

Prática de Ótica ondulatória: Difração e Interferência

-Material a utilizar:

Dentro do kit:

- Laser de chaveiro
- Fita isolante
- CD

Fora do kit:

- Cabelo
- Fios de uma vassoura
- Faca
- Pedaco de papel para colar na parede
- Objeto qualquer para fazer “peso” sobre o botão do laser. Pode ser substituído pela colaboração de uma outra pessoa.

Nesta prática, vamos obter os padrões de difração e de interferência de fenda simples, de uma fenda dupla, e de uma rede. Faremos um uso extensivo do principio de Babinet, que nos diz que uma abertura e sua complementar geram padrões idênticos de iluminação (exceto na direção reta).

!!! Cuidado: Nunca olhe diretamente para o laser nem ilumine diretamente a câmera do seu celular com ele. Tome cuidado com eventuais reflexões do laser em superfície. !!!!! Se por inadvertência o laser bater no seu olho, fechar imediatamente o olho (isso é o reflexo natural).

Guardar os objetos realizados (fenda simples, retângulo de fita com cabelo, fenda dupla, CD modificado), eles poderão ser apresentados e servir de suporte para discussão no dia da avaliação durante a defesa de relatório.

1-) Difração com uma fenda simples

Para funcionar bem com iluminação no comprimento de onda do laser $\lambda=0.64\mu\text{m}$, as fendas precisam ter uma abertura pequena da ordem de uma fração de milímetro. Ainda assim, é preciso propagar a luz ao longo de 1-2 metros para ter um efeito visível. Usamos regularmente em sala de aula fendas com abertura de 0.2mm.

Felizmente, é fácil produzir uma fenda usando 4 pedaços da fita isolante colados um com outro de forma a produzir um “retângulo”. Para alinhar o sistema, será importante amarrar o laser numa mesa (ou equivalente, pode ser a bancada da cozinha) com a fita isolante. Para facilitar o alinhamento, o laser deve ser colocado perto da beirada da mesa (Veja foto). Para manter o laser ligado sem precisar ficar apertando, será necessário arrumar o botão do laser com uma fita, e colocar por cima qualquer objeto pesado. Assim você terá liberdade para examinar o padrão obtido.

Tarefa: Realizar a montagem e obter o padrão de interferência em alguma parede distante de alguns metros. Tirar uma foto da montagem e do padrão de interferência.

Para uma melhor visibilidade do padrão, realizar o experimento na escuridão, preferencialmente de noite.

2-) Difração com um fio de cabelo

Vamos agora explorar o Princípio de Babinet: um fio de cabelo deveria induzir o mesmo padrão de interferência que uma fenda simples. Vamos aproveitar o padrão da difração para determinar experimentalmente o diâmetro do fio cabelo.

Realizar com a fita isolante um retângulo, no meio do qual é colocado um fio de cabelo. Diferentemente da fenda simples anterior, o retângulo de fita pode deixar no meio um espaço importante, no qual é colocado o fio de cabelo estendido da forma mais reta possível.

Tarefa: Realizar a montagem e obter o padrão de interferência em alguma parede distante de alguns metros. Colar uma folha de papel (com a fita) na parede e marcar com traço cheio os traços de luz, e com um círculo as zonas escuras (os mínimos de intensidade). Tirar uma foto da montagem e do padrão de interferência.

Em particular, precisamos das posições dos mínimos de intensidade na vizinhança da mancha central brilhante (os dois mínimos na esquerda e na direita imediata da iluminação central). Medir a distância entre estes os dois mínimos, que tem ordem $m=-1$ e $m=+1$. A posição dos mínimos de intensidade no caso de uma fenda simples de espessura a é:

$$\sin\theta_{\min}^m = m \frac{\lambda}{a} \quad (1)$$

a é neste caso o diâmetro do fio de cabelo (Princípio de Babinet).

Tarefa: Medir a distância D entre o cabelo iluminado e o ponto da parede correspondendo ao máximo central. Usando a folha, medir a distância entre os dois mínimos adjacentes à iluminação central (posições $x_{m=+1}$ e $x_{m=-1}$) com as suas incertezas. Deduzir a medida experimental de $\sin\theta_{\min}^1$ com a sua incerteza. Usando o comprimento de onda do laser ($\lambda=640\text{nm} \pm 10\text{nm}$), deduzir o diâmetro a do fio de cabelo e a sua incerteza.

Dica: $x_{m=+1}$ e $x_{m=-1}$ são as posições dos mínimos contadas algebricamente à partir do máximo central $x_{m=0}$. Por convenção, escolhemos $x_{m=+1} > 0$ e $x_{m=-1} < 0$.

