción de la Luz

http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/OptGeometrica/reflex_Refrac/Refraccion.htm

Refracción de la Luz

<http://es.wikipedia.org/wiki/Refracci%C3%B3n>

La refracción es el cambio de dirección y sentido que experimenta una **onda** (la Luz) al pasar de un medio material a otro. Sólo se produce si la onda incide oblicuamente sobre la superficie de separación de los dos medios y si éstos tienen **índices de refracción** distintos. La refracción se origina en el cambio de **velocidad** de propagación de la onda.



α = Ángulo de Incidencia

β = Ángulo de Refracción

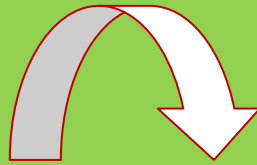
De forma cualitativa podemos concluir: Si un rayo pasa de un medio de menor índice (mayor velocidad) de refracción a otro medio de mayor índice de refracción (menor velocidad), **se acerca a la NORMAL**; en cambio si pasa de un medio de mayor (menor velocidad) índice a otro e menor índice (mayor velocidad), **se aleja de la normal**.

Como ejemplos del fenómeno de la refracción de la Luz tenemos:

.- Al introducir una varilla o un bastón en el agua aparenta estar quebrado.

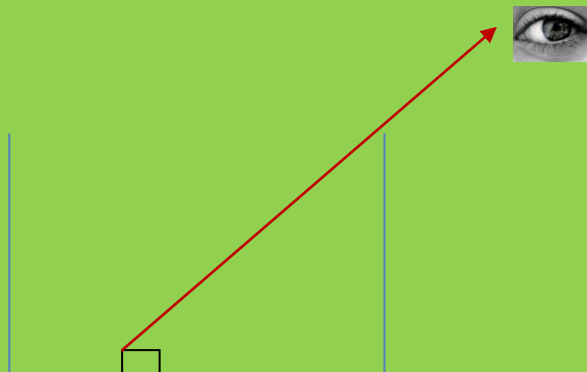
ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

- .- La profundidad de una piscina aparece menor de lo que es realmente.
- .- Una moneda colocada en el fondo de un recipiente se observa más cerca de la superficie del agua.

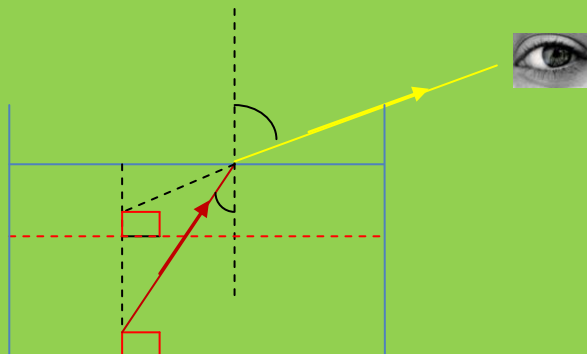


Supongamos la siguiente experiencia:

Pongamos en el fondo de un recipiente vacío una moneda. La visión de la misma queda reflejada en el siguiente dibujo:



Si añadimos agua al recipiente el rayo que sale de la moneda va a pasar de un medio acuoso al aire. Los índices de Refracción Absolutos son distintos y se produce:



ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

Se ha producido el fenómeno de la **REFRACCIÓN DE LA LUZ** y la moneda aparenta estar más cerca de la superficie del líquido.

Cuando la luz se refracta cambia de dirección porque se propaga con distinta velocidad en el nuevo medio. Como la frecuencia de la vibración no varía al pasar de un medio a otro, lo que cambia es la longitud de onda de la luz como consecuencia del cambio de velocidad.

Un rayo incidente cambia más o menos de dirección según el ángulo con que incide y según la relación de los índices de refracción de los medios por los que se mueve.

LEYES DE LA REFRACCIÓN:

1.- El rayo incidente, el rayo refractado y la normal están en un mismo plano.

