# Física II
# Ondas mecánicas y sonido

**Ondas sonoras**

Ondas estacionarias y modos normales.

# Ejemplo 4: Retroalimentación

Un oscilador vibra a 1250 Hz y produce una onda sonora que viaja a través de un gas ideal a 325 m/s, cuando la temperatura del gas es de 22.0°C. Para cierto experimento, usted necesita que el oscilador produzca un sonido con longitud de onda de 28.5 cm en ese gas. ¿Cuál debería ser la temperatura del gas para que se alcance esa longitud de onda?

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$$

$$v^2 = \frac{\gamma RT}{M}$$

$$\frac{v_i^2}{T_i} = \frac{\gamma R}{M}$$

$$\frac{v_f^2}{T_f} = \frac{\gamma R}{M}$$

$$\frac{v_i^2}{T_i} = \frac{v_f^2}{T_f}$$

$$T_f = \frac{v_f^2}{v_i^2} T_i$$

$$T_f = \frac{\lambda_f^2 f^2}{v_i^2} T_i$$

$$T_f = \frac{\left(28.5\times 10^{-2}\ \text{m}\right)^2 \left(1250\ \text{Hz}\right)^2}{\left(325\ \text{m/s}\right)^2}\left(295\ \text{K}\right)$$

$$T_f = 354.4\ \text{K}$$

$$T_f = 81.4\ °\text{C}$$

# Ejemplo 5: Retroalimentación

La ruidosa máquina de una fábrica produce un sonido que tiene una amplitud de desplazamiento de 1.00 μm, pero la frecuencia de este sonido puede ajustarse. Para evitar el daño auditivo en los trabajadores, se limita la amplitud de presión máxima de las ondas sonoras a 10.0 Pa. En las condiciones de esta fábrica, el módulo volumétrico del aire es 1.42 x $10^5$ Pa. ¿Cuál es el sonido de frecuencia más alta al que esta máquina puede ajustarse sin exceder el límite prescrito? ¿Dicha frecuencia es audible para los trabajadores?

$$p_{\max} = BkA$$

$$k = \frac{p_{\max}}{BA}$$

$$k = \frac{10.0\ \text{Pa}}{\left(1.42\times10^{5}\ \text{Pa}\right)\left(1.00\times10^{-6}\ \text{m}\right)}$$

$$k = 70.4\ \text{m}^{-1}$$

$$\lambda = \frac{2\pi}{k}$$

$$\lambda = 0.0892\ \text{m}$$

$$v = 344\ \text{m/s}$$

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

$$f = \frac{344\ \text{m/s}}{0.0892\ \text{m}}$$

$$f = 3.85\ \text{kHz}$$

# Ejemplo 5

Intensidad de la onda sonora

Nivel de intensidad de sonido

$$\beta = (10\ \text{dB}) \log \frac{I}{I_0}$$

Intensidad de referencia $= 10^{-12}\ \text{W/m}^2$

Logaritmo de base 10

La ruidosa máquina de una fábrica produce un sonido que tiene una amplitud de desplazamiento de 1.00 μm, pero la frecuencia de este sonido puede ajustarse. Para evitar el daño auditivo en los trabajadores, se limita la amplitud de presión máxima de las ondas sonoras a 10.0 Pa. En las condiciones de esta fábrica, el módulo volumétrico del aire es 1.42 x $10^5$ Pa. ¿Cuál es el sonido de frecuencia más alta al que esta máquina puede ajustarse sin exceder el límite prescrito? ¿Dicha frecuencia es audible para los trabajadores?

