

Física Aplicada a Farmacia

Fernando Herranz
fherranz@pdi.ucm.es

Tutorías L,X,V 17.30

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

The logo for Cartagena99 features the text "Cartagena99" in a stylized, dark green font. The "99" is significantly larger and more prominent than the "Cartagena" part. The text is set against a light blue background with a white swoosh underneath, all contained within a yellow rectangular box.

Parte 3ª. ONDAS

Tema 1: Generalidades de las ondas

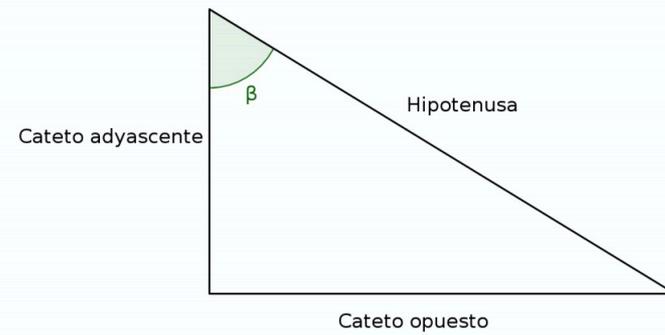
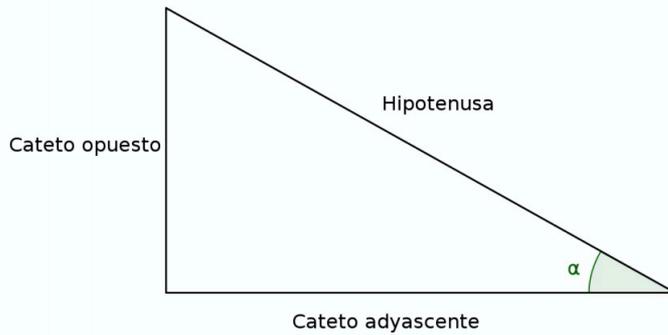
Tipos de ondas. Velocidad de propagación. Ondas armónicas. Energía e intensidad de una onda. Potencia de una onda. Ondas armónicas. Interferencia de ondas. Ondas estacionarias.

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, teal-colored font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue and orange gradient background that resembles a stylized wave or a banner.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



Las funciones trigonométricas son el seno, sen; el coseno, cos, y la tangente, tan y se definen como:

$$\text{sen } \alpha = \frac{\text{Cateto opuesto}}{\text{Hipotenusa}}$$

$$\text{cos } \alpha = \frac{\text{Cateto adyacente}}{\text{Hipotenusa}}$$

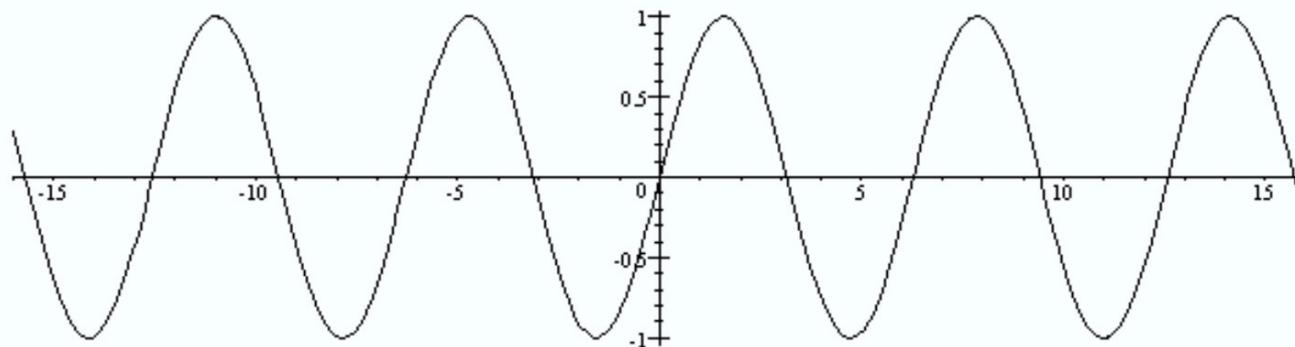
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

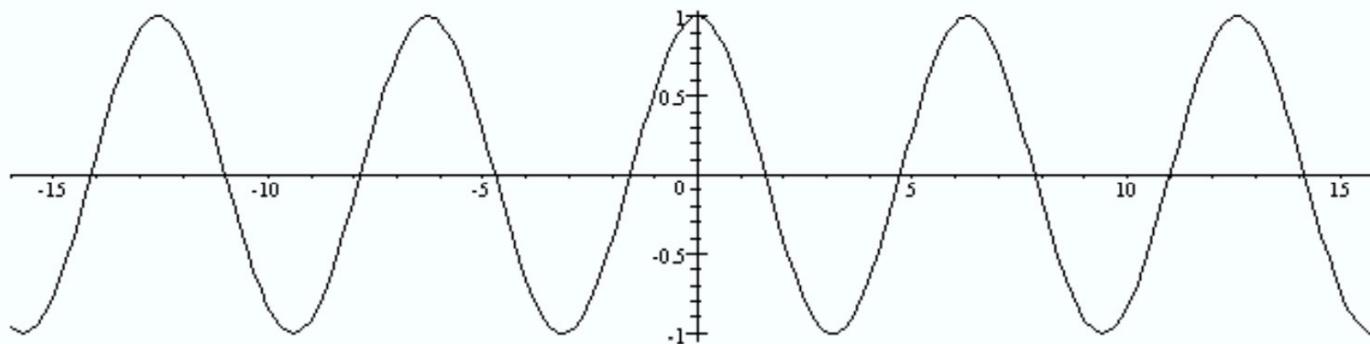
el valor de las funciones trigonométricas dependen del ángulo y no del tamaño del triángulo

Función seno



$$y = \text{sen } x$$

Función coseno



$$y = \text{cos } x$$

Cartagena99

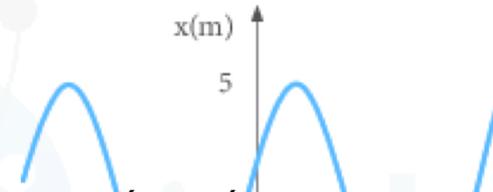
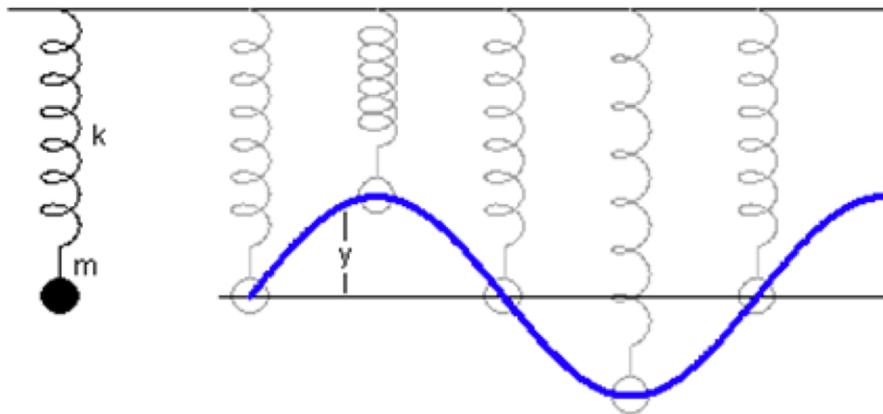
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

$$-1 \leq \cos \alpha \leq 1$$

Movimiento vibratorio

Consideraremos un cuerpo puntual. Cuando ese cuerpo se mueve en línea recta en torno a una posición de equilibrio se dice que tiene un **movimiento vibratorio u oscilatorio**. Si además siempre tarda el mismo tiempo en completar una oscilación y la separación máxima de la posición de equilibrio es siempre la misma decimos que se trata de un **movimiento vibratorio armónico simple (mvas)**.

