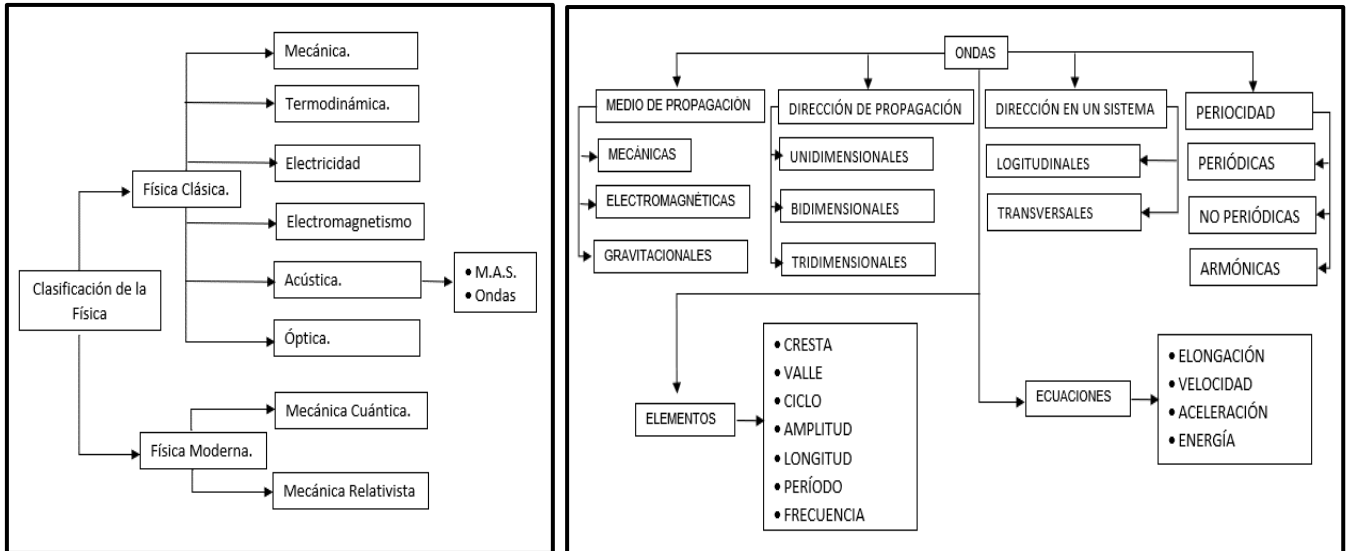


MOVIMIENTO ONDULATORIO



Resultados de Aprendizaje:

1. Identifica y explica fenómenos del movimiento ondulatorio en la naturaleza con precisión.
2. Identifica los diferentes tipos de ondas que se presentan en la naturaleza con objetividad.
3. Define, relaciona y utiliza los elementos de una onda en ejemplos del medio con facilidad.
4. Analiza las ecuaciones de elongación, velocidad y aceleración de una onda para graficarlas con facilidad.
5. Resuelve problemas relacionados con el movimiento ondulatorio con criterio.

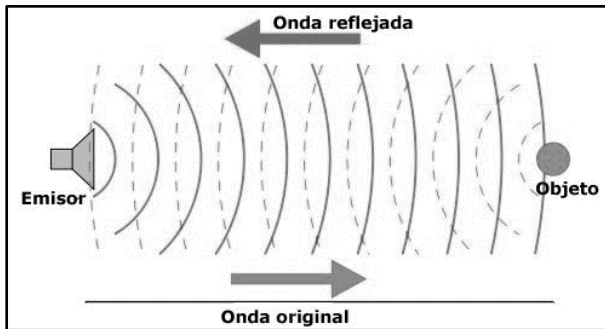
ONDAS

Una onda es una perturbación que se propaga desde el punto en que se produjo hacia el medio que rodea ese punto, sin que exista transporte de materia. Mientras que una perturbación es una alteración instantánea del equilibrio del sistema por medio de un agente externo.

Las ondas se pueden clasificar de acuerdo con el **medio en el que se propagan**: ondas mecánicas, ondas electromagnéticas y ondas gravitacionales.

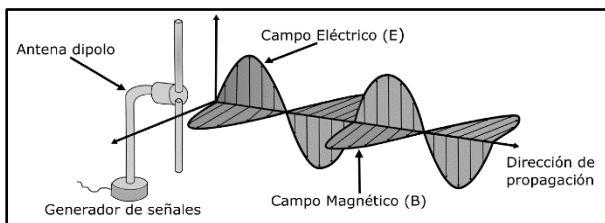
ONDAS MECÁNICAS

Las ondas mecánicas necesitan de un medio material para propagarse, así el sonido necesita del aire para ser transportado; cuando se deja caer una piedra en un estanque tranquilo, las ondas viajarán hacia afuera a través del agua; recordando que la materia no se transporta



ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS.

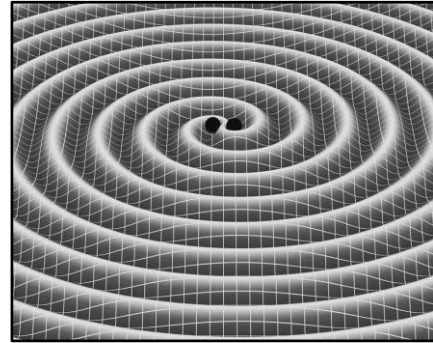
Las ondas electromagnéticas no necesitan de un medio material para transportarse, pueden propagarse en el vacío, por ejemplo la luz, se transporta en el espacio desde nuestro Sol hacia la Tierra.



