

Clases 18 y 19

Interferencia

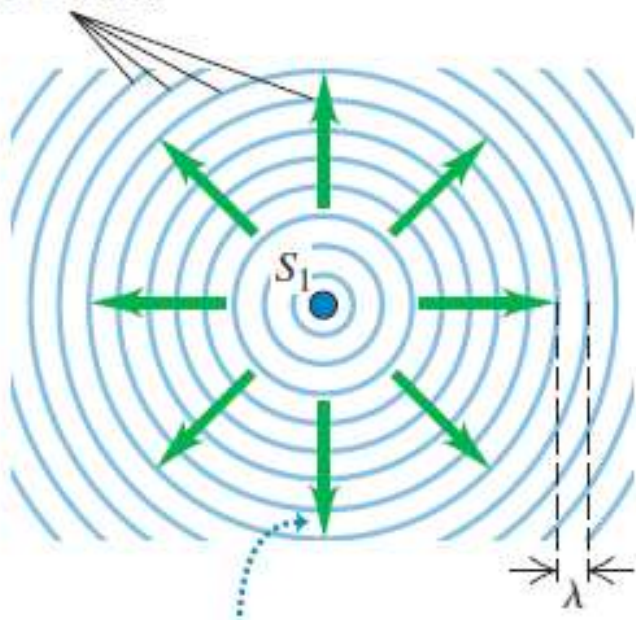
Cátedra: Diego Arbó

Principio de superposición

Cuando dos o más ondas se solapan, el desplazamiento resultante en cualquier punto y en cualquier instante se encuentra sumando los desplazamientos instantáneos que producirían en el punto las ondas individuales si cada una se presentara sola.

Dos fuentes monocromáticas de la misma frecuencia y con una relación de fase constante definida (no necesariamente en fase) son **coherentes**.

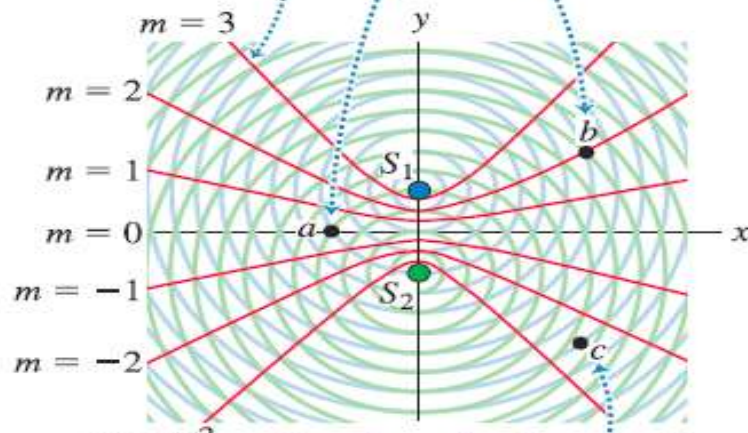
Frentes de onda: crestas de la onda (frecuencia f) separadas por una longitud de onda λ



Los frentes de onda se desplazan hacia fuera desde la fuente S_1 con rapidez de onda $v = f\lambda$.

Las curvas antinodales (en color rojo) marcan las posiciones donde las ondas procedentes de S_1 y S_2 interfieren constructivamente.

En a y b , las ondas llegan en fase e interfieren de manera constructiva.



En c , las ondas llegan medio ciclo fuera de fase e interfieren de manera destructiva.

m = número de longitudes de onda λ en que difieren las longitudes de las trayectorias a partir de S_1 y S_2 .

