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

Interferencia de Ondas

- Cuando dos o más ondas se combinan en un punto determinado, se dice que ellas interfieren y el fenómeno se conoce como ***interferencia***
- Consideremos dos ondas de igual amplitud, frecuencia y longitud de onda pero diferente fase:

$$y_1(t,x) = y_m \sin(kx - \omega t - \phi_1)$$
$$y_2(t,x) = y_m \sin(kx - \omega t - \phi_2)$$

$$y(t,x) = y_1(t,x) + y_2(t,x)$$

$$y(t,x) = y_m(\sin(kx - \omega t - \phi_1) + \sin(kx - \omega t - \phi_2))$$

Interferencia de Ondas

$$y(t,x) = \left[2y_m \cos\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right)\right] \sin[kx - \omega t - \phi']$$

donde $\Delta\phi = \phi_1 - \phi_2$ y $\phi' = \frac{\phi_1+\phi_2}{2}$

- La onda resultante tiene una amplitud diferente, pero la misma frecuencia y longitud de onda que las componentes.
- Si la diferencia de fase es cero, se dice que **las ondas están en fase** y la amplitud de la resultante es el doble de la amplitud original.
- Si la diferencia de fase es cercana a $\pi\ [rad]$, la amplitud resultante es cero.

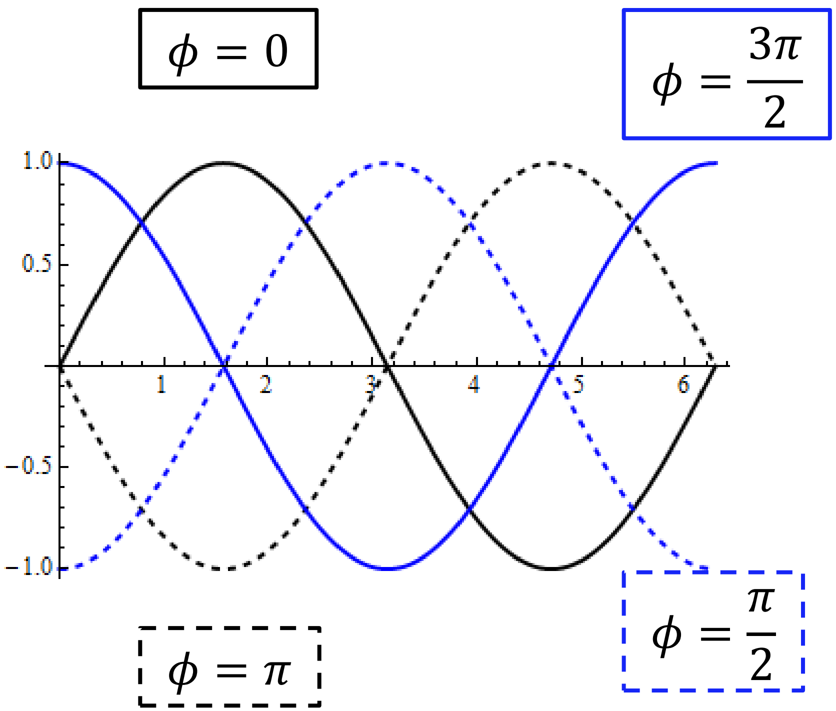
$$\sin(\alpha) + \sin(\beta) = 2\sin\left(\frac{1}{2}(\alpha+\beta)\right)\cos\left(\frac{1}{2}(\alpha-\beta)\right)$$

UNIVERSIDAD DEL BIO-BIO

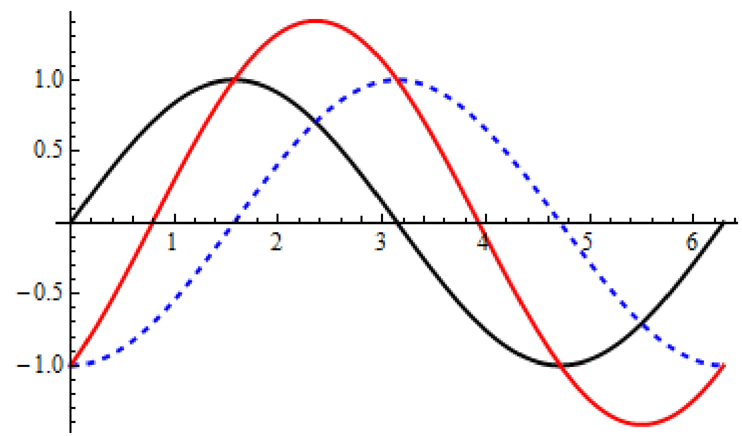
Interferencia constructiva

Diferentes constantes de fase para la onda:

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



La onda resultante al sumar 2 ondas de distinta fase es representada por la curva negra. La nueva onda tiene la misma longitud y frecuencia pero distinta amplitud, en este caso mayor que las componentes

