Capítulo 21 – Onda mecánicas

Presentación PowerPoint de

Paul E. Tippens, Profesor de Física

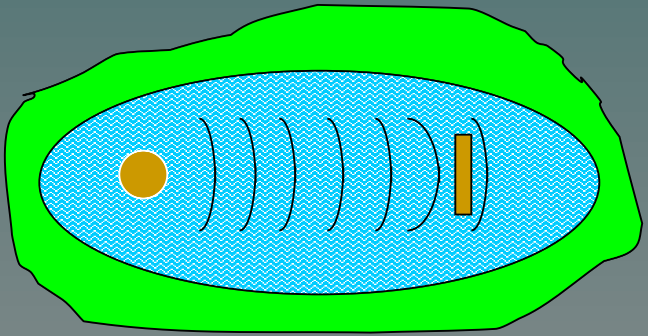
Southern Polytechnic State University

Objetivos: Después de completar este módulo deberá:

- Demostrar su comprensión de las ondas transversales y longitudinales.
- Definir, relación y aplicar los conceptos de frecuencia, longitud de onda y rapidez de onda.
- Resolver problemas que involucran masa, longitud, tensión y velocidad de onda para ondas transversales.
- Escribir y aplicar una expresión para determinar las frecuencias características para una cuerda en vibración con extremos fijos.

Ondas mecánicas

Un onda mecánica es una perturbación física en un medio elástico.



Considere una piedra que se suelta en un lago.

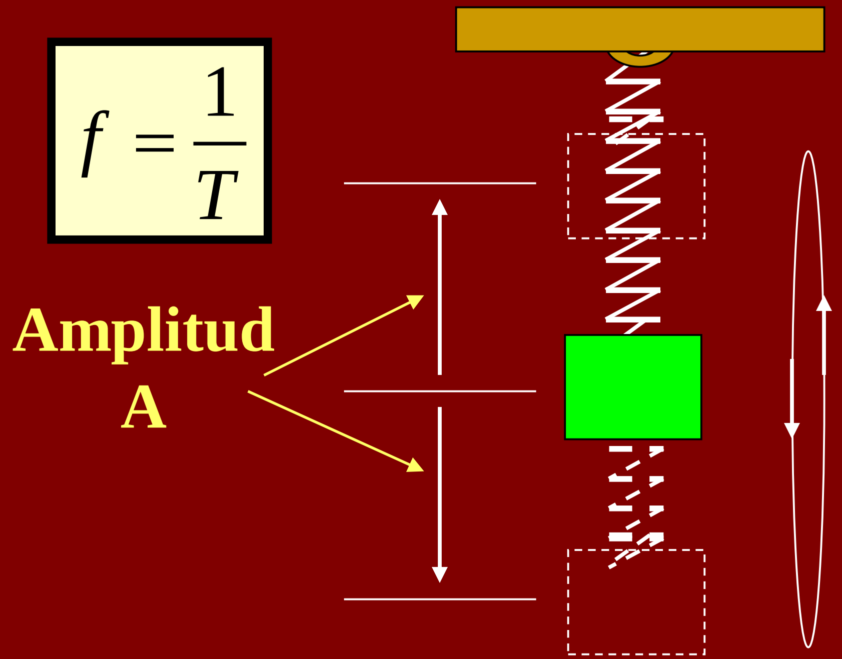
Se transfiere energía de la piedra al tronco que flota, pero sólo viaja la perturbación.

El movimiento real de cualquier partícula de agua individual es pequeño.

La propagación de energía mediante una perturbación como ésta se conoce como movimiento ondulatorio mecánico.

Movimiento periódico

El movimiento periódico simple es aquel movimiento en el que un cuerpo se mueve de ida y vuelta sobre una trayectoria fija, y regresa a cada posición y velocidad después de un intervalo de tiempo definido.

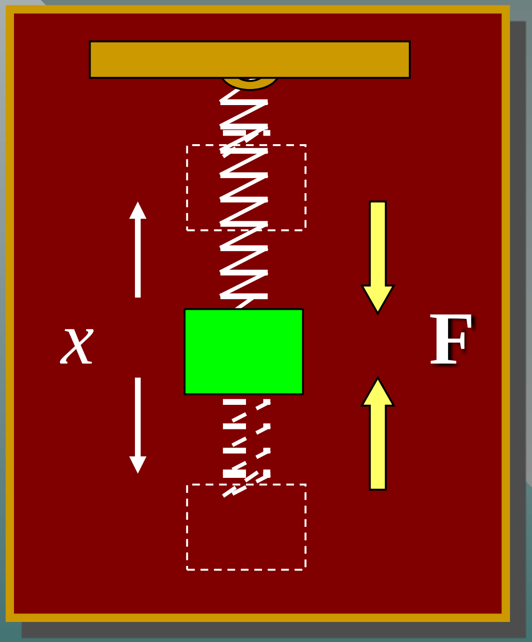


$$f = \frac{1}{T}$$

Periodo, T, es el tiempo para una oscilación completa. (segundos, s)

