

**La luz y las ondas electromagnéticas Cuestiones**

(96-E) a) ¿Qué se entiende por interferencia de la luz?

b) ¿Por qué no observamos la interferencia de la luz producida por los dos faros de un automóvil?

(96-E) a) ¿Qué es una onda electromagnética?

b) ¿Cambian las magnitudes características de una onda electromagnética que se propaga en el aire al penetrar en un bloque de vidrio? Si cambia alguna, ¿aumenta o disminuye? ¿por qué?

(97-R) a) Enuncie las leyes de la reflexión y de la refracción de la luz. Explique la diferencia entre ambos fenómenos.

b) Compare lo que ocurre cuando un haz de luz incide sobre un espejo y sobre un vidrio de ventana.

(97-R) a) Las ondas electromagnéticas se propagan en el vacío con velocidad  $c$ . ¿Cambia su velocidad de propagación en un medio material? Definir el índice de refracción de un medio.

b) Sitúe, en orden creciente de frecuencias, las siguientes regiones del espectro electromagnético: infrarrojo, rayos X, ultravioleta y luz visible. Dos colores del espectro visible: rojo y verde, por ejemplo, ¿pueden tener la misma intensidad? ¿y la misma frecuencia?

(98-E) a) Los rayos X, la luz visible y los rayos infrarrojos son radiaciones electromagnéticas. Ordénalas en orden creciente de sus frecuencias e indique algunas diferencias entre ellas.

b) ¿Qué es una onda electromagnética? Explique sus características.

(98-E) a) Describe brevemente el modelo corpuscular de la luz. ¿Puede Explique dicho modelo los fenómenos de interferencia luminosa?

b) Dos rayos de luz inciden sobre un punto. ¿Pueden producir oscuridad? Explique razonadamente este hecho.

(98-R) a) Explique los fenómenos de reflexión y refracción de la luz.

b) El índice de refracción del agua respecto del aire es  $n > 1$ . Razone cuáles de las siguientes magnitudes cambian, y cómo, al pasar un haz de luz del aire al agua: frecuencia. Longitud de onda, y velocidad de propagación.

(99-E) a) Explique la naturaleza de las ondas electromagnéticas. ¿Cómo caracterizarías mejor una onda electromagnética, por su frecuencia o por su longitud de onda?

b) Ordenar, según longitudes de onda crecientes, las siguientes regiones del espectro electromagnético: microondas, rayos X, luz verde, luz roja, ondas de radio.

(99-R) a) Explique en qué consiste el fenómeno de la refracción de la luz y enuncia sus leyes.

b) Un haz de luz pasa del aire al agua. Razone cómo cambia su frecuencia, longitud de onda y velocidad de propagación.

(99-R) a) ¿En qué consiste la dispersión de la luz? ¿Depende dicho fenómeno del índice de refracción del medio y/o de la longitud de onda de la luz?

b) Explique la dispersión de la luz por un prisma, ayudándote de un esquema.

(00-E) a) Explique, con ayuda de un esquema, los fenómenos de reflexión y refracción de la luz y escribir sus leyes.

b) ¿Puede formarse una imagen real con un espejo convexo? Razone la respuesta utilizando los esquemas que se consideren oportunos.

(01-E) a) ¿Qué se entiende por refracción de la luz? Explique que es el ángulo límite y, utilizando un diagrama de rayos, indique cómo se determina.

b) Una fibra óptica es un hilo transparente a lo largo del cual puede propagarse la luz, sin salir al exterior. Explique por qué la luz "no se escapa" a través de las paredes de la fibra.

(01-E) a) Indique qué se entiende por foco y por distancia focal de un espejo. ¿Qué es una imagen virtual?

b) Con ayuda de un diagrama de rayos, describa la imagen formada por un espejo convexo para un objeto situado entre el centro de curvatura y el foco.

(01-R) a) Enuncie y explique, utilizando los esquemas adecuados, las leyes de la reflexión y refracción de la luz.

b) Un rayo láser pasa de un medio a otro, de menor índice de refracción. Explique si el ángulo de refracción es mayor o menor que el de incidencia ¿Podría existir reflexión total?

(02-R) a) Explique en qué consiste la reflexión total. ¿En qué condiciones se produce?

b) ¿Por qué la profundidad real de una piscina llena de agua es mayor que la profundidad aparente?

(02-R) a) Si queremos ver una imagen ampliada de un objeto, ¿qué tipo de espejo tenemos que utilizar? Explique, con ayuda de un esquema, las características de la imagen formada.

b) La nieve refleja casi toda la luz que incide en su superficie. ¿Por qué no nos vemos reflejados en ella?

(03-E) a) Explique los fenómenos de reflexión y refracción de la luz.

b) Describa, con la ayuda de un esquema, qué ocurre cuando un haz de luz monocromática incide con un cierto ángulo sobre una superficie de separación de dos medios de distinto índice de refracción. Si el segundo medio tiene menor índice de refracción que el primero, ¿podemos garantizar que se producirá siempre refracción?

(03-R) a) Explique, con ayuda de un esquema, en qué consiste el fenómeno de la dispersión de la luz blanca a través de un prisma de vidrio.

b) ¿Ocurre el mismo fenómeno si la luz blanca atraviesa una lámina de vidrio de caras paralelas?

(03-R) a) Comente la concepción actual de la naturaleza de la luz.

b) Describa algún fenómeno relativo a la luz que se pueda explicar usando la teoría ondulatoria y otro que requiera la teoría corpuscular.

(04-E) a) ¿Por qué la profundidad real de una piscina llena de agua es siempre mayor que la profundidad aparente?

b) Explique qué es el ángulo límite y bajo qué condiciones puede observarse.

(05-E) a) Señale los aspectos básicos de las teorías corpuscular y ondulatoria de la luz e indique algunas limitaciones de dichas teorías.

## *La Luz y las ondas electromagnéticas*

b) Indique al menos tres regiones del espectro electromagnético y ordénelas en orden creciente de longitudes de onda.

(05-R) a) Explique qué es una imagen real y una imagen virtual y señale alguna diferencia observable entre ellas.

b) ¿Puede formarse una imagen virtual con un espejo cóncavo? Razone la respuesta utilizando las construcciones gráficas que considere oportunas.

(05-R) Razone las respuestas a las siguientes cuestiones:

a) ¿En qué consiste la refracción de ondas? Enuncie sus leyes.

b) ¿Qué características de la onda varían al pasar de un medio a otro?

(05-R) Un rayo de luz pasa de un medio a otro, en el que se propaga a mayor velocidad.

a) Indique cómo varían la longitud de onda, la frecuencia y el ángulo que forma dicho rayo con la normal a la superficie de separación, al pasar del primero al segundo medio.

b) Razone si el rayo de luz pasará al segundo medio, independientemente de cuál sea el valor del ángulo de incidencia.

(06-R) Dibuje la marcha de los rayos e indique el tipo de imagen formada con una lente convergente si:

a) La distancia objeto,  $s$ , es igual al doble de la focal,  $f$ .

b) La distancia objeto es igual a la focal.

(06-E) a) Explique los fenómenos de reflexión y refracción de la luz con ayuda de un esquema.

b) Un haz de luz pasa del aire al agua. Razone cómo cambian su frecuencia, longitud de onda y velocidad de propagación.

(07-R) Razone las respuestas a las siguientes cuestiones:

a) Cuando un rayo pasa a un medio con mayor índice de refracción, ¿se acerca o se aleja de la normal?

b) ¿Qué es el ángulo límite? ¿Existe este ángulo en la situación anterior?

(07-R) a) Enuncie las leyes de la reflexión y de la refracción de la luz, explicando las diferencias entre ambos fenómenos.

b) Un rayo de luz pasa de un medio a otro más denso. Indique cómo varían las siguientes magnitudes: amplitud, frecuencia, longitud de onda y velocidad de propagación.

(07-R) Es corriente utilizar espejos convexos como retrovisores en coches y camiones o en vigilancia de almacenes, con objeto de proporcionar mayor ángulo de visión con un espejo de tamaño razonable.

a) Explique con ayuda de un esquema las características de la imagen formada en este tipo de espejos.

b) En estos espejos se suele indicar: "Atención, los objetos están más cerca de lo que parece". ¿Por qué parecen estar más alejados?

(08-E) a) Explique la formación de imágenes y sus características en una lente divergente.

b) ¿Pueden formarse imágenes virtuales con lentes convergentes? Razone la respuesta.

(08-R) a) Explique los fenómenos de reflexión y refracción de una onda en la superficie que separa dos medios.

b) Razone qué magnitudes de una onda cambian cuando pasa de un medio a otro.

(08-R) a) Describa los fenómenos de reflexión y de refracción de la luz.

b) Explique las condiciones que deben cumplirse entre dos medios para que el rayo incidente no se refracte.

(09-E) a) Enuncie las leyes de la reflexión y de la refracción de la luz. Explique qué es el ángulo límite y explique para qué condiciones puede definirse.

b) ¿Tienen igual frecuencia, longitud de onda y velocidad de propagación el rayo incidente y el rayo refractado? Razone su respuesta.

(09-R) a) ¿Qué mide el índice de refracción de un medio? ¿Cómo cambian la frecuencia y la longitud de onda de un rayo láser al pasar del aire a una lámina de vidrio?

b) Explique la dispersión de la luz por un prisma.

