

Efecto de Debye-Sears

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE ONDAS ULTRASÓNICAS EN LÍQUIDOS.

- Observación del patrón de difracción manteniendo la frecuencia ultrasónica constante, para dos longitudes de onda de luz diferentes.
- Observación del patrón de difracción para dos frecuencias de ultrasonido diferentes entre 1 y 12MHz.
- Determinación de las longitudes de onda del sonido correspondientes y la velocidad del sonido.

UE1070550

04/16 JS

FUNDAMENTOS GENERALES

La difracción de la luz en ondas ultrasónicas en líquidos fue predicha por *Brillouin* en 1922 y comprobada experimentalmente por *Debye y Sears* y *Lucas y Biquard* en 1932. Ésta tiene como base el cambio del índice de refracción en el líquido, el cual se origina por una onda ultrasónica en el líquido. Esta disposición experimental que se desplaza con velocidad del sonido actúa como una rejilla de fase. Su constante de rejilla corresponde a la longitud de onda de las ondas ultrasónicas y por lo tanto depende la frecuencia y la velocidad del sonido del medio irradiado. El movimiento de la rejilla de fase se puede despreciar al hacer la observación sobre una pantalla a una gran distancia.

En el experimento un acoplador orientado verticalmente excita ondas ultrasónicas en el líquido de prueba con frecuencias entre 1 y 12 MHz. Un haz de luz monocromático y paralelo entra en el líquido horizontalmente y es difractado por la rejilla de fases (ver fig. 1). El patrón de difracción contiene varios máximos de difracción en distancias regulares entre sí (ver fig. 2).

Para el ángulo α_k del máximo de difracción de orden k se tiene:

$$(1) \quad \tan \alpha_k = k \cdot \frac{\lambda_L}{\lambda_S}$$

λ_L : Longitud de onda de la luz; λ_S : Longitud de onda del sonido

Por lo tanto la longitud de onda del sonido λ_S se puede determinar a partir de las distancias entre los máximos de difracción. Además de acuerdo con la relación

$$(2) \quad c = f \cdot \lambda_S$$

se puede calcular la velocidad del sonido c en el líquido, porque también son conocidas las frecuencias f de las ondas sonoras.

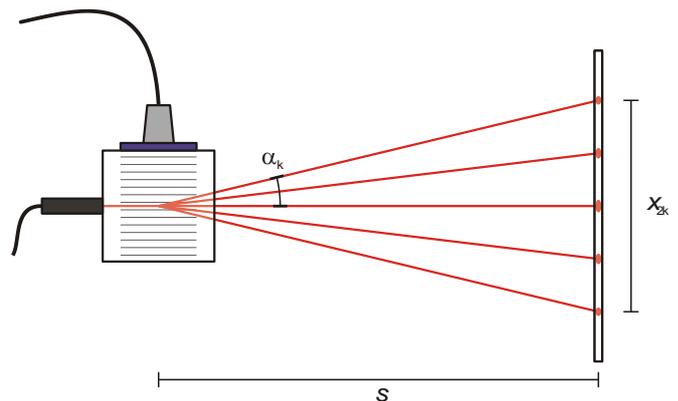


Fig. 1: Representación esquemática para la difracción de la luz en una rejilla de fase creada con ondas ultrasónicas en un líquido

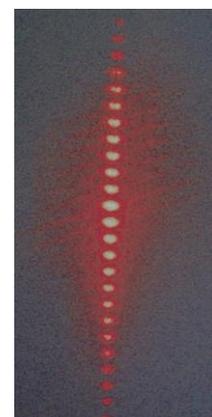


Fig. 2: Diagrama de la difracción de la luz en una rejilla de fase producida por ondas ultrasónicas en un líquido

LISTA DE EQUIPOS

- 1 Generador ultrasónico cw con sonda 1002576 (U100061)
- 1 Recipiente de pruebas, completo 1002578 (U10008)
- 1 Diodo láser p. efecto D-S, rojo 1002577 (U10007)
- 1 Diodo láser p. efecto D-S, verde 1002579 (U10009)
- 1 Cinta métrica de bolsillo, 2 m 1002603 (U10073)
- 1 Gel de acoplamiento para ultrasonido 1008575 (XP999)

MONTAJE

- Se llena de agua destilada el recipiente de muestras y se coloca a unos 3m de distancia de la pared de proyección.
- La sonda de frecuencia múltiple se monta verticalmente en el soporte del recipiente de muestras y se conecta en la salida PROBE del generador cw de ultrasonido (ver Fig. 3).
- El diodo Láser rojo se monta en el soporte de Láser del recipiente de muestras y se conecta en la salida LASER del generador cw de ultrasonido.