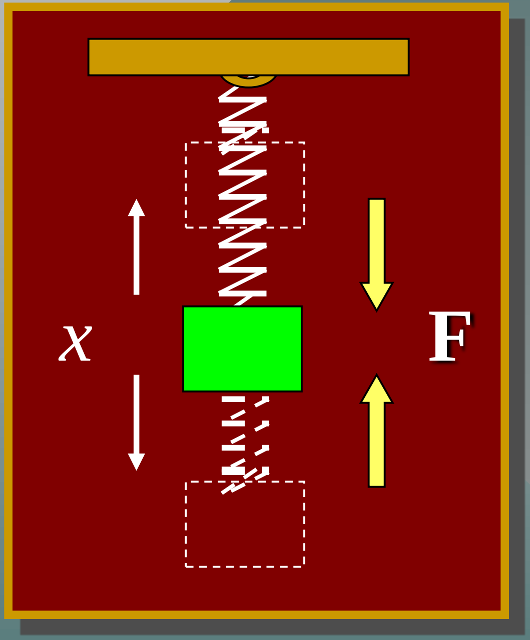
Frecuencia, f, es el número de oscilaciones completas por segundo. Hertz (s^{-1})

Repaso de movimiento armónico simple



Puede serle útil revisar el capítulo 14 acerca de movimiento armónico simple. Muchos de los mismos términos se usan en este capítulo.

Ejemplo: La masa suspendida realiza 30 oscilaciones completas en 15 s. ¿Cuál es el periodo y la frecuencia del movimiento?



$$T = \frac{15\ \text{s}}{30\ \text{ciclos}} = 0.50\ \text{s}$$

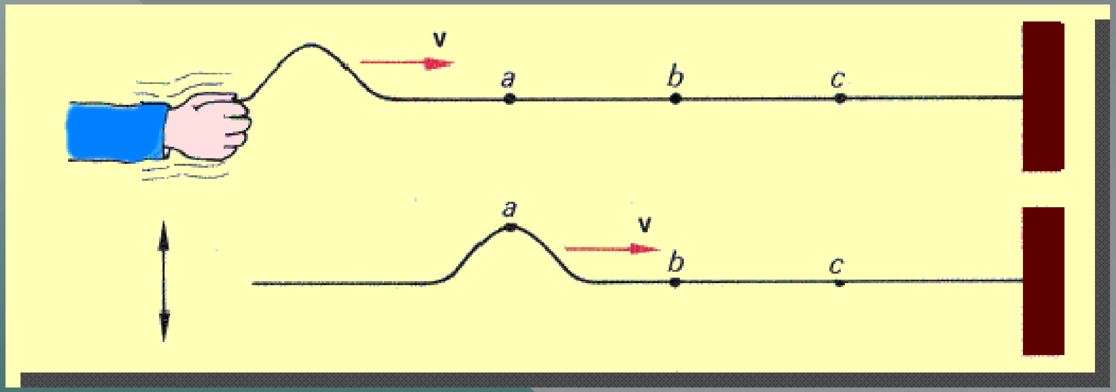
Periodo: $T = 0.500$ s

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.500\ \text{s}}$$

Frecuencia: $f = 2.00$ Hz

Una onda transversal

En una onda transversal, la vibración de las partículas individuales del medio es perpendicular a la dirección de propagación de la onda.

