

Tanque de ondas 1026082

Manual do usuário

11/25 Alf/GH/UD



- 1 Estroboscópio LED flexível com suporte magnético
- 2 Bacia de água
- 3 Corpos de imersão
- 4 Tela de observação
- 5 Cabos de conexão para gerador de vibração
- 6 Conexão do estroboscópio
- 7 Gerador de frequência
- 8 Interruptor liga/desliga

- 9 Nível de bolha
- 10 Excitadores de ondas
- 11 Parafusos de nivelamento
- 12 Suporte com base para gerador de vibração
- 13 Mangueira de drenagem
- 14 Gerador de vibração
- 15 Braço de conexão para excitadores de ondas

1. Instruções de segurança

Os componentes de vidro do tanque de ondulação podem quebrar se não forem manuseados corretamente.

- Não submeta o tanque de ondulação a forças mecânicas excessivas.

2. Equipamento fornecido

- 1 Tanque ondulado com espelho de projeção, tela de observação e mangueira de drenagem
- 1 Estroboscópio LED flexível com suporte magnético
- 1 Gerador de frequência
- 1 Fonte de alimentação plug-in, 12 V CC
- 1 Interruptor liga/desliga
- 1 Gerador de vibração
- 1 Suporte com base para gerador de vibração
- 2 Cabos de conexão para gerador de vibração
- 1 Braço de conexão para excitadores de ondas
- 1 Conjunto de 4 excitadores de ondas (ondas planas, ondas circulares, duas/quatro ondas circulares interferentes)
- 1 Conjunto de 7 corpos de imersão (prisma, lente biconvexa, lente bicôncava, três cubóides longos/um cubóide curto)
- 1 Nível de bolha
- 1 Estojo de armazenamento

3. Descrição

O tanque de ondulação é utilizado para demonstrar claramente fenômenos ondulatórios fundamentais, tais como a geração de ondas planas e circulares, refração, reflexão, difração e interferência, visualizados através de ondas de água projetadas num ecrã de observação.

O tanque de ondulação consiste em uma estrutura de alumínio com uma bacia rasa com fundo de vidro. O fundo de vidro inclui uma abertura com uma mangueira de drenagem para esvaziar a água. A bacia é nivelada usando um nível de bolha e quatro pés ajustáveis em altura na parte inferior do tanque de ondulação. Ondas planas ou circulares são geradas na água por meio de oscilações mecânicas localizadas, com sua frequência e amplitude definidas no gerador de frequência.

Uma lâmpada LED com um suporte magnético ilumina o tanque por cima, funcionando como um estroboscópio com frequência síncrona ou assíncrona. A estrutura contém um espelho

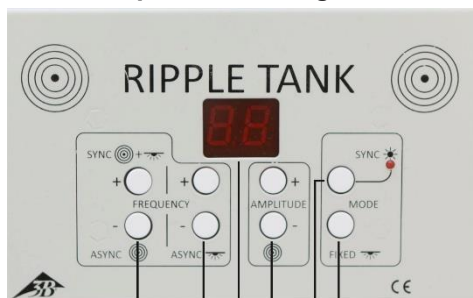
angular que projeta as ondas em uma tela de observação. O estroboscópio é conectado por meio de um soquete de três pinos no lado esquerdo do gerador de frequência.

O gerador de frequência permite o ajuste separado da frequência do estroboscópio e da frequência e amplitude da geração de ondas. A frequência definida é exibida continuamente no gerador de frequência, enquanto a amplitude é mostrada temporariamente quando alterada. A alimentação é fornecida por meio de uma fonte de alimentação plugável.

A geração de ondas é realizada usando um gerador de vibração. Um suporte com uma base é usado para montar e posicionar o gerador de vibração. Dentro do tubo da base há uma mola helicoidal que atua como um amortecedor. Os excitadores de ondas são acoplados mecanicamente por meio de um braço de conexão. A alimentação é fornecida por meio de dois cabos de conexão através do gerador de frequência. Vários excitadores de ondas e corpos de imersão estão disponíveis para a realização de experimentos.

Existem dois recortes laterais no tanque de ondulação para facilitar o manuseio e o transporte.

