

Basado en los trabajos de Liu et al. (2001) y Redding et al. (2011)

Thursday 18th September, 2025

1 Ejercicio 1

Un grupo de estudiantes de física está replicando el experimento de Liu et al. (2001) con un láser de rayos X blandos de Ne-like Ar. Han logrado construir un capilar de 36 cm de longitud y han colocado una máscara con dos rendijas (en lugar de pinholes) a 40 cm de la salida del capilar. La separación entre las rendijas es de $200\text{ }\mu\text{m}$. Planean registrar el patrón de interferencia en una pantalla CCD ubicada a 300 cm de la máscara.

1.1 Preguntas

1. Según el trabajo de Liu et al., ¿qué tipo de patrón de interferencia deberían esperar ver los estudiantes en su pantalla CCD? Describa la visibilidad de las franjas que se esperaría. (No es necesario un cálculo exacto, sino una descripción cualitativa basada en los resultados del paper).
2. Uno de los estudiantes, un poco distraído, reduce la longitud del capilar a 18 cm sin decírselo a sus compañeros. ¿Cómo cambiará el patrón de interferencia observado? ¿Será más fácil o más difícil observar las franjas? Justifique su respuesta basándose en la Figura 2 del artículo de Liu et al.
3. **Desafío ingenioso:** El equipo nota que, incluso con el capilar de 36 cm, el contraste de las franjas no es perfecto. Inspirados por el trabajo de Redding et al. (2011) sobre láseres aleatorios, un estudiante sugiere en broma que quizás su láser de rayos X se ha vuelto “un poco aleatorio”. Aunque la física es muy diferente, explique conceptualmente por qué un aumento en la “aleatoriedad” o una disminución en la coherencia espacial (como se observa en los láseres aleatorios al aumentar el área de bombeo) podría llevar a una disminución en la visibilidad de las franjas en su experimento de doble rendija. Relacione esto con la idea de que múltiples modos de láser no correlacionados contribuyen a la emisión.

2 Ejercicio 2: El enigma del láser aleatorio

Un equipo de investigación está experimentando con un láser aleatorio similar al descrito por Redding et al. (2011). Utilizan una solución de Rodamina 640 en diethylene glycol (DEG) con esferas de poliestireno. Planean realizar un experimento de doble rendija para medir la coherencia espacial de la emisión láser.

2.1 Preguntas

1. En su primer experimento, utilizan una concentración de esferas de poliestireno que resulta en un camino libre medio de scattering (l_s) de $500\ \mu\text{m}$ y un diámetro del punto de bombeo de $215\ \mu\text{m}$. Basándose en la Figura 1 del artículo de Redding et al., ¿esperaría que la coherencia espacial sea alta o baja? ¿Qué forma tiene el volumen de excitación y cómo influye esto en la coherencia?
2. El equipo decide aumentar el diámetro del punto de bombeo a $800\ \mu\text{m}$, manteniendo el mismo camino libre medio de scattering. ¿Cómo afectará este cambio a la coherencia espacial de la emisión láser? Utilice la Figura 2 del artículo de Redding et al. para justificar su respuesta.
3. **Desafío ingenioso:** Otro equipo de investigación, que trabaja en un laboratorio vecino, está utilizando un láser de He-Ne espacialmente coherente que dispersan a través de la misma solución de láser aleatorio. Argumentan que, dado que su láser inicial es perfectamente coherente, la luz dispersada también debería serlo. Basándose en la descripción del experimento de control en el artículo de Redding et al., explique por qué este no es el caso. ¿Qué tipo de patrón de interferencia observarían y por qué es diferente del caso en el que el medio mismo está laseando?

3 Ejercicio 3: Coherencia y Brillo

Este ejercicio conecta los conceptos de coherencia espacial y brillo de la fuente, utilizando ideas de ambos artículos.

3.1 Preguntas

1. En el artículo de Liu et al., se menciona que el láser de rayos X blandos tiene un brillo espectral extremadamente alto, en parte debido a su alta coherencia espacial. Explique conceptualmente por qué una fuente de luz con alta coherencia espacial puede ser enfocada a un punto mucho más pequeño y, por lo tanto, alcanzar un brillo mayor que una fuente incoherente de la misma potencia.
2. El artículo de Redding et al. sugiere que los láseres aleatorios podrían ser útiles para aplicaciones donde el “speckle” es un problema. El speckle es el patrón de granos de alta y baja intensidad que se forma cuando una luz coherente se dispersa en una superficie rugosa. ¿Por qué un láser aleatorio con baja coherencia espacial, como el que se obtiene con un área de bombeo grande, sería bueno para reducir el speckle en una imagen?

*Nota: El speckle es un patrón de interferencia granular que se produce cuando una luz **coherente** se dispersa en una superficie ópticamente rugosa. Cada punto de la superficie rugosa actúa como una fuente secundaria de luz, y las ondas de todas estas fuentes interfieren constructiva y destructivamente en el plano de observación, creando un patrón de puntos brillantes y oscuros.*

3. **Desafío ingenioso:** Imagine que tiene dos fuentes de luz de la misma potencia y longitud de onda. Una es el láser de rayos X blandos de $36\ \text{cm}$ de Liu et al., y la otra es el láser aleatorio de Redding et al. con $l_s = 50\ \mu\text{m}$ y un área de bombeo grande.

Ambas fuentes iluminan una doble rendija. ¿Cuál de las dos fuentes producirá un patrón de interferencia con mayor visibilidad? Ahora, si en lugar de una doble rendija, utiliza ambas fuentes para iluminar una muestra biológica para microscopía, ¿cuál de las dos fuentes sería más propensa a producir artefactos de “speckle” en la imagen? Justifique sus respuestas vinculando los conceptos de coherencia, interferencia y speckle.

4 Ensanchamiento

- (a) Estimar el ensanchamiento Doppler para un láser de CO_2 que emite a 10600 nm. La celda con las moléculas de CO_2 se encuentra a una temperatura de 300 K. ¿Cuál es la longitud de coherencia del láser? Si la frecuencia de este láser se estabiliza con una precisión de $\pm 1 MHz$, ¿cuál será el nuevo valor de la longitud de coherencia? También determine el ancho de línea (en nm) del láser en los dos casos.
- (b) Considere una celda de vapor de sodio a $T = 500 K$. Calcule el ensanchamiento Doppler generado a baja presión para la línea D1 del sodio ($\lambda = 589,1 nm$), que corresponde a la transición entre el nivel $3P_{3/2}$ ($\tau = 16 ns$) y el nivel fundamental $3S_{1/2}$. Compare con el ensanchamiento natural. ¿Cuál es el predominante?