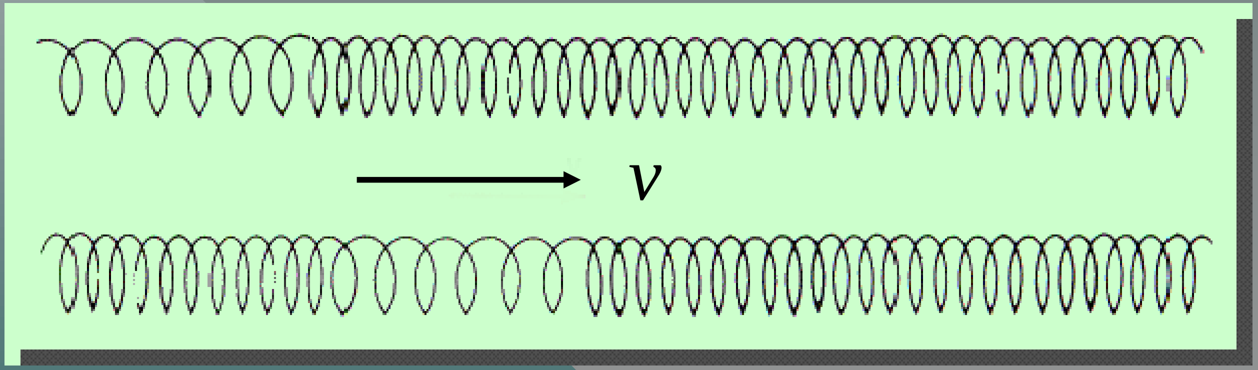


Movimiento de partículas

Movimiento de onda

Ondas longitudinales

En una onda longitudinal, la vibración de las partículas individuales es paralela a la dirección de propagación de la onda.



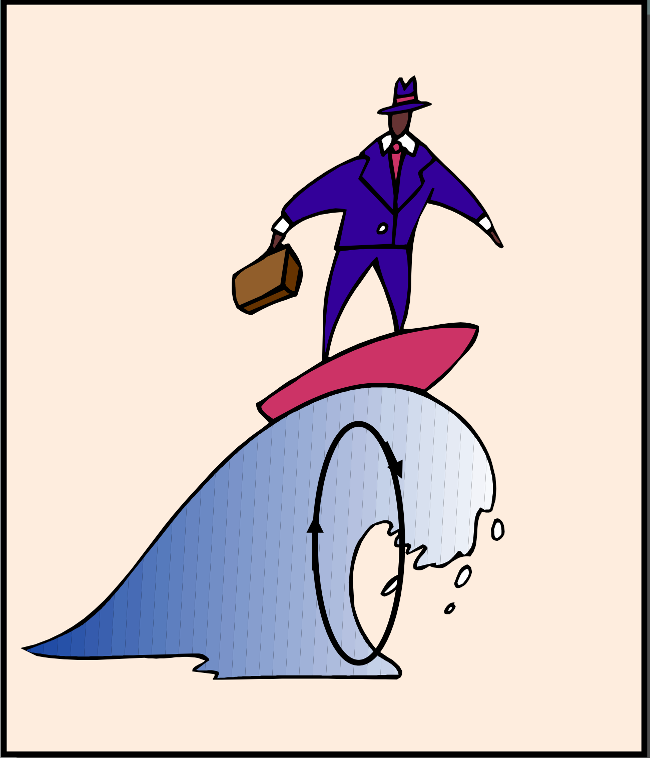
Movimiento de partículas

Movimiento de onda

Olas

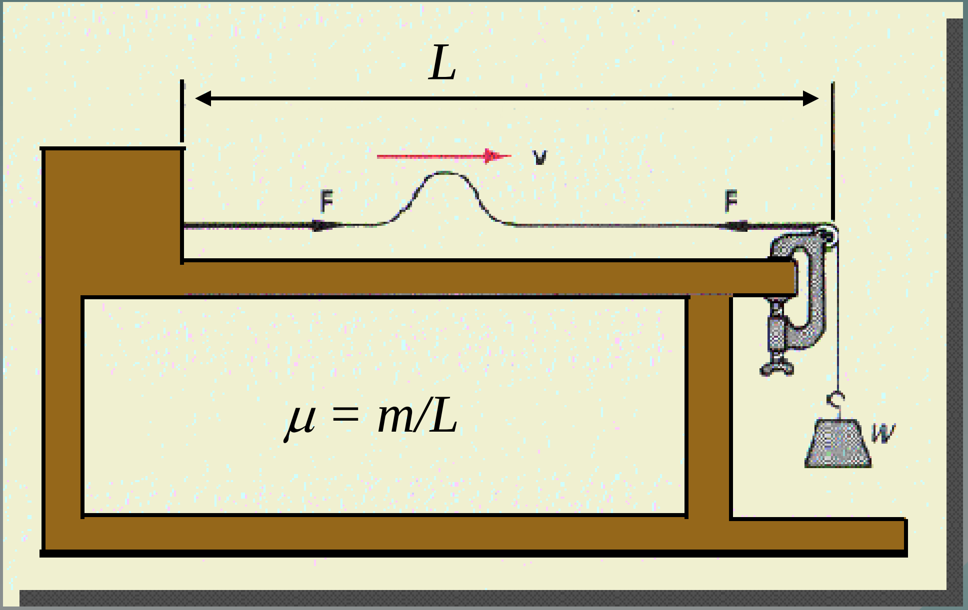
Una ola oceánica es una combinación de transversal y longitudinal.