3.1 Elementos operacionais – gerador de frequência

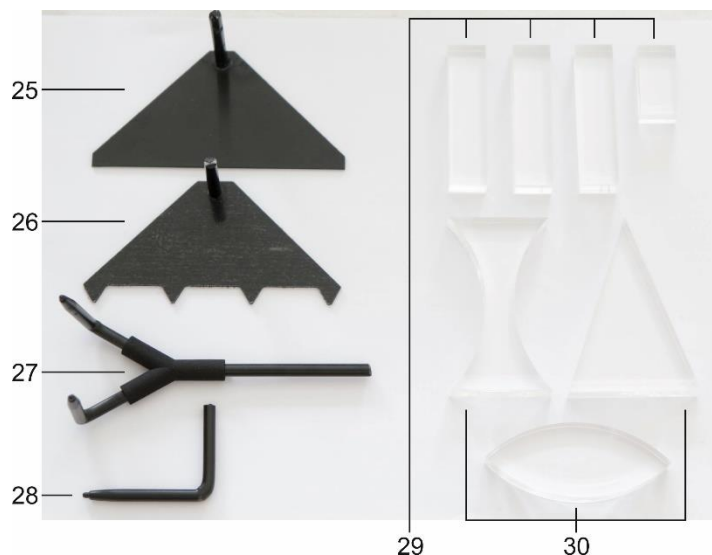


- 16 Botões para ajustar a frequência do vibrador no modo síncrono
 17 Botões para ajustar a frequência do vibrador no modo assíncrono
 18 Visor de frequência
 19 Botões para ajustar a amplitude do vibrador
 20 Interruptor para operação síncrona/assíncrona



- 21 Interruptor liga/desliga para iluminação estroboscópica
 22 Tomada de conexão para estroboscópio
 23 Tomada de conexão para fonte de alimentação plug-in
 24 Tomadas de conexão para gerador de vibração

3.2 Acessórios



- 25 Excitador para ondas planas
 26 Excitador para quatro ondas circulares interferentes
 27 Excitador para duas ondas circulares interferentes
 28 Excitador para ondas circulares

- 29 Corpos de imersão três cubóides longos, um cubóide curto
 30 Corpos de imersão: prisma, lente bicôncava e biconvexa

4. Dados técnicos

Dimensões

Tanque:	aprox. 400 x 300 x 330 mm ³
Bacia de água (superfície útil de vidro):	aprox. 360 x 260 mm ²
Tela de observação:	aprox. 395 x 320 mm ²
Espelho de projeção:	aprox. 420 x 395 mm ²

Lâmpada estroboscópica

Fonte de luz:	LED 3 W
Diâmetro:	34 mm
Frequência máxima:	60 Hz

Gerador de frequência

Dimensões:	aprox. 170 x 110 x 50 mm ³
------------	---------------------------------------

Faixa de frequência: 1 – 60 Hz, ajustável em incrementos de 1 Hz

Ajuste de amplitude: 1 – 30%

Tensão de alimentação: 12 V CC / 1 A de saída 100 – 240 V de entrada

Gerador de vibração

Dimensões: aprox. 110 x 90 x 110 mm³

Corrente: máx. 400 mA

Proteção contra sobre-carga: fusível de 500 mA

Conexão: Tomadas de segurança de 4 mm

5. Operação

Recomendado adicionalmente:

1 Béquer, 800 ml, forma alta	1025694
1 Pisseta 500 ml	1009812
Água	

- Coloque o tanque de ondulação com a tela de observação voltada para a frente sobre uma superfície nivelada e sem vibrações.
- Desaparafuse os quatro pés ajustáveis em altura na parte inferior do tanque ondulado até que você possa deslizar o suporte com base para o gerador de vibração por baixo do tanque ondulado sem tocá-lo.
- Utilize o nível de bolha e os pés ajustáveis para nivelar horizontalmente o tanque de ondulação.
- Prenda a mangueira de drenagem na braçadeira do tanque ondulado de forma que ela fique apontada diretamente para cima.
- Deslize o suporte com base para o gerador de vibração sob o lado direito central do tanque de ondulação, com a extremidade pontiaguda da base voltada para o tanque. Se necessário, gire e prenda o suporte na base de forma que sua extremidade pontiaguda também fique voltada para o tanque.
- Use o nível de bolha e os dois parafusos de nivelamento na base para alinhar o suporte horizontalmente.
- Coloque o gerador de vibração no suporte com o painel de controle voltado para a frente.
- Prenda o braço de conexão para excitadores de ondas na ponta do suporte usando sua base magnética e fixe-o ao pino do gerador de vibração usando o parafuso serrilhado.

