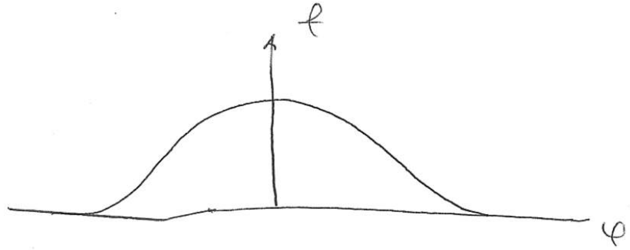


Fig. 9.3.1

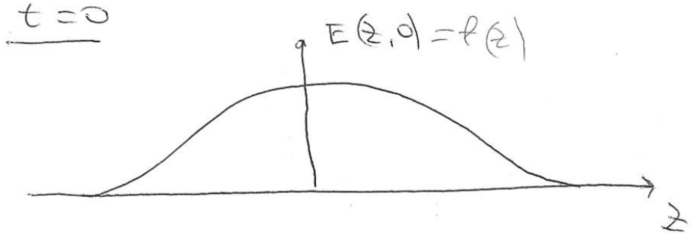


Fig. 9.3.2

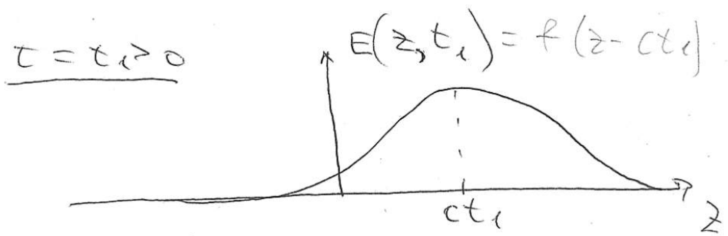
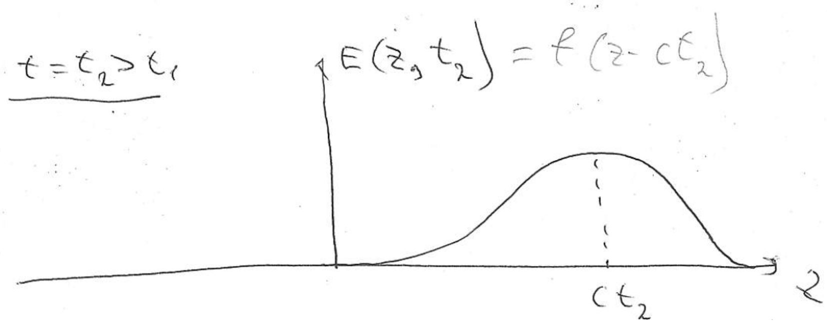


Fig. 9.3.3



O exemplo mostrado na figura 13.1 representa uma translação de um impulso. Podemos chamá-lo de onda solitária.

Outro caso, que é de interesse, é o de uma onda harmónica, ou sinusoidal, quando f é uma função sinusoidal e a Eq. $\xi(x,t) = f(x - vt)$, é

$$\xi(x,t) = \xi_0 \sin k(x - vt) \tag{13.6}$$

onde ξ_0, v, e k são constantes dadas. v continua a ser a velocidade da onda, o sentido físico de ξ_0 e k está por esclarecer ainda.

Uma forma mais genérica de descrever uma onda harmónica:

$$\xi(x,t) = \xi_0 \sin\left[k(x - vt) + \varphi_0\right], \tag{13.7}$$

onde φ_0 é uma constante dada chamada de fase inicial.

