

5. Ondas Mecánicas en Cuerdas

5.1 Objetivos

5.1.1 General

Realizar un estudio teórico-experimental de las principales características de una onda en una cuerda vibrante mediante una simulación computacional.

5.1.2 Específicos

- Revisar el concepto de nodos y antinodos, frecuencia y longitud de onda.
- Medir la longitud de onda (λ) de una onda a una frecuencia establecida.
- Identificar las variables físicas de las que depende la velocidad de una onda viajera en una cuerda tensa.

5.2 Referentes Conceptuales y Marco Teórico

Una cuerda sometida a una tensión mecánica, oscila mediante una composición de múltiples modos de vibración. Si no existe ninguna restricción en los extremos de la cuerda, esta puede hacerse oscilar a una frecuencia arbitraria y se consigue observar una forma arbitraria en la oscilación. Todo ello es debido a una mezcla (suma) de muchos modos de oscilación. Adicionalmente, si se ajusta adecuadamente las condiciones iniciales, se consigue una onda viajera de tipo armónico como la que se observa en la figura 5.1. Las ondas armónicas tienen características espaciales y temporales: La Amplitud (A), Longitud de Onda (λ), Periodo de Oscilación (T). Algunas de ellas se pueden observar en la figura 5.1.

Las ondas viajeras en una cuerda, se describen mediante la oscilación transversal de cada uno de los

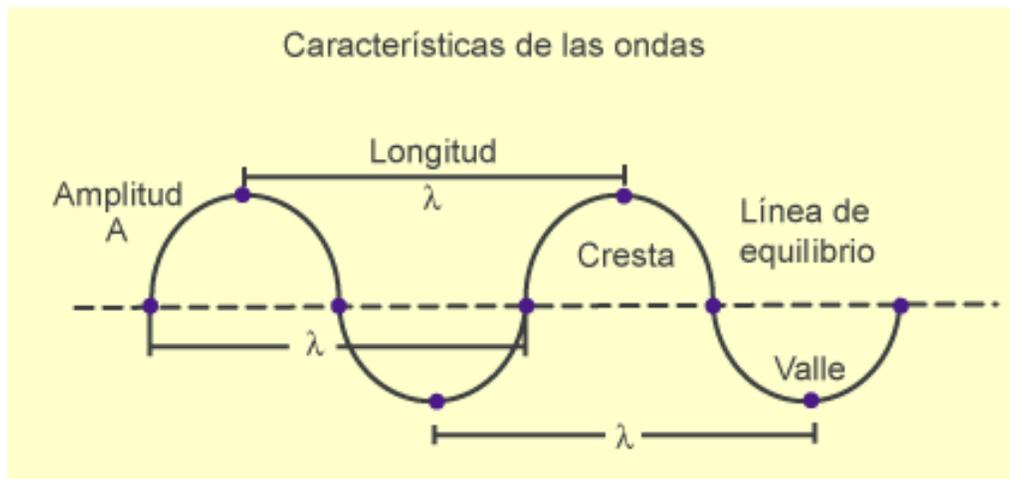


Figura 5.1: Onda Armónica en una Cuerda

elementos de la misma. Dichas oscilaciones transversales se transfieren entre elementos vecinos, propagando así la perturbación inicial en alguna dirección (izquierda o derecha de la página).

Para poder describir el movimiento ondulatorio unidimensional, se requiere de tres variables: dos independientes, x y t , y una dependiente, y . En la figura 5.2, se observa la variable y que corresponde a la elongación de cada oscilador (elemento diferencial dx , con masa dm) la cual cambia con el tiempo t ; además, es necesario dar la posición x de los osciladores sobre la cuerda. Por tanto la elongación debe ser una función que depende del tiempo t y de la posición x , es decir, $y(x, t)$. En el movimiento ondulatorio se dan simultáneamente un movimiento de propagación (no de las partículas, si no de la energía que transmite la onda) a velocidad constante v y un movimiento oscilatorio con velocidad $\frac{\partial y(x, t)}{\partial t}$ y aceleración $\frac{\partial^2 y(x, t)}{\partial t^2}$ de cada una de las partículas del medio.

