Instituto de Física
Universidade Federal do Rio de Janeiro

UFRJ

Roteiro complementar para o curso remoto de Física Experimental IV

PERÍODO LETIVO EXCEPCIONAL (PLE-2020)

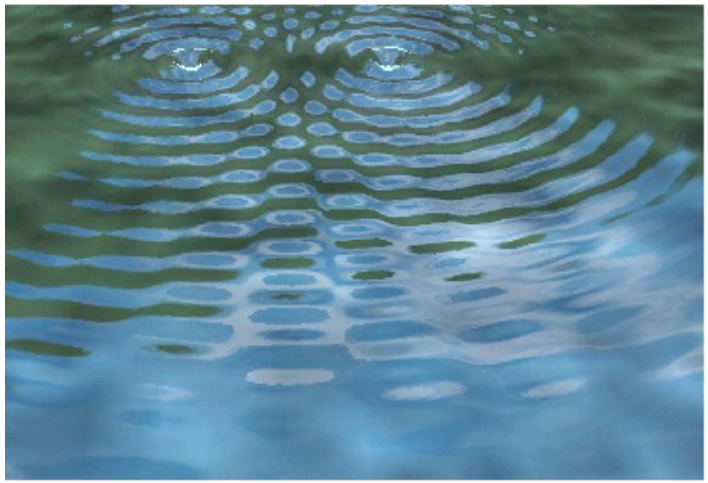
O roteiro está disponível em:
http://fisexp4.if.ufrj.br/Site_Fisexp_4/Fisexp_4_PLE_-_Home.html

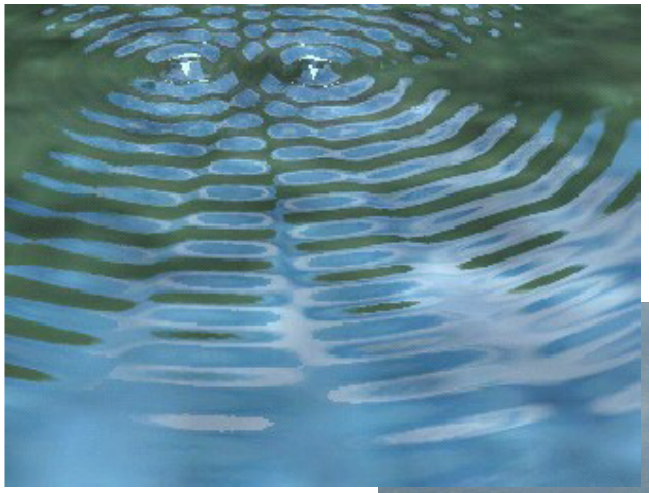
EXPERIMENTO 2

Ótica ondulatoria:Difração e Interferências

PERÍODO LETIVO EXCEPCIONAL (PLE-2020)

homepage: http://fisexp4.if.ufrj.br/Site_Fisexp_4/Fisexp_4_PLE_-_Home.html



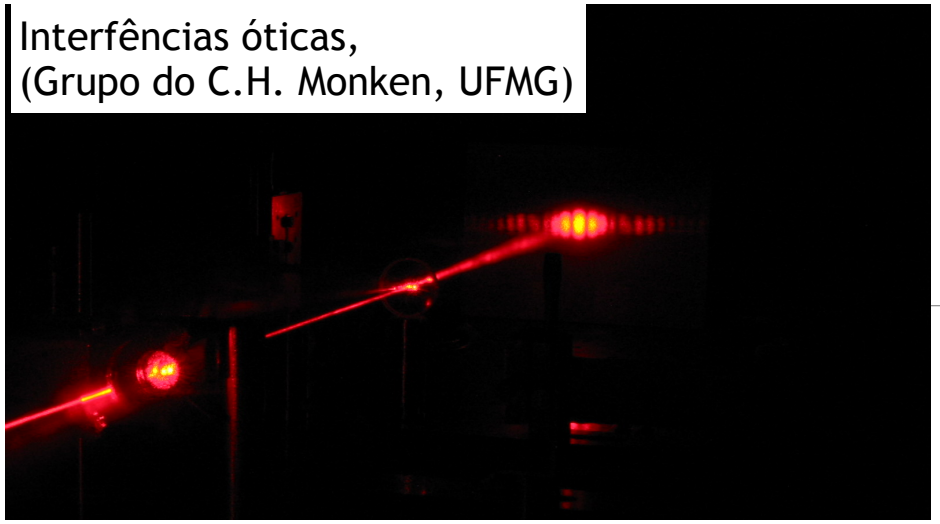


Interfências na agua,
(Colin Price, Physics Education 43(3) · May 2008)

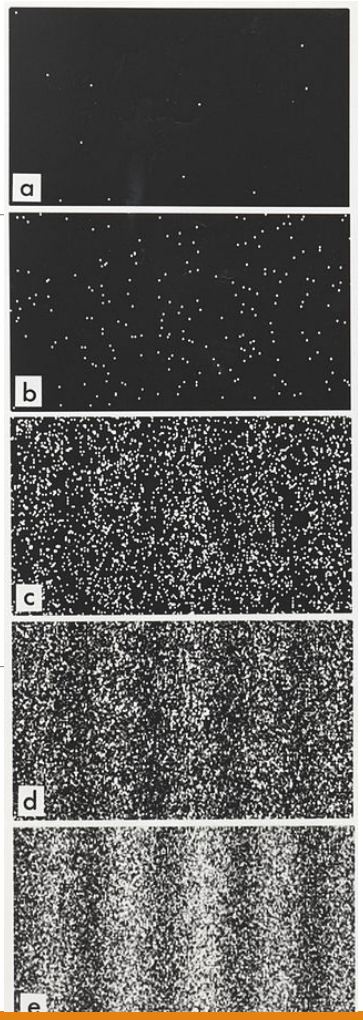
Interfências na agua:
Padrão de interferência depende da distância
dos centros de onde partem as ondas.

