



Universidad Nacional Autónoma de
Honduras
Facultad de Ciencias
Escuela de Física



FS-200 FÍSICA GENERAL II

LABORATORIO #2
Ondas Estacionarias

Instructor (a): _____

Nombre: _____ N° de cuenta: _____

Nombre: _____ N° de cuenta: _____

Nombre: _____ N° de cuenta: _____

Nombre: _____ N° de cuenta: _____

Nombre: _____ N° de cuenta: _____

Fecha: _____ Sección: _____

1. Introducción

En esta práctica de laboratorio se pretende observar el comportamiento de las ondas estacionarias a través de un medio mecánico representado por una cuerda. Las ondas transversales son generadas de forma automatizada con un generador de ondas que permite cambiar la frecuencia y amplitud de la onda.



Se desea estudiar la formación de los modos normales de vibración de la cuerda al cambiar los valores de frecuencia. En segunda instancia, se pretende estudiar el comportamiento de la cuerda vibrante ante cambios en la longitud de la misma sometida a la misma fuerza de tensión.

En ambos escenarios, se busca distinguir el fenómeno de discretización en la formación de las ondas estacionarias en una cuerda tensa.

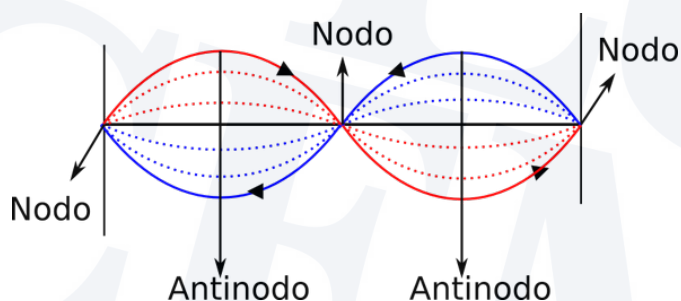


Figura 1: Representación de una onda estacionaria en una cuerda.

2. Objetivos

1. Producir modos normales de vibración en una cuerda bajo tensión.
2. Observar el comportamiento de los modos normales de vibración en la cuerda, y la presencia de nodos y antinodos.
3. Describir las cualidades del comportamiento de la formación de ondas estacionarias ante variaciones de frecuencia y longitud de la cuerda.

3. Materiales y Equipo

1. Porta masas y set de masas.
2. Cinta métrica.
3. Soporte de mesa, nuez y varillas.
4. Poleas.
5. Generador de ondas sinusoidal.
6. Vibrador de cuerdas.
7. Set de cuerdas.
8. Controlador para generador de ondas.
9. Cables de conexión.

4. Marco Teórico

Para una cuerda con un extremo fijo, las **ondas viajeras** son reflejadas en tal extremo e interfieren con las ondas incidentes. La interacción de ondas incidentes y reflejadas produce puntos llamados **nodos** que no se mueven durante la transmisión de las ondas. Entre nodos consecutivos encontramos los **antinodos**, que es donde la amplitud de la onda es máxima.

Cuando el patrón de onda no parece estar moviéndose a lo largo de la cuerda, pero más bien muestra un perfil fijo, decimos que tratamos con una **onda estacionaria**. El nombre se refiere a que una onda cuyo perfil se mueve a través del medio es llamada una **onda viajera**.