ONDAS GRAVITACIONALES.

Una onda gravitacional es la propagación de una perturbación gravitatoria que genera una fluctuación en la curvatura del espacio-tiempo producida por un cuerpo masivo acelerado que se propagan como ondas a la velocidad de la luz, fue predicha por Einstein en su teoría de la relatividad general y que se confirmó su existencia gracias a un proyecto LIGO (Rainer Weiss, Barry Barish y Kip Thorne, premio Nobel de Física 2017) que

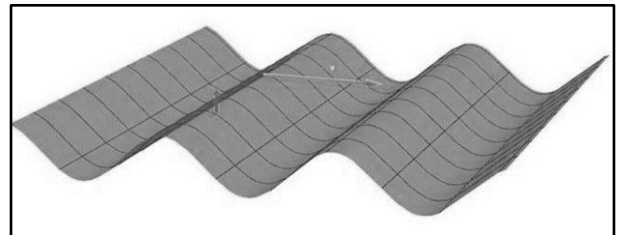
utilizaron un par de gigantescos interferómetros láser para medir como la gravedad de la ola pasó por la Tierra. Ejemplos de generación de este tipo de ondas se tiene a partir de las colisiones de agujeros negros, los choques entre estrellas de neutrones, la rotación a gran velocidad de una estrella de neutrones que tenga deformaciones en su superficie, la formación de supernovas.



De acuerdo con la **dirección de propagación** las ondas se clasifican en: unidimensionales, bidimensionales o superficiales y tridimensionales o esféricas.

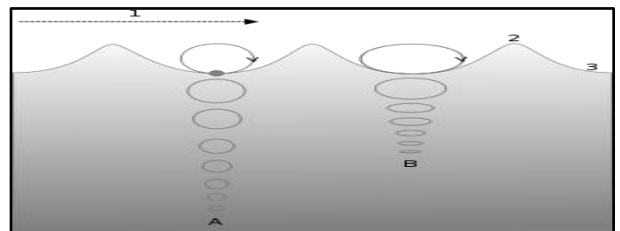
ONDAS UNIDIMENSIONALES.

Las ondas unidimensionales son aquellas que se propagan a lo largo de una sola dirección del espacio, como las ondas en los muelles o en las cuerdas. Si la onda se propaga en una dirección única, sus frentes de onda son planos y paralelos.



ONDAS BIDIMENSIONALES O SUPERFICIALES.

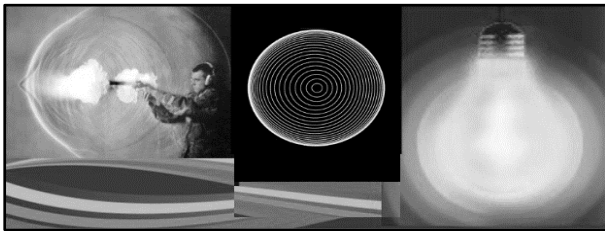
Las ondas bidimensionales son las que se propagan en dos direcciones. Pueden propagarse, en cualquiera de las direcciones de una superficie. Las ondas que se producen en una superficie líquida en reposo cuando se deja caer una piedra en ella constituye un ejemplo de una onda bidimensional.





ONDAS TRIDIMENSIONALES O ESFÉRICAS.

Son las ondas que se propagan en tres direcciones, también se las conocen como ondas esféricas, porque sus frentes de ondas son esferas concéntricas que salen de la fuente de perturbación expandiéndose en todas direcciones. El sonido es una onda tridimensional, así como las ondas sonoras (mecánicas) y las ondas electromagnéticas

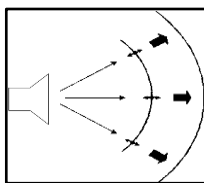


De acuerdo **como las partículas vibran en un sistema** se clasifican en: longitudinales y transversales.

ONDAS LONGITUDINALES.

Las ondas longitudinales se forman cuando la perturbación de la partícula vibra u oscila en forma paralela o en la misma dirección que la propagación de la onda.

Un muelle que se comprime, las ondas sonoras, las ondas sísmica P (primarias), son ejemplos de este tipo de onda.



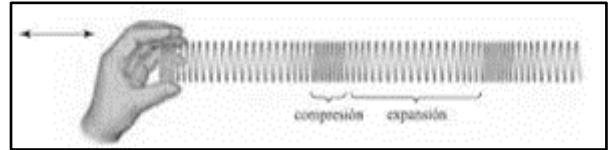
ONDAS TRANSVERSALES.

Las ondas transversales se forman cuando la perturbación de la partícula oscila en forma perpendicular a la propagación de la onda.

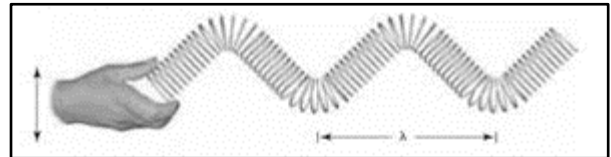
Son, por ejemplo, las ondas que se propagan en una cuerda, las ondas sísmicas S (secundarias), las olas del mar.

Se puede usar el juguete (slinky) para analizar los dos tipos de ondas, así:

A) Cuando el resorte de juguete (slinky) se estira y se oprime con rapidez, en su longitud, se produce una onda longitudinal.



B) Cuando el extremo del resorte se mueve de lado a lado, se produce una onda transversal.

