Física Moderna

E-mail: wreimers@criba.edu.ar

Física Clásica del 1890

Mecánica → Galileo (1564-1642)
Newton (1642-1727)

Ley de inercia, Fza, aceleración, ley de acción y reacción

Electromagnetismo → Ecuaciones de Maxwell (1831-1879)

Ley de Gauss, ley de Faraday, ley de Ampere

Leyes de la Termodinámica

Energía interna, calor, trabajo, equilibrio térmico

Teoría cinética de los gases

Predice, difusión, camino libre medio, frecuencia de colisiones, vel. del sonido

Partículas y ondas

- Hay dos maneras en que la enegía puede ser transportada:

Interacción de una masa puntual: transferencia de momento y energía cinética: ***partículas.***

Regiones extendidas donde la energía se transfiere por vibraciones y rotaciones: ***ondas.***

La naturaleza de la luz

- Newton: teoría corpuscular (partícula)
  - Partículas de luz viajan en línea recta o rayos
  - Explicaba la formación de sombras
  - Explicaba la reflexión y refracción

Newton

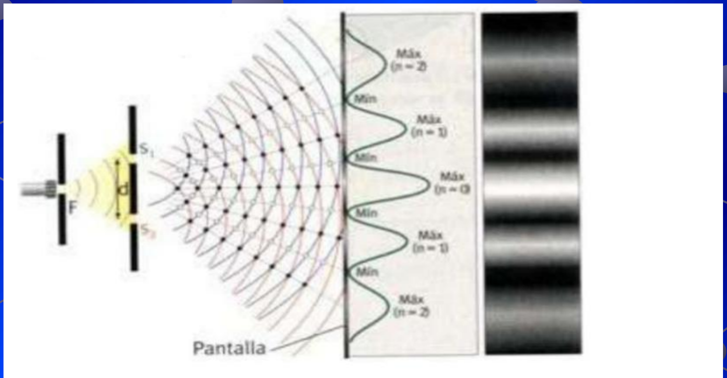
La naturaleza de la luz

- Huygens: teoría ondulatoria de la luz.

  Se dio cuenta que la luz se propaga como onda a partir de un punto de origen.

  Se dio cuenta que la luz viaja a menor velocidad cuando entra en un medio denso.

Christiaan Huygens (1629-1695)



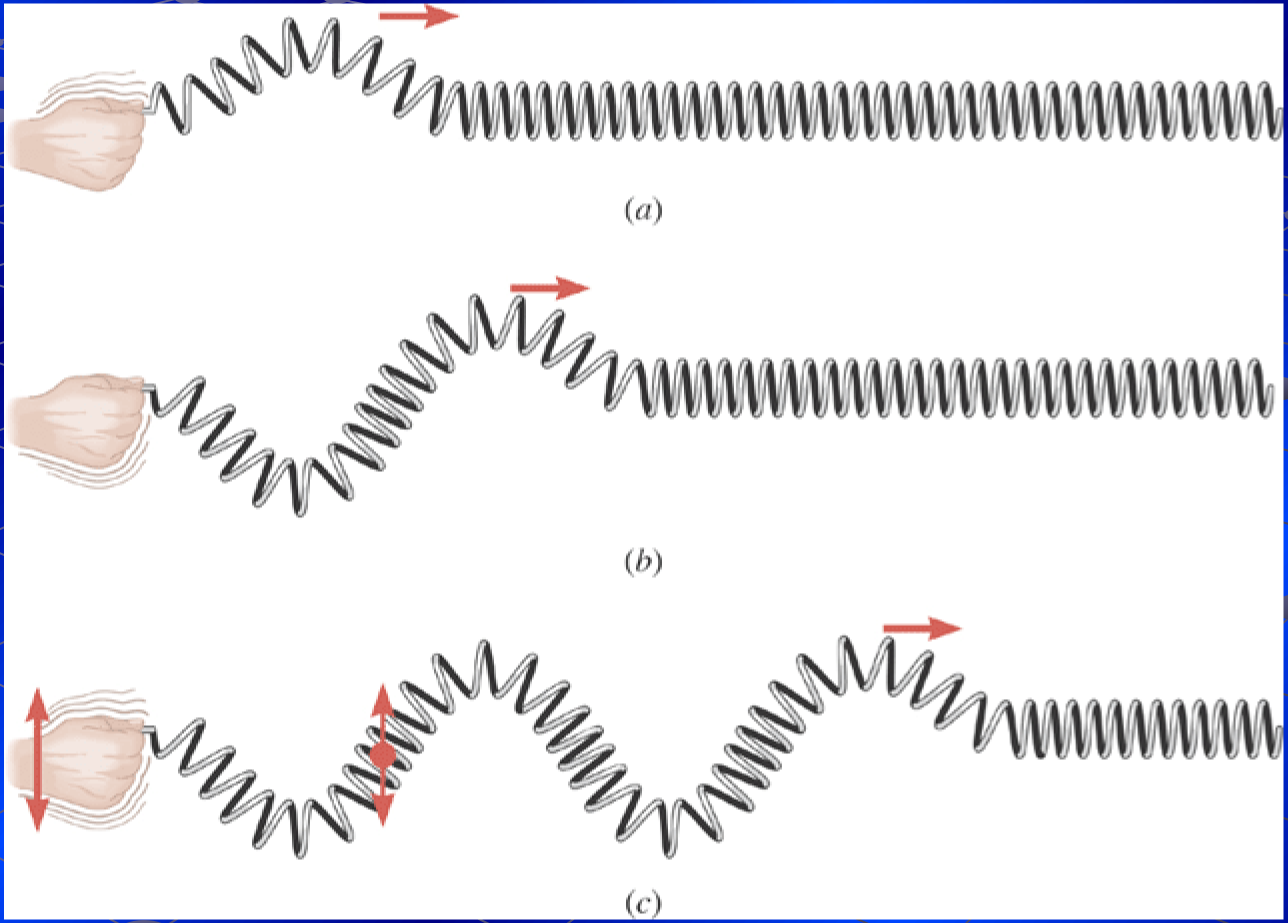
- Pudo explicar los fenómenos de interferencia y difracción.