Fig. 3: Montaje de medida para la difracción de la luz en una rejilla de fase producida con ondas ultrasónicas en un líquido

EJECUCIÓN

- Se mide la distancia *s* entre la sonda de frecuencia múltiple y la pared.
- Se pone en marcha el generador cw de ultrasonido.
- Se conectan el Láser y la sonda de frecuencia múltiple.
- Se ajusta una frecuencia de 1 MHz.
- Se ajusta la amplitud de la señal del convertidor y con los tres tornillos de ajuste del soporte del convertidor se orienta la sonda de frecuencia múltiple para que se generen ondas estacionarias.
- Sobre la pared se mide la distancia x_{2k} entre el máximo de orden $-k$ y k
- La frecuencia se aumenta hasta 12 MHz en pasos de 1 MHz y cada vez se mide la distancia x_{2k} y se determina el correspondiente orden de difracción k .
- Se cambia el diodo Láser rojo por uno verde y se toma la serie de mediciones correspondiente.

EJEMPLO DE MEDICIÓN Y EVALUACIÓN

$s = 325 \text{ cm}$

Tab. 1: Datos de medida para la longitud de onda de la luz $\lambda_L = 652 \text{ nm}$ (Láser rojo)

<i>f</i> / MHz	<i>k</i>	X_{2k} / cm	$\lambda_s / \mu\text{m}$
1	9	2,5	1525,7
2	5	2,8	756,8
3	5	4,3	492,8
4	3	3,5	363,3
5	3	4,3	295,7
6	2	3,5	242,2
7	2	4,0	211,9
8	2	4,6	184,3
9	2	5,2	163,0
10	1	2,8	151,4
11	1	3,2	132,4
12	1	3,5	121,1

Tab. 2: Datos de medida para la longitud de onda de la luz $\lambda_L = 532 \text{ nm}$ (Láser verde)

<i>f</i> / MHz	<i>k</i>	X_{2k} / cm	$\lambda_s / \mu\text{m}$
2	5	2,4	720,4
3	4	2,9	477,0
4	3	2,8	370,5
5	2	2,3	300,7
6	2	2,8	247,0
7	2	3,2	216,1
8	2	3,7	186,9
9	2	4,2	164,7
10	2	4,6	150,3
11	1	2,6	133,0
12	1	2,8	123,5

Se mide la distancia *s* entre el convertidor de ultrasonido y el patrón de difracción así como la distancia x_{2k} entre el máximo de difracción de orden $-k$ y el de orden $+k$. Ambos valores forman parte del cálculo del ángulo α_k para el máximo de difracción de orden k .

$$\tan \alpha_k = \frac{x_{2k}}{2 \cdot s}$$

Por lo tanto la ecuación para la determinación de la longitud de onda del sonido λ_s es:

$$\lambda_s = \frac{2 \cdot k \cdot s}{x_{2k}} \cdot \lambda_L$$

Aplicando esta ecuación se calculan longitudes de onda del sonido en la columna derecha de ambas tablas.

La Fig. 4 muestra la dependencia de las longitudes de onda calculadas con la frecuencia de las ondas de ultrasonido. La hipérbola dibujada se calculó de acuerdo con (2) a partir de

$$\lambda_s = \frac{c}{f} \quad \text{con } c = 1482 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La velocidad del sonido c calculada en esta forma concuerda muy bien con los valores bibliográficos.

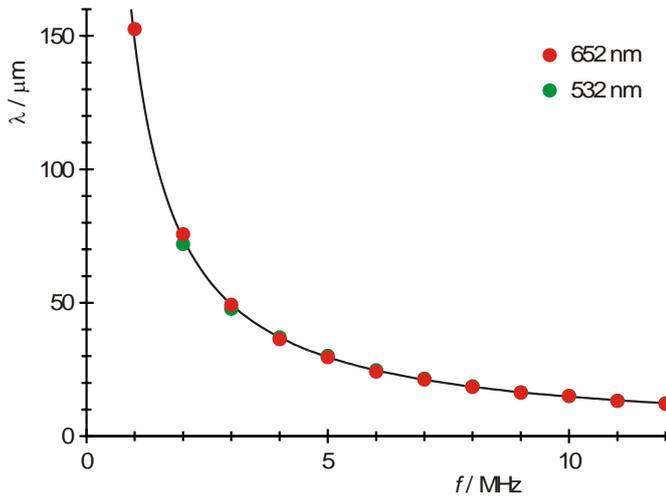


Fig. 4: Longitud de onda del sonido λ_s en el agua en dependencia con la frecuencia f