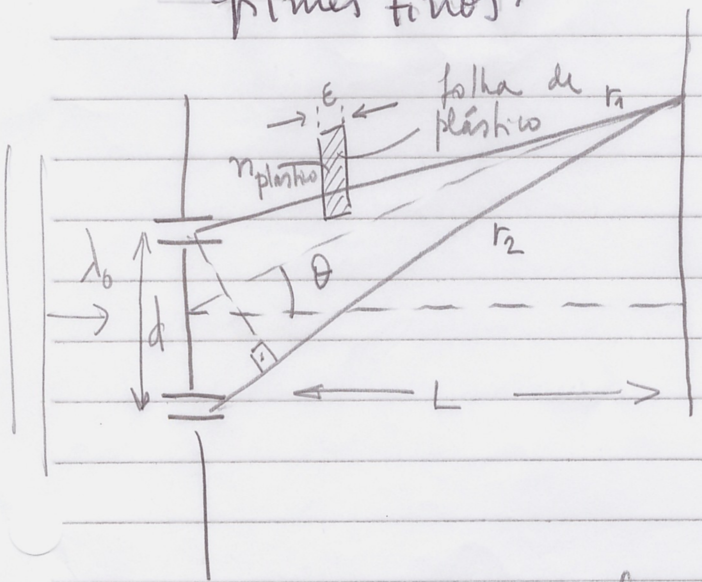
AULA 4 EXTRA

Aula 4 Extra 1/

1 – Interferência / filmes Finos

Calcule a posição y do máximo **CENTRAL** na Figura de interferência (no papel)



y = deslocamento do máximo central

$$\boxed{I = I_0 \cos^2 \phi/2}$$

$$\begin{cases} r_2 - r_1 = d \operatorname{sen}\theta \\ k = \dfrac{2\pi}{\lambda_0} \; ; \; k_p = \dfrac{2\pi}{\lambda_p} = \dfrac{2\pi}{\lambda_0} n_p \end{cases}$$

diferença de fases:

$$\phi = k.(r_1 - \varepsilon) + k_p . \varepsilon - k r_2$$

$$\frac{\phi}{2} = \frac{\pi}{\lambda_0}(r_1 - \varepsilon) + \frac{\pi}{\lambda_{plástico}} . \varepsilon - \frac{\pi}{\lambda_0} . r_2 = \underbrace{m\pi}_{\text{interferência construtiva}}$$

O máximo central é obtido com $\underline{\underline{m = 0}}$

$$\begin{cases} \lambda_{pl} = \lambda_0 / n_p \\ d \operatorname{sen}\theta = r_2 - r_1 \end{cases}$$

$$\Rightarrow -d \operatorname{sen}\theta + \varepsilon n_p - \varepsilon = 0$$

$\operatorname{sen}\theta \sim \operatorname{tg}\theta = y/L$ →

$$d \frac{y}{L} = \varepsilon (n_p - 1)$$

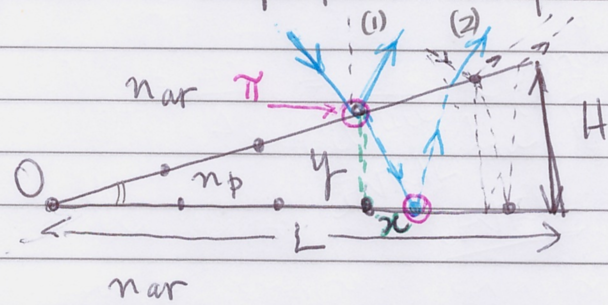
$$y = \frac{L . \varepsilon (n - 1)}{d} = 83,3 \text{ mm} \neq 0 \; !$$

para
$$\begin{cases} d = 0,3 \text{ mm} \\ L = 1 \text{ m} \\ n_{plástico} = 1,5 \\ \varepsilon = 0,05 \text{ mm} \end{cases}$$

2 - [Películas finas : interferência]

Uma película fina* em forma de cunha com comprimento L e altura $H << L$, é iluminada por luz monocromática de comprimento de onda λ. Suponha que a película esteja suspensa no ar e que seu índice de refração $n_p > n_{ar}$. A luz incidente é praticamente ortogonal à superfície da película.

