

EXPERIMENTO 6

ONDAS SONORAS EN UN TUBO

1. Objetivos

Las ondas sonoras en un tubo se comportan en forma similar a las observadas en el Experimento 2 para una cuerda vibrante, con la diferencia que en aquel caso las ondas eran transversales mientras que las ondas sonoras son longitudinales (es decir las zonas de compresión y rarefacción del aire se producen en la misma dirección de propagación).

Si bien el sonido se propaga en todas direcciones, si el tubo es suficientemente fino tenemos la ventaja de poder considerar el movimiento de propagación como unidimensional. Entonces, con el Tubo de Resonancia, podemos estudiar experimentalmente ondas sonoras (longitudinales) propagándose en una dirección y especialmente los efectos de diferentes condiciones de contorno (extremos abiertos o cerrados) sobre los modos resonantes del sistema.

2. Bases Teóricas

Una onda sonora que se propaga en un tubo sufre múltiples reflexiones en los extremos del tubo (en forma similar a lo que ocurre en una cuerda vibrante). En general, las ondas múltiplemente reflejadas no estarán todas en fase y la amplitud de la onda estacionaria que se forma será pequeña. Sólo a ciertas frecuencias -frecuencias de resonancia-, habrá coincidencia de fases, lo que resultará en una onda estacionaria de gran amplitud.

La onda estacionaria tendrá nodos de desplazamiento (puntos donde el aire no se desplaza y antinodos de desplazamiento (puntos donde la amplitud de vibración de las moléculas de aire es máxima). En términos de la presión, los nodos y antinodos ocurrirán donde ocurren los antinodos y nodos de desplazamiento, respectivamente. Esto puede entenderse considerando que un antinodo de presión estará localizado entre dos antinodos de desplazamiento que vibran desfasados en 180° entre sí. Cuando las moléculas de aire de los dos antinodos de desplazamiento se mueven unas contra otras la presión del antinodo será un máximo. Por el contrario, cuando las moléculas se mueven alejándose unas de otras, la presión será un mínimo.

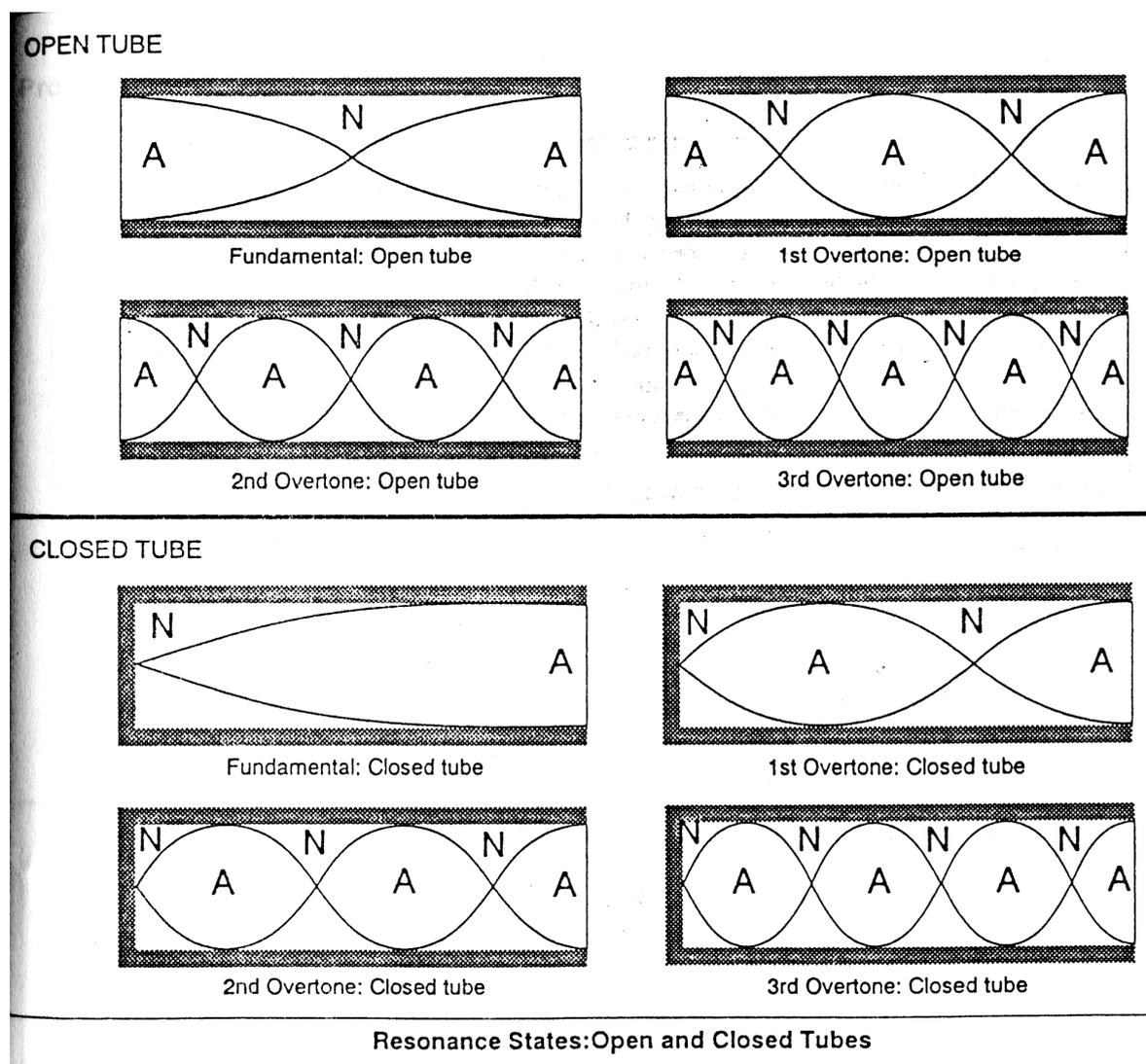
Los dos modos resonantes también dependerán de las condiciones de contorno en los extremos del tubo. Si un extremo está cerrado, el aire no tendrá posibilidad de desplazarse y habrá allí un nodo de desplazamiento. En cambio, en un extremo abierto, la presión se mantendrá en un valor próximo a la presión media ambiente y tendremos allí un nodo de presión (o sea un antinodo de desplazamiento).

