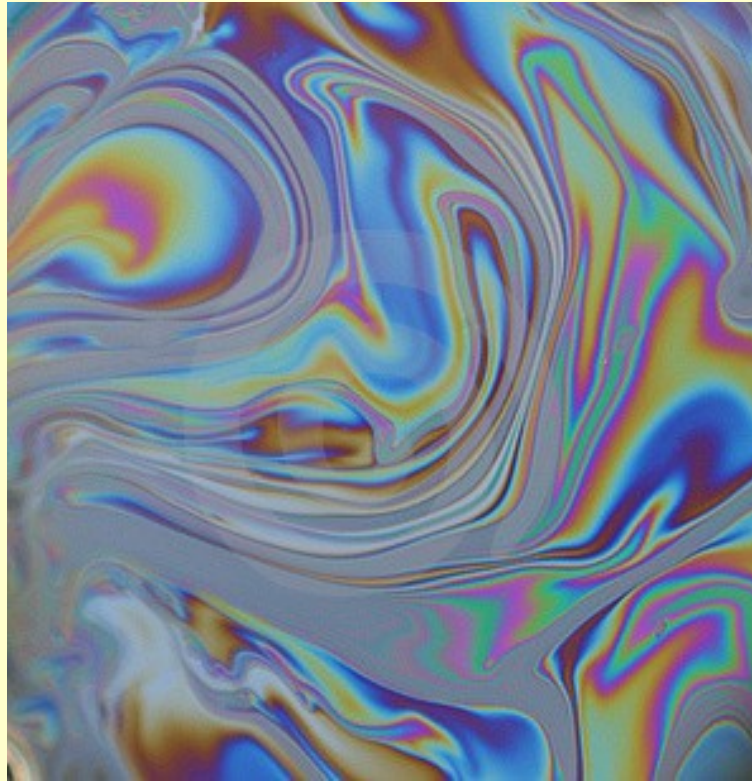


Física II, Ondas

Óptica Física: Interferencia y Difracción



Profesor: Pedro Labraña
Departamento de Física,
Universidad del Bío-Bío

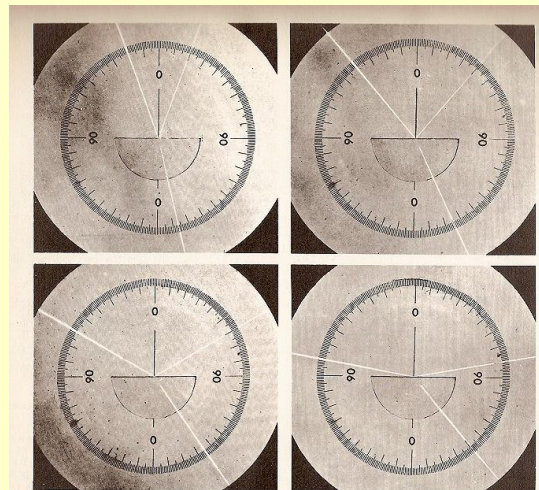
Carrera: Ingeniería Civil en Informática
Créditos: 5

Óptica Física

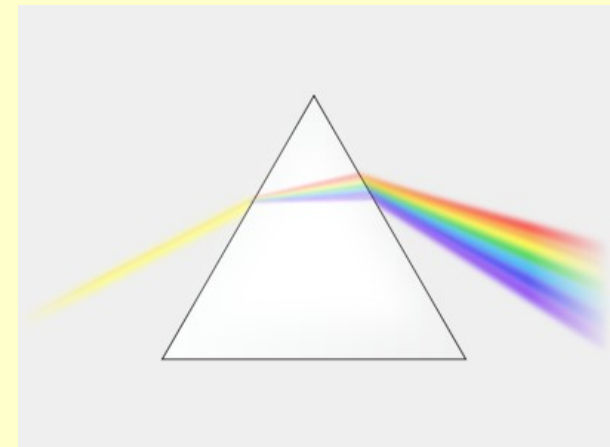
Interferencia: Experimento de Young, coherencia, Intensidad en el experimento de Young, Interferencia en películas delgadas

Óptica geométrica - Óptica física

Hasta aquí hemos estudiado situaciones físicas donde la naturaleza ondulatoria de la luz parece no tener un rol relevante. Esto ocurre cuando la luz interacciona con objetos cuyas escalas son mucho mayores que la longitud de onda de la luz ($\lambda \ll a$). De este modo

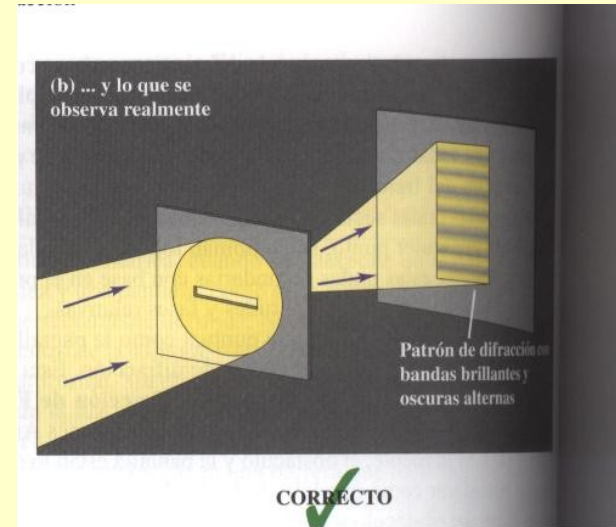
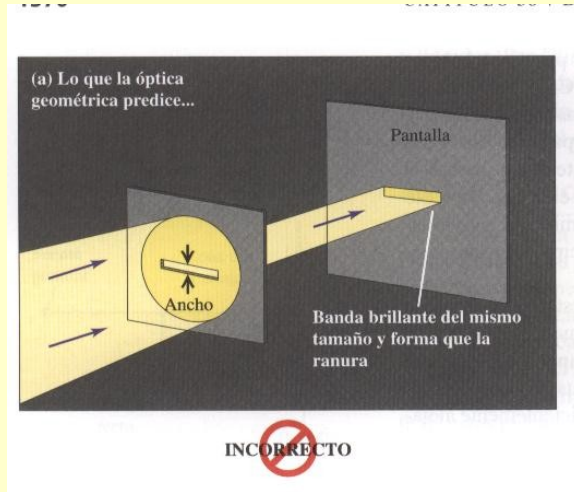


4.9 Refracción para varios ángulos de incidencia. [Fotos cortesía de PSSC College Physics, D. C. Heath & Co., 1968.]

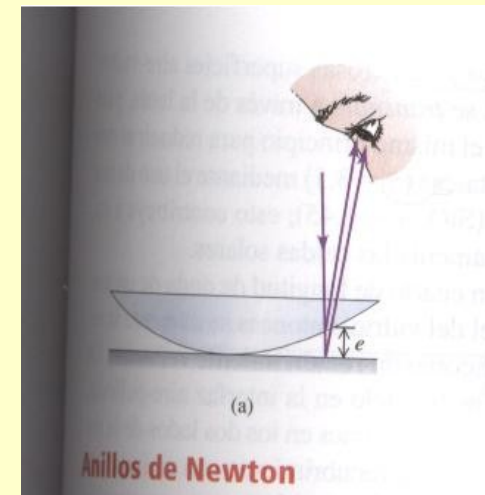
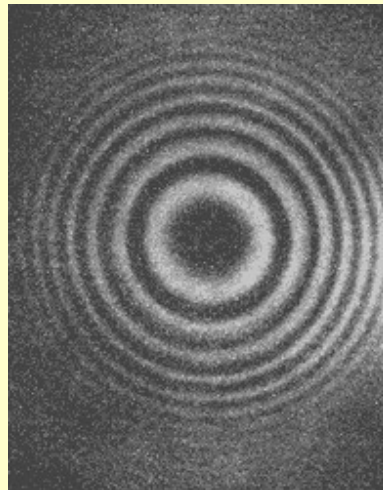
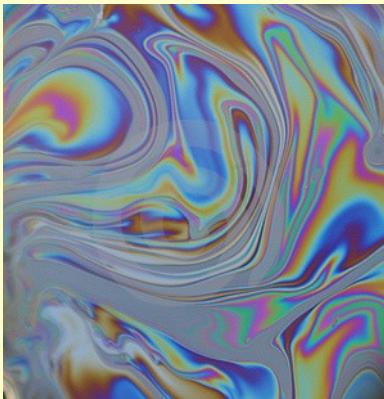


