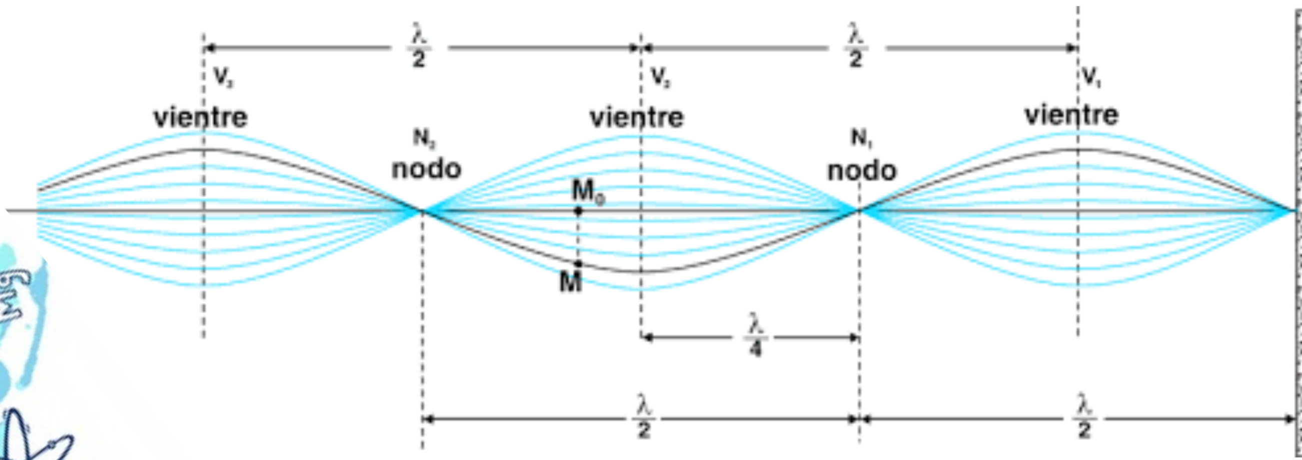

6. Ondas Estacionarias en Cuerdas

6.1 Objetivos

6.1.1 General

Hacer un estudio teórico de los patrones de ondas estacionarias en una cuerda vibrante.

6.1.2 Específicos

- Observar patrones de onda estacionario en una cuerda tensa Establecer cualitativamente le dependencia de estos patrones en las variables físicas del sistema.
- Realizar gráficas en el programa Microsof Excel de las variables implicadas en la velocidad frecuencia y periodo de una onda estacionaria.

6.2 Referentes Conceptuales y Marco Teórico

El principio de superposición establece que si varias ondas actúan de manera simultánea sobre las partículas de un medio, el movimiento total de las partículas, corresponderá a la suma algebraica de todas vibraciones producidas por las ondas. Si en particular, sobre una cuerda se propaga una onda que se dirige a la derecha con amplitud A y frecuencia angular ω y a su vez sobre la misma cuerda también se propaga otra onda con las mismas características, pero en sentido contrario (izquierda), se puede llegar a presentar un patrón de ondas estacionario dependiendo de las condiciones iniciales del problema y de las condiciones de frontera.

Desde el punto de vista algebraico, es fácil conseguir dichos patrones estacionarios mediante la suma de las siguientes expresiones:

$$y(x,t) = Acos(kx - \omega t) \tag{6.1}$$

$$y(x,t) = -Acos(kx + \omega t) \tag{6.2}$$

La ecuación 6.1 representa una onda armónica viajera que se propaga a la derecha y la ecuación 6.2 representa una onda armónica viajera que se propaga hacia a la izquierda. La suma de las dos expresiones anteriores permite obtener:

$$y(x,t) = Asen(kx)sen(\omega t) \tag{6.3}$$

El perfil final de la onda que se consigue, no es el de una **onda que se propaga**, por el contrario, se obtiene una onda estática; que obedece a un conjunto infinito de osciladores armónicos (cada uno de los infinitos elementos de cuerda) que oscilan todos con la misma frecuencia pero diferente amplitud.

