

Ondas en medios materiales

D. Sierra-Porta

Índice

1. Resumen	1
2. Ondas: definición y elementos.	2
2.1. ¿Qué es una onda?	2
2.2. Interacción de partícula a partícula	2
2.3. Una onda transporta energía y no materia	3
3. Tipos de ondas mecánicas	3
4. La función de onda	4
5. Propiedades de la función de onda	4

1. Resumen

Las ondas están en todas partes. Lo reconozcamos o no, nos encontramos con ondas diariamente. Ondas de sonido, ondas de luz visible, ondas de radio, microondas, ondas de agua, ondas sinusoidales, ondas de coseno, ondas de estadio, ondas de terremoto, ondas en una cuerda, y son solo algunos ejemplos de nuestros encuentros diarios con ondas. Además de las ondas, hay una variedad de fenómenos en nuestro mundo físico que se parecen tanto a las ondas que podemos describir tales fenómenos como ondas. El movimiento de un péndulo, el movimiento de una masa suspendida por un resorte, el movimiento de un niño en un columpio. Las ondas (y los fenómenos ondulantes) están en todas partes.

Estudiamos la física de las ondas porque proporciona una visión rica del mundo físico que buscamos entender y describir como estudiantes de física. Antes de comenzar una discusión formal sobre la naturaleza de las ondas, a menudo es útil reflexionar sobre los diversos encuentros y exposiciones que tenemos de las ondas. ¿Dónde vemos ondas o ejemplos de movimiento ondulatorio? ¿Qué experiencias ya tenemos que nos ayudarán a comprender la física de las ondas?

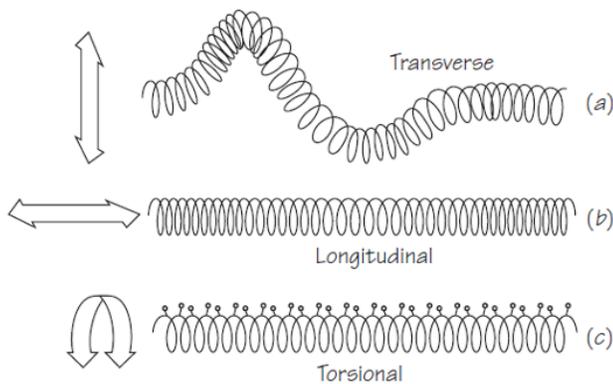


Para muchas personas, el primer pensamiento sobre las ondas evoca una imagen de una ola que se mueve a través de la superficie de un océano, lago, estanque u otro cuerpo de agua. Las ondas son creadas por algún tipo de perturbación, como una roca arrojada al agua, un pato sacudiendo su cola en el agua o un bote moviéndose a través del agua. La onda de agua tiene una cresta y una depresión y viaja de un lugar a otro. Una cresta a menudo es seguida por una segunda cresta que a menudo es seguida por una tercera cresta. Cada cresta está separada por un canal para crear un patrón alterno de crestas y canales. Se observa que un pato o una gaviota en reposo en la superficie del agua sube y baja a intervalos de tiempo bastante regulares a medida que pasa la ola. Las ondas pueden parecer ondas planas que viajan juntas como un frente en una línea recta, tal vez hacia una costa arenosa. O las ondas pueden ser ondas circulares que se originan desde el punto donde ocurren las perturbaciones; tales ondas circulares viajan a través de la superficie del agua en todas las direcciones. Estas imágenes mentales de las ondas de agua son útiles para comprender la naturaleza de una ola y serán revisadas más adelante cuando comencemos nuestra discusión formal sobre el tema.



La idea de las ondas a menudo recuerda un encuentro reciente en el estadio de béisbol o fútbol cuando la multitud se entregó con entusiasmo a hacer la ola. Cuando se realiza con un tiempo razonablemente bueno, se produce una ondulación notable que recorre el estadio circular o de ida y vuelta a través de una sección de gradas. La onda observable se produce cuando un grupo de entusiastas fanáticos se levantan de sus asientos, levantan los brazos y luego se sientan de nuevo. Comenzando en la Sección 1, la primera fila de fanáticos se levanta abruptamente para comenzar la ola; Cuando se sientan de nuevo, la fila 2 comienza su movi-

miento; Cuando la fila 2 vuelve a sentarse, la fila 3 comienza su movimiento. El proceso continúa, ya que cada fila consecutiva se ve involucrada por un momento de pie y sentado de nuevo. La ola se pasa de fila en fila a medida que cada miembro individual de la fila se desplaza temporalmente de su asiento, solo para regresar a ella a medida que la ola pasa. Esta imagen mental de una ola de estadio también proporcionará un contexto útil para la discusión de la física del movimiento de las ondas.