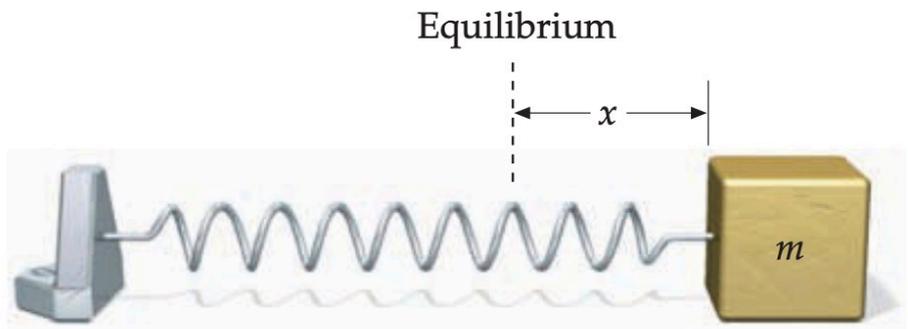


Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Movimiento armónico simple



$$F_x = -kx$$

$$-kx = ma_x$$

$$a_x = -\frac{k}{m}x \quad \left(\text{or} \quad \frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x \right)$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- **Elongación.** Posición que tiene en cada momento la partícula vibrante respecto de la posición de equilibrio. Se suele representar mediante la letra x ó y . Unidad S.I.: m.
- **Amplitud.** Máxima distancia de la partícula vibrante respecto de la posición de equilibrio. Se representa mediante la letra A . Unidad S.I.: m.
- **Periodo.** Tiempo que tarda la partícula vibrante en realizar una oscilación completa. Se nota por la letra T y es una magnitud inversa a la frecuencia. $T=1/f$. Unidad S.I.: s.
- **Frecuencia.** Número de vibraciones que se producen en la unidad de tiempo (en un segundo, un minuto, una hora... Se nota por la letra f y es una magnitud inversa al periodo. $f=1/T$. Unidad S.I.: Hz.
- **Velocidad de vibración.** Velocidad que lleva la partícula vibrante en cada momento. Se simboliza por v y es una magnitud derivada. Unidad S.I.: m/s.

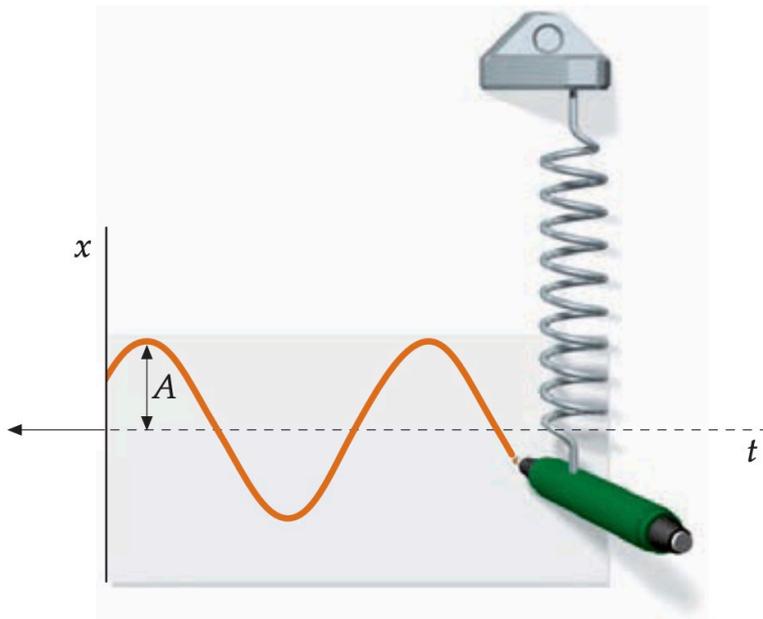
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

