



Universidad Central de Venezuela
Facultad de Ciencias
Escuela de Física

Problemario de Ondas Electromagnéticas, Luz y Óptica

Física General III

Prof. Anamaría Font

Marzo 2009

Índice

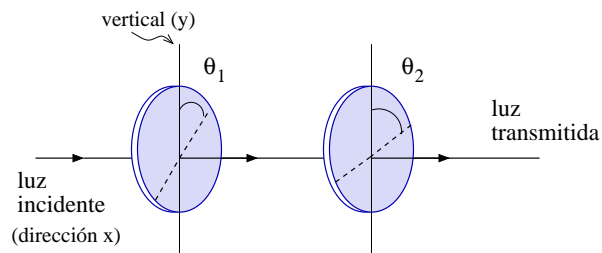
| | |
|---------------------------------------|-----------|
| 1. Ondas Electromagnéticas | 3 |
| 2. Óptica Geométrica | 6 |
| 2.1. Reflexión y Refracción | 6 |
| 2.2. Espejos | 8 |
| 2.3. Lentes | 9 |
| 3. Óptica Física | 11 |
| 3.1. Interferencia | 11 |
| 3.2. Redes de Difracción | 12 |
| 3.3. Difracción | 12 |

1. Ondas Electromagnéticas

- 1.1) La vibración de una molécula de HCl produce ondas electromagnéticas de frecuencia $8,0 \times 10^{13}$ Hz. Determinar:
- la longitud de onda correspondiente.
 - el rango de las ondas (¿ UV, Visible ó IR ?).
- (R: a) 3750 nm, b) IR)
- 1.2) El rango de luz visible para la abeja melífera se encuentra entre las longitudes de onda $\lambda_{min} = 300$ nm y $\lambda_{max} = 600$ nm aproximadamente.
- Determinar el rango de frecuencias visibles para la *Apis mellifica*.
 - ¿ Qué colores, visibles para el humano, son invisibles para la abeja ? Justifique su respuesta.
- (R: a) $f_{min} = 5 \times 10^{14}$ Hz, $f_{max} = 10 \times 10^{14}$ Hz, b) colores entre rojo y naranja)
- 1.3) La luz de un láser de He-Ne tiene longitud de onda 632,8 nm en el vacío. Hallar:
- la frecuencia de la luz.
 - la longitud de onda en agua de $n = 1,33$.
- (R: a) $4,74 \times 10^{14}$ Hz, b) 475,8 nm)
- 1.4) La amplitud del campo eléctrico de una onda de radio es $1,5 \times 10^{-5}$ N/C. Hallar:
- la intensidad promedio de la onda ($\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}$ C²/Nm²).
 - la amplitud del campo magnético de la onda.
 - la dirección del campo magnético si la dirección de propagación es $(\hat{i} + \hat{j})/\sqrt{2}$ y la dirección del campo eléctrico es $(\hat{i} - \hat{j})/\sqrt{2}$.
- (R: a) $2,99 \times 10^{-13}$ W/m², b) 5×10^{-14} T, c) $-\hat{k}$)
- 1.5) Una antena lineal de TV recibe ondas electromagnéticas de frecuencia 210×10^6 Hz. La señal es una onda armónica con valor máximo del campo magnético $B_m = 1,5 \times 10^{-9}$ T. Hallar:
- El valor máximo del campo eléctrico de la onda.
 - La intensidad de la radiación recibida por la antena.
 - La longitud de la antena sabiendo que es igual a la mitad de la longitud de onda.
- (R: a) 0,45 N/C, b) $2,688 \times 10^{-4}$ W/m², c) 0,714 m)

