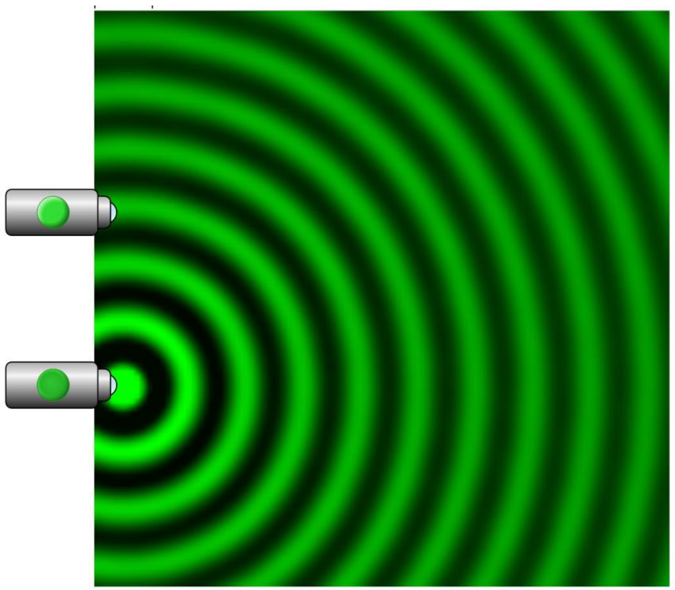
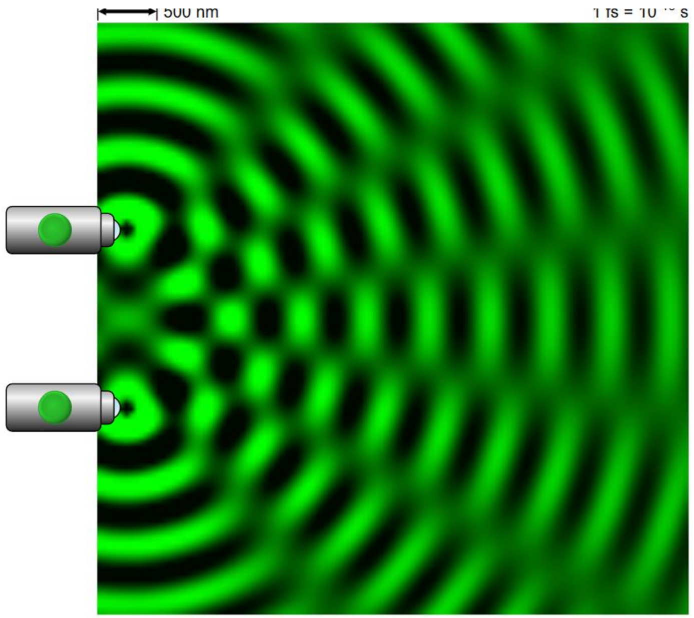
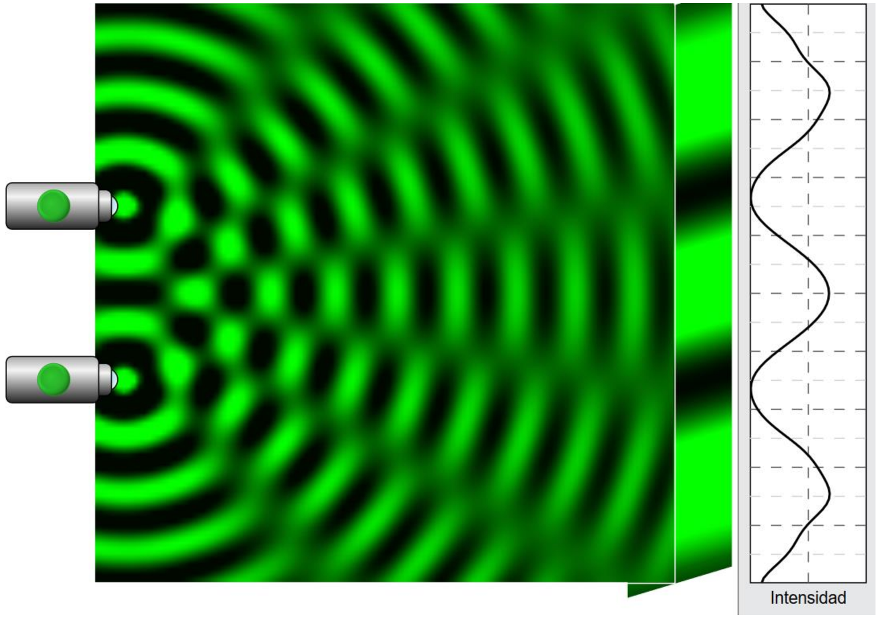
Física II
Ondas mecánicas y sonido

Cierre de ondas mecánicas (cap. 15)