Interfências coletivas na agua (Onda de choque)

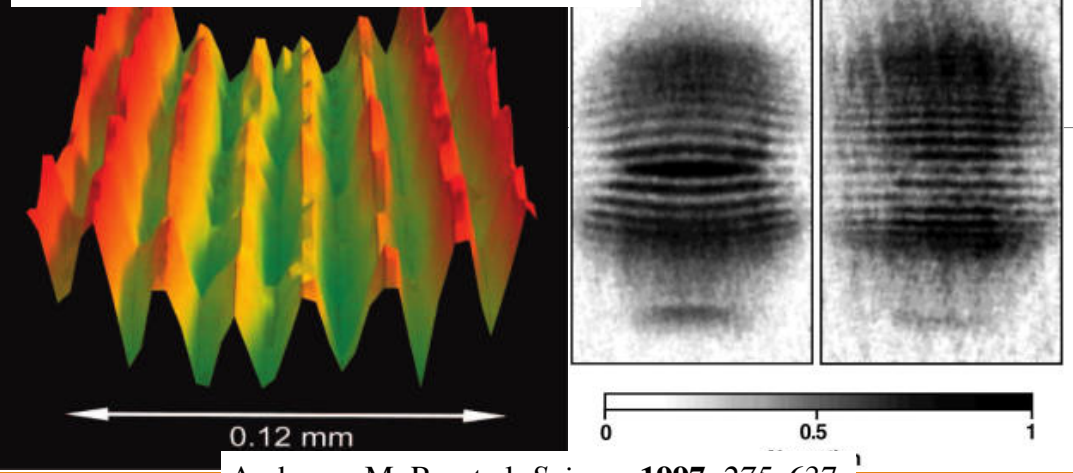
Interfências óticas,
(Grupo do C.H. Monken, UFMG)



Interfências na amplitude
de probabilidade de um eletron
após propagação através de 2 fendas,
(A. Tonomura, J. Endo, T. Matsuda,
and T. Kawasaki AJP **57**, 117 (1989))



Interfências de átomos ultra-frios,



Andrews, M. R.; et al. *Science* **1997**, *275*, 637.

Interfências numa função
de onda macroscopica
associada a um condensado
de Bose-Einstein de atómos
ultrafrios

FENDA DUPLA **EXPERIMENTO DE YOUNG** ANTEPARO

ONDA PLANA (LASER)

CADA FENDA= 1 FONTE DE ONDAS
2 FONTES COERENTES

Ponto de observação

x

a

d

θ

$I_2(\theta)$

$$\delta = d \sin\theta$$

δ: DIFERENÇA DE CAMINHO ÓTICO
determina se as interferências são construtivas ou destrutivas no ponto de observação

Distância D (Fenda-Anteparo)

a: Espessura da Fenda
d: Distância entre os centros das fendas

Interfências Construtivas/Destrutivas

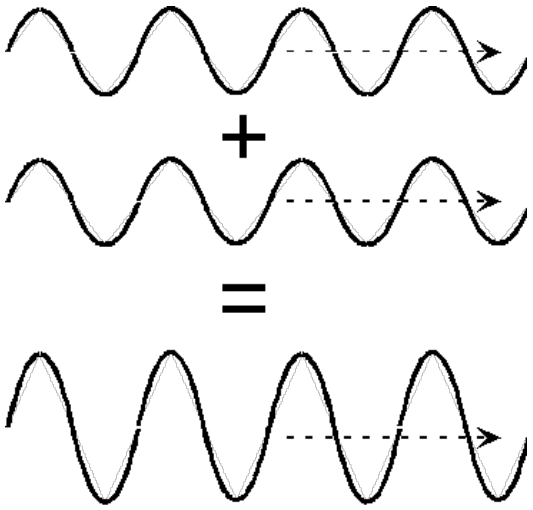
Dois casos “extremos” correspondendo a valores específicos do angulo θ

δ :diferença de caminho ótico λ :Comprimento de onda do Laser

Andar um caminho ótico de λ ⟷ Adquirir uma fase de 2π

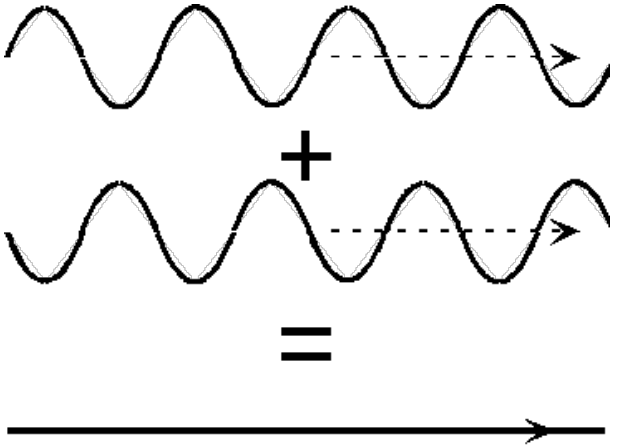
$$\delta = d \sin\theta$$

Interfências Construtivas
(=Máximo de Intensidade)



