

Laboratorio de Física

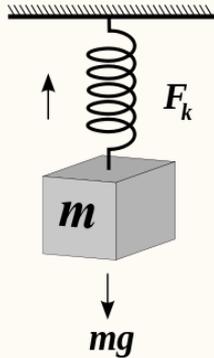
Profesora: María Luz Martínez Ricci
JTP: Maricel Rodríguez
Ay 1ra: Leslie Cusato
Ay 2da: Julieta Pajoni

1er Cuat 2025

Viernes de 8:45 a 13:45

Laboratorio de Física

Ondas mecánicas



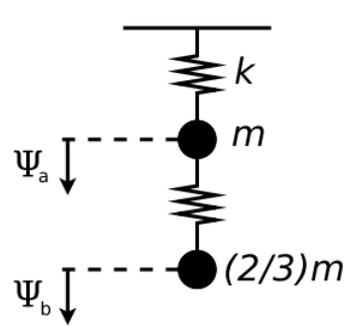
$$y(t) = A \cos(\omega_0 t + \phi)$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

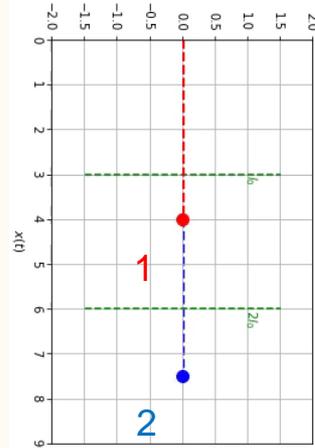
1 grado de libertad
1 frecuencia natural de oscilación

¿Qué pasa para sistemas de más grados de libertad?

Ej: 2 grados de libertad

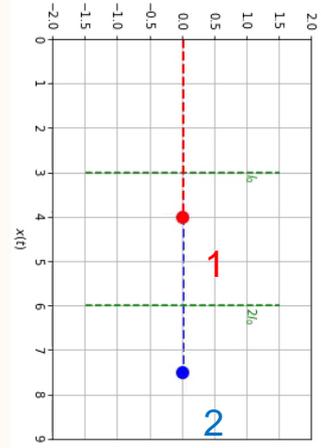


Se define como **MODO** de oscilación a cuando todos los elementos del sistema oscilan con la **MISMA FRECUENCIA**