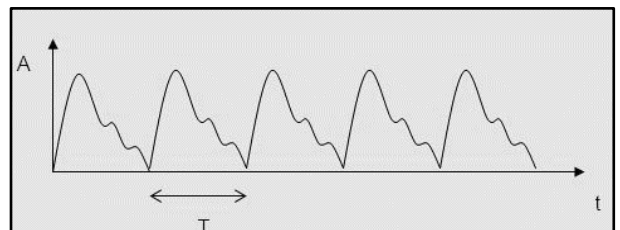


De acuerdo con la **periodicidad de las ondas** se clasifican en: periódicas y no periódicas.

ONDAS PERIÓDICAS.

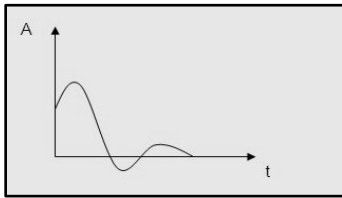
Se las denominan al conjunto de pulsos (perturbación local) que son emitidos a intervalos de tiempos iguales. Es decir, en cada período se provoca una perturbación idéntica a la anterior.

La onda periódica repite el mismo patrón una y otra vez, y cada una de las secciones que lo repite transporta la energía que se usó para generarla, así tenemos, por ejemplo, las ondas acuáticas periódicas producidas por cuando se lanza repetidamente y en forma constante piedras sobre el agua; una onda periódica sobre una cuerda cuando se toma uno de sus extremos y moviéndolo hacia arriba y hacia abajo. Los sonidos musicales son considerados como ondas sonoras periódicas mientras que el ruido es aperiódico.



ONDAS NO PERIÓDICAS

Los pulsos son emitidos a intervalos de tiempos diferentes y las perturbaciones sucesivas tienen características diferentes.

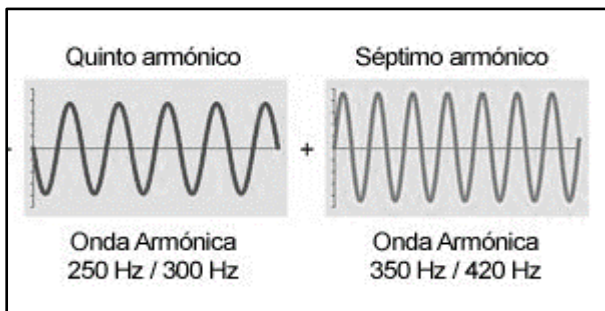
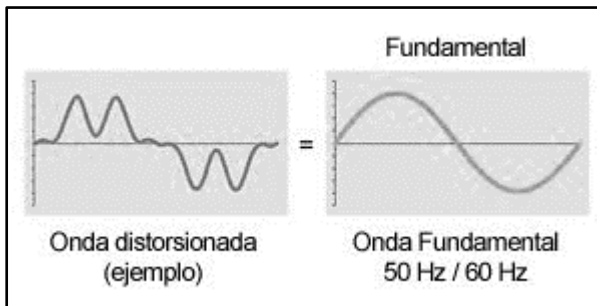


ONDAS ARMÓNICAS

Son las que tienen su origen en las perturbaciones periódicas producidas en un medio elástico por un movimiento armónico simple. Se expresa matemáticamente mediante la función seno o coseno.

La mayoría de las ondas reales no son armónicas, solamente se aproximan.

Las ondas armónicas también se las puede considerar como ondas periódicas.

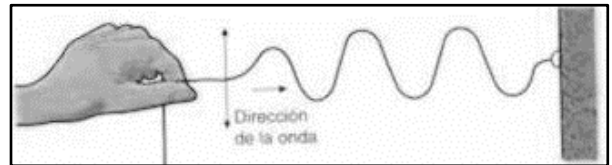


MOVIMIENTO ONDULATORIO.

La mayoría de la información acerca de lo que nos rodea nos llega en alguna forma de ondas. Es a través del movimiento ondulatorio como el sonido llega a nuestros oídos, la luz a nuestros ojos y las señales electromagnéticas a los radios, televisores y celulares. A través del movimiento ondulatorio se puede transferir energía de una fuente hacia un receptor, sin transferir materia entre esos dos puntos.

Para entender el movimiento ondulatorio se lo puede hacer a través de una cuerda horizontal estirada. Si sube y baja un extremo de la cuerda, a lo largo de ella viaja una perturbación rítmica. Cada partícula de la cuerda se mueve hacia arriba

y hacia abajo; en tanto que al mismo tiempo la perturbación recorre la longitud de la cuerda. El medio, que puede ser una cuerda o cualquier otra cosa, regresa a su estado inicial después de haber pasado la perturbación. Lo que se propaga es la perturbación y no el medio mismo.



La energía se puede transferir de un lugar a otro de diferentes maneras, así al golpear un clavo, la energía cinética del martillo se convierte en trabajo útil sobre el clavo. El viento, los proyectiles y casi todas las máquinas simples realizan trabajo a través del movimiento de la materia. Otro ejemplo que se puede considerar es la conducción del calor y la electricidad por medio de del movimiento de partículas elementales llamadas electrones.

Es decir, la característica básica del **movimiento ondulatorio** es la de transferir energía de un punto a otro sin que se realice una transferencia física de materia entre estos puntos por medio de las ondas mecánicas o electromagnéticas.

ELEMENTOS DE UNA ONDA

Continuamos analizando el movimiento del resorte, así tenemos que cuando este recibe una perturbación por efecto de la mano y este sube y baja se produce una oscilación por lo que se afirma que completa un ciclo o vibración.

CRESTAS. Son los puntos más altos de la onda.

VALLES. Son los puntos más bajos de la onda.

CICLO. Una partícula del resorte completa un ciclo cuando su estado de movimiento se repite, al cabo de cierto tiempo, en velocidad y aceleración.

