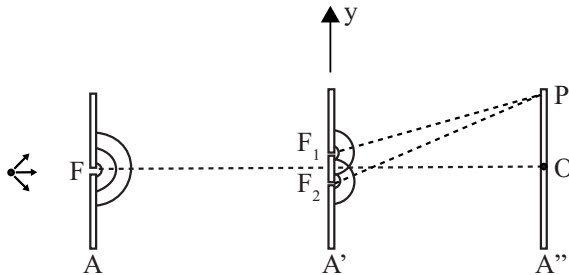


Neste material de revisão iremos trabalhar o fenômeno da interferência da luz, realizado por Thomas Young, e outro caso especial, observado por Humphrey Lloyd.

1. Experiência de Young

Thomas Young, através do experimento da dupla fenda, foi quem comprovou, pela primeira vez, a natureza ondulatória da luz.



Uma fonte (F) de luz monocromática incide sobre um anteparo (A) de fenda estreita (a ordem de grandeza próxima ao comprimento de onda λ), sofrendo difração e gerando, em (A'), duas fontes pontuais (F_1 e F_2), secundárias e coerentes.

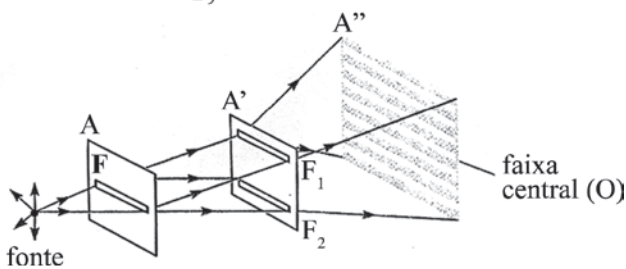
As duas fontes vão produzir figuras de interferência em (A''). Note que (F) está simétrica em relação às fendas no anteparo (A').

Nos exercícios, iremos aprender a resolver situações em que a fonte não esteja equidistante no eixo vertical das duas fendas.

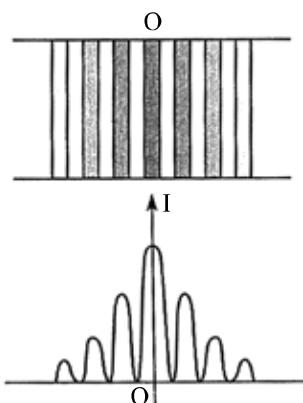
$$(d\overline{FF_1}) = (d\overline{FF_2})$$

Young Double Slit Experiment (YDSE)

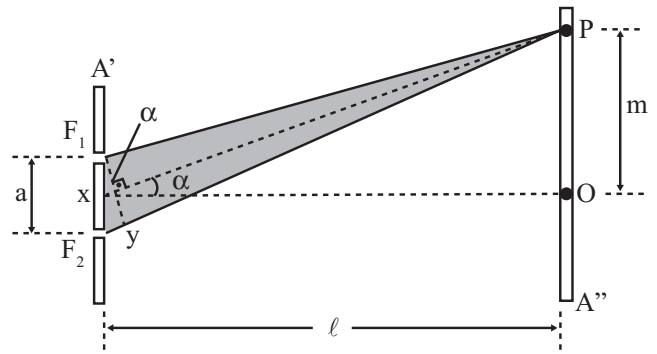
$$\Delta d = N \frac{\lambda}{2} \left\{ \begin{array}{l} N \text{ par: interferência construtiva} \\ N \text{ ímpar: interferência destrutiva} \end{array} \right.$$



A faixa central será brilhante, chamada (O).



Análise (YDSE)



Condição: $a \ll \ell$.

$$\text{Sen } \alpha = \frac{F_2 Y}{F_1 F_2} \cong \text{tg } \alpha$$

No $\triangle POX$, teremos:

- $\text{tg } \alpha = \frac{PO}{XO} \rightarrow \frac{F_2 Y}{F_1 F_2} = \frac{PO}{XO}$
- $F_2 Y = \Delta d \sim$ diferença de caminho entre ondas das fendas (F_1 e F_2)
- $F_1 F_2 = a$
- $PO = m$ (distância a partir da franja central)
- $XO = \ell$ (distância entre anteparos)
- $\Delta d = N \cdot \frac{\lambda}{2}$
- $N \cdot \frac{\lambda}{2} = \frac{a \cdot m}{\ell} \rightarrow \lambda = \frac{2 \cdot a \cdot m}{N \cdot \ell}$

