

Semana 06

Interferência

Física III - Licenciatura


Prof. Henrique A. M. Faria

Introdução

- Na óptica geométrica representamos a luz por meio de raios.
- No entanto, em diversas situações é preciso considerar apenas suas propriedades ondulatórias.
- Os efeitos ópticos que dependem da natureza ondulatória da luz são analisados pela óptica física.
- Estudaremos nas próximas aulas os fenômenos de interferência quando duas ondas se combinam.

Interferência

- Duas ou mais ondas luminosas com a mesma frequência podem se superpor em um ponto.
- Nesse caso, a onda resultante depende das fases das ondas, bem como de suas respectivas amplitudes.
- A superposição de ondas é chamada de interferência.
- A interferência pode ocorrer com qualquer tipo de onda: mecânica ou eletromagnética.



Interferência e fontes coerentes

Interferência e fontes coerentes

- O termo interferência indica a superposição de duas ou mais ondas na mesma região do espaço.
- A onda resultante em um ponto e um instante é determinada pelo **princípio da superposição**:

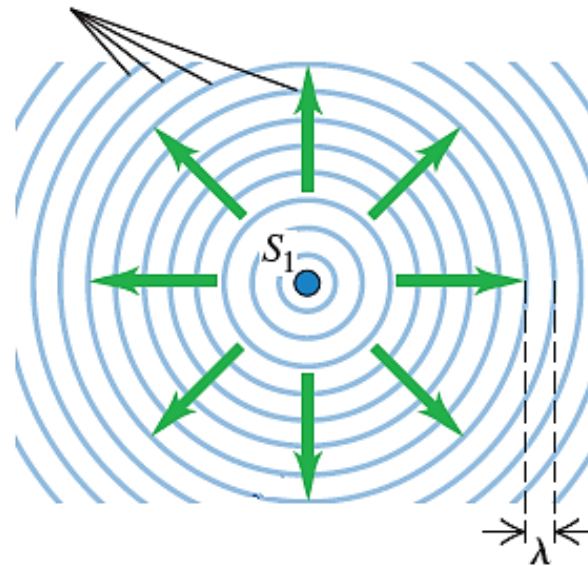
“Quando duas ou mais ondas se superpõem, o deslocamento transversal resultante será a soma dos deslocamentos das ondas individuais em determinado ponto e instante.”

Interferência e fontes coerentes

- Os efeitos da interferência podem ser estudados com mais facilidade quando combinamos ondas senoidais com uma única frequência f e comprimento de onda λ .

Frentes de onda: cristas de onda (frequência f) distanciadas de um comprimento de onda λ

As frentes de onda se deslocam a partir da fonte S_1 com a velocidade de onda $v = f\lambda$.

