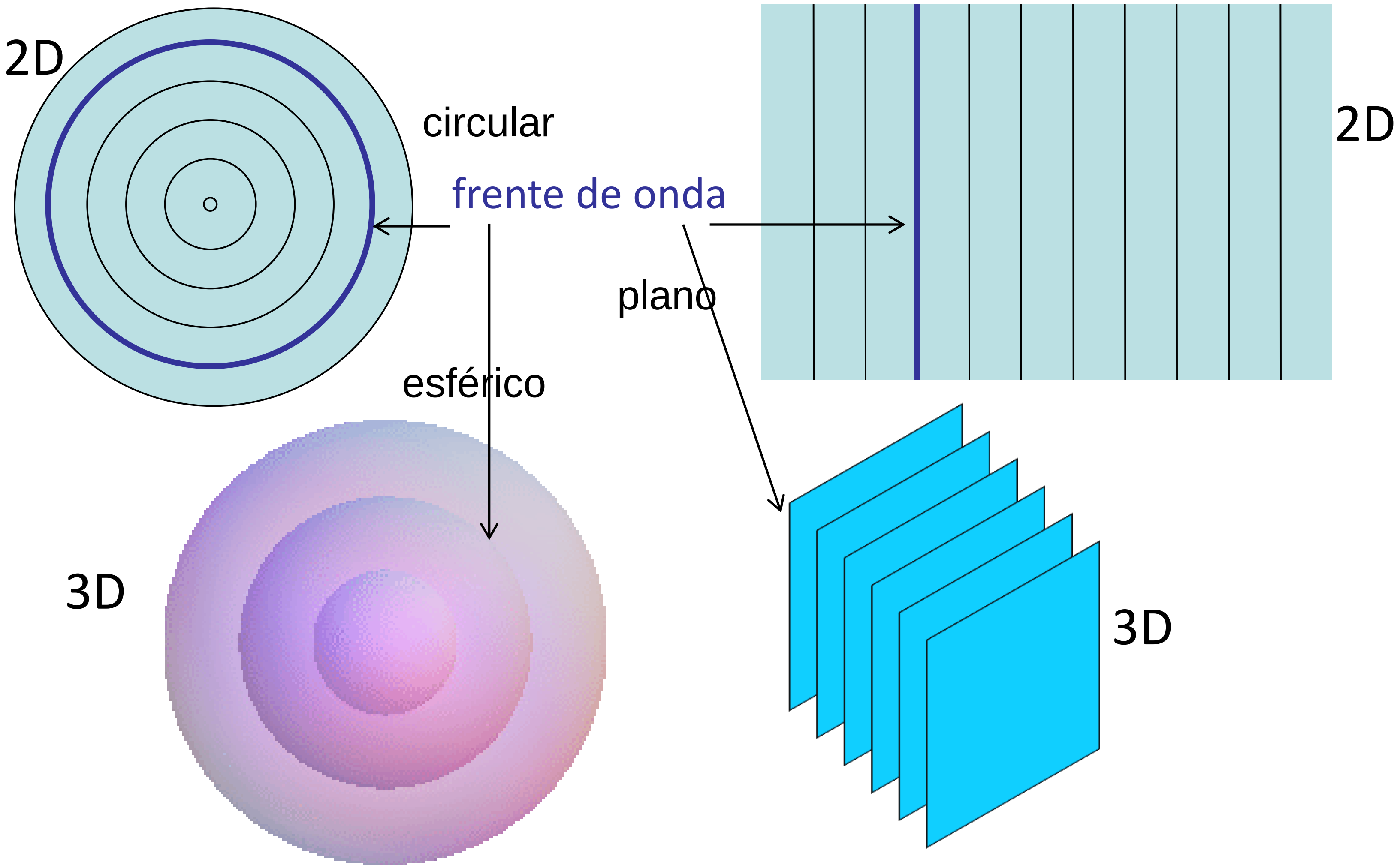
Física III (sección 3) (230006-230010) Ondas, Óptica y Física Modernabb