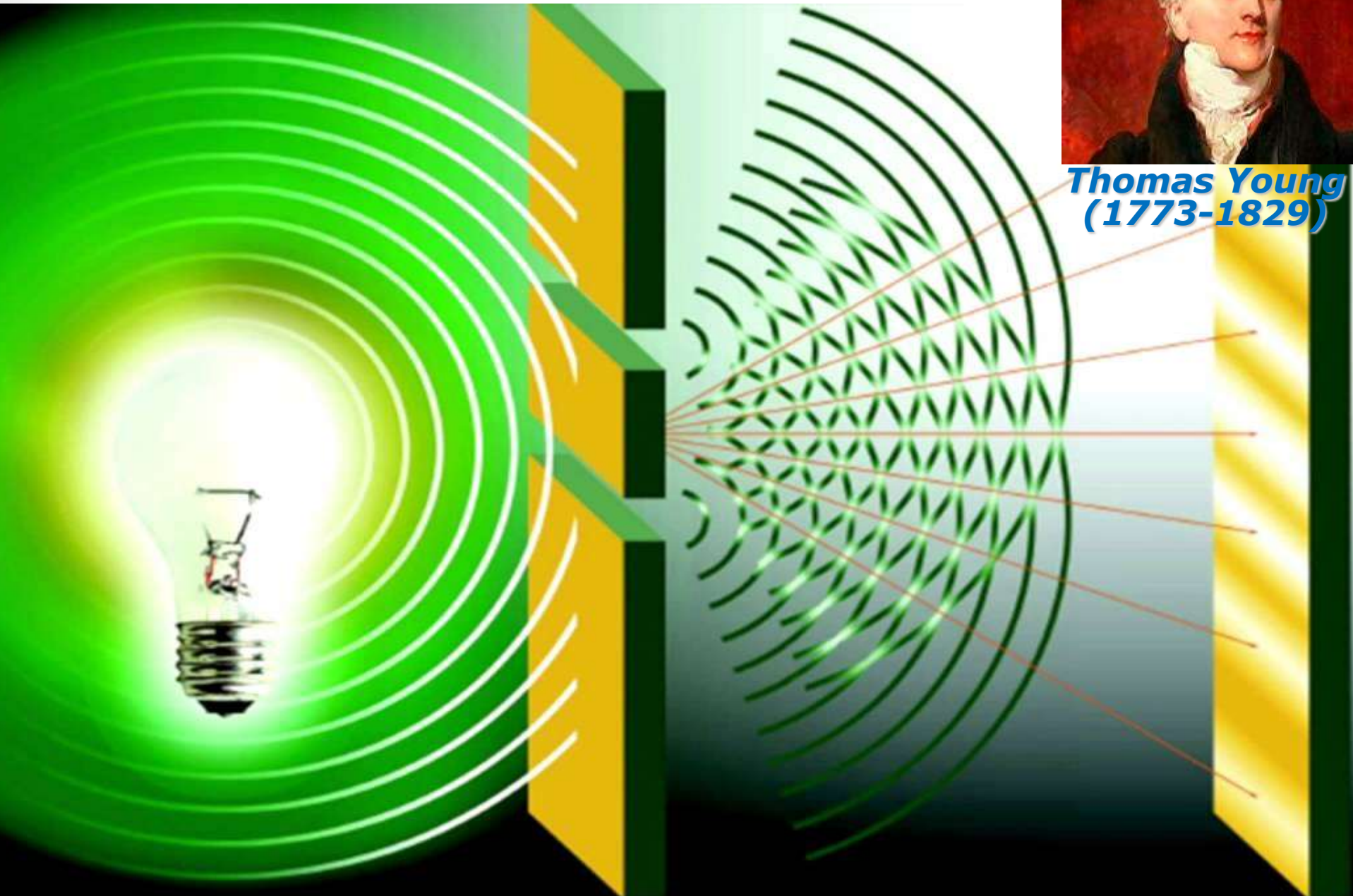
Interferencia de dos fuentes



Experimento de Young (1800)



Thomas Young
(1773-1829)



Experimento de Young



SCIENCEPHOTOLIBRARY

Intensidad en los patrones de interferencia

$$E_1(t) = E \cos(\omega t + \phi)$$

$$E_2(t) = E \cos \omega t$$

Suponemos que dos fuentes coherentes (ϕ es constante) de luz linealmente polarizadas en la misma dirección y con la misma amplitud

