

MOVIMIENTO ONDULATORIO

Proceso por el que se propaga energía de un lugar a otro sin transferencia de materia, mediante ondas mecánicas o electromagnéticas. En cualquier punto de la trayectoria de propagación se produce un desplazamiento periódico, u oscilación, alrededor de una posición de equilibrio. Puede ser una oscilación de moléculas de aire, como en el caso del sonido que viaja por la atmósfera, de moléculas de agua (como en las olas que se forman en la superficie del mar) o de porciones de una cuerda o un resorte. En todos estos casos, las partículas oscilan en torno a su posición de equilibrio y sólo la energía avanza de forma continua. Estas ondas se denominan mecánicas porque la energía se transmite a través de un medio material, sin ningún movimiento global del propio medio. Las únicas ondas que no requieren un medio material para su propagación son las ondas electromagnéticas; en ese caso las oscilaciones corresponden a variaciones en la intensidad de campos magnéticos y eléctricos.

Oscilación

En física, química e ingeniería, movimiento repetido de un lado a otro en torno a una posición central, o posición de equilibrio. El recorrido que consiste en ir desde una posición extrema a la otra y volver a la primera, pasando dos veces por la posición central, se denomina ciclo. El número de ciclos por segundo, o hercios (Hz), se conoce como frecuencia de la oscilación.

Cuando se pone en movimiento un péndulo o se puntea la cuerda de una guitarra, el péndulo y la cuerda acaban deteniéndose si no actúan sobre ellos otras fuerzas. La fuerza que hace que dejen de oscilar se denomina amortiguadora. Con frecuencia, estas fuerzas son fuerzas de rozamiento, pero en un sistema oscilante pueden existir otras fuerzas amortiguadoras, por ejemplo eléctricas o magnéticas.

Flameo

Un tipo peligroso de vibración es la oscilación repentina y violenta conocida como flameo. Este fenómeno se produce sobre todo en las superficies de control de los aviones, pero también ocurre en los cables eléctricos cubiertos de escarcha cuando la velocidad del viento es elevada. Uno de los casos de flameo más espectaculares provocó en 1940 el hundimiento de un puente en Tacoma, Estados Unidos. La causa fue un viento huracanado cuya velocidad potenció la vibración del puente.

En el flameo, la amplitud de vibración de una estructura puede aumentar tan rápidamente como para que ésta se desintegre casi de forma instantánea. Por eso, impedir el flameo es muy importante a la hora de diseñar puentes y aviones. En el caso de los aviones, el análisis de flameo suele complementarse con pruebas realizadas con una maqueta del avión en un túnel aerodinámico.

Frecuencia

Término empleado en física para indicar el número de veces que se repite en un segundo cualquier fenómeno periódico. La frecuencia es muy importante en muchas áreas de la física, como la mecánica o el estudio de las ondas de sonido.

Las frecuencias de los objetos oscilantes abarcan una amplísima gama de valores. Los temblores de los terremotos pueden tener una frecuencia inferior a 1, mientras que las veloces oscilaciones electromagnéticas de los rayos gamma pueden tener frecuencias de 1020 o más. En casi todas las formas de vibración mecánica existe una relación entre la frecuencia y las dimensiones físicas del objeto que vibra. Por ejemplo, el tiempo que necesita un péndulo para realizar una oscilación

completa depende en parte de la longitud del péndulo; la frecuencia de vibración de la cuerda de un instrumento musical está determinada en parte por la longitud de la cuerda. En general, cuanto más corto es el objeto, mayor es la frecuencia de vibración.

En todas las clases de movimiento ondulatorio, la frecuencia de la onda suele darse indicando el número de crestas de onda que pasan por un punto determinado cada segundo. La velocidad de la onda (v) y su frecuencia (f) y longitud de onda (λ) están relacionadas entre sí. La longitud de onda (la distancia entre dos crestas consecutivas) es inversamente proporcional a la frecuencia y directamente proporcional a la velocidad.

$$v = \lambda f$$

En una onda transversal, la longitud de onda es la distancia entre dos crestas o valles sucesivos. En una onda longitudinal, corresponde a la distancia entre dos compresiones o entre dos enrarecimientos sucesivos.