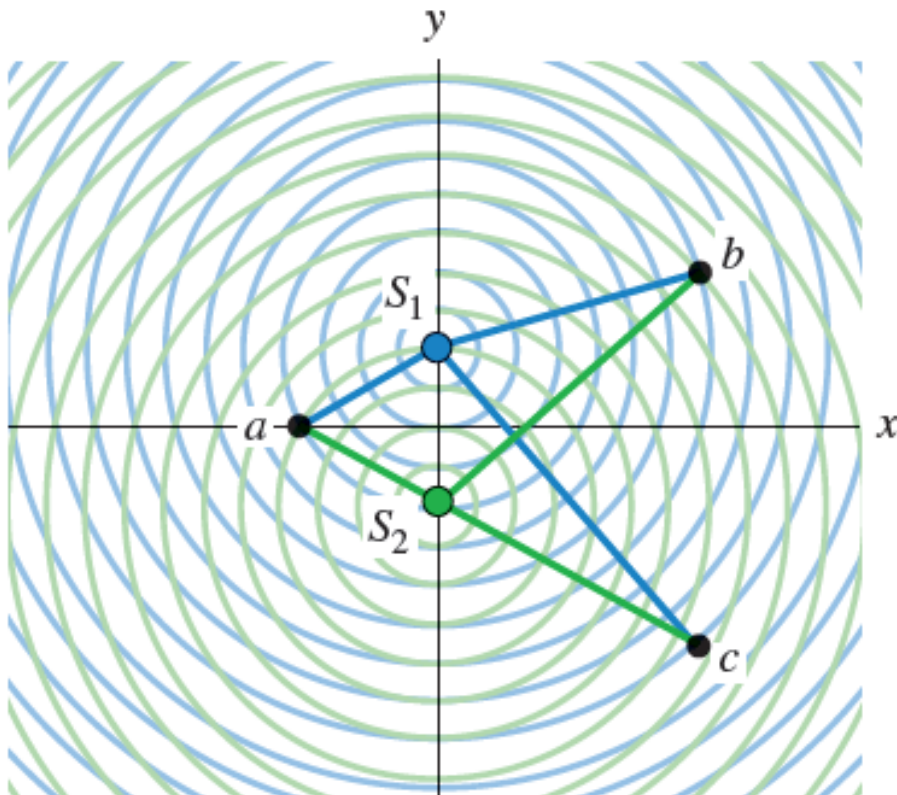


Interferência e fontes coerentes

- Em óptica, uma onda senoidal caracteriza uma **luz monocromática** (luz de uma única cor).
- As fontes de luz comuns **não emitem** luz monocromática (única frequência).
- A melhor fonte de luz monocromática disponível atualmente é o *laser*.
- **Exemplo:** *laser* de neônio-hélio, de luz vermelha com 632,8 nm têm uma variação de comprimento de onda da ordem de 0,000001 nm.

Interferência construtiva e destrutiva

- A Figura 35.2a mostra duas fontes coerentes idênticas de ondas monocromáticas, S_1 e S_2 .

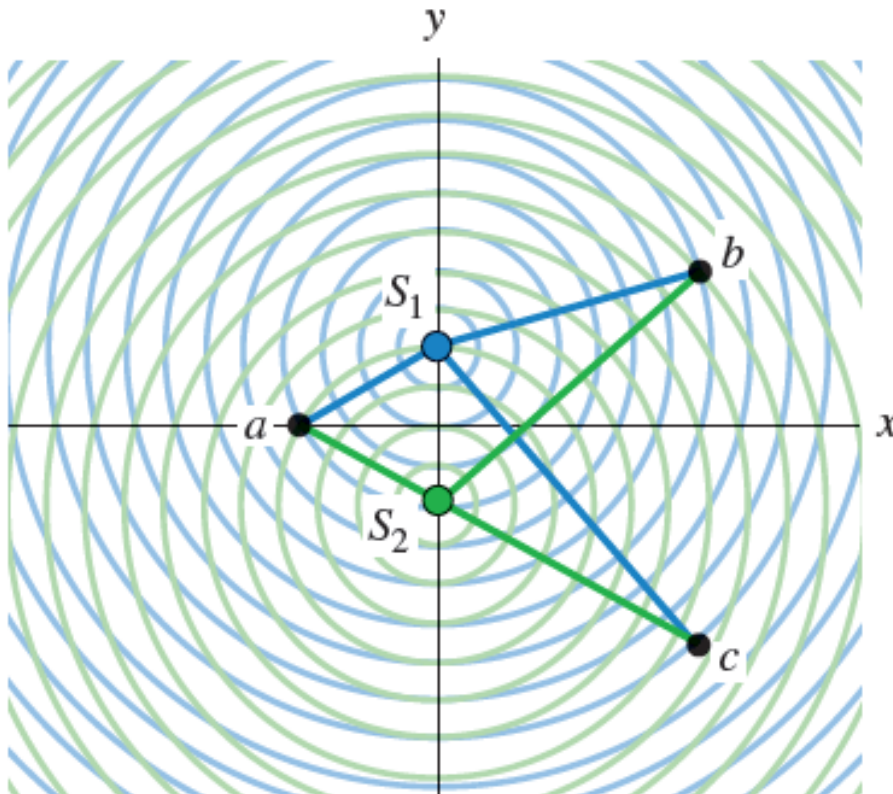


Fontes coerentes

- Mesma frequência.
- Mesmo comprimento de onda. (= amplitude)
- Relação de fase constante (oscilam em sincronia).

Interferência **construtiva**

- As duas ondas se somam e a amplitude total é o dobro da amplitude de cada onda individual.



Interferência construtiva

- Ponto a.
- Mesma distância de S_1 e S_2 até o ponto a
- As ondas atingem este ponto em fase.

