

ÓPTICA INTERFERENCIA Y DIFRACCIÓN

IES La Magdalena.
Avilés. Asturias

La interferencia entre dos ondas (la luz es una onda electromagnética) tiene lugar cuando ambas coinciden en una región del espacio al mismo tiempo. Cuando esto sucede se suman (principio de superposición) produciendo una onda resultante (ver apuntes de ondas). **El fenómeno de la interferencia es algo característico del movimiento ondulatorio.**

Si consideramos dos luces idénticas que interfieren se puede producir:

- **Interferencia constructiva.**

Las amplitudes de ambas ondas se suman: $A_{RES} = A + A = 2A$

Como la intensidad es proporcional al cuadrado de la amplitud, **la intensidad de la luz resultante (I_{RES}) de la interferencia tendrá una intensidad cuádruple que las luces que interfieren.** El resultado de la interferencia constructiva es, por tanto, luz mucho más intensa.

$$I_{RES} = (A_{RES})^2 = (2A)^2 = 4 A^2 = 4 I$$

Esto sucederá cuando la diferencia en fase valga:

$$\Delta\phi = 2n \pi \quad (n = 0, 1, 2, \dots)$$

Como:

$$\Delta\phi = k \Delta x = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta x$$

$$\frac{2\pi}{\lambda} \Delta x = 2 n \pi$$

$$\boxed{\Delta x = n \lambda}$$

Dos luces idénticas interferirán constructivamente si llegan a un punto con una "diferencia en marcha" (diferencia en el espacio recorrido) igual a un múltiplo entero de longitudes de onda.

- **Interferencia destructiva.**

Las amplitudes de ambas ondas se restan : $A_{RES} = A - A = 0$

El resultado de la interferencia destructiva es la extinción de la luz, observándose una zona oscura.

Esto sucederá cuando la diferencia en fase valga:

$$\Delta\phi = (2n + 1) \pi \quad (n = 0, 1, 2, \dots)$$

$$\Delta\phi = k \Delta x = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta x$$

$$\frac{2\pi}{\lambda} \Delta x = (2 n + 1) \pi$$

$$\boxed{\Delta x = (2 n + 1) \frac{\lambda}{2}}$$

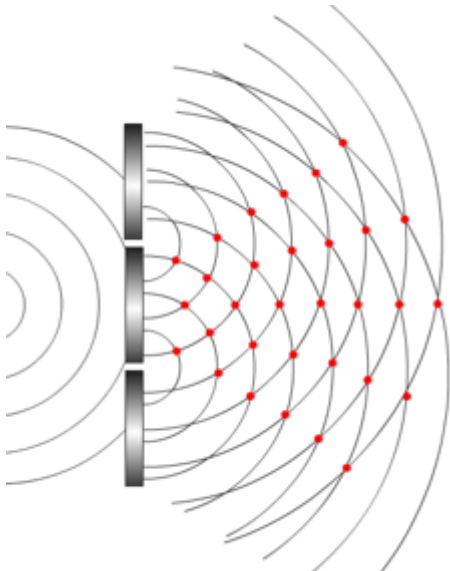
Dos luces idénticas interferirán destructivamente si llegan a un punto con una "diferencia en marcha" (diferencia en el espacio recorrido) igual a un número impar de semilongitudes de onda.

De lo dicho anteriormente se deduce que la interferencia de dos luces idénticas (igual longitud de onda y amplitud) debería de producir zonas de elevada intensidad y zonas oscuras.

En 1801 **Thomas Young** (1773-1829) diseñó una experiencia mediante la cual se pudo comprobar el desarrollo teórico expuesto. La experiencia, conocida con el nombre de **experimento de la doble rendija**, permitió obtener el patrón de interferencia de dos focos de luz idénticos. La luz, por tanto, se comportaba como una onda.