$$E_p = E_1 + E_2$$

$$E_p^2 = E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cos \phi$$

$$= 2E^2(1 + \cos \phi) = 4E^2 \cos^2 \frac{\phi}{2}$$

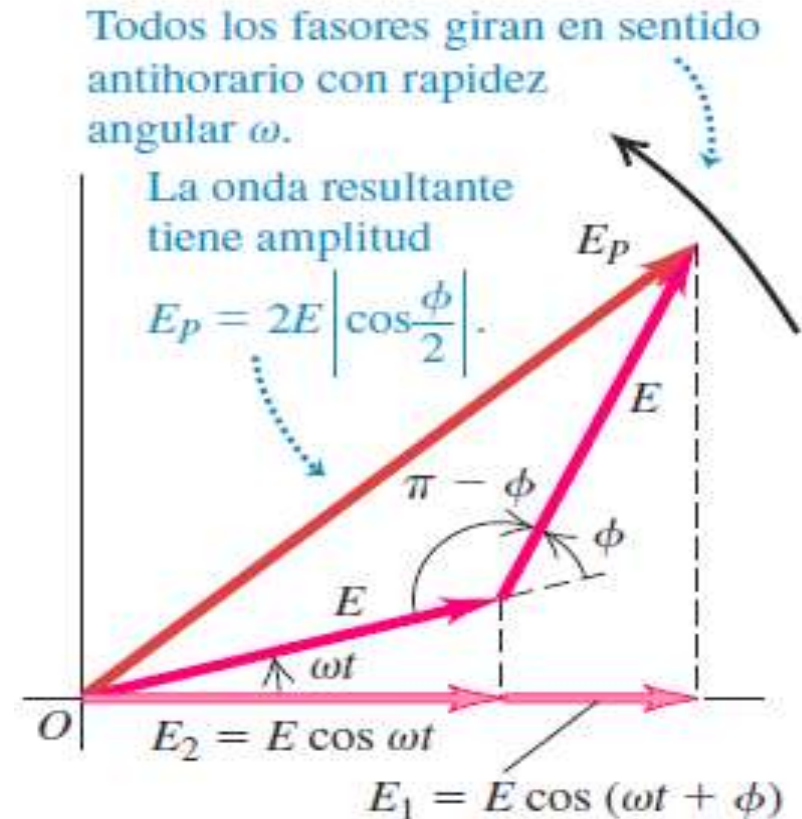


$$I = \frac{1}{2} \epsilon_0 c E_p^2 = 2\epsilon_0 c E^2 \cos^2 \frac{\phi}{2}$$

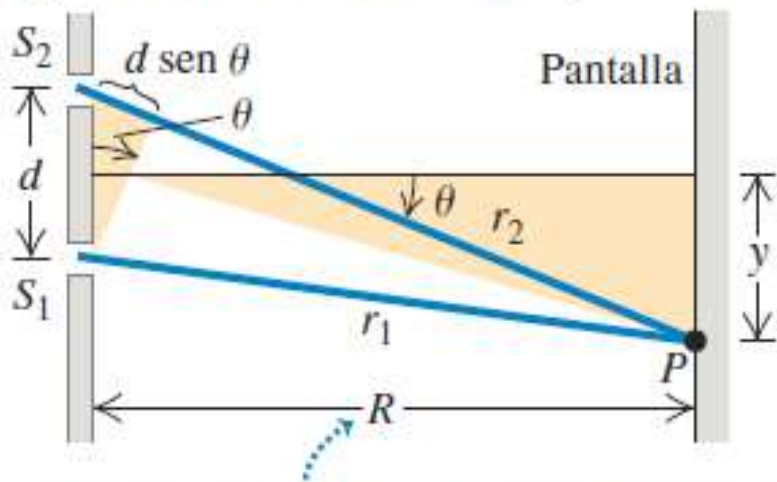
I_0 : intensidad máxima

$$I = I_0 \cos^2 \frac{\phi}{2}$$

(intensidad en la interferencia de dos fuentes)



b) Geometría real (vista lateral)



En situaciones reales, la distancia R a la pantalla, por lo general, es mucho mayor que la distancia d entre las ranuras ...

$$r_2 - r_1 = d \sin \theta$$

$$\phi = k(r_2 - r_1) = kd \sin \theta = \frac{2\pi d}{\lambda} \sin \theta$$

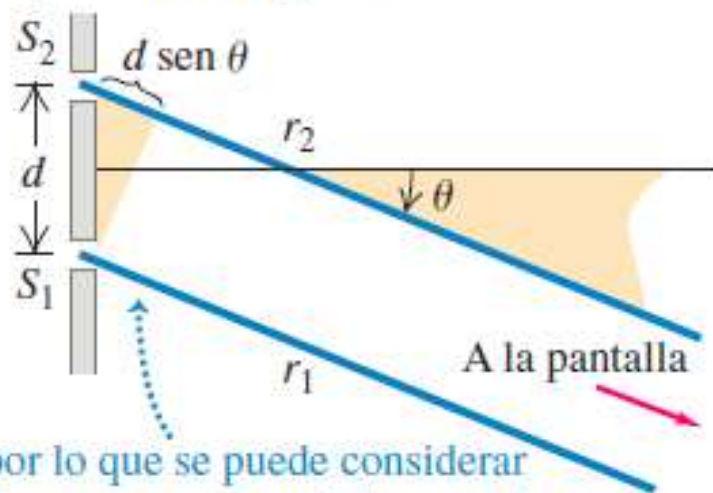
$$I = I_0 \cos^2 \left(\frac{1}{2} kd \sin \theta \right) = I_0 \cos^2 \left(\frac{\pi d}{\lambda} \sin \theta \right)$$