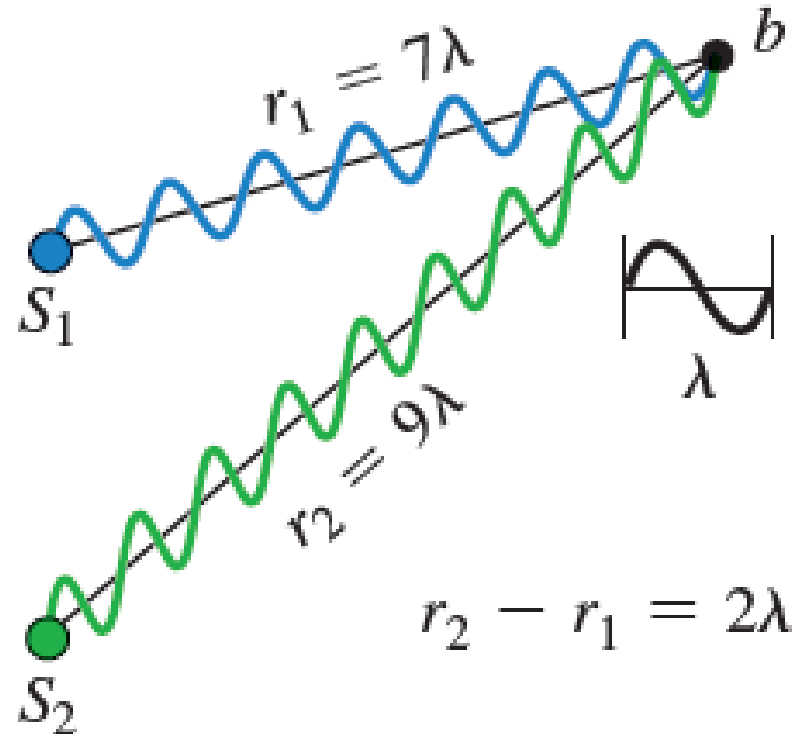
Interferência **construtiva**

- No ponto **b** a diferença entre os caminhos é um número inteiro de comprimentos de onda.

Condição para Interferência **construtiva**

$$r_2 - r_1 = m\lambda$$

$$m = 0, \pm 1, \pm 2 \dots$$



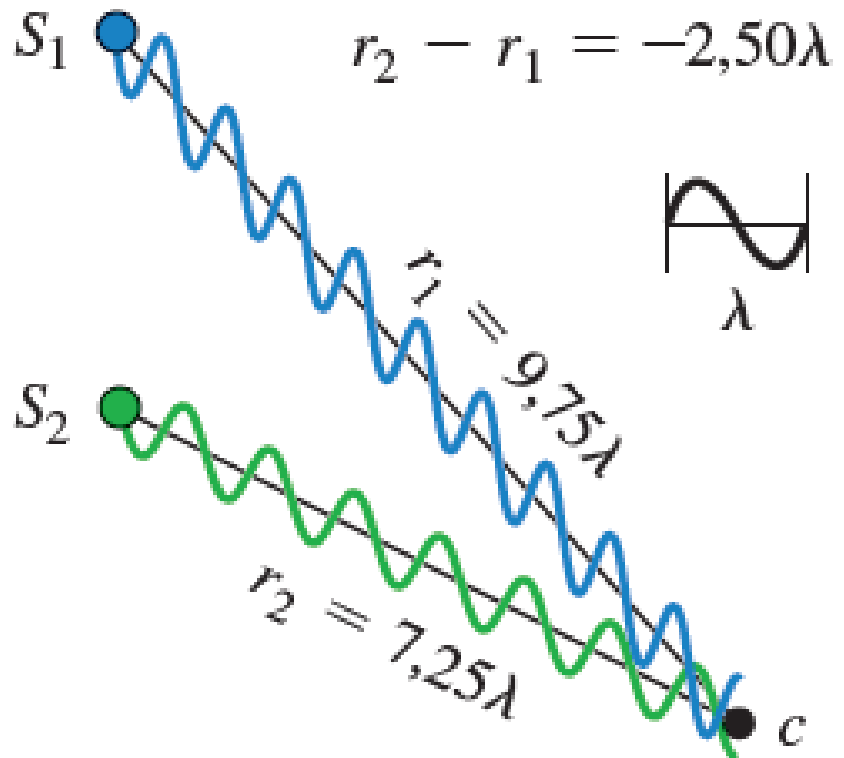
Interferência destrutiva

- No ponto **c** a diferença entre os caminhos é um número semi-inteiro de comprimentos de onda.

