Guía 10. Repaso:
suponiendo que por ejemplo se tienen dos fuentes coherentes con la misma polarización lineal (por ejemplo, en *x*).

$$E_T = E_1 e^{i(kl_1 - \omega t + \varphi_1)} + E_2 e^{i(kl_2 - \omega t + \varphi_2)} = E_1 e^{i(k_0 n l_1 - \omega t + \varphi_1)} + E_2 e^{i(k_0 n l_2 - \omega t + \varphi_2)}$$

$$E_T E_T^* = |E_1|^2 + |E_2|^2 + 2|E_1||E_2| \cos\delta$$

$$\delta = k_0(nl_2 - nl_1) + (\varphi_2 - \varphi_1)$$

dos fuentes coherentes producen en cada punto una intensidad:

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}\cos\delta$$

con

$$\delta = k_0 \Delta + (\varphi_2 - \varphi_1)$$

En el caso de que las intensidades de ambas fuentes sean iguales se tiene:

$$I = 2I_0(1 + \cos\delta)$$

Δ es la diferencia de caminos ópticos, en este caso supondremos que ambas fuentes están inmersas en medio de índice de refracción *n*:

$$\Delta = n(l_2 - l_1)$$

entonces

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda_0} n \cdot (l_2 - l_1) + \varphi$$

denominando $(\varphi_2 - \varphi_1) = \varphi$

Si suponemos que

$$\varphi = 0$$

$$\delta_{max} = 2m\pi \quad \rightarrow \quad \frac{2\pi}{\lambda_0} n \cdot (l_2 - l_1) = 2m\pi \quad \rightarrow \quad l_2 - l_1 = m\frac{\lambda_0}{n}$$

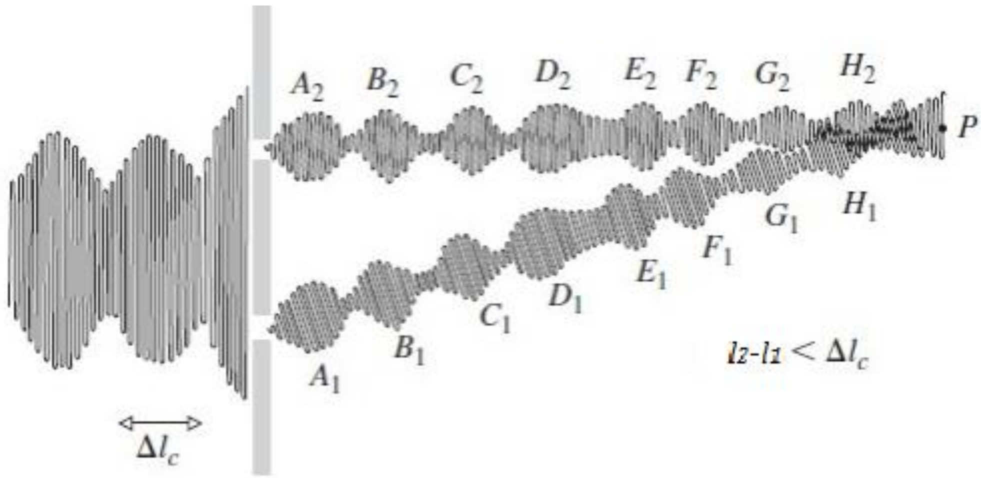
Para los mínimos:

$$\delta_{min} = (2p+1)\pi \quad \rightarrow \quad \frac{2\pi}{\lambda_0} n \cdot (l_2 - l_1) = (2p+1)\pi \quad \rightarrow \quad l_2 - l_1 = \frac{(2p+1)}{2}\frac{\lambda_0}{n}$$

Con $p \in \mathbb{Z}$.