2.- La relación entre los senos de los ángulos de incidencia y de refracción es igual a la relación entre los respectivos valores de la velocidad de la Luz en ambos medios:

$$\frac{\text{Sen } i}{\text{Sen } r} = \frac{v_1}{v_2}$$

Como: $v_1 = c/n_1$; $v_2 = c/n_2$

$$\text{sen } i / \text{sen } r = (c/n_1) / (c/n_2) ; \text{sen } i / \text{sen } r = \cancel{c} \cdot n_2 / \cancel{c} \cdot n_1$$

$$n_1 \cdot \text{sen } i = n_2 \cdot \text{sen } r$$

13.- Ejercicios resueltos relacionados con el contenido del tema

Problema resuelto

Siendo las velocidades de la luz: 300.000 km/s en el vacío; 225.000 km/s en el agua, y 199.000 km/s en el vidrio, calcular:

- El índice de refracción absoluto del vidrio y del agua.
- El índice de refracción relativo del vidrio respecto al agua.

Resolución:

a) Para el agua:

Recordar que:

$$n_1 = c / V_{\text{agua}}$$

$$n_1 = 300000 \text{ Km/s} / 225000 \text{ Km/s} = 1,33$$

Para el vidrio:

$$n_2 = c / V_{\text{vidrio}}$$

$$n_2 = 300000 \text{ Km/s} / 199000 \text{ Km/s} = 1,507$$

b) El índice de refracción del vidrio respecto al agua valdrá:

$$n_{21} = n_2 / n_1 ; n_{21} = 1,507 / 1,33 = 1,13$$

Problema resuelto

El índice de refracción del agua respecto al aire es 4/3. ¿Con qué velocidad se propaga la luz en el agua?

Resolución:

Recordar que:

$$V = c / n$$

C = Velocidad de la luz
n = Índice de refracción
Absoluto

$$V = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} / (4/3) = 2,25 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Problema resuelto

Un rayo de luz de 5.000 angstrom (10^{-10} m) de longitud de onda en el aire penetra en el agua ($n = 1,333$). ¿Cuál es su frecuencia en el agua? ¿Y su longitud de onda?

Resolución:

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

$$\lambda_0 = 5000 \text{ \AA} \cdot \frac{10^{-10} \text{ m}}{1 \text{ \AA}} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

$$f = c / \lambda_0 = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} / 5 \cdot 10^{-7} \text{ s} = 6 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

La longitud de onda en el agua será:

$$\lambda = c/f = (c/n) / (c/\lambda_0) = \lambda_0 / n = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m} / 1,333 = 3,75 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

Problema resuelto:

Una estación de radio emite ondas electromagnéticas, cuya velocidad de propagación es $3 \cdot 10^8$ m/s. Si la frecuencia es de 100.000 Hz, ¿cuál es la longitud de onda de la onda emitida?

Resolución:

$$V_{\text{luz}} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$
$$F = 100000 \text{ Hz} = 10^5 \text{ Hz}$$

$$\lambda = c / f = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} / 10^5 \text{ (1/s)} = 3 \cdot 10^3 \text{ m}$$

Problema resuelto:

¿Qué distancia recorrería un automóvil que lleva una velocidad de 90 km/h mientras la luz recorre una distancia igual a la circunferencia de la Tierra?

DATO: Longitud de la circunferencia de la Tierra = 40000 Km

Resolución:

El tiempo que tarda la luz en recorrer la longitud de la circunferencia de la tierra lo calcularemos:

$$e = V \cdot t ; t = e/c ; t = 4 \cdot 10^7 \text{ m} / 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} = 0,133 \text{ s}$$

$$V = 90 \text{ Km/h} \cdot 1000 \text{ m} / 1 \text{ h} = 25 \text{ m/s}$$

En este tiempo el coche recorre una distancia:

$$e = V \cdot t = 25 \text{ m/s} \cdot 0,133 \text{ s} = 3,325 \text{ m}$$

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

Problema resuelto

Los rayos X tienen una frecuencia de $2 \cdot 10^{17}$ Hz, ¿cuál es su longitud de onda?

Resolución:

$$f = 2 \cdot 10^{17} \text{ Hz}$$

$$V_{\text{luz}} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$\lambda = c / f$$

$$\lambda = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} / 2 \cdot 10^{17} \text{ (1/s)} = 1,5 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

Problema resuelto:

¿Cuál es la velocidad de la luz en un medio de índice de refracción 1,36?