Los siguientes son ejemplos de fenómenos que la óptica geométrica no puede explicar o que predice en forma incorrecta

Refracción



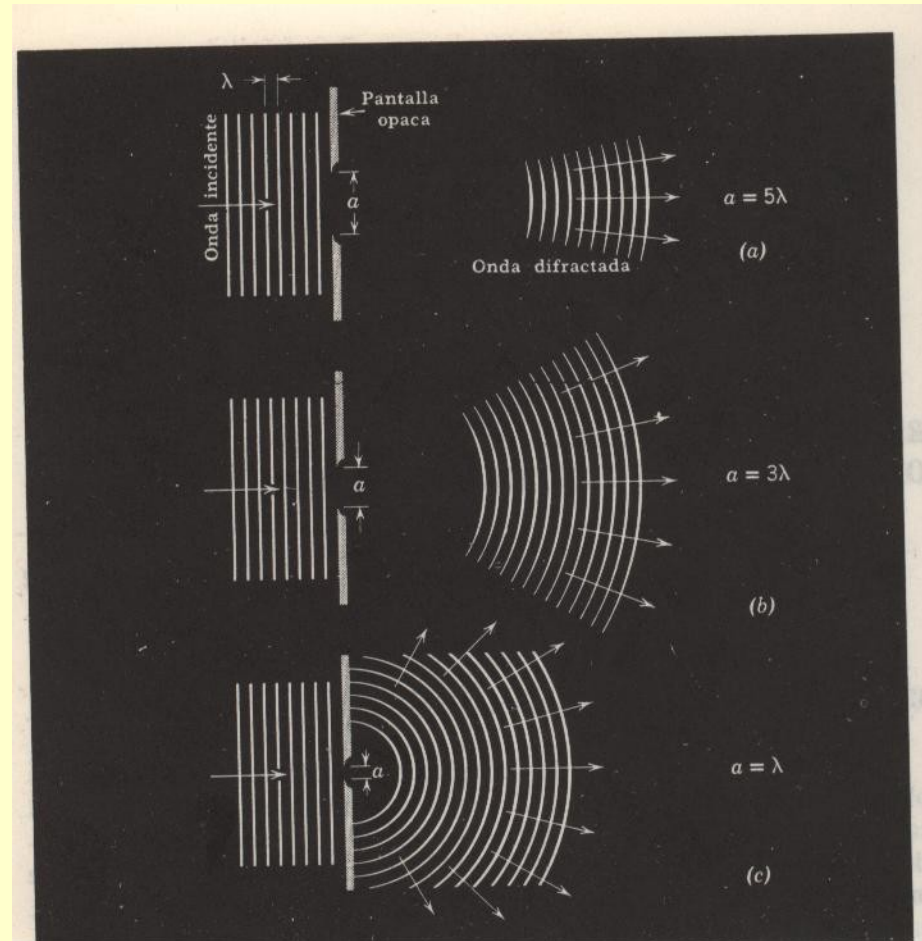
Interferencia



Estos fenómenos son la prueba empírica de que la luz es una onda, o mejor dicho se comporta como una onda.

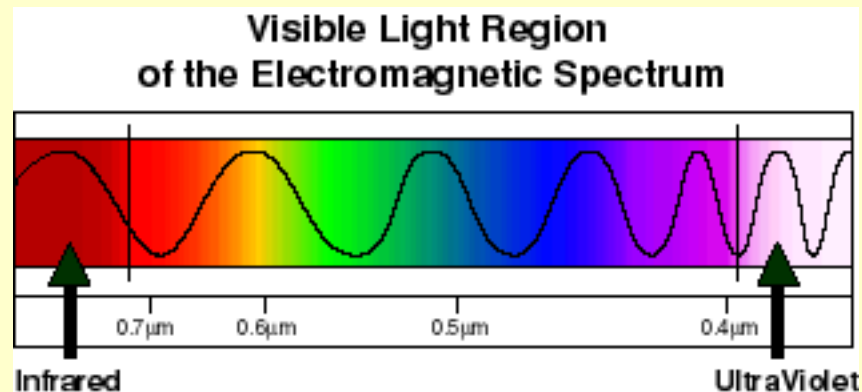
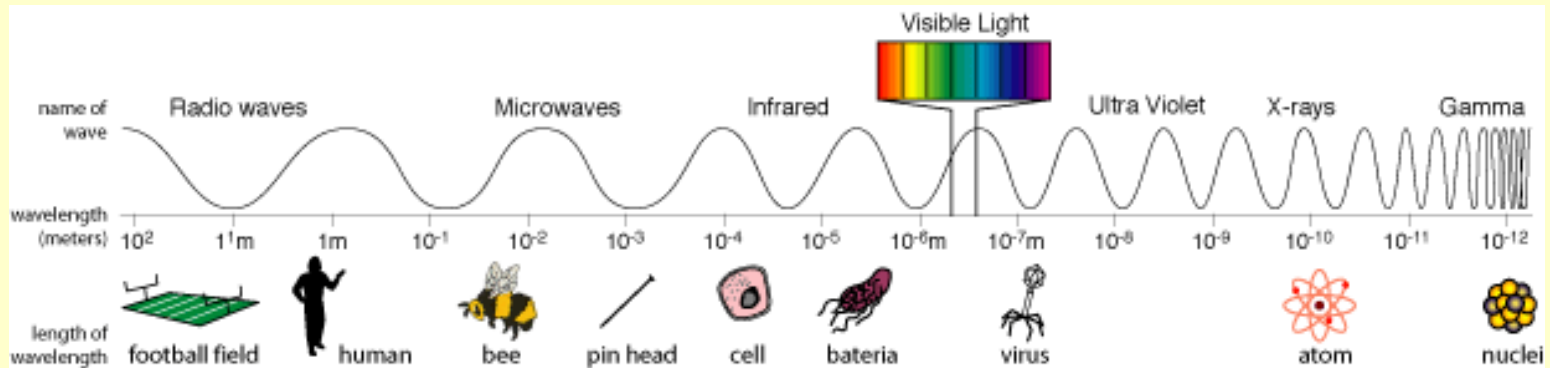
La reflexión y refracción pueden ser explicados asumiendo que la luz es una partícula (Modelo al cual adhería I. Newton) o asumiendo que la luz es una onda (R. Hooke, C. Huygens, T. Young) pero los fenómenos de interferencia y difracción sólo pueden ser explicados si la luz se comporta como una onda.

Notar que estos fenómenos sólo se vuelven relevantes cuando las longitudes de onda de la luz son del orden de los objetos con los cuales está interactuando (ancho de las rendijas, películas delgadas, etc).

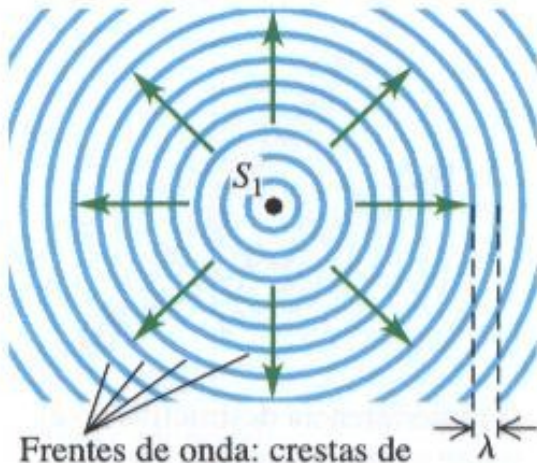


Difracción debido a una rendija de ancho a

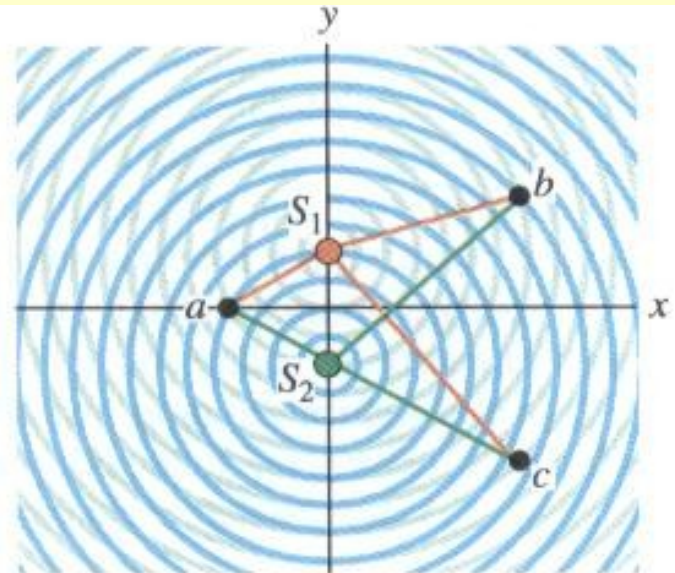
En la experiencia cotidiana pareciera que no vemos estos efectos, lo cual puede generar confusión respecto a la real naturaleza de la luz (onda o partícula), pero esto es debido a que la difracción e interferencia son fenómenos que están presentes cuando los objetos con los cuales interactúa la luz son de la escala de su longitud de onda y la longitud de onda de la luz es muy pequeña respecto de nuestra escala (escala humana)