¿Qué es una onda?

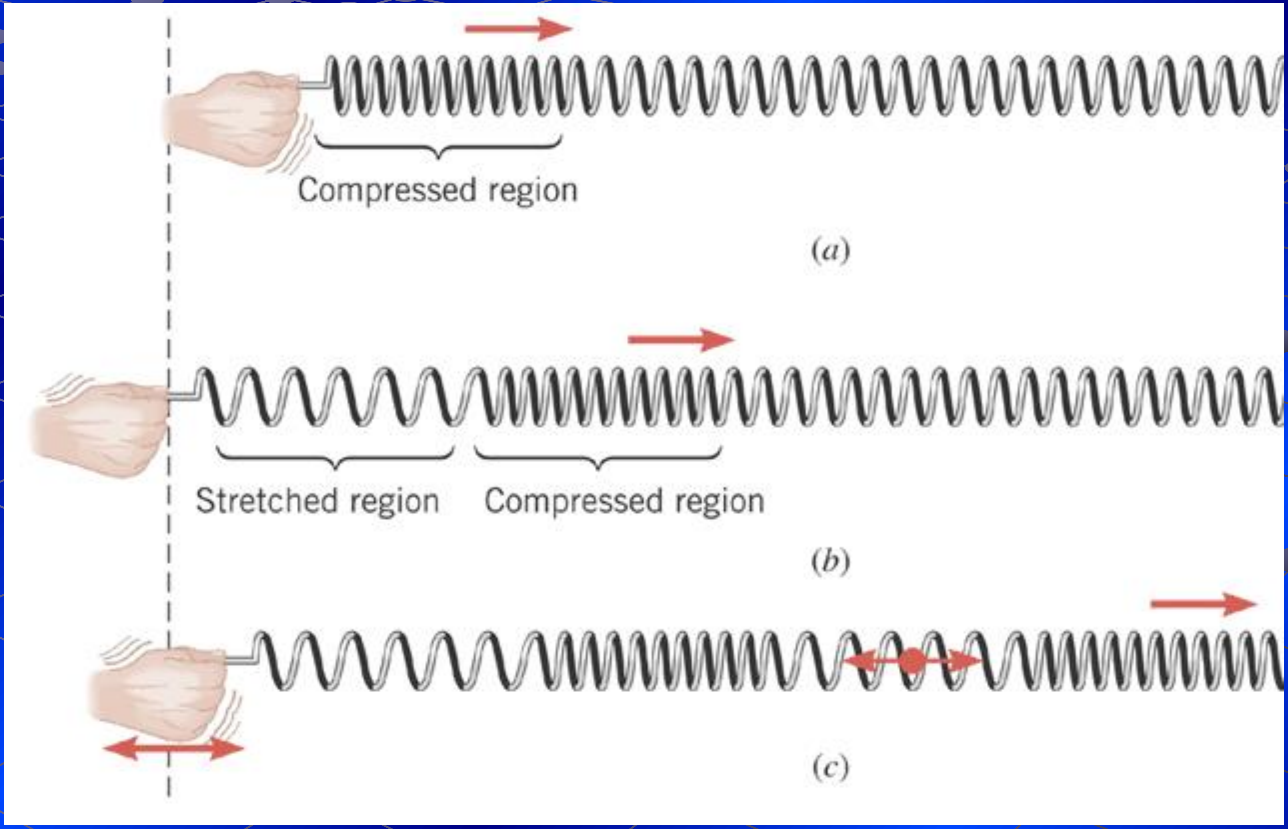
- Una onda es una perturbación que viaja

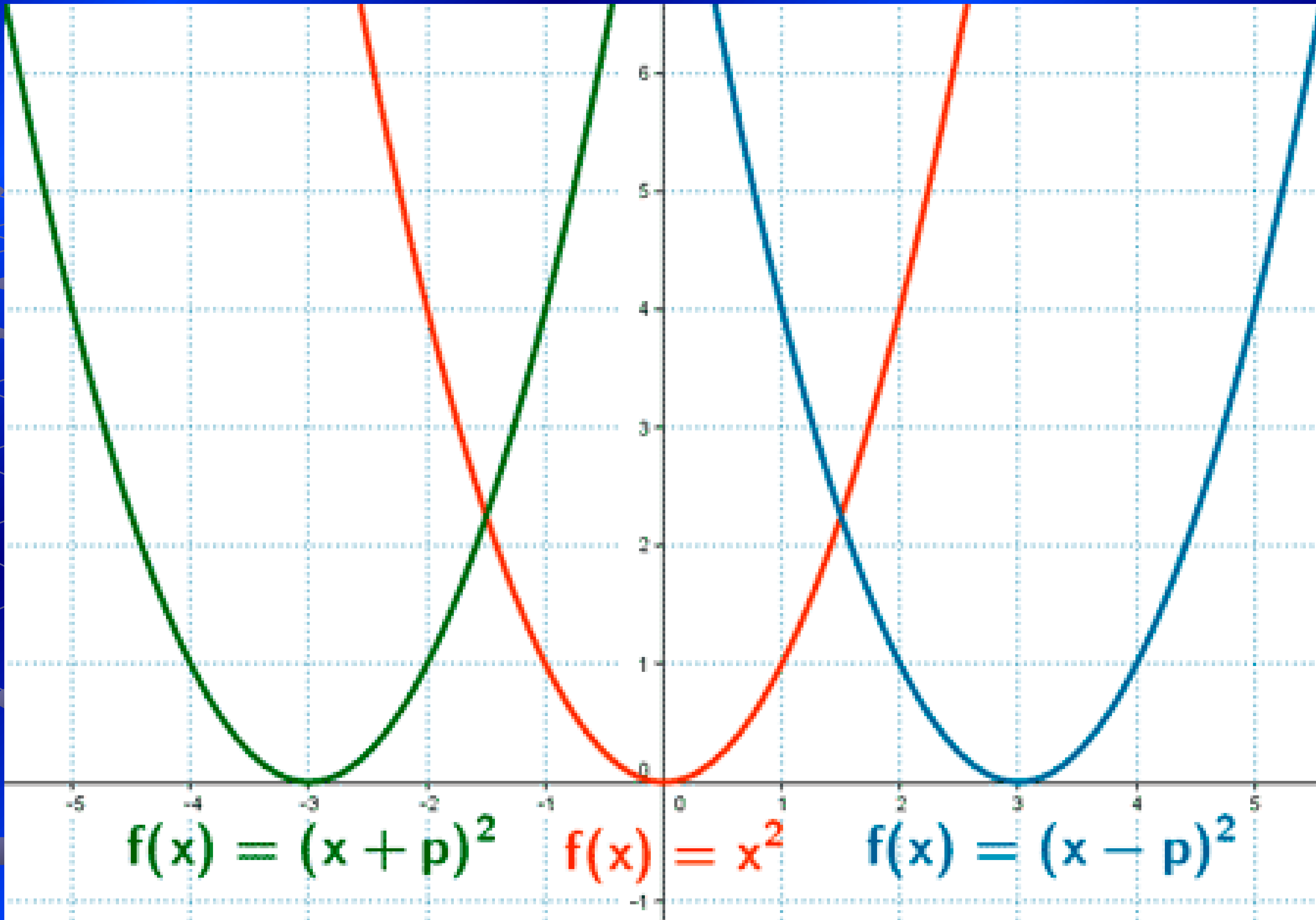
- Una onda lleva energía de un lugar a otro