(intensidad lejos de dos fuentes)

$$I = I_0 \cos^2 \left(\frac{kdy}{2R} \right) = I_0 \cos^2 \left(\frac{\pi dy}{\lambda R} \right)$$

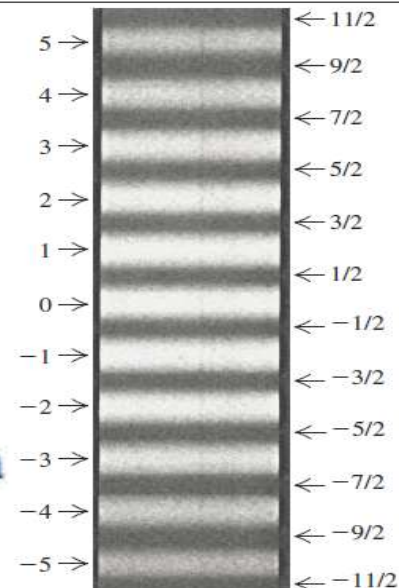
(intensidad en la interferencia de dos ranuras)

c) Geometría aproximada

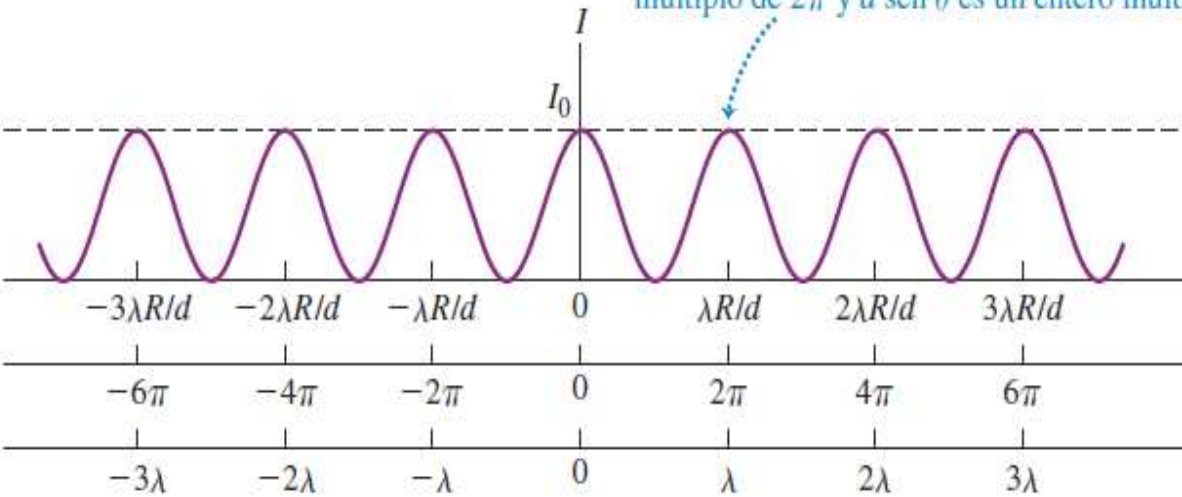


... por lo que se puede considerar que los rayos son paralelos; en tal caso, la diferencia en la longitud de sus trayectorias es simplemente $r_2 - r_1 = d \sin \theta$.

m	$m + 1/2$
(regiones brillantes con interferencia constructiva)	(regiones oscuras con interferencia destructiva)



Se presentan máximos de intensidad donde ϕ es un entero múltiplo de 2π y $d \text{ sen } \theta$ es un entero múltiplo de λ .



y = distancia de un punto en el patrón desde el centro ($y = 0$).

ϕ = diferencia de fase entre las dos ondas en cada punto del patrón.

$d \text{ sen } \theta$ = diferencia de trayectoria desde las dos ranuras en cada punto en el patrón.

**Máxima intensidad:
Interferencia constructiva**

$$\frac{\pi d}{\lambda} \text{sen } \theta = m\pi \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

$$d \text{ sen } \theta = m\lambda$$

**Mínima intensidad:
Interferencia destructiva**

$$d \text{ sen } \theta = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

Interferencia de películas delgadas (incidencia normal)

$$\phi = k2t + q\pi = \frac{4\pi d}{\lambda} + q\pi \quad \lambda = \frac{\lambda_0}{n}$$

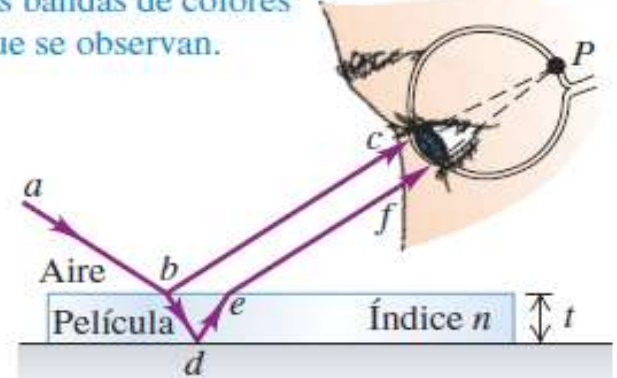
q es el número de saltos de fase por reflexión.