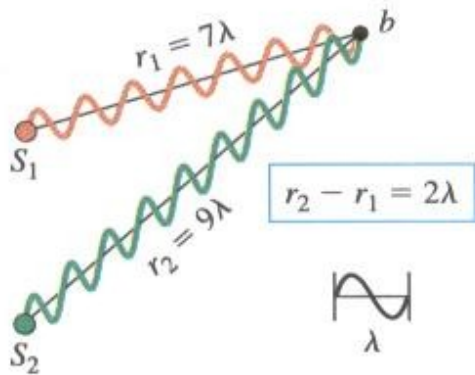
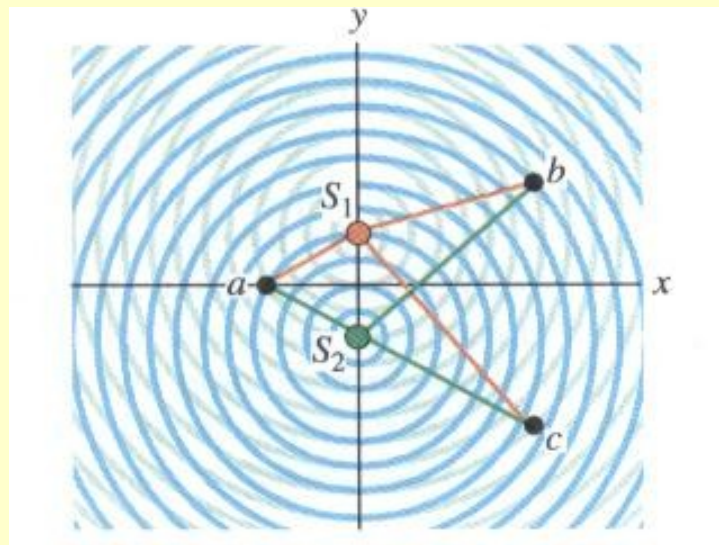


Interferencia



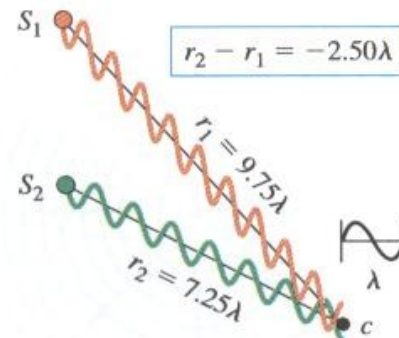
Frentes de onda: crestas de la onda separadas una longitud de onda λ



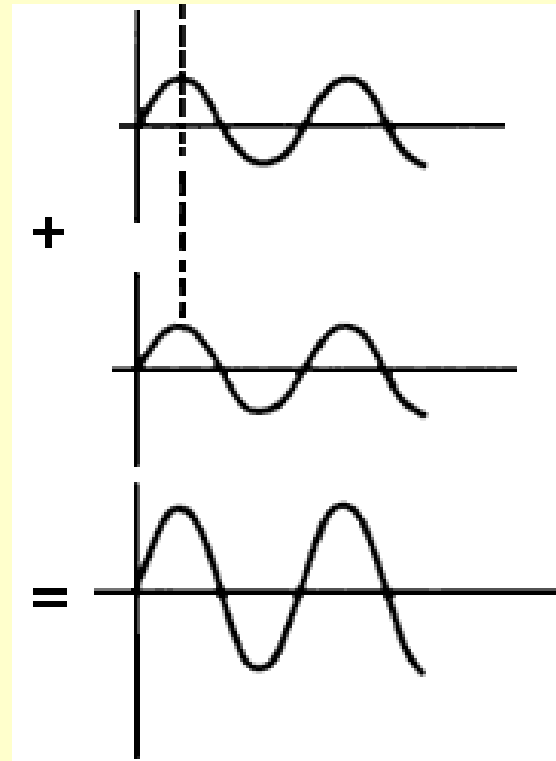
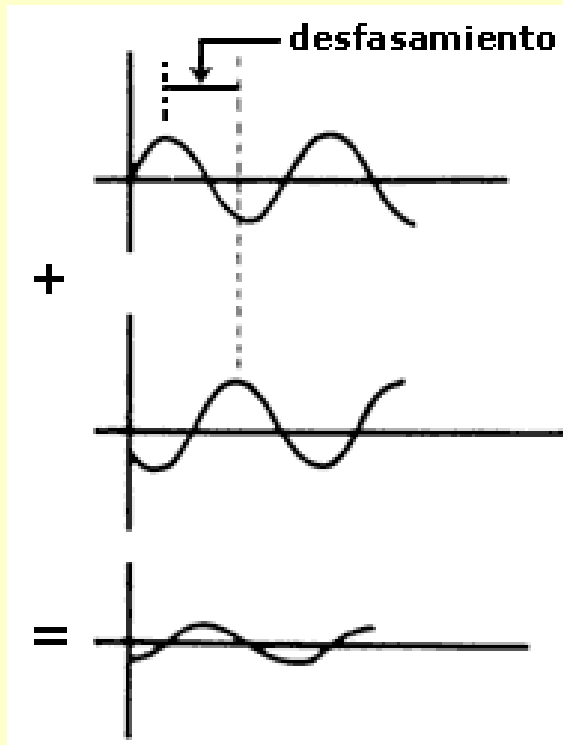


(b) Interferencia constructiva en el punto *b*: diferencia de trayecto = un número entero de longitudes de onda

un número entero de longitudes de onda

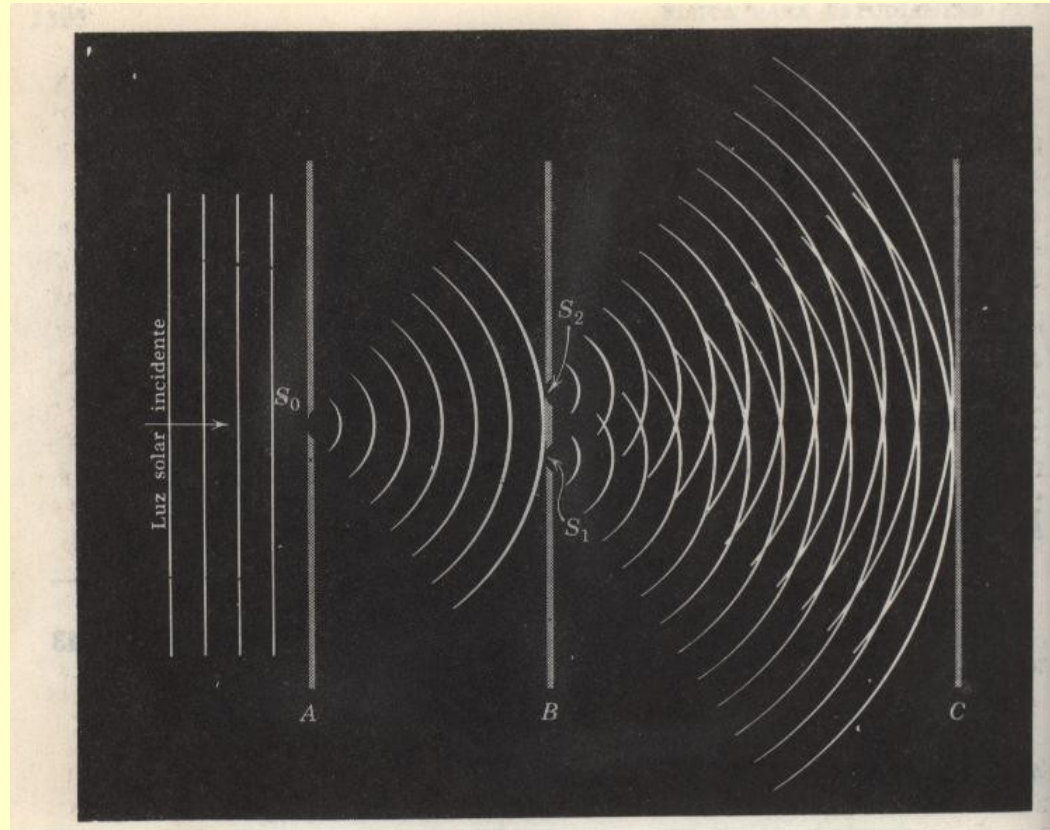


(c) Interferencia destructiva en el punto *c*: diferencia de trayecto = un número semientero de longitudes de onda