Existem ainda outras formas de descrever uma onda harmónica. Por exemplo, vamos pôr $\varphi_0 = \varphi_0' + \frac{\pi}{2}$ na Eq. (13.7):

$$\xi(x,t) = \xi_0 \sin\left[\frac{\pi}{2} + k(x - vt) + \varphi_0'\right] = \xi_0 \cos\left[k(x - vt) + \varphi_0'\right]$$

Mudando a notação de φ_0' para φ_0, temos

$$\xi(x,t) = \xi_0 \cos\left[k(x - vt) + \varphi_0\right] \tag{13.8}$$

Vamos designar

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

Eq. (13.6) pode ser escrita como

$$\xi(x,t) = \xi_0 \sin\frac{2\pi}{\lambda}(x - vt). \tag{13.9}$$

Vamos fazer um gráfico desta função ($\xi_0 \sin \frac{2\pi}{\lambda}(x - vt)$) no instante $t = t_1$ (ver figura 13.2). Cálculo auxiliar:

x	$\frac{2\pi}{\lambda}(x - vt_1)$ (argumento do seno)	$\xi(x, t_1) = \xi_0 \sin \frac{2\pi}{\lambda}(x - vt_1)$
vt_1	$\frac{2\pi}{\lambda}(vt_1 - vt_1) = 0$	$\xi_0 \sin 0 = 0$
$vt_1 + \frac{\lambda}{4}$	$\frac{2\pi}{\lambda}\left(vt_1 + \frac{\lambda}{4} - vt_1\right) = \frac{\pi}{2}$	$\xi_0 \sin \frac{\pi}{2} = \xi_0$
$vt_1 + \frac{\lambda}{2}$	$\frac{2\pi}{\lambda}\left(vt_1 + \frac{\lambda}{2} - vt_1\right) = \pi$	$\xi_0 \sin \pi = 0$
$vt_1 + \frac{3\lambda}{4}$	$\frac{2\pi}{\lambda}\left(vt_1 + \frac{3\lambda}{4} - vt_1\right) = \frac{3\pi}{2}$	$\xi_0 \sin \frac{3}{2}\pi = -\xi_0$
$vt_1 + \lambda$	$\frac{2\pi}{\lambda}(vt_1 + \lambda - vt_1) = 2\pi$	$\xi_0 \sin 2\pi = 0$

Vê-se que ξ_0 é a amplitude da onda (i.e., a amplitude de oscilações da grandeza ξ). λ chama-se comprimento de onda (sentido físico: o "período espacial" da onda). k chama-se número de onda.

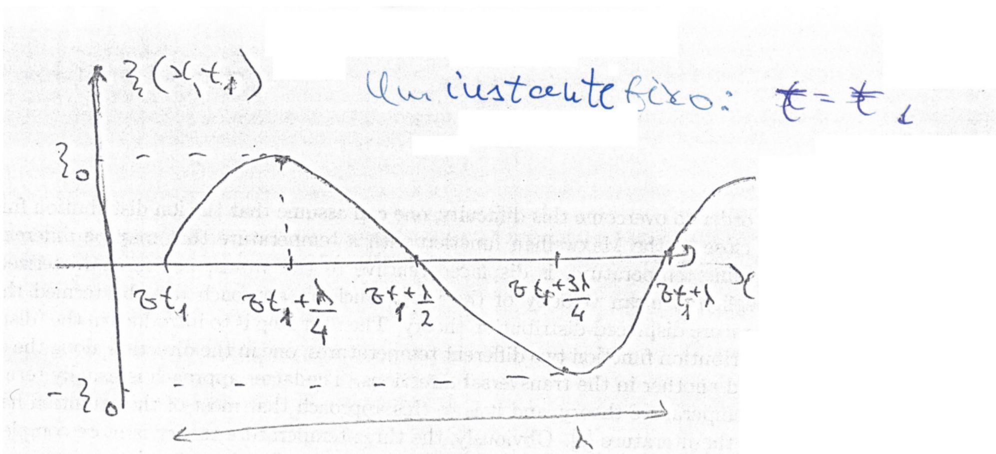


Fig. 13.2

Vamos designar

$$T = \frac{\lambda}{v} \tag{13.10}$$

Eq. (13.9) ($\xi(x, t) = \xi_0 \sin \frac{2\pi}{\lambda}(x - vt)$) pode ser escrita como

$$\xi\left(x,t\right)=\xi_0\sin 2\pi\left(\frac{x}{\lambda}-\frac{t}{T}\right).$$

