ÓPTICA (RESUELTOS)

CONSTANTES FÍSICAS			
Velocidad de la luz en el vacío	$c = 3.0\ 10^8$ m s^{-1}	Masa del protón	$m_{p+} = 1.7\ 10^{-27}$ kg
Constante de gravitación universal	$G = 6.7\ 10^{-11}$ N m^2 kg^{-2}	Masa del electrón	$m_{e-} = 9.1\ 10^{-31}$ kg
Constante de Coulomb	$k = 9.0\ 10^9$ N m^2 C^{-2}	Carga del protón	$q_{p+} = 1.6\ 10^{-19}$ C
Constante de Planck	$h = 6.6\ 10^{-34}$ J s	Carga del electrón	$q_{e-} = -1.6\ 10^{-19}$ C
Radio de la Tierra	$R_T = 6370$ km	Masa de la Tierra	$M_T = 5.97 \cdot 10^{24}$ kg

Nota: estas constantes se facilitan a título informativo.

JULIO 2021

Un material de caras planas y paralelas tiene un índice de refracción de 1,55. Si lo colocamos entre agua y aire e incidimos con un rayo de luz monocromática de $4{,}5 \cdot 10^{14}$ Hz de frecuencia desde el agua, con un ángulo de 20 ° respecto a la normal, calcular:

DATOS: Índice de refracción del agua: $n_{agua} = 1{,}33$.
Índice de refracción del aire: $n_{aire} = 1$.

a) **(0,5 p)** La longitud de onda del rayo en el agua y en el material.

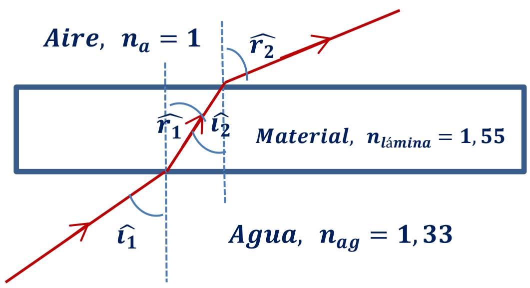
Al pasar el rayo de un medio a otro de diferente índice de refracción no varía su frecuencia.

$$v_{agua} = \frac{c}{n_{agua}} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,33} = 2,25.10^8\ \frac{m}{s} \quad \Rightarrow \quad \lambda_{agua} = \frac{v_{agua}}{f} = \frac{2,25 \cdot 10^8}{4,5 \cdot 10^{14}} = 5 \cdot 10^{-7}\ m = 500\ nm$$

$$f_{lámina} = f_{agua} \quad \Rightarrow \quad \frac{v_{lámina}}{\lambda_{lámina}} = \frac{v_{agua}}{\lambda_{agua}} \quad \Rightarrow \quad \frac{c/n_{lámina}}{\lambda_{lámina}} = \frac{c/n_{agua}}{\lambda_{agua}} \quad \Rightarrow \quad \lambda_{lámina} = \lambda_{agua} \cdot \frac{n_{agua}}{n_{lámina}}$$

$$\lambda_{lámina} = 5.10^{-7} \cdot \frac{1,33}{1,55} = 4,29.10^{-7}\ m = 429\ nm$$

b) **(1 p)** Los dos ángulos de refracción, con un dibujo explicativo.



Se produce una doble refracción.

Agua – Aire: si aplicamos la ley de Snell de la refracción

$$n_{agua} \cdot sen\ \widehat{\iota_1} = n_{lámina} \cdot sen\ \widehat{r_1}$$

$$1,33 \cdot sen\ 20° = 1,55 \cdot sen\ \widehat{r_1} \quad \Rightarrow \quad \widehat{r_1} = 17°$$

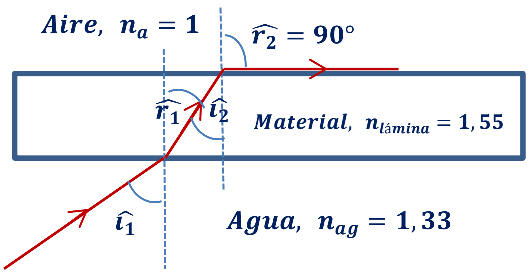
Lámina – Aire: por tratarse de ángulos internos alternos

$$\widehat{r_1} = \widehat{\iota_2}$$

$$n_{lámina} \cdot sen\ \widehat{\iota_2} = n_{aire} \cdot sen\ \widehat{r_2} \Rightarrow 1,55 \cdot sen\ 17° = 1 \cdot sen\ \widehat{r_2} \quad \Rightarrow \quad \widehat{r_2} = 27°$$

En la primera refracción, al pasar el rayo de un medio menos refringente a uno más refringente, se acerca a la normal, mientras que, en la segunda refracción, al pasar el rayo de un medio más refringente a uno menos refringente, se aleja de la normal.

c) **(1 p)** El ángulo de incidencia a partir del cual se produce reflexión interna total en la segunda cara.



Se produce una doble refracción.

Lámina - Aire (reflexión total). Si aplicamos la ley de Snell de la refracción:

$$n_{lámina} \cdot sen\ \widehat{\iota_2} = n_{aire} \cdot sen\ 90° \ \Rightarrow\ 1,55 \cdot sen\ \widehat{\iota_2} = 1$$

$$\widehat{\iota_2} = 40,2°$$

Agua - Lámina: $\widehat{r_1} = \widehat{\iota_2}$, ya que se trata de ángulos internos alternos

$$n_{agua} \cdot sen\ \widehat{\iota_1} = n_{lámina} \cdot sen\ \widehat{r_2} \ \Rightarrow\ 1,33 \cdot sen\ \widehat{\iota_1} = 1,55 \cdot sen\,40,2° \quad \Rightarrow \quad \widehat{\iota_1} = 48,8°$$

<u>JULIO 2021</u>

Se dispone de una lente delgada divergente de distancia focal en valor absoluto de 15 cm. Determinar, efectuando un trazado de rayos cualitativo:

a) **(1,5 p)** La posición y altura de la imagen formada por la lente si un objeto de 4 cm de altura se encuentra situado delante de ella, a una distancia de 10 cm.

Por tratarse de una lente divergente, de acuerdo con las normas DIN, la distancia focal imagen es negativa.

$$f' = -15\ cm$$

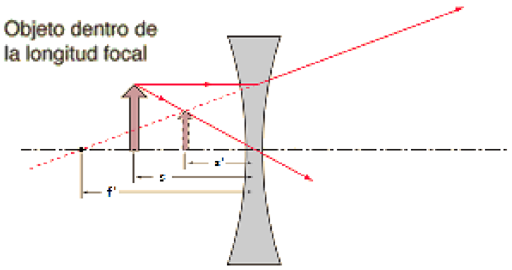
Aplicando la ecuación fundamental de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{s'} - \frac{1}{(-10)} = \frac{1}{(-15)} \quad \Rightarrow \quad s' = -6\ cm$$

Para una lente delgada, el aumento lateral es:

$$M_L = \frac{s'}{s} = \frac{-6}{-10} = 0,6 \quad \Rightarrow \quad M_L = \frac{y'}{y} \quad \Rightarrow \quad y' = y \cdot M_L = 4 \cdot 0,6 = 2,4\ cm$$

Trazado cualitativo de rayos:



b) **(1 p)** La naturaleza (real/virtual, derecha/invertida, mayor/menor) de la imagen formada, justificando la respuesta.

$$s' < 0 \ \Rightarrow\ imagen\ virtual\ (se\ forma\ delante\ de\ la\ lente)$$

$$M_L > 0\ y < 1 \ \Rightarrow\ imagen\ derecha\ y\ menor\ que\ el\ objeto$$

JUNIO 2021

Una lámina de caras planas y paralelas, de 5 cm de espesor e índice de refracción n_2 = 1,5 se encuentra entre dos materiales de índice de refracción, n_1 = 1,2 y n_3 = 1. Un rayo de luz monocromática de frecuencia 5.10^{14} Hz, incide desde el medio 1 en la lámina con un ángulo de 30 ° respecto a la normal. Calcular:

a) **(0,5 p)** La longitud de onda del rayo en la lámina.

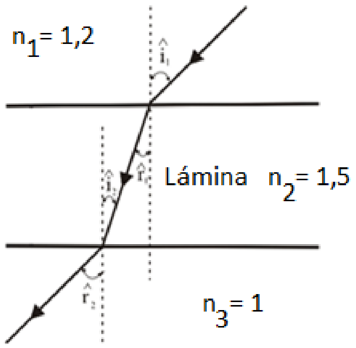
Calculamos la velocidad de la luz en la lámina:

$$n_2 = \frac{c}{v_2} \quad \Rightarrow \quad v_2 = \frac{c}{n_2} = \frac{3.10^8}{1,5} = 2.10^8 \ m/s$$

Teniendo en cuenta que la frecuencia de la luz no varía al pasar de un medio a otro:

$$v_2 = \lambda_2 \cdot f \quad \Rightarrow \quad \lambda_2 = \frac{v_2}{f} = \frac{2.10^8}{5.10^{14}} = 4.10^{-7} \ m$$

b) **(1 p)** Los ángulos de refracción con un dibujo explicativo.



Se producen dos refracciones, en la primera refracción el rayo refractado se acerca a la normal, ya que pasa de un medio de menor índice de refracción a uno de mayor índice de refracción, mientras que en la segunda el rayo refractado se aleja de la normal, ya que ocurre lo contrario.

Primera refracción, aplicando la ley de Snell:

$$n_1 \cdot sen\,\hat{\imath}_1 = n_2 \cdot sen\,\hat{r}_1 \quad \Rightarrow \quad 1,2 \cdot sen\,30° = 1,5 \cdot sen\,\hat{r}_1 \quad \Rightarrow \quad \hat{r}_1 = 23,6°$$

Por geometría, el ángulo de incidencia en la segunda cara es igual al ángulo de refracción en la primera.

Segunda refracción:

$$n_2 \cdot sen\,\hat{\imath}_2 = n_3 \cdot sen\,\hat{r}_2 \quad \Rightarrow \quad 1,5 \cdot sen\,23,6° = 1 \cdot sen\,\hat{r}_2 \quad \Rightarrow \quad \hat{r}_2 = 36,9°$$

c) **(1 p)** El ángulo límite de entrada a la lámina para que salga el rayo al tercer medio.

Calculamos el ángulo límite para que en la segunda cara se produzca reflexión total:

$$n_2 \cdot sen\,\hat{\imath}_2 = n_3 \cdot sen\,\hat{r}_2 \quad \Rightarrow \quad 1,5 \cdot sen\,\hat{\imath}_2 = 1 \cdot sen\,90° \quad \Rightarrow \quad \hat{\imath}_2 = 41,8°$$

Por geometría, el ángulo de incidencia en la segunda cara es igual al ángulo de refracción en la primera.

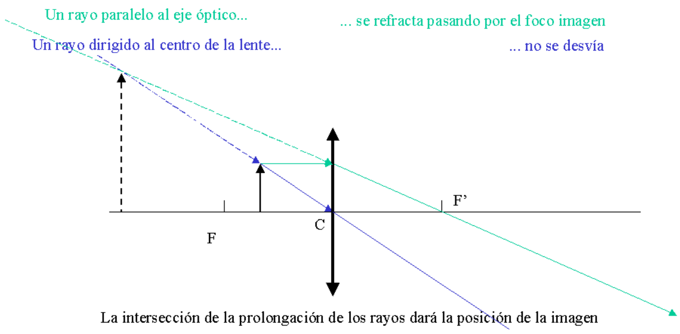
$$n_1 \cdot sen\,\hat{\imath}_1 = n_2 \cdot sen\,\hat{r}_1 \quad \Rightarrow \quad 1,2 \cdot sen\,\hat{\imath}_1 = 1,5 \cdot sen\,41,8° \quad \Rightarrow \quad \hat{\imath}_1 = 56,4°$$

Si el ángulo de incidencia en la primera cara es igual o superior a 56,4°; el rayo sufre reflexión total en la segunda cara de la lámina, por lo que el rayo no pasa al tercer medio.

JUNIO 2021

Se dispone de una lente delgada convergente de distancia focal en valor absoluto de 25 cm. Calcular, efectuando el trazado de rayos cualitativo:

a) **(1 p)** La posición y altura de la imagen formada por la lente si un objeto de 5 cm de altura se encuentra situado delante de ella, a una distancia de 15 cm.