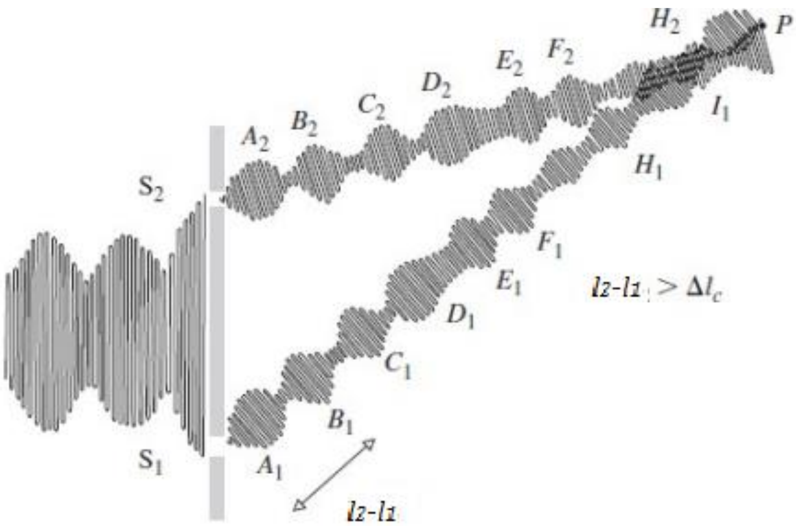
Las fuentes secundarias son tienen $\varphi = cte$ si Δ <longitud de coherencia

Se ve la interferencia



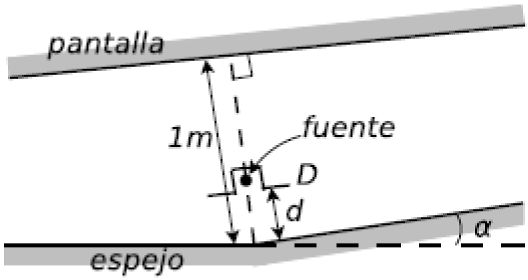
(*)

No se ve la interferencia:



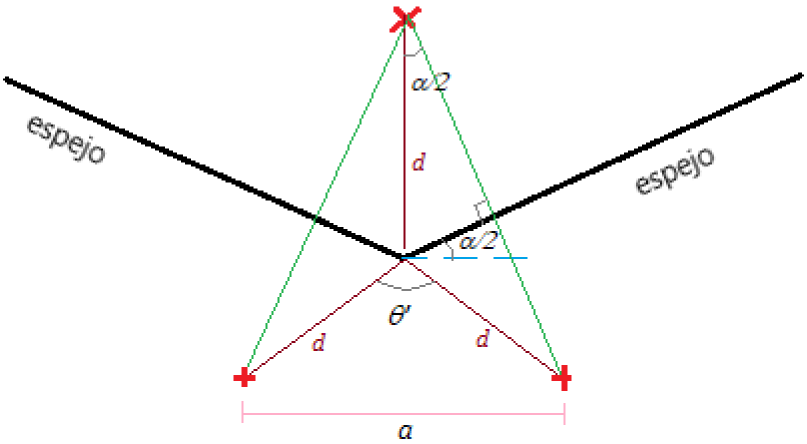
(*)

Guía 10. Problema 11 (Espejos de Fresnel):



ancia vértice-pantalla: 1 m, $d = 20$ cm.

La fuente original genera 2 fuentes secundarias surgidas en la reflexión en cada espejo:



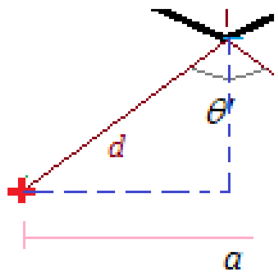
usando que:

$$4\left(\frac{\pi}{2}-\frac{\alpha}{2}\right)+\theta' = 2\pi$$

$$\rightarrow \quad \theta' = 2\alpha$$

La distancia entre fuentes es:

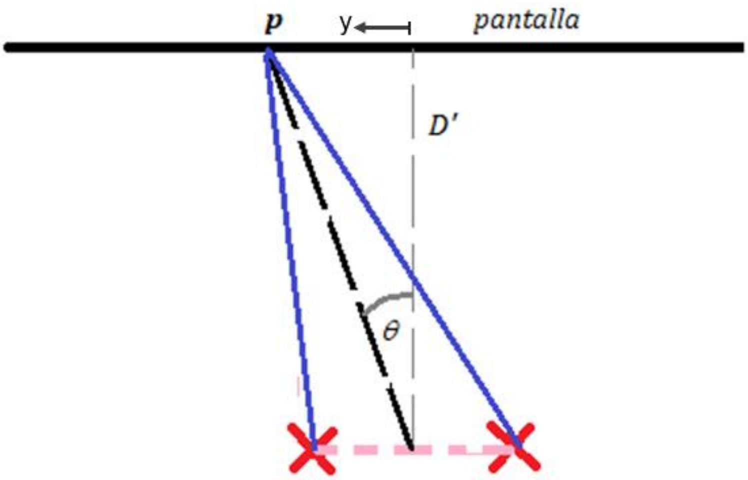
$$\frac{a}{2} = d\ sen\left(\frac{\theta'}{2}\right) = d\ sen(\alpha)$$



