

Experimentos de ondas usando transductores de ultrasonido

H. Aya

Facultad de Ingeniería, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia;
haya@udistrital.edu.co

Recibido el 1/02/09. Aprobado en versión final el 13/06/2010.

Sumario. La enseñanza de los fenómenos ondulatorios en las facultades de las universidades e incluso en los centros de enseñanza media, siempre ha estado limitada por la falta de equipos de laboratorio adecuados. Por esta razón, el número de prácticas se reduce a uno o dos experimentos que se realizan con ayuda de la cubeta de ondas. Por varios años, hemos experimentado el uso de transductores de ultrasonido de bajo costo para realizar todo tipo de experimentos de ondas en cursos de Física dirigidos a estudiantes de Ingeniería. Se realizaron experimentos con excelentes resultados, como la medición de la velocidad del sonido en el aire; experimentos de interferencia y difracción de ondas como: el experimento de Young, el espejo de Lloyd, difracción de borde de cuchillo y zonas de Fresnel, entre otras. Los resultados de los experimentos se ajustan a los desarrollos teóricos. El objetivo de este trabajo es animar a los demás colegas a poner en práctica estas sencillas pero útiles ideas.

Abstract. Ultrasonic piezoelectric transducers, operating at 40 KHz, have been used to study wave phenomena. We discuss how these transducers can be used in many experiments to teach waves behavior. The aim of this work is to motivate colleagues to practice these simply but useful ideas.

Palabras clave. Physics education, 01.40.-d, laboratory experiments, 01.50.Pa

1 Introducción

Los dispositivos ultrasónicos han encontrado muchas aplicaciones en el hogar, la industria, la medicina y la oceanografía. Uno de los dispositivos inventados hace algunas décadas fue el transductor piezoeléctrico de ultrasonido de 40 kHz. Los transductores de ultrasonido han sido usados en los controles remoto, dispositivos anti-irrobó, y recientemente como sensores de proximidad para el parqueo de carros y en la medicina se usan en imágenes ecográficas y en terapias musculares.

Figura 1. Generador de señales.



En 1994, Greenslade [1] propuso el uso de transductores de ultrasonido para desarrollar experiencias tales como: caracterización de los transductores de ultrasonido (resonancia), medición de la velocidad de las ondas sónicas, reflexión, interferencia, difracción, ondas estacio-

narias en tubos cerrados y zonas de Fresnel. En el 2003, Se-yuen [2] también realizó algunas de estas experiencias en la Universidad China de Honk Kong. Desde hace algunos años en Colombia hemos experimentado algunas de esas ideas en el desarrollo de nuestro quehacer pedagógico.

Aquí se describirán algunos experimentos elaborados con la ayuda de transductores, cuya reproducción es sencilla y permite ver el comportamiento de las ondas en diferentes escenarios.

2 Materiales y experimentos

Velocidad del sonido. (Figuras 1 a 6). Se conecta el generador de señales al emisor y a uno de los dos canales del osciloscopio. El generador se ajusta a una frecuencia de 40 KHz aproximadamente. El receptor se conecta al otro canal del osciloscopio. Se colocan los transductores uno en frente del otro a una pequeña distancia de tal forma que en el osciloscopio las dos señales estén completamente superpuestas. El receptor se va separando poco a poco observando que en el osciloscopio una de las dos señales se va corriendo con respecto a la otra. El receptor se desplaza hasta que se vuelvan a superponer las dos señales. Tomamos la lectura de la distancia recorrida por el receptor entre los dos momentos de superposición de las dos ondas. Asumimos que esa distancia es la longitud de onda. Se sigue aumentando la distancia entre los transductores hasta obtener unas 8-10 longitudes de onda. Con esa información se puede obtener la longitud de onda promedio y con la frecuencia conocida se obtiene la velocidad del sonido en el aire. El valor promedio de la longitud de onda es de 8.39 mm y la velocidad del sonido está en el orden de 335 m/s.

Se colocan dos transductores emisores paralelos con una separación entre ellos de 8-9 cm ($2d$). Se conectan los dos transductores al generador de señales, lo que nos garantiza que las dos señales transmitidas están en fase. El receptor se ubica a 60 cm (L) del punto medio de los dos transmisores, se conecta al osciloscopio y se va desplazando paralelamente a la línea que une los dos emisores. Se va registrando la posición de los máximos y los mínimos de la amplitud de la señal resultante de la superposición de las dos ondas. Además se observa que a medida que el receptor se aleja del punto medio la señal se va desvaneciendo poco a poco creando picos cada vez menos intensos.

Experimento de Young. Figuras 7 y 8.

