



# LADIF

## ROTEIRO DA EXPERIÊNCIA

# UFRJ

## IF

Disciplina : **Física II**

Tema : **Ondas**

Código : **1H-24**

Nome : **Cuba de Ondas**

Onde encontrar : **Sala de Óptica - Mesa 3**

**Potencialidade** : Visualização de fenômenos ondulatórios.

**Palavras Chaves** : Ondas, Reflexão, Óptica.

**Ref. Bibliográficas** : Física Básica vol. II, cap. 5, H. Moysés Nussenzveig.

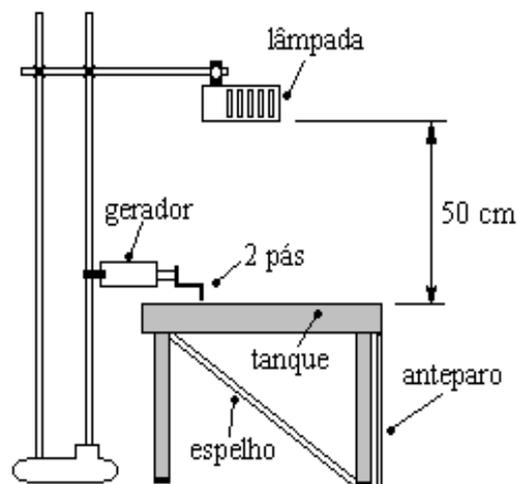
### Objetivos do experimento:

Visualização dos fenômenos de reflexão, refração, difração e interferência num tanque contendo água e análise da dependência da velocidade da onda com a profundidade da água.

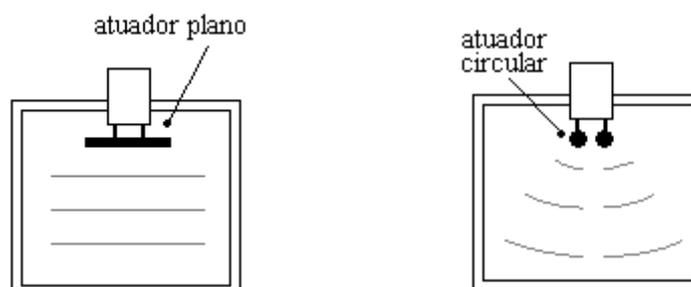
### Material Utilizado:

Kit transportável composto

### Montagem do equipamento:

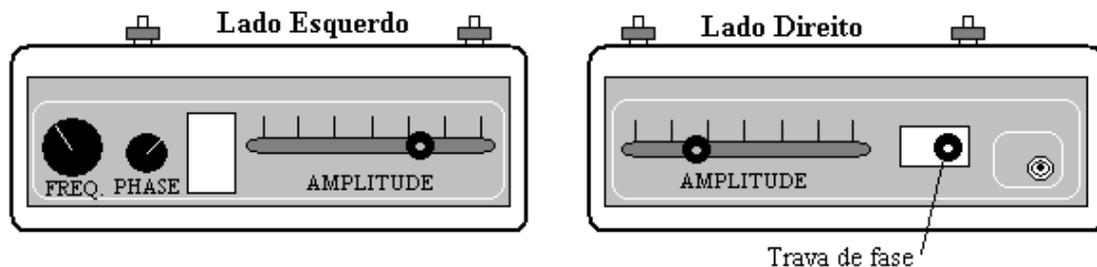


O equipamento permite a formação de ondas planas e circulares.



**O gerador de ondas:**

O motor do gerador movimenta duas pás. A frequência de movimento é única para ambas e é selecionada do lado esquerdo do aparelho. A amplitude de cada pá pode ser diferente e deve ser, portanto, ajustada de cada lado. As pás também podem vibrar de forma defasada, bastando para isso liberar a trava de fase (do lado direito) e ajustar o botão de fase (do lado esquerdo).

**Procedimento para realização de cada experimento:****Observação:**

Antes de realizar qualquer experimento no tanque, verifique se o fundo está limpo. Se não estiver, passe uma esponja úmida de forma delicada para remover a sujeira sem arranhar o vidro. O vidro sujo dificulta a visualização dos experimentos no anteparo.

Quando não for mais utilizar o tanque, retire toda a água removendo a rolha. Use uma garrafa sob o buraco da rolha para não molhar o espelho ou a mesa. Em seguida, retire o resto da água com uma esponja. Cuidado com o vidro!