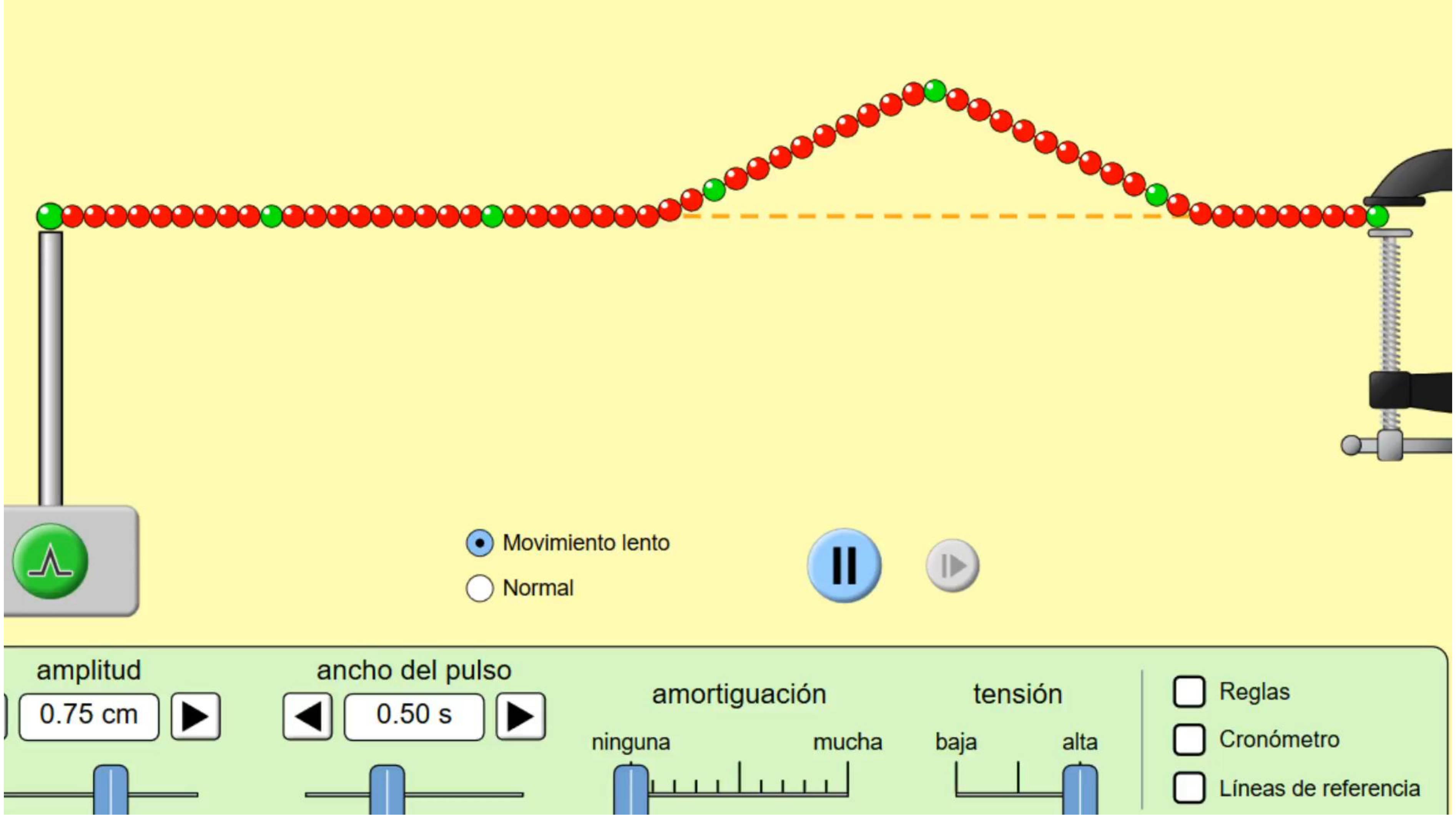
Preguntas y ejercicios




500 nm

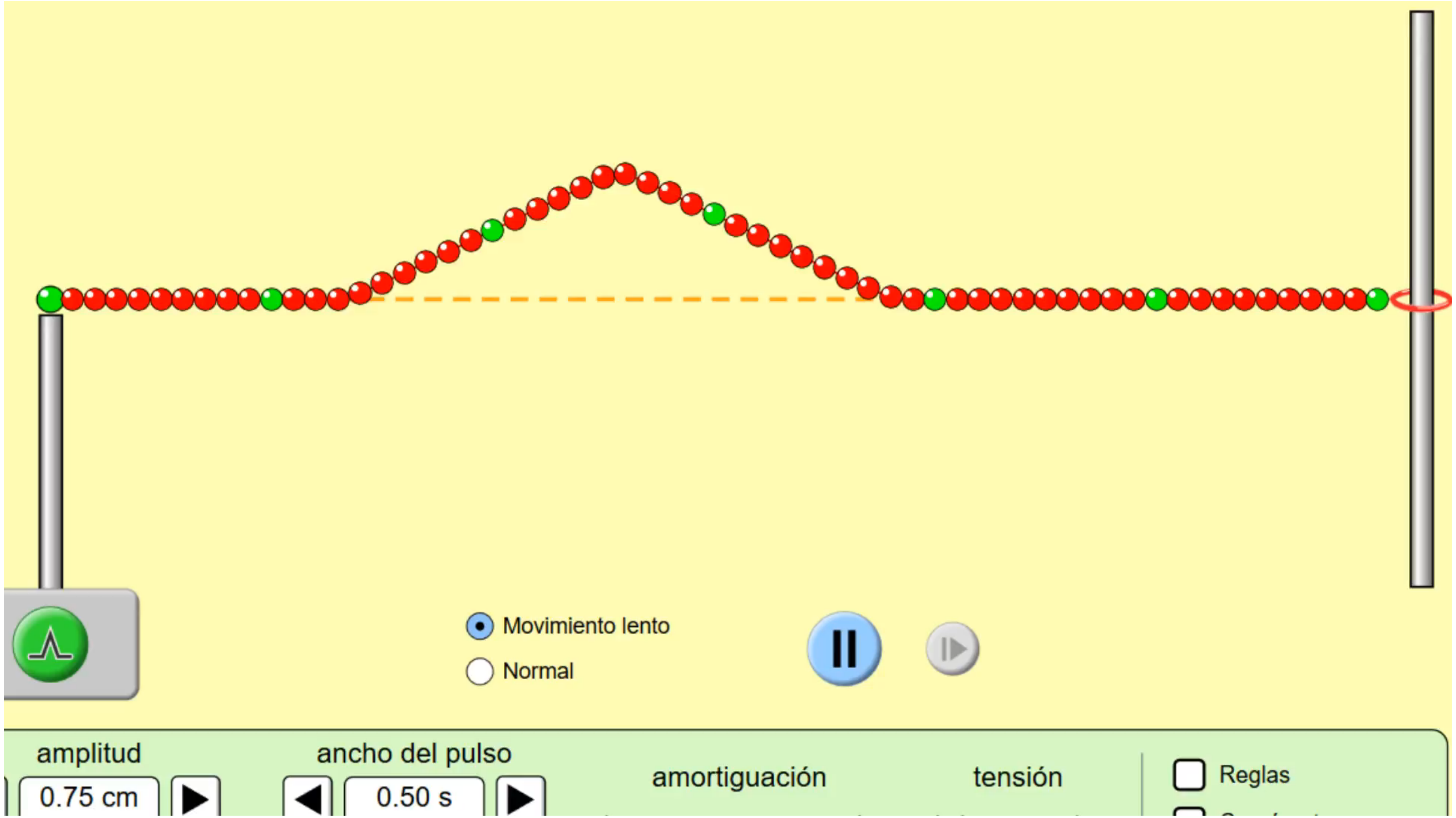

Intensidad

Reflexión

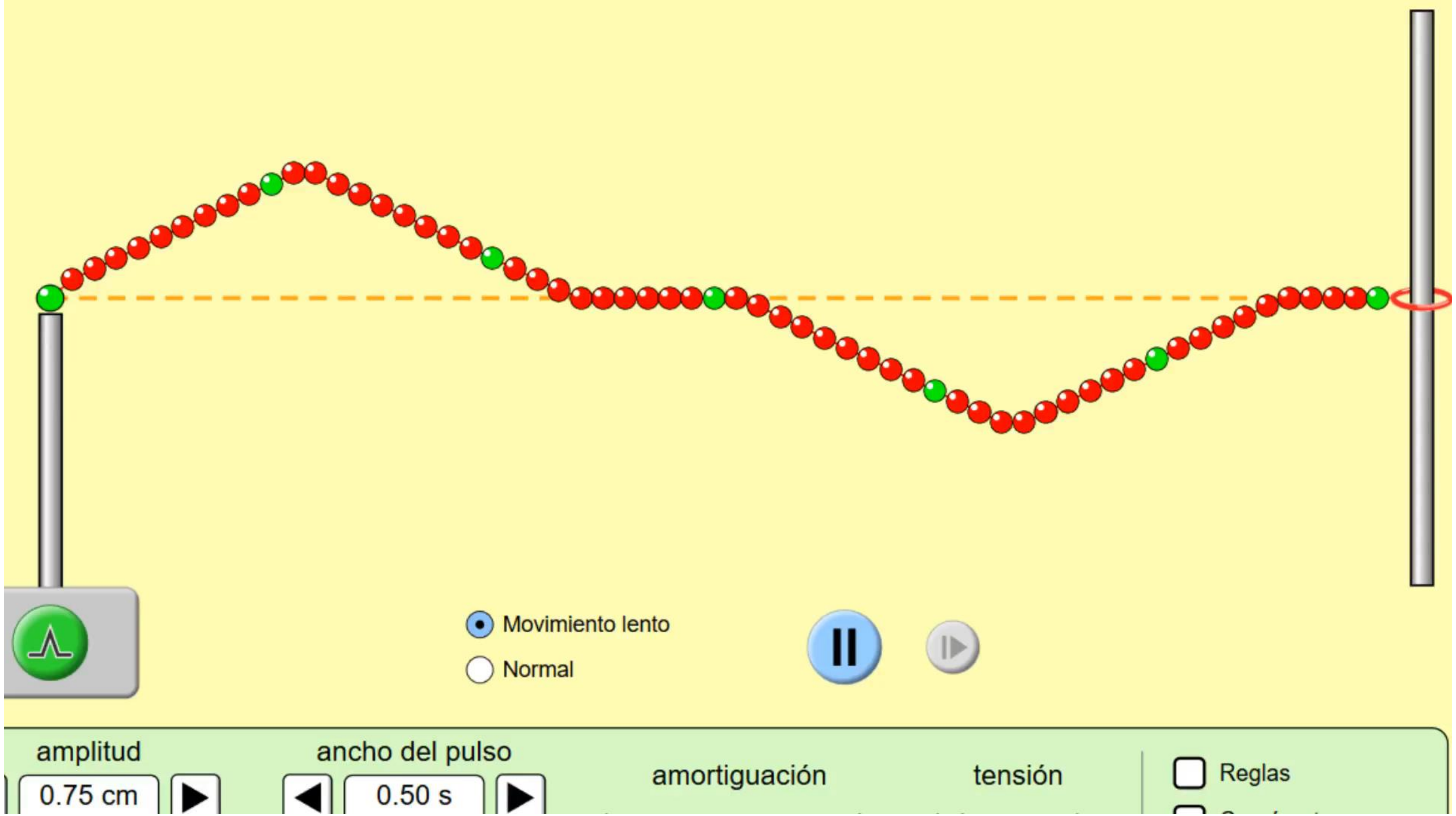


Movimiento lento
Normal
amplitud
0.75 cm
ancho del pulso
0.50 s
amortiguación
ninguna
mucha
tensión
baja
alta
Reglas
Cronómetro
Líneas de referencia

Reflexión

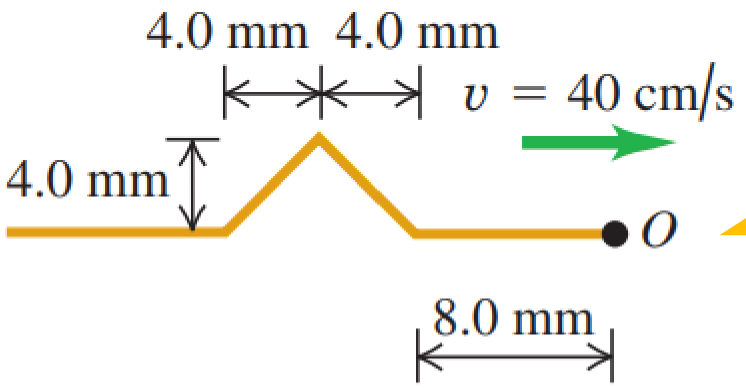

Movimiento lento
Normal
amplitud
0.75 cm
ancho del pulso
0.50 s
amortiguación
tensión
Reglas