Para cualquier onda viajera la velocidad v se define mediante la ecuación 5.1:

$$v = \lambda f \quad (5.1)$$

Con λ como la longitud de onda, y f la frecuencia de oscilación.

5.3 Actividades Previas al Laboratorio

Use sus apuntes de clase, lecturas adicionales, referencias bibliográficas propuestas en esta guía y/o adicionales, para contestar en forma adecuada las situaciones propuestas a continuación:

1. ¿En qué se diferencia una onda estacionaria de una viajera?.
2. En un patrón de ondas estacionario ¿a qué se le denomina un nodo y un antinodo?

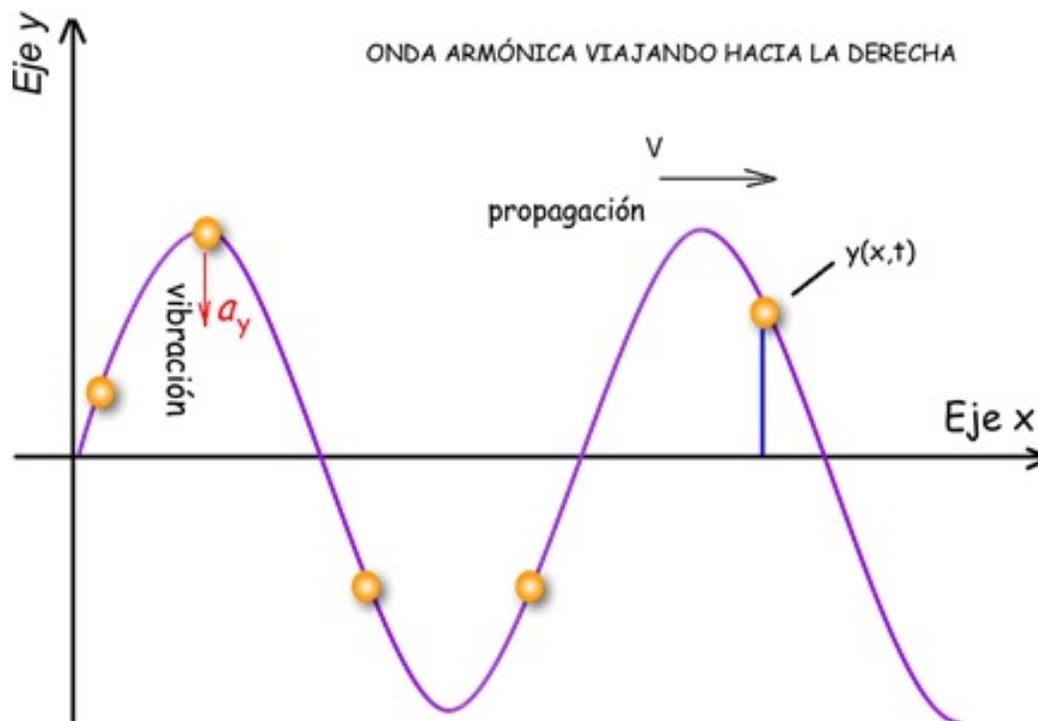


Figura 5.2: Perfil sinodal de una onda armónica en una Cuerda

3. Describa ¿Qué variables influyen en la velocidad de propagación de una onda en una cuerda tensa?.
4. Escriba la forma matemática que tiene una función $y(x, t)$ para una onda armónica y explique el sentido físico de cada una de las variables que en ella intervienen.
5. Revise el siguiente vídeo. https://www.youtube.com/watch?v=JI-IH_CcCRU
6. Ingrese a la siguiente pagina web. <http://pages.iu.edu/~kforinas/Ondas/SpeedJS.html>. Trabaje con la simulación que ofrece este sitio web. Y responda la preguntas: 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 y 3.7.

