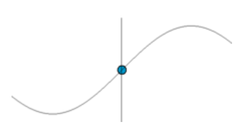
Física II
clase 5 (25/03)

Profesor: M. Antonella Cid
Departamento de Física, Facultad de Ciencias
Universidad del Bío-Bío

Carrera: Ingeniería Civil Informática

Definición

- Una onda es una perturbación que viaja desde el punto en el cual se produjo hacia el medio que rodea ese punto
- Las ondas se clasifican en:
  - ***Mecánicas:*** necesitan un medio para propagarse
  - ***Electromagnéticas:*** pueden propagarse en el vacío
- Es posible transportar energía sin transportar masa, mediante ONDAS



UNIVERSIDAD DEL BIO-BIO

Ondas mecánicas

- Ondas en cuerdas, ondas superficiales en agua y ondas sonoras
- Viajan a través de un medio deformable o elástico
- Se originan cuando cierta parte del medio se desplaza de su posición normal y se libera
- Debido a las propiedades elásticas del medio, la perturbación se propaga a través de éste.
- A nivel microscópico las fuerzas entre los átomos (propiedades mecánicas) son las responsables de la propagación de estas ondas

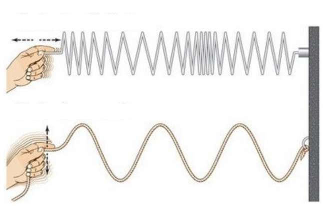
UNIVERSIDAD DEL BIO-BIO

Clasificación de ondas mecánicas

- De acuerdo a cómo se relaciona la dirección de propagación de la onda con el movimiento de las partículas
  - ***Ondas Transversales:*** la dirección de propagación es perpendicular al movimiento de las partículas de materia
  - ***Ondas Longitudinales:*** la dirección de propagación es paralela al movimiento de las partículas de materia

Ondas longitudinales

Ondas transversales

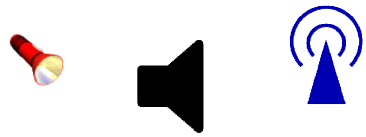


ondas de sonido

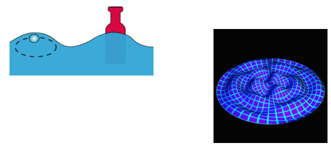
ondas en cuerdas

Ondas en varías dimensiones

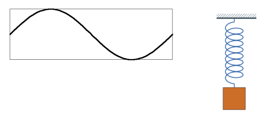
- *3 dimensiones:*
  - Ondas luminosas
  - Ondas de sonido



- *2 dimensiones:*
  - Ondas superficiales en agua
  - Ondas en membranas



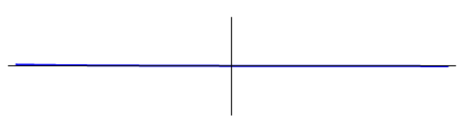
- *1 dimensión:*
  - Ondas en cuerdas y resortes



UNIVERSIDAD DEL BIO-BIO

Clasificación

- Según el movimiento de las partículas del medio:
  - ***Pulsación:*** cada partícula del medio permanece en reposo hasta que la pulsación llega a ésta, luego se mueve por un tiempo corto y permanece nuevamente en reposo

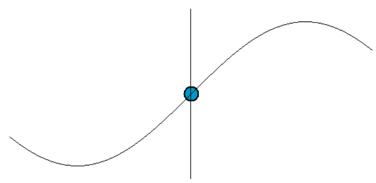


UNIVERSIDAD DEL BIO-BIO

Clasificación

- Según el movimiento de las partículas del medio:
  - ***Tren de Ondas:*** movimiento de vaivén continuo en un extremo de la onda, el tren de ondas viaja a lo largo de la cuerda. Si el movimiento de vaivén es periódico el tren de ondas es periódico.