(10-E) a) Explique los fenómenos de reflexión y refracción de la luz.

b) ¿Tienen igual frecuencia, longitud de onda y velocidad de propagación la luz incidente, reflejada y refractada? Razone sus respuestas.

(10-R) a) Explique el fenómeno de dispersión de la luz.

b) ¿Qué es el índice de refracción de un medio? Razone cómo cambian la frecuencia y la longitud de onda de una luz láser al pasar del aire al interior de una lámina de vidrio.

(10-R) a) Explique qué es el ángulo límite y qué condiciones deben cumplirse para que pueda observarse.

b) Razone por qué la profundidad real de una piscina llena de agua es mayor que la profundidad aparente.

(11-R) a) Formación de imágenes en espejos.

b) Los fabricantes de espejos retrovisores para automóviles advierten que los objetos pueden estar más cerca de lo que parece en el espejo. ¿Qué tipo de espejo utilizan y por qué se produce ese efecto? Justifique la respuesta mediante un diagrama de rayos.

(11-R) a) Describa con ayuda de un esquema los fenómenos de reflexión y refracción de la luz y enuncie sus leyes.

b) Explique en qué consiste la reflexión total y en qué condiciones se produce.

(11-R) a) Explique los fenómenos de reflexión y refracción de una onda en la superficie de separación entre dos medios.

b) ¿Son iguales la frecuencia, velocidad de propagación y longitud de onda de la luz incidente que las de la luz reflejada y transmitida? Razone la respuesta.

(11-R) a) Construya la imagen formada con una lente convergente de un objeto situado a una distancia,  $s$ , de la lente igual al doble de la distancia focal,  $f$ , y comente sus características.

b) ¿Pueden formarse imágenes virtuales con lentes convergentes? Razone la respuesta.

(12-R) a) Explique en qué consiste el fenómeno de reflexión total e indique en qué condiciones se puede producir.

b) Razone con la ayuda de un esquema por qué al sumergir una varilla recta en agua su imagen parece quebrada .

## *La Luz y las ondas electromagnéticas*

(12-R) a) Explique los fenómenos de reflexión y refracción de una onda en la superficie de separación de dos medios.

b) Razone si es verdadera o falsa la siguiente afirmación: “las ondas reflejada y refractada tienen igual frecuencia, igual longitud de onda y diferente amplitud que la onda incidente”.

(12-E) a) Explique la formación de imágenes por un espejo convexo y, como ejemplo, considere un objeto situado entre el centro de curvatura y el foco.

b) Explique las diferencias entre imagen virtual e imagen real. Razone si puede formarse una imagen real con un espejo convexo.

(12-E) a) Modelos corpuscular y ondulatorio de la luz; caracterización y evidencia experimental.

b) Ordene de mayor a menor frecuencia las siguientes regiones del espectro electromagnético: infrarrojo, rayos X, ultravioleta y luz visible y razone si pueden tener la misma longitud de onda dos colores del espectro visible: rojo y azul, por ejemplo.

(13-E) a) Explique la marcha de rayos utilizada para la construcción gráfica de la imagen formada por una lente convergente y utilícela para obtener la imagen de un objeto situado entre el foco y la lente. Explique las características de dicha imagen.

b) ¿Cuáles serían las características de la imagen si el objeto estuviera situado a una distancia de la lente igual a tres veces la distancia focal?

(13-R) a) Explique los fenómenos de reflexión y refracción de la luz, y escriba sus leyes.

b) Explique si tienen la misma frecuencia y la misma longitud de onda tres haces de luz monocromática de colores azul, verde y rojo. ¿Se propagan en el vacío con la misma velocidad? ¿Qué característica de esos haces cambia cuando se propagan en vidrio? Razone las respuestas.

(13-R) a) ¿Qué es el índice de refracción de un medio? Razone cómo cambian la frecuencia, la longitud de onda y la velocidad de un haz de luz láser al pasar del aire al interior de una lámina de vidrio.

b) Explique en qué consiste la dispersión de la luz en un prisma.

(14-E) a) Explique los fenómenos de reflexión y refracción de la luz y las leyes que los rigen.

b) Razone si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones: i) la imagen de un objeto en un espejo convexo es siempre real, derecha y de menor tamaño que el objeto; ii) la luz cambia su longitud de onda y su velocidad de propagación al pasar del aire al agua.

(14-R) a) Explique los fenómenos de reflexión y refracción de la luz y las leyes que lo rigen.

b) Explique con la ayuda de un esquema el fenómeno de la reflexión total e indique en qué situaciones puede darse.

(14-R) a) Explique los fenómenos de reflexión y refracción de la luz y las leyes que los rigen.

b) Una superficie plana separa dos medios de índices de refracción  $n_1$  y  $n_2$  y un rayo de luz incide desde el medio de índice  $n_1$ . Razone si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas: i) si  $n_1 > n_2$ , el ángulo de refracción es menor que el ángulo de incidencia; ii) si  $n_1 < n_2$ , a partir de un cierto ángulo de incidencia se produce el fenómeno de reflexión total.

(15-E) a) Explique, con ayuda de un esquema, los fenómenos de reflexión y refracción de la luz en la superficie que separa dos medios con diferente índice de refracción y enuncie sus leyes.

b) ¿Qué es la reflexión total? Razone en qué situaciones puede producirse.

(15-R) a) ¿Qué es una onda electromagnética? Explique las características de una onda cuyo campo eléctrico es:

$$\mathbf{E}(z,t) = E_0 \mathbf{i} \cos(az - bt)$$

b) Ordene en sentido creciente de sus longitudes de onda las siguientes regiones del espectro electromagnético: infrarrojo, rayos X, ultravioleta y luz visible y comente algunas aplicaciones de la radiación infrarroja y de los rayos X.

(15-R) a) Explique la construcción de rayos para obtener la imagen en un espejo cóncavo y comente las características de la imagen de un objeto situado a una distancia del espejo mayor que su radio de curvatura.

b) ¿Puede formarse una imagen virtual con un espejo cóncavo? Razone la respuesta.

(16-R) Enuncie las leyes de la reflexión y de la refracción de la luz.

b) Dibuje la trayectoria de un rayo de luz: i) cuando pasa de un medio a otro de mayor índice de refracción; ii) cuando pasa de un medio a otro de menor índice de refracción. Razone en cuál se reflexión total. Haga uso de las leyes de la reflexión y refracción de la luz para justificar sus respuestas.

(16-R) a) Explique la formación de imágenes por una lente convergente. Como ejemplo, considere un objeto situado en un punto más alejado de la lente que el foco.

b) ¿Puede formarse una imagen virtual con una lente convergente? Justifíquelo ayudándose de una construcción gráfica.

**La luz y las ondas electromagnéticas Problemas**

(96-E) Una antena emite una onda electromagnética de frecuencia 50 Hz.

a) Calcule su longitud de onda.

b) Determine la frecuencia de una onda sonora de la misma longitud de onda.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} ; v_s = 340 \text{ m s}^{-1}$$

(97-R) El espectro visible en el aire está comprendido entre las longitudes de onda 380 nm (violeta) y 780 nm (rojo).

a) Calcule las frecuencias de estas radiaciones extremas. ¿Cuál de ellas se propaga a mayor velocidad?

b) Determine entre qué longitudes de onda está comprendido el espectro visible del agua, cuyo índice de refracción es  $4/3$ .

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

(97-R) Una onda electromagnética tienen, en el vacío, una longitud de onda de  $5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ .

a) Determine la frecuencia y el número de onda. ¿Cuál es la energía de los fotones?

b) Si dicha onda entra en un determinado medio, su velocidad se reduce a  $3c/4$ . Determine el índice de refracción del medio y la frecuencia y la longitud de onda en el medio.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} ; h = 6,36 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$$

(98.R) Un rayo de luz amarilla, emitida por una lámpara de sodio, tiene una longitud de onda en el vacío de  $580 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ .

a) Determine la velocidad de propagación y la longitud de onda de dicha luz en el interior de una fibra de cuarzo, cuyo índice de refracción es  $n = 1,5$ .

b) ¿Pueden existir valores del ángulo de incidencia para los que un haz de luz, que se propague por el interior de una fibra de cuarzo, no salga al exterior? Explique el fenómeno y, en su caso, calcule los valores del ángulo de incidencia para los cuales tiene lugar.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

(98-R) Un rayo de luz pasa del agua al aire con un ángulo de incidencia de  $30^\circ$  respecto a la normal.

a) Dibuje en un esquema los rayos incidente y refractado y calcule el ángulo de refracción.

b) ¿Cuál debería ser el ángulo de incidencia para que el rayo refractado fuera paralelo a la superficie de separación agua-aire?

(Índice de refracción del agua respecto al aire:  $n = 1,3$ )

(98-R) El espectro visible tiene frecuencias comprendidas entre  $4 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$  y  $7 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ .

a) Determine las longitudes de onda correspondientes a dichas frecuencias en el vacío.

b) ¿Se modifican estos valores de las frecuencias y de las longitudes de onda cuando la luz se propaga por el agua? En caso afirmativo, calcule los valores correspondientes.