Otra imagen de ondas implica el movimiento de un conjunto de resortes. Si un resorte se estira de extremo a extremo, se puede introducir una onda en el resorte haciendo vibrar la primera espira hacia arriba y hacia abajo verticalmente o hacia adelante y hacia atrás horizontalmente. Posteriormente se verá una onda viajando desde un extremo del resorte hasta el otro. A medida que la onda se mueve a lo largo del resorte, se ve que cada espira individual se mueve desde su lugar de estabilidad y luego regresa a su posición original. Los resortes siempre se mueven en la misma dirección en que se hizo vibrar la primera espira. Una vibración continua de la primera espira da como resultado un movimiento continuo de ida y vuelta de las otras espiras. Si se mira de cerca, uno nota que la onda no se detiene cuando llega al final del resorte; más bien parece rebotar desde el final y regresar desde donde comenzó. Un resorte proporciona una excelente imagen mental de una onda y se utilizará en debates y demostraciones a lo largo de esta unidad.

Las ondas transportan energía e impulso a través del espacio sin transportar materia. A medida que una onda de agua se mueve a través de un estanque, por ejemplo, las moléculas de agua oscilan hacia arriba y hacia abajo, pero no cruzan el estanque con la onda. La energía y el impulso son transportados por la onda, pero la materia no. Un bote de remos se moverá hacia arriba y hacia abajo sobre las ondas, pero no será movido por ellos a través del estanque. Las ondas de agua, las ondas en una cuerda de guitarra estirada y las ondas de sonido implican oscilación.

2. Ondas: definición y elementos.

2.1. ¿Qué es una onda?

Las ondas están en todas partes. Pero, ¿qué hace que una onda sea una onda? ¿Qué características, propiedades o comportamientos comparten los fenómenos que caracterizamos típicamente como una onda? ¿Cómo se pueden describir las ondas de una manera que nos permita comprender su naturaleza y cualidades básicas?

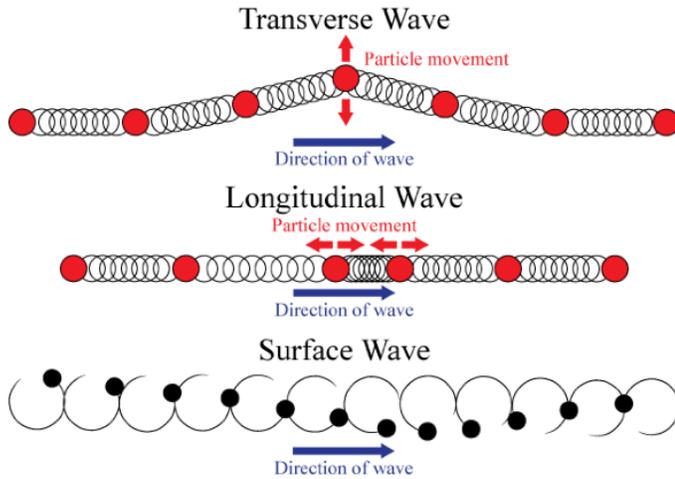
Una onda se puede describir como **una perturbación que viaja a través de un medio de un lugar a otro**. Pero, ¿qué se entiende por la palabra medio? Un medio es una sustancia o material que transporta la onda. Quizás hayas oído hablar de la frase medios de comunicación. Los medios de comunicación se refieren a las diversas instituciones (oficinas de periódicos, estaciones de televisión, estaciones de radio, etc.) dentro de nuestra sociedad que llevan las noticias de un lugar a otro. La noticia se mueve a través de los medios. Los medios no hacen las noticias y los medios no son lo mismo que las noticias. Los medios de comunicación son simplemente lo que lleva las noticias desde su origen a varios lugares. De manera similar, un medio de onda es la sustancia que transporta una onda (o perturbación) de un lugar a otro. Así entonces, el medio en el que se mueve la onda, no es la onda y no forma la onda; simplemente transporta la onda desde su origen a otros lugares. En el caso de nuestra onda en el resorte, el medio a través del cual viaja la onda son las espiras del resorte. En el caso de una onda de agua en el océano, el medio a través del cual viaja la onda es el agua del océano. En el caso de una onda de sonido que se mueve desde el coro de la iglesia a las bancas, el medio a través del cual viaja la onda de sonido es el aire en la habitación. Y en el caso de la onda del estadio, el medio a través del cual viaja la onda del estadio son los fanáticos que están en el estadio.

