

ONDAS. UNIDAD I

Material de Física

Introducción

La mayoría de nosotros vimos ondas, por ejemplo, cuando lanzábamos una piedra en un charco, la perturbación creada por la piedra genera ondas en el agua, que se mueven hacia fuera hasta que finalmente llegan al borde del charco. Una amplia variedad de fenómenos físicos tienen características semejantes. El mundo está lleno de ondas, ondas de sonido, ondas electromagnéticas, como son las ondas de luz visible, ondas de radio, señales de televisión y rayos X. Todas estas ondas tienen como fuente un objeto que vibra.

En el caso de las ondas de sonido, las vibraciones que las producen surgen de fuentes como las cuerdas vocales de una persona o cuando se pulsa la cuerda de una guitarra. Las vibraciones de electrones en una antena producen ondas de radio o televisión, y el simple movimiento hacia arriba y abajo de una mano puede producir una onda en una cuerda. Cualquiera sea el tipo de onda en estudio, hay ciertos conceptos que son comunes a todas las vibraciones.

Como ya dijimos antes, cuando se deja caer una piedra en un charco, la perturbación excita ondas en el agua, que se alejan del punto en el que la piedra entró al agua. Si examina con cuidado del movimiento de una hoja que flote cerca de la perturbación, verá que sube y baja y se mueve en vaivén alrededor de su posición original, pero no experimenta ningún desplazamiento atribuible a la perturbación. Esto es, que la perturbación se mueve de un lugar a otro, pero con ella no se lleva agua.

Einsten e Infeld hicieron estas observaciones acerca de fenómenos ondulatorios:

“Un chisme que aparece en Washington llega a Nueva York rápidamente (de boca en boca), aun cuando ninguna persona que tome parte en la diseminación viaje entre estas dos ciudades. En este caso hay dos movimientos distintos el del rumor, de Washington a Nueva York y el de las personas que extendieron en rumor. El viento que pasa sobre un campo de granos, inicia una onda que se extiende por todo el campo. Aquí también debemos distinguir entre el movimiento de la onda y el movimiento de las plantas separadas, que experimentan sólo pequeñas vibraciones, pero todo el movimiento es el de una onda que avanza. Lo (...) nuevo aquí es que por primera vez consideramos el movimiento de algo que no es materia, sino energía propagada por la materia”.¹



Cuando observamos lo que se llama una onda acuática, lo que vemos es una redistribución de la superficie del agua. Sin agua no habría onda. Por ejemplo, si observamos la superficie de un charco en el momento que cae una gota, esta gota produce una perturbación, que genera una onda circular en torno al punto donde ésta ha caído. Si además sobre la superficie se encuentra flotando una hoja podrás observar que la hoja no se traslada al ser alcanzada por la perturbación, simplemente adquiere un movimiento oscilatorio (sube y baja) en torno a su posición inicial.

El teléfono celular es una de las maravillas de la tecnología moderna. Si queremos comunicarnos con otra persona por intermedio del mismo, podemos lograrlo rápidamente sin importar la distancia a la que se encuentre dicha persona. Cuando hablamos por celular el sonido de la voz se codifica, enviando

1 A.. Einsten y L. Infeld, The evolution of Physics.

una señal que contiene información de la voz. Esta señal viaja a gran velocidad por el espacio, la que después es redirigida por satélites y es recibida por otro teléfono que la decodifica, de modo de generar el sonido en el parlante. La señal que viaja por el espacio portadora de la información es una onda electromagnética.

Todas las ondas llevan energía. La cantidad de energía transmitida por un medio y el mecanismo responsable del transporte de energía difieren de un caso a otro. Por ejemplo, la energía transportada por las olas oceánicas durante una tormenta es mucho mayor que la llevada por una onda de sonido generada por una sola voz humana.

¿Qué es una onda?

Las ondas son el resultado de una perturbación que se propaga por el espacio. **Una onda es toda forma de transferir energía de un lugar a otro del espacio sin desplazar materia.**

Clasificación:

Como se menciona en la introducción existen ondas de diversos tipos, por lo tanto es necesario conocer las clasificaciones, las ondas pueden clasificarse según diversos criterios, como veremos a continuación.

1. Criterio: Basado en si la onda necesita un medio material para propagarse.

Ondas mecánicas: son aquellas que necesitan de un medio material para propagarse. Por ejemplo: ondas en una cuerda, en el agua, el sonido.

