

Osservazione di fenomeni ondosi attraverso ondoscopio

Materiali e strumenti

Ondoscopio

Accessori ondoscopio:

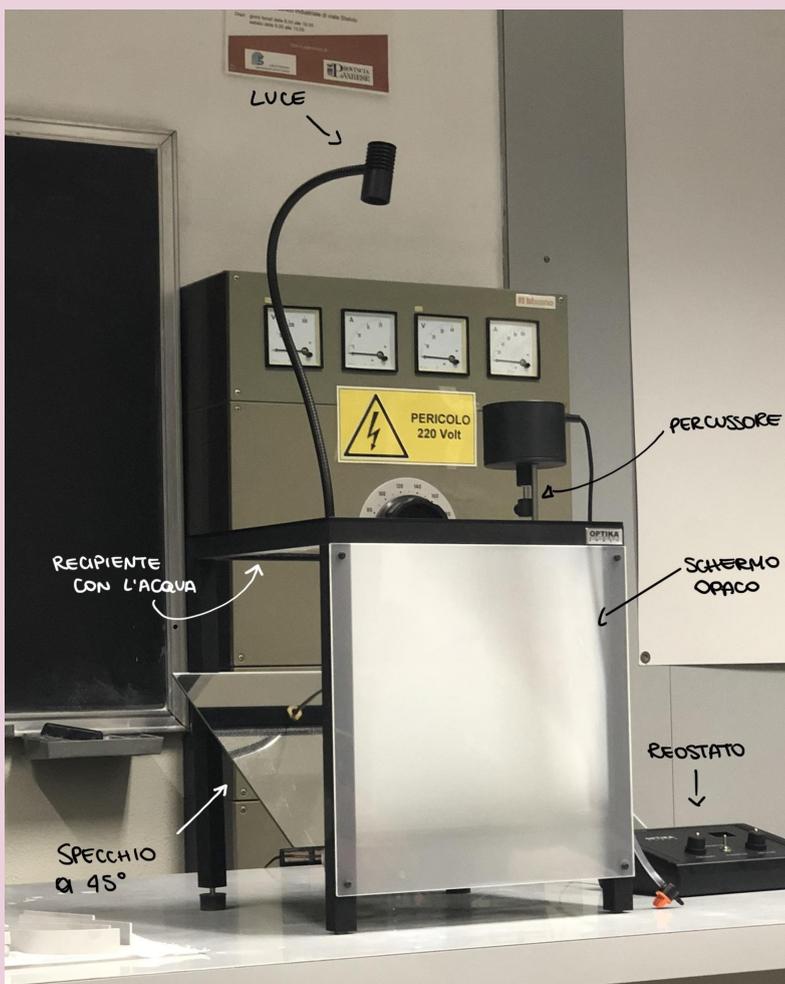
- Un precursore a pallina singola
- Un precursore a pallina doppia
- Specchio parabolico
- Specchio piano
- Ostacoli metallici

Acqua

Righello

Premessa teorica

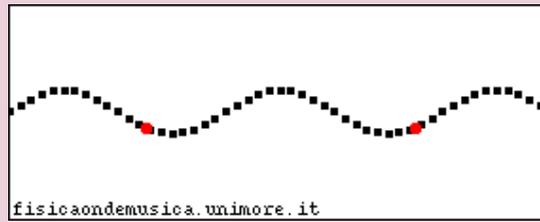
Per la spiegazione dell'acqua e del righello guardare relazioni precedenti.



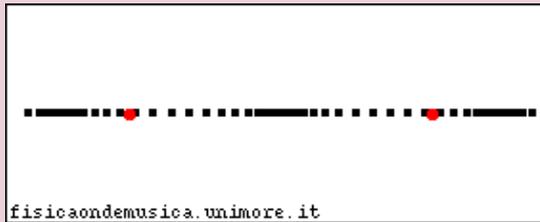
L'ondoscopio è formato da uno schermo opaco traslucido dove vengono proiettati i fenomeni ondosi, dietro c'è uno specchio a 45° sul quale vengono riflesse le onde, sopra c'è una vaschetta sottile con pochi millimetri d'acqua. Sopra c'è una luce che diventa anche stroboscopica, cioè emette luce rapidamente, questo permette di vedere a scatti e quindi di vedere le onde solo in certi momenti, ciò ci dà l'illusione di vedere le onde sempre ferme. In basso a destra è posizionato il reostato, questo regola la frequenza dello stroboscopio e del compressore. Più va veloce il rotorino, maggiore è la frequenza delle onde.

L'onda è una perturbazione che si propaga nello spazio e nel tempo trasportando energia e quantità di moto, ma non materia. Esistono diversi tipi di onde:

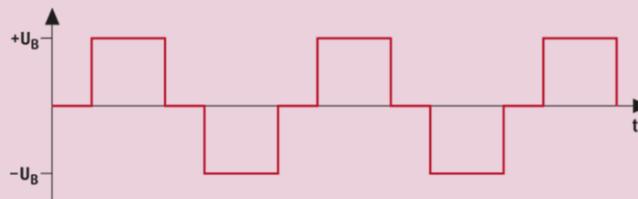
- le onde trasversali hanno l'oscillazione perpendicolare alla direzione di propagazione dell'onda (come esempio ci sono le onde del mare).



