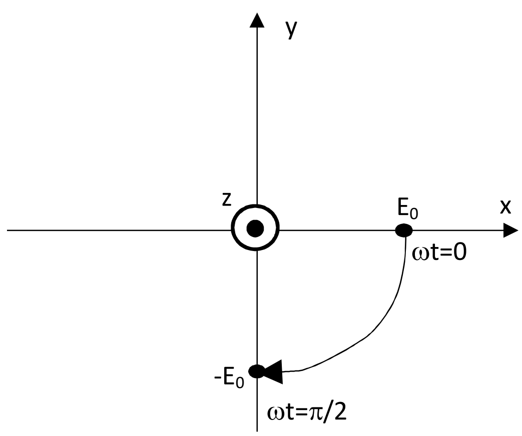
RESPUESTAS GUIA 6 – AÑO 2018

1)

a) Polarización circular dextrógira. Se sabe que es circular porque el desfasaje es $\pi/2$ y porque las amplitudes de E_x y de E_y son iguales. Finalmente, para determinar si es dextrógira o levógira, se hace una tablita:

ωt	E_x en z=0	E_y en z=0
0	E_0	0
$\pi/2$	0	$-E_0$

Como la onda va hacia +z se grafica el eje "z" saliente (para ver venir la onda). Si el eje "y" va hacia arriba, entonces el eje "x" va forzosamente hacia la derecha, de modo que la terna de ejes x-y-z sea positiva.



El giro es a favor del reloj, por lo tanto es dextrógira.

b) Examinando la diferencia de fase, se ve que es de 2π. Por lo tanto es polarización lineal. Haciendo una tabla y graficando para unos pocos valores de (ωt), y haciendo la inversa tangente de E_y/E_x para alguno de los puntos, se verifica que el campo eléctrico apunta a 45° del eje "+x" y a 45° del eje "+y".

2) Aclaración: tanto el polarizador como el analizador son polarizadores. Si no se insertara el polarizador del medio, la intensidad a la salida sería nula. Pero si se usa el polarizador del medio, usando la ley de Malus sucesivamente, determinamos:

$$I_{salida} = I_1 \cos^2\theta \quad \cos^2(90° - \theta) = \frac{I_1}{4}\sin^2(2\theta)$$

Donde I_1 es la intensidad a la salida del primer polarizador.

3)

$$I_{tr} = I_{inc}\ \cos^2\phi\ \cos^2(90° - \phi) = I_{inc}\ \cos^2\phi\ \sin^2\phi = \frac{I_{inc}}{4}\ \sin^2(2\phi)$$

De donde:

$$\phi = 19.62° \qquad\qquad o \qquad\qquad \phi = 70.38°$$

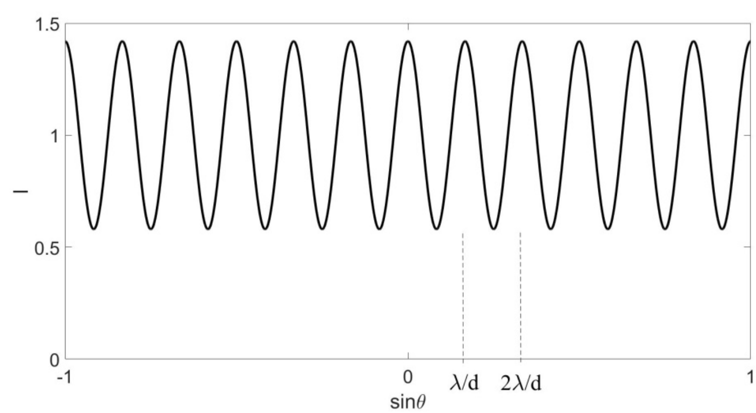
4)

a) Dado que las ondas son planas, la luz que llega a la rendija superior está en fase con la de la rendija inferior. Por lo tanto ambas rendijas emiten en fase, y producen en la pantalla el clásico diagrama de difracción-interferencia, con los mínimos de difracción en $\sin(\theta) = N\,\lambda/a$ y los máximos de interferencia en $\sin(\theta) = M\,\lambda/d$, con M y N enteros.