**(1) DEPENDÊNCIA DA VELOCIDADE DA ONDA COM A PROFUNDIDADE DA ÁGUA.**

*Não é necessário utilizar o gerador de ondas.*

1. Encha o tanque com água até uma profundidade de 2 mm (aprox. 0,4 litro d'água);
2. Nivele o tanque de modo que ele esteja paralelo à haste superior. Acenda a lâmpada na haste superior;
3. Produza uma perturbação na água, num certo ponto. Utilize um cronômetro para medir o tempo  $t$ , em *segundos*, que essa perturbação leva para chegar em outro ponto qualquer (na parede do tanque, por exemplo). Você deve também medir a distância  $d$ , em *cm*, entre esses dois pontos.
4. Calcule então a velocidade  $v$  da onda, em *cm/s*, sendo  $v=d/t$ ;
5. Repita o procedimento para 5mm, 7mm e 10 mm de profundidade (cada 1mm de profundidade=0,2 litro);
6. Compare as velocidades de propagação da onda nas quatro profundidades.

**(2) DIFRAÇÃO.**

1. Encha o tanque com água a uma profundidade de cerca de 7 mm (aprox. 1,4 litros d'água);
2. Nivele o tanque de tal forma que ele esteja paralelo à haste superior;

3. Encaixe a barra plana no gerador de ondas com cuidado, pois o mecanismo é frágil. A barra deve estar nivelada com a superfície, ou seja, paralela à superfície da água. Regule a altura do gerador para que a barra plana apenas tangencie a superfície da água;
4. Ponha duas barreiras retas no tanque conforme a Fig.2A. Ajuste inicialmente uma distância  $d=3\text{cm}$ ;
5. No gerador de ondas, libere a trava de fase, escolha fase zero entre as pás, e em seguida trave novamente o regulador;
6. Selecione então a amplitude #4;
7. Acenda a lâmpada e, no gerador de ondas, selecione a frequência #E.
8. Diminua a distância entre as barreiras para  $d=1,5\text{cm}$ . O que acontece?
9. Aumente a frequência de #E para #J. O que ocorre?
10. Retire as barreiras do tanque e ponha o obstáculo reto pequeno conforme a Fig.2B.
11. Retorne para frequência #E e mantenha a amplitude 4#. Qual o resultado?

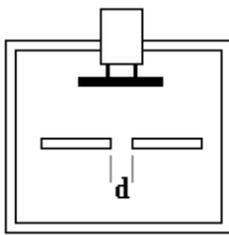


Fig. 2 A

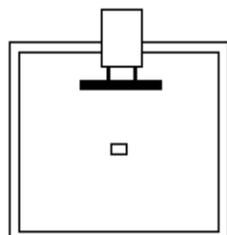


Fig. 2 B

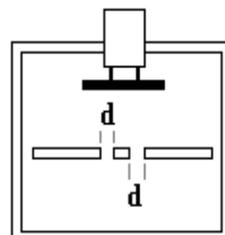


Fig. 3 A

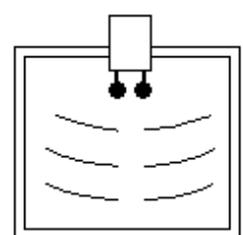


Fig. 3 B

### (3) INTERFERÊNCIA.

1. Encha o tanque com água até uma profundidade de 7 mm (aprox. 1,4 litros d'água);
2. Nivele o tanque de modo que ele esteja paralelo à haste superior;
3. Encaixe o atuador plano no gerador de ondas. Cuidado, pois o mecanismo é frágil;
4. Posicione três barreiras no tanque distantes de  $d=2\text{cm}$  cada, conforme a Fig.4A;
5. No gerador de ondas, libere a trava de fase, escolha fase zero entre as pás, e em seguida trave novamente o regulador;
6. Selecione então a amplitude #4;
7. Acenda a lâmpada e, no gerador de ondas, selecione a frequência #E. Observe o ocorrido.
8. Aumente a frequência até o nível #J. Qual o resultado?
9. Desligue o gerador. Troque o atuador plano pelo circular. Os círculos devem ser ajustados de forma a tocarem sutilmente a superfície da água.
10. Remova as barreiras utilizadas deixando o tanque livre de obstáculos conforme a Fig.4B.
11. Mantenha a amplitude no nível #4 e regule o gerador para frequência #D. Observe o resultado.
12. Aumente a frequência para o nível #F e em seguida para o nível #J. O que acontece?
13. Desligue o gerador. Libere a trava de fase e selecione fase  $180^\circ$  entre as pás. Trave novamente o regulador.
14. Repita o procedimento para as mesmas frequências anteriores e compare os resultados.

