

---

## FÍSICA 2 (FÍSICA)

PRIMER CUATRIMESTRE DE 2023

### DIFRACCIÓN

#### Difracción de Fraunhofer

1. 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  $\lambda$  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.
2. La distancia entre el primer y el quinto mínimos de un patrón de difracción producido por una sola rendija es de  $0,35\text{mm}$ . La pantalla sobre la cual se despliega el patrón está a  $40\text{cm}$  de la abertura y la longitud de onda es de  $550\text{nm}$ . ¿Cuál es el ancho de la rendija?
3. Una rendija se ilumina con luz cuyas longitudes de onda  $\lambda_1$  y  $\lambda_2$  se escogen de tal manera que el primer mínimo de difracción de  $\lambda_1$  coincida con el segundo mínimo de  $\lambda_2$ . a) ¿Qué relación existe entre las dos longitudes de onda? b) ¿Coinciden algunos otros mínimos en los dos patrones de difracción?
4. 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  $3 \text{ mm}$ . Además, el primer mínimo a la izquierda está ubicado  $3 \text{ mm}$  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?

#### Doble rendija

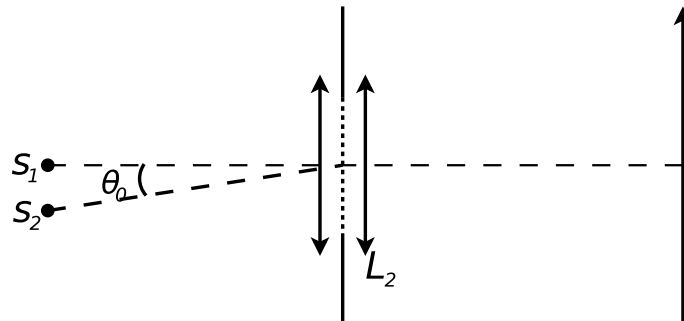
5. a) Se tienen dos rendijas iguales, de ancho  $b$ , cuya separación entre centros es  $d$ , colocadas entre dos lentes delgadas convergentes, ubicadas en forma simétrica respecto del eje óptico del sistema. Una fuente puntual monocromática que emite con  $\lambda$  se encuentra en el foco de la primera 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  $\lambda$ ,  $2\lambda$  y  $3\lambda$  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.
6. Se realiza una experiencia de difracción por doble rendija con una fuente que emite en  $4000 \text{ \AA}$ . 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  $1 \text{ m}$  de las rendijas. Luego se cambia la fuente por otra que emite en  $6000 \text{ \AA}$ . 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.
7. Sobre dos ranuras separadas una distancia de  $1 \text{ mm}$  incide la superposición de dos ondas planas monocromáticas de longitudes de onda  $\lambda_1$  y  $\lambda_2$
- a) ¿Qué relación debe satisfacer el cociente  $\lambda_1/\lambda_2$  para que el tercer orden de interferencia constructiva de  $\lambda_1$  coincida con el tercer mínimo de  $\lambda_2$ ?
  - b) ¿Qué ancho deben tener las ranuras para que además esos órdenes coincidan con el primer mínimo de difracción de  $\lambda_1$ ? ¿Qué intensidad se registrará en la pantalla en ese punto?

## Redes de difracción por Transmisión

8. Una onda plana monocromática de longitud de onda  $\lambda$  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:
- a) Analice la distribución de intensidad sobre la pantalla y gráfíquela.
  - 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.
9. Sobre la red del problema anterior incide la superposición de dos ondas planas monocromáticas de longitudes de onda  $\lambda$  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.
10. 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  $5000 \text{ \AA}$ , 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:  $\lambda_1 = 5000 \text{ \AA}$  y  $\lambda_2 = 5000,07 \text{ \AA}$ .
11. 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  $\lambda_1$  y  $\lambda_2$  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  $\lambda_2$  se encuentra una distancia  $a_0$  por encima del orden  $+1$  correspondiente a  $\lambda_1$ .
  - El ancho de la campana de difracción correspondiente a  $\lambda_1$  es  $d_0$ .



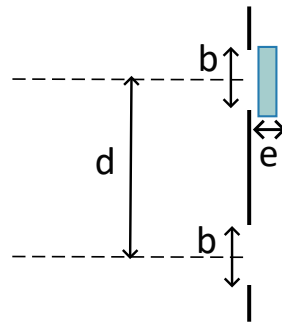
**Datos:**  $\sin(\theta_0) = 0,01$ ; distancia focal de la lente  $L_2 = 3 \text{ m}$ ;  $\lambda_1 = 4000 \text{ \AA}$  y  $\lambda_2 = 5000 \text{ \AA}$ ;  $a_0 = 0,1 \text{ mm}$ ;  $d_0 = 10 \text{ cm}$ .

- a) 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).

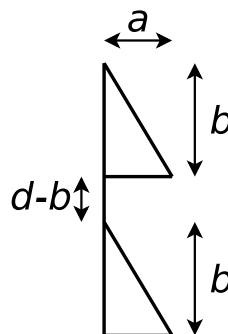
- b) Determinar las posiciones angulares de todos los ceros de interferencia y difracción.
  - c) Determinar las posiciones de los órdenes de interferencia.
  - d) Encontrar los parámetros de la red  $b$  y  $d$ .
  - e) Ambos órdenes (¡cuidado; se trata de órdenes diferentes!) están suficientemente separados entre sí, según el criterio de Rayleigh. Hallar una cota para  $N$ .
12. a) Diga qué entiende por red de transmisión y por red de reflexión. Dé ejemplos de cada tipo.
- b) Idem (a) para red de amplitud y fase.

## Función Transmisión y Redes con patrón

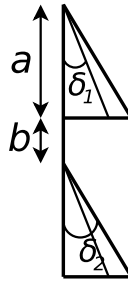
13. Se tienen dos rendijas iguales, de ancho  $b$ , cuya separación entre centros de  $d$ ; las cuales son iluminadas por una fuente puntual monocromática que emite con longitud de onda  $\lambda$  (considere incidencia normal). Detrás de la rendija superior se coloca una lámina de vidrio de espesor  $e$  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
14. a) Escriba la función transmisión para una red de rendijas de ancho  $b$  y período  $d$ .
- b) 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).



15. 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?
16. 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  $\delta_1$  y  $\delta_2$ , 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  $\theta$ .
- 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  $5000 \text{ \AA}$ , y para que se puedan resolver las longitudes de onda de  $5000 \text{ \AA}$  y  $5001 \text{ \AA}$ , en dicho orden.
17. Una red de transmisión de ancho  $2 \text{ cm}$  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 (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  $\lambda$  dada.
- d) Calcule el poder resolvente para el segundo orden.

## Redes por reflexión

18. Se desea estudiar la estructura de una banda en la proximidad de  $4300 \text{ \AA}$ , utilizando una red plana de reflexión de  $10 \text{ cm}$  y  $1200 \text{ líneas/mm}$ . 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.
19. Una red de fase por reflexión tiene  $4800 \text{ facetas/cm}$  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  $\lambda$ .
- c) Si se iluminase la red con  $\lambda = 0.48 \mu\text{m}$ , ¿qué órdenes se verían?

- 
20. Sean dos fuentes puntuales incoherentes colocadas en el plano focal objeto de una lente convergente; ambas emiten la misma  $\lambda$ . 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.
- 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.
  - Repita el cálculo efectuado en (a) si la rendija se reemplaza por una abertura circular de diámetro  $d$ .
21. 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?