5.4 Herramienta Virtual

Para la práctica virtual se hará uso del simulador disponible en el link:

https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_es.html

Antes de iniciar la toma de datos es importante que observe con detenimiento el tutorial donde se explica como manipular la aplicación en el siguiente link:

<https://www.youtube.com/watch?v=UUUt7m3orcI>

5.5 Toma y Análisis de Datos

1. Al ingresar en el enlace dado anteriormente, he iniciar la simulación, saldrá en pantalla la imagen que se observa en la figura 5.3.

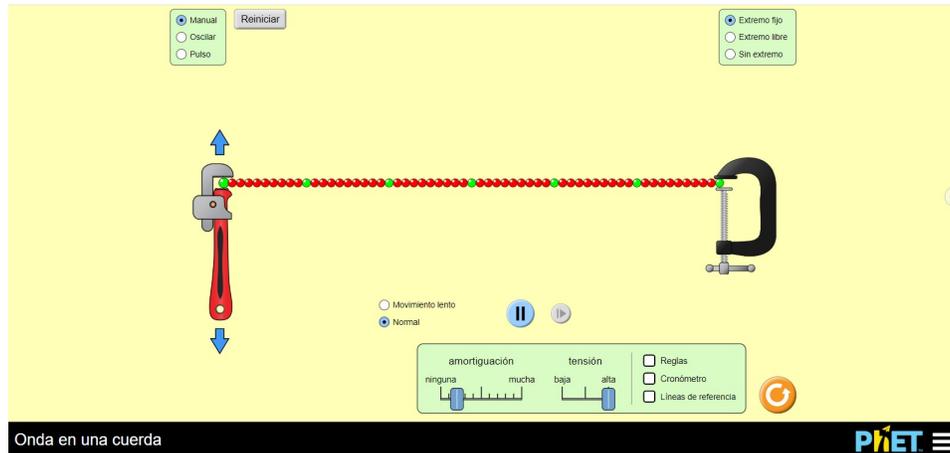


Figura 5.3: Simulación: Pantalla de Inicio

2. Seleccione la opción *Oscilar* en el recuadro superior izquierdo sombreado en azul; en el recuadro superior derecho sombreado en rojo marque la opción *Sin extremo*; en la caja grande de opciones seleccione las tres opciones al final sombreadas en verde (*Reglas*, *Cronómetro*, *Lineas de referencia*). Marque la opción *ninguna* en *amortiguación* y la opción *baja* en *Tensión*, ambos en el recuadro morado como se muestra en la imagen de la figura 5.4.

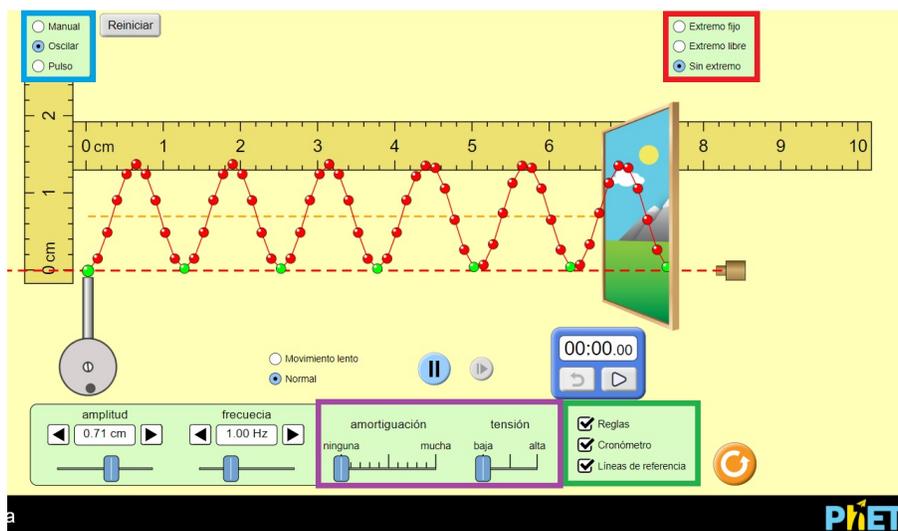


Figura 5.4: Simulación: Opciones de inicio.

