



# Física III (sección 3) (230006-230010) Ondas, Óptica y Física Moderna

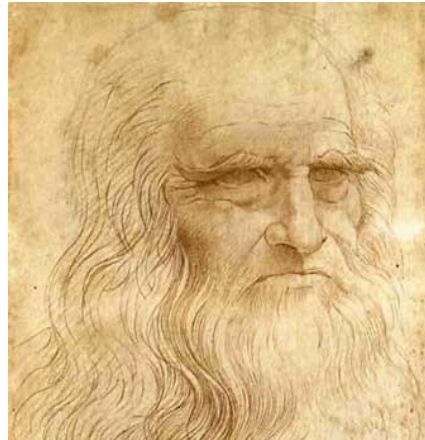
Profesor: M. Antonella Cid  
Departamento de Física, Facultad de Ciencias  
Universidad del Bío-Bío

**Carreras:** Ingeniería Civil Civil, Ingeniería Civil  
Mecánica, Ingeniería Civil Industrial

# Definición de onda

En el siglo XV Leonardo da Vinci ya comprendía el concepto de onda:

*“A menudo sucede que la onda escapa del sitio de su creación, mientras que el agua no. Como las ondas que se forman en un campo de trigo por efecto del viento, donde las vemos correr a través del campo mientras las espigas permanecen en su lugar”*



# Definición y Clasificación

**perturbación** que se **propaga** desde el punto en el cual se produjo hacia el medio que rodea ese punto

Es posible transportar **energía** sin transportar masa, mediante ONDAS

**ONDA**

**Mecánicas**

Necesitan un medio para propagarse

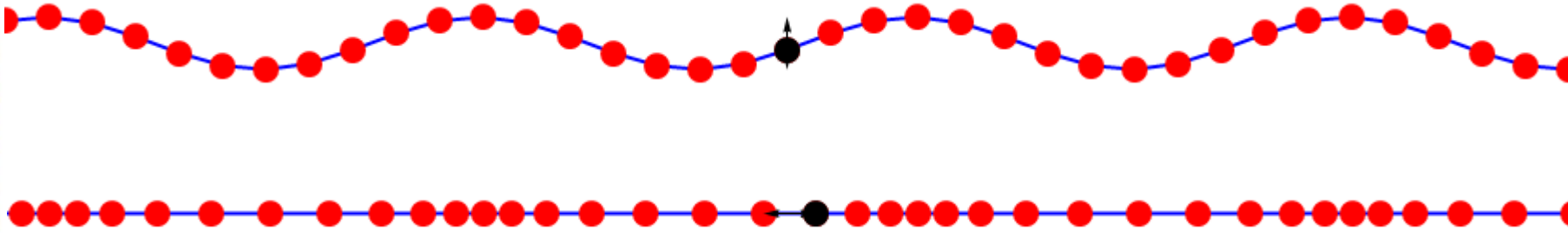
**Electromagnéticas**

No necesitan un medio, pueden propagarse en el vacío



# Clasificación ondas mecánicas

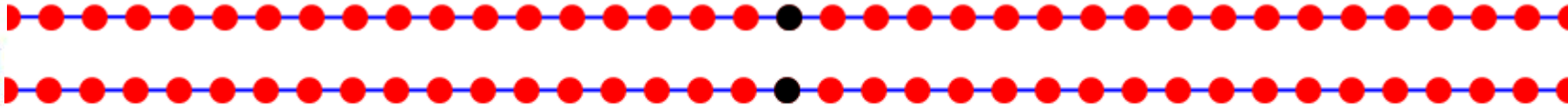
	<b>Transversales</b>	<b>Longitudinales</b>
Ejemplo:	Ondas en cuerdas	Ondas de sonido
Medio propagación:	Cuerda	Gas, Líquido, Sólido
Propagación / Oscilación:	Perpendiculares	Paralelos



A nivel microscópico las fuerzas entre los átomos (propiedades mecánicas) son las responsables de la propagación de estas ondas

# Ondas mecánicas

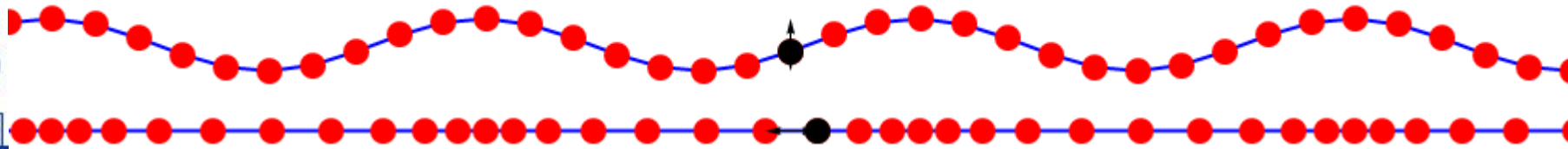
**Pulsación:** cada partícula del medio permanece en reposo hasta que la pulsación llega a ésta, luego se mueve por un tiempo corto y una vez que el pulso ha pasado permanece nuevamente en reposo