Ondas electromagnéticas: son aquellas que no necesitan de un medio de propagación, se pueden propagar en el vacío. Se generan por la vibración de cargas eléctricas. Ejemplos de este tipo de onda son: la luz, los rayos cósmicos, los rayos gamma, los rayos X, la radiación ultravioleta, la radiación infrarroja, las microondas, y las ondas de radio.

Las ondas electromagnéticas han sido descubiertas y descritas en el siglo pasado, muy posteriormente a las mecánicas, ya que al principio no se concebía la posibilidad de que las ondas pudieran propagarse en el vacío. De hecho, para justificar que se trataba de ondas, los científicos trataron de probar que éstas eran mecánicas y se propagaban por un medio denominado éter, por lo que realizaron diversos experimentos sin poder demostrar la existencia de ese medio.

2. Criterio: Basado en las direcciones de propagación.

Unidimensionales: Se propagan en una dirección (ondas en una cuerda, en un alambre, en un cable)

Bidimensionales: Se propagan en dos direcciones (ondas en la superficie del agua, en una chapa, en una lonja)

Tridimensionales: Se propagan en tres direcciones (ondas sonoras, en el aire, ondas de radio y TV)

Actividad domiciliaria (responde en tu cuaderno):

- 1- Existe un tercer criterio de clasificación (longitudinal-transversal), explíquelo.
- 2- ¿Qué son las ondas gravitacionales?

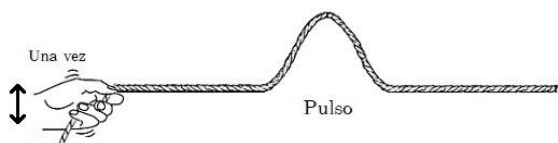
Velocidad de propagación de un pulso

Al generar una perturbación ésta se propaga por el espacio, a esa perturbación se le denomina pulso de onda y viajará a cierta velocidad.



¿De qué depende la velocidad de propagación de un pulso? La velocidad de propagación de un pulso de onda depende únicamente de las características del medio en el cual se propaga.

A partir del desarrollo del conocimiento científico, se han determinado algunos casos particulares, trabajaremos con los siguientes casos a continuación:



1. Ondas en una cuerda: La velocidad de propagación de los pulsos en una cuerda depende de la densidad lineal de masa de la cuerda y de la fuerza tensión a la que se somete la misma.

La velocidad con la que se propaga el pulso no depende de cómo se generó ni de la forma, depende de las características del medio.

$$\text{Densidad lineal de masa } (\mu) = \frac{m_c}{l} \quad \text{unidad en el S.I} = \text{kg/m}$$

$$\text{Velocidad de propagación, } v_p = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}} \quad \text{unidad en el S.I} = \text{m/s}$$

2. Luz y ondas electromagnéticas en general: la velocidad de la luz en el vacío es por definición una constante universal cuyo valor es 299.792.458 m/s (que suele aproximarse a $3,00 \times 10^8$ m/s para trabajar con una cantidad de cifras significativas razonable). Se simboliza con la letra c, proveniente del latín celéritas (en español celeridad o rapidez).

El valor de la velocidad de la luz en el vacío fue incluido oficialmente en el Sistema Internacional de Unidades como constante el 21 de octubre de 1983.

La rapidez a través de un medio que no sea el vacío depende de su permitividad eléctrica y de su permeabilidad magnética. En medios materiales, esta velocidad es inferior a "c" y queda codificada en el índice de refracción. Así, la velocidad de la luz y las ondas electromagnéticas en un medio queda determinada mediante la ecuación:

$$v = \sqrt{\frac{1}{\mu \cdot \epsilon}}$$

Donde μ es la permeabilidad magnética y ϵ la permitividad eléctrica. **Averigüe el valor de esas constantes en el vacío y corrobora que obtenemos el valor aproximado de $3,00 \times 10^8$ m/s.**

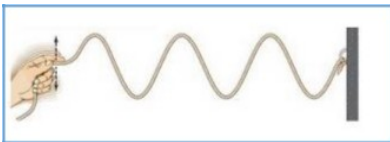
2 En general la fuerza tensión se representa con una T, pero en este curso la llamaremos F_T dado que representaremos con T al periodo, y queremos evitar confusiones. ¡Existen más magnitudes físicas que letras en el alfabeto!

