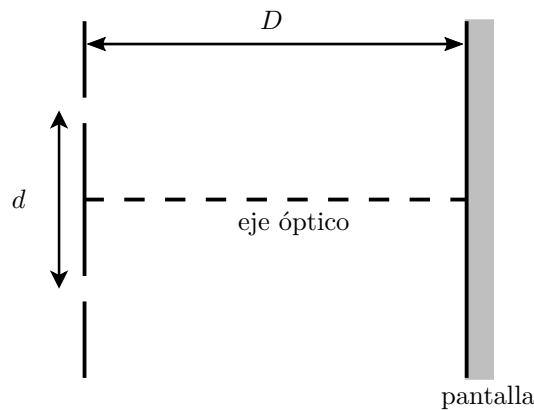


Física 2

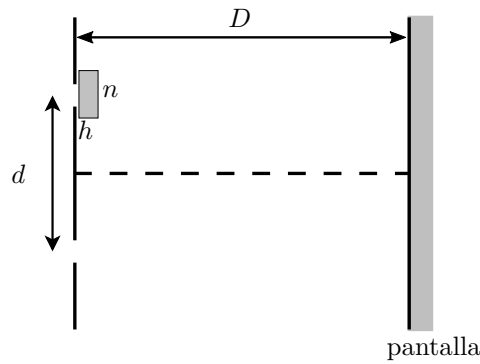
Segundo cuatrimestre de 2019

Guía 8: Interferencia

- 1 Dos ondas planas monocromáticas de igual frecuencia se propagan formando un ángulo α entre sus vectores de onda. Calcule la intensidad media en una pantalla perpendicular a la bisectriz entre ambos vectores de onda. ¿Cuál es la interfranja entre máximos del patrón de interferencia?
- 2 Resuelva el problema anterior si las dos ondas son de frecuencia ligeramente diferentes. Muestre que la figura de interferencia viaja a lo largo del plano y determine a que velocidad se mueve. Si se desea fotografiar la figura de interferencia, ¿qué relación debe haber entre el tiempo de obturación y la diferencia entre ambas frecuencias? Si para este experimento se utilizan dos láseres distintos, ¿qué longitud de coherencia deben tener como mínimo? ¿Con cuántas cifras debe estar definida la frecuencia para un caso típico de luz visible?
- 3 Considere el experimento de Young, en el cual incide una onda plana normalmente sobre dos ranuras (puntuales) separadas entre sí una distancia d y se mira el patrón de interferencia sobre una pantalla paralela a las ranuras y ubicada a una distancia D de ellas.



- (a) Calcule y grafique la intensidad en un punto a altura y de la pantalla suponiendo que esta se encuentra muy lejos ($D \gg y$, $D \gg d$). En particular, calcule la interfranja y el contraste del patrón de interferencia.
 - (b) Discuta cómo podría realizar la aproximación de pantalla muy lejana del ítem anterior utilizando una lente. ¿Qué tipo de lente utilizaría y dónde la colocaría? ¿Qué distancia tiene que usar ahora en lugar de D para los resultados del ítem anterior?
 - (c) Suponga que el experimento de Young se realiza utilizando como fuente de luz un láser de He-Ne ($\lambda = 632.8 \text{ nm}$) con dos ranuras separadas una distancia 2 mm y con la pantalla a distancia 4 m . Calcule en tal caso la interfranja.
 - (d) Suponga ahora que incide con una fuente policromática (por ejemplo con luz blanca). Describa ahora qué vería en la pantalla.
 - (e) Suponga que se quiere realizar un experimento de Young con una fuente puntual que se coloca sobre el eje óptico. ¿Cómo podría hacer para obtener una onda plana que incide normalmente sobre las dos ranuras?
 - (f) Suponga que la onda plana que incide sobre las ranuras no incide ahora con un \mathbf{k} perpendicular a ellas, sino que con un \mathbf{k} que forma un ángulo θ con el eje óptico. ¿Cómo cambia en tal caso el patrón de interferencia en la pantalla? En particular, interprete la dirección de corrimiento del máximo de orden 0. Análogamente, suponga que la fuente puntual del ítem anterior se corre una distancia h por encima del eje óptico. Discuta cómo cambia el patrón de interferencia.
- 4 Considere un experimento de Young en el cual se coloca luego de una de las dos ranuras una lámina muy delgada de un medio de índice n y espesor h . Considere que h es muy pequeña.



