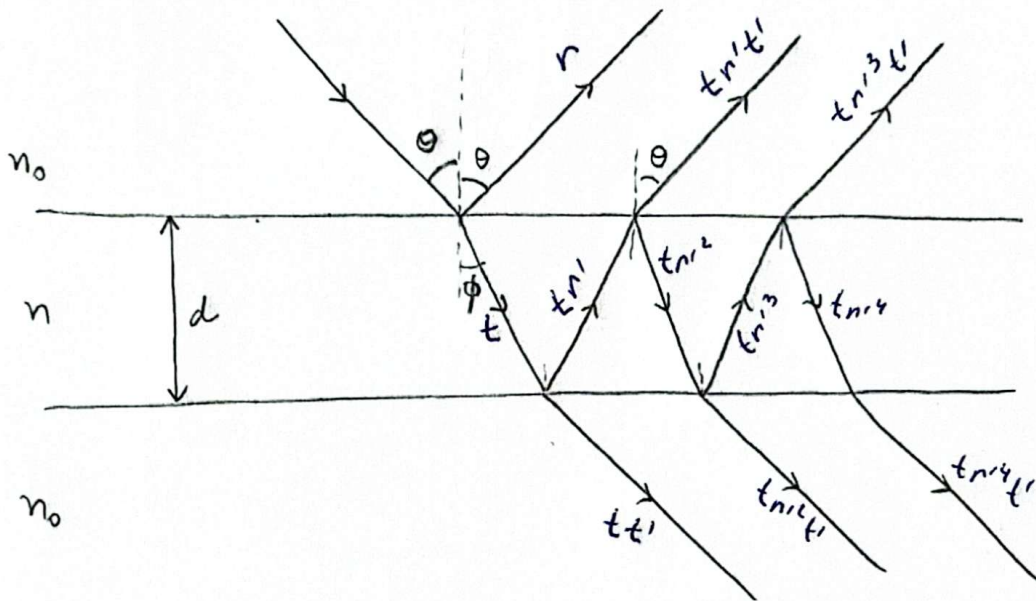


Interferência em filmes finos:



θ : ângulo de incidência
 $=$
 ângulo de observação!

Amplitudes de reflexão e transmissão: $\begin{cases} \text{De } n_0 \text{ p/ } n: r, t \\ \text{De } n \text{ p/ } n_0: r', t' \end{cases}$

- Superposição de infinitas reflexões (ou transmissões): padrão de interferência calculado por uma série convergente.

↳ v. aulas Hafner (optional)

- Vamos nos restringir à interferência das duas primeiras reflexões somente (aproximação melhor para menores refletividades).

Lembrando da intensidade decorrente da interferência de duas fontes:

$$I = I_1 + I_2 + 2 \sqrt{I_1 I_2} \cos \Delta \underbrace{\hat{E}_1 \cdot \hat{E}_2},$$

onde

$$\Delta = \underbrace{k_2 r_2 - k_1 r_1} + \varphi_2 - \varphi_1$$

$$\frac{2\pi}{\lambda_2} r_2 - \frac{2\pi}{\lambda_1} r_1 = \frac{2\pi}{\lambda_0} (n_2 r_2 - n_1 r_1)$$

comprimento
de onda no vácuo

$n_i r_i$: caminho
óptico!

No nosso caso, então, seja

$$\Lambda = n \cdot r_{\text{pilha}} - n_0 r_0 \quad \text{a diferença de caminhos ópticos entre os dois primeiros feixes refletidos.}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Análise de frentes de onda} \\ + \\ \text{trigonometria} \end{array} \right\} \Rightarrow \Lambda = 2 n d \cos \phi$$

detalhes:
v. Geisj

Considerando somente a diferença de fase devida à diferença de caminhos ópticos, temos:

$$\Lambda = \begin{cases} m \lambda_0, & m \in \mathbb{Z} : \text{interferência} \\ & \text{constitutiva} \\ (m + \frac{1}{2}) \lambda_0, & m \in \mathbb{Z} : \text{interferência} \\ & \text{destrutiva} \end{cases};$$

porém:

$$\Delta = \frac{2\pi}{\lambda_0} \cdot \Lambda + (\varphi_2 - \varphi_1),$$

e $\varphi_2 - \varphi_1$ depende das fases das amplitudes t, r, t' e n !