Tópicos:

- Franjas igualmente espaçadas;
- Fórmula válida a partir da primeira franja escura com ($N = 1$). Para a segunda franja clara (considerando a central como primeira), usa-se ($N = 2$);
- Possível determinar comprimento de onda (λ) ou a sua frequência (f);
- Cálculo do comprimento de uma franja (clara ou escura):

Sendo β a distância entre dois pontos centrais de franjas claras ou escuras consecutivas, teremos como padrão de comprimento de franja a definição de:

$$\begin{aligned} \beta &= y_n - y_{n-1} \\ \beta &= \left[n \cdot \frac{(D \cdot \lambda)}{d} \right] - \left[(n-1) \cdot \frac{(D \cdot \lambda)}{d} \right] \\ \beta &= \frac{D \cdot \lambda}{d} \end{aligned}$$

onde:

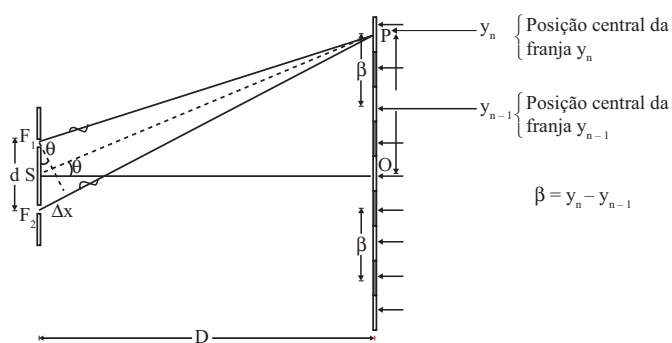
D: distância entre as fendas e o anteparo;
 λ : comprimento de onda da luz monocromática;
d: distância entre as fendas.

Observações:

1. Não haveria diferença caso utilizássemos as franjas escuras para efeito de cálculos;
2. Franjas claras e escuras no experimento de Young – interferência – possuem o mesmo comprimento de franja, definido por (β);
3. As franjas encontram-se igualmente espaçadas, como dito anteriormente;
4. Realizando o experimento em um meio distinto, de índice de refração (n), teremos:

$$\begin{aligned} \bullet \lambda_n &= \frac{\lambda_{AR}}{n} \\ \bullet \beta_{AR} &= \frac{D \cdot \lambda_{AR}}{d} \sim \beta_n = \frac{D \cdot \lambda_n}{d} \\ \bullet \beta_n &= \frac{\beta_{AR}}{n} \end{aligned}$$

Veja a figura.

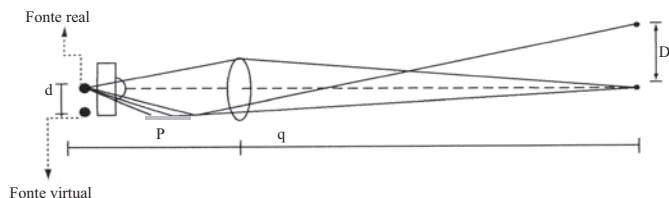
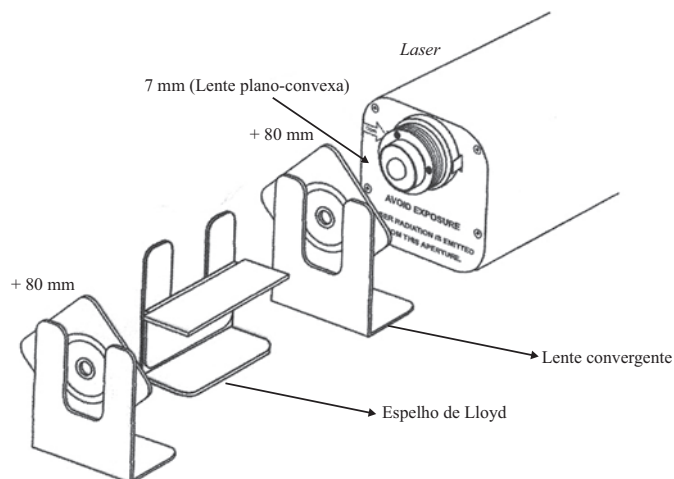


2. Interferência pelo espelho de Lloyd

Em 1834, um físico irlandês, chamado Humphrey Lloyd, desenvolveu um experimento de óptica com utilização de luz monocromática capaz de produzir interferência, a partir de uma única fonte, pela reflexão sobre a superfície de vidro.