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

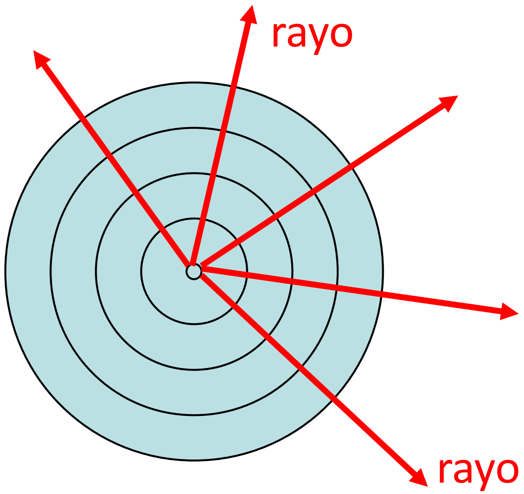
Carreras: Ingeniería Civil Civil, Ingeniería Civil Mecánica, Ingeniería Civil Industrial

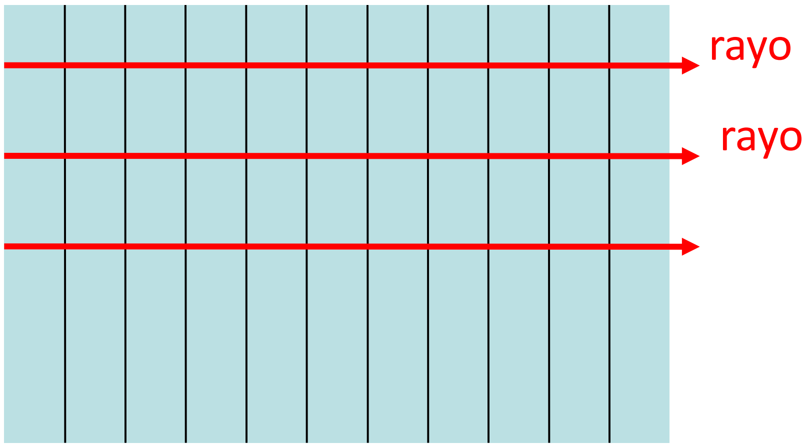
Frente de Onda

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



Frente de Onda





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

Onda viajera armónica

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

número de onda　　constante de fase

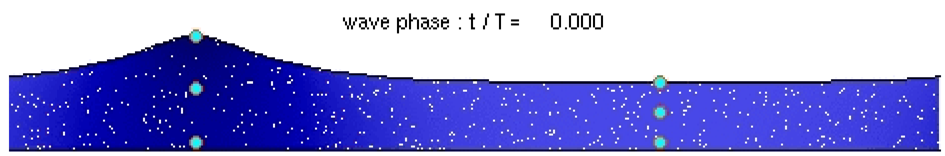
$$\boxed{y(t,x) = y_m \sin(kx - \omega t - \phi)}$$

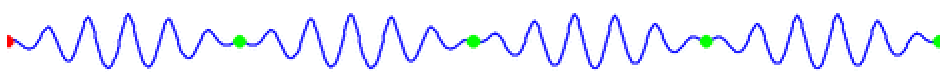
amplitud　　frecuencia angular

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

- Dado que las funciones sinusoidales tienen período 2π y hemos denominado T al período del movimiento tenemos que $T = \frac{2\pi}{\omega}$
- Propiedades de las funciones sinusoidales: $|\sin(\theta)| \leq 1, |\cos(\theta)| \leq 1$

Ondas viajeras no-armónicas





Ejercicios

- En qué dirección se propagan las siguientes ondas:

$$f(t, y) = f_m \cos(-ky + \omega t)$$

$$h(t, z) = h_m \sin(-kz - \omega t)$$

Movimiento de un elemento de medio

- Para una onda armónica viajera, cualquier elemento de medio experimenta MAS respecto de su posición de equilibrio, este movimiento es con la misma frecuencia y la misma amplitud que el movimiento ondulatorio

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

- Para un elemento particular en la posición $x = x_1$:

$$\boxed{y(t) = y_m \sin(-\omega t - (\phi - kx_1)) = -y_m \sin(\omega t + \phi')}$$

