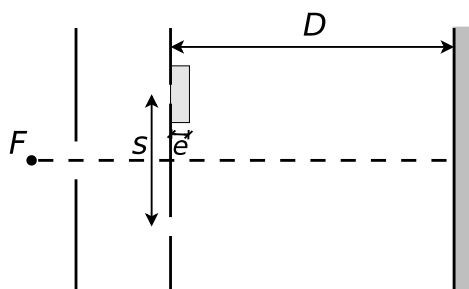


GUÍA 5: INTERFERENCIA Y DIFRACCIÓN

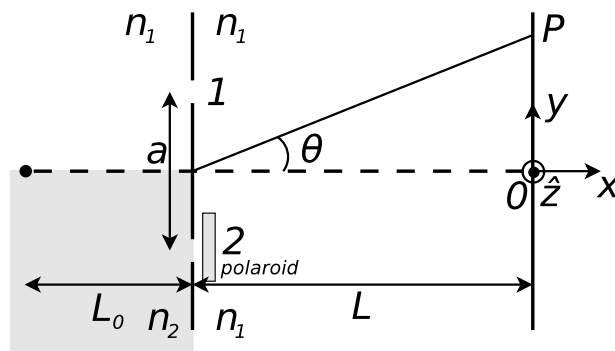
INTERFERENCIA

1. Diga qué entiende por luz cuasi monocromática y dé algunos ejemplos.
2. ¿Bajo qué condiciones se puede decir que dos fuentes son coherentes? ¿Es posible observar interferencia de la luz proveniente de dos tubos fluorescentes? ¿Por qué? Diga cuándo es posible observar interferencia.
3. Diga qué entiende por interferómetro por división de frente de onda. Mencione los más representativos, haga un esquema de cada uno de ellos e indique sus parámetros característicos.
4.
 - a) En el experimento de Young, ¿cuál es el lugar geométrico de los puntos que reciben ondas con la misma diferencia de fases?
 - b) Si en un experimento de Young la pantalla de observación está lo suficientemente alejada de las ranuras, ¿qué aspecto tienen las franjas de interferencia?
5. Sea una fuente monocromática ($\lambda = 5500 \text{ \AA}$), y un dispositivo de Young de las siguientes características: Distancia entre ranuras: $s = 3,3 \text{ mm}$. Distancia de las ranuras a la pantalla: $D = 3 \text{ m}$.



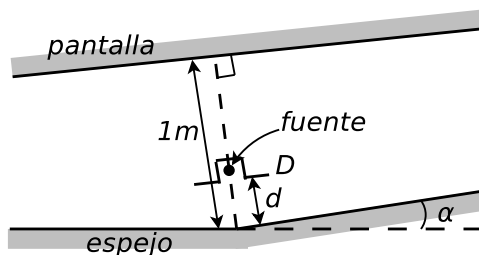
- a) Calcular la interfranja i .
 - b) Detrás de una de las ranuras se coloca una lámina de vidrio de caras paralelas y planas ($e = 0,01 \text{ mm}$) (ver figura). Determinar el sentido de desplazamiento de las franjas y la fórmula que da la expresión de dicho desplazamiento. Sabiendo que las franjas se han desplazado $4,73 \text{ mm}$, dar el valor del índice de refracción del vidrio. ¿Puede detectar dicho corrimiento con una fuente monocromática? ¿Y con una policromática?
6. ¿Cómo cambia el experimento de Young si la fuente luminosa no está simétricamente situada respecto de la ranura, o si, por algún motivo, las ondas que llegan a las mismas tienen un cierto desfase? ¿Cómo puede detectar dicho corrimiento?
 7. Se tiene el dispositivo para producir interferencia que indica la figura. La fuente puntual monocromática de longitud de onda λ (linealmente polarizada en el eje z , con amplitud E_0), ilumina dos rendijas separadas por una distancia a . La fuente está centrada respecto de las rendijas y se encuentra a una distancia L_0 de las mismas. A la izquierda de las rendijas hay dos medios distintos; sobre el eje x es n_1 , y debajo del eje x es n_2 ($n_2 > n_1$); a la derecha de las rendijas el índice es n_1 solamente. A continuación de la rendija 2 se coloca una lámina polarizadora cuyo eje de transmisión forma un ángulo α con el eje z .