(Índice de refracción del agua respecto al aire:  $n = 1,3$ ) ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$

(99-E) Un objeto se encuentra frente a un espejo plano a una distancia de 4 m del mismo.

a) Construya gráficamente la imagen y explique sus características.

b) Repita el apartado anterior si se sustituye el espejo plano por uno cóncavo de 2 m de radio.

## La Luz y las ondas electromagnéticas

(99-R) a) Un objeto se encuentra a una distancia de 0,6 m de una lente delgada convergente de 0,2 m de distancia focal.

- a) Construya gráficamente la imagen que se forma y explique sus características.
- b) Repita el apartado anterior si el objeto se coloca a 0,1 de la lente.

(99-R) Cuando un rayo de luz se propaga a través del agua ( $n = 1,33$ ) emerge hacia el aire para ciertos valores del ángulo de incidencia y para otros no.

- a) Explique este fenómeno e indique para qué valores del ángulo de incidencia emerge el rayo.
- b) ¿Cabría esperar un hecho similar si la luz pasa del aire al agua?

(00-R) Un diamante está sumergido en agua y un rayo de luz incide a  $30^\circ$  sobre una de sus caras.

- a) Haga un esquema del camino que sigue el rayo luminoso y determine el ángulo con que se refracta dentro del diamante.
- b) ¿Cuál es el ángulo límite para la luz que pasa del diamante al agua? ¿Y si pasa del agua la diamante?

$n(\text{diamante}) = 2,41$  ;  $n(\text{agua}) = 1,33$

(00-R) Una lámina de caras paralelas, de vidrio de índice de refracción 1,54 y de espesor 10 cm, está colocada en el aire. Sobre una de sus caras incide un rayo de luz con un ángulo de incidencia de  $30^\circ$ .

- a) Haga un esquema de la marcha del rayo y determine el tiempo que este tarda en atravesar la lámina.
- b) ¿Con qué ángulo se refracta el rayo en la segunda cara? Compare este resultado con el ángulo de incidencia.

$c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

(01-R) Un rayo de luz amarilla, emitido por una lámpara de vapor de sodio, posee una longitud de onda en el vacío de  $5,9 \times 10^{-9} \text{ m}$ .

- a) Determine la frecuencia, velocidad de propagación y longitud de onda de la luz en el interior de una fibra óptica de índice de refracción 1,5.
- b) ¿Cuál es el ángulo de incidencia mínimo para que un rayo que incide en la pared interna de la fibra no salga al exterior? ¿Cómo se denomina este ángulo?

$c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

(01-R) Construya la imagen de un objeto situado a una distancia entre  $f$  y  $2f$  de una lente:

- a) Convergente.
- b) Divergente.

Explique en ambos casos las características de la imagen.

(01-R) Una onda electromagnética armónica de 20 MHz se propaga en el vacío, en el sentido positivo del eje OX. El campo eléctrico de dicha onda tiene la dirección del eje OZ y su amplitud es de  $3 \cdot 10^{-3} \text{ N C}^{-1}$

- a) Escriba la expresión del campo eléctrico  $\mathbf{E}(x, t)$ , sabiendo que en  $x = 0$  su módulo es máximo cuando  $t = 0$ .
- b) Represente en una gráfica los campos  $\mathbf{E}(t)$  y  $\mathbf{B}(t)$  y la dirección de propagación de la onda.

$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$

(02-E) Un haz de luz roja penetra en una lámina de vidrio, de 30 cm de espesor, con un ángulo de incidencia de  $45^\circ$ .



## La Luz y las ondas electromagnéticas

- a) Explique si cambia el color de la luz al penetrar en el vidrio y determine el ángulo de refracción.  
b) Determine el ángulo de emergencia (ángulo del rayo que sale de la lámina con la normal). ¿Qué tiempo tarda la luz en atravesar la lámina de vidrio?  
 $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$  ;  $n_{\text{vidrio}} = 1,3$

(02-R) Un haz de luz monocromática de frecuencia  $5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$  se propaga por el aire.

- a) Explique qué características de la luz cambian al penetrar en una lámina de vidrio y calcule la longitud de onda.  
b) ¿Cuál debe ser el ángulo de incidencia en la lámina para que los rayos reflejado y refractado sean perpendiculares entre sí?  
 $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$  ;  $n_{\text{vidrio}} = 1,2$

(02-R) Construya gráficamente la imagen y explique sus características para:

- a) Un objeto que se encuentra a 0,5 m frente a una lente delgada biconvexa de 1 m de distancia focal;  
b) Un objeto situado a una distancia menor que la focal de un espejo cóncavo.

(03-E) Un rayo de luz monocromática emerge desde el interior de un bloque de vidrio hacia el aire. Si el ángulo de incidencia es de  $19,5^\circ$  y el de refracción de  $30^\circ$ .

- a) Determine el índice de refracción y la velocidad de propagación de la luz en el vidrio.  
b) Como sabe, pueden existir ángulos de incidencia para los que no hay rayo refractado; es decir, no sale luz del vidrio. Explique este fenómeno y calcule los ángulos para los que tiene lugar.

$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$ ;  $n_{\text{aire}} = 1$

(03-R) Un rayo de luz, cuya longitud de onda en el vacío es  $6 \cdot 10^{-7} \text{ m}$  se propaga a través del agua.

- a) Defina el índice de refracción y calcule la velocidad de propagación y la longitud de onda de esa luz en el agua.  
b) Si el rayo emerge del agua al aire con un ángulo de  $30^\circ$ , determine el ángulo de incidencia del rayo en la superficie del agua.

$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$  ;  $n_{\text{agua}} = 1,33$

(03-R) Construya gráficamente la imagen de:

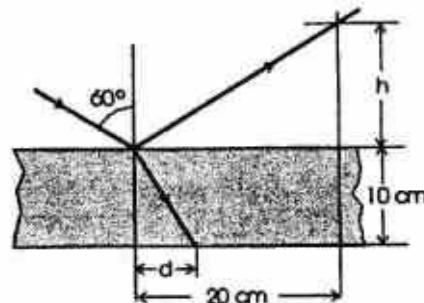
- a) Un objeto situado a 0,5 m de distancia de un espejo cóncavo de 2 m de radio.  
b) Un objeto situado a la misma distancia delante de un espejo plano.

Explique en cada caso las características de la imagen y compare ambas situaciones.

(04-E) Una lámina de vidrio, de índice de refracción 1,5, de caras paralelas y espesor 10 cm, está colocada en el aire. Sobre una de sus caras incide un rayo de luz, como se muestra en la figura. Calcule:

- a) La altura  $h$  y la distancia  $d$  marcadas en la figura.  
b) El tiempo que tarda la luz en atravesar la lámina.

$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$



(05-E) Un rayo de luz que se propaga por un medio a una velocidad de  $165 \text{ km s}^{-1}$  penetra en otro medio en el que la velocidad de propagación es  $230 \text{ km s}^{-1}$ .

- a) Dibuje la trayectoria que sigue el rayo en el segundo medio y calcule el ángulo que forma con la normal si el ángulo de incidencia es de  $30^\circ$ .  
b) ¿En qué medio es mayor el índice de refracción? Justifique la respuesta.

(05-R) a) ¿Cuál es la longitud de onda de una estación de radio que emite con una frecuencia de 100 MHz?

b) Si las ondas emitidas se propagaran por el agua, razone si tendrían la misma frecuencia y la misma longitud de onda. En el caso de que varíe alguna de estas magnitudes, determine su valor.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; n_{\text{agua/aire}} = 1,3$$

(05-R) Un haz de luz que viaja por el aire incide sobre un bloque de vidrio. Los haces reflejado y refractado forman ángulos de  $30^\circ$  y  $20^\circ$ , respectivamente, con la normal a la superficie del bloque.

a) Calcule la velocidad de la luz en el vidrio y el índice de refracción de dicho material.

b) Explique qué es el ángulo límite y determine su valor para el caso descrito.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

(06-E) Un rayo de luz monocromática incide en una de las caras de una lámina de vidrio, de caras planas y paralelas, con un ángulo de incidencia de  $30^\circ$ . La lámina está situada en el aire, su espesor es de 5 cm y su índice de refracción 1,5.

a) Dibuje el camino seguido por el rayo y calcule el ángulo que forma el rayo que emerge de la lámina con la normal.

b) Calcule la longitud recorrida por el rayo en el interior de la lámina.

(06-R) Un rayo luminoso que se propaga en el aire incide sobre el agua de un estanque formando un ángulo de  $20^\circ$  con la normal.

a) ¿Qué ángulo formarán entre sí los rayos reflejado y refractado?

b) Variando el ángulo de incidencia, ¿podría producirse el fenómeno de reflexión total? Razone la respuesta.

$$n_{\text{aire}} = 1; n_{\text{agua}} = 1,33$$

(06-R) El ángulo límite vidrio-agua es de  $60^\circ$ . Un rayo de luz, que se propaga por el vidrio, incide sobre la superficie de separación con un ángulo de  $45^\circ$  y se refracta dentro del agua.

a) Explique qué es el ángulo límite y determine el índice de refracción del vidrio.

b) Calcule el ángulo de refracción en el agua.

$$n_a = 1,33$$

(07-R) Un foco luminoso puntual está situado bajo la superficie de un estanque de agua.

a) Un rayo de luz pasa del agua al aire con un ángulo de incidencia de  $30^\circ$ . Dibuje en un esquema los rayos incidente y refractado y calcule el ángulo de refracción. b) Explique qué es el ángulo límite y determine su valor para este caso.

$$n_{\text{aire}} = 1; n_{\text{agua}} = 1,33$$

(07-E) El láser de un reproductor de CD genera luz con una longitud de onda de 780 nm medida en el aire.

a) Explique qué características de la luz cambian al penetrar en el plástico del CD y calcule la velocidad de la luz en él.

b) Si la luz láser incide en el plástico con un ángulo de  $30^\circ$ , determine el ángulo de refracción.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; n_{\text{aire}} = 1; n_{\text{plástico}} = 1,55$$

(07-E) Un haz de luz de  $5 \cdot 10^{14}$  Hz viaja por el interior de un diamante.

a) Determine la velocidad de propagación y la longitud de onda de esa luz en el diamante.