Movimiento de un elemento de medio

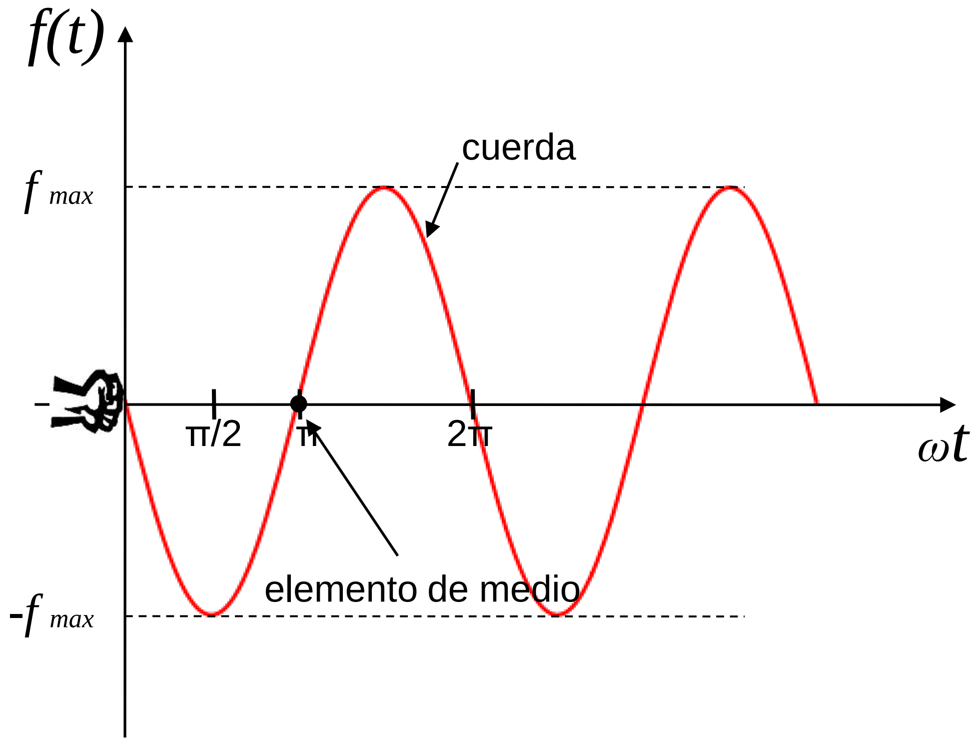
- Para una onda armónica viajera, cualquier elemento de medio experimenta MAS respecto de su posición de equilibrio, este movimiento es con la misma frecuencia y la misma amplitud que el movimiento ondulatorio

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

- Para un elemento particular en la posición $x = x_1$:

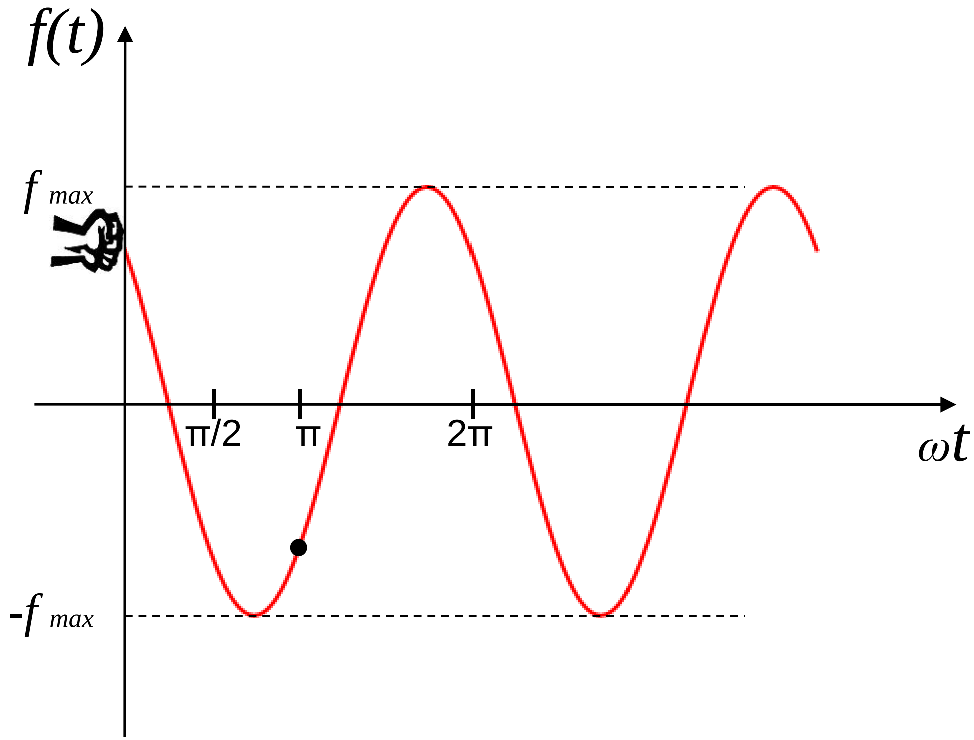
$$y(t) = y_m \sin(-\omega t - (\phi - kx_1)) = -y_m \sin(\omega t + \phi')$$