Onda transversal



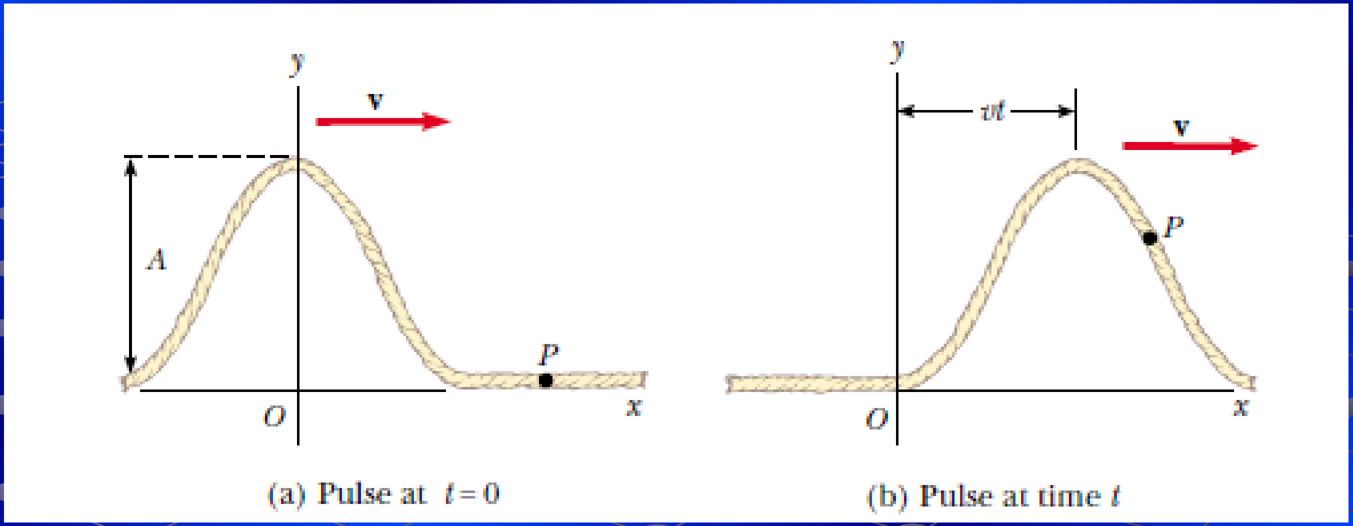
Onda longitudinal





6
5
4
3
2
1
0
-1
-5
-4
-3
-2
-1
0
1
2
3
4
5
f(x) = (x + p)²
f(x) = x²
f(x) = (x − p)²

¿Cómo representar una onda?



Pulso que viaja con velocidad v, y suponemos que no cambia de forma

Pulso que viaja hacia la derecha	$y(x,t) = f(x - \mathrm{v}t)$
Pulso que viaja hacia la izquierda	$y(x,t) = f(x + \mathrm{v}t)$

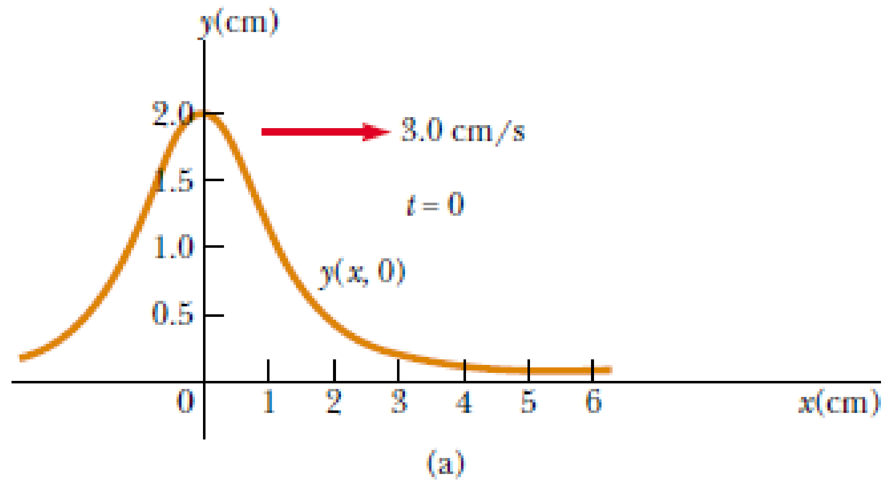
Ejemplo:

Un pulso se mueve hacia la derecha a lo largo del eje x se puede representar con la función de onda

$$y(x,t)=\frac{2}{(x-3.0t)^2+1}$$

Donde x e y se miden en cm y t es el tiempo en segundos. Dibuje la función de onda en $t=0$, $t=1.0\ s$ y $t=2.0\ s$.