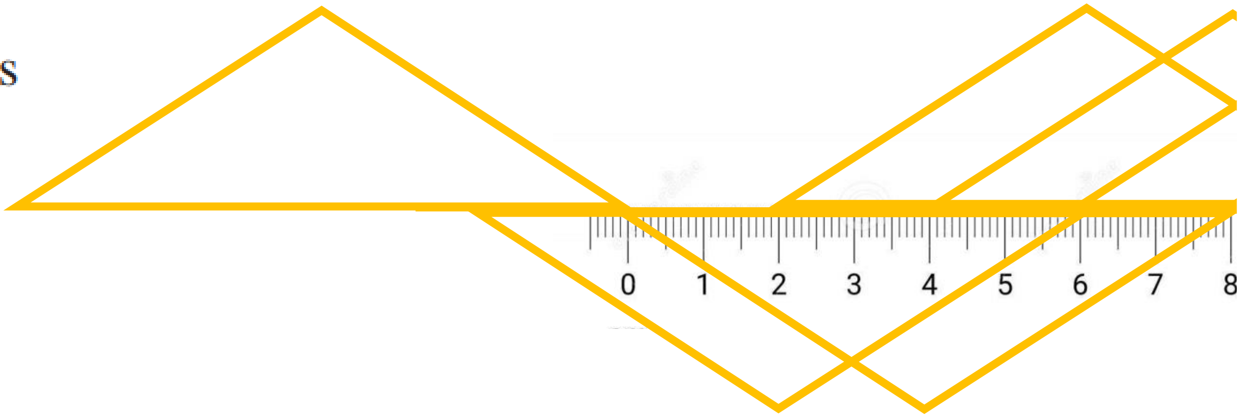
Interferencia



EJEMPLO 14

Un pulso de onda en una cuerda tiene las dimensiones que se muestran en la figura en $t = 0$. La rapidez de la onda es de 40 cm/s. a) Si el punto O es el extremo fijo, dibuje la onda completa en $t = 15$ ms, 20 ms, 25 ms, 30 ms, 35 ms, 40 ms y 45 ms. b) Repita el inciso a) para el caso en que O es el extremo libre.