Espejo de Lloyd. Figuras 9 y 10. En este experimento se coloca una lámina paralela a la línea que une el emisor con el receptor y poco a poco la lámina se va separando de esa línea. La interferencia resulta de la superposición entre el frente de onda que se propaga directamente desde el emisor al receptor y el que se refleja en la lámina. Se registran los valores de la amplitud de la onda resultante en el receptor para diferentes posiciones

de la lámina.

Figura 2. Osciloscopio.



Figura 3. Transductores de ultrasonido. (Transmisor y receptor).



Figura 4. Montaje para la medición de la velocidad del sonido



Figura 5. Detalle del corrimiento entre la señal del emisor y la del receptor.

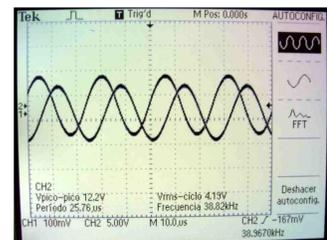


Figura 6. Distancia contra el número de longitudes de onda

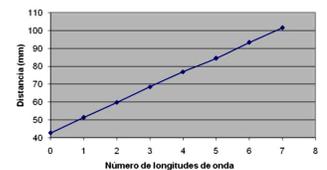


Figura 7. Esquema del montaje del experimento de Young.

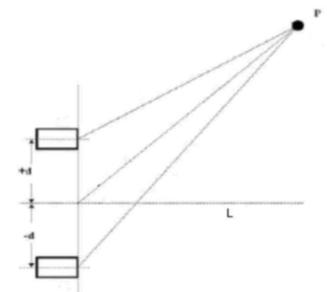
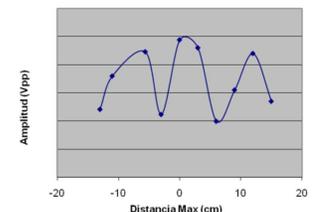


Figura 8. Amplitud de la onda como resultado de la interferencia de las dos señales en la posición del receptor.



Difracción de borde de cuchillo. Figuras 11 y 12.

En este experimento se coloca una lámina perpendicular a la línea que une el emisor con el receptor y poco a poco la lámina se va moviendo.

Primero: tapando la vista directa que hay entre el emisor y el receptor. Segundo: alejándose de la línea que une al emisor del receptor. El fenómeno de difracción de borde de cuchillo se produce por los aportes de los diferentes puntos del frente de onda resultante en cada configuración.

Conclusiones

El uso de transductores de ultrasonido permite realizar todo tipo de experimentos de ondas. Todos los conceptos y leyes de la propagación de ondas en espacios abiertos pueden ser corroborados experimentalmente de esta manera, con excepción de la polarización de ondas. Se sugiere otros montajes como por ejemplo: Zonas de Fresnel, Efecto Doppler, interferómetro de Michelson, difracción por un orificio circular, difracción por una y múltiples rendijas; y medición de la velocidad por ondas pulsadas.

Referencias

1. T. B. Greenslade, Jr. Experiments with ultrasonic transducers. *The Physics Teacher*, Vol. 32, Oct. (1994).
2. M. Se-yuen. Wave experiments using low-cost 40 KHz ultrasonic transducers. *Physics Education*, 0031-9120/03/050441+06\$30.00, (2003).
3. P. A. Tipler y G Mosca. *Física para la Ciencia y la Tecnología*. 5ª edición. Editorial Reverté. S. A. Barcelona (2005).
4. R. A. Serway y R. J. Beichner. *Física para Ciencias e Ingeniería*. 5ª edición. Editorial Mc GrawHill. México D.F. (2002).

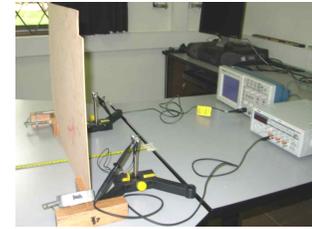


Figura 9. Montaje del espejo de Lloyd.

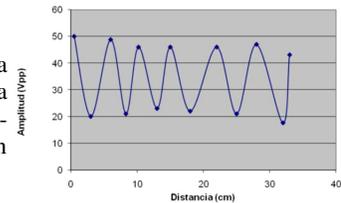


Figura 10. Amplitud de la onda como resultado de la interferencia de la onda directa y la onda reflejada en la lámina.



Figura 11. Montaje del experimento de difracción de borde de cuchillo.

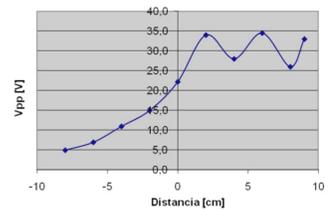


Figura 12. Amplitud de la onda en el receptor del experimento de difracción de borde de cuchillo.