

Equipe

- 1)..... NºUSP Turma:.....
 2)..... NºUSP Data:.....
 3)..... NºUSP

Objetivos: Com um feixe de luz laser estudar fenômenos de difração e interferência.

1) DIFRAÇÃO DE FRAUNHOFER COM FENDA SIMPLES

Usaremos uma fonte de luz laser construída com um pequeno tubo de vidro capilar contendo uma mistura gasosa de 85% He e 15% Ne que emite luz com $\lambda_{\text{Laser HeNe}} = 0,6328 \mu\text{m}$. O arranjo é montado sobre a mesa com o laser iluminando a fenda e um anteparo longe da fenda, como mostra a Figura B1. **Cuidado para não olhar diretamente para o laser nem permita que reflexões de luz (nas fendas) possam ser vistas por você ou seus colegas.** Uma maneira de verificar se a fenda foi colocada perpendicularmente ao laser é observar sua reflexão na direção da própria fonte.

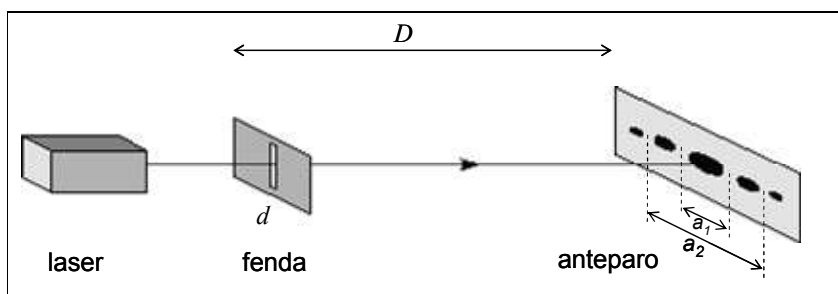


Figura B1. Arranjo experimental para medir a difração de fenda simples.

1.1. Solicite uma lâmina com fendas. A lâmina foi feita evaporando uma fina camada de metal sobre uma lâmina de vidro através de várias máscaras de fenda (**A lâmina é delicada. Não toque as superfícies. Peque-a pelas bordas**). Escolha uma das fendas simples na lâmina, anote o tamanho nominal da fenda (d_{nominal}). Você deve observar uma imagem parecida com a da Figura B1. Alinhe a fenda para observar pelo menos os mínimos de terceira ordem. Complete o **Quadro 1**:

Quadro 1. Difração numa fenda simples.

grandeza	valor	unidade	d_{Exp}	unidade
$a_1 =$				
$a_2 =$				
$a_3 =$				

(média de d_i) $\pm$ (desvio padrão da média) =

$D =$

$d_{Nom} =$

desvio percentual $\Delta\% = 100 \frac{(d_{Exp} - d_{Nom})}{d_{Nom}} =$

1.2. Com as medidas de a_m , calcule a abertura da fenda d_{exp} (Eq. 1.3 no guia de estudos) e complete o Quadro 1. Determine a média dos valores e o desvio padrão da média. Compare d_{exp} com seu valor nominal, calculando o desvio relativo percentual, $\Delta\%$. Essa é uma forma rápida de comparar dois resultados, que todavia não considera as incertezas estatísticas da medida.

1.3. O desvio padrão de uma medida permite definir um intervalo de confiança ($d \pm \sigma_d$) que compreende 68% das medidas realizadas. Da mesma forma, o "*desvio padrão da média*" de uma média $\bar{d}$, é usado para definir um intervalo de confiança ($\bar{d} \pm \sigma_{\bar{d}}$) que compreende 68% das médias realizadas.

Supondo que a média de um conjunto de n medidas seja o valor mais provável de uma grandeza, é de se esperar que seu valor seja próximo do valor nominal da grandeza medida, onde próximo significa da ordem de grandeza do intervalo de confiança correspondente e, é claro, admitindo que o valor nominal foi fornecido corretamente. Uma forma de comparar estatisticamente ambos os valores é calcular¹:

$$t = \frac{|\bar{d} - d_{Nom}|}{\sqrt{\sigma_{\bar{d}}^2 + \sigma_{d_{Nom}}^2}}$$

O desvio padrão no denominador é a propagação de incertezas em $\bar{d} - d_{Nom}$. Se a média calculada for igual ao valor nominal, teremos $t=0$. Se por outro lado, e muito

¹ Essa é uma introdução muito simplificada ao teste t . Busque textos especializados para aprofundar seus estudos.

provavelmente $|\bar{d} - d_{Nom}| \leq \sigma$, $t \approx 1$. Finalmente, se $t \gg 1$, o resultado não pode ser explicado estatisticamente, sendo altamente improvável.