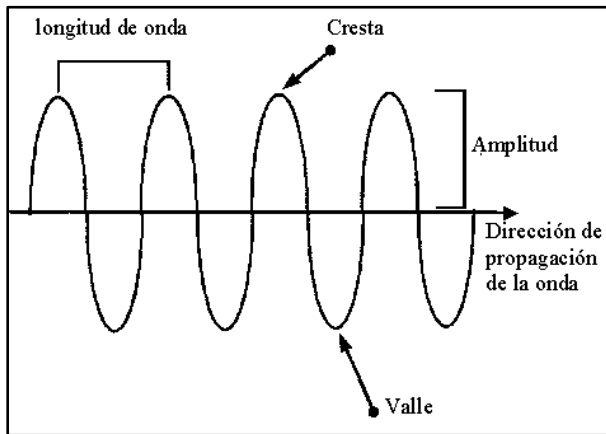
AMPLITUD. (A) Es el valor de la distancia desde la cresta o un valle hasta la posición de equilibrio u origen de la onda.

LONGITUD DE ONDA (λ) Es la distancia entre dos crestas o valles consecutivos.

Para medir las longitudes de ondas se utiliza:

$$1 \text{ Amstrong} = 1 \text{ \AA} = 1 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$1 \text{ Nanómetro} = 1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$$



PERÍODO. (T). Es el tiempo necesario para que la onda recorra una longitud de onda.

FRECUENCIA. (f). Es el número de ciclos por unidad de tiempo.

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

Unidad: $[f] = \left[\frac{1}{s} \right] = [\text{Hertz}] = [\text{Hz}]$

ECUACIÓN DE UNA ONDA

El movimiento ondulatorio se lo analiza considerando al MAS, por lo tanto, la ecuación del desplazamiento (x) de una partícula en función del tiempo está dado por:

$$X = \pm A \text{sen}(\omega t + \phi)$$

Donde: A= amplitud de la onda
 ω = velocidad angular
 $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$
 t = tiempo
 ϕ = ángulo de fase

Se define como el número de onda a:

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

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

La ecuación de una función de onda queda expresada como:

$$y(t,x) = \pm A \text{sen}(\omega t - kx + \phi)$$

La expresión ($\omega t - kx + \phi$) constituye el ángulo de fase de la onda expresada en radianes.

Si la fase inicial es $\phi = 0$ rad; la ecuación queda:

$$y(t,x) = \pm A \text{sen}(\omega t - kx)$$

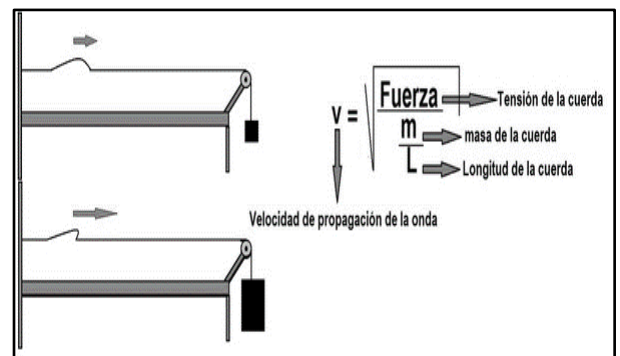
RAPIDEZ DE UNA ONDA

La rapidez de propagación de una onda es la rapidez con la que se desplaza una cresta. En condiciones normales la rapidez de la onda es constante y está dada por:

$$v = \frac{\lambda}{T} ; v = [\text{m/s}]$$

$$v = \lambda \cdot f ; \lambda = v/f$$

La velocidad como una onda se propaga depende de la densidad y de la elasticidad del medio; ya que cuando es mayor es la elasticidad del medio, mayor es la fuerza de restitución de la onda cuando este es perturbado o cuando menos denso es el medio, menos resistencia tiene la onda para propagarse.



$$v = \sqrt{\frac{F}{\frac{m}{L}}} ; v = \sqrt{\frac{F \cdot L}{m}}$$

La densidad lineal de una cuerda está dado por:

$$\mu = \frac{m}{L}$$

Por tanto la rapidez también está dado por:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

ENERGIA TOTAL DE UNA ONDA POR UNIDAD DE LONGITUD DE UNA CUERDA.

La energía total de una onda en función de la longitud de la cuerda donde se propaga la onda está dada por:

Cuando una partícula tiene velocidad máxima, esta pasa por la posición de equilibrio, por lo

tanto, la energía cinética es máxima y la energía potencial es igual cero.

$$E_T = E_c + E_{pe}$$

$$E_T = \frac{1}{2} m \cdot (v_{m\acute{a}x})^2 + 0$$

$$v_{m\acute{a}x} = \omega \cdot A ; v_{m\acute{a}x} = 2\pi f A$$

$$E_T = \frac{1}{2} m (2\pi f A)^2$$

$$E_T = 2 \pi^2 f^2 A^2 m$$

Para una cuerda la energía total constituye la suma de las energías individuales de las partículas que la forma. La masa total de la cuerda esta dada por m por tanto en una cuerda de longitud L la energía de la onda por unidad de longitud está dada por:

$$\frac{E_T}{L} = 2 \pi^2 f^2 A^2 m/L$$

Pero como $\mu = \frac{m}{L}$ se tiene:

$$\frac{E_T}{L} = 2 \pi^2 f^2 A^2 \mu$$

Si la onda viaja por la longitud L de una determinada cuerda con una velocidad v, el tiempo necesario para que la onda recorra esta longitud está dada por:

$$t = L/v.$$

La energía en esta onda estaría dada por:

$$P = \frac{E}{t} ; P = \frac{E}{L/v} ; P = \frac{E}{L} v$$

$$P = 2 \pi^2 f^2 A^2 \mu \cdot v$$

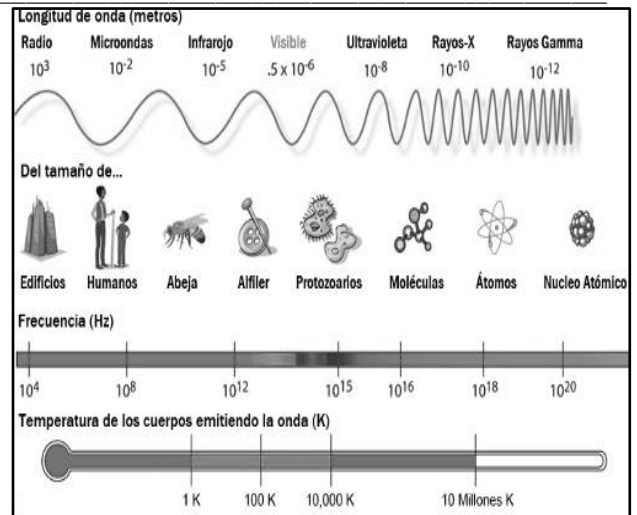
La potencia de la onda es directamente proporcional a la energía por unidad de longitud y a la velocidad de propagación de la onda.

ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.

Ahora se puede afirmar que existen diversos tipos de ondas electromagnéticas, todas se propagan a $C = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ en el vacío, pero tienen diferentes longitudes de onda, y por lo tanto también diferente frecuencia.

Así la relación entre frecuencia y longitud de onda esta dada por:

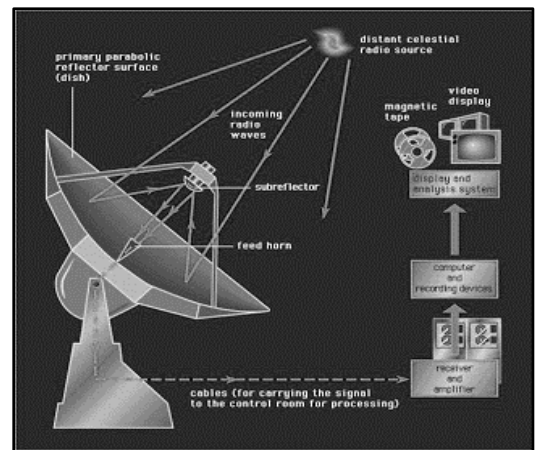
$$\lambda f = C$$



Se representa el espectro electromagnético comparando la longitud de onda en función de la frecuencia.

La descripción de algunas frecuencias de onda aplicadas a la vida cotidiana es:

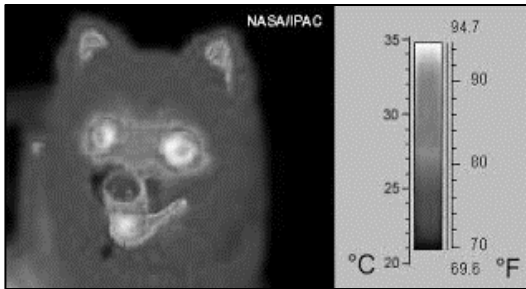
- **Ondas de radio.** Generadas en circuitos electrónicos oscilantes, y detectadas mediante antenas. Se usan en telecomunicaciones, como ondas de radio y TV, con longitud de onda de alrededor de un centímetro a varios kilómetros.



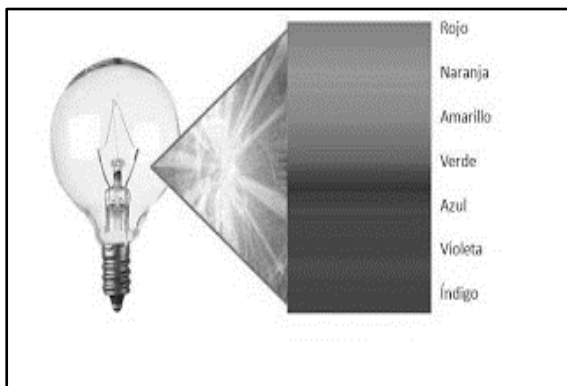
- **Microondas.** Generadas también en circuitos electrónicos. Se utilizan en sistemas de comunicaciones como el radar o la banda UHF de televisión, celular, hornos de microondas, etc.



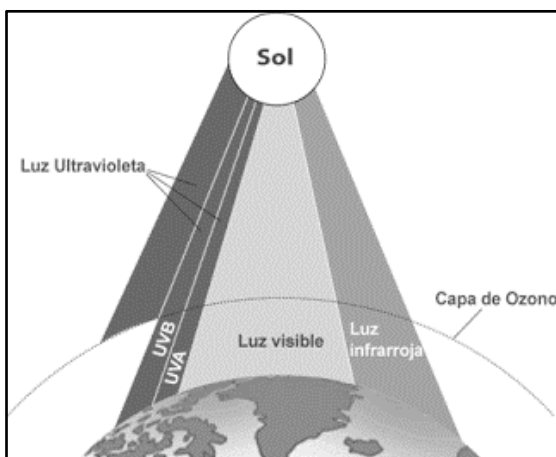
- **Infrarrojo.** Radiación electromagnética emitida por cuerpos calientes, es muy calorífica y tiene aplicaciones médicas e industriales; es usada en la detección de falsificaciones de obras de arte y en los telemandos.