partícula vibrante en cada momento. Se representa

mediante la letra v . Unidad S.I.: m/s



Posición en un armónico simple

$$x = A \cos(\omega t + \delta)$$

A – amplitud

$\omega t + \delta$ – fase del movimiento

δ – constante de fase

Para dos sistemas

$$x_1 = A_1 \cos(\omega t)$$

$$x_2 = A_2 \cos(\omega t + \delta)$$

Velocidad en un armónico simple

$$v_x = \frac{dx}{dt} = -\omega A \sin(\omega t + \delta)$$

Aceleración en un armónico simple

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

T

J

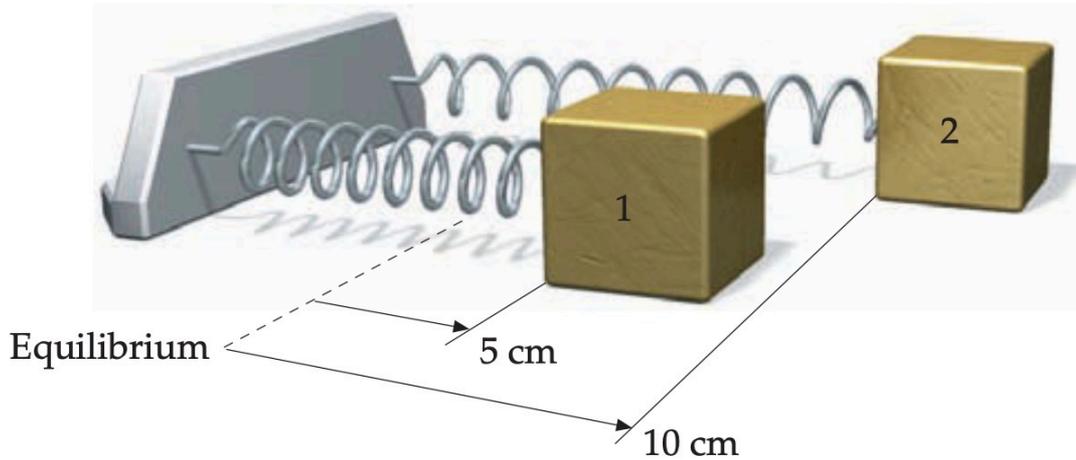
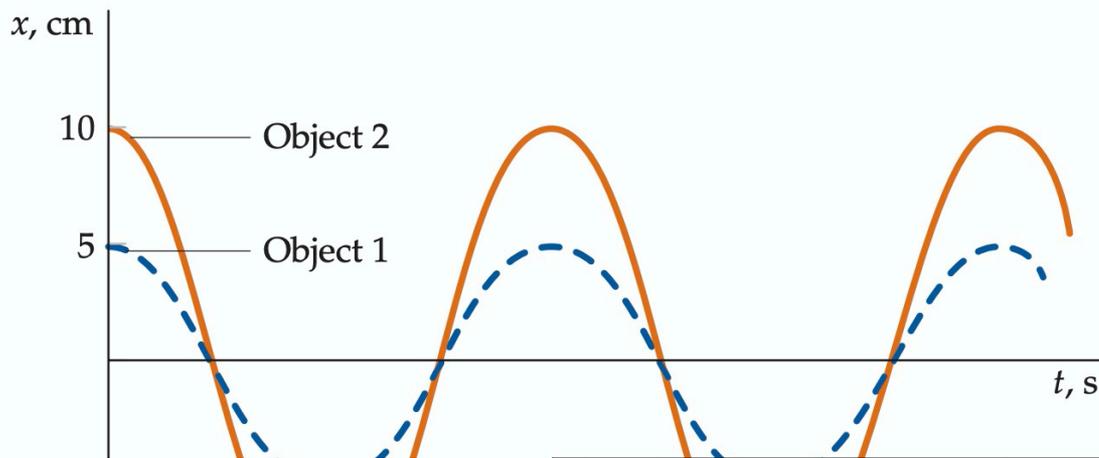


FIGURE 14-3 Two identical mass-spring systems.



La frecuencia, y por tanto T , de un armónico simple es independiente de la amplitud

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cuando una vibración o perturbación originada en una fuente o foco se propaga a través del espacio se produce una onda. En particular nos centraremos en las ondas armónicas ideales, que son aquellas en las que la vibración que se transmite es armónica simple en todos sus puntos.

Es una perturbación que viaja

No hay transporte de masa, sólo de energía y de momento lineal



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Clasificación

Por el medio

Con medio: **Mecánicas**

Sin medio: **Electromagnéticas**
(siempre transversales)

(sólo para las mecánicas)

Por la dirección

(dirección de la oscilación
respecto de la dirección de

Paralela. Ondas longitudinales

Perpendicular. Ondas transversales

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

A) Vibración-propagación

Longitudinales

Transversales

B) Dimensión propagación

Unidimensionales

Bidimensionales

Tridimensionales

C) Medio propagación

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Elongación (y): Distancia de cada partícula vibrante a su posición de equilibrio. Unidad S.I.: m.

Amplitud (A): Distancia máxima de una partícula a su posición de equilibrio o elongación máxima. Unidad S.I.: m.

Ciclo u oscilación completa: Recorrido que realiza cada partícula desde que inicia una vibración hasta que vuelve a la posición inicial. Unidad S.I.: m.

Longitud de onda (λ): Distancia mínima entre dos partículas que vibran en fase, es decir, que tienen la misma elongación en todo momento. Unidad S.I.: m.

Número de onda (n): Número de longitudes de onda que hay en la unidad de longitud. $\lambda = 1/n$. Unidad S.I.: $1/m$ ó m^{-1} . K

Velocidad de propagación (v): Velocidad con la que se propaga la onda. Espacio recorrido por la onda en la unidad de tiempo. Unidad S.I.: m/s.

Periodo (T): 1) Tiempo en el que una partícula realiza una vibración completa. 2) Tiempo que tarda una onda

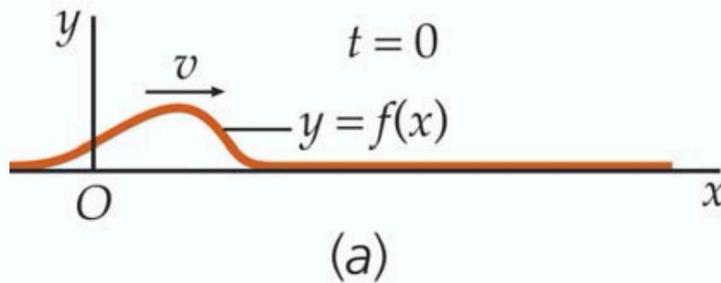
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

producen en el tiempo en el que la onda avanza una distancia igual a λ . Unidad S.I.: $\text{Hz} = \text{1/s}$

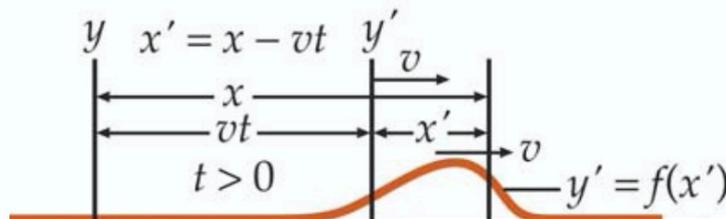
Descripción matemática de una onda



➔ Supongamos que tenemos una función cualquiera

$$y = f(x)$$

que 'viaja', con velocidad v , a lo largo del eje x . En una visión estática, sólo podemos capturarla en determinados instantes.



En un instante $t=0$, Fig. a

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

La forma de la función sería la misma en cualquier sistema de referencia O' que viajara con ella.

$$y = f(x')$$

Así que sólo tenemos que hacer un cambio de coordenadas:

$$x = x' + vt$$

Coordenadas en el sistema de referencia viajero O'

Coordenadas en el sistema de

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Y nuestra función viajera queda:

$$y = f(x - vt)$$



Para ondas viajeras a la derecha, $x \rightarrow$

Observad el signo

O bien:

$$y = f(x + vt)$$



Para ondas viajeras a la izquierda, $x \leftarrow$

En ambos casos:

f

es la función de onda

v

es la velocidad de propagación

Puede ser cualquier dirección del espacio, no

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

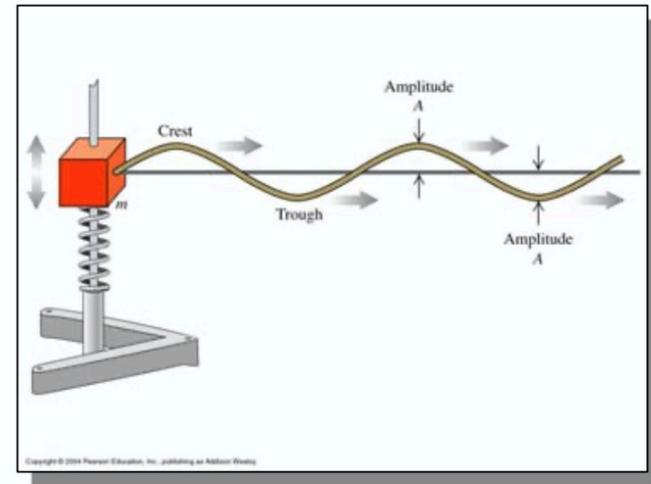
Ondas armónicas

→ Onda periódica: Producida por una perturbación periódica.