    Un ejemplo de onda periódica es la **onda armónica**, en la cual cada partícula del medio experimenta *movimiento armónico simple*

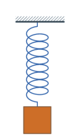


UNIVERSIDAD DEL BIO-BIO

Movimiento Armónico Simple (MAS)

Si combinamos la *ley de Hooke* (la fuerza que siente una masa m unida al extremo de un resorte de constante elástica k) con la segunda ley de Newton obtenemos una ecuación diferencial lineal de segundo orden:

$$F_e = -kx(t) = m\frac{d^2x(t)}{dt^2}$$



cuya solución más general es dada por:

$$x(t) = a\cos(\omega t) + b\sin(\omega t)$$

donde a y b son constantes que dependen de las condiciones iniciales y $\omega^2 = \frac{k}{m}$

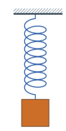
Debido a las propiedades de las funciones sinusoidales, $x(t)$ se puede reescribir como:

$$x(t) = x_m\cos(\omega t + \phi_1) = x_m\sin(\omega t + \phi_2)$$

Movimiento Armónico Simple (MAS)

Si combinamos la *ley de Hooke* (la fuerza que siente una masa m unida al extremo de un resorte de constante elástica k) con la segunda ley de Newton obtenemos una ecuación diferencial lineal de segundo orden:

$$F_e = -kx(t) = m\frac{d^2x(t)}{dt^2}$$



cuya solución más general es dada por:

$$x(t) = a\cos(\omega t) + b\sin(\omega t)$$

donde a y b son constantes que dependen de las condiciones iniciales y $\omega^2 = \frac{k}{m}$

Debido a las propiedades de las funciones sinusoidales, $x(t)$ se puede reescribir como:

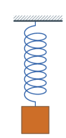
$$x(t) = x_m \cos(\omega t + \phi_1) = x_m \sin(\omega t + \phi_2)$$

amplitud

Movimiento Armónico Simple (MAS)

Si combinamos la *ley de Hooke* (la fuerza que siente una masa m unida al extremo de un resorte de constante elástica k) con la segunda ley de Newton obtenemos una ecuación diferencial lineal de segundo orden:

$$F_e = -kx(t) = m\frac{d^2x(t)}{dt^2}$$



cuya solución más general es dada por:

$$x(t) = a\cos(\omega t) + b\sin(\omega t)$$

donde a y b son constantes que dependen de las condiciones iniciales y $\omega^2 = \frac{k}{m}$

Debido a las propiedades de las funciones sinusoidales, $x(t)$ se puede reescribir como:

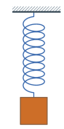
fase

$$x(t) = x_m \cos(\omega t + \phi_1) = x_m \sin(\omega t + \phi_2)$$

Movimiento Armónico Simple (MAS)

Si combinamos la *ley de Hooke* (la fuerza que siente una masa m unida al extremo de un resorte de constante elástica k) con la segunda ley de Newton obtenemos una ecuación diferencial lineal de segundo orden:

$$F_e = -kx(t) = m\frac{d^2x(t)}{dt^2}$$



cuya solución más general es dada por:

$$x(t) = a\cos(\omega t) + b\sin(\omega t)$$

donde a y b son constantes que dependen de las condiciones iniciales y $\omega^2 = \frac{k}{m}$

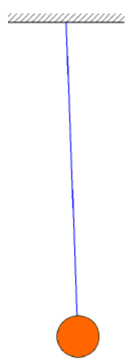
Debido a las propiedades de las funciones sinusoidales, $x(t)$ se puede reescribir como:

$$x(t) = x_m\cos(\omega t + \phi_1) = x_m\sin(\omega t + \phi_2)$$

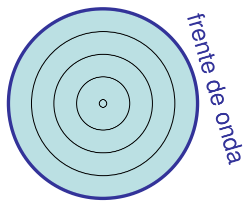
constante de fase

UNIVERSIDAD DEL BIO-BIO

Péndulo Simple



Frente de Onda

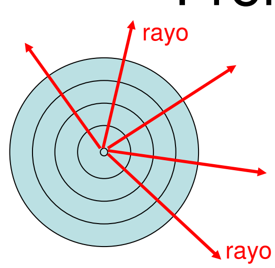


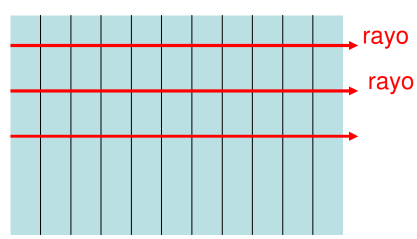
Frente de onda circular (2D) — 3D → Ondas esféricas