Así, en analogía con el análisis realizado para una cuerda vibrante (Experimento 2) y teniendo en cuenta lo dicho sobre las condiciones de contorno, para un tubo de longitud L , los modos resonantes ocurrirán cuando la longitud de onda λ satisfaga:

$$\text{Tubo abierto: } L = n \lambda/2 \quad (n = 1,2,3,\dots)$$

$$\text{Tubo cerrado: } L = n \lambda/4 \quad (n = 1,3,5,\dots)$$

La Figura 1 muestra algunos modos resonantes en términos de desplazamiento.

**Figura 1**

Midiendo las frecuencias de resonancia y la longitud de las ondas estacionarias, podremos analizar los modos, relación de dispersión y velocidad de propagación en forma similar al caso de la cuerda vibrante.

3. Procedimiento

Propagación

Instalar el Tubo de Resonancia con el micrófono miniatura, generador de ondas y osciloscopio, como lo indica la Figura 2.

Con el tubo abierto, ir variando la frecuencia desde un valor bajo. Encontrar las primeras 4 o 5 frecuencias de resonancia y medir λ en cada modo. Repetir con el tubo cerrado. Obtener relación de dispersión y velocidad de propagación. Interpretar los resultados.

Advertencia: puede resultar difícil encontrar la primera frecuencia de resonancia (la más baja). En tal caso, encontrar primero las más altas y en base a sus conocimientos, estime qué valor tendrá la del modo fundamental y luego escanear

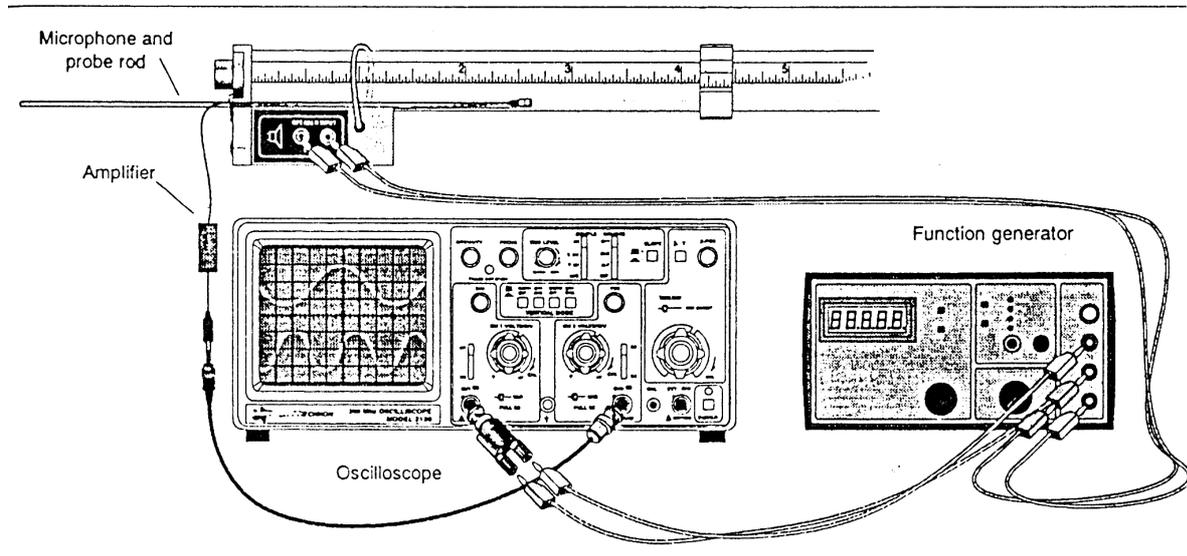


Figura 2