

Ondas Acústicas

Sonido



Objetivo

Realizar un estudio experimental de ondas sonoras en tubos abiertos, semicerrados y cerrados. Resonancias en diversos sistemas, cuatificación, frecuencias características . Determinación de la velocidad del sonido. Estudio de ondas estacionarias.

Ondas Estacionarias en Tubos (Tubo de Kuntz): Se dispone de un emisor acústico (parlante y audífono conectado a un generador de funciones) que puede emitir sonidos puros, es decir de una frecuencia bien definida, que puede variarse en un amplio rango de frecuencias. También se dispone de detectores de sonido (micrófonos) conectados a osciloscopios (o sistema de adquisición de datos conectada a una PC). Los sistemas físicos consisten en: a) Tubos abiertos, b) Tubos semicerrados, c) Botellas de vidrio.

Propuesta 1.- Usando un tubo semicerrado (Probeta de vidrio o plástico de una altura entre 20 a 40 cm). Mida asimismo cuidadosamente las dimensiones del tubo, longitud (l) y diámetro interno (d). Para determinar sin ambigüedad las frecuencias de resonancias asociadas a la presencia del tubo, coloque el emisor y receptor de sonido enfrentados, justo en el borde abierto del tubo probeta, como se muestra en lo figura 1. Trate de ubicar las frecuencias de resonancia, variando la frecuencia del generador de funciones (G.F.) que alimenta el emisor. Cuide que la amplitud del G.F. sea constante, esto lo puede lograr monitoreando la amplitud de la señal de entrada al emisor. Las resonancias se manifiestan por una pronunciado aumento de la amplitud de la señal de salida del receptor. En otras palabras, a las frecuencias de resonancias, para una dada amplitud de la excitación de emisor, la respuesta del receptor (amplitud) tiene un máximo relativo (en un dado intervalo de frecuencia).

- Determine por lo menos las primeras 5 (cinco) resonancias en cada caso. Grafique la amplitud del receptor en función de la frecuencia aplicada. Para este estudio, trate de que la geometría del sistema (tubo, emisor, receptor, etc.)- se mantenga constante a medida que varia la frecuencia. (Figura 1).
- Para verificar que las resonancias encontradas, efectivamente están asociadas al tubo y no a características particulares del sistema emisor-receptor, retire el tubo o probeta y repita el estudio anterior, cuidando de pasar por las mismas frecuencias . Grafique la amplitud del receptor en función de la frecuencia aplicada, de ser posible en el mismo gráfico

anterior. ¿Qué puede concluir de este estudio a cerca del origen de dichas resonancias. (Figura 1).

- Grafique las frecuencias de resonancia del tubo en función de orden n de cada resonancia, es decir el índice que identifica su aparición el cuando se incrementa la frecuencia. Trate asimismo de determinar la frecuencia fundamental ($n=0$), es decir la frecuencia, por debajo de la cual no se detectan resonancias.

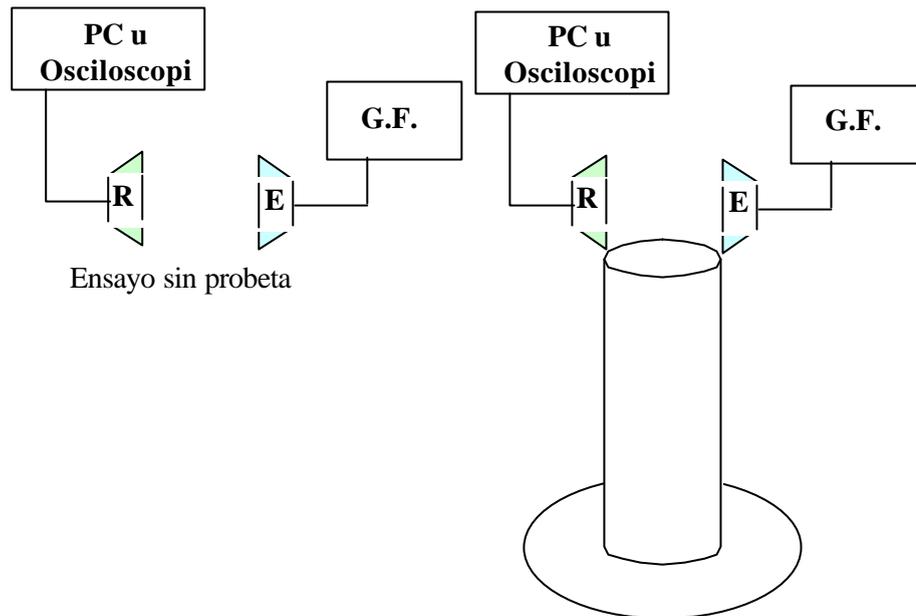


Figura 1.- Dispositivo experimental para estudiar los modos de resonancias en un tubo, botella, etc.

