

## TRABAJO PRACTICO DE LABORATORIO DE FISICA 1

### RESONANCIA – Tubo de Khun

**Objeto:** Observar el fenómeno de resonancia en un tubo de aire. Reforzar con la experiencia la teoría de ondas dada en clase. Tomar contacto con los objetos físicos e instrumental asociado aprendiendo sus principios de funcionamiento y operación. Efectuar mediciones de velocidad de sonido y frecuencias de resonancia.

#### Experiencias a realizar:

- 1) Ondas estacionarias y frecuencias de resonancia en el tubo abierto y cerrado. Analisis.
- 2) Velocidad del sonido en el aire.

#### Requisitos previos a la práctica:

a) Estudiar fundamentos de acústica de un libro de texto universitario. (P.ej. "Mecánica Elemental" de Juan G. Roeder pag.263 a 266.)

b) Responder las siguientes preguntas:

**IMPORTANTE:** estas preguntas deben ser contestadas por escrito días **ANTES** de realizar la práctica y entregadas el día de la práctica.

- 1- De una definición intuitiva propia (con sus palabras) de lo que es la resonancia para Ud. y 3 ejemplos que se le ocurran en donde se produzca un fenómeno de resonancia.
- 2- Consulte una definición de resonancia en un libro de texto y anótela a continuación de la suya. (No se preocupe si su definición no tenía nada que ver con esta última)
- 3- ¿Cuáles son los parámetros que definen una onda?
- 4- ¿Que diferencia hay entre una onda transversal y una longitudinal? De dos ejemplos de cada una.
- 5- ¿La velocidad de una onda, depende del medio en que se propague?  
SI - NO - DEPENDE (Explique)
- 6- ¿Qué es una onda estacionaria? ¿En qué condiciones se producen?
- 7- ¿A qué se llama frecuencia fundamental?
- 8- ¿Cual es la frecuencia fundamental de una cuerda sujeta en ambos extremos a paredes si la longitud de la cuerda es 1 m y la velocidad de propagación de la onda en esa cuerda es de 50 m/s?
- 9- Idem anterior pero para una cuerda con un extremo libre.
- 10- Haga lo mismo pero para un tubo abierto en un extremo y para un tubo cerrado. ¿Qué tipo de onda es la que se propaga dentro de un tubo de aire: longitudinal o transversal?. ¿Y la de una cuerda? ¿Y las ondas que se producen al tirar una piedra al agua?

FISICA 1: LABORATORIO

- 11 En un tubo de aire: ¿A qué se llama nodo de presión? ¿Cuándo se produce?  
 ¿Qué es un nodo de desplazamiento? ¿Que relación hay entre un nodo de desplazamiento y uno de presión?  
 12- ¿Qué significan y para qué se usan las siguientes expresiones?

$$L = (2k+1)*\lambda/4$$

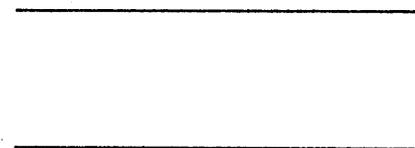
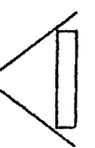
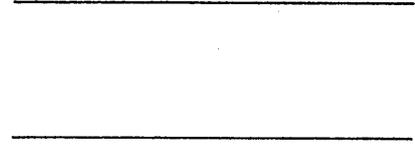
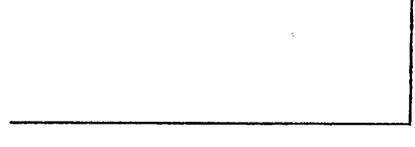
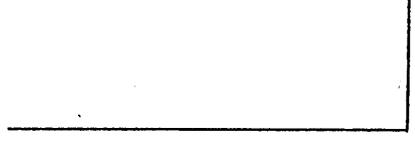
$$L = k*\lambda/2$$

dónde L es la longitud del tubo de aire en m

$\lambda$  es la longitud de onda de la perturbación

k es un número natural que parte de 0 en la primera fórmula y de 1 en la segunda.

- 12- Complete los siguientes dibujos según las condiciones que se dan en los recuadros de la derecha:

|          |   |   |  |
|----------|---|---|--|
| Parlante |    |    | Tubo: abierto -<br>Frecuencia: fundamental -<br>Gráfico: de desplazamiento.  |
|          |   |   | Tubo: abierto -<br>Frecuencia: 1ra armónica -<br>Gráfico: de desplazamiento. |
|          |  |  | Tubo: cerrado -<br>Frecuencia: fundamental -<br>Gráfico: de desplazamiento.  |
|          |  |  | Tubo: cerrado -<br>Frecuencia: 1ra armónica -<br>Gráfico: de desplazamiento. |

- 13- ¿Qué cambiaría en los gráficos anteriores si en vez de graficar el desplazamiento de las moléculas de aire graficáramos la presión?