Condição para Interferência destrutiva

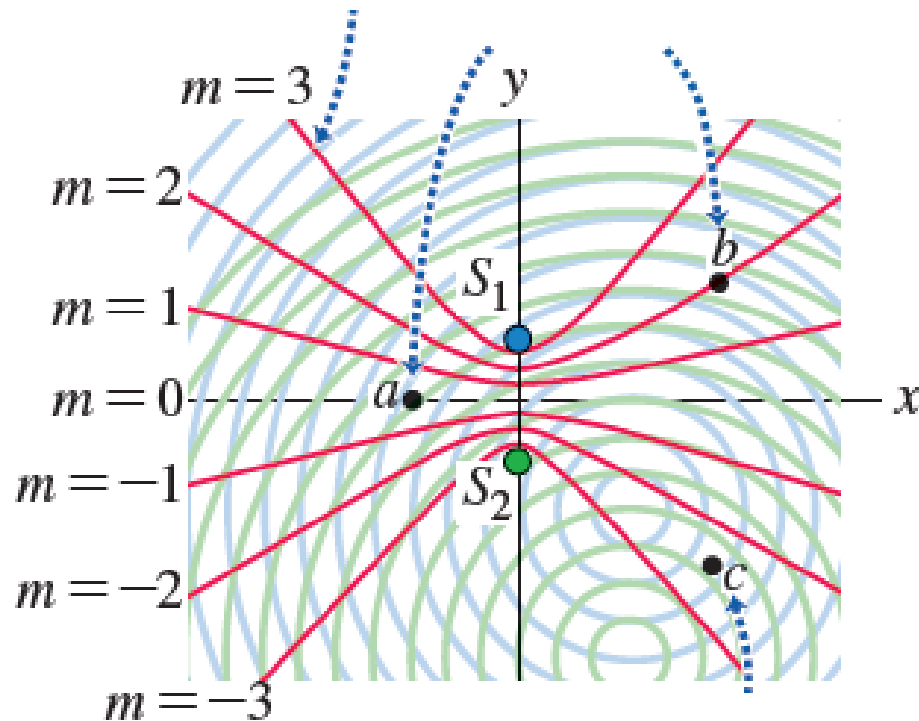
$$r_2 - r_1 = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

$$m = 0, \pm 1, \pm 2 \dots$$



Interferência construtiva

Curvas antinodais as ondas vindas de S_1 e S_2 interferem construtivamente.



Curvas antinodais

- Interferência construtiva máxima.
- m : número de comprimentos de onda λ em que os caminhos de S_1 e S_2 diferem.

Aplicação na biologia

- O sistema auditivo humano utiliza as diferenças de fase entre os sons recebidos pelas duas orelhas.
- Para ondas de som com frequências inferiores a cerca de 800 Hz (voz e música), a distância entre as orelhas é menor que meio comprimento de onda.
- Assim, a diferença de fase entre as ondas detectadas por cada orelha é menor que meio ciclo.
- O cérebro consegue detectar essa diferença de fase, determinar a diferença de caminho correspondente e usar essa informação para localizar a direção da fonte de som.

Simulador Interferência de onda

1. Acesse o simulador no módulo ondas.

https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference_all.html?locale=pt_BR

2. Experimente diferentes frequências e amplitudes em ondas na água, ondas sonoras e ondas luminosas. Visualize o gráfico.
3. No módulo interferências, além de mudar os parâmetros anteriores experimente espaçar as fontes.
4. Visualize os padrões de interferência e a tela.



Experimento da Fenda dupla de Thomas Young

Interferência e fontes coerentes

- Os conceitos de interferência construtiva e destrutiva se aplicam a ondas na água e de modo semelhante nas ondas sonoras e luminosas.



