

TRABAJO PRÁCTICO N° 4

ONDAS

El objetivo de este trabajo práctico es estudiar los aspectos elementales de las ondas mecánicas y de las ondas estacionarias.

Conceptos clave: Longitud de onda, λ . Periodo, T . Frecuencia, f . Frecuencia o velocidad angular, ω . Rapidez o velocidad de la onda, v . Número de onda, k . Onda estacionaria. Función de onda, $y(x,t)$.

Actividad 1: Ondas mecánicas

Materiales: Cuerdas de diferente sección y densidad, resorte, cinta aisladora, tizas, teléfono celular con cámara, regla u otro elemento para usar como escala, computadora con aplicación Tracker¹.

Desarrollo:

En esta actividad, se generarán pulsos y ondas manualmente en cuerdas y resortes. Se deben disponer las cuerdas/resortes sobre una línea recta en el piso o mesa. Puede marcar en la superficie (con tiza o cinta aisladora) un eje de coordenadas para utilizar de referencia.

1. Tome una cuerda, colóquela estirada sobre el piso y genere manualmente pulsos transversales. Observe las direcciones de propagación y de desplazamiento.
2. Mantenga fijo un extremo de la cuerda (sin aplicar una tensión significativa) y desde el otro genere manualmente ondas. Utilice dos cuerdas distintas y provoque perturbaciones con frecuencias diferentes en ambas cuerdas para generar las ondas. Advierta los cambios en la amplitud, frecuencia/periodo y velocidad de propagación de las ondas que se producen.
 - 2.1. Para uno de los casos, capture en un video corto (tomado desde directamente arriba) el movimiento de la onda generada. Emplee algún elemento como referencia para registrar la escala.
3. Disponga un resorte sobre el piso, mantenga fijo un extremo (sin aplicar tensión significativa) y genere manualmente pulsos transversales y longitudinales. Observe las direcciones de propagación y de desplazamiento.

¹ Link de descarga: <https://tracker.physlets.org>

Análisis de resultados:

1. Identifique y esquematice las direcciones de propagación y desplazamiento de los pulsos generados en las cuerdas y en el resorte (Pasos 1 y 3 del Desarrollo).
2. Para las ondas generadas con las cuerdas (Paso 2 del Desarrollo):
 - a. Según lo observado en las experiencias y lo que explica la teoría, indique de qué factores dependen:
 - i. la frecuencia y el periodo de las ondas generadas,
 - ii. la amplitud de las ondas generadas, y
 - iii. la velocidad de propagación.
3. Analice el perfil de onda; es decir, y como función de x . Utilice un cuadro del video capturado y marque los parámetros que se pueden determinar en la imagen. Calcule los valores de dichos parámetros.
4. De manera similar, analice la variación temporal en el desplazamiento de un punto de la cuerda; es decir, y como función de t . Indique qué parámetros se pueden determinar a partir del desplazamiento. A partir del video capturado, calcule e informe valores para estos parámetros.
5. Calcule e informe la velocidad de propagación de la onda generada en el video.

Actividad 2: Ondas estacionarias

Una onda estacionaria es el resultado de la superposición de dos ondas viajeras iguales (misma frecuencia, longitud de onda y amplitud), viajando en direcciones opuestas y desfasadas 180° , que se pueden representar como:

$$y_1 = A \cdot \cos(kx - \omega t)$$

$$y_2 = -A \cdot \cos(kx + \omega t)$$

Se puede demostrar que la suma de las dos ondas da como resultado:

$$y(x, t) = 2A \cdot \sin(kx) \cdot \sin(\omega t)$$

Observe que cada elemento de la onda estacionaria describe un MAS (movimiento armónico simple), cuya amplitud depende de la posición; es decir, $A_x = 2A \cdot \sin(kx)$.

Por la teoría, sabemos que los nodos de la onda (puntos donde la cuerda no se mueve) tienen lugar en:

$$x = \frac{n \cdot \lambda}{2}, \text{ siendo } n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

Considere una cuerda de densidad lineal (masa por unidad de longitud) μ sometida a una fuerza de tensión F . La cuerda se encuentra fija en sus dos extremos, separados entre sí por una distancia L . Cuando allí se producen ondas estacionarias, los únicos valores posibles de longitud de onda son $\lambda_n = 2L/n$.

Sabiendo que la velocidad de propagación de ondas en cuerdas es:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

Se producirán ondas estacionarias cuando la fuerza alcance los valores:

$$F_n = \mu \left(\frac{2 \cdot L \cdot f}{n} \right)^2$$

Materiales: Vibrador de cuerdas de frecuencia fija (50 Hz), dinamómetros, hilo de algodón, varillas, poleas, soportes y pinzas, balanza, cinta métrica o regla.

Desarrollo:

1. Armado del sistema:

Se utiliza un hilo de entre 60 y 90 cm de longitud. Uno de los extremos se conecta al vibrador mecánico. El otro extremo se hace pasar por una polea y, a continuación, se fija a un dinamómetro. La separación entre las varillas se mantendrá fija y definirá la distancia L de la onda generada. Las diferentes ondas estacionarias se logran modificando la tensión del hilo, la cual se puede verificar con el dinamómetro.

2. Generación de las ondas

Una vez armado el equipo, modifique la tensión del hilo ajustando la posición del dinamómetro hasta que logre observar una onda estacionaria con n nodos.

ATENCIÓN: no mantenga el generador funcionando durante períodos muy prolongados para evitar el calentamiento de las bobinas.

Cada vez que logre producir una onda estacionaria, registre la tensión indicada en el dinamómetro y la cantidad de nodos (Tabla 1).

3. Cálculos teóricos.

Calcule las tensiones del hilo F_n necesarias para lograr las distintas ondas estacionarias (Tabla 1).

Tabla 1. Datos a recopilar para la Actividad 2.

Nodos	λ	F_n experimental	F_n teórico

Análisis de resultados

1. Indique cuáles fueron las magnitudes obtenidas o calculadas del sistema experimental para poder realizar el cálculo teórico de F_n .
2. Mencione los parámetros experimentales que se mantuvieron constantes y los que se modificaron para obtener las diferentes ondas viajeras.
3. Incluya una copia de la Tabla 1 con los datos recopilados. Compare los resultados teóricos de F_n con los obtenidos experimentalmente. ¿A qué pueden deberse las diferencias, si las hubiera?
4. Suponga que desea obtener una onda estacionaria con el doble de la cantidad máxima de nodos que registró en las experiencias:
 - a. Si sólo puede variar la longitud de la cuerda, ¿cuál debería ser la nueva longitud con respecto a la utilizada en el experimento?
 - b. Si sólo puede variar la densidad de la cuerda, ¿cuál debería ser la masa de la nueva cuerda con respecto a la utilizada en el experimento?
 - c. Si sólo puede modificar la tensión de la cuerda, ¿cuál debería ser la tensión a utilizar?