

Introdução

Como já estudado, ondas são movimentos causados por perturbações em um meio, transportando energia.

Neste experimento, serão discutidos os fenômenos ondulatórios, dentre eles, reflexão, refração, difração e interferência.

A reflexão ocorre quando a onda encontra uma barreira e é refletida com o mesmo ângulo de incidência.

Já, a refração ocorre quando a onda muda de meio de propagação, isso acontece, porque as características de cada meio são diferentes e isso altera a trajetória da onda, assim como a sua velocidade e comprimento de onda.

Em relação à difração, tal fenômeno é observado quando a onda contorna um obstáculo, passando por uma fenda. Ao passar pela fenda, a onda passa a se propagar num formato circular. Por fim, a interferência acontece com o encontro de duas ondas, quando elas têm o mesmo comprimento de onda, elas se encontram acusando pontos de interferência destrutiva e construtiva consecutivos. No caso da interferência destrutiva, ocorre a anulação da onda, já na interferência construtiva, ocorre um aumento na amplitude da onda (reforço).

A refração pode ser estudada pela lei de Snell: $\frac{\sin(i)}{\sin(r)} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ (1), que relaciona os ângulos de incidência e refração e os comprimentos de onda em cada meio.

Metodologia

Para este experimento, foram utilizados uma cuba com água, estroboscópio, sistema de suporte para cuba, anteparo branco (folha A4), vibrador com medidor de frequência, objetos de acrílico em diferentes formas para anteparos, paquímetro e régua.

Primeiramente, foi feita a montagem do aparelho, colocou-se água na cuba (0,5-0,75cm), em seguida, ligou-se a fonte e a frequência do vibrador foi variada. Com o motor desligado colocou-se uma lâmina de acrílico transparente no fundo da cuba e mediu-se o ângulo de ampliação da imagem.

O experimento em si foi dividido em quatro partes:

a) Reflexão: na primeira etapa, produziu-se ondas planas com 3 frequências diferentes (10, 20, 30 Hz), na segunda etapa, um anteparo retilíneo com 3 ângulos diferentes foi inserido na cuba e na última: inseriu-se um obstáculo curvilíneo.

b) Refração: Produziu-se ondas planas e logo em seguida uma placa de acrílico oblíqua em relação à direção de propagação das ondas foi inserida. Também se analisou o espectro resultante para duas inclinações e duas frequências diferentes.

c) Interferência: Utilizando uma fonte pontual obteve-se a figura de três diferentes frequências (10, 20, 30 Hz), em seguida, utilizando 2 fontes distantes em 5cm com essas mesmas frequências. Por fim, repetiu-se para 2,5cm e 10cm.

d) Difração: Utilizou-se um gerador de ondas planas, colocou-se um obstáculo reto com uma fenda, resultando em uma figura para cada frequência (10, 20, 30 Hz). O mesmo foi feito para um obstáculo com 2 fendas em paralelo.

Para observar as ondas, uma fonte de luz piscava na mesma frequência do vibrador, assim, as cristas das ondas eram as faixas iluminadas e os vales, as faixas escuras.

Resultados

Cálculo da velocidade: Ao utilizar 3 frequências diferentes (10, 20 e 30 Hz) foi possível calcular a velocidade da onda na água a partir da equação $v = \lambda \cdot f$, sendo v , a velocidade da onda, λ , o comprimento de onda, f , frequência. A velocidade de uma onda depende do meio em que ela se propaga, neste caso, por tratar de ondas em líquidos, deve-se levar em conta também a profundidade. Como nos três casos a profundidade das ondas é considerada a mesma, espera-se que os valores sejam parecidos. Os valores das velocidades obtidos estão apresentados na tabela abaixo e, a partir deles, foi obtida a velocidade média, sendo $\bar{v} = 0,47$ m/s.

f	λ (cm)	λ (m)	v (m/s)
10	4,31	0,0431	0,43
20	2,27	0,0227	0,45
30	1,80	0,0180	0,54

Corrigir o comprimento de onda com o fator de ampliação do anteparo.

incerteza da régua: $\pm 0,5$ mm

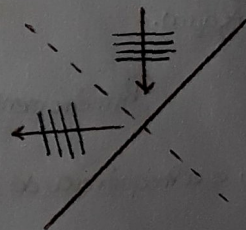
incerteza do frequência: ± 1 Hz

Complementar com os padrões de reflexão

Reflexão: No fenômeno da reflexão, a onda encontra um anteparo e é refletida por ele, como no desenho A.