Datos: a, n_2, n_1, E_0, L_0, L .



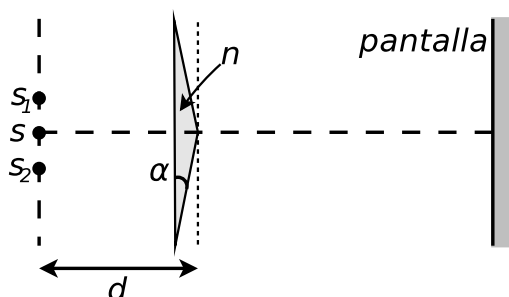
- ¿Qué efecto produce en el patrón de interferencia la diferencia de medios? Explique.
- Halle el campo eléctrico que sale de la lámina polarizadora como función de α ; expréselo en las coordenadas $y - z$ (sólo el campo que sale de la ranura 2; no el total).
- Halle la expresión de la intensidad en un punto P de la pantalla, en función de los campos eléctricos a la salida de las rendijas 1 y 2. Tenga en cuenta para esto la polarización de dichos campos.
- Calcule el contraste $c = \frac{I_{m\acute{a}x} - I_{m\acute{i}n}}{I_{m\acute{a}x} + I_{m\acute{i}n}}$, en función del ángulo α y de θ (ángulo subtendido por P). ¿Existen ceros de intensidad para algún θ ?

- Se usa como fuente luminosa para un par de espejos de Fresnel una ranura D iluminada con luz monocromática de 4000 \AA y colocada a 20 cm de la intersección de los espejos sobre la bisectriz. Las franjas de interferencia observadas a 1 m de distancia del vértice de los espejos tienen una interfranja de 1 mm . Calcular el ángulo α entre los planos de los espejos. Sugerencia: nótese que la fuente y las dos imágenes son equidistantes de la intersección de los espejos.

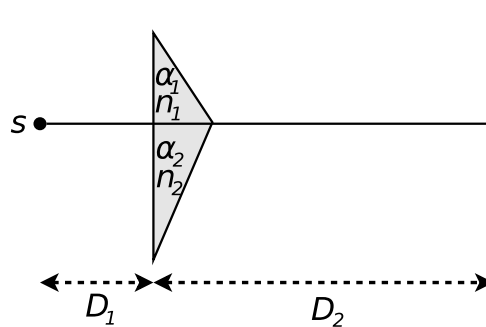


Datos: distancia vértice-pantalla: 1 m , $d = 20 \text{ cm}$.

- Examinadas con una lupa de distancia focal $f = 5 \text{ cm}$, dos franjas de interferencia consecutivas, producidas con los espejos de Fresnel, se encuentran a una separación aparente $i' = 3 \text{ mm}$. La distancia entre las imágenes de la fuente y la pantalla es $D = 4 \text{ m}$ y la separación entre las dos imágenes es $d = 4 \text{ mm}$. ¿En qué longitud de onda emite la fuente? Nota: suponer que la imagen de las franjas se forma a una distancia $D_v = 25 \text{ cm}$ (distancia de visión clara) de la lupa.
- En un experimento de interferencia con espejos de Fresnel, ¿qué parámetros deben modificarse para que la interfranja disminuya? Justifique. Indique cómo deben modificarse.
-