Ondas periódicas

Las vibraciones u oscilaciones de los sistemas es un campo de estudio importante dentro de la física. Todo sistema posee una capacidad de vibración y la mayoría de los sistemas pueden vibrar libremente de muchas maneras diferentes.

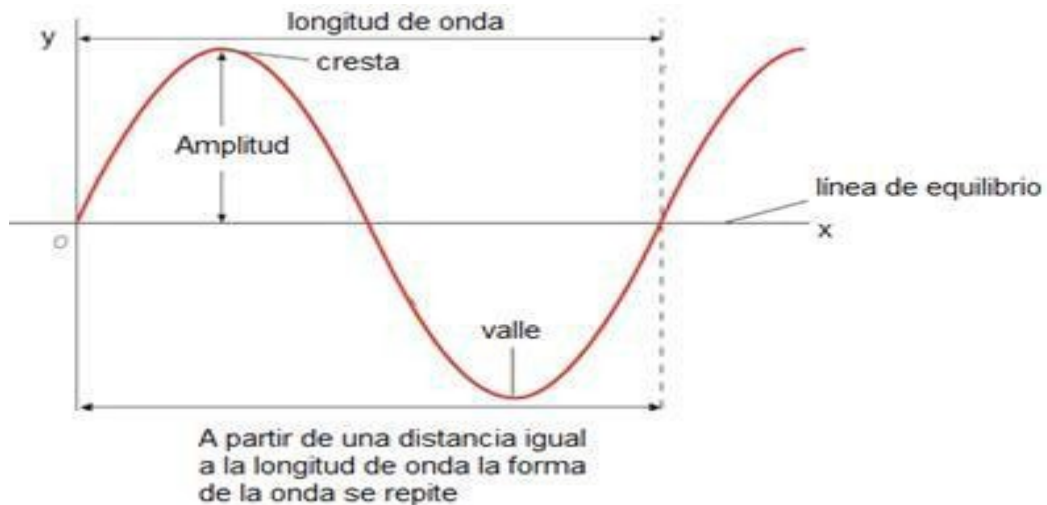
“Después de todo, nuestros corazones laten, nuestros pulmones oscilan, tiritamos cuando tenemos frío, a veces roncamos, podemos oír y hablar gracias a que vibran nuestros tímpanos y laringes. Las ondas luminosas que nos permiten ver son ocasionadas por vibraciones....Incluso los átomos que componen nuestro cuerpo vibran.”³

Un pulso puede transferir energía de un lugar a otro del espacio, cuando tenemos un conjunto de pulsos que son emitidos a intervalos iguales, estamos ante la formación de una onda periódica. En cada período se produce una perturbación idéntica a la anterior.



Analicemos el caso de una onda periódica en una cuerda: la forma de la cuerda en cualquier instante es un patrón repetitivo.

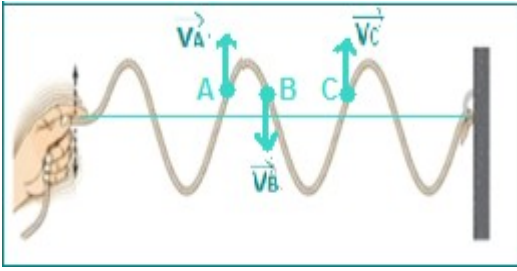
La línea horizontal representa la línea de equilibrio cuando no está presente el movimiento ondulatorio en la cuerda. La distancia máxima que la onda se mueve arriba o debajo de esta posición de equilibrio se llama amplitud A . Para las ondas que trabajaremos, las amplitudes de la cresta y el valle serán idénticas.



La figura ilustra otra característica, la distancia entre dos puntos que se comportan de manera idéntica (en fase) se denomina longitud de **onda** λ (letra griega lambda). Unidad en el S.I: m (metro).

Pero, ¿qué significa que los puntos de un medio se encuentren en fase? Dos o más puntos del medio están en **fase** cuando tienen la misma posición respecto a la posición de equilibrio y tienen la misma velocidad (recuerda que la velocidad es una magnitud vectorial por lo cual tener la misma velocidad implica además de mismo módulo, misma dirección y sentido).

³ French. Vibraciones y Ondas. 2001: p.3.