Por tratarse de una lente convergente, de acuerdo con las normas DIN, la distancia focal es positiva.

Aplicando la ecuación de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{s'}-\frac{1}{s}=\frac{1}{f'} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{s'}-\frac{1}{-15}=\frac{1}{25} \quad \Rightarrow \quad s'=-37,5\ cm\ (delante\ de\ la\ lente)$$

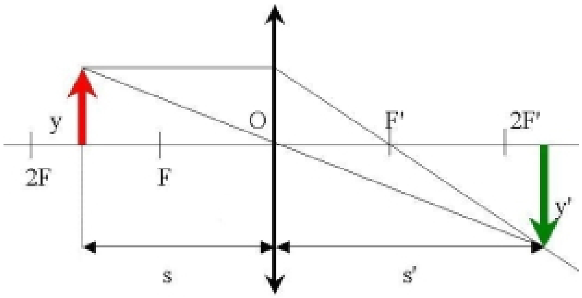
Aplicando el aumento lateral de una lente delgada:

$$\frac{y'}{y}=\frac{s'}{s} \quad \Rightarrow \quad y'=y\cdot\frac{s'}{s}=5\cdot\frac{-37,5}{-15}=12,5\ cm\ (derecha\ y\ mayor)$$

b) **(1 p)** La posición y altura de la imagen formada por la lente si un objeto de 3 cm de altura se encuentra situado delante de ella, a una distancia de 35 cm.

Para construir gráficamente las imágenes de una lente delgada es necesario dibujar al menos la trayectoria de dos rayos y hallar su intersección después de refractarse en la lente. Existen tres rayos cuyas trayectorias pueden ser trazadas fácilmente:

- **Un rayo paralelo al eje óptico una vez refractado pasa por el foco imagen F'.**
- **Un rayo que pase por el foco objeto F se refracta paralelo al eje óptico.**
- **Un rayo que pase por el centro geométrico de la lente (centro óptico) no se desvía.**



(El diagrama no está hecho a escala)

Aplicando la ecuación de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{s'}-\frac{1}{s}=\frac{1}{f'} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{s'}-\frac{1}{-35}=\frac{1}{25} \quad \Rightarrow \quad s'=87,5\ cm\ (detrás\ de\ la\ lente)$$

Aplicando el aumento lateral de una lente delgada:

$$\frac{y'}{y}=\frac{s'}{s} \quad \Rightarrow \quad y'=y\cdot\frac{s'}{s}=3\cdot\frac{87,5}{-35}=-7,5\ cm\ (invertida\ y\ mayor)$$

c) **(0,5 p)** La naturaleza (real/virtual, derecha/invertida, mayor/menor) de las imágenes formadas en los apartados a) y b).

Cuando el objeto se sitúa a 15 cm de la lente, esta actúa como lupa, formando una imagen virtual (s' < 0), derecha (aumento lateral positivo > 1) y mayor que el objeto.

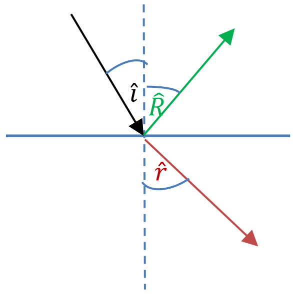
Cuando el objeto se sitúa a 35 cm de la lente, se forma una imagen real (s' > 0), invertida (aumento lateral negativo de valor absoluto > 1) y mayor que el objeto.

SEPTIEMBRE 2020

Un rayo de luz monocromática se propaga desde un medio de índice de refracción n_1 = 1,50 a otro medio de índice n_2 = 1,00 y sufre una refracción con un ángulo 30 °. Obtener:

a) **(1,5 p)** El ángulo de reflexión y el de incidencia incluyendo un dibujo indicativo.

El rayo, al pasar de un medio de mayor índice de refracción a otro de menor índice de refracción, se desvía alejándose de la normal.
Si aplicamos la ley de Snell de la refracción



$$n_1 \, . \, sen \; \hat{\imath} = n_2 . \, sen \; \hat{r} \;\Rightarrow\; 1,5 \, . \, sen \; \hat{\imath} = 1 \, . \, sen\,30° \quad \Rightarrow \quad \hat{\imath} = 19,5°$$

De acuerdo a la ley de Snell de la reflexión, el ángulo de reflexión y el ángulo de incidencia son iguales, de modo que el ángulo de reflexión es: $\hat{R} = 19,5°$.

b) **(1 p)** El ángulo límite de incidencia para que se produzca refracción.

El ángulo límite es el ángulo de incidencia para el cual el ángulo de refracción es de 90°.

$$n_1 \, . \, sen \; \hat{\imath}_l = n_2 . \, sen \; \hat{r} \;\Rightarrow\; 1,5 \, . \, sen \; \hat{\imath}_l = 1 \, . \, sen\,90° \quad \Rightarrow \quad \hat{\imath}_l = 41,8°$$

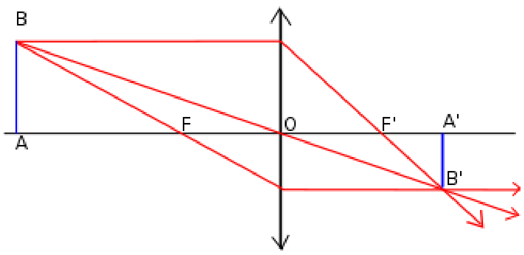
SEPTIEMBRE 2020

Una lente convergente delgada tiene una distancia focal de 20 cm (en valor absoluto). Determina la posición tamaño y naturaleza de la imagen que se obtiene de un objeto de altura 9 cm que se sitúa 45 cm a la izquierda de la lente.

a) **(1 p)** Mediante trazado de rayos.

Para construir gráficamente las imágenes de una lente delgada es necesario dibujar al menos la trayectoria de dos rayos y hallar su intersección después de refractarse en la lente. Existen tres rayos cuyas trayectorias pueden ser trazadas fácilmente:

- **Un rayo paralelo al eje óptico una vez refractado pasa por el foco imagen F'.**
- **Un rayo que pase por el foco objeto F, se refracta paralelo al eje óptico.**
- **Un rayo que pase por el centro geométrico de la lente (centro óptico) no se desvía.**



La imagen es real, invertida y de menor tamaño que el objeto.

b) **(1,5 p)** Cuantitativamente.

Aplicando la ecuación de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{s'} - \frac{1}{-45} = \frac{1}{20} \quad \Rightarrow \quad s' = 36 \;\; cm \quad (\text{detrás de la lente; imagen real})$$

Aplicando la ecuación del aumento lateral para lentes delgadas:

$$M_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \quad \Rightarrow \quad y' = y \, . \left(\frac{s'}{s}\right) = 9 \, . \left(\frac{36}{-45}\right) = -7,2 \;\; cm \quad (\text{imagen invertida y de menor tamaño})$$

JULIO 2020

Una lámina de caras planas y paralelas, de 4 cm de espesor tiene un índice de refracción 1,5 se encuentra en el aire, de índice de refracción 1,0. Un rayo de luz monocromática de frecuencia 4.10^{14} Hz incide desde el aire en la lámina con un ángulo de 30 °. Determinar:

d) **(1 p)** Las longitudes de onda del rayo en el aire y en el vidrio.

La frecuencia de onda no varía al cambiar de medio de propagación:

$$\lambda_{aire} = \frac{v_{aire}}{f} = \frac{c/n_{aire}}{f} = \frac{3.10^8/1}{4.10^{14}} = 7,5.10^{-7}\ m = 750\ nm$$

$$\lambda_{lámina} = \frac{v_{lámina}}{f} = \frac{c/n_{lámina}}{f} = \frac{3.10^8/1,5}{4.10^{14}} = 5.10^{-7}\ m = 500\ nm$$

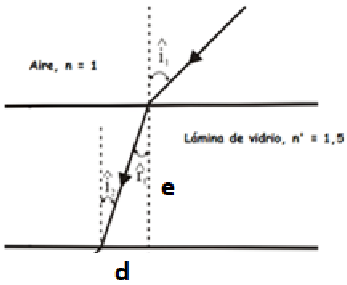
e) **(1 p)** El ángulo de refracción en la lámina con un dibujo aclarativo.

El rayo, al pasar de un medio de menor índice de refracción a otro de mayor índice de refracción, se desvía acercándose a la normal.

Si aplicamos la ley de Snell de la refracción

$$n\,.\ sen\ \widehat{\iota_1} = n'.\ sen\ \widehat{r_1} \Rightarrow 1\,.\ sen\ 30° = 1,5\,.\ sen\,\widehat{r_1}$$

$$\widehat{r_1} = 19,47°$$



f) (0,5 p) La desviación espacial que sufre el rayo al salir de la lámina.

$$tag\,\widehat{r_1} = \frac{d}{e} \Rightarrow d = e\,.\ tag\,\widehat{r_1} = 4\,.\ tag\ 19,47° = 1,41\ cm$$

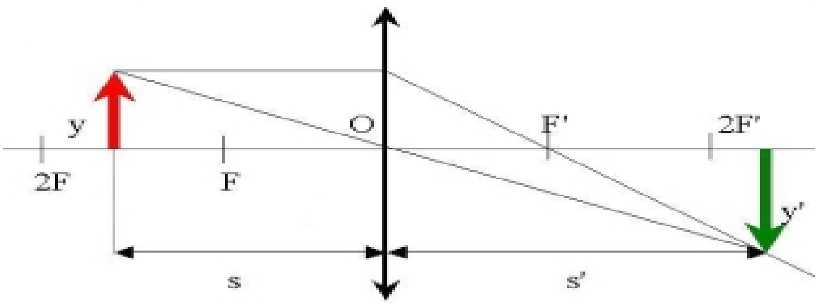
JULIO 2019

A 15 cm a la izquierda de una lente delgada convergente de distancia focal 10 cm se sitúa un cuerpo de 1 cm de altura.

a) **(1 p)** Determina la posición de la imagen mediante trazado de rayos.

Para construir gráficamente las imágenes de una lente delgada es necesario dibujar al menos la trayectoria de dos rayos y hallar su intersección después de refractarse en la lente. Existen tres rayos cuyas trayectorias pueden ser trazadas fácilmente:

- **Un rayo paralelo al eje óptico una vez refractado pasa por el foco imagen F'.**
- **Un rayo que pase por el foco objeto F se refracta paralelo al eje óptico.**
- **Un rayo que pase por el centro geométrico de la lente (centro óptico) no se desvía.**



(El diagrama no está hecho a escala)

b) **(1 p)** Determina numéricamente la posición, el tamaño y la naturaleza de la imagen.

Aplicando la ecuación de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{s'} - \frac{1}{-15} = \frac{1}{10} \quad \Rightarrow \quad s' = 30\ cm$$

La imagen es real ya que se forma detrás de la lente (distancia imagen positiva).

Aplicando la ecuación del aumento lateral:

$$M_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \quad \Rightarrow \quad y' = y\,.\left(\frac{s'}{s}\right) = 1\,.\left(\frac{30}{-15}\right) = -2\ cm$$

La imagen es invertida (objeto e imagen tienen distinto signo) y de mayor tamaño que el objeto.

<u>JULIO 2019</u>

Un rayo de luz monocromática se propaga desde un recipiente lleno de líquido de índice de refracción 1,30 hacia el aire.

a) **(0,75 p)** Si el ángulo de incidencia es θ = 30 °, calcula el ángulo de refracción.

El ángulo de refracción lo obtenemos aplicando la ley de Snell de la refracción:

$$n_1\,.\,sen\,\theta = n_2\,.\,sen\,\theta_r \Rightarrow sen\,\theta_r = \frac{n_1\,.\,sen\,\theta}{n_2}$$

$$sen\,\theta_r = \frac{1,3\,.\,sen\,30^\circ}{1} = 0,65 \Rightarrow \theta_r = arcsen\,0,65 = 40,54^\circ$$

b) **(0,75 p)** Calcula la velocidad de la luz en el líquido.

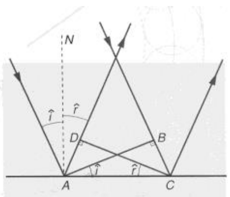
$$n_1 = \frac{c}{v_1} \quad \Rightarrow \quad v_1 = \frac{c}{n_1} = \frac{3.10^8}{1,3} = 2,31.10^8\ m/s$$

c) **(0,5 p)** Enuncia las leyes de la reflexión y la refracción, indicando mediante un dibujo los ángulos involucrados.