**TABLA 16.2** Niveles de intensidad de sonido de diversas fuentes (valores representativos)

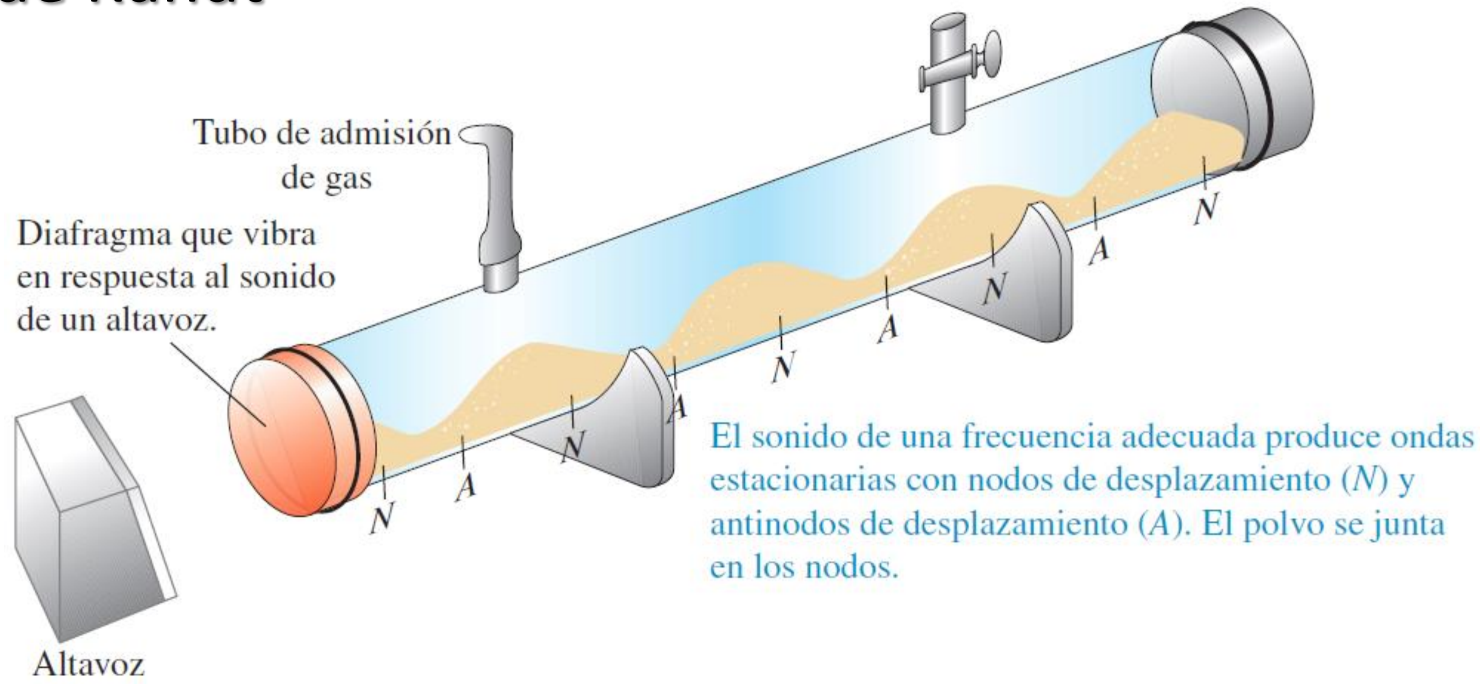
| Fuente o descripción del sonido | Nivel de intensidad del sonido, $\beta$ (dB) | Intensidad, $I$ (W/m$^2$) |
|---|---|---|
| Avión militar a reacción a 30 m de distancia | 140 | $10^2$ |
| Umbral de dolor | 120 | 1 |
| Remachador | 95 | $3.2 \times 10^{-3}$ |
| Tren elevado | 90 | $10^{-3}$ |
| Tránsito urbano intenso | 70 | $10^{-5}$ |
| Conversación ordinaria | 65 | $3.2 \times 10^{-6}$ |
| Automóvil silencioso | 50 | $10^{-7}$ |
| Radio con volumen bajo en el hogar | 40 | $10^{-8}$ |
| Murmullo normal | 20 | $10^{-10}$ |
| Susurro de hojas | 10 | $10^{-11}$ |
| Umbral del oído a 1000 Hz | 0 | $10^{-12}$ |