- 1.6) El ojo humano puede adaptarse hasta detectar luz de intensidad $1,0 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2$. En estas condiciones,
- determine la amplitud del campo eléctrico detectado.
 - ¿ Es posible detectar la luz de un bombillito de 5 W a 100 Km de distancia ?
(R: a) $2,74 \times 10^{-5} \text{ V/m}$, b) Si, $I = 3,98 \times 10^{-11} \text{ W/m}^2$)
- 1.7) Una lámina de vidrio ($n = 1,5$) tiene un espesor de $4 \times 10^{-3} \text{ m}$. ¿ Cuánto tiempo tarda la luz en atravesar la lámina ? (R: $2 \times 10^{-11} \text{ s}$)
- 1.8) Un haz de luz *no polarizada* de intensidad 128 W/m^2 , propagándose en la dirección \hat{k} , incide perpendicularmente sobre una pila de N polarizadores. El eje del primer polarizador es vertical (dirección \hat{j}). El eje de cada uno de los siguientes polarizadores está rotado un ángulo $\theta = \frac{90^\circ}{(N-1)}$ en sentido horario respecto al anterior. Hallar:
- la intensidad de la luz transmitida por la pila cuando hay dos polarizadores ($N = 2$).
 - la intensidad de la luz transmitida por la pila cuando el número de polarizadores es cuatro ($N = 4$).
 - la dirección del campo eléctrico de la luz transmitida por la pila.
(R: a) 0, b) 27 W/m^2 , c) si $N = 2$, $\vec{E} = 0$, si $N > 2$, \vec{E} está en dirección \hat{i})
- 1.9) Un haz de luz *no polarizada* de intensidad $I_0 = 24 \times 10^3 \text{ W/m}^2$, propagándose en la dirección x , incide perpendicularmente sobre una pila de dos polarizadores P_1 y P_2 . Respecto a la vertical (dirección y), los ejes de los polarizadores están rotados en sentido horario los siguientes ángulos: $\theta_1 = 30^\circ$ para P_1 , y $\theta_2 = 90^\circ$ para P_2 . Hallar:
- La intensidad de la luz transmitida por la pila.
 - La dirección del campo eléctrico de la luz transmitida.
 - La dirección del campo magnético de la luz transmitida.
(R: a) $3 \times 10^3 \text{ W/m}^2$, b) $\pm \hat{k}$, c) $\mp \hat{j}$)

Problema 1.9

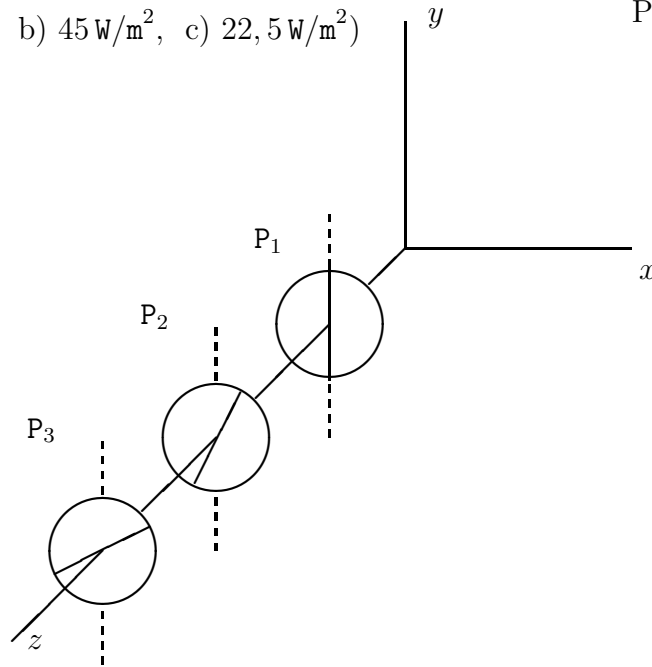


1.10) Un haz de luz *no polarizada* de intensidad $I_0 = 120 \text{ W/m}^2$ incide normalmente (dirección z) sobre polarizadores P_1, P_2 y P_3 (paralelos al plano xy) como se indica en la figura. El eje de P_1 está en la vertical (dirección y), el eje de P_2 forma un ángulo de 30° con la vertical y el eje de P_3 forma un ángulo de 75° con la vertical. Hallar:

- la intensidad de la luz al pasar P_1 .
- la intensidad de la luz al pasar P_2 .
- la intensidad de la luz al pasar P_3 .

(R: a) 60 W/m^2 , b) 45 W/m^2 , c) $22,5 \text{ W/m}^2$)

Prob.1.10



1.11) La miel es una sustancia ópticamente activa que actúa sobre la luz polarizada rotando la dirección de polarización. En un montaje experimental se hace incidir luz perpendicularmente sobre dos polarizadores P_1 y P_2 con sus ejes paralelos. Entre los polarizadores se coloca un recipiente con miel. El efecto de la miel en el recipiente es rotar en 30° la dirección de la luz proveniente del polarizador P_1 . La luz que emerge de la miel tiene intensidad I .

