

## 1002649 Espelho de Fresnel sobre haste

### Instruções para o uso

11/15 MH



- 1 Vidro de proteção de acrílico
- 2 Barra, 10 mm de diâmetro, de aço fino
- 3 Cavalete óptico (não incluído no fornecimento)
- 4 Armação de alumínio anodizado preto
- 5 Parafuso para ajustar o espelho
- 6 Espelhos de superfície de acrílico preto

Fig. 1 componentes

### 1. Indicações de segurança

- Ao utilizar um laser, deve-se respeitar estritamente as regras de segurança, por exemplo, nunca olhe diretamente para o feixe!
- Durante as experiências, nenhum observador deve se sentir ofuscado.

### 2. Descrição

Com o espelho de Fresnel podem ser realizadas experiências com a interferência na luz monocromática coerente, sendo que através dos dois espelhos uma fonte luminosa se transforma em duas fontes luminosas virtuais, as quais então interferem.

A ideia de Fresnel de levar fontes luminosas a interferir por meio de dois espelhos está representada na ilustração 2. A luz emitida a partir do ponto luminoso  $P$  (feixe laser paralelo com lente prévia) é refletida por dois espelhos de tal forma que os dois feixes parciais se sobrepõem e interferem um com o outro. A análise dos resultados da experiência pode

ser efetuada matematicamente de modo simples, ou fisicamente de modo compreensível, determinando-se a distância entre os dois pontos luminosos virtuais  $P_1$  e  $P_2$ , e calculando-se o padrão de interferência como sobreposição de ondas circulares emitidas por  $P_1$  e  $P_2$ .

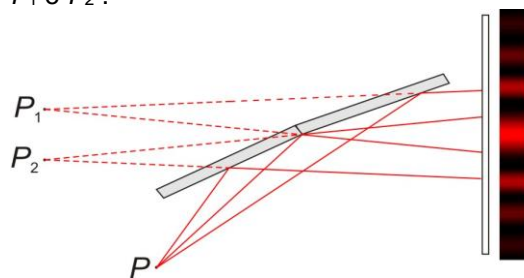


Fig. 2 princípio de funcionamento do espelho de Fresnel

O espelho de Fresnel consiste em dois espelhos parciais de acrílico transparente de 29 mm x 45 mm cada um. Sendo que nas experiências instala-se um feixe luminoso enviesado, assim chega-se à reflexão total e o acrílico age como um espelho de superfície. Um dos espelhos está fixo na armação, en-

quanto que o outro é ajustável numa faixa de aprox.  $-0,5^\circ$  até  $+2^\circ$ . Na frente dos espelhos encontra-se uma placa de proteção de acrílico, a qual não precisa ser retirada para se executar a experiência. Assim são evitados contatos involuntários com os espelhos. A barra de apoio tem um diâmetro de 10 mm e está calculada no seu comprimento para que resulte uma altura padrão do centro do espelho de 150 mm.

### 3. Operação e manutenção

- O espelho de Fresnel é operado com um feixe luminoso enviesado, sendo que o espelho está inclinado num ângulo de aprox.  $1^\circ$  a  $-2^\circ$  com relação ao feixe. Depois que a fonte luminosa tenha sido ajustada de forma que ambos espelhos estejam iluminados com a mesma intensidade, pode-se modificar o ângulo de inclinação dos feixes entre eles girando-se o parafuso de ajuste (5).
- Manutenção: em princípio, o espelho de Fresnel não necessita manutenção. Para a limpeza, pode-se limpá-lo com um pano úmido (água com detergente caseiro). O espelho deve ser, sempre que possível, desempoeirado só a seco com um pincel suave. Caso necessário, pode-se também efetuar a limpeza com uma solução de detergente num pano suave.
- Armazenamento: o armazenamento deve ocorrer num local livre de poeira, de preferência com uma capa protetora de plástico esticada por cima do aparelho.

### 4. Execução da experiência e análise de resultados

A seguir estão a experiência “clássica” e por meio de um exemplo, esta é analisada.

#### 4.1 Experiência clássica de interferência

##### 4.1.1 Montagem da experiência

Os seguintes aparelhos são necessários:

1 Laser de He-Ne	1003165
1 Objetiva acromática 10x/ 0,25	1005408
1 Espelho de Fresnel sobre haste	1002649
1 Banco óptico de precisão D, 50 cm	1002630
3 Cavalete óptico D, 90/50	1002635
1 Lente convergente $f = 200$ mm	1003025
1 Tela de projeção	1000608
1 Base em tonel 1000 g	1002834
1 Fita métrica, 2 m	1002603

A montagem da experiência pode ser vista na Fig. 3. Primeiro monta-se o laser e a lente de ampliação e estes são orientados de modo a que o feixe laser ampliado ao passar pela lente tenha um percurso paralelo ao cavalete ótico. O percurso do feixe pode então ser visualizado utilizando uma folha de papel. Não olhe diretamente para o feixe! A seguir, monta-se o espelho de Fresnel num ângulo de inclinação de aprox.  $1$  a  $2^\circ$  em relação ao laser.