Movimiento de un elemento de medio



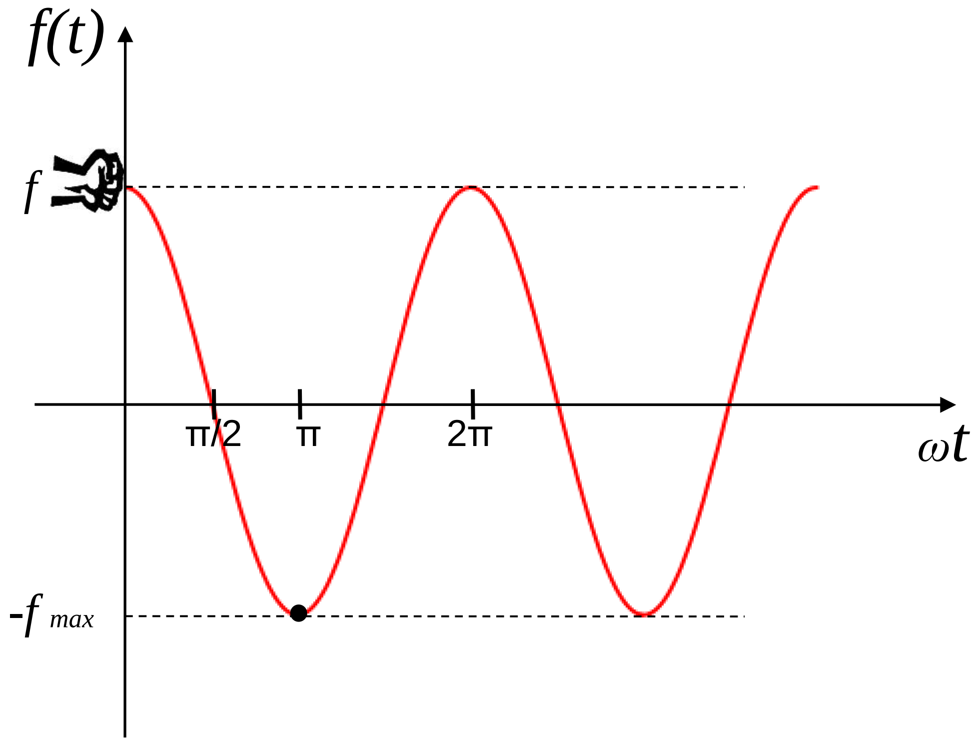
$$f(t, x_1) = f_{max}\sin(kx_1 - \omega t - \phi)$$

Movimiento de un elemento de medio



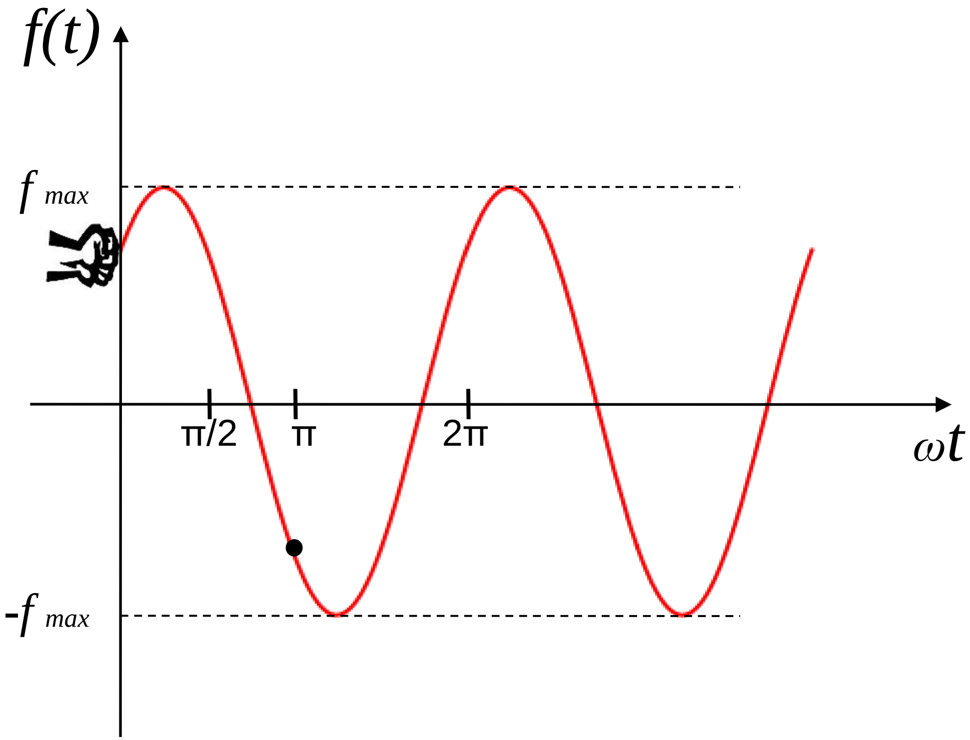
$$f(t, x_1) = f_{max}\sin(kx_1 - \omega t - \phi)$$

