

---

**FÍSICA EXPERIMENTAL 2 – ONDAS, FLUIDOS E TERMODINÂMICA**  
**EXPERIÊNCIA 6– CUBA DE ONDAS**

---

### Objetivos

Estudar os fenômenos de reflexão, refração, interferência e difração de ondas numa cuba de água.

### Introdução

Uma das maneiras mais interessantes de se estudar as propriedades de propagação das ondas é a partir da formação destas em uma cuba com água. As ondas na água movem-se na superfície não atingindo uma profundidade apreciável. Ao observar as ondas na água nota-se que estas se apresentam conforme ilustrado na Figura 1, onde a parte superior é denominada de crista e a inferior de depressão ou vale.

Numa cuba de ondas com fundo transparente é possível projetar as imagens das ondas em um anteparo. Essas imagens são produzidas porque as cristas das ondas atuam como lentes convergentes e focalizam a luz de uma lâmpada no anteparo, enquanto as depressões, atuando como lentes divergentes, tendem a dispersá-la. Dessa forma, as cristas aparecem no anteparo como faixas brilhantes, enquanto as depressões aparecem escuras. Com esse sistema pode-se estudar os fenômenos de reflexão, refração, difração e interferência utilizando as imagens produzidas pelas ondas na cuba.

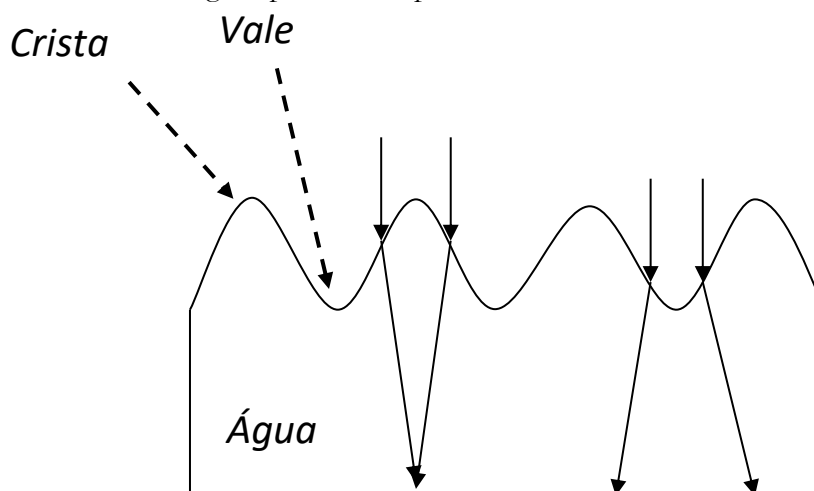


Figura 1 - Ondas formadas na superfície da água, formando cristas e vales que atuam como lentes.

O fenômeno de reflexão ocorre quando um pulso que se afasta do gerador de ondas encontra um obstáculo (barreira refletora). Observando a imagem da cuba, verificam-se dois pulsos retos, um se aproximando e o outro se afastando da barreira, conforme ilustrado na Figura 2(a).

