

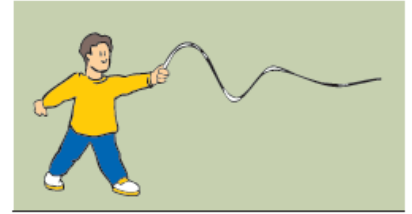


CURSO DE FÍSICA 1º BACHILLERATO

NOCIONES DE ONDAS

INTRODUCCIÓN

Cuando una pelota de fútbol se mueve desde un punto a otro de la cancha, **su energía se traslada con ella**. La pelota es capaz de desarrollar trabajo cuando llega a su destino; cabeza de un compañero, palo del arco o en el mejor de los casos la red.



La deformación realizada viaja a través de la cuerda, pero la cuerda no se desplaza.

¿Existe una forma diferente de transportar energía? La respuesta es sí.

Si agitamos el extremo de una cuerda, la deformación que generamos viaja a través de ella, pero la cuerda no se desplaza.

Si tiramos una piedra en un lago con agua tranquila, podemos ver círculos concéntricos que aumentan su radio con el tiempo. Una hoja que flota, al ser alcanzada por un "círculo", solo se mueve verticalmente para arriba y abajo, permaneciendo luego en el mismo lugar. No se traslada junto con los círculos concéntricos.



Un objeto que flota en el lago, al ser alcanzado por un "círculo", perturbación, sólo se mueve verticalmente para arriba y abajo, permaneciendo luego en el mismo lugar.

Las olas, los sonidos, los temblores sísmicos causados por un terremoto son ejemplos de **fenómenos ondulatorios**.

Las ondas se generan cuando se perturba (cambia) el estado de equilibrio de un sistema, y tal perturbación viaja o se propaga de una región del sistema a otra. **Al propagarse una onda, transporta energía.**

Onda es toda forma de transferir energía de un lugar a otro del espacio sin desplazar materia.

Las **ondas mecánicas** son aquellas que viajan por un material llamado medio, **se mueven por un medio elástico** (que luego de deformarse vuelve a su forma original).

Las **ondas electromagnéticas** (que incluyen la luz, las ondas de radio, las radiaciones infrarroja y ultravioleta y los rayos X) se pueden propagar incluso en el espacio vacío, donde no hay un medio. Es decir, **no precisan de un medio para propagarse**.



"Hacer la ola" en un estadio deportivo es un ejemplo de onda mecánica: la perturbación se propaga en la multitud, pero no transporta materia (ninguno de los espectadores se mueve de un asiento a otro).

El criterio que utilizaremos para realizar esta clasificación es tomando en cuenta en cuántas direcciones se propaga la onda. Si se propagan **en una sola dirección se denominan unidimensionales**.

Ejemplos de estas son las ondas en una cuerda, cables, alambres. La única dirección de propagación es la dirección que tiene dicho medio.

En cambio si la onda se propaga en un plano, es decir **en dos dimensiones**, se les denomina **bidimensionales**.

Ejemplo de estas son las ondas en la superficie del agua, en una chapa, en una lonja de algún instrumento de percusión, etc. Por último **si la onda se propaga en todas direcciones se les denomina tridimensionales**. Ejemplos de estas son las ondas sonoras en el aire, ondas de radio y T.V., microondas, etc.

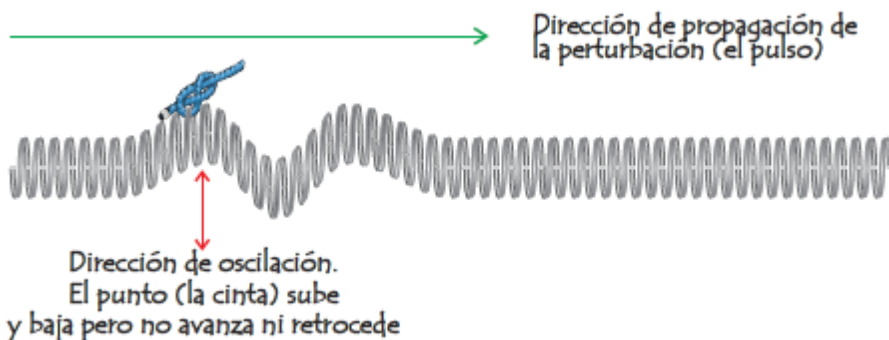
Considerando en cuántas direcciones se propagan las ondas, pueden ser: unidimensionales, bidimensionales o tridimensionales; si se propagan en una, en dos o en tres dimensiones respectivamente.

El siguiente criterio de clasificación está basado **en la dirección del movimiento** de los puntos del medio con respecto a la dirección de la velocidad de propagación de la onda.

Ondas Transversales.

En el dibujo de la figura se muestra un resorte largo (este será el medio en el que se propague una onda), con una cintita atada a una de sus espiras. Con ello estamos marcando un punto del medio para analizar las características de su movimiento cuando se propaga una onda por dicho medio.