Las partículas individuales se mueven en elipses conforme la perturbación de la onda se mueve hacia la playa.



Rapidez de onda en una cuerda.

La rapidez de onda v en una cuerda en vibración se determina mediante la tensión F y la densidad lineal μ, o masa por unidad de longitud.



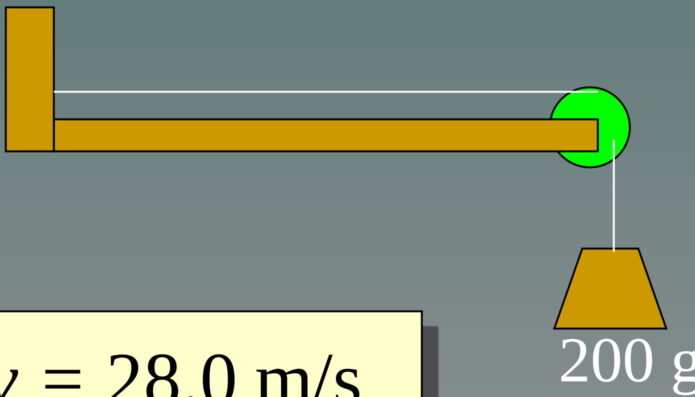
$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{FL}{m}}$$

v = rapidez de onda transversal (m/s)

F = tensión sobre la cuerda (N)

μ o m/L = masa por unidad de longitud (kg/m)

Ejemplo 1: Una sección de 5 g de cuerda tiene una longitud de 2 m desde la pared hasta lo alto de una polea. Una masa de 200 g cuelga en el extremo. ¿Cuál es la rapidez de una onda en esta cuerda?



$$F = (0.20\text{ kg})(9.8\text{ m/s}^2) = 1.96\text{ N}$$

$$v = \sqrt{\frac{FL}{m}} = \sqrt{\frac{(1.96\text{ N})(2\text{ m})}{0.005\text{ kg}}}$$

$$\boxed{v = 28.0\text{ m/s}}$$

Nota: Recuerde usar unidades consistentes. La tensión *F* debe estar en newtons, la masa m en kilogramos, y la longitud *L* en metros.

Movimiento ondulatorio periódico

Una placa metálica en vibración produce una onda transversal continua, como se muestra.

Para una vibración completa, la onda se mueve una distancia de una longitud de onda λ como se ilustra.

La longitud de onda λ es la distancia entre dos partículas que están en fase.

Velocidad y frecuencia de onda.

El *periodo T* es el tiempo para recorrer una distancia de una longitud de onda. Por tanto, la rapidez de onda es:

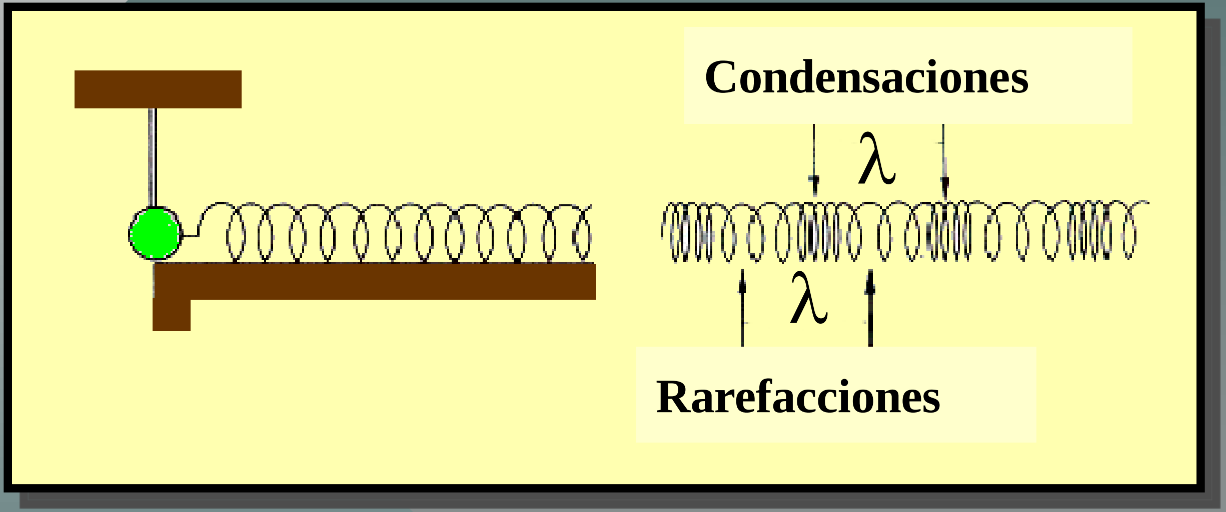
$$v = \frac{\lambda}{T} \quad \text{pero} \quad T = \frac{1}{f} \quad \text{de modo que} \quad v = f\lambda$$

La frecuencia *f* está en s^{-1} o hertz (Hz).

