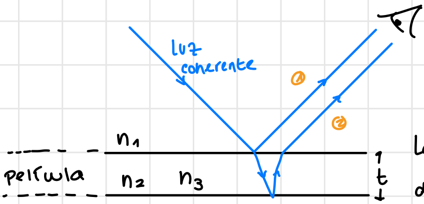
Interferencia en Películas Delgadas

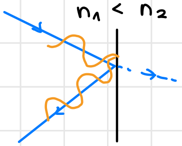


Una parte se refleja ① y otra parte se refracta, refleja y refracta otra vez ②

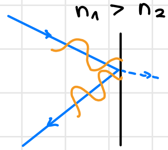
La película es delgada $\Longrightarrow$ $t \ll 1$ y por lo tanto la distancia extra que viaja el rayo ② es $t +$  $\approx 2t$

Ahora, que consideramos la luz como una onda, ¿Qué le pasa al reflejarse?

Lo que sucede es que cambia la fase dependiendo de los índices de refracción

a) 

en este caso no cambia la fase

b) 

cambia la fase en π (cambia el signo de la oscilación)

Recordar que la solución de onda es $A\cos(kx-\omega t)$ $\Longrightarrow$ un cambio de fase en π es

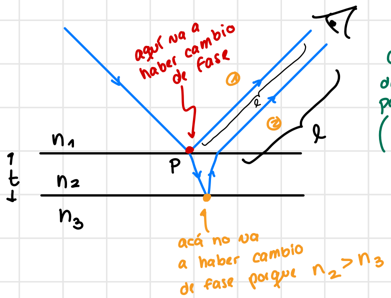
$A\cos(kx-\omega t+\pi)$ ⊛

$= -A\cos(kx-\omega t)$

se dio vuelta la oscilación

en el caso a) continúa con el mismo signo

y ¿cómo interfieren? veamos el caso en el que $n_1 < n_2$ y $n_3 < n_2$



OJO: el cambio de fase es sólo para reflexión (no para refracción)

los 2 rayos que interfieren ① y ② se separan en el punto P, por lo que hasta ese punto las ondas de luz son iguales.

El rayo ① cambia su fase en π y luego recorre una distancia ℓ hasta llegar al ojo

Pero a nosotros nos interesa la fase con la que llega, que será $\phi_1 = \pi + \frac{2\pi \ell}{\lambda_{n_1}}$

por la reflexión

$\lambda_n = \frac{\lambda}{n}$ long. onda en medio con índice de refracción n

constantes dentro del cos( ) en este caso · todo lo que no es ωt

Recordar que estamos calculando la fase con la que llegó al ojo, que viendo ⊛

es $k \cdot (\text{distancia hasta el ojo}) + \pi = \frac{2\pi}{\lambda_{n_1}} \cdot \ell + \pi$

$k = \frac{2\pi}{\lambda}$

② recorre 2t dentro de la película y luego ℓ para llegar al ojo, pero notar que la long. de onda es distinta en la película y afuera (porque $n_2 \neq n_1$), $\therefore$ $\phi_2 = \frac{2t\, 2\pi}{\lambda_{n_2}} + \frac{2\pi \ell}{\lambda_{n_1}}$

los 2t recorridos en la película

ℓ que recorre afuera

superposición del rayo 1 y el 2

Luego, en el ojo tenemos

$$E(t) = A\cos(\omega t + \phi_1) + A\cos(\omega t + \phi_2)$$

con un poco de matraca se llega a...

$$= A\cos\left(\frac{\phi_2-\phi_1}{2}\right)\cos\left(\omega t + \frac{\phi_1+\phi_2}{2}\right)$$

amplitud de la superposición

∴ hay interf. constructiva ssi $\dfrac{\phi_2-\phi_1}{2} = m\pi$ (Para que $\cos\left(\frac{\phi_2-\phi_1}{2}\right) = \pm 1$ y la amplitud sea máxima)

$$\frac{1}{2}\left(\frac{2t}{\lambda_{n_2}}2\pi + \cancel{\frac{2\pi l}{\lambda_{n_1}}} + \pi - \cancel{\frac{2\pi l}{\lambda_{n_1}}}\right) = m\pi$$

$$\frac{2t}{\lambda_{n_2}} - \frac{1}{2} = m$$

$$2t = \left(m+\tfrac{1}{2}\right)\lambda_{n_2} \qquad m = 0, 1, 2\ldots$$

y para que haya interf. destructiva $\dfrac{\phi_2-\phi_1}{2} = z\pi + \dfrac{\pi}{2}$, z entero (así $\cos\left(\frac{\phi_2-\phi_1}{2}\right) = 0$)

$$\frac{2t}{\lambda_{n_2}} - \frac{1}{2} = z + \frac{1}{2}$$

$$2t = (z+1)\lambda_{n_2}$$

$$2t = m\lambda_{n_2} \qquad z = 0, 1, 2, \ldots$$

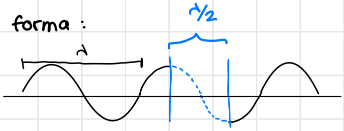
Cuando $n_1 < n_2 < n_3$ ambas reflexiones cambian de fase, por lo que, el π que le agregué antes a ϕ_1 también se lo agregaré a ϕ_2, por lo tanto, se cancelan al hacer $\dfrac{\phi_2-\phi_1}{2}$, y se llega a interferencia constructiva $2t = m\lambda_{n_2}$

interferencia destructiva $2t = \left(m+\tfrac{1}{2}\right)\lambda_{n_2}$

Sabiendo estas relaciones de interferencia constructiva / destructiva se pueden resolver problemas de interferencia en películas delgadas, sólo hace falta identificar cuántas reflexiones cambian la fase y usar las ecuaciones correspondientes.

Nota:

Otra forma:



el cambio de fase π es equivalente a recorrer una distancia extra $\lambda/2$

con esto $R_1 = \dfrac{\lambda_{n_2}}{2} + l$

$R_2 = l + 2t$

interf. constructiva

y queremos $\Delta R = R_2 - R_1 = m\lambda_{n_2}$, $m = 0, 1, \ldots$

$$2t - \frac{\lambda_{n_2}}{2} = m\lambda_{n_2} \Longrightarrow 2t = \left(m+\tfrac{1}{2}\right)\lambda_{n_2}$$

lo mismo que antes

para destructiva $\Delta R = \left(m-\tfrac{1}{2}\right)\lambda$