Assim, constata-se que os ângulos de incidência e reflexão são iguais e que a soma é 90° quando o ângulo de incidência é 45° a soma deles é igual a 90° . Nos fotos, apresentadas em anexo, analisando minuciosamente,

é possível observar que as ondas refletidas formam um desenho semelhante a uma malha quadriculada.



desenho A

Comparando a posição do obstáculo, quando a angulação deste é 0° , as ondas refletidas tem a mesma direção, no

em sentido oposto às ondas incidentes. Já em relação aos anteperos com 30° e 45° de inclinação, observa-se que as ondas refletidas percorrem uma trajetória com direção diferente das ondas incidentes e comparando entre eles, espera-se que haja uma sutil diferença na trajetória devido a diferença angular entre as posições em 30° e 45° . Já, ao se utilizar o anteparo curvilinear, as ondas refletidas se diferem um pouco. Como o ângulo não é o mesmo sobre a superfície do anteparo (o ângulo de reflexão leva em conta a reta perpendicular em relação ao ponto de reflexão), as ondas refletidas se propagam radialmente.

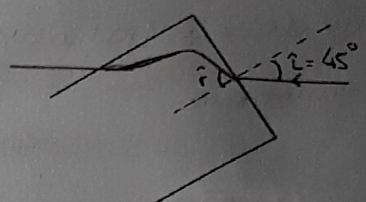
Refração: Como dito anteriormente, para ondas propagando em líquidos, a profundidade deve ser consi-

derada. Assim, ao se colocar um anteparo, ele diminui a profundidade, ficando visível a diferença no comprimento de onda. Quando a profundidade aumenta, a distância entre as linhas aumentam, acusando um aumento no am-

Calcular as velocidades

Princípio de ondas. Vale ressaltar, que a frequência se mantém a mesma (determinada pelo vibrador).

Quando se altera o ângulo da posição do anteparo, observa-se a presença de "curvas" nas linhas projetadas, indicando a refração. Isso mostra que as "partes" da ondas que estão sobre o anteparo, estão numa profundidade menor e assim, possuem um comprimento de onda menor. Pela Lei de Snell (1), pode-se determinar o comprimento da onda refratada, assumindo os ângulos apresentados no desenho B.

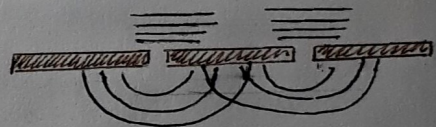


O fenômeno observado obedece o resultado esperado teoricamente. Ao se comparar profundidades cuferentes, espera-se que a velocidade de propagação numa profundidade maior seja maior e como as grandezas velocidade e comprimento de onda são diretamente proporcionais, logo, o comprimento de onda aumenta.

Difração: Quando uma onda encontra um obstáculo, ela tende a contorná-lo. A partir das observações das imagens deste fenômeno, constatou-se que de pois que a onda passa pela fenda ela assume um formato circular e, quanto menor for a largura da fenda, mais esse fenômeno é perceptível. Comparando as imagens da frequência 30Hz, é claramente visível que quanto maior a largura da fenda se aproxima do valor do comprimento de onda, o formato circular é bem mais perceptível. Ao se utilizar duas fendas, após a ocorrência da difração, passa a ocorrer o fenômeno de interferência construtiva e destrutiva entre as ondas, uma vez que elas tem as mesmas características.