b) En el espacio que hay entre P_2 y P_3 con P_4 existe una superposición de ondas incoherentes entre sí, ya que P_2 y P_3 se encuentran cruzados entre sí. Sin embargo, P_4 hace que a la derecha de P_4, es decir para el espacio que incluye a la pantalla, la onda sea nuevamente coherente, ya que P_4 suma el 70.7% del campo eléctrico proveniente de la rendija superior con el 70.7% del campo eléctrico proveniente de la rendija inferior.
Ahora, todo depende de cómo llegue polarizada la onda a las rendijas. Si llegaran linealmente polarizada a 45° de P_2 y P_3 ambas rendijas emitirían igual amplitud. Entonces el diagrama de la pantalla sería como el del inciso (a), pero con 4 veces menos intensidad, ya que P_2 y P_3 se quedan con el 70.7% del campo eléctrico, y luego lo hace P_4, resultando en un 50% del campo eléctrico que llega a pantalla.
Sin embargo, si la luz incidente llega en un ángulo distinto a P_2 que a P_3, el campo eléctrico de la rendija superior es distinta que la de la inferior. En ese caso, la intensidad se puede escribir como suma de las individuales (medidas justo antes de P_4) más un término proporcional al coseno del desfasaje percibido por el observador (pantalla):

$$I_R = I_2 + I_3 + 2\sqrt{I_2 I_3}\cos(kd\sin\theta)$$

Por ejemplo, si $I_2 = 0.7$ e $I_3 = 0.3$, la intensidad I_R queda:



Como las rendijas poseen ancho a, cada punto de cada rendija interfiere con otros puntos de la misma rendija. Entonces, la intensidad resultante será la del gráfico anterior, modulada por la envolvente del factor de difracción. Además, se tiene en cuenta el factor $1/2$ por la atenuación de P_4 (ley de Malus a 45°)

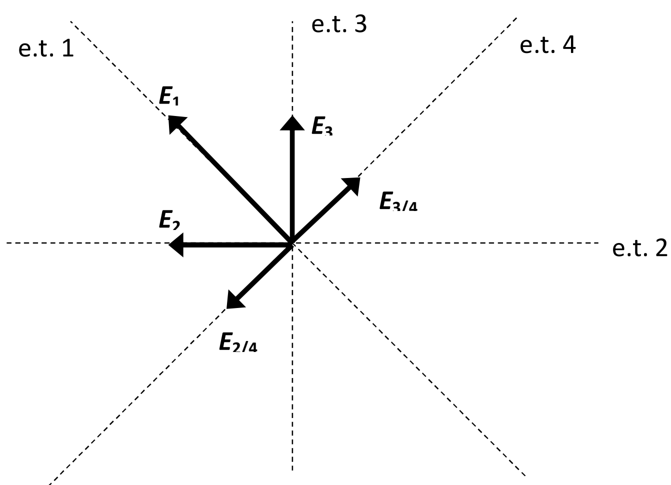
$$I = I_R \frac{\sin^2\left(\frac{ka}{2}\sin\theta\right)}{\left(\frac{ka}{2}\sin\theta\right)^2}\frac{1}{2}$$

Una patrón de intensidad similar al del gráfico anterior, modulado por la difracción, se obtiene si incide sobre el conjunto de rendijas una onda circularmente polarizada, ya que a medida que rota el campo eléctrico incidente, las intensidades I_2 e I_3 van turnándose en ser una mayor que la otra.

c) Al no estar P_4, a la pantalla llega una superposición de ondas incoherentes entre sí, ya que P_2 y P_3 se encuentran cruzados entre sí. Entonces las rendijas no interfieren entre sí, sumándose las intensidades individuales. Pero las rendijas poseen ancho a, entonces cada punto de cada rendija interfiere con otros puntos de la misma rendija, de modo que la intensidad resultante es:

$$I = (I_2 + I_3)\frac{\sin^2\left(\frac{ka}{2}\sin\theta\right)}{\left(\frac{ka}{2}\sin\theta\right)^2}$$

d) Todo campo eléctrico que sale de P_1 pasa por las rendijas y llega a P_2 y P_3. Luego pasa por P_4.