Movimiento de un elemento de medio



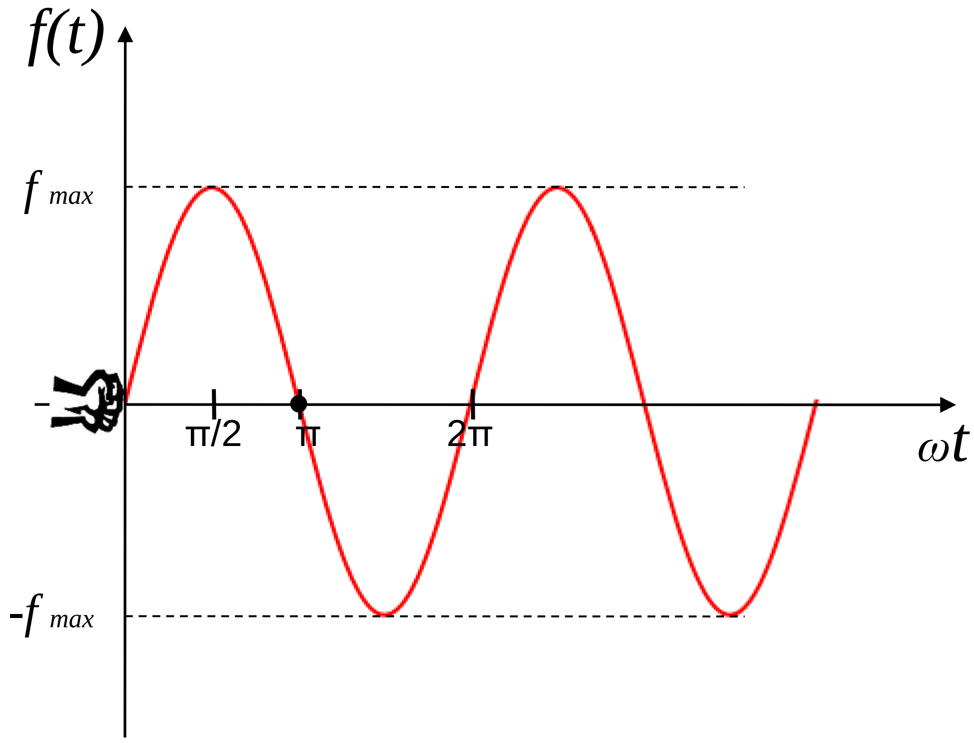
$$f(t, x_1) = f_{max}\sin(kx_1 - \omega t - \phi)$$

Movimiento de un elemento de medio



$$f(t, x_1) = f_{max} \sin(kx_1 - \omega t - \phi)$$

Movimiento de un elemento de medio



$$f(t, x_1) = f_{max} \sin(kx_1 - \omega t - \phi)$$

Movimiento de un elemento de medio

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

Velocidad transversal de un elemento de medio:

$$v_y = \left(\frac{dy}{dt}\right)_{x\ cte} = \frac{\partial y}{\partial t} = -\omega y_m \cos(kx - \omega t - \phi) \Longrightarrow v_{y,max} = \omega y_m$$

Aceleración transversal de un elemento de medio:

$$a_y = \left(\frac{dv_y}{dt}\right)_{x\ cte} = \frac{\partial v_y}{\partial t} = -\omega^2 y_m \sin(kx - \omega t - \phi) \Longrightarrow a_{y,max} = \omega^2 y_m$$

Ambos valores no son máximos simultáneamente. La velocidad es máxima cuando $y = 0$, mientras que la aceleración alcanza su máximo valor cuando $y = \pm y_m$ (mire el argumento de las funciones sinusoidales)

