

LABORATORIO 2. LA VELOCIDAD DEL SONIDO

Arias Contreras Germán José, Sierra M. Hernando Miguel
Rodríguez Arias Javier Adolfo, Villalobos S. Sergio, Ballestas Antonio

Facultad de ciencias exactas: física Universidad de Cartagena
Área de Ciencias Naturales Física
german_arias73@hotmail.com, hersimon6@hotmail.com, javiro@live.com
antonioballestas@hotmail.com, sergen@gmail.com

Resumen

Unas de las magnitudes que más nos atrae en la naturaleza desde, que tenemos uso de razón y queremos saber muchas cosas sobre ella, es la velocidad del sonido, su velocidad, y generalmente la comparamos con la luz, y nos asombramos de su diferencia y a veces nos preguntamos ¿cómo se medirá? ¿cuál es valor?, aquí en este experimento comprobaremos experimentalmente cuál es su valor bajo ciertas condiciones establecidas.

Índice de Términos: Magnitudes, Sonido, Velocidad, La Luz.

I. Introducción

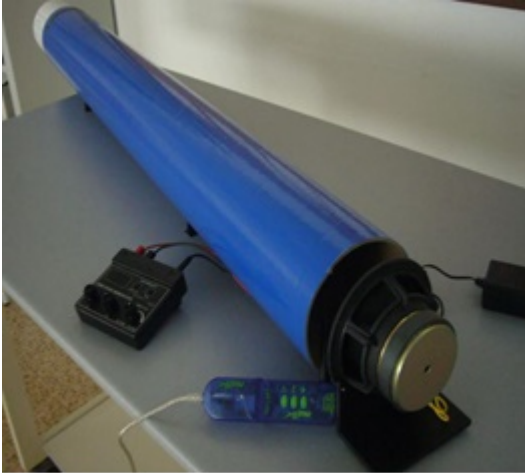
En el presente artículo se pretende comprobar la velocidad del sonido bajo ciertos parámetros, como es la temperatura que es un elemento fundamental de la parte teórica, además emplearemos como montaje experimental los tubos sonoros, el cual nos va a permitir de acuerdo a sus condiciones ciertas características que van a facilitar el cálculo de esta magnitud. Los tubos sonoros cerrados según se ha podido determinar su longitud (L) se encuentra, definida por $\lambda/4$, $3\lambda/4$, $5\lambda/4$, $(2n+1)\lambda/4$ que corresponden a los armónicos fundamentales en 1er, 2do, 3er y el n -ésimo armónico aquí tenemos que.

$V = 4L/(2n+1) \cdot f$ (1) donde n es el número de nodos y f es la frecuencia y L la longitud del tubo. También tenemos que la velocidad del sonido se puede establecer promedio de la expresión $V = (331 + 0.59T)$ m/s. (2), en este caso la velocidad del sonido se da en función de la temperatura la cual influye en dicha velocidad del sonido.

Haciendo las comparaciones de las dos ecuaciones donde se muestra el cálculo del valor del sonido a través del tubo sonoro ecuación (1), y apoyándonos en este montaje determinaremos el valor de dicha velocidad y la compararemos con el valor teórico dado por la ecuación (2); así determinaremos el margen de error de las velocidades con los valores experimentales y teóricos.



II. ESTADO DEL ARTE



MEDIDA DE LA VELOCIDAD DEL SONIDO.

TUBO DE RESONANCIA

Práctica de Laboratorio M6

DE LA VELOCIDAD DEL SONIDO. TUBO DE RESONANCIA?

Objetivos Se trata de determinar la velocidad del sonido en el aire a la temperatura ambiente, utilizando el fenómeno de resonancia de las ondas sonoras en un tubo abierto y cerrado de una determinada longitud

Repaso de teoría

- Ondas Sonido.
- Ondas estacionarias.

Fundamento teórico

La velocidad, v , de una onda está relacionada con su longitud de onda λ y con su frecuencia ν , por la ecuación:

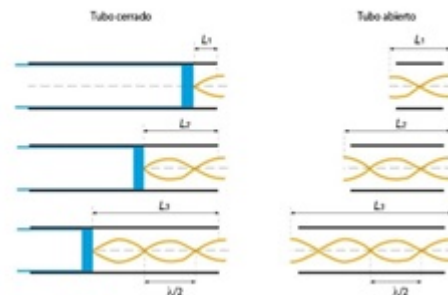
$$v = \lambda \times \nu$$

En esta práctica determinaremos la velocidad del sonido, utilizando esta ecuación, a partir de la medida de la longitud de onda de las ondas sonoras estacionarias que producimos en un tubo, con una frecuencia que viene fijada por la fuente sonora que utilizaremos: un altavoz conectado a un generador de ondas senoidales.