<u>Reflexión</u>

La reflexión es el cambio que se produce en la dirección de propagación de una onda dentro de un mismo medio. Este fenómeno se presenta cuando una onda incide sobre la superficie que separa el medio por el que se propaga de otro medio de propiedades elásticas distintas.

Al estudiar experimentalmente estos fenómenos, Snell observó que se cumplían las siguientes relaciones:

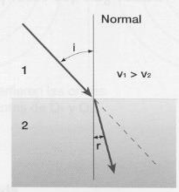


- **El rayo incidente, la normal y el rayo reflejado están en el mismo plano.**
- **Los ángulos de incidencia y de reflexión son iguales:** $\hat{\imath} = \hat{r}$

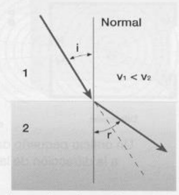
<u>Refracción</u>

Cuando una onda que se propaga por un medio pasa a otro medio en el que su velocidad de propagación es diferente, la onda transmitida cambia la dirección en que se propaga con respecto a la que tenía la onda incidente. A este fenómeno se le denomina refracción.

En la refracción se cumple la Ley de Snell de la refracción: La relación entre el seno del ángulo de incidencia y el seno del ángulo de refracción es, para dos medios dados, constante e igual a la razón entre las velocidades v_1 y v_2 con que se propaga la onda en ambos medios, verificándose que:



La onda refractada se acerca a la normal.

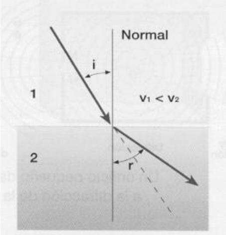


La onda refractada se aleja de la normal.

$$\frac{sen\,\hat{\imath}}{sen\,\hat{r}} = \frac{v_1}{v_2} = n_{1,2} \qquad o \qquad n_1\,.\,sen\,\hat{\imath} = n_2\,.\,sen\,\hat{r}$$

JUNIO 2019

Una onda monocromática se propaga por un medio con una velocidad v e incide sobre la superficie de separación con otro medio donde la velocidad de propagación es $v' = 2v$.



La onda refractada se aleja de la normal.

a) **(1 p)** Si el ángulo de incidencia es θ = 10°, calcula y dibuja el ángulo de refracción.

Aplicando la ley de Snell de la refracción:

$$\frac{sen\,\hat{\imath}}{sen\,\hat{r}} = \frac{v_1}{v_2} \;\Rightarrow\; sen\,\hat{r} = \frac{v_2}{v_1}\,.\,sen\,\hat{\imath} = \frac{2v}{v}\,.\,sen\,\hat{\imath} = 2\,.\,sen\,\hat{\imath} = 2\,.\,sen\,10° = 0,347$$

$$\hat{r} = arcsen\,0,347 = 20,3°$$

Al proceder el rayo incidente de un medio más refringente y pasar a un medio menos refringente, el rayo refractado se aleja de la normal.

b) **(0,5 p)** Calcula e indica el ángulo límite.

El ángulo límite es el ángulo de incidencia para el cual el ángulo de refracción es de 90°.

$$\frac{sen\,\hat{\imath}}{sen\,\hat{r}} = \frac{v_1}{v_2} \;\Rightarrow\; sen\,\hat{\imath}_l = \frac{v_1}{v_2}\,.\,sen\,\hat{r} = \frac{v}{2v}\,.\,sen\,\widehat{90°} = 0,5 \;\Rightarrow\; \hat{\imath}_l = arcsen\,0,5 = 30°$$

c) **(0,5 p)** Describe el fenómeno de la reflexión total y alguna de sus aplicaciones.

La reflexión total es un fenómeno óptico que se produce cuando un rayo de luz pasa de un medio más refringente (en el que la luz se desplaza a menor velocidad) a otro medio menos refringente (donde la luz se desplaza a mayor velocidad), donde a partir de un determinado ángulo de incidencia (ángulo límite), la ley de Snell de la refracción predice un ángulo de refracción mayor de 90°, lo que implica que la luz no se refracta y solamente se refleja.
Entre las aplicaciones de la reflexión total, destacan:

- **Transmisión de datos a través de la fibra óptica.**
- **Prismas de reflexión total utilizados en periscopios, prismáticos y otros instrumentos ópticos.**

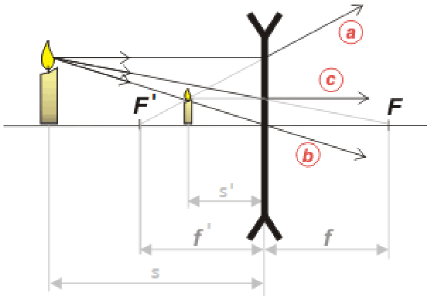
JUNIO 2019

Una lente divergente delgada tiene una distancia focal de 6 cm (en valor absoluto). Determina la posición tamaño y naturaleza de la imagen que se obtiene de un objeto de altura 4 cm que se sitúa 10 cm a la izquierda de la lente.

a) **(0,75 p)** Mediante trazado de rayos.

Las lentes divergentes tienen la focal imagen delante de la lente. Hacemos el trazado de rayos:

- **Un rayo procedente del objeto paralelo al eje óptico, se refracta en la lente en una dirección cuya prolongación pasa por el foco imagen (rayo a).**
- **Un rayo procedente del objeto paralelo en dirección hacia el foco objeto, se refracta en la lente en dirección paralela al eje óptico (rayo c).**
- **Un rayo procedente del objeto que pasa por el centro óptico de la lente no se desvía (rayo b).**



Se trata de una imagen virtual (se forma por delante de la lente), derecha y de menor tamaño.

b) **(0,75 p)** Cuantitativamente.

Al tratarse de una lente divergente la distancia focal imagen, f', es negativa.

Aplicando la ecuación de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{s'} - \frac{1}{-10} = \frac{1}{-6} \quad \Rightarrow \quad s' = -3,75\ cm$$

La imagen es virtual ya que se forma delante de la lente (distancia imagen negativa).
Aplicando la ecuación del aumento lateral:

$$M_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \quad \Rightarrow \quad y' = y\,.\left(\frac{s'}{s}\right) = 4\,.\left(\frac{-3,75}{-10}\right) = 1,5\ cm$$

La imagen es derecha (aumento lateral positivo) y de menor tamaño que el objeto.

c) **(0,5 p)** Describe razonadamente el tipo de imagen que se obtiene con una lente divergente.

Las imágenes que forman las lentes divergentes son siempre virtuales, derechas y de menor tamaño que el objeto. Lo podemos demostrar analíticamente:

De acuerdo a las normas DIN:

$$s < 0; \quad f' < 0 \ \ (lente\ divergente) \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \ \Rightarrow \ \frac{1}{s'} = \frac{s + f'}{s\,.\,f'} \quad \Rightarrow \quad s' = \frac{s\,.\,f'}{s + f'} < 0$$

La distancia imagen es negativa, independientemente del valor de la distancia objeto, por lo que la imagen es siempre virtual.

$$s < 0; \quad s' < 0 \ \ (imagen\ virtual) \quad \Rightarrow \quad M_L = \frac{s'}{s} > 0 \ \ (imagen\ derecha)$$

También puede demostrarse gráficamente, situando el objeto a diferentes distancias de la lente.

<u>SEPTIEMBRE 2018</u>

Un objeto de 15 cm de altura se coloca a 1,2 m de una lente delgada y se obtiene una imagen derecha y virtual, de 0,75 m de altura:

a) **(0,75 p)** Calcula la distancia focal y la potencia de la lente. ¿A qué tipo de lente se corresponde?

Para una lente delgada, el aumento lateral es:

$$M_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \quad \Rightarrow \quad \frac{0,75}{0,15} = \frac{s'}{-1,2} \quad \Rightarrow \quad s' = -6\ m$$

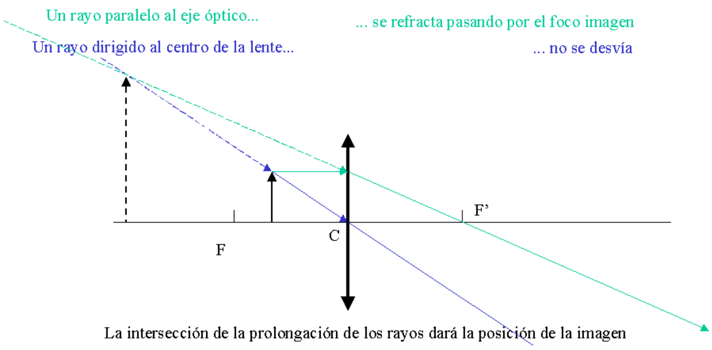
Aplicando la ecuación fundamental de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{(-6)} - \frac{1}{(-1,2)} = \frac{1}{f'} \quad \Rightarrow \quad f' = 1,5\ m \quad \Rightarrow \quad P = \frac{1}{f'} = 0,67\ dioptrías$$

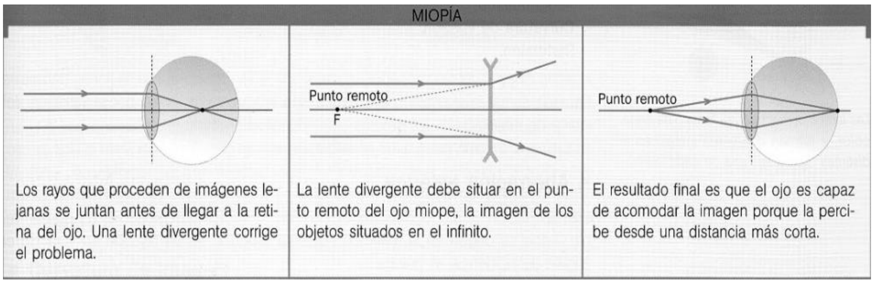
El valor positivo de la potencia indica que se trata de una lente convergente.

b) **(0,75 p)** Realiza el trazado de rayos correspondiente.

Como el objeto está situado entre el foco objeto y la lente, esta actúa como lupa, creando una imagen virtual, derecha y de mayor tamaño.



c) **(0,5 p)** La miopía es un defecto de la vista, en qué consiste y cómo se corrige.

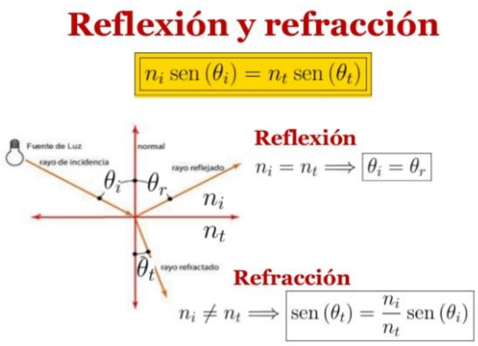


La miopía es el defecto visual por el que el cristalino no enfoca sobre la retina los rayos paralelos procedentes de un objeto lejano, formándose la imagen por delante de la retina. Por consiguiente, una persona miope ve borrosos los objetos lejanos. Se debe a que la córnea tiene demasiada curvatura o a que el ojo tiene una longitud mayor de la normal. Para corregir la miopía se usan lentes divergentes de forma que el foco imagen de esta lente coincida con el punto remoto del ojo (acercamos los objetos muy lejanos a su punto remoto) para que ahora sean enfocados sobre la retina (hemos "desplazado" la focal imagen del ojo hasta la retina). Las personas miopes tienen el punto remoto más cerca de lo normal y también tienen el punto próximo a una distancia menor que el resto de la gente, pudiendo llegar a ver correctamente incluso a 5 cm.

<u>SEPTIEMBRE 2018</u>

Un rayo de luz pasa desde un medio de índice de refracción 1,8 a otro medio de índice 1,3 a través de una superficie plana.

a) **(0,75 p)** Si el ángulo de incidencia es de 30°, determina el ángulo de refracción y el de reflexión.