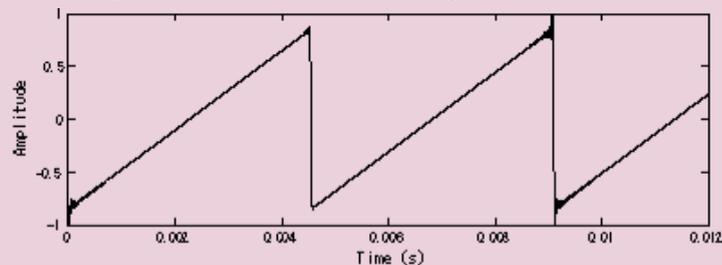
- le onde longitudinali hanno l'oscillazione parallela alla direzione di propagazione dell'onda (come esempio ci sono le onde sonore).



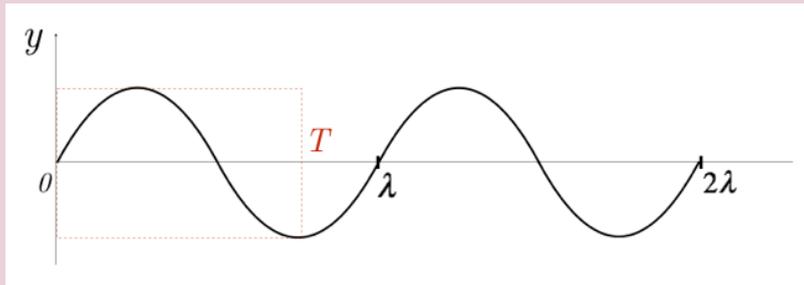
- le onde monodimensionali si propagano in una sola direzione (come ad esempio quando si tira una molla).
- le onde bidimensionali si propagano in due direzioni (come ad esempio quando si lancia un sasso nell'acqua).
- le onde tridimensionali si propagano in 3 dimensioni (come ad esempio la voce).
- le onde quadre sono segnali composti da un'alternanza regolare di due valori che sono equivalenti al segnale elettrico utilizzato nei circuiti digitali.



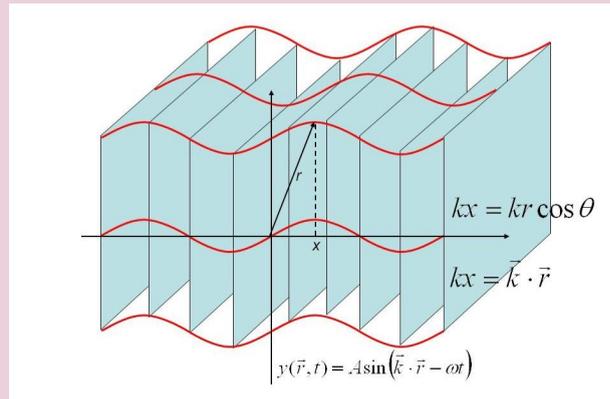
- le onde a denti di sega è un tipo di onda non sinusoidale e così chiamata per la sua somiglianza con i denti posti sulla lama di una sega.



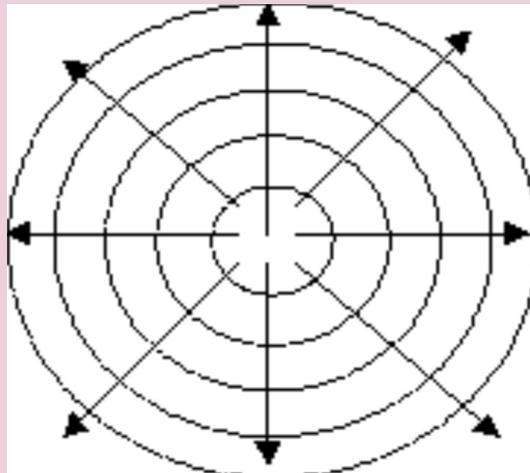
- le onde armoniche sono onde sinusoidali che propagandosi in un mezzo determinano una variazione per ogni punto dello spazio rispetto al proprio stato di equilibrio in maniera periodica. Il suo profilo è dato dall'unione tra il moto armonico lungo l'asse delle y e il moto rettilineo uniforme lungo l'asse x. (come esempio la barra metallica che viene colpita).



- le onde piane che procedono in modo lineare lungo un piano .



- le onde sferiche che procedono secondo circonferenze.



I fronti d'onda sono l'insieme dei punti dell'onda che oscillano nello stesso modo: quando questi hanno la forma di sfere concentriche si originano onde sferiche cioè che si propagano in tutte le direzioni e hanno raggi uscenti dall'origine; quando i fronti d'onda sono piani e paralleli si originano onde piane cioè che si propagano in un'unica direzione e hanno i raggi paralleli tra di loro e perpendicolari ai fronti d'onda. Per raggio si intende la retta che indica la propagazione dell'onda.