- Insira o excitador de ondas desejado no braço e fixe-o com o parafuso serrilhado.
- Conecte o gerador de frequência e o gerador de vibração usando os dois cabos de segurança de 4 mm.
- Monte o estroboscópio na parte externa do tanque de ondulação usando o suporte magnético e conecte-o ao gerador de frequência usando o cabo de três pinos.
- Conecte o gerador de frequência à fonte de alimentação usando o interruptor liga/desliga e o adaptador de alimentação plugável.
- Encha o tanque de ondulação com 5 mm de água.

Os corpos de imersão se estenderão acima da superfície da água.

- Ajuste a profundidade de imersão do excitador de ondas definindo a altura do suporte de modo que a borda inferior do excitador de ondas toque levemente a superfície da água.
- Ligue o gerador de frequência.

Na inicialização, o sistema é pré-configurado para operação síncrona com uma frequência de 30 Hz e uma amplitude de 10%. Com frequências síncronas do gerador de ondas e do estroboscópio, padrões de ondas estacionárias podem ser visualizados; com configurações assíncronas, ondas viajantes aparecem.

- Ajuste a altura e a posição do estroboscópio de modo que o tanque de ondulação fique totalmente iluminado.
- Realize o experimento. Ajuste a profundidade da água, a posição do excitador de ondas, a frequência e a amplitude conforme necessário para otimizar a visualização dos fenômenos observados.
- Após concluir o experimento, esvazie o tanque de ondulação em um copo usando a mangueira de drenagem.
- Seque cuidadosamente o dispositivo para evitar o acúmulo de calcário.

6. Exemplos de experiências

6.1 Geração de ondas

- Certifique-se de que o tanque de ondulação esteja cheio com 5 mm de água.
- Insira os excitadores de ondas apropriados, um após o outro, no braço até que estejam totalmente encaixados, fixe-os com o parafuso serrilhado e gere ondas planas, ondas circulares ou ondas circulares interferentes, conforme necessário (Fig. 1a – d). Ajuste a profundidade de imersão de cada excitador de ondas, definindo a altura do suporte de forma que a borda inferior do excitador de ondas toque levemente a superfície da água.

6.2 Refração

- Certifique-se de que o tanque de ondulação esteja cheio com 5 mm de água.
- Insira o excitador de ondas planas no braço até que esteja totalmente encaixado e fixe-o com o parafuso serrilhado.
- Coloque a lente biconvexa, a lente bicôncava ou o prisma no centro do tanque de ondulação, alguns centímetros à frente do excitador de ondas.
- Proteja as bordas frontais da lente bicôncava usando dois cubóides longos colocados na vertical (Fig. 2b) para minimizar efeitos indesejados nas bordas, como difração e fenômenos de interferência.
- Gire o prisma de modo que seu lado longo, que fica voltado para longe do excitador de ondas, fique paralelo ao excitador de ondas (Fig. 2c).

O lado longo voltado para o excitador de ondas deve então formar um ângulo de aproximadamente 40° com ele, correspondendo ao ângulo do vértice do prisma.

- Adicione água para que o corpo de imersão fique completamente coberto.
- Ajuste a profundidade de imersão do excitador de ondas definindo a altura do suporte de modo que a borda inferior do excitador de ondas toque levemente a superfície da água.

Para observar a refração, o corpo de imersão deve estar apenas coberto com água.

- Ligue o gerador de frequência e observe o visor na tela de observação. Use, por exemplo, um borrifador para remover a água do tanque de ondulação até que a refração se torne visível atrás do corpo de imersão. Ajuste a profundidade de imersão do excitador de ondas e, se necessário, a frequência e a amplitude para otimizar a exibição.

- Repita o experimento com os outros corpos de imersão.

Atrás da lente biconvexa, formam-se ondas circulares convergentes, focando-se num ponto (Fig. 2a). Atrás da lente bicôncava, as ondas circulares divergentes parecem ter origem num ponto focal virtual à frente da lente (Fig. 2b). O prisma desvia as ondas planas (Fig. 2c).