Frente de onda plano (2D) — 3D → Ondas planas

- Los puntos en un frente de onda tienen el mismo estado de movimiento

Frente de Onda





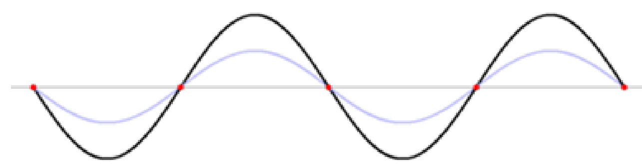
Frente de onda circular (2D) — 3D → Ondas esféricas

Frente de onda plano (2D) — 3D → Ondas planas

- El rayo indica la dirección de propagación del frente de onda y es perpendicular a los frentes de onda si el medio tiene densidad uniforme

Ondas en cuerdas

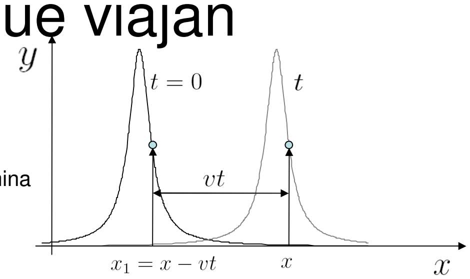
- Estudiaremos las ondas que se propagan en una dimensión en una ***cuerda*** (medio de propagación).
- En una ***cuerda ideal*** la pulsación o el tren de ondas mantiene su forma mientras viaja por este medio.
- Si la pulsación o el tren de ondas que viaja por el medio se deforma, entonces decimos que se trata de un ***medio dispersivo***



Pulsos que viajan

La forma y movimiento del pulso se describen en términos de una función $y(t, x)$

La velocidad v es constante y se denomina ***velocidad de fase***, corresponde a la velocidad con que se mueve el pulso.



Deseamos describir la altura de un punto en el pulso en el instante $t = 0$ y en el instante t , respecto de un sistema coordenado que se mueve con el pulso.

Dado que el pulso no cambia de forma: $y(t, x) = y(0, x_1) = y(0, x - vt) = f(x - vt)$

Para que el pulso no cambie de forma se requiere: $\boxed{y(t, x) = f(x - vt)}$

Un pulso que se mueve a la derecha será descrito por: $y(t, x) = f(x - vt)$
Un pulso que se mueve a la izquierda será descrito por: $y(t, x) = f(x + vt)$

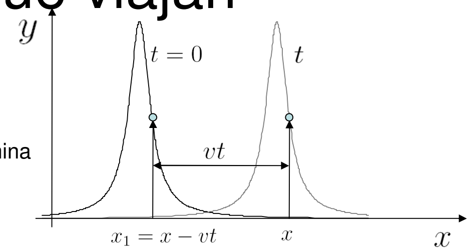
Notamos que $x - vt$ debe ser una constante, puesto que $v = \frac{dx}{dt}$ es constante

UNIVERSIDAD DEL BIO-BIO

Pulsos que viajan

La forma y movimiento del pulso se describen en términos de una función $y(t,x)$

La velocidad v es constante y se denomina ***velocidad de fase***, corresponde a la velocidad con que se mueve el pulso.



Deseamos describir la altura de un punto en el pulso en el instante $t = 0$ y en el instante t, respecto de un sistema coordenado que se mueve con el pulso.