El experimento de Young

El experimento de Young corresponde a reproducir el experimento de interferencia antes mencionada pero con luz (ondas electromagnéticas en el espectro visible)



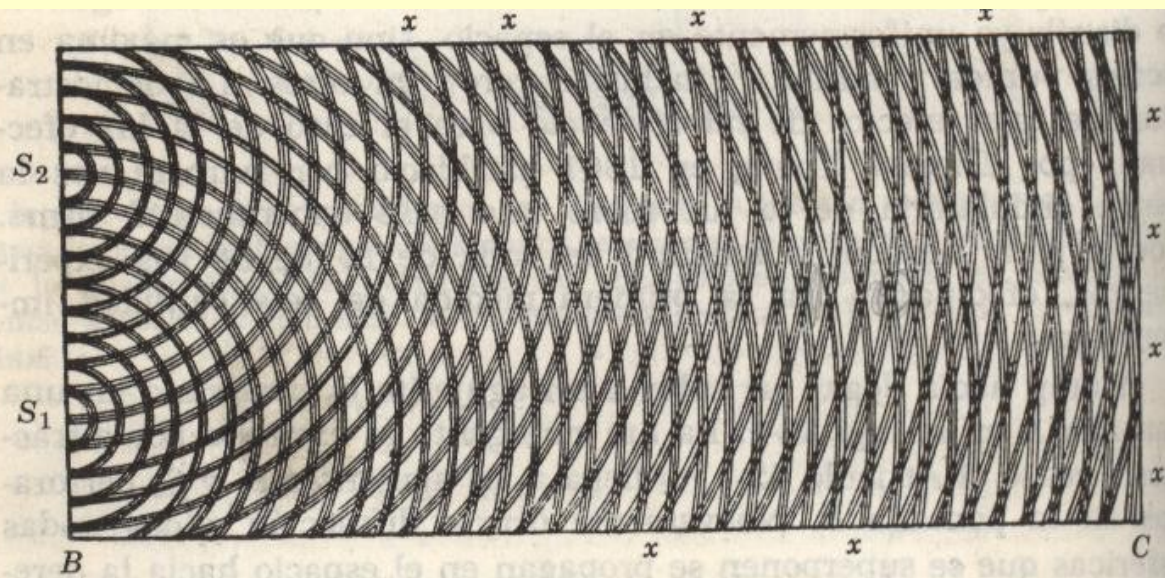
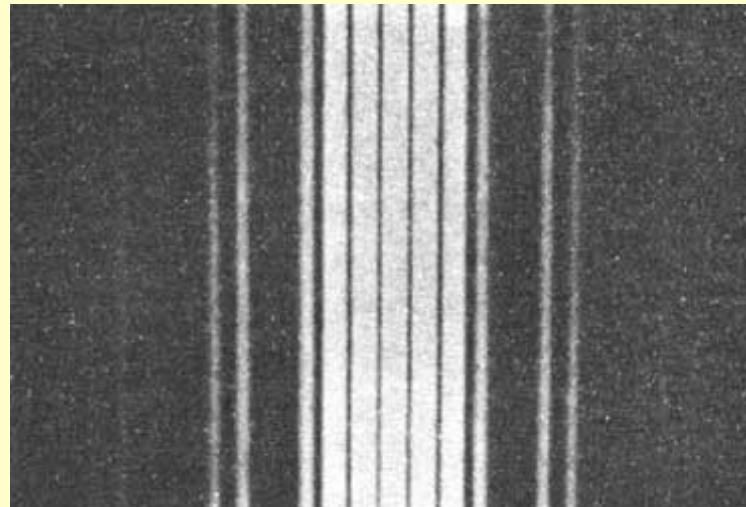
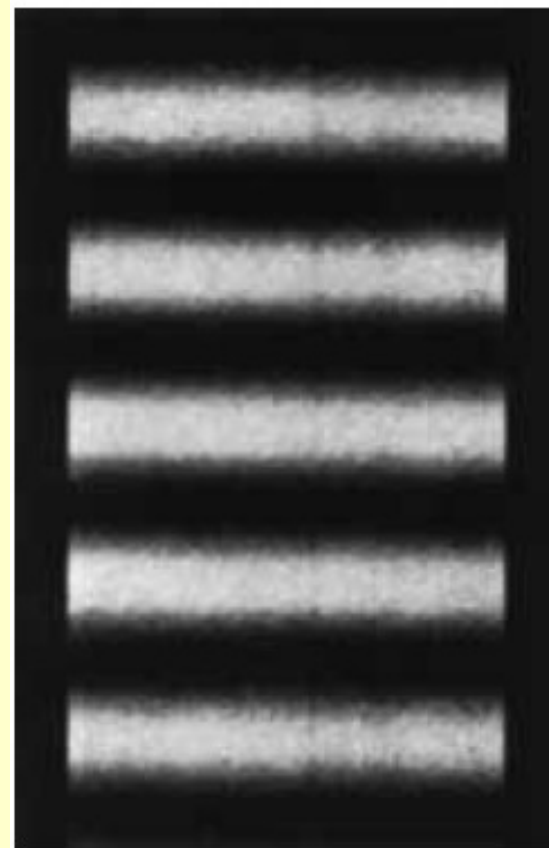
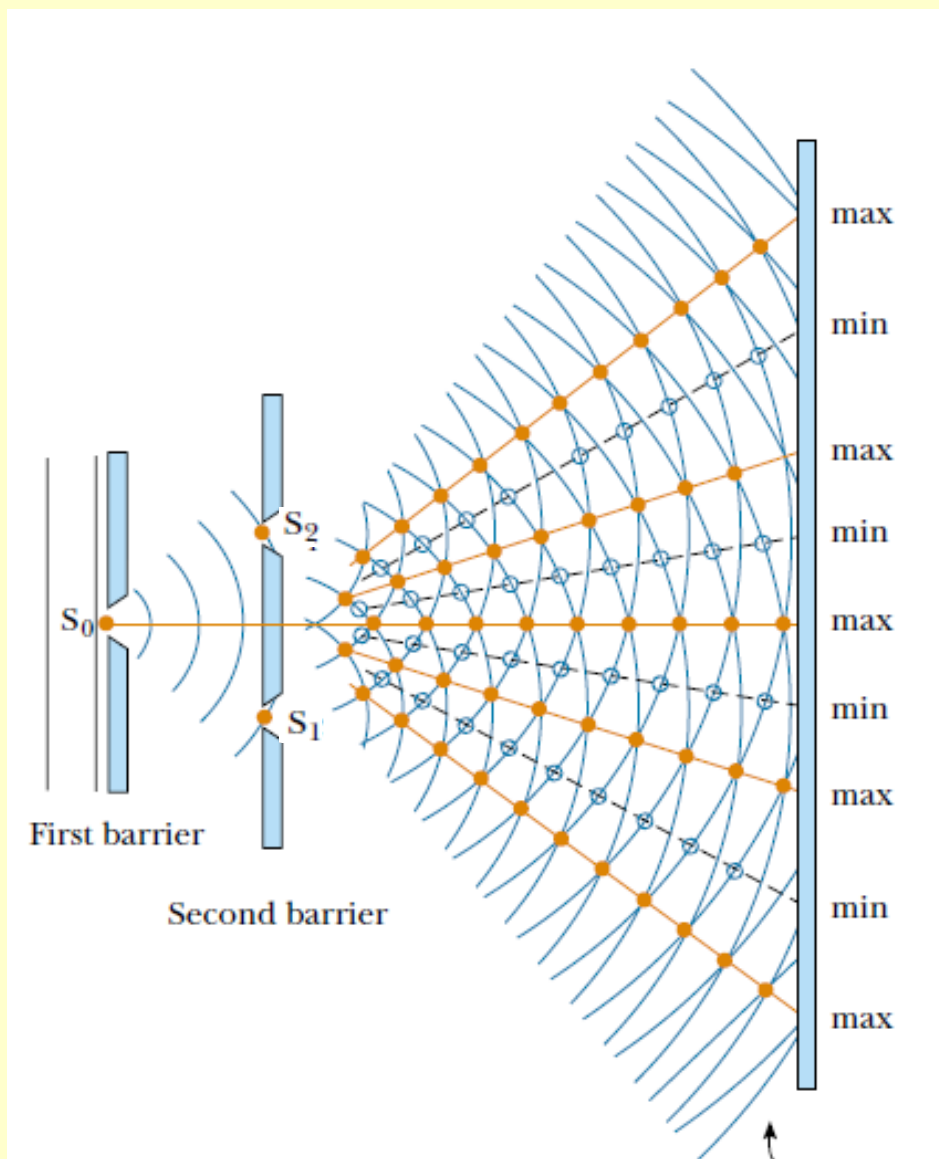
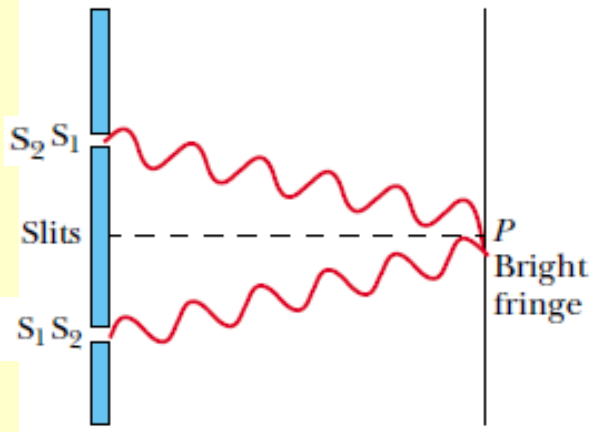