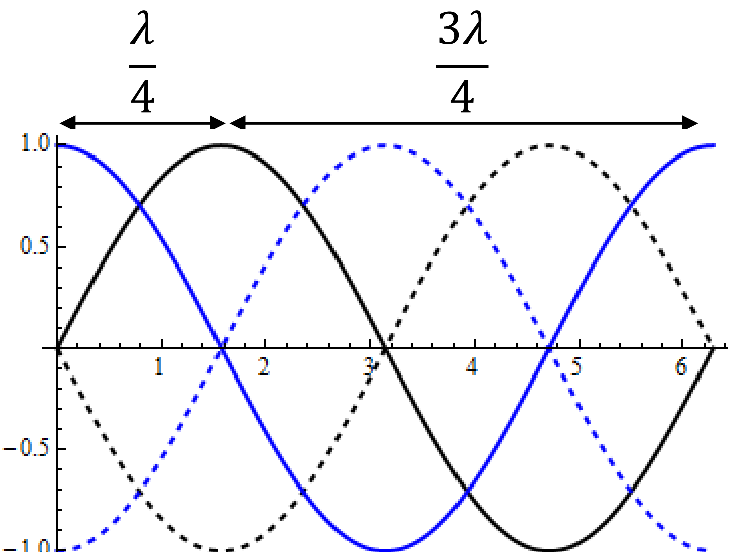


$$\boxed{y(t,x) = \left[2y_m \cos\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right)\right]\sin[kx - \omega t - \phi']}$$

Interferencia destructiva

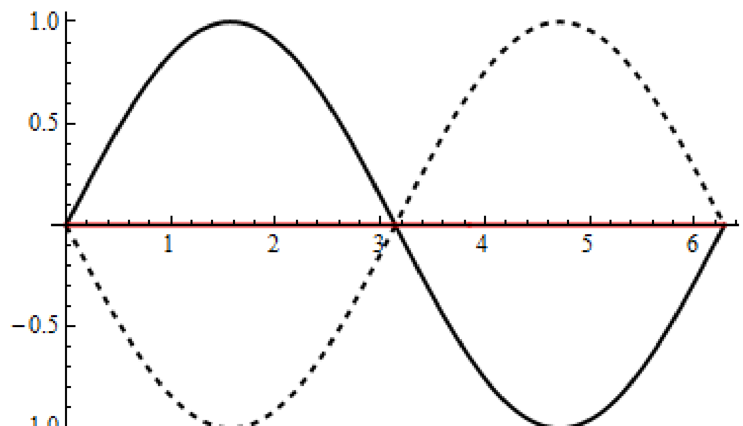
Diferentes constantes de fase para la onda:

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



$\phi = \pi$ | $\phi = \frac{3\pi}{2}$ | $\phi = 0$ | $\phi = \frac{\pi}{2}$

La onda resultante al sumar 2 ondas con diferencia de fase 180° es representada por la curva negra. La nueva onda tiene amplitud cero en este caso



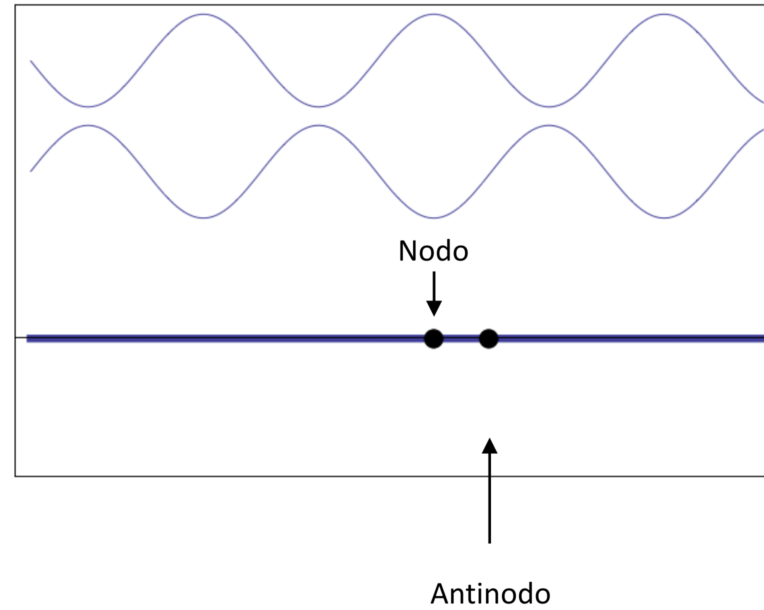
$$\boxed{y(t,x) = \left[2y_m \cos\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right)\right] \sin[kx - \omega t - \phi']}$$

Ejemplo

¿Qué diferencia de fase existe entre dos ondas transversales idénticas que se mueven en la misma dirección a lo largo de una cuerda tensa para que la onda combinada tenga una amplitud 1.65 veces la amplitud común de las ondas componentes?