La velocidad de cualquier onda es el producto de la frecuencia y la longitud de onda:

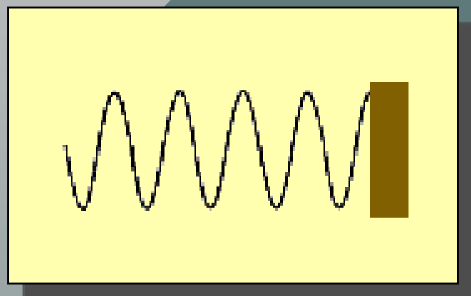
$$\boxed{v = f\lambda}$$

Producción de una onda longitudinal

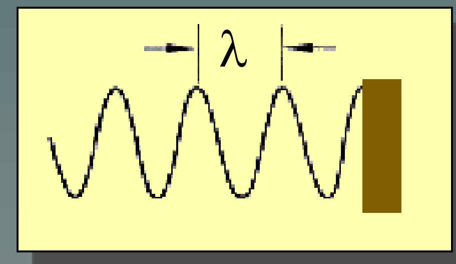


- Un péndulo en oscilación produce condensaciones y rarefacciones que viajan por el resorte.
- La longitud de onda λ es la distancia entre condensaciones o rarefacciones adyacentes.

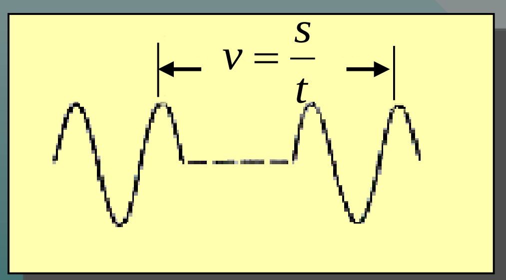
Velocidad, longitud de onda, rapidez



Frecuencia f = ondas por segundo (Hz)



Longitud de onda λ (m)



Velocidad v (m/s)

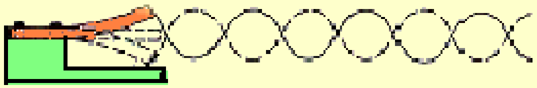
$$v = f\lambda$$

Ecuación de onda

Ejemplo 2: Un vibrador electromagnético envía ondas por un resorte. El vibrador realiza 600 ciclos completos en 5 s. Para una vibración completa, la onda se mueve una distancia de 20 cm. ¿Cuáles son la frecuencia, longitud de onda y velocidad de la onda?

$$f = \frac{600 \text{ ciclos}}{5 \text{ s}}$$

$$\boxed{f = 120 \text{ Hz}}$$



La distancia que se mueve durante un tiempo de un ciclo es la longitud de onda; por tanto:

$$\boxed{\lambda = 0.020 \text{ m}}$$

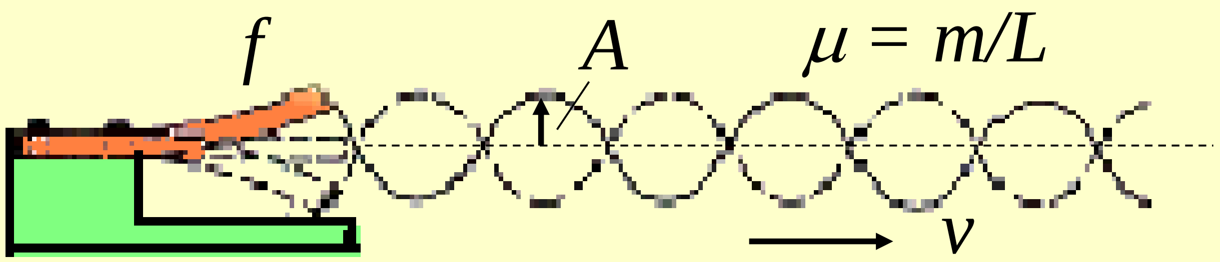
$$v = f\lambda$$

$$v = (120 \text{ Hz})(0.02 \text{ m})$$

$$\boxed{v = 2.40 \text{ m/s}}$$

Energía de una onda periódica

La energía de una onda periódica en una cuerda es una función de la densidad lineal m, la frecuencia *f*, la velocidad *v* y la amplitud *A* de la onda.