Si la luz se refleja desde un medio más denso a uno menos denso, entonces no hay salto.

Si la luz pasa de un medio menos denso a uno más denso, entonces hay un salto.

La luz reflejada en las superficies superior e inferior de la película llega junta al punto P en el ojo y experimenta interferencia.

Algunos colores interfieren de forma constructiva y otros de forma destructiva, lo que genera las bandas de colores que se observan.



$$2t = m\lambda \quad (m = 0, 1, 2, \dots)$$

(reflexión constructiva en película delgada, sin desplazamiento relativo de fase)

$$2t = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad (m = 0, 1, 2, \dots)$$

(reflexión destructiva en película delgada, sin desplazamiento relativo de fase)

$$2t = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad (m = 0, 1, 2, \dots)$$

(reflexión constructiva en película delgada, con desplazamiento relativo de fase de medio ciclo)

$$2t = m\lambda \quad (m = 0, 1, 2, \dots)$$

(reflexión destructiva en película delgada, con desplazamiento relativo de fase de medio ciclo)

Cuña

Interferencia entre ondas luminosas que se reflejan en los dos lados de una cuña de aire que separa dos placas de vidrio.

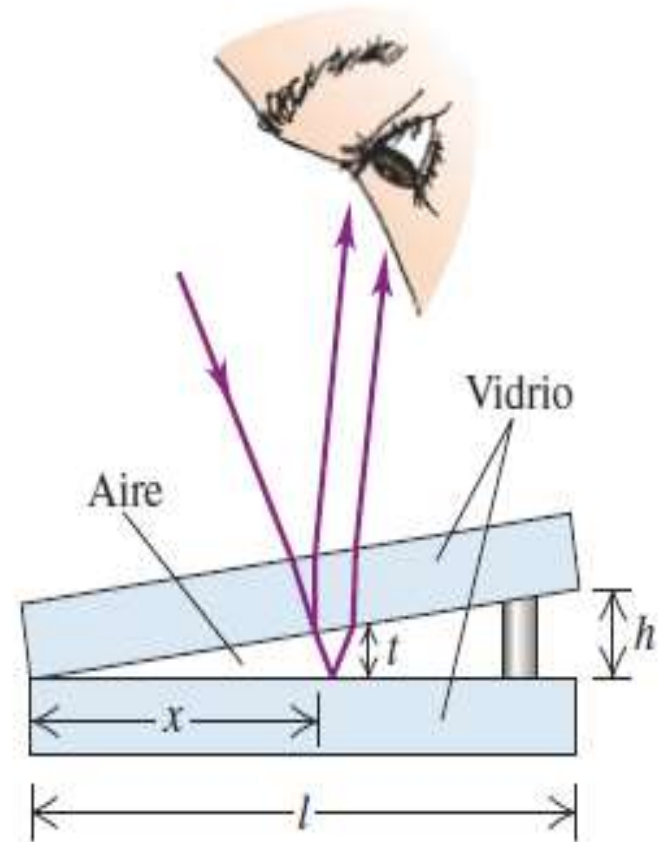
Se han exagerado los ángulos y el espesor de la cuña de aire para obtener mayor Claridad.

Suponemos que la luz incide en la placa superior con dirección normal y que las distancias h y t son mucho menores que l .