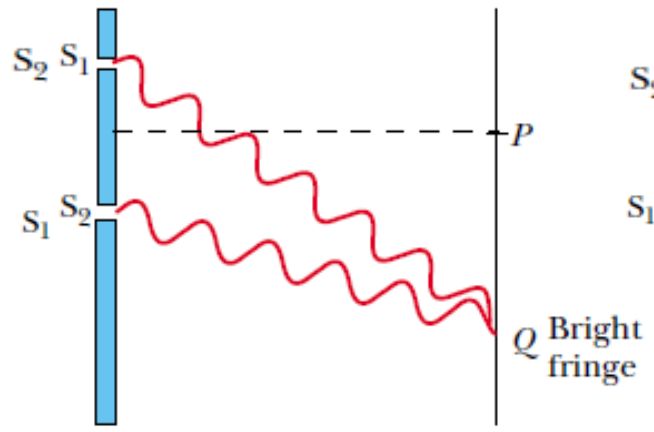
FIG. 43-2. Dibujo original de Thomas Young, mostrando los efectos de interferencia en ondas que se superponen. Coloque el ojo cerca del borde izquierdo y vea la figura casi a la altura del papel. (De Thomas Young, *Phil. Transactions*, 1803)



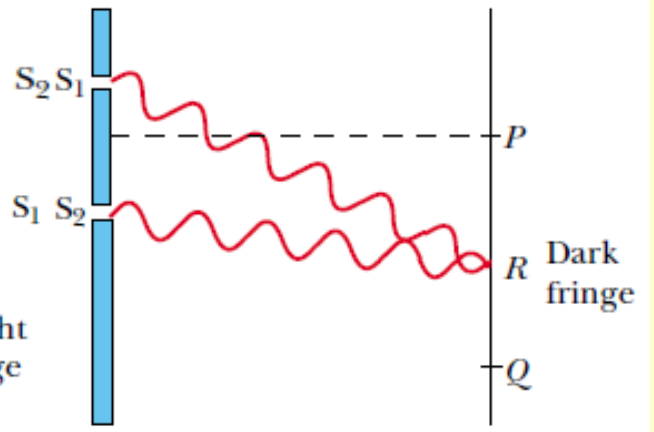




(a)

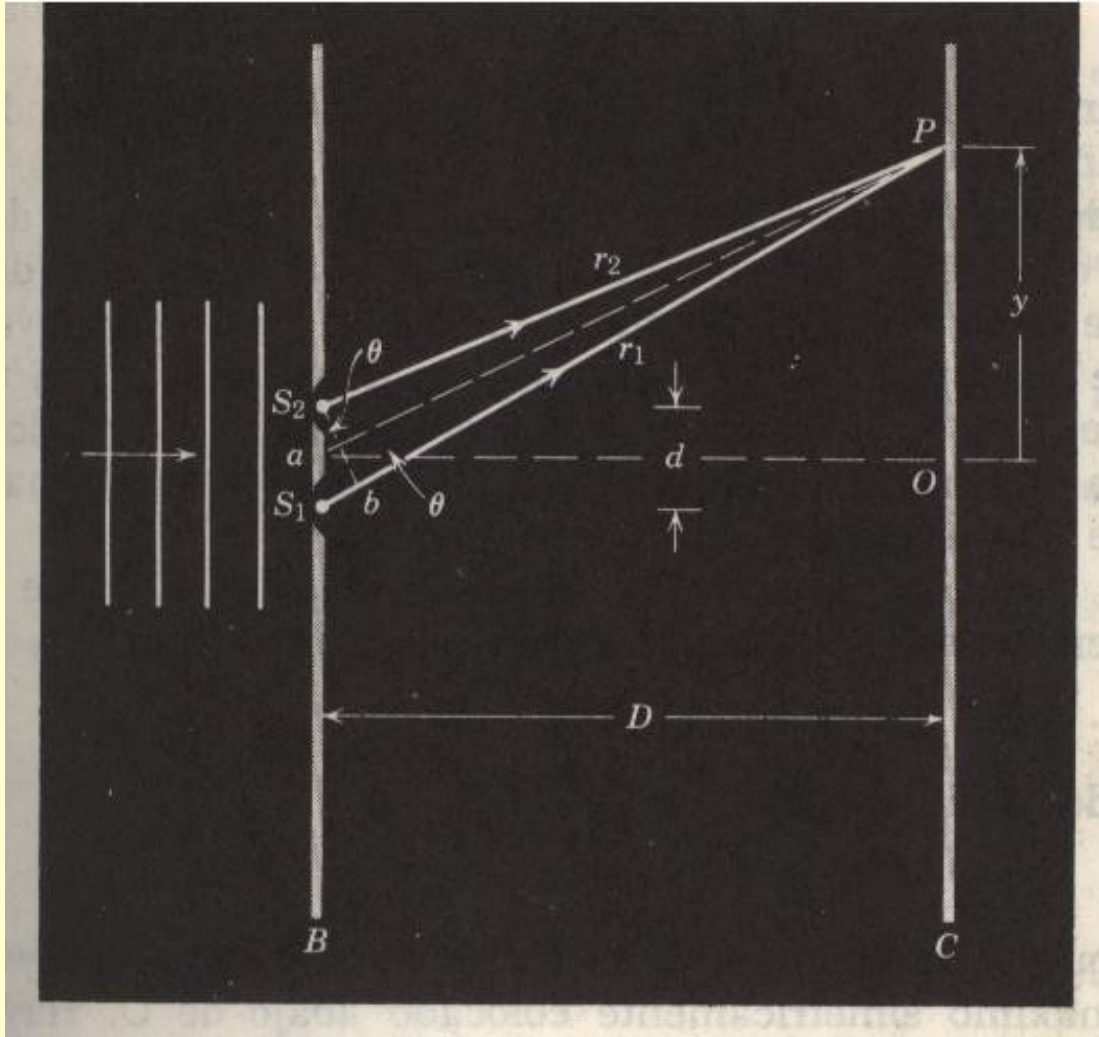


(b)