$$a = 2d\ sen(\alpha) \cong 2d\alpha$$

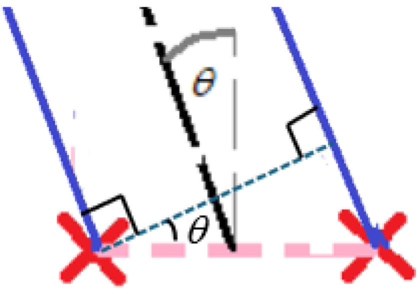
Similarmente a la doble rendija desde aquí.

$$a = 2 \cdot 0{,}2m \cdot \alpha$$



La diferencia de camino óptico:

$$\Delta = a \cdot sen\theta = 0{,}4m \cdot \alpha \cdot sen\theta$$



El desfasaje entre las fuentes secundarias

$$\varphi = \pi - \pi = 0$$

(la reflexión en el espejo produce un desfasaje en π, pero en este caso aparece en ambas fuentes)

Los máximos de intensidad

$$\delta_{max} = 2p\pi \quad \rightarrow \quad \frac{2\pi}{\lambda_0}\Delta = \frac{2\pi}{\lambda_0}0{,}4m \cdot \alpha \cdot sen\theta_p = 2\pi p$$

$$0{,}4m \cdot \alpha \cdot sen\theta_p = p\lambda_0$$

$$\boxed{sen\theta_p = \frac{p\,\lambda_0}{0{,}4m \cdot \alpha}}$$

Si

$$\theta_p \ll 1 \;\rightarrow\; sen\theta_p \cong \theta_p = \frac{y_p}{D'} = \frac{y_p}{(1+0{,}2)m}$$

Usando que:

$$D' \cong (1+0{,}2)m$$

y la interfranja

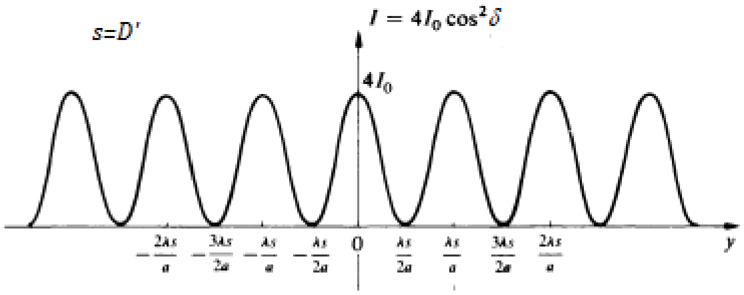
$$\boxed{y_{p+1} - y_p = 10^{-3} m}$$

Además:

$$\frac{y_p}{(1+0{,}2)m} = \frac{p\,\lambda_0}{0{,}4m \cdot \alpha} \quad \rightarrow \quad \boxed{y_p = \frac{p \cdot 1{,}2 \cdot \lambda_0}{0{,}4 \cdot \alpha}}$$

La interfranja, en función de los parámetros queda:

$$y_{p+1} - y_p = \frac{1{,}2 \cdot \lambda_0}{0{,}4 \cdot \alpha}$$



(***)

Con lo cual:

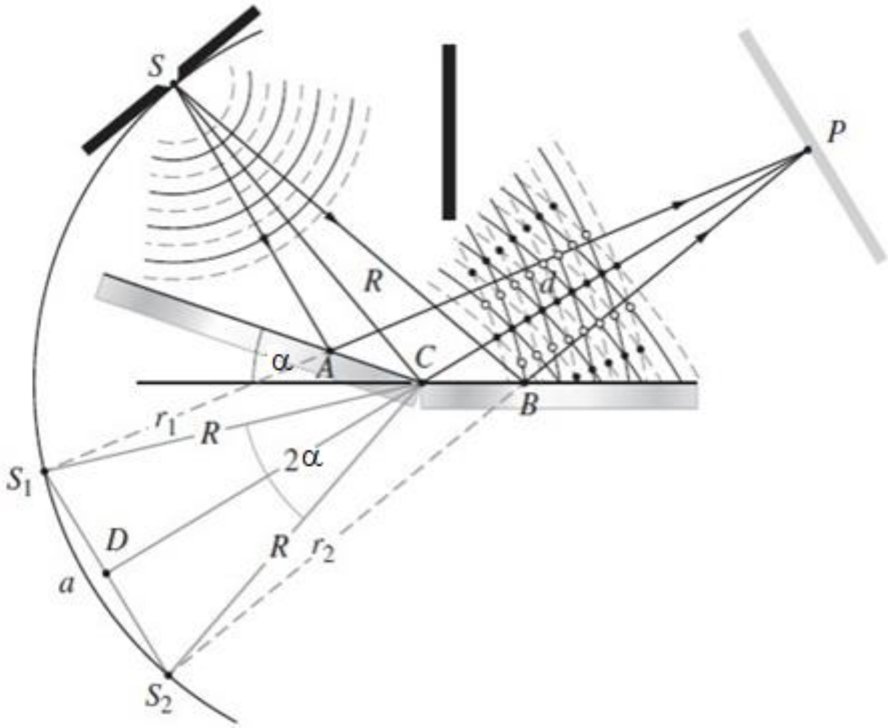
$$\alpha = \lambda_0 \frac{1{,}2}{0{,}4(y_{p+1} - y_p)} = \frac{4x10^{-7}}{10^{-3}} \cdot \frac{1{,}2}{0{,}4}$$

$$\rightarrow \quad \alpha = 0{,}0012 rad = 0{,}068°$$

<u>Adicionalmente</u>, la distancia entre las fuentes secundarias es:

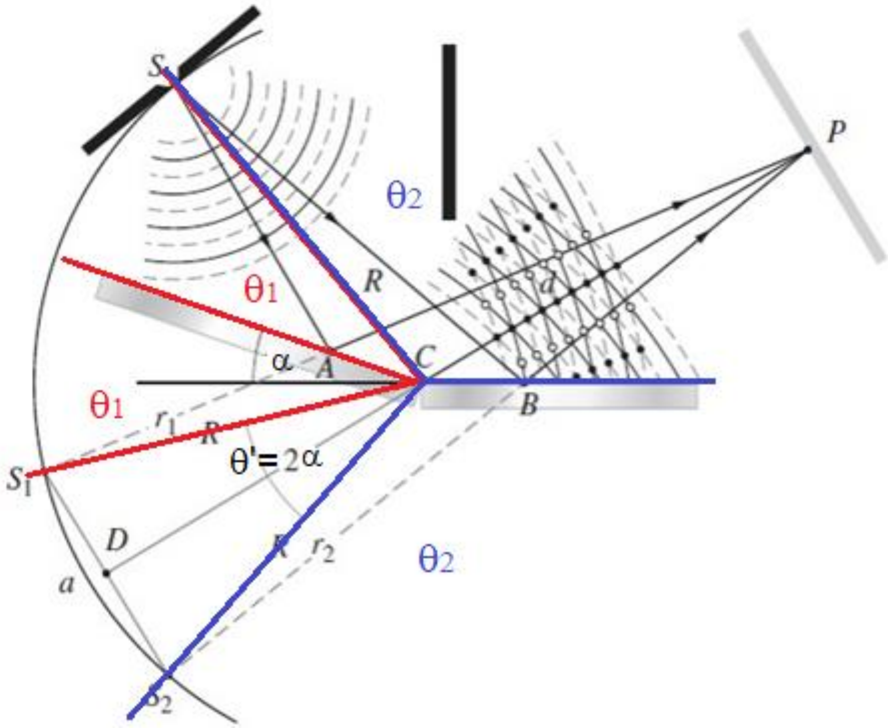
$$a = 2 \cdot 0{,}2m \cdot \alpha = 0{,}48mm$$

En general:



(**)

Adicional: Generalizando:

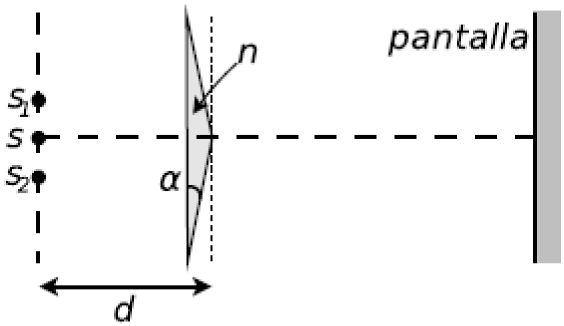


$$2\theta_1 + 2\theta_2 + \theta' = 2\pi$$

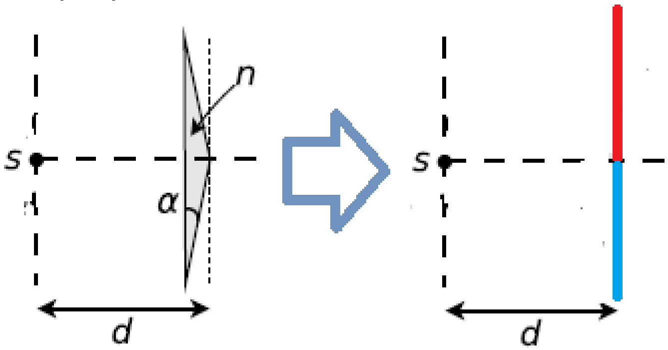
$$\theta_1 + \theta_2 + \alpha = \pi$$

$$\boxed{\theta' = 2\alpha}$$

Problema 14: Biprisma de Fresnel



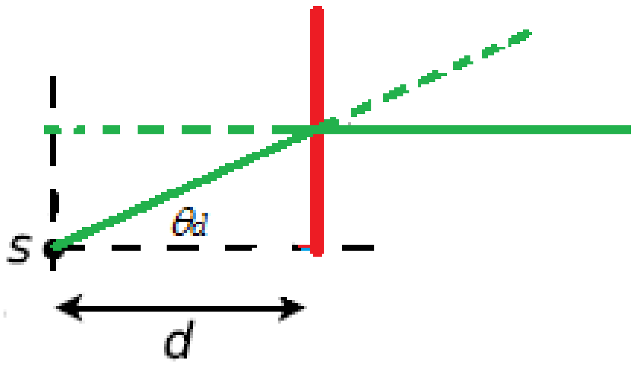
nuevamente hay que hallar las 2 imágenes (que son las fuentes secundarias en fase que producen interferencia:

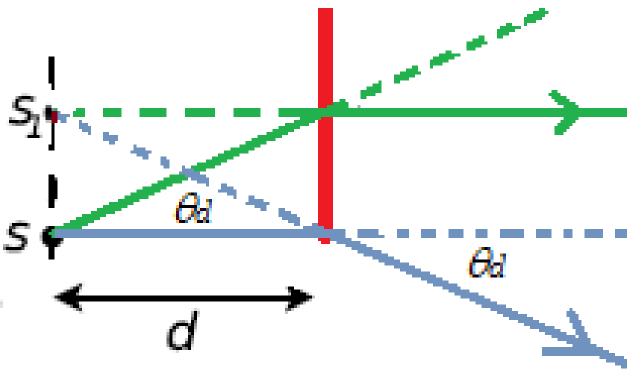


Ángulo de desviación

$$\theta_{desv} = (n-1)\alpha$$

Fuente secundaria superior:





cada una:

$$\tan\theta_{desv} \cong \theta_{desv} = (n-1)\alpha$$

La altura de la imagen superior (fuente secundaria superior)

$$\frac{|y_1|}{d} = (n-1)\alpha \quad \rightarrow \quad |y_1| = (n-1)\alpha \cdot d$$

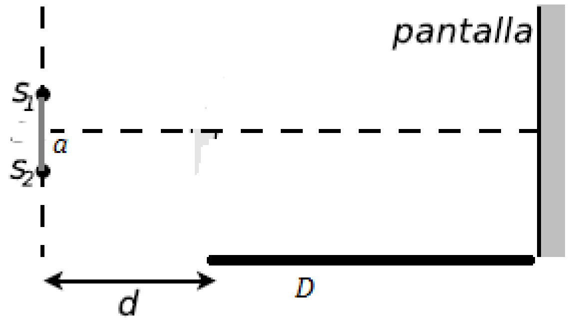
Ídem, para la imagen inferior (fuente secundaria inferior)

$$\frac{|y_2|}{d} = (n-1)\alpha \quad \rightarrow \quad |y_2| = (n-1)\alpha \cdot d$$