### (4) REFLEXÃO.

1. Encha o tanque com água a uma profundidade de cerca de 5 mm (aprox. 1 litro d'água);
2. Nivele o tanque de tal forma que ele esteja paralelo à haste superior;

3. Encaixe o atuador plano no gerador de ondas com cuidado, pois o mecanismo é frágil. O atuador deve estar nivelado com a superfície, ou seja, paralelo à água. Regule então a altura do gerador para que o atuador esteja metade submerso;
4. Posicione uma das barreiras na água conforme as figs. 1A, 1B e 1C. Pressione levemente a barreira para que ela fique fixa no fundo do tanque, e não boiando;
5. No gerador de ondas, libere a trava de fase, escolha fase zero entre as pás, e em seguida trave novamente o regulador;
6. Selecione então a amplitude #7 (máxima);
7. Acenda a lâmpada e, no gerador de ondas, selecione a frequência #C;

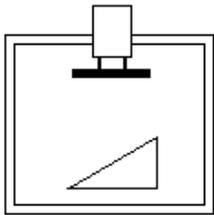


Fig. 1A

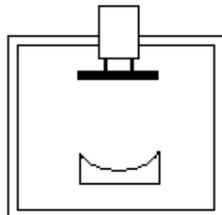


Fig. 1B

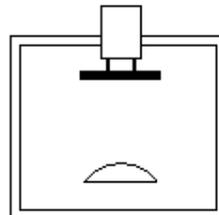


Fig. 1C

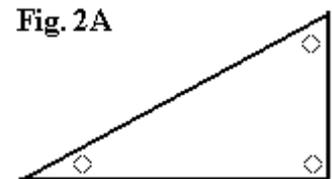


Fig. 2A

8. Repita o procedimento para as outras barreiras e compare as ondas refletidas.
9. Desligue o gerador de ondas girando o botão de frequência.

## (5) REFRAÇÃO.

1. Encha o tanque com água a uma profundidade de cerca de 10 mm (aprox. 2 litros d'água);
2. Nivele o tanque de tal forma que ele esteja paralelo à haste superior;
3. Encaixe o atuador plano no gerador de ondas com cuidado, pois o mecanismo é frágil. O atuador deve estar nivelado com a superfície, ou seja, paralelo à água. Regule a altura do gerador para que o atuador esteja o mais fundo possível na água. No entanto, ele não deve bater no fundo ao oscilar pois o tanque é de vidro;
4. Posicione a barreira triangular no tanque conforme a Fig.1A. Embaixo do triângulo ponha moedas de forma a deixar apenas parte do triângulo submerso. Coloque três moedas sob cada ponta do triângulo, conforme a Fig.2A. A mudança na profundidade simula uma mudança de meio de propagação da onda;
5. No gerador de ondas, libere a trava de fase, escolha fase zero entre as pás, e em seguida trave novamente o regulador;
6. Selecione então a amplitude #7 (máxima);
7. Acenda a lâmpada e, no gerador de ondas, selecione a frequência #A ou a frequência #B;
8. Desligue o gerador de ondas girando o botão de frequência.

**Material Utilizado:** Cuba de vidro, Retroprojeter, Oscilador (conectado ao signal interface + computador), Tripé para apoiar o oscilador, Um litro e meio de água, Uma extensão para ligar o oscilador ao signal interface interface, Dois “macacos” para elevar o retroprojeter.

- Conjunto de peças: Uma fonte de ondas circulares, Uma fonte de ondas planas, Três fontes de ondas múltiplas, Uma fonte dupla, Garra de alumínio para evitar a rotação das fontes, duas chapas de acrílico (10 mm e 2 mm), obstáculos de madeira para simular uma rede de difração, Um pedaço de madeira adaptável à fonte de ondas planas, Espuma para cobrir as laterais internas da cuba, Um pedaço de mangueira para facilitar a retirada da água da cuba.

**Potencialidade :** Observação do comportamento de uma onda na superfície da água quando ela interage com obstáculos de diferentes formas.