$$\frac{t}{x} = \frac{h}{l}$$

$$\frac{2xh}{l} = m\lambda_0$$

$$x = m \frac{l\lambda_0}{2h}$$

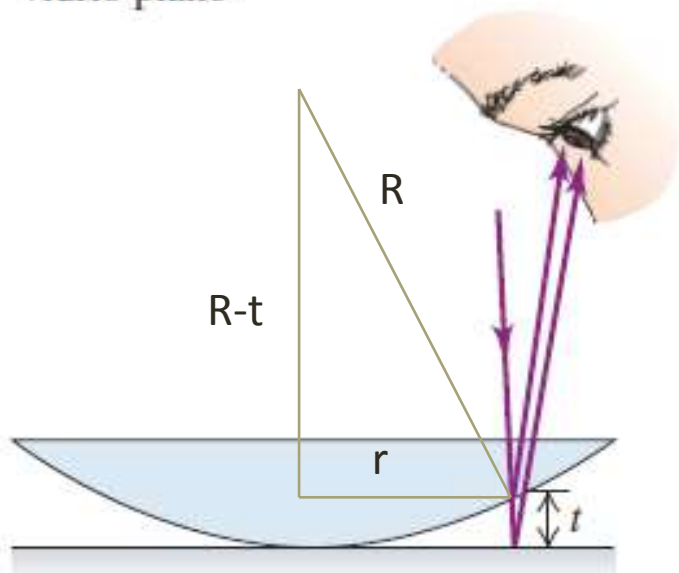


Franja oscura:
Interferencia destructiva

Anillos de Newton

Película de aire entre una lente convexa y una superficie plana. El espesor de la película t aumenta a partir de cero a medida que nos alejamos del centro, y con luz monocromática produce una serie de anillos brillantes y oscuros que se alternan.