- Determinar la intensidad de la luz transmitida por el polarizador P_2 .
- ¿ A qué ángulo se debe girar el polarizador P_2 para que la intensidad transmitida sea máxima ? Justifique su respuesta.

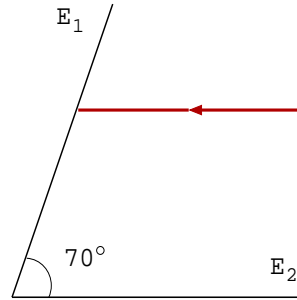
(R: a) $3I/4$, b) 30° ó 150°)

2. Óptica Geométrica

2.1. Reflexión y Refracción

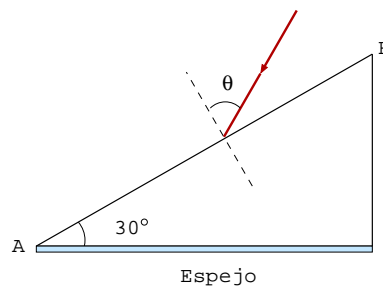
- 2.1) Un espejo E_1 forma un ángulo de 70° con un espejo horizontal E_2 . Un rayo de luz incide horizontalmente sobre E_1 . Represente gráficamente la trayectoria que seguirá el rayo. Determine el ángulo con el cual el rayo sale reflejado de E_2 . (R: 50°)

Problema 2.1



- 2.2) Un rayo de luz incide desde el aire sobre una lámina de vidrio formando un ángulo de 45° respecto a la normal a la superficie. Se observa que el ángulo entre el rayo reflejado en el aire y el rayo refractado en el vidrio es 105° . Determine el índice de refracción del vidrio. (R: 1,41)
- 2.3) Un prisma de vidrio ($n = 1,6$) en aire tiene una de sus caras plateada constituyendo un espejo como se indica en la figura. Un rayo de luz incide sobre la cara AB formando un ángulo θ con la normal a la cara. Determinar el valor de θ para el cual el rayo después de entrar al prisma y reflejarse en el espejo sale nuevamente sobre la misma línea de incidencia. (R: $53, 13^\circ$)

Problema 2.3



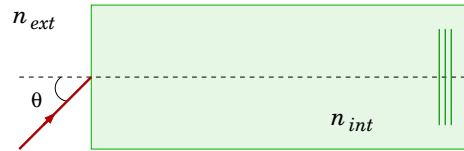
- 2.4) La figura representa el tubo de luz de una célula fotorreceptora con sus discos sensitivos al fondo. El índice de refracción del medio exterior es $n_{ext} = 1,336$, mientras que el del medio interior es $n_{int} = 1,365$. Un rayo de luz incide sobre la superficie del tubo con ángulo θ .

a) Determinar el máximo valor θ_{max} del ángulo de incidencia tal que para $\theta < \theta_{max}$ el rayo se propaga en el tubo por reflexión total interna.

b) En términos de la intensidad de la luz que llega al fondo, ¿qué sucede si $\theta > \theta_{max}$? Justifique su respuesta.

(R: a) $12,1^\circ$, b) la intensidad es menor pues no ocurre reflexión total interna)

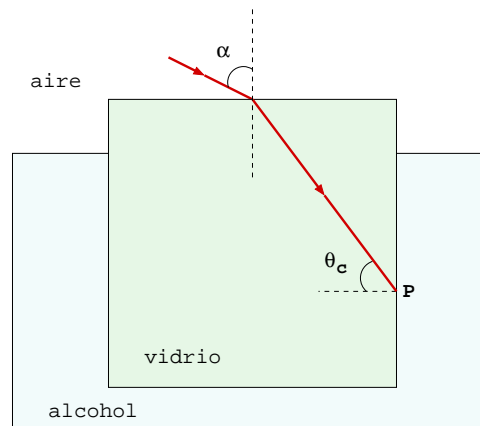
Problema 2.4



2.5) Un rayo de luz incide desde el aire en un bloque de vidrio que está casi completamente sumergido en alcohol como se indica en la figura. Los índices de refracción están dados por $n_{vidrio} = 1,52$, $n_{alcohol} = 1,36$, y $n_{aire} = 1$. Hallar α para que el ángulo de incidencia en P sea el ángulo crítico (vidrio-alcohol).