Acima dos corpos de imersão, a profundidade da água é significativamente menor do que na área circundante. Nessas regiões rasas, a velocidade das ondas diminui, resultando em um comprimento de onda mais curto. Consequentemente, à medida que as ondas transitam de águas mais profundas para águas mais rasas, elas se refratam, semelhante às ondas de luz que passam de um meio opticamente menos denso para um meio opticamente mais denso.

6.3 Reflexão

- Certifique-se de que o tanque de ondulação esteja cheio com 5 mm de água.
- Insira o excitador de ondas planas no braço até que esteja totalmente encaixado e fixe-o com o parafuso serrilhado. Ajuste a profundidade de imersão definindo a altura do suporte de modo que a borda inferior do excitador de ondas toque levemente a superfície da água.
- Coloque a lente biconvexa ou a lente bicôncava no tanque de ondulação e observe o padrão de reflexão.

Quando as ondas planas refletem em obstáculos curvos, a lente biconvexa age como um espelho convexo (Fig. 3a), enquanto a lente bicôncava se comporta como um espelho côncavo (Fig. 3b).

- Coloque os três cubóides longos em um ângulo de 45° na frente do excitador de ondas para formar um obstáculo reto e contínuo.

Quando as ondas planas refletem em um obstáculo reto, ele se comporta como um espelho plano. As ondas refletidas permanecem planas e o comprimento de onda não muda. A lei da reflexão se aplica: ângulo de incidência = ângulo de reflexão (Fig. 3c).

- Repita o experimento usando o excitador para ondas circulares. Aproxime o obstáculo reto do gerador de ondas para este experimento.

Quando ondas circulares refletem em um obstáculo reto, ele age como um espelho plano. As ondas refletidas permanecem circulares, com sua origem aparecendo em um ponto virtual atrás do obstáculo reto, simétrico ao ponto de excitação (Fig. 3d).

6.4 Difração

- Certifique-se de que o tanque de ondulação esteja cheio com 5 mm de água.
- Insira o excitador para ondas planas no braço até que esteja totalmente encaixado e prenda-o com o parafuso serrilhado. Ajuste a profundidade de imersão definindo a altura do suporte de modo que a borda inferior do excitador de ondas toque levemente a superfície da água.
- Usando dois cubóides longos, crie sequencialmente uma única fenda com três larguras diferentes: 1) significativamente mais larga que o comprimento de onda, 2) ligeiramente mais larga que o comprimento de onda e 3) menor que o comprimento de onda.

No primeiro caso, as ondas planas passam pela fenda praticamente inalteradas. Ondas circulares com amplitude mais fraca se espalham pela região sombreada a partir das bordas (Fig. 4a). No segundo caso, as ondas circulares originárias das bordas da fenda interferem umas com as outras. Isso produz máximos e mínimos de interferência dispostos ao longo de hipérboles, com as bordas da fenda atuando como fontes de excitação de ondas (Fig. 4b). No terceiro caso, ondas circulares se formam e a fenda se comporta como uma fonte pontual (Fig. 4c).

- Coloque um cuboide longo no tanque de ondulação como um obstáculo.

As bordas do paralelepípedo atuam como fontes de ondas circulares que também se espalham pela região sombreada e interferem atrás do paralelepípedo (Fig. 4d).

6.5 Interferência

- Certifique-se de que o tanque de ondulação esteja cheio com 5 mm de água.
- Insira os excitadores para duas e quatro ondas circulares interferentes no braço, um após o outro, e fixe-os com o parafuso serrilhado. Ajuste a profundidade de imersão dos excitadores de ondas, definindo a altura do suporte de forma que as bordas inferiores dos excitadores toquem levemente a superfície da água.
- Observe os padrões de interferência.

Os máximos e mínimos de interferência estão localizados ao longo de hipérboles, com pontos focais nas posições de excitação das ondas (Fig. 1c, d).

- Insira o excitador para ondas planas no braço até que esteja totalmente encaixado e fixe-o com o parafuso serrilhado. Ajuste a profundidade de imersão definindo a altura do suporte de modo que a borda inferior do

excitador de ondas toque levemente a superfície da água.

- Use dois cubóides longos e o cubóide curto para criar uma fenda dupla.
- Observe os padrões de interferência.