La frequenza è il numero di oscillazioni che l'onda compie in un punto fissato nell'unità di tempo 1s. La formula è la seguente:

$$f = \frac{1}{T} = [\text{Hz}]$$

La pulsazione temporale indica la velocità con cui viene effettuata un'oscillazione completa nel moto armonico. La formula è la seguente:

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} = [\text{rad/s}]$$

La pulsazione spaziale, detta anche vettore d'onda o numero d'onda, è il numero di oscillazioni di un'onda nell'unità di lunghezza. La formula è la seguente:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = [\text{rad/m}]$$

Dato che l'onda si propaga nello spazio e nel tempo, la funzione ha due variabili e la formula è la seguente:

$$y = A \sin(\omega t - kx)$$

↳ elongazione massima → m

Velocità di propagazione di un'onda equivale al rapporto tra la sua lunghezza d'onda e un intervallo di tempo T, oppure la velocità equivale al prodotto della frequenza e delle lunghezza d'onda

$$v = \frac{\lambda}{T} \quad \begin{array}{l} \rightarrow \text{LUNGHEZZA D'ONDA} \rightarrow \text{m} \\ \rightarrow \text{PERIODO} \rightarrow \text{s} \end{array}$$

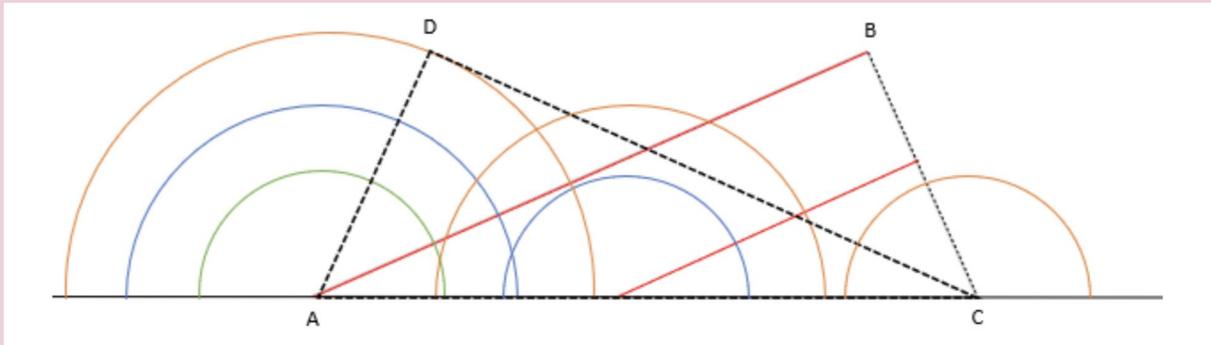
$$v = f \lambda$$

↓ ↳ FREQUENZA → Hz

VELOCITÀ → m/s

Il principio di Huygens-Fresnel afferma che ogni punto percusso da un'onda si trasforma a sua volta in sorgente di onde sferiche, tuttavia, perché ciò avvenga, è necessario che il mezzo sia omogeneo, cioè che la sua densità sia costante in ogni suo punto, e isotropo, cioè che sia uguale in ogni direzione. Quindi, si origineranno onde piane se i fronti d'onda erano piani, onde sferiche con raggio costante se i fronti erano sferici.

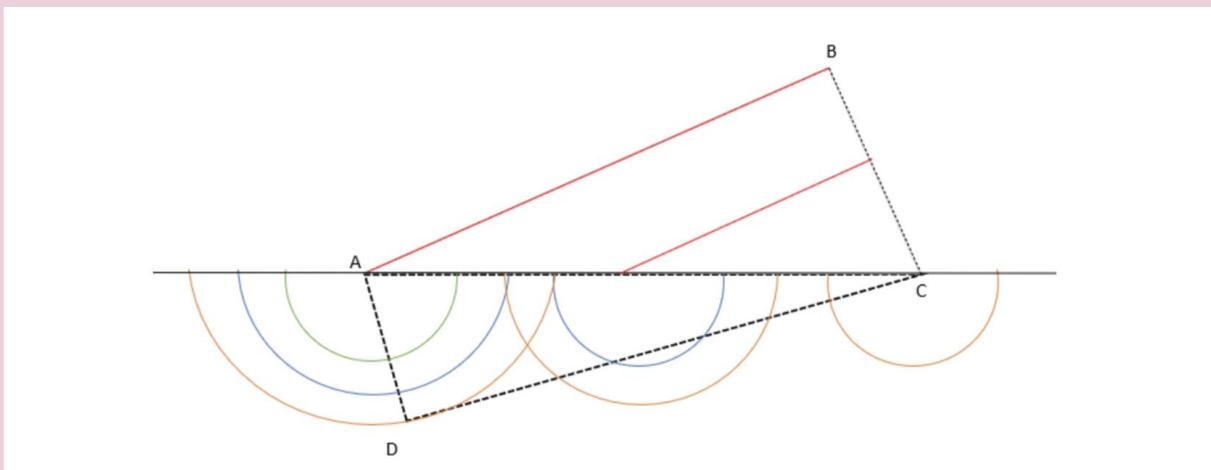
La riflessione delle onde dimostra che l'angolo di incidenza è pari a quello di riflessione: infatti, quando un fronte d'onda piano AB incide su una superficie riflettente, il punto A di incidenza diventa sorgente di onde sferiche che si propagano nello stesso mezzo e con la stessa velocità (il raggio dell'onda è uguale alla distanza tra due fronti d'onda); il punto B per giungere il punto C impiega lo stesso tempo del fronte d'onda a raggiungere il punto D tale che risulta essere $AD = BC$. I due triangoli originati sono dunque congruenti (sono rettangoli, hanno in comune AC e $AD = BC$) e perciò ne consegue che $\hat{i} = \hat{r}$ dove $\hat{i} = BAC$ e $\hat{r} = DCA$