Essa é uma técnica utilizada para determinar o comprimento de onda do *laser* de forma similar ao (YDSE). A dificuldade consiste em alinhar o aparato quando se faz incidir uma luz monocromática qualquer. A sugestão é o uso de um *laser*, proporcionando resultados mais precisos em laboratório.

Modelo simplificado

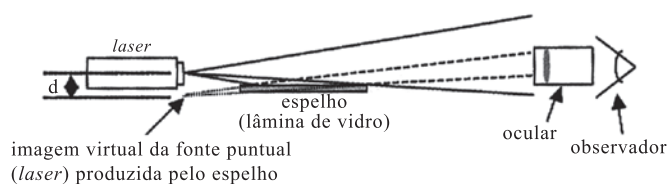


Assim:

$$\frac{d}{D} = \frac{p}{q}$$

$$\lambda = d \cdot \sin \theta$$

Sen θ (distância entre quaisquer duas franjas claras ou escuras no anteparo dividida pela distância entre o anteparo e a fonte).

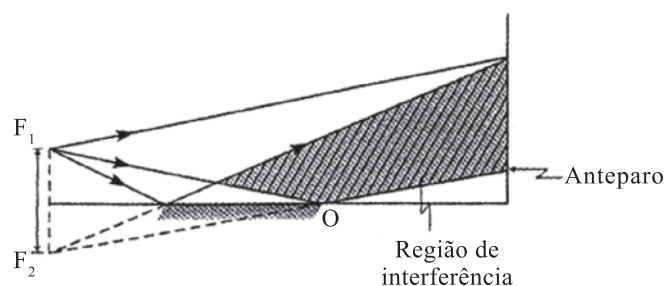


Franja de interferência do experimento de Lloyd



Os efeitos produzidos são semelhantes aos produzidos na experiência de Young, com dupla fenda. A diferença consiste na franja central, que será escura ao invés de clara (brilhante).

O importante é notar que a luz, ao sofrer uma reflexão em um meio óptico denso, inverte a fase em (π).



Modelo simplificado.

(F_1) ~ Fonte única.

(F_2) ~ Fonte “virtual”.

Franja central escura: interferência destrutiva

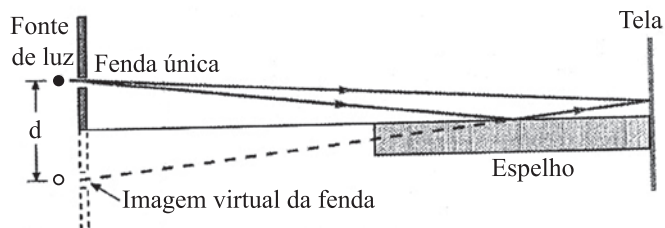
$$0 = I + I + 2 \cdot \sqrt{11} \cdot \cos \theta$$

$$\cos \theta = -1$$

$$\theta = \pi$$

Essa seria a grande observação em relação ao experimento realizado por Thomas Young.

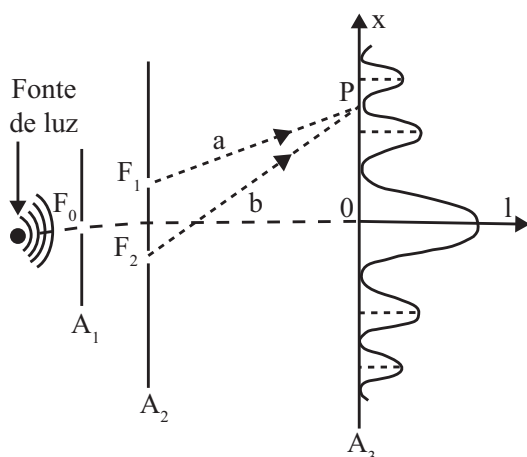
Considerações finais



1. Única fenda colocada a uma distância $\left(\frac{1}{2} \cdot d\right)$ acima do plano do espelho;
2. Interferência entre a luz que parte da fonte com a luz refletida no espelho;
3. Diferença de fase ($\phi = 180^\circ$) devido à reflexão;
4. Inversão do posicionamento de máximos e mínimos – item 3.

