Laboratorio de Ondas y Fluidos 201610

EXPERIMENTO 8: ONDAS MECÁNICAS DE SONIDO EN EL AIRE

Sofía Delgado Balaguera[1] **Luis Duarte Lizarazo**[2]

[1]*Departamento de Geociencias*

[2]*Departamento de Geociencias*

Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia

28-03-2016

Resumen

El estudio de la propagación de ondas mecánicas tiene varias aplicaciones en el mundo de la industria, por ejemplo, en mediciones de velocidades, en ultrasonidos e instrumentos musicales. Se realizan estudios en cuerdas y en tubos, de cómo se comportan las ondas sonoras en diferentes medios y materiales. Por esto, la importancia de comprender el estudio de estas se hace vital para optimizar los sistemas que las involucran. A partir del análisis de este sistema se obtuvo que la velocidad del sonido fue de 186, 77 m/s, y que el valor teórico del mismo es de 344,77 m/s. Además se obtuvieron valores promedio para cada una de las frecuencias utilizadas durante la práctica.

1. Introducción

Durante este estudio experimental, se pretende analizar y comprender la propagación de ondas mecánicas de sonido en un fluido, en este caso el aire. Cuando hay perturbación en el sistema, se producen cambios diferenciales de volumen y de presión debido al movimiento de las partículas. Si no hay perturbación, el fluido permanece en equilibrio. La velocidad de propagación de una onda mecánica que se mueve a través de un tubo de manera longitudinal y además se desplaza como función de presión acústica, se puede expresar con la ecuación (1) en donde B es el módulo de compresibilidad y ρ es la densidad del fluido.

En un tubo con longitud L que tiene un extremo abierto, las ondas de sonido se propagan de forma longitudinal a través del tubo, por lo tanto, la presión acústica es igual a la presión atmosférica. Cuando uno de los extremos está cerrado las ondas se reflejan y se producen ondas estacionarias, por ende, la presión acústica varía con respecto a la presión de equilibrio.

La importancia física de éste tipo de sistemas es debido a la utilidad que muestra en el estudio de otros movimientos ondulatorios, con aplicaciones de alta relevancia en la actualidad tales como en óptica de fenómenos no lineales.

El sonido en un tubo es leve cuando encontramos nodos, o estados estacionarios de la onda, mientras que en los antinodos el sonido se encuentra amplificado y son estados de desplazamiento En un tubo con un extremo cerrado y otro abierto los modos normales se definen por la ecuación (2).

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \quad (1)$$

$$P_{\circ}(x,t) = A_{\circ}\cos(k_{\circ}x)\cos(\omega_{\circ}t - B_{\circ}) \quad (2)$$

$$k_{\circ} = \frac{n\pi}{2L} = \frac{2\pi}{\lambda_{\circ}} \quad (3)$$

$$\omega_{\circ} = vk_{\circ} \quad (4)$$

$$V = \frac{nv}{4L} = \frac{v}{\lambda_{\circ}} \quad (5)$$

2. Procedimiento experimental

Durante el procedimiento experimental se utilizó una probeta llena de agua para sumergir un tubo de PVC en el que se propagará el sonido proveniente de un generador de señales y un parlante Phywe a diferentes frecuencias. Se usan también soportes universales para sostener el tubo dentro de la probeta. Un flexómetro para medir la longitud del tubo, un osciloscopio para medir las frecuencias del parlante y una sonda BNC para conectar el parlante y el generador de señales.

2.1 Primera parte

Con un tubo de PVC introducido en una probeta con agua, se ajusta las pinzas de los soportes universales de tal forma que el tubo se pueda desplazar fácilmente a lo largo de la probeta. Se conecta el parlante al generador de señales y se varía la amplitud hasta escuchar el sonido del parlante. Se acerca este último al extremo abierto del tubo y se desplaza el tubo de tal manera que se identifiquen los puntos en los que el sonido se amplifica (antinodos).

2.2 Segunda parte

Se eligen 6 frecuencias diferentes emitidas por el parlante para medir la amplificación del sonido al mover el tubo por la probeta. Cuando se encuentra dicha amplificación, se ajusta el tubo con las pinzas de los soportes universales y se mide la longitud del tubo por fuera del agua de la probeta. De esta forma tendremos los antinodos de la onda de sonido en el tubo cerrado por un extremo y abierto por el otro. Las frecuencias se miden con el osciloscopio para menor error.

3. Análisis de resultados

3.1

Para hallar la longitud de onda promedio correspondiente a un modo de frecuencia se tuvo en cuenta que para cada una de las frecuencias se observa un modo normal en el tubo, y para cada modo encontramos un valor para la longitud promedio, se procede a calcular el valor promedio de los modos. La tabla 1 muestra el promedio de la longitud de onda, teniendo en cuenta la longitud máxima del tubo es decir de (0.50 ± 0.1)m.

Frecuencia (Hz)	n	MODO	λ (m)
233	1	MODO 1	1,98
755	3	MODO2	0,66
1008	5	MODO 3	0,40
1256 - 1724 - 2133	7	MODO 4	0,28
		PROMEDIO	0,83

Tabla 1. Del promedio de longitud de onda de los modos.

f1= 233 Hz	Modo 1
(L ± 0,1)m	λ (m)
0,06	0,24 ± 0.04
Promedio	**0,24 ± 0.04**

Tabla 2. Longitud de onda promedio para frecuencia 1.

f2= 755 Hz	Modo 2
(L ± 0,1)m	λ (m)
0,05	0,07 ± 0.01
0,32	0,43 ± 0.04
Promedio	**0,25 ± 0.02**

Tabla 3. Longitud de onda promedio para frecuencia 2.