Os padrões de interferência atrás da fenda dupla se assemelham aos produzidos pelo excitador para duas ondas circulares interferentes. De acordo com o princípio de Huygens, frentes de onda circulares com frequência e amplitude idênticas são geradas simultaneamente em ambas as fendas (Fig. 5).

6.6 Determinação do comprimento de onda

Para determinar o comprimento de onda, o fator de ampliação b deve ser considerado.

O fator de ampliação b pode ser calculado, por exemplo, colocando a lente bicôncava no tanque de ondulação e comparando seu tamanho real A com o tamanho de sua imagem A' na tela de observação:

$$b = A'/A$$

O comprimento de onda real λ é então determinado a partir do comprimento de onda λ' medido na tela de observação:

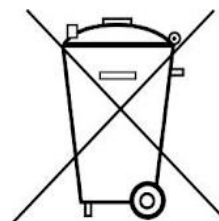
$$\lambda = \lambda'/b$$

7. Armazenamento e manutenção

- Armazene o tanque de ondulação em um local livre de poeira.
- Seque bem o tanque ondulado após o uso para evitar o aparecimento de manchas de água e depósitos de calcário.

8. Descarte

- A embalagem deve ser descartada em pontos de reciclagem locais.
- Caso precise descartar o equipamento, nunca o jogue no lixo doméstico comum. Aplicam-se as regulamentações locais para o descarte de equipamentos elétricos.