- **Espectro visible.** Producida por saltos electrónicos entre las órbitas atómicas. El ojo humano es sensible a la luz visible Comprende los colores rojo, naranja, amarillo, verde, azul, añil y violeta, con diferentes frecuencias.



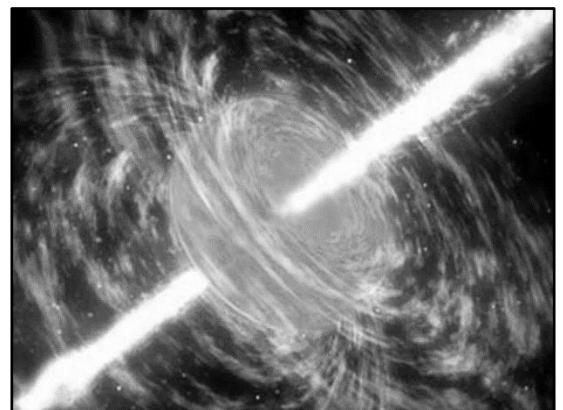
- **Rayos ultravioletas.** El Sol irradia luz ultravioleta cuya longitud de onda es apenas menor que la de la luz visible, que ioniza los átomos de la atmósfera dando lugar a la ionosfera. Usados en medicina, odontología por su poder microbicida.



- **Rayos X.** Producidos por los electrones internos del átomo. Muy energéticos por su longitud de onda corta y perjudiciales para los tejidos vivos. Utilizados con precaución en radiología médica ya que penetra con facilidad el cuerpo humano.



- **Rayos Gamma.** Originados en los núcleos de sustancias radioactivas al desintegrarse. Son muy energéticos de muy alta frecuencia y penetrantes, su absorción por los seres vivos produce graves efectos por lo que se deben de manipular con blindajes de protección ya que son consecuencia de la radiactividad producida al destruirse un planeta.



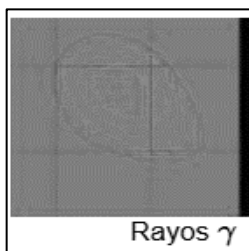
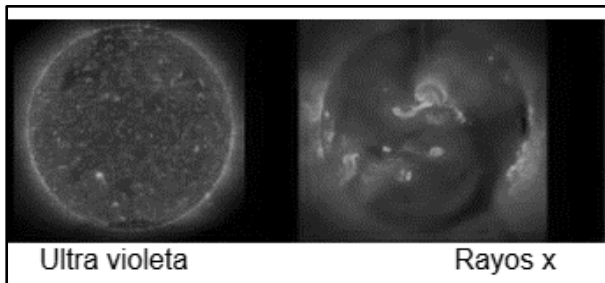
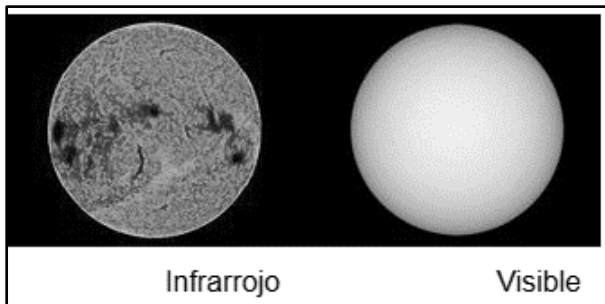
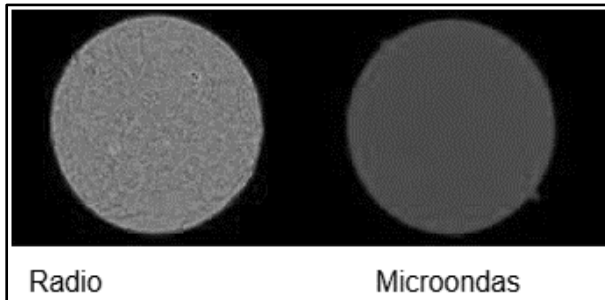
EL SOL EMITE EN TODAS LAS LONGITUDES DE ONDA DEL ESPECTRO

Algunos ejemplos cotidianos de cuerpos que emiten radiación electromagnética son:

Los microondas, las antenas de televisión satelital (ondas de radio), las antenas proveedoras de telefonía celular (ondas de radio), emisores de rayos X que sirven para tomar radiografías, e incluso los humanos al igual que muchos animales emitimos ondas de bajas energías debido a la temperatura que tenemos.

Pero el Sol tiene la característica que emite en todas las longitudes de onda del espectro.

En la figura de abajo mostramos imágenes del Sol como se ve en diferentes frecuencias.



EJERCICIOS RESUELTOS

- Se lanza una piedra a la superficie de un lago, produciéndose ondas sobre el agua, cuya frecuencia es 6 Hz con una amplitud de 3 cm y una rapidez de 4 m/s. Determinar:
 - La ecuación de la onda si $\phi = 0$;
 - El período de la onda;
 - La longitud de la onda;
 - Graficar x vs t .