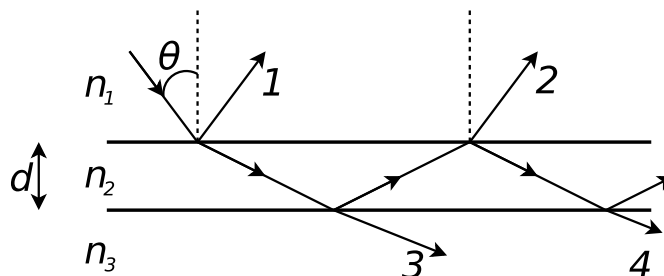


- a) Analice cómo se producen las imágenes virtuales en un biprisma de Fresnel.
- b) ¿Qué ocurre con la posición de las imágenes si se da vuelta el biprisma, es decir, si la arista enfrenta a la pantalla en vez de enfrentarla a la fuente?
12. Un biprisma de Fresnel, de Crown, con ángulo de refracción de 1° se usa para producir franjas de interferencia. La pantalla se ubica a 60 cm del biprisma y la fuente luminosa a 15 cm de éste. Calcular el ancho de las interfranjas observadas con luz roja (línea C de Fraunhofer) y luz azul (línea F de Fraunhofer). Extraer las longitudes de onda y los índices de refracción de tablas.
13. Se observan franjas de interferencia con un biprisma de Fresnel con ángulo de $1,5^\circ$ e índice de refracción 1,5. Para esto se usa una fuente de luz de 4000 \AA situada a 5 cm del vértice, y una pantalla situada a 1 m del biprisma. Si, dejando todas las demás condiciones iguales, se cambia el biprisma por uno de ángulo 3° e índice 1,6; ¿en cuánto varió la interfranja?
14. En un experimento de interferencia con un biprisma de Fresnel, ¿qué parámetros se pueden modificar para que la interfranja aumente?
15. Se tiene un dispositivo para producir interferencia consistente en una fuente puntual y monocromática S , que emite con longitud de onda λ , que se encuentra a una distancia D_1 de un biprisma compuesto por dos prismas delgados de distintos índices y ángulos: n_1, α_1 ($\gamma > 0$) y n_2, α_2 ($\gamma < 0$). El dispositivo se muestra en la figura.

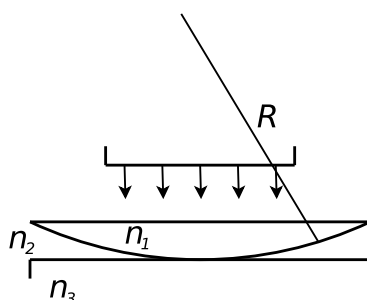


- a) Hallar la ubicación de las imágenes S_1 y S_2 por la refracción en ambas zonas del biprisma, que observaría una persona ubicada a la derecha del mismo.
- b) Marque en una figura la zona donde se produce la interferencia.
- c) Para un punto P genérico sobre la pantalla, calcule el desfase δ . Sugerencia: piense en los rayos que llegan a P como provenientes de las imágenes halladas en (a).
- d) Calcule la interfranja sobre la pantalla.
- e) Halle la posición de los máximos sobre la pantalla. Si Ud. observara este fenómeno sin conocer los parámetros del dispositivo, ¿qué podría hacer para distinguir cuál es el orden con $m = 0$?
- f) ¿Cómo debe ser la relación α_1/α_2 para que el máximo con $m = 0$ esté en la línea determinada por la fuente y el vértice del biprisma?
16. ¿Por qué motivo se puede concluir, en el experimento del espejo de Lloyd, que la luz reflejada ha sufrido un desfase de 180° ?
17. Haga un cuadro comparativo de las magnitudes que caracterizan a los distintos interferómetros por división de frente e indique en cada uno de ellos cómo se divide el frente.
18. Diga qué entiende por interferómetro por división de amplitud. Enumere los más representativos e indique en un esquema sus parámetros característicos.
19. ¿Qué entiende por franjas localizadas de interferencia? ¿En qué casos están localizadas las franjas en un interferómetro por división de amplitud? Justifique sus respuestas.

20. En una lámina de caras paralelas indique la zona del espacio en que se observa interferencia para fuente puntual y para fuente extensa. En el primer caso calcule la posición de las imágenes de la fuente.
21. En la lámina de caras paralelas que se indica en la figura, indique qué condición debe cumplirse para que los rayos 1 y 2 interfieran constructivamente. Cuando eso sucede, ¿qué pasa con los rayos 3 y 4? ¿Qué sucede si se usan otras relaciones entre los índices? ($n_1 > n_2 > n_3$).