f3= 1008 Hz	Modo 3
(L ± 0,1)m	λ (m)
0,40	0,32 ± 0.03
0,23	0,18 ± 0.02
0,06	0,05 ± 0.01
Promedio	**0,18 ± 0.02**

Tabla 4. Longitud de onda promedio para frecuencia 3.

f4= 1256 Hz	Modo 4
(L ± 0,1)m	λ (m)
0,45	0,26 ± 0.03
0,32	0,18 ± 0.02
0,18	0,10 ± 0.01
0,06	0,03 ± 0.01
Promedio	**0,14 ± 0.01**

Tabla 5. Longitud de onda promedio para frecuencia 4.

f5= 1724 Hz	Modo 4
(L ± 0,1)m	λ (m)
0,41	0,23 ± 0.02
0,30	0,17 ± 0.02
0,19	0,11 ± 0.01
0,08	0,05 ± 0.01
Promedio	**0,14 ± 0.01**

Tabla 6. Longitud de onda promedio para frecuencia 5.

f6= 2475 Hz	Modo 4
(L ± 0,1)m	λ (m)
0,39	0,22 ± 0.02
0,28	0,16 ± 0.02
0,19	0,11 ± 0.01
0,05	0,03 ± 0.01
Promedio	**0,13 ± 0.01**

Tabla 7. Longitud de onda promedio para frecuencia 6.

- ✓ Para una frecuencia de **233 Hz** tenemos que la mayor cantidad de antinodos de presión acústica es **1** y por lo tanto corresponde al **modo normal 1**.
- ✓ Para una frecuencia de **755 Hz** tenemos que la mayor cantidad de antinodos de presión acústica es **2** y por lo tanto corresponde al **modo normal 2**.
- ✓ Para una frecuencia de **1008 Hz** tenemos que la mayor cantidad de antinodos de presión acústica es **3** y por lo tanto corresponde al **modo normal 3**.
- ✓ Para una frecuencia de **1256 Hz** tenemos que la mayor cantidad de antinodos de presión acústica es **4** y por lo tanto corresponde al **modo normal 4**.

- ✓ Para una frecuencia de **1724 Hz** tenemos que la mayor cantidad de antinodos de presión acústica es **4** y por lo tanto corresponde al **modo normal 4**.
- ✓ Para una frecuencia de **2475 Hz** tenemos que la mayor cantidad de antinodos de presión acústica es **4** y por lo tanto corresponde al **modo normal 4**.

Para una cuerda las longitudes y frecuencias de onda están determinadas por la longitud de la cuerda, por lo que todos los números reales enteros positivos se acoplan a un armónico (n) específico. Por otro lado para un tubo con uno de sus extremos cerrados, uno de los extremos coincide con el nodo y otro con un antinodo, entonces hay un número entero positivo impar para que los valores de longitud de onda se ajusten a la longitud total del tubo.

3.2

Se calculó el valor promedio de la velocidad del sonido, teniendo en cuenta la longitud de onda por modo y la frecuencia a la que fue tomada la medida de las diferentes longitudes. De esta forma calculamos el valor promedio de la velocidad del sonido experimentalmente.

Frecuencia (Hz)	λ (m)	V sonido (m/s)
233	0,24 ± 0.04	55,92 ± 2
755	0,25 ± 0.02	188,75 ± 4
1008	0,18 ± 0.02	181,44 ± 4
1256	0,14 ± 0.01	175,84 ± 2
1724	0,14 ± 0.01	241,36 ± 2
2133	0,13 ± 0.01	277,29 ± 3
	Promedio	186,77 ± 4

Tabla 8. Velocidad del sonido por frecuencia.

Se registró la temperatura en el laboratorio, siendo esta de (23 ± 0,1 º C) a partir de esta se halló el valor de la velocidad del sonido en condiciones físicas normales mediante la siguiente fórmula:

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$$

En donde γ es el valor de la constante adiabática del aire, R la constante de los gases ideales, T la temperatura tomada y M la masa molar del aire.

$$\gamma = 1{,}4$$
$$R = 8{,}314\frac{kg\,m^2}{mol\,K\,s^2}$$
$$T = 23 \pm 0{,}1\ ^{\circ}\mathrm{C}$$
$$M = 0{,}029\frac{kg}{mol}$$

Obtenemos entonces que el valor de la velocidad y nos da que es de $\boldsymbol{v} =$ **344,77 m/s.**

Comparando los valores experimental y teórico podemos hallar un valor de error porcentual en el experimento, tenemos que:

$$\boldsymbol{E} = \frac{|Vteorico - Vexperimental|}{Vteorico} = \mathbf{45{,}83\%}$$

4. Conclusiones

- Las diferencias entre los modos de oscilación normales de una cuerda y un tubo con un extremo cerrado y otro abierto, radican en el ajuste de los valores de longitud de onda a la longitud total de la cuerda o el tubo en este caso.
- Cuando la frecuencia es mayor, la cantidad de máximos escuchados también aumenta, por otro lado, cuando la frecuencia disminuye los máximos también. Se puede decir entonces que la frecuencia tiene una relación directa con la cantidad de antinodos encontrados.
- El valor experimental de la velocidad del sonido difiere de la velocidad teórica hallada debido a diferentes factores tales como la incertidumbre generada por las mediciones de los instrumentos utilizados en la práctica. Además de errores generados por el experimentador.

5. Referencias

1. French, A. P. Vibraciones y ondas: Curso de física del M.I.T. Barcelona: Editorial Reverté, 1974.
2. Medida del índice adiabático del aire. Consultado Marzo 27 de 2016, de la página: http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/estadistica/otros/clement/clement.htm
3. Departamento de Física. (2016). Experimento 8: Ondas mecánicas de sonido en el aire. Bogotá. Universidad de los Andes