Parte III

Ondas

Capítulo 4

Teoría de Ondas

4.1. Introducción

El fenómeno del movimiento ondulatorio, o trasmisión de una perturbación, es quizás uno de los más importantes en Física, y se manifiesta en diversas formas tales como las ondas mecánicas y las ondas electromagnéticas. Las primeras, que son las de interés en los experimentos de *tubo de Kundt y cuerda vibrante*, se originan por vibraciones en torno de su posición de equilibrio de los elementos constitutivos de la materia.

Respecto a clasificar las ondas mecánicas, se dice que ellas pueden ser longitudinales o transversales, según que la vibración sea en la misma dirección de propagación de la perturbación o en sentido perpendicular.

Como ejemplo de las longitudinales se puede citar el sonido, y de las transversales las ondas (olas) producidas en el agua de una piscina al lanzar un cuerpo en ella. Referente a la causa que permite la propagación de la perturbación, ella está en las fuerzas de ligazón del material, luego, la ley de Hooke jugará un papel predominante en determinar que las vibraciones sean del tipo armónico simple. En realidad es algo más complicado que eso. De acuerdo al estudio del movimiento armónico simple, una partícula en x que vibre transversalmente en esa forma tendrá una posición y en el tiempo t, representada en la figura 4.1 y por la expresión siguiente:

$$y = a\ sen\,(kx + \omega t) \tag{4.1}$$

donde:

- a es la amplitud de la onda.

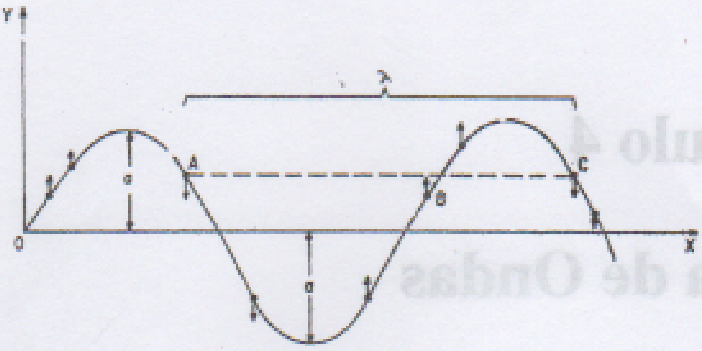

Figura 4.1: Gráfica que representa la onda de la ecuación 4.1.

- k es el llamado número de onda y se define como,

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

- λ es la longitud de onda y corresponde a la distancia entre dos puntos consecutivos de la onda que están en fase. (Puntos que realizan el mismo movimiento, por ejemplo A y C).

- ω es la frecuencia angular y se define como,

$$\omega = \frac{2\pi}{\Gamma}$$

- Γ es el período y corresponde al intervalo de tiempo entre dos crestas o entre dos valles sucesivos que pasan por cualquier punto en la onda. El período está relacionado con la frecuencia por:

$$f = \frac{1}{\Gamma}$$

- f es el número de oscilaciones que realiza cada partícula en un segundo.

4.2. Ondas estacionarias

Si la onda

$$y_i = a\, sen\,(kx + \omega t)$$

se refleja sobre si misma al chocar con un obstáculo que impide su propagación, y se genera una onda reflejada

$$y_r = a\, sen\,(kx - \omega t)$$

que viaja en sentido contrario a y_i, la composición de ambas ondas originará una perturbación resultante (ver figura 4.2), representada por (demostrarlo):

$$y_R = y_i + y_r = 2a\, sen\,(kx)\, cos\,(\omega t) \tag{4.2}$$

El término $2a\, sen\,(kx)$, el cual es una función sinusoidal de x e independiente del tiempo, corresponde a la amplitud de una nueva onda.

- Para $sen\,(kx) = \pm 1$, ésto es para $kx = (2n+1)\,\frac{\pi}{2}$, o lo que es lo mismo $x = (2n+1)\,\frac{\lambda}{4}$ con $(n = 0, 1, 2...)$, se tienen puntos V con la máxima amplitud de vibración $2a$ (*vientres o antinodos*). Estos puntos están separados entre si por una distancia igual a media longitud de onda.

- Para $sen\,(kx) = 0$, ésto es, para $kx = n\pi$, o ló que es lo mismo $x = n\frac{\lambda}{2}$ $(n = 0, 1, 2, ..)$ se tiene $y_R = 0$, es decir los puntos N están siempre en reposo (*nodos*). También los nodos se hallan separados entre sí una distancia igual a media longitud de onda.

Entre dos nodos la amplitud de vibración aumenta de acuerdo a la función sinusoidal hasta llegar al máximo, que se alcanza en el vientre, y después disminuye hasta cero. Todos los puntos entre dos nodos vibran en concordancia de fase.

En general, en cada instante para un valor determinado de t, la elongación y_R es una función sinusoidal de x. Si se consideran vibraciones transversales (ver por ejemplo, el experimento de la cuerda vibrante), la cuerda toma en todo instante la forma de una sinusoide; la amplitud de esta sinusoide es función del tiempo, pero la onda permanece en reposo y no se propaga a lo largo de la cuerda. Por ésto se dice que se trata de *ondas estacionarias*.

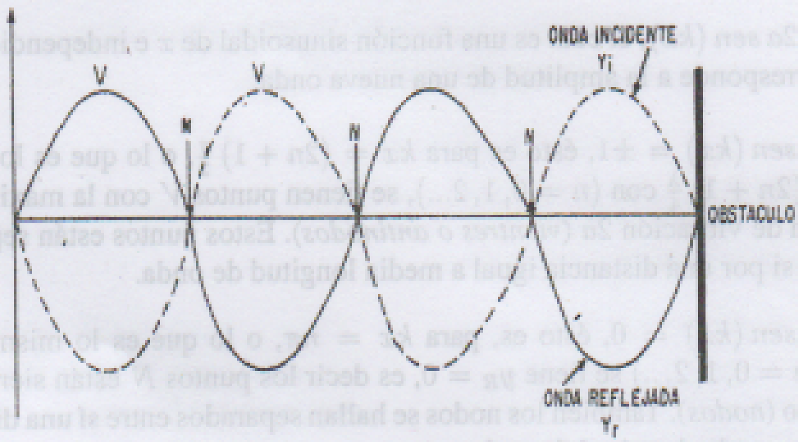

Figura 4.2: Ondas estacionarias