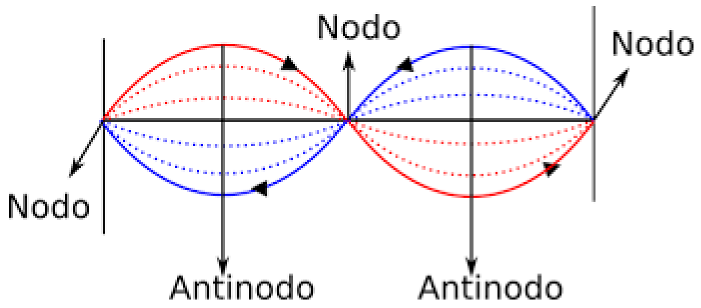
¿Cuál es el nivel de intensidad del sonido?

$$I = \tfrac{1}{2} B \omega k A^2$$

# Ondas sonoras estacionarias y modos normales

## Tubo de Kundt



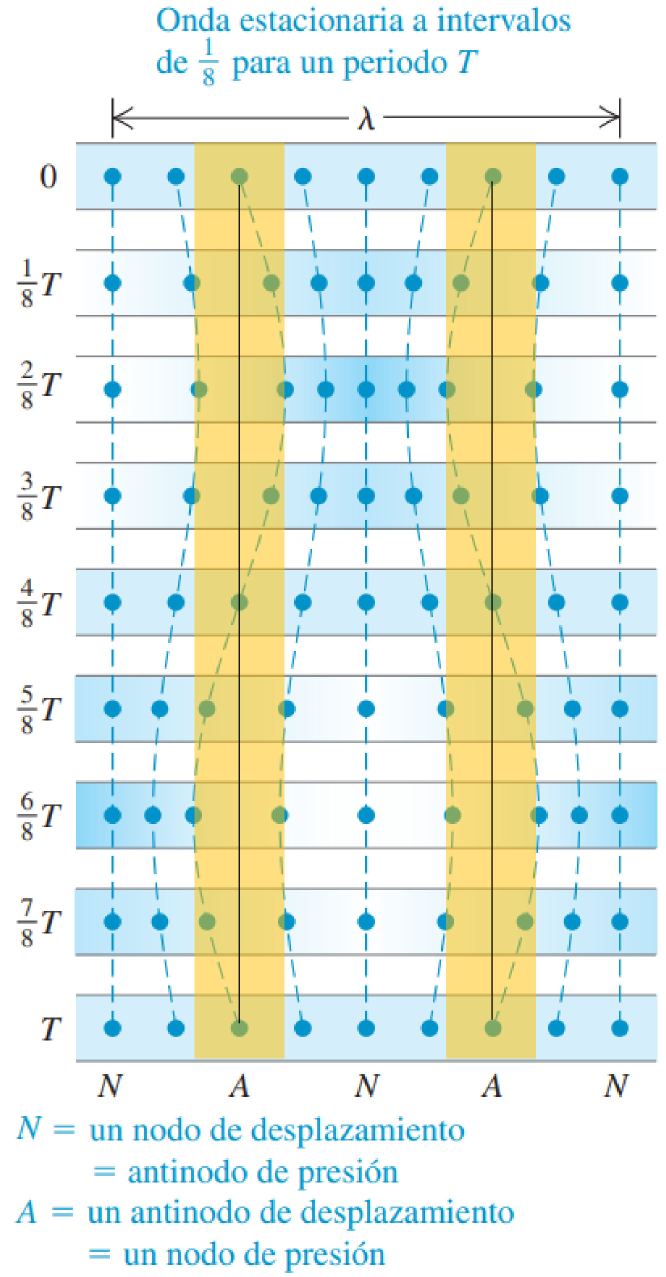




Nodo de desplazamiento y antinodo de desplazamiento se refiere a puntos donde las partículas del fluido tienen cero desplazamiento y máximo desplazamiento, respectivamente

Nodo de presión para describir un punto de una onda sonora estacionaria en el que la presión y la densidad no varían

Antinodo de presión para describir un punto donde las variaciones de presión y densidad son máximas

