

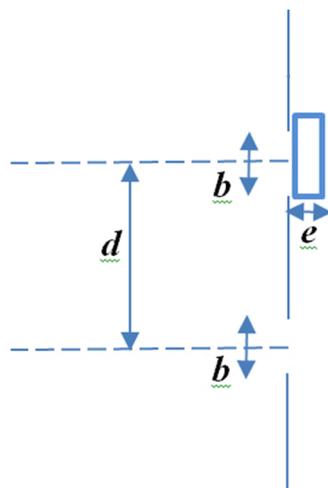
DIFRACCIÓN

Difracción de Fraunhofer

1. Una ranura de ancho D es iluminada por una onda plana incidente perpendicularmente al plano de la ranura, observándose la figura de difracción en una pantalla ubicada a una distancia L .
 - a) ¿A qué distancia debe ubicarse la pantalla para que valga la aproximación de Fraunhofer?
 - b) Estime dichas distancias para ranuras de ancho $10\mu m$, $100\mu m$ y $1mm$, para luz visible.
 - c) ¿Para qué ranuras y distancias se cumplen condiciones equivalentes con ondas de sonido?
 - d) Para alguno de los casos anteriores calcule y grafique como cambia la distribución de intensidades si la onda incide con un ángulo de 10° respecto de la normal al plano de la ranura.
 - e) Ídem 1d, si la ranura se ilumina con una fuente puntual ubicada a una distancia L_0 .
2. a) Considere la figura de difracción de Fraunhofer producida por una rendija de ancho b ubicada entre dos lentes convergentes y centrada en el eje óptico del sistema. La fuente puntual de longitud de onda λ se coloca en el foco de la primera lente.
 - a)
 - 1) ¿Dónde se coloca la pantalla de observación?
 - 2) Calcule la posición de los máximos y de los mínimos de intensidad, el ancho angular de la campana principal de difracción y de los máximos secundarios.
 - 3) Calcule la relación de intensidades entre el máximo principal y el primer máximo secundario.
 - 4) Grafique la intensidad sobre la pantalla, ¿en función de qué variables lo hace?; ¿podría haber elegido otras?, ¿cuáles?
 - 5) Discuta cómo se modifican los parámetros de la figura de difracción si se cambia: 1) el ancho de la ranura, 2) la longitud de onda, 3) si se coloca una fuente policromática.
 - b) Ídem (a), si la fuente se encuentra en el plano focal de la primera lente, a una altura h del eje óptico.
 - c) Ídem (b), si la ranura se centra a una altura h' del eje óptico.
3. La distancia entre el primer y el quinto mínimos de un patrón de difracción producido por una sola rendija es de $0,35mm$. La pantalla sobre la cual se despliega el patrón está a $40cm$ de la abertura y la longitud de onda es de $550nm$. ¿Cuál es el ancho de la rendija?
4. Una rendija se ilumina con luz cuyas longitudes de onda λ_1 y λ_2 se escogen de tal manera que el primer mínimo de difracción de λ_1 coincida con el segundo mínimo de λ_2 .
 - a) ¿Qué relación existe entre las dos longitudes de onda?
 - b) ¿Coinciden algunos otros mínimos en los dos patrones de difracción?
5. Una rendija de $50\mu m$ de ancho se encuentra entre dos lentes delgadas convergentes de igual distancia focal, y está iluminada por ondas planas, de longitud de onda $\lambda = 5000\text{ \AA}$. La distancia entre el primer mínimo a la izquierda del máximo principal y el tercer mínimo a su derecha es de 3 mm . Además, el primer mínimo a la izquierda está ubicado 3 mm a la derecha del eje óptico.
 - a) ¿Cuál es la distancia focal de las lentes?
 - b) ¿Dónde se encuentra la fuente? ¿Dónde el máximo principal?
6. En una rendija de ancho D se ubican sucesivamente distintas diapositivas de transmisión $t(x, y)$. Calcular para cada caso el perfil de intensidades en un plano ubicado suficientemente lejos como para que valga la aproximación de Fraunhofer. Discutir cualitativamente los resultados.
 - a) $t(x, y) = \cos(\alpha x)$
 - b) $t(x, y)$ para un prisma delgado de ángulo α
 - c) $t(x, y) = e^{i\alpha x}$
 - d) $t(x, y) = e^{x^2/d^2}$ con $d \ll D$