3. En los últimos dos controles puede ajustar la amplitud y la frecuencia de la onda. Use una amplitud fija de 1,00 cm. El control de frecuencia de del generador de onda sinusoidal se puede graduar de 0 a 3 Hz. Haga variaciones de frecuencia, iniciando con un valor de 0,50 Hz y finalizando con un valor de 1,00 Hz con aumentos consecutivos de 0,10 Hz. En cada caso utilice las reglas para medir la longitud de onda para cada frecuencia. Complete la tabla 5.1 con los datos experimentales:

| N | Frecuencia (Hz) | λ (m) |
|---|-----------------|---------------|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |
| 5 | | |
| 6 | | |

Tabla 5.1: Datos Experimentales Frecuencia y Longitud de Onda

4. Cambie el control de *Tensión de Bajo* a *Intermedio*. Haga variaciones de frecuencia, iniciando en un valor de 1,00 Hz y finalizando con un valor de 2,00 Hz con aumento consecutivos de 0,20 Hz. En cada caso utilice las reglas para medir la longitud de onda para cada frecuencia. Complete la tabla 5.2 con los datos experimentales:

| N | Frecuencia (Hz) | λ (m) |
|---|-----------------|---------------|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |
| 5 | | |
| 6 | | |

Tabla 5.2: Datos Experimentales Frecuencia y Longitud de Onda

5. Cambie el control de *Tensión de Intermedio* a *Alto*. Haga variaciones de frecuencia, iniciando en un valor de 2,00 Hz y finalizando con un valor de 3,00 Hz con aumento consecutivos de 0,20 Hz. En cada caso utilice las reglas para medir la longitud de onda para cada frecuencia. Complete la tabla 5.3 con los datos experimentales:

| N | Frecuencia (Hz) | λ (m) |
|---|-----------------|---------------|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |
| 5 | | |
| 6 | | |

Tabla 5.3: Datos Experimentales Frecuencia y Longitud de Onda

6. Con los datos obtenidos en cada experiencia realice gráficas de λ vs $\frac{1}{f}$. Para cada gráfica realice el ajuste de los datos mediante una regresión lineal por mínimos cuadrados.
7. Por comparación directa con la ecuación 5.1 determine la velocidad experimental de propagación de las ondas en cada uno de los casos estudiados. ¿Argumente si el valor conseguido tiene algún tipo de error experimental, y si es así, enumere una lista de posibles fuentes de error al realizar las mediciones?.
8. Determine la incertidumbre en el valor de la velocidad para cada caso. Puede consultar https://www.youtube.com/watch?v=JI-IH_CCcRU. ¿Qué significado tiene dicho valor?. Compare porcentualmente el valor de la incertidumbre de la velocidad respecto al valor de la velocidad determinada en el punto anterior (esta se asume como el 100%) para cada caso. ¿Qué significa este resultado?. ¿Puede afirmar que la velocidad de propagación se ha determinado con una buena precisión?.
9. De los resultados conseguidos analice las siguientes situaciones:
 - a) Al permanecer la tensión constante y la frecuencia aumentando, ¿Qué sucede con la longitud de onda?
 - b) ¿La velocidad varía mucho con la variación de la tensión?.
 - c) Suponga que cada una de las esferas (tanto las rojas como las verdes) de la cuerda poseen la misma masa con $m = 1$ g determine cada una de las tres Tensiones a las que se ha sometido la cuerda en la experiencia y entregue su valor en Newton.

5.6 Referencias

1. Gutiérrez, Carlos (2005). «1». Introducción a la Metodología Experimental (1 edición). Editorial Limusa. p. 15. ISBN 968-18-5500-0.
2. Tipler, P.A. Física Vol 1. Ed Reverté, México, (1985)
3. Sears, F.- Zemansky, M. Física Universitaria I. Ed Pearson, México (1999)
4. Serway, R. Física I para ciencias e ingeniería. Ed Thomson, México (2005)