

## **Práctica: Modos de vibración de una cuerda fija por los extremos**

### **Introducción**

Las estacionarias no son ondas de propagación como después veremos, primero, porque la ecuación que las describe no responde a la ecuación de una onda y segundo porque se forman nodos que no transmiten energía ya que permanecen en reposo y la transmisión de energía es otra de las características de las ondas. Son, por lo tanto, los distintos modos de vibración de una cuerda, una membrana (por ejemplo, un altavoz), etc. Los instrumentos musicales de cuerda son el ejemplo, tal vez más próximo, de las impropriadamente llamadas ondas estacionarias.

### **Objetivo**

Visualizar en una cuerda ondas estacionarias y encontrar la relación entre la frecuencia de diversos armónicos generados y la longitud de la cuerda.

### **Cuestiones previas**

Una importante propiedad de las ondas estacionarias es que su longitud de onda o frecuencia está cuantificada. Esto quiere decir que una cuerda fija por los dos extremos nada más podrá vibrar para determinadas frecuencias y por lo tanto nada más podrá haber unas longitudes de onda relacionadas con la longitud de la cuerda, como después veremos. Intenta hacer una aproximación semi-cuantitativa de este fenómeno, mediante un dibujo de una cuerda fija por los dos extremos y de los diversos armónicos.

¿Podrías encontrar la relación que existe entre la longitud de la cuerda fija por los dos extremos y las longitudes de onda posibles? ¿Qué relación habrá entre la velocidad de propagación, frecuencia y longitud de onda que produce la onda estacionaria?

### **Hipótesis y fundamento teórico**

La resonancia es un fenómeno según el cual, cuando un objeto vibrante, por ejemplo una cuerda, es sometido a una fuerza cuya frecuencia de aplicación coincide con su

frecuencia propia, la amplitud aumenta considerablemente. Por ejemplo, si a un columpio le aplico una fuerza a favor de su movimiento, al cabo de 2 o 3 impulsos el columpio se balanceará bastante. Hemos producido resonancia.

Hacemos vibrar una cuerda a diferentes frecuencias, cuando éstas sean múltiplo entero de la frecuencia fundamental de vibración, ¿qué le ocurrirá a la amplitud a causa del fenómeno de resonancia? Cuando las frecuencias aplicadas no coincidan, ¿qué le ocurrirá a la cuerda?

### Material y montaje.

2 soportes

2 pinzas

2 nueces

Generador de ondas

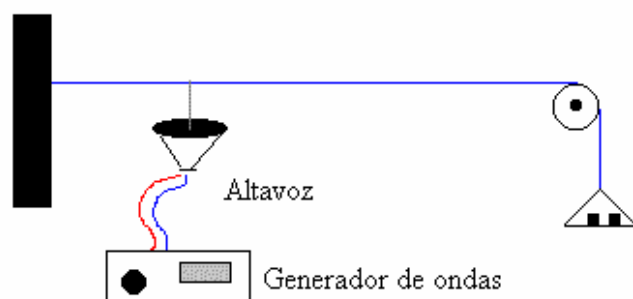
Polea

Platillo con pesos

2 Altavoces.

1 Osciloscopio.

1,5 m de cuerda de densidad lineal conocida, 0,16 g/m, si es posible, fosforescente.



La cuerda horizontal está sujeta por uno de los extremos de ésta, del otro extremo cuelga un platillo donde se colocan pesas. Una aguja está sujeta al centro de la membrana de un altavoz y por el otro extremo está unida a la cuerda. La aguja comienza a vibrar cuando se conecta el altavoz al generador de ondas.

### Procedimiento experimental (medidas y representación gráfica)

La velocidad de propagación de una onda en una cuerda,  $V$ , se puede demostrar que viene dada por

$$V = \sqrt{\frac{T}{m}} \quad (1)$$

Donde  $T$  es la tensión de la cuerda y  $m$  la densidad lineal de esta.