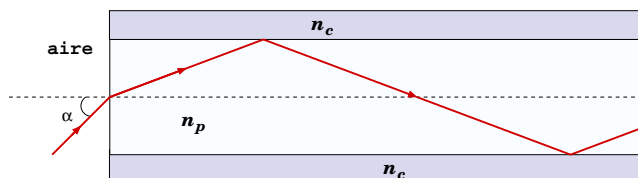
(R: $\alpha = 42,7^\circ$)

Problema 2.5



2.6) Una fibra óptica consiste de un núcleo de plástico rodeado por una capa protectora. El índice de refracción del plástico es $n_p = 1,4$ y el de la capa es $n_c = 1,2$. Un rayo de luz incide en la fibra desde el aire formando un ángulo α con el eje. Hallar el máximo valor α_{max} tal que para $\alpha < \alpha_{max}$ el rayo se propaga en la fibra por reflexión total interna como se muestra en la figura. (R: $\alpha_{max} = 46,14^\circ$)

Problema 2.6



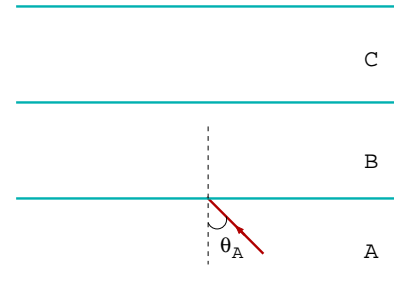
2.7) Tres láminas paralelas de materiales A, B y C se encuentran apiladas como se muestra en la figura. Un rayo de luz originado en el material A incide en la superficie A/B con ángulo θ_A . Se observa que la luz penetra al material B sólo si θ_A es menor que 50° y penetra hasta el material C sólo si θ_A es menor que 30° . El índice de refracción del material B es $n_B = 1,84$. Hallar:

a) el índice de refracción, n_A , del material A.

b) el índice de refracción, n_C , del material C.

(R: a) 2,4, b) 1,2)

Problema 2.7



2.2. Espejos

2.8) Un insecto de 1,5 cm de altura se encuentra a 20 cm de un espejo. Hallar la posición, tamaño y tipo de la imagen si:

a) el espejo es plano. (R: $s' = -20$ cm, $y' = 1,5$ cm)

b) el espejo es cóncavo con radio de curvatura 30 cm. (R: $s' = 60$ cm, $y' = -4,5$ cm)

c) el espejo es convexo con radio de curvatura 40 cm. (R: $s' = -10$ cm, $y' = 0,75$ cm)

2.9) Un objeto de 1,8 cm de altura se encuentra a 24 cm de un espejo. Hallar la posición, altura y tipo de la imagen si:

a) el espejo es plano. (R: $s' = -24$ cm, $y' = 1,8$ cm)

b) el espejo es cóncavo con radio de curvatura 16 cm. (R: $s' = 12$ cm, $y' = -0,9$ cm)

c) el espejo es convexo con radio de curvatura 96 cm. (R: $s' = -16$ cm, $y' = 1,2$ cm)

2.10) En los ojos del crustáceo *Gigantocypris*, la retina se encuentra sobre el eje principal de un espejo esférico cóncavo. El radio del espejo es de 1,3 mm. Estime la distancia de la retina al espejo. Justifique su respuesta. (R: $f = \frac{r}{2} = 0,65$ mm)

2.11) Un diamante de 2,4 cm de altura se coloca a 27 cm de un espejo esférico. Se produce una imagen *virtual* de 3,2 cm de altura.

- a) ¿ Qué tipo de espejo se está utilizando ? Justifique su respuesta.
- b) ¿ Dónde se localiza la imagen ?
- c) ¿Cuál es el radio de curvatura del espejo ?

(R: a) cóncavo pues la imagen está aumentada, b) $s' = -36 \text{ cm}$, c) 216 cm)

2.12) Cuando una estampilla de $2,5 \text{ cm}$ de altura se coloca a 12 cm de un espejo esférico se produce una imagen *virtual* de $0,5 \text{ cm}$ de altura. Determinar:

- a) La posición de la imagen. (R: $s' = -2,4 \text{ cm}$)
- b) El radio de curvatura, y el tipo de espejo. (R: $r = -6 \text{ cm}$, espejo convexo)

2.3. Lentes

2.13) Un lápiz colocado frente a una lente delgada de $f = 16 \text{ cm}$ produce una imagen *virtual* a 48 cm de la lente.