Desplazamiento



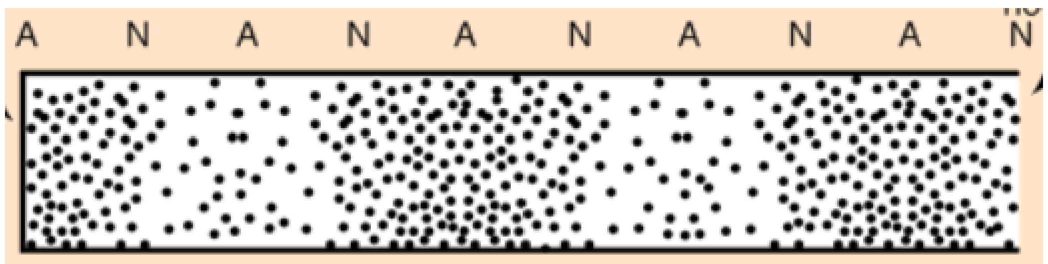



Nodo de presión para describir un punto de una onda sonora estacionaria en el que la presión y la densidad no varían

Antinodo de presión para describir un punto donde las variaciones de presión y densidad son máximas

Un nodo de presión siempre es un antinodo de desplazamiento, y un antinodo de presión siempre es un nodo de desplazamiento.

Presión



# Tubos

Cerrado

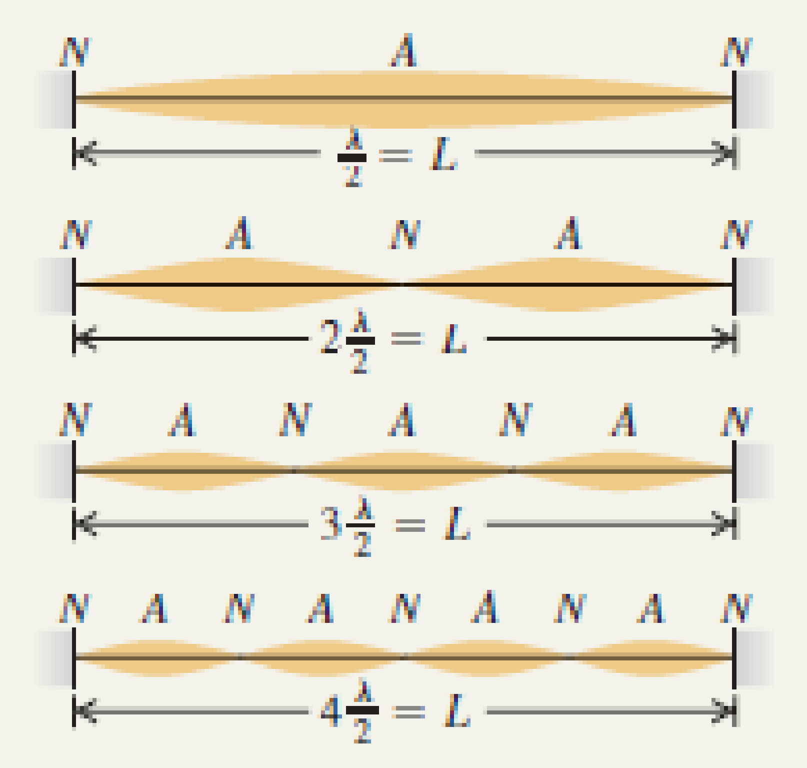
Nodo de desplazamiento
Antinodo de presión