En el caso de una onda mecánica, su amplitud es el máximo desplazamiento de las partículas que vibran. En una onda electromagnética, su amplitud es la intensidad máxima del campo eléctrico o del campo magnético.

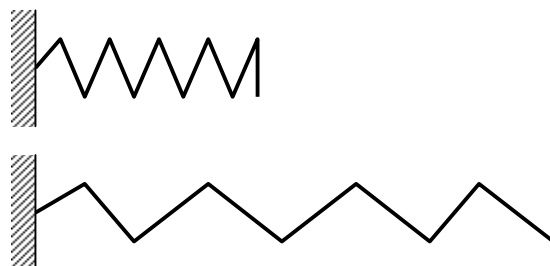
La frecuencia se expresa en hercios (Hz); una frecuencia de 1 Hz significa que existe 1 ciclo u oscilación por segundo. Las unidades como kilohercios (kHz) (miles de ciclos por segundo), megahercios (MHz) (millones de ciclos por segundo) y gigahercios (GHz) (miles de millones de ciclos por segundo) se usan para describir fenómenos de alta frecuencia como las ondas de radio. Estas ondas y otros tipos de radiación electromagnética pueden caracterizarse por sus longitudes de onda o por sus frecuencias.

Frecuencia natural

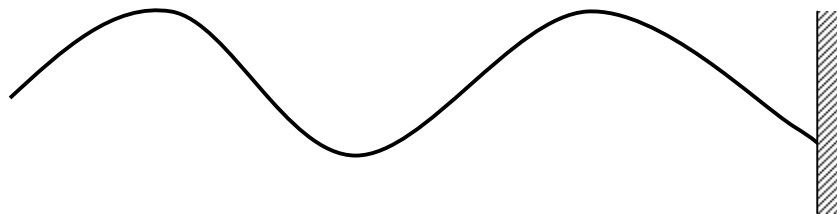
Cualquier objeto oscilante tiene una frecuencia natural, que es la frecuencia con la que tiende a vibrar si no se le perturba. Por ejemplo, la frecuencia natural de un péndulo de 1 m de longitud es de 0,5 Hz, lo que significa que el péndulo va y vuelve una vez cada 2 segundos. Si se le da un ligero impulso al péndulo cada 2 segundos, la amplitud de la oscilación aumenta gradualmente hasta hacerse muy grande. El fenómeno por el que una fuerza relativamente pequeña aplicada de forma repetida hace que la amplitud de un sistema oscilante se haga muy grande se denomina resonancia. Muchos problemas graves de vibración en ingeniería son debidos a la resonancia. Por ejemplo, si la frecuencia natural de la carrocería de un automóvil es la misma que el ritmo del motor cuando gira a una velocidad determinada, la carrocería puede empezar a vibrar o a dar fuertes sacudidas. Esta vibración puede evitarse al montar el motor sobre un material amortiguador, por ejemplo hule o goma, para aislarlo de la carrocería.

Tipos de ondas

Las ondas se clasifican según la dirección de los desplazamientos de las partículas en relación a la dirección del movimiento de la propia onda. Si la vibración es paralela a la dirección de propagación de la onda, la onda se denomina longitudinal. Una onda longitudinal siempre es mecánica y se debe a las sucesivas compresiones (estados de máxima densidad y presión) y enrarecimientos (estados de mínima densidad y presión) del medio. Las ondas sonoras son un ejemplo típico de esta forma de movimiento ondulatorio.

