

Ondas Estacionarias en cuerdas
Determinación de la velocidad de propagación
Determinación de la densidad lineal de una cuerda.

Temas:

- Propagación de Ondas. Ondas transversales. Velocidad de propagación de ondas. Interferencia. Ondas Estacionarias. Resonancia.

CONCEPTOS TEÓRICOS.

Ondas transversales en cuerdas.

Cuando una cuerda tensa está afectada por una perturbación periódica, esta perturbación se propaga a lo largo de la cuerda, transmitiendo energía y cantidad de movimiento. Esta perturbación que se propaga define el concepto de onda viajera. Mientras la energía (o la onda) viaja en dirección de la cuerda, las partículas de la misma vibran en forma perpendicular a esta dirección. Es por esto que estas ondas se denominan transversales.

Si se define un sistema de coordenadas con el eje x en la dirección de la cuerda y el eje y en dirección perpendicular, la ecuación matemática que define la posición de cada partícula de la cuerda, en función del tiempo es de la forma :

$$y(x, t) = y_{max} \text{sen}(kx - \omega t) ,$$

en donde y_{max} es la máxima elongación para la oscilación de una partícula de la cuerda (en [m]), k es el número de onda (en [rad/m]) y ω es la frecuencia angular de la oscilación armónica (en [rad/s]).

Por otro lado, se puede demostrar que la velocidad de propagación de una onda en una cuerda transversal es igual a:

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} ,$$

en donde T es la tensión que actúa sobre la cuerda (en [N]) y μ es la densidad lineal de la cuerda (en [kg/m])-

Así mismo, también se puede expresar esta velocidad en términos de la longitud de onda y de la frecuencia, de la siguiente manera:

$$v = \lambda f ,$$

con λ en [m] y f en [Hz].

Ondas Estacionarias.

Cuando la onda que se propaga por una cuerda llega a un extremo se produce una reflexión dando lugar a que existan ondas de la misma longitud de onda, que se mueven en ambos sentidos, al mismo tiempo. Estas ondas se combinan de acuerdo al principio de superposición que rige la interferencia de ondas. Cuando se da el caso en que la frecuencia de estas ondas que se superponen dan como resultado una situación vibratoria estacionaria se dice que se produjo una onda estacionaria, que básicamente es un estado de resonancia mecánica.

Desde el punto de vista matemático las dos ondas que se superponen responden a las siguientes ecuaciones:

$$y_1(x, t) = y_{max} \text{sen}(kx - \omega t)$$

$$y_2(x, t) = y_{max} \text{sen}(kx + \omega t)$$

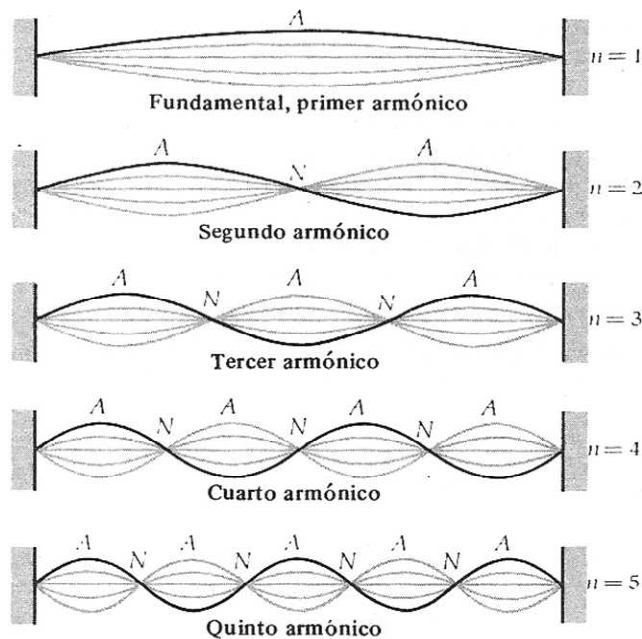
La suma de estas dos ondas se escribe de la siguiente manera:

$$y(x, t) = y_1 + y_2 = y_{max} \text{sen}(kx - \omega t) + y_{max} \text{sen}(kx + \omega t)$$

Esta suma da como resultado:

$$y(x, t) = 2 y_{max} \cos \omega t \text{sen } kx$$

Esta ecuación se denomina *función de onda estacionaria*, y para distintas frecuencias, en una misma cuerda representa a las ondas estacionaria que se muestran en la siguiente figura:



Si consideramos que el largo de la cuerda es L , las relaciones con la longitud de onda y la frecuencia son las siguientes:

Para el primer armónico $L = \frac{\lambda}{2}$

Para el segundo armónico $L = 2 \frac{\lambda}{2}$

Para el tercer armónico $L = 3 \frac{\lambda}{2}$

Para el cuarto armónico $L = 4 \frac{\lambda}{2}$

Para el quinto armónico $L = 5 \frac{\lambda}{2}$

Estas relaciones pueden generalizarse de la siguiente manera:

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

en donde n representa el modo de vibración estacionaria, también llamado "orden del armónico".

Experiencia:

Procedimiento a Seguir.

1. Mida la longitud de la cuerda que se hará vibrar y mida en una balanza la masa que la mantendrá tensa.
2. Monte el dispositivo experimental, encienda el generador, y busque las frecuencias correspondientes a las ondas estacionarias fundamental y sus sucesivas (por lo menos dos o tres)
3. Registre las distancias entre nodos y frecuencias correspondientes para cada caso así como la apreciación de las mediciones.
4. Calcule la longitud de onda y luego la velocidad de propagación. Cuantifique los errores de método.
5. Confeccione una tabla con los valores de densidad lineal, con su correspondiente error, para cada caso.
6. Presentar todo el proceso en un informe expresando conclusiones.