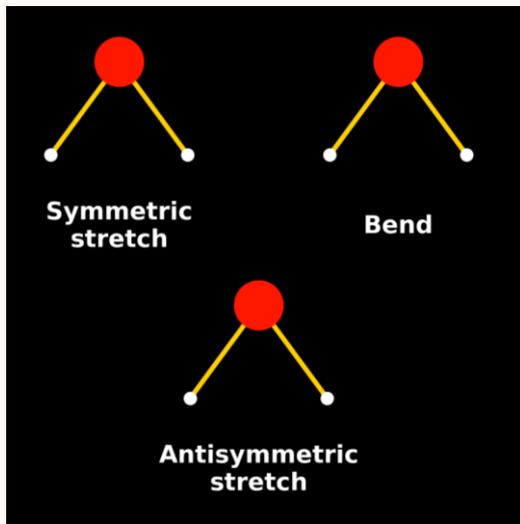
$$\omega_1 = \sqrt{\frac{k}{2m}}$$

$$A_1 = \frac{2}{3} A_2$$

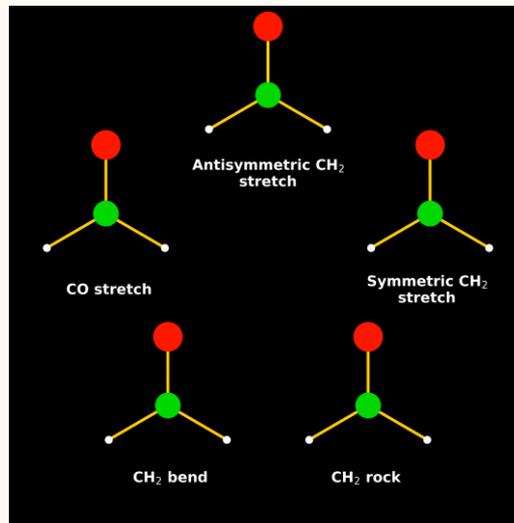


$$\omega_2 = \sqrt{\frac{3k}{m}}$$

$$A_1 = -A_2$$

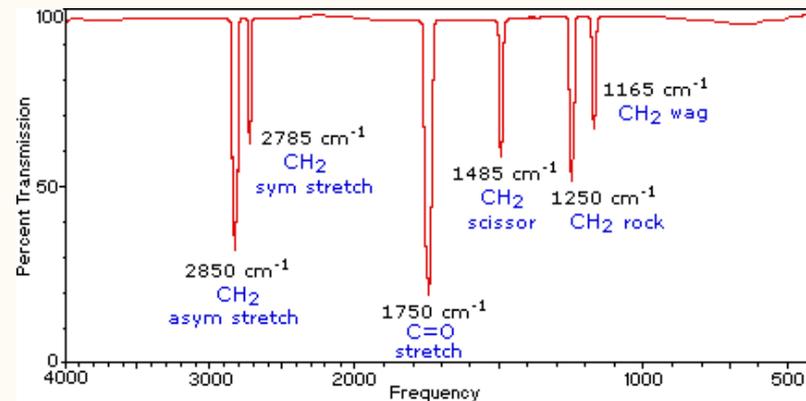


Molécula de H₂O



Molécula de CH₂O

ESPECTROSCOPÍA IR



Laboratorio de Física

¿Qué pasa para sistemas de más grados de libertad?

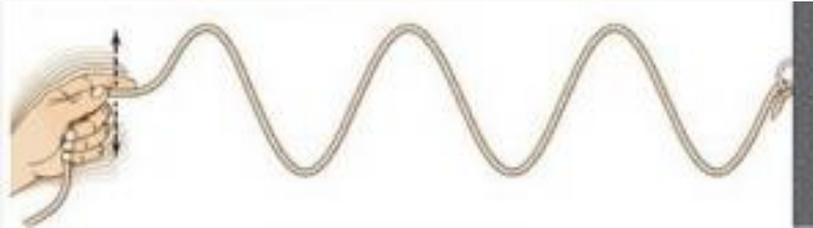


¿“infinitos”?

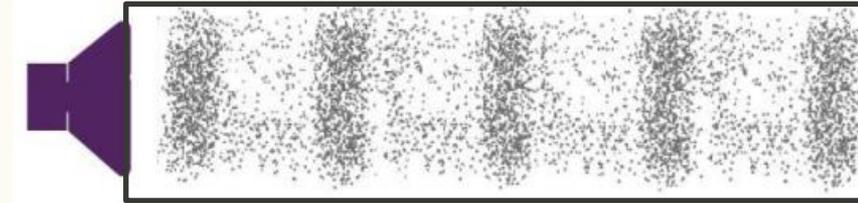


**Sistema
CONTINUO**

Ondas mecánicas



CUERDAS CON EXTREMOS



GASES EN TUBOS



$$\frac{\partial^2 y(x, t)}{\partial t^2} = v^2 \frac{\partial^2 y(x, t)}{\partial x^2}$$



Ecuación de ONDAS

Laboratorio de Física

Ecuación de ONDAS

$$\frac{\partial^2 y(x, t)}{\partial t^2} = v^2 \frac{\partial^2 y(x, t)}{\partial x^2}$$

Al ser un sistema continuo no puedo escribir una solución para cada elemento, ahora la solución depende de la coordenada espacial x

$$y_m(x, t) = A_m \sin(k_m x + \alpha) \cos(\omega_m t + \phi)$$

ω_m frecuencia temporal del modo m
 k_m frecuencia espacial del modo m
(número de onda)

En la ec. de ondas

$$\omega_m = v k_m$$

Relación de DISPERSIÓN

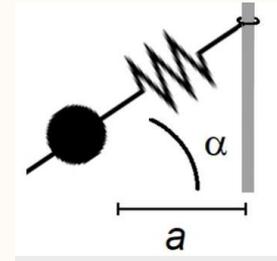
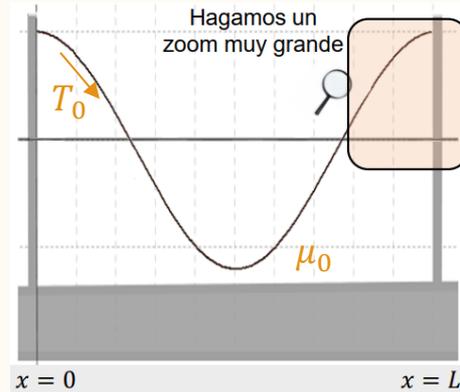
Laboratorio de Física

$$\frac{\partial^2 y(x, t)}{\partial t^2} = v^2 \frac{\partial^2 y(x, t)}{\partial x^2}$$

