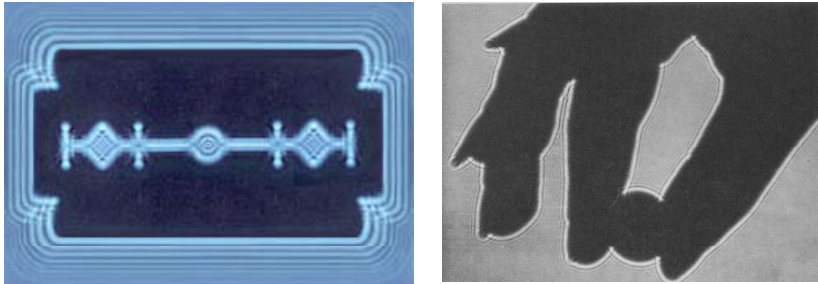


Difração



Princípio de Interferência de Ondas EM

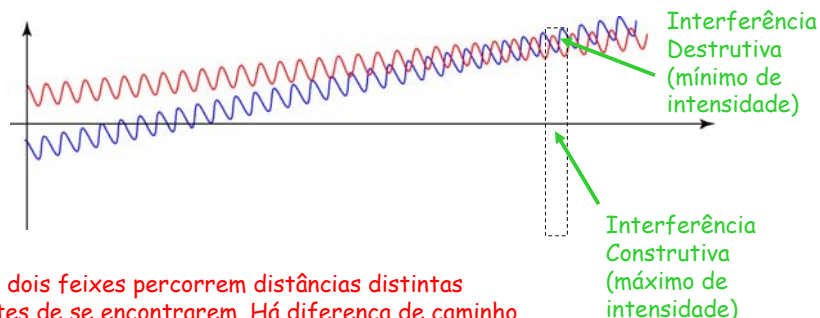
• Para produzir uma diferença de fase entre dois feixes coerentes podemos fazer com que os dois feixes percorram caminhos diferentes e se unam em algum ponto do espaço para exibir o padrão de interferência.



Os dois feixes percorrem a mesma distância antes de se encontrarem. Não há diferença de caminho óptico e a interferência é construtiva no ponto de encontro

Princípio de Interferência de Ondas EM

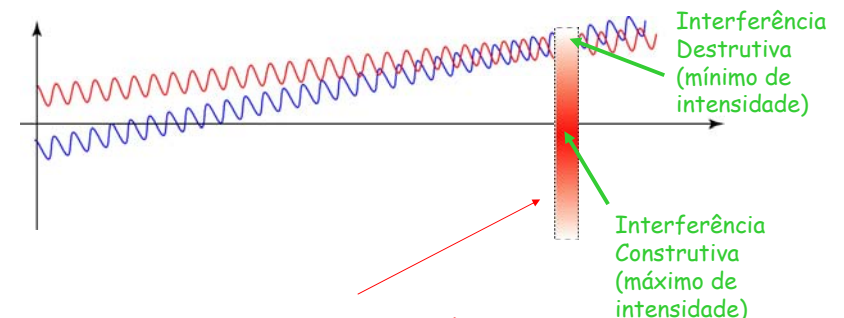
• Para produzir uma diferença de fase entre dois feixes coerentes podemos fazer com que os dois feixes percorram caminhos diferentes e se unam em algum ponto do espaço para exibir o padrão de interferência.



Os dois feixes percorrem distâncias distintas antes de se encontrarem. Há diferença de caminho óptico e a interferência deixa de ser maximamente construtiva, podendo chegar até a se destrutiva quando a diferença de caminho óptico é tal que $\Delta\Phi = m\pi$, $m=1,2,3,4...$

Interferência de Ondas EM

• Para produzir uma diferença de fase entre dois feixes coerentes podemos fazer com que os dois feixes percorram caminhos diferentes e se unam em algum ponto do espaço para exibir o padrão de interferência.