**Ref. Bibliográficas :** Tipler / 2b - capítulos 34 e 35.

### **OBSERVAÇÕES GERAIS:**

- \* A cuba deve estar bem nivelada.
- \* O retroprojektor deve ficar o mais próximo possível da cuba; para fazer o ajuste da altura utilize os dois “macacos”.
- \* Cuidado com a lente do retroprojektor.
- \* O oscilador deve estar sempre travado quando se quiser conectar no mesmo as peças.

### **O PROGRAMA A SER UTILIZADO: POWER AMPLIFICATOR**

**OBSERVAÇÕES:** \* Para frequências ou amplitudes muito grandes o amplificador de potência começa a piscar ocasionando uma distorção na forma da onda. Deve-se, então, reajustar os parâmetros, baixando os referidos valores. \* Sempre desligue primeiro o amplificador antes de desligar o computador. \* Frequências: 0,01 Hz a 2000Hz.

### **PARA ENTRAR NO PROGRAMA:**

- \* Pelo MS-DOS: cd\imc\power,  
Para começar digite Pax.
- \* Pelo Windows: Click duas vezes na janela Pasco e depois click na opção “Power Amplificator”.

### **CONTROLES DO OSCILOSCÓPIO:**

[ ← ]; [ → ]: Velocidade de varredura horizontal.  
[ ↑ ]; [ ↓ ]: Ganho para o canal vertical.  
[ CTRL - ↑ ] ou [ CTRL - ↓ ]: Ganho para voltagem de saída.  
[ ? ]: Help  
[ T ]: TRIGGERING MENU : Determinar a nova varredura.

N: Assim que o programa terminar uma varredura vai começar outra.

S: O programa vai esperar até você teclar espaço.

O: Dispara o programa quando a voltagem de saída for maior que zero.

I: Dispara o programa quando a voltagem de entrada for maior que zero.

R: Retorna ao programa.

### **COMANDOS QUE PODEM SER ACIONADOS QUANDO A TELA DO COMPUTADOR PARECER A TELA DE UM OSCILOSCÓPIO:**

[ H ]: Congela a imagem.

[ P ]: Congela a imagem e traça a curva de potência.

### ESCOLHA DO HARMÔNICOS:

[ 0 ]: Marcar a nova frequência escolhida.

[ 2 ]: Duas vezes a frequência marcada.

[ SHIFT - 2 ]: Metada da frequência marcada.

[ D ]: Demonstração.

### CONTROLES DE SAÍDA:

[ CTRL - TECLA ]: Aumenta ou diminui a frequência.

TECLA	Diminui a Frequência de:	TECLA	Aumenta a Frequência de:
HOME	25 %	Pg-Up	33 %
←	2 %	→	2 %
END	0.1 %	Pg-Dn	0.1 %
INS	0.005 %	Del	0.005 %

### [O]: MENU OPTIONS

G - Pôr ou tirar a grade

H - Escolha do canal plotado.

Y - Mudar os eixos.

X - Velocidade com que a onda é plotada.

S - Plotar a voltagem de saída

A - Mudar a amplitude da onda.

W - Mudar a forma da onda.

F - Mudar a frequência de saída.

R - Retornar à tela do osciloscópio.

### [F] : MENU FILE

P - Imprimir a tela.

S - Salvar os parâmetros escolhidos.

D - Analizar dados.

E - Salvar um gráfico para uso posterior.

A- Informações sobre o uso do amplificador de potência.

Q - Sair do programa.

R - Retorna à tela do osciloscópio.

### Montagem da Cuba:

**1. Pegue todo o material sugerido na lista; confira se nenhum item foi esquecido!(Nota: coloque a lista com as observações gerais ao lado!);**

**2. Confirme se a tomada é de 110 Volts, pois só iremos trabalhar com esta voltagem;**

3. Desenrole o fio da extensão para causar o efeito Joule nem gerar um campo magnético;
4. *Verifique o nivelamento da cuba utilizando o nível de bolha;*
5. Coloque o retroprojektor sob a cuba utilizando os “macacos” para regular a altura do primeiro;
6. *Monte o sistema oscilador / tripé e faça a ligação do oscilador com a interface do computador;*
7. Coloque a espuma nas faces internas da cuba e derrame sobre a mesma uma quantidade de água suficiente para cobrir a barra de acrílico integrante do kit;
8. *Ligue o retroprojektor e focalize de maneira que se veja bem as ondas ( nota: A melhor maneira de se ver as ondas não é colocando as ondas em foco e sim um pouco fora de foco !! Procure e encontrará uma boa visão! ).*