## La Luz y las ondas electromagnéticas

b) Si la luz emerge del diamante al aire con un ángulo de refracción de  $10^\circ$ , dibuje la trayectoria del haz y determine el ángulo de incidencia.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; n(\text{diamante}) = 2,42$$

(08-R) Un teléfono móvil opera con ondas electromagnéticas de frecuencia  $f = 9 \cdot 10^8 \text{ Hz}$ .

a) Determine la longitud de onda y el número de onda en el aire.

b) Si la onda entra en un medio en el que su velocidad de propagación se reduce a  $3c/4$ , razone qué valores tienen la frecuencia y la longitud de onda en ese medio y el índice de refracción del medio.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; n_{\text{aire}} = 1$$

(08-R) Un haz de luz láser cuya longitud de onda en el aire es  $550 \cdot 10^{-9} \text{ m}$  incide en un bloque de vidrio.

a) Describa con ayuda de un esquema los fenómenos ópticos que se producen.

b) Si el ángulo de incidencia es de  $40^\circ$  y el de refracción  $25^\circ$ , calcule el índice de refracción del vidrio y la longitud de onda de la luz láser en el interior del bloque.

$$n_{\text{aire}} = 1$$

(08-R) Sobre la superficie de un bloque de vidrio de índice de refracción 1,60 hay una capa de agua de índice 1,33. Una luz amarilla de sodio, cuya longitud de onda en el aire es  $589 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ , se propaga por el vidrio hacia el agua.

a) Describa el fenómeno de reflexión total y determine el valor del ángulo límite para esos dos medios.

b) Calcule la longitud de onda de la luz cuando se propaga por el vidrio y por el agua.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

(09-R) Un haz de luz roja penetra en una lámina de vidrio de 30 cm de espesor con un ángulo de incidencia de  $30^\circ$ .

a) Explique si cambia el color de la luz al penetrar en el vidrio y determine el ángulo de refracción.

b) Determine el ángulo de emergencia (ángulo que forma el rayo que sale de la lámina con la normal) y el tiempo que tarda la luz en atravesar la lámina de vidrio.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; n_{\text{vidrio}} = 1,3; n_{\text{aire}} = 1$$

(09-R) Un rayo láser de  $55 \cdot 10^{-8} \text{ m}$  emerge desde el interior de un bloque de vidrio hacia el aire. El ángulo de incidencia es de  $25^\circ$  y el de refracción de  $40^\circ$ .

a) Calcule el índice de refracción del vidrio y la longitud de onda del rayo láser en el aire.

b) Explique para qué valores del ángulo de incidencia el rayo no sale del vidrio.

$$n_{\text{aire}} = 1$$

(09-E) Una antena emite una onda de radio de  $6 \cdot 10^7 \text{ Hz}$ .

a) Explique las diferencias entre esa onda y una onda sonora de la misma longitud de onda y determine la frecuencia de esta última.

b) La onda de radio penetra en un medio y su velocidad se reduce a  $0,75c$ . Determine su frecuencia y su longitud de onda en ese medio.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}; v_{\text{sonido}} = 340 \text{ ms}^{-1}$$

(10-E) Una antena emite una onda de radio de  $6 \cdot 10^7 \text{ Hz}$ .

a) Explique las diferencias entre esa onda y una onda sonora de la misma longitud de onda y determine la frecuencia de esta última.

## La Luz y las ondas electromagnéticas

b) La onda de radio penetra en un medio material y su velocidad se reduce a  $0,75 c$ . Determine su frecuencia y su longitud de onda en ese medio.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; v_{\text{(sonido en el aire)}} = 340 \text{ m s}^{-1}$$

(10-R) Un haz láser que se propaga por un bloque de vidrio tiene una longitud de onda de  $550 \text{ nm}$ . El haz emerge hacia el aire con un ángulo de incidencia de  $25^\circ$  y un ángulo de refracción de  $40^\circ$ .

a) Calcule el índice de refracción del vidrio y la longitud de onda de la luz láser en el aire.

b) Razone para qué valores del ángulo de incidencia el haz láser no sale del vidrio.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; n_{\text{aire}} = 1$$

(10-R) Un teléfono móvil opera con ondas electromagnéticas cuya frecuencia es  $1,2 \cdot 10^9 \text{ Hz}$ .

a) Determine la longitud de onda.

b) Esas ondas entran en un medio en el que la velocidad de propagación se reduce a  $5c/6$ . Determine el índice de refracción del medio y la frecuencia y la longitud de onda en dicho medio.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; n_{\text{aire}} = 1; v_{\text{sonido}} = 340 \text{ m s}^{-1}$$

(11-E) a) Un rayo de luz monocromática emerge al aire, desde el interior de un bloque de vidrio, en una dirección que forma un ángulo de  $30^\circ$  con la normal a la superficie. Dibuje en un esquema los rayos incidente y refractado y calcule el ángulo de incidencia y la velocidad de propagación de la luz en el vidrio.

b) ¿Existen ángulos de incidencia para los que no sale luz del vidrio? Explique este fenómeno y calcule el ángulo límite.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; n_{\text{aire}} = 1; n_{\text{vidrio}} = 1,5$$

(11-R) Un rayo de luz de frecuencia  $5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$  penetra en una lámina de vidrio de caras paralelas con un ángulo de incidencia de  $30^\circ$ .

a) Dibuje en un esquema los rayos incidente, refractado en el vidrio y emergente al aire y determine los ángulos de refracción y de emergencia.

b) Explique qué características de la luz cambian al penetrar en el vidrio y calcule la velocidad de propagación dentro de la lámina

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; n_{\text{vidrio}} = 1,5$$

(11-E) Una onda electromagnética tiene en el vacío una longitud de onda de  $5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ .

a) Explique qué es una onda electromagnética y determine la frecuencia y el número de onda de la onda indicada.

b) Al entrar la onda en un medio material su velocidad se reduce a  $3c/4$ . Determine el índice de refracción del medio y la frecuencia y la longitud de onda en ese medio.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

(12-R) Un radar emite una onda de radio de  $6 \cdot 10^7 \text{ Hz}$ .

a) Explique las diferencias entre esa onda y una onda sonora de la misma longitud de onda y determine la frecuencia de esta última.

b) La onda emitida por el radar tarda  $3 \cdot 10^{-6} \text{ s}$  en volver al detector después de reflejarse en un obstáculo. Calcule la distancia entre el obstáculo y el radar.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; v_{\text{sonido}} = 340 \text{ m s}^{-1}$$

(12-R) Un rayo de luz incide desde el aire en una lámina de vidrio con un ángulo de  $30^\circ$ . Las longitudes de onda en el aire de las componentes azul y roja de la luz son, respectivamente,  $\lambda(\text{azul}) = 486 \text{ nm}$  y  $\lambda(\text{roja}) = 656 \text{ nm}$ .

## La Luz y las ondas electromagnéticas

a) Explique con ayuda de un esquema cómo se propaga la luz en el vidrio y calcule el ángulo que forman los rayos azul y rojo. ¿Se propagan con la misma velocidad? Justifique la respuesta.

b) Determine la frecuencia y la longitud de onda en el vidrio de la componente roja.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; n_{\text{vidrio (azul)}} = 1,7; n_{\text{vidrio (rojo)}} = 1,6$$

(12-R) Un haz de luz que se propaga por el interior de un bloque de vidrio incide sobre la superficie del mismo de modo que una parte del haz se refleja y la otra se refracta al aire, siendo el ángulo de reflexión  $30^\circ$  y el de refracción  $40^\circ$ .

a) Calcule razonadamente el ángulo de incidencia del haz, el índice de refracción del vidrio y la velocidad de propagación de la luz en el vidrio.

b) Explique el concepto de ángulo límite y determine su valor para el caso descrito.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

(13-E) Un haz compuesto por luces de colores rojo y azul incide desde el aire sobre una de las caras de un prisma de vidrio con un ángulo de incidencia de  $40^\circ$ .

a) Dibuje la trayectoria de los rayos en el aire y tras penetrar en el prisma y calcule el ángulo que forman entre sí los rayos en el interior del prisma si los índices de refracción son  $n_{\text{rojo}} = 1,612$  para el rojo y  $n_{\text{azul}} = 1,671$  para el azul, respectivamente.

b) Si la frecuencia de la luz roja es de  $4,2 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$  calcule su longitud de onda dentro del prisma.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; n_{\text{aire}} = 1$$

