

Práctico N° 6- ÓPTICA FÍSICA Y FÍSICA MODERNA

Propiedades ondulatorias de la luz, interferencia, polarización, difracción y física moderna

6.1.1- Una pantalla de observación está puesta a una distancia de 1,2 m de una fuente de doble rendija. Si la distancia entre las dos rendijas es de 0,030 mm y la franja brillante de segundo orden está a 4,5 cm de la línea central,

- a) determinar la longitud de onda de la luz
- b) calcular la distancia entre franjas brillantes adyacentes

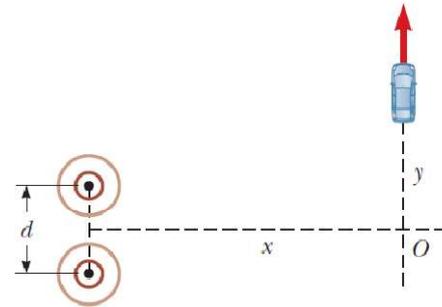
6.1.2- En un patrón de interferencia de doble rendija, la distancia entre el primer mínimo y el décimo es de 18 mm. Si la distancia entre las dos rendijas es de 0,15 mm y la pantalla está a 50 cm de las mismas, ¿cuál es la longitud de onda de la luz incidente?

6.1.3- Dos antenas de radio separadas $d= 300$ m transmiten simultáneamente señales idénticas a la misma longitud de onda. Un automóvil viaja hacia el norte, a lo largo de una línea recta en la posición $x= 1000$ m desde el punto central entre las antenas y su radio recibe las señales.

a) Si el auto está en la posición del segundo máximo, después de haber recorrido una distancia $y = 400$ m hacia el norte. ¿Cuál es la longitud de onda de las señales?

b) ¿Qué tan lejos debe viajar el auto, desde esta posición para encontrar el mínimo siguiente de recepción?

Sugerencia: No utilice la aproximación de ángulo pequeño en este ejercicio para encontrar el siguiente mínimo.



6.1.4- Un par de rendijas, separadas 0,150 mm, se ilumina con luz que tiene una longitud de onda $\lambda = 643$ nm. Sobre una pantalla a 140 cm de las rendijas se observa un patrón de interferencia. Considere un punto sobre la pantalla ubicado en $y = 1,80$ cm del máximo central de este patrón.

- a) ¿Cuál es la diferencia de trayectoria δ para las dos rendijas en la posición y ?
- b) Expresé esta diferencia de trayectoria en términos de la longitud de onda.
- c) ¿La interferencia corresponderá a un máximo, un mínimo o una condición intermedia?

6.1.5- Un estudiante monta un experimento de doble rendija con luz monocromática que tiene longitud de onda λ . La distancia entre las rendijas es igual a 25λ .

- a) Encuentre los ángulos a los cuales ocurren los máximos $m = 1, 2$ y 3 sobre la pantalla de visualización.
- b) ¿A qué ángulos ocurren las primeras tres franjas oscuras?
- c) ¿Por qué las respuestas están tan equitativamente espaciadas? ¿El espaciamiento es equitativo para todos los órdenes? Explique

6.1.6- Una película de índice de refracción 1,33 y espesor 320 nm está suspendida en el aire. Si luz blanca incide normalmente sobre ella, ¿qué color tendrá la luz reflejada?

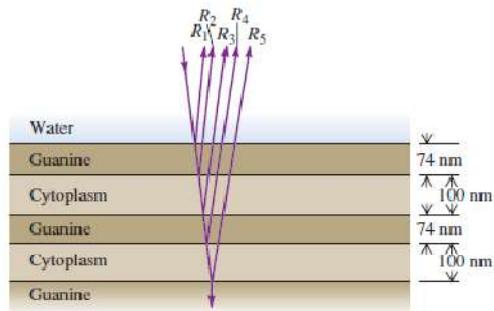
Rangos aproximados de longitud de onda para el espectro visible: $\lambda_{\text{violeta}}=380-430\text{nm}$, $\lambda_{\text{añil}}=430-450\text{nm}$, $\lambda_{\text{azul}}=450-500\text{nm}$, $\lambda_{\text{celeste}}=500-520\text{nm}$, $\lambda_{\text{verde}}=520-565\text{nm}$, $\lambda_{\text{amarillo}}=565-590\text{nm}$, $\lambda_{\text{naranja}}=590-625\text{nm}$, $\lambda_{\text{rojo}}=625-780\text{nm}$.

6.1.7- La luz blanca que incide en una pompa de jabón tiene en el espectro visible un solo máximo de interferencia para $\lambda=600\text{nm}$ y un solo mínimo en el extremo violeta del espectro. Si el índice de refracción de la pompa es 1,33; ¿cuánto vale el espesor de la pompa?