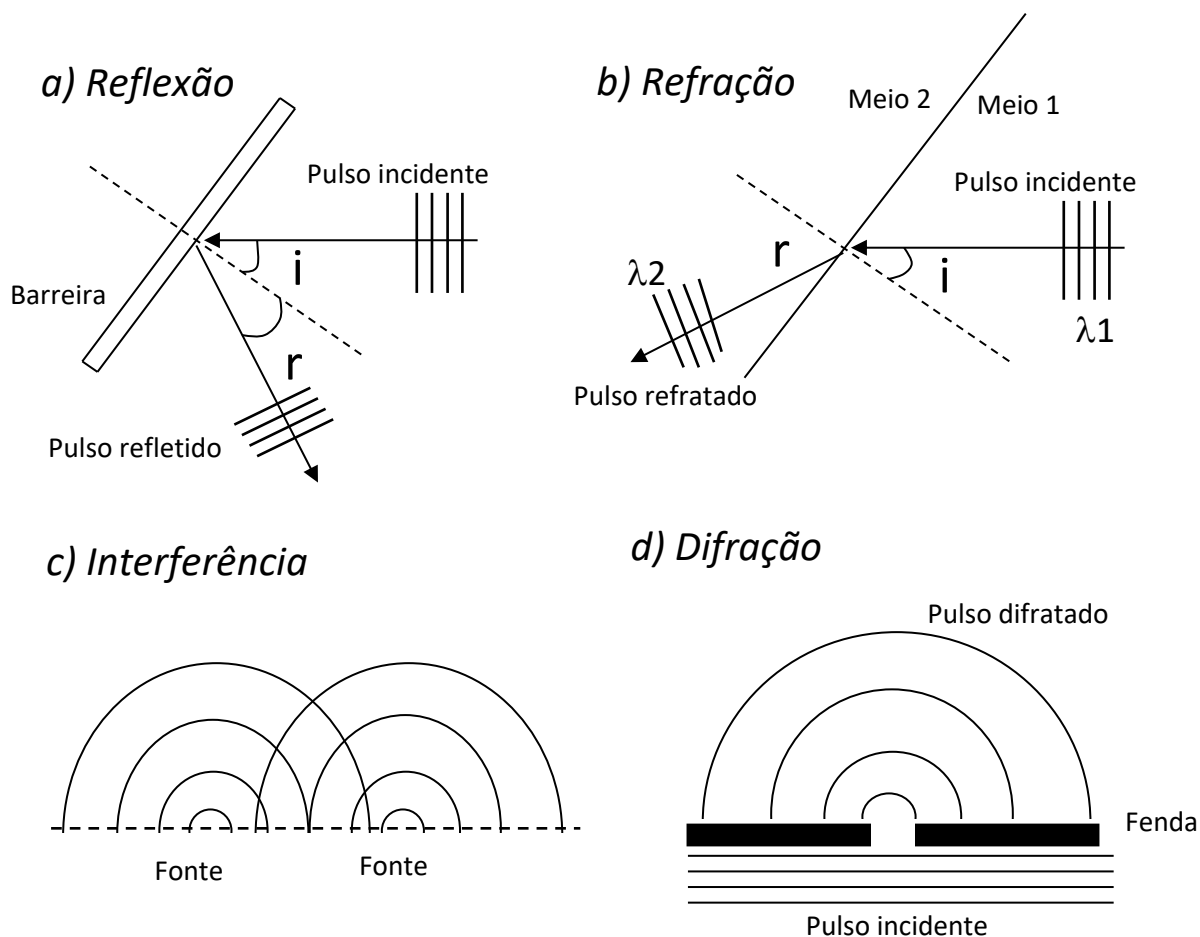


Figura 2 - Fenômenos ondulatórios: a) reflexão, b) refração, c) interferência e d) difração.

Nessa figura,  $i$  é o ângulo que o pulso incidente forma com a normal da barreira refletora (ângulo de incidência) e  $r$  o ângulo entre o pulso refletido e a normal da mesma barreira (ângulo de reflexão). A reflexão ocorre para todos os tipos de frente de onda (plana, circular, por exemplo).

O fenômeno de refração ocorre quando o meio de propagação da onda é alterado. A velocidade de propagação das ondas depende das propriedades do meio em que elas se deslocam. No caso de ondas na água, a velocidade depende da profundidade. Portanto, profundidades diferentes podem ser consideradas como meios distintos. Na prática, em uma cuba de água a profundidade pode ser alterada colocando-se uma placa de acrílico numa das regiões do fundo da cuba por exemplo. Posicionando uma placa transparente em uma posição oblíqua à frente de ondas, como ilustrado na Figura 2(b), verifica-se que as

ondas mudam a sua direção de propagação ao passar da profundidade maior para a menor. Medindo-se o ângulo de incidência  $i$  e o ângulo de refração  $r$ , pode-se comprovar experimentalmente a lei de Snell:

$$\frac{\text{sen}(i)}{\text{sen}(r)} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \quad (1)$$

onde  $\lambda_1$  é o comprimento de onda do pulso incidente e  $\lambda_2$  é o comprimento de onda do pulso refratado.

