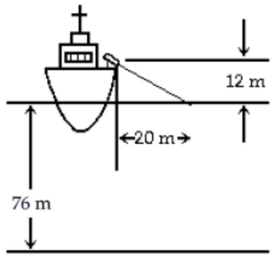
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
INSTITUTO DE CIENCIAS FÍSICAS
I TÉRMINO 2011-2012
SEGUNDA EVALUACIÓN
DE FÍSICA D

SOLUCIÓN

PROBLEMA 1 (6 puntos)
En la figura un láser colocado en un barco se utiliza para comunicarse con un pequeño submarino de investigación que reposa sobre el fondo de un lago. El láser está colocado 12 metros arriba de la superficie del agua y pulsa el agua a 20 metros del lado del barco. El agua tiene una profundidad de 76 metros y tiene un índice de refracción de 1.33. ¿Qué tan lejos se encuentra el submarino del lado del barco?



$$\theta_a = \tan^{-1}\left(\frac{20\text{ m}}{12\text{ m}}\right) = 59°$$

$$\Rightarrow \theta_b = \sin^{-1}\left(\frac{n_a}{n_b}\sin\theta_a\right) = \sin^{-1}\left(\frac{1.00}{1.33}\sin 59°\right) = 40°.$$

Así que la distancia a lo largo de la parte inferior del lago desde directamente de donde la luz entra es:

$$x = (76.0\text{ m})\tan\theta_b = (76.0\text{ m})\tan 40° = 64\text{ m}.$$

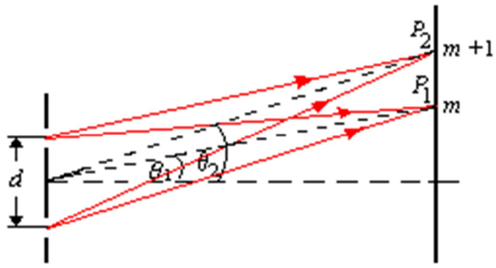
Y desde el barco:

$$\Rightarrow x_{\text{total}} = 20\text{ m} + x = 20\text{ m} + 64\text{ m} = 84\text{ m}.$$

PROBLEMA 2 (8 puntos)
¿Qué tan separadas deben estar las ranuras de una doble rendija para producir franjas de interferencia constructiva separadas 1° sobre una pantalla distante? Suponer que se tiene una luz de sodio (λ = 589 *nm*).

Solución:

$\Delta\theta = 1° = 0.0174\ rad$
$\Lambda = 589\ nm = 589 \times 10^{-9}\ m$



El patrón de interferencia que se observa en la pantalla consiste en franjas oscuras (los mínimos) y franjas amarillas (los máximos) entre ellas. El punto P_1 corresponde a la posición de un máximo de orden *m* y el punto P_2 corresponde al máximo adyacente de orden (m + 1). La posición angular del máximo de orden *m* es θ_1 y del máximo (m + 1) es θ_2. Utilizando la fórmula de los máximos de interferencia, se obtiene para el orden *m*

$$dsen\theta_1 = m\lambda \qquad (1)$$

y para el orden (m+1)

$$dsen\theta_2 = (m + 1) \qquad (2)$$

Resolviendo las ecuaciones (1) y (2), tenemos

$$d(sen\theta_2 - sen\theta_1) = \lambda \qquad (3)$$

Para los ángulos θ suficientemente pequeños se puede utilizar la aproximación

$$sen\theta \approx tg\theta \approx \theta.$$

Sustituyendo en la ecuación (3) $sen\theta$ por θ, se tiene

$$d(\theta_2 - \theta_1) = \lambda;$$

$$d\Delta\theta = \lambda;$$

$$d = \frac{\lambda}{\Delta\theta};$$

$$d = \frac{589 \cdot 10^{-9} m}{0,0174} = 0,034 \cdot 10^{-3} m = 0,034 mm.$$

PROBLEMA 3 (6 puntos)

Sea una onda electromagnética que se propaga en el vacío y cuyo campo eléctrico, en unidades SI, es:

$$E_y = 12 \cos(0.419x - 4\pi\times10^7 t)$$

Determinar:

a) la dirección de propagación: a lo largo del eje x positivo
b) la longitud de onda: $\lambda = \frac{2\pi}{k} = \frac{2\pi}{0.419} = 15\ m$