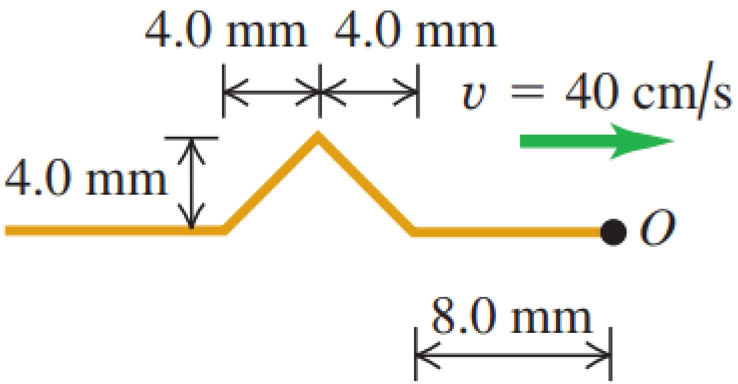


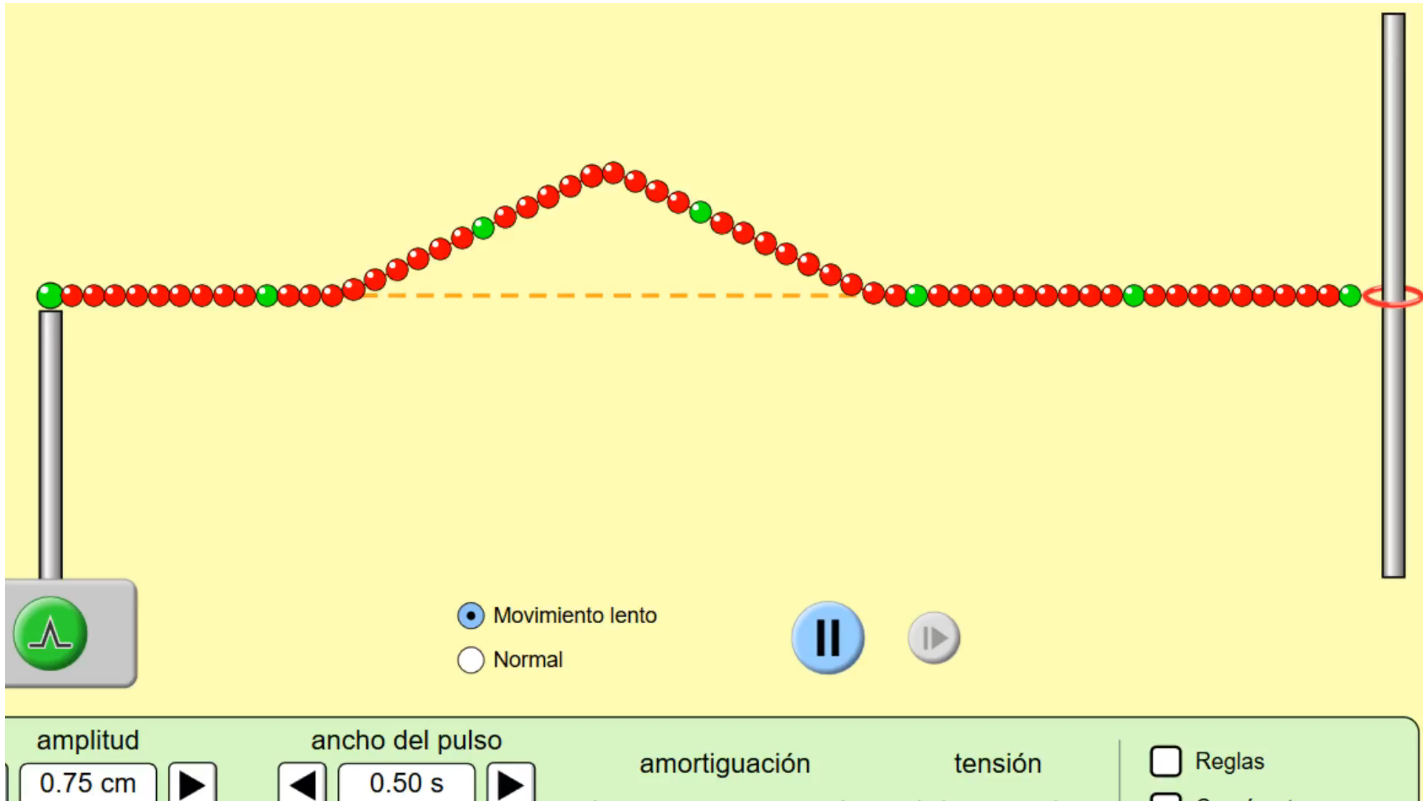


v cm/s	40						
t ms	15						
x mm	6						
		0	2	4	6	8	6

EJEMPLO 14

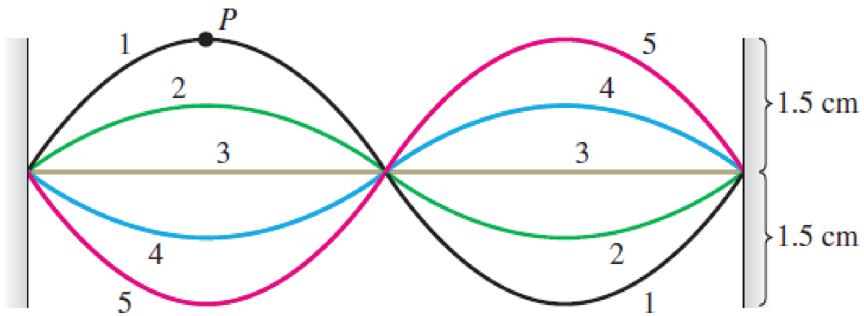
Un pulso de onda en una cuerda tiene las dimensiones que se muestran en la figura en $t = 0$. La rapidez de la onda es de 40 cm/s. a) Si el punto O es el extremo fijo, dibuje la onda completa en t = 15 ms, 20 ms, 25 ms, 30 ms, 35 ms, 40 ms y 45 ms. b) Repita el inciso a) para el caso en que O es el extremo libre.





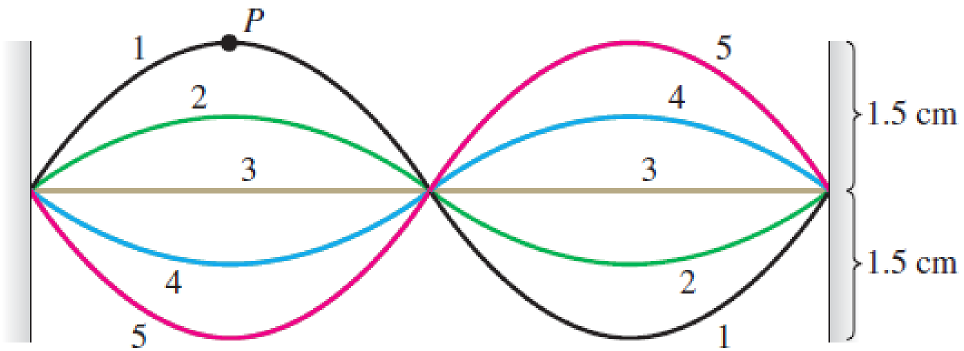
EJEMPLO 15

Una cuerda de 50.0 cm de longitud vibra sometida a una tensión de 1.00 N. La figura muestra cinco imágenes estroboscópicas sucesivas de la cuerda. La lámpara produce 5000 destellos por minuto y las observaciones revelan que el desplazamiento máximo se dio en los destellos 1 y 5, sin otros máximos intermedios. *a*) Calcule la longitud de onda, el periodo y la frecuencia de las ondas que viajan por esta cuerda. *b*) ¿En qué modo normal (armónico) está vibra la cuerda? *c*) Calcule la rapidez de las ondas viajeras en la cuerda. *d*) ¿Con qué rapidez se está moviendo el punto *P* cuando la cuerda está en i) la posición 1 y ii) la posición 3? *e*) Calcule la masa de la cuerda (sección 15.3).



EJEMPLO 15

Una cuerda de 50.0 cm de longitud vibra sometida a una tensión de 1.00 N. La figura muestra cinco imágenes estroboscópicas sucesivas de la cuerda. La lámpara produce 5000 destellos por minuto y las observaciones revelan que el desplazamiento máximo se dio en los destellos 1 y 5, sin otros máximos intermedios. *a*) Calcule la longitud de onda, el periodo y la frecuencia de las ondas que viajan por esta cuerda. *b*) ¿En qué modo normal (armónico) está vibra la cuerda? *c*) Calcule la rapidez de las ondas viajeras en la cuerda. *d*) ¿Con qué rapidez se está moviendo el punto *P* cuando la cuerda está en i) la posición 1 y ii) la posición 3? *e*) Calcule la masa de la cuerda (sección 15.3).



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

a) Nodos

$$\sin(kx)=0 \quad kx=n\pi \qquad x=\frac{n\pi}{k} \qquad \lambda=\frac{2\pi}{k} \qquad x=n\frac{\lambda}{2}$$

$n = 0,1,2,3,\ldots$

$n = 2$

$$x=2\frac{\lambda}{2}=\lambda=50.0\text{ cm}$$

$$f_L=\frac{5000}{60}\text{ Hz} \qquad t_L=\frac{60}{5000}\text{ s}=0.012\text{ s} \qquad T=0.012\text{ s}(8)=0.096\text{ s}$$

$$f=\frac{1}{0.096}\text{ Hz}=10.4\text{ Hz}$$

b)

$$x=n\frac{\lambda}{2} \qquad L=n\frac{\lambda}{2} \qquad \lambda_n=\frac{2L}{n}$$