→ * película fina:
- mantém coerência
- mantém intensidade



(a) Calcule as posições x_{esc} a partir do ponto O, onde aparecem franjas escuras devido à interferência da luz.

SOLUÇÃO:

$I = I_0 \cos^2 \phi/2$ $\qquad \phi = 2y\, k_p - \pi = \phi_2 - \phi_1$

geometria: $\frac{y}{H} = \frac{x}{L} \Rightarrow y = x \cdot \frac{H}{L}$

franjas escuras: $\frac{\phi}{2} = \left[2 \cdot y \cdot \frac{2\pi}{\lambda_p} - \pi\right]\frac{1}{2} = \left(m + \frac{1}{2}\right)\pi$ $\qquad m = 0, 1, 2, \ldots$

$\lambda_p = \lambda / n_p$

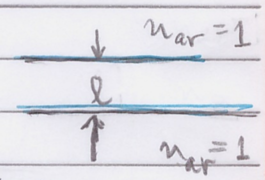
$2y_{esc} \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot n_p = \left(m + \frac{1}{2} + \frac{1}{2}\right)\pi$

$\Rightarrow \boxed{y_{esc} = \frac{(m+1) \cdot \lambda}{2 n_p}}$ $\quad m = 0, 1, 2, 3 \ldots$ $\quad$ ou $\quad \boxed{y = \frac{m\lambda}{2 n_p} \quad m = 1, 2, 3, \ldots}$

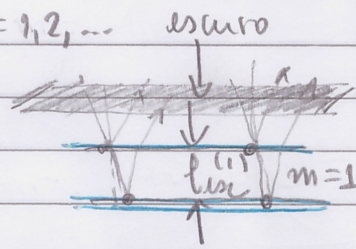
$\boxed{x_{esc} = y_{esc} \frac{L}{H} = \frac{m\lambda}{2n_p} \cdot \frac{L}{H}}$ $\quad m = 1, 2, 3$