Calcule o valor de t para a largura da fenda usada e decida se seu resultado foi estatisticamente provável ou altamente improvável (note que t é adimensional).

$$t = \frac{|\bar{d} - d_{Nom}|}{\sqrt{\sigma_{\bar{d}}^2 + \sigma_{d_{Nom}}^2}} \quad t = \underline{\hspace{2cm}} \quad \text{Resultado: (provável ou improvável)}$$

2. DIFRAÇÃO E INTERFERÊNCIA DE FRAUNHOFER NA FENDA DUPLA

2.2. Difração: Escolha uma das fendas duplas na lâmina. Anote o tamanho nominal da fenda (d_{Nom}) e seu espaçamento (b_{Nom}). Alinhe as fendas para observar o maior número de mínimos de difração. Desenhe aproximadamente a imagem observada no **Quadro 2** e complete o **Quadro 3**:

Quadro 2. Imagem da difração e interferência de uma fenda dupla. Indique os medidas a_1 , a_2 e a_3 .



Quadro 3. Difração numa fenda dupla. Ignore a_3 , se não conseguir observar mínimos com $m=3$.

grandeza	valor	unidade	d_{Exp}	unidade
$a_1 =$				
$a_2 =$				
$a_3 =$				

(média de d_i) $\pm$ (desvio padrão da média) =

$D =$

$d_{Nom} =$

desvio percentual $\Delta\% = 100 \frac{(d_{Exp} - d_{Nom})}{d_{Nom}} =$

2.3. Interferência: Na imagem de difração e interferência da fenda dupla, identifique o padrão de interferência. Tomando apenas o máximo principal de difração e para medir com melhor precisão o intervalo Δs entre dois mínimos de interferência, meça a distância que envolve o maior número de franjas de interferência, dividida pelo número de franjas. Determine b_{Exp} (Eq. 2.4 no guia de estudos). Estime a incerteza da medida da distância e complete o **Quadro 4**.

Quadro 4. Difração e interferência de uma fenda dupla. i é o número de franjas de interferência no máximo central de difração.

grandeza	valor	incerteza	unidade
$\Delta s_i =$			
$i =$			
$\Delta s =$			
$D =$			
b_{Exp}			
b_{Nom}			
$\Delta = (b_{Exp} - b_{Nom}) / b_{Nom}$			

3. DIFRAÇÃO: FERRAMENTA PARA MEDIR O TAMANHO DE OBJETOS

Usamos os efeitos de difração de uma onda para medir a largura de uma fenda. Comparamos nossas medidas com o valor nominal e provavelmente concluímos que a difração da luz pode ser usada para "medir" objetos pequenos. A difração de ondas (raios gama por exemplo, cujo $\lambda \approx 10^{-12} m$) é usada para medir o tamanho do núcleo atômico ($r \approx 10^{-15} m$). A difração de raios-X ($\lambda \approx 10^{-10} m$) foi usada para determinar a estrutura do DNA em 1953.

Estudaremos o que acontece quando um feixe de luz incide sobre um pequeno objeto com largura similar às fendas. Para essa medida, solicitamos doar um fio de cabelo. A espessura do fio de cabelo (no caso um obstáculo) pode ser obtida via difração da luz laser de forma análoga às fendas.

Para comprovar suas medidas de forma independente, use um micrômetro e meça o diâmetro do fio de cabelo. Não aplique muita pressão, pois o cabelo é plástico. Este será o diâmetro nominal do fio, $d_{NOMINAL}$. Usando fita adesiva, monte um fio de cabelo numa moldura e alinhe o fio em frente ao laser até obter uma figura de difração mensurável. Repita o procedimento usado em 1.1. Se os valores de a_i forem muito pequenos, use mínimos de ordem maior. Complete o **Quadro 5**.

Quadro 5. Medida do diâmetro de um fio de cabelo usando a difração da luz.

grandeza	valor	unidade	d_{Exp}	unidade
$a_1 =$				
$a_2 =$				
$a_3 =$				

(média de d_i) $\pm$ (desvio padrão da média) =

$D =$

$d_{Nom} =$

desvio percentual $\Delta\% = 100 \frac{(d_{Exp} - d_{Nom})}{d_{Nom}} =$

Q1. O *Princípio de Babinet*, um teorema proposto por Jacques Babinet em 1800, mostra que o padrão de difração de um obstáculo (opaco) é idêntico ao de uma fenda (ou orifício) com mesma dimensão e forma, exceto por um ponto central (ponto de *Poisson*) no caso do obstáculo, devido às ondas que passaram longe do obstáculo. Você observou o ponto central no caso da fenda ou no caso do cabelo?

Q2. Em qual dos três experimentos (medida da fenda simples, da fenda dupla ou medida do fio de cabelo) você obteve resultados com a menor incerteza relativa? Discuta com colegas de grupos vizinhos e justifique sua resposta.

Q3. Qual deve ser a relação entre o comprimento de onda e o tamanho do objeto para que a difração possa ser usada como método de medida eficiente?