Si tomamos el extremo del resorte y lo agitamos hacia arriba y abajo, (o sea producimos una perturbación), cada punto (y la cintita también) oscilará en esa misma dirección, mientras que el pulso (la perturbación) se propaga a lo largo del resorte. Decimos que en él se propaga una **onda transversal**, en la que cada punto oscila en forma perpendicular a la dirección de propagación de la perturbación. Las ondas en una cuerda y en la superficie del agua son ejemplos de ondas transversales.

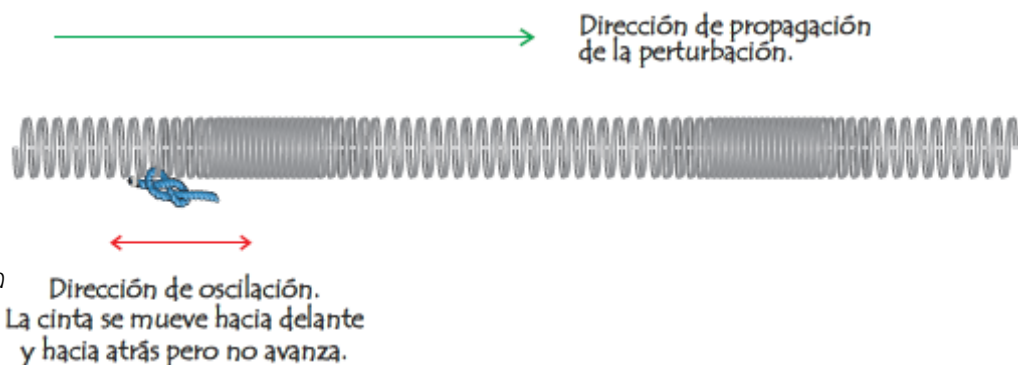


Una onda es transversal, cuando cada punto del medio oscila en una dirección perpendicular con respecto a la dirección de propagación de la perturbación.

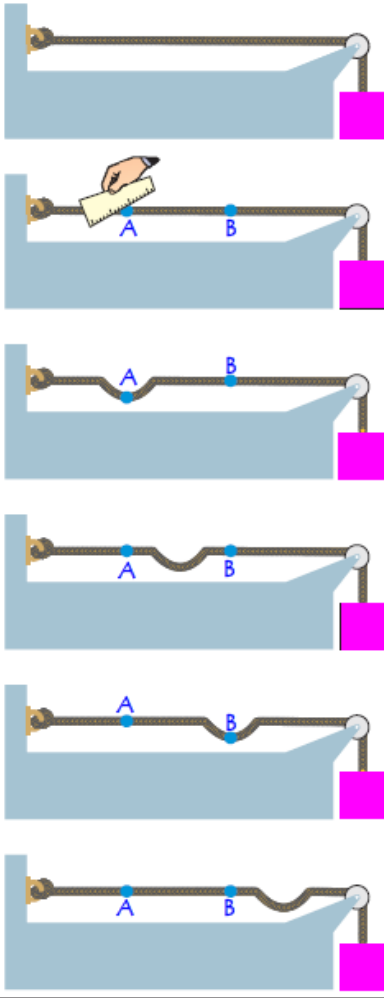
Ondas longitudinales.

Si tomamos el extremo del resorte y lo agitamos hacia adelante y atrás, cada punto del resorte oscilará también hacia adelante y atrás, mientras que la perturbación se propaga hacia adelante.

En este caso viaja por el resorte una **onda longitudinal**, en la que cada punto oscila en la misma dirección de propagación de la perturbación. El sonido es un ejemplo de ondas longitudinales.



PULSOS



Al golpear el punto "A" verticalmente hacia abajo la cuerda se deforma. Hemos generado una perturbación denominada pulso que se propaga por la cuerda. Al transcurrir el tiempo la perturbación que se generó en el punto "A", se va repitiendo en todos los puntos de la cuerda a medida que son alcanzados por el pulso, pero la cuerda no se desplaza.

Imagina que tenemos una cuerda larga atada firmemente a la pared en uno de sus extremos y una pesa colgando del otro extremo, pasando por una polea. La cuerda tensa se encuentra en equilibrio en la forma que muestra la figura.

En determinado momento golpeamos con una regla el punto "A" verticalmente hacia abajo. En las cercanías de "A" la cuerda se deforma. A medida que pasa el tiempo esa deformación viaja por la cuerda, pero la cuerda no se desplaza. Hemos generado una perturbación denominada **pulso** que se propaga por la cuerda.

Si observamos la secuencia de imágenes vemos que los puntos de la cuerda tienen un movimiento vertical, mientras que el pulso se propaga horizontalmente (onda transversal).