## EXPERIÊNCIAS NA CUBA DE VIDRO:

### I- INTERFERÊNCIA:

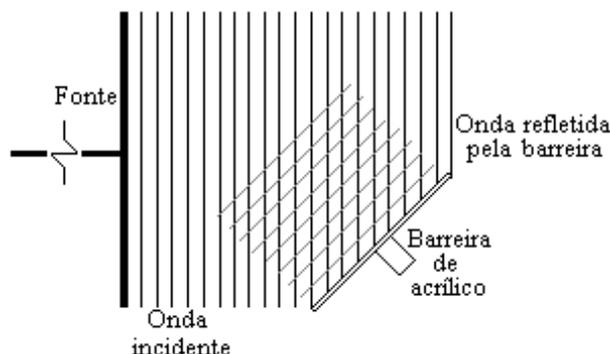
Conecte as fontes em forma de ancinho, uma de cada vez, e programe o computador para produzir ondas que permitam uma boa visualização das figuras de interferência projetadas pelo “retro”.

Sugestão: coloque **12.00** para a frequência e **3.00** para a amplitude.

**ATENÇÃO !! AS EXPERIÊNCIAS A SEGUIR DEVEM SER REALIZADAS COM A UTILIZAÇÃO DA FONTE DE ONDAS PLANAS; PARA UM MELHOR RESULTADO A PEÇA DE MADEIRA DEVE SER ACOPLADA À FONTE. PARA EVITAR A ROTAÇÃO DA FONTE UTILIZE A GARRA DE ALUMÍNIO.**

### II- REFLEXÃO:

Ajuste os valores de frequência e amplitude até conseguir ondas planas bem regulares. Utilize a barreira de acrílico para refletir as ondas e observe a projeção das mesmas na parede.

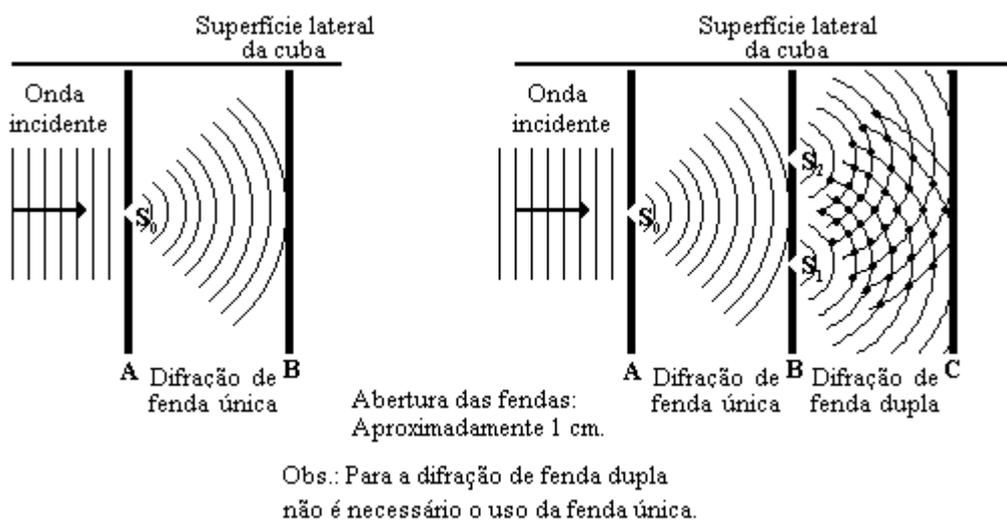


### III- DIFRAÇÃO:

Para realizar a experiência de difração de ondas na cuba de vidro são necessários alguns ajustes especiais no sistema:

- \* Para difração em fendas dupla e única, utilizar **15 hz** para a frequência e **1 V** para a amplitude;
- \* A madeira presa à fonte de ter aproximadamente 2 mm de sua espessura subersa;
- \* Uma das extremidades da fonte deve ficar bem próxima da lateral da cuba.