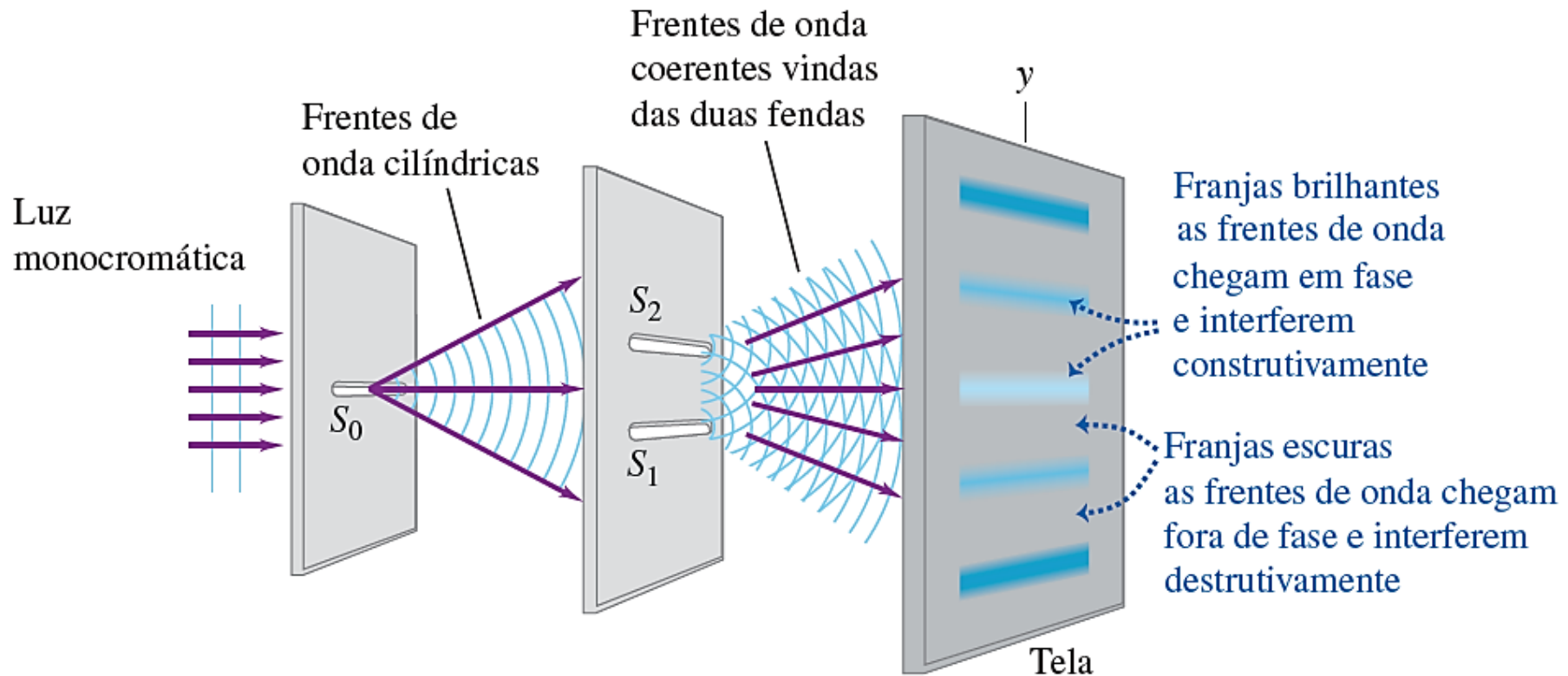
- Para duas fontes luminosas essa imagem não visível.
- O que se pode observar é o espalhamento da luz.

Experimento da fenda dupla

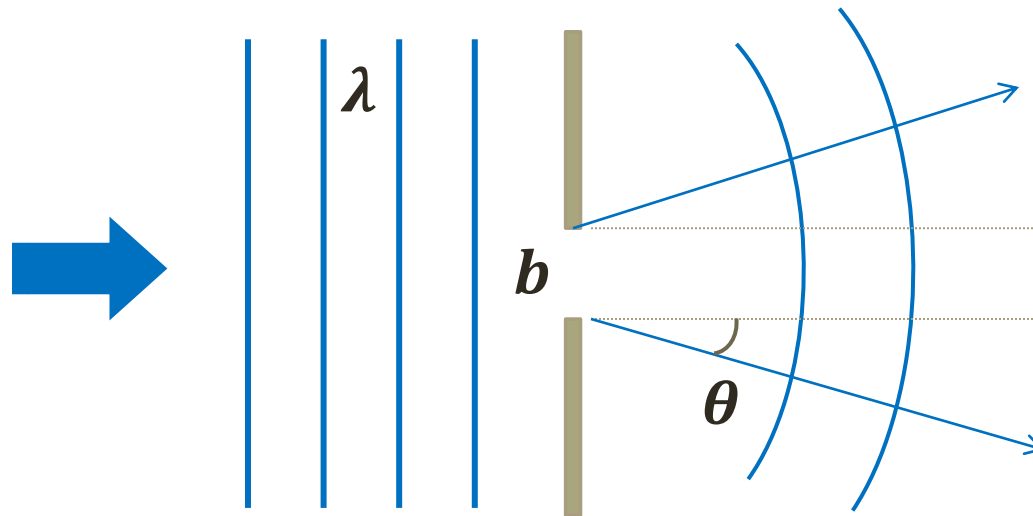
- As primeiras experiências quantitativas sobre a interferência da luz proveniente de duas fontes, foram realizada em 1800 por Thomas Young.
- Caso você tenha perdido as explicações em aula, assista este vídeo introdutório do professor Rafael, sobre o experimento de Young antes de proceguir com os slides:

<https://www.youtube.com/watch?v=GuJBuA-a7l8>

Experimento da fenda dupla



Passagem da onda por uma fenda



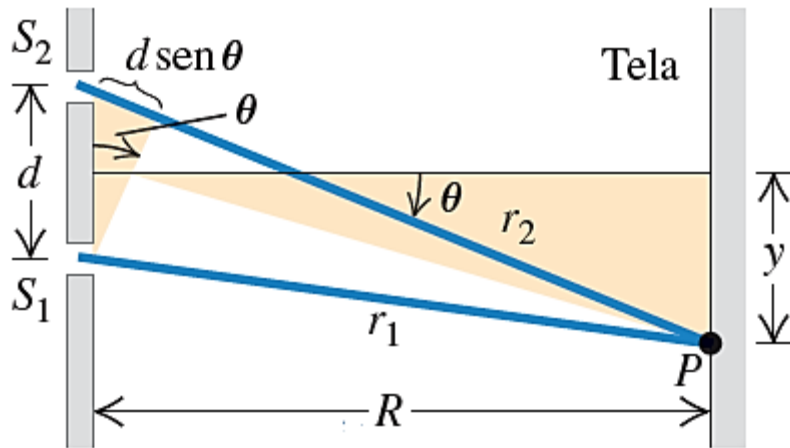
λ : comprimento da onda incidente;

b : largura da fenda;

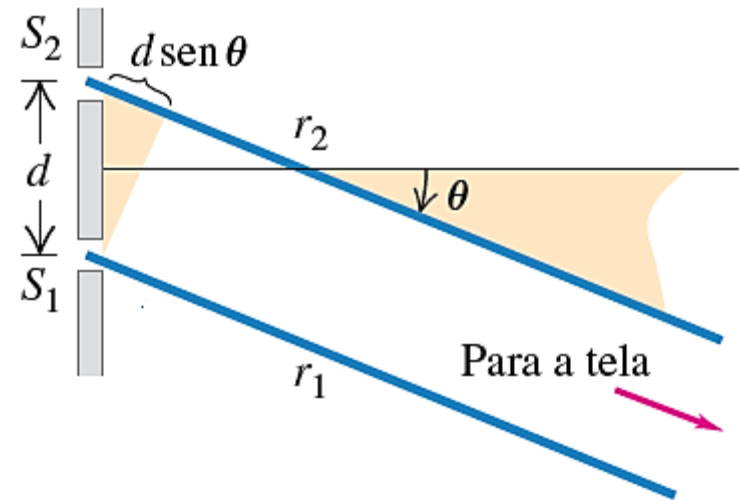
θ : ângulo de um raio.

Experimento da fenda dupla

(b) Geometria real (vista de lado).