En la imagen adjunta, el punto A y B están en la misma posición respecto a la posición de equilibrio, pero sus velocidades (representadas vectorialmente) son diferentes, por lo cual no están en fase. De modo contrario, los puntos A y C están en la misma posición respecto a la posición de equilibrio y sus velocidades son iguales en módulo, dirección y sentido, por lo que está en fase. La distancia que hay entre A y C es entonces la longitud de onda.

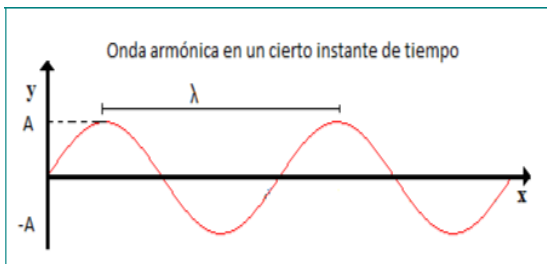
El **período T**, es el tiempo que demora cada punto del medio en realizar una oscilación completa. Unidad en el S.I: s (segundo)

La **frecuencia f**, es la cantidad de oscilaciones completas que cada punto del medio realiza por unidad de tiempo. Unidad en el S.I: Hz (Hertz, en honor al físico alemán Heinrich Hertz)

$$f = \frac{\text{número de oscilaciones}}{\Delta t}$$

Como el período es el tiempo que demora un punto del medio en dar una oscilación completa, tenemos que:

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



La representación gráfica de una onda armónica para un instante de tiempo tiene la forma que se observa en la figura. En el caso de ondas en una cuerda puede obtenerse esa forma si se toma una fotografía como observamos en las figuras anteriores.

Durante un período, la onda se desplaza una distancia igual a una longitud de onda, por lo tanto la **velocidad** con la que se propaga la onda está dada por:

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

Siendo f la frecuencia de vibración de la onda y T el período. La unidad de velocidad en el S.I es m/s (metros por segundo).

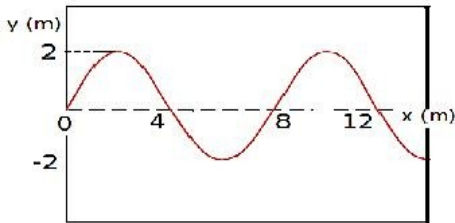
IMPORTANTE: Podemos utilizar estas ecuaciones de ondas periódicas en muchos tipos de ondas, no solo para ondas en una cuerda, por ejemplo la usaremos en ondas de sonido y electromagnéticas.

Las ondas electromagnéticas se propagan en el vacío con la misma velocidad "c" ($3,0 \times 10^8$ m/s), difieren entre sí en su longitud de onda y frecuencia, como $v=\lambda \cdot f$, para todas las ondas electromagnéticas ese producto debe ser igual a c.

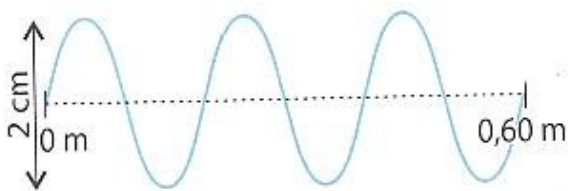
Ejercicios de aplicación

1. Cuando se pulsa la cuerda de una guitarra para emitir la nota LA, esta genera ondas de sonido de frecuencia 440 Hz. Determine la longitud de onda y el período del sonido generado. Velocidad del sonido: $3,4 \times 10^2$ m/s.

2. En una cuerda homogénea se generan 240 oscilaciones cada 2,0 minutos. Determine la frecuencia y el período de la onda en la cuerda.



3. Encuentre amplitud, longitud de onda, período y velocidad de la onda, si tiene una frecuencia de 16 Hz.



4. Una onda periódica se propaga por una cuerda hacia la izquierda. En cierto instante, la forma de la cuerda es la que muestra la figura. El período es 0,15 s. Determine su amplitud, frecuencia, y longitud de onda y su velocidad de propagación.

5. Una onda periódica se propaga en una cuerda de 50,0 m de largo y masa 400 g. La cuerda está sometida a una tensión de 500 N.