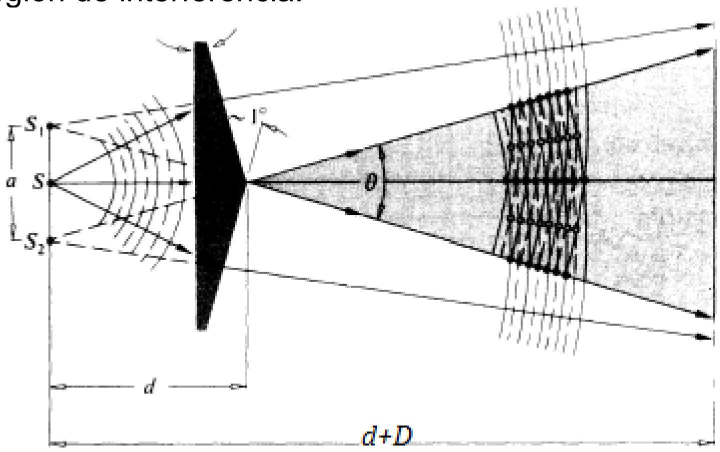
Con lo cual, en este caso la separación entre las fuentes secundarias es:

$$a = |y_1| + |y_2| = 2(n-1)\alpha \cdot d$$

Una vez que tengo la distancia entre las fuentes que interfieren puedo calcular la figura de interferencia

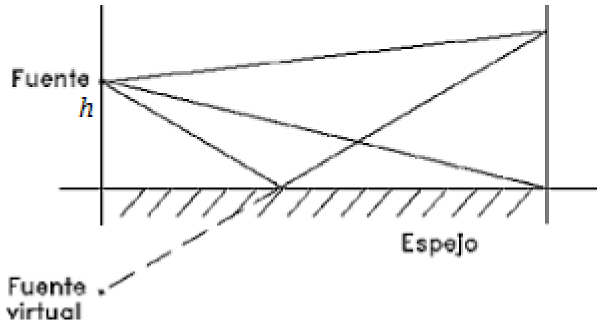


Región de interferencia:



(***)

Problema 19 (espejo de Lloyd): Interferencia entre una fuente y su imagen:



$$a = 2h$$

Pero para el rayo reflejado hay un salto de fase en π, es decir que

$$\varphi = \pi$$

entonces

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda_0} 2h\, sen\, \theta + \pi$$

Los máximos en la intensidad se producen cuando

$$\delta_{max} = 2m\pi \quad \rightarrow \quad \frac{2\pi}{\lambda_0} 2h \cdot sen\theta_m + \pi = 2m\pi \quad \rightarrow \quad sen\theta_m = \left(m - \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda_0}{2h}$$

con $m \geq 1$ (entero). (Zona de la pantalla.)

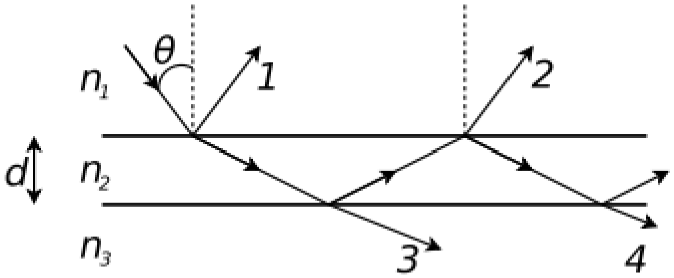
Los mínimos en la intensidad se producen cuando

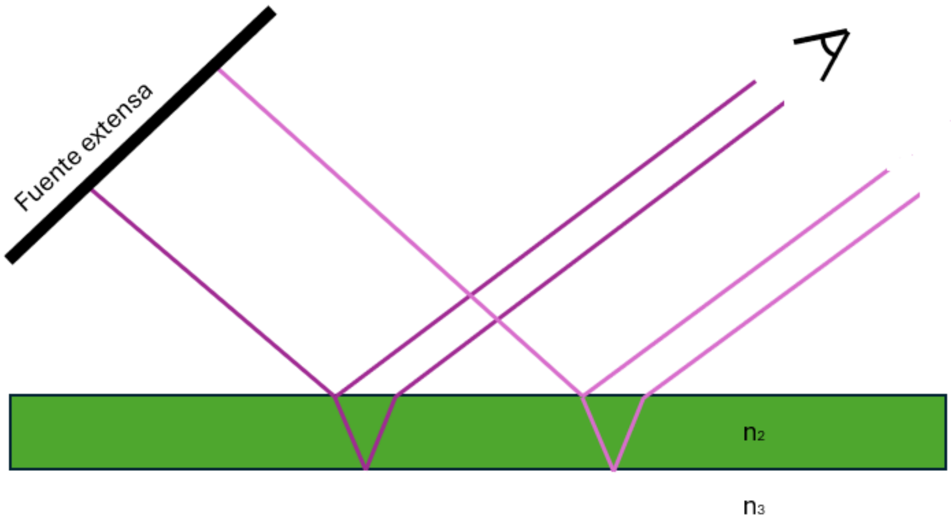
$$\delta_{min} = (2p+1)\pi \quad \rightarrow \quad \frac{2\pi}{\lambda_0} 2h \cdot sen\theta_p + \pi = (2p+1)\pi \quad \rightarrow \quad sen\theta_p = p\frac{\lambda_0}{2h}$$