Padrão de interferência

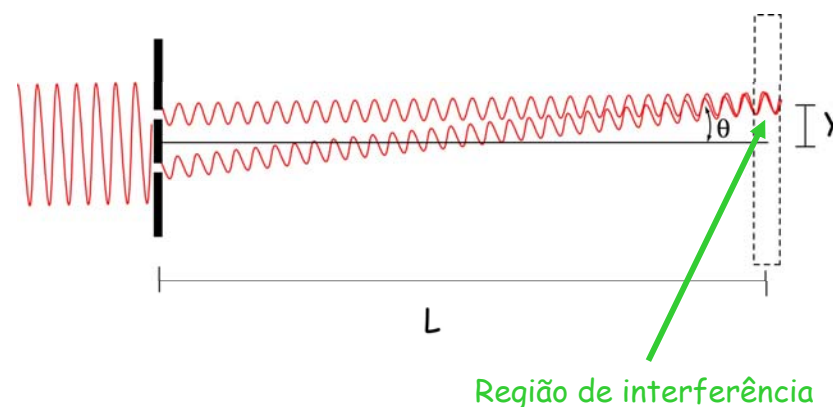
Um "duelo" científico histórico sobre a Natureza da Luz

Sir Isaac Newton (1642-1727) : luz era constituída de corpúsculos. Os principais fenômenos óticos (reflexão e refração) podiam ser explicados com o uso da teoria corpuscular.

Christian Huygens (1629-1695): Luz tem caráter ondulatório

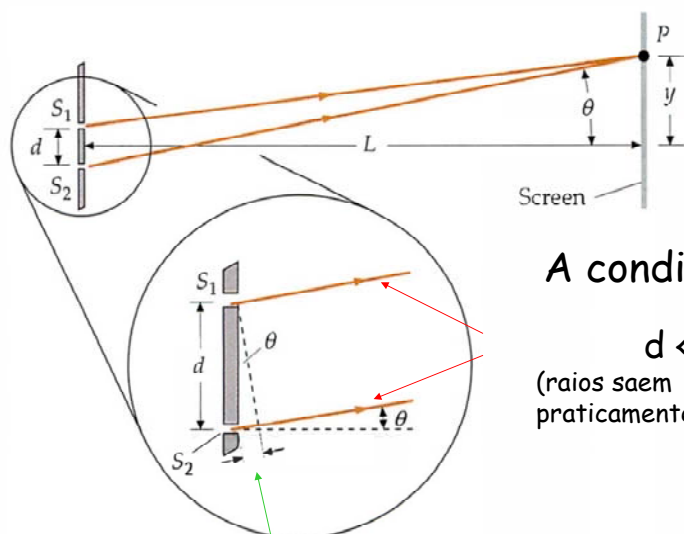
Por muito tempo o prestígio de Newton fez prevalecer a teoria corpuscular até que ~ 1801 Thomas Young (1773-1829) resolveu a questão em favor de Huygens usando o seu famoso experimento de dupla fenda.

O Experimento de Dupla fenda de Young



A pergunta que temos que responder é: Quais são as posições y em que a interferência dos feixes vindos das duas fendas é construtiva e destrutiva ?