A figura 13.2 pode ser visualizada como uma fotografia tirada no instante $t=t_1$. Outra maneira de visualizar: vamos medir ξ num ponto fixo $x=x_1$ em função do tempo. Cálculo auxiliar:

t	$2\pi\left(\frac{x_1}{\lambda}-\frac{t}{T}\right)$ (argumento do seno)	$\xi\left(x_1,t\right)=\xi_0\sin 2\pi\left(\frac{x_1}{\lambda}-\frac{t}{T}\right)$
$T\frac{x_1}{\lambda}$	$2\pi\left(\frac{x_1}{\lambda}-\frac{T\frac{x_1}{\lambda}}{T}\right)=2\pi\left(\frac{x_1}{\lambda}-\frac{x_1}{\lambda}\right)=0$	$\xi_0\sin 0=0$
$T\frac{x_1}{\lambda}+\frac{T}{4}$	$2\pi\left(\frac{x_1}{\lambda}-\frac{T\frac{x_1}{\lambda}+\frac{T}{4}}{T}\right)=2\pi\left(\frac{x_1}{\lambda}-\frac{x_1}{\lambda}-\frac{T}{4}\right)=-\frac{\pi}{2}$	$\xi_0\sin\left(-\frac{\pi}{2}\right)=-\xi_0$
$T\frac{x_1}{\lambda}+\frac{T}{2}$	$-\pi$	$\xi_0\sin\left(-\pi\right)=0$
$T\frac{x_1}{\lambda}-\frac{T}{4}$	$2\pi\left(\frac{x_1}{\lambda}-\frac{T\frac{x_1}{\lambda}-\frac{T}{4}}{T}\right)=2\pi\left(\frac{x_1}{\lambda}-\frac{x_1}{\lambda}+\frac{T}{4}\right)=\frac{\pi}{2}$	$\xi_0\sin\left(\frac{\pi}{2}\right)=\xi_0$
$T\frac{x_1}{\lambda}-\frac{T}{2}$	π	$\xi_0\sin\left(\pi\right)=0$

Ver figura 13.3. Vê-se que T é o período da onda, i.e., o período de oscilações da grandeza ξ num ponto fixo. O sentido físico da Eq. (13.10) é simples: tempo é igual à distância dividida pela velocidade.

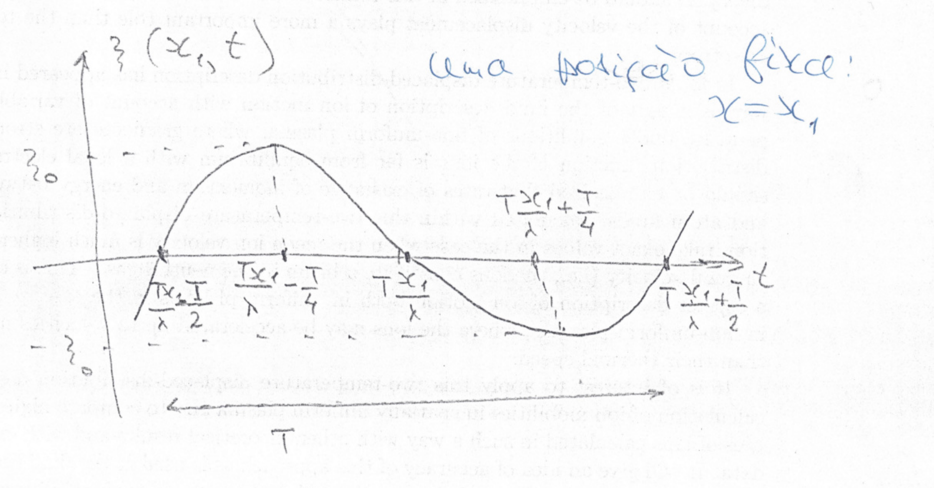


Fig. 13.3

Vamos designar $\nu=\frac{1}{T},\ \omega=2\pi\nu\equiv\frac{2\pi}{T}$

ν: frequência da onda. $[\nu]=\mathrm{Hz}=\mathrm{s}^{-1}$,

ω: frequência angular da onda. $[\omega]=\mathrm{rad/s}$.