P. ej.: Extremo de una cuerda que se mueve periódicamente

función periódica

$$y = f(x - vt)$$



Si f es una función armónica

seno

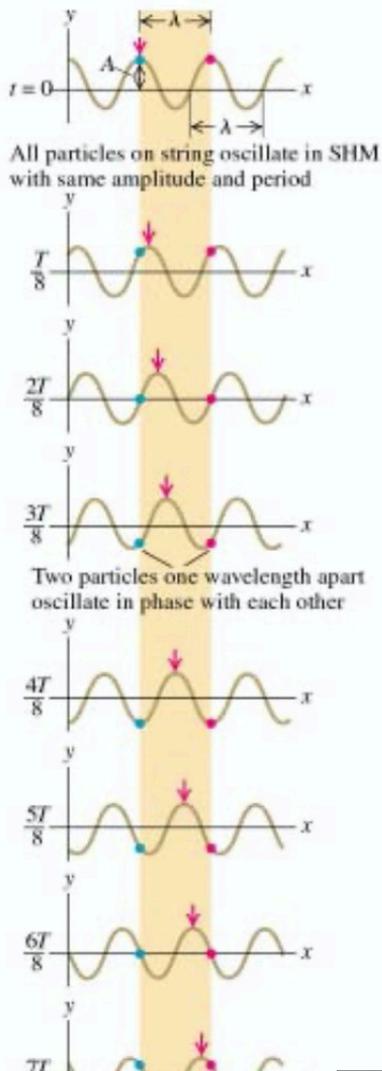


Onda armónica

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99



La distancia entre dos crestas es λ

La onda avanza λ en un período T

De modo que su velocidad:

$$v = \lambda / T = \lambda f$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Diferencia entre la velocidad de una partícula y la velocidad de la onda

Para una onda armónica en una cuerda

→ La velocidad transversal de la partícula es:

En la dirección y $v_y = \frac{\partial y}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t} [A \text{ sen}(Kx - \omega t)] = -\omega A \cos(Kx - \omega t)$

Y su valor máximo:

$$v_{y, \text{max}} = \omega A$$

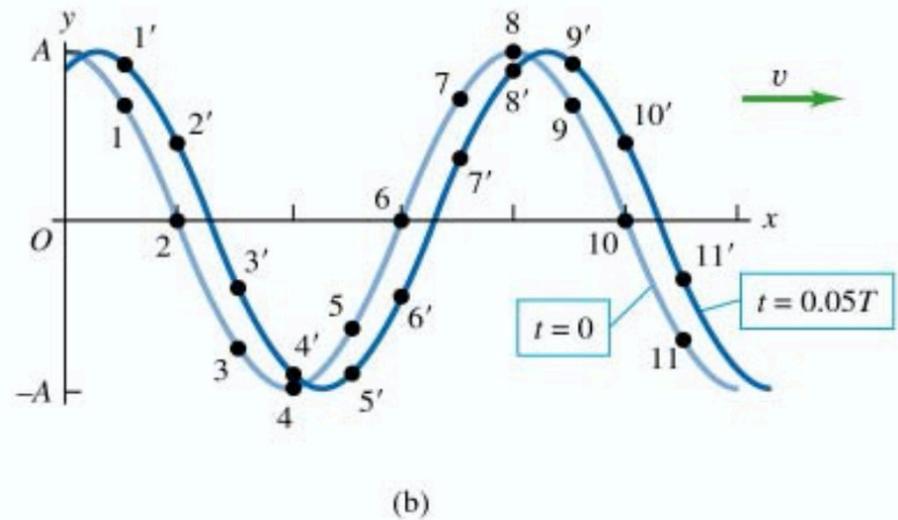
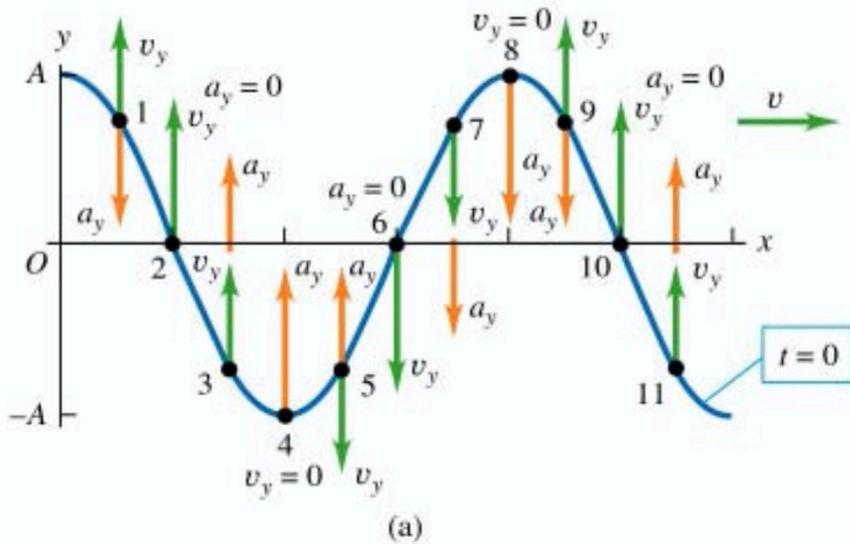
Velocidad máxima de la partícula (módulo)

→ Mientras que la velocidad de la onda (velocidad de fase):

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Velocidad de las ondas

Propiedad general de las ondas: Su velocidad depende de las propiedades del medio, no de la velocidad de la fuente (emisor)

→ La velocidad del sonido, **por ejemplo**, procedente de la sirena de una ambulancia, depende de las propiedades del aire, no de la velocidad de la ambulancia.