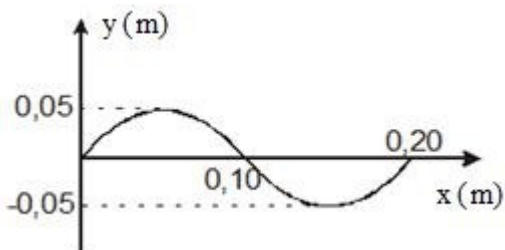
a. Calcule la velocidad de propagación de la onda en la cuerda.

b. Si la frecuencia de la onda es 10 Hz, determine la longitud de onda.

6. Una onda periódica de longitud de onda 20,0 cm y período de 0,12 s se propaga por una cuerda. Calcule su frecuencia y encuentre su velocidad de propagación.

7. Ondas transversales viajan a 150 m/s sobre un hilo de 80 cm de longitud que está bajo una tensión de 550 N. ¿Cuál es la masa del hilo?

8. Un hilo de acero de 7,0 m de largo tiene una masa de 100 g. Está sometido a una tensión de 900 N. ¿Cuál es la velocidad de un pulso en este hilo?



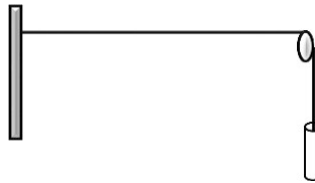
9. La figura corresponde a la forma de una cuerda cuando una onda se propaga en ella.

Sabiendo que la velocidad de propagación es 5,0 m/s. Calcule frecuencia y período.

10. El oído humano puede percibir sonidos de frecuencias entre 20 Hz y 20.000 Hz. Si la velocidad del sonido en el aire es $v = 340$ m/s ¿Cuál es la máxima y la mínima longitud de onda que puede percibir una persona?

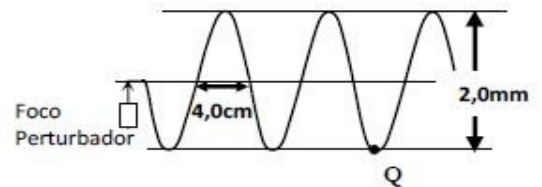
- 11.** Una onda con una frecuencia de 60 Hz tiene una velocidad de 12 m/s en un medio determinado. **a.** ¿Cuál es la longitud de la onda?
b. Si la onda es transmitida en otro medio, en el cual se propaga con una velocidad de 20 m/s, ¿en cuánto cambia la longitud de onda?

- 12.** El cable de un telesquí tiene una masa de 80,0 kg y un largo de 400 m. Cuando el cable recibe un golpe transversal en un extremo, el pulso se detecta en el otro extremo 12,0 segundos después. **a.** ¿Cuál es la velocidad del pulso generado?
b. ¿Cuál es la tensión del cable?



- 13.** En una demostración se utiliza un trozo de tubo de goma sujeto en un extremo a un poste fijo y pasado por una polea de modo que cuelgue en su otro extremo un peso. Supone que la distancia desde el soporte fijo a la polea es de 10,0 m, la masa de esta longitud de tubo es de 0,70 kg y el peso suspendido es de 110 N. Si se le da al tubo una sacudida transversal en un extremo, ¿cuánto tiempo empleará el pulso resultante en alcanzar el otro extremo?

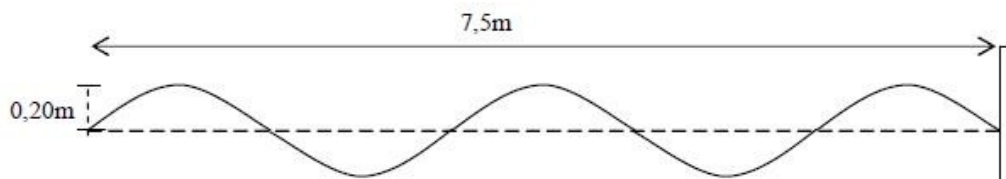
- 14.** Por la cuerda representada en el dibujo se propaga una onda armónica hacia la derecha. El período de la onda es de 0,33 s.
 Calcule: la amplitud, la frecuencia, la longitud de onda y la velocidad de propagación en la cuerda.



- 15.** Una onda armónica se propaga por una cuerda de longitud 3,0 m y de masa 0,30 kg. Dicha cuerda se encuentra sometida a una tensión de 50 N, bajo estas condiciones, calcule:
a. La densidad lineal de masa de la cuerda.
b. La velocidad de propagación de la onda.

