

EXPERIÊNCIA 3: EXPERIMENTO DE YOUNG E DIFRAÇÃO POR ABERTURAS SIMPLES

OBJETIVOS:

Verificar o caráter ondulatório da luz, medir o comprimento de onda da luz através de uma fenda dupla, medir o comprimento de onda da luz através do fenômeno da difração de Fraunhofer por uma fenda simples, medir o diâmetro de um fio e determinar o diâmetro de uma abertura circular a partir de um comprimento de onda conhecido.

MATERIAIS UTILIZADOS:

- Banco óptico;
- Suportes cavaleiros;
- Suportes de três pontos ajustáveis;
- Fontes de alimentação laser;
- Laser He-Ne;
- Conjunto de diapositivos (fendas duplas, fendas simples, aberturas circulares);
- Suporte de diapositivos com ajuste micrométrico;
- Anteparo;
- Trena metálica;
- Régua milimetrada.

INTRODUÇÃO TEÓRICA:

Experiência de Young

O clássico experimento de interferência por fenda dupla, que forneceu a primeira evidência do caráter ondulatório da luz, foi realizado pelo cientista e arqueólogo inglês Thomas Young em 1802 [1]. Originalmente foi utilizada a luz do sol para a obtenção do padrão de franjas, mas em princípio, qualquer tipo de luz pode ser utilizada, e quanto melhor for a sua coerência, mais facilmente o padrão de interferência será analisado [2].

No arranjo experimental, um feixe de luz oriundo de uma fonte pontual passa por duas fendas 1 e 2, distantes de d , tendo o seu padrão de franjas resultante projetado em um anteparo posicionado a uma distância L . Uma característica-chave deste experimento é o uso de uma fonte de luz pontual para iluminar o par de fendas, o que garante uma coerência mútua entre as fontes caracterizadas pelas fendas 1 e 2 [3]. No caso do nosso laboratório, as fontes utilizadas são um laser He-Ne emitindo em $\lambda=632,8\text{nm}$ ou um laser de diodo, operando em $\lambda=654\text{nm}$.

Pode-se mostrar que a posição da N -ésima franja de interferência construtiva no anteparo, em relação ao eixo óptico central mostrado na figura 1, é dada pela expressão [2]:

$$Y = N \frac{\lambda L}{d} \quad (1)$$

Desta forma, uma vez conhecida a distância d entre as fendas e a distância L até o anteparo, pode-se determinar o comprimento de onda da fonte, identificando-se a ordem N da franja no anteparo, e medindo-se a sua posição Y .

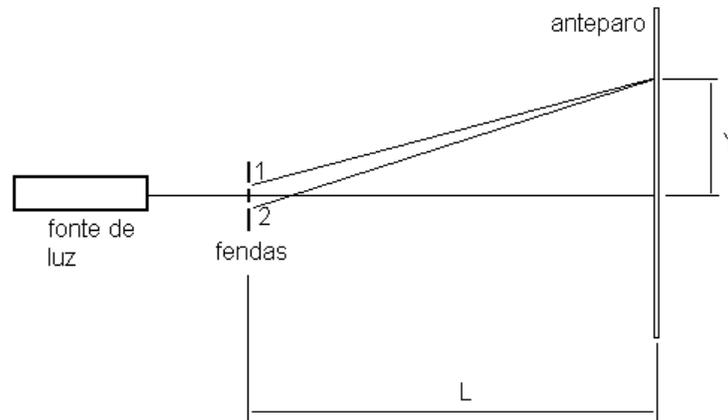


Figura 1

Difração de Fraunhofer por fenda simples: A difração ocorre quando a luz, ou qualquer outro tipo de onda, sofre um determinado tipo de interferência ao passar por um obstáculo [1]. Ao se projetar a luz num anteparo, observam-se franjas de interferência, em vez da sombra bem delineada prevista pela óptica geométrica. A Difração de Fraunhofer analisa a difração envolvendo frentes de onda plana, tanto na incidência da luz sobre o obstáculo, quanto na projeção da luz difratada sobre um anteparo. Em outras palavras, na difração de Fraunhofer, a luz que atinge o obstáculo vem do infinito, e o padrão de difração resultado é também projetado no infinito.