Resolución:

$$n = 1,36$$

$$V_{\text{luz}}?$$

$$n = c / V; V = c / n; V = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} / 1,36 = 2,2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Problema propuesto

Si un medio tiene índice de refracción 1,52, ¿cuál es la velocidad de la luz en este medio?

Problema resuelto

La velocidad de la luz a través de un medio transparente es 150 000 km/s. ¿Cuánto vale el índice de refracción de ese medio?

Resolución:

$$V = 150000 \text{ Km/s} \cdot 1000 \text{ m} / 1 \text{ Km} = 15 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

$$n = c / V; n = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} / 15 \cdot 10^7 \text{ (m/s)} = 0,2 \cdot 10 = 2$$

Problema propuesto

Si un medio transparente tiene índice de refracción 2, la luz se propaga en él con una velocidad:

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

- a) Doble que en el vacío.
- b) Mitad que la del vacío.
- c) Igual que en el vacío pero con la mitad de longitud de onda.
- d) Doble que en el vacío y con doble longitud de onda.

Problema propuesto:

Determine la velocidad de propagación y en el interior de una fibra de cuarzo cuyo índice de refracción es $n = 3/2$.

$$(c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1})$$

Problema resuelto:

El espectro visible contiene frecuencias entre $4 \cdot 10^{14}$ y $7 \cdot 10^{14}$ Hz. a)

Determine las longitudes de onda correspondientes a dichas frecuencias en el vacío. b) Determinar la velocidad de la luz en el agua cuyo Índice de Refracción $n = 4/3$.

a)

Vacío

$$f_1 = 4 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \rightarrow \lambda_1 = c/f ; \lambda = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} / 4 \cdot 10^{14} \text{ (1/s)} = 0,75 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$f_2 = 7 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \rightarrow \lambda_2 = c/f ; \lambda = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} / 7 \cdot 10^{14} \text{ (1/s)} = 0,43 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

b)

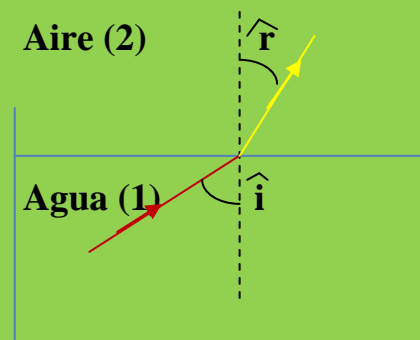
Agua

$$n = c / V_{\text{agua}} ; V_{\text{agua}} = c / n = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} / (4/3) = 2,25 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Problema resuelto:

Un rayo pasa del agua al aire con un ángulo de incidencia de 30° respecto a la normal. Dibuje en un esquema los rayos incidente y refractado y calcule el ángulo de refracción.

DATOS: $n_{\text{agua}} = 1,333$; $n_{\text{aire}} = 1$



$$i = 30^\circ$$

$$n_{\text{agua}} = 1,333$$

$$n_{\text{aire}} = 1$$

Mediante la ley de Snell:

$$n_1 \cdot \text{sen } i = n_2 \cdot \text{sen } r$$

$$n_{\text{agua}} \cdot \text{sen } i = n_{\text{aire}} \cdot \text{sen } r$$

$$1,333 \cdot \text{sen } 30^\circ = 1 \cdot \text{sen } r \quad ; \quad 1,333 \cdot 0,5 = 1 \cdot \text{sen } r$$

$$\text{sen } r = 1,333 \cdot 0,5 / 1 = 0,665 \quad \rightarrow \quad r = 41,8^\circ$$

Problema resuelto

Una antena emite una onda electromagnética de $f = 50 \text{ kHz}$. a) Calcule su longitud de onda. b) Halle la frecuencia de una onda sonora de la misma longitud de onda. ($c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$; $v_s = 300 \text{ m s}^{-1}$).