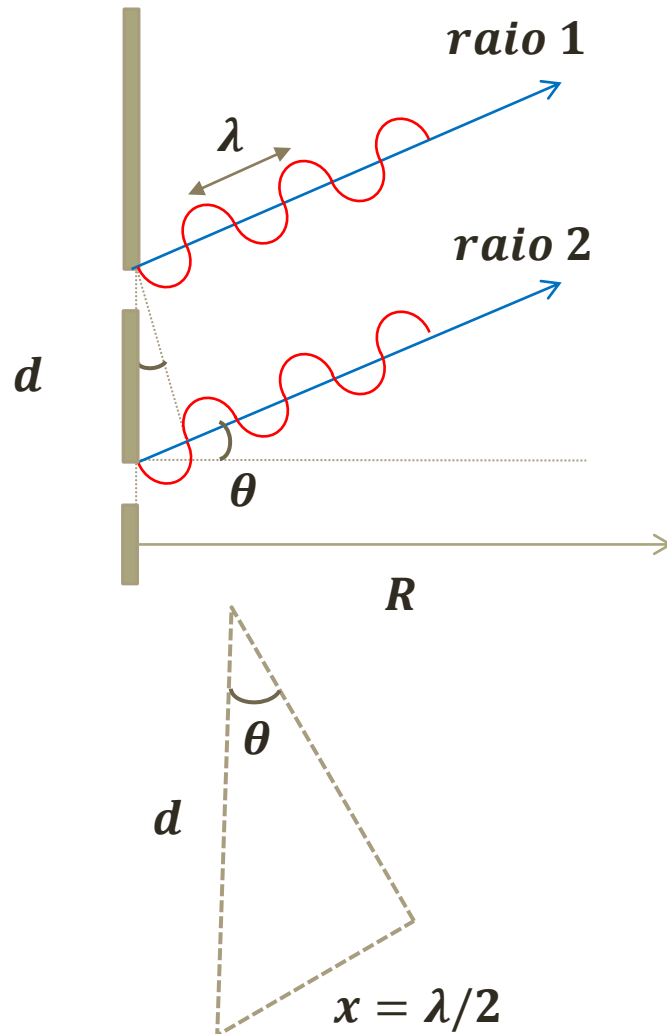


(c) Geometria aproximada



$$R > d$$

Interferência destrutiva



- A Figura mostra a região ampliada da fenda;
- A defasagem entre o raio 1 e o raio 2 é $x = \lambda/2$;

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

$$m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

Interferência destrutiva

Interferência **construtiva**

- Ocorre nos pontos onde a diferença de caminho $d \sin \theta_m$ é um múltiplo inteiro dos comprimentos de onda.

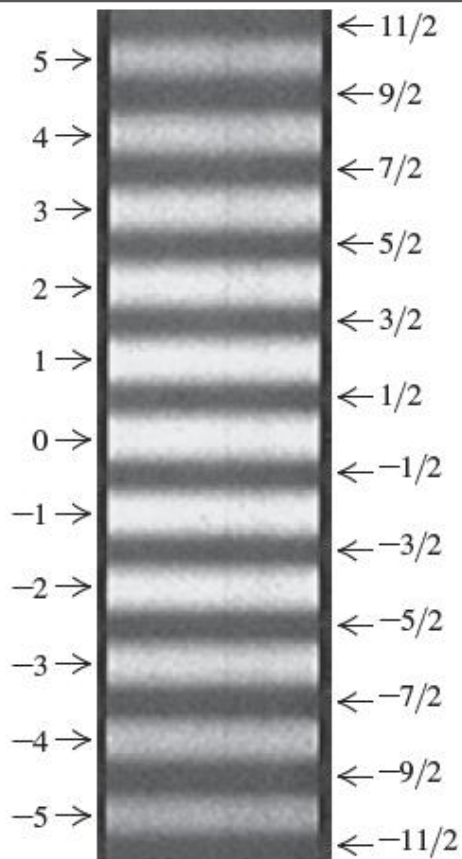
$$d \sin \theta = m \lambda \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

Interferência construtiva

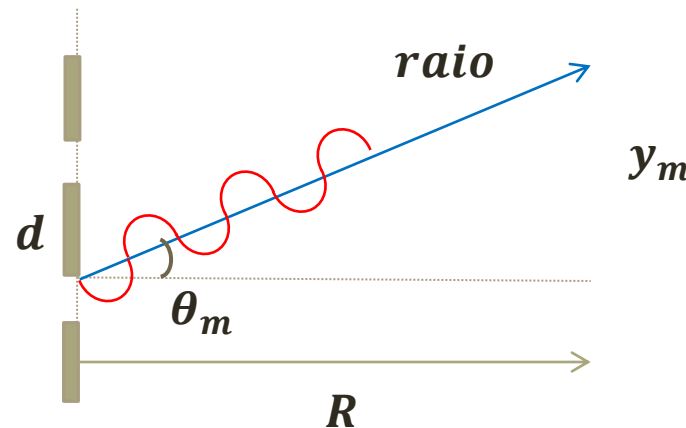
- A figura de interferência na tela é uma sucessão de faixas claras e escuras, chamadas de franjas de interferência.

Experimento da fenda dupla

m (interferência construtiva, regiões brilhantes)	$m + 1/2$ (interferência destrutiva, regiões escuras)
--	--



- Cálculo da posição (y_m) da **franja brilhante**.



$$y_m = R \operatorname{tg} \theta_m$$

para: $y_m \ll R \rightarrow \operatorname{tg} \theta_m \sim \operatorname{sen} \theta_m$

$$y_m = R \operatorname{sen} \theta_m = R \frac{m\lambda}{d}$$

**posição da
franja
brilhante**

Simulador de onda

1. Acesse o simulador no módulo fendas.

https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference_all.html?locale=pt_BR

2. Explore diferentes dimensões da fenda e diferentes frequências em ondas na água, ondas sonoras e ondas luminosas. Visualize o gráfico.
3. Visualize o padrão de interferência na tela para fenda dupla, experimentando mudar diferentes parâmetros.

Exemplo 35.2

É desejável orientar a energia irradiada por uma emissora de rádio em determinadas direções. Diversos pares de antenas alinhadas ao longo de uma linha reta costumam ser usados para obter a configuração da radiação desejada.