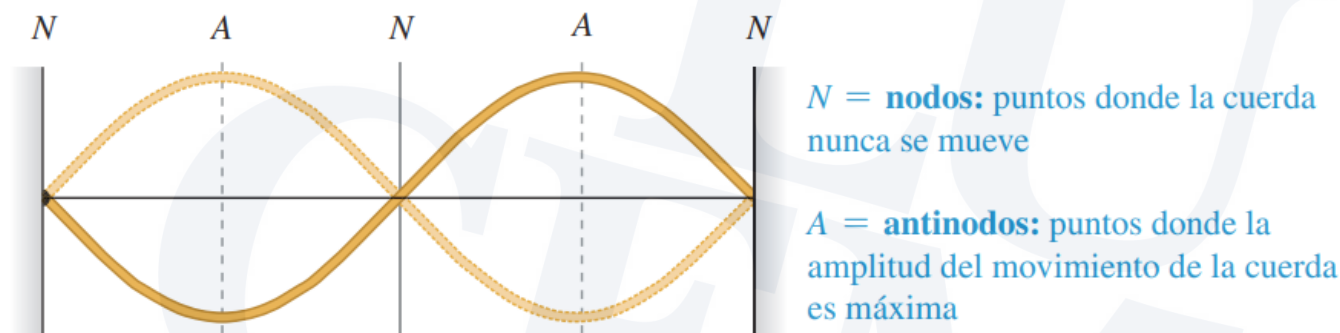


Figura 2: Nodos (N) y Antinodos (A) en una onda estacionaria a través de una cuerda con los extremos fijos.

La distancia entre nodos sucesivos, así como de antinodos vecinos, es de exactamente media longitud de onda $\lambda/2$.

Decimos que cuando las partículas del sistema se mueven sinusoidalmente con la misma frecuencia, que tenemos un **modo normal** del sistema oscilante. La observación de modos normales en una cuerda depende de la longitud de la cuerda, la cual debe ser un múltiplo entero de $\lambda/2$. La frecuencia f_n de un modo normal está dada por:

$$f_n = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (1)$$

Donde n da el número de modo normal en cuestión, L es para la longitud de la cuerda, T es la fuerza de tensión aplicada y μ es la densidad de masa lineal de la cuerda.

La formación de ondas estacionarias es un resultado inmediato del **principio de superposición**, el cual explica que la combinación lineal de dos perfiles de ondas resulta en la formación de una nueva onda.

En el proceso de formación de una nueva onda se pueden observar patrones de interferencia o interacción entre las ondas incidente y reflejada. La interferencia se dice **destructiva** cuando las ondas se cancela mutuamente, se dice **constructiva** cuando el desplazamiento neto es mayor que el de las ondas individuales.

Con base en su libro de texto y otras referencias, investigue los conceptos y realice las siguientes demostraciones:

1. ¿Qué es una ecuación de onda y qué describe? Puede mencionar algunos ejemplos.

Obs: Aquí se hace referencia a la ecuación diferencial que describe su movimiento.

2. ¿Qué es el número de onda, el período y la amplitud de oscilación de una onda?

3. ¿Qué es la frecuencia angular de una onda y cómo se relaciona con la frecuencia?

5. Considere las siguientes funciones de onda para dos ondas sinusoidales transversales que tengan la misma amplitud, frecuencia y longitud de onda, pero que viajan en direcciones opuestas en el mismo medio:

$$\mathbf{y}_1 = A \sin(kx - \omega t) \quad (2)$$

$$\mathbf{y}_2 = A \sin(kx + \omega t) \quad (3)$$

Donde \mathbf{y}_1 representa una onda que viaja en la dirección $\hat{\mathbf{x}}$ y \mathbf{y}_2 representa una onda que viaja en la dirección $-\hat{\mathbf{x}}$. **Aplicar el principio de superposición** para las dos funciones ($\mathbf{y}_1 + \mathbf{y}_2$):

$$\mathbf{y} = \mathbf{y}_1 + \mathbf{y}_2 = A \sin(kx - \omega t) + A \sin(kx + \omega t)$$

y haciendo uso de las relaciones trigonométricas necesarias, **demuestre** que el resultado de la suma de estas dos ondas \mathbf{y}_1 y \mathbf{y}_2 es:

$$\mathbf{y} = 2 A \sin(kx) \cos(\omega t) \quad (4)$$

donde A es la amplitud de una de las ondas originales \mathbf{y}_1 ó \mathbf{y}_2 k es el número de onda, ω es la frecuencia angular, y la ecuación (4) representa la función de onda de una onda estacionaria.