Resolución:

a)

$$f = 50 \text{ KHz} \cdot 1000 \text{ Hz} / 1 \text{ KHz} = 50000 \text{ Hz}$$

$$\lambda = c / f \quad ; \quad \lambda = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} / 50000 \text{ (1/s)} = 0,6 \cdot 10^4 \text{ m} = 6 \cdot 10^3 \text{ m}$$

b)

$$\lambda = 6 \cdot 10^3 \text{ m}$$

$$f = v_{\text{sonido}} / \lambda \quad ; \quad f = 300 \text{ (m/s)} / 6 \cdot 10^3 \text{ m} = 0,05 \text{ Hz}$$

Problema resuelto

Una onda electromagnética tiene en el vacío una longitud de onda de $5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$. a) Determine la frecuencia. b) Si dicha onda entra en un determinado medio, su velocidad se reduce a $3c/4$. Calcule el índice de refracción del medio. c) Determine la frecuencia y la longitud de onda del nuevo medio. $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$.

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

Resolución:

a)

$$\lambda_{\text{vacío}} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda = c / f ; f = c / \lambda = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} / 5 \cdot 10^{-7} \text{ (m)} = 6 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

b)

$$V_{\text{medio}} = 3 c / 4$$

$$n = c / V_{\text{medio}} ; n = c / (3 \cdot c / 4) = 4/3 = 1,333$$

c)

La frecuencia no cambia con respecto al primer medio, luego:

$$f = 6 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\lambda = V_{\text{medio}} / f \quad (1)$$

Debemos conocer antes la V_{medio} :

$$n = c / V_{\text{medio}} ; V_{\text{medio}} = c / n ; V_{\text{medio}} = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} / 1,333 = 2,25 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

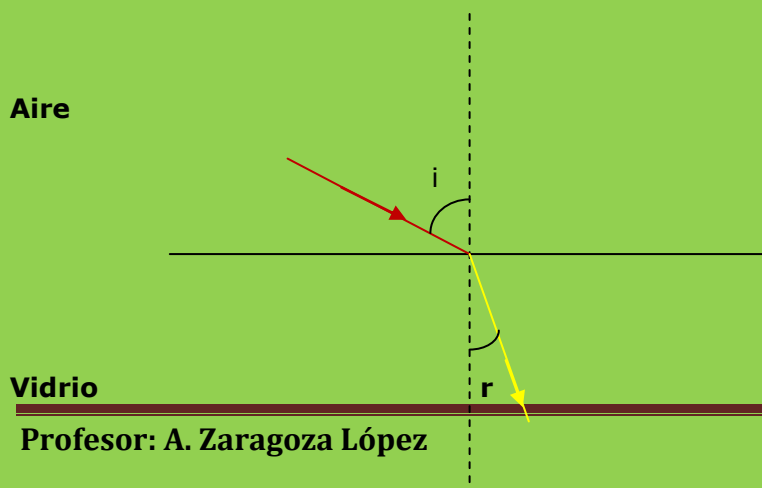
Volviendo a (1):

$$\lambda = 2,25 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} / 6 \cdot 10^{14} \text{ (1/s)} = 0,375 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 3,75 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

Problema resuelto

Un haz de luz roja penetra en una lámina de vidrio con un ángulo de incidencia de 45° . Determine el ángulo de refracción.

$$n_{\text{vidrio}} = 1,3 ; n_{\text{aire}} = 1$$

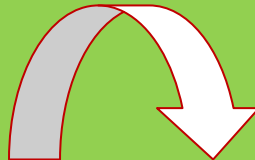


ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

$$n_{\text{aire}} \cdot \text{sen } i = n_{\text{vidrio}} \cdot \text{sen } r$$

$$1 \cdot \text{sen } 45^\circ = 1,3 \text{ sen } r ; \text{ sen } r = 1 \cdot \text{sen } 45^\circ / 1,3 = 0,7 / 1,3 = 0,54$$

$$r = 32,7^\circ$$



Problema resuelto

Un rayo de luz monocromática emerge desde el interior de un bloque de vidrio hacia el aire. Si el ángulo de incidencia es de $19,5^\circ$, y el de refracción de 30° .