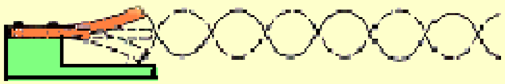
$$\frac{E}{L} = 2\pi^2 f^2 A^2 \mu$$

$$P = 2\pi^2 f^2 A^2 \mu v$$

Ejemplo 3. Una cuerda de 2 m tiene una masa de 300 g y vibra con una frecuencia de 20 Hz y una amplitud de 50 mm. Si la tensión en la cuerda es de 48 N, ¿cuánta potencia se debe entregar a la cuerd

$$\mu = \frac{m}{L} = \frac{0.30\text{ kg}}{2\text{ m}} = 0.150\text{ kg/m}$$

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{(48\text{ N})}{0.15\text{ kg/m}}} = 17.9\text{ m/s}$$



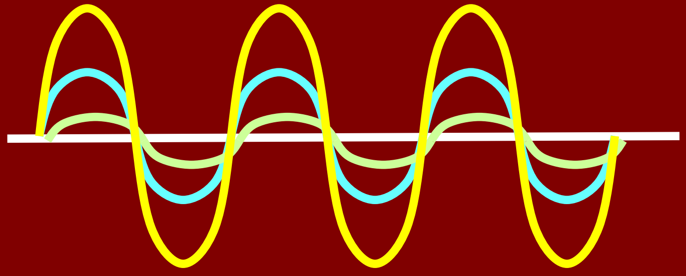
$$P = 2\pi^2 f^2 A^2 \mu v$$

$$P = 2\pi^2(20\text{ Hz})^2(0.05\text{ m})^2(0.15\text{ kg/m})(17.9\text{ m/s})$$

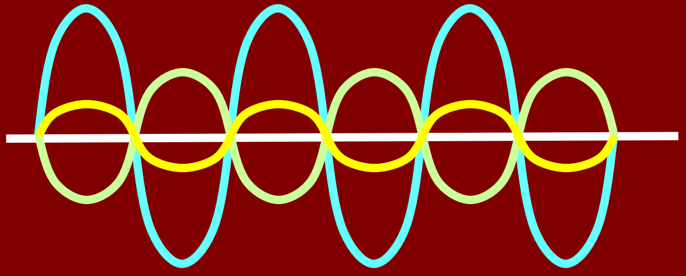
$$\boxed{P = 53.0\text{ W}}$$

El principio de superposición

- Cuando en el mismo medio existen dos o más ondas (azul y verde), cada onda se mueve como si las otras estuvieran ausentes.
- El desplazamiento resultante de estas ondas en cualquier punto es la onda suma algebraica (amarillo) de los dos desplazamientos.