La rifrazione è la deviazione subita da un'onda che ha luogo quando questa passa da un mezzo a un altro otticamente differente nel quale la sua velocità di propagazione cambia. La rifrazione della luce è l'esempio più comunemente osservato, ma ogni tipo di onda può essere rifratta, per esempio quando le onde sonore passano da un mezzo a un altro o quando le onde dell'acqua si spostano a zone con diversa profondità. La legge di Snell descrive quanto i raggi sono deviati quando passano da un mezzo a un altro. Se il raggio proviene da una regione con indice di rifrazione n_1 ed entra in un mezzo con indice n_2 gli angoli di incidenza i e di rifrazione r sono legati dall'espressione

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

dove v_1 e v_2 sono le velocità nei mezzi



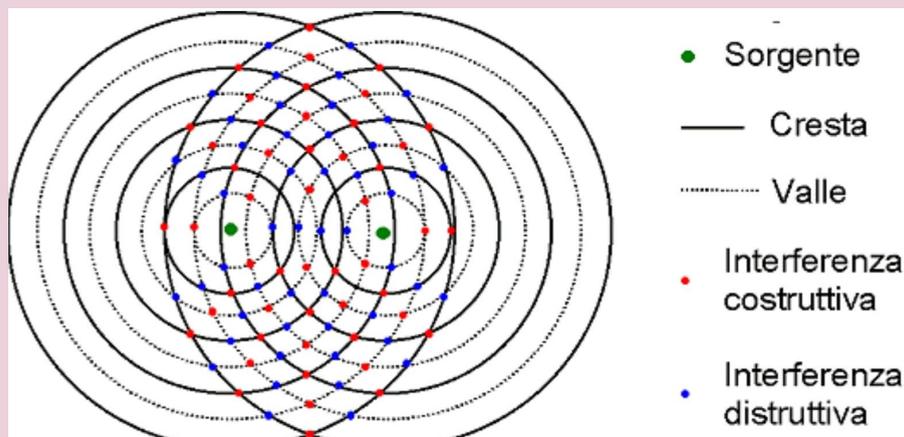
La diffrazione invece avviene quando un'onda piana si scontra su una parete con un foro e quest'ultima diventa, quindi, sorgente di nuove onde sferiche. Il fenomeno è possibile solo se il foro è molto piccolo e risulta essere simile al valore della lunghezza d'onda (λ), al contrario, se il foro fosse tanto maggiore rispetto a λ allora si originerebbero nuove onde piane

Quando una o più onde si sovrappongono danno origine ad un'interferenza. Considerando S_1 e S_2 due sorgenti coerenti che hanno la stessa ampiezza, lunghezza d'onda e frequenza e fase iniziale. P è il punto di intersezione delle due onde nel loro valore di equilibrio in $y=0$. Chiamati PS_2 e PS_1 i rispettivi cammini ottici, la differenza tra questi ultimi deve essere un numero intero pari. Così si viene a creare un'interferenza costruttiva:

$$|PS_1 - PS_2| = \lambda \mu$$

Quando due onde si incontrano una nella cresta e una nella gola, la differenza dei cammini ottici è un numero dispari maggiore di $\lambda/2$. Così si viene a creare un'interferenza distruttiva:

$$|PS_1 - PS_2| = \frac{\lambda}{2} + \mu\lambda = \frac{\lambda}{2} (2\mu + 1)$$

