

Effetto Debye-Sears

DETERMINAZIONE DELLA VELOCITÀ DELLE ONDE ULTRASONORE NEI LIQUIDI.

- Osservazione del modello di diffrazione in presenza di una frequenza degli ultrasuoni fissa per due diverse lunghezze di onda luminosa.
- Osservazione del modello di diffrazione per diverse frequenze di ultrasuoni tra 1 e 12 MHz.
- Determinazione delle rispettive lunghezze delle onde sonore e della velocità del suono.

UE1070550

04/16 JS

BASI GENERALI

La diffrazione della luce nelle onde ultrasonore nei liquidi fu preannunciata da *Brillouin* nel 1922 e confermata in modo sperimentale da *Debye e Sears* nonché da *Lucas e Biquard* nel 1932. Si basa sulla variazione periodica dell'indice di rifrazione nei liquidi che viene provocata da un'onda ultrasonora. Su un'onda luminosa che penetra in un liquido in senso perpendicolare, questa disposizione agisce come reticolo di fase che si sposta alla velocità del suono. La sua costante reticolare corrisponde alla lunghezza d'onda delle onde ultrasonore e pertanto dipende dalla frequenza e dalla velocità del suono del mezzo irradiato. All'osservazione su uno schermo molto lontano il moto del reticolo di fase è trascurabile.

Nell'esperimento, un trasduttore orientato verticalmente accoppia onde ultrasonore con frequenze comprese tra 1 e 12 MHz nel liquido di prova. Un fascio luminoso monocromatico parallelo attraversa il liquido in direzione orizzontale e viene diffratto in corrispondenza del reticolo di fase (vedere fig. 1). Il modello di diffrazione contiene numerosi massimi di diffrazione a distanza regolare tra essi (vedere fig. 2).

Per l'angolo α_k del massimo di diffrazione del k -esimo ordine vale

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

λ_L : lunghezza dell'onda luminosa, λ_S : lunghezza dell'onda sonora

Pertanto la lunghezza dell'onda sonora λ_S può essere determinata dalla distanza tra i massimi di diffrazione. Inoltre, in base a

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

è possibile calcolare la velocità del suono c nel liquido, dal momento che anche la frequenza f dell'onda sonora è nota.

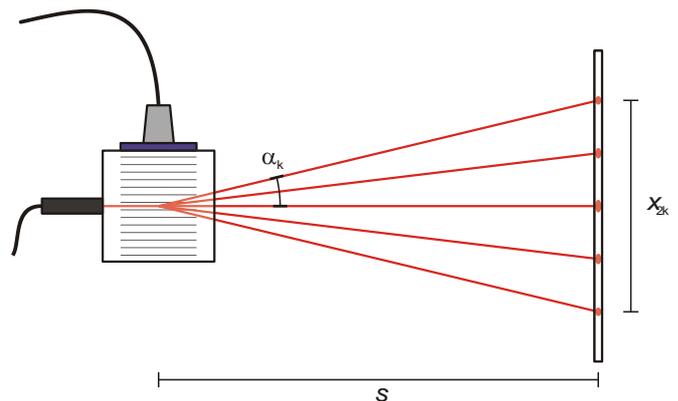


Fig. 1: Rappresentazione schematica della diffrazione della luce in un reticolo di fase prodotto da onde sonore in un liquido

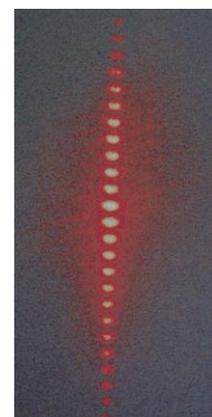


Fig. 2: Modello di diffrazione sulla base della diffrazione della luce su un reticolo di fase generato in un liquido con onde ultrasonore