$$\delta = m\lambda \quad m \in \mathbb{Z}$$

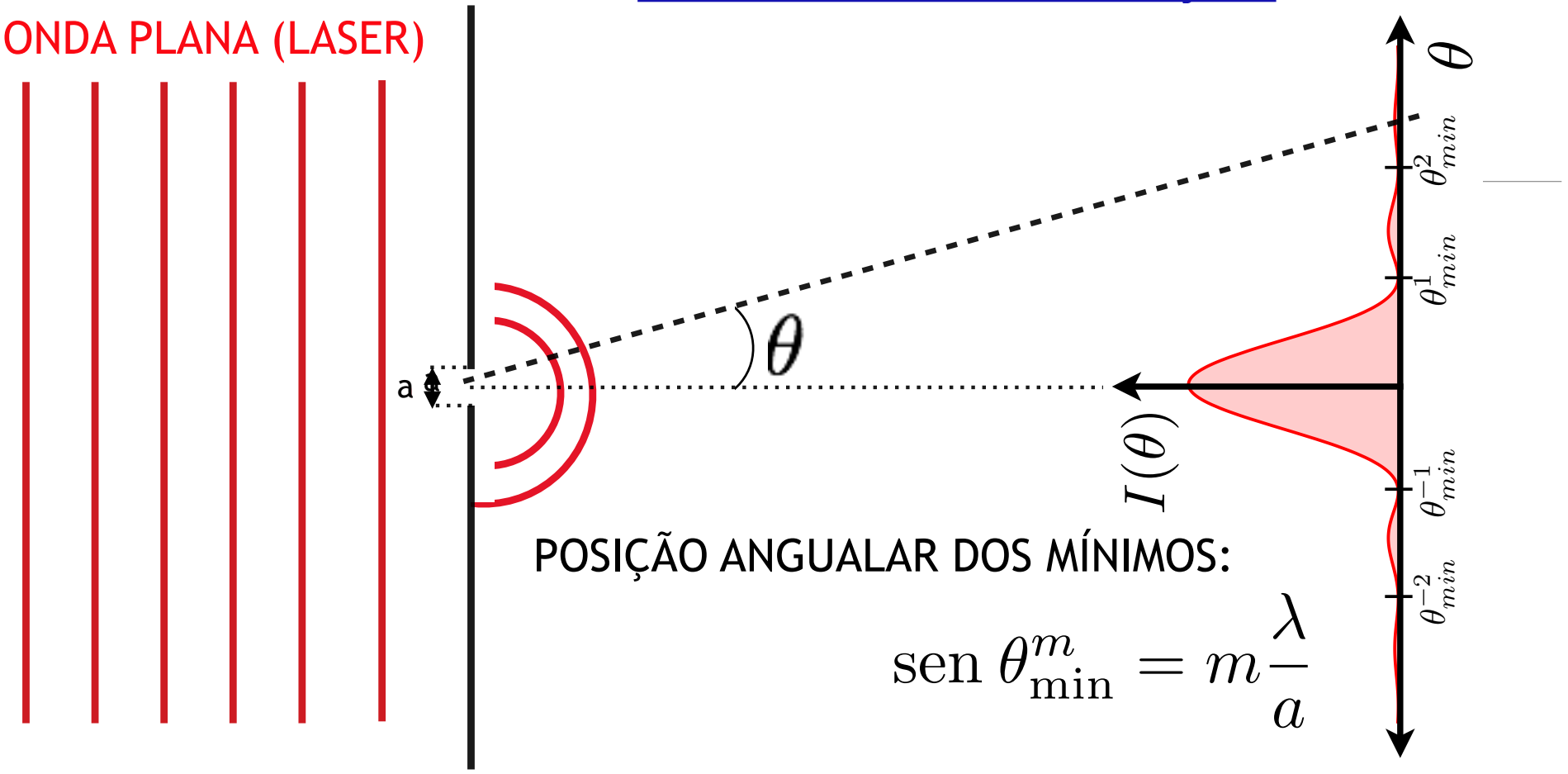
Interfências Destrutivas
(=Mínimo de Intensidade)



$$\delta = (m + 1/2)\lambda \quad m \in \mathbb{Z}$$

FENDA SIMPLES **FENÔMENO DE DIFRAÇÃO** ANTEPARO

ONDA PLANA (LASER)