Como exemplo, considere uma estação de rádio que opera com duas antenas idênticas, com dipolos verticais que oscilam em fases, separadas por uma distância de 400 m, operando com frequência de 1.500 kHz (banda de rádio AM).

Para distâncias muito maiores que 400 m, em que direções a intensidade da radiação transmitida torna-se máxima?

Exemplo 35.2 – solução

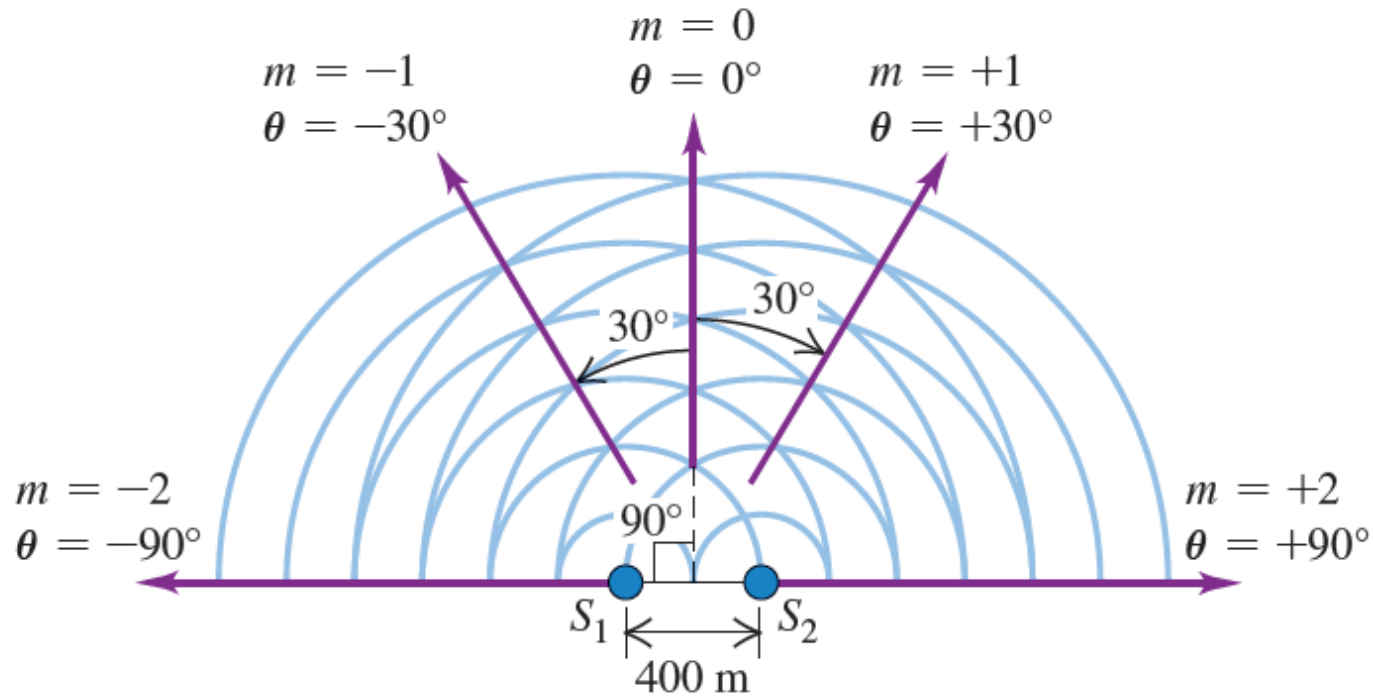
comprimento de onda é $\lambda = c/f = 200$ m.

as direções de intensidade máxima
com $m = 0, \pm 1$ e ± 2 , são dadas por

$$\sin \theta = \frac{m\lambda}{d} = \frac{m(200 \text{ m})}{400 \text{ m}} = \frac{m}{2} \quad \theta = 0, \pm 30^\circ, \pm 90^\circ$$

Neste exemplo, valores de m maiores que 2 ou menores que -2 fornecem valores de $\sin \theta$ maiores que 1 ou menores que -1 , o que é impossível.

Exemplo 35.2 – solução



Para depois desta aula

- Completar estudo com a leitura do capítulo 35 do livro texto (Sears vol. IV).
- Estude o exemplo 35.1.
- Acessar lista de exercícios no site:

profhenriquefaria.com

Referências

1. YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. Sears e Zemansky Física III: Eletromagnetismo. 12 ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008.

