

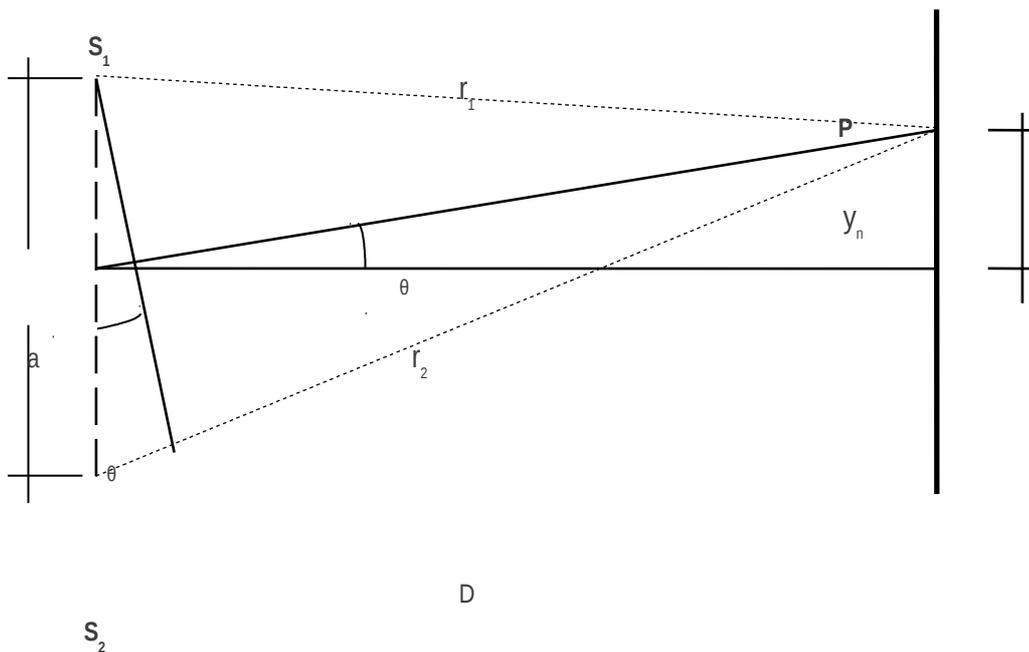
INTERFERENCIA-EXPERIENCIA DE YOUNG

La luz, y en general de todo movimiento ondulatorio, cumple con el principio de superposición. Esto es: En cualquier punto del espacio donde dos o mas perturbaciones inciden en un instante dado, la perturbación resultante es la suma de aquellas. Esto da lugar al fenómeno de interferencia.

Supóngase dos fuentes S_1 y S_2 que emiten ondas esféricas coherentes (con igual frecuencia y manteniendo una diferencia constante de fase):

$$\Psi_1(\mathbf{r}_1, t) = \frac{A}{r_1} \text{sen}(\mathbf{k} \cdot \mathbf{r}_1 - \omega t)$$

$$\Psi_2(\mathbf{r}_2, t) = \frac{A}{r_2} \text{sen}(\mathbf{k} \cdot \mathbf{r}_2 - \omega t)$$



En el punto P la resultante es la suma de las dos ondas:

$$\Psi(\mathbf{P}, t) = \Psi_1(\mathbf{k} \cdot \mathbf{r}_1 - \omega t) + \Psi_2(\mathbf{k} \cdot \mathbf{r}_2 - \omega t)$$

$$\Psi(\mathbf{P}, t) = \frac{A}{r_1} \text{sen}(\mathbf{k} \cdot \mathbf{r}_1 - \omega t) + \frac{A}{r_2} \text{sen}(\mathbf{k} \cdot \mathbf{r}_2 - \omega t)$$