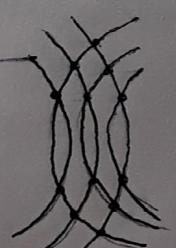


Uso de 1 fenda



Uso de 2 fendas

Interferência: Primeiramente, ao analisar as ondas com uma única fonte pontual, observa-se que a propagação da onda é contínua e sem quaisquer interferências. As interferências ocorrem quando as ondas se encontram. Neste experimento, foi possível observar através de ondas propagando radialmente, usando duas fontes de propagação, que nos pontos de interferência destrutiva, que ocorre uma anulação das ondas os pontos de brilho eram mais fracos, em comparação, nos pontos de interferência construtiva, que ocorre um reforço da onda (aumento da amplitude), o brilho é mais evidente, fenômeno observado a 20Hz e 30Hz. Além disso, observa-se que quanto mais distintas estão as fontes das ondas, mais pontos de interferência são observados. O padrão de interferência é analisado da seguinte forma:



Complementar sobre os pontos de interferência construtiva e destrutiva

Conclusão

Neste experimento foi possível observar os fenômenos ondulatórios e em todos os casos as observações realizadas obedeceram o esperado teoricamente, favorecendo o estudo do comportamento ondulatório.

Coneção - relatório OS

4) Cálculo das velocidades:

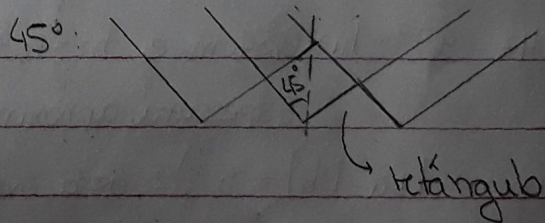
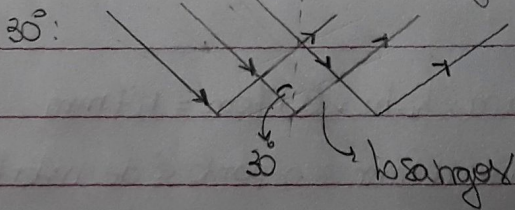
- Fator de ampliação da imagem: $\alpha = \frac{1,81}{3,55} = 0,51$

Utilizando o fator de ampliação, a tabela deve ser reescrita da seguinte maneira:

f (Hz)	λ_{proj} (cm)	λ_{real} (cm)	λ_{real} (m)	v (m/s)
40	4,31	2,20	0,0220	0,22
20	2,24	1,16	0,0116	0,23
30	1,80	0,92	0,0092	0,28

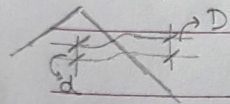
2) Reflexão

2.) Na reflexão, com ângulos de 30° e 45° é possível ter padrões:



3) Refração: Para $f = 20\text{Hz} - 45^\circ$

Lei de Snell: Como a frequência é a mesma: $f = \frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{v_2}{\lambda_2}$



$$D = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \rightarrow 1,25 = \frac{1,16}{\lambda_2} \rightarrow \lambda_2 = 0,93\text{cm}$$

$$v_1 = 0,23\text{m/s}$$

$v_2 = 0,19\text{m/s} \rightarrow$ quanto menor a profundidade, menor a velocidade

• Para $f = 30\text{Hz} - 45^\circ$

$$\lambda_2 \cdot 1,29 = 0,92 \rightarrow \lambda_2 = 0,71\text{cm} \begin{cases} v_1 = 0,28\text{m/s} \\ v_2 = 0,21\text{m/s} \end{cases}$$

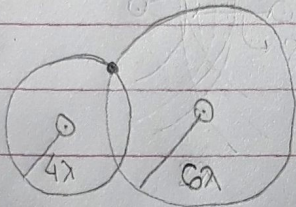
• A partir da equação $v = \sqrt{gh}$, pois trata-se de pequenas profundidades, pode-se calcular a profundidade da onda:

$$f = 20\text{Hz} - 45^\circ: h_1 = 0,54\text{cm} \text{ e } h_2 = 0,37\text{cm}$$

$$\text{Espessura aproximada da placa} = h_1 - h_2 = 0,17\text{cm} = 1,7\text{mm}$$

4) Interferência: $|D_a - D_b| = n \cdot \frac{\lambda}{2}$, essa expressão permite definir se o ponto é de interferência construtiva (n par); destrutiva (n ímpar)

Exemplo:



⊙ fonte de propagação

• ponto estudado

$$|6\lambda - 4\lambda| = n \cdot \frac{\lambda}{2}$$

$$2\lambda \cdot 2 = n\lambda$$

$n = 4 \rightarrow$ ponto de interferência construtiva

O desenho não apresenta todo o padrão de interferências (já apresentado no relatório para facilitar a visualização).