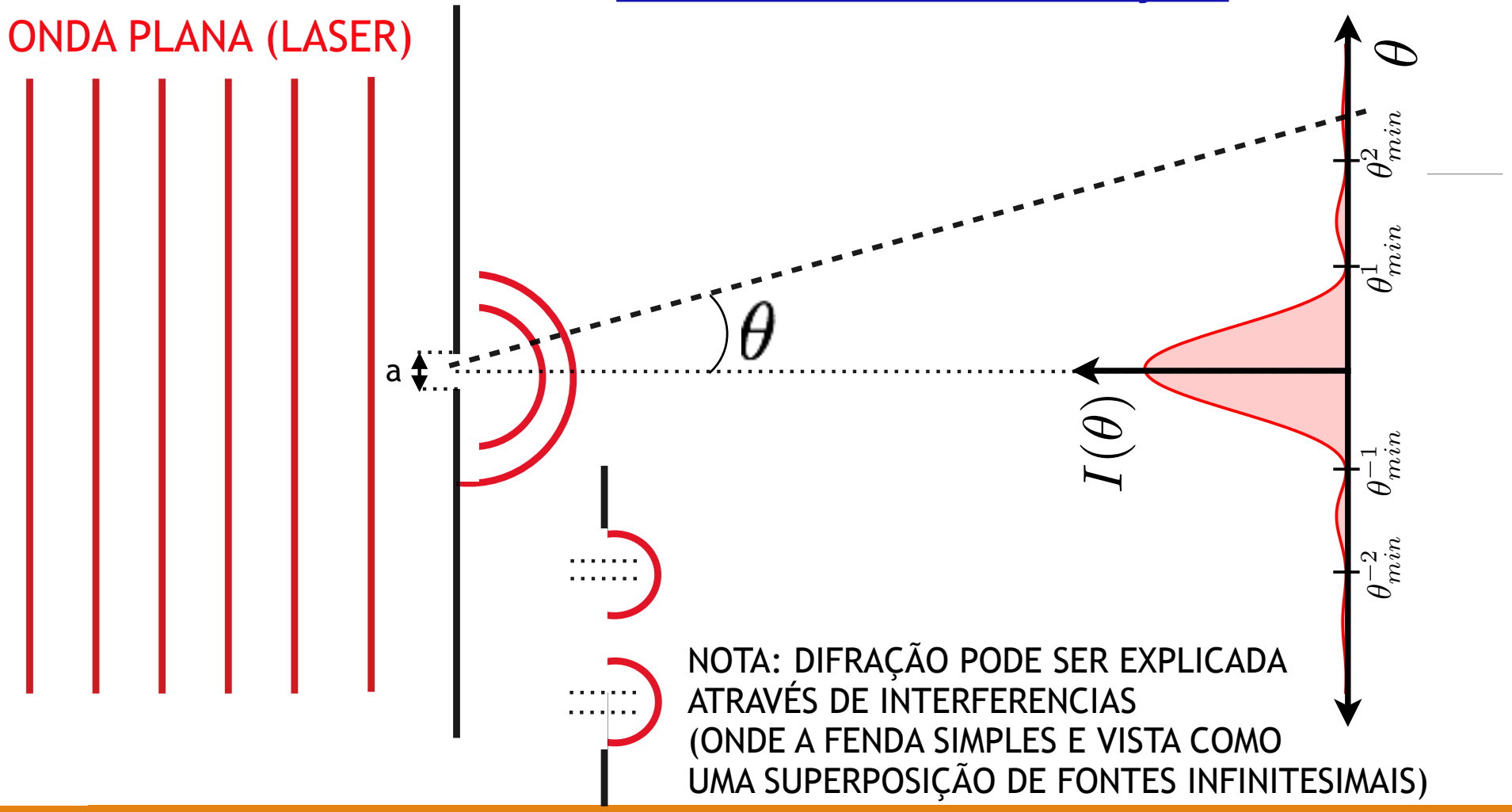


POSIÇÃO ANGUALAR DOS MÍNIMOS:

$$\operatorname{sen}\theta^m_{\min} = m\frac{\lambda}{a}$$

FENDA SIMPLES **FENÔMENO DE DIFRAÇÃO** ANTEPARO

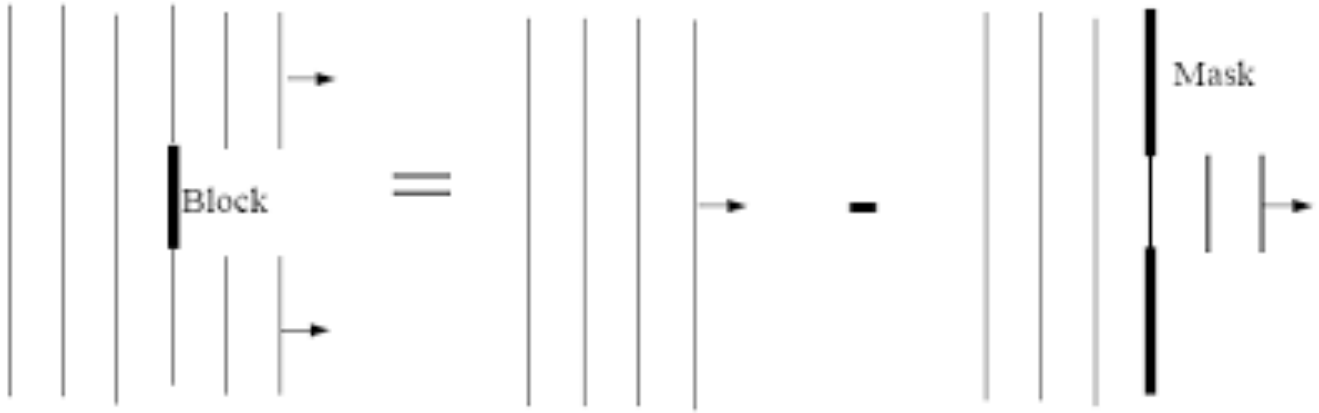
ONDA PLANA (LASER)



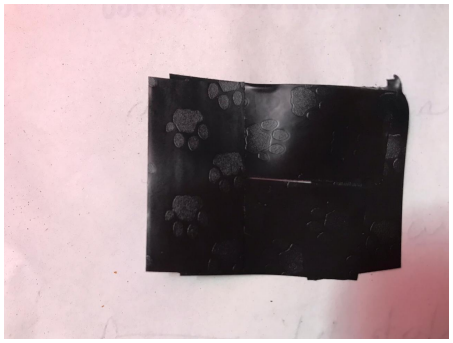
NOTA: DIFRAÇÃO PODE SER EXPLICADA ATRAVÉS DE INTERFERENCIAS (ONDE A FENDA SIMPLES E VISTA COMO UMA SUPERPOSIÇÃO DE FONTES INFINITESIMAIS)

Principio de Babinet

Duas aberturas complementares geram o mesmo padrão de difração!
(Exceto na direção correspondendo a ótica géometrica)

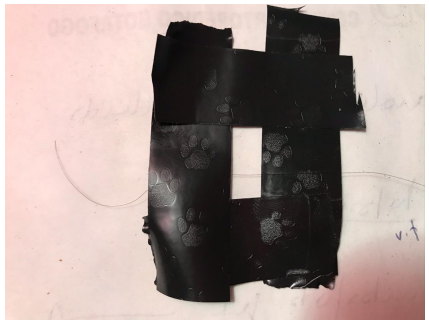


Jacques Babinet
(1794-1872)