(13-R) Un haz de luz láser que se propaga por un bloque de vidrio tiene una longitud de onda de  $450 \text{ nm}$ . En el punto de emergencia al aire del haz, el ángulo de incidencia es de  $25^\circ$  y el ángulo de refracción de  $40^\circ$ .

a) Dibuje la trayectoria de los rayos y calcule el índice de refracción del vidrio y la longitud de onda de la luz láser en el aire.

b) Razone para qué valores del ángulo de incidencia el haz de luz no sale del vidrio.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; n_{\text{aire}} = 1$$

(13-R) Un haz de luz monocromática tiene una longitud de onda de  $700 \text{ nm}$  en el aire y  $524 \text{ nm}$  en el interior del humor acuoso del ojo humano.

a) Explique por qué cambia la longitud de onda de la luz en el interior del ojo humano y calcule el índice de refracción del humor acuoso.

b) Calcule la frecuencia de esa radiación monocromática y su velocidad de propagación en el ojo humano.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; n_{\text{aire}} = 1$$

(14-E) Un buceador enciende una linterna debajo del agua y dirige el haz luminoso hacia arriba formando un ángulo de  $30^\circ$  con la vertical. Explique con ayuda de un esquema la marcha de los rayos de luz y determine:

a) el ángulo con que emergerá la luz del agua;

b) el ángulo de incidencia a partir del cual la luz no saldrá del agua.

$$n_{\text{aire}} = 1; n_{\text{agua}} = 1,33$$

(14-R) En tres experiencias independientes un haz de luz de  $10^{15} \text{ Hz}$  incide desde el aire, con un ángulo de  $20^\circ$ , en la superficie de cada uno de los materiales que se indican en la tabla, produciéndose reflexión y refracción.

Material	Cuarzo	Diamante	Agua
Índice de refracción	1,46	2,42	1,33

## La Luz y las ondas electromagnéticas

- a) Razone si el ángulo de reflexión depende del material y en qué material la velocidad de propagación de la luz es menor. Determine para ese material el ángulo de refracción.  
b) Explique en qué material la longitud de onda de la luz es mayor. Determine para ese material el ángulo de refracción.

$$n_{\text{aire}} = 1 ; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

(14-R) Un haz de luz roja que viaja por el aire incide sobre una lámina de vidrio de 30 cm de espesor. Los haces reflejado y refractado forman ángulos de  $30^\circ$  y  $20^\circ$ , respectivamente, con la normal a la superficie de la lámina.

- a) Explique si cambia la longitud de onda de la luz al penetrar en el vidrio y determine el valor de la velocidad de propagación de la luz en el vidrio.  
b) Determine el ángulo de emergencia de la luz (ángulo que forma el rayo que sale de la lámina con la normal). ¿Qué tiempo tarda la luz en atravesar la lámina de vidrio?

$$n_{\text{aire}} = 1 ; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

(15-E) Un rayo de luz roja, de longitud de onda en el vacío  $650 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ , emerge al agua desde el interior de un bloque de vidrio con un ángulo de  $45^\circ$ . La longitud de onda en el vidrio es  $433 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ .

- a) Dibuje en un esquema los rayos incidente y refractado y determine el índice de refracción del vidrio y el ángulo de incidencia del rayo.  
b) ¿Existen ángulos de incidencia para los que la luz sólo se refleja? Justifique el fenómeno y determine el ángulo a partir del cual ocurre este fenómeno.

$$n_{\text{agua}} = 1,33$$

(15-R) Un rayo de luz monocromática incide en una lámina de vidrio de caras planas y paralelas situada en el aire y la atraviesa. El espesor de la lámina es 10 cm y el rayo incide con un ángulo de  $25^\circ$  medido respecto a la normal de la cara sobre la que incide.

- a) Dibuje en un esquema el camino seguido por el rayo y calcule su ángulo de emergencia. Justifique el resultado.  
b) Determine la longitud recorrida por el rayo en el interior de la lámina y el tiempo invertido en ello.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} ; n_{\text{vidrio}} = 1,5 ; n_{\text{aire}} = 1$$

(15-R) Cuando un haz de luz de  $5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$  penetra en cierto material su velocidad se reduce a  $2c/3$ .

- a) Determine la energía de los fotones, el índice de refracción del material y la longitud de onda de la luz en dicho medio.  
b) ¿Podría propagarse la luz por el interior de una fibra de ese material sin salir al aire? Explique el fenómeno y determine el valor del ángulo límite.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} ; h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$$

(16-E) Un rayo de luz con una longitud de onda de 300 nm se propaga en el interior de una fibra de vidrio, de forma que sufre reflexión total en sus caras.

- a) Determine para qué valores del ángulo que forma el rayo luminoso con la normal a la superficie de la fibra se producirá reflexión total si en el exterior hay aire. Razone la respuesta.  
b) ¿Cuál será la longitud de onda del rayo de luz al emerger de la fibra óptica?

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} ; n_{\text{vidrio}} = 1,38 ; n_{\text{aire}} = 1$$

(16-E) Un rayo láser, cuya longitud de onda en el aire es 500 nm, pasa del aire a un vidrio.

- a) Describa con ayuda de un esquema los fenómenos de reflexión y refracción que se producen y calcule la frecuencia de la luz láser.

## La Luz y las ondas electromagnéticas

b) Si el ángulo de incidencia es de  $45^\circ$  y el de refracción  $27^\circ$ , calcule el índice de refracción del vidrio y la longitud de onda de la luz láser en el interior del mismo.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; n_{\text{aire}} = 1$$

(16-R) Un rayo luminoso incide sobre el vidrio de una ventana de índice de refracción 1,4.

(a) Determine el ángulo de refracción en el interior del vidrio y el ángulo con el que emerge, una vez que lo atraviesa, para un ángulo de incidencia de  $20^\circ$ .

(b) Sabiendo que el vidrio tiene un espesor de 8 mm, determine la distancia recorrida por la luz en su interior y el tiempo que tarda en atravesarlo.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; n_{\text{aire}} = 1$$

### **SELECTIVIDAD 2017 (CAMBIO EN LA ESTRUCTURA DE EXAMEN)**

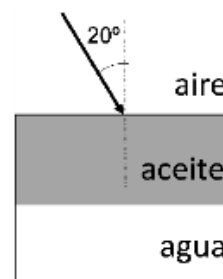
(17-E) a) Explique la naturaleza de las ondas electromagnéticas e indique las distintas zonas en las que se divide el espectro electromagnético, indicando al menos una aplicación de cada una de ellas.

b) Una antena de radar emite en el vacío radiación electromagnética de longitud de onda 0,03 m, que penetra en agua con un ángulo de incidencia de  $20^\circ$  respecto a la normal. Su velocidad en el agua se reduce al 80 % del valor en el vacío. Calcule el periodo, la longitud de onda y el ángulo de refracción en el agua.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

(17-E) a) Enuncie las leyes de la reflexión y de la refracción de la luz. Explique la diferencia entre ambos fenómenos.

b) Sea un recipiente con agua cuya superficie está cubierta por una capa de aceite. Realice un diagrama que indique la trayectoria de los rayos de luz al pasar del aire al aceite y después al agua. Si un rayo de luz incide desde el aire sobre la capa de aceite con un ángulo de  $20^\circ$ , determine el ángulo de refracción en el agua. ¿Con qué velocidad se desplazará la luz por el aceite?



$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; n_{\text{aire}} = 1; n_{\text{aceite}} = 1,45; n_{\text{agua}} = 1,33$$

(17-E) a) ¿Por qué un objeto situado en el fondo de una piscina llena de agua se observa desde el aire aparentemente a menor profundidad de la que en realidad se encuentra? Justifique la respuesta con la ayuda de un esquema.

b) Sobre una de las caras de una lámina de vidrio de caras paralelas y espesor 8 cm, colocada horizontalmente en el aire, incide un rayo de luz con un ángulo de  $30^\circ$  respecto de la normal. Calcule el tiempo que tarda la luz en atravesar la lámina y el desplazamiento horizontal, con respecto a la normal en el punto de incidencia, que experimenta el rayo al emerger por la otra cara de la lámina de vidrio.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; n_{\text{aire}} = 1; n_{\text{vidrio}} = 1,5$$

(17-R) a) Describa, con la ayuda de construcciones gráficas, las diferencias entre las imágenes formadas por una lente convergente y otra divergente de un objeto real localizado a una distancia entre  $f$  y  $2f$  de la lente, siendo  $f$  la distancia focal.

b) La tecnología ultravioleta para la desinfección de agua, aire y superficies está basada en el efecto germicida de la radiación UV-C. El espectro del UV-C en el aire está comprendido entre 200 nm y 280 nm. Calcule las frecuencias entre las que está comprendida dicha zona del espectro electromagnético y determine entre qué longitudes de onda estará comprendido el UV-C en el agua.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; n_{\text{aire}} = 1; n_{\text{agua}} = 1,33$$

## La Luz y las ondas electromagnéticas

(17-R) a) Utilizando un diagrama de rayos, construya la imagen en un espejo cóncavo de un objeto real situado: i) a una distancia del espejo comprendida entre  $f$  y  $2f$ , siendo  $f$  la distancia focal; ii) a una distancia del espejo menor que  $f$ . Analice en ambos casos las características de la imagen.