Vamos modelar o problema

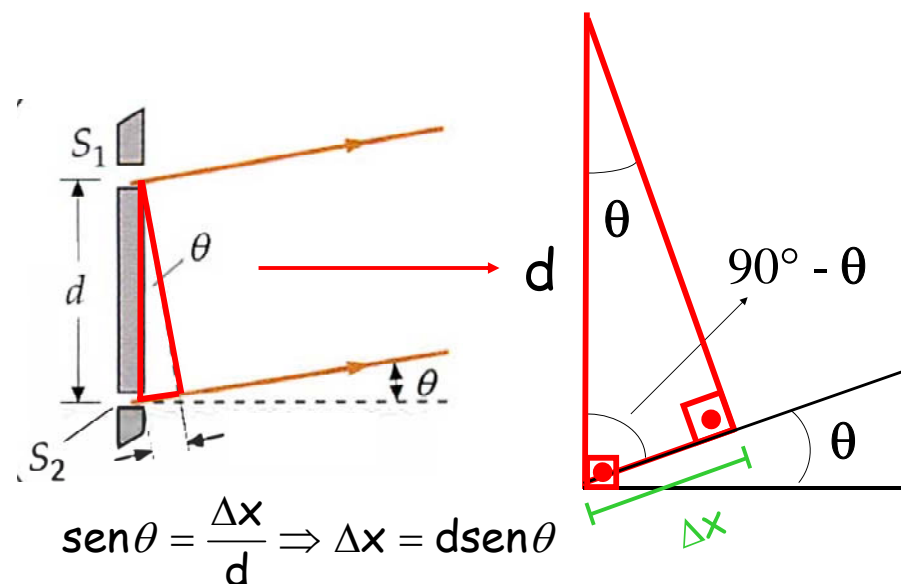


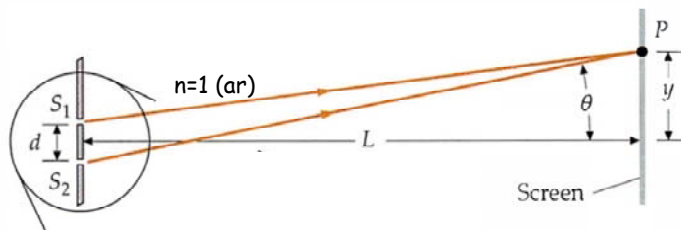
A condição é:

$d \ll L$
(raios saem das fendas praticamente paralelos)

x = Diferença de caminho óptico

Vamos modelar o problema





Interferência construtiva em P (máximos de interferência)

$$\Delta\Phi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta x = m2\pi \rightarrow \frac{2\pi}{\lambda} d \sin\theta = m2\pi \rightarrow \boxed{d \sin\theta = m\lambda}$$

$m = 0, 1, 2, 3, 4, \dots$ (ordem da interferência)

Condição de máximo de interferência

$$\sin\theta = \frac{y}{\sqrt{L^2 + y^2}} \rightarrow \text{Se } y \ll L \rightarrow \sin\theta = \frac{y}{L} \rightarrow d \frac{y}{L} = m\lambda$$

Posição onde aparecem os máximos de interferência de ordem m

$$\boxed{y_m^{\max} = \frac{m\lambda L}{d}}$$

Interferência destrutiva em P (mínimos de interferência)

$$\Delta\Phi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta x = \pi + m2\pi \rightarrow \Delta\Phi = \frac{2\pi}{\lambda} d \sin\theta = \pi + m2\pi$$

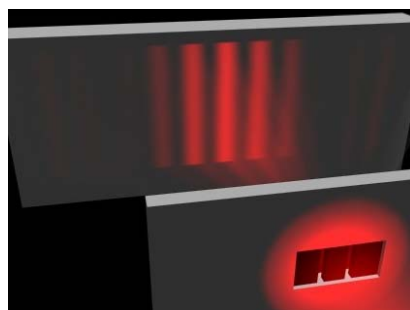
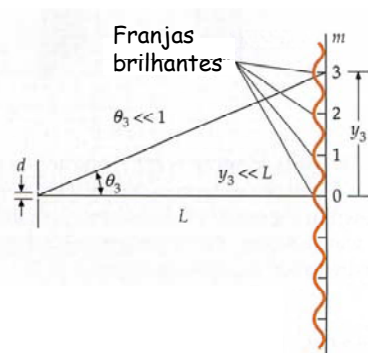
Condição de mínimo de interferência

$$\boxed{d \sin\theta = \left(\frac{1}{2} + m\right)\lambda}$$

$$\sin\theta = \frac{y}{\sqrt{L^2 + y^2}} \rightarrow \text{Se } y \ll L \rightarrow \sin\theta = \frac{y}{L} \rightarrow d \frac{y}{L} = \left(\frac{1}{2} + m\right)\lambda$$