v : velocidad de propagación de la onda en el medio

CUERDAS

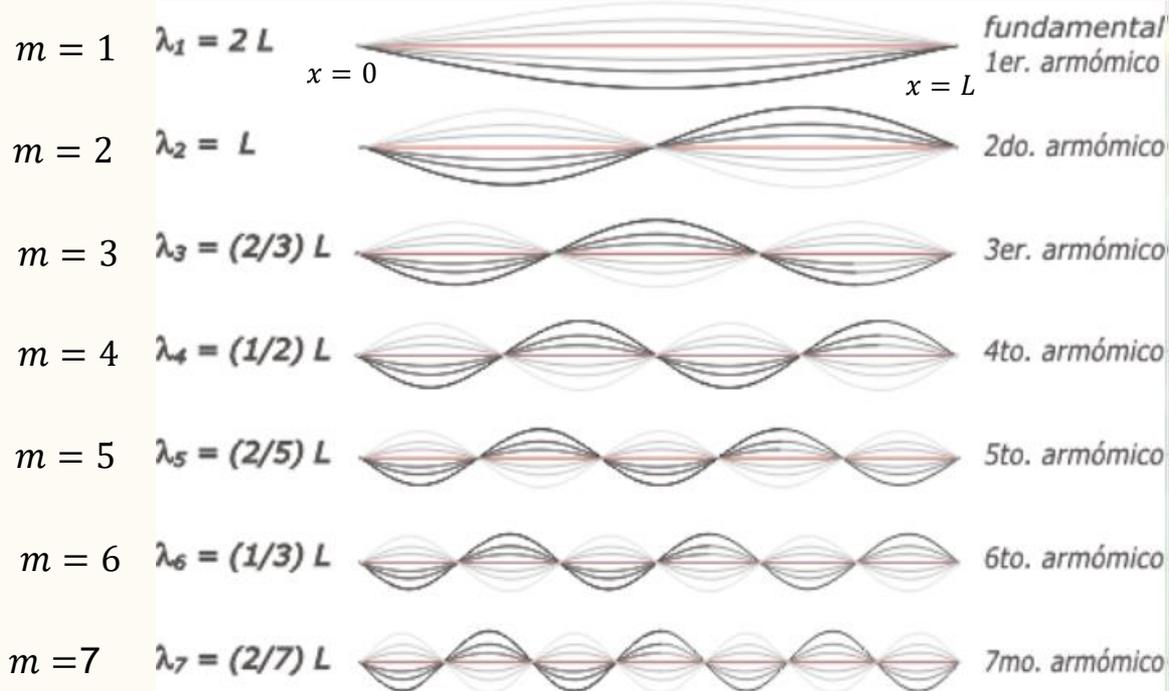
$$v = \sqrt{\frac{T_0}{\mu_0}}$$



T_0 : tensión a la que está sometida la cuerda
 μ_0 : densidad lineal de la cuerda

Laboratorio de Física

Extremos fijos $y(0, t) = 0, y(L, t) = 0$



$$k_m = \frac{2\pi}{\lambda_m}$$

Si los extremos están fijos como vimos

$$k_m = \frac{m\pi}{L} \rightarrow \omega_m = v \frac{m\pi}{L}$$

ó

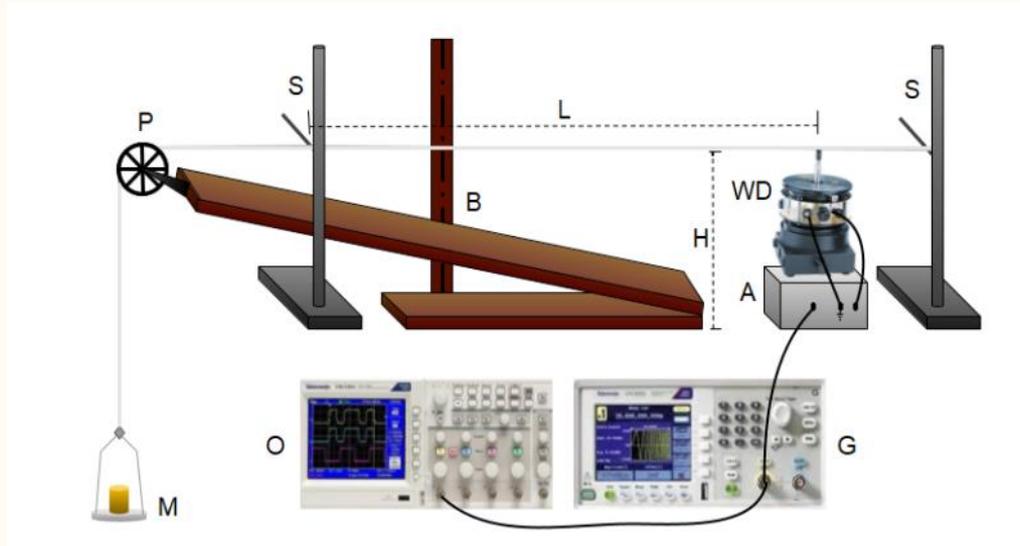
$$f_m = v \frac{m}{2L}$$

$\lambda_m = \frac{2L}{m}$

λ_m : período espacial (longitud de onda)