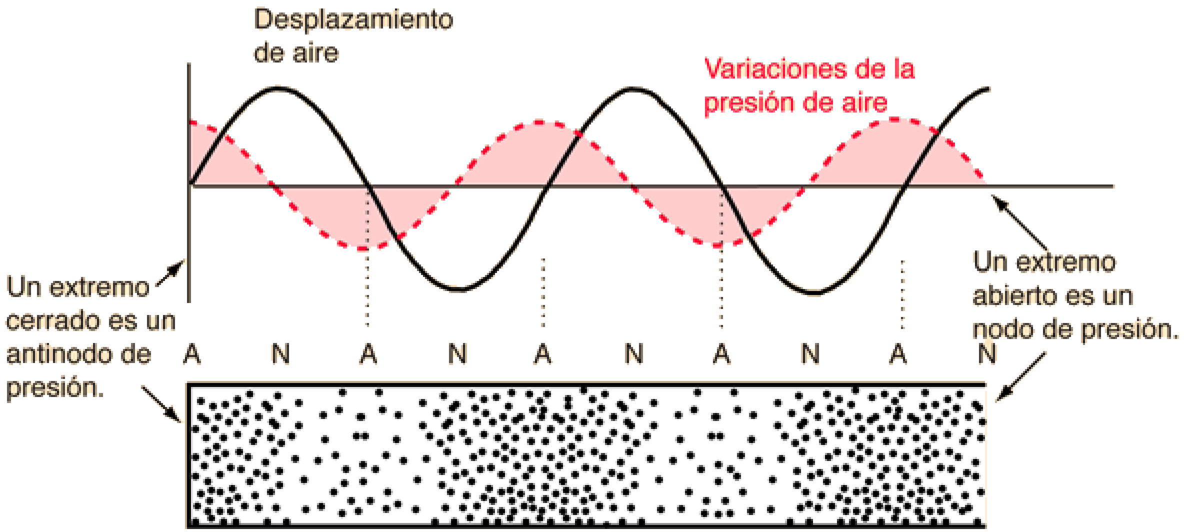
Abiertos

Nodo de presión

Antinodo de desplazamiento

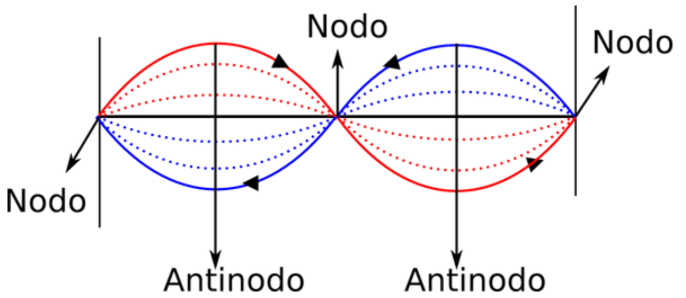
Tubo cerrado en ambos extremos

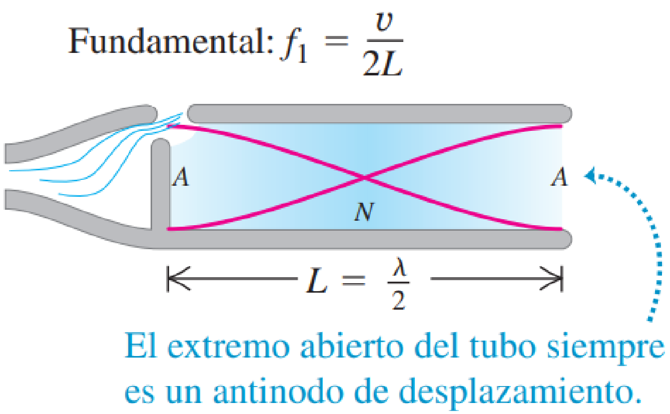


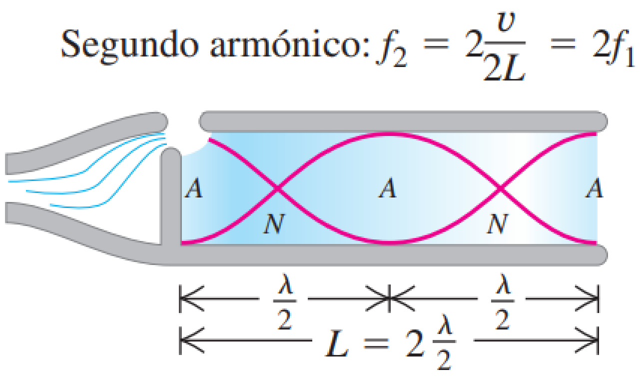



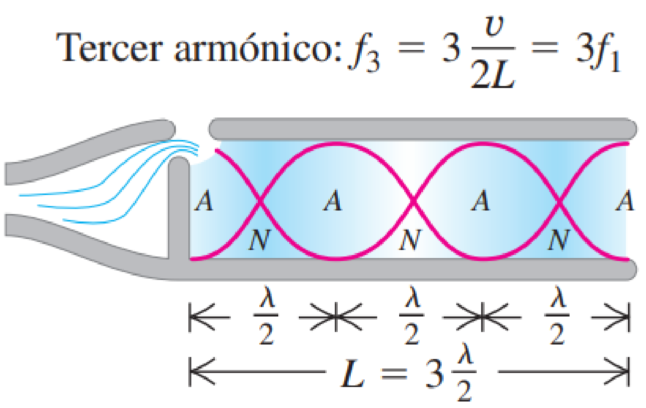

Presión

# Tubo abierto



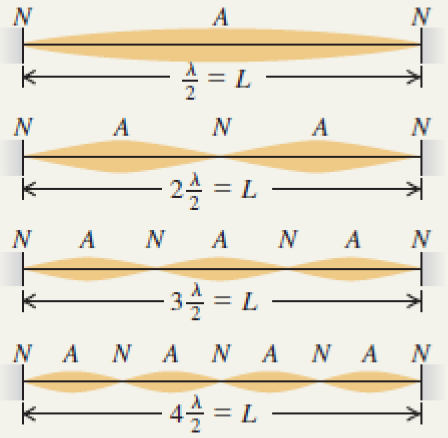

$$y(x,t) = (A_{SW} \operatorname{sen} kx) \operatorname{sen} \omega t \qquad (15.28)$$