EXERCÍCIOS

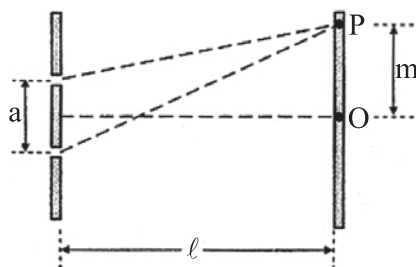
1. Duas fendas estreitas, separadas por 1,5 mm, são iluminadas por uma luz amarela com comprimento de onda de 589 nm a partir de uma lâmpada de sódio. Encontre o espaçamento das franjas claras observadas sobre uma tela afastada de 3 m.
2. A figura esquematiza um procedimento experimental para a obtenção de franjas de interferência projetadas num anteparo opaco A_3 (experiência de Thomas Young). Os anteparos A_1 e A_2 são dotados de fendas muito estreitas (F_0 , F_1 e F_2), nas quais a luz sofre expressiva difração. O gráfico anexo a A_3 mostra a variação da intensidade luminosa (I) nesse anteparo em função da posição (x).



Sabendo que a luz monocromática utilizada tem frequência igual a $5,0 \cdot 10^{14}$ Hz e que se propaga no local da experiência com velocidade de módulo $3,0 \cdot 10^8$ m/s, calcule, em angstroms ($1 \text{ m} = 10^{10} \text{ \AA}$):

- a) o comprimento de onda da luz.
- b) a diferença entre os percursos ópticos ($b - a$) de dois raios que partem, respectivamente, de F_2 e F_1 e atingem A_3 em P.

3. Realiza-se a experiência de Young com um dispositivo em que os anteparos estão separados por 4,0 m e as fendas por 2,0 mm. A distância entre cada duas faixas claras consecutivas é 1,6 mm.



Determine:

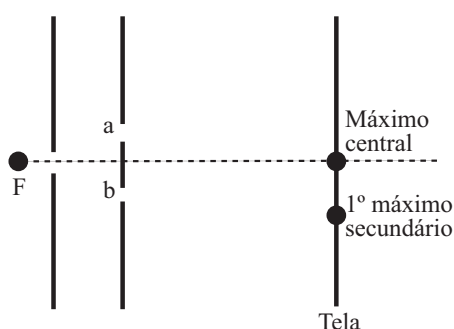
- a) o comprimento de onda da luz monocromática utilizada.
 - b) a frequência da luz, cuja velocidade no meio em questão é $3,0 \cdot 10^8$ m/s.
4. (ITA-SP) Numa experiência de interferência de Young, os orifícios são iluminados com luz monocromática de comprimento de onda $\lambda = 6 \times 10^{-5}$ cm, sendo a distância d entre eles de 1 mm e a distância ℓ deles ao anteparo de 3 m. A posição da primeira franja brilhante, em relação ao ponto O (ignorando a franja central), é:
 - a) + 5 mm
 - b) - 5 mm
 - c) ± 3 cm
 - d) $\pm 6,2$ mm
 - e) $\pm 1,8$ mm
 5. (ITA-SP) A luz de um determinado comprimento de onda desconhecido ilumina, perpendicularmente, duas fendas paralelas, separadas por 1 mm de distância. Num anteparo colocado a 1,5 m de distância das fendas, dois máximos de interferência contínuos estão separados por uma distância de 0,75 mm. Qual é o comprimento de onda da luz?
 - a) $1,13 \cdot 10^{-1}$ cm
 - b) $7,5 \cdot 10^{-5}$ cm
 - c) $6,0 \cdot 10^{-7}$ m
 - d) 4500 Å
 - e) $5,0 \cdot 10^{-5}$ cm
 6. Duas fendas estreitas estão separadas por uma distância d . Seu padrão de interferência será observado sobre uma tela afastada uma grande distância L .
 - a) Calcule o espaçamento Δy dos máximos sobre a tela para a luz com comprimento de onda de 500 nm, quando $L = 1$ e $d = 1$ cm.
 - b) Você espera ser capaz de observar a interferência da luz sobre a tela nessa situação?
 - c) Quão próximas devem ser colocadas as fendas para os máximos estarem separados por 1 mm para esse comprimento de onda e distância da tela?
 7. Usando um aparato convencional de duas fendas com luz com comprimento de onda de 589 nm, 28 franjas claras por centímetro são observadas sobre uma tela afastada 3 m. Qual é a separação das fendas?

