

Desafío STEM: Explorando las Ondas Estacionarias en Cuerdas y Tubos de Aire

Objetivos

- Observar y analizar la formación de ondas estacionarias en sistemas reales como cuerdas tensionadas y tubos con columna de aire.
- Verificar experimentalmente las condiciones de resonancia y los modos normales en cuerdas y tubos, y analizar cómo se relacionan con la longitud, la frecuencia y el tipo de sistema.
- Identificar los modos normales de vibración y sus condiciones de aparición en función de las características del sistema.
- Calcular la energía almacenada en cada modo normal de oscilación y analizar cómo varía con el número de armónico.
- Interpretar los patrones de vibración a partir de modelos físicos y relacionarlos con aplicaciones relevantes en la ingeniería.

Número de sesiones: 2 (cada una e 1.5 h)

- **Sesión 1:** Trabajo experimental en laboratorio. Debido a la complejidad de los montajes, **no es posible que cada grupo realice ambos experimentos**. Por esta razón, el docente asignará un experimento específico a cada grupo:
 - Algunos grupos realizarán el **Experimento 1: ondas estacionarias en una cuerda tensionada**.
 - Otros realizarán el **Experimento 2: resonancia en una columna de aire**.
- **Sesión 2:** Entrega del informe escrito y realización de una **mini-exposición oral de máximo 10 minutos por grupo**.

Recomendación previa: Se recomienda que los estudiantes exploren con antelación el simulador [Wave on a String \(PhET\)](#) para familiarizarse con la formación de ondas estacionarias antes de asistir a la sesión experimental.

Preparación previa del estudiante

Síntesis escrita (1 página) sobre:

- Diferencias entre onda viajera y onda estacionaria.

- Condiciones de frontera en cuerdas y tubos.
- Representación matemática de la onda estacionaria:
- Relación entre frecuencia, longitud de onda y velocidad ($v = \lambda f$).
- Modos normales y armónicos.
- Expresión general para la energía almacenada en un modo estacionario (energía cinética + energía potencial).
- Cómo varía la energía con la amplitud, la frecuencia y el número de armónico.

Materiales en laboratorio

- Cuerda real con vibrador mecánico.
- Pesas colgantes y balanza para medir sus masas.
- Regla o cinta métrica.
- Tubo resonante con nivel de agua variable.
- Generador de funciones y parlante.

Actividades experimentales

Experimento 1: Ondas estacionarias en una cuerda ligera

1. Monta la cuerda horizontal conectada al vibrador.
2. Cuelga diferentes masas para variar la tensión. Mide la masa con una balanza.
3. Ajusta la frecuencia hasta observar claramente nodos y antinodos.
4. Registra frecuencia, longitud de onda (según número de nodos), y calcula la velocidad de propagación.
5. Verifica la relación $v = \lambda f$ y la influencia de la tensión.

Experimento 2: Resonancia en una columna de aire

1. Llena parcialmente el tubo con agua. Usa el parlante para generar un tono constante.
2. Ajusta el nivel del agua para encontrar posiciones de resonancia.
3. Registra la altura del aire en resonancia y la frecuencia generada.
4. Determina longitud de onda, número de armónico y calcula velocidad del sonido.

Preguntas orientadoras (ciclo STEM)

- ¿Qué condiciones deben cumplirse para que se forme una onda estacionaria?
- ¿Cómo influyen la longitud, la masa y la tensión de la cuerda en la velocidad de propagación?
- ¿Cómo varía la frecuencia fundamental con las características físicas del sistema?
- ¿Qué patrones se observan en los modos normales y armónicos en la cuerda y el tubo?
- ¿Cómo se distribuye la energía en una onda estacionaria?
- ¿Cómo varía la energía total de cada modo con el número de armónico?
- ¿Qué aplicaciones tienen estos fenómenos en contextos reales de la ingeniería y la tecnología?

Conexiones STEM

- **Ciencia:** Interferencia, resonancia, nodos y antinodos.
- **Tecnología:** Simuladores y generadores de frecuencia.
- **Ingeniería:** Diseño de puentes, columnas, estructuras resistentes a vibraciones, acústica arquitectónica, instrumentos musicales, etc.
- **Matemáticas:** Funciones sinusoidales, proporciones y análisis gráfico.

Evaluación

La nota definitiva corresponde al promedio de:

- **Informe escrito: 2.5 puntos**
- **Mini-exposición oral: 2.5 puntos**

Durante la sustentación, se espera que los integrantes del grupo demuestren comprensión tanto **conceptual** como **matemática** sobre:

- Las condiciones necesarias para observar (en la cuerda) o escuchar (en el tubo) los diferentes modos normales.
- El cálculo de la energía en cada modo de oscilación y su dependencia de las condiciones del sistema.
- La relación entre estos modos normales y sus aplicaciones prácticas en la ingeniería.

Rúbrica del informe escrito (2.5 puntos)

Criterio	Puntaje Máximo
Descripción clara del objetivo y modelo físico usado	0.25
Presentación organizada de datos y gráficas	0.25
Cálculos correctos de la longitud de onda de cada modo y su energía	1.0
Análisis crítico de resultados y fuentes de error	0.5
Conclusiones coherentes y fundamentadas	0.5
Total	2.5

Rúbrica de la mini-exposición (2.5 puntos)

Criterio	Puntaje Máximo
Claridad en la explicación del experimento y sus resultados	0.5
Participación equilibrada de todos los miembros	0.5
Uso de recursos visuales (gráficas, fotografías, esquema)	0.25
Interpretación de los fenómenos y relación con teoría	0.75
Dominio del tema y respuestas a preguntas del jurado	0.5
Total	2.5

Referencias

- PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder: [Simulador PhET: Onda en una cuerda \(versión en español\)](#)
- D. Halliday, R. Resnick, J. Walker. *Física*, Volumen 1.