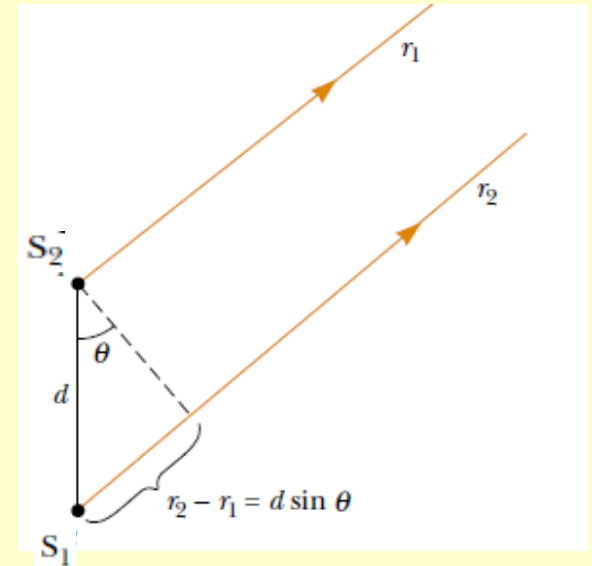
(c)

Estudiemos en forma cuantitativa este experimento



Suponemos que la luz incidente contiene sólo una longitud de onda λ . P es un punto arbitrario en la pantalla a distancia r_1 y r_2 de las aberturas angostas S_1 y S_2 .

Trazamos una línea desde S_2 hasta b de modo que las distancias PS_2 y Pb sean iguales. Si d (la distancia entre las rendijas) es mucho menor que D entonces S_2b es casi perpendicular tanto a r_1 como a r_2 . Esto significa que los ángulos S_1S_2b y PaO son casi iguales (ángulo θ en la figura), ver pizarra. Esto equivale a decir que r_1 , r_2 son casi paralelos.



Los dos rayos que salen de S1 y S2 están en fase en la aberturas pero llegarán a P con una diferencia de fase debido a que recorrieron distancias diferentes. El número de longitudes de onda contenidos en S1b determina la naturaleza de la interferencia en P.

Máximos:

Para tener un máximo en P, S1b debe contener un numero entero de longitudes de onda.

$$S_1 b = m \lambda \quad m = 0, 1, 2, 3, \dots,$$

Lo que podemos escribir como:

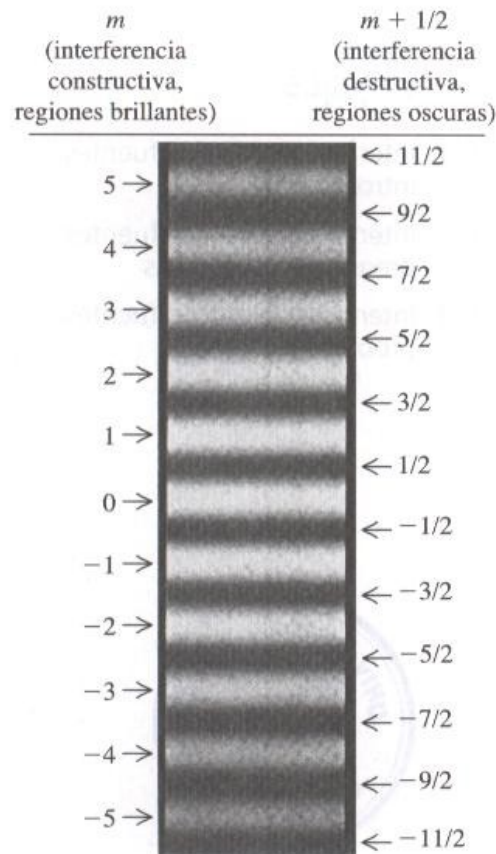
$$d \text{ Sen } \theta = m \lambda \quad m = 0, 1, 2, 3, \dots,$$

Notar que cada máximo arriba del punto O tiene un máximo simétricamente colocado debajo del punto O.

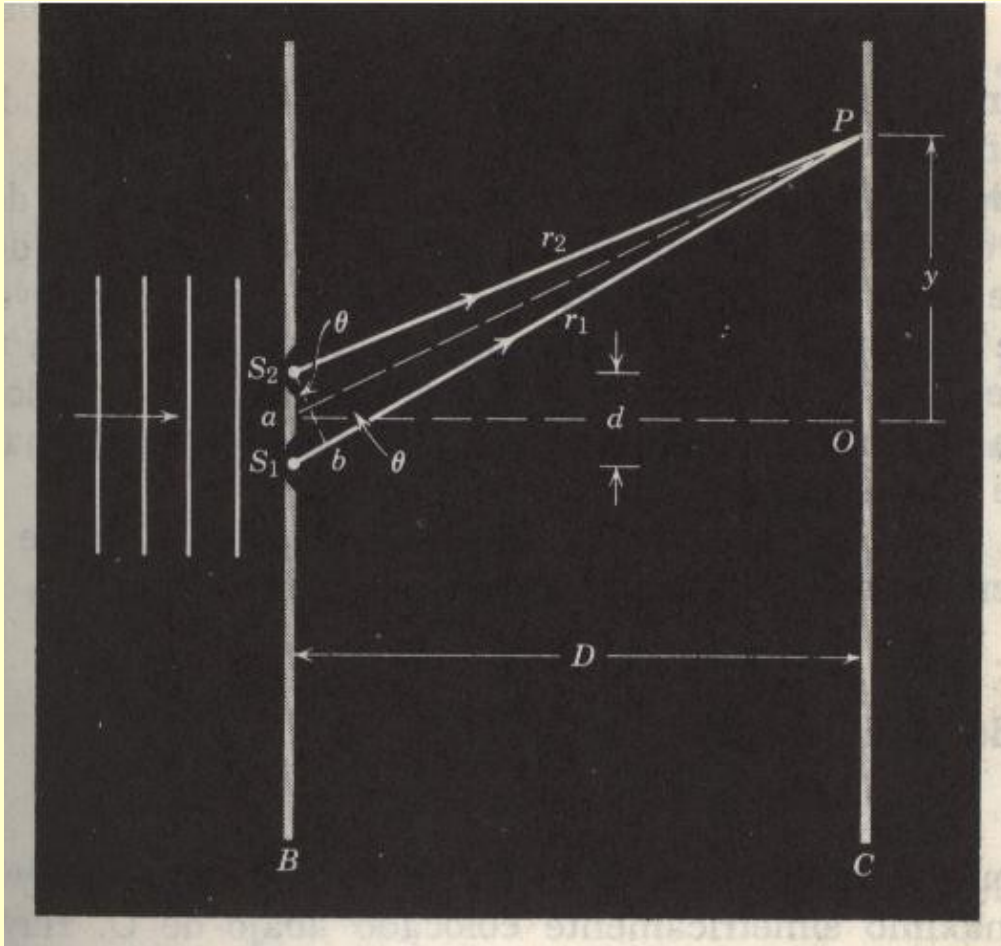
Mínimos

Para tener un mínimo en P, S2b debe contener un número semientero de longitudes de onda, luego tenemos que:

$$d \operatorname{Sen} \theta = \left(m - \frac{1}{2}\right) \lambda \quad m = 1, 2, 3, \dots,$$