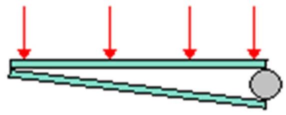
c) el valor de la amplitud del campo eléctrico: $E_{máx}$ = 12 V/m

d) el valor de la amplitud del campo magnético B asociado: $B_{máx} = \frac{E_{máx}}{c} = 40\ nT$
e) el valor instantáneo y el valor promedio del flujo de energía por unidad de superficie perpendicular a la dirección de propagación

$$I_{ins} = S = \frac{E_{máx} B_{máx}}{\mu_0} = 0.382\ W/m^2$$

$$I_{pro} = \bar{S} = \frac{E_{máx}^2}{2\mu_0 c} = 0.191\ W/m^2$$

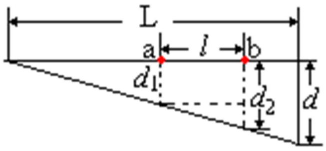
PROBLEMA 4 (8 puntos)



Una fuente luminosa extendida ilumina perpendicularmente a dos placas de vidrio de 10 *cm* de longitud que se tocan en un extremo y están separadas por un alambre de 0.05 *mm* de diámetro en el otro. La distancia entre las franjas de interferencia destructiva es de 0.6 *mm*. Calcular la longitud de onda de la luz incidente.

La interferencia ocurre por reflexión de la cuña de aire formada entre las placas de vidrio. En este caso es el rayo de la parte inferior de la película (de aire) y no es de la parte superior el que sufre un cambio de fase de 180° porque es el que se refleja del medio mayor índice de refracción.

Supongamos que los puntos *a* y *b* corresponden a dos mínimos consecutivos; *d* es el diámetro del alambre.



Para estos dos puntos se cumple la condición de los mínimos de interferencia por reflexión en las láminas delgadas

$$2d_1n = m\lambda;$$
$$2d_2n = (m + 1)\lambda,$$

Donde m = 0,1,2,3,...

De estas dos ecuaciones tenemos

$$d_2 - d_1 = \frac{\lambda}{2}.$$

De la figura se ve, que

$$\frac{d_2 - d_1}{d} = \frac{l}{L}.$$

Sustituyendo $d_2 - d_1$ por $\lambda/2$, se tiene

$$\frac{\lambda}{2d} = \frac{l}{L};$$

$$\lambda = \frac{2dl}{L};$$

$$\lambda = \frac{2.0,05m.0,6.10^{-3}m}{10.10^{-2}m} = 600.10^{-9}m = 600nm.$$

PROBLEMA 5 (8 puntos)
Un haz de luz monocromática incide perpendicularmente sobre cuatro rendijas muy estrechas e igualmente espaciadas. Si se cubre dos rendijas en el centro el máximo de interferencia de cuarto orden se ve bajo el ángulo de 30°. ¿Bajo qué ángulo se ve el máximo de primer orden si se cubre dos rendijas, una en cada extremo, dejando las dos en el centro abiertas?

Si se cubre dos rendijas 2 y 3 (en el centro), en el punto P_1 de la pantalla se va a interferir los haces que provienen de las rendijas 1 y 4, formando un máximo de intensidad bajo el ángulo $\theta_1 = 30°$ (fig.1) La distancia entre las rendijas adyacentes es d_1 y la distancia entre las rendijas 1 y 4 es $d_2 = 3d_1$.

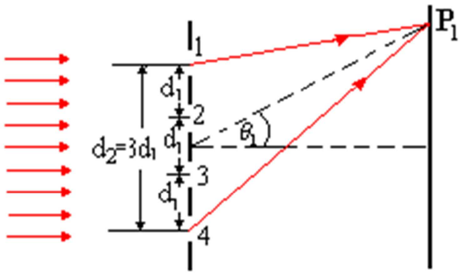


Fig.1.