### FIGURAS DE DIFRAÇÃO:



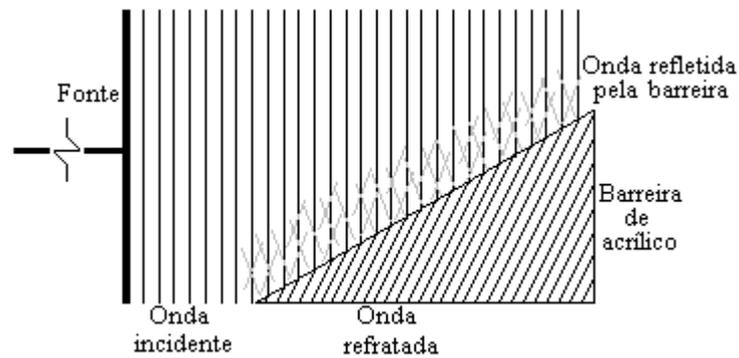
### IV- REFRAÇÃO:

Nas experiências a seguir são explorados os seguintes conceitos:

- \* Efeito da densidade do meio na velocidade de propagação de uma onda.
- \* Ângulo de refração de uma onda.
- \* Mudança no comprimento de onda após a mudança de meio.

Será utilizada para esta experiência apenas a placa de acrílico, que deve estar coberta por uma fina camada de água. Este pequeno espelho d'água servirá como diferenciador de meio; na parte onde a profundidade é maior, a onda pode deslocar-se livremente (meio menos denso) e na área sobre a placa de acrílico a pouca profundidade força a onda a deslocar-se com velocidade menor (meio mais denso).

Para obter um bom resultado, ajuste a placa de acrílico de modo que seja possível visualizar a mudança no direção de propagação da onda conforme mostra a figura a seguir.



## V- DISPERSÃO:

O objetivo desta experiência é mostrar a influência da frequência no ângulo de refração de uma onda; esta é a chamada “dispersão”.

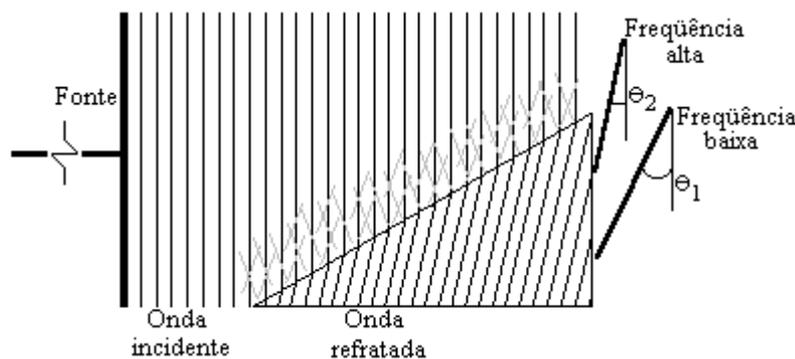
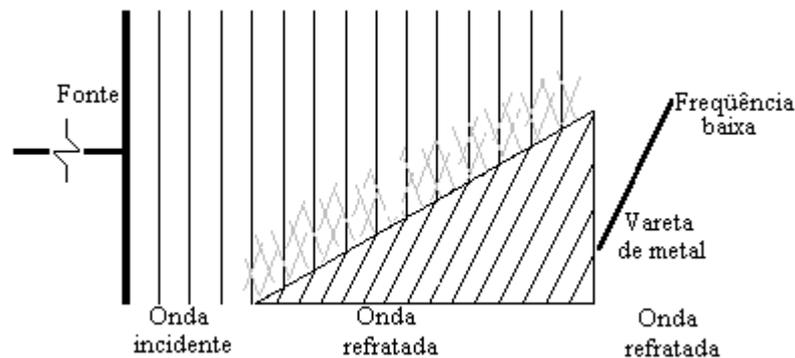
Para observarmos o fenômeno, é necessário fazer a comparação entre os ângulos de refração em dois casos diferentes:

\* no primeiro caso, utilizaremos ondas com uma frequência pequena (aprox. 5,0 Hz) e amplitude de 1,5 A.

\* no segunda caso, aumentaremos a frequência (15,0 Hz), mantendo a mesma amplitude.

Utilizando a frequência de 5,0 Hz, marque a direção das ondas refratadas com uma das varetas metálicas.

Repita o procedimento para a frequência de 15,0 Hz sem desmarcar a direção anterior. As figuras abaixo ilustram a experiência.