6.1.8- Difracción- a) Luz con 600 nm de longitud de onda cae sobre una rendija de 0,400 mm de ancho y forma un patrón de difracción sobre una pantalla a 1,50 m de distancia. Encuentre la posición de la primera banda oscura a cada lado del máximo central y el ancho del máximo central.

b) Una pantalla se coloca a 50,0 cm de una sola rendija, que se ilumina con luz de 680 nm de longitud de onda. Si la distancia entre el primero y tercer mínimos en el patrón de difracción es 3,00 mm, ¿cuál es el ancho de la rendija?

c) El espectro del hidrógeno tiene una línea roja a 656 nm y una línea violeta a 434 nm. ¿Qué separación angular entre estas dos líneas espectrales se obtiene con una rejilla de difracción que tiene 4.500 líneas/cm?



6.1.9- Recubrimiento reflectante y los arenques- Los arenques y otros peces similares tienen un aspecto plateado brillante que les sirve de camuflaje cuando nadan en el océano iluminados por la luz del Sol. Esta apariencia se debe a las plaquetas adheridas a la superficie corporal de estos peces. Cada plaqueta está hecha de varias capas alternadas de guanina cristalina ($n = 1,800$) y de citoplasma ($n = 1,333$, un valor igual al del agua), con una capa de guanina en el exterior en contacto con el agua. En una plaqueta común, las capas de guanina miden 74 nm de espesor y las capas de citoplasma miden 100 nm de espesor.

a) Cuando llega luz a la superficie de la plaqueta con incidencia normal, ¿para qué longitudes de onda de la luz visible en el vacío estarán aproximadamente en fase todas las reflexiones R_1, R_2, R_3, R_4 y R_5 , mostradas en la figura? Si a esta plaqueta la alcanza luz blanca, ¿qué color se reflejará con más intensidad?

La superficie de un arenque tiene muchas plaquetas unas al lado de las otras en capas de diferente espesor, de manera que se reflejan las longitudes de onda visibles.

b) Explique por qué una "pila" de capas es más reflectante que una sola capa de guanina con citoplasma debajo de ella. (Una pila de cinco capas de guanina separadas por capas de citoplasma refleja más del 80% de la luz incidente con la longitud de onda para la que está "sintonizada").

c) El color que se refleja con más intensidad en una plaqueta depende del ángulo con que se mira. Explique por qué debe ser así. (Estos cambios de color se aprecian si se observa un arenque desde distintos ángulos. La mayoría de las plaquetas de estos peces están orientadas de la misma manera, en forma tal que quedan verticales cuando el pez nada).

6.1.10- Polarización- a) Luz no polarizada pasa a través de dos hojas Polaroid. El eje de transmisión del analizador forma un ángulo de 35.0° con el eje del polarizador. ¿Qué fracción de la luz no polarizada original se transmite a través del analizador y qué fracción de la luz original se absorbe en el analizador?

b) El ángulo crítico para reflexión interna total para zafiro rodeado por aire es $34,4^\circ$. Calcule el ángulo de Brewster para el zafiro si la luz incide desde el aire.

c) Luz con longitud de onda en vacío de 546,1 nm cae en forma perpendicular sobre un espécimen biológico que tiene 1,000 mm de grueso. La luz se divide en dos haces polarizados en ángulos rectos, para los cuales los índices de refracción son 1,320 y 1,333, respectivamente. Calcule la longitud de onda de cada componente de la luz mientras recorre el espécimen y la diferencia de fase entre los dos haces cuando salen del espécimen.

6.2.1- Se ilumina una superficie de potasio con luz ultravioleta de longitud de onda 2500 Å. La función de trabajo del potasio vale 2,21 eV.

a) ¿Cuál es la máxima energía cinética de los electrones emitidos?

b) Suponiendo que la luz ultravioleta tiene una intensidad $2,00 \text{ W/m}^2$, calcule el número de electrones emitidos por unidad de área y por unidad de tiempo.

6.2.2- El emisor de un tubo fotoeléctrico tiene una longitud de onda umbral de 6000 Å. Calcular la longitud de onda de la luz incidente si el potencial de frenado para esta luz es de 2,50 V.

6.2.3- El potencial de frenado para fotoelectrones emitidos desde una superficie iluminada con luz de longitud de onda $\lambda = 491 \text{ nm}$ es 0,710 V. Cuando se cambia la longitud de onda incidente, se encuentra que el potencial de frenado es 1,43V. Determine dicha longitud de onda.

6.2.4- Rayos X con una longitud de onda de $71,0 \times 10^{-12} \text{ m}$ se dirigen a una lámina de oro y expulsan electrones fuertemente unidos de los átomos de oro. Los electrones expulsados luego se mueven en trayectorias circulares de radio r en una región donde existe un campo magnético uniforme B .