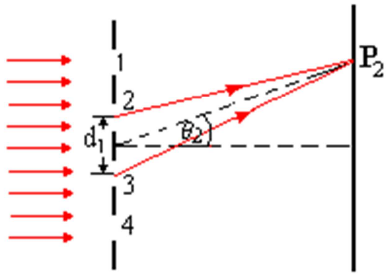


Fig.2.

Utilizando la condición de los máximos, se obtiene

$$d_2 sen\theta_1 = m_1\lambda;$$

$$3d_1 sen 30^0 = 4\lambda;$$

$$3d_1 \cdot \frac{1}{2} = 4\lambda.$$

De aquí tenemos

$$d_1 = \frac{8\lambda}{3}. \qquad (1)$$

Cuando se cubre las rendijas 1 y 4 y quedan las rendijas 2 y 3 descubiertas el máximo de interferencia ocurre en el punto P_2 bajo el ángulo θ_2.

Utilizando otra vez la condición de los máximos, se obtiene

$$d_1 sen\theta_2 = m_2\lambda,$$

de donde

$$sen\theta_2 = \frac{m_2\lambda}{d_1}.$$

Sustituyendo d_1 por la expresión (1) y m_2 por 1, tenemos

$$sen\theta_2 = \frac{1\cdot\lambda}{\frac{8\lambda}{3}} = \frac{3}{8} = 0{,}375;$$

$$\theta_2 = 22º.$$

PROBLEMA 6 (8 puntos)
Se quiere girar el plano de polarización de un rayo de luz polarizado en un ángulo de 35˚ con una reducción de la intensidad máxima del 10%. Determine el número de polarizadores perfectos necesarios para alcanzar esta meta.

El primer polarizador tiene su eje a un ángulo θ con respect0 al plano original de polarización y cada polarizador siguiente tiene su eje girado el mismo ángulo.

A través del primer polarizador pasa una intensidad $I_{máx}\cos^2\theta$.
Por el segundo polarizador pasa $I_{máx}\cos^4\theta$,
A través del n-ésimo polarizador pasa $I_{máx}\cos^{2n}\theta \geq 0.90I_{máx}$

Donde θ = 35°/n

Tratando con diferentes valores para n se encuentra que

n = 2 $\cos^{2\times2}(35°/2) = 0.827$,

n = 3 $\cos^{2\times3}(35°/3) = 0.882$,

n = 4 $\cos^{2\times4}(35°/4) = 0.911$,

De allí que se requieren 4 polarizadores perfectos para lograr este objetivo, cada uno girado 8.75° con respecto al otro.

PROBLEMA 7 (8 puntos)
Una fuente de luz, con longitud de onda λ, ilumina un metal y expulsa fotoelectrones con una energía cinética máxima de 1 eV. Una segunda fuente luminosa, con la mitad de la longitud de onda de la primera fuente, expulsa fotoelectrones con una energía cinética máxima de 4 eV. ¿Cuál es la función trabajo del metal?

$$\lambda_1 = 2\lambda_2$$

$$c/f_1 = 2c/f_2$$

$$f_2 = 2f_1$$

$$K_{máx} = hf - \phi$$

$$1 \text{ eV} = hf_1 - \phi \qquad (1)$$

$$4 \text{ eV} = hf_2 - \phi = 2hf_1 - \phi \qquad (2)$$

$$(2) - 2(1) \qquad \Rightarrow \qquad \phi = 2 \text{ eV}$$

PROBLEMA 8 (8 puntos)
Radiación de 1 Å (10^{-10} m) hace dispersión Compton con una placa de carbón. La radiación dispersada se observa en una dirección perpendicular a la incidente.

a) ¿Cuánto vale la longitud de onda dispersada? (4 puntos)

$$\lambda' = \lambda_0 + \frac{h}{m_e c}(1-\cos\theta) = 10^{-10} + (2.43\times10^{-12})(1-\cos 90°) = 1.02\text{Å}$$

b) ¿Cuánto vale la energía cinética del electrón? (4 puntos)

$$K = E_0 - E = h(f_0 - f) = hc(1/\lambda_0 - 1/\lambda)$$

$$K = 3.90 \times 10^{-37} \text{ J} = 2.44 \times 10^{-18} \text{ eV}$$