22. 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: $40 \times 10^{-6} \text{cm} \leq \lambda \leq 79 \times 10^{-6} \text{cm}$).
23. ¿Por qué se llaman franjas de igual inclinación a las que aparecen en una lámina de caras paralelas iluminada por una fuente extensa?
24. Una cuña de aire es iluminada de tal forma que si incide luz de longitud de onda $\lambda = 5000 \text{ \AA}$ normalmente a la cara inferior, produce franjas paralelas cuya distancia entre mínimos es 1 mm. Describir la cuña.
25. Se observan anillos de Newton por reflexión, iluminándose una lente plano-convexa con luz de longitud de onda $\lambda = 650 \text{ nm}$. ¿Qué radio de curvatura tiene la lente si el segundo anillo oscuro tiene $d = 2,6 \text{ mm}$ de diámetro?
26. Se observan anillos de Newton mediante una lámina de vidrio de índice de refracción n_3 , una lente de vidrio con $n_1 \neq n_3$ y un líquido de n_2 intermedio entre n_1 y n_3 (ver figura).

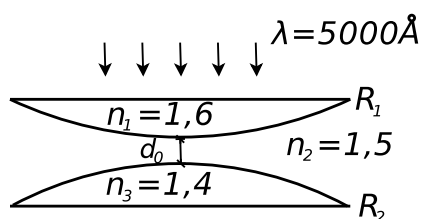


- a) ¿Son oscuros o brillantes los centros del sistema de anillos observados respectivamente por reflexión y transmisión?
- b) Suponga ahora que el líquido tiene un índice $n_2 = 1,59$. Si se observan los anillos por reflexión siendo $\lambda = 5900 \text{ \AA}$, y el radio del quinto anillo es de 2 mm, ¿cuál es el radio de curvatura de la lente?
27. Se observan anillos de Newton con una lente plano-convexa situada sobre un vidrio plano, con aire entre medio. ¿Qué pasa con la diferencia entre los cuadrados de dos radios consecutivos si:
- a) Se cambia la lente por otra también plano-convexa del mismo radio de curvatura, pero de mayor índice de refracción?
- b) Se coloca agua en vez de aire entre la lente y la lámina de vidrio?

28. Con el mismo dispositivo de los problemas anteriores se observan anillos de Newton por reflexión. ¿Es oscuro o claro el centro de la figura de interferencia? ¿Cuál es el radio del tercer anillo brillante? ¿Qué sucede con los anillos para un ligerísimo desplazamiento hacia arriba de la lente: convergen hacia el centro o se alejan de éste? ¿Por qué?

Datos: $R = 1 \text{ m}$; $d = 0,013 \text{ mm}$; $\lambda = 5000 \text{ \AA}$; $n_1 = 1,5$; $n_2 = 1,3$; $n_3 = 1,4$.

29. En un dispositivo para observar anillos de Newton el espacio entre la lente y la lámina de vidrio está lleno de líquido. Se observan anillos por transmisión. La longitud de onda empleada es $\lambda = 5890 \text{ \AA}$ y el radio de curvatura de la lente es de 10 m . Hallar el índice de refracción del líquido sabiendo que el radio del tercer anillo brillante es de $3,65 \text{ mm}$.
30. Considere el dispositivo de anillos de Newton modificado que se muestra en la figura. Se observan anillos por reflexión.



- a) ¿Para qué valores de d_0 el centro de los anillos corresponde a un máximo?
- b) Hallar el mínimo valor de d_0 para el cual el centro de los anillos corresponde a un mínimo.
- c) Con el valor de d_0 hallado en (b), calcular la relación que debe existir entre los radios de las lentes, $R_2(R_1)$, para que el radio del primer anillo oscuro verifique $r_1^2 = 10^{15} \text{ \AA}^2$.
31. Indique en cada uno de los interferómetros por división de amplitud estudiados dónde se divide la amplitud. ¿Son iguales las amplitudes de los haces que interfieren? En la lámina de caras paralelas compare estas amplitudes tanto en la salida por reflexión como por transmisión para incidencia normal.

