Física, tecnología y sociedad

Cuantización de ondas

En una onda viajera se pueden producir ondas con la longitud de onda que queramos, pues basta modificar la frecuencia de la vibración, como se deduce de $\lambda = \frac{v}{f}$.

¿Ocurre lo mismo con una onda estacionaria? Cuando pulsamos la cuerda de una guitarra, la onda estacionaria que se origina debe tener nodos en los extremos de la cuerda, por ser puntos fijos. Luego el número de medias longitudes de onda contenidas en la longitud de la cuerda L ha de ser un número entero:

$$L = \frac{n\,\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = \frac{2\,L}{n}$$

En efecto, si los extremos de la cuerda cumplen $x = 0$, $x = L$, que reciben el nombre de **condiciones de contorno,** y como la separación de dos nodos entre sí es media longitud de onda, debe haber un número entero de semilongitudes de onda que se ajuste a la longitud de la cuerda.

Si llamamos λ_n a cada una de las longitudes de onda que satisfacen las condiciones de contorno, se cumple:

$$\lambda_n = \frac{2\,L}{n}$$

Por tanto, las longitudes de onda posibles son:

Para $n = 1 \Rightarrow \lambda_1 = 2\,L$

Para $n = 2 \Rightarrow \lambda_2 = L$

Para $n = 3 \Rightarrow \lambda_3 = \frac{2\,L}{3}$

Una onda estacionaria, entonces, no puede tener cualquier longitud de onda. Solamente son posibles aquellos valores que satisfacen las condiciones de contorno. Se dice que la longitud de onda de las ondas estacionarias está **cuantizada** (Fig. 2.36).

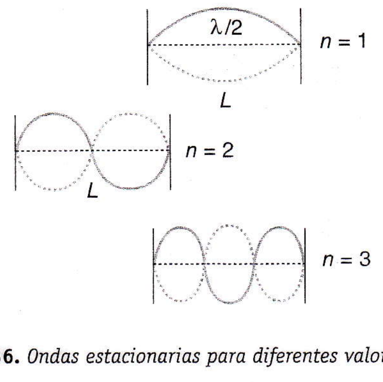

Fig. 2.36. *Ondas estacionarias para diferentes valores de n.*

Lo mismo ocurre con la frecuencia, cuyos valores también están restringidos o cuantificados:

$$f_n = \frac{v}{\lambda_n} = n\,\frac{v}{2\,L}$$

Estos posibles valores de la frecuencia reciben el nombre de **frecuencias naturales.** La frecuencia natural más baja se llama **frecuencia fundamental:**

$$f_1 = \frac{v}{2\,L} = \frac{\sqrt{\frac{F}{\eta}}}{2\,L} \quad (1)$$

Las frecuencias naturales se pueden expresar como múltiplo entero de la frecuencia fundamental:

$$f_n = n\,f_1 \; (n = 1, 2, 3\ldots)$$

y reciben el nombre de **armónicos.**

La frecuencia fundamental de la cuerda de una guitarra depende de la longitud de la cuerda, de su densidad lineal y de la fuerza que la tensa, de acuerdo con la ecuación (1).

Cuando se afina una guitarra se modifica la tensión de las cuerdas. La longitud entre los extremos fijos de una cuerda se puede modificar presionando la cuerda con una presilla o ceja. También recibe este nombre el listón que poseen los instrumentos de cuerda entre el clavijero y el mástil, para apoyo y separación de las cuerdas. Las distintas cuerdas tienen distintos valores para la densidad. Por esto son de distinto espesor.

Importancia de las ondas estacionarias

Las ondas estacionarias tienen gran importancia en música. Las ondas sonoras que se generan en los instrumentos de cuerda, así como las formadas en los tubos sonoros, una flauta por ejemplo, son estacionarias.

El comportamiento de un electrón dentro de un átomo se puede describir mediante una función de onda estacionaria, puesto que los electrones están confinados en dicho átomo. Estas condiciones de contorno originan que las funciones de onda de los electrones presenten nodos similares a los de las ondas estacionarias de una cuerda.

Los distintos niveles de energía atómicos están cuantizados. La cuantización de las energías atómicas es el resultado de introducir las condiciones de contorno a las ondas estacionarias de los electrones.