FENDA SIMPLES

=

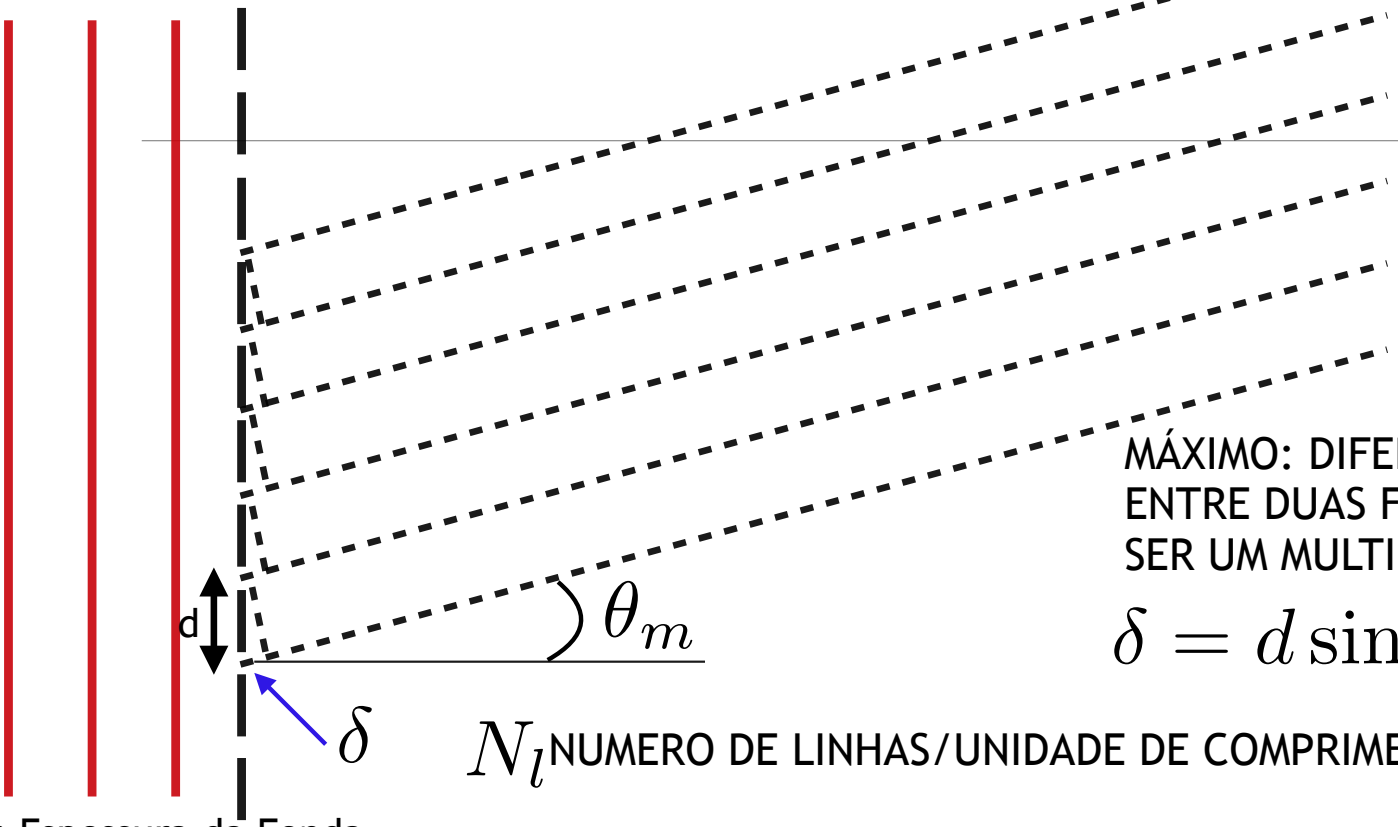


CABELO

Um cabelo pode substituir uma fenda simples da mesma espessura sem alterar o padrão de difração!

REDE DE DIFRAÇÃO

ONDA PLANA (LASER)