En la ecuación 6.3, el termino $sen(\omega t)$ obedece a la ecuación de un oscilador armónico simple con frecuencia ω, mientras la amplitud obedece a $Asen(kx)$. Claramente se observa que la amplitud es una función que depende de la posición x; es decir, la amplitud de cada oscilador es distinta.

Dependiendo de las condiciones iniciales y de condiciones impuestas en los extremos de la cuerda se puede encontrar diversos patrones estacionarios de oscilación, denominados modos de oscilación, algunos de ellos se muestran en la figura 6.1.

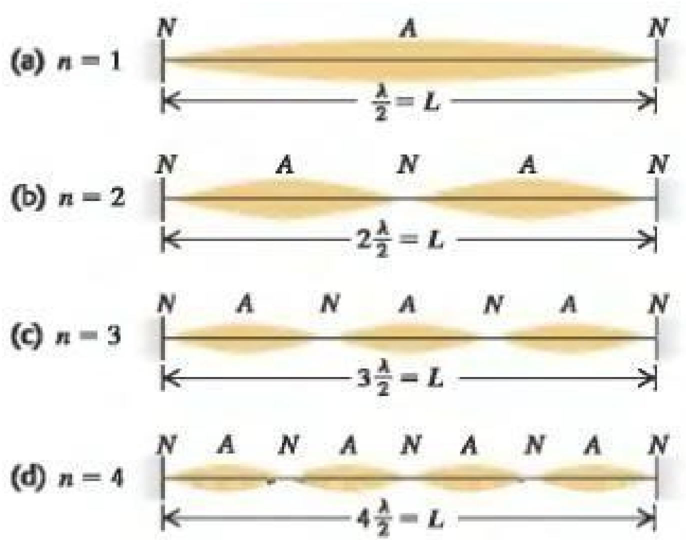

Figura 6.1: Modos de Oscilación en una Cuerda

En el primer modo de oscilación (figura 6.1(a)) se observa que la longitud de la cuerda L es exactamente igual a media longitud de onda, en el segundo modo de oscilación (figura 6.1(b))dos medias longitudes de onda, en el tercero tres medias longitudes de onda (figura 6.1(c)) y así sucesivamente, de modo que para que en el enésimo modo normal de oscilación tenemos n medias longitudes de onda. La ecuación 6.4 muestra la relación entre la longitud de la cuerda y la cantidad de múltiplos de semilongitudes de onda.

$$L = n\frac{\lambda}{2} \tag{6.4}$$

Donde L corresponde a la longitud de confinamiento. Haciendo uso de la relación $\lambda = \frac{v}{f}$, donde λ es longitud de onda y f es la frecuencia, se puede expresar la frecuencia del enésimo modo de vibración como:

$$f_n = \frac{nv}{2L} \tag{6.5}$$

6.3 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 relacionadas con el Ondas Estacionarias, 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?
3. La velocidad de propagación de una onda en una cuerda tensa de que factores depende
4. ¿Cuáles con las condiciones de frontera para que una onda viajera que se refleja y forme un patrón de ondas estacionario?

6.4 Herramienta Virtual

Para la práctica virtual se hará uso de un simulador desarrollado en Java que puede descargar del siguiente link:

`http://186.28.225.73/guias/doc/fisica/virtuales/software/ondasestacionariascuerdas.jar`

Si no puede correr la simulación al descargarla, asegúrese que su computador tenga instalada la última versión de Java Runtime Environment. Para descargar o actualizar una versión Windows, Mac o Linux visite el siguiente link:

`https://www.java.com/es/download/`

6.5 Toma y Análisis de Datos

1. Haga un reconocimiento del espacio de virtual de laboratorio; observe con atención la figura 6.2 en ella se aprecian las variables que pueden ajustarse. Tan pronto abra la aplicación active la rejilla y la regla. Usando la opción *Grid* y la opción *Ruler* encerradas en los recuadros rojo y verde respectivamente.