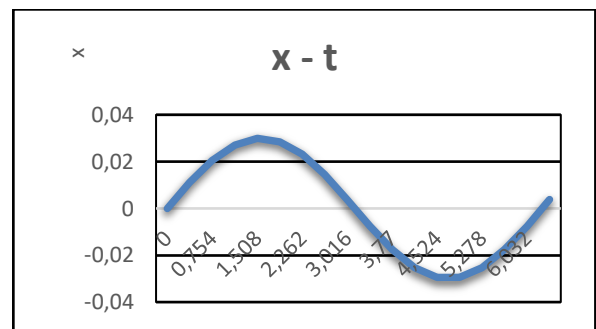
Se sabe que:
 $f = 6 \text{ Hz}$
 $A = 3 \text{ cm} = 0,03\text{m}$
 $v = 4 \text{ m/s}$
 $X = ?$

A) Si : $\omega = 2 \pi f$
 Entonces: $\omega = 2 \pi 6$; $\omega = 37,7 \text{ rad/s}$
 Además: $X = \pm A \text{sen}(\omega t + \phi)$
 Por tanto: $X = 0,03 \text{sen} (37,7. t(\text{s})) \text{ m}$

B) El período de la onda es:
 $f = \frac{1}{T}$; $T = \frac{1}{f}$; $T = \frac{1}{6}$; $T = 0,17 \text{ s}$

C) La longitud de la onda es:
 $\lambda = v.T$; $\lambda = 4 \text{ m/s} . 0,17 \text{ s}$; $\lambda = 0,68 \text{ m}$

D) La grafica es:



- Determinar el rango de frecuencia que percibe el ojo humano si se sabe que la velocidad de la luz es $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ y el rango de la longitud de onda del espectro visibles es de $3,9 \times 10^{-7} \text{ m}$ hasta $7,7 \times 10^{-7} \text{ m}$.

Se sabe que:
 $v = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$
 $\lambda_1 = 3,9 \times 10^{-7} \text{ m}$
 $\lambda_2 = 7,7 \times 10^{-7} \text{ m}$
 $f_1 = ?$

$$f = \frac{v}{\lambda}$$

$$f_1 = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{3,9 \times 10^{-7} \text{ m}} ; \quad f_1 = 769 \text{ Hz}$$

$$f_2 = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{7,7 \times 10^{-7} \text{ m}} ; \quad f_2 = 389 \text{ Hz}$$

Rango: [389 ; 769] Hz

- Una cuerda de 50 cm de longitud tiene una masa de 125 mg. La cuerda está atada al techo por uno sus extremos y del otro cuelga una piñata de 0,50kg de masa. Un joven estudiante de física golpea la piñata lateralmente con un palo; como resultado de esto, un pulso transversal viaja hacia arriba por la cuerda en dirección del techo. Determinar:

- A) La densidad lineal de la cuerda.
 B) La rapidez de propagación de la onda sobre la cuerda.
 C) La frecuencia de vibración de la onda, si tiene una amplitud de 1 cm y una longitud de onda de 2cm.
 D) La energía total de la onda por unidad de longitud de la cuerda.

Sabemos que:

$$m_c = 125 \text{ mg} = 1,25 \times 10^{-4} \text{ kg}$$

$$L_c = 50 \text{ cm} = 0,50 \text{ m}$$

$$m_p = 0,50 \text{ kg}$$

$$A = 1 \text{ cm} = 0,01 \text{ m}$$

$$\lambda = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m}$$

$$\mu = ?$$

$$v = ?$$

- A) La densidad lineal de la cuerda está dada por:

$$\mu = \frac{m}{L}; \mu = \frac{1,25 \times 10^{-4} \text{ kg}}{0,50 \text{ m}}; \mu = 2,48 \times 10^{-4} \text{ kg/m}$$

- B) La tensión de la cuerda es igual al peso de la piñata; por lo tanto:

$$T = P = m_p \cdot g = 0,50 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 4,9 \text{ N}$$

La rapidez de la onda está dado por:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}; v = \sqrt{\frac{4,9 \text{ N}}{2,48 \times 10^{-4} \text{ kg/m}}}; v = 140,6 \text{ m/s}$$

- C) $f = \frac{v}{\lambda}; f = \frac{140,6 \text{ m/s}}{0,02 \text{ m}}; f = 7030 \text{ Hz}$

$$D) \frac{E_T}{L} = 2 \pi^2 f^2 A^2 \mu$$

$$\frac{E_T}{L} = 2 \pi^2 (7030 \text{ Hz})^2 (0,01 \text{ m})^2 (2,48 \times 10^{-4} \text{ Kg/m})$$

$$\frac{E_T}{L} = 24,19 \text{ J}$$

4. Una onda electromagnética se propaga en el vacío en la dirección + x, la amplitud del campo eléctrico es de 240 V/m y su oscilación es en la dirección z. La frecuencia angular de oscilación es $\omega = 2 \times 10^{12} \text{ rad/s}$. Determinar:

- A) La frecuencia de oscilación f
 B) El periodo.
 C) La longitud de onda
 D) la magnitud del campo magnético.
 E) La dirección de oscilación de este campo.

- A) La frecuencia está dada por:

$$f = \frac{\omega}{2\pi}; f = \frac{2 \times 10^{12} \text{ rad/s}}{2\pi}; f = 1 \times 10^{12} \text{ Hz.}$$

- B) El período esta dado por:

$$T = \frac{1}{f}; T = \frac{1}{1 \times 10^{12} \text{ Hz}}; T = 1 \times 10^{-12} \text{ s}$$

- C) La frecuencia es:

$$\lambda = \frac{c}{f}; \lambda = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{1 \times 10^{12} \text{ Hz}}; \lambda = 3 \times 10^{-4} \text{ m}$$

- D) La magnitud del campo magnético se determina por:

$$B_0 = \frac{E_0}{c}; B_0 = \frac{2 \times 10^2 \text{ V/m}}{3 \times 10^8 \text{ m/s}}; B_0 = 8 \times 10^{-7} \text{ T}$$

- E) La oscilación del campo B es perpendicular a E y x, por lo tanto, está en la dirección y.

