ONDAS ESTACIONARIAS

Fís. Carlos Adrián Jiménez Carballo
Escuela de Física
Instituto Tecnológico de Costa Rica

Objetivos

Al finalizar esta sección el estudiante deberá ser capaz de

- Identificar que es una onda viajera.
- Identificar que es una onda estacionaria.
- Identificar las principales características físicas de las ondas estacionarias.
- Interpretar la ecuación de las ondas estacionarias.
- Extraer información de gráficos de posición, velocidad transversal y aceleración transversal en función del tiempo de ondas estacionarias.
- Construir gráficas de posición, velocidad y aceleración en función del tiempo de ondas estacionarias

Conocimientos previos

Para esta sección los estudiantes deben tener conocimientos previos en

- Matemática básica.
- Cálculo diferencial, principalmente los conceptos de derivada e integral
- Física general, principalmente los conceptos de mecánica clásica, como por ejemplo las leyes de newton, los conceptos de posición, distancia, velocidad y aceleración, las definiciones de energía cinética, energía potencial y energía mecánica.

Contenido

Contenido

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.

Onda viajera 1

Considere una onda viajera que se desplaza en la dirección $+x$ con amplitud A, frecuencia angular ω y número de onda k.

$$y_1(x,t) = A\cos(kx - \omega t + \phi).$$

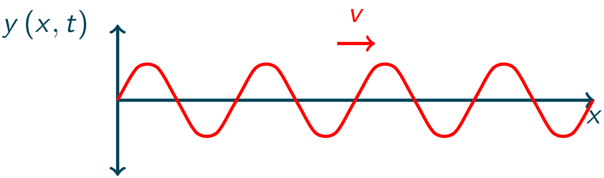


Figura: Onda viajera 1.

Dos ondas viajeras

Considere dos ondas viajeras $y_1(x,t)$ y $y_1(x,t)$ con las mismas propiedades físicas pero que viajan en direcciones opuestas.

$$y_1(x,t) = A\cos(kx - \omega t + \phi)$$
$$y_2(x,t) = -A\cos(kx + \omega t + \phi).$$

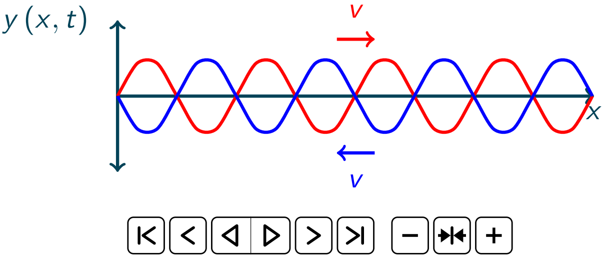


Figura: Onda viajera 1 y onda viajera 2.

Ondas estacionarias

La interferencia y la superposición de las dos ondas viajeras generan la onda estacionaria.

$$
\begin{aligned}
y(x,t) &= y_1(x,t) + y_2(x,t) \\
&= 2A \sin(kx+\phi) \sin(\omega t) .
\end{aligned}
$$

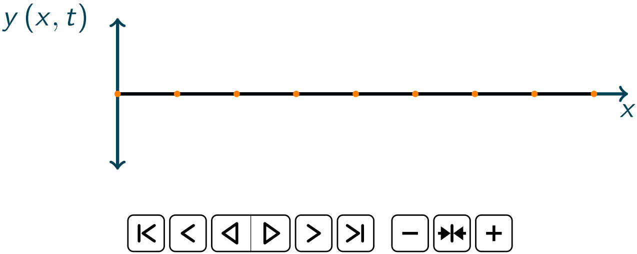
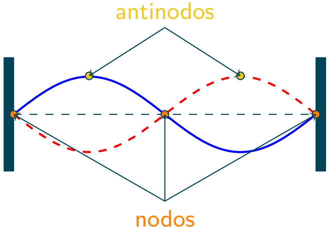


Figura: Onda estacionaria.

Nodos y antinodos en una onda estacionaria

Los puntos llamados **nodos** son aquellos que nunca se mueven y donde la amplitud de la onda estacionaria **siempre** es cero

A la mitad del camino entre los nodos hay puntos llamados **antinodos** donde la amplitud de movimiento es máxima para ciertos tiempos.



Dos nodos adyacentes están separados una distancia $\lambda/2$, lo mismo que dos antinodos adyacentes.

Contenido

Relación entre la longitud de onda
y la longitud de la cuerda

Considere la ecuación de una onda estacionaria

$$y\left(x,t\right)=2A\sin\left(kx+\phi\right)\sin\left(\omega t\right).$$

Si ambos extremos de una cuerda con longitud L están fijos esto significa que $x=0$ y $x=L$ se satisface

$$\begin{aligned} y\left(x=0,t\right)=&0\\ y\left(x=L,t\right)=&0\end{aligned}$$

lo cual nos lleva a que en una cuerda con sus dos extremos fijos sólo puede haber ondas estacionarias si L es un múltiplo entero de $\lambda/2$.

$$L=n\lambda_n/2 \qquad (n=1,2,3...)$$

Contenido

Modos Normales

A la serie de posibles longitudes de onda estacionaria λ_n corresponde una serie de posibles frecuencias f_n, la cuales se pueden relacionar mediante la definición de velocidad de propagación, esto es $v = \lambda_n f_n$. Las frecuencias con las que se producen las ondas estacionarias se denominan **frecuencia naturales** o **frecuencias resonantes** o **armónicos**.