$$y(x,0)=\frac{2}{x^2+1} \qquad \text{at } t=0$$



(a)

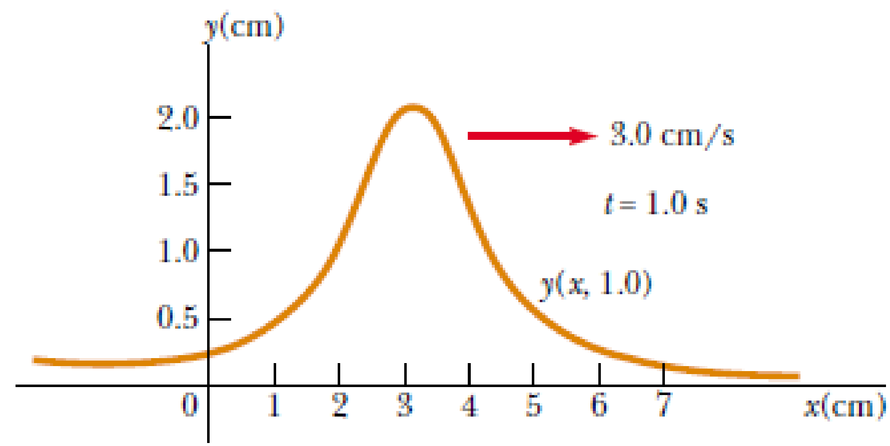
Ejemplo:

Un pulso se mueve hacia la derecha a lo largo del eje x se puede representar con la función de onda

$$y(x,t) = \frac{2}{(x - 3.0t)^2 + 1}$$

Donde x e y se miden en cm y t es el tiempo en segundos. Dibuje la función de onda en $t=0$, $t=1.0$ s y $t=2.0$ s.

$$y(x, 1.0) = \frac{2}{(x - 3.0)^2 + 1} \qquad \text{at } t = 1.0 \text{ s}$$



(b)

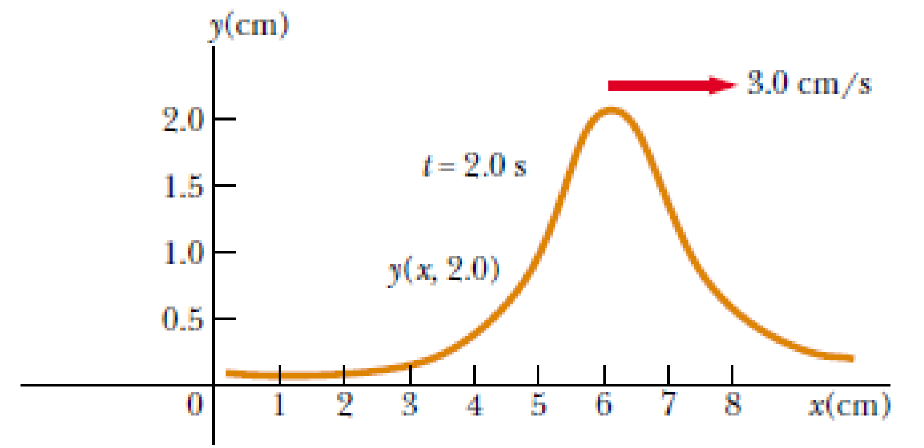
Ejemplo:

Un pulso se mueve hacia la derecha a lo largo del eje x se puede representar con la función de onda

$$y(x,t) = \frac{2}{(x - 3.0t)^2 + 1}$$

Donde x e y se miden en cm y t es el tiempo en segundos. Dibuje la función de onda en $t=0$, $t=1.0\ s$ y $t=2.0\ s$.

$$y(x, 2.0) = \frac{2}{(x - 6.0)^2 + 1} \qquad \text{at } t = 2.0 \text{ s}$$



(c)

La ecuación de onda en una dimensión

Ecuación para la función escalar f:

$$\boxed{\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} - \frac{1}{\mathrm{v}^2}\frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = 0}$$

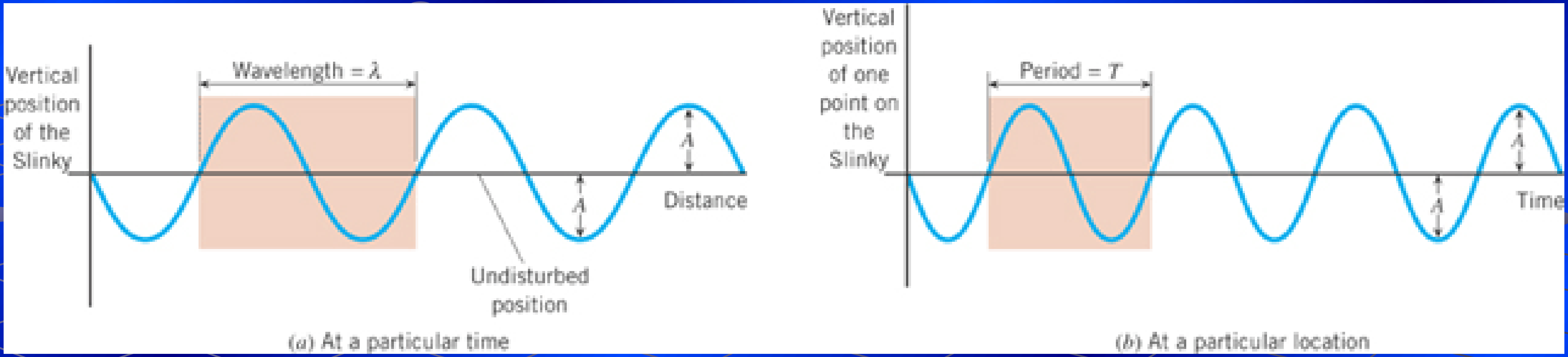
Solución de la ecuación de onda en una dimensión

