

## Biprisma de Fresnel

### GERAÇÃO DE INTERFERÊNCIA DE DOIS FEIXES COM BIPRISMA DE FRESNEL.

- Utilização de um biprisma de Fresnel para geração de duas fontes de luz virtuais e coerente a partir de uma fonte de luz puntiforme.
- Observação da interferência dos dois feixes das duas fontes de luz virtuais.
- Determinação do comprimento de onda de um laser He-Ne a partir da distância das faixas de interferência.

UE4030300

10/15 MEC/UD



Fig. 1: Disposição de medição.

### FUNDAMENTOS GERAIS

Em uma de suas experiências com interferência, *August Jean Fresnel* utilizou um biprisma para geração de interferência de dois feixes. Ele decompôs um feixe divergente de luz através da refração no biprisma em dois feixes parciais, que parecem originar-se de duas fontes coerentes de luz e, por isso, interferem um no outro. Numa tela de observação, ele pode observar uma série de picos de intensidade em distância constante.

O fato de surgir um pico de intensidade depende da diferença de percurso  $\Delta$  entre os caminhos óticos dos feixes parciais. No caso de grande distância  $L$  da fonte de luz em relação à tela de observação, vale, com boa aproximação,

$$(1) \quad \Delta = A \cdot \frac{x}{L}.$$

Sendo  $x$  a coordenada do ponto observado na tela de observação perpendicular ao eixo de simetria e  $A$ , a distância ainda a ser determinada das duas fontes virtuais de luz. Picos de intensidade surgem exatamente no momento em que a diferença de percurso for um múltiplo do comprimento de onda  $\lambda$ :

$$(2) \quad \Delta_n = n \cdot \lambda, \text{ mit } n = 0, 1, 2, \dots$$

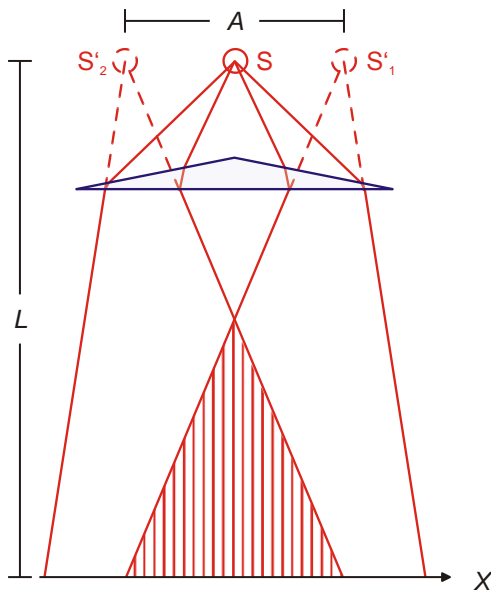


Fig. 2: Representação esquemática do percurso do feixe no biprisma.

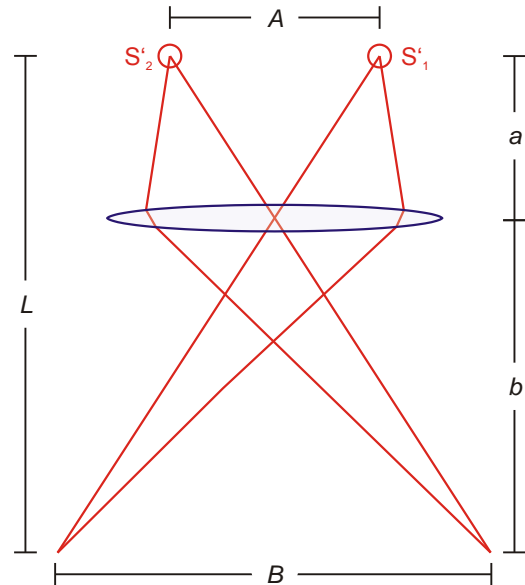


Fig. 3 Percurso do feixe para representação das duas fontes de luz virtuais na tela.

Uma comparação entre (1) e (2) demonstra que os picos de intensidade ficam nas coordenadas

$$(3) \quad x_n = n \cdot D$$

e apresentam a distância constante  $D$ . Além disso, vale a relação

$$(4) \quad \lambda = A \cdot \frac{D}{L}$$

A equação (4) pode ser observada como equação determinante para o comprimento de onda  $\lambda$  da luz utilizada. Ela vale, em princípio, para a interferência de dois feixes.