- 16.** Una cuerda de piano de acero tiene una longitud de 0,65 m y una masa de 4,5 g. Se tensa mediante una fuerza de 200 N. Calcule:
a. La velocidad de propagación de la onda generada en esa cuerda.
b. La longitud de la onda generada, si se sabe que la frecuencia del movimiento ondulatorio es de 100 Hz.
c. La masa del alambre de cobre que habrá que enrollar alrededor de la cuerda anterior para que la velocidad se reduzca a la mitad, sin alterar la tensión.

- 17.** Una onda se propaga por una cuerda, en cierto instante, la forma es:



- Sabiendo que el período es de 0,60 s, determine: la amplitud, la longitud de onda, la frecuencia y la velocidad de propagación.

Seleccione en cada caso la opción correcta

1. Las ondas sonoras que se propagan por el aire se pueden clasificar como:

- Unidimensionales y mecánicas
- Tridimensionales y electromagnéticas
- Tridimensionales y mecánicas

2. La velocidad de propagación de un pulso depende de:

- La forma que tiene el pulso
- Las características por donde viaja
- Ninguna de las anteriores

3. La velocidad de propagación de los pulsos que viajan por una cuerda depende de:

- El largo de la cuerda y su grosor
- La masa de la cuerda y la tensión que soporta
- La densidad lineal de masa de la cuerda y la tensión que soporta
- La densidad lineal de masa de la cuerda y su largo

4. Por una cuerda tensa viajan pulsos con una velocidad de 200 m/s. Si en esa cuerda se disminuye la tensión a la cuarta parte, la nueva velocidad de los pulsos, será:

- 100 m/s
- 400 m/s
- 50 m/s
- 200 m/s

5. La amplitud de la onda es:

- La distancia entre una cresta y un valle consecutivo
- La distancia entre dos valles consecutivos
- La máxima separación de cada punto del medio con respecto a la posición de equilibrio

6. En el extremo de una cuerda se generan 80 pulsos cada 20 s. La frecuencia de la onda que se propaga por la cuerda es:

- 20 Hz
- 0,25 Hz
- 80 Hz
- 4,0 Hz

7. En el extremo de una cuerda se generan 50 pulsos cada 10 s. El período de la onda que se propaga por la cuerda es:

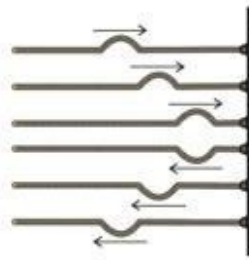
- 50 s
- 0,20 s
- 10 s
- 5,0 s

ACTIVIDAD GRUPAL. Máximo: 4 integrantes

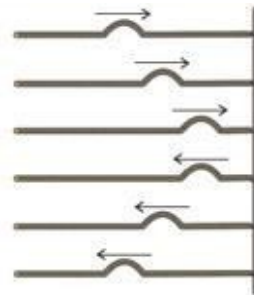
Los fenómenos ondulatorios son procesos en los cuales intervienen ondas, dando lugar a fenómenos especiales. Son fenómenos ondulatorios la reflexión, refracción, difracción e interferencia de ondas. Deberán realizar una descripción de los mismos, teniendo en cuenta la siguiente guía:

1. Explicar la reflexión de ondas en cuerdas:

A. Con extremo libre

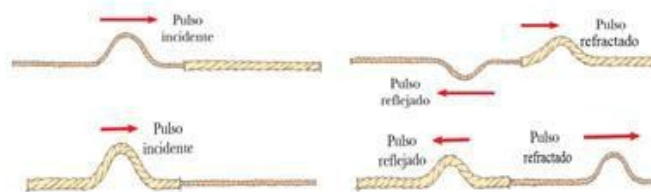


B. Con extremo fijo



2. Explicar la reflexión en ondas bidimensionales.

3. Explicar la refracción en cuerdas:



4. Explicar la refracción de ondas en dos dimensiones.

5. Explicar la interferencia de ondas en cuerdas:



6. Explicar la interferencia de ondas bidimensionales:

7. Explicar la difracción de ondas bidimensionales.

8. Explicar la difracción e interferencia de la luz.



La actividad debe realizarse por computadora y presentar una copia por grupo.

FECHA DE ENTREGA: _____