Dado que el pulso no cambia de forma: $y(t,x) = y(0,x_1) = y(0,x-vt) = f(x-vt)$

Para que el pulso no cambie de forma se requiere: $y(t,x) = f(x-vt)$

Un pulso que se mueve a la derecha será descrito por: $y(t,x) = f(x-vt)$
Un pulso que se mueve a la izquierda será descrito por: $y(t,x) = f(x+vt)$

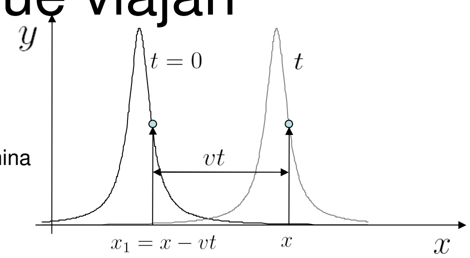
Notamos que $x - vt$ debe ser una constante, puesto que $v = \frac{dx}{dt}$ es constante

UNIVERSIDAD DEL BIO-BIO

Pulsos que viajan

La forma y movimiento del pulso se describen en términos de una función $y(t,x)$

La velocidad v es constante y se denomina ***velocidad de fase***, corresponde a la velocidad con que se mueve el pulso.



Deseamos describir la altura de un punto en el pulso en el instante $t = 0$ y en el instante t, respecto de un sistema coordenado que se mueve con el pulso.

Dado que el pulso no cambia de forma: $y(t,x) = y(0,x_1) = y(0,x-vt) = f(x-vt)$

Para que el pulso no cambie de forma se requiere: $y(t,x) = f(x-vt)$

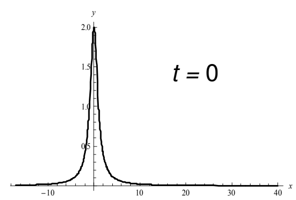
Un pulso que se mueve a la derecha será descrito por: $y(t,x) = f(x-vt)$
Un pulso que se mueve a la izquierda será descrito por: $y(t,x) = f(x+vt)$

Notamos que $x - vt$ debe ser una constante, puesto que $v = \frac{dx}{dt}$ es constante

UNIVERSIDAD DEL BIO-BIO

Ejemplo

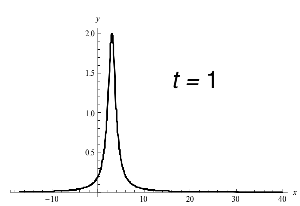
- Dibujar la función $y(t,x) = \dfrac{2}{(x-3t)^2+1}$ para $t = 0,1,2,3$



UNIVERSIDAD DEL BIO-BIO

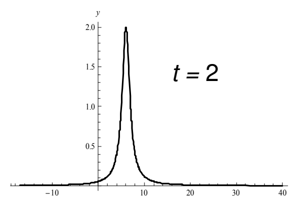
Ejemplo

- Dibujar la función $y(t,x) = \dfrac{2}{(x-3t)^2+1}$ para $t = 0,1,2,3$



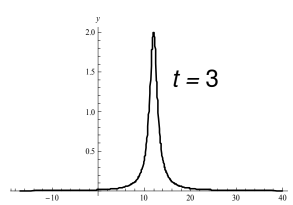
Ejemplo

- Dibujar la función $y(t,x) = \dfrac{2}{(x-3t)^2+1}$ para $t = 0,1,2,3$

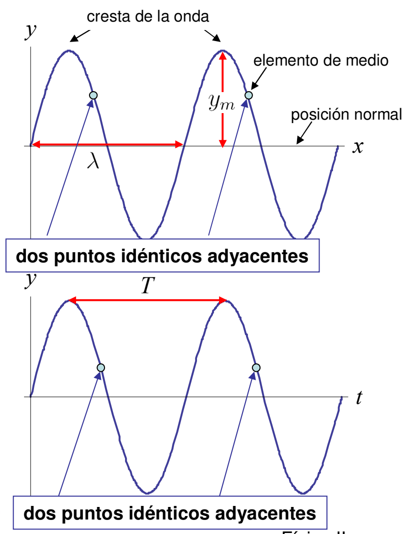


Ejemplo

- Dibujar la función $y(t,x) = \dfrac{2}{(x-3t)^2+1}$ para $t = 0,1,2,3$



Ondas Sinusoidales o Armónicas



Cresta de la Onda:
punto en el cual el desplazamiento del **elemento de medio** es máximo respecto de su posición normal