Doble rendija

7. a) Se tienen dos rendijas iguales, de ancho b , cuya separación entre centros es d , colocadas entre dos lentes delgadas convergentes, ubicadas en forma simétrica respecto del eje óptico del sistema. Una fuente puntual monocromática que emite con λ se encuentra en el foco de la primera lente. Considere la figura de interferencia-difracción de Fraunhofer de la fuente.
- 1) Calcule la posición de los máximos y mínimos tanto de interferencia como de difracción.
 - 2) Grafique la intensidad sobre la pantalla, ¿en función de qué variable lo hace? ¿Qué otra variable podría haber usado?
 - 3) Suponiendo que la teoría fuese exacta, ¿qué condiciones deberían cumplirse para que desaparezcan órdenes, y cuáles serían los órdenes desaparecidos?
 - 4) ¿Cuántos órdenes de interferencia hay dentro de la campana principal de difracción?
 - 5) A la luz de estos resultados discuta el interferómetro de Young.
 - 6) Considere que la fuente emite en λ , 2λ y 3λ simultáneamente. Para cada una de dichas longitudes de onda, ¿cuál es la posición de los máximos y mínimos de interferencia y difracción? En particular, ¿cuál es la posición del máximo principal?
- b) Repita lo hecho en (a), si la fuente se encuentra a una altura h del eje óptico.
- c) Idem (b) si el punto medio entre ranuras se encuentra a una altura h' del eje óptico.
8. Se realiza una experiencia de difracción por doble rendija con una fuente que emite en 4000 \AA . La separación entre los puntos medios de las rendijas es de $0,4 \text{ mm}$ y el ancho de cada una de ellas es de $0,04 \text{ mm}$. La pantalla está a 1 m de las rendijas. Luego se cambia la fuente por otra que emite en 6000 \AA . Determine:
- a) En cuánto varió la interfranja.
 - b) En cuánto varió el número total de franjas de interferencia contenidas en la campana principal de difracción.
 - c) En cuánto varió el ancho angular de la campana principal de difracción.
9. Sobre dos ranuras separadas una distancia de 1 mm incide la superposición de dos ondas planas monocromáticas de longitudes de onda λ_1 y λ_2
- a) ¿Qué relación debe satisfacer el cociente λ_1/λ_2 para que el tercer orden de interferencia constructiva de λ_1 coincida con el tercer mínimo de λ_2 ?
 - b) ¿Qué ancho deben tener las ranuras para que además esos órdenes coincidan con el primer mínimo de difracción de λ_1 ? ¿Qué intensidad se registrará en la pantalla en ese punto?
10. Se tienen dos rendijas iguales, de ancho b , cuya separación entre centros es d ; las cuales son iluminadas por una fuente puntual monocromática que emite con longitud de onda λ (considere incidencia normal). Detrás de la rendija superior se coloca una lámina de vidrio de espesor e e índice de refracción n (considere que todo el dispositivo se encuentra inmerso en aire).

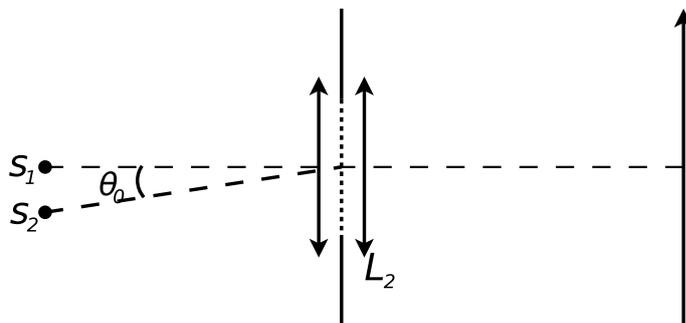


- a) Escriba la función transmisión $T(y)$ para la doble rendija
- b) Calcule la intensidad angular sobre una pantalla ubicada a $D \gg d$. Realice un gráfico que ilustre lo hallado.
- c) Determine las posiciones de los máximos de interferencia y los mínimos de difracción.
- d) Indique diferencias y semejanzas de esta red con la red de doble rendija y con una red de dos prismas