Según la ley de Snell de la reflexión, el ángulo de incidencia con la normal es igual al ángulo de reflexión con la normal:

$$\boldsymbol{\theta_r = \theta_i = 30°}$$

El ángulo de refracción lo obtenemos aplicando la ley de Snell de la refracción:

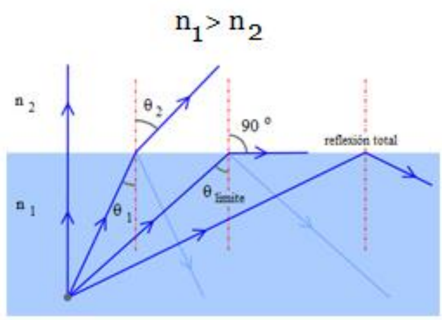
$$n_1 \cdot sen\ \theta_i = n_2 \cdot sen\ \theta_t \Rightarrow sen\ \theta_t = \frac{n_1 \cdot sen\ \theta_i}{n_2}$$

$$sen\ \theta_t = \frac{1,8 \cdot sen\ 30°}{1,3} = 0,692 \Rightarrow \theta_t = arcsen\ 0,692 = 43,8°$$

b) **(0,75 p)** Calcula el ángulo (de incidencia) a partir del cual no se produce refracción.

c) **(0,5 p)** Explica el fenómeno de la reflexión total y en qué condiciones se produce.

Contesto los dos apartados simultáneamente.



Se produce reflexión total cuando un rayo procedente de un medio más refringente (mayor índice de refracción) llega a la superficie de separación con un medio menos refringente, de modo que el ángulo de refracción teóricamente sería mayor de 90°. Se llama ángulo límite al ángulo de incidencia para el cual el ángulo de refracción es de 90°. Para ángulos de incidencia mayores que el límite se produce reflexión total.

$$n_1 \cdot sen\ \theta_1 = n_2 \cdot sen\ \theta_t \Rightarrow 1,8 \cdot sen\ \theta_l = 1,2 \cdot sen\ 90° \Rightarrow \theta_l = 41,8°$$

JUNIO 2018

Si tenemos una lente convergente de 20 dioptrías.

a) **(1 p)** ¿Con qué tamaño se vería un objeto de 2 mm de altura si la lente se pone a 3,4 cm de distancia?

Calculamos la distancia focal imagen de la lente:

$$P = \frac{1}{f'} \Rightarrow f' = \frac{1}{P} = \frac{1}{20} = 0,05\ m = 5\ cm$$

Aplicando la ecuación fundamental de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{s'} - \frac{1}{-3,4} = \frac{1}{5} \Rightarrow s' = -10,625\ cm$$

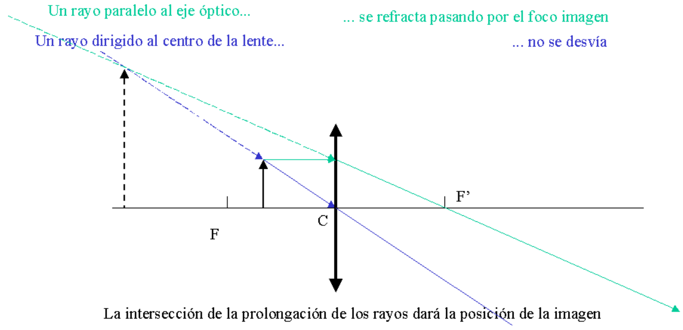
Para una lente delgada, el aumento lateral es:

$$M_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \Rightarrow y' = y.\left(\frac{s'}{s}\right) = 2.\left(\frac{-10,625}{-3,4}\right) = 6,25\ mm$$

b) **(0,5 p)** Características de la imagen.

La imagen es virtual (s' < 0), derecha y de mayor tamaño que el objeto. Al estar situado el objeto entre el foco objeto y la lente convergente, esta actúa como lupa.

c) **(0,5 p)** Realiza el trazado de rayos cualitativo correspondiente.



JUNIO 2018

Un haz de luz monocromática, de longitud de onda en el aire $\lambda_0 = 6,0.10^{-7}$ m, incide desde el aire, sobre un vidrio plano de índice 1,5 con un ángulo de incidencia de 30°. Por el otro lado del vidrio hay agua (índice 1,33). Determinar:

a) **(0,75 p)** El ángulo de refracción en el vidrio (entrada desde el aire) y el ángulo de salida por el agua.

Se produce una doble refracción.

Aire – Lámina: si aplicamos la ley de Snell de la refracción

$$n\,.\,sen\ \hat{\imath}_1 = n'.\,sen\ \hat{r}_1 \Rightarrow 1\,.\,sen\ 30° = 1,5\,.\,sen\,\hat{r}_1$$

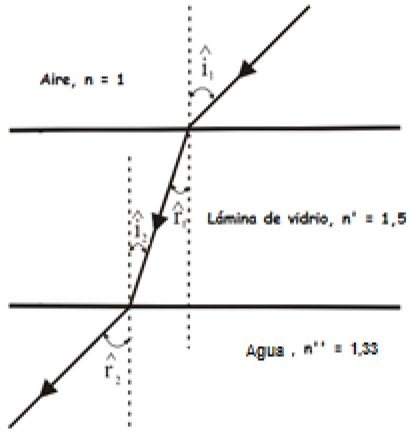
$$\hat{r}_1 = 19,47°$$

Lámina – Líquido: por tratarse de ángulos internos alternos

$$\hat{r}_1 = \hat{\imath}_2$$

$$n'.\,sen\ \hat{\imath}_2 = n''.\,sen\ \hat{r}_2 \Rightarrow 1,5\,.\,sen\ 19,47° = 1,33\,.\,sen\,\hat{r}_2$$

$$\hat{r}_2 = 22,08°$$



b) **(0,75 p)** La longitud de onda de dicho haz en el agua.

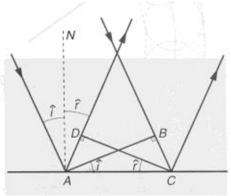
$$f_{aire} = f_{agua} \quad \Rightarrow \quad \frac{v_{aire}}{\lambda_{aire}} = \frac{v_{agua}}{\lambda_{agua}} \quad \Rightarrow \quad \frac{c/n_{aire}}{\lambda_{aire}} = \frac{c/n_{agua}}{\lambda_{agua}} \quad \Rightarrow \quad \lambda_{agua} = \lambda_{aire} \cdot \frac{n_{aire}}{n_{agua}}$$

$$\lambda_{vidrio} = 6.10^{-7} \cdot \frac{1}{1,33} = 4,51.10^{-7}\ m = 451\ nm$$

c) **(0,5 p)** Enuncie las leyes de reflexión y refracción de la luz.

Ley de Snell de la reflexión:

- **El rayo incidente, la normal y el rayo reflejado están en el mismo plano.**
- **Los ángulos de incidencia y de reflexión son iguales.**



Ley de Snell de la refracción: La relación entre el seno del ángulo de incidencia y el seno del ángulo de refracción es, para dos medios dados, constante e igual a la razón entre las velocidades v_1 y v_2 con que se propaga la luz en ambos medios, verificándose que:

$$\frac{sen\,\hat{\imath}}{sen\,\hat{r}} = \frac{v_1}{v_2} \qquad o \qquad n_1 \cdot sen\,\hat{\imath} = n_2 \cdot sen\,\hat{r}$$

SEPTIEMBRE 2017

A 12 cm de una lente delgada convergente se sitúa un objeto de 2 cm de altura y produce una imagen a 14 cm a la derecha de la lente:

a) **(1 p)** Calcúlese, mediante las formulas correspondientes, la distancia focal y el tamaño de la imagen.

Aplicando la ecuación de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{14} - \frac{1}{-12} = \frac{1}{f'} \quad \Rightarrow \quad f' = 6,46\ cm$$

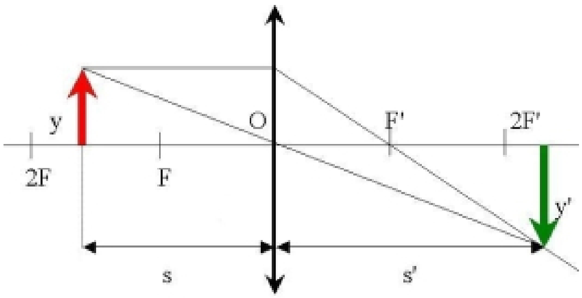
Aplicando la ecuación del aumento lateral para lentes delgadas:

$$M_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \quad \Rightarrow \quad y' = y \cdot \left(\frac{s'}{s}\right) = 2 \cdot \left(\frac{14}{-12}\right) = -2,33\ cm \quad (imagen\ invertida)$$

b) **(1 p)** Realizar el análisis cualitativo mediante el trazado de rayos de la naturaleza de la imagen formada.

Para construir gráficamente las imágenes de una lente delgada es necesario dibujar al menos la trayectoria de dos rayos y hallar su intersección después de refractarse en la lente. Existen tres rayos cuyas trayectorias pueden ser trazadas fácilmente:

- **Un rayo paralelo al eje óptico una vez refractado pasa por el foco imagen F'.**
- **Un rayo que pase por el foco objeto F se refracta paralelo al eje óptico.**
- **Un rayo que pase por el centro geométrico de la lente (centro óptico) no se desvía.**



(El diagrama no está hecho a escala)

Como podemos ver en el diagrama la imagen es real (se forma detrás de la lente por la intersección de los rayos refractados), es invertida y de mayor tamaño que el objeto.

SEPTIEMBRE 2017

Un material de caras planas y paralelas tiene un espesor d y un índice de refracción de 1,45. Si lo colocamos entre agua (n = 1,33) y aire (n = 1) e incidimos con un rayo de luz monocromática de frecuencia $4{,}5.10^{14}$ Hz desde el agua en el material, determinar:

a) **(1 p)** La longitud de onda del rayo en el agua y en el material.

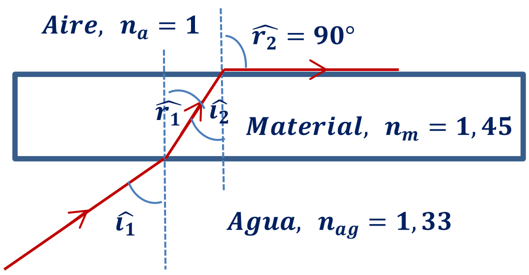
$$\lambda_{agua} = \frac{v_{agua}}{f_{agua}} = \frac{c/n_{agua}}{f_{agua}} = \frac{3.10^8/1,33}{4,5.10^{14}} = 5,01.10^{-7}\ m = 501\ nm$$

La frecuencia de la onda no varía al cambiar de medio de propagación:

$$f_{agua} = f_{materal} \quad \Rightarrow \quad \frac{v_{agua}}{\lambda_{agua}} = \frac{v_{material}}{\lambda_{material}}$$

$$\lambda_m = \lambda_{ag}\ .\ \frac{v_m}{v_{ag}} = \lambda_{agua}\ .\ \frac{\left(\frac{c}{n_{material}}\right)}{\left(\frac{c}{n_{agua}}\right)} = \lambda_{agua}\ .\ \frac{n_{agua}}{n_{material}} = 501\ .\ \frac{1,33}{1,45} = 459,5\ nm$$

b) **(1 p)** El ángulo de incidencia a partir del cual se produce reflexión total interna en la segunda cara.



Se produce una doble refracción.

Lámina - Aire (reflexión total): si aplicamos la ley de Snell de la refracción

$$n_m\ .\ sen\ \widehat{\iota_2} = n_a.\ sen\ 90° \Rightarrow\ 1,45\ .\ \widehat{\iota_2} = 1$$

$$\widehat{\iota_2} = 43,6°$$

Agua - Lámina: $\widehat{r_1} = \widehat{\iota_2}$, ya que se trata de ángulos internos alternos

$$n_{ag}.\ sen\ \widehat{\iota_1} = n_{mat}\ .\ sen\ \widehat{r_2} \Rightarrow 1,33\ .\ sen\ \widehat{\iota_1} = 1,45\ .\ sen\, 43,6° \quad \Rightarrow \quad \widehat{\iota_1} = 48,75°$$

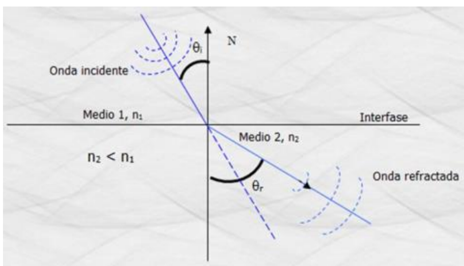
JUNIO 2017

Un rayo de luz monocromática de longitud de onda 200 nm (1nm = 10^{-9} m) en un medio de índice 2,5 alcanza una superficie de separación (plana) con agua (índice 1,33) incidiendo con un ángulo de 30° respecto a la normal a dicha superficie.

a) **(1 p)** Dibujar un esquema, cualitativamente correcto del proceso descrito y calcular el ángulo de refracción que experimenta el rayo.