Una vez establecida la velocidad de propagación, o la tensión de la cuerda, vamos cambiando la frecuencia de la fuerza oscilante para buscar las distintas formas de oscilación de la cuerda. Para eso tenemos en cuenta que en los nodos no hay vibración es decir que su amplitud es 0. Esto quiere decir que la longitud de la cuerda nada más

puede ser un número entero de mitad de longitud de onda, es decir:  $L = n \frac{\lambda}{2}$  (2),

siendo  $\lambda$  la longitud de onda,  $L$  la longitud de la cuerda y  $n = 1, 2, 3, \dots$ . Cuando  $n = 1$  tenemos el primer armónico o fundamental  $n = 2$  el segundo;  $n = 3$  el tercero etc.

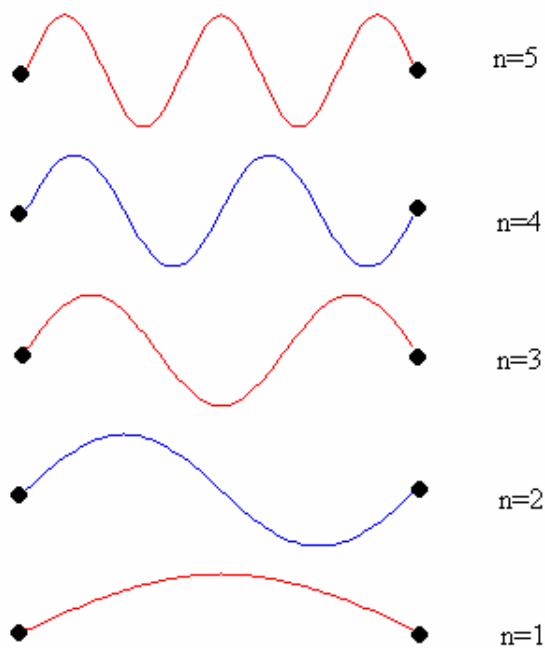
Como  $f = \frac{V}{\lambda} = \frac{\sqrt{\frac{T}{m}}}{\frac{2L}{n}} = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T}{m}}$ , según (1) y (2), la longitud de onda depende de la

velocidad y ésta al mismo tiempo de la tensión de la cuerda, y de la frecuencia. Lo que haremos en la práctica es mantener constante la velocidad, es decir, la tensión e iremos variando las frecuencias que serán múltiples de la fundamental para de esta manera ir obteniendo los armónicos. Lo que sí se puede hacer es variar la tensión para así obtener distintos armónicos fundamentales y sus grupos correspondientes. Para velocidades bajas si la cuerda es poco densa la tensión también será baja.

Una vez elegida la velocidad se calcula la tensión,  $T = V^2\mu$  y a partir de aquí la frecuencia del primer armónico y sucesivos. Una vez hecho el montaje de la figura se eligen las frecuencias obtenidas, se aplican al generador de ondas y se observan los resultados.

Se puede elegir velocidades de 20 y 30 m/s por ejemplo u otras que permitan una buena observación.

| V m/s | Densidad (g/m) | Tensión (N) | f <sub>1</sub> (Hz) | f <sub>2</sub> (Hz) | f <sub>3</sub> (Hz) | f <sub>4</sub> (Hz) | f <sub>5</sub> (Hz) |
|-------|----------------|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 20    | 1              |             |                     |                     |                     |                     |                     |
| 30    | 1              |             |                     |                     |                     |                     |                     |



### Cuestiones

- ¿Qué sucede cuando elegimos correctamente la frecuencia fundamental y sus múltiplos?
- ¿Qué sucede si la frecuencia elegida no es la fundamental ni múltiplo de ésta?

Si la cuerda es poco densa, ¿cómo será la tensión aplicada para una determinada velocidad comparándola con una cuerda más densa?

### Recursos de Internet

<http://www.sc.ehu.se/sbweb/física/ondas/estacionarias/estacionarias.html>

<http://www.ehu.se/acústica/espanol/basico/suones/suones.html>

<http://pegasus.udea.edu.co/dbetan/tesis/ondas.html>

### Ciencia, técnica y sociedad

Los fenómenos ondulatorios son muy abundantes en la vida cotidiana. Señala, al menos tres fenómenos donde se evidencia el carácter ondulatorio.