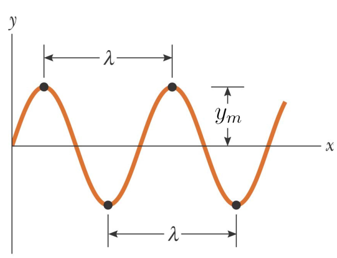
Longitud de Onda (λ):
distancia entre dos *crestas adyacentes* o dos *puntos idénticos adyacentes*

Amplitud (y_m):
corresponde al desplazamiento máximo de un elemento de medio respecto de su *posición normal*

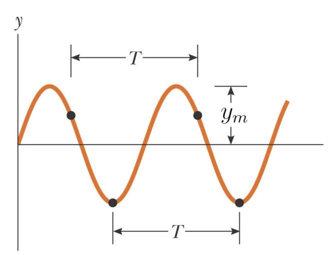
Frecuencia (f):
número de crestas por unidad de tiempo

Período (T):
tiempo que transcurre mientras dos *crestas adyacentes* o dos *puntos idénticos adyacentes* pasan por un punto

Ondas Sinusoidales o Armónicas

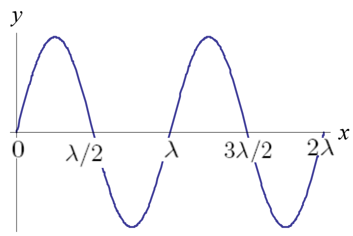


Es una foto de la onda!



Representación gráfica de la posición de un elemento de medio como función del tiempo

Ondas armónicas



Para tiempo constante:

$$y(x) = b \sin(ax)$$

$$y(0) = y(\lambda/2) = 0 \quad \Rightarrow \quad a = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$y(\lambda/4) = y_m \quad \Rightarrow \quad b = y_m$$

$$y(t,x) = y_m \sin\left[\frac{2\pi}{\lambda}(x - vt)\right]$$

$$y(t,x) = y_m \sin\left[\frac{2\pi}{\lambda}(x + vt)\right]$$

v se denomina ***velocidad de fase***, λ es la ***longitud de onda*** e y_m es la ***amplitud***

Ondas armónicas

- Para una onda armónica tenemos: $\lambda = vT$, luego:

$$y(t,x) = y_m \sin\left[2\pi\left(\frac{x}{\lambda} - \frac{t}{T}\right)\right]$$

- Con la función de esta forma es fácil notar la ***periodicidad*** de esta función, $y(t,x)$ tiene el mismo valor para $x, (x+\lambda), ..., (x+n\lambda), ...$ y también para $t, (t+T), ..., (t+nT), ...$
- Definimos las constantes ***k = 2π / λ : número de onda*** y ***ω = 2π / T: frecuencia angular***, de modo que:

$$y(t,x) = y_m \sin(kx - \omega t)$$

$$y(t,x) = y_m \sin(kx + \omega t)$$

- Note que se presenta la siguiente relación: $\lambda = vT \quad \Rightarrow \quad \omega = vk$

UNIVERSIDAD DEL BIO-BIO

Fase y constante de fase

- La expresión más general para una onda que viaje en la dirección x positiva es:

$$\boxed{y(t,x) = y_m \sin(kx - \omega t - \phi)}$$

donde $kx - \omega t - \phi$ se denomina ***fase de la onda*** y ϕ es la ***constante de fase***

- Se dice que: dos ondas con la misma fase (o con fases que difieren en un múltiplo entero de 2π) ***"están en fase"***, ejecutan el mismo movimiento al mismo tiempo.