Cuando un rayo luminoso pasa de un medio transparente de índice de refracción n_1 a otro medio transparente de índice de refracción n_2, sufre un cambio en su dirección de propagación, fenómeno conocido como refracción de la luz. La refracción se rige por la ley de Snell:

$$n_1\ .\ sen\ \hat{\imath} = n_2\ .\ sen\ \hat{r}$$



En este caso como $n_1 > n_2$, el ángulo de refracción es mayor que el ángulo de incidencia, por lo que el rayo luminoso se aleja de la normal.

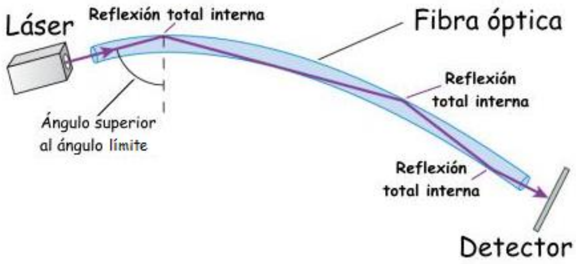
$$2,5\ .\ sen\ 30° = 1,33\ .\ sen\ \hat{r} \ \Rightarrow \ \hat{r} = 70°$$

b) **(0,5 p)** Calcular la longitud de onda de la luz que atraviesa el agua, sabiendo que la frecuencia de la luz incidente y la frecuencia de la luz refractada son iguales.

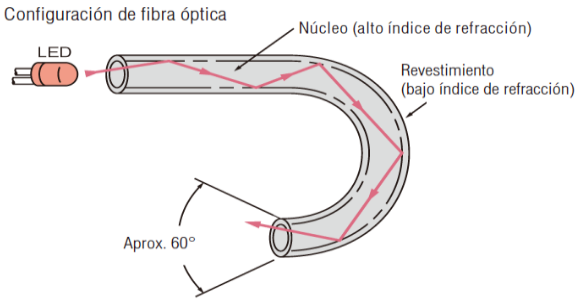
$$f_1 = f_2 \quad \Rightarrow \quad \frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{v_2}{\lambda_2} \quad \Rightarrow \quad \lambda_2 = \lambda_1 \cdot \frac{v_2}{v_1} = \lambda_1 \cdot \frac{\left(\frac{c}{n_2}\right)}{\left(\frac{c}{n_1}\right)} = \lambda_1 \cdot \frac{n_1}{n_2} = 200 \cdot \frac{2,5}{1,33} = 375,9\ nm$$

c) **(0,5 p)** Explicar brevemente el concepto de ángulo límite y el funcionamiento de la fibra óptica.

Se produce reflexión total cuando un rayo procedente de un medio más refringente (mayor índice de refracción) llega a la superficie de separación con un medio menos refringente, de modo que el ángulo de refracción teóricamente sería mayor de 90°. Se llama ángulo límite al ángulo de incidencia para el cual el ángulo de refracción es de 90°. Para ángulos de incidencia mayores que el límite se produce reflexión total.



La fibra óptica es un medio de transmisión empleado habitualmente en redes de datos; un hilo muy fino de material transparente, vidrio o materiales plásticos, con un índice de refracción mayor que el del aire o del recubrimiento, por el que se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir. El haz de luz queda completamente confinado y se propaga por el interior de la fibra con un ángulo de reflexión por encima del ángulo límite de reflexión total, en función de la ley de Snell. La fuente de luz puede ser láser o un LED.

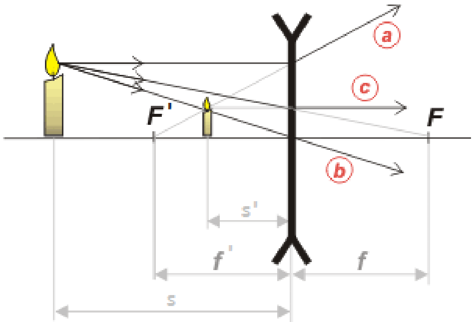


Entre las ventajas de la fibra óptica podemos destacar:

- **La velocidad de transmisión de datos por fibra óptica es mucho más rápida. Si en un sistema normal podemos alcanzar una velocidad máxima de apenas 100 Mb/s, en uno de fibra óptica se ha llegado tradicionalmente a 10 Gb/s.**
- **Mejor ancho de banda (cantidad de información que se puede enviar en una misma unidad de tiempo). Si conectas muchos equipos a la vez a una red inalámbrica o red por cable, obtendrías mucha menor velocidad para cada uno, mientras que con la fibra podrías conectar más equipos sin ver limitadas tus opciones.**
- **Las redes por fibra óptica evitan las interferencias electromagnéticas, lo que evitará problemas de bajada de la velocidad, cortes de la conexión, etc.**
- **Más seguridad de red: en una de fibra óptica el intrusismo se detecta con mucha facilidad, por el debilitamiento de la energía lumínica en recepción, de modo que no resulta nada sencillo el robo o intervención en las transmisiones de datos.**

JUNIO 2017

Supongamos un sistema óptico consistente en una lente divergente delgada que tiene una distancia focal en valor absoluto de 8 cm. Determina la posición, tamaño y naturaleza de la imagen que se obtiene de un objeto de altura 2,5 cm que se sitúa a una distancia de 12 cm de la lente:



a) **(0,75 p)** Cualitativamente mediante trazado de rayos.

Se trata de una imagen virtual (se forma por delante de la lente), derecha y de menor tamaño que el objeto.

b) **(0,75 p)** Cuantitativamente mediante el uso de las fórmulas correspondientes.

Al tratarse de una lente divergente la distancia focal imagen, f', es negativa.

Aplicando la ecuación de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{s'} - \frac{1}{-12} = \frac{1}{-8} \quad \Rightarrow \quad s' = -4,8\ cm$$

La imagen es virtual ya que se forma delante de la lente (distancia imagen negativa).

Aplicando la ecuación del aumento lateral:

$$M_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \quad \Rightarrow \quad y' = y\,.\left(\frac{s'}{s}\right) = 2,5\,.\left(\frac{-4,8}{-12}\right) = 1\ cm$$

La imagen es derecha (objeto e imagen tienen el mismo signo) y de menor tamaño que el objeto.

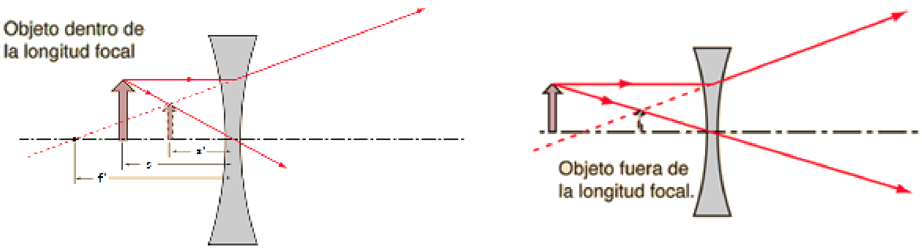
c) **(0,5 p)** Demuestra razonadamente el tipo de imagen se obtiene con una lente divergente. ¿Qué problema de visión corrige?

En una lente divergente $f' < 0$, y teniendo en cuenta que $s < 0$, al aplicar la ecuación de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'}$$

s' es siempre negativa, es decir, que la imagen se forma siempre por delante de la lente, por lo que este tipo de lentes siempre forma imágenes virtuales.

También se puede demostrar gráficamente:

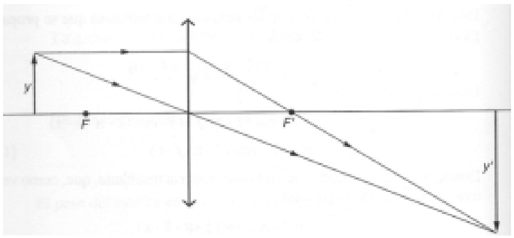


Este tipo de lentes se utilizan para corregir la miopía, defecto visual por el que el cristalino no enfoca sobre la retina los rayos paralelos procedentes de un objeto lejano, formándose la imagen por delante de la retina. La lente forma una imagen virtual de los objetos lejanos en el punto remoto del ojo miope, lo que permite al cristalino enfocarlos correctamente en la retina.

<u>SEPTIEMBRE 2016</u>

Se dispone de una lente convergente delgada de distancia focal 30 cm. Determínese, efectuando un trazado de rayos cualitativo:

a) **(1 p)** La posición y altura de la imagen formada por la lente si el objeto tiene una altura de 6 cm y se encuentra situado delante de ella, a una distancia de 40 cm.



Aplicando la ecuación fundamental de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{s'} - \frac{1}{-40} = \frac{1}{30} \quad \Rightarrow \quad s' = 120\ cm$$

Para una lente delgada, el aumento lateral es:

$$M_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \quad \Rightarrow \quad y' = y.\left(\frac{s'}{s}\right) = 6.\left(\frac{120}{-40}\right) = -18\ cm\ (imagen\ invertida)$$

b) **(1 p)** La naturaleza (real o virtual) de la imagen formada.

La imagen es real, ya que se forma por la intersección de los rayos refractados en la lente.

SEPTIEMBRE 2016

El índice de refracción del diamante es de 2.5 y el índice de refracción de la glicerina es de 1,47.

a) **(1 p)** Hallar el ángulo límite entre el diamante y la glicerina.

Se produce reflexión total cuando un rayo procedente de un medio más refringente (mayor índice de refracción) llega a la superficie de separación con un medio menos refringente, de modo que el ángulo de refracción teóricamente sería mayor de 90°. Se llama ángulo límite al ángulo de incidencia para el cual el ángulo de refracción es de 90°. Para ángulos de incidencia mayores que el límite se produce reflexión total. Aplicamos la ley de Snell de la refracción:

$$n_1 \, . \, sen \ \hat{\imath} = n_2 \, . \, sen \ \hat{r} \quad \Rightarrow \quad 2{,}5 \, . \, sen \ \hat{\imath_l} = 1{,}47 \, . \, sen \ 90° \quad \Rightarrow \quad \hat{\imath_l} = 36°$$

b) **(0,5 p)** Si la glicerina se sustituye por aire, hallar si el nuevo ángulo límite es mayor o menor que el anterior.

$$n_1 \, . \, sen \ \hat{\imath} = n_2 \, . \, sen \ \hat{r} \quad \Rightarrow \quad n_1 \, . \, sen \ \hat{\imath_l} = n_2 \, . \, sen \ 90° \quad \Rightarrow \quad \hat{\imath_l} = arcsen \ \frac{n_2}{n_1}$$

Como el índice de refracción del aire (n_2 = 1) es menor que el de la glicerina (n_2 = 1,47), el ángulo límite con el aire será menor.

$$n_1 \, . \, sen \ \hat{\imath} = n_2 \, . \, sen \ \hat{r} \quad \Rightarrow \quad 2{,}5 \, . \, sen \ \hat{\imath_l} = 1 \, . \, sen \ 90° \quad \Rightarrow \quad \hat{\imath_l} = 23{,}6°$$

c) **(0,5 p)** Explicar brevemente el concepto de ángulo límite y el funcionamiento de la fibra óptica.

Se produce reflexión total cuando un rayo procedente de un medio más refringente (mayor índice de refracción) llega a la superficie de separación con un medio menos refringente, de modo que el ángulo de refracción teóricamente sería mayor de 90°. Se llama ángulo límite al ángulo de incidencia para el cual el ángulo de refracción es de 90°. Para ángulos de incidencia mayores que el límite se produce reflexión total.
La fibra óptica es un medio de transmisión empleado habitualmente en redes de datos; un hilo muy fino de material transparente, vidrio o materiales plásticos, por el que se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir. El haz de luz queda completamente confinado y se propaga por el interior de la fibra con un ángulo de reflexión por encima del ángulo límite de reflexión total, en función de la ley de Snell. La fuente de luz puede ser láser o un LED.