Redes de difracción por Transmisión

11. Una onda plana monocromática de longitud de onda λ incide normalmente sobre una red de transmisión plana formada por N rendijas de ancho b y período d ($b \ll d$).
 - a) Analice la distribución de intensidad sobre la pantalla y gráfiquela.
 - b) Calcule la posición angular de las líneas espectrales (¿a qué máximos corresponden?), y su intensidad.
 - c) Calcule el número de mínimos de interferencia entre dos líneas espectrales, por ende, ¿cuántos máximos secundarios hay?
 - d) Calcule el ancho angular de las líneas espectrales.
 - e) Calcule el máximo orden observable.
 - f) Discuta:
 - 1) ¿Qué aproximación hace en los ángulos?
 - 2) La dependencia de los parámetros con el número de rendijas y con la densidad de rendijas.
12. Sobre la red del problema anterior incide la superposición de dos ondas planas monocromáticas de longitudes de onda λ y $\lambda + \Delta\lambda$, calcule:
 - a) *La dispersión angular.
 - b) El poder resolvente.
 - c) El máximo poder resolvente.
 - d) Grafique la intensidad sobre la pantalla.
 - e) Recalcule el problema anterior para una incidencia distinta de la normal, y discuta si existe alguna ventaja al trabajar de esa manera.
13. Se dispone de dos redes de difracción cuadradas de 2 cm de lado; una tiene 600 líneas/mm y la otra 1200 líneas/mm. Calcule:
 - a) El poder resolvente de cada red en el primer orden.
 - b) Si la fuente emite en 5000 Å, el máximo orden observable. ¿Es importante tener en cuenta el ángulo de incidencia?
 - c) El máximo poder resolvente de cada una.
 - d) Si alguna de ellas resuelve las siguientes longitudes de onda: $\lambda_1 = 5000 \text{ Å}$ y $\lambda_2 = 5000,07 \text{ Å}$.
14. Se tiene un dispositivo como el que se muestra en la figura, formado por una red dispuesta entre dos lentes. La red es iluminada por dos fuentes S_1 y S_2 que emiten luz con la misma intensidad, pero con longitudes de onda λ_1 y λ_2 respectivamente. Se sabe que la red es de rendijas, pero no se conocen sus parámetros (N : número de rendijas; b : ancho de cada rendija; d : período de la red). Para poder caracterizarla, se realizan observaciones de la figura de difracción–interferencia producida en el plano de observación. A partir de lo cual se logra determinar que:
 - El orden -1 de interferencia correspondiente a λ_2 se encuentra una distancia a_0 por encima del orden $+1$ correspondiente a λ_1 .

- El ancho de la campana de difracción correspondiente a λ_1 es d_0 .



Datos: $\sin(\theta_0) = 0,01$; distancia focal de la lente $L_2 = 3$ m; $\lambda_1 = 4000 \text{ \AA}$ y $\lambda_2 = 5000 \text{ \AA}$; $a_0 = 0,1$ mm; $d_0 = 10$ cm.

- Dar la expresión para la distribución de intensidad que se observa en la pantalla y justificar por qué la escribe así. Hacer un gráfico muy cualitativo de dicha distribución (que dé una idea básica de lo que se va a observar).
- Determinar las posiciones angulares de todos los ceros de interferencia y difracción.
- Determinar las posiciones de los órdenes de interferencia.
- Encontrar los parámetros de la red b y d .
- Ambos órdenes (¡cuidado; se trata de órdenes diferentes!) están suficientemente separados entre sí, según el criterio de Rayleigh. Hallar una cota para N .

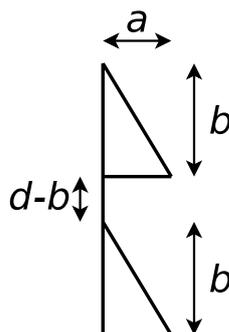
*Redes con patrón

- Con una onda plana se ilumina en forma normal una diapositiva de estructura periódica. Si se iluminan N períodos, calcular en la aproximación de Fraunhofer la amplitud y la intensidad en una pantalla ubicada a una distancia L de la diapositiva, para cada una de las siguientes transmisiones de las mismas:

- $t(x) = \text{sen}(K_0x)$
- $t(x) = 1 + \cos(K_0x)$
- $t(x) = 1 + \text{sen}(K_0x)$
- $t(x) = 1 + \cos(K_0x) + \text{sen}(K_0x)$
- $t(x) = 1 + \cos(K_0x) + \text{sen}(2K_0x)$

Discuta las similitudes y diferencias entre cada caso.

- Escriba la función transmisión para una red de rendijas de ancho b y período d .
 - Idem (a) para una red formada por prismas delgados de alto b y base a , con índice de refracción n , y separados por tramos obstruidos de alto $d - b$ (ver figura).



17. a) Hallar la distribución de intensidades sobre la pantalla para la red de transmisión descrita en el problema 13b). La luz incide con un ángulo arbitrario sobre la red.
- b) Comparar la distribución obtenida con la de una red de transmisión de N rendijas de ancho b y período d . ¿En qué se diferencian?
18. Una red de transmisión de ancho 2 cm está formada por 50 prismas delgados. Sabiendo que intensifica el segundo orden de interferencia, para $\lambda = 5000 \text{ \AA}$ calcule:
- a) El ángulo de blazed (el ángulo del prisma).
- b) La posición angular del orden intensificado y de la imagen geométrica.
- c) Discuta, en este caso, qué sucede con los otros órdenes de interferencia para la longitud de onda λ dada.
- d) Calcule el poder resolvente para el segundo orden.

*Redes bidimensionales

19. a) Hallar el patrón de intensidades de una abertura rectangular de lados a y b , que se encuentra a distancia D de una pantalla. Considere incidencia normal. Especifique considerando que $a = \lambda/3$ y $b = \lambda/5$.
- b) Idem para una abertura circular de radio a .
20. Hallar el campo eléctrico, como función de las coordenadas sobre la pantalla, para las configuraciones de la figura, las que se encuentran a distancia D de la pantalla. La luz es monocromática de longitud de onda λ e incide normalmente sobre las aberturas.