Geração de ondas

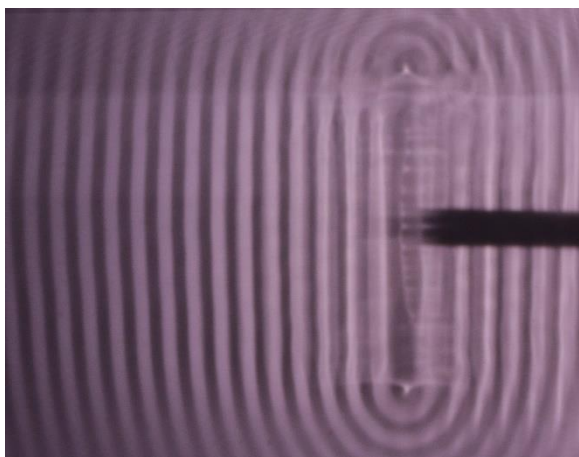


Fig. 1a: Geração de ondas planas

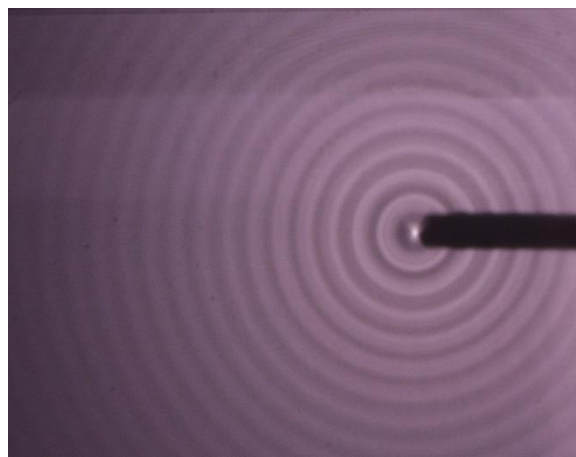


Fig. 1b: Geração de ondas circulares

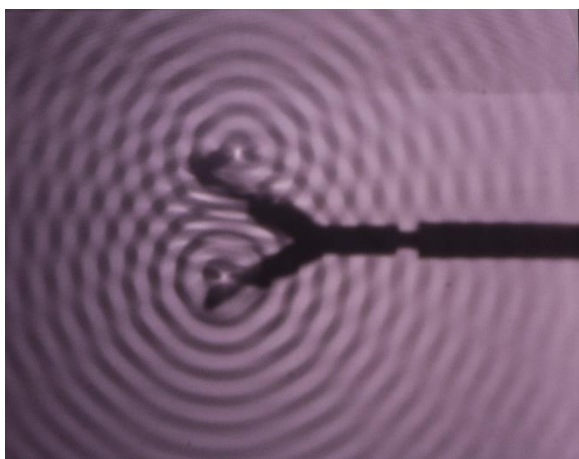


Fig. 1c: Geração de duas ondas circulares interferentes

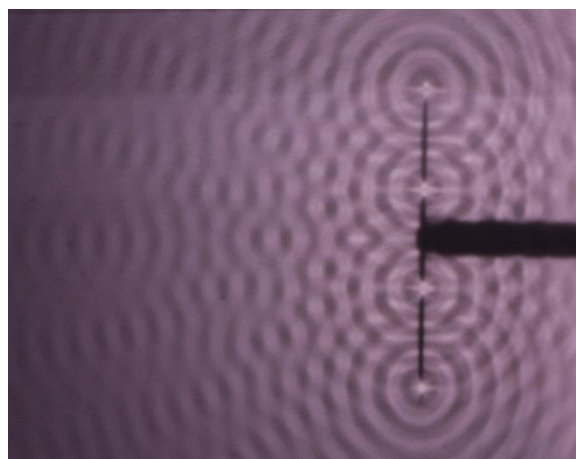


Fig. 1d: Geração de quatro ondas circulares interferentes

Refração

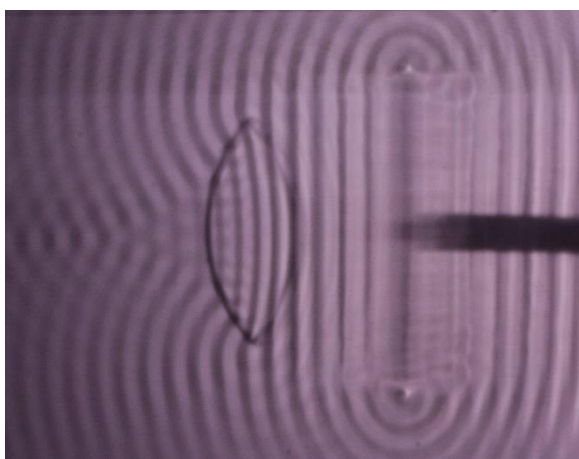


Fig. 2a: Refração de ondas planas em uma lente biconvexa

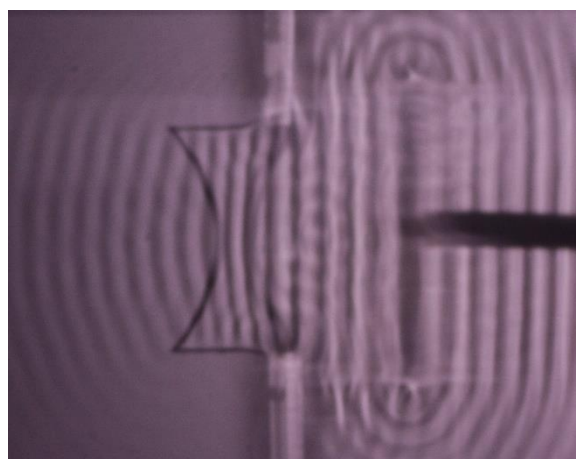


Fig. 2b: Refração de ondas planas em uma lente bicôncava. As bordas frontais da lente são protegidas por dois cubóides longos colocados na vertical para minimizar efeitos indesejados nas bordas, como difração e fenômenos de interferência