5. La función de onda de una onda armónica en una cuerda es $y = 0,001 \text{ sen}(314t + 62,8x)$.

Determinar:

- A) El sentido que se mueve la onda y la velocidad.
 B) La longitud de onda, el periodo y la frecuencia.
 C) La ecuación de la velocidad y de la aceleración en función del tiempo para una partícula de la cuerda que se encuentra en $x = -3 \text{ cm}$.

Al comprar la ecuación de la función onda con la ecuación general se puede obtener:

$$y(t,x) = \pm A \text{ sen}(\omega t - kx)$$

$$y = 0,001 \text{ sen}(314t + 62,8x)$$

$$A = 0,001 \text{ m}; \omega = \frac{2\pi}{T} = 314 \text{ rad. s}^{-1}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}; k = 62,8 \text{ m}^{-1}; \phi = 0 \text{ rad.}$$

- A) Para determinar el signo de la onda se analiza el valor de kx y como este es positivo, la onda se mueve en el sentido negativo de la onda del eje x (en el caso que sea negativo el valor de kx la onda se mueve en el sentido positivo del eje x)

$$v = \lambda f; v = \frac{2\pi\omega}{k \cdot 2\pi}; v = \frac{314 \text{ rad.s}^{-1}}{62,8 \text{ m}^{-1}}; v = 5 \text{ m/s}$$

- B) La longitud de la onda esta dado por:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}; \lambda = \frac{2\pi}{k}; \lambda = \frac{2\pi}{62,8}; \lambda = 0,1 \text{ m}$$

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

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

- C) La acusación de la velocidad está dada por:
 $v = A\omega \cdot \cos(\omega t + kx)$

(La ecuación de la velocidad se obtiene derivando la función de la onda respecto al tiempo)

$$v = 0,001 (314) \cos (314 t + 62,8 x)$$

Para $x = -0,03$ m, la velocidad queda:

$$v = 0,314 \cos (314 t - 1,88)$$

La ecuación de la aceleración es:

$$a = -A \omega^2 \sin (\omega t + kx)$$

(La ecuación de la aceleración se obtiene derivando la función de la velocidad respecto al tiempo)

$$a = -0,001(314)^2 \sin (314 t + 62,8 x)$$

Para $x = -0,03$ m, la aceleración queda:

$$a = -98,6 \sin (314 t - 1,88)$$

EJERCICIOS PARA LA TAREA

- Calcular la rapidez de una onda cuya frecuencia y longitud de onda son 500 Hz y 50 cm respectivamente.
- Una cuerda metálica de guitarra tiene una densidad de masa lineal de $\mu = 3,2$ g /m. Determinar la rapidez de las ondas transversales sobre esta cuerda cuando su tensión es de 90 N.
- Determinar la longitud de onda de una onda cuya rapidez es de 75 m/s y período de 5×10^{-3} s
- Calcular la frecuencia de una onda cuya rapidez es de 120 m/s y de longitud de onda igual a 30 cm.
- La rapidez del sonido en el aire a temperatura ambiente es de 340 m/s. Determinar: a) La frecuencia de una onda sonora con una longitud de onda de 1 m en el aire. b) La frecuencia de una onda de radio con la misma longitud de onda (Las ondas de radio son ondas electromagnéticas que avanzan a 3×10^8 m/s en el aire o en el vacío)
- Un pescador observa una boya que se mueve hacia arriba y hacia abajo en el agua por las perturbaciones de las ondas que se forman cuando una lancha pasa por ahí. Esas ondas se propagan a 2,5 m/s y tienen una longitud de onda de 7,5 m. ¿Cuál es la frecuencia con la que sube y baja la boya?
- Una cuerda de 300g de masa y de 4m de longitud se somete a una tensión de 40 N. Calcular: a) La densidad lineal de la cuerda, b) La velocidad de propagación de las ondas, c) La energía total de la onda por unidad de longitud de la cuerda, si la cuerda vibra con una amplitud de 1,2 cm y una longitud de onda de 2,5 cm
- Escriba una ecuación para una onda sinusoidal y gráfiquela si tiene 0,13m de amplitud, 0,3 m de longitud de onda y 6,20 m/s de rapidez de onda, que avanza en la dirección x.
- Un pulso de onda se propaga a lo largo de un alambre en el sentido positivo del eje de las x a 20 m/s. Determinar:
 - La velocidad del pulso si duplicamos la longitud del alambre, pero mantenemos constante la tensión y la masa por unidad de longitud.
 - Si duplicamos la tensión mientras se mantiene constante la longitud y la masa por unidad de longitud.
 - Si duplicamos la masa por unidad de longitud mientras se mantiene constante las demás variables.
- Una cuerda de piano de acero tiene 0,7 m de longitud y una masa de 5 g. Se tensa mediante una fuerza de 500 N. Determinar:
 - La velocidad de las ondas transversales en la cuerda.
Para reducir la velocidad de la onda en un factor 2 sin modificar la tensión, determinar:
 - La masa de alambre de cobre que habrá que enrollar alrededor del hilo de acero
- Una onda armónica esta descrita por la ecuación: $y = 0,06 \sin (1980 t - 6x)$. Determinar:
 - La amplitud, la frecuencia y a longitud de la onda.
 - La distancia recorrida por la onda en 4 s.
 - La ecuación de una onda idéntica que se propaga en sentido contrario.
- Dada la ecuación armónica: $y = 4 \sin (6t - 06x)$. Determinar:
 - La amplitud, el periodo, la frecuencia y la longitud de onda.
 - La velocidad de la onda y la elongación de una partícula situada en la posición $x=+ 12$ m cuando $t = 3$ s.