

Ondas: Construcción y separación de ondas

Guía del estudiante

Actividad 1: Ondas y eslinkis

Antes de empezar, formen grupos de dos. Cada grupo tendrá un eslinki, pero cada estudiante completará su propia guía del estudiante.

Experimento 1:

Empieza con el eslinki en una mesa grande o en el suelo. Haz que una persona lo sujete con una mano en cada extremo, y que lo estire un poco (con cuidado de no estirarlo demasiado). Ahora empieza a mover las manos hacia adelante y hacia atrás al mismo tiempo –moviendo las dos manos en la misma dirección simultáneamente. Empezarás a ver un abultamiento (la mitad de una onda) moviéndose hacia adelante y hacia atrás.

Busca una velocidad que proporcione un gran movimiento del eslinki con poco movimiento de manos. A esa velocidad, cuenta en voz alta cada vez que la mitad del eslinki alcance su punto más bajo (el más próximo a ti): “1,2,3,4, 1,2,3,4, 1,2...” Cuenta un número cada vez que llegue a la parte más baja. Intenta recordar la rapidez de este ritmo (aunque no tienes que medirlo con un reloj, a no ser que quieras).

Ahora que el otro miembro del grupo haga lo mismo.

Procura que el centro del eslinki se mueva hacia arriba y hacia abajo máximo lo posible y que tus manos se muevan lo mínimo posible.

Experimento 2:

Ahora mueve las manos en la dirección contraria, es decir, mueve la mano derecha hacia adelante y la izquierda hacia atrás, y viceversa. Intenta moverlas al mismo ritmo (frecuencia) que en el primer experimento. Ahora debes ver una figura de S en el eslinki, cuando una mano está en el punto más alto y otra en el más bajo (esto es también media onda). Esta vez, cuenta en voz alta cada vez que la mano derecha llegue al punto más bajo: “1,2,3,4, 1,2,3,4, 1,2...”

Una vez más, haz que el otro miembro del grupo intente el mismo proceso.

Aquí es cuando los extremos del eslinki se mueven más hacia arriba y hacia abajo.

1) ¿Qué parte del eslinki se mueve menos hacia arriba y hacia abajo?

Experimento 3:

Esta vez intenta hacer una onda entera. Puede ser complicado, dependiendo de la longitud y flexibilidad del eslinki. Prueba con distintos movimientos y velocidades. Inténtalo manteniendo una mano quieta y moviendo la otra. La idea es que aparezcan dos abultamientos en el eslinki; mientras uno de ellos está arriba, el otro está abajo, y los dos juntos forman la onda completa.

Cuando lo tengas, cuenta el ritmo de la mano que se mueva más, cada vez que alcance es punto más bajo (más próximo a ti): “1,2,3,4, 1,2,3,4, 1,2...”

Haz que el otro miembro del grupo lo intente también.

2) ¿Es este ritmo (frecuencia) más rápido o más lento que en los dos primeros experimentos?

Las partes del eslinki que menos se mueven hacia arriba y hacia abajo se llaman nodos. Las partes que se mueven más hacia arriba y más hacia abajo se llaman antinodos.

Marca dónde están los nodos y antinodos en el dibujo del eslinki.

Experimento 4:

Esta vez, los dos miembros del grupo trabajan juntos con un eslinki. Cada persona sujeta un extremo del eslinki y lo estira sobre una mesa o en el suelo (con cuidado, ¡no estires demasiado!). Estira hasta un metro, si puedes, pero si el eslinki no es lo bastante largo, estira sólo hasta que se pueda.

¡Recuerda, no estires demasiado! Uno de los estudiantes deberá sujetar un extremo del eslinki, mientras que el otro estudiante mueve el otro extremo lentamente hacia adelante y hacia atrás. Empiecen despacio y vayan aumentando el ritmo al que lo van moviendo. Fíjate en cómo afecta la rapidez al comportamiento del eslinki y en los distintos tipos de ondas que se forman.

Cambien de posición.

****Si necesitas más sitio para este experimento, hazlo en el suelo****

Ahora tú y tu compañero de laboratorio van a crear pulsaciones de igual tamaño y al mismo tiempo desde extremos opuestos del eslinki. Quizá requieran algo de práctica para sincronizarse. Intenta enviar las pulsaciones en el mismo lado del eslinki y después en lados distintos del eslinki. Presta atención a lo que sucede cuando las pulsaciones se superponen.

3) Describe lo que ves:

-Hay dos tipos de ondas: transversales y longitudinales. Lo que hemos observado hasta ahora han sido ondas transversales. Las ondas electromagnéticas (luz) son ondas transversales. En el experimento siguiente vamos a ver ondas longitudinales...

Experimento 5:

Volvamos a que cada persona sujete el eslinki por separado... Primero, sujeta el eslinki estirado encima de una mesa. Después, empieza a mover las manos acercándolas y separándolas, como si estuvieras aplaudiendo.

Fíjate en el movimiento del eslinki.

4) ¿Qué pasa en la mitad del eslinki?

Ahora mueve las dos manos en la misma dirección; las dos hacia la derecha, luego hacia la izquierda, y de nuevo hacia la derecha, y así una y otra vez. Fíjate dónde se juntan y se separan los anillos (si no puedes ver bien lo que sucede, puedes colocar un pedazo de cinta en uno de los anillos centrales).

5) Describe lo que observes en los extremos del eslinki:

Resumen:

Los puntos donde los anillos se juntan pueden considerarse áreas de *alta presión* y donde se separan de *baja presión*.