El extremo del tubo opuesto al extremo donde se ha colocado el altavoz puede estar abierto o cerrado. A continuación, se analizarán las ondas estacionarias producidas en el tubo en los dos casos.

Ondas estacionarias en tubo cerrado

El sonido producido por el altavoz, de una determinada frecuencia, entra en el tubo por el extremo abierto. Este tren de ondas se refleja en extremo cerrado del tubo (con un cambio de fase de 180°). Resulta así, en el interior del tubo, una combinación de ondas incidentes y reflejadas que, para determinadas longitudes del tubo, producen **ondas estacionarias**, con un nodo en el extremo cerrado y un antinodo, o amplitud máxima, cerca del extremo abierto del tubo (ver figura 1). El tubo entra entonces en resonancia y se produce una intensificación considerable del sonido emitido



La posición del primer antinodo no coincide exactamente con el extremo abierto del tubo de resonancia, sino que se puede demostrar que está por fuera de él, a una distancia (a) igual a aproximadamente 0.6 veces el radio del tubo. Así, la longitud del tubo para la que se producen las diferentes resonancias viene determinada por la expresión:

$$L_n = \frac{1}{4}(2n+1)\lambda + a \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

Debido a la existencia del parámetro a en la ecuación (2) a la hora de determinar la longitud de onda se puede determinar la posición de dos resonancias consecutivas L_n y $L_n + 1$, y su diferencia, de acuerdo con la figura 3, corresponde a media longitud de onda, y es independiente de la posición del antinodo en la boca del tubo, por lo tanto:

$$\lambda = (L_{n+1} - L_n) \quad (2)$$

Debido a la existencia del parámetro a en la ecuación (2) a la hora de determinar la longitud de onda se puede determinar la posición de dos resonancias consecutivas L_n y $L_n + 1$, y su diferencia, de acuerdo con la figura 3, corresponde a media longitud de onda, y es independiente de la posición del antinodo en la boca del tubo, por lo tanto:

$$\lambda = (L_{n+1} - L_n) \quad (3)$$

Ondas estacionarias en tubo abierto

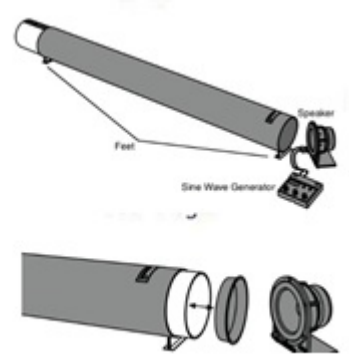
En el caso del tubo abierto las ondas estacionarias que se forman en el tubo tienen antinodos en las cercanías de ambos extremos (ver figura 1), por lo que la longitud del tubo para la que se producen las diferentes resonancias viene dado por la ecuación:

$$L_n = \frac{1}{2}n\lambda \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

Descripción del aparato

El dispositivo experimental está compuesto de diversos elementos: El **tubo de resonancia** (figura 2), que está formado, en realidad, por dos tubos: un tubo externo de color azul y otro tubo interno móvil de color blanco que dispone de una regla. En el extremo del tubo blanco más cercano al altavoz se puede colocar una tapa de plástico para tener tanto tubo abierto como tubo cerrado (figura 3). La regla del tubo blanco marca la longitud tanto del tubo abierto (open) como del tubo cerrado (closed).