→ **En general:**

Fuerza de restitución que devuelve el sistema al equilibrio

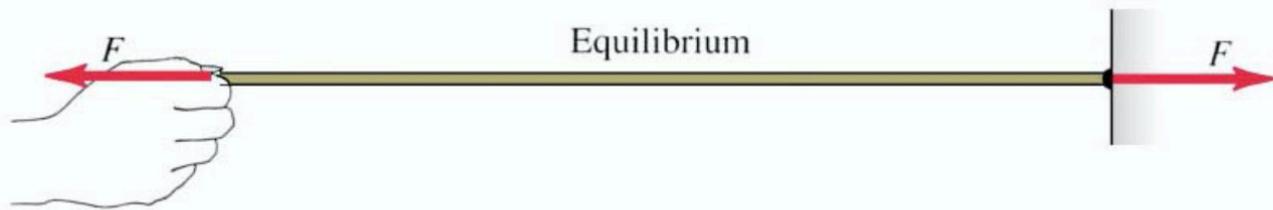
CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Velocidad de la onda en una cuerda

En una cuerda:



→ acción, propiedad elástica

→ tensión de la cuerda

→ masa lineal de la cuerda

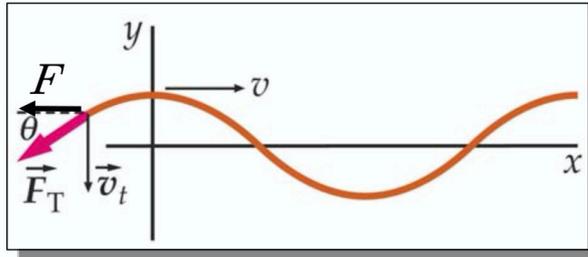
$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Transferencia de energía



Calculamos la tasa de transferencia de energía (potencia) para una cuerda vibrante (onda transversal).

$$P = \mu v \omega^2 A^2 \cos^2(Kx - \omega t)$$

Potencia instantánea transmitida

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Potencia media

$$= \frac{1}{T} \int_0^T P(t) dt$$

$$P_{av} = \overline{P(t)} = \mu v \omega^2 A^2 \overline{\cos^2(Kx - \omega t)}$$

Valor medio $\cos^2 = 1/2$

$$P_{av} = \frac{1}{2} \mu v \omega^2 A^2$$

Potencia transmitida en una oleada (periodo)

Potencia media P_{av}

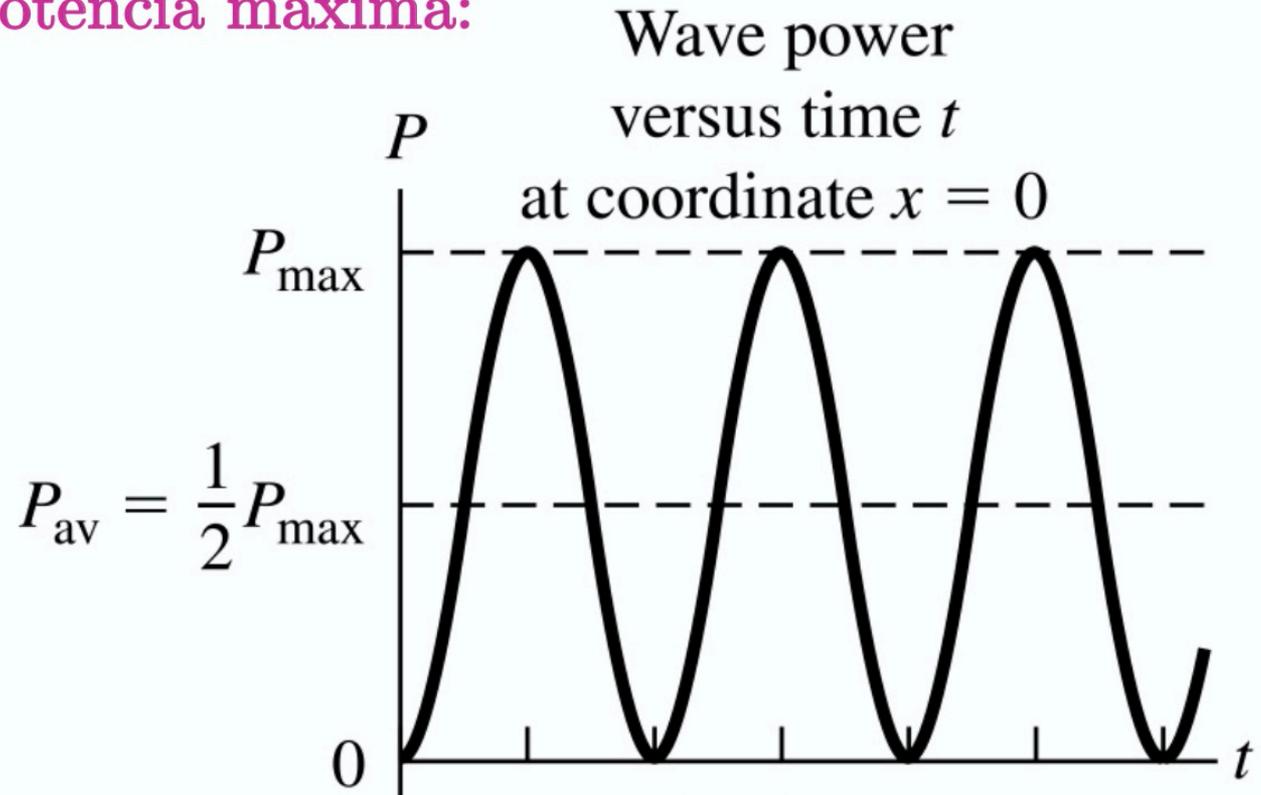
Potencia máxima P_{max}

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

La potencia media transmitida en un ciclo es, pues, la mitad de la potencia máxima:



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

➡ En un intervalo de tiempo dado, la energía transmitida:

$$\begin{aligned} \text{➡ } P_{av} &= \frac{\Delta E_m}{\Delta t} \\ &\left\{ \begin{array}{l} \text{➡ } \Delta E_m = \frac{1}{2} \mu v \omega^2 A^2 \Delta t \\ \text{en función de } \Delta t \\ \text{➡ } \Delta E_m = \frac{1}{2} \mu \omega^2 A^2 \Delta x \\ \text{en función de } \Delta x \end{array} \right. \\ &\quad \left[v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \right] \end{aligned}$$

Tanto la P_m como la E_m transmitidas son proporcionales al cuadrado de la amplitud de la onda y al cuadrado de la frecuencia.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Fenómenos ondulatorios

Reflexión de las ondas

Se denomina reflexión de una onda al cambio de dirección que experimenta ésta cuando choca contra una superficie lisa y pulimentada **sin cambiar de medio de propagación**. Si la reflexión se produce sobre una superficie rugosa, la onda se refleja en todas direcciones y se llama **difusión**.

En la reflexión hay tres elementos: rayo incidente, línea normal o perpendicular a la superficie y rayo reflejado. Se llama ángulo de incidencia al que forma la normal con el rayo incidente y ángulo de reflexión al formado por la normal y el rayo reflejado.

Las leyes de la reflexión dicen que el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión y que el rayo incidente, reflejado y la normal están en el mismo plano.