La ecuación de onda tiene una solución simple:

$$\boxed{f(x,t) = f(x \pm \mathrm{v}t)}$$

donde *f* (*u*) puede ser cualquier función doblemente diferenciable

Ondas senoidales



Amplitud, *A*: máximo desplazamiento respecto del equilibrio

Longitud de onda, *λ*: menor distancia entre dos puntos idénticos

Período, *T*: tiempo que tarda la onda para viajar una longitud de onda

***Frecuencia* ,** $\nu = \dfrac{1}{T}$

***Velocidad* ,** $\mathrm{v} = \dfrac{\lambda}{T} = \nu\,\lambda$

Ondas senoidales

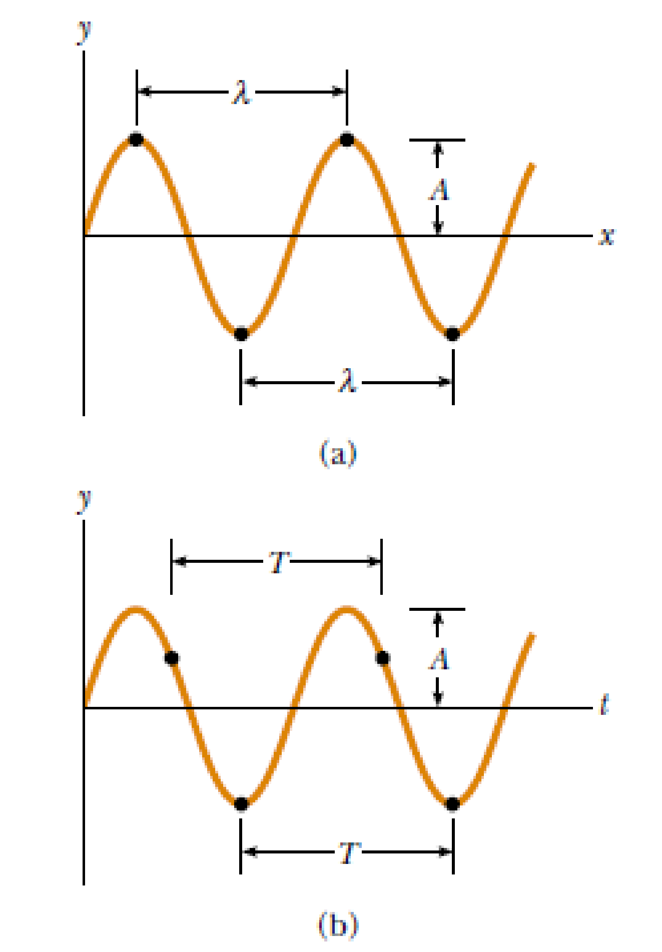
hacia la derecha $y(x,t) = A sen[\frac{2\pi}{\lambda}(x - vt)]$

hacia la izquierda $y(x,t) = A sen[\frac{2\pi}{\lambda}(x + vt)]$

$$\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}$$ → ***frecuencia angular***