Determine el índice de refracción y la velocidad de propagación de la luz en el vidrio.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}, n_{\text{aire}} = 1$$

Resolución:

a)

$$i = 19,5^\circ$$

$$r = 30^\circ$$

$$n_{\text{aire}} = 1$$

$$n_1 \cdot \text{sen } i = n_2 \text{ sen } r ; n_{\text{vidrio}} \cdot \text{sen } 19,5^\circ = 1 \cdot \text{sen } 30^\circ$$

$$n_{\text{vidrio}} \cdot 0,33 = 1 \cdot 0,5 ; n_{\text{vidrio}} = 1 \cdot 0,5 / 0,33 = 1,51$$

b)

$$n_{\text{vidrio}} = c / V_{\text{vidrio}} ; V_{\text{vidrio}} = c / n_{\text{vidrio}}$$

$$V_{\text{vidrio}} = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} / 1,51 = 1,98 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Problema propuesto

Un rayo de luz que se propaga por un medio a una velocidad de 165 km/s penetra en otro medio en el que la velocidad de propagación es de 230 km/s. Dibuje la trayectoria que sigue el rayo en el segundo medio y calcule el ángulo que forma con la normal si el ángulo de incidencia es de 30°. ¿En qué medio es mayor el índice de refracción? Justifique la respuesta.

14.- Contaminación Visual

Los focos de Luz artificial pueden producir lo que se conoce como **CONTAMINACIÓN LUMÍNICA**.

Video: Contaminación Visual

<http://www.youtube.com/watch?v=kYb7LypSC40>

Video: Contaminación Visual y Sonora

<http://www.youtube.com/watch?v=O0ebd5QHHR8>

Contaminación Lumínica

<http://www.ecologiaverde.com/contaminacion-visual/>

Contaminación Lumínica

<http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/ContamVis.htm>

Contaminación Visual

http://www.arqchile.cl/contaminacion_visual.htm

Contaminación Lumínica

http://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n_visual

Contaminación Visual

<http://www.si-educa.net/basico/ficha322.html>

Contaminación visual

De Wikipedia, la enciclopedia libre

La contaminación visual es un tipo de **contaminación** que parte de todo aquello que afecte o perturbe la visualización de sitio alguno o rompan la estética de una zona o **paisaje**, y que puede incluso llegar a afectar a la **salud** de los individuos o zona donde se produzca el **impacto**

ambiental. La contaminación visual también se refiere a los carteles de publicidad.

Se refiere al abuso de ciertos elementos “no arquitectónicos” que alteran la estética, la imagen del paisaje tanto rural como urbano, y que generan, a menudo, una sobreestimulación visual agresiva, invasiva y simultánea.

Dichos elementos pueden ser carteles, cables, chimeneas, antenas, postes y otros elementos, que no provocan contaminación de por sí; pero mediante la manipulación indiscriminada del hombre (tamaño, orden, distribución) se convierten en agentes contaminantes.

Una salvaje sociedad de consumo en cambio permanente que actúa sin conciencia social, ni ambiental es la que avala (o permite) la aparición y sobresaturación de estos contaminantes. Esto se evidencia tanto en poblaciones rurales como en aglomeraciones urbanas de mayor densidad. Pero lógicamente es en las metrópolis, donde todos estos males se manifiestan más crudamente.

Todos estos elementos descritos influyen negativamente sobre el hombre y el ambiente disminuyendo la calidad de vida.

La cartelera publicitaria es el agente más notorio por su impacto inmediato, creando una sobreestimulación en el ser humano mediante la información indiscriminada, y los múltiples mensajes que invaden la mirada. Así el hombre percibe un ambiente caótico y de confusión que lo excita y estimula, provocándole una ansiedad momentánea mientras dura el estímulo.

La simultaneidad de estos estímulos a la que se ven sometidos, por ejemplo, los automovilistas, pueden llegar a transformarse en disparadores de accidentes de tránsito. Dado que pueden llegar a generar distracción, e incluso a imposibilitar la percepción de las señales indicadoras de tránsito. Esta situación, inevitablemente, actúa también en detrimento de los mismos medios de comunicación, mimetizando los diferentes signos y señales a que se somete a los individuos, camuflándose mutuamente y perdiendo fuerza la clara lectura del mensaje.