↳ Observando r 's e t 's (v. r. d. s) para pequenos ângulos ($\therefore < \theta_B$)
notamos, para cada interface:

$$\left\{ \begin{array}{l} n_0 \rightarrow n : r_{TE} < 0 \text{ e } r_{TM} > 0 \\ n \rightarrow n_0 : r'_{TE} > 0 \text{ e } r'_{TM} < 0 \end{array} \right\} \therefore \text{para cada polari-} \\ \text{zacao, TE ou TM,} \\ \text{haverá defasagem} \\ \text{de } \pi!$$

$$\therefore \Delta = \frac{2\pi}{\lambda_0} \cdot \Lambda \pm \pi$$

$$= \frac{2\pi}{\lambda_0} \left(\Lambda \pm \frac{\lambda_0}{2} \right)$$

$$\hookrightarrow = \begin{cases} m \lambda_0, & m \in \mathbb{Z} : \text{int. const.} \\ (m + \frac{1}{2}) \lambda_0, & m \in \mathbb{Z} : \text{int. dest.} \end{cases}$$

Logo, considerando todas as origens de defasagem:

- Interferência construtiva: I_R máxima, I_T mínima

$$n_{21} = \frac{n}{n_0}$$

$$\hookrightarrow 2nd \cos \phi = 2d \sqrt{n_{21}^2 - \sin^2 \theta} = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda_0, m \in \mathbb{Z}.$$

- Interferência destrutiva: I_R mínima, I_T máxima

$$n_{21} = \frac{n}{n_0}$$

$$\hookrightarrow 2nd \cos \phi = 2d \sqrt{n_{21}^2 - \sin^2 \theta} = m \lambda_0, m \in \mathbb{Z}.$$

* CUIDADO: estes resultados valem para incidência $n_0 \rightarrow n \rightarrow n_0$!

Vejamos a dependência de cada variável:

- θ : ângulo de incidência e de observação,
- λ_0 : comprimento de onda da luz incidente no vácuo,
- n : índice de refração da película (relativo a n_0),
- d : espessura da película.

15

$$1) 2\sqrt{n^2 - \sin^2\theta} = \left\{ \begin{array}{l} m \frac{\lambda_0}{d} \\ (m + \frac{1}{2}) \frac{\lambda_0}{d} \end{array} \right\} \therefore n d \gg \lambda_0, \text{ não observamos interferência!}$$

(luz visível: $\lambda_0 \sim 10^{-6} \text{ m}$)

2) Incidência/observação $\approx$ normal ($\theta \approx 0$):

$$\Rightarrow 2nd = \left\{ \begin{array}{l} m \lambda_0 \text{ p/ destrutiva,} \\ (m + \frac{1}{2}) \lambda_0 \text{ p/ construtiva;} \end{array} \right.$$

$\hookrightarrow$ para $m=0$ e $d = \frac{\lambda_0}{4n}$: $\left\{ \begin{array}{l} \text{construtiva para } n_0/n/n_1, \\ \text{destrutiva para } n_0/n_1/n_2 > n_1! \end{array} \right.$

películas
anti-refletoras!!

$\hookrightarrow$ para vários m 's: franjas (máximas e mínimas) de interferência conforme espessura da película varia! $\rightarrow$ ANÉIS DE NEWTON, P.E.

3) Diferentes padrões para diferentes comprimentos de onda:

$\hookrightarrow$ efeitos de cor para incidência não-monocromática $\rightarrow$ BOLHAS DE SABÃO, PELÍCULAS DE ÓLEO EM ASFALTO, ETC

4) Diferentes ângulos de observação

para I_{Rmax} de dado λ_0 , pois diferentes m 's