



ONDAS DE SONIDO ESTACIONARIAS EN TUBOS

1. Objetivos

Analizar la formación de ondas sonoras estacionarias en tubos. Determinar la velocidad de propagación del sonido en tubos.

2. Fundamentos teóricos

Cuando una onda longitudinal que se propaga en un fluido dentro de un tubo llegar a un extremo del mismo, se refleja, de igual manera que las ondas transversales se reflejan en una cuerda. La onda reflejada también viaja por el tubo con la misma frecuencia que la onda incidente, y da lugar a nuevas reflexiones. Estas ondas reflejadas están desfasadas entre sí y con respecto a la onda incidente. La superposición de la onda incidente y las reflejadas produce una onda estacionaria. Para ciertas frecuencias, el desfase entre las ondas que viajan por el tubo es tal que la amplitud de la onda estacionaria resultante es muy grande, dando lugar a una ONDA ESTACIONARIA RESONANTE.

Una onda longitudinal consiste en una serie de compresiones y rarefacciones del medio en el que se propaga. En una onda estacionaria hay puntos donde el medio no vibra y reciben el nombre de nodos de desplazamiento, y puntos donde la amplitud de la vibración del medio es máxima, y reciben el nombre de antinodos de desplazamiento. En términos de presión, los nodos de desplazamiento corresponden con antinodos de presión (puntos donde la presión es máxima) y los antinodos de desplazamiento corresponden con nodos de presión (puntos donde la presión es la de equilibrio).

Las frecuencias para las que se forman ondas estacionarias resonantes en un tubo dependen de si éste tiene los dos extremos abiertos o uno de ellos está cerrado.

En un tubo abierto por ambos extremos una onda estacionaria resonante se forma si:

$$L = n \frac{\lambda}{2}, \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad [1]$$

Mientras que si el tubo está abierto por un extremo y cerrado por otro, se debe cumplir que:

$$L = (2n + 1) \frac{\lambda}{4}, \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad [2]$$

donde L corresponde a la longitud del tubo y λ a la longitud de onda de las ondas en el tubo.

En condiciones de resonancia, el extremo cerrado coincide con un nodo de desplazamiento (antinodo de presión), y el o los extremos abiertos tienen que coincidir con un antinodo de desplazamiento (nodo de presión).

Teniendo en cuenta la relación:

$$\lambda = \frac{v_{pro}}{\nu}, \quad [3]$$

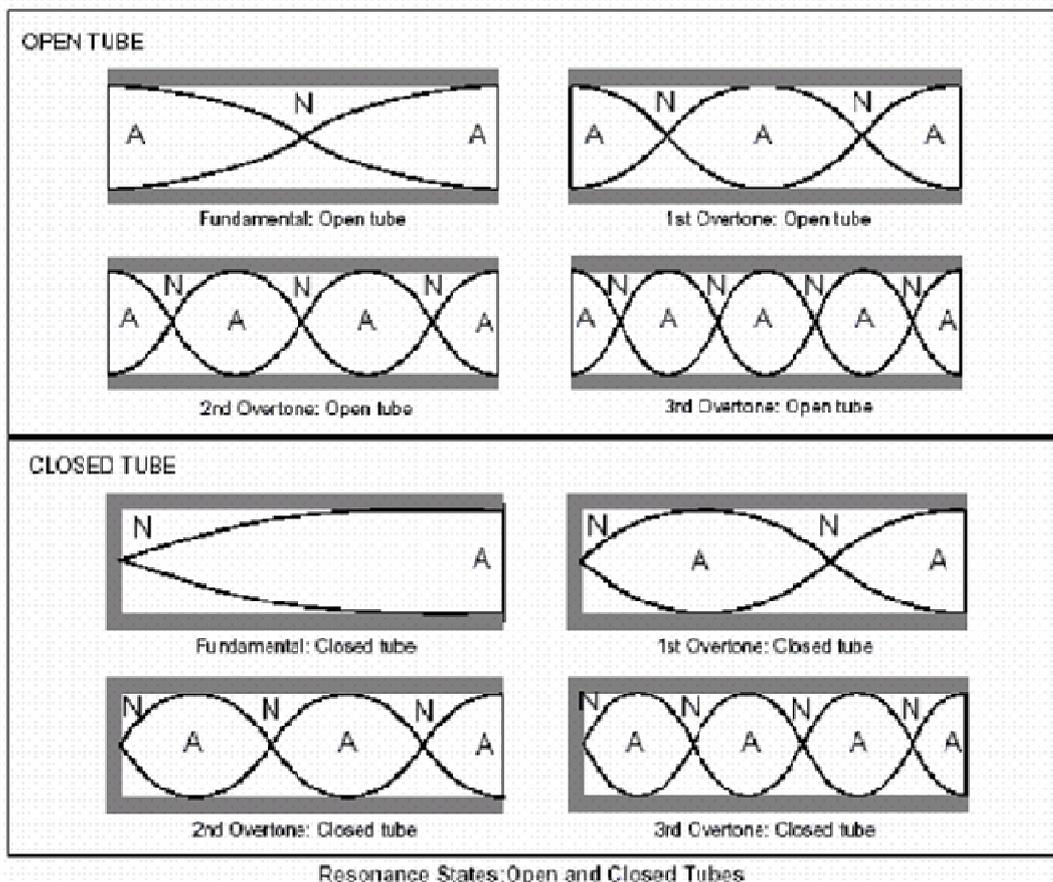
Podemos obtener la relación entre la longitud del tubo, la velocidad de propagación de la onda longitudinal en el medio y las frecuencias para las que se producen ondas estacionarias resonantes. Así, en un tubo abierto,