con $p \geq 0$ (entero). (Zona de la pantalla.)

División de amplitud

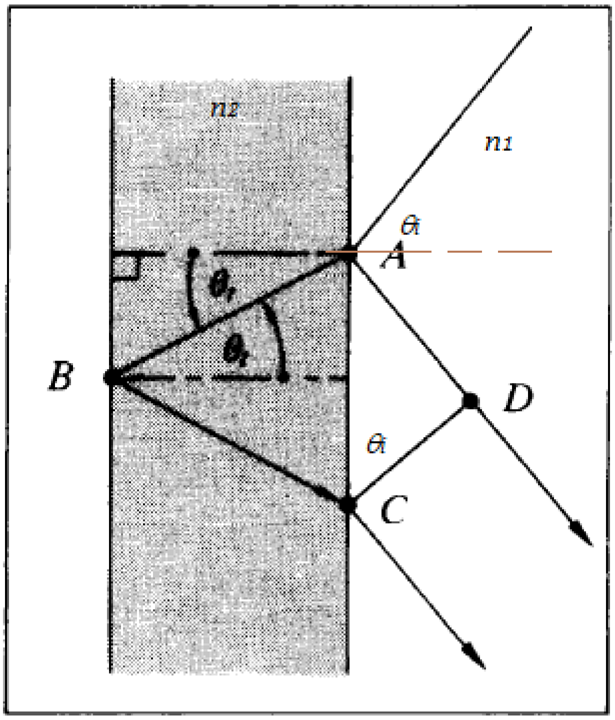
Problema 24: láminas de caras paralelas (división de amplitud)





Ley de Snell

$$n_1 sen\theta_i = n_2 sen\theta_t$$



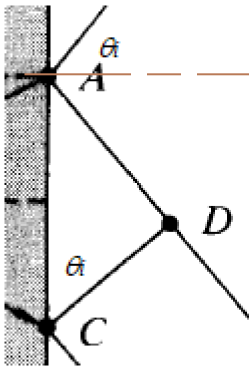
(***)

$$\Delta = n_2(d_{AB} + d_{BC}) - n_1 d_{AD}$$

Si d es el espesor de la lámina de caras paralelas:

$$cos\theta_t = \frac{d}{d_{AB}} \quad \rightarrow$$

$$\boxed{d_{AB} = d_{BC} = d/cos\theta_t}$$



Además:

$$sen\theta_i = \frac{d_{AD}}{d_{AC}} \quad \rightarrow$$

$$d_{AD} = d_{AC} sen\theta_i \underbrace{=}_{Snell} d_{AC}\frac{n_2}{n_1} sen\theta_t$$

También:

$$tan\,\theta_t = \frac{d_{AC}/2}{d} \quad \rightarrow$$

$$d_{AC} = 2d\,tan\,\theta_t$$

Con lo cual:

$$\boxed{d_{AD} = d_{AC}\frac{n_2}{n_1} sen\theta_t = 2d\frac{n_2}{n_1}\frac{sen^2\theta_t}{cos\theta_t}}$$

Juntando todo en

$$\Delta = n_2(d_{AB} + d_{BC}) - n_1 d_{AD}$$

$$\Delta = n_2\left(2\frac{d}{cos\theta_t}\right) - n_1\left(2d\frac{n_2}{n_1}\frac{sen^2\theta_t}{cos\theta_t}\right) = 2d\cdot n_2\left(\frac{1-sen^2\theta_t}{cos\theta_t}\right)$$