El **generador** de ondas está conectado a un **altavoz** (figura 2). Antes de empezar a realizar las medidas es conveniente comprobar que los botones funcionan correctamente



cambiando el valor de la frecuencia y de la intensidad de salida. El altavoz conectado al generador se colocará en uno de los extremos del tubo azul. El diámetro del tubo está ajustado al tamaño del altavoz. Es conveniente que entre el tubo y el altavoz se deje una pequeña separación, para poder colocar el micrófono. El **micrófono** con el que se medirá el nivel y la intensidad del sonido que se propaga dentro del tubo está conectado a un **ordenador**. El micrófono tiene tres niveles de sensibilidad:



- Voz: 30 a 70 dBC ó dBA
- Corneta: 50 a 90 dBC ó dBA
- Avión: 70 a 110 dBC ó dBA

El programa DataStudio. Este es el programa con el que se analizará el nivel (dBC y dBA) y la intensidad del sonido dentro del tubo. La figura 4 muestra la pantalla del ordenador cuando el programa DataStudio está abierto. En las tres ventanas ¿Digits 1?, ¿Graph 1? y ¿Meter 1? se indica el nivel y la intensidad de sonido que detecta el micrófono.



Método operatorio

1) Encender el ordenador. Puede ser que el ordenador esté ya encendido, en este caso, lo dejaremos encendido al acabar la práctica. Hacer doble click sobre el icono **M6**, de esta forma se ejecuta el programa **Data Studio**. Mediante este programa se adquiere el sonido recogido por el micrófono

2) Conectar y encender el generador de ondas. Ajustar la amplitud a un nivel bajo

3) Poner la tapa al tubo blanco (si no estaba ya puesta) en el extremo más cercano al altavoz (figura 3). En esta posición, la longitud del tubo de resonancia es nula. Seleccionar la frecuencia $\nu = 700$ Hz en el generador y a continuación pulsar la tecla ?Start? en la pantalla del ordenador, acercando el micrófono al extremo del tubo donde se encuentra también el altavoz. En las tres pantallas del ordenador se recogerá el nivel e intensidad de sonido detectado por el micrófono. A la vez que se escucha y se observa en la pantalla el nivel de intensidad del sonido, ir sacando con suavidad el tubo blanco por el lado opuesto al altavoz para incrementar la longitud del tubo. La regla irá mostrando la longitud del tubo cerrado. Para ciertos valores de dicha longitud se apreciará un fuerte incremento de la intensidad del sonido. Estos son los valores de L para los que se obtienen ondas estacionarias (ecuación 2). Realizar un ajuste fino de la posición del tubo para obtener los valores de L_n . Con la frecuencia utilizada se pueden obtener hasta cuatro posiciones de resonancia ($n=1,2,3,4$ en la ecuación

(2)). Representar gráficamente la longitud de resonancia en función de $(2n-1)$ y, por medio de una regresión lineal, determinar el valor de la longitud de onda que se propaga por el interior del tubo, λ , y el valor del parámetro a , de acuerdo con la ecuación (2). Calcular los errores de las dos magnitudes.

4) Repetir el apartado anterior para las frecuencias $\nu = 500, 600$ y 800 Hz, pero obteniendo solamente los valores de L_1 y L_2 . Calcular, en cada caso, el valor de la longitud de onda, λ , utilizando la ecuación (3).

5) Quitar la tapa del tubo blanco e introducir éste dentro del tubo azul, hasta el fondo. Para cada una de las frecuencias siguientes, $\nu = 450, 550, 650$ y 750 Hz, sacar con suavidad el tubo blanco y determinar los valores de L para las dos primeras resonancias que se observen. Estas dos resonancias no serán, en general, las dos primeras de la serie ($n=1$ y 2) porque no se parte de una longitud $L=0$ en el experimento. Sin embargo, si que corresponderán a dos resonancias con valores consecutivos de n , por lo que la expresión (3) es válida. Utilizando dicha expresión determinar el valor de la longitud de onda, λ , para cada una de las frecuencias. Además, para cada resonancia encontrada, determinar, usando la tener en cuenta que a tiene que ser positiva y de valor inferior a $\lambda/2$.

6) Representar la longitud de onda, λ , en función de $1/\nu$ para los ocho valores de la frecuencia utilizados en los apartados 3 a 5. Mediante una regresión lineal, calcular la velocidad del sonido y su error

7) En este apartado fijaremos la longitud del tubo en $L=2$ metros e iremos variando la frecuencia desde $\nu = 0$ Hz hasta el valor máximo proporcionado por el generador, $\nu = 800$ Hz. Obtener todas las frecuencias de resonancia en ese intervalo. (¡ojo! no todas las resonancias son igual de intensas). Representar la frecuencia frente a n para las diferentes resonancias. Mediante una regresión lineal determinar la velocidad del sonido y la frecuencia fundamental, ν_1 , para ello usar la expresión obtenida en los ejercicios previos y el valor de a determinado en el apartado 5).