JUNIO 2016

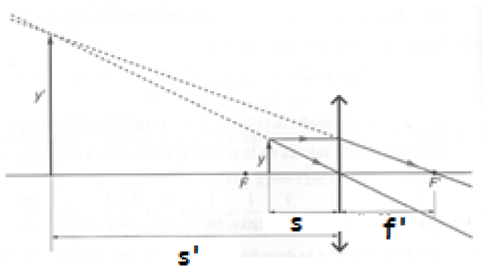
Se dispone de una lente delgada convergente de distancia focal 40 cm.

a) **(1 p)** Calcular, después de dibujar un esquema del trazado de rayos, la posición y la altura de la imagen formada por la lente si un objeto de 7 cm de altura se encuentra situado delante de ella a una distancia de 30 cm.

El trazado de rayos no está hecho a escala.

Aplicando la ecuación fundamental de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{s'} - \frac{1}{-30} = \frac{1}{40} \quad \Rightarrow \quad s' = -120 \ cm$$

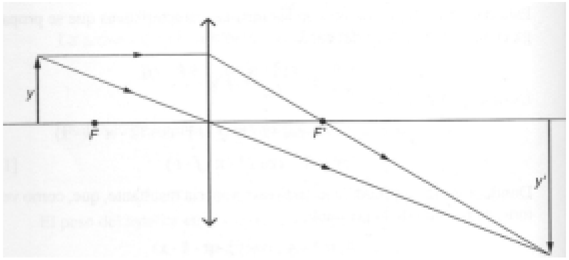


Para una lente delgada, el aumento lateral es:

$$M_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \quad \Rightarrow \quad y' = y . \left(\frac{s'}{s}\right) = 7 . \left(\frac{-120}{-30}\right) = 28 \ cm$$

La imagen es virtual, derecha y mayor que el objeto. La lente convergente actúa como lupa.

b) **(0,5 p)** Calcular, después de dibujar un esquema del trazado de rayos, la posición y la altura de la imagen formada por la lente si un objeto de 5 cm de altura se encuentra situado delante de ella a una distancia de 60 cm.



El trazado de rayos no está hecho a escala.

Aplicando la ecuación fundamental de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{s'} - \frac{1}{-60} = \frac{1}{40} \quad \Rightarrow \quad s' = 120 \ cm$$

Para una lente delgada, el aumento lateral es:

$$M_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \quad \Rightarrow \quad y' = y . \left(\frac{s'}{s}\right) = 5 . \left(\frac{120}{-60}\right) = -10 \ cm$$

La imagen en real, invertida y de mayor tamaño que el objeto.

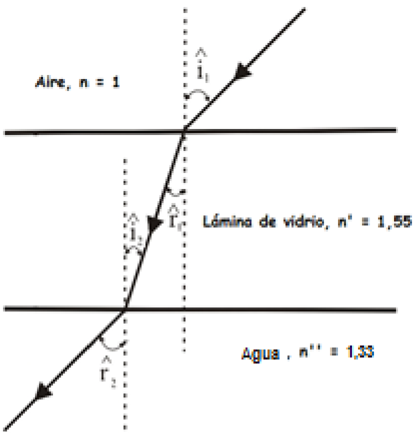
c) **(0,5 p)** Describir brevemente que es el astigmatismo y cómo se corrige.

El astigmatismo es un defecto visual por el que el ojo enfoca mal tanto los objetos cercanos como lejanos, formándose una imagen borrosa y sin nitidez, debido a la incapacidad de enfocar simultáneamente las líneas verticales y horizontales.
La causa es que la córnea no es esférica, está achatada por los polos, apareciendo diferentes radios de curvatura en cada uno de los ejes principales.
Se corrige con el uso de lentes cilíndricas.

JUNIO 2016

Una lámina horizontal de vidrio de índice de refracción 1,55 de caras plano-paralelas, con aire encima de ella, reposa sobre una capa de agua, de índice de refracción 1,33. Desde el aire, sobre la lámina de vidrio, incide un rayo de luz monocromática de longitud de onda 460 nm, con un ángulo de incidencia de 30º. Determínese:

a) **(1 p)** El valor del ángulo que forma el rayo emergente de la lámina de vidrio hacia el agua con la normal a la misma.



Se produce una doble refracción.

Aire – Lámina: si aplicamos la ley de Snell de la refracción

$$n . sen \ \hat{\imath}_1 = n' . sen \ \hat{r}_1 \Rightarrow 1 . sen \ 30° = 1,55 . sen \ \hat{r}_1$$

$$\hat{r}_1 = 18,82°$$

Lámina – Líquido: $\hat{r}_1 = \hat{\imath}_2$, ya que se trata de ángulos internos alternos

$$n' . sen \ \hat{\imath}_2 = n'' . sen \ \hat{r}_2 \Rightarrow 1,55 . sen \ 18,82° = 1,33 . sen \ \hat{r}_2$$

$$\hat{r}_2 = 22,1°$$

b) **(1 p)** La longitud de onda que atraviesa el vidrio, sabiendo que la frecuencia de la luz incidente la frecuencia de la luz refractada son iguales.

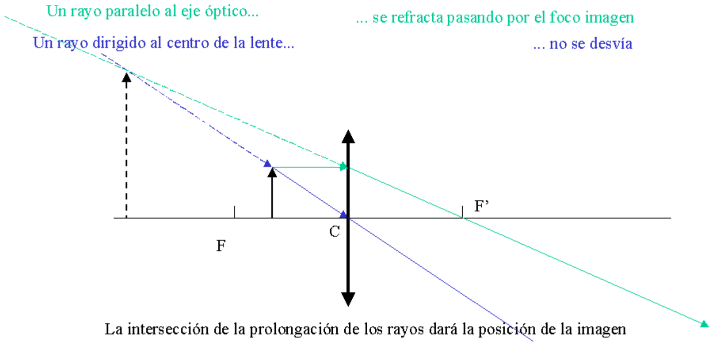
$$f_{aire} = f_{vidrio} \quad \Rightarrow \quad \frac{v_{aire}}{\lambda_{aire}} = \frac{v_{vidrio}}{\lambda_{vidrio}} \quad \Rightarrow \quad \frac{c/n_{aire}}{\lambda_{aire}} = \frac{c/n_{aire}}{\lambda_{vidrio}} \quad \Rightarrow \quad \lambda_{vidrio} = \lambda_{aire} \cdot \frac{n_{aire}}{n_{vidrio}}$$

$$\lambda_{vidrio} = 460 \cdot \frac{1}{1,55} = 296,77 \ nm$$

SEPTIEMBRE 2015

Se dispone de una lente convergente delgada de distancia focal 90 cm. Calcúlese, dibujando previamente un trazado de rayos cualitativo.

a) **(1 p)** la posición y altura de la imagen formada por la lente si el objeto tiene una altura de 10 cm y se encuentra situado delante de ella, a una distancia de 45 cm.



Aplicando la ecuación fundamental de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{s'} - \frac{1}{-45} = \frac{1}{90} \quad \Rightarrow \quad s' = -90 \ cm$$

Para una lente delgada, el aumento lateral es:

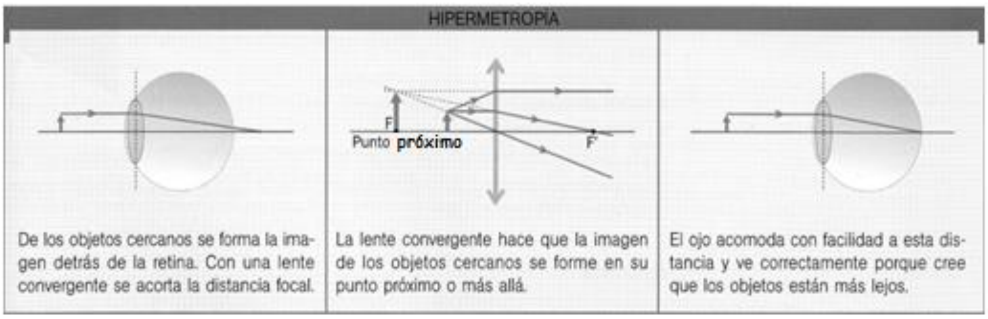
$$M_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \quad \Rightarrow \quad y' = y.\left(\frac{s'}{s}\right) = 10.\left(\frac{-90}{-45}\right) = 20 \ cm$$

Al estar situado el objeto entre el foco objeto y la lente convergente, esta actúa como lupa.

b) **(0,5 p)** La naturaleza (real o virtual) de la imagen formada.

La imagen es virtual ya que se forma por la intersección de la prolongación de los rayos refractados por la lente.

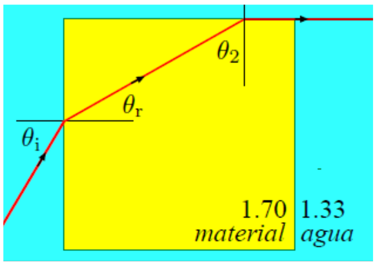
c) **(0,5 p)** Describir el defecto visual de "la hipermetropía" y explicar cómo se corrige.



Es un defecto visual por el que los rayos de luz procedentes de un objeto próximo al ojo son enfocados por el cristalino en un punto situado detrás de la retina, debido a que el ojo es más corto de lo normal o la córnea es demasiado plana. Por consiguiente, los hipermétropes ven borrosos los objetos próximos y ven bien a larga distancia, ya que los ojos de las personas hipermétropes alejan el punto próximo. La hipermetropía se corrige con lentes convergentes, de modo que forman la imagen de los objetos muy cercanos en el punto próximo del individuo (la lente actúa como lupa) y ahora el ojo es capaz de formar la imagen sobre la retina.

SEPTIEMBRE 2015

Un cubo de un material de índice de refracción 1.70 se encuentra sumergido en agua, que tiene un índice de refracción de 1.33. Un rayo incide sobre la cara lateral izquierda del cubo con un ángulo θ_i tal que se tiene el fenómeno de la reflexión total para el rayo que llega a la cara superior del cubo, saliendo este rayo justamente horizontal a la cara superior del mismo. Ver figura que se adjunta.



a) **(1 p)** Hallar el ángulo de incidencia θ_2 de la luz sobre la cara interna superior del cubo.

Si aplicamos la ley de Snell a la cara superior del cubo, teniendo en cuenta que se produce reflexión total:

$$n_m \,.\, sen\ \theta_2 = n_a \,.\, sen\ \hat{r} \quad \Rightarrow \quad 1,7 \,.\, sen\ \theta_2 = 1,33 \,.\, sen\,90° \quad \Rightarrow \quad \theta_2 = 51,48°$$

b) **(1 p)** Obtener el ángulo de refracción θ_r del haz de luz que penetra en el cubo por su cara lateral y el ángulo de incidencia θ_i del haz de luz que incide en la cara lateral del cubo.

Para obtener el ángulo θ_r aplicamos la geometría:

$$\theta_r = 180 - 90 - \theta_2 = 180 - 90 - 51,48° = 38,52°$$

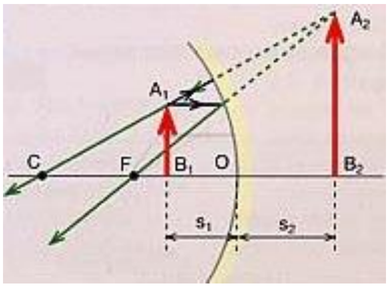
Para calcular el ángulo θ_i aplicamos la ley de Snell de la refracción:

$$n_a \,.\, sen\ \theta_i = n_m \,.\, sen\ \theta_r \quad \Rightarrow \quad 1,33 \,.\, sen\ \theta_i = 1,7 \,.\, sen\,38,52° \quad \Rightarrow \quad \theta_i = 52,75°$$

JUNIO 2015

Se dispone de un espejo cóncavo de 100 cm de radio. Calcúlese, dibujando previamente un trazado de rayos cualitativo.

a) **(1 p)** la posición y altura de la imagen formada por el espejo si el objeto tiene una altura de 5 cm y se encuentra situado delante del espejo, a una distancia de 25 cm.