Ubicación de los máximos y mínimos en la pantalla



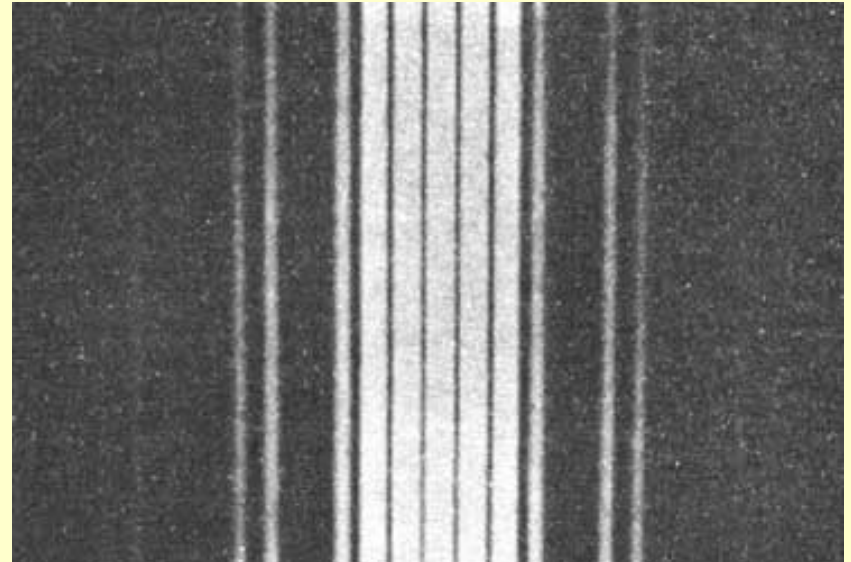
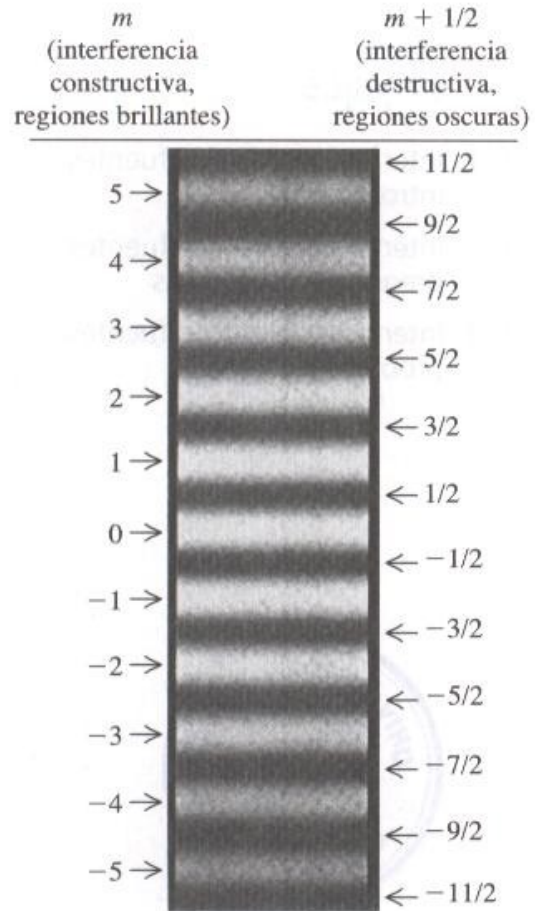
$$\text{Sen } \theta \approx \tan \theta \approx \theta$$

$$\tan \theta = \frac{y}{D}$$

Ubicación de los máximos:

$$y = m \frac{\lambda D}{d} \quad m = 0, 1, 2, 3, \dots,$$

Intensidad en el Experimento de Young



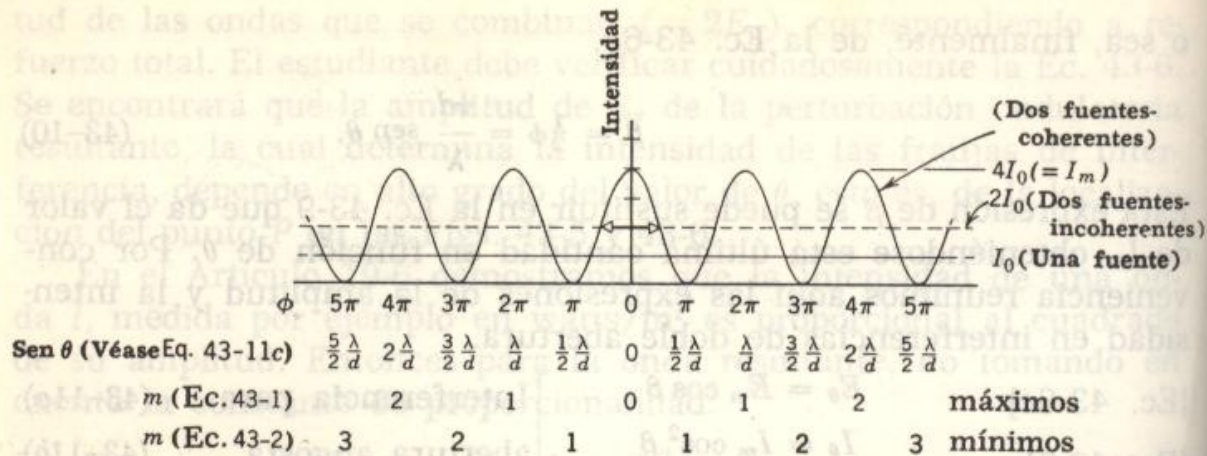
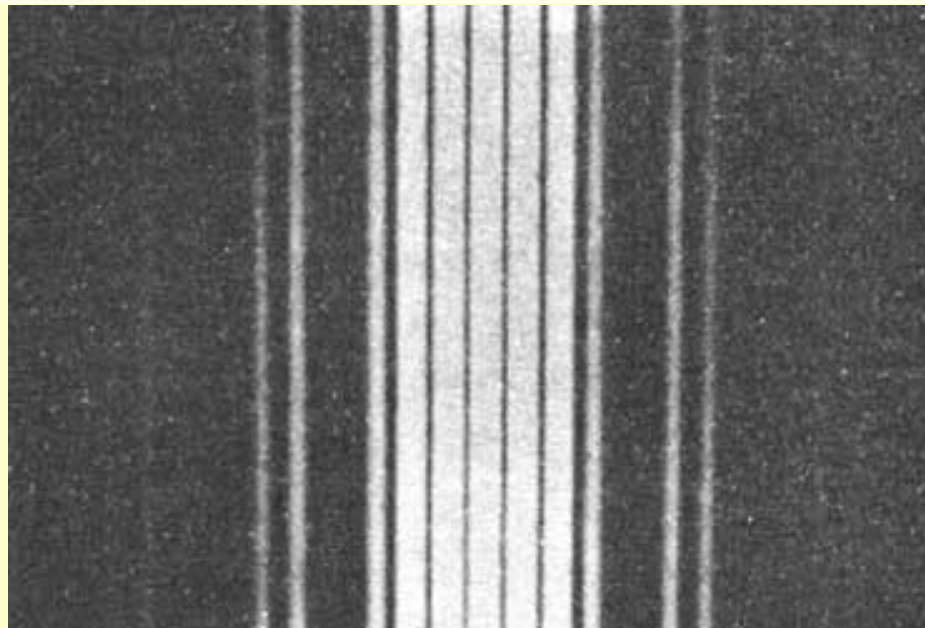


Fig. 43-9. El patrón de intensidad para interferencia de doble abertura. La flecha gruesa en el pico central representa el semiancho del pico. Esta figura se construyó suponiendo que las dos ondas que interfieren iluminan cada una de ellas la porción central de la pantalla uniformemente, esto es, que I_0 es independiente de la posición tal como se muestra



Se puede demostrar que la intensidad de la onda resultante en el punto P está dada por la siguiente función