$$\nu = n \frac{v_{pro}}{2L}, \text{ con } n = 1, 2, 3, \dots \quad [4]$$

en un tubo cerrado por un extremo $\nu = (2n + 1) \frac{v_{pro}}{4L}, \text{ con } n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad [5]$

Las frecuencias más bajas que se obtienen según las expresiones anteriores reciben el nombre de fundamentales. Las que se obtienen con valores sucesivos de n reciben el nombre de armónicos o sobretonos.

En las siguientes figuras se muestran las configuraciones de desplazamiento relativo del medio para los cuatro primeros estados de resonancia.



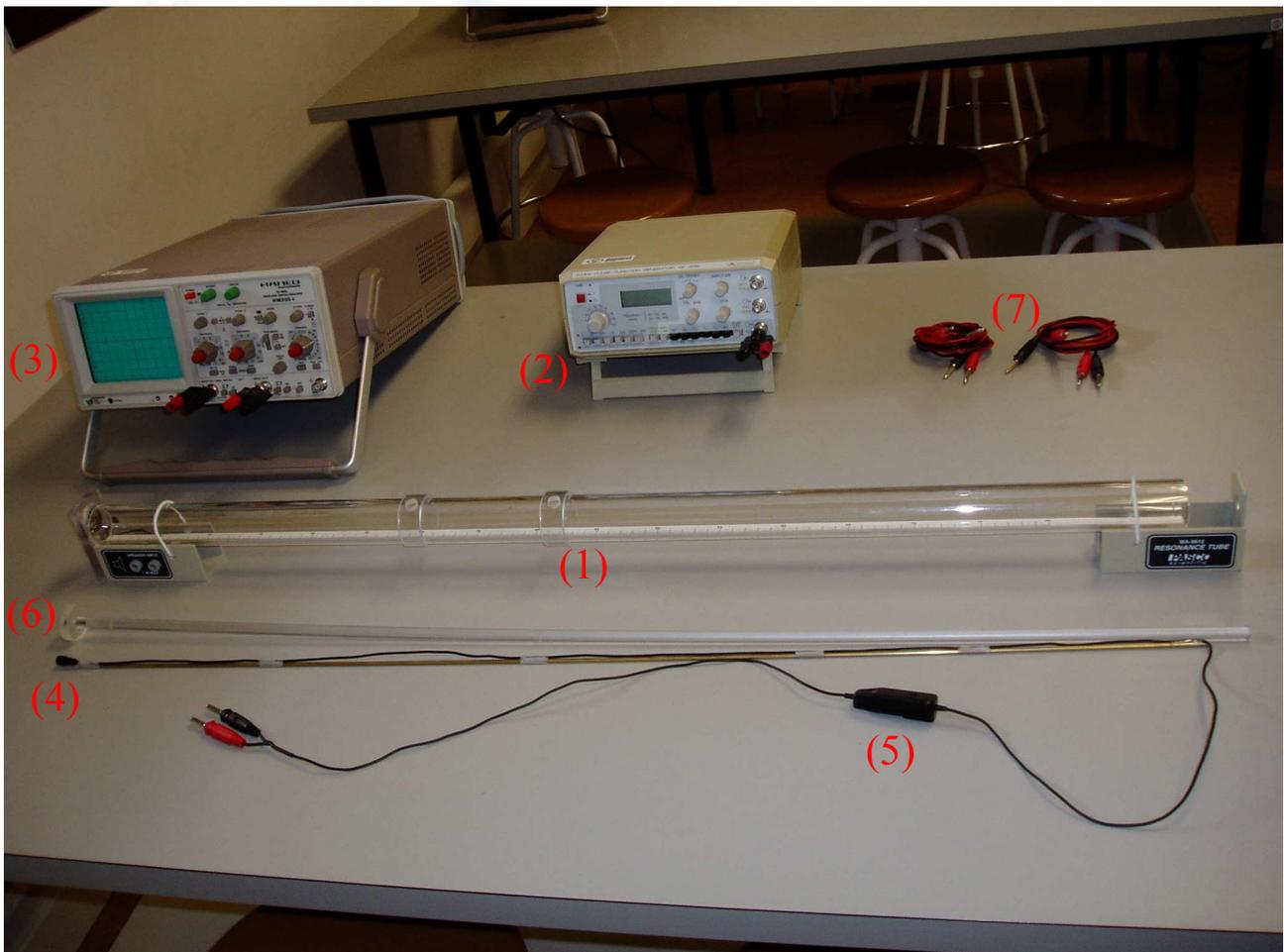
3. Método experimental

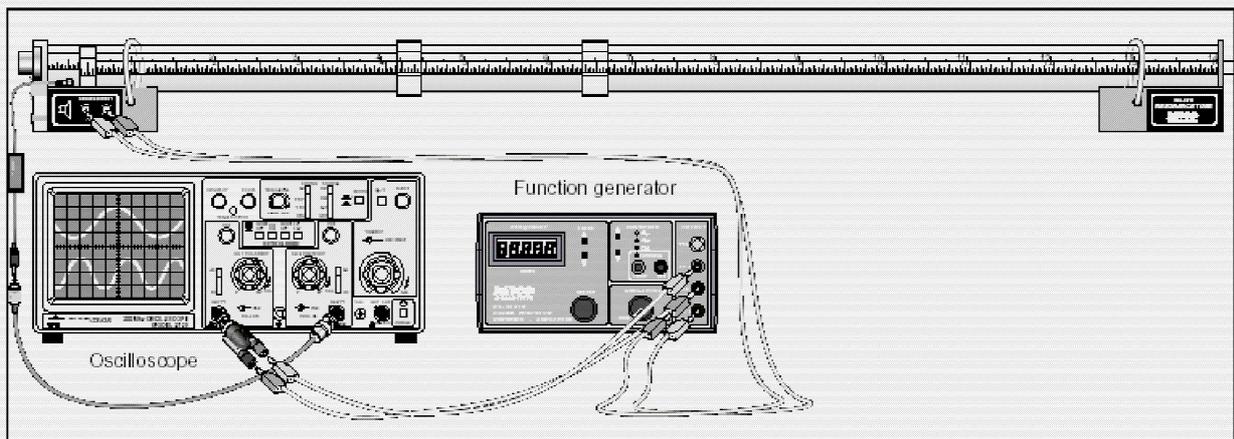
3.1 MATERIAL

1. Tubo transparente con escala métrica.
2. Generador de funciones.
3. Osciloscopio.
4. Micrófono.
5. Amplificador.
6. Pistón móvil.
7. Cables de conexión.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO Y MONTAJE

El tubo graduado tiene un altavoz alojado en uno de sus extremos. Se debe conectar la salida del generador de funciones a la entrada del altavoz. Asimismo se conectarán a cada canal de osciloscopio, tanto la salida del generador de funciones, como la salida del amplificador del micrófono. El interruptor del amplificador del micrófono se deberá poner en la posición ON. Al término de la práctica dicho interruptor se deberá volver a colocar en la posición OFF.





Esquema de montaje.