Las funciones seno y coseno están desfasadas $\frac{\pi}{2}$ $[rad]$: $\sin(\theta) = \cos(\theta - \frac{\pi}{2})$

Velocidad de fase de ondas en cuerdas

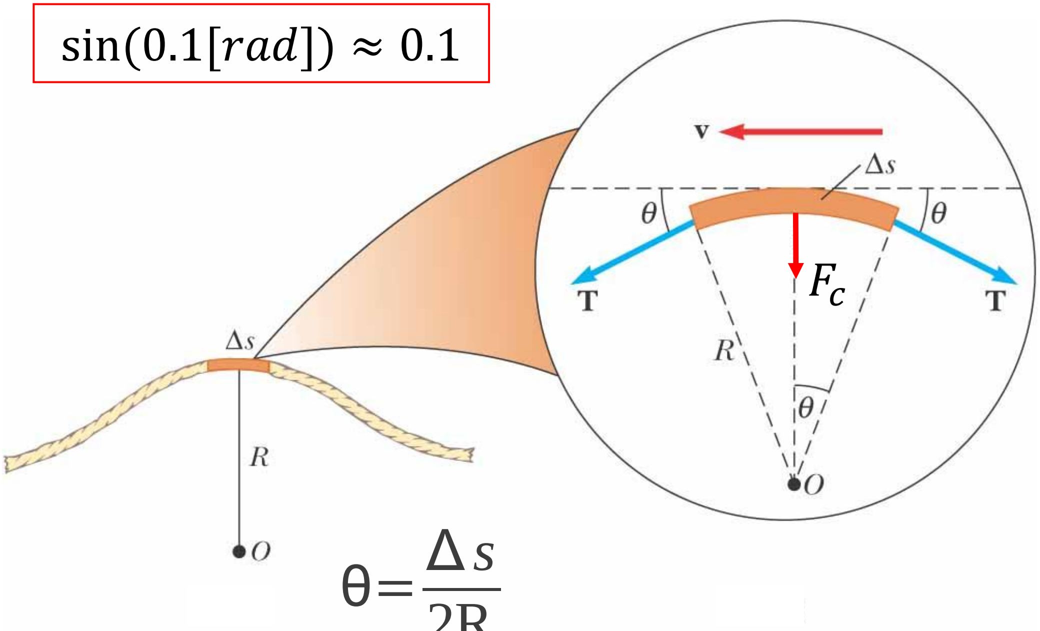
- La ***velocidad de fase*** de la onda depende de las propiedades del medio en el cual se propaga la onda
- Una onda que se propaga en una cuerda tensa tiene dos propiedades de las cuales puede depender la velocidad: su ***densidad lineal de masa*** $\boldsymbol{\rho}$ y la ***tensión*** $|\vec{\boldsymbol{T}}|$ en la cuerda:

$$v \propto |\vec{T}|^{i} \rho^{j} \xrightarrow[\text{dimensional}]{\text{análisis}} i = -j = \frac{1}{2}$$

Velocidad de fase de ondas en cuerdas

Consideramos la segunda ley de Newton para un pequeño “elemento de medio” en un marco de referencia que se mueve a velocidad constante con el pulso.
Al sumar vectorialmente las fuerzas notamos que la resultante “apunta al centro”.
Asociamos una aceleración centrípeta.
Validez: amplitud de la onda pequeña comparada con el largo de la cuerda