Laboratorio de Física

Actividad 1: obtener la velocidad de propagación en una cuerda



- **Método 1:** $v = \sqrt{\frac{T_0}{\mu_0}}$
- **Método 2:** estudiando modos normales de oscilación vía un forzante

- Comparar

Laboratorio de Física

$$\frac{\partial^2 y(x, t)}{\partial t^2} = v^2 \frac{\partial^2 y(x, t)}{\partial x^2}$$

v : velocidad de propagación de la onda en el medio

GASES

$$v = \sqrt{\frac{\gamma p_0}{\rho_0}}$$

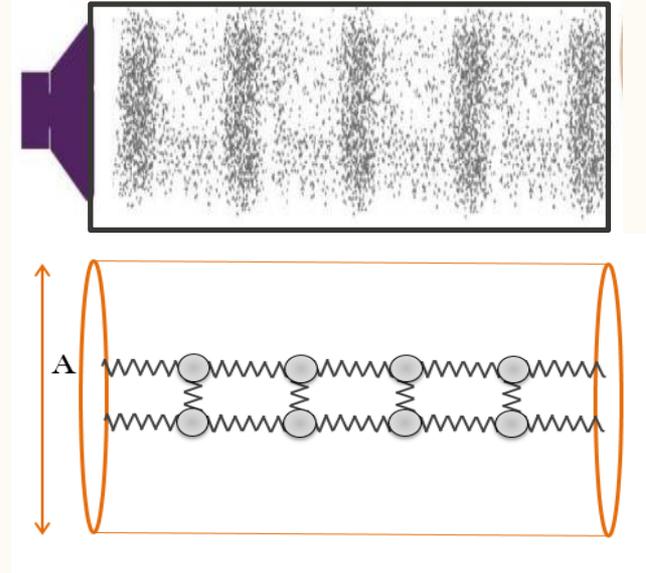
Depende de parámetros como T o RH. Si el gas es aire a $p_0=1\text{atm}$, y $T = 20^\circ$

$$v_s = 343\text{m/s}$$

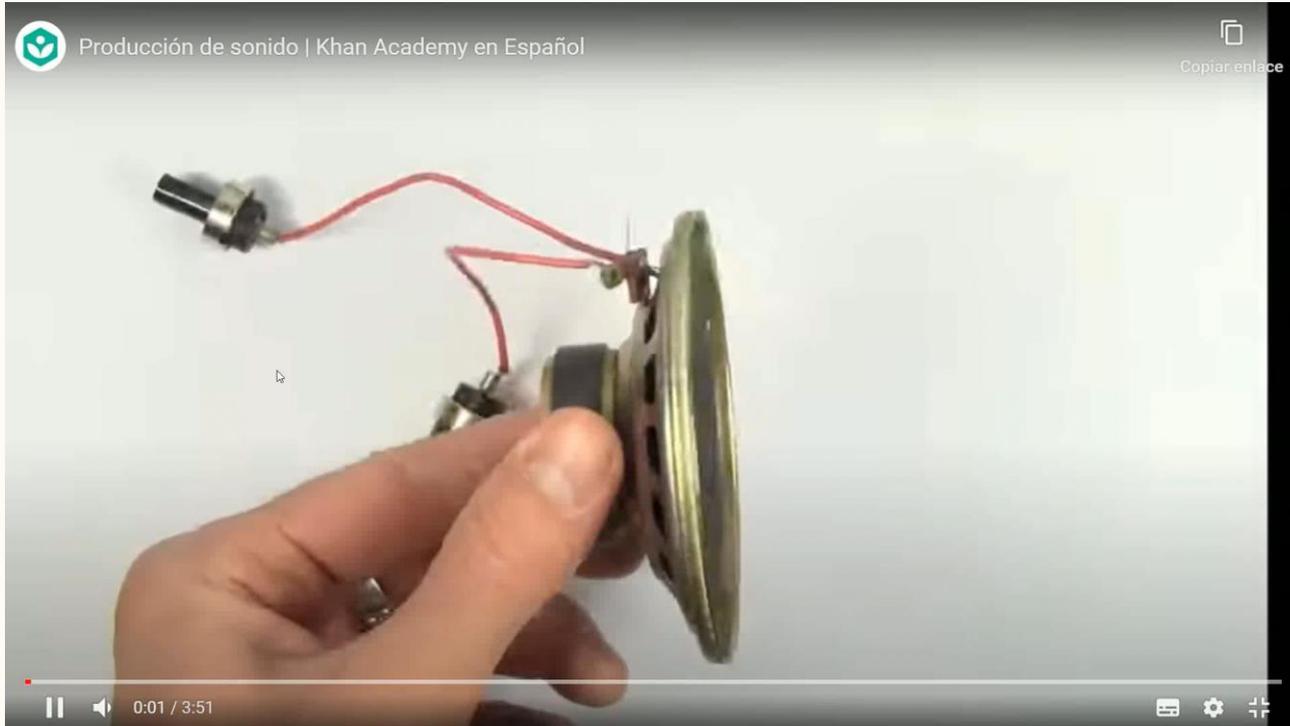
Pero a $p_0=1\text{atm}$, y $T = 20^\circ$