Propuesta 2.- Variación debida a la variación e longitud del tubo: Introduzca agua a su probeta, determine la altura l de la columna de aire arriba del agua. Realice el mismo estudio que el realizado anteriormente para al menos dos alturas distintas a la realizada en la primera parte.

- Grafique las frecuencias de resonancia f_n del tubo en función de orden n de cada resonancia..
- Grafique el producto $l \cdot f_n$ (longitud por la frecuencias de resonancia) en función de orden n , para todos los casos estudiados.
- Suponiendo que en el tubo semicerrado entran exactamente $(2n+1)$ cuartos de longitudes de onda, trate de dar cuenta de sus resultados experimentales^[2,3].

- Del gráfico $l \cdot f_n$ versus $(2n+1)$ y el modelo sugerido (que en el tubo hay n medias longitudes de onda), determine el valor de la velocidad del sonido y sus error. ¿Cómo se compara su resultado con los valores tabulados? . Discuta y especule a cerca de las posibles discrepancias.
- Una consecuencia de tener un diámetro finito en el tubo, es que su longitud efectiva es mayor que su longitud geométrica. Esto causa que el número n de media longitudes de onda entran dentro de dicha longitud efectiva, o sea:

$$L_{ef} = l + f \cdot d = n \cdot \frac{\lambda_n}{2}$$

- ¿Cómo afecta esta corrección sus conclusiones respecto de la velocidad del sonido?. El valor de f es del orden de $0.4^{[1]}$, para un tubo semicerrado y del orden de 0.8 para un tubo abierto.

Propuesta 3.- Ancho de las resonancias: Determine para las resonancias encontradas en la primera parte sus respectivos semianchos de frecuencia. Estos se definen como las distancias en frecuencias en las que la amplitud cae a la mitad de su valor en resonancia. **Opcional:** de ser posible, introduzca una tira de tela o paño grueso dentro del tubo y estudie como varían las frecuencias de resonancia y los semianchos de las mismas. Trate de explicar sus resultados, usando como analogía un sistema de masa y resorte.

Propuesta 4.- Para por lo menos 3 (tres) frecuencias de resonancias, estudie como varia la amplitud y la fase en función de la posición del detector en el tubo. Grafique sus resultados. ¿ Que puede concluir a cerca de estos resultados?. ¿ Están de acuerdo con la teoría propuesta?. ¿ Cómo es la amplitud en los extremos del tubo, esto es en el extremo abierto y el cerrado tenemos nodos o vientres de amplitud?, ¿Cómo explica estos resultados?. ¿ Qué puede decir a cerca de la longitud efectiva del tubo (o sea se cumplen en todos los extremos las predicciones de su modelo?. Si usa una longitud efectiva, como aquella para la cual tiene un mínimo o máximo, cómo varia el valor de la velocidad del sonido obtenida en 4.?. ¿ Qué concluye?.

Propuesta 5.- Para un tubo abierto realice el mismo estudio que el realizado antes (Propuesta 1 y 2). ¿Qué puede concluir de este estudio?

Propuesta 6.- Resonancias en un botella. Resonadores de Helmholtz. Para una botella de gaseosa o whisky estudie los modos de resonancia. Para ello use el dispositivo esquemáticamente ilustrado en la figura 1, reemplazando el tubo, por la botella.

- Gráfique estas frecuencias en función del orden. ¿Qué relación encuentra?.
- Grafique el semiancho en función del orden. ¿Encuentra alguna relación entre estas variables?. Estudie a ver que pasa con este ancho en frecuencia si coloca un trozo pequeño de algodón o madera en el tubo.

Propuesta 7.- Resonancias en un botella. Resonadores de Helmholtz^[4]. Para la misma botella anterior, varíe el volumen de la misma, agregando agua a la misma.



Bibliografía

1. *Trabajos Prácticos de Física* - J.E. Fernández y E. Galloni - Editorial Nigar - Buenos Aires 1968. (Cap. 4)
2. *Física Vol.II - Campos y Ondas* - M.Alonso y E.J. Finn - Fondo Educativo Interamericano Ed. inglesa. Addison-Wesley- Reading Mass. 1967.
3. *Física para Estudiantes de Ciencias e Ingeniería-* Halliday , Resnik y Krane 4ta. Ed. Vol. I- (Cap.20).
4. *Coupling a speaker to a closed -tube resonator* - R.W. Peterson - Am. J. Phys. **63**, 489 (1995).
5. *The great bear bottle experiment* - G. Smith and P.D. Loly - Am. J. Phys. **47**, 515 (1979).