Al igual que en el inciso (b), los campos E_2 y E_3 son mutuamente incoherentes, por estar a 90° entre sí. Pero P_4, al igual que en el inciso (b), les devuelve la coherencia. Por lo tanto las rendijas interfieren entre sí. Pero como se ve en la figura anterior, E_2 se encuentra en fase con E_3. Pero las proyecciones sobre el eje de transmisión de P_4

se suman al revés. Esto equivale a tener dos rendijas que interfieren en contrafase. Entonces:

$$I = \left[I_2 + I_2 + 2\sqrt{I_2\, I_2}\cos(k\, d \sin\theta + \pi)\right]\frac{\sin^2\left(\frac{ka}{2}\sin\theta\right)}{\left(\frac{ka}{2}\sin\theta\right)^2}\frac{1}{2}$$

$$I = 2I_2[1 - \cos(k\, d\sin\theta)]\frac{\sin^2\left(\frac{ka}{2}\sin\theta\right)}{\left(\frac{ka}{2}\sin\theta\right)^2}\frac{1}{2}$$

Recuerde que si hubiera sido [1+cos] en lugar de [1-cos] habría sido una interferencia clásica de fuentes en fase. Pero con [1-cos] el diagrama de interferencia queda invertido, con un cero en el centro y ceros en $sin\theta = N\lambda/d$. Todo modulado por el factor de difracción.

e) Al estar P_1 inclinado 45°, la luz emitida por las rendijas posee dicha polarización lineal. Por lo tanto, las ondas son bloqueadas por P_4, no llegando luz a la pantalla.

5)

a)

$$F = \frac{I\, A}{c} = \langle u \rangle\, A$$

b)

$$\tau = \frac{\langle u \rangle\, A\, \lambda}{2\pi}$$

c)

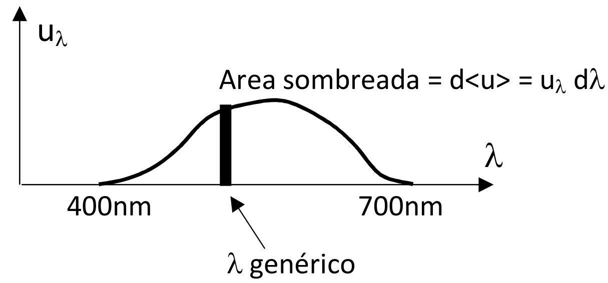
En cuanto a la fuerza, no depende de la frecuencia, y el resultado es el mismo que en el inciso (a).

En cuanto a la cupla, en cambio:

$$\langle \mathcal{L} \rangle = \frac{\langle u \rangle}{\omega}$$

Ese es el ímpetu angular por unidad de volumen. Pero si la onda es policromática, no podemos usar la fórmula así, ya que, ¿cuál ω reemplazaríamos?

Entonces tomamos un diferencial de <u>, para el cual sí el λ posee un valor único:



$$d\langle \mathcal{L} \rangle = \frac{d\langle u \rangle}{\omega} = \frac{u_\lambda \, d\lambda}{\omega} = \frac{u_\lambda \, \lambda \, d\lambda}{2\pi \, c}$$

$$\langle \mathcal{L} \rangle = \frac{1}{2\pi \, c} \int_0^\infty u_\lambda \, \lambda \, d\lambda = \frac{1}{2\pi \, c} \int_{400nm}^{700nm} u_\lambda \, \lambda \, d\lambda$$

Ahora sí, en un dt llega al objeto un dVol=A c dt. De donde:

$$\langle \mathcal{L} \rangle = \frac{A}{2\pi} \int_{400nm}^{700nm} u_\lambda \, \lambda \, d\lambda$$

6) ¿Qué ángulo es mayor? ¿El de Brewster o el ángulo crítico?