$$\boxed{\sin(0.1[rad]) \approx 0.1}$$



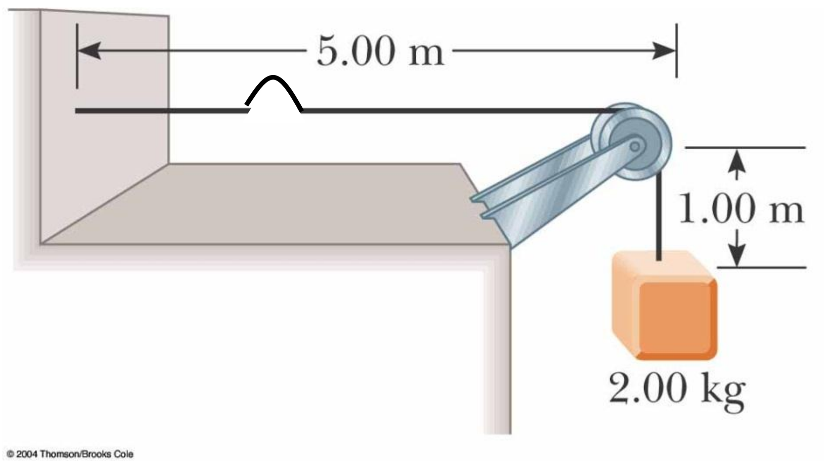
© 2004 Thomson/Brooks Cole

$$\theta = \frac{\Delta s}{2R}$$

$$\begin{aligned} F_c &= 2|\vec{T}|\sin\theta \simeq 2|\vec{T}|\theta \\ F_c &= m a_c = m\frac{v^2}{R} \\ m &= \rho\Delta s = 2\rho R\theta \end{aligned}$$

$$\boxed{v = \sqrt{\frac{|\vec{T}|}{\rho}}}$$

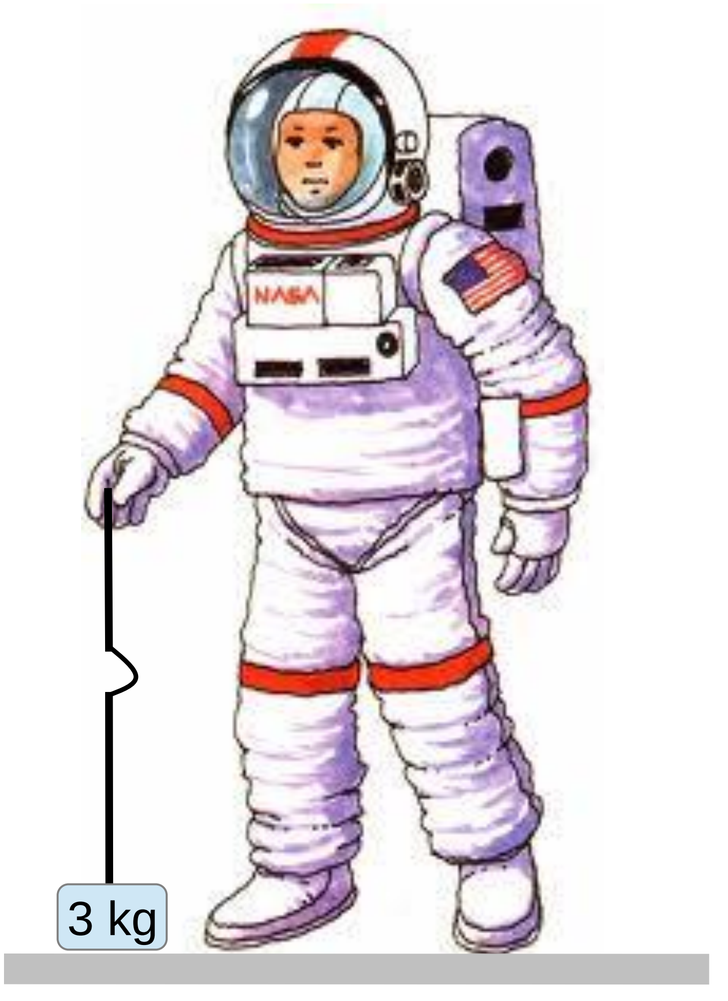
Ejemplo



Una cuerda uniforme tiene una masa de 0.3 [kg] y una longitud de 6 [m], la cuerda pasa por una polea y soporta un objeto de 2 [kg]. Encuentre la velocidad de un pulso que viaja en la cuerda

Ejemplo

- Un astronauta en la Luna desea medir el valor de la aceleración de gravedad local.
- El método que usará consiste en medir el tiempo que le toma a un pulso viajar hacia abajo por una cuerda que tiene un objeto masivo suspendido en el otro extremo.
- La cuerda que usa tiene una masa de 4 [g] y una longitud de 1.6 [m], mientras que la masa suspendida es de 3 [kg].
- Considerando que al pulso le toma 36.1 [ms] en atravesar la longitud de la cuerda, calcule la aceleración de gravedad de la Luna



Ejemplo

- Un alambre de 10.3 [m] de longitud y masa 97.8 [g] se estira bajo una tensión de 248 [N]. Si se generan dos pulsaciones separadas en tiempo por 29.6 [ms], una en cada extremo del alambre, ¿en que posición se encuentran las pulsaciones?