$$v_s = 331\text{m/s}$$

p_0 : presión del gas en equilibrio
 ρ_0 : densidad del gas en equilibrio
 γ : coeficiente de adiabaticidad del gas



Laboratorio de Física



Laboratorio de Física

$$\frac{\partial^2 y(x, t)}{\partial t^2} = v^2 \frac{\partial^2 y(x, t)}{\partial x^2}$$

v : velocidad de propagación de la onda en el medio

GASES

Depende de parámetros como T o RH. Si el gas es aire a $p_0=1\text{atm}$, y $T = 20^\circ$

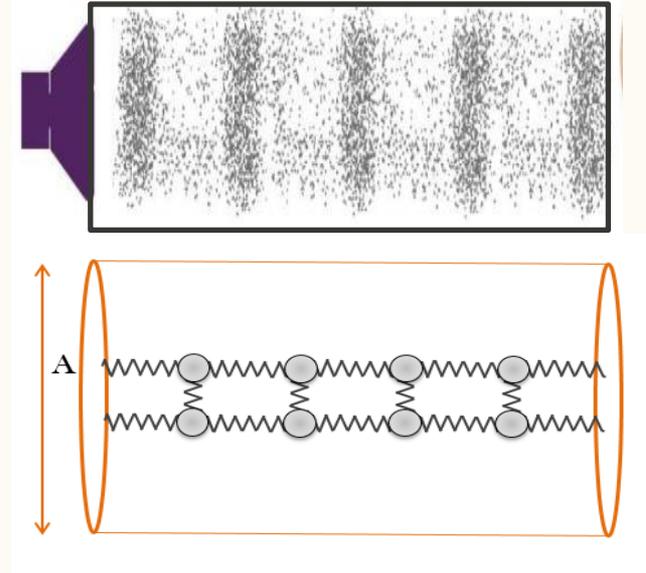
$$v = \sqrt{\frac{\gamma p_0}{\rho_0}}$$

$$v_s = 343\text{m/s}$$

Pero a $p_0=1\text{atm}$, y $T = 20^\circ$

$$v_s = 331\text{m/s}$$

p_0 : presión del gas en equilibrio
 ρ_0 : densidad del gas en equilibrio
 γ : coeficiente de adiabaticidad del gas



Laboratorio de Física

$$\frac{\partial^2 y(x, t)}{\partial t^2} = v^2 \frac{\partial^2 y(x, t)}{\partial x^2}$$

¿Tiene sentido pensar en el desplazamiento de cada elemento del gas?

¿Cómo lo mediría?

Nueva variable

$$\frac{\partial^2 \delta p(x, t)}{\partial t^2} = v^2 \frac{\partial^2 \delta p(x, t)}{\partial x^2}$$



Micrófono

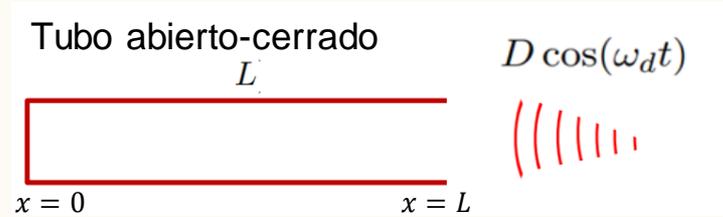


$$\delta p(x, t) \propto \frac{\partial y}{\partial x}$$



Tubo abierto-cerrado

Laboratorio de Física



$$y_m(x, t) = A_m \sin(k_m x + \alpha) \cos(\omega_m t + \phi)$$

$$\delta p_m(x, t) = \tilde{A}_m \cos(k_m x + \alpha) \cos(\omega_m t + \phi)$$

Extremos fijos $y(0, t) = 0$; Extremo abierto $\frac{\partial y}{\partial x}(L, t) = 0$

$$k_m = \frac{(2m-1)\pi}{2L} \quad \longrightarrow \quad \omega_m = v \frac{(2m-1)\pi}{2L}$$