Quando duas ondas se encontram numa mesma região do espaço ocorre o fenômeno de interferência. Para ondas de mesmo comprimento de onda  $\lambda$ , a interferência ocorre através da anulação ou reforço alternado entre elas, como é mostrado na Figura 2(c). A interferência será construtiva ou destrutiva dependendo das diferenças das distâncias percorridas pelas ondas em termos de números inteiros ou semi-inteiros de comprimentos de onda.

O fenômeno de difração ocorre quando uma frente de onda se depara com objetos ou orifícios de dimensões da ordem de grandeza do comprimento de onda, causando uma mudança no padrão de propagação da onda. Para uma fenda estreita (largura da fenda  $d$  aproximadamente igual ao comprimento de onda  $\lambda$ ) a frente de onda se deformará conforme mostrado na Figura 2(d). Pode-se observar a variação do espectro de difração mudando-se a relação  $\lambda/d$ . É possível observar também que as ondas são fortemente difratadas quando atravessam uma fenda estreita (de largura comparável ao seu comprimento de onda) e que a difração é quase nula quando o comprimento de onda é muito pequeno quando comparado à largura da fenda.

Neste experimento iremos estudar os quatro fenômenos antes mencionados.

### **3.Lista de Material**

Estroboscópio, cuba com água, sistema de suporte para cuba, anteparo branco para folha A4, vibrador com medido de frequência, objetos de acrílico em diferentes formas para anteparos, paquímetro, régua ou trena.

### **Procedimento Experimental**

Os experimentos serão realizados em diferentes montagens. Os grupos de alunos revezarão o uso das montagens em esquema de rodízio. Para cada montagem, coloque água na cuba até uma altura de 0,5 a 0,75 cm. Ligue a fonte e varie lentamente a frequência do motor do

vibrador. Observe as ondas no anteparo e procure estabelecer o melhor foco possível. Desligue o motor, coloque uma lâmina de acrílico transparente no fundo da cuba e observe a sua imagem no anteparo. Meça o fator de ampliação da imagem. Procure estudar cada um dos fenômenos abaixo da melhor maneira possível realizando ao menos as investigações indicadas. Use sua criatividade para propor novas medições, relatando-as ao professor antes de realizar qualquer alteração no equipamento do laboratório.

**a) Experimento de Reflexão:**

**a.1)** Produzir ondas planas utilizando três frequências de vibração de 10, 20 e 30 Hz. Anotar as figuras obtidas e determinar o comprimento de onda e a velocidade de propagação da onda.

**a.2)** Inserir na cuba um anteparo retilíneo com três ângulos diferentes. Analisar as ondas incidentes e refletidas em função do ângulo para uma frequência fixa.

**a.3)** Inserir um obstáculo curvilíneo e estudar as diferentes reflexões.

**b) Experimento de Refração:**

**b.1)** Produzir ondas planas. Inserir a placa de acrílico oblíqua em relação à direção de propagação das ondas.

**b.2)** Obter e analisar o espectro resultante para ao menos duas inclinações diferentes e duas frequências diferentes.

**c) Experimento de Interferência:**

**c.1)** Utilizar uma fonte pontual e obter a figura resultante para 10, 20 e 30 Hz. Analisar obtendo o comprimento de onda e velocidade de propagação da onda.

**c.2)** Utilizar duas fontes pontuais presas ao gerador e distanciadas de 5 cm com frequências de 10, 20 e 30 Hz. Marcar a figura resultante e estudar o fenômeno observado.

**c.3)** Repetir o experimento para distanciamentos de 7,5 e 10 cm.

**d) Experimento de Difração:**

**d.1)** Utilizar um gerador de ondas planas com frequência de 10, 20 e 30 Hz. Colocar um obstáculo reto com uma fenda e estudar a figura resultante em função da abertura da fenda.

**d.2)** Colocar um obstáculo reto com duas fendas em paralelo e estudar o fenômeno observado.

**4. Análise dos dados:** Procure extrair o máximo de informação de seus resultados experimentais, comparando-os com aqueles esperados teoricamente.