2.2. Interacción de partícula a partícula

Para comprender completamente la naturaleza de una onda, es importante considerar el medio como una colección de partículas que interactúan. En otras palabras, el medio está compuesto de partes que son capaces de interactuar entre sí. Las interacciones de una partícula del medio con la siguiente partícula adyacente permiten que la perturbación viaje a través del medio.

Considera la presencia de una onda en un resorte. La primera espira se altera y comienza a empujar o tirar de la segunda espira; este empuje o tracción en la segunda espira la desplazará de su posición de equilibrio. A medida que la segunda espira se desplaza, comienza a empujar o tirar de la tercera. El empuje o tracción de la tercera espira la desplaza de su posición de equilibrio. Este proceso continúa de manera consecutiva, con cada partícula individual actuando para desplazar a la partícula adyacente. Posteriormente, la perturbación viaja a través del medio. El medio se puede

representar como una serie de partículas conectadas por resortes. A medida que se mueve una partícula, el resorte que la conecta con la siguiente partícula comienza a estirarse y aplica una fuerza a su vecino adyacente. A medida que este vecino comienza a moverse, el resorte que une a este vecino a su vecino comienza a estirarse y aplicar una fuerza sobre su vecino adyacente.



2.3. Una onda transporta energía y no materia

Cuando una onda está presente en un medio (es decir, cuando hay una perturbación que se mueve a través de un medio), las partículas individuales del medio solo se desplazan temporalmente de su posición de reposo. Siempre hay una fuerza que actúa sobre las partículas que las restaura a su posición original. En una onda de un resorte, cada espira finalmente regresa a su posición original. En una onda de agua, cada molécula del agua finalmente regresa a su posición original. Y en una onda de estadio, cada fanático en la grada finalmente regresa a su posición original. Es por esta razón, que se dice que una onda involucra el movimiento de una perturbación sin el movimiento de la materia. Las partículas del medio (moléculas de agua, bobinas resbaladizas, ventiladores de estadio) simplemente vibran alrededor de una posición fija a medida que el patrón de la perturbación se mueve de un lugar a otro.

Se dice que las ondas son un fenómeno de transporte de energía. A medida que una perturbación se mueve a través de un medio de una partícula a su partícula adyacente, la energía se transporta de un extremo al otro del medio. En una onda de un resorte, una persona imparte energía a la primera espira haciendo un trabajo sobre ella. La primera espira recibe una gran cantidad de energía que posteriormente transfiere a la segunda espira. Cuando la primera vuelve a su posición original, posee la misma cantidad de energía que tenía antes de ser desplazada. La primera espira transfirió su energía a la segunda. La segunda espira tiene una gran cantidad de energía que luego se transfiere a la tercera. Cuando la segunda espira vuelve a su posición original, posee la misma cantidad de energía que tenía antes de ser

desplazada. La tercera, por otro lado, ha recibido la energía de la segunda. Este proceso de transferencia de energía continúa a medida que cada bobina interactúa con su vecino. De esta manera, la energía se transporta desde un extremo del resorte al otro, desde su origen a otra ubicación.