- 14- Calcule cuál es la longitud de onda fundamental a la que resuena un tubo de 90 cm de largo. ¿Podría calcular la frecuencia correspondiente a esa longitud de onda con estos datos?

- 15- ¿Cómo se podría calcular la velocidad de propagación de una onda en un tubo de aire en función de la frecuencia y del largo del tubo? Escriba la fórmula.

## PRACTICA:

### Materiales:

- 1- Tubo de plástico transparente de aproximadamente 90 cm de largo y 30 mm de diámetro interno. Abierto en ambos extremos.
- 2- Parlante conectado a generador de frecuencia.
- 3- Micrófono conectado a un osciloscopio.
- 4- Pistón de plástico.

### Un poco de teoría: ¿Qué pasa en un tubo de aire?

Cuando el diafragma de un parlante vibra en el extremo de un tubo hueco, se produce una onda sonora que se propaga a través del aire y a lo largo del tubo. La onda sonora consiste en el movimiento de moléculas de aire que se desplazan desde el parlante hacia delante. El aire en si no se desplaza mucho, lo que se desplaza es la vibración, la onda de presión. Este desplazamiento de la onda es en sentido longitudinal, a diferencia de la onda en una cuerda que es transversal.

En definitiva: cuando el parlante vibra, provoca pequeñas zonas de presión (movimiento hacia delante de la membrana) y otras de depresión (movimiento hacia atrás), son estas presiones y depresiones las que se propagan a lo largo del tubo con la misma frecuencia que el parlante que las genera.

Estas ondas de presión se reflejan en el otro extremo del tubo, tanto si el tubo esta abierto como si esta cerrado, esto genera una onda de regreso al parlante que se superpone con la incidente, y se suma o resta de acuerdo a la fase relativa entre ambas.

En el caso más general, va a haber una superposición desordenada de ondas, cuya amplitud promedio resultante es baja. Pero cuando la longitud de onda (o frecuencia) toma determinados valores específicos, la onda incidente y la reflejada están en fase y se superponen constructivamente creando una onda resultante estacionaria de gran amplitud. En estos casos la longitud de onda y el largo del tubo se encuentran en una relación particular que es:

$$L = k \cdot \lambda / 2 \quad \text{para el tubo abierto y,}$$

$$L = (2k+1) \cdot \lambda / 4 \quad \text{para el tubo cerrado}$$

Donde L es el largo total del tubo, k es un numero entero que da las sucesivas frecuencias de resonancias y  $\lambda$  la longitud de onda de excitación.

El tubo, en estas frecuencias, se dice que "entra en resonancia" o que "resuena" lo cual se evidencia por un claro aumento en el volumen sonoro. Este es el principio de funcionamiento de los instrumentos musicales de viento como la quena, el saxo, etc. donde las notas musicales se obtienen a partir de la resonancia de un tubo de longitud fija o variable.

**Descripción del dispositivo experimental:**

El generador de frecuencia genera una tensión variable en el tiempo que se puede regular. Esta tensión está aplicada a un parlante a través de un cable. La tensión genera una pequeña corriente en la bobina interior del parlante la cual actúa como un electroimán que atrae la membrana del parlante o la repele, de esta manera la membrana del parlante oscila a la misma frecuencia del generador moviendo las moléculas de aire y generando zonas de mayor presión que se propagan a lo largo del tubo.

Cuando la onda rebota en el otro extremo del tubo (tanto si está cerrado como abierto) vuelve hacia el parlante y es registrada por un pequeño micrófono que se encuentra en la parte inferior del parlante. Este micrófono sensa la onda de presión y la traduce a una tensión variable, o sea, hace el efecto inverso al del parlante. Esta tensión entra a un osciloscopio que grafica y permite ver la forma de la onda en el tiempo. De esta onda que se ve en el osciloscopio, nos va a interesar más que nada la amplitud de la misma ya que los máximos de amplitud van a indicar que estamos en las frecuencias de resonancia.

**Mediciones:**

- 1) Encuentre 4 frecuencias de resonancia para el tubo abierto y para el tubo cerrado y anótelas en una tabla de dos columnas. ¿Cuáles son los errores cometidos en esta medición? (No los calcule, enumere las fuentes de error y diga de dónde proviene la mayor fuente de error y cómo se podrían disminuir)
- 2) Calcule la velocidad del sonido usando las tablas anteriores. Hay varias maneras de hacerlo, cuando se decida por una, justifique los pros y los contras de su método. Por ejemplo puede ser más preciso pero más laborioso, o muy impreciso, etc. **Analice. No ponga resultados o números sin explicarlos.**

**Entrega de informes:**

Deberá realizarse de acuerdo a la guía para entrega de informes de laboratorio que está en la fotocopidora de PB en la carpeta de Física 1 de la Lic. Rina Lombradi.