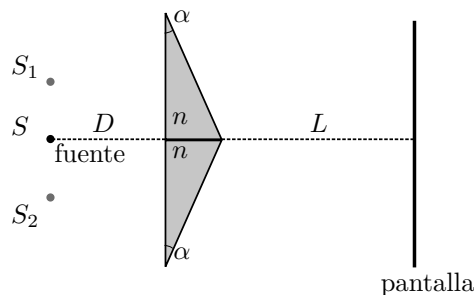
- (a) Calcule el patrón de interferencia en la pantalla. ¿Cómo cambia respecto de un experimento de Young ordinario? Interprete la dirección de corrimiento del máximo de orden 0.
- (b) Suponga que se realiza este experimento utilizando como fuente un láser de He-Ne ($\lambda = 632.8 \text{ nm}$) con dos ranuras separadas una distancia 2 mm y con la pantalla a una distancia 4 m. Suponga además que se conoce que el índice de refracción del material de la lámina para esta longitud de onda es $n = 1.52$. Si al colocar la lámina los máximos se corren una distancia 2 mm respecto de su posición sin la lámina, determine entonces el ancho h .

5 Considere el arreglo conocido como espejo de Lloyd para ver interferencia, que consiste en una fuente puntual S que se coloca a una altura h de un espejo. En un pantalla a distancia D de la fuente S y perpendicular al espejo se observa la intensidad.

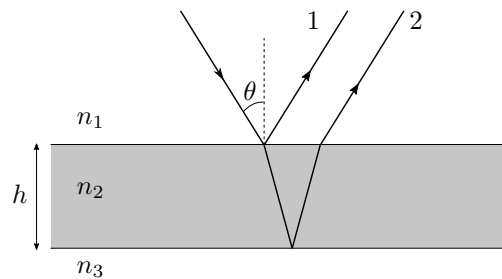


- (a) Dado un punto en la pantalla, dibuje los dos rayos que provienen de la fuente S e interfieren.
- (b) Calcule la imagen virtual S' debido a la reflexión de la luz en el espejo.
- (c) Discuta por qué el patrón de interferencia en la pantalla es equivalente al patrón de un experimento de Young con ranuras en las posiciones de la fuente S y de la imagen S' . Utilizando las expresiones de Young, modificadas apropiadamente para este esquema, calcule la forma del patrón de interferencia en un punto y de la pantalla en función de h y de D (Cuidado: a diferencia del experimento de Young, ¿están ahora en fase las fuentes S y S' ? ¿Por qué? ¿Cuánto vale el desfase?)
- (d) Dibuje la región del espacio donde espera ver interferencia.

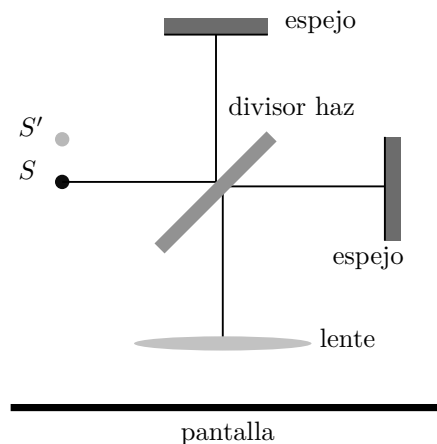
6 Considere el arreglo conocido como biprismas de Fresnel para ver interferencia, que consiste en una fuente puntual S que se coloca a una distancia D de la base de dos prismas de ángulo α e índice n . En un pantalla a distancia L de los prismas se coloca la pantalla donde se observa la intensidad.



- (a) Considerando que los prismas son delgados ($\alpha \ll 1$) y considerando incidencia casi normal de los rayos de la fuente S sobre los prismas, calcule las imágenes virtuales S_1 y S_2 generadas por los rayos refractados por el primer y segundo prismas. En particular, muestre que S_1 y S_2 están alineadas con S y calcule la distancia entre S_1 y S_2 .
- (b) Considerando un experimento de Young equivalente, calcule el patrón de interferencia en la pantalla en función de α , n , D y L .
- (c) Dibuje la región del espacio donde espera ver interferencia.
- (d) En un experimento de interferencia con un biprisma de Fresnel, ¿qué parámetros se pueden modificar para que la franja aumente?
- 7** En una lámina de caras paralelas indique la zona del espacio en que se observa interferencia para una fuente puntual y para fuente extensa. En el primer caso calcule la posición de las imágenes de la fuente. ¿Por qué se llaman franjas de igual inclinación a las que aparecen en una lámina de caras paralelas iluminada por una fuente extensa?
- 8** Considere la lámina de caras paralelas que se indica en la figura.