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$ → ***número de onda***

$$y(x,t) = A sen(kx \mp \omega t)$$

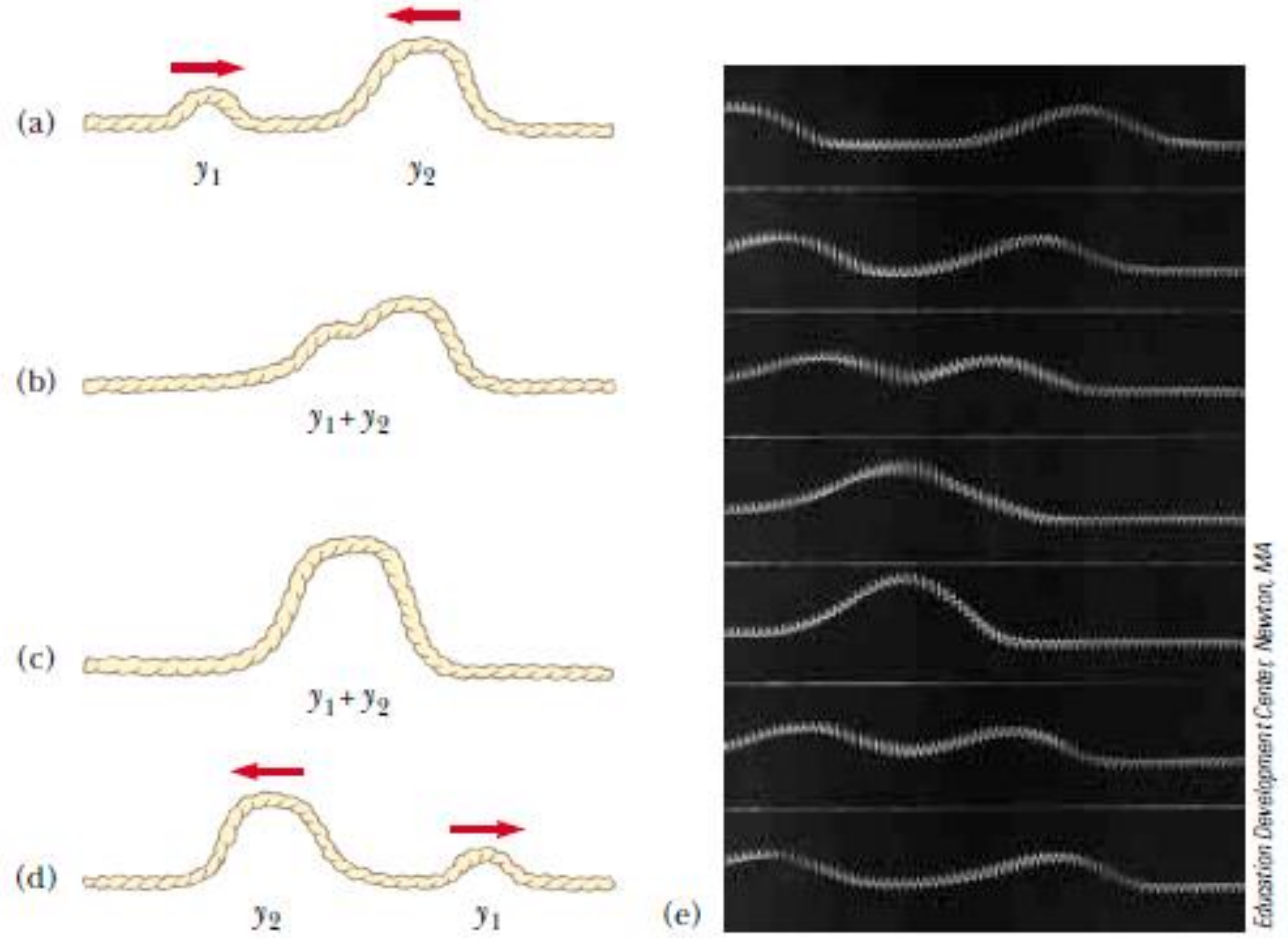


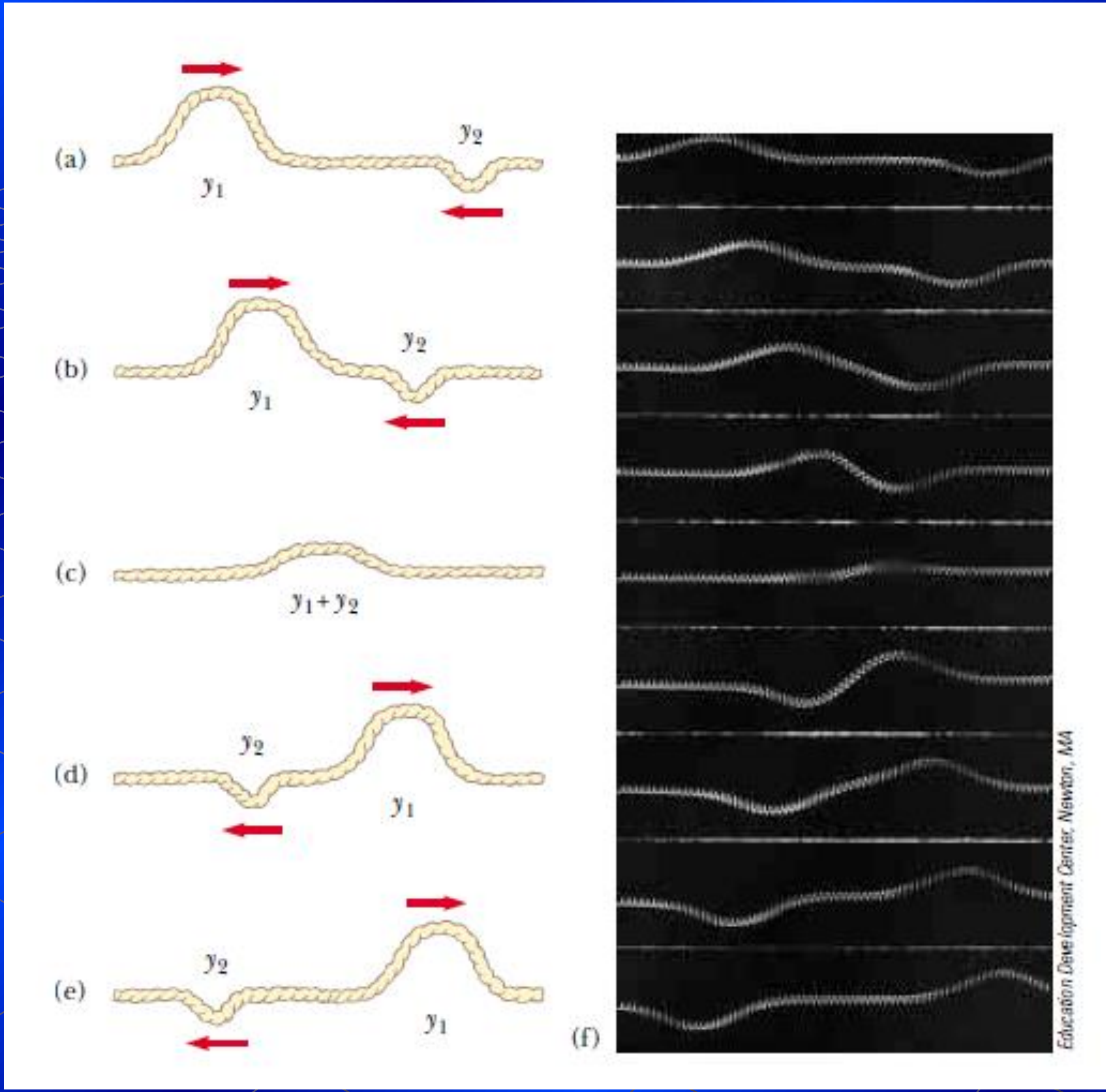
Superposición de Ondas
Ondas estacionarias

Principio de Superposición:

Cuando una o más ondas de la misma naturaleza se encuentran en un punto al mismo tiempo, la amplitud instantánea allí, es la suma de las amplitudes instantáneas de cada una de las ondas individuales.

- **Interferencia Constructiva**
- **Interferencia Destructiva**


(a)
y_1
y_2
(b)
$y_1 + y_2$
(c)
$y_1 + y_2$
(d)
y_2
y_1
(e)
Education Development Center, Newton, MA



(a)
y_1
y_2
(b)
y_1
y_2
(c)
$y_1 + y_2$
(d)
y_2
y_1
(e)
y_2
y_1
(f)
Education Development Center, Newton, MA