DIFRACCIÓN

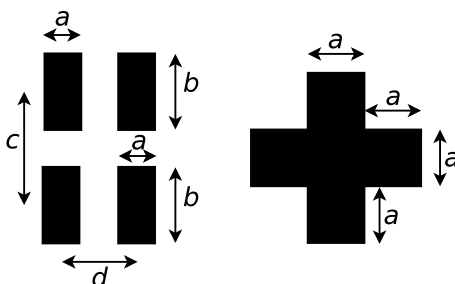
- 32.
- a) Considere la figura de difracción de Fraunhofer producida por una rendija de ancho b ubicada entre dos lentes convergentes y centrada en el eje óptico del sistema. La fuente puntual de longitud de onda λ se coloca en el foco de la primera lente. a)
- 1) ¿Dónde se coloca la pantalla de observación?
 - 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) Idem (a), si la fuente se encuentra en el plano focal de la primera lente, a una altura h del eje óptico.
- c) Idem (b), si la ranura se centra a una altura h' del eje óptico.
33. Una rendija de $50 \mu\text{m}$ 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?

34.

- 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.
 b) Idem para una abertura circular de radio a .

35. 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.



36.

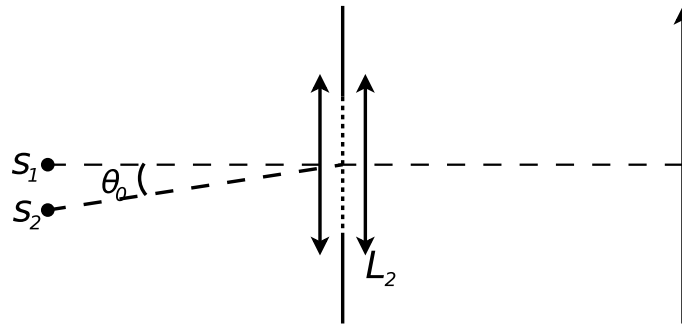
- a) Se tienen dos rendijas iguales, de ancho b , cuya separación entre centros es d , colocadas entre dos lentes delgadas convergentes, ubicadas en forma simétrica respecto del eje óptico del sistema. Una fuente puntual monocromática que emite con λ se encuentra en el foco de la primera lente. Considere 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, ζ 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.

37. 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.

38. 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
- ¿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 ?
 - ¿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?
- 39.
- Diga qué entiende por red de transmisión y por red de reflexión. Dé ejemplos de cada tipo.
 - Idem (a) para red de amplitud y fase.
40. 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 ($b \ll d$). Suponiendo que la teoría corresponde a una descripción exacta del fenómeno:
- Analice la distribución de intensidad sobre la pantalla y gráfíquela.
 - Calcule la posición angular de las líneas espectrales (¿a qué máximos corresponden?), y su intensidad.
 - Calcule el número de mínimos de interferencia entre dos líneas espectrales, por ende, ¿cuántos máximos secundarios hay?
 - Calcule el ancho angular de las líneas espectrales.
 - Calcule el máximo orden observable.
 - Discuta:
 - ¿Qué aproximación hace en los ángulos?
 - La dependencia de los parámetros con el número de rendijas y con la densidad de rendijas.
41. Sobre la red del problema anterior incide la superposición de dos ondas planas monocromáticas de longitudes de onda λ y $\lambda + \Delta\lambda$, calcule:
- La dispersión angular.
 - El poder resolvente.
 - El máximo poder resolvente.
 - Grafique la intensidad sobre la pantalla.
 - Recalcule el problema anterior para una incidencia distinta de la normal, y discuta si existe alguna ventaja al trabajar de esa manera.
42. 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:
- El poder resolvente de cada red en el primer orden.
 - Si la fuente emite en 5000 Å, el máximo orden observable. ¿Es importante tener en cuenta el ángulo de incidencia?
 - El máximo poder resolvente de cada una.
 - Si alguna de ellas resuelve las siguientes longitudes de onda: $\lambda_1 = 5000$ Å y $\lambda_2 = 5000,07$ Å.
43. 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 .