b) Un haz de luz de  $5 \cdot 10^{14}$  Hz viaja por el interior de un bloque de diamante. Si la luz emerge al aire con un ángulo de refracción de  $10^\circ$ , dibuje la trayectoria del haz y determine el ángulo de incidencia y el valor de la longitud de onda en ambos medios.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; n_{\text{diamante}} = 2,42; n_{\text{aire}} = 1$$

(17-R) a) Utilizando diagramas de rayos, construya la imagen de un objeto real por una lente convergente si está situado: i) a una distancia  $2f$  de la lente, siendo  $f$  la distancia focal; ii) a una distancia de la lente menor que  $f$ . Analice en ambos casos las características de la imagen.

b) El espectro visible en el aire está comprendido entre las longitudes de onda 380 nm (violeta) y 780 nm (rojo). Calcule la velocidad de la luz en el agua y determine entre qué longitudes de onda está comprendido el espectro electromagnético visible en el agua.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; n_{\text{agua}} = 1,33; n_{\text{aire}} = 1$$

(17-R) a) ¿Qué se entiende por refracción de la luz? Explique qué es el ángulo límite y qué condiciones deben cumplirse para que pueda observarse.

b) El ángulo límite vidrio-agua es de  $60^\circ$ . Un rayo de luz, que se propaga por el vidrio, incide sobre la superficie de separación con un ángulo de  $45^\circ$  y se refracta dentro del agua. Determine el índice de refracción del vidrio. Calcule el ángulo de refracción en el agua.

$$n_{\text{agua}} = 1,33$$

### **SELECTIVIDAD 2018**

(18-E) a) ¿Qué significa que dos puntos de la dirección de propagación de una onda armónica estén en fase o en oposición de fase? ¿Qué distancia les separaría en cada caso?

b) Una onda armónica de amplitud 0,3 m se propaga hacia la derecha por una cuerda con una velocidad de  $2 \text{ m s}^{-1}$  y un periodo de 0,125 s. Determine la ecuación de la onda correspondiente sabiendo que el punto  $x = 0 \text{ m}$  de la cuerda se encuentra a la máxima altura para el instante inicial, justificando las respuestas.

(18-E) a) Señale las diferencias entre lentes convergentes y divergentes, así como al menos un uso de cada una de ellas.

b) Desde el aire se observa un objeto luminoso que está situado a 1 m debajo del agua. (i) Si desde dicho objeto sale un rayo de luz que llega a la superficie formando un ángulo de  $15^\circ$  con la normal, ¿cuál es el ángulo de refracción en el aire?; (ii) calcule la profundidad aparente a la que se encuentra el objeto.

$$n_{\text{aire}} = 1; n_{\text{agua}} = 1,33$$

(18-R) a) Un rayo de luz pasa de un medio a otro, observándose que en el segundo medio el rayo se desvía acercándose a la superficie de separación de ambos medios. Razone:

(i) En qué medio el rayo se propaga con mayor velocidad; (ii) en qué medio tiene menor longitud de onda.

b) Un rayo de luz de longitud de onda de  $5,46 \cdot 10^{-7} \text{ m}$  se propaga por el aire e incide sobre el extremo de una fibra de cuarzo cuyo índice de refracción es 1,5. Determine, justificando las respuestas: (i) La longitud de onda del rayo en la fibra de cuarzo; (ii) el ángulo de incidencia a partir del cual el rayo no sale al exterior.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$



(18-R) a) Explique, ayudándose con un esquema, el concepto de ángulo límite. Indique las condiciones para que pueda producirse.

b) Un rayo de luz que se propaga por el aire incide con un ángulo de  $20^\circ$  respecto de la vertical sobre un líquido A, cuyo índice de refracción es 1,2, propagándose seguidamente a otro líquido B de índice de refracción 1,5. Represente el esquema de rayos correspondiente, determine la velocidad de la luz en cada medio y calcule el ángulo que forma dicho rayo con la vertical en el líquido B.

$$n_{\text{aire}} = 1; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

(18-R) a) Un objeto se sitúa a la izquierda de una lente delgada convergente. Determine razonadamente y con la ayuda del trazado de rayos la posición y características de la imagen que se forma en los siguientes casos: (i)  $s = f$ ; (ii)  $s = f / 2$ ; (iii)  $s = 2 f$ .

b) Un objeto de 2 cm de altura se sitúa a 15 cm a la izquierda de una lente de 20 cm de distancia focal. Dibuje un esquema con las posiciones del objeto, la lente y la imagen. Calcule la posición y aumento de la imagen.

(18-R) a) Explique el fenómeno de la dispersión de la luz por un prisma ayudándose de un esquema.

b) Un objeto de 0,3 m de altura se sitúa a 0,6 m de una lente convergente de distancia focal 0,2 m. Determine la posición, naturaleza y tamaño de la imagen mediante procedimientos gráficos y numéricos.

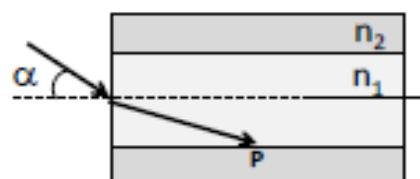
### SELECTIVIDAD 2019

(19-E) a) Construya, razonadamente, la imagen de un objeto situado delante de una lente convergente a una distancia mayor que el doble de la distancia focal. A partir de la imagen obtenida indique, razonadamente, las características de la misma: real o virtual, si está derecha o invertida y su tamaño.

b) A 4 m delante de una lente divergente se sitúa un objeto de tamaño 1 m. Si la imagen se forma delante de la lente a una distancia de 1 m, calcule: i) La distancia focal justificando el signo obtenido. ii) Tamaño de la imagen indicando si está derecha o invertida con respecto al objeto.

(19-E) a) El índice de refracción de un vidrio es mayor que el del aire. Razone cómo cambian las siguientes magnitudes al pasar un haz de luz del aire al vidrio: frecuencia, longitud de onda, y velocidad de propagación.

b) Un rayo de luz de longitud de onda en el vacío de  $6,5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$  incide desde el aire sobre el extremo de una fibra óptica, formando un ángulo  $\alpha$  con el eje de la fibra (ver figura), siendo el índice de refracción dentro de la fibra  $n_1=1,5$ . La fibra está recubierta de un material de índice de refracción  $n_2=1,4$ . Determine:



(i) La longitud de onda de la luz dentro de la fibra. (ii) El valor máximo del ángulo  $\alpha$  para que se produzca reflexión total interna en el punto P.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; n_{\text{aire}} = 1$$

(19-R) a) Construya, razonadamente, la imagen de un objeto situado delante de una lente divergente, y a una distancia menor que la distancia focal. A partir de la imagen obtenida indique, razonadamente, las características de la misma: real o virtual, si está derecha o invertida y su tamaño.

## La Luz y las ondas electromagnéticas

b) A 0,5 m delante de una lente convergente se sitúa un objeto de tamaño 0,25 m. Si la distancia focal vale 1 m, calcule: i) La distancia de la imagen a la lente indicando si es real o virtual. ii) Tamaño de la imagen, indicando si está derecha o invertida.

(19-R) a) Explique, con la ayuda de un esquema, en qué consiste el fenómeno de la dispersión de la luz blanca a través de un prisma de vidrio. ¿Ocurriría dicho fenómeno si la luz blanca incide perpendicularmente sobre una lámina de vidrio de caras plano paralelas? Razone su respuesta.

b) Sobre una lámina de vidrio de caras plano paralelas de 0,03 m de espesor y situada en el aire incide un rayo de luz monocromática con un ángulo de incidencia de  $35^\circ$ . La velocidad de propagación del rayo en la lámina de vidrio es de  $2 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$ . i) Determine el índice de refracción de la lámina de vidrio. ii) Realice un esquema con la trayectoria del rayo y determine el ángulo de emergencia. iii) Determine el tiempo que tarda el rayo en atravesar la lámina.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; n_{\text{aire}} = 1$$

(19-R) a) Explique con la ayuda de un dibujo en qué consiste la reflexión total y las condiciones en que se produce.

b) Perpendicularmente a la cara AB de un prisma de vidrio con índice de refracción 1,5 incide desde el aire un rayo de luz de longitud de onda  $6 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ , como se ilustra en la figura. Calcule: (i) La longitud de onda y frecuencia del rayo dentro del prisma. ii) El valor más grande que puede tener el ángulo  $\alpha$  para que no se refracte el rayo hacia fuera del prisma por la cara AC.



$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; n_{\text{aire}} = 1$$

(19-R) a) Construya, razonadamente, la imagen de un objeto situado entre el foco y el centro de una lente convergente. A partir de la imagen obtenida indique, razonadamente, las características de la misma: real o virtual, si está derecha o invertida y su tamaño.

b) A 2 m delante de una lente divergente se sitúa un objeto de tamaño 0,5 m. Si la distancia focal es de 1 m, calcule: i) La distancia de la imagen a la lente indicando si es real o virtual. ii) Tamaño de la imagen indicando si está derecha o invertida.