**En el informe deberá figurar:**

El esquema del arreglo experimental explicando cómo funciona cada componente.  
Descripción detallada paso a paso del proceso de medición.  
La tabla de valores medidos en la práctica y el cálculo de la velocidad del sonido.  
Conclusiones indicando las fuentes principales de error y cómo las reduciría.

**Recuerde: Lo más importante es el análisis posterior de la experiencia y las conclusiones. Si un resultado le dio mal, preocúpese más que nada en descubrir por qué le dio mal y las fuentes de error, y recién ahí, repita las mediciones si es necesario.**

## ANEXO PRACTICA DE RESONANCIA

### Correcciones por presión, humedad y temperatura

Como la velocidad de propagación del sonido depende de la densidad del medio en el cual se propague, cuando lo haga en el aire, y este varíe su densidad, variará consecuentemente el valor de velocidad. La densidad del aire depende fundamentalmente de la presión, humedad y temperatura ambiente. Para comparar el valor de velocidad medido en la práctica de resonancia, con el tabulado de 332 m/s en aire seco, a 0 °C y a una presión de 760 mmHg, se deberá corregir el valor medido, del efecto del aumento o disminución de la densidad del aire. Como el aire en el interior de la probeta está saturado de vapor de agua a la temperatura del agua, se debe efectuar, además de la corrección por temperatura, la corrección debida a la influencia de la humedad.

La velocidad de propagación del sonido a 0 °C está expresada por:

$$V_0 = \sqrt{H * \frac{P_0}{\delta_0}}$$

Donde H es la relación de calores específicos: Cp/Cv

P<sub>0</sub> es la presión normal (0 °C)

δ<sub>0</sub> es la densidad normal (0 °C)

Esta velocidad V<sub>0</sub> fue medida experimentalmente muchas veces y su valor está en los 332 m/s, en aire seco, a 0 °C y a una presión de 760 mmHg.

#### 1) Corrección por temperatura:

A la temperatura t vale:

$$V_t = \sqrt{H * \frac{P_t}{\delta_t}}$$

Dónde:

$$\delta_t = \frac{\delta_0}{(1 + \alpha * t)}$$

Dónde α, es el coeficiente de dilatación del aire saturado de vapor de agua, y vale: 0,004 [1/°C]

O sea, que en aire seco, a la presión atmosférica normal, pero a la temperatura t, la velocidad corregida solo por temperatura queda:

$$V_t = V_0 \sqrt{(1 + \alpha * t)}$$

#### 2) Corrección por humedad:

La densidad a 0 °C del aire húmedo viene dada por:

$$\delta_h = \delta_0 * \left[ \frac{(P_t - e)}{760} + \frac{e * d}{760} \right]$$

## Laboratorio de Física 1

Dónde "e" es la tensión de vapor de agua, cuyos valores dependen de la temperatura y se muestran en la tabla 1. "d" es la densidad relativa del vapor de agua respecto del aire y vale: 0,6235

Reemplazando "d" por 0,6235:

$$\delta_h = \delta_0 * \left[ \frac{(P_t - 0,376 * e)}{760} \right]$$

Quedando la densidad del aire húmedo a la temperatura t y a la presión ambiente Pt como:

$$\delta_{ht} = \delta_0 * \left[ \frac{(P_t - 0,376 * e)}{760 * (1 + \alpha * t)} \right]$$

Reemplazando:

$$V_t = V_0 * \sqrt{\frac{P_t * (1 + \alpha * t)}{(P_t - 0,376 * e)}}$$

Con Pt medida en mmHg.

Quiere decir que para hacer la corrección de la velocidad de sonido en el aire, debemos tener los datos de presión atmosférica y temperatura ambiente.

Tabla 1: Valores de tensión de vapor saturado "e" para algunas temperaturas

| Temperatura en °C | Tensión en mmHg | Temperatura en °C | Tensión en mmHg |
|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| 13                | 12.79           | 22                | 19.83           |
| 16                | 13.64           | 23                | 21.07           |
| 17                | 14.53           | 24                | 22.38           |
| 18                | 15.48           | 25                | 23.76           |
| 19                | 16.48           | 30                | 31.83           |
| 20                | 17.54           | 40                | 55.34           |
| 21                | 18.65           | 50                | 92.54           |

Sitios para averiguar la presión del día:

<http://www-atmo.at.fcen.uba.ar/~banco/metar/volver.htm>

<http://www.meteofa.mil.ar/dpd/tepre/total.htm>

<http://www.wunderground.com/global/AG.html>