Como o ângulo é pequeno ($<10^\circ$), ele pode ser aproximado por:

$$\sin\theta_{\min}^1 \simeq \tan\theta_{\min}^1 \simeq \frac{|x_{m=+1} - x_{m=-1}|}{2D} \quad (2)$$

3-) Difração com o equivalente de uma fenda dupla

Vamos agora realizar uma difração através do equivalente da fenda dupla: um retângulo de fita comportando dos fios finos muito próximos um do outro. Para montagem, guiar-se com as informações e fotos apresentadas nos slides.

Tarefa: Realizar a montagem apresentada nos slides. Iluminar uma folha branca colada na parede para obter o padrão de interferência. Tirar uma foto da montagem e do padrão de interferência. Marcar na folha a posição dos **máximos** de interferência (normalmente uma série de pontos com espaçamento igual). Medir o espaçamento Δx entre dois máximos adjacentes perto da região central. Medir a distância D entre a fenda dupla e o máximo central de iluminação.

A posição dos máximos de interferência é definida por:

$$\sin\theta_{\max}^m = m \frac{\lambda}{d} \quad (3)$$

onde d é a distância entre os centros dos dois fios. Deduzimos que:

$$|\sin\theta_{\max}^{m+1} - \sin\theta_{\max}^m| = \frac{\lambda}{d} \quad (4)$$

Alias, no limite de ângulos pequenos (que é o caso aqui), temos que :

$$|\sin\theta_{\max}^{m+1} - \sin\theta_{\max}^m| \simeq |\tan\theta_{\max}^{m+1} - \tan\theta_{\max}^m| = \frac{|x_{m+1} - x_m|}{D} \quad (5)$$

Tarefa: Deduzir, a partir das medidas e das equações acima, a distância d entre os centros dos fios. Comente sobre a intensidade dos pontos luminosos mais afastados em relação ao centro. Do que isso depende? Como isso se relaciona aos fios?

4-) Difração com uma rede de difração (CD)

A primeira etapa consiste em tirar a capa do CD conforme indicado nos slides, para os transformar numa rede de difração. Até ele se tornar transparente.

Iluminar o CD com um laser de tal forma que o padrão de iluminação seja projetado **numa parede próxima** (ver os slides). Após o CD, **o feixe se espalha muito e pode apresentar perigo**, portanto a necessidade de colocar ele próximo a uma parede

Tarefa: Realizar a montagem experimental apresentada nos slides. O CD deve estar paralelo a parede iluminada e perpendicular ao percurso do feixe laser. Colar um papel na parede iluminada, e marcar os três pontos correspondentes aos máximos adjacentes assim que os dois traços mais afastados.

A posição dos máximos é dada por:

$$\sin\theta_{\max}^m = m N_l \lambda \quad (6)$$

onde o parâmetro N_l é o número de linhas por unidade de comprimento. Este é o parâmetro que queremos determinar experimentalmente, pois ele está relacionado ao espaçamento r entre os trilhos do CD por:

$$N_l = \frac{1}{r} \quad (7)$$

Tarefas:

1) Usando a marcação na folha, medir as posições dos máximos $m=+1$ e $m=-1$ em relação ao máximo central $m=0$. Medir a distância D entre o CD e a parede. Deduzir as quantidades $\sin(\theta_{\max}^1)$ e $\sin(\theta_{\max}^{-1})$ relacionadas aos máximos $m=+1$ e $m=-1$ (lembre-se que nesse caso, como X e D são da mesma ordem de grandeza, portanto, você **não poderá usar** a aproximação: $\sin\theta \approx X/D$). Deduzir N_l e a área de informação de um bit de informação $A_{\text{bit}} = r^2$.

2) De posse com o número de linhas por comprimento N_l , calcule o valor da quantidade sem dimensão $N_l \lambda$. Usando a Eq.(6), quantos máximos de interferência podemos ter? Isso é consistente com o que você está vendo?

3) Estimar a área de informação A_{info} do CD (excluindo a região central). Deduzir a capacidade de estocagem do CD em Mega-octets (é a unidade de uso comum em informática “Mo”), lembrando que 1 octet = 8 bits. Isso é parecido com o valor do fabricante?

Diâmetro do CD = _____ Área do CD A_{CD} = _____

Diâmetro da região central = _____

Área da região central A_{central} = _____ Área de informação A_{info} = _____

Quantidade de Informação codificada no CD I (em bytes) = _____