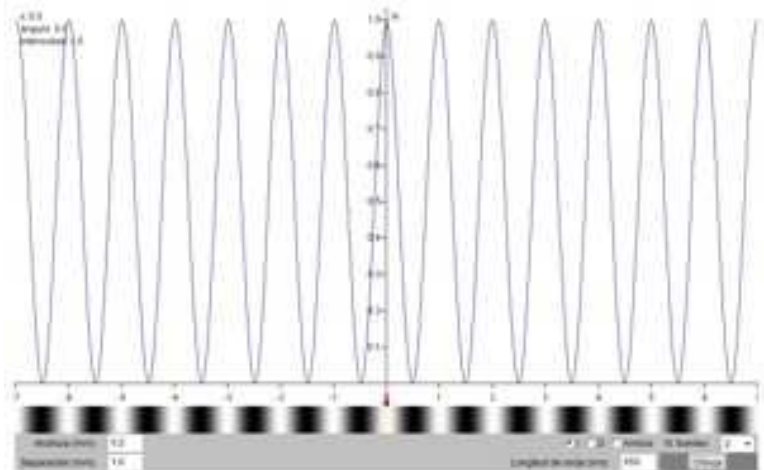
Debajo, y a la izquierda, se muestra un esquema del experimento de la doble rendija de Young.

La luz llega a dos rendijas muy estrechas y próximas y cada rendija se convierte en un foco secundario de ondas idénticas que interfieren formando un patrón de luz - oscuridad. Con puntos se señalan en el dibujo las zonas en las que existe interferencia constructiva (luz intensa). Entre ellas se sitúan las zonas en las que tiene lugar una interferencia destructiva (oscuridad). A la derecha se muestra una captura de pantalla en la que se muestra la distribución de los máximos y mínimos de intensidad debidos a la interferencia. En la parte inferior de esa figura se puede ver la distribución de zonas iluminadas (color gris) y oscuras (color negro) resultado de la interferencia de ambas ondas.



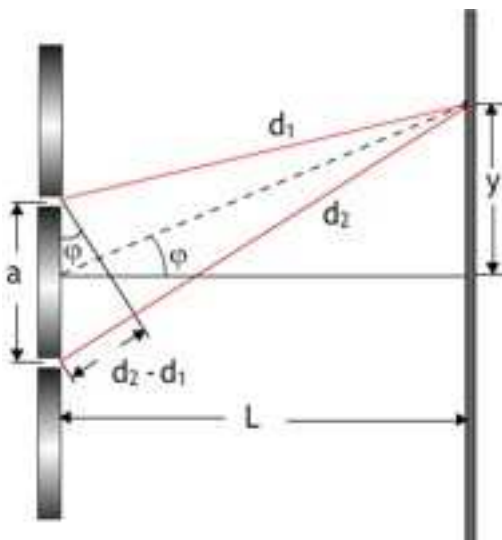
Esquema del experimento de la doble rendija de Young

Las dos rendijas se convierten en focos secundarios de ondas idénticas que interfieren.



Distribución de los máximos y mínimos de intensidad debidos a la interferencia en el experimento de la doble rendija.

(De la web **Física con ordenador** de **Ángel Franco** <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/ondas/redes/redes.htm>)



La interferencia se produce debido a la diferente distancia recorrida por las ondas procedentes de ambas rendijas.

Se obtendrá **interferencia constructiva (luz intensa)** si la diferencia de caminos de la luz procedente de ambas rendijas es igual a un número entero de longitudes de onda:

$$d_2 - d_1 = a \sin \varphi = n \lambda$$

Si suponemos que el ángulo es pequeño (pantalla alejada de las rendijas) se puede considerar que el seno y la tangente son iguales, entonces:

$$d_2 - d_1 = a \sin \varphi = a \operatorname{tg} \varphi = a \frac{y}{L} = n \lambda$$

$$y_{\text{luz}} = n \frac{\lambda L}{a}$$

Ampliación

Procediendo de forma análoga se obtiene la situación de las zonas de **interferencia destructiva (zonas oscuras)** :

$$d_2 - d_1 = a \sin \varphi = a \operatorname{tg} \varphi = a \frac{y}{L} = (2n + 1) \frac{\lambda}{2}$$

$$y_{\text{osc}} = (2n + 1) \frac{\lambda L}{2 a}$$

Difracción

La difracción de las ondas luminosas tiene lugar cuando se encuentran en su camino un obstáculo, por ejemplo un orificio, cuyas dimensiones son del orden de la longitud de onda de la luz que se propaga. La difracción de la luz, por tanto, solamente es apreciable para pequeños objetos.