Interferencia constructiva

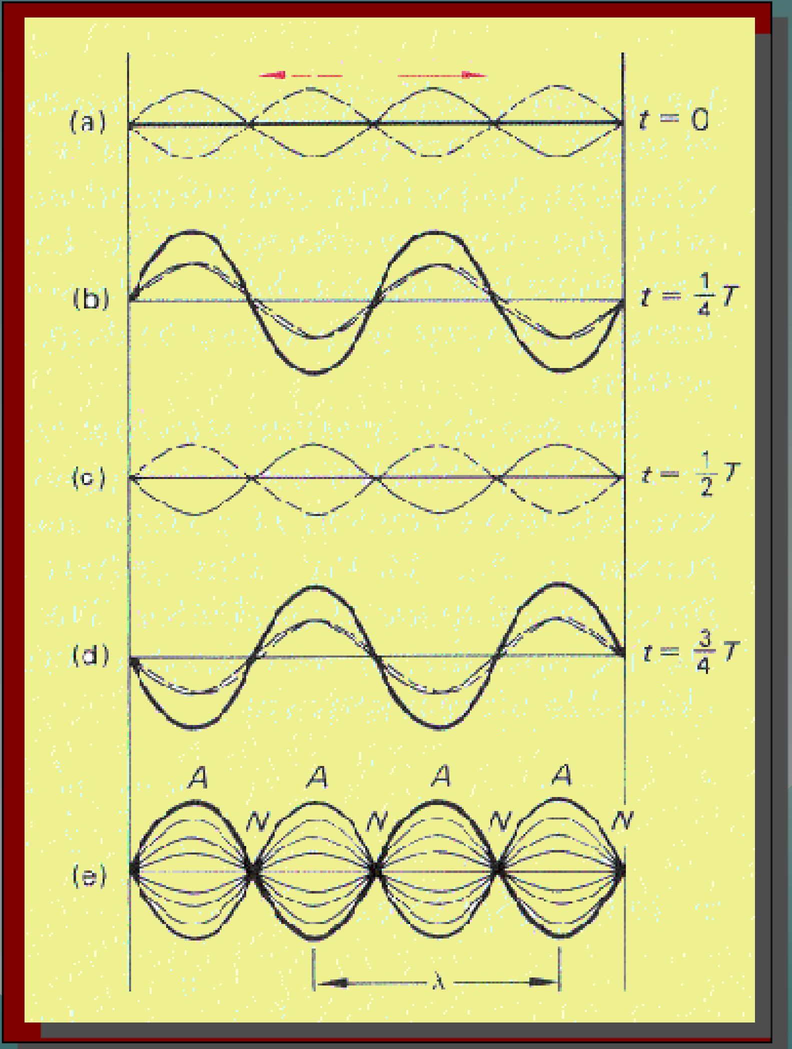


Interferencia destructiva

Formación de una onda estacionaria:

Las ondas incidente y reflejada que viajan en direcciones opuestas producen nodos N y antinodos A.

La distancia entre nodos o antinodos alternos es una longitud de onda.



Posibles longitudes de onda para ondas estacionarias

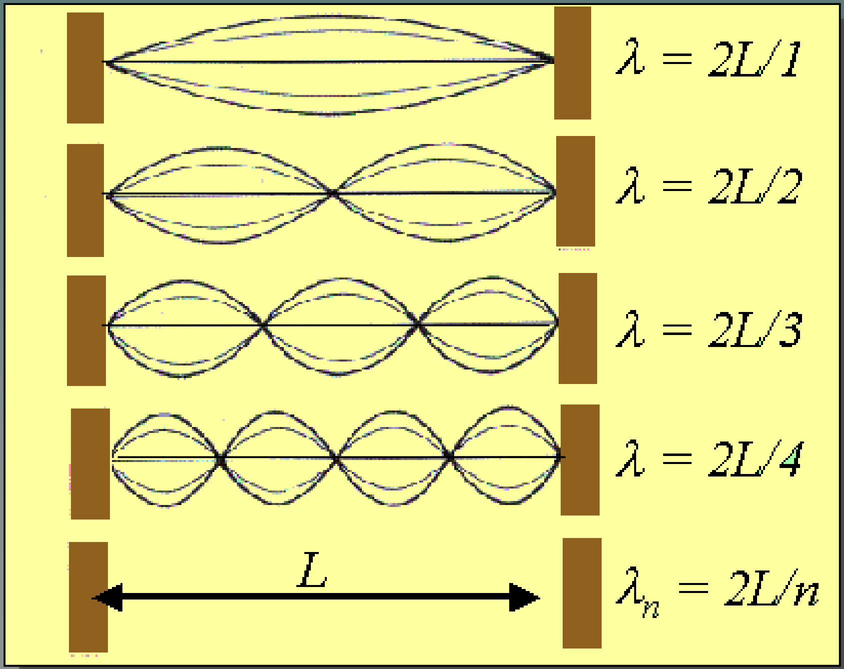
Fundamental, $n = 1$

1er sobretono, $n = 2$

2o sobretono, $n = 3$

3er sobretono, $n = 4$

n = *armónicos*



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

Posibles frecuencias $f = v/\lambda$:

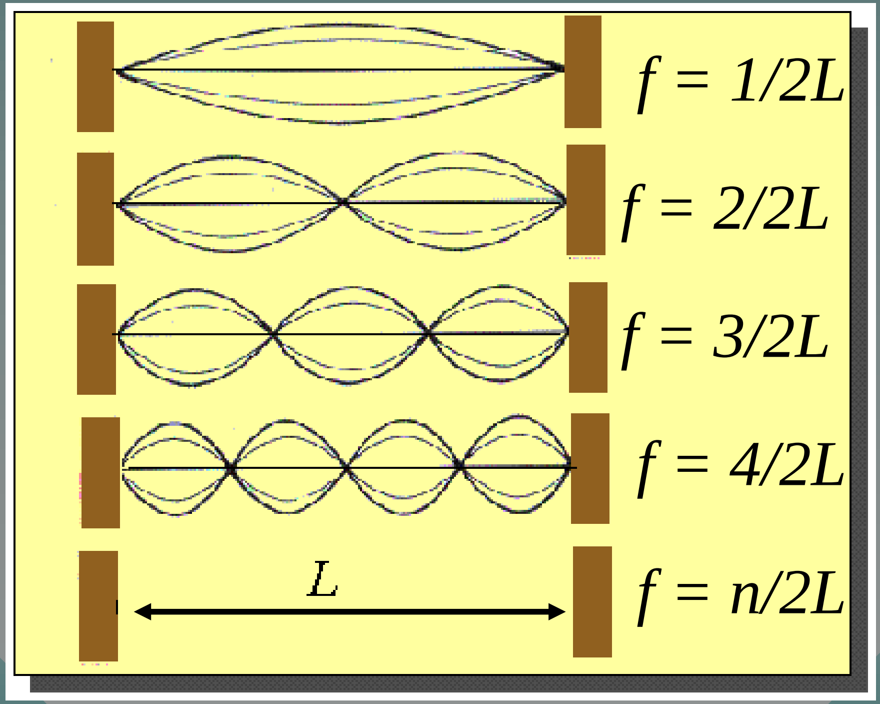
Fundamental, $n = 1$

1er sobretono, $n = 2$

2o sobretono, $n = 3$

3er sobretono, $n = 4$

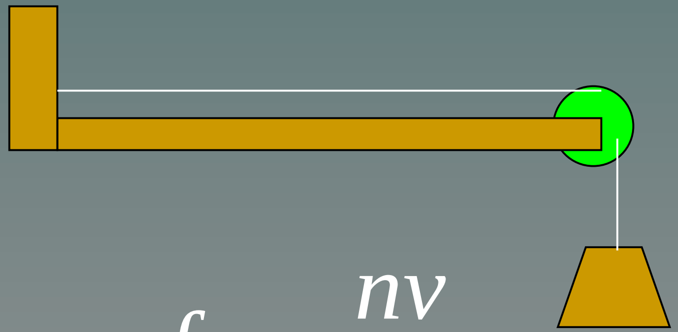
n = *armónicos*



$$f_n = \frac{nv}{2L} \qquad n = 1,\ 2,\ 3,\ . . .$$

Frecuencias caracterísicas

Ahora, para una cuerda bajo tensión, se tiene:



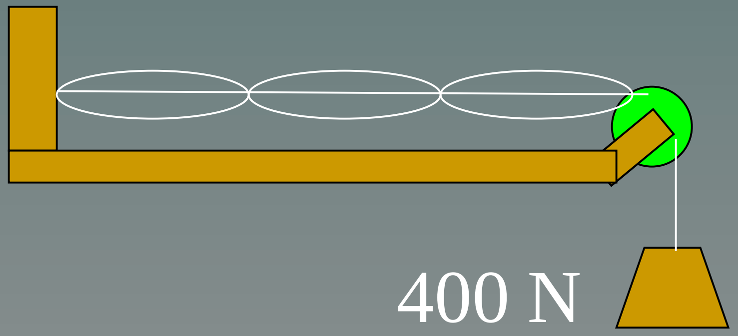
$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{FL}{m}} \quad \text{y} \quad f = \frac{nv}{2L}$$

Frecuencias características:

$$f_n = \frac{n}{2L}\sqrt{\frac{F}{\mu}}; \quad n = 1,\ 2,\ 3,\ \ldots$$

Ejemplo 4. Un alambre de acero de 9 g tiene 2 m de largo y está bajo una tensión de 400 N. Si la cuerda vibra en tres bucles, ¿cuál es la frecuencia de la onda?

Para tres bucles: $n = 3$



$$f_n = \frac{n}{2L}\sqrt{\frac{F}{\mu}}; \quad n = 3$$

$$f_3 = \frac{3}{2L}\sqrt{\frac{FL}{m}} = \frac{3}{2(2\text{ m})}\sqrt{\frac{(400\text{ N})(2\text{ m})}{0.009\text{ kg}}}$$

Tercer armónico

2o sobretono

$$f_3 = 224\text{ Hz}$$

Resumen para movimiento ondulatorio:

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

$$v = f\lambda$$

$$f = \frac{1}{T}$$

$$f_n = \frac{n}{2L}\sqrt{\frac{F}{\mu}}; \quad n = 1, 2, 3, \ldots$$

$$\frac{E}{L} = 2\pi^2 f^2 A^2 \mu$$

$$P = 2\pi^2 f^2 A^2 \mu v$$

CONCLUSIÓN: Capítulo 21
Ondas mecánicas