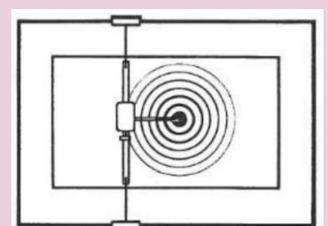


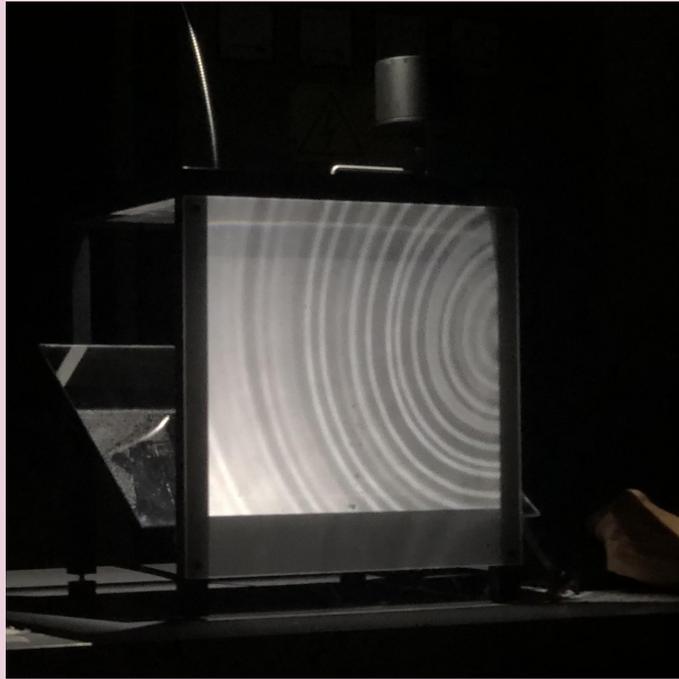
Esecuzione dell'esperienza

Per eseguire l'esperienza, abbiamo messo in moto l'ondoscopio, testando diversi percussori, variando la velocità del vibratore col reostato, la frequenza e, talvolta, inserendo fenditure o ostacoli, per osservare il comportamento e l'andamento delle onde. Le linee più scure rappresentano le creste e quelle più chiare le gole.

ONDE SFERICHE:

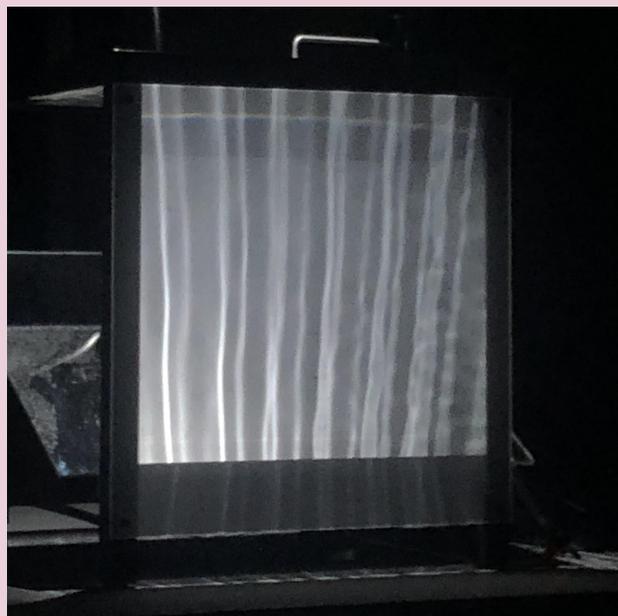
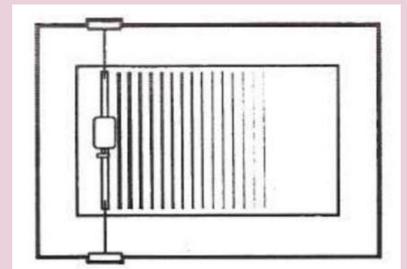
Le abbiamo ottenute con il percussore a pallina singola posizionato a livello dell'acqua. Facendo coincidere la frequenza dello stroboscopio con quella del motore, le onde risultano ferme e vedremo soltanto delle circonferenze concentriche che rappresentano fronti d'onda, il cui centro corrisponde al percussore. Le circonferenze scure rappresentano le creste, quelle chiare le gole.





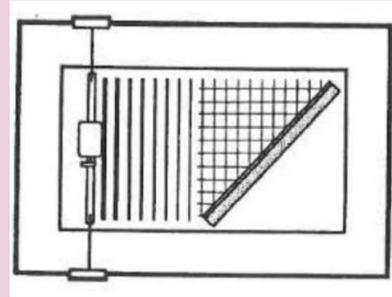
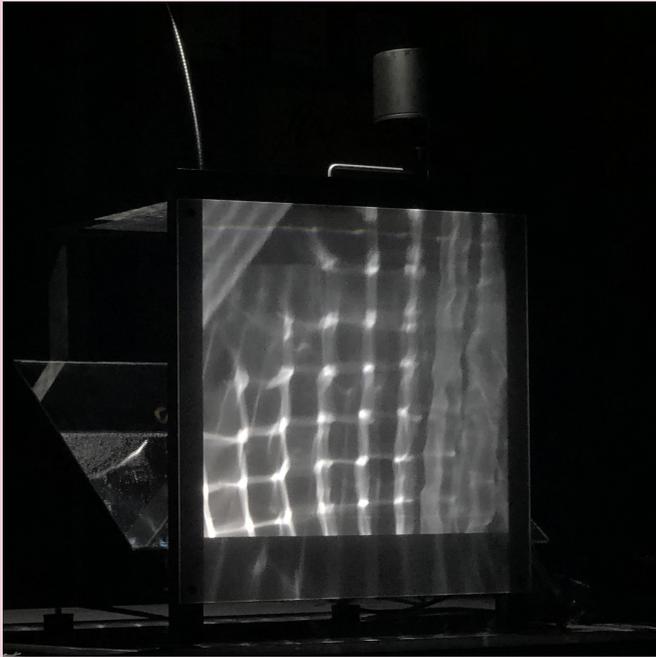
ONDE PIANE:

Utilizzando un precursore lineare si possono vedere anche le onde piane, queste sono onde aventi i fronti d'onda piani o retti. Se si fa coincidere la frequenza dello stroboscopio con quella del motore, si può osservare che le onde risultano ferme e sono visibili solo delle linee parallele e fisse, alternativamente in luce e in ombra. Le rette in ombra, più scure, rappresentano le creste dell'onda, mentre quelle in luce, cioè chiare, le gole.



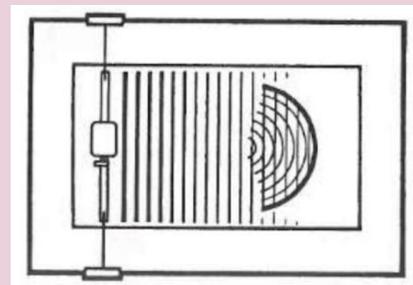
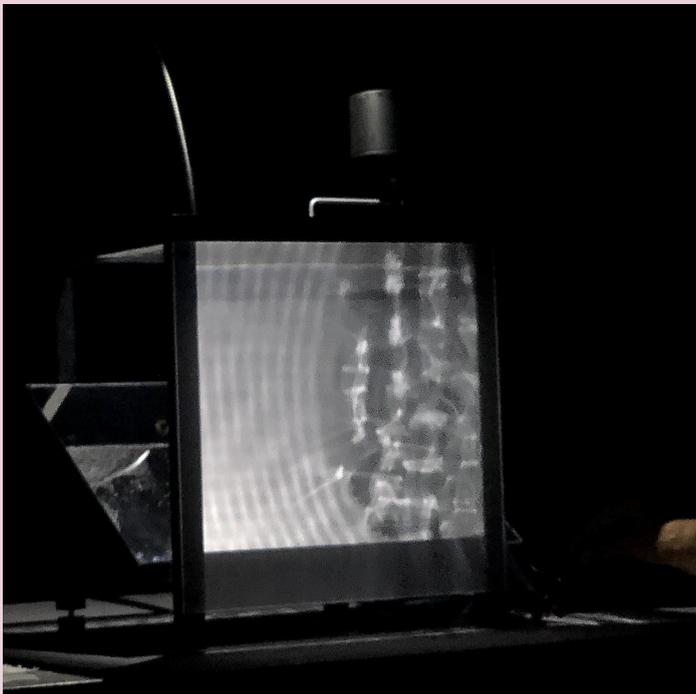
RIFLESSIONE ONDE PIANE:

Mettiamo un'asta specchio a 45° al livello dell'acqua che inizierà a produrre onde piane. E' possibile rappresentare un raggio diretto e uno riflesso causando la riflessione.



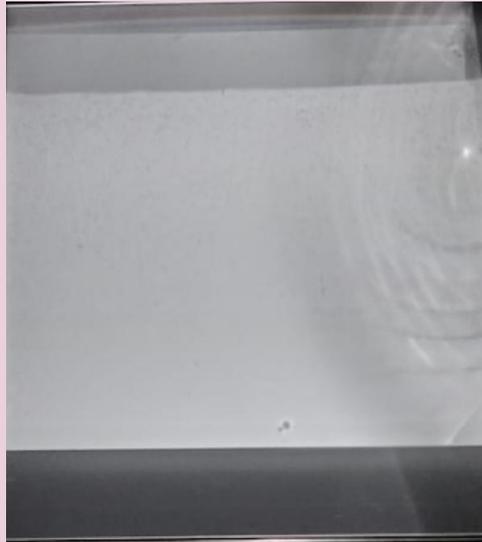
ONDE CON SPECCHIO PARABOLICO CON PERCUSSORE LINEARE:

Come si può notare dalla foto sotto riportata le onde piane diventano onde sferiche che si concentrano in un punto questo perché lo specchio parabolico trasforma un'onda piana in una sferica che si concentra nel fuoco. Questo stesso fenomeno accade nelle lampadine delle auto messe nel fuoco che poi riflettono raggi paralleli.