Esta característica de una onda como fenómeno de transporte de energía distingue a las ondas de otros tipos de fenómenos. Considere un fenómeno común observado en un juego de softbol: la colisión de un bate con una pelota. Un bateador puede transportar energía a la pelota por medio de un bate. El bateador aplica una fuerza al bate, impartiendo energía al bate en forma de energía cinética. El bate luego lleva esta energía a la pelota y la transporta en caso de colisión. En este ejemplo, se usa un bate para transportar energía del jugador a la pelota. Sin embargo, a diferencia de los fenómenos de ondas, este fenómeno implica el transporte de materia. El bate debe moverse de su ubicación inicial a la ubicación de contacto para transportar energía. En un fenómeno de onda, la energía puede moverse de un lugar a otro, pero las partículas de materia en el medio vuelven a su posición fija. Una onda transporta su energía sin transportar materia.

Se ve que las ondas se mueven a través de un océano o lago; Sin embargo, el agua siempre vuelve a su posición de reposo. La energía se transporta a través del medio, pero las moléculas de agua no se transportan. Prueba de ello es el hecho de que todavía hay agua en medio del océano. El agua no se ha movido desde el medio del océano hasta la orilla. Si tuviéramos que observar una gaviota o un pato descansando en el agua, simplemente se movería hacia arriba y hacia abajo de una manera algo circular a medida que la perturbación se mueve a través del agua. La gaviota o el pato siempre vuelve a su posición original. La gaviota o el pato no se transportan a la orilla porque el agua sobre la que descansa no se transporta a la orilla. En una onda de agua, la energía se transporta sin el transporte de agua.

Lo mismo puede decirse de una onda de estadio. En una onda de estadio, los fanáticos no se levantan de sus asientos y caminan alrededor del estadio. En una onda de estadio, cada persona se levanta y vuelve al asiento original. La perturbación se mueve por el estadio, sin embargo, los fanáticos no son transportados.

En conclusión, *una onda puede describirse como una perturbación que viaja a través de un medio, transportando energía de un lugar (su fuente) a otro lugar sin transportar materia*. Cada partícula individual del medio se desplaza temporalmente y luego vuelve a su posición de equilibrio original.

3. Tipos de ondas mecánicas

Hay tres tipos de ondas mecánicas. Son ondas longitudinales, ondas transversales y ondas superficiales. Discutiremos las propiedades de cada tipo de onda.

Las **ondas longitudinales** son ondas en las cuales las

partículas se mueven en una dirección paralela a la dirección en que se mueve la onda. Un ejemplo es un resorte estirado horizontalmente en el suelo. Envías un pulso sin levantar el resorte y a medida que la energía se desplaza de izquierda a derecha, las espiras individuales se desplazarán de izquierda a derecha. Las ondas sonoras son otro ejemplo de una onda longitudinal.

Las **ondas transversales** son ondas en las cuales las partículas se mueven en una dirección perpendicular a la dirección en que se mueve la onda. Un ejemplo es si tiene el mismo resorte horizontalmente y lo levanta hacia arriba y hacia abajo rápidamente. La dirección de la energía avanzará, pero el resorte creará una onda que sube y baja. Otro ejemplo es la vibración de una cuerda.

Una **onda de superficie** es una onda en la cual las partículas de un medio experimentan un movimiento circular. Un ejemplo de una onda superficial son las ondas en un océano que viajan a lo largo de la superficie.

Las **ondas electromagnéticas** son las creadas por una unión e interacción de campos eléctricos y magnéticos. La luz que ves, los colores a tu alrededor son visibles debido a las ondas electromagnéticas. Una propiedad interesante aquí es que, a diferencia de las ondas mecánicas, las ondas electromagnéticas no necesitan un medio para viajar. Todas las ondas electromagnéticas viajan a través del vacío a la misma velocidad, $299,792,458 \text{ ms}^{-1}$. Los siguientes son los diferentes tipos de ondas electromagnéticas: Microondas, radiografía, ondas de radio, ondas ultravioletas.

Por otro lado, una **onda de materia** es un concepto un poco más complicado de entender. Respecto de la naturaleza dual de la materia, los fundadores del campo de la Física Cuántica sacaron a la luz su capacidad de existir tanto como partícula como onda. Por ejemplo, un haz de electrones puede difractarse como cualquier otro haz de radiación electromagnética u onda de agua. Esta propiedad de la materia fue presentada por la hipótesis de Louis de Broglie.