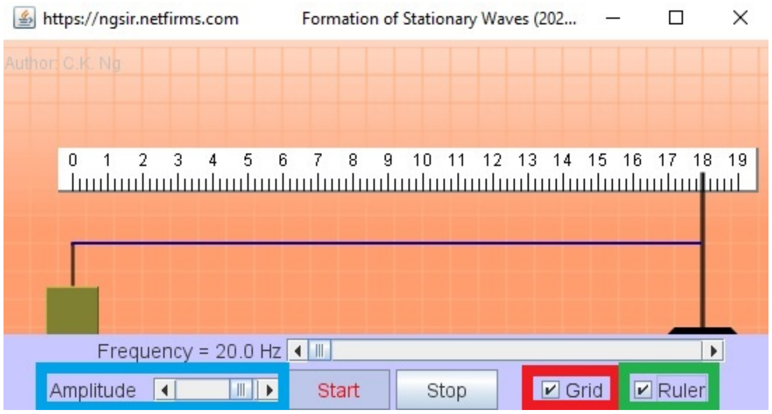

Figura 6.2: Ambiente virtual para ondas estacionarias en una cuerda

2. Lleve la amplitud de oscilación al máximo valor, utilizando la barra de desplazamiento que se encuentra en el recuadro azul de la figura 6.2.
3. El ultimo control, recuadro en color morado de la figura 6.3 establece un valor para la frecuencia. Mediante la barra de desplazamiento se puede ajustar el valor de la frecuencia de oscilación en la cuerda con una precisión de $0{,}1\ Hz$.

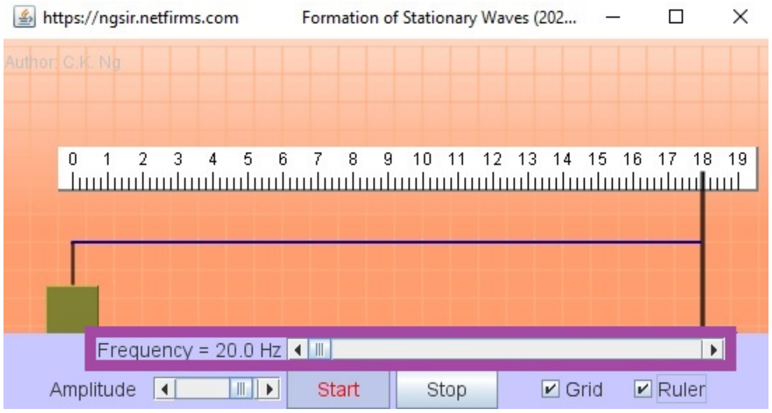

Figura 6.3: Control de Frecuencia

4. Los botones Start y Stop, le permiten iniciar y detener la simulación. Es decir, la cuerda comenzará a oscilar o se detendría según aplique.

5. Presione el botón Start y aumente lentamente la frecuencia; después de un aumento de frecuencia espere pequeños lapsos de tiempo para facilitar que la oscilación de la cuerda en la aplicación se estabilice como se observa en la figura 6.4.