MÁXIMO: DIFERENÇA DE CAMINHO ÓTICO ENTRE DUAS FENDAS SUCCESSIVAS TEM QUE SER UM MULTIPLO INTEIRO DE λ

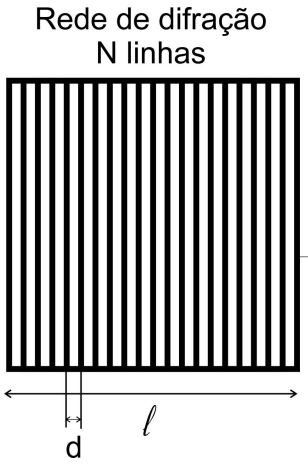
$$\delta = d \sin\theta_m = m\lambda$$

N_l NUMERO DE LINHAS/UNIDADE DE COMPRIMENTO $\quad d \simeq 1/N_l$

a: Espessura da Fenda
d: Distância entre os centros das fendas

POSIÇÕES ANGULARES DOS MAXIMOS: $\sin\theta_m = mN_l\lambda$

REDE DE DIFRAÇÃO E CAPACIDADE DE UM CD



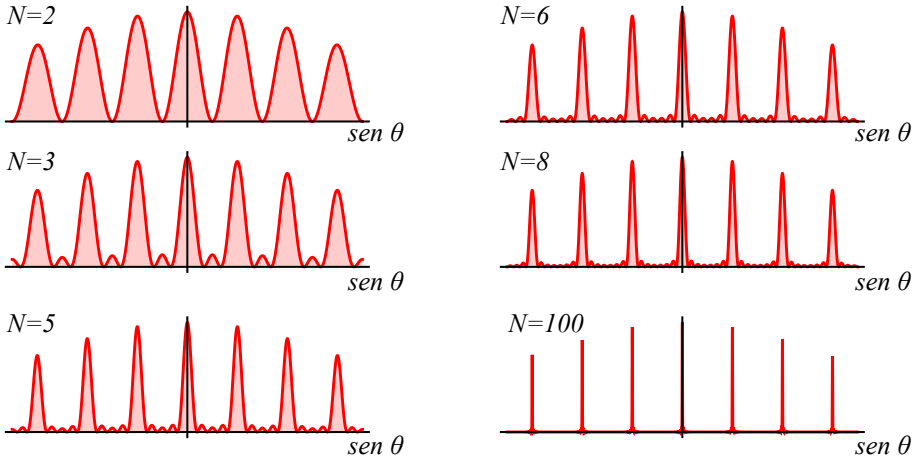
$(N_l = N/l)$

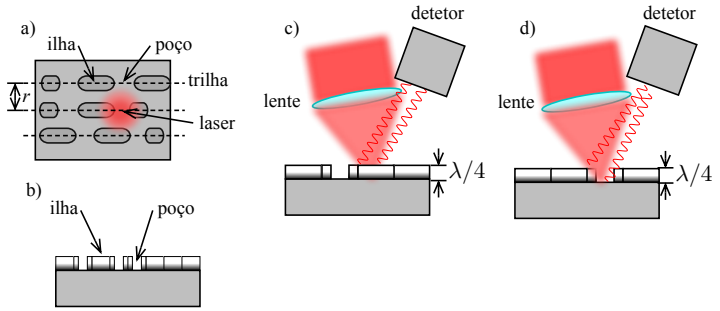
POR UM COMPRIMENTO DE ONDA E UMA REDE COM Nl LINHAS POR METRO, OS MAXIMOS SÃO DEFINIDOS POR:

$$\sin\theta_m = mN_l\lambda$$

UM CD SE COMPORTA COMO UMA REDE DE DIFRAÇÃO!

PADRÃO DE INTERFERENCIA COM N FENDAS





DISTANCIAS ENTRE OS TRILHOS: $r = 1/N_l$

DETERMINAR N_l **EXPERIMENTALMENTE NOS DA A AREA DE STOCKAGEM DE UM BIT** $A_{\text{bit}} = r^2$

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Difração por uma fenda simples

Material:

- Laser de Chaveiro;
- Fita isolante;

- Construir a fenda simples com 4 pedaços de fita isolante.
- Amarrar o Laser de Chaveiro numa mesa perto da extremidade com fita isolante.
- Colocar um peso acima do botão do laser para manter ele ligado.
- Fixar a fenda simples na beirada de uma mesa (por exemplo)
- Observar o padrão de interferência (melhor ver no escuro) numa parede (distância ≥ 2m)
- Dica: uma caixinha de remedio pode ajudar a manter a fenda simples “em pé”

Realizar uma foto da montagem, e do padrão de interferência! Guardar a fenda simples (poderá ser usada no dia da defesa de memorial)

Difração por um fio de cabelo: Procedimento Experimental

Material:

- Laser de Chaveiro;
- Fita isolante;
- Cabelo;
- Folha de papel branca

(Creditos:Gabo)

- Repetir o procedimento anterior (com o laser amarrado) na mesa trocando a fenda simples pelo cabelo e iluminando desta vez o fio de cabelo
- Colocar uma folha de papel branca na parede (usando a fita isolante)
- Observar o padrão de interferência e marcar a posição dos mínimos de intensidade do lado do maximo central

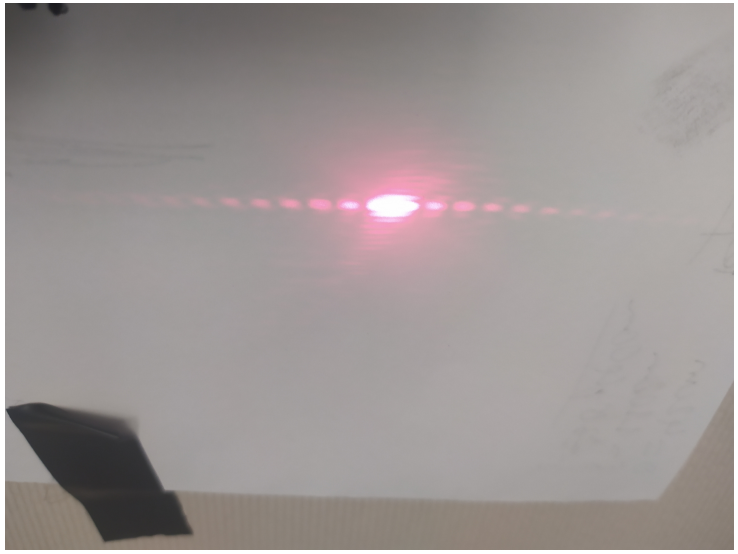
(colocar um traço onde ha luz, e um circulo onde não tem).

Deixando o laser na mesma posição, trocar a fenda simples pela fita com fio de cabelo de tal forma que o laser ilumine o cabelo.

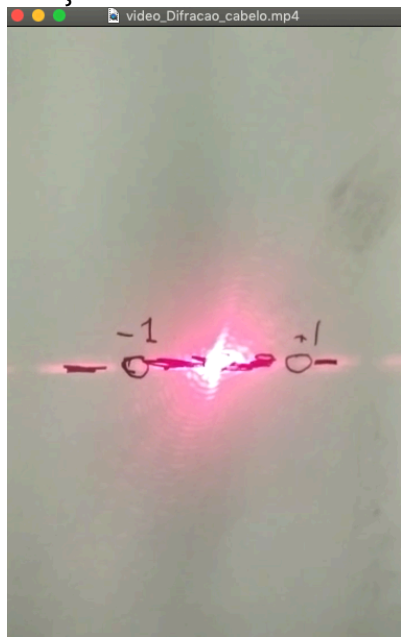
Difração por um cabelo: Padrões obtidos e marcação dos mínimos