(onda estacionaria en una cuerda, extremo fijo en $x = 0$)

$$f_n = n\frac{v}{2L} = nf_1 \quad (n = 1, 2, 3, \dots) \qquad (15.33)$$

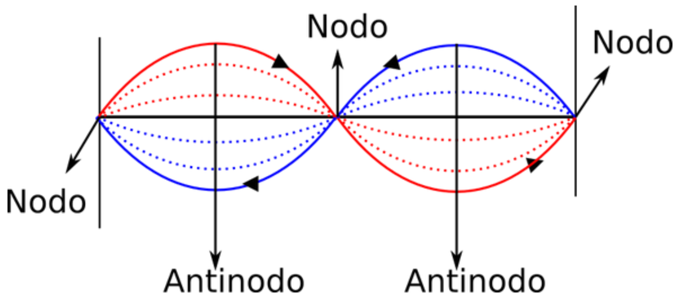
$$f_1 = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{F}{\mu}} \qquad (15.35)$$

(cuerda fija en ambos extremos)

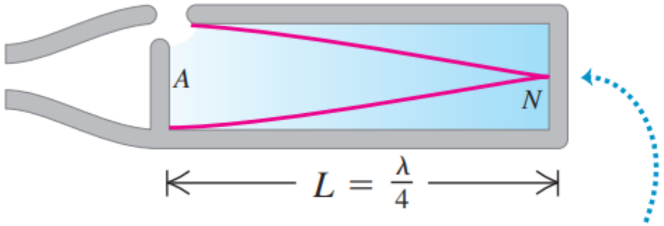



$$f_n = \frac{nv}{2L} \qquad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