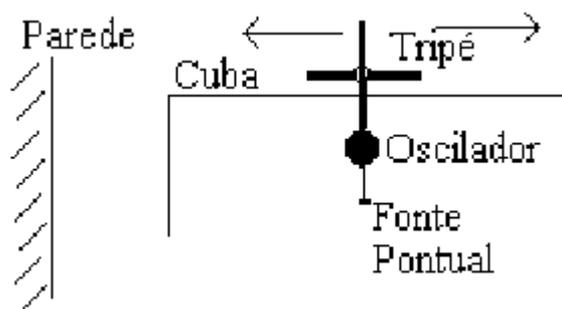


## VI- EFEITO DOPPLER:

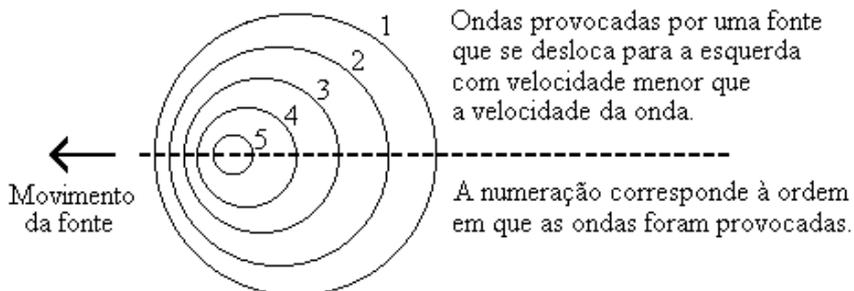
“Quando a fonte e o seu receptor têm um movimento relativo um ao outro, a frequência observada no receptor não é a mesma observada no emissor. Quando os dois se aproximam, a frequência observada é maior que a frequência emitida; quando se afastam, a frequência observada é menor que a da fonte emissora. Este é o denominado *efeito Doppler*.”

Nesta experiência utilizaremos a fonte pontual de ondas circulares e um anteparo (observador) de acrílico para observar este fenômeno.

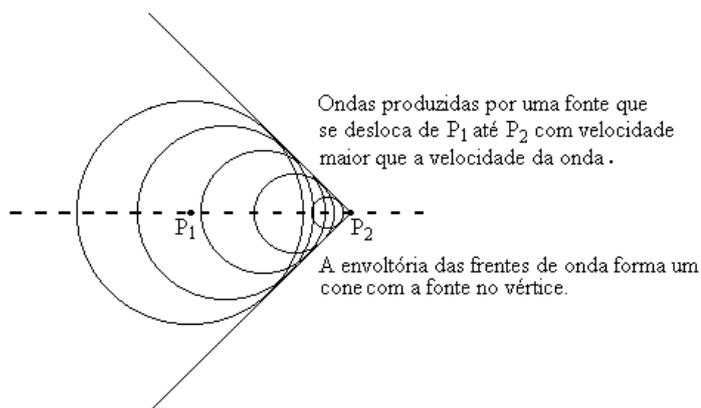
A experiência consiste em movimentar o tripé na direção paralela à lateral da cuba, fazendo com que a fonte se desloque sobre a água conforme mostra a figura abaixo.



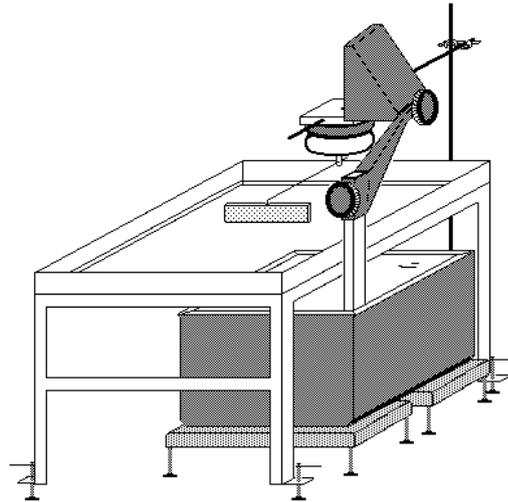
Experiência 1: Movimente a fonte com velocidade menor que a das ondas produzidas pelo oscilador; compare com a figura seguinte.



Experiência 2: Repita o procedimento anterior, mudando apenas a velocidade da fonte que deve ser agora, maior que a velocidade das ondas produzidas pelo oscilador.



**LAYOUT DA MONTAGEM DO TANQUE DE ONDAS.**



**ELABORADO/REVISADO:**  
**MÊS/ANO:**

**APROVADO:**  
**MÊS/ANO:**