Posição onde aparecem os máximos de interferência de ordem m

$$\boxed{y_m^{\max} = \left(\frac{1}{2} + m\right) \frac{\lambda L}{d}}$$



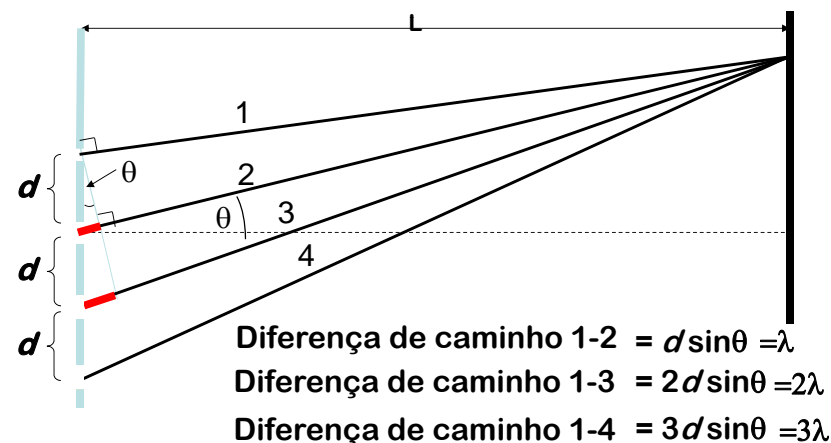
Uma constatação:

Os máximos ocorrem quando $d \sin\theta = m\lambda$

$$\text{Logo: } \sin\theta = \frac{m\lambda}{d}$$

Quanto mais próximas estiverem as fendas (menor d) maior será o $\sin\theta$ e, conseqüentemente, mais separados estarão os máximos de interferência. Em outras palavras, quanto menor for d mais fácil será medir o padrão de interferência

Muitas Fendas

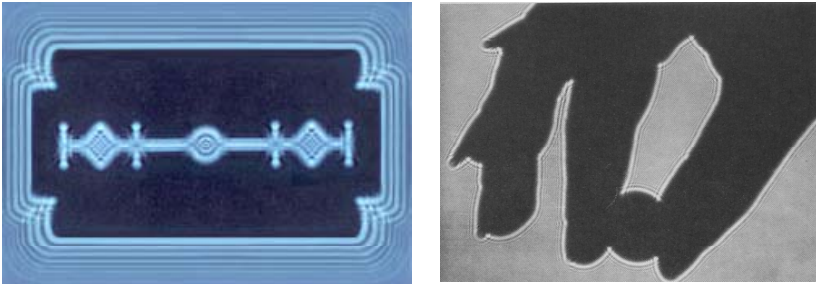


Interferência construtiva para todos os casos quando:

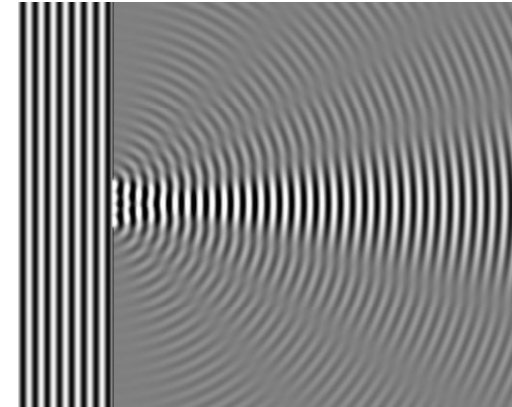
$$\boxed{d \sin\theta = m\lambda}$$

Fórmula é igualmente válida para muitas fendas

Difração



O que é difração?

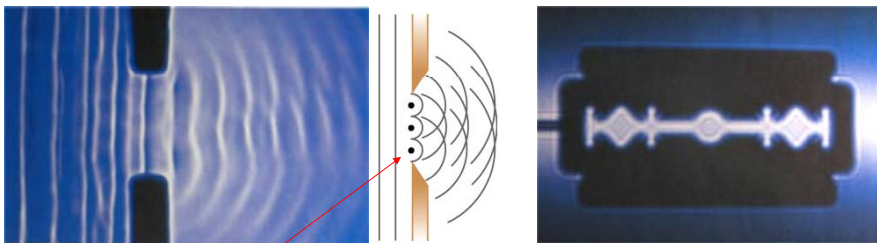


Difração é um fenômeno que ocorre com as ondas quando elas passam por um orifício ou contornam um objeto cuja dimensão é da mesma ordem de grandeza que o seu comprimento de onda. A difração é um fenômeno tipicamente ondulatório. As ondas, ao passar pelo orifício de um anteparo, abrem-se ou difratam-se, formando um feixe divergente.