- a) Determine la magnificación. ¿ Es la imagen derecha o invertida ? (R: 4)
- b) Dibuje un diagrama de rayos para localizar y mostrar el tamaño de la imagen.
- c) Si la lente está en el aire, tiene una cara plana y la otra esférica de radio de curvatura 10 cm , hallar el índice de refracción del material de la lente. (R: 1,625)

2.14) Un objeto de altura $1,5 \text{ cm}$ se encuentra a 60 cm de una lente delgada de $f = -30 \text{ cm}$. Obtenga la posición de la imagen tanto por medio del cálculo como por medio de un diagrama de rayos. Describa el tipo de imagen y determine su altura.

(R: $s' = -20 \text{ cm}$, $y' = 0,5 \text{ cm}$)

2.15) Una moneda de 2 cm de diámetro se coloca a 8 cm de una lente delgada de $f = -24 \text{ cm}$. Determinar:

- a) La posición de la imagen. (R: $s' = -6 \text{ cm}$)
- b) El diámetro y el tipo de imagen. (R: $1,5 \text{ cm}$, imagen virtual, derecha, y reducida)
- c) Dibujar a escala un diagrama de rayos para localizar y mostrar el tamaño de la imagen.

2.16) Una pulga de 4 mm de altura se coloca 8 cm frente a una lente delgada convergente de distancia focal 12 cm .

- a) Determinar la posición, altura y tipo de la imagen.

b) Dibujar a escala un diagrama de rayos para localizar la imagen.

(R: a) $s' = -24 \text{ cm}$, $y' = 12 \text{ mm}$, imagen virtual, derecha, y aumentada)

2.17) Un lente delgado biconvexo, con radios de curvatura 16 cm y 48 cm , está hecho de plástico de $n_p = 1,4$. Hallar:

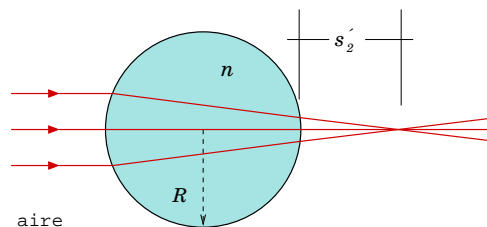
a) La distancia focal del lente cuando está sumergido en aire. (R: $f = 30 \text{ cm}$)

b) el cambio en la potencia del lente cuando se retira del aire y se sumerge en glicerina de $n_g = 1,47$. (R: $\Delta P = -3,73 \text{ D}$)

2.18) Un lente delgado bicóncavo, con radios de curvatura 12 cm y 36 cm , está hecho de vidrio de $n_v = 1,5$. Hallar la distancia focal del lente cuando está sumergido en CH_3I de índice de refracción $n_y = 1,75$. (R: $f = 63 \text{ cm}$)

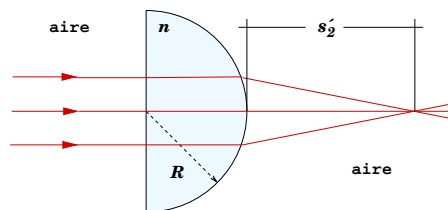
2.19) Un haz de rayos paralelos incide sobre una esfera de vidrio ($n = 1,6$) de radio $R = 6 \text{ mm}$. El haz se enfoca a una distancia s'_2 como se muestra en la figura. Demostrar que $s'_2 = 2 \text{ mm}$.

Problema 2.19



2.20) Un haz paralelo de luz entra perpendicular en la cara plana de un hemisferio de vidrio rodeado de aire como se observa en la figura. El radio del hemisferio es $R = 9 \text{ cm}$. El haz se enfoca a una distancia $s'_2 = 16 \text{ cm}$. Determinar el índice de refracción n del vidrio. (R: $n = 1,5625$)

Problema 2.20



2.21) La córnea puede modelarse como una lente gruesa de superficies esféricas concéntricas de radios $r_1 = 7,7 \text{ mm}$ y $r_2 = 6,8 \text{ mm}$. El índice de refracción de la córnea es $n_c = 1,37$. El medio exterior es aire ($n_a = 1$) y el medio interior es humor acuoso con $n_h = 1,33$. Determine la distancia focal de la córnea. **Ayuda:** considere la refracción en las dos superficies y recuerde que la distancia focal es la distancia a la cual se enfocan rayos que inciden paralelamente al eje. (R: $30,4 \text{ mm}$)