a) Lente convexa en contacto con un vidrio plano



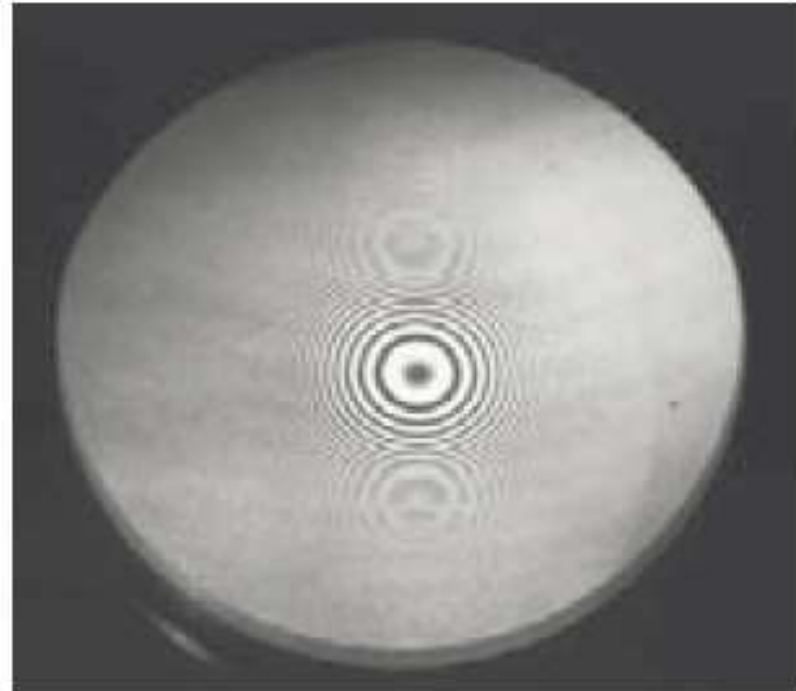
$$r^2 + (R - t)^2 = R^2$$

$$r^2 + R^2 - 2Rt + t^2 = R^2$$

$$d \ll R \Rightarrow t = \frac{r^2}{2R}$$

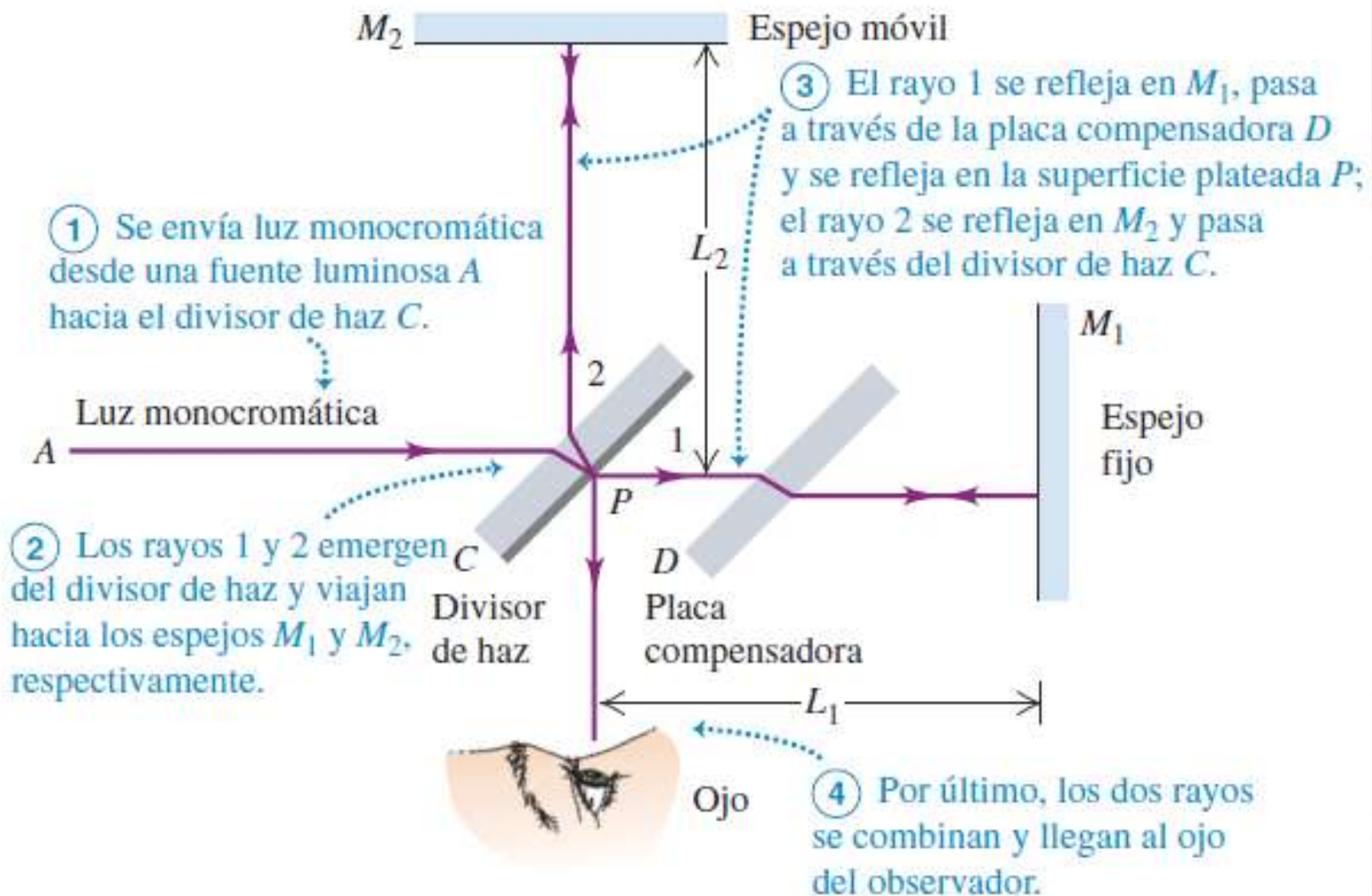
$$\phi = k2t = \frac{2\pi}{\lambda} \frac{r^2}{R}$$