Padrão no escuro

Padrão a luz o dia



Marcação dos mínimos m=+/-1



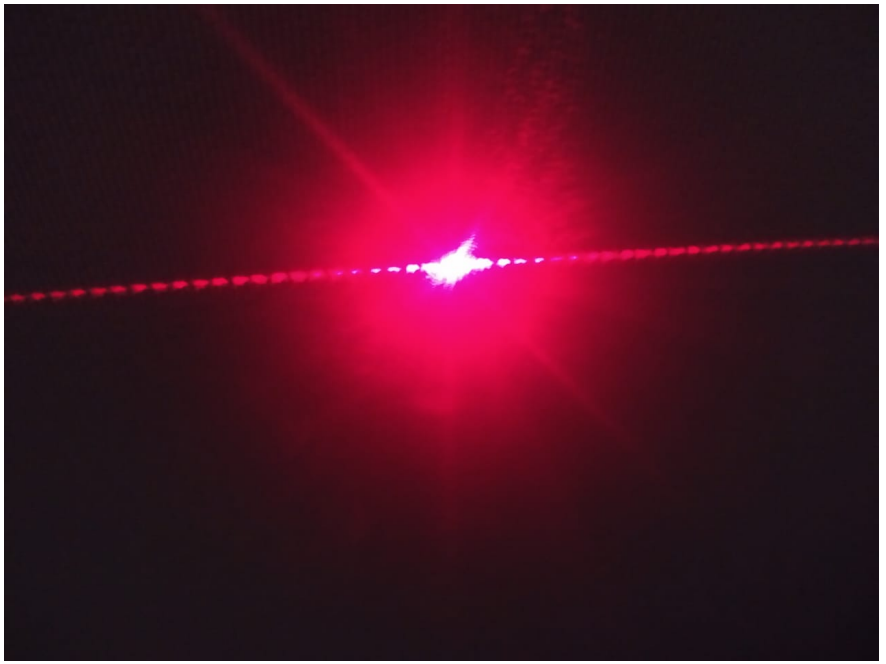
1) Marcar a posição dos mínimos de interferência do lado direto e esquerdo da mancha central
2) Medir com a fita métrica a distância entre o fio de cabelo e o anteparo
3) Deduzir a espessura do cabelo (veja roteiro)

Difração por uma fenda dupla

Material:

- Laser de Chaveiro;
- Fita isolante;
- **Dos fios de uma vassoura**

- Deixar o Laser de Chaveiro amarrado numa mesa com fita isolante e com objeto pesado.
- Cortar e juntar dois fios de uma vassoura. Os dois fios devem ter uma espessura de uma fração de um milimetro (< 0.5mm de preferencia)
- Juntar os dois fios numa fenda
- Iluminar a fenda dupla e observar o padrão de interferência numa parede distante de alguns metros



Difração por um CD: Preparação inicial

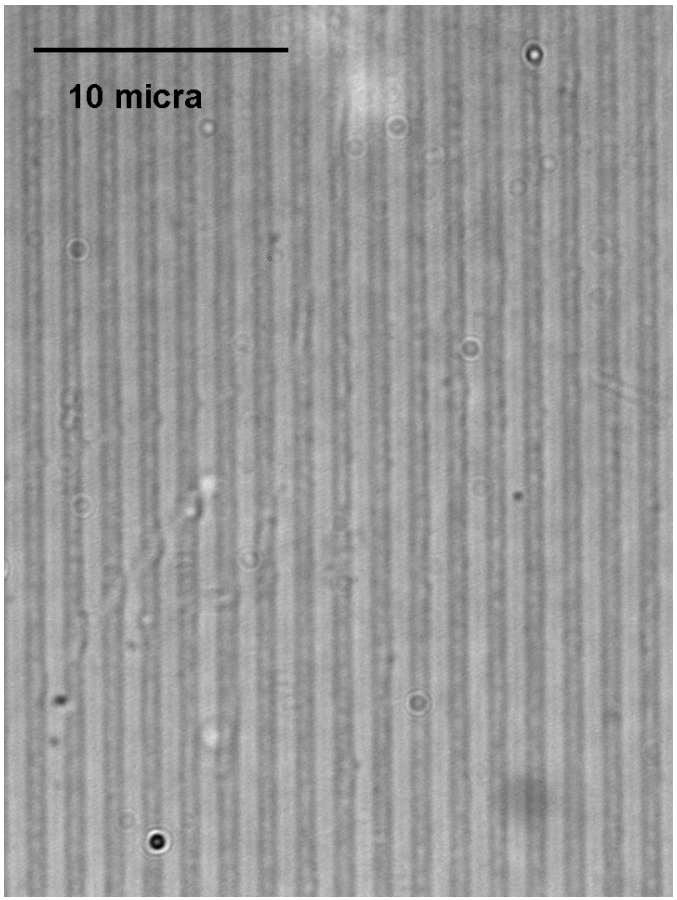
Etapa 1: Transformar o CD num material transparente