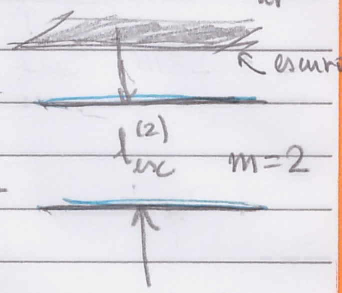
Interpretação

A – filme com espessura homogênea

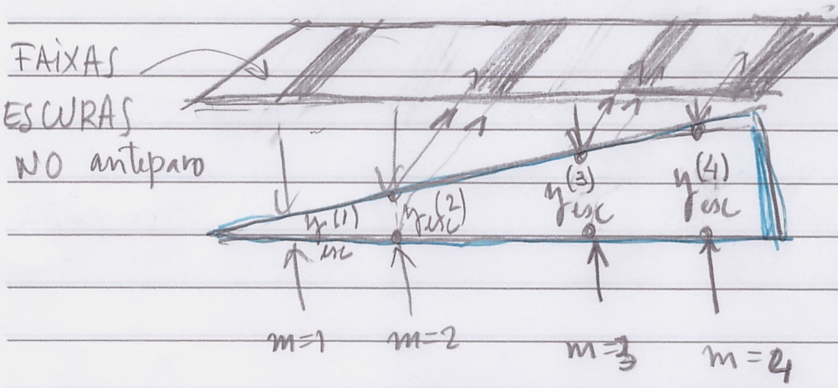


$$\ell_{esc} = m\,\frac{\lambda}{2n_p} \qquad m=1,2,\dots \quad \text{escuro}$$





B – filme com espessura variável : λ único

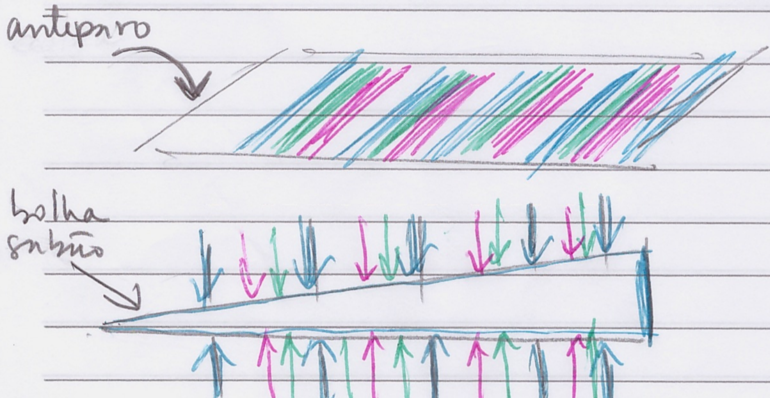


$$y^{(m)}_{esc} = m\,\frac{\lambda}{2n_p}$$

$m=1,2,3,\dots$

C – filme com espessura variável ; luz branca

(bolha SABÃO, ASA INSETO)



$m=1,2,3\dots \quad y^{(m)}_{esc\,(1)} = m\,\frac{\lambda_{(1)}}{2n_p}$

$m=1,2,3\dots \quad y^{(m)}_{esc\,(2)} = m\,\frac{\lambda_{(2)}}{2n_p}$

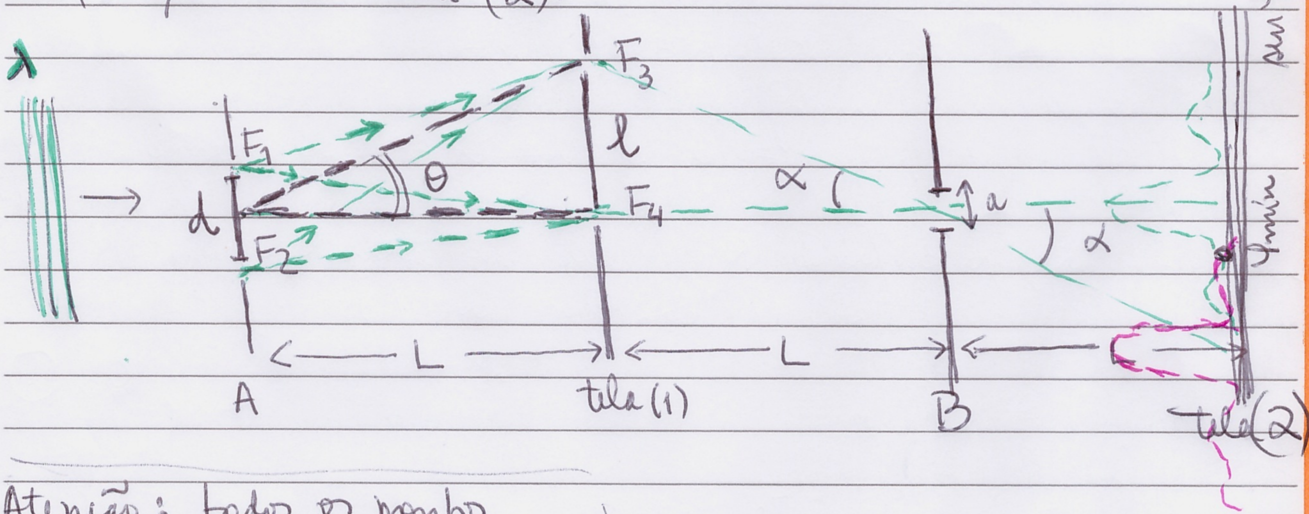
⋮

... cores complementares ...

4 - [Interferência / Difração]

[exercício inspirado na P1 2019]

Uma fonte de luz coerente e monocromática de comprimento de onda λ é utilizada em um experimento mostrado abaixo. As distâncias entre os anteparos consecutivos é L. Luz incide normalmente sobre o anteparo **A** que possui 2 fendas F_1 e F_2 de tamanhos desprezíveis ("FUROS"), separadas por uma distância d. O segundo máximo lateral da figura de interferência localiza-se sobre a fenda F_3 da tela (1) enquanto que o máximo central localiza-se sobre F_4. Ambas as fendas F_3 e F_4 possuem dimensões desprezíveis ("FUROS"). A separação entre F_3 e F_4 é l. Considere agora F_3 e F_4 como fontes de luz não coerentes entre si, que atingem o anteparo B com uma fenda de dimensão (largura) a, produzindo dois padrões de difração na tela (2).