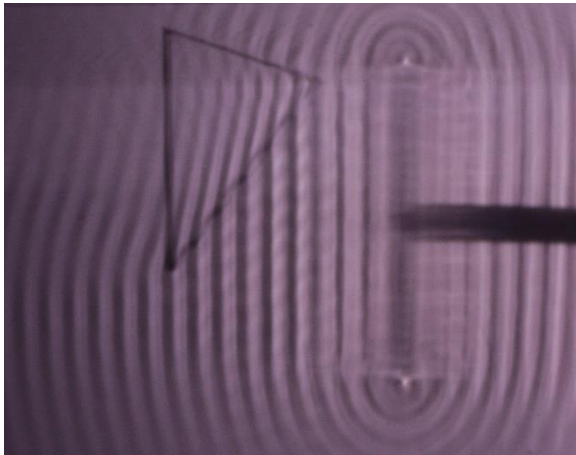


Fig. 2c: Refração de ondas planas em um prisma

Reflexão

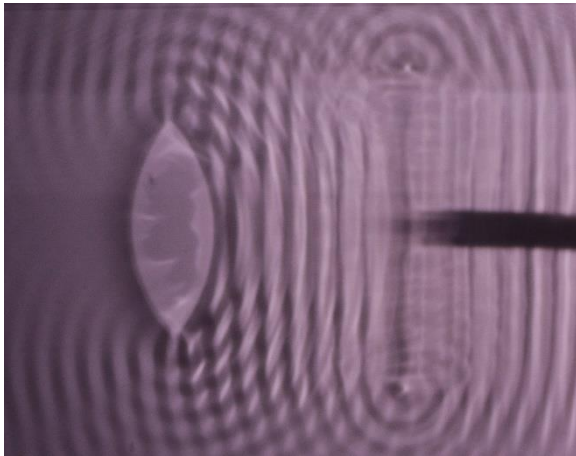


Fig. 3a: Reflexão de ondas planas em uma lente biconvexa

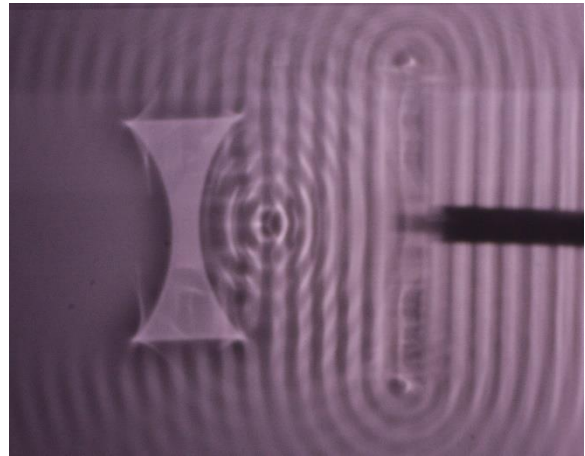


Fig. 3b: Reflexão de ondas planas em uma lente biconcava

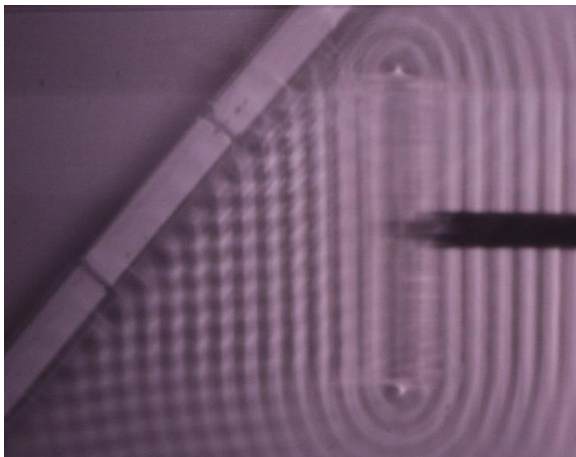


Fig. 3c: Reflexão de ondas planas em um obstáculo reto

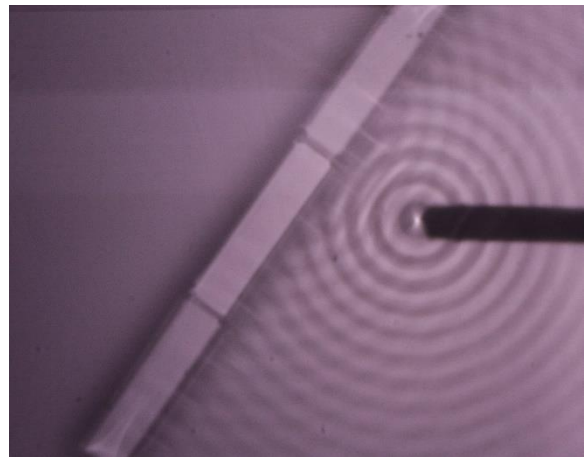


Fig. 3d: Reflexão de ondas circulares em um obstáculo reto

Difração

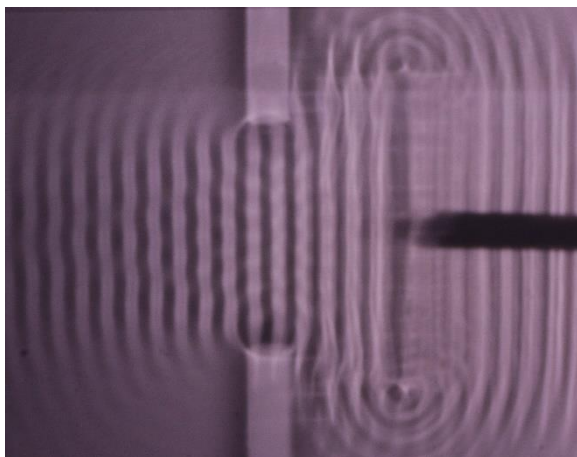


Fig. 4a: Difração de ondas planas em uma fenda com largura significativamente maior que o comprimento de onda