(19-R) a) Construya, razonadamente, la imagen de un objeto situado entre  $f$  y  $2f$  delante de una lente divergente. A partir de la imagen obtenida indique, razonadamente, las características de la misma: real o virtual, si está derecha o invertida y su tamaño.

b) Situamos delante de una lente convergente un objeto que genera una imagen que se forma a 1 m delante de la lente, siendo la misma de tamaño 0,5 m. Si la distancia focal vale 2 m, calcule: i) La distancia a la que se encuentra el objeto de la lente. ii) Tamaño del objeto indicando si está derecho o invertido con respecto a la imagen.

(19-R) a) Razone la veracidad o falsedad de las siguientes frases utilizando, si procede, algún ejemplo: i) El espectro electromagnético está formado sólo por las ondas electromagnéticas que podemos percibir con nuestra vista. ii) Si al iluminar un objeto con luz blanca, lo vemos de color rojo, es debido a que el objeto absorbe las tonalidades rojas de la luz.

b) Un rayo de luz monocromático de frecuencia  $6 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$  incide con un ángulo de  $35^\circ$  sobre la superficie de separación de dos medios con diferente índice de refracción. Sabiendo que la luz viaja por el primer medio a una velocidad de  $2,4 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$  y que la longitud de onda en el segundo medio es de  $5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ : i) Calcule el ángulo de refracción. ii) Determine el ángulo límite de incidencia a partir del cual se produciría la reflexión total.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

**SELECTIVIDAD 2020**

(20-E) a) Determine, mediante trazado de rayos, la imagen que se produce en una lente convergente para un objeto situado a una distancia de la lente: i) Entre una y dos veces la distancia focal. ii) A más de dos veces la distancia focal. Indique, razonadamente, la naturaleza de la imagen en ambos casos.

b) Situamos un objeto de 0,4 m de altura a 0,2 m de una lente convergente de 0,6 m de distancia focal. i) Realice la construcción geométrica del trazado de rayos. ii) Calcule de forma razonada: la posición, el tamaño y la naturaleza de la imagen formada.

(20-E) a) Un rayo de luz pasa de un medio a otro donde su longitud de onda es mayor. i) Indique cómo varían la frecuencia y la velocidad de propagación. ii) Realice un esquema indicando si el haz refractado se aleja o se acerca de la normal.

b) Un rayo de luz incide sobre la superficie que separa dos medios de índices de refracción  $n_1 = 2,37$  y  $n_2$  desconocido con un ángulo de incidencia de  $16^\circ$  y uno de refracción de  $30^\circ$ . i) Haga un esquema del proceso y determine  $n_2$ . ii) Calcule a partir de qué ángulo de incidencia no se produce refracción.

(20-R) a) Determine, mediante construcción geométrica del trazado de rayos, dónde debe estar situado un objeto respecto a una lente convergente para que el tamaño de la imagen sea: i) Menor que el objeto. ii) Igual que el objeto. Indique, razonadamente, la naturaleza de la imagen en ambos casos.

b) Se sitúa un objeto de 0,5 m de altura a 0,9 m de una lente divergente de 0,3 m de distancia focal. i) Realice la construcción geométrica del trazado de rayos. ii) Calcule de forma razonada: la posición, el tamaño y la naturaleza de la imagen formada.

(20-R) a) Determine mediante construcción geométrica del trazado de rayos las condiciones de posición del objeto y tipo de lente para que se forme: i) Una imagen virtual y menor que el objeto. ii) Una imagen virtual y mayor que el objeto.

b) Un objeto de 0,5 m de altura se sitúa delante de una lente divergente de distancia focal 0,4 m. Si la imagen aparece a mitad de distancia entre la lente y el objeto, determine de forma razonada: i) La posición del objeto. ii) El tamaño y naturaleza de la imagen. Realice la construcción geométrica del trazado de rayos.

(20-R) a) i) Un rayo de luz pasa de un medio a otro con mayor índice de refracción. Compare la longitud de onda y la frecuencia de los rayos incidente y refractado. ii) ¿En qué condiciones se produce la reflexión total? Justifique la respuesta.

b) Un haz de luz de frecuencia  $f = 10^{15}$  Hz pasa desde un cristal de cuarzo al aire produciéndose reflexión y refracción. Sabiendo que el índice de refracción del cuarzo es 1,46 y el ángulo de incidencia con la normal es  $20^\circ$ : i) Realice un esquema de la trayectoria de los rayos y determine los ángulos de reflexión y refracción de la luz. ii) Calcule la longitud de onda de la luz en el cuarzo.

$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$ ;  $n_{\text{aire}} = 1$

(20-R) a) Responda razonadamente con ayuda de trazado de rayos: i) ¿Es posible obtener imágenes virtuales reducidas cuando colocamos un objeto delante una lente convergente? ii) ¿Y de una lente divergente?

b) Situamos un objeto a 4 m de una lente y obtenemos una imagen real e invertida a 1 m de la misma. i) Realice la construcción geométrica del trazado de rayos. ii) Determine la distancia focal de la lente. ¿Es convergente o divergente? iii) Si el objeto tiene un tamaño de 0,04 m ¿qué tamaño tendrá la imagen?

## La Luz y las ondas electromagnéticas

(20-R) a) i) ¿Cambia la longitud de onda de la luz al pasar de un medio a otro? ii) La luz azul y amarilla del espectro visible, ¿tienen la misma velocidad de propagación en el vacío? ¿y la misma frecuencia? Justifique sus respuestas.

b) Un rayo luminoso de longitud de onda  $6 \cdot 10^{-7}$  m, que se propaga en el aire, incide sobre un medio transparente con un ángulo de  $30^\circ$  con la normal. Sabiendo que la longitud de onda del rayo refractado es  $5 \cdot 10^{-7}$  m, calcule razonadamente: i) La frecuencia del rayo refractado, ii) El índice de refracción de dicho medio transparente. iii) El ángulo de refracción. Apóyese en un esquema.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}, n_{\text{aire}} = 1$$

(20-R) a) i) Explique la relación que debe existir entre los índices de refracción de dos medios para que se produzca reflexión total. ii) Obtenga la expresión del ángulo límite.

b) Una onda electromagnética de frecuencia  $2 \cdot 10^{15}$  Hz se propaga en el vacío en el sentido negativo del eje OX. El campo eléctrico tiene una amplitud de  $2 \text{ V m}^{-1}$  y oscila en el eje OY. Calcule: i) La longitud de onda y escriba la ecuación de la onda para el campo eléctrico. ii) La amplitud del campo magnético y deduzca la dirección de oscilación del mismo.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

### **SELECTIVIDAD 2021**

(21-E) a) Un rayo de luz monocromática pasa de un medio de índice de refracción  $n_1$  a otro medio con índice de refracción  $n_2$ , siendo  $n_1 < n_2$ . Razone y justifique la veracidad o falsedad de las siguientes frases: i) La velocidad de dicho rayo aumenta al pasar del primer medio al segundo. ii) La longitud de onda del rayo es mayor en el segundo medio.

b) Sea un recipiente que contiene agua que llega hasta una altura de 0,25 m, y sobre la que se ha colocado una capa de aceite. Procedente del aire, incide sobre la capa de aceite un rayo de luz que forma  $50^\circ$  con la normal a la superficie de separación aire-aceite. i) Haga un esquema de la trayectoria que sigue el rayo en los diferentes medios (aire, aceite y agua), en el que se incluyan los valores de los ángulos que forman con la normal los rayos refractados en el aceite y en el agua. ii) Calcule la velocidad de la luz en el agua.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; n_{\text{aire}} = 1; n_{\text{aceite}} = 1,47; n_{\text{agua}} = 1,33$$

(21-E) a) Con una lente queremos obtener una imagen virtual mayor que el objeto. Razone, realizando además el trazado de rayos correspondiente, qué tipo de lente debemos usar y dónde debe estar situado el objeto.

b) Un objeto de 30 cm de alto se encuentra a 60 cm delante de una lente divergente de 40 cm de distancia focal. i) Calcule la posición de la imagen. ii) Calcule el tamaño de la imagen. iii) Explique, con ayuda de un diagrama de rayos, la naturaleza de la imagen formada. Justifique sus respuestas.

(21-E) a) Razone y justifique la veracidad o falsedad de las siguientes frases: i) Cuando la luz pasa de un medio a otro experimenta un aumento de su velocidad si el segundo medio tiene un índice de refracción mayor que el primero. ii) La reflexión total de la luz en la superficie de separación de dos medios puede producirse cuando el índice de refracción del segundo medio es mayor que el del primero.

b) Un rayo de luz con componentes azul y roja de longitudes de onda en el aire de  $4,5 \cdot 10^{-7}$  m y  $6,9 \cdot 10^{-7}$  m, respectivamente, incide desde el aire sobre una placa de un determinado material con un ángulo de  $40^\circ$  respecto a la normal a la superficie de la placa. i) Mediante un esquema, y de manera razonada, indique la trayectoria de los rayos azul y rojo, tanto en el aire como en el material. ii) Deduzca cuál de las dos componentes (azul o roja) se propaga

## La Luz y las ondas electromagnéticas

más rápidamente en el interior de la lámina. iii) Determine las frecuencias de los rayos en el aire.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; n_{\text{aire}} = 1; n_{\text{material}}(\text{azul}) = 1,47; n_{\text{material}}(\text{roja}) = 1,44$$

(21-R) a) i) Explique brevemente qué es una onda electromagnética. ii) Sitúe, en orden creciente de frecuencias, las siguientes regiones del espectro electromagnético: ultravioleta, infrarrojo, microondas y luz visible. iii) Justifique razonadamente si dos rayos de diferentes colores del espectro visible (por ejemplo, violeta y verde), pueden tener la misma frecuencia.

b) Un rayo de luz monocromático de frecuencia  $5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ , que se propaga por un medio de índice de refracción  $n_1 = 1,7$ , incide sobre otro medio de índice de refracción  $n_2 = 1,3$  formando un ángulo de  $25^\circ$  con la normal a la superficie de separación entre ambos medios. i) Haga un esquema y calcule el ángulo de refracción. ii) Determine la longitud de onda del rayo en el segundo medio. iii) ¿Cuál es el ángulo de incidencia crítico a partir del cual este rayo se reflejaría completamente? Razone sus respuestas ayudándose de un esquema.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

(21-R) a) Razone, realizando además el trazado de rayos correspondiente, las características de la imagen producida por una lente divergente.

b) La imagen formada por una lente convergente se encuentra a 1,5 m detrás de la lente, con un aumento lateral de -0,5. i) Realice el trazado de rayos. Calcule razonadamente: ii) La posición del objeto; iii) La distancia focal de la lente.