En la 5ª figura observamos que el punto "B" repite el mismo movimiento que el punto "A" un tiempo después. Dicho con otras palabras, el suceso (la perturbación) que se generó en el punto "A", se va repitiendo en todos los puntos de la cuerda a medida que son alcanzados por el pulso.

Cuando golpeamos con la regla en el punto "A" realizamos sobre el un trabajo, por lo tanto, **le cedemos cierta cantidad de energía**. Esa energía se va desplazando por la cuerda. El punto "A" se la transfiere a su punto contiguo y así sucesivamente. De esta manera estamos frente a la situación de desplazar energía sin que exista transporte de materia, es decir **un pulso de onda**.

Velocidad de un pulso en una cuerda:

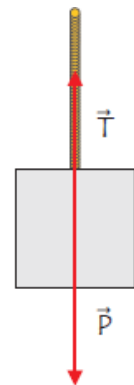
La velocidad con que viaja un pulso en una cuerda no depende de como se generó ni de la forma que tiene, **depende exclusivamente de las características del medio**. En este caso, depende del módulo de la **fuerza tensión** en la cuerda "T" y la **densidad lineal de masa** de la misma "μ". Si la cuerda es homogénea "μ" se define como el cociente entre la masa de la cuerda "m_c" y su longitud "L_c".

$$\mu = \frac{m_c}{L_c} \quad \text{Su unidad en el sistema internacional es } \frac{\text{kg}}{\text{m}}.$$

Si la cuerda es mantenida tensa por una pesa y se encuentra en equilibrio, la tensión tendrá el mismo valor que el peso de la pesa. Recuerda que $|\vec{P}| = m \cdot |\vec{g}|$, $|\vec{g}| = 9,8 \text{ m/s}^2$

La velocidad de propagación **es mayor si la cuerda esta mas tensa y es menor si la cuerda es de mayor densidad lineal de masa**. La relación entre estas variables no es directamente proporcional. Se verifica que

$$|\vec{V}_p| = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad \text{y su unidad es } \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



El Peso y la Tensión tienen el mismo módulo si la masa está en equilibrio.

ONDAS PERIÓDICAS EN UNA DIMENSIÓN

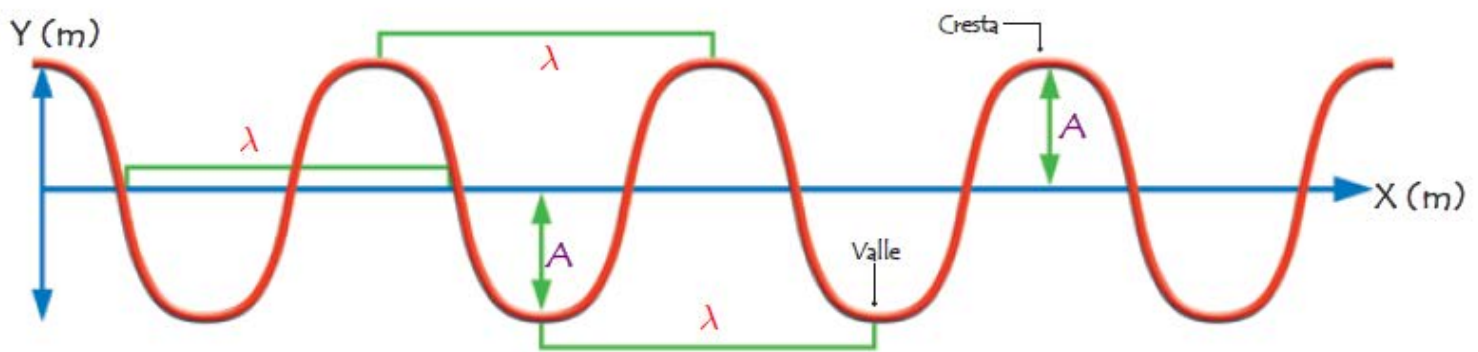
Cuando se deja caer una piedra en un estanque o cuando se agita brevemente una cuerda por un extremo, un solo **pulso ondulatorio** viaja a partir de la perturbación. También se presentan de forma continua y regular, se dicen entonces que son **ondas periódicas**.

Se cumplirá el **principio de linealidad**: cuando dos más ondas pasan por un mismo punto simultáneamente, la onda resultante es igual a la suma de todas las ondas individuales, y después de haber pasado, cada onda sigue su camino como si nada hubiera pasado. Este comportamiento lineal se denomina **principio de superposición**.

Se denomina **Onda periódica** al conjunto de pulsos que son emitidos a intervalos iguales de tiempo. Es decir, **en cada período se provoca una perturbación idéntica a la anterior**.