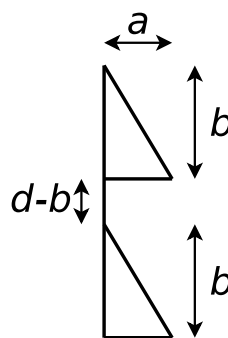


Datos: $\sin(\theta_0) = 0,01$; distancia focal de la lente $L_2 = 3$ m; $\lambda_1 = 4000 \text{ \AA}$ y $\lambda_2 = 5000 \text{ \AA}$; $a_0 = 0,1$ mm; $d_0 = 10$ cm.

- 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 .

44.

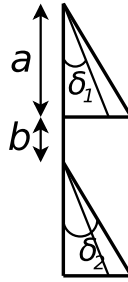
- Escriba la función transmisión para una red de rendijas de ancho b y período d .
- Idem (a) para una red formada por prismas delgados de alto b y base a , con índice de refracción n , y separados por tramos obstruidos de alto $d - b$ (ver figura).



45.

- 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.
- Comparar la distribución obtenida con la de una red de transmisión de N rendijas de ancho b y período d . ¿En qué se diferencian?

46. Se tiene una red de difracción de N períodos como se muestra en la figura. Se trata de una distribución de pares de prismas delgados de índices n_1 , y n_2 y ángulos δ_1 y δ_2 , respectivamente (ver figura). Se la ilumina en forma normal. Suponiendo que la teoría fuese exacta:



- a) Halle la intensidad en la pantalla como función del ángulo θ .
- b) Elija parámetros de la red ($n_1, n_2, \delta_1, \delta_2, a, b, N$), para los cuales se intensifique el orden (-2) para una longitud de onda incidente de 5000 \AA , y para que se puedan resolver las longitudes de onda de 5000 \AA y 5001 \AA , en dicho orden.
47. 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 blaze.
- 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.
48. Se desea estudiar la estructura de una banda en la proximidad de 4300 \AA , utilizando una red plana de reflexión de 10 cm y 1200 líneas/mm . Hallar:
- a) El máximo orden observable.
- b) El mínimo ángulo de incidencia para el cual se observa.
- c) El mínimo intervalo de longitudes de onda resueltas.
- d) El orden intensificado. ¿Es ventajoso? Justifique su respuesta.
49. Una red de fase por reflexión tiene 4800 facetas/cm y ha sido construida para intensificar el primer orden, en $\lambda = 0,6 \mu\text{m}$.
- a) Hallar el ángulo que forman las caras facetadas con el plano de la red.
- b) Suponiendo incidencia normal, calcular la dispersión angular para esa λ .
- c) Si se iluminase la red con $\lambda = 0,48 \mu\text{m}$, ¿qué órdenes se verían?
50. Sean dos fuentes puntuales incoherentes colocadas en el plano focal objeto de una lente convergente; ambas emiten la misma λ . A la derecha de la lente hay una ranura de ancho b , y luego una segunda lente. Se observa la figura de difracción de Fraunhofer de las fuentes.
- a) Calcule la mínima separación angular entre las fuentes, y la correspondiente mínima separación lineal, para que las imágenes estén justamente resueltas según el criterio de Rayleigh. Discuta los casos en que ambas fuentes emiten con la misma intensidad, y en que no.
- b) Repita el cálculo efectuado en (a) si la rendija se reemplaza por una abertura circular de diámetro d .
51. Suponga al ojo humano limitado por difracción, y calcule el mínimo ángulo que resuelve para un diámetro de pupila de 2 mm . Si dos puntos se hallan a la distancia de visión clara, ¿cuál es la mínima distancia entre ellos para que estén justamente resueltos?