Para los electrones más rápidos que son expulsados, el producto $B.r$ es igual a $1,88 \times 10^{-4} \text{ T.m}$.

¿Cuánto vale la función trabajo del oro?

Identifique entre las siguientes afirmaciones relacionadas con el experimento anterior las que son correctas:

i) El radio de la órbita circular seguida por los fotoelectrones expulsados depende de la longitud de onda de los rayos X incidentes sobre la placa.

ii) La energía cinética de los fotoelectrones emitidos desde un determinado material es mayor cuanto mayor sea la longitud de onda de la luz incidente sobre el mismo.

iii) La fuerza magnética no realiza trabajo sobre los fotoelectrones expulsados.

6.2.5- La energía de un átomo de hidrógeno es $E_n = -13,6/n^2$ eV, donde n es un número entero que identifica el nivel de energía.

- ¿Qué energía del fotón se necesita para excitar el electrón del hidrógeno desde el estado base ($n=1$) hasta el nivel $n=2$?
- ¿Cuál es la mayor frecuencia de fotón que puede emitir el átomo de hidrógeno?
- ¿Qué podemos decir de la menor frecuencia de fotón que puede emitir el átomo de hidrógeno?

6.2.6- Un electrón de un átomo cuyos niveles de energía están dados por la ecuación $E_n = -7,8/n^2$ keV (para n entero), pasa del estado $n=2$ al estado $n=1$ sin emitir ningún fotón. En lugar de eso, el exceso de energía se transfiere a un electrón del estado $n=4$, el cual es expulsado del átomo (este proceso se llama Auger).

Calcule la energía cinética de dicho electrón.

6.2.7- De acuerdo al modelo de Bohr, la energía de un átomo de hidrógeno, expresada en electrón-volt vale: $E_n = -\frac{13,6 \text{ eV}}{n^2}$, donde n es un número entero que identifica el nivel de energía.

¿Cuánto debe valer la longitud de onda del fotón que se necesita para excitar el electrón del hidrógeno desde el estado base ($n=1$) hasta el nivel $n=3$?

Identifique entre las siguientes afirmaciones relacionadas con el experimento anterior las que son correctas:

- La energía que debe tener el fotón para que el electrón realice la transición anterior es de 15,1 eV.
- La diferencia de energía entre dos niveles de energía consecutivos es tanto menor cuanto mayor sea el n .
- La mayor frecuencia que puede tener un fotón emitido por un átomo de hidrógeno es de $3,29 \times 10^{15}$ Hz.

6.2.8- Calcule la longitud de onda de De Broglie para un núcleo de átomo de hidrógeno de 1,0 Å de diámetro y para un automóvil de 1,0 tonelada de masa y 2,0 m de longitud, si ambos se mueven a 80 km/h. En base a estos resultados, explique porque la naturaleza ondulatoria de la materia no es evidente a escala macroscópica.

6.2.9- Calcular el potencial bajo el cual debe acelerarse un electrón de forma que éste adquiera una longitud de onda de De Broglie de 1,0 Å.

6.2.10- En una región donde existe un campo magnético uniforme de valor $B = 12,0$ mT, se observa que un electrón describe una órbita circular de radio $R = 1,42$ mm. ¿Cuánto vale la longitud de onda de De Broglie asociada a dicho electrón?

Identifique entre las siguientes afirmaciones relacionadas con el experimento anterior las que son correctas:

- La longitud de onda de De Broglie (λ) de una partícula que tiene una cantidad de movimiento p , vale $\lambda = h/p$, siendo h la constante de Planck.
- Para que el electrón describa la órbita indicada en la situación descrita, su velocidad debe valer aproximadamente $c/10$, siendo c la velocidad de la luz en el vacío.
- Si en lugar de un electrón, fuera un protón, y los valores de B y R fueran los mismos, la longitud de onda de De Broglie sería menor.

6.2.11- Un haz de luz violeta de una longitud de onda de 400 nm incide sobre una placa de cesio, emitiendo fotoelectrones. La función de trabajo para el cesio es de 2,14 eV. ¿Cuánto vale la longitud de onda de De Broglie de los fotoelectrones más rápidos que se emiten?

Identifique entre las siguientes afirmaciones relacionadas con el experimento anterior las que son correctas:

- La frecuencia umbral para el cesio vale $2,17 \times 10^{14}$ Hz.
- La energía cinética máxima de los electrones emitidos es directamente proporcional a la diferencia entre la frecuencia de los fotones y la frecuencia umbral.
- La energía cinética de los fotoelectrones emitidos desde un determinado material es mayor cuanto mayor sea la longitud de onda de la luz incidente sobre el mismo.
- La energía cinética máxima de los fotoelectrones emitidos vale $1,54 \times 10^{-19}$ J.