Enumera algún fenómeno de resonancia de ondas en la vida cotidiana.

El concepto de onda estacionaria aplicado a las partículas elementales, electrones, protones, etc. está estrechamente ligado a la creación de la Mecánica Ondulatoria por Shcrödinger. Indica alguna aplicación de este hecho en análisis químicos, medicina etc.

### Final

Elabora un informe a final para colgarlo en la web de la universidad. Éste debe incluir como mínimo lo siguiente (las indicaciones del anexo te pueden orientar):

Título de la experiencia (corto y que indique claramente de qué trata).

Fotografía de los componentes del grupo, nombres y lugar donde estudiáis.

Introducción (objetivo, fecha, donde habéis hecho la experiencia ...)

Fundamento teórico (resumen teórico del fenómeno estudiado)

Hipótesis (qué esperáis obtener, qué variables consideraréis y como esperáis que se comporten...)

Diseño experimental (esquema del montaje, fotografía, características, materiales...)

Procedimiento (explicar las acciones realizadas, incluyendo las observaciones que consideraréis importantes)

Medidas y cálculos (tablas de valores, magnitudes, unidades y representaciones gráficas...)

Respuesta a las cuestiones finales

Conclusiones (qué se ha demostrado, qué ventajas e inconvenientes tiene vuestro diseño experimental y vuestro método, otras cuestiones relacionadas que propondrías para ampliar la investigación ...)

Bibliografía consultada de la siguiente forma:

Apellido, nombre (año de publicación), título del libro en cursiva, Editorial, ciudad de publicación, página donde está la información

- Si la fuente de información es Internet, hay que incluir la dirección electrónica.

**Anexo: ayuda para elaborar el informe final**

| <b>Acciones que debo hacer</b>  | <b>Estará bien hecho si...</b>   |
|---|--|
| 1. Escoger un título para el informe                                  | 1.1 está de acuerdo con la experiencia<br>1.2 resume el objetivo principal<br>1.3 es sugerente   |
| 2. Identificar el objetivo principal                                  | 2.1 está de acuerdo con las finalidades del trabajo realizado<br>2.2 comienza con un verbo   |
| 3. Plantear la hipótesis  | 3.1 se indican las variables dependiente e independiente<br>3.2 se indican las variables controlables<br>3.3 se redactan utilizando la forma:<br>“Si..... entonces .....   |
| 4. Indicar los materiales e instrumentos utilizados en la experiencia | 4.1 se anotan todos<br>4.2 se nombran correctamente  |
| 5. Describir el procedimiento seguido                                 | 5.1 está de acuerdo con la hipótesis<br>5.2 se describen los diferentes pasos en párrafos separados<br>5.3 los párrafos son cortos, precisos y concisos<br>5.4 se acompaña con esquemas  |
| 6. Transcribir las observaciones y los datos                          | 6.1 son sistemáticas en relación con la variable independiente<br>6.2 se utilizan tablas y cuadros<br>6.3 se visualizan fácilmente<br>6.4 incluyen observaciones sobre aspectos divergentes u otros  |
| 7. Transformar los datos  | 7.1 si permiten visualizar y llegar a conclusiones en relación con la hipótesis planteada<br>7.2 si se utilizan gráficos o esquemas  |
| 8. Redactar las conclusiones  | 8.1 responden a la hipótesis<br>8.2 se relacionan con aspectos teóricos que explican los resultados obtenidos<br>8.3 se diferencian las interpretaciones personales de las que son aceptadas científicamente<br>8.4 en la redacción se utilizan los términos científicos adecuados y sin errores<br>8.5 si las frases están bien construidas (atención a los conectores) |

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| 9. Revisar el texto elaborado | 9.1 se comprueba que una persona que no ha hecho el experimento lo puede repetir<br>9.2 la presentación permite leer fácilmente el texto<br>9.3 la puntuación y lo ortografía son correctos |
|-------------------------------|---|