Ondas estacionarias en cuerdas

- Una onda estacionaria consiste de dos ondas de la misma amplitud, frecuencia y longitud de onda que viajan en el mismo medio pero en direcciones opuestas, al encontrarse ellas interfieren
- La onda estacionaria presenta un patrón de nodos y antinodos.
- Los **nodos** son puntos fijos donde la amplitud del movimiento de un elemento de medio en ese lugar es cero.
- Los **antinodos** son puntos fijos donde la amplitud del movimiento de un elemento de medio en ese lugar es máxima



Ondas estacionarias en cuerdas

Consideremos 2 ondas viajeras con la misma amplitud, longitud de onda y frecuencia que viajan en sentidos opuestos:

$$y_1(t,x) = y_m \sin(kx - \omega t)$$
$$y_2(t,x) = y_m \sin(kx + \omega t)$$

Al superponer ambas ondas, el patrón de onda resultante no corresponde a una onda viajera y la amplitud de vibración de la onda resultante es diferente para cada elemento de medio

$$y(t,x) = y_1(t,x) + y_2(t,x) = \underbrace{2y_m \sin(kx)}_{\text{amplitud de la onda}} \cos(\omega t)$$

Cada partícula experimenta un M.A.S. con frecuencia ω pero la amplitud depende de la posición del elemento de medio

Nodos y Antinodos

Se presenta un **nodo** cuando:

$$\sin(kx) = 0 \implies kx = n\pi \implies \boxed{x = \frac{n\lambda}{2}} \qquad n = 0,1,2,\ldots$$

Se presenta un **antinodo** cuando:

$$\sin(kx) = \pm 1 \implies kx = \left(\frac{2n+1}{2}\right)\pi \implies \boxed{x = \frac{(2n+1)\lambda}{4}} \qquad n = 0,1,2,\ldots$$

Dos nodos o dos antinodos consecutivos están separados una distancia $\frac{\lambda}{2}$

La separación entre un nodo y un antinodo consecutivo es $\frac{\lambda}{4}$

Ondas estacionarias en cuerdas

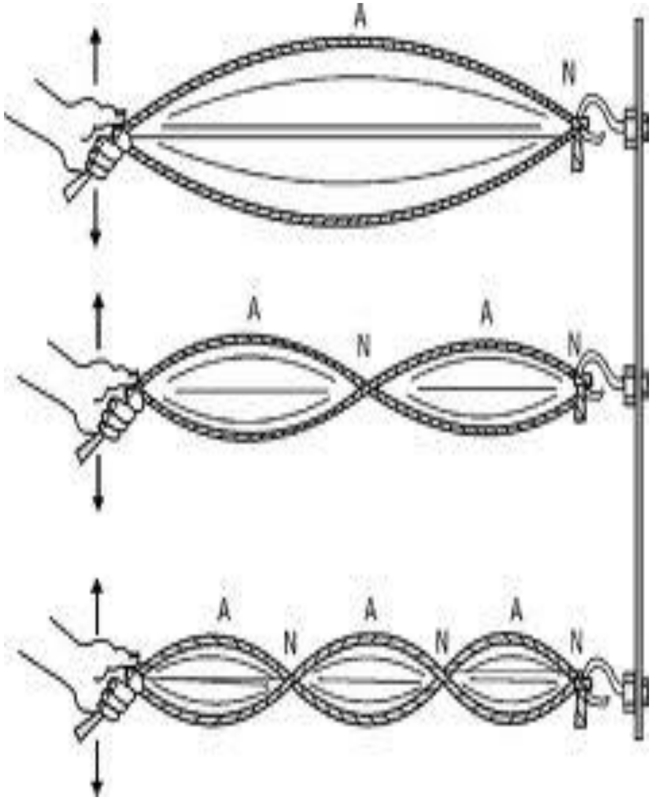
- Podemos construir ondas estacionarias en una cuerda superponiendo la onda incidente y la onda reflejada

- En una cuerda pueden presentarse varias ondas estacionarias diferentes, las cuales se denominan **armónicos**

- El número de nodos está relacionado con la longitud de onda observada

- Si la velocidad de propagación es constante, a cada longitud de onda se asocia una frecuencia diferente

- Sólo para algunas frecuencias se presentan ondas estacionarias.