- (a) Se quiere ver la interferencia entre los rayos 1 y 2 de la figura. ¿Cómo podría lograr esto?
- (b) Suponiendo que $n_1 > n_2 > n_3$, encuentre las condiciones de interferencia constructiva y destructiva (máximo y mínimo de intensidad) en función de θ , n_1 , n_2 , n_3 y h .
- (c) ¿Cómo cambian los resultados anteriores para otras relaciones de índices? (es decir si: $n_1 < n_2, n_2 > n_3$, etc.)
- (d) ¿Cuánto vale el contraste del patrón de interferencia? ¿Puede valer 1?
- (e) En la discusión anterior solamente se tuvo en cuenta de los rayos 1 y 2, sin embargo hay otros rayos paralelos a los mismos (¿cuántos?). Discuta en qué casos tiene sentido esta aproximación.
- 9** Una lámina de vidrio de $0.40 \mu\text{m}$ de espesor es iluminada por un haz de luz blanca normal a la lámina. El índice de refracción es de 1.5. ¿Qué longitudes de onda dentro de los límites visibles del espectro serán intensificadas en el haz reflejado? (espectro visible: $380 \text{ nm} \leq \lambda \leq 750 \text{ nm}$).
- 10** Un interferómetro de Michelson es iluminado por una fuente puntual monocromática S .



- (a) Calcule la posición de los máximos y mínimos en una pantalla ubicada a una distancia L del divisor de haz.
- (b) Determine la posición de los máximos y mínimos en una pantalla ubicada a una distancia f de una lente de distancia focal f ubicada a una distancia L del divisor de haz.
- (c) Repita los items (a) y (b) si se ubica otra fuente S' (incoherente respecto de S).
- (d) Discuta cómo se observaría la figura si se ilumina con una fuente extensa. Explique por qué esta configuración se denomina franjas de igual inclinación.
- (e) Indique la expresión de la intensidad que se mide con un detector que detecta el punto central, en función de la diferencia de distancias entre el divisor de haz y los dos espejos.
- 11** Un interferómetro de Michelson es iluminado por una fuente que emite en dos frecuencias. Calcule el valor medio de la intensidad de luz detectada. Muestre que cada frecuencia da una contribución sinusoidal con la distancia independiente de las otras frecuencias presentes, y que si multiplica la señal medida por $\cos(\omega z/c)$ e integra según z puede recuperar la intensidad de la fuente a la frecuencia ω . ¿Cuán largo debe ser el barrido para que la otra frecuencia ω' no contribuya?. Calcule el caso particular de querer resolver el doblete del sodio.
- 12** Un interferómetro de Michelson permite medir el índice de refracción de gases. Una longitud L del recorrido del haz de uno de sus brazos está ocupada por una celda estanca en la cual se aloja el gas. Sus paredes las consideramos transparentes y de espesor despreciable frente a L .
- (a) En la celda a la que se le ha hecho vacío se inyecta lentamente el gas hasta alcanzar una presión equivalente a la atmosférica (la presión del aire en el otro brazo del interferómetro). En el ínterin el patrón de franjas de interferencia cuenta N nuevas franjas. Esto significa que un fotodiodo ubicado en el punto central del patrón proveyó una señal con N mínimos (o máximos) en función del tiempo. Determine el índice de refracción del gas en función de n_{aire} , λ , N y L .
- (b) Se inyecta dióxido de carbono (CO_2) que a 1 atm presenta un índice de refracción $n = 1.0045$ en una celda de $L = 10$ cm iluminando con $\lambda = 589$ nm provista por una lámpara de sodio (Na). ¿Cuántas franjas (N) se registran?
- 13** Resuelva nuevamente el problema de la lámina de caras paralelas teniendo en cuenta ahora las infinitas reflexiones.
- 14** Se tienen N fuentes puntuales monocromáticas en línea equiespaciadas. Calcule las franjas de igual inclinación si se observa a lo largo del eje determinado por las fuentes. Calcule el ancho de las franjas claras y la separación entre ellas. ¿Qué se observa a lo largo del eje de las fuentes en función de la separación entre las fuentes? ¿Cómo cambia con el número de fuentes? Si las fuentes emiten en dos colores, ¿en qué condiciones quedan separados nítidamente los respectivos máximos?
- 15** Repita el problema anterior observando a lo largo de un eje perpendicular a las fuentes. ¿Qué se observa ahora que cambia con la separación entre fuentes y con el número de fuentes?
- 16** Compare la solución del interferómetro Fabry-Perot con la solución del problema **14**. ¿En qué se parecen y en qué difieren? ¿Quién juega el papel de la distancia entre fuentes y cuál es el número de fuentes equivalentes que da los mismos anchos característicos de los máximos?