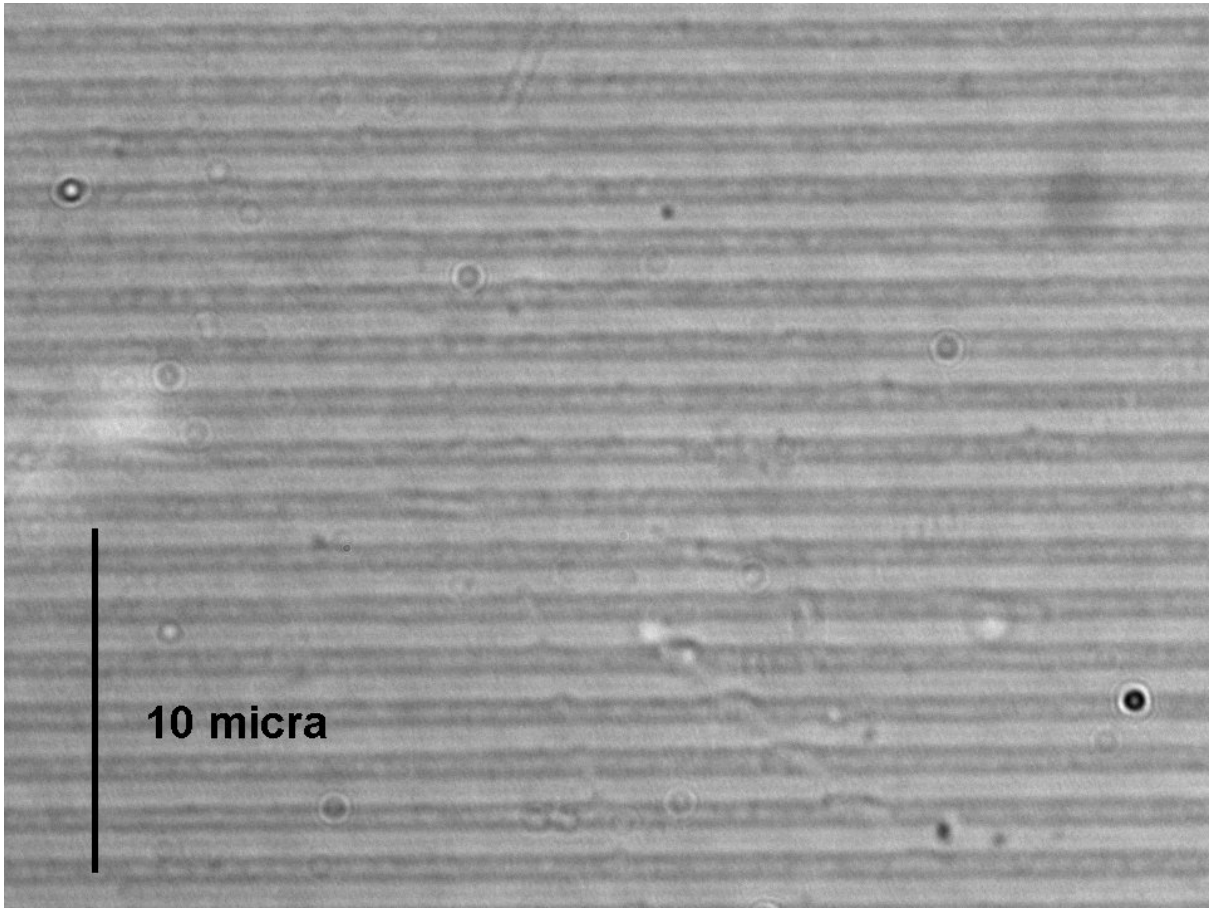
Material:

- CD;
- Fita isolante;
- Faca

Dica: Começar por riscar um pouco uma pequena parte da superfície do CD com uma faca antes de colocar o primeiro adesivo. Uma vez que o primeiro pedaço saiu, o resto sai facilmente sem precisar riscar mais.

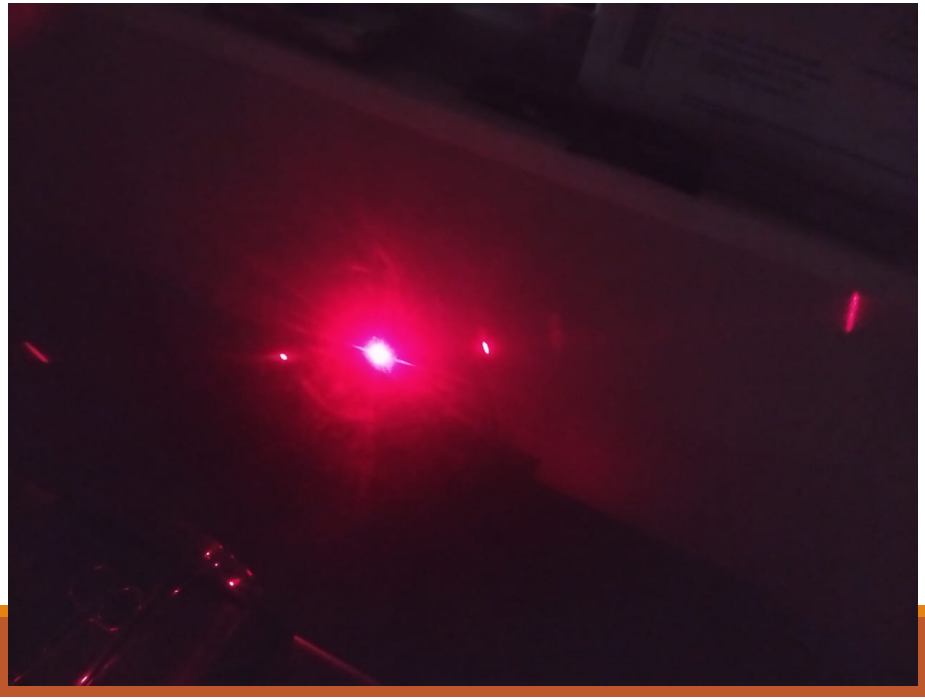
Photo de um CD: Semelhança com rede de difração





Difração por um CD: Observação do padrão de interferência

- Colocar o CD na extremidade de uma mesa (ou cadeira), colado com a fita isolante
- Deixar o laser amarrado com fita isolante perto do CD
- **A montagem deve ser feita de tal forma que, após atravessar o CD, a luz do laser chegue muito rapidamente numa parede. Aconselha-se uma distancia de 20cm ou menor.**
  Isso é porque apos atravessar o CD, a luz laser espalha muito, e pode apresentar perigo.
  Colar com a fita uma folha branca na parede onde o padrão vai ser observado. Marcar a posição dos máximos. Medir a distancia CD-Anterparo. Medir a distancia entre os máximos de ordem m=+1,-1,0.

Montagem experimental

Padrão de interferência