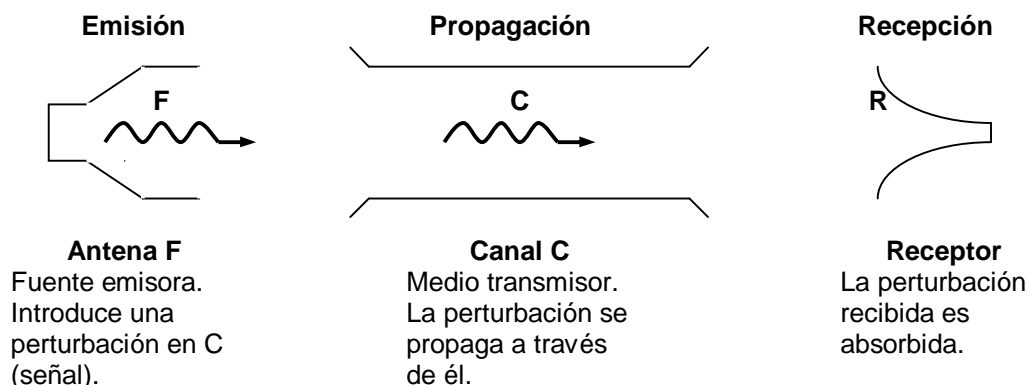


Otro tipo de onda es la onda transversal, en la que las vibraciones son perpendiculares a la dirección de propagación de la onda. Las ondas transversales pueden ser mecánicas, como las ondas que se propagan a lo largo de una cuerda tensa cuando se produce una perturbación en uno de sus extremos, o electromagnéticas, como la luz, los rayos X o las ondas de radio. En esos casos, las direcciones de los campos eléctrico y magnético son perpendiculares a la dirección de propagación. Algunos movimientos ondulatorios mecánicos, como las olas superficiales de los líquidos, son combinaciones de movimientos longitudinales y transversales, con lo que las partículas de líquido se mueven de forma circular.



Ondas Unidimensionales

Cuando una perturbación, en el estado físico de un sistema en un punto, se propaga conservando la forma de la perturbación, entonces, el proceso de propagación se llama onda. Si la forma de la perturbación se modifica a lo largo de la propagación, el proceso se llama difusión.

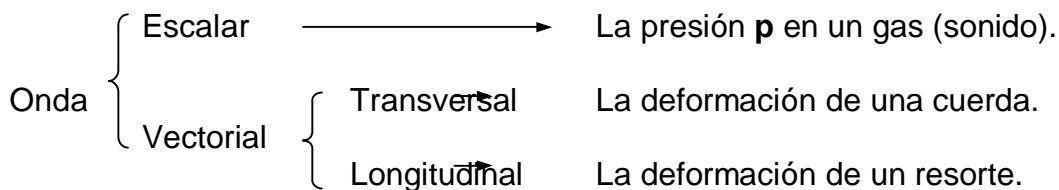


Los elementos básicos de la propagación ondulatoria son:

Se emite la perturbación en el estado del canal, se propaga transportando energía en forma de información. No se propaga materia.

Representación de ondas

La perturbación puede representarse por una variable escalar (onda escalar) o vectorial (onda vectorial).



Modelo matemático de una onda unidimensional

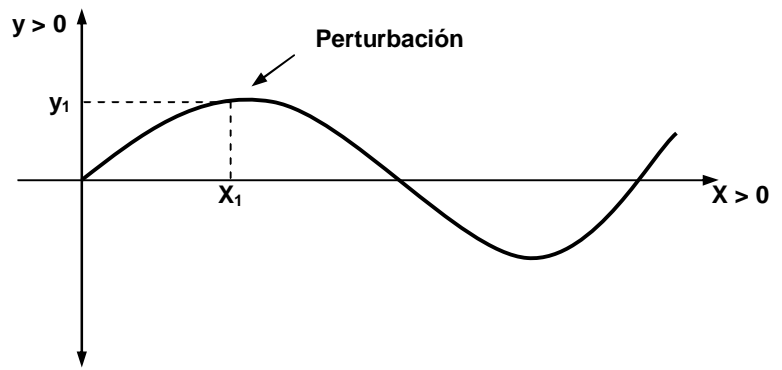
Describe la propagación a través del canal, es decir, el valor de la perturbación en cada punto p del

canal y en cada instante. El estado del canal estará dado por una función onda.

1) Perturbación en x_1 y en $t \Rightarrow p(x; t) = \Psi(x; t)$, $\Psi(x; t)$ es la función de onda.

La gráfica muestra la representación en el instante t_0 (foto).