Entretanto, por ora ainda está em aberto, de que forma a distância  $A$  de ambas as fontes virtuais de luz pode ser medida. Para tanto, uma construção óptica simples, em que ambas as fontes de luz são representadas com auxílio de uma lente convergente sobre a tela de observação e a distância  $B$  das imagens destas fontes de luz é medida, pode ajudar (vide fig. 2). Vale:

$$(5) \quad A = B \cdot \frac{a}{b}$$

$a$ : largura do objeto,  $b$ : largura da imagem.

## LISTA DE APARELHOS

1	Bi-prisma segundo Fresnel	U14053	1008652
1	Mesa prismática sobre haste	U17020	1003019
1	Laser de He-Ne	U21840	1003165
1	Objetiva acromática 10x / 0,25	W30614	1005408
1	Lente convergente $f = 200$ mm	U17104	1003025
3	Cavalete óptico D, 90/50	U103111	1002635
1	Banco óptico D, 50 cm	U10302	1002630
1	Tela de projeção	U17130	1000608
1	Base em tonel, 1000 g	U13265	1002834

1 Fita métrica, 2 m

U10073 1002603

### Adicionalmente necessários:

1 Folha de papel milimetrado aprox. 20 x 30 cm<sup>2</sup>

1 Lápis

## INDICAÇÕES DE SEGURANÇA

O laser He-Ne U21840 (1003165) emite radiação visível com uma longitude de onda de 630-680 nm com um desempenho de saída máximo abaixo de 1 mW, correspondendo assim às diretivas da classe 2 da norma DIN EN 60825-1 "Segurança de instalações laser". Ou seja, a proteção do olho humano ocorre habitualmente por meio de reações de defesa que incluem o reflexo de fechar a pálpebra.

- Nunca olhar diretamente ou para o reflexo do feixe laser.
- Só permitir a operação do laser por pessoas comprovadamente preparadas e autorizadas.
- Informar todas as pessoas participantes ou observadoras de uma experiência com o laser sobre os riscos ligados ao feixe laser e as medidas de proteção necessárias.
- Executar as experiências sempre com o desempenho de feixe mínimo necessário.
- Instalar o feixe de modo que este nunca se encontre à altura dos olhos.
- Reduzir o alcance do laser ao mínimo necessário de modo a evitar reflexões indesejadas.
- Sinalizar com cartazes de alerta os espaços onde são realizadas experiências com o laser.
- Na Alemanha, respeitar as diretivas de prevenção de acidentes BGV B2 "Radiação laser" e caso relevante, as leis correspondentes do ministério da cultura, e em outros países, respeitar as diretivas locais vigentes.

- Guardar a chave com cuidado e assegurar contra o acesso indevido.

Se a operação do aparelho ocorrer conforme às instruções de uso, a segurança do laser He-Ne está garantida. A segurança, porém, não estará garantida se o laser He-Ne for utilizado de forma indevida ou se for manipulado sem a devida atenção. Se houver razões para considerar que a operação segura não é mais possível, deve-se desligar imediatamente o aparelho (por exemplo, no caso de danos visíveis) e protegê-lo contra uma utilização indevida.

- Antes de iniciar a operação, verificar a integridade da armação. Em caso de disfunção ou de danos visíveis do laser He-Ne, desligar imediatamente o aparelho e protegê-lo contra utilização indevida.
- Por causa das tensões de operação e de ignição letais presentes em seu interior, nunca abrir a armação.

**MONTAGEM**

- Inicialmente, realizar a montagem conforme Fig. 4 sem a lente convergente  $f = 200 \text{ mm}$ .
- Posicionar a tela a uma distância  $> 4 \text{ m}$  atrás do banco óptico e fixar o papel milimetrado na tela.
- Para o alargamento do feixe laser, parafusar a objetiva acromática na abertura de saída do feixe do laser.
- Posicionar o biprisma no centro da mesa prismática e fixar com a mola de aperto.

**Orientação:**

- Manusear o biprisma com cuidado, pois é de vidro frágil.
- Ajustar o laser de forma que o feixe laser atinja o biprisma exatamente no centro e que possam ser observadas faixas de interferência na tela.

- Se for o caso, fazer o ajuste fino do laser por giro leve para a esquerda ou direita, até que o padrão de interferência relativo ao máximo central de intensidade apareça simétrico na tela.

**EXECUÇÃO**

**Observação da interferência**

- Através de deslocamento da mesa prismática ao longo do eixo óptico, reduzir e aumentar a largura do objeto e observar as faixas de interferência na tela.
- Selecionar a largura de objeto de forma que, respectivamente, pelo menos cinco faixas de interferência sejam facilmente reconhecidos à esquerda e à direita do máximo central de intensidade. Não alterar mais a posição da mesa prismática.