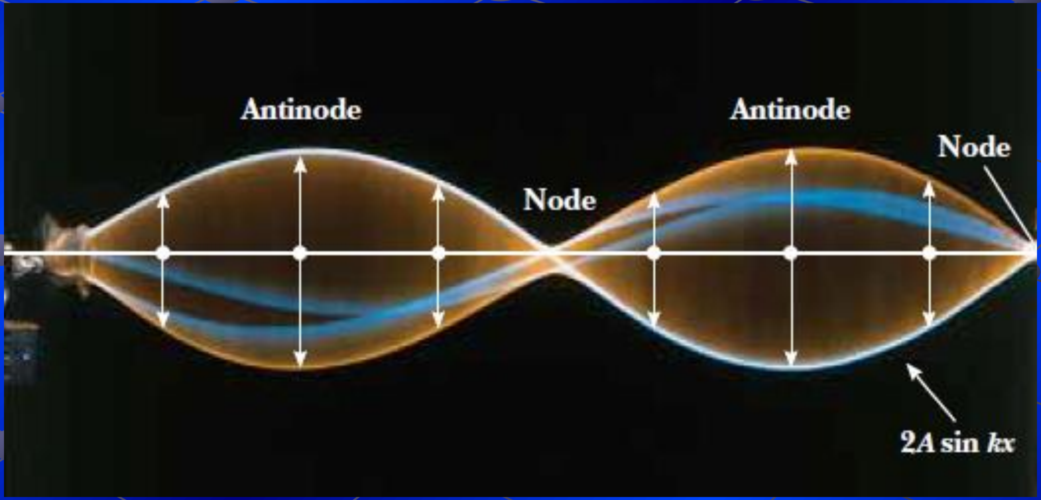
Ondas estacionarias

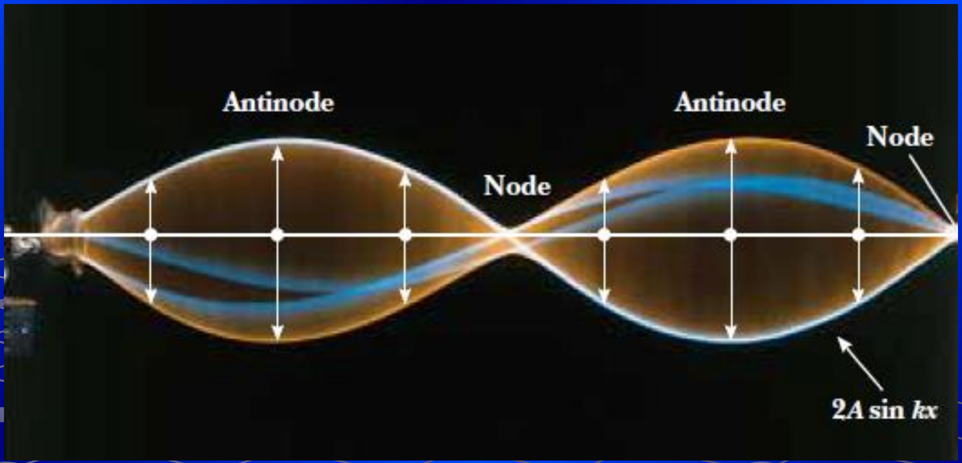
Suponga dos ondas idénticas que viajan en direcciones opuestas

$$y_1 = A \sin(kx - \omega t) \qquad y_2 = A \sin(kx + \omega t)$$

$$y = y_1 + y_2 = A \sin(kx - \omega t) + A \sin(kx + \omega t)$$

$$y = (2A \sin kx) \cos \omega t$$





$$y = (2A\,\mathrm{sen}\,kx)\cos\omega t$$

Amplitud cero cuando *sen kx = 0* ← NODOS

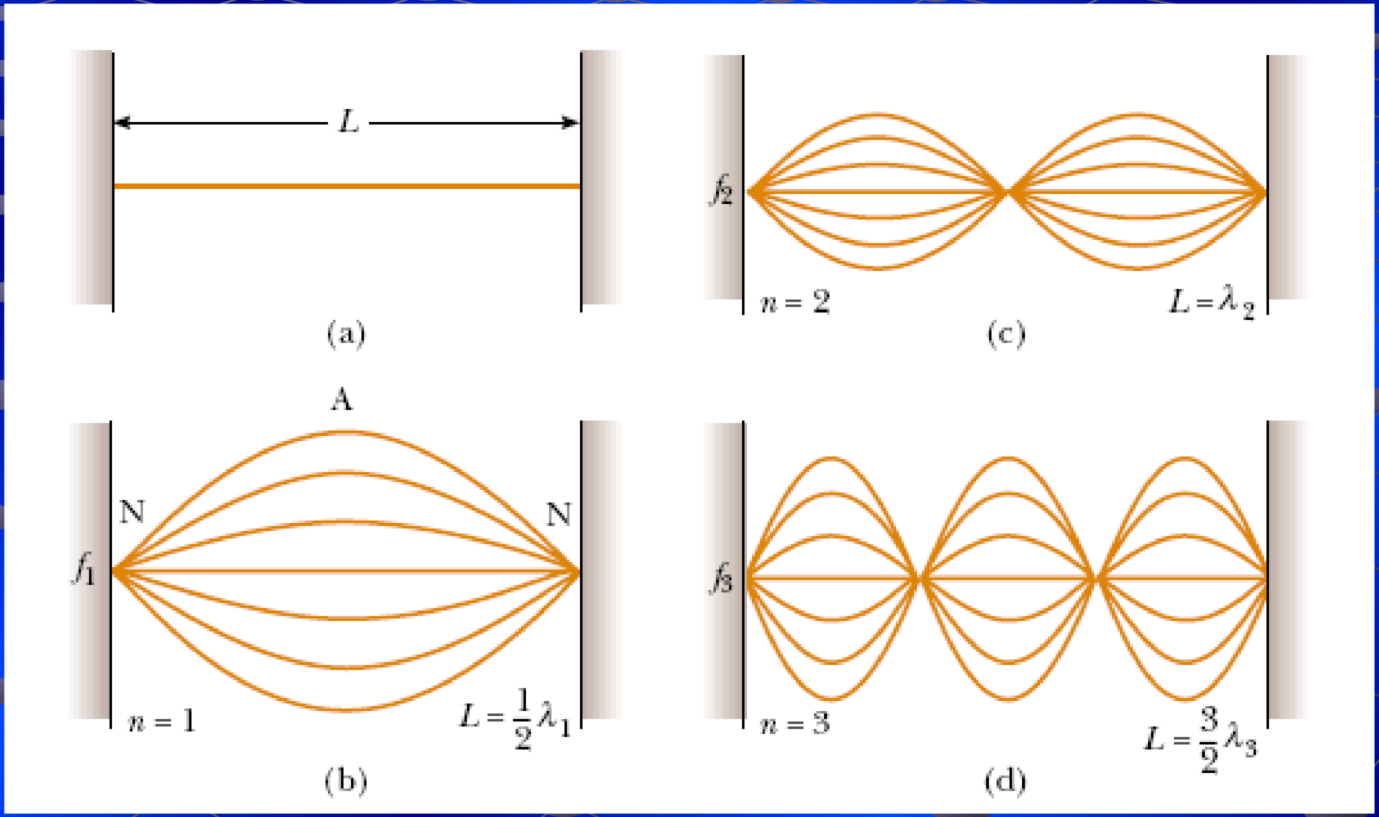
$kx = \pi, 2\pi, 3\pi, \ldots \rightarrow x = \lambda/2, \lambda, 3\lambda/2 \ldots = n\lambda/2 \qquad n = 0, 1, 2\ldots$