El estudio matemático del fenómeno de la difracción fue llevado a cabo por **Agustin Fresnel** (1788 1827)

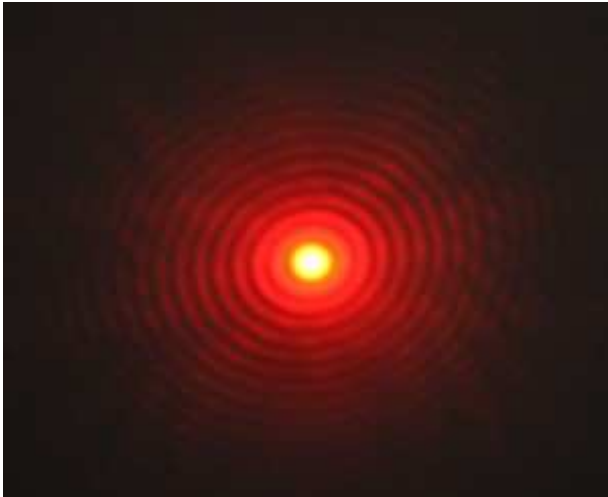


Figura de difracción producida por un agujero de pequeño tamaño al incidir sobre él un láser de He-Ne (luz roja de 633 nm).

Se observa claramente una gran intensidad en el centro y círculos brillantes y oscuros dispuestos de forma alternativa.

Las zonas de interferencia constructiva tienen una intensidad decreciente a medida que nos alejamos del punto central, que presenta una anchura máxima.

En el experimento de la doble rendija se superpone la interferencia con la difracción, de forma que la figura de interferencia se dice que queda *modulada* por la difracción. En lugar de obtenerse la distribución teórica de máximos y mínimos igualmente espaciados y con idéntica intensidad, se obtiene un máximo central muy brillante y a continuación zonas de sombra y luz que disminuyen su intensidad de acuerdo con el patrón de difracción correspondiente.

Consideremos una orificio de pequeñas dimensiones (como el que resulta de pinchar un cartón con un alfiler). Si hacemos incidir sobre él un láser, según el principio de Huygens todos los puntos del orificio se convierten en fuentes secundarias de ondas que interferirán entre ellas dando zonas de elevada intensidad (interferencia constructiva) y zonas oscuras (interferencia destructiva). **La difracción, por tanto, es debida a la interferencia producida por un número muy elevado de fuentes.**



Figura de difracción obtenida haciendo incidir un punto de láser rojo sobre **una rendija** estrecha.

Se pueden observar las zonas de interferencia constructiva y destructiva y el máximo central, mucho más ancho y brillante.



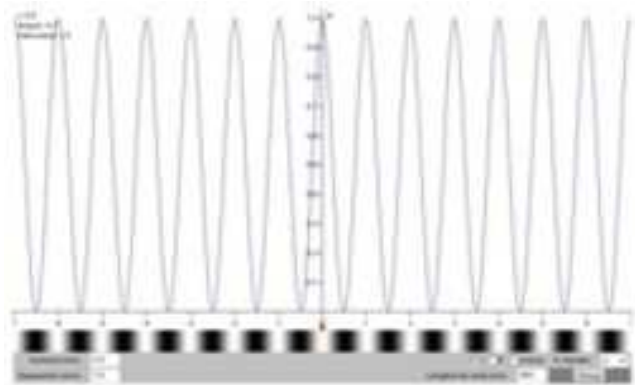
Difracción obtenida haciendo incidir un punto de láser sobre una **doble rendija**

La figura de interferencia queda modulada por la difracción.