7) El ángulo cumple con:

$$\tan \theta_{BR} = \frac{n_2}{n_1}$$

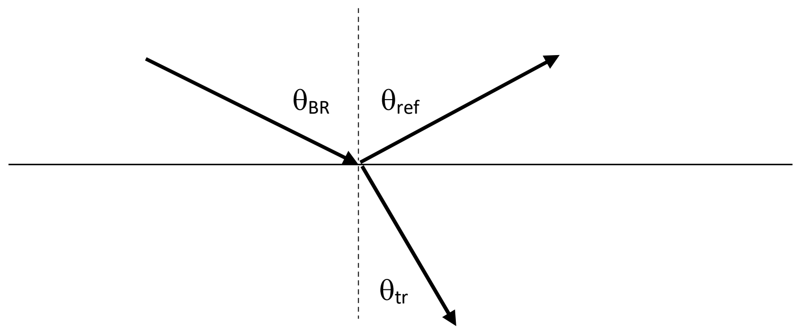
$$\frac{\sin \theta_{BR}}{\cos \theta_{BR}} = \frac{n_2}{n_1}$$

Por Snell:

$$\frac{\sin \theta_{BR}}{\cos \theta_{BR}} = \frac{\sin \theta_{inc}}{\sin \theta_{tr}}$$

El ángulo de Brewster es un ángulo de INCIDENCIA para el cual se produce la polarización de la luz reflejada. Por lo tanto, $\theta_{BR}=\theta_{inc}$. Entonces, de la ecuación anterior surge:

$$\cos \theta_{BR} = \sin \theta_{tr}$$



De donde θ_{BR} y su correspondiente θ_{tr} son ángulos complementarios entre sí:

$$\theta_{BR} + \theta_{tr} = \frac{\pi}{2}$$

Pero siempre el θ_{ref} (reflejado) es igual al incidente θ_{BR}. Entonces:

$$\theta_{ref} + \theta_{tr} = \frac{\pi}{2}$$

De esta ecuación, y observando el gráfico anterior, se deduce que el rayo reflejado es perpendicular al transmitido.

8) $\theta_{inc} = 53.13°$, <u>respecto de la normal</u>

9) Con la nueva longitud de onda:

$$\Delta\varphi_{LAM} = \Delta \mathrm{n}\, \mathrm{k}_{\mathrm{vacio}}\, d = \Delta n \, \frac{2\pi}{400nm}\, d = 2\left(\Delta n\, \frac{2\pi}{800nm}\, d\right) = 2\,\frac{\pi}{2} = \pi\, rad$$

La lámina es de media onda con λ_0=400nm. Entonces, según el ejemplo #1 del apunte, una onda <u>linealmente polarizada</u> que se encuentra con una lámina retardadora de <u>media onda</u> rota un ángulo de (2α), donde α es el ángulo entre el campo eléctrico incidente y el eje óptico.
En el caso de este ejercicio, α=45°, por lo tanto el campo eléctrico a la salida habrá rotado 90° respecto al campo eléctrico incidente.

10)

a) Funciona como una lámina retardadora cuyo $\Delta\varphi_{LAM}$ es proporcional al voltaje aplicado V al cuadrado (ver apunte).

b) Cuando se aplicaban 1410 Volts, se comportaba como lámina de media onda, ya que la celda hacía rotar el campo eléctrico en 90° (como la lámina retardadora del ejercicio 11) y así se obtenía una salida de intensidad máxima. Ahora se aplican 1000V y entonces:

$$\Delta\varphi_{LAM} = \left(\frac{1000}{1410}\right)^2 \pi = \frac{\pi}{2}\ rad$$

Como la celda Kerr ahora actúa como lámina de cuarto de onda, e incide un campo eléctrico a 45° del eje óptico, entonces a la salida de la celda hay una onda circularmente polarizada.

c) Al incidir la onda circularmente polarizada sobre el último polarizador, emerge la mitad de la intensidad I_0 que salía antes (cuando sobre el último polarizador incidía una onda linealmente polarizada con ángulo cero respecto de su eje de transmisión).