(21-R) a) Considere la afirmación siguiente: “Una lente convergente siempre forma una imagen real a partir de un objeto”. Razone, utilizando diagramas de rayos, si la afirmación es verdadera o falsa.

b) Se coloca un objeto luminoso delante de una lente divergente de distancia focal 5 cm. Se quiere que la imagen formada tenga  $1/3$  del tamaño del objeto y su misma orientación. i) Calcule la posición del objeto. ii) Obtenga la posición de la imagen. iii) Realice el trazado de rayos y explique el carácter real o virtual de la imagen. Justifique sus respuestas.

(21-R) a) Razone, realizando además el trazado de rayos correspondiente, las características de la imagen producida por una lente convergente con el objeto situado a más distancia de la lente que el doble de su distancia focal.

b) La imagen producida por una lente convergente está derecha, tiene un tamaño triple que el objeto, y está situada a 1 m delante de la lente. i) Calcule la posición del objeto. ii) Calcule la distancia focal de la lente. iii) Explique, con ayuda de un diagrama de rayos, el carácter real o virtual de la imagen. Justifique sus respuestas.

(21-R) a) Razone y justifique la veracidad o falsedad de las siguientes frases: i) Vista desde el aire, la profundidad real de un recipiente lleno de agua es menor que su profundidad aparente. ii) Cuando un haz de luz pasa de una región donde hay agua a otra región donde hay aceite, dicho haz viajará con mayor velocidad en la región del aceite.

$$n_{\text{aceite}} > n_{\text{agua}} > n_{\text{aire}}$$

b) Un haz de luz naranja que viaja por el aire incide sobre una lámina (de caras plano-paralelas) de un determinado material transparente de 0,6 m de espesor. Los haces reflejado y refractado forman ángulos de  $45^\circ$  y  $35^\circ$ , respectivamente, con la normal a la superficie de la lámina. i) Realice un esquema con la trayectoria de los rayos y determine el valor de la velocidad de propagación de la luz dentro de la lámina. ii) Calcule la longitud de onda de la luz naranja en la lámina.

$$\lambda_{\text{naranja}}(\text{aire}) = 6,15 \cdot 10^{-7} \text{ m}; n_{\text{aire}} = 1; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

**SELECTIVIDAD 2022**

(22-E) a) Realice y explique el trazado de rayos para un objeto situado entre el foco objeto y una lente convergente. Justifique las características de la imagen.

b) Un objeto de 30 cm de altura se coloca a 2 m de distancia de una lente delgada divergente. La distancia focal de la lente es de 50 cm. Indicando el criterio de signos aplicado, calcule la posición y el tamaño de la imagen formada. Realice razonadamente el trazado de rayos y justifique la naturaleza de la imagen.

(22-E) a) Un rayo de luz monocromática se propaga por el aire e incide formando un ángulo de incidencia  $\theta$  sobre una lámina de vidrio de caras planas y paralelas. El rayo atraviesa la lámina, se propaga por el vidrio y sale nuevamente al aire. i) Dibuje un esquema de la trayectoria que sigue el rayo en el proceso descrito. ii) Analice su velocidad, longitud de onda y frecuencia a lo largo del camino citado.

b) Un rayo de luz monocromática se propaga desde el aire al agua, e incide formando un ángulo de  $30^\circ$  con la normal a la superficie. El rayo refractado forma un ángulo de  $128^\circ$  con el reflejado. i) Determine el ángulo de refracción ayudándose de un esquema. ii) Determine la velocidad de propagación de la luz en el agua. iii) Si el rayo luminoso se dirigiera desde el agua hacia el aire ¿a partir de qué ángulo de incidencia se produciría la reflexión total? Justifique sus respuestas.

$n_{\text{aire}} = 1$ ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$

(22-E) a) Realice y explique el trazado de rayos para un objeto situado entre el foco objeto y el doble de la distancia focal de una lente convergente. Determine, justificadamente, las características de la imagen.

b) Una lente delgada convergente de distancia focal 20 cm, forma una imagen situada a una distancia de 40 cm a su izquierda y 30 cm de altura. Calcule la posición y el tamaño del objeto, indicando el criterio de signos aplicado. Realice razonadamente el trazado de rayos y justifique la naturaleza de la imagen.

(22-R) a) Un rayo de luz monocromática aumenta de velocidad al pasar de un medio a otro distinto. i) Justifique cómo afecta ese cambio de medio a la longitud de onda y a la frecuencia del rayo. ii) Justifique si el cambio del medio citado puede dar lugar a una reflexión total.

b) Un haz de luz monocromática con longitud de onda de  $6 \cdot 10^{-7} \text{ m}$  incide desde el aire con un ángulo de incidencia de  $30^\circ$  sobre una pared de vidrio plano-paralela de un acuario lleno de agua. Determine razonadamente y con ayuda de un esquema: i) el ángulo de refracción en el vidrio y en el agua; ii) la longitud de onda y la velocidad de dicho rayo en el vidrio y en el agua.

$n_{\text{aire}} = 1$ ;  $n_{\text{vidrio}} = 1,50$ ;  $n_{\text{agua}} = 1,33$ ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$

(22-R) a) Indique razonadamente, ayudándose de un esquema, las características de la imagen que se obtiene al colocar un objeto luminoso: i) en el foco objeto de una lente convergente; ii) en el foco imagen de una lente divergente.

b) Una lente divergente produce una imagen 3 veces menor que el objeto cuando la separación entre la imagen y el objeto es de 64 cm. Determine, indicando el criterio de signos utilizado, las posiciones del objeto y de la imagen, así como la distancia focal de la lente y realice el trazado de rayos correspondiente.

(22-R) a) Razone la veracidad de las siguientes afirmaciones: i) Si un rayo de luz pasa de un medio 1 a un medio 2 tal que  $\lambda_1 < \lambda_2$ , el ángulo de incidencia es mayor que el refractado.

## La Luz y las ondas electromagnéticas

ii) Si un rayo de luz pasa de un medio 1 a un medio 2 menos refringente puede ocurrir reflexión total.

b) El ángulo límite en la refracción agua-aire es  $48,6^\circ$ . i) Calcule el índice de refracción del agua. ii) Justifique en qué sentido debe viajar un rayo entre el agua y otro medio, en el que la velocidad es  $3/5$  de su velocidad en el agua, para que exista reflexión total. iii) Determine el ángulo límite del apartado anterior.

$n_{\text{aire}} = 1$

(22-R) a) Realice y explique el trazado de rayos para un objeto situado a la izquierda del foco imagen de una lente divergente. Determine, justificadamente, las características de la imagen.

b) Un objeto de 2 cm de altura se coloca a 4 cm de una lente delgada, formando una imagen derecha y con un tamaño cinco veces mayor que el del objeto. i) Explique si la lente es convergente o divergente. ii) Calcule la posición de la imagen y la distancia focal de la lente, indicando el criterio de signos aplicado. iii) Dibuje razonadamente el trazado de rayos y justifique si la imagen es real o virtual.

(22-R) a) Un rayo de luz monocromática pasa de un medio con índice de refracción  $n_1$  a otro medio con índice  $n_2$ . Sabiendo que  $n_1 > n_2$ , i) compare razonadamente la velocidad de propagación del rayo, su longitud de onda y su frecuencia en cada medio. ii) Justifique si existe, o no, la posibilidad de que exista reflexión total para un rayo que incide sobre la superficie de separación de ambos medios.

b) Un rayo compuesto por luz roja y azul incide desde el aire sobre una lámina plana de vidrio con un ángulo de incidencia de  $37^\circ$ . i) Realice un esquema indicando las trayectorias de ambos rayos. ii) Determine el ángulo que forman entre sí los rayos rojo y azul en el interior del vidrio. iii) Calcule la frecuencia y la longitud de onda de cada componente del rayo dentro del vidrio.

$n_{\text{aire}} = 1$ ;  $n_{\text{vidrio,rojo}} = 1,612$ ;  $n_{\text{vidrio,azul}} = 1,671$ ;  $\lambda_{\text{aire,rojo}} = 6,563 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ ;  $\lambda_{\text{aire,azul}} = 4,861 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$