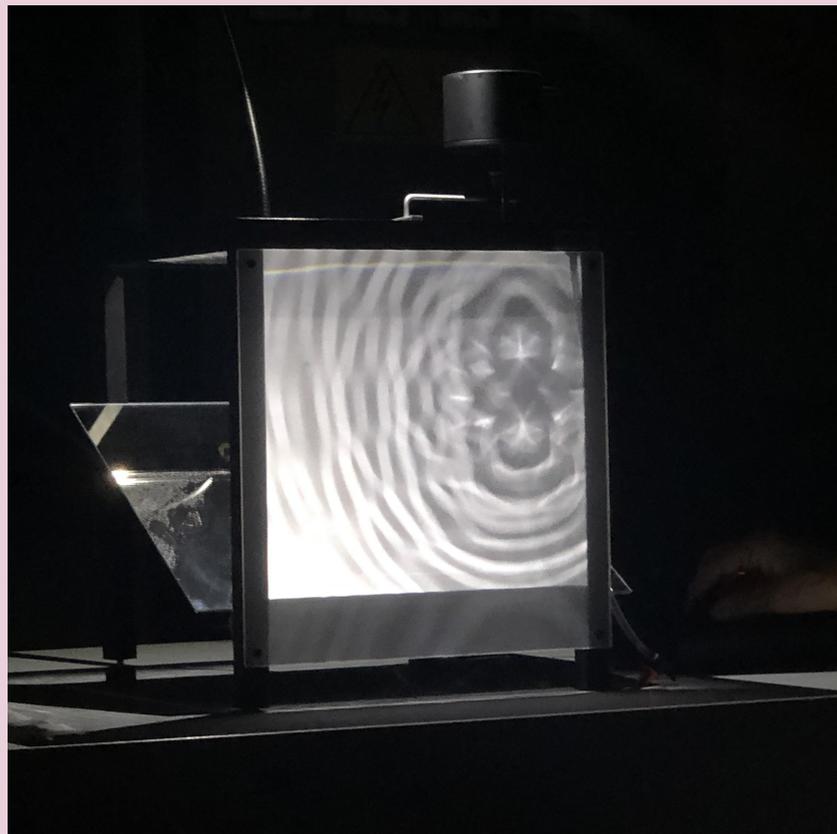
ONDE CON SPECCHIO PARABOLICO CON PERCUSSORE A PALLINA

In questo caso avviene lo scenario inverso: le onde sferiche diventano onde piane.



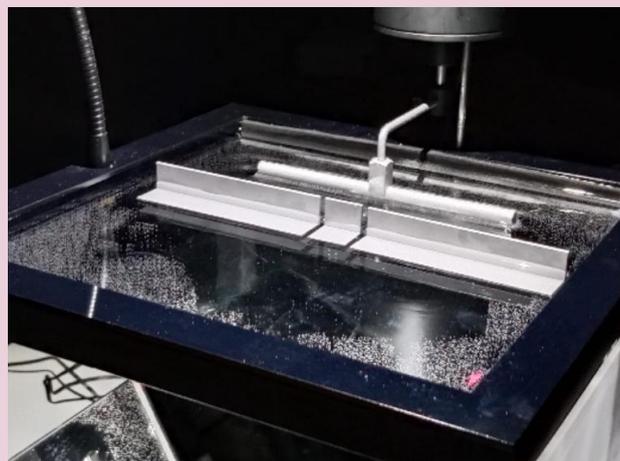
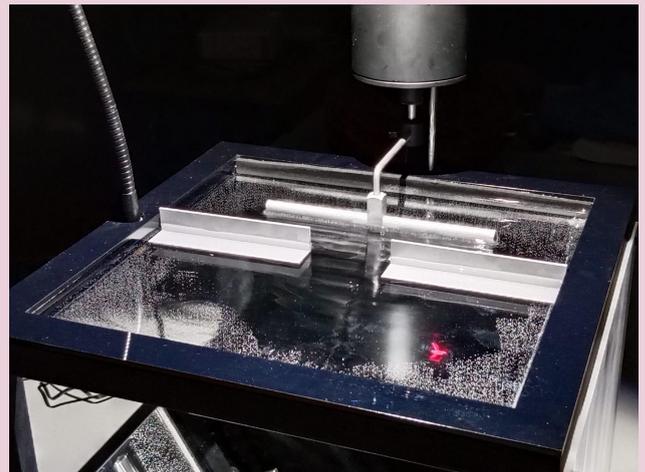
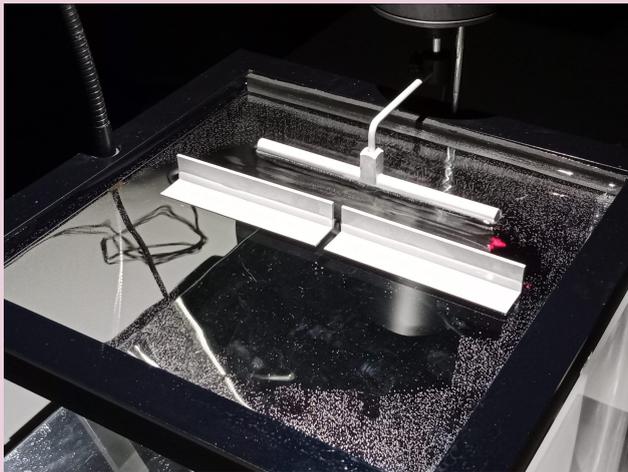
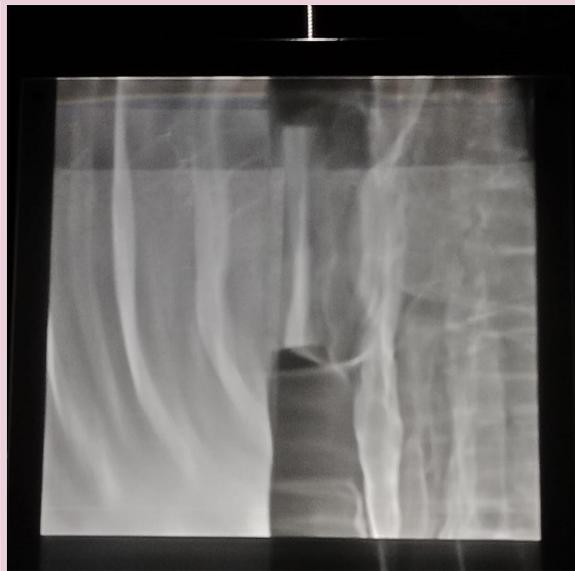
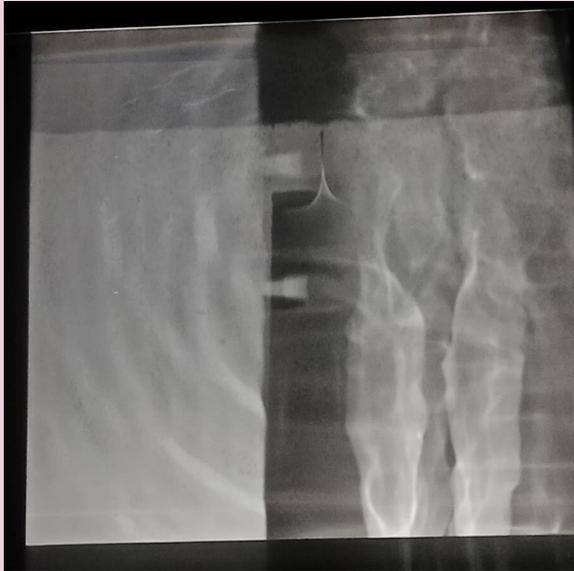
DUE ONDE SFERICHE COERENTI:

Utilizzando un percursore a pallina doppia è possibile ottenere due onde sferiche tra loro coerenti, queste hanno stessa ampiezza, stessa frequenza e stessa fase iniziale, formano delle frange di interferenza costruttiva (più scura) e distruttiva (più chiara) che hanno la forma di iperboli.



Successivamente abbiamo sistemato degli ostacoli in modo da creare uno spazio più largo della lunghezza d'onda. Ponendo, invece, degli ostacoli per avere più stretta la lunghezza d'onda, abbiamo notato che le onde piane diventavano sferiche. Infine, abbiamo messo degli ostacoli in modo da creare due fenditure più strette della lunghezza d'onda, le onde da

piane diventavano sferiche in due punti, generando le frange di interferenza di forma iperbolica.



Dati dell'esperienza

Dati prima misurazione in un'onda circolare:

$$f=10\text{Hz}$$

$$\lambda=0,008\text{m}$$

Applicando la formula $v=\lambda f$, la velocità risulta $0,08\text{m/s}$.

Dati seconda misurazione circolare:

$$f=5\text{Hz}$$

$$\lambda=0,015\text{m}$$

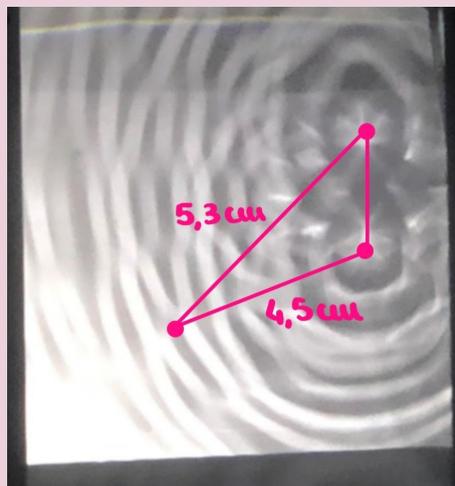
Applicando la formula $v=\lambda f$, la velocità risulta $0,075\text{m/s}$.

Dati terza misurazione onde sferiche coerenti:

$$5,3-4,5=0,8\text{cm}$$

Successivamente dividiamo per $1,5\text{cm}$ che è una lunghezza d'onda.

Il risultato è $0,5$ che è pari a mezza lunghezza d'onda quindi ciò significa che l'interferenza è distruttiva.



Conclusione

Durante quest'esperienza, abbiamo potuto osservare numerosi fenomeni ondosi. Infatti grazie alla possibilità di far coincidere la frequenza dello stroboscopio con quella del motore, le onde sul foglio erano ferme e, quindi, più visibili. Abbiamo potuto verificare che lo specchio parabolico ha le proprietà per trasformare le onde sferiche in piane e viceversa. Abbiamo osservato l'interferenza costruttiva e distruttiva e verificato che la velocità è costante, quindi lunghezza d'onda e frequenza sono inversamente proporzionali. Infine abbiamo osservato sperimentalmente che un numero dispari di mezze lunghezze d'onda significa interferenza distruttiva.