**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*



# 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:

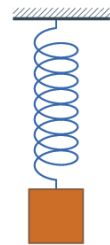
$$x(t) = a \cos(\omega t) + b \sin(\omega t)$$

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:

$$x(t) = x_m \cos(\omega t + \varphi_1) = x_m \sin(\omega t + \varphi_2)$$

**Oscilador armónico**



# 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:

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

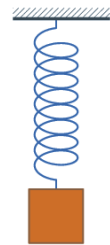
Donde  $a$  y  $b$  son constantes que dependen de las condiciones iniciales y  $\omega^2 = \frac{k}{m}$

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

$$x(t) = x_m \cos(\omega t + \varphi_1) = x_m \sin(\omega t + \varphi_2)$$

amplitud

**Oscilador armónico**



# 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:

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

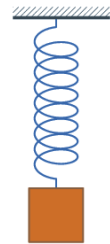
Donde  $a$  y  $b$  son constantes que dependen de las condiciones iniciales y  $\omega^2 = \frac{k}{m}$

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

$$x(t) = x_m \cos(\omega t + \varphi_1) = x_m \sin(\omega t + \varphi_2)$$

frecuencia angular

**Oscilador armónico**



# 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:

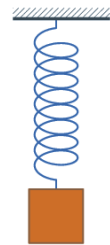
$$x(t) = a \cos(\omega t) + b \sin(\omega t)$$

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:

$$x(t) = x_m \cos(\omega t + \overset{\text{fase}}{\varphi_1}) = x_m \sin(\omega t + \varphi_2)$$

**Oscilador armónico**



# 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:

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

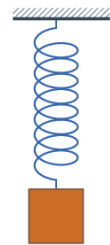
Donde  $a$  y  $b$  son constantes que dependen de las condiciones iniciales y  $\omega^2 = \frac{k}{m}$

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

$$x(t) = x_m \cos(\omega t + \varphi_1) = x_m \sin(\omega t + \varphi_2)$$

constante de fase

**Oscilador armónico**



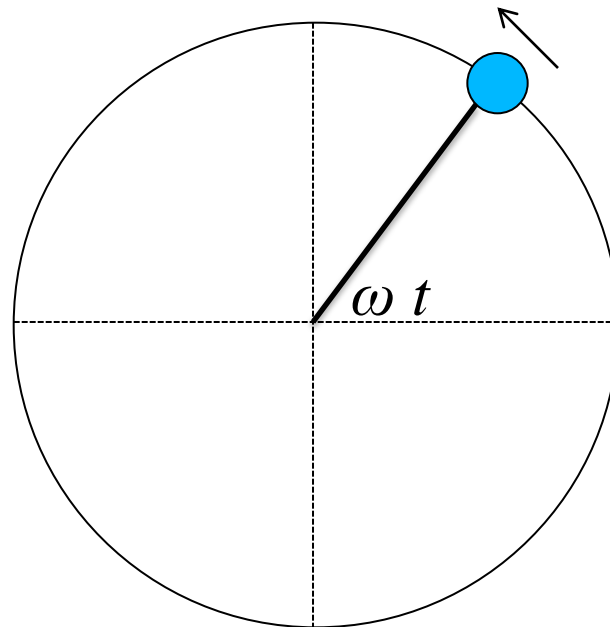


# Ejemplo MAS: péndulo simple



¡Use la aproximación  
de ángulo pequeño!

# Ejemplo: Movimiento Circular Uniforme



# Movimiento armónico simple

$$x(t) = x_m \cos(\omega t + \phi)$$

Energía del MAS:  $E = K + U = \frac{1}{2} kx_m^2 = \frac{1}{2} m\omega^2 x_m^2$

**Período (  $T$  ):** tiempo más corto que transcurre para que el estado de movimiento sea el mismo

$$T = \frac{2\pi}{\omega} [s]$$

**Frecuencia (  $f$  ):** número de ciclos por unidad de tiempo

$$f = \frac{1}{T} [Hz]$$



# Ejemplo

- Considere una masa que se mueve de acuerdo a la función  $x(t) = 5[cm] \cos\left(2t + \frac{\pi}{6}\right)$ . Determine para  $t=0$ :
  - Desplazamiento respecto de la posición de equilibrio
  - Velocidad y Aceleración
  - Período y amplitud
- Considere un cuerpo de 20[g] que oscila de modo que realiza 3 oscilaciones en un segundo, con una amplitud de 5[cm],
  - ¿qué distancia recorre la masa en un ciclo?
  - ¿cuál es la máxima rapidez que alcanza y dónde ocurre?
  - ¿cuál es la máxima aceleración que alcanza y dónde ocurre?

# Propiedades funciones sinusoidales

$$\sin(\alpha + \beta) = \sin \alpha \cos \beta + \sin \beta \cos \alpha$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta$$

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

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

$$\cos \alpha = \cos(-\alpha)$$

$$\sin \alpha = -\sin(-\alpha)$$

$$\sin \alpha = \sin(\alpha + 2\pi)$$

$$\cos \alpha = \cos(\alpha + 2\pi)$$