Fig. 3 Montagem do ensaio “Experiência clássica de interferência”

Girando o parafuso de ajuste (5) deveria surgir agora uma imagem que pode ser ajustada sobre a tela a 2 - 3 m de distância, a qual, no geral, corresponde à ilustração 5. À esquerda, ao lado do desenho da imagem da interferência, será vista mais uma área clara, que é originada pela luz que incide além dos espelhos. Ao lado das listras do próprio desenho da imagem da interferência, dependendo da qualidade e do estado de limpeza do laser e do espelho, podem ser vistas outras listras e anéis. Uma definição de qual são as listras realmente produzidas pelos espelhos é fácil de se obter girando o parafuso de ajuste 5. Só as listras que modificam a sua largura são “verdadeiras” listras de interferência. A sua distância deve poder ser ajustada numa faixa de aprox. 1 a 4 mm.

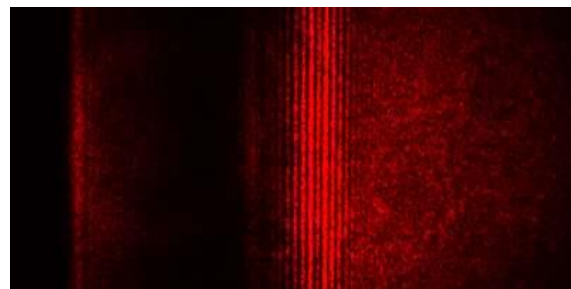


Fig. 4 imagem de interferência na tela de observação. Na margem esquerda vê-se mais uma listra clara, a qual é originada pela luz que incide fora do espelho.

##### 4.1.2 Execução da experiência

- Ao iniciar a experiência, primeiro determina-se a distância D das listras de inter-

ferência. Caso, por exemplo, a distância entre 7 a máxima de  $24 \pm 1$  mm, então  $D = 3,43$  mm.

- Depois, monta-se a lente de 200-mm e, caso necessário, ajusta-se-a até que duas manchas luminosas claras a aprox. 3 - 15 mm uma da outra apareçam sobre a tela (a luz que passa do espelho gera uma terceira mancha mais longe, à esquerda). Neste caso, pode ser vantajoso que as manchas luminosas sejam maiores do que o tamanho mínimo quando a lente está focalizada. Neste exemplo, a distância das manchas luminosas  $A = 6,8$  mm e foi determinada com calibrador.
- A última grandeza ainda necessária para o cálculo é a distância  $b$  entre a lente de 200-mm e a tela de observação ( $b = 2700$  mm).

#### 4.1.3 Cálculo da experiência

Como já foi exposto graças à ilustração 2, a imagem de interferência pode ser interpretada como sobreposição de duas fontes luminosas pontuais  $P_1$  e  $P_2$ . Para que se obtenha um resultado de intensidade máxima na tela de observação, a diferença de passo  $d$  entre dois feixes originados em  $P_1$  e  $P_2$  tem que corresponder exatamente ao comprimento de onda  $\lambda$  ou ser um múltiplo inteiro de  $\lambda$ . Com as grandezas definidas na ilustração 5 resulta:

$$\frac{d}{a} = \sin \varphi \quad (1)$$

e

$$\frac{D}{L} = \tan \varphi \quad (2)$$

No caso de ângulos  $\varphi$  suficientemente pequenos é  $\sin \varphi \approx \tan \varphi$ . Além disso, seja  $d = \lambda$  (primeira máxima). Das equações 1 e 2 resulta então:

$$\lambda = a \cdot \frac{D}{L} \quad (3)$$

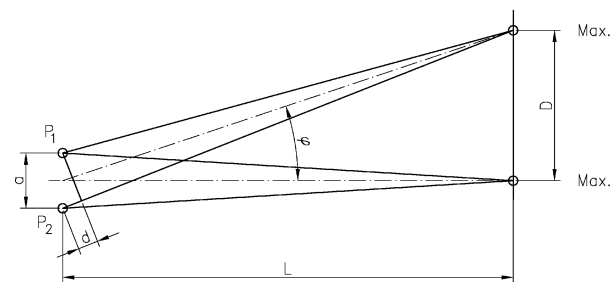


Fig. 5 formação da máxima de intensidade quando  $d = n \lambda$  é válido ( $n$  é um número) inteiro).

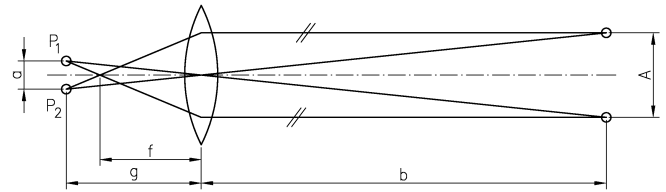


Fig. 6 determinação da distância  $a$  das fontes luminosas pontuais com o uso de uma lente (por ex.  $f = 200$  mm). As distâncias  $A$  e  $b$  são medidas.

- A determinação da distância entre as fontes luminosas pontuais está representada na ilustração 6. Utilizando-se a regra de feixes resultam diretamente ambas relações

$$\frac{a}{A} = \frac{g}{b} \quad (4)$$

e

$$\frac{a}{A} = \frac{g-f}{f} \quad (5)$$

- A igualação de ambas equações para a eliminação de  $a/A$  e a solução por  $g$  resulta em

$$g = \frac{bf}{b-f} \quad (6)$$

- Se isto for aplicado na equação 4, então pode-se determinar  $a$  e aplicar o valor na equação 3. O comprimento  $L$  que ainda falta na equação 3 resulta, conforme a ilustração 6, da soma das duas distâncias  $g$  e  $b$ . Aplicando-se tudo na equação 3 obtêm-se:

$$\lambda = \frac{ADF}{b^2}$$

- Para este exemplo, obtêm-se  $\lambda = 640$  nm, o que coincide bem com a indicação do fabricante para o laser utilizado (632,8 nm).