- 2.22) ¿Cuál es la potencia del ojo cuando observa una moneda situada a 50 cm? La distancia córnea-retina es 2,5 cm. (R: 42 D)

3. Óptica Física

3.1. Interferencia

- 3.1) En un experimento tipo Young, $d = 0,2 \text{ mm}$ y $L = 160 \text{ cm}$. Hallar la longitud de onda tal que la intensidad producida en un punto a $y = 1 \text{ mm}$ del centro de la pantalla es 36 % de la máxima intensidad. (R: 423,5 nm)
- 3.2) Una película de jabón ($n_{jab} = 1,4$) en aire tiene un espesor de 625 nm. ¿Cuáles longitudes de onda *visibles* se reflejan más intensamente cuando la película se ilumina con luz blanca que incide perpendicularmente? (R: 500 nm, 700 nm)
- 3.3) Dos ranuras paralelas angostas, separadas 0,25 mm se iluminan con luz verde (vapor de mercurio) de $\lambda = 546,1 \text{ nm}$. El patrón de interferencia se observa en una pantalla localizada a 1,2 m del plano de las ranuras. Calcular: a) la distancia del centro del máximo central al centro de la tercera franja brillante y b) la distancia entre los centros de la primera y la segunda franja oscura. (R: a) 7,86 mm, b) 2,62 mm)
- 3.4) En un experimento tipo Young se utiliza luz azul-verde de un láser de argón. La separación entre las ranuras es 0,5 mm y el patrón de interferencia en una pantalla localizada a 3,3 m muestra el centro del primer máximo a una distancia de 3,4 mm del centro del patrón. Hallar la longitud de onda de la luz del láser. (R: 515 nm)
- 3.5) Determine el espesor mínimo de una película de jabón ($n = 1,33$) que dará interferencia constructiva para $\lambda = 434 \text{ nm}$. (R: 81,6 nm)
- 3.6) Una película de aceite ($n = 1,46$) de 500 nm de espesor se encuentra en el aire y es iluminada en dirección perpendicular a la película. Determinar las longitudes de onda visibles para las que ocurre interferencia constructiva. (R: 584 nm, 417 nm)
- 3.7) Se desea recubrir una lámina de vidrio ($n = 1,50$) con una capa de un material transparente ($n = 1,25$) de tal forma que no se refleje la luz de 600 nm de longitud de onda (en

el vacío) que incide perpendicularmente. Explique cualitativa y cuantitativamente cómo se puede hacer esto. (R: el espesor d debe ser tal que ocurra interferencia destructiva para 600 nm, el d mínimo es 120 nm)

3.2. Redes de Difracción

- 3.8) El hidrógeno tiene dos líneas de emisión típicas en el visible: H_α a 656,3 nm y H_β a 486,1 nm. Hallar la separación angular de estas dos líneas en el primer y segundo orden cuando se usa una red de difracción de 6000 líneas/cm. (R: $\Delta\theta_1 = 6,2^\circ$, $\Delta\theta_2 = 16,2^\circ$)
- 3.9) Un láser de He-Ne ($\lambda = 632,8$ nm) se utiliza para calibrar una red de difracción. Si el máximo de primer orden ocurre a $20,5^\circ$, hallar la constante de la red. (R: 5525 líneas/cm)

3.3. Difracción

- 3.10) Una rendija iluminada con luz de 690 nm se encuentra a 50 cm de una pantalla. La distancia entre el primer y el tercer mínimo en el patrón de difracción es 3 mm. Hallar el ancho de la rendija. (R: 0,23 mm).
- 3.11) Hallar la distancia a la cual teóricamente se pueden distinguir los faros de un carro separados 1,4 m. Suponga que el diámetro de la pupila es 6 mm, que los faros emiten en el amarillo ($\lambda_0 = 580$ nm) y que en el interior del ojo $n = 1,33$. (R: 15,7 km)
- 3.12) Determinar el poder de resolución de un microscopio de inmersión de aceite ($n = 1,8$) cuyo objetivo tiene diámetro $D = 0,72$ cm y distancia focal $f = 0,4$ cm. Considere que $\lambda_0 = 550$ nm y que el portaobjeto se coloca a una distancia f del objetivo. (R: 0,2 μ m)