4. La función de onda

Para describir matemáticamente el movimiento ondulatorio, nos referimos al concepto de una función ondulatoria, que describe la posición de una partícula en el medio en cualquier momento. La función de onda más básica es la onda sinusoidal, que es una onda periódica (es decir, una onda con movimiento repetitivo).

Es importante tener en cuenta que la función de onda no representa la onda física, sino que es un gráfico del desplazamiento sobre la posición de equilibrio. Este puede ser un concepto confuso, pero lo útil es que podemos usar una onda sinusoidal para representar la mayoría de los movimientos periódicos, como moverse en un círculo o balancear un péndulo, que no necesariamente se ve como una onda cuando se ve la onda real. movimiento.

5. Propiedades de la función de onda

El movimiento ondulatorio descrito matemáticamente por su función de onda tiene varias propiedades o características fundamentales que merecen atención. Algunas de estas propiedades según la descripción del movimiento son:

1. **velocidad de onda (v):** la velocidad de propagación de la onda.
2. **Amplitud (A):** es la magnitud máxima del desplazamiento desde el equilibrio, en unidades SI de metros. En general, es la distancia desde el punto medio de equilibrio de la onda hasta su desplazamiento máximo, o es la mitad del desplazamiento total de la onda.
3. **Período (T):** es el tiempo para un ciclo de onda (dos pulsos, o de cresta a cresta o de depresión a depresión), en unidades SI de segundos (aunque puede denominarse "segundos por ciclo").
4. **Frecuencia (f):** el número de ciclos en una unidad de tiempo. La unidad de frecuencia SI es el hertz (Hz) y $1 \text{ Hz} = 1 \text{ ciclo/s} = \text{s}^{-1}$.
5. **Frecuencia angular (ω):** es 2π veces la frecuencia, en unidades SI de radianes por segundo.
6. **Longitud de onda (λ):** se define como la distancia entre dos puntos en las posiciones correspondientes en repeticiones sucesivas de la onda, por ejemplo (de una cresta o valle a la siguiente, en unidades SI de metros).
7. **Número de onda (k):** también llamada constante de propagación, esta cantidad útil se define como 2π dividida por la longitud de onda, por lo que las unidades SI son radianes por metro.
8. **Pulso:** se define como una media longitud de onda, desde el equilibrio hacia atrás.

Algunas ecuaciones útiles para definir las cantidades anteriores son:

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f, \quad (1)$$

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}, \quad (2)$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega}, \quad (3)$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}, \quad (4)$$

$$\omega = vk. \quad (5)$$

Además de esto, existen algunas otros tipos de propiedades que dependen de la manera en la que una onda se mueve. Sin embargo estos temas los definiremos poco a poco explicando cada uno de ellos.



La foto muestra una vista lateral de un lápiz en un vaso de agua. Parece que la parte inferior del lápiz (la parte en el agua) no se alinea con la parte del lápiz sobre el agua. Entonces dependiendo de como las ondas se mueven o del medio en el que se mueven existen otras tres propiedades fundamentales, las cuales pueden resumirse como:

1. **Reflexión:** cuando las ondas rebotan en una superficie ocurren varios fenómenos. En particular, si la superficie es plana, el ángulo en el que la onda golpea la superficie será el mismo que el ángulo en el que la onda abandona la superficie. En otras palabras, el ángulo de entrada es igual al ángulo de salida. Esta es la ley de la reflexión. (Por ejemplo, cuando una bola de billar golpea el costado de una mesa de billar, el ángulo en el que golpea el parachoques es el mismo ángulo en el que rebota contra el parachoques).
2. **Refracción:** las ondas pueden doblarse. Esto sucede cuando una onda ingresa a un nuevo medio y su velocidad cambia. La cantidad de flexión depende del medio que está ingresando.
3. **Difracción:** la curvatura de las ondas alrededor de un objeto. La cantidad de flexión depende del tamaño del obstáculo y del tamaño de las olas. Gran obstáculo, longitud de onda pequeña = baja difracción (flexión). Pe-

queño obstáculo, longitud de onda grande = difracción grande (flexión).

Busca mas información y recursos
sierraporta.github.io