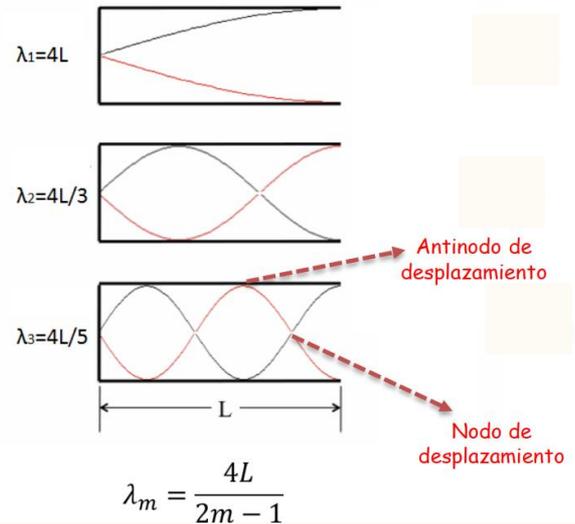
$$\lambda_m = \frac{2\pi}{k_m}$$

ó

$$\lambda_m = \frac{4L}{(2m-1)}$$

$$f_m = v \frac{(2m-1)}{4L}$$

Tubo abierto/cerrado



Laboratorio de Física

Extremos abierto-cerrado

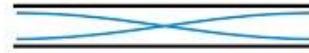


Les Luthiers

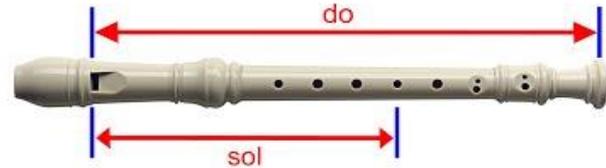
Tubófono silicónico cromático

<https://www.youtube.com/watch?v=9j1DwwZZJml>

Extremos abierto-abierto



$L = 1/2$ longitud de onda



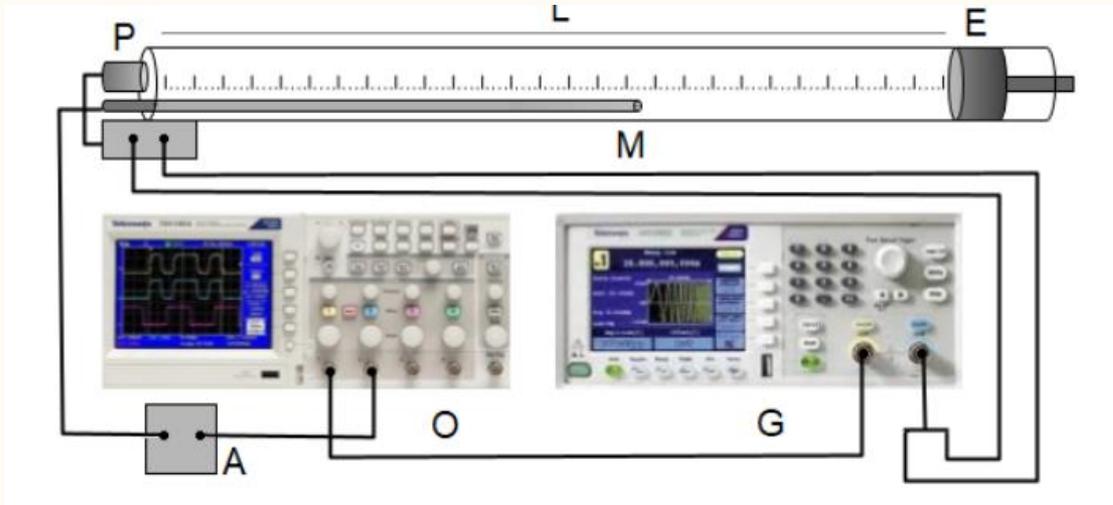
Explicaciones y correcciones:

http://www.flutopedia.com/acoustic_length.htm

Laboratorio de Física

Actividad 2: obtener la velocidad del sonido usando el tubo de Kundt

Podríamos nuevamente hacer un barrido de frecuencias desde el generador de funciones y encontrar aquellas frecuencias que me dan mayores amplitudes, por ende frecuencias resonantes



¿¿¿Otra vez profe???

Laboratorio de Física

Actividad 2: obtener la velocidad del sonido

¿Podemos saber las frecuencias de resonancia sin hacer un barrido de frecuencias?