ELENCO DEGLI STRUMENTI

- 1 Generatore ultrasuoni cw con sonda 1002576 (U100061)
- 1 Recipiente campione completo 1002578 (U10008)
- 1 Diodo laser per l'effetto D-S, rosso 1002577 (U10007)
- 1 Diodo laser per l'effetto D-S, verde 1002579 (U10009)
- 1 Metro a nastro tascabile, 2 m 1002603 (U10073)
- 1 Gel accoppiante per ultrasuoni 1008575 (XP999)

MONTAGGIO

- Riempire il recipiente campione con acqua distillata e collocarlo circa a 3 m di distanza dallo schermo di proiezione
- Montare la sonda multifrequenza verticale nel supporto del recipiente campione e collegarla all'uscita PROBE del generatore ultrasuoni cw (vedere figura 3).
- Montare il diodo laser rosso nel supporto per il laser del recipiente campione e collegarlo all'uscita LASER del generatore ultrasuoni cw.



Fig. 3: Struttura di misura della diffrazione della luce su un reticolo di fase generato in un liquido con onde ultrasonore

ESECUZIONE

- Misurare la distanza s tra la sonda multifrequenza e la parete.
- Accendere il generatore ultrasuoni cw.
- Accendere il laser e la sonda multifrequenza.
- Impostare la frequenza 1 MHz.
- Impostare l'ampiezza del segnale del trasduttore e allineare con le tre viti di registro del supporto del trasduttore la sonda multifrequenza in modo che siano generate onde stazionarie.
- Misurare sulla parete la distanza x_{2k} tra il massimo del $-k$ -esimo e del k -esimo ordine.
- Aumentare la frequenza in stadi da 1 MHz fino a 12 MHz e determinare ogni volta la distanza x_{2k} nonché il relativo ordine di diffrazione k .
- Sostituire il diodo laser rosso con il verde e registrare una serie di misurazioni corrispondenti.

ESEMPIO DI MISURAZIONE E ANALISI

$s = 325$ cm

Tab. 1: Dati di misura relativi alla lunghezza dell'onda luminosa $\lambda_L = 652$ nm (laser rosso)

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: Dati di misura relativi alla lunghezza dell'onda luminosa $\lambda_L = 532$ 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

Viene misurata la distanza s tra il trasduttore a ultrasuoni e l'immagine di diffrazione, nonché la distanza x_{2k} tra i massimi di diffrazione k e $+k$. Entrambi i valori sono considerati nel calcolo dell'angolo α_k per il massimo di diffrazione del k -esimo ordine.

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

L'equazione condizionale per la lunghezza dell'onda sonora λ_s è quindi

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

Applicando questa equazione nella colonna destra delle due tabelle si calcolano le lunghezza d'onda sonora.

La figura 4 mostra la dipendenza delle lunghezze d'onda calcolate dalla frequenza delle onde ultrasonore. L'iperbole disegnata è stata calcolata in base a (2) da

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

La velocità del suono c in acqua così determinata coincide in modo sorprendente con i dati contenuti nella letteratura.

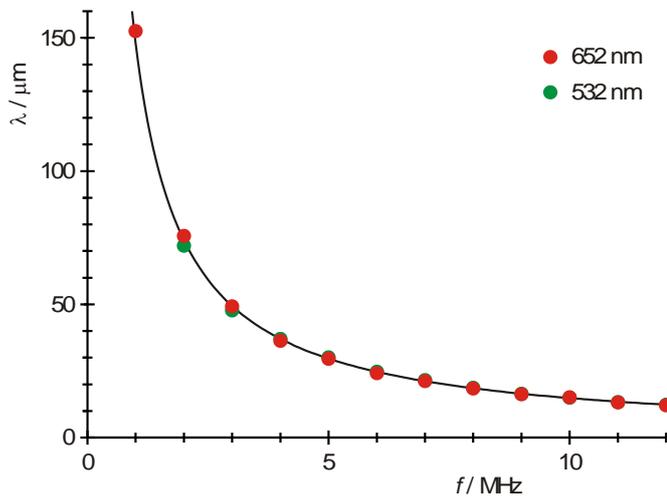


Fig. 4: Lunghezza dell'onda sonora λ_s nell'acqua in funzione della frequenza f