Atenção: todos os pontos da tela (1) são iluminados por F_1 e F_2. Efeitos de interferência produzem padrão claros/escuros.

$L >> d; l; a$

$\Rightarrow \begin{cases} tg\,\alpha \sim sen\,\alpha \sim \alpha \\ tg\,\theta \sim sen\,\theta \sim \theta \end{cases}$

S T Q Q S S D

(a) Qual a diferença de fases entre as ondas que emergem de F_1 e F_2 ao chegar em F_3?

Solução:

2 fendas dimensões desprezíveis → $I_P = I_0 \left(\cos^2 \phi/2 \right)$

ϕ = diferença de fase entre a luz que sai de F_1 e F_2 ao atingir F_3 e se "combinam" (interferem) para produzir o 2º máximo de intensidade.

Máximos de I_P ocorrem em:

$$\frac{\phi}{2} = m\pi \qquad (m = 0, \pm 1, \pm 2 \dots)$$

2º máximo $\Rightarrow m = \pm 2$

Para $m = 2$ (em F_3) $\Rightarrow \frac{\phi}{2} = 2\pi \Rightarrow \boxed{\phi = 4\pi}$ (F_3)

(b) idem em F_4

sol: em F_4, $m = 0$ $(\theta = 0)$ $\Rightarrow \boxed{\phi = 0}$ (F_4)

(c) Determine o valor mínimo de ℓ (= separação entre F_3 e F_4) para que se possa observar na tela (2) clara distinção entre os padrões (perfis) de difração produzidos agora pela luz que emerge de F_3 e F_4. IMPORTANTE: suponha para isso que F_3 e F_4 não são ("fontes") coerentes entre si. (ou seja, que a luz que emerge de F_3 não é coerente c/ a luz que emerge de F_4... por algum motivo, perderam a coerência!)

sol: $I_p = I_0 \left(\dfrac{\operatorname{sen} \beta/2}{\beta/2}\right)^2$ $\qquad \beta = (a \operatorname{sen} \varphi) \cdot \dfrac{2\pi}{\lambda}$ (1)

mínimos: $\operatorname{sen} \beta/2 = 0 \Rightarrow \dfrac{\beta}{2} = m\pi$ (2) $\qquad m = \pm 1, \pm 2, \ldots$

(1) e (2) $\Rightarrow \dfrac{(a \operatorname{sen} \varphi)}{2} \dfrac{2\pi}{\lambda} = m\pi \Rightarrow \boxed{\operatorname{sen} \varphi_{min}^{(m)} = m \cdot \lambda/a}$

* Critério Rayleigh:

1º mínimo de F_4 deve coincidir com máximo central de F_3

(a) 1º mínimo de F_4: $m = 1 \Rightarrow \operatorname{sen} \varphi_{min}^{(1)} = \lambda/a$

(b) $\operatorname{sen} \alpha \sim \dfrac{\ell_{min}}{L}$ (geometria)

α aponta para a posição do máximo central de F_3

Critério Rayleigh: $\operatorname{sen} \varphi_{min} = \operatorname{sen} \alpha$

$\Rightarrow \dfrac{\lambda}{a} = \dfrac{\ell_{min}}{L} \Rightarrow \boxed{\ell_{min} = L \cdot \dfrac{\lambda}{a}}$

(d) Relacione **a** com **d** para que a condição em (C) seja satisfeita.

$$\frac{\phi}{2} = \left(\frac{d \sin\theta}{2}\right) \cdot \frac{2\pi}{\lambda} \Rightarrow \boxed{d \sin\theta = m\lambda} \quad (a)$$

máx. de interferência

Mas: $\sin\theta_{max}$ (2º) $= l/L$ (b) (geometria)

(a) e (b) $\underset{m=2}{\Rightarrow}$ $d \cdot \frac{l}{L} = 2\lambda \rightarrow l = 2\lambda \frac{L}{d}$

Comparando com $l_{min} = L\frac{\lambda}{a}$ (ítem (C))

$$l \equiv l_{min} \Rightarrow 2\lambda\frac{L}{d} = L\frac{\lambda}{a}$$

$$\boxed{a = d/2}$$