Laboratorio de Física

Actividad 2: obtener la velocidad del sonido

¡¡¡En la función cuadrada del osciloscopio tengo TODAS las frecuencias!!! (al menos muchas)



Jean-Baptiste Joseph Fourier
(1768 – 1830)

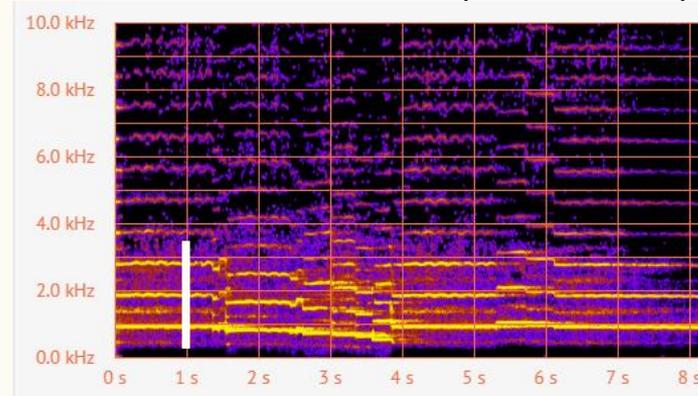
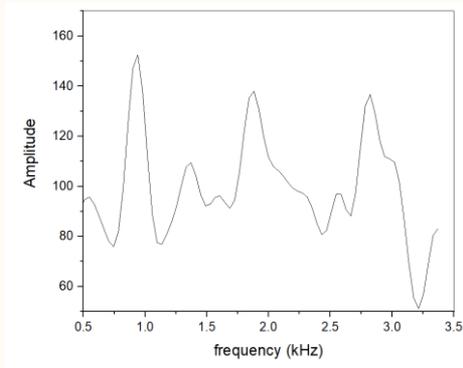
Laboratorio de Física

Actividad 2: obtener la velocidad del sonido usando el tubo de Kundt

- Método: Respuesta al impulso:** usar una función cuadrada como onda incidente al tubo y luego “desarmar” la respuesta obtenida para ver cuáles de todas las frecuencias resonaron.

Transformada de Fourier

De un señal (sonido) arbitraria, se que componentes son prioritarias

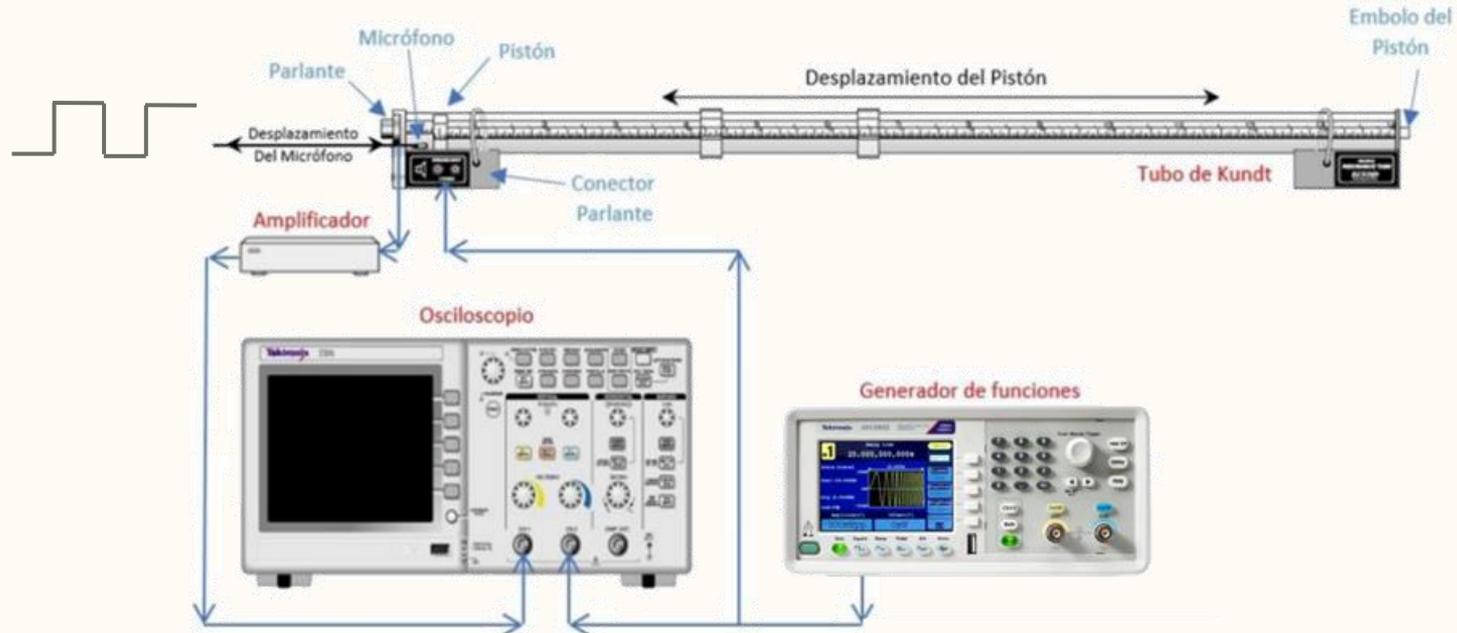


Analizador de espectro

Laboratorio de Física

Actividad 2: obtener la velocidad del sonido usando el tubo de kundt

Método 2: Respuesta al impulso:



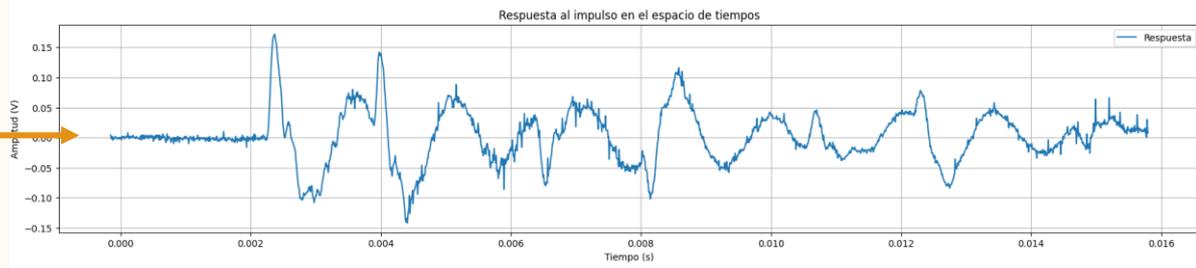
Laboratorio de Física

Actividad 2: obtener la velocidad del sonido usando el tubo de kundt

Método 2: Respuesta al impulso:



Osciloscopio



↓
**Análisis de frecuencias
(colab)**

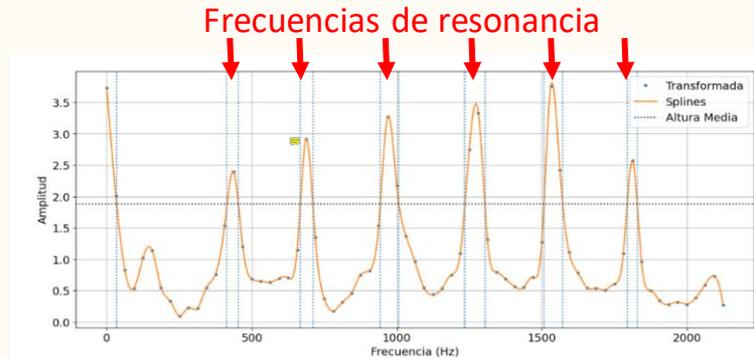
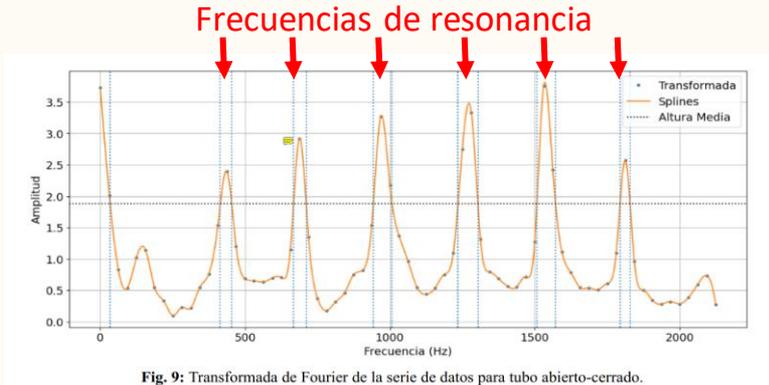


Fig. 9: Transformada de Fourier de la serie de datos para tubo abierto-cerrado.

Laboratorio de Física

Actividad 2: obtener la velocidad del sonido usando el tubo de Kundt

Método 2: Respuesta al impulso:

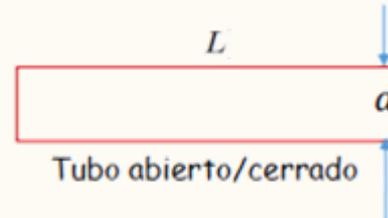


NOTA: Si el diámetro del tubo es considerablemente menor que la longitud de onda, puede que necesite corregir el largo del tubo siguiendo la expresión $L' = L + 0.3d$

- Calcular las frecuencias esperadas según las ecuaciones vistas y comparar

$$f_m = v \frac{(2m - 1)}{4L}$$

- Luego calcular v_s



Laboratorio de Física

Tubo de Kundt

https://www.youtube.com/watch?v=qUiB_zd9M0k

Tubo de Rubens

<https://youtu.be/dihQuwrf9yQ?t=362>