Considerando-se um feixe colimado de intensidade I_0 e comprimento de onda λ incidindo sobre uma fenda de abertura b , como mostrado na figura 1, pode-se mostrar que a intensidade do padrão de difração projetado numa tela no infinito é dada por [2]

$$I = b^2 I_0 \left(\frac{\text{sen}\beta}{\beta} \right)^2 \quad (2)$$

onde $\beta = (\pi b / \lambda) \text{sen}\theta$.

Considerando-se $\theta \ll 1$, tem-se que a posição Y_- do N -ésimo mínimo de difração será dada pela expressão:

$$Y_- = N \frac{\lambda L}{b} \quad (3)$$

No arranjo experimental do nosso laboratório, as fontes utilizadas são um laser He-Ne emitindo em $\lambda = 632,8\text{nm}$ ou um laser de diodo, operando em $\lambda = 660\text{nm}$. Uma vez conhecida a abertura b da fenda e a distância L até o anteparo, pode-se determinar o comprimento de onda da fonte, identificando-se a ordem N do mínimo no anteparo, e medindo-se a sua posição Y .

Difração de Fraunhofer por abertura circular: neste caso, o padrão de difração produzido por uma abertura de raio R será dado em termos da função de Bessel de ordem 1 [3]:

$$I = I_0 \frac{J_1^2(\rho)}{\rho^2} \quad (4)$$

onde $\rho = (2\pi R/\lambda)\text{sen}\theta$. Desta forma, o raio do disco de Airy, correspondente ao primeiro mínimo de difração a uma distância L , será dado por

$$r = 1,22 \frac{\lambda L}{D} \quad (5)$$

PROCEDIMENTO:

Experiência de Young

- Posicionar o diapositivo com a fenda dupla sobre o suporte de diapositivos com ajuste micrométrico;
- Posicionar o laser sobre os suportes de três pontas;
- Posicionar o anteparo sobre o banco óptico;
- Ligar o laser e alinhá-lo, de modo a iluminar as duas fendas;
- Deslocar as fendas transversalmente através do ajuste micrométrico até observar-se o padrão de interferência projetado no anteparo;
- Medir a distância L da fenda dupla ao anteparo;
- Identificar a ordem de cada franja no padrão de interferência e medir a sua respectiva posição Y ;
- Efetue a operação do item acima para um valor de d ;
- Calcule, através da equação fornecida e usando o valor de d fornecido pelo fabricante do diapositivo, o comprimento de onda λ da fonte luminosa; das três medidas, obtenha o comprimento de onda médio e compare quantitativamente o valor obtido com o valor conhecido, através do erro percentual;
- Considere agora o comprimento de onda conhecido, e faça a medida da distância entre duas fendas (use um segundo par de fendas);

- Calcule (considerando-se ainda λ conhecido) a distância d entre as fendas para o quarto par de fendas; compare quantitativamente o valor obtido com o fornecido pelo fabricante, através do erro percentual.

Experiência de Difração

- Repita o procedimento adotado acima para fendas simples;
- Repita o procedimento adotado acima para determinar o diâmetro de um fio de cabelo;
- Repita o procedimento adotado acima para determinar o diâmetro de um furo de seção circular.

MEDIDAS OBTIDAS:

A seguir, mostre os resultados das medidas obtidas.

CÁLCULOS EFETUADOS:

Mostre os resultados dos cálculos efetuados, e comente estes resultados.

CONCLUSÃO

REFERÊNCIAS

Exemplo:

1 – G. R. Fowles, *Introduction to Modern Optics*, Dover Publications Inc., New York, 1975;

(para livros)

2 – I.L. Natal, D.C. Santos, E.A. Barbosa, “A Influência dos Ventos Alísios na Menstruação da Borboleta Azul”, *Opt. Lett.*, V6, N12 (2003) pp. 231;

(para artigos. No caso, a revista é a Optics Letters, volume 6, número 12, ano 2003, página 231)

3 – ver. p. exemplo, <http://www.ifsw.uni-stuttgart.de/english/profile/research.html>

(para sites na internet)