# Tubo cerrado

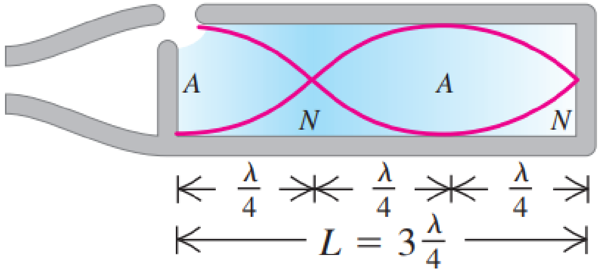



Fundamental: $f_1 = \frac{v}{4L}$

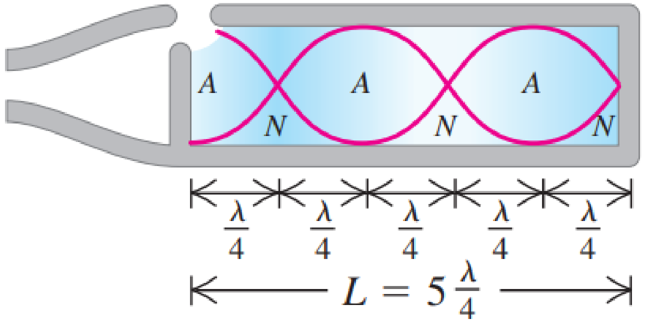



El extremo cerrado del tubo siempre es un *nodo de desplazamiento.*

Tercer armónico: $f_3 = 3\frac{v}{4L} = 3f_1$




Quinto armónico: $f_5 = 5\frac{v}{4L} = 5f_1$

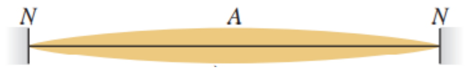



$$f_n = \frac{nv}{4L} \qquad (n = 1, 3, 5, \ldots)$$

# Ejemplo 6

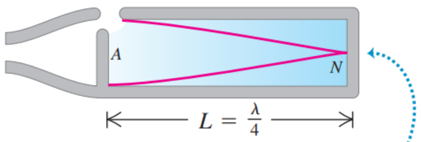
Un tubo cerrado por un extremo de longitud ajustable se encuentra cerca de un alambre de 85.0 cm y 7.25 g, que está sometido a una tensión de 4110 N. Usted desea ajustar la longitud del tubo de manera que, cuando produzca sonido a su frecuencia fundamental, este sonido haga que el alambre vibre en su segundo sobretono con una amplitud muy grande. ¿De qué longitud debe ser el tubo?

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




$$f_n = n\frac{v}{2L} = nf_1 \quad (n = 1, 2, 3, \ldots)$$

Fundamental: $f_1 = \frac{v}{4L}$




El extremo cerrado del tubo siempre es un *nodo de desplazamiento.*

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

$$v = \sqrt{\frac{4110 \text{ N}}{0.00853 \text{ kg/m}}}$$

$$v_c = 694 \text{ m/s}$$

$$f_3 = \frac{3v_c}{2L_c}$$

$$f_3 = \frac{3(694 \text{ m/s})}{2(85.0\times10^{-2} \text{ m})}$$

$$f_3 = 1.22 \text{ kHz}$$

$$f_1 = \frac{v_s}{4L_T}$$

$$L_T = \frac{v_s}{4f_3}$$

$$L_T = \frac{344 \text{ m/s}}{4(1.22\times10^3 \text{ Hz})}$$

$$L_T = 7.05 \text{ cm}$$

# Ejemplo 7

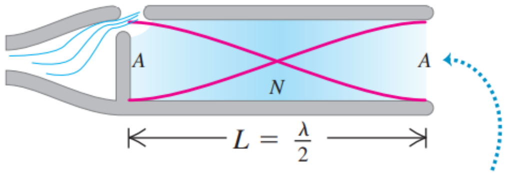
La frecuencia fundamental de un tubo abierto en ambos extremos es de 594 Hz. a) ¿Qué longitud tiene este tubo? Si se tapa uno de los extremos del tubo, calcule b) la longitud de onda y c) la frecuencia de la nueva fundamental.

a) $$f_n = \frac{nv}{2L} \qquad (n = 1, 2, 3, \ldots)$$

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

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

Fundamental: $f_1 = \frac{v}{2L}$




El extremo abierto del tubo siempre es un antinodo de desplazamiento.

$$L = \frac{344\ \text{m/s}}{2(594\ \text{Hz})}$$

$$L = 29.0\ \text{cm}$$

b) $$f_n = \frac{nv}{4L} \qquad (n = 1, 3, 5, \ldots)$$

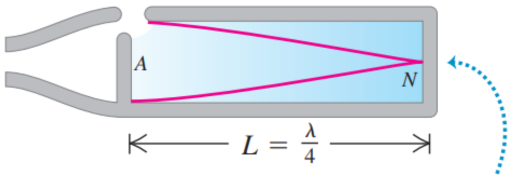
$$L = n\frac{\lambda_n}{4}$$

$$\lambda_1 = 4L$$

$$\lambda_1 = 1.16\ \text{m}$$

c) $$f_1 = \frac{344\ \text{m/s}}{1.16\ \text{m}} = 297\ \text{Hz}$$

Fundamental: $f_1 = \frac{v}{4L}$




El extremo cerrado del tubo siempre es un nodo de desplazamiento.

GRACIAS
(Practica con los ponte aprueba y autoevaluaciones)