Difração por Fenda Simples



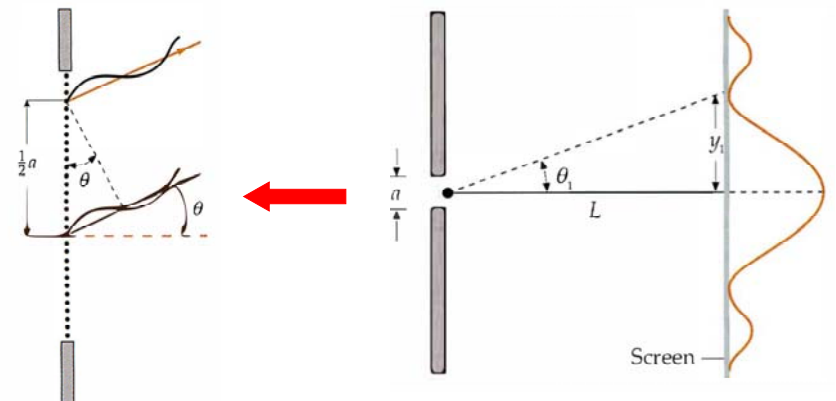
As ondas se curvam em torno dos lados



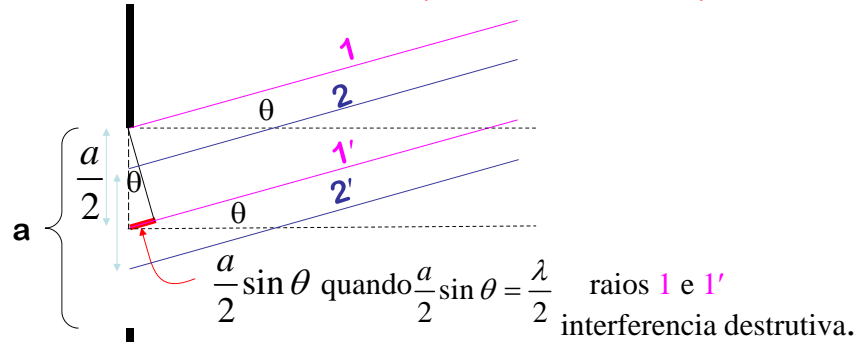
Ao passar pela fenda cada ponto torna-se uma nova fonte (princípio de Huygens). A interferência entre essas fontes é que causa a difração

Sombra de uma lâmina de barbear

Descrição da Difração por Fenda Simples



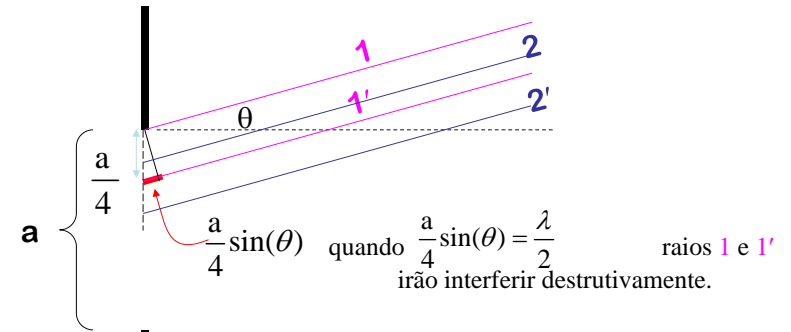
Mínimos de difração por Fenda Simples



Raios 2 e 2' também começam afastados de $a/2$ e tem a mesma diferença de caminho.

Nessas condições cada raio originado na parte de cima interfere com o raio correspondente originado na parte de baixo.

1st mínimo em $\sin \theta = \lambda/a$

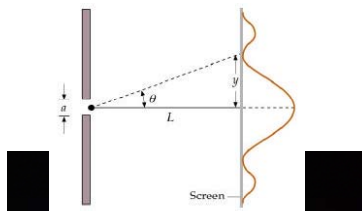


Raios 2 e 2' também começam a $a/4$ de distância entre si e tem a mesma diferença de caminho.

