

a) La ecuación diferencial de una onda es:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = v^2 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}$$

En el caso de ondas longitudinales en un sólido la velocidad de propagación es:

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

y depende del módulo de Young y de la densidad del material del sólido.

Si las ondas son transversales tenemos:

$$v = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

dependiendo en este caso la velocidad de propagación del módulo de rigidez y la densidad del sólido.

Para ondas longitudinales en un fluido la velocidad de propagación es:

$$v = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$$

y depende del módulo de compresibilidad y la densidad del fluido.

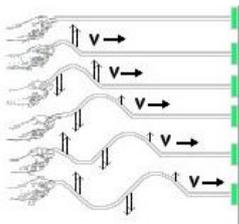
Y por último, para ondas transversales en una cuerda tenemos:

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

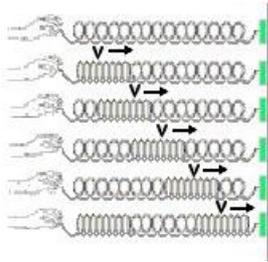
donde la velocidad depende de la tensión en la cuerda y de la densidad lineal de la misma.

Lo que podemos ver en todos los casos es que la velocidad de propagación de las ondas depende de las propiedades del medio en el cual se propaga.

b) Podemos distinguir diferentes tipos de ondas al considerar cómo están relacionados los movimientos de las partículas del medio material con respecto a la dirección de propagación de la onda misma. Si las oscilaciones de las partículas son perpendiculares a la dirección de propagación de la onda, tenemos una onda transversal. Por el contrario, si las partículas oscilan en la dirección en que se propaga la onda, tenemos una onda longitudinal.



Por ejemplo, imaginemos que a uno de los extremos de una cuerda tensa le aplicamos una sacudida transversal, como se muestra en la figura. La perturbación que experimenta dicho extremo no queda localizada en él, sino que avanza a lo largo de la cuerda, como se ilustra en las sucesivas imágenes. La perturbación se propaga a lo largo de la cuerda, pero los distintos elementos o porciones de la cuerda tan sólo se desplazan en dirección perpendicular a la cuerda, es decir, en dirección perpendicular a la de propagación de la perturbación, cuando la perturbación llega hasta ellos. Esta onda es transversal.



Un ejemplo de ondas longitudinales son las que se propagan en un muelle. Supongamos que súbitamente desplazamos el extremo del muelle hacia la derecha. Las partículas del resorte son obligadas a desplazarse hacia adelante, y la perturbación progresa a lo largo del resorte con una velocidad constante. El movimiento de cada partícula del resorte es hacia adelante, paralelo a la dirección en que se propaga la perturbación. Esta onda es longitudinal.

c) La velocidad de propagación de la onda es la velocidad a la que la perturbación atraviesa el medio físico. Es una velocidad constante y depende de las propiedades del medio, como hemos visto en el apartado a)

La velocidad de movimiento de las partículas del medio es la velocidad con que vibran las partículas en cada instante y en cada posición. Dicha velocidad no es constante, sino que depende del momento y de la posición en el espacio. Su cálculo sale evidentemente de la derivación de la ecuación de onda. En el caso de ondas armónicas, puesto que la posición de las partículas del medio es:

$$y = A \sin k(x - vt)$$

La velocidad de vibración será:

$$\dot{y} = \frac{dy}{dt} = -Akv \cos k(x - vt)$$