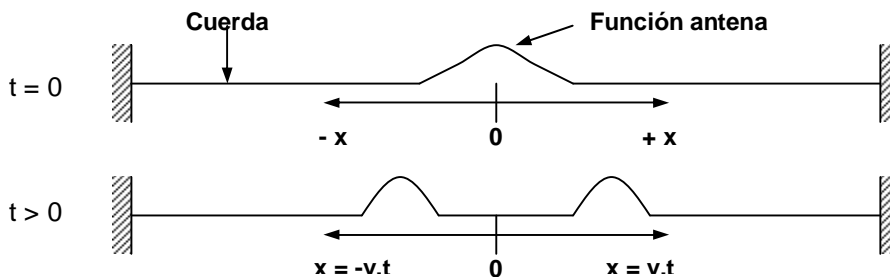
La función fuente o función antena, corresponde a la fuente o antena emisora, que es un dispositivo que introduce una perturbación en un punto de un canal, por ej. En x_0 . La perturbación en ese punto será una función controlada por una antena (función antena).



2) Perturbación en $x = 0$ y en función de t : $p(t) = f(t)$

se demuestra que, si $f(t)$ es la función antena, entonces, la función de onda es $f(t \pm x/v)$ para la onda que se propaga con velocidad v por los x .

$$p(x; t) = \Psi(x; t) = f(t - x/v) + f(t + x/v)$$



Comportamiento de las ondas

La velocidad de una onda en la materia depende de la elasticidad y densidad del medio. En una onda transversal a lo largo de una cuerda tensa, por ejemplo, la velocidad depende de la tensión de la cuerda y de su densidad lineal o masa por unidad de longitud. La velocidad puede duplicarse cuadruplicando la tensión, o reducirse a la mitad cuadruplicando la densidad lineal. La velocidad de las ondas electromagnéticas en el vacío (entre ellas la luz) es constante y su valor es de aproximadamente 300.000 km/s. Al atravesar un medio material esta velocidad varía sin superar nunca su valor en el vacío.

Cuando dos ondas se encuentran en un punto, el desplazamiento resultante en ese punto es la suma de los desplazamientos individuales producidos por cada una de las ondas. Si los desplazamientos van en el mismo sentido, ambas ondas se refuerzan; si van en sentido opuesto, se debilitan mutuamente. Este fenómeno se conoce como interferencia.

Cuando dos ondas de igual amplitud, longitud de onda y velocidad avanzan en sentido opuesto a través de un medio se forman ondas estacionarias. Por ejemplo, si se ata a una pared el extremo de una cuerda y se agita el otro extremo hacia arriba y hacia abajo, las ondas se reflejan en la pared y vuelven en sentido inverso. Si suponemos que la reflexión es perfectamente eficiente, la onda reflejada estará media longitud de onda retrasada con respecto a la onda inicial. Se producirá interferencia entre ambas ondas y el desplazamiento resultante en cualquier punto y momento será la suma de los desplazamientos correspondientes a la onda incidente y la onda reflejada. En los

puntos en los que una cresta de la onda incidente coincide con un valle de la reflejada, no existe movimiento; estos puntos se denominan nodos. A mitad de camino entre dos nodos, las dos ondas están en fase, es decir, las crestas coinciden con crestas y los valles con valles; en esos puntos, la amplitud de la onda resultante es dos veces mayor que la de la onda incidente; por tanto, la cuerda queda dividida por los nodos en secciones de una longitud de onda. Entre los nodos (que no avanzan a través de la cuerda), la cuerda vibra transversalmente.

Las ondas estacionarias aparecen también en las cuerdas de los instrumentos musicales. Por ejemplo, una cuerda de violín vibra como un todo (con nodos en los extremos), por mitades (con un nodo adicional en el centro), por tercios. Todas estas vibraciones se producen de forma simultánea; la vibración de la cuerda como un todo produce el tono fundamental y las restantes vibraciones generan los diferentes armónicos.

En mecánica cuántica, la estructura del átomo se explica por analogía con un sistema de ondas estacionarias. Gran parte de los avances de la física moderna se basan en elaboraciones de la teoría de las ondas y el movimiento ondulatorio.

www.fisicanet.com

www.fisicaweb.com

fisicanet@interlap.com.ar