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

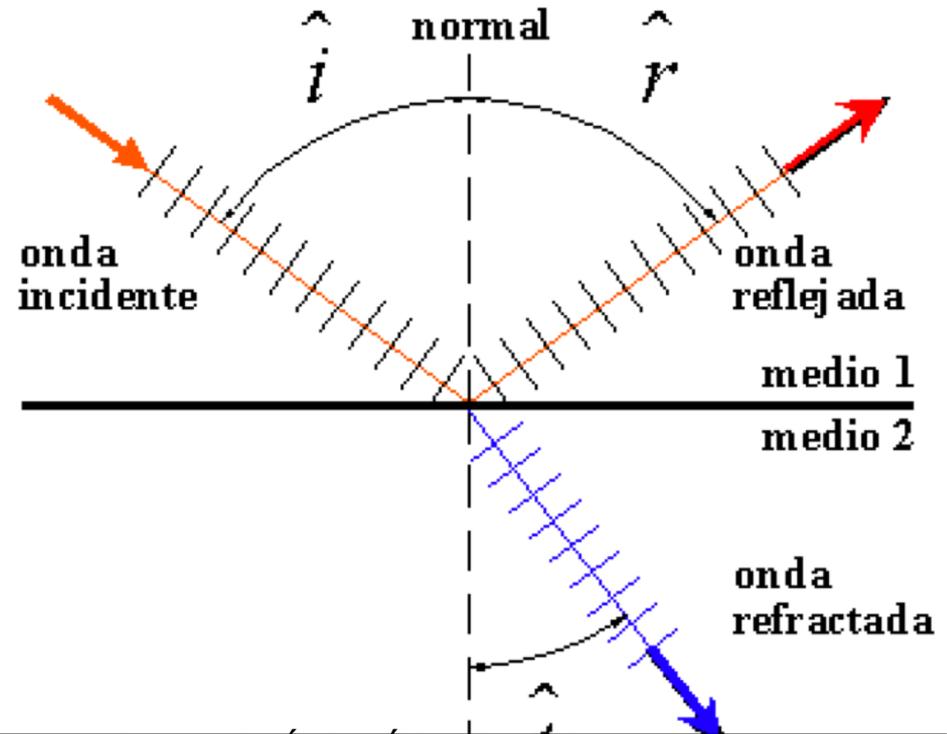
Cartagena99

Refracción de las ondas

Se denomina refracción de una onda al cambio de dirección y de velocidad que experimenta ésta cuando pasa de un medio a otro medio en el que puede propagarse. Cada medio se caracteriza por su índice de refracción.

En la refracción hay tres elementos: rayo incidente, línea normal o perpendicular a la superficie y rayo refractado. Se llama ángulo de incidencia al que forma la normal con el rayo incidente y ángulo de refracción al formado por la normal y el rayo refractado.

Cuando la onda pasa de un medio a otro en el que la onda viaja más rápido, el rayo refractado se acerca a



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

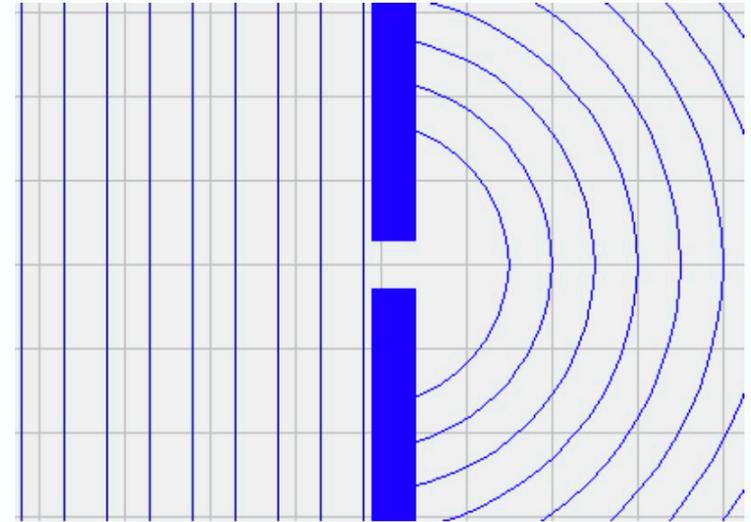
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Difracción de las ondas

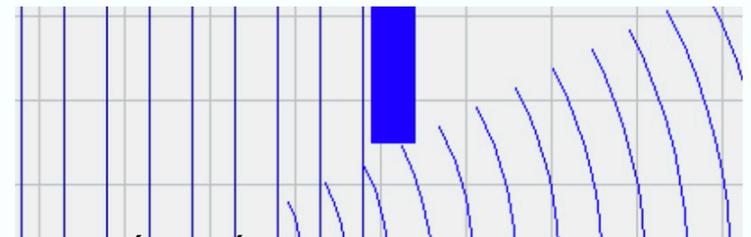
Se denomina difracción de una onda a la propiedad que tienen las ondas de rodear los obstáculos en determinadas condiciones.

Cuando una onda llega a un obstáculo (abertura o punto material) de dimensiones similares a su longitud de onda, ésta se convierte en un nuevo foco emisor de la onda.

Abertura similar a λ .



Abertura diferente a λ .



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

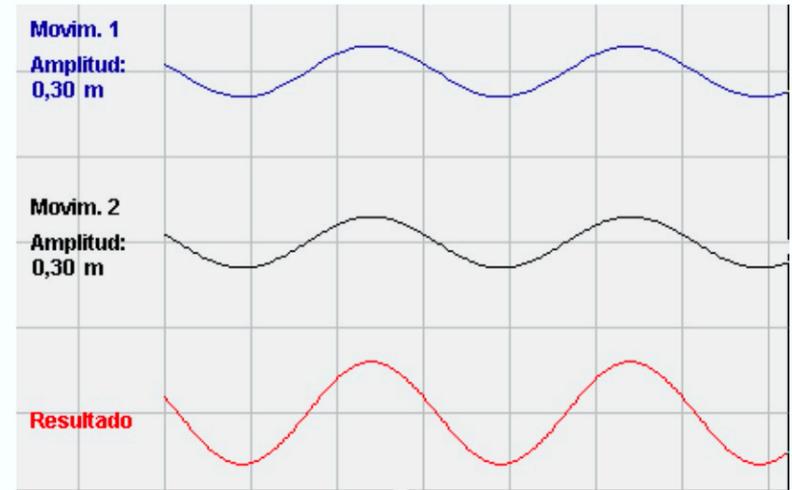
Interferencias de las ondas

Se denomina interferencia a la superposición o suma de dos o más ondas. Dependiendo fundamentalmente de las longitudes de onda, amplitudes y de la distancia relativa entre las mismas se distinguen dos tipos de interferencias:

Constructiva: se produce cuando las ondas chocan o se superponen en fases, obteniendo una onda resultante de mayor amplitud que las ondas iniciales.

Destrucción: es la superposición de ondas en antifase, obteniendo una onda resultante de menor amplitud que las ondas iniciales.

Interferencia constructiva.



Interferencia destructiva.