GABARITO

8. Uma luz com comprimento de onda de 633 nm, a partir de um *laser* de hélio-neônio atinge, normalmente, um plano contendo duas fendas. O primeiro máximo de interferência está a 82 cm do máximo central sobre uma tela 12 m afastada.
- a) Encontre a separação das fendas.
b) Quantos máximos de interferência podem ser observados?

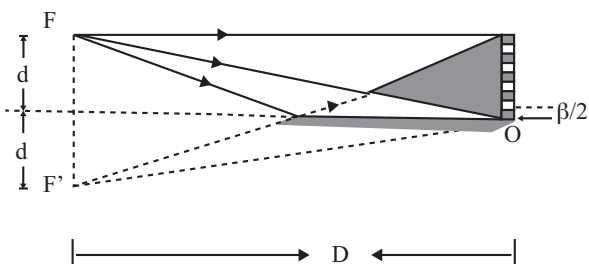
9. Uma fonte pontual de luz ($\lambda = 589$ nm) é colocada 0,4 m acima de uma superfície de vidro. Franjas de interferência são observadas sobre uma tela 6 m afastada, e a interferência é entre a luz refletida para fora da superfície frontal do vidro e a luz se deslocando a partir da fonte diretamente sobre a tela. Encontre o espaçamento das franjas.

10. Na montagem da experiência de Young, esquematizada abaixo, **F** é uma fonte de luz monocromática de comprimento de onda igual a λ .



Na região onde se localiza o primeiro máximo secundário, qual a diferença entre os percursos ópticos dos raios provenientes das fendas **a** e **b**?

11. Uma fonte pontual emite luz de comprimento (λ) a uma distância (d) acima de um espelho plano de dimensões infinitas, como mostrado na figura. Um raio de luz atinge diretamente o anteparo e outro, proveniente da reflexão no espelho, gira a partir da interferência franjas claras e escuras.



O anteparo se encontra a uma distância (D) da fonte (F).

- a) Calcule a intensidade (I) da primeira franja acima do ponto (O).
b) Calcule a distância a partir do ponto (O) do primeiro máximo de interferência.

1. 1,18 mm
2. *
3. a) $\lambda = 8,0 \times 10^{-7}$ m
b) $f = 3,75 \cdot 10^{14}$ Hz
4. e
5. e
6. a) 50,0 μ m
b) A separação é muito pequena para ser vista a olho nú.
c) 0,500 mm
7. 4,95 mm
8. a) 9,29 μ m
b) 29
9. 4,42 mm
10. *
11. a) (I) será igual a zero.

$$b) y = \frac{\beta}{2} (\text{comprimento da franja}) = \left(\frac{D \cdot \frac{\lambda}{2} \cdot d}{2} \right)$$

$$\downarrow$$

$$y = \frac{D \cdot \lambda}{4 \cdot d}$$

- * Mande a resolução das questões **2** e **10** para teixeirajr@fariasbrito.com.br e concorra a um brinde exclusivo do FB.
Dados a serem enviados: nome, *e-mail*, telefones, sede e série.

OLIMPIADA BRASILEIRA DE QUÍMICA JÚNIOR - 2011

FARIAS BRITO

O MELHOR DO BRASIL EM QUÍMICA



O MAIOR NÚMERO DE MEDALHAS DE OURO



ISABELLE OURO
VITTÓRIA OURO

O MAIOR NÚMERO DE MEDALHAS DO CEARÁ

FB 15 x 14

TODAS AS OUTRAS ESCOLAS JUNTAS

 ISABELLE OURO	 VITTÓRIA OURO	 JULIA PRATA	 PRISCILA PRATA	 GEISA PRATA
 LUCIANO PRATA	 THALLES PRATA	 FERNANDO PRATA	 GEORGE PRATA	 ANA KAROLINE BRONZE
 JOÃO PEDRO BRONZE	 TICIANA BRONZE	 LIA BRONZE	 JOEL BRONZE	 LARA BRONZE



FARIAS BRITO.
BICAMPEÃO
DO ENEM
NO CEARÁ.

1º NO ENEM

ORGANIZAÇÃO EDUCACIONAL
FARIAS BRITO
Lições para toda a vida.
www.fariasbrito.com.br