$$\boxed{\Delta = 2d\cdot n_2 cos\theta_t}$$

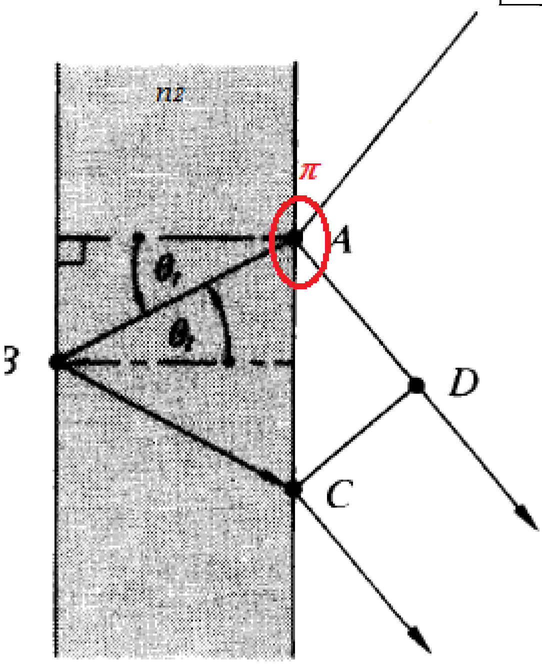
Recordando que:

$$\delta = k_0\Delta + \varphi$$

Si es una lámina de índice n sumergida en aire, hay una fase adicional si se mira por reflexión

$$\varphi = \pi$$

$$\boxed{\delta = k_0\Delta + \pi}$$



(***)

(Pero si se mira por transmisión $\delta = k_0\Delta$)

Por ejemplo, por reflexión, los máximos en la intensidad se producen cuando

$$\delta_{max} = 2m\pi \quad\rightarrow\quad \frac{2\pi}{\lambda_0}2d\cdot n_2 cos\theta_{t_m} + \pi = 2m\pi \quad\rightarrow\quad \boxed{cos\theta_{t_m} = \left(m-\frac{1}{2}\right)\frac{\lambda_0}{2d\cdot n_2}}$$

con m un entero.

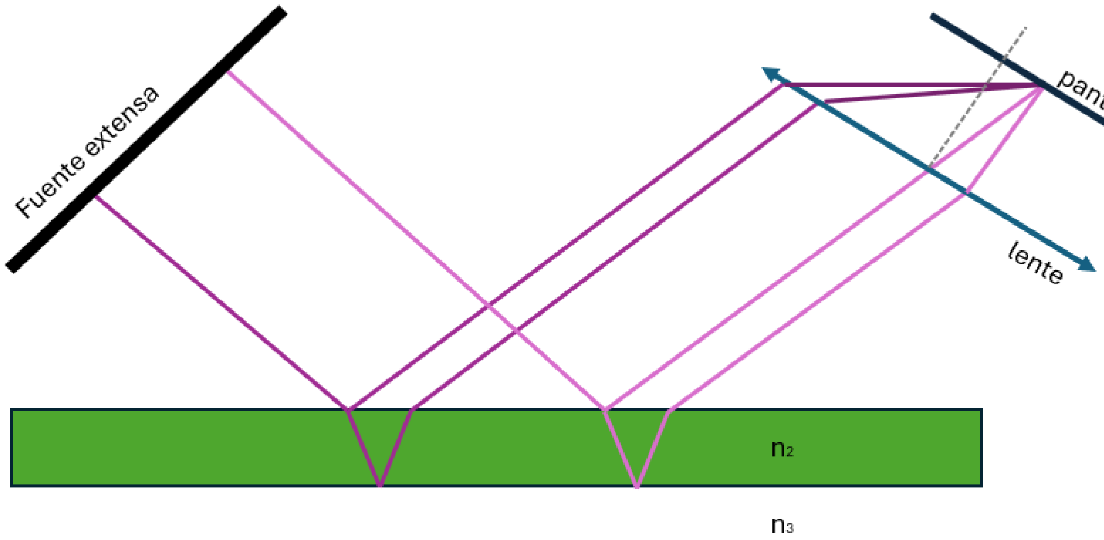
Recordando que

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}\cos\delta$$

Por reflexión

$$I_1 \propto \frac{1}{2}(E_0 r)^2$$

$$I_2 \propto \frac{1}{2}(E_0 t\, r' t')^2 < I_1$$



Figuras extraídas de las páginas (lo único utilizado son algunas figuras):
(*)https://sites.ualberta.ca/~khchow/phys362_related/extra2_no4.pdf ;
(**)https://share.google/images/HMLO9qoQl6tADRV3n
(***) "Optica", E. Hecht y A. Zajac, Fondo Educativo Interamericano.