

Trabajo Práctico N° 3 Coherencia Espacial y Temporal

1. La detección de la luz es un proceso de promediado en el espacio y en el tiempo. Previamente, en el curso cuando se derivó la ecuación de interferencia

$$I(x, y, z) = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \Delta\phi(x, y, z)$$

no se promedió en el tiempo porque se asumió tácitamente que la diferencia de fase $\Delta\phi$ era constante en el tiempo. Es decir, se supuso que las dos ondas que interfieren tienen una única frecuencia. Físicamente, este tipo de ondas no existe. Sin embargo, se puede imaginar que la luz emitida por fuentes reales consiste en trenes de onda sinusoidales de longitud finita con diferencias de fase aleatorias entre los trenes individuales.

Así, cuando interfieren ondas reales, el contraste de las franjas puede verse más o menos reducido de acuerdo al grado de coherencia entre las ondas que interfieren. Para estos casos, la ecuación de interferencia se puede expresar:

$$I(x, y, z) = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} |\gamma(\tau)| \cos \Delta\phi(x, y, z)$$

Con $|\gamma(\tau)|$ el módulo de $\gamma(\tau)$, una función que mide la habilidad de dos ondas para interferir, denominada grado de coherencia.

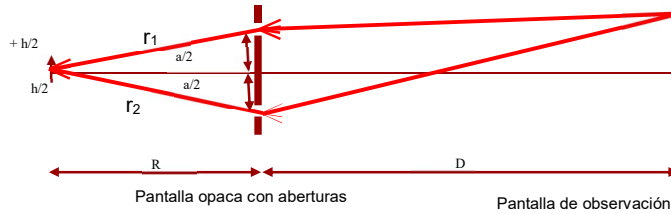
La visibilidad o contraste usualmente se define:

$$V = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} \quad (1)$$

Mostrar que el contraste de un patrón de interferencia (medido según la ec. 1) nos da una medida del grado de coherencia de la fuente luminosa. ¿Qué sucede cuando $I_1 = I_2$?

2. Teniendo en cuenta que la longitud de coherencia de un tren de ondas L_c está relacionada con el ancho de banda $\Delta\nu$ mediante $L_c = \frac{c}{\Delta\nu}$, derive una expresión para L_c en términos de su ancho de línea $\Delta\lambda_0$.
3. Calcule el ancho de banda $\Delta\nu$ de la luz visible y calcule el tiempo de coherencia y la longitud de coherencia L_c .
4. Considere un fotón en la región visible del espectro, emitido durante una transición atómica de unos 10^{-8} segundos.
 - a) ¿Cuán largo es el paquete de ondas?
 - b) Si la longitud de onda media del paquete es $\bar{\lambda}_0 = 500nm$. Estime el ancho de línea $\Delta\lambda$ del paquete y determine la pureza espectral $\Delta\lambda/\lambda_0$.
5. Imagine que cortamos un haz láser continuo (suponiendo que sea monocromático $\lambda_0 = 632.8nm$) en pulsos de $0.1ns$ usando algún tipo de obturador. Calcule el ancho de línea resultante $\Delta\lambda$, el ancho de banda $\Delta\nu$ y la longitud de coherencia L_c .
6. Un interferómetro de Michelson es iluminado con luz roja de cadmio de una longitud de onda media de $643.847nm$ y un ancho de línea de $0.0013nm$. Inicialmente la diferencia de l.c.o entre los dos brazos es cero. Luego, uno de los espejos es movido lentamente hasta que las franjas desaparecen.
 - a) ¿Cuánto debe moverse el espejo para que esto suceda?
 - b) ¿A cuántas longitudes de onda corresponde este movimiento?
 - c) Repita los incisos a) y b) si la fuente de cadmio es reemplazada por un láser de He-Ne ($\lambda_0 = 632.8nm$) con una estabilidad de frecuencia $\Delta\nu/\nu$ de 2 partes por 10^{10} .
7. Un interferómetro de Mach-Zehnder se ilumina con una fuente de longitud de onda de $500nm$. Se coloca en uno de los brazos un film transparente de índice refracción 1.20. Si el ancho de la línea espectral de la fuente que se utiliza en este experimento es $2 \times 10^{-2}nm$.
 - a) ¿Cuál es la mayor diferencia de camino óptico permitida para que la fuente produzca franjas de interferencia claramente visibles?
 - b) ¿Cuál es el espesor máximo que puede tener el film sin que las franjas pierdan visibilidad?

8. En el experimento de Young, las franjas de interferencia se observan en la pantalla de observación si se cumple que para cada punto de la fuente de luz extensa, $r_2 - r_1 < \lambda/2$. ¿Por qué?



- a) Demuestre que para que ello ocurra la distancia de separación entre las dos rendijas debe valer como máximo $a_k = \lambda R/h$, con a_k la longitud de coherencia espacial.
- b) Suponga una fuente de longitud de onda $\lambda = 600 \text{ nm}$ ubicada a 1 m de la pantalla con la doble rendija. Si la fuente tiene una dimensión $h = 5 \text{ cm}$. ¿Cuál es la máxima separación posible entre las rendijas para que sea posible visualizar franjas de interferencia?
- c) Repita el cálculo, si ahora diafragmamos la fuente de modo que $h = 0.5 \text{ cm}$.
9. Considere el experimento de Young esquematizado en la figura. Suponga que la longitud de onda de la luz es 600 nm y que todas las rendijas tienen un ancho $S_0 = S_1 = S_2 = 0,2 \text{ mm}$, que la separación de las rendijas es 2 mm y que $L_1 = 3 \text{ m}$. ¿Cuán grande debe ser L_0 para que sobre la pantalla se observe un diagrama de interferencia bien definido?