Pero estos agentes también afectan notoriamente al espacio físico.

Alteración visual de la imagen y fisonomía del entorno urbano causada por acumulación de materia prima, productos, desechos, abandono de

edificaciones y bienes materiales, así como, violación en las densidades y características físicas de publicidad.

Nuestro cerebro tiene una determinada capacidad de absorción de datos. Los sentidos son los encargados de transmitir al cerebro toda información que perciben del entorno. Entre ellos, el sentido de la vista es uno de los más complejos y de los que mayor incidencia tiene en la percepción global del entorno y, por lo tanto, en las reacciones psicofísicas del hombre.

¿Cómo afectan a nuestra salud la contaminación visual?

.- Estrés.

.- Dolor de cabeza.

.- Distracciones peligrosas, sobre todo si estamos conduciendo un automóvil o moto.

El ojo es una máquina óptica muy compleja. La retina retiene la imagen durante 1/10 de segundo, como si fuera el cuadro de una película. De hecho, este mecanismo ha sido aprovechado para crear el efecto de movimiento en el cine. La información visual retenida en tan corto tiempo tiene una acción directa sobre nuestra capacidad de atención.

Cuando una imagen supera el máximo de información que el cerebro puede asimilar, se produce una especie de “stress” visual, el panorama perceptual se vuelve caótico y la lectura ordenada del paisaje se hace imposible.



Contaminación en los espacios interiores

Si un espacio interior está saturado de fuentes de información con coloridos destellantes nos puede producir un efecto de desconcentración, con la posibilidad del olvido de nuestra entrada en el edificio.

Carteles en la calle

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

Los carteles en las carreteras suelen ocultar las características del recorrido, como curvas y cruces, incrementando la posibilidad de accidentes.

El contenido visual de los mensajes publicitarios en carreteras y calles suele ser un importante factor de distracción y pérdida de atención en la conducción. A su vez, el contenido intenta cautivar la atención del conductor o del viandante mediante imágenes y colores insinuantes con lo que el problema de desatención se ve aumentado.

El problema de los cables

El tendido aéreo de los cables de electricidad, teléfono y televisión constituye un corte molesto en la panorámica, ya sea en las ciudades o en el campo. Este problema es bien conocido por quienes se dedican a la fotografía. Incluso los edificios y monumentos históricos ya no pueden fotografiarse libres de estas ataduras visuales.

Lo mismo ocurre con el aumento de radioenlace y telefonía celular, que han convertido al horizonte de nuestras ciudades en una selva de torres de metal.

15.- Experiencia de laboratorio

Descomposición de la luz blanca en los colores del arco iris

Disco De Newton Y Prisma De Agua

OBJETIVOS

- El alumno determinará la forma en que las ondas luminosas se mezclan para producir la luz blanca.
- El alumno con la ayuda del maestro demostrará que el color blanco es una mezcla de todos los colores del arco iris.
- El alumno comprobará cómo al girar con rapidez el disco de la práctica, persisten los colores en la retina, haciéndonos ver el color blanco, como mezcla de todos los colores que existen en la cartulina.
- El alumno utilizará el agua para separar la luz en sus diferentes colores.

PREGUNTAS GUIA

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

1. ¿Qué es el disco de Newton?
2. ¿Que es la descomposición de la luz blanca?
3. ¿Cómo se forma el arco iris?

Base teórica

La luz se mueve en el vacío aproximadamente a 300.000 km/s, y mientras no interactúa con la materia y llega a nuestros ojos no la vemos. El espacio está lleno de luz y sin embargo lo vemos oscuro. Cuando una radiación luminosa incide sobre un cuerpo parte de la luz se refleja, parte se transmite a través de él y el resto, correspondiente a determinadas longitudes de ondas, es absorbido por el cuerpo. En 1666 Newton obtuvo experimentalmente, al hacer pasar un haz de luz por un prisma, el espectro de luz visible. Concluyó que la división de la luz en diferentes colores era causada por la refracción de la luz y que cada color del espectro tenía su propio ángulo de refracción. Por lo que llamamos refracción a la variación de la dirección de un rayo luminoso al pasar de un medio a otro y la reflexión es la acción y efecto de reflejar o reflejarse. Es la inversión de la dirección de propagación de un rayo (de una onda) al incidir sobre la superficie límite de un medio.