Amplitud máxima (2 *A*) cuando *sen kx = 1* ← ANTINODOS

$kx = \pi/2, 3/2\pi, 5/2\pi, \ldots \rightarrow x = \lambda/4, 3/5\lambda, 5/4\lambda, \ldots = n/4\lambda \quad n = 0, 3, 5\ldots$

Ondas estacionarias en una cuerda fija en los extremos

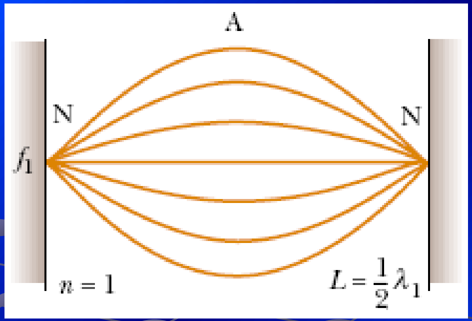
Condición de borde → $x=0$, $x=L$ son nodos → $y=0$



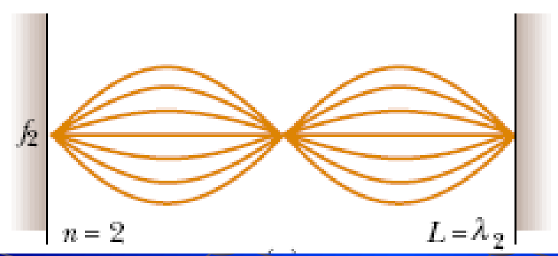
→ Modos normales de vibración, frecuencias características

Si la distancia entre nodo y antinodo debe ser $\lambda/4 \rightarrow$

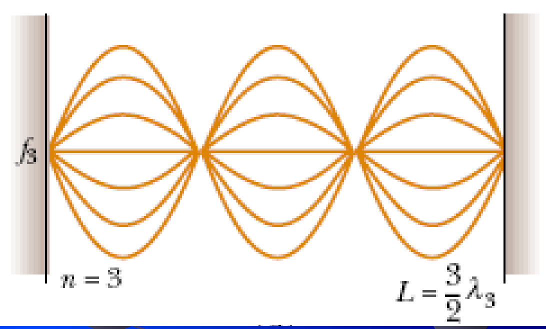
1° modo, $L = \frac{1}{2}\lambda \rightarrow \lambda_1 = 2L$



2° modo, $L = 2/2\ \lambda \rightarrow \lambda_2 = L$



3° modo, $L = 3/2\ \lambda \rightarrow \lambda_3 = 2/3\ L$



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

Ondas Electromagnéticas

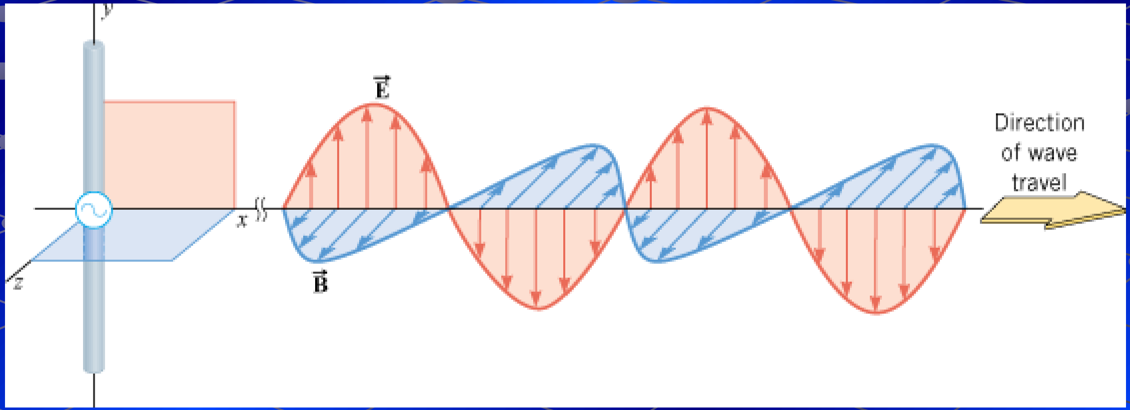
En 1864 Maxwell sugirió que cargas eléctricas aceleradas generan perturbaciones eléctricas y magnéticas vinculadas entre sí, que pueden viajar indefinidamente en el espacio

Si la carga oscila periódicamente, las perturbaciones son ondas cuyas componentes eléctrica y magnética son perpendiculares entre sí y a la dirección de la perturbación.

James Clerk Maxwell
(1831-1879)

Faraday → Cambio en el campo magnético (flujo) induce corriente (campo eléctrico)

Maxwell → Propuso que un cambio en el campo eléctrico lleva asociado un campo magnético



$$c=\frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}}=2.998x10^8\ {}^{m}\!/_{s}$$

$\varepsilon_0 = 8.854187817\times10^{-12}\mathrm{C^2/(N\cdot m^2)}$ → ***permitiviad eléctrica en el vacío***

$\mu_0 = 4\pi\times10^{-7}\mathrm{T\cdot m/A}$ → ***permeabilidad magnética en el vacío***