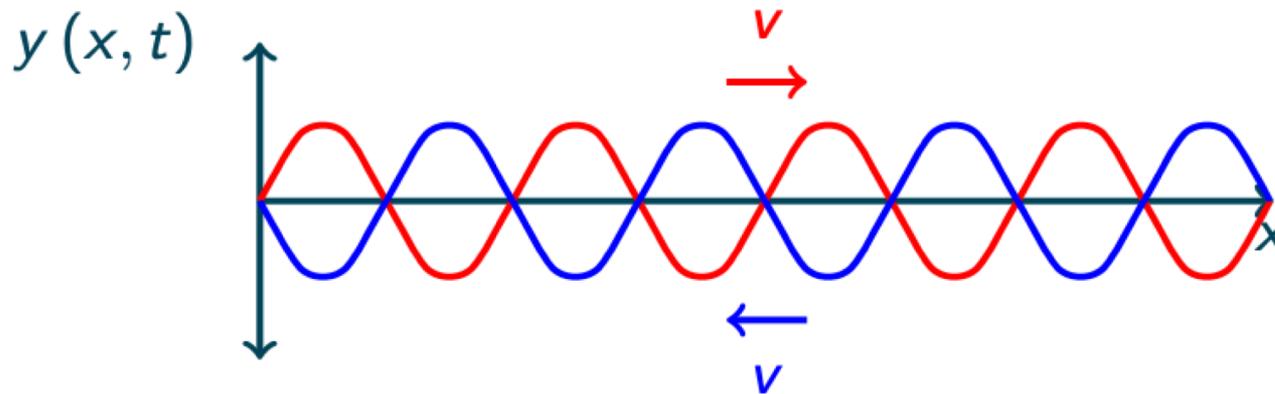
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Ondas estacionarias

Las **ondas estacionarias** se producen por la interferencia de dos ondas de la misma naturaleza con iguales características físicas pero que **viajan en direcciones opuestas** o dicho de otra forma son el resultado de la superposición de una onda incidente y una onda reflejada. Las ondas estacionarias son aquellas ondas en las cuales, ciertos puntos de la onda llamados **nodos**, permanecen inmóviles.

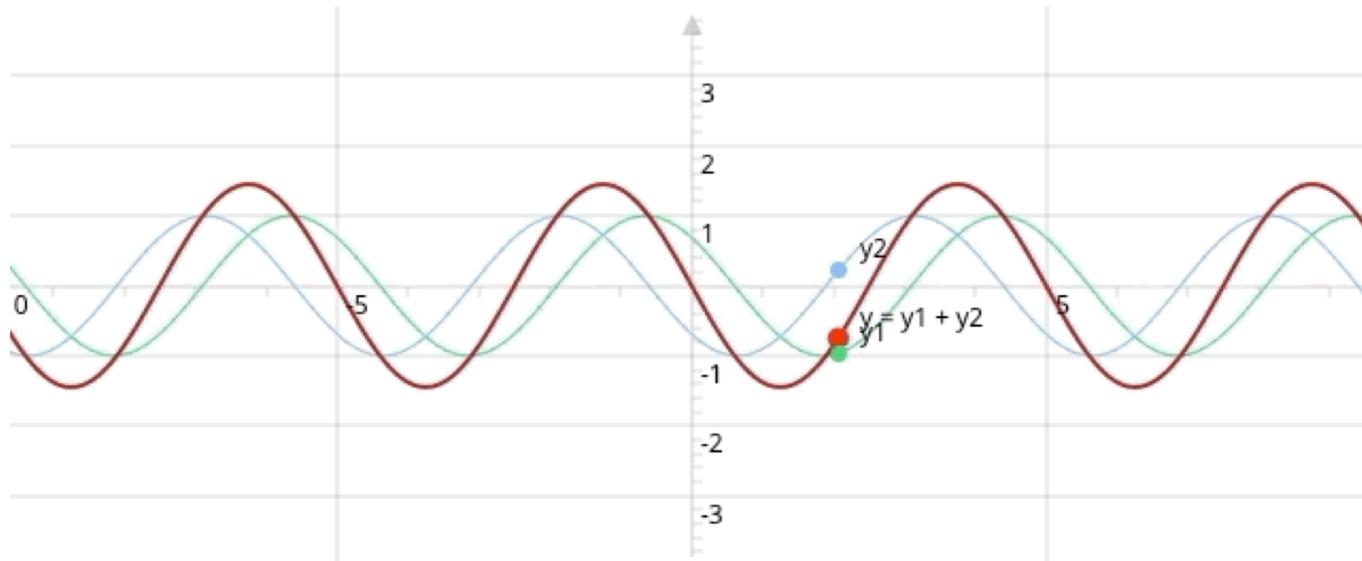


Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

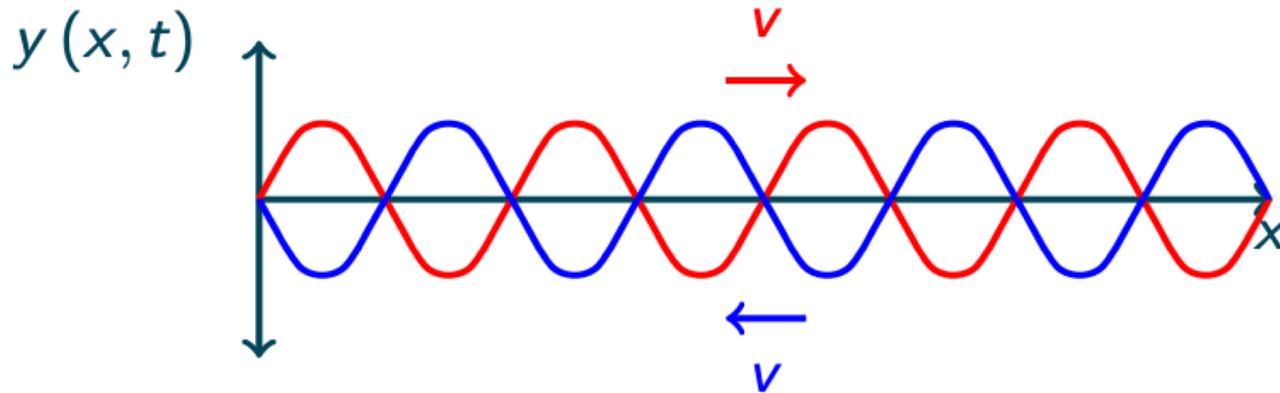


Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



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

donde y_1 representa una onda que viaja en la dirección $+x$ y y_2 representa una que viaja en la dirección $-x$. Al sumar estas dos funciones da la función de onda resultante y :