Armónicos cuerda

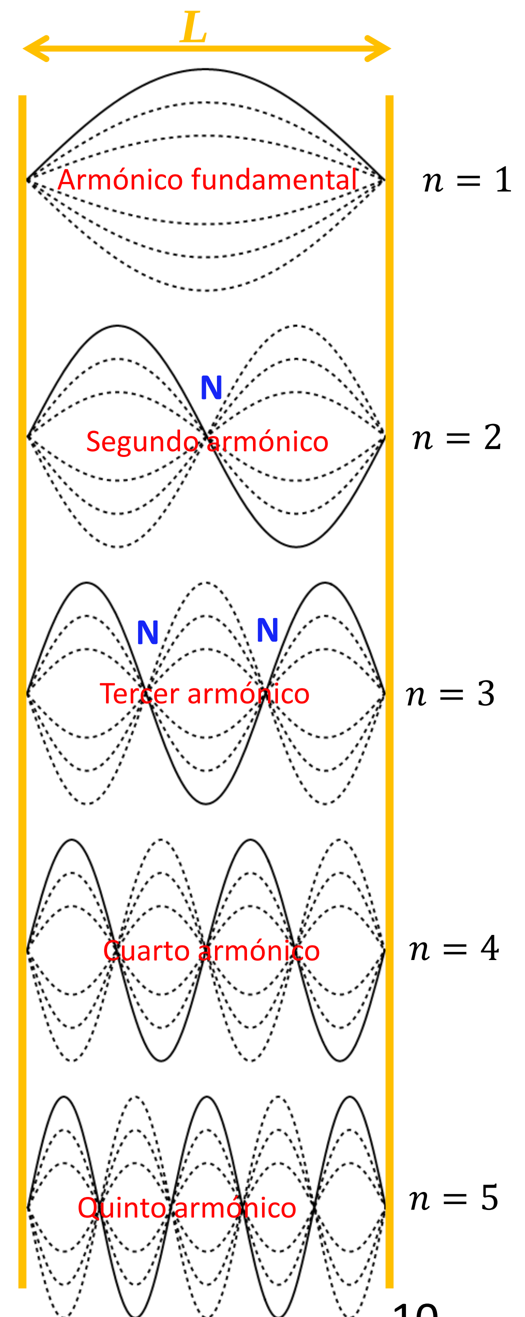
extremos fijos

La condición para que se presenten ondas estacionarias en una cuerda de extremos fijos es que se presenten nodos en ambos extremos de la cuerda.
La longitud de la cuerda debe ser igual a un número entero de $\lambda/2$ (la separación entre dos nodos)

$$L = \frac{n\lambda}{2} \Longrightarrow \lambda_n = \frac{2L}{n}$$

$$\Longrightarrow f_n = \frac{v}{\lambda_n} = \frac{v\,n}{2L}, \qquad n = 1,2,3,\ldots$$

Las frecuencias ***fₙ*** se denominan ***frecuencias naturales*** del sistema oscilatorio (la cuerda).



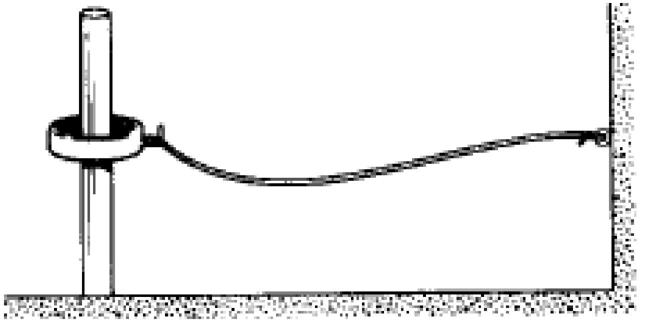
Ejemplo

- Una cuerda fija en ambos extremos tiene una longitud de 8.36 [m] y una masa de 122 [g]. La cuerda tiene una tensión de 96.7 [N] y es sometida a una vibración. ¿Cuál es la longitud de onda de la onda estacionaria más larga posible? Indique la frecuencia de esa onda

- Una cuerda de 75.5 [cm] está estirada entre soportes fijos. Se observa que tiene frecuencias naturales de 420 [Hz] y 315 [Hz] y ninguna otra entre estas dos. ¿Cuál es la frecuencia de resonancia más baja para esta cuerda? ¿Cuál es la rapidez de las ondas en esta cuerda?

Ejemplo

- Un extremo de una cuerda de 120 [cm] se mantiene fijo, mientras que el otro extremo está unido a un anillo sin peso que puede deslizarse a lo largo de una barra sin fricción. ¿Cuáles son las tres longitudes de onda más grandes posibles de ondas estacionarias en la cuerda?



La condición para que se presenten ondas estacionarias en una cuerda con un extremo fijo y un extremo libre es que se presente un nodo en el extremo fijo y un antinodo en el extremo libre.
La longitud de la cuerda debe ser igual a un número entero de $\lambda/4$ (la separación entre un nodo y un antinodo.)

Condición de resonancia

Cuando la frecuencia de la fuerza impulsora coincide con una frecuencia natural permitida se produce una onda estacionaria y el sistema comienza a oscilar con gran amplitud. Esto se denomina ***condición de resonancia***

Ver video:

- ondas estacionarias
- resonancia