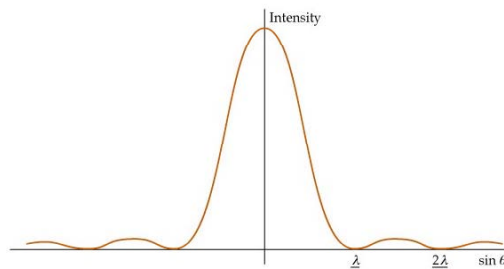
Nessas condições cada raio originado no primeiro quarto interfere com o raio correspondente no segundo quarto. O mesmo acontece para o terceiro e quarto quarto

2nd mínimo em $\sin \theta = 2\lambda/a$

Padrão de Difração de Fenda Simples



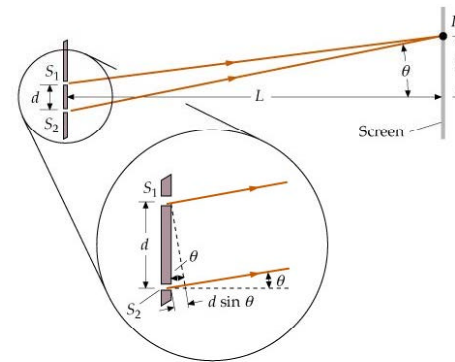
Quanto mais estreita for a fenda maior será a distância entre os mínimo de difração e consequentemente mais largo o máximo central



$m=-1$ $m=-1$
Mínimos de difração $a \sin \theta = m \lambda$

$m = -2$ $m = -1$ $m = 0$ $m = +1$ $m = +2$

Voltando ao caso de duas fendas

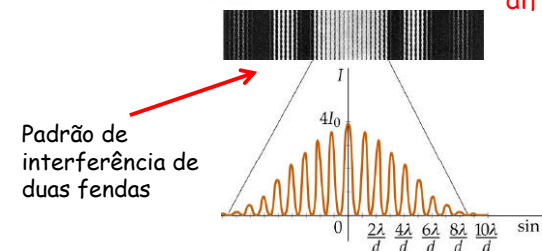


Se considerarmos que as duas fendas, separados por uma distância d e abertura a finita então, o **padrão de interferência** com **máximos** em:

$d \sin \theta = m \lambda$

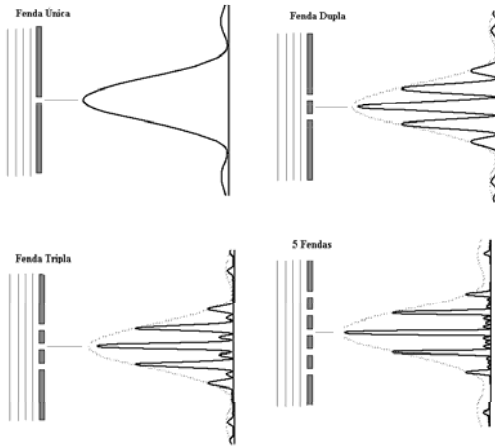
Se rá modulado pelo **padrão de difração** com **mínimos** em:

$a \sin \theta = m \lambda$



Padrão de interferência de duas fendas

O que acontece se aumentarmos o número de fendas ?



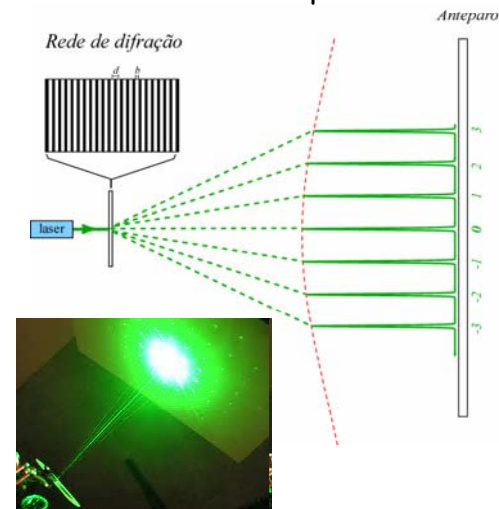
Posição dos máximos de interferência é independente do número de fendas

$$d \sin \theta = m \lambda$$

A medida que o número de fendas aumenta os picos se tornam mais estreitos e bem definidos

Redes de Difração

Um rede de difração são um conjunto de fendas muito próximas e muito estreita. Tipicamente da ordem de centenas de fendas por mm



máximos de interferência

$$d \sin \theta = m \lambda$$

$$\frac{\text{número de fendas}}{\text{mm}} = \frac{1 \text{ mm}}{d}$$

Parâmetro da rede de difração

FIM