b) Anillos de Newton: franjas circulares de interferencia



$$\text{Max: } r_m = \sqrt{m\lambda R}$$

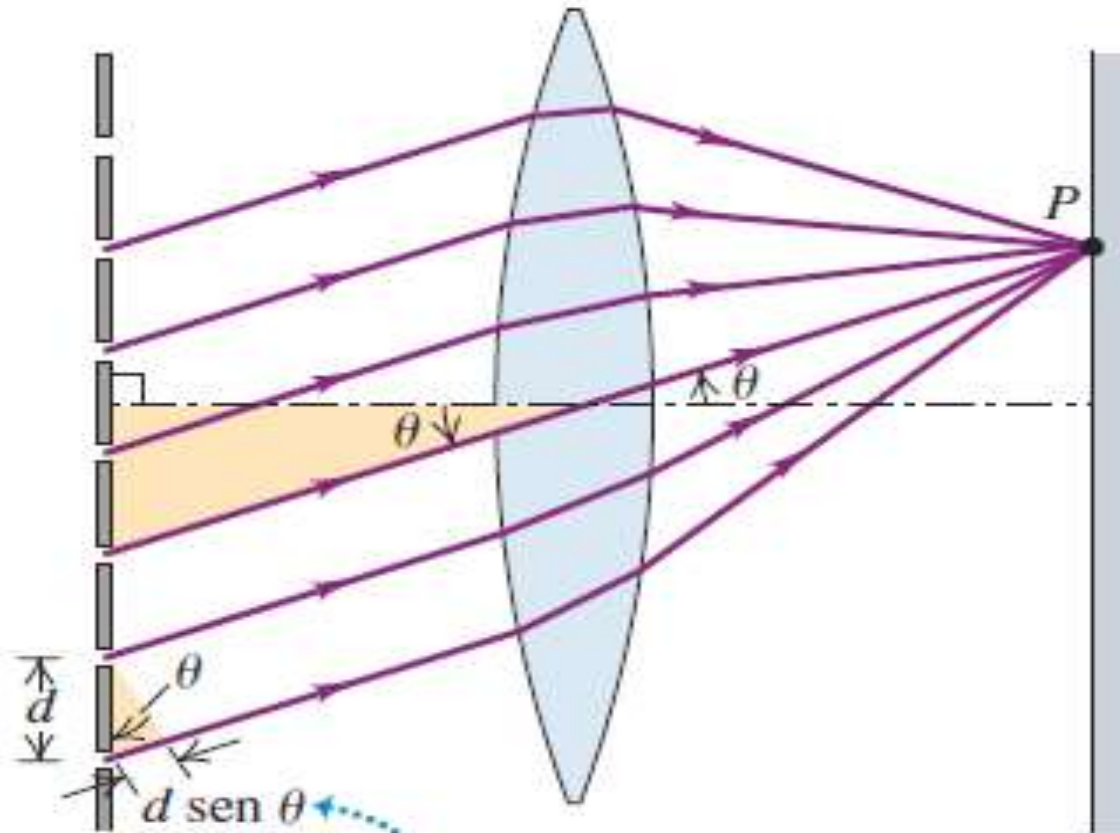
Interferómetro de Michelson



$$y = m \frac{\lambda}{2} \quad \text{o} \quad \lambda = \frac{2y}{m}$$

Interferencia por varias ranuras

Interferencia de ranuras múltiples utilizando una lente para formar un patrón de Fraunhofer en una pantalla cercana.



Ocurre un máximo si la diferencia de trayecto entre ranuras adyacentes es un número entero de longitudes de onda: $d \sin \theta = m\lambda$.

$$d \sin \theta = m\lambda \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

$$I = I_0 \left[\frac{\sin(N\phi / 2)}{\sin(\phi / 2)} \right]^2$$

Factor de interferencia

$$\phi = \frac{2\pi d}{\lambda} \sin \theta$$

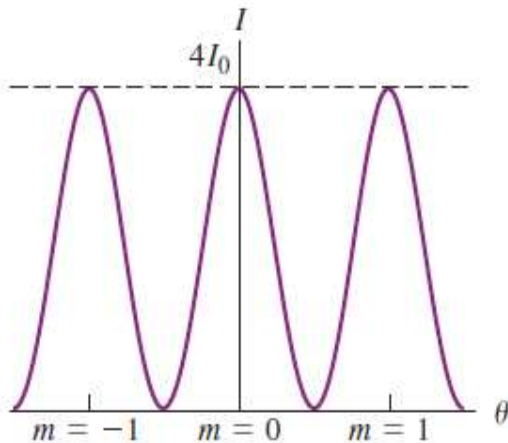
Patrones de interferencia correspondientes a N ranuras muy angostas uniformemente espaciadas.

- a) Dos ranuras.
- b) Ocho ranuras.
- c) Dieciséis ranuras.

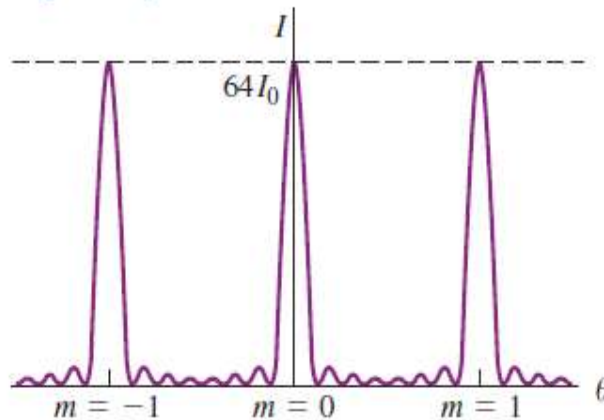
La escala vertical es diferente en cada gráfica; I_0 es la intensidad máxima correspondiente a una sola ranura, y la intensidad máxima con N ranuras es $N^2 I_0$.

La anchura de cada máximo es proporcional a $1/N$.

a) $N = 2$: dos ranuras producen un mínimo entre los máximos adyacentes.



b) $N = 8$: ocho ranuras producen máximos más altos y más angostos, en el mismo lugar, separados por siete mínimos.



c) $N = 16$: con 16 ranuras, los máximos son aún más altos y estrechos, con más intervención de los mínimos.