S_2

Si el punto P está lo suficientemente alejado de las fuentes (r_1 y r_2 grandes respecto a la separación entre las fuentes, en la figura no se cumple ya que la distancia a está exagerada para mayor claridad), las amplitudes de las ondas incidentes son prácticamente iguales y por lo tanto:

$$\Psi(\mathbf{P}, t) = \frac{A}{r} [\text{sen}(\mathbf{k} \cdot \mathbf{r}_1 - \omega t) + \text{sen}(\mathbf{k} \cdot \mathbf{r}_2 - \omega t)]$$

Obsérvese que se reemplazo $r_1 = r_2 = r$ en el denominador de la amplitud pero no en el argumento de las funciones. Esto es porque el modulo del vector de propagación es grande y por lo tanto la diferencia entre r_1 y r_2 se hace notoria al estar multiplicada por ese valor (es precisamente esa diferencia las que nos da la interferencia)

$$\Psi(\mathbf{P},t) = \frac{2A}{r} [\text{sen}(\frac{1}{2})(kr_1 - \omega t + kr_2 - \omega t) \cos(\frac{1}{2})(kr_1 - \omega t - kr_2 + \omega t)]$$

$$\Psi(\mathbf{P},t) = \frac{2A}{r} [\text{sen}(\frac{kr_1 + kr_2}{2} - \omega t) \cos(\frac{1}{2})(kr_1 - kr_2)]$$

Llamando δ a la diferencia de fase $k(r_1 - r_2)$:

$$\delta = kr_1 - kr_2 = \frac{2\pi}{\lambda} (r_1 - r_2)$$

vemos que tenemos una onda resultante de la misma frecuencia que las incidentes pero su amplitud queda determinada por $\cos \frac{1}{2} \delta$

Siendo la intensidad proporcional al cuadrado de la amplitud:

$$I(\mathbf{P}) = 4 A^2(P) \cos^2 \delta/2$$

y como la intensidad de cada onda en el punto P es $I_1 = I_2 = A^2(P)$, el valor máximo de $I(\mathbf{P})$ es cuatro veces la intensidad de las ondas que se superponen.

Nos interesa analizar dos casos extremos: a) cuando la diferencia de fase es un múltiplo entero de 2π y b) cuando es un múltiplo impar de π :

a) En este caso las ondas se suman en fase y la resultante es una onda de amplitud suma y de intensidad $I(\mathbf{P}) = 4I_1 = 4I_2$. Corresponde a una diferencia de caminos igual a un múltiplo entero de λ . Llamamos a esta situación **interferencia constructiva**.

b) En este caso las ondas se suman en contrafase y la amplitud resultante es nula. No existe onda resultante y llamamos a esta situación **interferencia destructiva**.

Si las dos ondas fueran de amplitud diferente, se demuestra que:

$$I(\mathbf{P}) = A_1^2 + A_2^2 + 2 A_1 A_2 \cos \delta = I_1 + I_2 + 2 (I_1 I_2)^{1/2} \cos \delta$$

Si ubicamos una pantalla paralela a la recta que une las fuentes, y dependiendo de la posición del punto P sobre aquella, tendremos franjas brillantes y oscuras correspondientes a las dos situaciones extremas descritas (entre ellas la intensidad varia gradualmente). Si tomamos la franja brillante de **orden n** separada del eje del sistema una distancia y_n y considerando que es pequeña respecto a D (θ aproximadamente igual a $\text{sen } \theta$ y $\text{tg } \theta$), se cumple:

$$\frac{n \lambda}{a} = \frac{y_n}{D}$$

Thomas Young (1773-1829) realizo la experiencia en 1801 con luz solar y determino la longitud de onda promedio (por ser policromatica) usando como fuentes **coherentes** dos ranuras en una pantalla opaca. Cuando se trabaja con luz, como los trenes de pulsos (fotones) cambian aleatoriamente de fase, las dos ondas deben provenir de una misma onda original mediante la **división del frente de onda** o la **división de amplitud**.

Como practica de laboratorio determinaremos, con el mismo método seguido por Young, la longitud de onda de un láser de He-Ne y compararemos el resultado con el valor convencional.