**Distância dos mínimos de intensidade**

**Orientação:**

Por conta do contraste claro-escuro, é mais fácil determinar a distância dos mínimos de intensidade ao invés da dos máximos de intensidade.

- Com um lápis, marcar respectivamente os locais  $x_{n+1/2}$  ( $n = 0, 1, 2, \dots$ ) de intensidade mínima de luz do padrão de interferência no papel milimetrado até a 5ª ordem (Fig. 5).
- Medir as distâncias  $D_n = x_{n+1/2} - x_{n-1/2}$  de, respectivamente, dois mínimos de intensidade avizinados.
- Determinar a distância  $D$  pela formação da média aritmética das distâncias  $D_n$ .

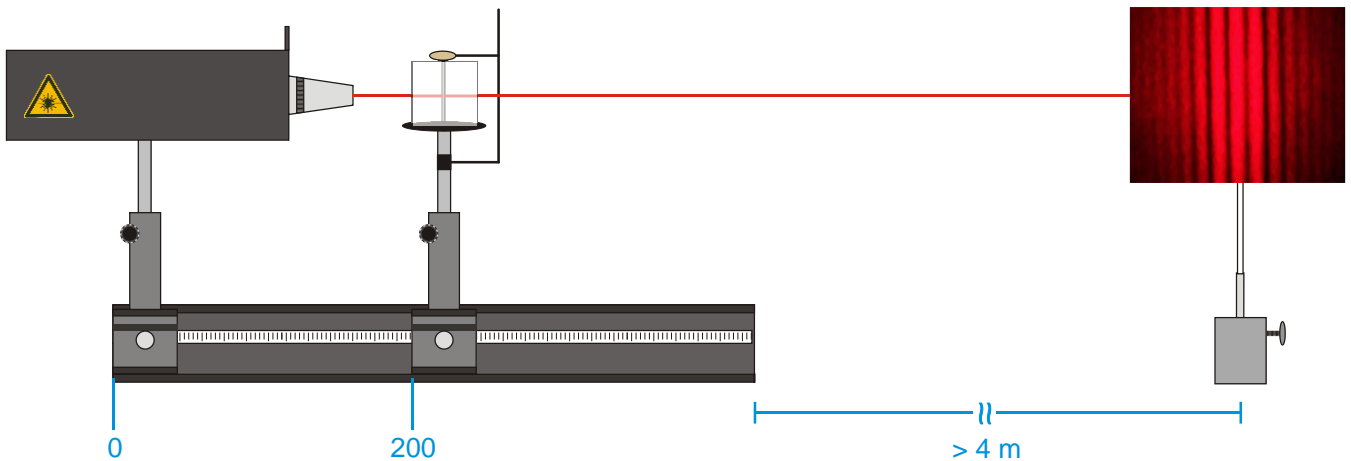


Fig. 4: Esquema da disposição de medição.

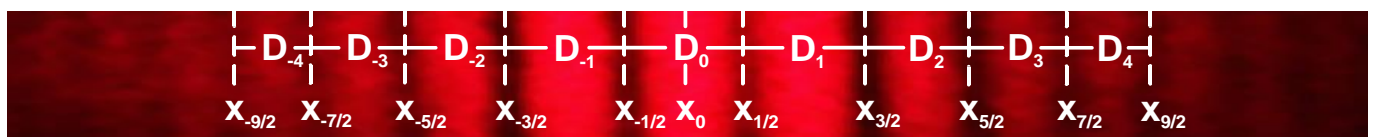


Fig. 5: Locais  $x_{n+1/2}$  de intensidade mínima da luz do padrão de interferência e as distâncias  $D_n = x_{n+1/2} - x_{n-1/2}$  de, respectivamente, dois mínimos de intensidade avizinados.