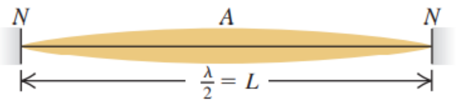
$n = 1,2,3,\ldots$

$$f_n=\frac{v}{\lambda_n}=\frac{nv}{2L} \qquad f_1=\frac{v}{2L} \qquad f_n=nf_1$$

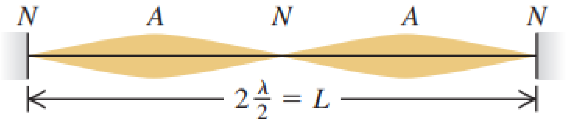
$n = 1,2,3,\ldots$

serie armónica

a) $n = 1$: frecuencia fundamental, f_1



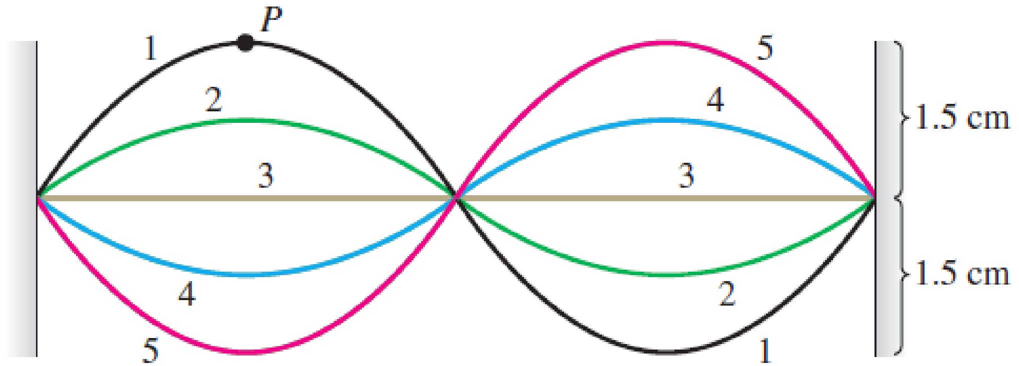
b) $n = 2$: segundo armónico, f_2
(primer sobretono)



Segundo armónico

EJEMPLO 15

Una cuerda de 50.0 cm de longitud vibra sometida a una tensión de 1.00 N. La figura muestra cinco imágenes estroboscópicas sucesivas de la cuerda. La lámpara produce 5000 destellos por minuto y las observaciones revelan que el desplazamiento máximo se dio en los destellos 1 y 5, sin otros máximos intermedios. *a*) Calcule la longitud de onda, el periodo y la frecuencia de las ondas que viajan por esta cuerda. *b*) ¿En qué modo normal (armónico) está vibra la cuerda? *c*) Calcule la rapidez de las ondas viajeras en la cuerda. *d*) ¿Con qué rapidez se está moviendo el punto *P* cuando la cuerda está en i) la posición 1 y ii) la posición 3? *e*) Calcule la masa de la cuerda (sección 15.3).



c) $\lambda = 50.0\times10^{-2}\ \text{m} \qquad f = 10.4\ \text{Hz}$

$$v = f\lambda = (10.4\ \text{Hz})50.0\times10^{-2}\ \text{m} = 5.20\ \text{m/s}$$

d) $v_{\text{max}} = \omega A = 2\pi f A$

$$v_{\text{max}} = 2\pi(10.4\ \text{Hz})(1.50\times10^{-2}\ \text{m}) = 0.980\ \text{m/s}$$

e) $v^2 = \dfrac{F}{\mu} \qquad \mu = \dfrac{m}{L}$

$$v^2 = \frac{FL}{m} \qquad m = \frac{FL}{v^2}$$

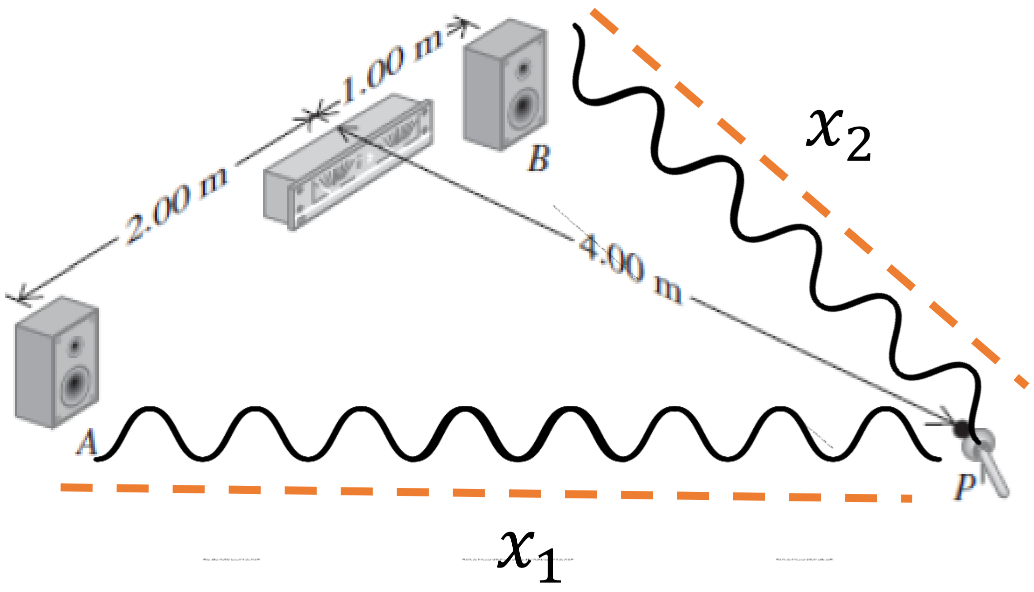
$$m = \frac{FL}{v^2} = \frac{(1.00\ \text{N})(50.0\times10^{-2}\ \text{m})}{(5.20\ \text{m/s})^2}$$

$$m = 0.0185\ \text{kg}$$

Ejemplo 16

Dos altavoces pequeños, A y B son alimentados por el mismo amplificador y emiten ondas sinusoidales puras en fase. a) ¿En qué frecuencias se presenta interferencia constructiva en el punto P? b) ¿E interferencia destructiva? La rapidez del sonido es de 350 m/s.