Aplicando la ecuación fundamental de los espejos esféricos:

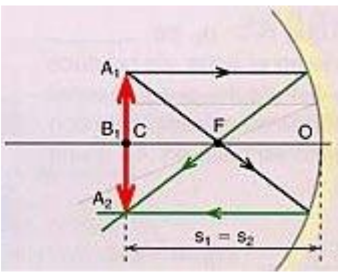
$$\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{2}{R} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{s'} + \frac{1}{-25} = \frac{2}{-100} \quad \Rightarrow \quad s' = 50\ cm$$

Para un espejo esférico, el aumento lateral es:

$$M_L = \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s} \quad \Rightarrow \quad y' = -y.\left(\frac{s'}{s}\right) = -5 \cdot \left(\frac{50}{-25}\right) = 10\ cm$$

La imagen es virtual (se forma detrás del espejo), derecha y de mayor tamaño que el objeto.

b) **(1 p)** la posición y altura de la imagen formada por el espejo si el objeto tiene una altura de 5 cm y se encuentra situado delante del espejo, a una distancia de 25 cm.



Aplicando la ecuación fundamental de los espejos esféricos:

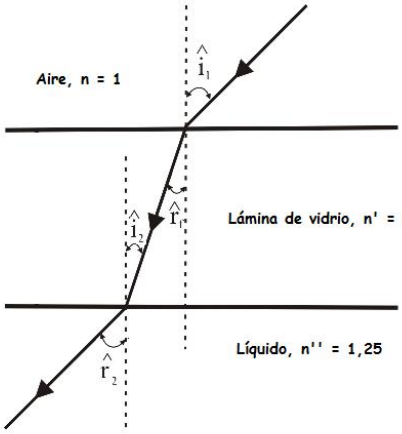
$$\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{2}{R} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{s'} + \frac{1}{-100} = \frac{2}{-100} \quad \Rightarrow \quad s' = -100\ cm$$

Para un espejo esférico, el aumento lateral es:

$$M_L = \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s} \quad \Rightarrow \quad y' = -y.\left(\frac{s'}{s}\right) = -10.\left(\frac{-100}{-100}\right) = -10\ cm$$

La imagen es real (se forma delante del espejo), invertida y de igual tamaño que el objeto.

JUNIO 2015



Una lámina horizontal de vidrio de índice de refracción 1,55 de caras plano-paralelas, con aire encima de ella, reposa sobre una capa de líquido, de índice de refracción 1,25. Sobre la lámina de vidrio, incide un rayo de luz monocromática de frecuencia $5{,}0.10^{14}$ Hz, con un ángulo de incidencia de 30°. Determínese:

a) **(1 p)** El valor del ángulo que forma el rayo emergente de la lámina de vidrio hacia el líquido con la normal a la misma.

Se produce una doble refracción.

Aire – Lámina: si aplicamos la ley de Snell de la refracción

$$n\,.\,sen\ \hat{\imath}_1 = n'.\ sen\ \widehat{r_1} \Rightarrow 1\,.\,sen\ 30° = 1{,}55\,.\,sen\,\widehat{r_1} \Rightarrow \widehat{r_1} = 18{,}8°$$

Lámina – Líquido: $\widehat{r_1} = \hat{\imath}_2$, ya que se trata de ángulos internos alternos

$$n'.\ sen\ \hat{\imath}_2 = n''.\ sen\ \widehat{r_2} \Rightarrow 1{,}55\,.\,sen\ 18{,}8° = 1{,}25\,.\,sen\,\widehat{r_2} \quad \Rightarrow \quad \widehat{r_2} = 23{,}5°$$

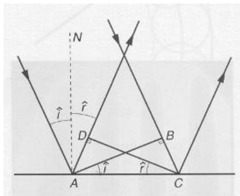
b) **(0,5 p)** La longitud de onda de la luz que atraviesa el vidrio, sabiendo que la frecuencia de la luz incidente y la frecuencia de la luz refractada son iguales.

$$v = \lambda\,.\,f \ \Rightarrow \frac{c}{n} = \lambda\,.\,f \ \Rightarrow \lambda = \frac{c}{n\,.\,f} = \frac{3.10^8}{1{,}55\,.\,5.10^{14}} = 3{,}87.10^{-7}\,m = 387\ nm$$

c) **(0,5 p)** Describir brevemente la "ley de la reflexión".

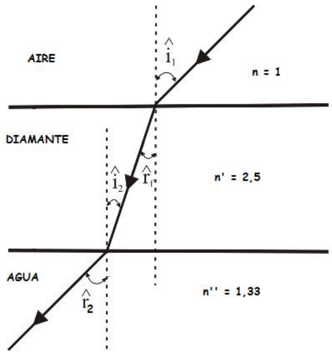
La reflexión es el cambio que se produce en la dirección de propagación de una onda dentro de un medio. Este fenómeno se presenta cuando una onda incide sobre la superficie que separa el medio por el que se propaga de otro medio de propiedades elásticas distintas.
Al estudiar experimentalmente estos fenómenos, Snell observó que se cumplían las siguientes relaciones:

- **El rayo incidente, la normal y el rayo reflejado están en el mismo plano**
- **Los ángulos de incidencia y de reflexión son iguales**



Se llama reflexión especular a la reflexión de la luz sobre una superficie pulida, un espejo. Si la superficie es irregular, también se produce reflexión, pero los rayos reflejados salen en todas direcciones, es lo que se conoce como reflexión difusa. La luz difusa ilumina la superficie y hace visibles los objetos no luminosos.

SEPTIEMBRE 2014



Una lámina horizontal de diamante de índice de refracción 2,50 de caras plano-paralelas, con aire encima de ella, reposa sobre una capa de agua, de índice de refracción 1,33. Sobre la lámina de diamante, incide un rayo de luz monocromática de longitud de onda 760 nm, con un ángulo de incidencia de 20°. Determínese:

a) **(1 p)** El valor del ángulo que forma el rayo emergente de la lámina de diamante hacia el agua con la normal de la misma.

Aplicamos la ley de Snell de la refracción entre el aire y el diamante:

$$n\,.\,sen\ \hat{\imath}_1 = n'.\ sen\ \widehat{r_1} \ \Rightarrow \ 1\,.\,sen\ 20° = \ 2{,}5\,.\,sen\ \widehat{r_1} \ \Rightarrow \ \widehat{r_1} = 7{,}86°$$

Por geometría: $\widehat{r_1} = \widehat{\iota_2}$

Si aplicamos ahora la ley de Snell de la refracción entre el diamante y el agua:

$$n'.\ sen\ \widehat{\iota_2} = n''.\ sen\ \widehat{r_2} \ \Rightarrow\ 2,5\ .\ sen\ 7,86° = 1,33\ .\ sen\ \widehat{r_2} \ \Rightarrow\ \widehat{r_2} = 14,9°$$

b) **(1 p)** La longitud de onda de la luz que atraviesa el diamante, sabiendo que la frecuencia de la luz incidente y la frecuencia de luz refractada son iguales.

$$f_{aire} = f_{diamante} \Rightarrow \frac{v_{aire}}{\lambda_{aire}} = \frac{v_{diamante}}{\lambda_{diamante}}$$

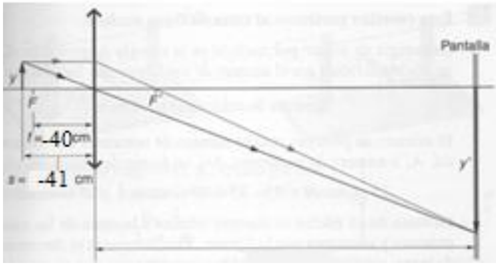
$$\lambda_{diamante} = \lambda_{aire}\ .\ \frac{v_{diamante}}{v_{aire}} = \lambda_{aire}\ .\ \frac{\frac{c}{n_{diamante}}}{c} = \frac{\lambda_{aire}}{n_{diamante}} = \frac{760}{2,5} = 304\ nm$$

<u>**SEPTIEMBRE 2014**</u>

Se dispone de una lente delgada convergente de distancia focal 40 cm.

a) **(1 p)** Calcular, después de dibujar un esquema del trazado de rayos, la posición y la altura de la imagen formada por la lente si un objeto de 7 cm de altura se encuentra situado delante de ella a una distancia de 41 cm.

Al estar el objeto tan cerca de la focal, la imagen se forma muy lejos por detrás de la lente, por lo que no se puede hacer un esquema a escala. Un esquema aproximado sería:



La ecuación fundamental de las lentes delgadas es:

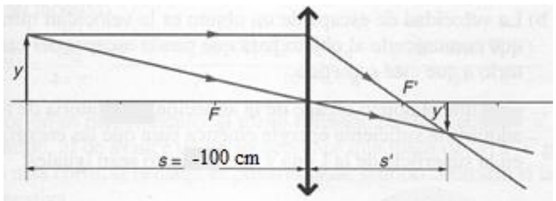
$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{s'} - \frac{1}{-41} = \frac{1}{40} \quad \Rightarrow \quad s' = 1640\ cm$$

Para una lente delgada, el aumento lateral es:

$$M_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \quad \Rightarrow \quad y' = y.\left(\frac{s'}{s}\right) = 7.\ \left(\frac{1640}{-41}\right) = -280\ cm$$

La imagen es real (se forma por detrás de la lente), invertida y mayor que el objeto.

b) **(1 p)** Calcular, después de dibujar un esquema del trazado de rayos, la posición y la naturaleza de la imagen formada por la lente si un objeto de 5 cm de altura se encuentra situada delante de ella a una distancia de 100 cm.



La ecuación fundamental de las lentes delgadas es:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{s'} - \frac{1}{-100} = \frac{1}{40} \quad \Rightarrow \quad s' = 66,67\ cm$$

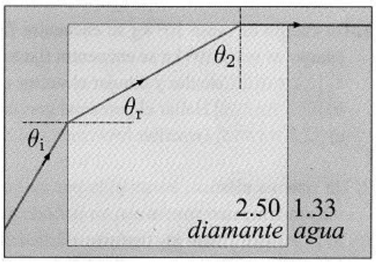
Para una lente delgada, el aumento lateral es:

$$M_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \quad \Rightarrow \quad y' = y.\left(\frac{s'}{s}\right) = 5.\ \left(\frac{66,67}{-100}\right) = -3,33\ cm$$

La imagen es real (se forma por detrás de la lente), invertida y menor que el objeto.

JUNIO 2014

Un cubo de diamante de índice de refracción 2,50 se encuentra sumergido en agua, que tiene un índice de refracción de 1,33. Un rayo incide sobre la cara lateral izquierda del cubo con un ángulo θ_i tal que se tiene el fenómeno de la reflexión total para el rayo que llega a la cara superior del cubo de diamante, saliendo este rayo justamente horizontal a la cara superior del mismo. Ver figura adjunta.



a) **(1 p)** Hallar el ángulo límite de incidencia θ_2 de la luz sobre la cara interna superior del cubo de diamante.

Si aplicamos la ley de Snell a la cara superior del cubo:

$$n_1 \,.\, sen\ \theta_2 = n_2 \,.\, sen\ \hat{r} \quad \Rightarrow \quad 2,5 \,.\, sen\ \theta_2 = 1,33 \,.\, sen\, 90° \quad \Rightarrow \quad \theta_2 = 32,14°$$

b) **(1 p)** Obtener el ángulo de refracción θ_r del haz de luz que penetra en el cubo por su cara lateral y el ángulo de incidencia θ_i del haz de luz que incide en la cara lateral del cubo de diamante.

Para obtener el ángulo θ_r aplicamos la geometría:

$$\theta_r = 180 - 90 - \theta_2 = 180 - 90 - 32,14° = 57,86°$$

Para calcular el ángulo θ_i aplicamos la ley de Snell de la refracción:

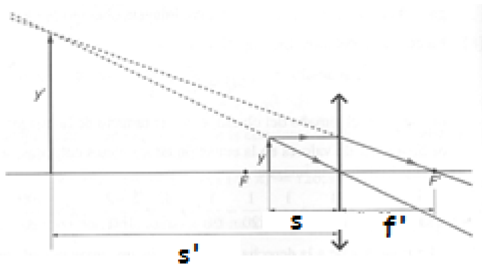
$$n_2 \,.\, sen\ \theta_i = n_1 \,.\, sen\ \theta_r \quad \Rightarrow \quad 1,33 \,.\, sen\ \theta_i = 2,5 \,.\, sen\, 57,86° \quad \Rightarrow \quad sen\ \theta_i = 1,59 \quad \Rightarrow \quad Imposible$$

El resultado obtenido indica que es imposible que el rayo proceda del agua. La única solución posible es que el rayo se haya generado dentro del propio cubo de diamante. Incluso aunque planteemos que el rayo se refleja totalmente y provenga de la cara inferior, se puede comprobar fácilmente que es imposible que el rayo proceda del agua.