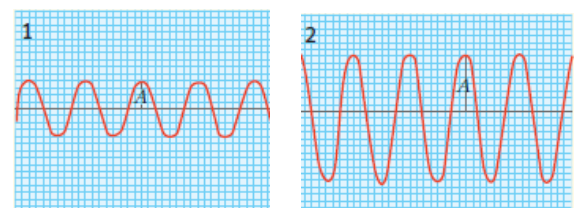
Elementos espaciales de una onda:

Los elementos espaciales de una onda corresponden a aquellos que expresan la distancia entre dos puntos determinados de una onda. Por esta razón son medidos en metros (m). Son elementos espaciales de una onda, **la amplitud (A) y la longitud de onda (λ)**. En el siguiente esquema, se representa gráficamente cada uno de ellos.



Amplitud (A):

Corresponde al desplazamiento máximo que experimentan las partículas de un medio cuando oscilan en torno a una posición de equilibrio. Gráficamente, **la amplitud corresponde a la distancia entre el eje horizontal (posición de equilibrio) y una cresta o valle de la onda**. Además, la amplitud es un indicador de cuánta energía es transportada por una onda. Es importante mencionar que la frecuencia también entrega información acerca de la energía que transporta una onda, por lo que, al momento de comparar dos ondas, debemos considerar sus amplitudes y frecuencias.



La amplitud de la onda 1 es mayor que la amplitud de la onda 2

Longitud de onda (λ):

Es la distancia entre dos puntos consecutivos de una onda que se comportan de igual forma o tienen la misma fase (es cuando están a la misma distancia de la posición de equilibrio y a la misma velocidad). De esta manera, se puede considerar que la longitud de onda corresponde a la distancia entre dos valles o dos crestas consecutivas.

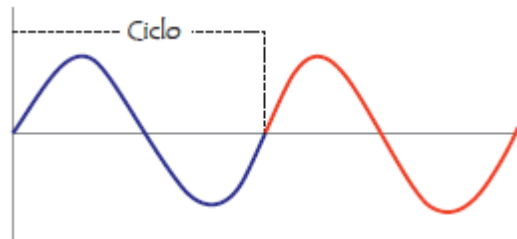
En una onda periódica, la longitud de onda corresponde a una distancia que se mantiene siempre constante. La longitud de onda se designa con la letra griega λ (lambda). En el Sistema Internacional de unidades (SI), la longitud de onda es medida en metros (m).

Elementos temporales de una onda:

A partir de la representación gráfica de una onda, también es posible deducir magnitudes relacionadas con el tiempo. Estas son el **período (T)**, la **frecuencia (f)** y la **velocidad de propagación de la onda (v)**. A continuación, se explica en detalle cada una.

El Período (T):

El período corresponde al tiempo que transcurre **entre dos pulsos consecutivos o al tiempo que tarda en producirse un ciclo completo** (observa la imagen de la derecha). En un movimiento de vaivén, como el de un péndulo, el período corresponde al tiempo en que tarda este en realizar una oscilación completa, es decir, en ir y volver. El período se mide en segundos (s).



La frecuencia (f):

La frecuencia representa el número de ciclos que se producen en una onda por unidad de tiempo.

$$f = \frac{\text{N}^\circ \text{ de oscilaciones (ciclos)}}{\text{tiempo } (\Delta t)}$$
 En el sistema internacional la unidad es Hertz (Hz)

La Frecuencia es la cantidad de oscilaciones completas (ciclos) que cada punto del medio realiza por unidad de tiempo.

La frecuencia y el período son magnitudes que están muy relacionadas, dado que, si una aumenta, la otra disminuye, y viceversa. Es por esta razón que **son inversamente proporcionales**. Así, su relación se modela de la siguiente manera: $T = \frac{1}{f}$ $f = \frac{1}{T}$

Velocidad de propagación de una onda (v):

La velocidad es un concepto que indica la división de la variación entre la distancia recorrida (Δx) y el tiempo empleado en hacerlo (Δt). En el caso de una onda, si se considera un ciclo, la distancia recorrida es su longitud de onda (λ), mientras que el tiempo que tarda en hacerlo es el período (T). La velocidad de propagación de una onda se expresa de la siguiente manera: $v = \frac{\lambda}{T}$

Como λ se mide en metros (m) y T en segundos (s), la velocidad de la onda se mide en $\frac{m}{s}$. Si consideramos que la frecuencia es $f = \frac{1}{T}$, entonces la expresión anterior se puede escribir de la siguiente forma: $v = \lambda \cdot f$

Al igual que para los pulsos, la velocidad de propagación de una onda **no depende del mecanismo que origine la onda, ni de su amplitud, ni de la frecuencia, ni tampoco de la longitud de onda**. Es una característica propia del medio por donde viaja. Esta es una propiedad muy importante de todos los fenómenos ondulatorios. En este caso, depende únicamente de propiedades de la cuerda.

La velocidad de propagación de las ondas por una cuerda es independiente de la frecuencia y la longitud de onda. Es una característica propia del medio por donde viaja.