$$I_{\theta} = (4 I_0) \text{Cos}^2 \beta$$

$$\beta = \frac{\pi d}{\lambda} \text{Sen } \theta$$

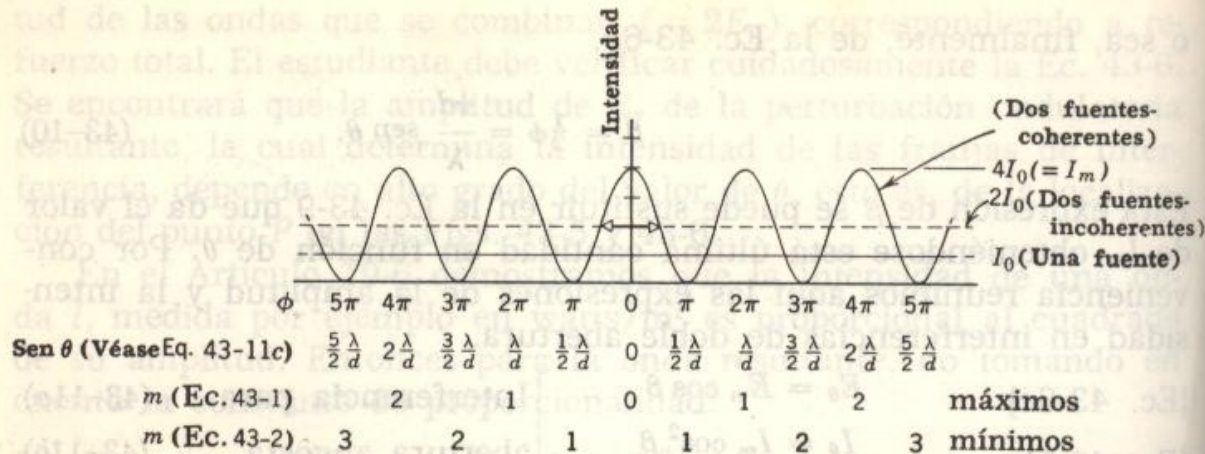
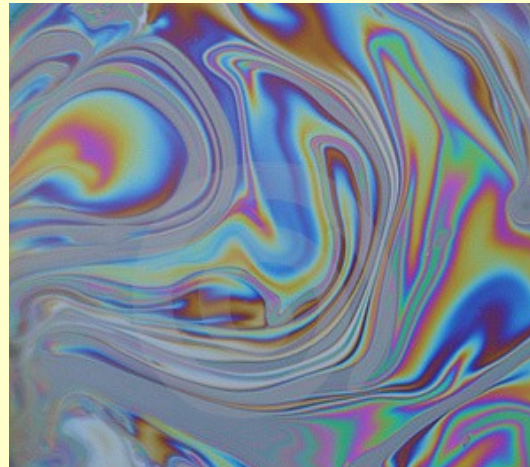
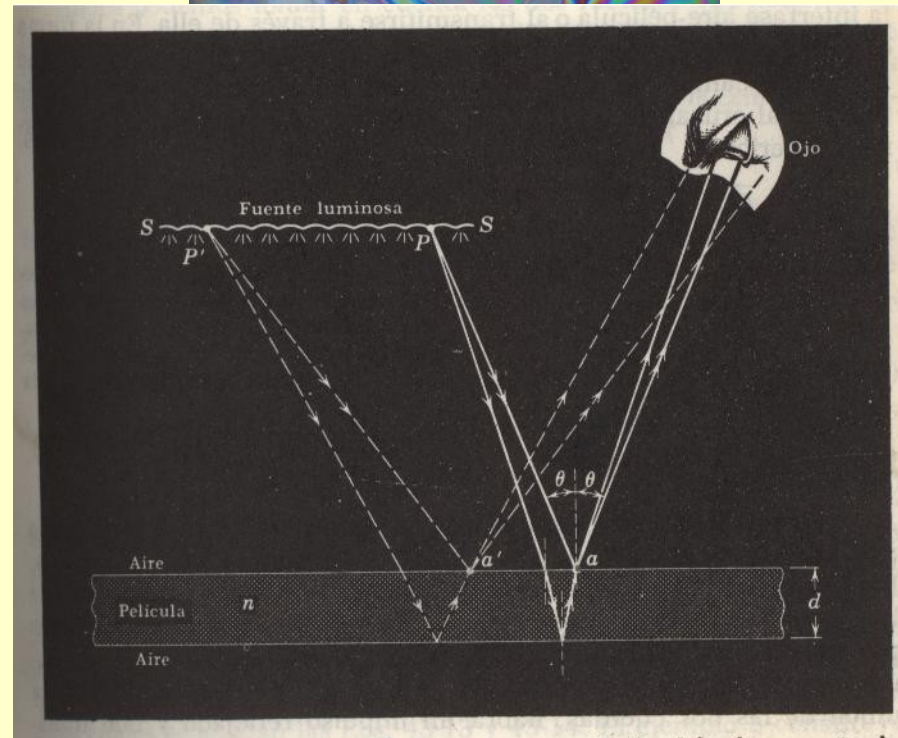


Fig. 43-9. El patrón de intensidad para interferencia de doble abertura. La flecha gruesa en el pico central representa el semiancho del pico. Esta figura se construyó suponiendo que las dos ondas que interfieren iluminan cada una de ellas la porción central de la pantalla uniformemente, esto es, que I_0 es independiente de la posición tal como se muestra

Interferencia en Películas Delgadas



$$\lambda_n = \frac{\lambda}{n}$$



Si la película tiene un índice de refracción mayor (o menor) que los índices de refracción de los medios que están a ambos lados tendremos interferencia constructiva si se satisface que:

$$2d = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda_n \quad m = 0, 1, 2, 3, \dots,$$

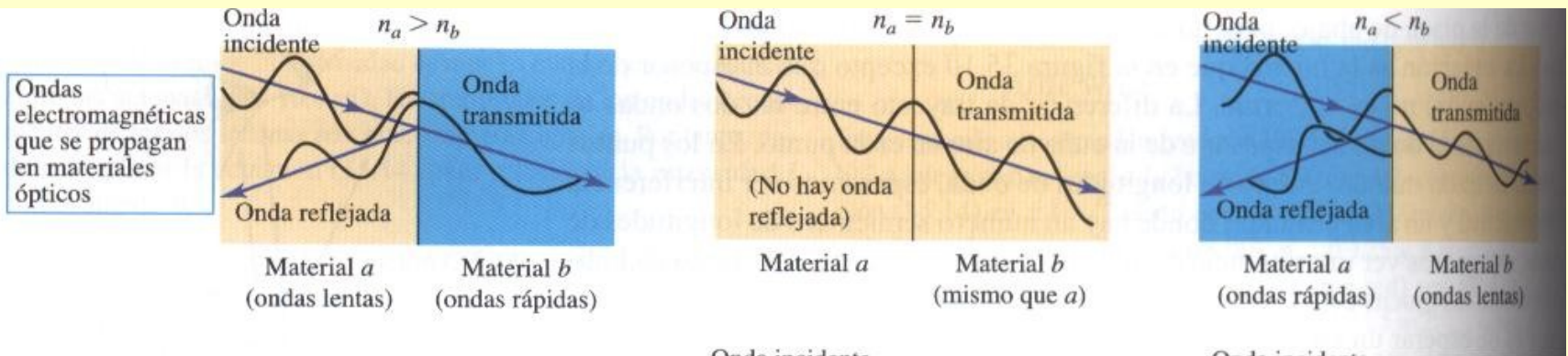
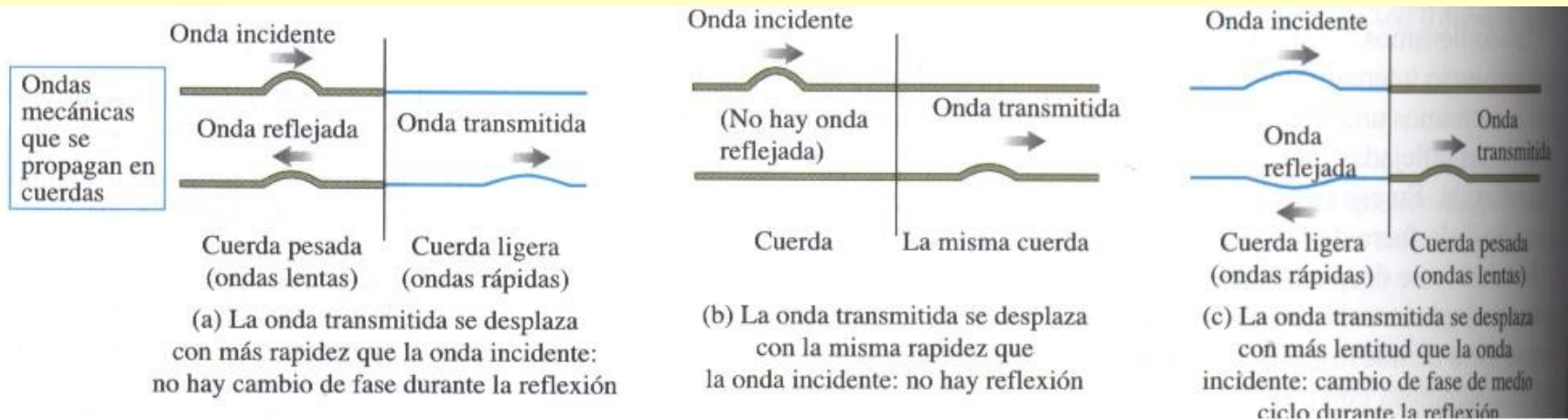
$$2dn = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda \quad m = 0, 1, 2, 3, \dots,$$

Estas formulas son válidas para incidencia normal

Interferencia destructiva

$$2dn = m\lambda \quad m = 0, 1, 2, 3, \dots,$$

Cambios de fase por reflexión



Fin