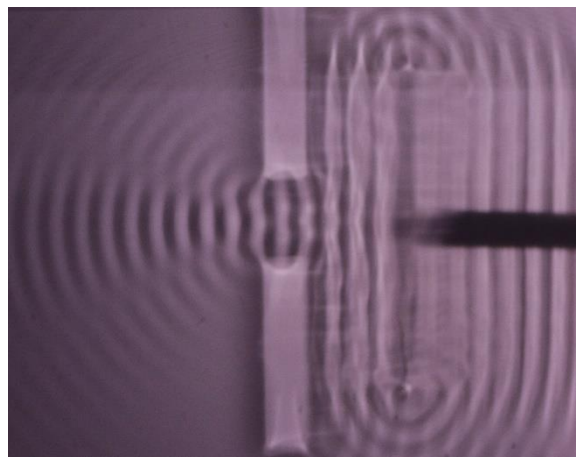


Fig. 4b: Difração de ondas planas em uma fenda com largura ligeiramente maior que o comprimento de onda

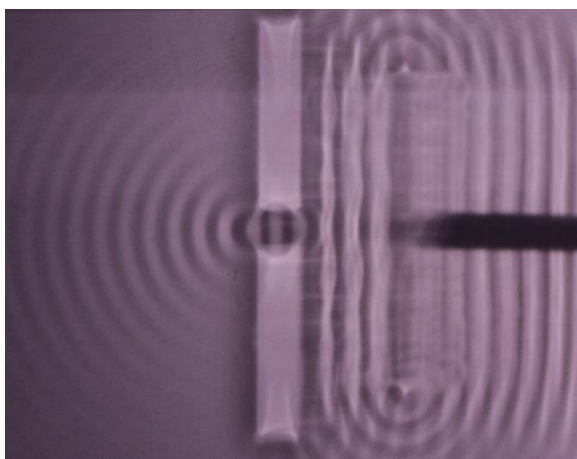


Fig. 4c: Difração de ondas planas em uma fenda com largura menor que o comprimento de onda

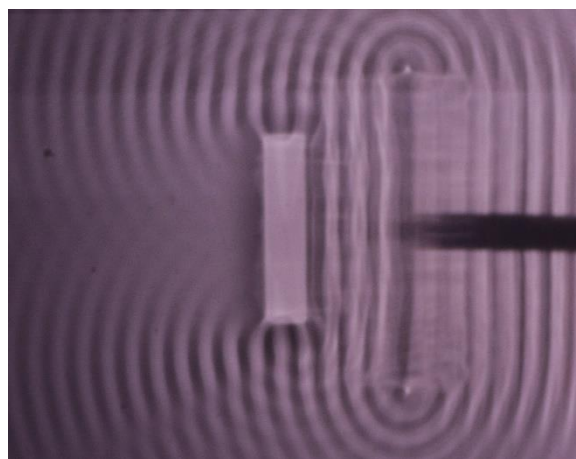


Fig. 4d: Difração de ondas planas nas bordas de um paralelepípedo

Interferência

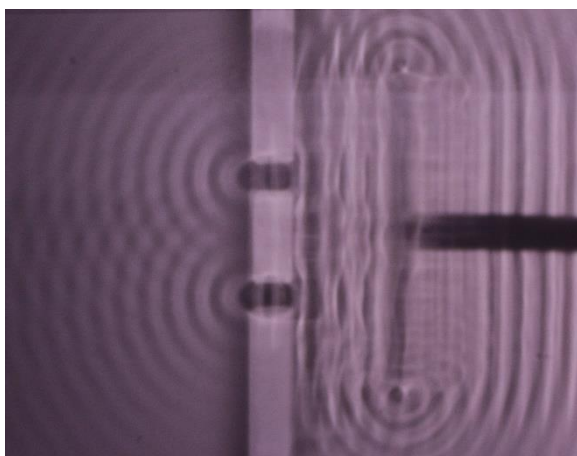


Fig. 5: Interferência na fenda dupla