6. Explique las características de la función expuesta en la ecuación (4), en relación con la función de onda.

7. Amplíe el concepto de **nodos en una onda estacionaria**, y tomando en cuenta que estos se encuentran cuando $2A \sin kx=0$, y recordando que $k = 2\pi/\lambda$, **demuestre** que los valores de x cumplen con:

$$x = 0, \frac{\lambda}{2}, \lambda, \frac{3\lambda}{2}, \dots = \frac{n\lambda}{2} \quad (5)$$

donde $n = 0, 1, 2, 3 \dots$

8. Amplíe el concepto de **antinodos en una onda estacionaria**, y tomando en cuenta que estos se encuentran cuando $2A \sin kx=1$, y recordando que $k = 2\pi/\lambda$, **demuestre** que los valores de x cumplen con:

$$x = \frac{\lambda}{4}, \lambda, \frac{3\lambda}{4}, \frac{5\lambda}{4}, \dots = \frac{n\lambda}{4} \quad (6)$$

donde $n = 1, 3, 5, 7 \dots$

5. Procedimiento Experimental

5.1. Generación de modos normales mediante variación de frecuencia

Siguiendo las recomendaciones de su instructor, realice lo siguiente:

- Pasar el extremo libre de la cuerda por la polea, seguido a esto, atar la cuerda al portamasas, cuidando que el nudo quede bien sujeto.
- Mover la base que tiene la polea de tal manera que la distancia del generador de ondas hasta la polea sea de 1.5 m.
- Colocar una masa de 200 g en el portamasas.
- Una vez realizado lo anterior, encienda el generador de funciones; usando la perilla del generador, configure la frecuencia de oscilación de modo que se observe el primer modo normal.
- Seguido a esto, aumente la frecuencia hasta encontrar los siguientes modos normales.
- Una vez terminado, con cuidado, retire las masas del portamasas y desate el nudo del portamasas.

Con base en la experiencia anterior, conteste:

- ¿Cómo se relaciona la frecuencia con el n -ésimo modo normal? ¿Es lineal la relación?
- ¿De cuánto es la diferencia en frecuencia de cada modo normal? ¿Es una constante?
- ¿Cómo cambia la amplitud de la onda resultante conforme se aumenta la frecuencia de oscilación?

5.2. Generación de modos normales mediante variación de la longitud

Siguiendo las indicaciones de su instructor, realice el siguiente procedimiento.

1. Coloque el extremo libre de la cuerda en la polea.
2. Modifique la distancia entre el generador de ondas y la polea de tal modo que la distancia sea de 0.8 m, una vez lograda esta distancia, sujete el portamasas al extremo libre de la cuerda con un nudo.
3. Coloque 200 g en el portamasas.
4. Encienda el generador de funciones e identifique la frecuencia del primer modo normal, una vez hecho esto, con cuidado, retire las masas del portamasas y retire la cuerda de la polea.
5. Mueva la base, de modo que ahora la distancia del generador de ondas hasta la polea sea de 1.60 m.
6. Coloque el portamasas en el extremo libre de la cuerda y ponga en marcha del generador de funciones, configure el generador a la misma frecuencia identificada anteriormente, observe el patrón de onda.
7. Repita los pasos del 6 al 7 con una distancia de 2.40 m.

Con base en la experiencia anterior, conteste:

- ¿Qué modo normal se forma con variar la longitud a 160 cm?
- Considere que la ecuación de la frecuencia de modo normal f_n está dada por:

$$f_n = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

Dada la relación anterior, explique el comportamiento visto de los modos normales al variar la longitud.

- ¿Suponga que usted toma la misma cuerda y ahora aumenta la distancia a 320 cm?
¿Qué modo normal se formaría?

6. Conclusiones

Con base a los objetivos y los resultados obtenidos, redacte al menos tres conclusiones.

- Conclusión 1

- Conclusión 2

- Conclusión 3

7. Bibliografía

Recursos bibliográficos recomendados.

Resnick, H., y Krane. (2001). *Física* (4. ed., Vol. I). Compañía Editorial Continental.

Serway, Raymond A. y Jewett, John W. (2009). *Física para ciencias e ingeniería* (7. ed., Vol. I). CENGAGE Learning

Young, Hugh D. y Freedman, Roger A. (2018). *Física Universitaria con Física Moderna* (14 ed., Vol. I). Pearson.

Lohr, S.L. (2009) *Sampling: Designed Analysis*, Nelson education.