

Solución: Problema 8 – Práctico 12

En una experiencia se utiliza un interferómetro de Young que se ilumina, utilizando una onda plana de longitud de onda λ que incide de forma normal al plano que contiene a las rendijas, obteniéndose un patrón de interferencia. Posteriormente se cubre una de las rendijas con una hoja de mica (un material transparente con un índice de refracción $n = 1.58$). Al hacer esto se observa que el máximo central en la configuración con mica coincide con la posición que correspondía con el séptimo máximo lateral en la configuración sin mica. ¿Cuál es el espesor de la hoja de mica?

Antes de colocar la hoja de mica sobre la rendija S_2 se observa un patrón de interferencia como el que se muestra en la Figura 1. En este caso la diferencia de camino óptico entre las dos ondas que llegan a la pantalla está determinada solamente por la diferencia en la longitud del camino recorrido por los dos rayos que interfieren en un punto de la pantalla. En la aproximación de ángulos pequeños esta diferencia puede escribirse como

$$\delta_1 \cong d \operatorname{sen} \theta \cong \frac{dy}{L}$$

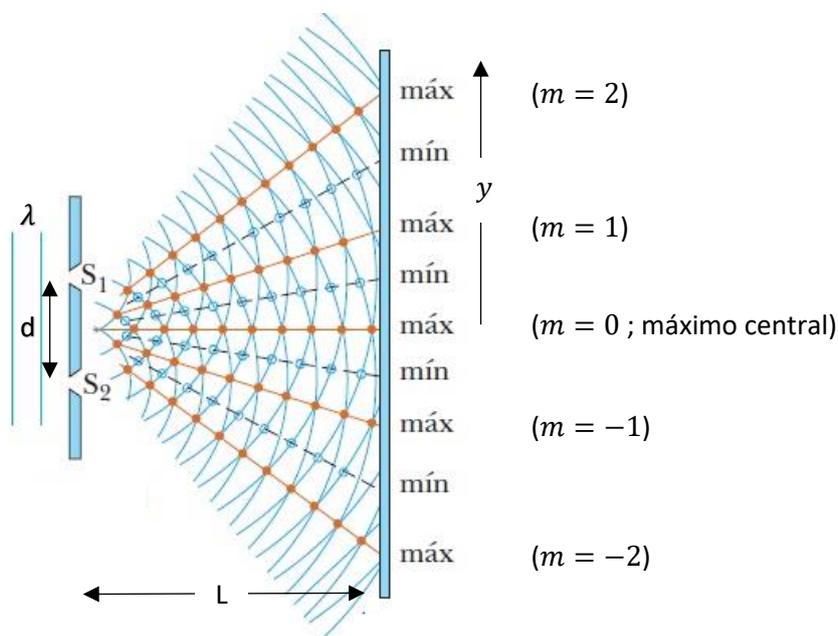


Figura 1: Patrón de interferencia antes de colocar la hoja de mica.

En la configuración sin la mica (sm) para calcular las posiciones de los máximos sobre la pantalla aplicamos la condición de máximo $\delta_1 = m\lambda$ con lo que se obtiene

$$y_m^{sm} = \frac{\lambda L}{d} m, \text{ con } m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

Observamos que en esta configuración el máximo central se encuentra en el centro de la pantalla ($\theta = y = 0$). Además, tenemos dos séptimos máximo laterales que se encuentran ubicados simétricamente respecto de $y = 0$ en las posiciones

$$y_{\pm 7}^{sm} = \pm \frac{\lambda L}{d} 7$$

Ahora, al agregar la mica sobre la rendija S_2 tenemos que considerar que existen dos contribuciones a la diferencia de camino óptico. Una de ellas (δ_1), al igual que en el caso sin mica, se debe a que los haces que parten de las distintas rendijas recorren distancias diferentes antes de llegar a la pantalla. La otra (δ_2) es producida por la presencia de la mica en la rendija inferior. Dado que ahora los rayos realizan parte de su camino por medios con distinto índice de refracción tenemos que $\delta_2 = n_{mica} l - n_{aire} l = (n_{mica} - 1)l$.

Por lo tanto, dado que las diferencias de camino óptico son aditivas, tenemos que

$$\delta_T = \delta_1 + \delta_2 = \frac{yd}{L} + (n_{mica} - 1)l$$

Aplicando la condición de máximo en esta expresión, es decir $\delta_T = m'\lambda$ con $m' = 0, \pm 1, \pm 2$, obtenemos que los máximos teniendo la mica en la rendija inferior (cm) se encuentran en las posiciones

$$y_{m'}^{cm} = \frac{L}{d} [m\lambda - l(n - 1)]$$

En particular, el máximo central (determinado por $m = 0$) se encontrará en la posición

$$y_{m'=0}^{cm} = -\frac{L}{d} [l(n - 1)]$$

Dado que este valor es negativo, podemos concluir que al agregar la mica todo el patrón de interferencia se corre hacia abajo en la Figura 1. Esto implica además que, para lograr que el máximo central en la configuración con mica coincida con la posición que correspondía con el séptimo máximo en la configuración sin mica se deben considerar valores de m negativos.

$$y_{m'=0}^{cm} = y_{-7}^{sm}$$

$$-\frac{L}{d} [l(n - 1)] = \frac{\lambda L}{d} (-7)$$

Despejando obtenemos que la longitud de la mica es

$$l = \frac{7\lambda}{n - 1} = \frac{7 \cdot 550 \text{ nm}}{1.58 - 1} = 6637 \text{ nm} = 6.64 \mu\text{m}$$