

Efeito Debye - Sears

DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DAS ONDAS DE ULTRA-SOM EM LÍQUIDOS.

- Observação do exemplo da difração para uma frequência de ultra-som fixa para dois comprimentos de ondas luminosas.
- Observação de exemplo de difração para diversas frequências de ultra-som entre 1 e 12 MHz.
- Determinação dos comprimentos de ondas sonoras pertinentes e da velocidade do som.

UE1070550

04/16 JS

FUNDAMENTOS GERAIS

A difração da luz em ondas de ultra-som dentro de líquidos foi prevista em 1922 por *Brillouin* e em 1932 por *Debye e Sears* e confirmada por experiências de *Lucas e Biquard*. Esta é fundamentada na alteração periódica do índice de refração no líquido, que é provocado por uma onda de ultra-som. Sobre uma onda luminosa penetrante verticalmente esta disposição atua como grade de fases, que se desloca com velocidade do som. A sua constante de grade corresponde ao comprimento de onda das ondas de ultra-som e assim depende da sua frequência e da velocidade do som do meio atravessado pelos raios. O movimento da grade de fases durante a observação pode ser desprezado num painel de projeção muito distante.

Na experiência um conversor alinhado verticalmente acopla ondas de ultra-som mediante Frequências entre 1 e 12 MHz para dentro do líquido da experiência. Um feixe de luz paralelo monocromático atravessa o líquido em sentido horizontal e é difracionado na grade de fases (ver fig. 1). O exemplo de difração contém várias máximas de difração em distâncias regulares entre elas (ver fig. 2).

Para o ângulo α_k do máximo de difração da ordem k vale

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

λ_L : Comprimento de onda luminosa, λ_S : Comprimento de onda sonora

Por isto o comprimento de onda sonora λ_S pode ser determinado pelas distâncias da máxima de difração. Além disso, de acordo com

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

é possível calcular a velocidade do som c dentro do líquido, pois também são conhecidas as frequências f das ondas sonoras.

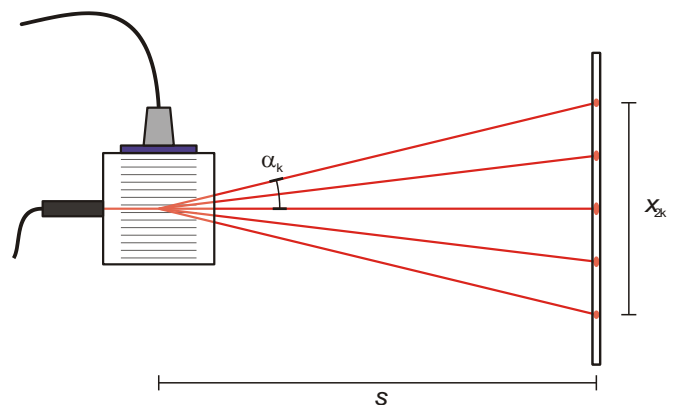


Fig. 1: Representação esquemática da difração da luz numa grade de fases gerada com ondas de ultra-som dentro de um líquido

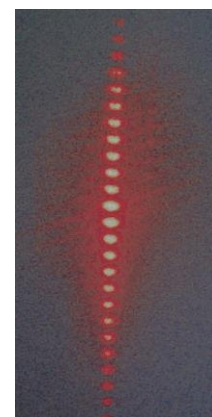


Fig. 2: Amostra de difração da difração de luz numa grade de fases gerada com ondas de ultra-som num líquido

LISTA DE APARELHOS

1 Gerador ultra-sônico cw com sonda	1002576 (U100061)
1 Recipiente para amostras, completo	1002578 (U10008)
1 Díodo laser p. efeito D-S, vermelho	1002577 (U10007)
1 Díodo laser p. efeito D-S, verde	1002579 (U10009)
1 Fita métrica, 2 m	1002603 (U10073)
1 Gel de contato para ultra-som	1008575 (XP999)

MONTAGEM

- Encher o recipiente para amostras com água destilada e colocar a aproximadamente 3 m da parede de projeção.
- Montar a sonda de frequência múltipla verticalmente no suporte do recipiente de amostras e conectar a saída PROBE do gerador de ultra-som cw (ver Fig. 3).
- Montar o díodo laser vermelho no suporte de laser do recipiente de amostras e conectar na saída LASER do gerador de ultra-som cw.



Fig. 3: Arranjo de medição da difração de luz numa grade de fases gerada com ondas de ultra-som num líquido.

EXECUÇÃO

- Medir a distância entre a sonda frequência múltipla e a parede.
- Ligar o gerador de ultra-som cw.
- Ligar o laser e sonda frequência múltipla.
- Colocar a frequência 1 MHz.
- Ajustar a amplitude do sinal do conversor e com os três parafusos de colocação do suporte do conversor ajustar a sonda frequência múltipla de tal maneira, que se gerem ondas paradas.
- Na parede medir a distância x_{2k} entre a máxima da ordem de difração entre $-k$ e $+k$.
- Aumentar a frequência em passos de 1 MHz até chegar a 12 MHz e a cada vez determinar a distância x_{2k} assim como a ordem de difração k .
- Trocar o díodo laser pelo verde e efetuar a série de medições correspondentes.

EXEMPLO DE MEDIÇÃO E ANÁLISE

$s = 325$ cm

Tab. 1: Dados de medição para o comprimento da onda de luz $\lambda_L = 652$ nm (Laser vermelho)

f / MHz	k	X_{2k} / cm	λ_s / μm
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: Dados de medição para o comprimento da onda de luz $\lambda_L = 532$ nm (Laser verde)

f / MHz	k	X_{2k} / cm	λ_s / μm
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

Mede-se a distância s entre o conversor de ultra-som e a imagem da difração bem como a distância x_{2k} entre o máximo de difração $-k$ e o máximo de difração $+k$ ambos os valores entram no cálculo do ângulo α_k para o máximo de difração da ordem k .

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

Deste modo a equação para determinar o comprimento de onda sonora λ_s significa

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

Com a utilização desta equação são calculados os comprimentos das ondas sonoras na coluna da direita de ambas as tabelas.

Fig. 4 mostra a dependência do comprimento de onda calculado da frequência das ondas ultra-sônicas. A hipérbole foi calculada segundo (2) de

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

A assim determinada velocidade do som c na água coincide com destaque com as informações da literatura.

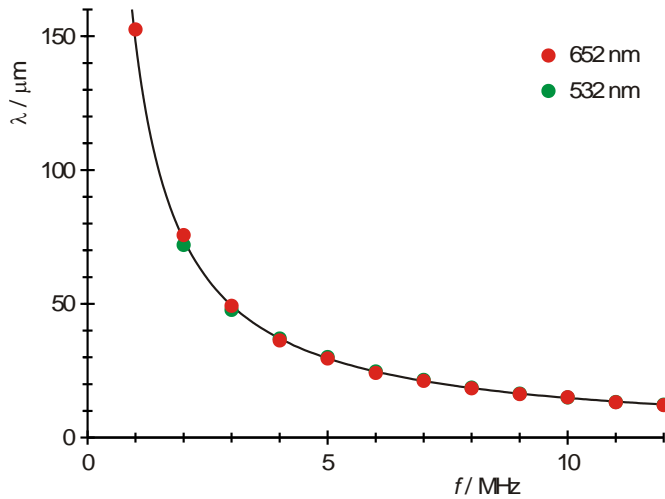


Fig. 4: O comprimento de onda sonora λ_s na água em dependência da Frequência f