3.3 METODO EXPERIMENTAL

Antes de comenzar, medir la longitud total del tubo.

ATENCIÓN: el micrófono detecta variaciones de presión, no de desplazamiento.

3.3.1. Medida de las frecuencias de las ondas estacionarias resonantes en un tubo.

A) TUBO ABIERTO POR AMBOS EXTREMOS

- Introducir el micrófono en el orificio situado debajo del altavoz, y en línea con él. (Cuidado con la varilla a la que está unida el micrófono).
- Seleccionar en el generador de funciones una función de tipo senoidal.
- Seleccionar una frecuencia de 100 Hz. Ajustar la intensidad de la señal hasta que el sonido del altavoz sea audible. ATENCIÓN: Si aumentáis demasiado la intensidad el altavoz puede sufrir daños.
- Visualizar en el osciloscopio la señal proveniente del micrófono.
- Aumentar la frecuencia lentamente y escuchar. En general, el sonido será más intenso a medida que se aumente la frecuencia por el altavoz es más eficiente a frecuencias más altas. Sin embargo para determinadas frecuencias se escuchará un máximo de intensidad, que corresponde con las frecuencias resonantes en el tubo. Al mismo tiempo se observa en el osciloscopio que la intensidad de la señal del micrófono varía con la frecuencia, y que para cada frecuencia de resonancia se registra un máximo relativo de intensidad.
- Anotar los valores de las frecuencias de resonancia.
- Repetir las medidas 3 veces.

B) TUBO CERRADO POR UN EXTREMO

- Deslizar el pistón hasta que la longitud efectiva del tubo sea de 70 cm.
- Repetir todas las medidas del apartado A), en esta configuración.

3.3.2. Medida de las longitudes del tubo que provocan la condición de ondas estacionarias resonantes.

- Introducir el pistón en el extremo derecho del tubo.
- Seleccionar en el generador una frecuencia de 800 Hz.
- Colocar el micrófono en el orificio situado debajo del altavoz, y en línea con él.
- Ajustar la intensidad de la señal hasta que el sonido del altavoz sea audible.
- Deslizar lentamente el pistón hasta que se escuche un máximo de intensidad. Esa

posición del pistón coincidirá con un máximo de intensidad de la señal del micrófono en el osciloscopio.

- Anotar el valor de la longitud efectiva del tubo.
- Seguir deslizando el pistón hasta encontrar todas las longitudes para las que se produce la resonancia.
- Repetir toda la serie de medidas 3 veces.

3.3.3. Caracterización de una onda estacionaria en un tubo.

A) TUBO ABIERTO POR AMBOS EXTREMOS.

- De los resultados encontrados en el apartado 3.2.1 seleccionar una frecuencia de resonancia. Utilizar en cualquier caso una frecuencia superior a 700 Hz.
- Ajustar la intensidad de la señal hasta que el sonido del altavoz sea audible.
- Colocar el micrófono en el orificio situado debajo del altavoz.
- Deslizar el micrófono lentamente a lo largo del tubo. Observar la señal en el osciloscopio.
- Encontrar los puntos del tubo (distancias desde el origen) donde la intensidad es mínima y los puntos en los que la intensidad sea máxima. Los puntos donde la intensidad es mínima corresponden con los nodos de la onda estacionaria, y los puntos donde la intensidad es máxima corresponden con los antinodos. Tomar los valores.
- Repetir las medidas 3 veces.

B) TUBO CERRADO POR UN EXTREMO.

- Deslizar el pistón hasta que la longitud efectiva del tubo sea de 70 cm.
- Repetir todas las medidas del apartado A), en esta configuración.

IMPORTANTE: APAGAR TODOS LOS EQUIPOS, INCLUIDO EL MICRÓFONO.

5. Bibliografía

- P. A. Tipler, G. Mosca, FÍSICA, Vol. 2 (Capítulo 16, Secciones 16.2-3), 5ª edición, Ed. Reverté, Barcelona, 2005.
- R. A. Serway, J. W. Jewett Jr., Física para ciencias e ingenierías, Vol. 1 (Capítulo 18, Sección 18.5), 6ª edición, Ed. Thomson, México, 2005.

En internet:

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/ondas/acustica/tubos/tubos.htm>

http://www.walter-fendt.de/ph14s/stlwaves_s.htm