R// a) 1000, 2000, 3000 Hz… b) 500, 1500, 2500 Hz…



$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = 0$$

$$y_1 = A\cos(kx_1 - \omega t + \varphi_1)$$

$$y_2 = A\cos(kx_2 - \omega t + \varphi_2)$$

$$y = y_1 + y_2 = A\left[\cos(kx_1 - \omega t + \varphi_1) + \cos(kx_2 - \omega t + \varphi_2)\right]$$

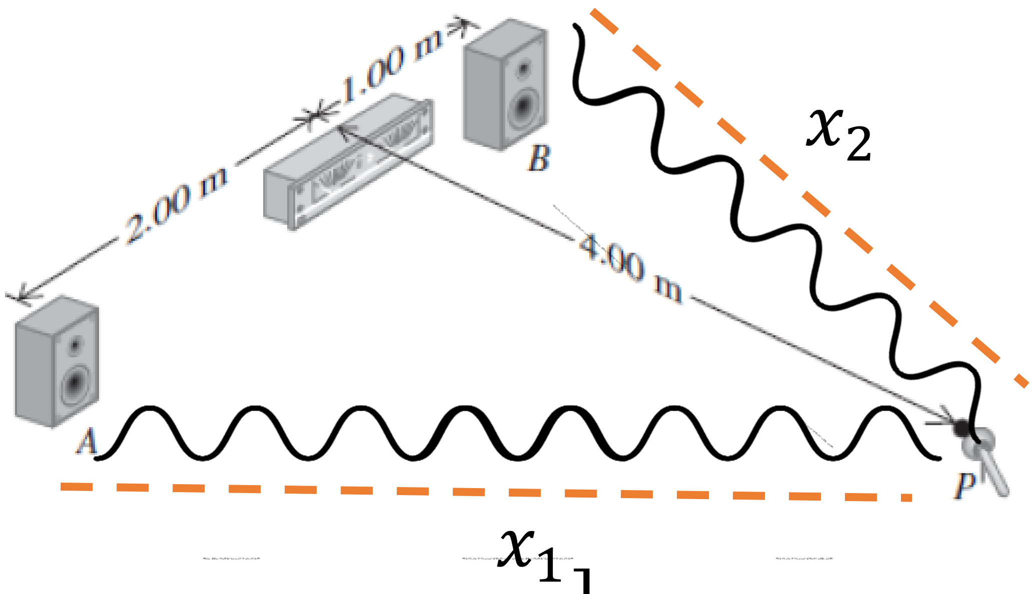
$$\boxed{\cos A + \cos B = 2\cos\left[\frac{1}{2}(A+B)\right]\cos\left[\frac{1}{2}(A-B)\right]}$$

$$y = 2A\cos\left[\frac{1}{2}(kx_1 + kx_2 - 2\omega t + \varphi_1 + \varphi_2)\right]\cos\left[\frac{1}{2}(kx_1 - kx_2 + \varphi_1 - \varphi_2)\right]$$

Ejemplo 16

Dos altavoces pequeños, A y B son alimentados por el mismo amplificador y emiten ondas sinusoidales puras en fase. a) ¿En qué frecuencias se presenta interferencia constructiva en el punto P? b) ¿E interferencia destructiva? La rapidez del sonido es de 350 m/s.

R// a) 1000, 2000, 3000 Hz… b) 500, 1500, 2500 Hz…



$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = 0$$

$$y = 2A\cos\left[\frac{1}{2}(kx_1 + kx_2 - 2\omega t + \varphi_1 + \varphi_2)\right]\cos\left[\frac{1}{2}(kx_1 - kx_2 + \varphi_1 - \varphi_2)\right]$$

$$y = 2A\cos\left[\frac{1}{2}k(x_1+x_2) - \frac{1}{2}(2\omega t - 2\varphi)\right]\cos\left[\frac{1}{2}k(x_1 - x_2) \cancel{- \frac{1}{2}(\varphi_2 - \varphi_1)}\right]$$

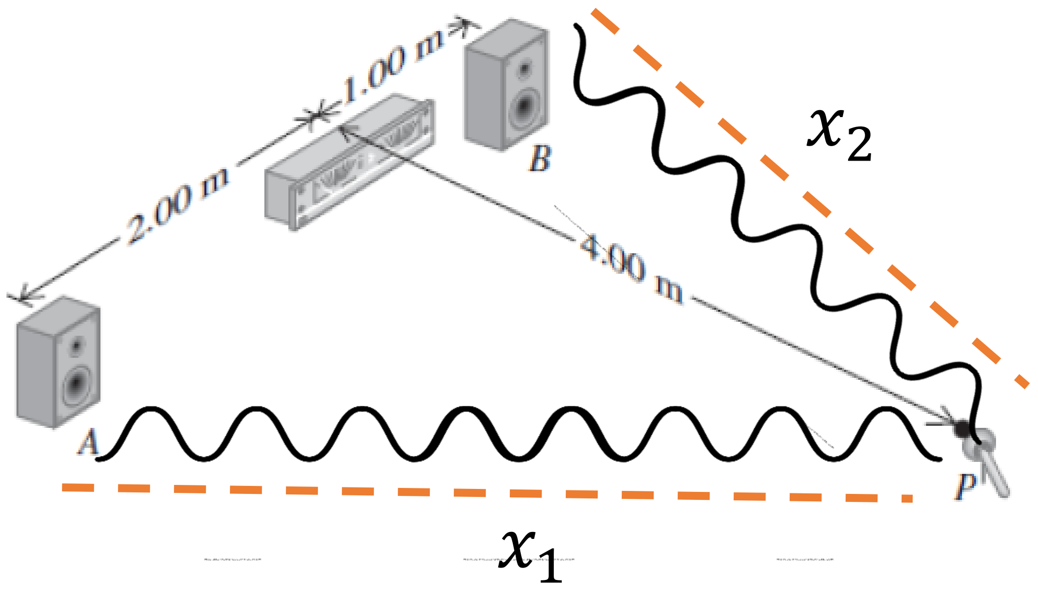
$$y = 2A\cos\left[\frac{1}{2}k(x_1 - x_2)\right]\cos\left[\frac{1}{2}k(x_1+x_2) - \omega t + \varphi\right]$$

$$\boxed{y_{max} = 2A\cos\left[\frac{1}{2}k(x_1 - x_2)\right]}$$

Ejemplo 16

Dos altavoces pequeños, A y B son alimentados por el mismo amplificador y emiten ondas sinusoidales puras en fase. a) ¿En qué frecuencias se presenta interferencia constructiva en el punto P? b) ¿E interferencia destructiva? La rapidez del sonido es de 350 m/s.