Los patrones resultantes de ondas estacionarias se conocen como **modos normales**. El modo normal de un sistema oscilante es un movimiento en el cual todas las partículas se mueven sinusoidalmente con la misma frecuencia.

Frecuencias naturales en una cuerda

La frecuencia más pequeña f_1 corresponde a la longitud de onda más grande. Para el caso de una cuerda con sus dos extremos fijos dicha frecuencia se relaciona con la longitud de la cuerda de la siguiente forma

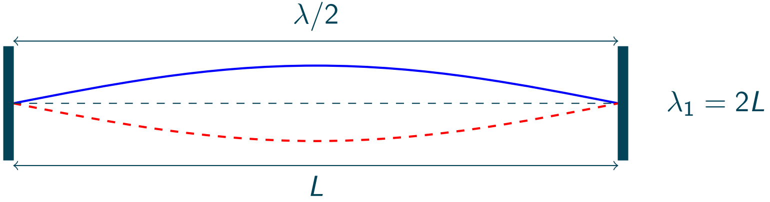
$$f_1 = \frac{v}{2L}.$$

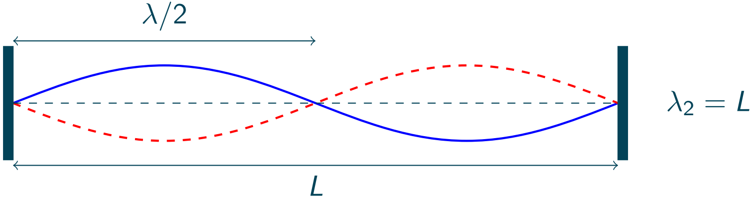
dicha frecuencia se conoce como **frecuencia fundamental**.

Las otras frecuencias de onda estacionaria son $f_2 = 2v/2L$, $f_3 = 3v/2L$, etc. Todas éstas son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental f_1, como $2f_1$, $4f_1$, $4f_1$, y así sucesivamente, y podemos expresar todas las frecuencias naturales como:

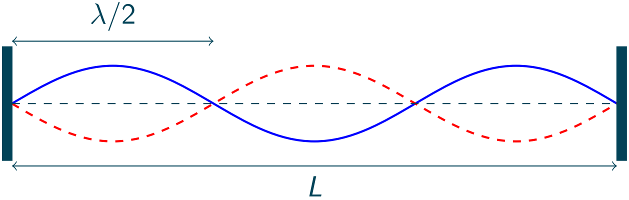
$$f_n = \frac{nv}{2L}$$

Modo fundamental y segundo modo normal

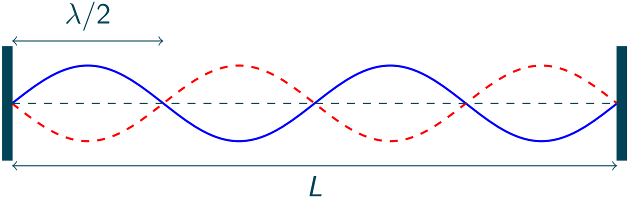




Tercero y cuarto modo normal



$\lambda_3 = \frac{2L}{3}$



$\lambda_4 = \frac{L}{2}$

Fórmulas ondas mecánicas primer examen parcial

$y\left(x,t\right) = A\cos\left(kx \pm \omega t + \phi\right)$	$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2}\frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$	$\mu = \frac{m}{l}$	$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$
$P_{med} = \frac{1}{2}\sqrt{\mu F}\omega^2 A^2$	$v = f\lambda$	$v = \frac{\omega}{k}$	$k = \frac{2\pi}{\lambda}$
$y\left(x,t\right) = A_{Sw}\sin\left(kx\right)\sin\left(\omega t\right)$	$A_{sw} = 2A$	$f_n = nf_1$	$\lambda_n = \frac{2L}{n}$

Todas las fórmulas que no aparecen aquí deben ser demostradas en el examen

Bibliografía

- Sears, F.W., Zemansky, M.W., Young, H.D., Freedman, R.A. (2013). *Física Universitaria*. Volumen I. Décimo tercera edición. México: Pearson Education.

- Resnick, R., Halliday, D., Krane, K. (2013). *Física*. Volumen I. Quinta edición. México: Grupo Editorial Patria.

- Serway, R.A. y Jewett, J.W. (2008). *Física Para Ciencias e Ingeniería*. Volumen I. Sétima edición. México: Cengage Learning Editores S.A. de C.V.

- Wilson, J.D., Buffa, A.J. y Lou, B. (2007). *Física*. Sexta edición. México: Pearson educación.

Créditos

- Vicerrectoría de Docencia
- CEDA - TEC Digital
- Proyecto de Virtualización 2016-2017
- Física General III
- Fís. Carlos Adrián Jiménez Carballo (profesor)
- Ing. Paula Morales Rodríguez (coordinadora de diseño)
- Andrés Salazar Trejos (Asistente)