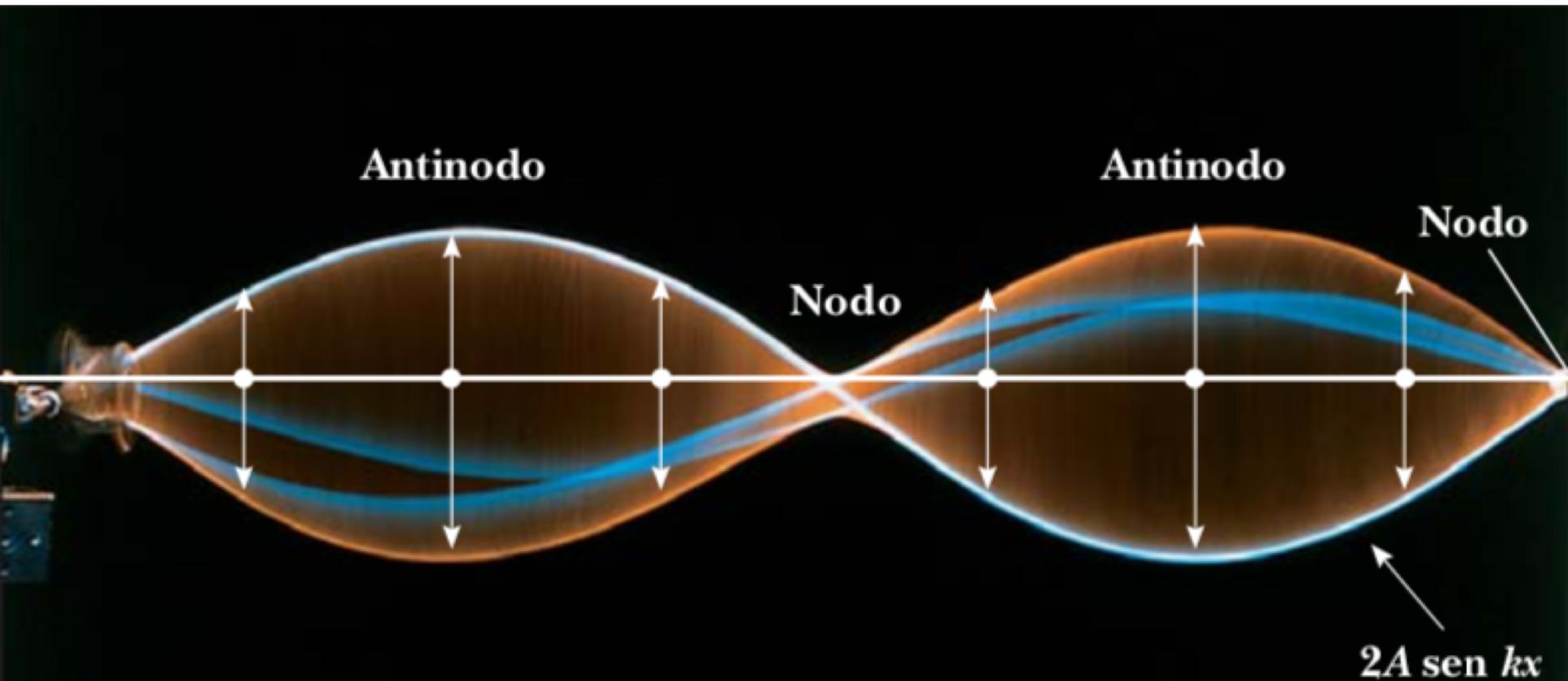
$$y = y_1 + y_2 = A \sin(kx - \omega t) + A \sin(kx + \omega t)$$

Cuando se usa la identidad trigonométrica $(a \pm b) = \sin(a) \cos(b) \pm \cos(a) \sin(b)$, esta expresión se reduce a

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

La amplitud del movimiento armónico simple de un elemento del medio tiene un valor mínimo de cero cuando x satisface la condición $\sin kx = 0$, es decir, cuando

$$kx = 0, \pi, 2\pi, 3\pi, \dots$$

Ya que $k = 2\pi/\lambda$, estos valores para kx producen

$$x = 0, \frac{\lambda}{2}, \lambda, \frac{3\lambda}{2}, \dots = \frac{n\lambda}{2} \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

Estos puntos de amplitud cero se llaman **nodos**.

El elemento del medio con el *mayor* desplazamiento posible desde el equilibrio tiene una amplitud de $2A$, que se define como la amplitud de la onda estacionaria. Las posiciones en el medio donde se presenta este desplazamiento máximo se llaman **antinodos**. Los antinodos se ubican en posiciones que satisfacen la condición $\sin kx = \pm 1$ de la coordenada x , es decir, cuando

$$kx = \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}, \frac{5\pi}{2}, \dots$$

Por lo tanto, las posiciones de los antinodos se dan por

$$x = \frac{\lambda}{4}, \frac{3\lambda}{4}, \frac{5\lambda}{4}, \dots = \frac{n\lambda}{4} \quad n = 1, 3, 5, \dots$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

La distancia entre nodos adyacentes es igual a $\lambda/2$.

DEFINICIONES

Una **onda sinusoidal** unidimensional es aquella para la cual las posiciones de los elementos del medio varían en forma sinusoidal. Una onda sinusoidal que viaja hacia la derecha se puede expresar con una **función de onda**

$$y(x, t) = A \operatorname{sen} \left[\frac{2\pi}{\lambda}(x - vt) \right] \quad (16.5)$$

donde A es la **amplitud**, λ es la **longitud de onda** y v es la **rapidez de onda**.

El **número de onda angular** k y la **frecuencia angular** ω de una onda se definen del modo siguiente:

$$k \equiv \frac{2\pi}{\lambda} \quad (16.8)$$

$$\omega \equiv \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad (16.9)$$

donde T es el **periodo** de la onda y f es su **frecuencia**

En una **onda transversal** los elementos del medio se mueven en una dirección *perpendicular* a la dirección de propagación. En una **onda longitudinal** los elementos del medio se mueven en una dirección *paralela* a la dirección de propagación.

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue and white background with a subtle wave-like pattern.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

CONCEPTOS Y PRINCIPIOS

Cualquier onda unidimensional que viaja con una rapidez v en la dirección x se representa mediante una función de onda de la forma

$$y(x, t) = f(x \pm vt) \quad (16.1, 16.2)$$

donde el signo positivo se aplica a una onda que viaja en la dirección x negativa y el signo negativo se aplica a una onda que viaja en la dirección x positiva. La forma de la onda en cualquier instante en el tiempo (una instantánea de la onda) se obtiene al mantener t constante.

La rapidez de una onda que viaja sobre una cuerda tensa de masa por unidad de longitud μ y tensión T es

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (16.18)$$

Una onda se refleja total o parcialmente cuando llega al final del medio en el que se propaga o cuando llega a una frontera donde su rapidez cambia de manera discontinua. Si una onda que viaja en una cuerda alcanza un extremo fijo, la onda se refleja e invierte. Si la onda llega a un extremo libre, se refleja mas no se invierte.

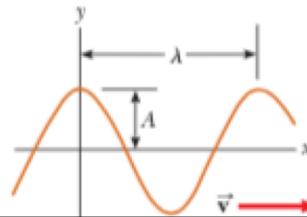
La **potencia** transmitida por una onda sinusoidal sobre una cuerda estirada es

$$\mathcal{P} = \frac{1}{2}\mu\omega^2 A^2 v \quad (16.21)$$

Las funciones de onda son soluciones a una ecuación diferencial llamada **ecuación de onda lineal**:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} \quad (16.27)$$

MODELO DE ANÁLISIS PARA RESOLVER PROBLEMAS



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Una onda sinusoidal se expresa como

(16.10)

Cartagena99