



FIG. 26-3.—Imagen de una onda sinusoidal que se propaga hacia la derecha, a intervalos de $1/8$ de período.

$$y = f(x - Vt). \quad [26-3]$$

La Ec. [26-3] representa, por tanto, una onda transversal que se propaga hacia la derecha con velocidad V , siendo $y = f(x)$ la forma correspondiente al instante $t = 0$. Si la onda se propagase hacia la izquierda, su ecuación sería

$$y = f(x + Vt).$$

Por supuesto, la forma particular de la función $f(x)$ está determinada por la forma inicial dada a la cuerda. Veremos después algunos ejemplos concretos.

Supongamos ahora que uno de los extremos de una cuerda tensa se hace vibrar periódicamente en sentido transversal, con movimiento armónico simple de amplitud Y , frecuencia f y período $T = 1/f$. De momento supondremos que la cuerda tiene suficiente longitud para poder despreciar los efectos en el extremo alejado. En lugar de la onda única considerado en la discusión precedente, un tren continuo de ondas transversales sinusoidales se propaga a lo largo de la cuerda. La forma de una porción de cuerda próxima al extremo, a intervalos de $1/8$ de período, está representada en la figura 26-3 para un tiempo total de un período. Se supone que la cuerda ha estado vibrando durante suficiente tiempo para que su forma sea sinusoidal a una distancia infinita del extremo perturbado. Se deduce de la figura que la forma de la onda avanza constantemente hacia la derecha, en tanto que cualquier punto de la cuerda (véase el circulito negro) oscila con movimiento armónico simple en torno a su posición de equilibrio.

La distancia entre dos máximos sucesivos (o entre dos puntos cuales-

cquiera consecutivos que se encuentren en la misma fase) es la longitud de onda de la onda, y se representa por λ . Puesto que la forma de la onda, que se propaga con velocidad constante V , avanza una distancia de una longitud de onda en el intervalo de tiempo de un período, resulta que

$$\lambda = VT, \quad \lambda = V/f, \quad V = f\lambda \quad [26-4]$$

Esto es, la velocidad de propagación es igual al producto de la frecuencia por la longitud de onda.

Nos proponemos ahora obtener la ecuación de este tren de ondas sinusoidales. Si hacemos $t = 0$ en el instante en que la cuerda tiene la forma representada en la figura 26-3 (c), $f(x)$ en el instante $t = 0$ será:

$$y = Y \sin \frac{2\pi}{\lambda} x,$$

por tanto, en virtud de la Ec. [26-3], la ecuación de la onda es:

$$y = Y \sin \frac{2\pi}{\lambda} (x - Vt). \quad [26-5]$$

Si hacemos $t = 0$ cuando la cuerda tiene la forma de la figura 26-3 (a), $f(x)$ en el instante $t = 0$ será:

$$y = Y \cos \frac{2\pi}{\lambda} x,$$

y la ecuación de la onda es:

$$y = Y \cos \frac{2\pi}{\lambda} (x - Vt). \quad [26-6]$$

Si se hace $t = 0$ en un instante arbitrario, la ecuación se escribe:

$$y = Y \cos \frac{2\pi}{\lambda} (x - Vt - x_0).$$

Puesto que se puede hacer $t = 0$ en cualquier instante que nos convenga, por razones de sencillez utilizaremos la Ec. [26-6] para representar la onda.

Si un tren de ondas sinusoidales se está propagando hacia la izquierda, su ecuación será, evidentemente:

$$y = Y \cos \frac{2\pi}{\lambda} (x + Vt). \quad [26-7]$$

Se propone como ejercicio la demostración de que la Ec. [26-6] es equivalente a

$$y = Y \cos 2\pi \left(\frac{x}{\lambda} - \frac{t}{T} \right) = Y \cos 2\pi f \left(t - \frac{x}{V} \right) = Y \cos \left(2\pi f t - \frac{2\pi x}{\lambda} \right) \quad [26-8]$$