MATERIAL

Sesión I.

- Cartulina
- Tijeras
- Lápiz
- Regla
- Lápices para iluminar de colores rojo, naranja, amarillo, azul, verde, y violeta

Sesión II.

- Lámpara de mano
- Papel grueso (cartoncillo)
- Cinta adhesiva transparente
- Tijeras
- Hoja de papel blanco

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

- Silla
- Vaso con agua

PROCEDIMIENTO

Sesión I.

1. Trazar y recortar un círculo de cartulina de 10 cm. de diámetro.
2. Dividir el círculo en seis secciones iguales.
3. Iluminar las secciones en este orden: rojo, naranja, amarillo, azul, verde, y violeta.
4. Atravesar el lápiz por el centro del círculo; dejar aproximadamente la mitad del lápiz de cada lado.
5. Colocar el lápiz de punta sobre una superficie plana y hacerlo girar rápidamente.
6. Observar el color del círculo que da vueltas.

RESULTADO ESPERADO



DISCO DE NEWTON

La luz blanca está formada por todos los colores del espectro (rojo, naranja, amarillo, verde, azul, añil, y violeta). Al girar, los colores son percibidos por tus ojos. Las imágenes de los colores se retienen en la mente de uno el tiempo necesario y pronto se verá un círculo blanco dando vueltas, porque cuando se mezclan todos los colores del espectro, producen la luz blanca.

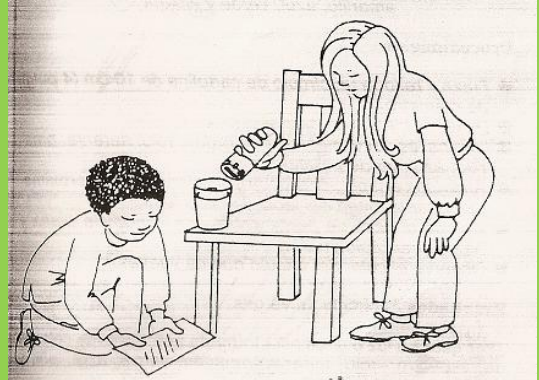
Sesión II.

1. Recortar un círculo del papel grueso para cubrir el cristal de la lámpara de mano.
2. Cortar una ranura muy delgada en el círculo, hasta 1cm antes de cada orilla.
3. Pega el círculo de papel delante de la lámpara.
4. Colocar el vaso con agua en el borde de la silla.
5. Hacer que un ayudante sujete el papel blanco cerca del piso y el borde de la silla.
6. Oscurecer la habitación y colocar la lámpara en un ángulo respecto a la superficie del agua.

7. Cambiar el ángulo de la lámpara de mano y pedir al ayudante que varíe la posición del papel blanco. Observar los colores en el papel blanco.

PRISMA DE AGUA

Como se menciono anteriormente, la luz blanca contiene todos los colores del espectro (rojo, naranja, amarillo, verde, azul y violeta). Cuando la luz solar (en este caso la luz de la lámpara) incide sobre el agua, esta sustancia se encarga de dispersarla en todas las direcciones, por lo que la luz se separará en los colores del espectro al pasar por diferentes sustancias, en este caso el agua. La luz es refractada (inclinada o diseminada) para dividirse en el espectro.



Al entrar la luz de la lámpara en contacto con el agua, esta cambia su dirección varias veces mientras se mueve a través del agua: Primero entra al agua, lo cual ocasiona que se **refracte** ligeramente. Entonces se mueve hacia el extremo opuesto y se refleja en la cara interna de la misma. Finalmente, vuelve a refractarse cuando sale del agua en forma de luz dispersa. La descomposición en colores es posible porque el índice de refracción del agua es ligeramente distinto para cada **longitud de onda**, para cada color del espectro.

----- O -----

Se terminó

Antonio Zaragoza López