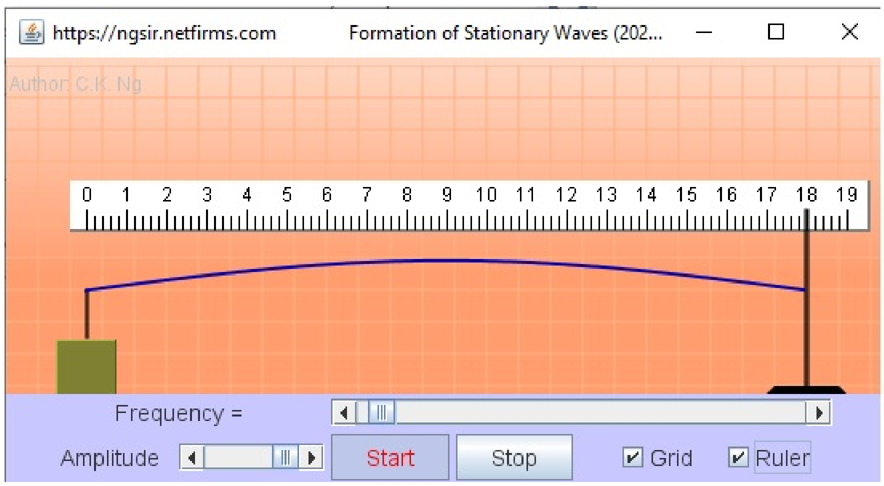

Figura 6.4: Oscilación en la Cuerda

6. Para identificar que a conseguido llegar a la frecuencia de algún modo de oscilación, tenga presente las formas de la figura 6.1, adicionalmente recuerde que la amplitud de oscilación debe ser la máxima posible ya que el sistema se encontrará en resonancia.
7. Busque la mayor cantidad de modos de oscilación (armónicos) posibles, y consigne el valor de su frecuencia y longitud de onda en la tabla 6.1.

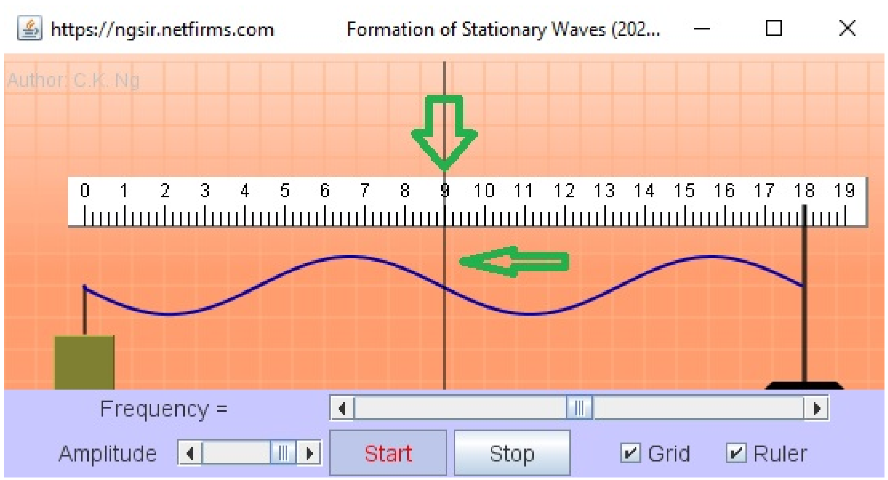

Figura 6.5: Medición de las posiciones de los nodos

8. Para la medida de las longitudes de onda de los modos de oscilación puede utilizar la regla superior. Haciendo clic sobre el área roja aparecerá una linea vertical que permitirá medir la posición de los nodos con la regla. Como lo indican las flechas verdes de la figura 6.5. Tenga presente en sus mediciones que la escala de la regla tiene 5 divisiones por cada *cm*. ¿Cual es el valor de cada división?.

Armónico: n	**Frecuencia (Hz)**	$\lambda(m)$
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

Tabla 6.1: Longitud de Onda y Frecuencia para los siete primeros armónicos

9. Con los datos encontrados en la tabla 6.1 realice una gráfica de longitud de onda *lambda* (m) vs Armónico n.
10. Realice el ajuste necesario y determine la ecuación que relaciona estas dos variables.
11. Explique el tipo de comportamiento encontrado.
12. Con los datos encontrados en la tabla 6.1 realice una gráfica de frecuencia (Hz) vs Armónico n.
13. Realice el ajuste necesario y determine la ecuación que relaciona estas dos variables. De este último ajuste y por comparación directa con la ecuación 6.5 determine la velocidad v en m/s.
14. Explique el tipo de comportamiento encontrado. Si son ondas estacionarias ¿qué significado físico tienen la velocidad hallada en el punto anterior?
15. El fenómeno de ondas estacionarias, no es un fenómeno exclusivo de ondas en cuerdas, también se pueden presentar en otros tipos de onda. En la siguiente dirección de internet `http://pages.iu.edu/~kforinas/Ondas/StandingWavesJS.html` puede comparar este fenómeno entre cuerdas y tubos sonoros. Ingrese realice las actividades allí propuestas y anexe sus respuestas a este informe de laboratorio.

6.6 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)