R// a) 1000, 2000, 3000 Hz... b) 500, 1500, 2500 Hz...



$$y_{max} = 2A\cos\left[\frac{1}{2}k(x_1 - x_2)\right]$$

Interferencia constructiva

$$y_{max} = 2A$$

$$\cos\left[\frac{1}{2}k(x_1 - x_2)\right] = \pm 1$$

$$\frac{1}{2}k\Delta x = n\pi \qquad n = 0,1,2,3,4,\ldots$$

Interferencia destructiva

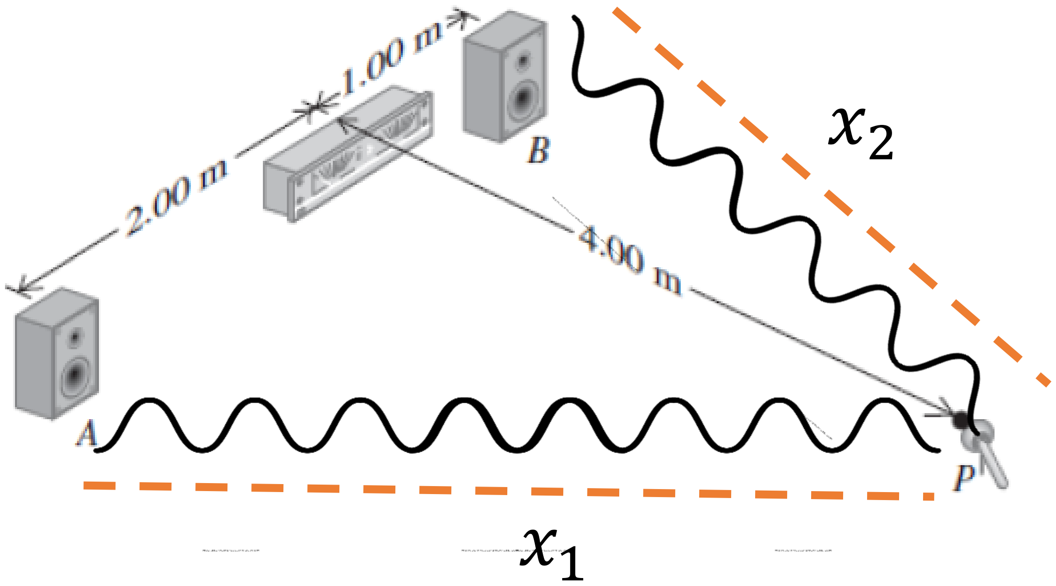
$$y_{max} = 0$$

$$\cos\left[\frac{1}{2}k(x_1 - x_2)\right] = 0$$

$$\frac{1}{2}k\Delta x = \frac{n\pi}{2} \qquad n = 1,3,5,7,\ldots$$

Dos altavoces pequeños, A y B son alimentados por el mismo amplificador y emiten ondas sinusoidales puras en fase. a) ¿En qué frecuencias se presenta interferencia constructiva en el punto P? b) ¿E interferencia destructiva? La rapidez del sonido es de 350 m/s.

R// a) 1000, 2000, 3000 Hz... b) 500, 1500, 2500 Hz...



Interferencia constructiva

$$y_{max} = 2A$$

$$\frac{1}{2}k\Delta x = n\pi$$

$$n = 0,1,2,3,4,\ldots$$

$$\Delta x = n\frac{2\pi}{k} = n\lambda = \frac{nv}{f}$$

$$\boxed{f_n = \frac{nv}{\Delta x}} = \frac{n\left(350\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)}{0.35\ \mathrm{m}}$$

$$x_1 = \sqrt{4+16} = 4.47\ \mathrm{m}$$

$$x_2 = \sqrt{1+16} = 4.12\ \mathrm{m}$$

$$\Delta x = 0.35\ \mathrm{m}$$

Interferencia destructiva

$$y_{max} = 0$$

$$\frac{1}{2}k\Delta x = \frac{n\pi}{2}$$

$$n = 1,3,5,7,\ldots$$

$$\Delta x = \frac{n}{2}\frac{2\pi}{k} = \frac{n\lambda}{2} = \frac{nv}{2f}$$

$$\boxed{f_n = \frac{nv}{2\Delta x}}$$

$$a)\ f_n = n(1000\ Hz)$$

$$\text{b)}\ f_n = \frac{n}{2}(1000\ Hz) = n(500\ Hz)$$

RESUMEN DE ECUACIONES: Ondas mecánicas

$$v = \lambda f$$

$$y = A\cos(kx - \omega t + \varphi)$$

$$k = 2\pi/\lambda$$

$$\omega = vk$$

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2}\frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$$

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

$$P_{med} = \frac{1}{2}\sqrt{\mu F}\omega^2 A^2$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

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

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

$$x = \frac{n\lambda}{2} \qquad x = (2n-1)\frac{\lambda}{4}$$

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

$$y = 2A\cos\left[\frac{1}{2}(\varphi_1 - \varphi_2)\right]\cos\left[kx - \omega t - \frac{1}{2}(\varphi_1 + \varphi_2)\right]$$

GRACIAS
(Practica con la autoevaluación de ondas mecánicas)