8) Comparar los valores obtenidos para la velocidad del sonido con el valor indicado en los libros de texto

Ejercicios Previos

1) Determinar las frecuencias de resonancia ν_n en el caso de un tubo abierto de longitud fija L . Para ello, despejar λ de la ecuación (4) y sustituir en la ecuación (1).

2) Consultar en un libro la velocidad del sonido en aire a temperatura ambiente

FRECUENCIA	Lmin (mm)	PROMEDIO (mm)	Lmax (mm)	PROMEDIO (mm)	DIFERENCIA (m)	VELOCIDAD SONIDO (m/s)
3.000	260	260	319	319	0,0591	355
	261		320			
	260		320			
	260		319			
3.500	243	245	291	294	0,0485	340
	245		295			
	246		293			
	245		295			
	246		294			
4.500	231	230	268	269	0,0385	347
	230		267,5			
	230		270			
	230		268,5			
	229,5		269,5			
	VELOCIDAD DEL SONIDO m/s (VALOR PROMEDIO)					

III. DESARROLLO DEL CONTENIDO

Para el desarrollo de la experiencia se procedió al montaje de la figura 1, donde se tomaron los diferentes datos y tomando como referencia el la velocidad del sonido en el tubo sonoro por medio de un cálculo teórico y uno experimental; y por medio de los dos determinando un margen de error procedente de dichos cálculos: En la tabla (1) tenemos: la temperatura que es la tomada del ambiente, la frecuencia que establecida con un una fuente donde podemos modificar la frecuencia, los nodos que son los puntos de encuentro de las ondas en los tubos de resonancia y con la característica que en estos puntos la intensidad del sonido se modifica produciendo ciertas sensaciones auditivas a los observadores,

la velocidad experimental la cual es definida con la ecuación $V=4L/2n+1 \cdot f$, obtenida de los tubos de resonancia, la velocidad experimental también se determina con la ecuación $V= (331+0.59 T)m/s$; el margen de error se obtiene con el resultado de las velocidades experimentales y la teórica.. En la tabla se puede observar que tanto en el valor experimental y teórico son valores con márgenes de errores bastante aceptables con promedios del 4 por ciento, también en las velocidades experimentales, unos promedios muy similares, en cuanto a las teóricas se obtuvieron prácticamente el mismo valor con un ligero cambio en la última velocidad.

T(°C)	F (Hz)	NODOS	L(m)	V_{Exp}	V_{Teor}	V_{Teor}	Margen de Error (%)
23,9	453	0	0.205	371.46	360.89	345.1	5
23.9	499	1	0.580	356.32	363.27	345.1	3
		0	0.182	363.27			
		1	0.590	352.62			
		2	0.866	353.69			
23.6	550	0	0.171	376.2	359.04	345.1	4
23.6	650	1	0.482	352	360.3	345.1	4
		2	0.793	348.92			
		0	0.145	377			
		1	0.409	354.47			
22.9	750	2	0.673	349.44	359.89	344.5	4
22.9	750	0	0.127	381	350.4	345.1	4
		1	0.358	358			
		2	0.584	350.4			
		3	0.817	350.4			

IV. CONCLUSIONES

- Los tubos sonoros son elementos imprescindibles para determinar la velocidad del sonido con exactitud y márgenes de error bastante aceptables.
- Los promedios de los márgenes de error están en un nivel del 4 por ciento que es un nivel de margen de error bastante aceptable, según las condiciones dadas y las posibles situaciones o elementos que con-

lleven a él.

- Se puede apreciar en la aparte experimental correspondiente al segundo nodo, como las velocidades en las diferentes frecuencias van siendo similares posiblemente a la entrada de la onda sonora en el tubo lo cual hace que la onda se estabilice ya que empieza a recorrer un medio similar.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Facultad de ciencia y tecnología, universidad del país vasco, departamento de física de la materia condensada.

GUIA de Laboratorio, facultad de ciencias exactas: física, universidad de Cartagena.

ALONSO, Marcelo; Finn, Edwar J.,FISICA/1967. Editorial Fondo Educativo Interamericano, S.A.

Investiguemos 11, Voluntad, Bogotá 1989.

<http://sudandolagotagorda.blogspot.com.co/2010/06/tubo-de-quincke-casero.html>