Las ondas sonoras son ondas longitudinales como éstas pero, en lugar de propagarse en un eslinki, se propagan en el aire. Funcionan comprimiendo aire en áreas de alta presión y áreas de baja presión. A veces se las llama ondas de presión. El sonido tiene que tener un medio en el que propagarse, como el aire. Como en el espacio no hay aire, tampoco hay sonido.

Los tipos de onda que hemos observado en los primeros cuatro experimentos eran ondas transversales. Muchas ondas transversales se propagan también a través de un medio (como el agua). Toda onda que necesita un medio para viajar se llama onda mecánica. Los únicos tipos de ondas que no necesitan un medio son las ondas electromagnéticas (luz). Pueden viajar por el vacío del espacio.

En general, las ondas longitudinales y transversales, así como las mecánicas y las electromagnéticas son muy similares. Todas ellas transfieren energía y pueden representarse en diagramas y analizarse de manera semejante.

Repaso:

6) Dibuja una onda transversal. Indica la longitud de onda, la cresta, el cuerpo y la amplitud. Muestra también dónde estarían el nodo y el antinodo:

7) Si quieres aumentar la longitud de onda de las ondas de un eslinki, ¿deberás sacudirlo con una frecuencia mayor o una menor?

8) ¿Cuál es la relación general entre longitud de onda y frecuencia?

9) ¿Cuál es la diferencia entre una onda mecánica y una onda electromagnética?

****Espera a tu maestro antes de pasar a la sección siguiente****

Sumando ondas: superposición

¿Qué crees que sucede cuando dos ondas se encuentran en el mismo medio? Acuérdate de lo que pasaba cuando tú y tu compañero enviaban pulsaciones por el eslinki al mismo tiempo. Normalmente, el resultado es muy simple: las ondas se combinan y crean una forma de onda compleja. Esta propiedad de las ondas se llama *superposición*. Por ejemplo:

Estas dos ondas se combinan para formar...

esta forma de onda

Y si añadimos otra onda al conjunto, para que haya tres...

obtenemos esta forma de onda de aspecto montañoso

Tres ondas muy simples pueden producir una imagen complicada al combinarse.

Separación de ondas complejas: la transformada de Fourier

Los astrónomos y otros científicos a menudo observan en la naturaleza formas de onda como las anteriores. Muchas de las formas de onda que hallan son extraordinariamente complejas, compuestas de varias ondas distintas combinadas, como en este ejemplo. Muchas veces, al científico le interesa separar la forma de onda en sus distintas ondas originales, porque comprender los detalles y el origen de sólo una de las componentes puede significar un gran avance científico.

Afortunadamente, hay un bonito truco matemático mediante el que se puede separar una forma de onda compleja en las ondas individuales que la componen. Se llama la *Transformada de Fourier*. Básicamente, se separa una forma de onda compleja en una ecuación, y se aplica la Transformada de Fourier a esa ecuación, y lo que se obtiene son las distintas ondas, separadas de acuerdo a sus frecuencias.

10) Calcula las distintas frecuencias de onda de la gráfica anterior usando la función Transformada de Fourier que aparece abajo (explica los pasos):

$$X(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-i\omega t} dt$$

***** ¡ES UNA BROMA! ¡¡¡NO TIENES QUE RESOLVER EL PROBLEMA!!!**

(¡Aunque te sorprendería saber que después de un par de años de universidad este problema te parecerá facilísimo!)

La mayoría de los científicos que se ocupan de las ondas saben cómo resolver este tipo de problemas, pero normalmente no lo hacen, sino que programan una computadora para que lo haga. Para los científicos es mucho mejor hacer este tipo de tediosas operaciones matemáticas con computadora, y lo prefieren por varias razones: es más rápido, más preciso y la computadora no se aburre ni se queja. ¡Además, les deja más tiempo para dedicarse a la parte más divertida, imaginativa y creativa de su trabajo!

...En la actividad siguiente, tu maestro te demostrará el uso de una aplicación de un programa de computadora gratis llamado *Audacity* que hace precisamente ese tipo de análisis

ACTIVIDAD 2: ANALIZANDO ONDAS CON *AUDACITY*

Audacity es un editor digital de sonido, de entre los muchos disponibles para computadoras personales en la actualidad. El programa es capaz de procesar archivos de sonido y editarlos de muchas maneras diferentes (mezclarlos, cortarlos y pegarlos, añadir efectos, etc...). En esta actividad nos vamos a centrar en las capacidades del programa que son más útiles para las ciencias. Tu maestro usará un micrófono para grabar sonidos en *Audacity* y después aplicará el programa Fourier Transform para analizar esos sonidos (por ejemplo, graficar el espectro de la frecuencia de la onda de sonido grabada).

Observa y presta atención a la demostración del maestro antes de contestar las preguntas siguientes...

Éste es un ejemplo simplificado de un espectro de frecuencia:

[chart Análisis de frecuencia

Intensidad de sonido

Frecuencia]

10) ¿Cuántas ondas individuales contribuyeron a formar la onda analizada en este ejemplo?

11) ¿Cuáles son las frecuencias de cada una de las ondas constituyentes?

12) ¿Qué onda representa el tono más alto (frecuencia)?

Pregunta extra: si el objeto que creó estas ondas empezara de repente a acercársete, ¿cómo cambiaría el aspecto de la gráfica? (pista: piensa en la variación Doppler)