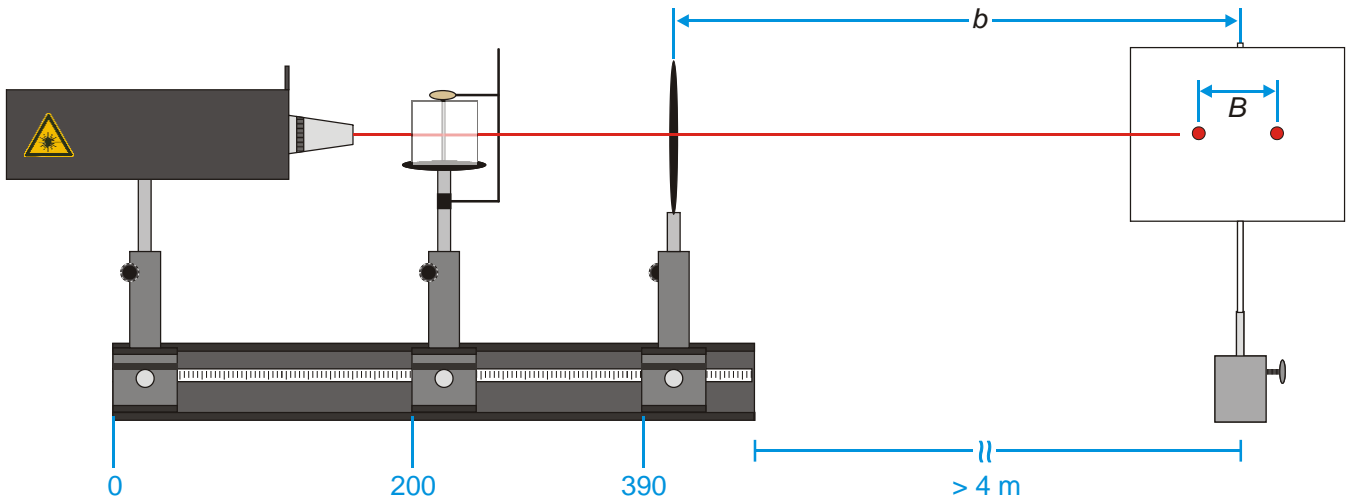


Fig. 6: Montagem com lente convergente para determinação da distância *A* das duas fontes virtuais de luz a partir da distância *B* das imagens das duas fontes virtuais de luz e da largura da imagem *b* (vide Fig. 3).

**Distância das imagens das duas fontes de luz virtuais**

- Posicionar a lente convergente  $f = 200\text{ mm}$  na marca de  $390\text{ mm}$  do banco óptico (vide Fig. 6).
- Deslocar a lente até que dois pontos de luz brilhantes sejam nitidamente visíveis na tela.

**Orientação:**

Os pontos de luz brilhante são as imagens das duas fontes virtuais de luz. Para melhor observação, se for o caso, atenuar a potência do feixe laser.

- Marcar as imagens das duas fontes virtuais de luz com o lápis na tela.
- Medir a distância *B* entre as imagens das duas fontes virtuais de luz e a largura da imagem *b*.

**EXEMPLO DE MEDIÇÃO**

Média da distância dos mínimos de intensidade *D*:  $8,1\text{ mm}$

Distância das imagens das duas fontes virtuais de luz <i>B</i> :	$7,7\text{ mm}$
Largura da imagem <i>b</i> :	$4480\text{ mm}$
Foco da lente convergente <i>f</i> :	$200\text{ mm}$

**AVALIAÇÃO**

O padrão de interferência na tela é constituído de faixas verticais de interferência. A distância relativa *D* entre as faixas de interferência diminui quando a distância do biprisma em relação ao laser é aumentada, pois, desta forma, a distância *A* entre as duas fontes virtuais de luz aumenta.

A posição do laser (da fonte de luz) e, com isto, a largura *a* do objeto não são conhecidas com precisão. Por isto, ela precisa ser determinada com auxílio da lei de projeção a partir do foco *f* da lente convergente e da largura medida da imagem *b*:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \Rightarrow$$

$$(6) \quad a = \frac{f \cdot b}{b - f} = \frac{200\text{ mm} \cdot 4480\text{ mm}}{4480\text{ mm} - 200\text{ mm}} = 209\text{ mm}$$

Inserção de *a* da equação (6) na equação (5) resulta em:

$$(7) \quad A = a \cdot \frac{B}{b} = \frac{f \cdot B}{b - f} = \frac{200\text{ mm} \cdot 7,7\text{ mm}}{4480\text{ mm} - 200\text{ mm}} = 0,36\text{ mm}$$

A distância entre a fonte de luz e plano de observação *L* resulta a partir de *a* e *b* para:

$$(8) \quad L = a + b = 209\text{ mm} + 4480\text{ mm} = 4689\text{ mm}$$

Para o comprimento de onda  $\lambda$ , por fim, resulta da equação (4):

$$(9) \quad \lambda = A \cdot \frac{D}{L} = 0,36\text{ mm} \cdot \frac{8,1\text{ mm}}{4689\text{ mm}} = 622\text{ nm}$$

O valor determinado pela medição para o comprimento de onda corresponde até cerca de 2% ao valor de literatura  $\lambda = 632,8\text{ nm}$  para o laser He-Ne.