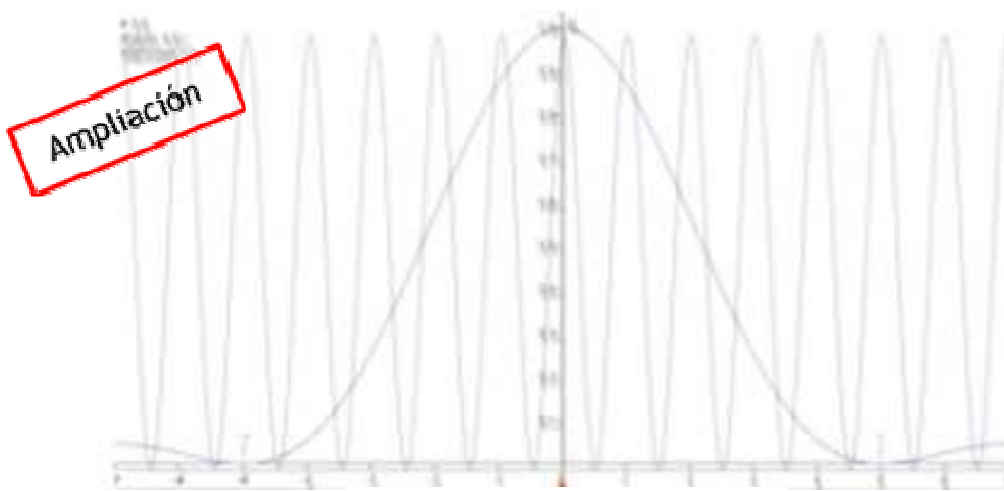
En las zonas brillantes (difracción) pueden observarse líneas verticales luminosas y oscuras de forma alternada debido a la interferencia.



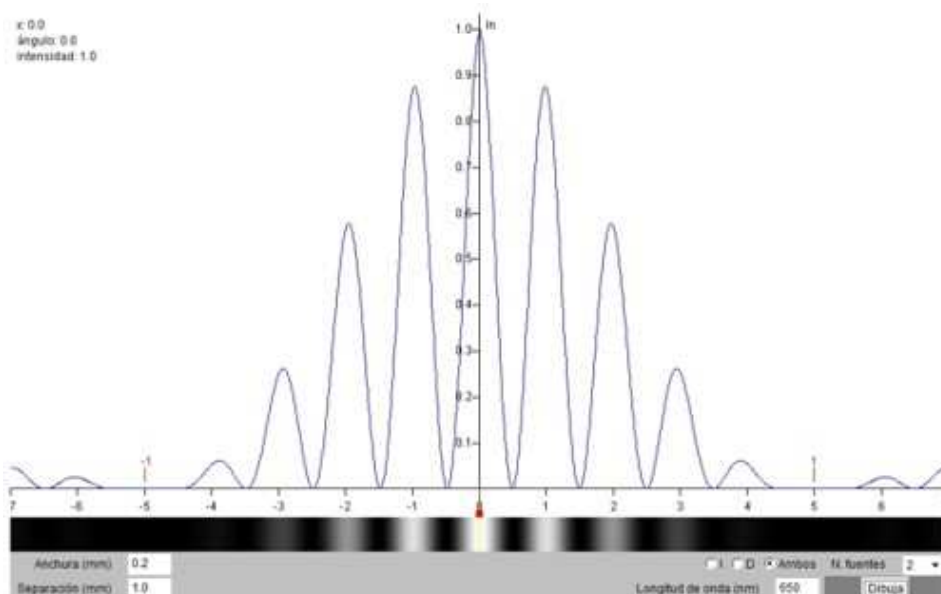
Distribución de los máximos y mínimos de intensidad debidos a la **difracción** en el experimento de la doble rendija.



Distribución de los máximos y mínimos de intensidad debidos a la **interferencia** en el experimento de la doble rendija.



Superposición de ambas gráficas



Resultado final

Los máximos y mínimos de la interferencia resultan modulados por la difracción

Capturas de pantalla de la web **Física con ordenador** de **Ángel Franco**
(<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/ondas/redes/redes.htm>)