JUNIO 2014

Se dispone de una lente convergente delgada de distancia focal 90 cm. Calcúlese, dibujando previamente un trazado de rayos cualitativo:

a) **(1 p)** la posición y altura de la imagen formada por la lente si el objeto tiene una altura 10 cm y se encuentra situado delante de ella, a una distancia de 85 cm.



El trazado de rayos no está hecho a escala porque es imposible.
Aplicando la ecuación fundamental de las lentes delgadas es:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{s'} - \frac{1}{-85} = \frac{1}{90} \quad \Rightarrow \quad s' = -1530\ cm$$

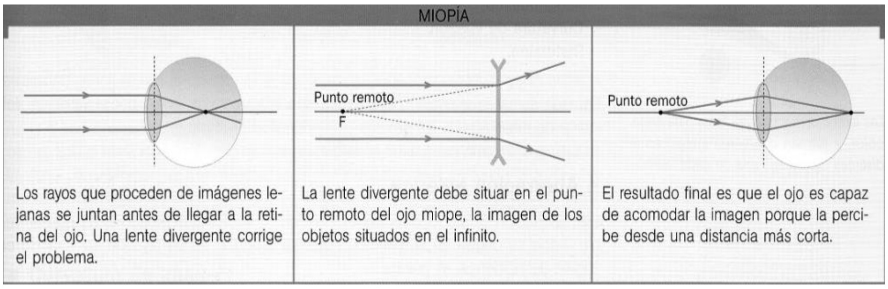
Para una lente delgada, el aumento lateral es:

$$M_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \quad \Rightarrow y' = y. \left(\frac{s'}{s}\right) = 10. \left(\frac{-1530}{-85}\right) = 180\ cm$$

b) **(0,5 p)** la naturaleza (real o virtual) de la imagen formada.

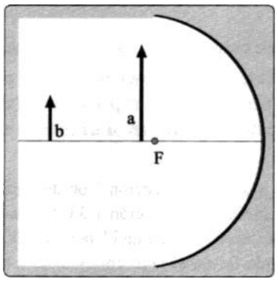
La imagen es virtual, ya que se forma por la prolongación de los rayos refractados en la lente. También podía saberse que la imagen es virtual porque la distancia imagen (s') es negativa. La lente convergente actúa como lupa.

c) **(0,5 p)** Describir el defecto visual de "la miopía" y explicar cómo se corrige.



La miopía es el defecto visual por el que el cristalino no enfoca sobre la retina los rayos paralelos procedentes de un objeto lejano, formándose la imagen por delante de la retina. Por consiguiente, una persona miope ve borrosos los objetos lejanos. Se debe a que la córnea tiene demasiada curvatura o a que el ojo tiene una longitud mayor de la normal. Para corregir la miopía se usan lentes divergentes de forma que el foco imagen de esta lente coincida con el punto remoto del ojo (acercamos los objetos muy lejanos a su punto remoto) para que ahora sean enfocados sobre la retina (hemos "desplazado" la focal imagen del ojo hasta la retina). Las personas miopes tienen el punto remoto más cerca de lo normal y también tienen el punto próximo a una distancia menor que el resto de la gente, pudiendo llegar a ver correctamente incluso a 5 cm.

SEPTIEMBRE 2013

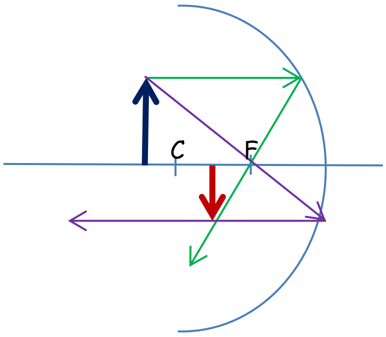


Se dispone de un espejo cóncavo de radio 1 m (ver figura). Calcular, y dibujar, aplicando el método de trazado de rayos, indicando el procedimiento seguido, si la imagen es real o virtual, derecha o invertida y su tamaño y posición, para

a) **(1 p)** La imagen del objeto a, de 0,80 m de altura, situado a 1,1 m del centro del espejo

La construcción gráfica de las imágenes que crea un espejo curvo se puede realizar dibujando al menos dos rayos de trayectorias conocidas y hallando su intersección después de reflejarse en el espejo. Existen tres rayos cuyas trayectorias pueden ser trazadas fácilmente:

- **Un rayo paralelo al eje óptico al reflejarse pasa por el foco si el espejo es cóncavo y parece provenir del foco si el espejo es convexo**
- **Un rayo que pasa por el centro de curvatura del espejo, se refleja en la misma trayectoria original**
- **Un rayo que pasa por el foco de un espejo cóncavo, o que se dirige al foco en un espejo convexo, se refleja paralelamente al eje óptico**



La ecuación fundamental de los espejos esféricos es:

$$\frac{1}{s'}+\frac{1}{s}=\frac{2}{R} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{s'}+\frac{1}{-1,1}=\frac{2}{-1} \quad \Rightarrow \quad s' = -0,92\ m$$

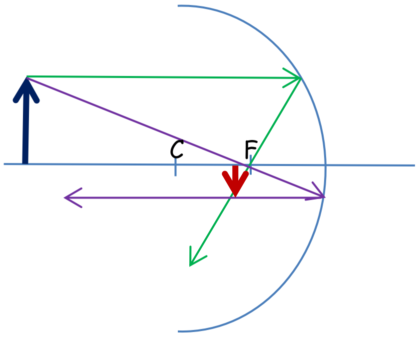
Se forma una imagen real 0,92 m por delante del centro del espejo.

Para un espejo esférico, el aumento lateral es:

$$M_L=\frac{y'}{y}=-\frac{s'}{s} \quad \Rightarrow \quad y' = y.\left(-\frac{s'}{s}\right) = 0,8\,.\,\left(-\frac{-0,92}{-1,1}\right) = -0,67\ m$$

La imagen es invertida (el signo del tamaño de la imagen es contrario a la del objeto) y de menor tamaño.

b) **(0,5 p)** La imagen del objeto b, de 0,35 m de altura, situado a 2,0 m del centro del espejo.



La ecuación fundamental de los espejos esféricos es:

$$\frac{1}{s'}+\frac{1}{s}=\frac{2}{R} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{s'}+\frac{1}{-2}=\frac{2}{-1} \quad \Rightarrow \quad s' = -0,67 \ m$$

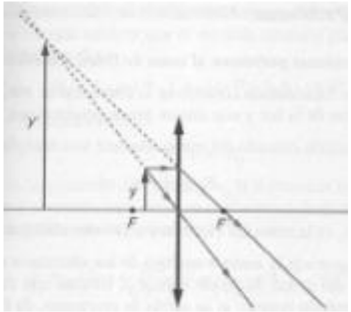
Se forma una imagen real 0,67 m por delante del centro del espejo.

Para un espejo esférico, el aumento lateral es:

$$M_L = \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s} \Rightarrow y' = y.\left(-\frac{s'}{s}\right) = 0,35\,.\left(-\frac{-0,67}{-2}\right) = -0,117 \ m$$

La imagen es invertida (el signo del tamaño de la imagen es contrario a la del objeto) y de menor tamaño.

c) **(0,5 p)** Póngase un ejemplo de una imagen virtual creada por una lente convergente



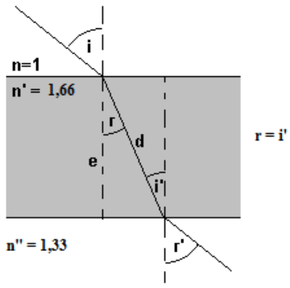
Cuando el objeto se sitúa entre el foco y la lente, la imagen formada es virtual, derecha y de mayor tamaño que el objeto. En esta situación la lente convergente actúa como una lupa.

<u>SEPTIEMBRE 2013</u>

Una lámina horizontal de vidrio de índice de refracción 1.66 de caras plano-paralelas, con aire encima de ella, reposa sobre una capa de agua, de índice de refracción 1.33. Sobre la lámina, incide un rayo de luz monocromática de longitud de onda 760 nm, con ángulo de incidencia de 45°. Determínese:

DATOS: 1 nm = 10^{-9} m.

a) **(1 p)** El valor del ángulo que forma el rayo emergente de la lámina hacia el agua con la normal a la misma.



Aplicando la ley de Snell de la refracción:

$$1^{a}\ cara:$$

$$n\,.\ sen\ i = n'.\ sen\ \hat{r} \quad \Rightarrow \quad 1\,.\ sen\ 45° = 1,66.\ sen\ \hat{r} \quad \Rightarrow \quad \hat{r} = 25,2°$$

$$2^{a}\ cara:$$

$$n'.\ sen\ \hat{\imath'} = n''.\ sen\ \hat{r'} \Rightarrow 1,66\,.\ sen\,25,2° = 1,33\,.\ sen\ \hat{r'} \Rightarrow \hat{r'} = 32,1°$$

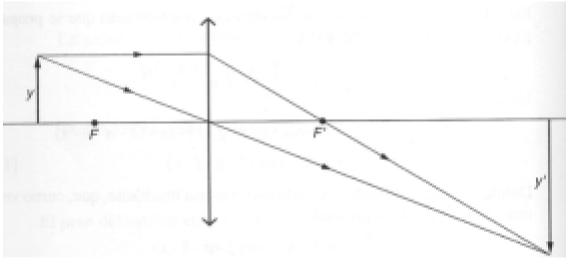
b) **(1 p)** La longitud de onda de la luz que atraviesa el vidrio, sabiendo que la frecuencia de la luz incidente y la frecuencia de la luz refractada son iguales.

$$f = f' \quad \Rightarrow \quad \frac{v_1}{\lambda_1}=\frac{v_2}{\lambda_2} \quad \Rightarrow \quad \lambda_2 = \frac{v_2\,.\,\lambda_1}{v_1} = \frac{\left(\frac{c}{n'}\right)\,.\,\lambda_1}{c} = \frac{\lambda_1}{n'} = \frac{760}{1,66} = 457,8\ nm$$

JUNIO 2013

Se dispone de una lente convergente delgada de distancia focal 30 cm. Calcúlese, dibujando previamente un trazado de rayos cualitativo,

a) **(1 p)** La posición y altura de la imagen formada por la lente si el objeto tiene una altura 6 cm y se encuentra situado delante de ella, a una distancia de 40 cm.



Aplicando la ecuación fundamental de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{s'} - \frac{1}{-40} = \frac{1}{30} \quad \Rightarrow \quad s' = 120\ cm$$

Para una lente delgada, el aumento lateral es:

$$M_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \quad \Rightarrow y' = y.\left(\frac{s'}{s}\right) = 6.\left(\frac{120}{-40}\right) = -18\ cm\ (imagen\ invertida)$$

b) **(1 p)** La naturaleza (real o virtual) de la imagen formada.

La imagen es real, ya que se forma por la intersección de los rayos refractados en la lente.

JUNIO 2013

El índice de refracción del diamante es de 2.5 y el índice de refracción de la glicerina es de 1.47.

a) **(1 p)** Hallar el ángulo límite entre el diamante y la glicerina.

Se produce reflexión total cuando un rayo procedente de un medio más refringente (mayor índice de refracción) llega a la superficie de separación con un medio menos refringente, de modo que el ángulo de refracción teóricamente sería mayor de 90°. Se llama ángulo límite al ángulo de incidencia para el cual el ángulo de refracción es de 90°. Para ángulos de incidencia mayores que el límite se produce reflexión total.
Aplicamos la ley de Snell de la refracción:

$$n_1\ .\ sen\ \hat{\imath} = n_2\ .\ sen\ \hat{r} \quad \Rightarrow \quad 2,5\ .\ sen\ \hat{\imath_l} = 1,47\ .\ sen\ 90° \quad \Rightarrow \quad \hat{\imath_l} = 36°$$

b) **(0,5 p)** Si la glicerina se sustituye por agua, con índice de refracción 1.33, hallar el nuevo ángulo límite.

$$n_1\ .\ sen\ \hat{\imath} = n_2\ .\ sen\ \hat{r} \quad \Rightarrow \quad 2,5\ .\ sen\ \hat{\imath_l} = 1,33\ .\ sen\ 90° \quad \Rightarrow \quad \hat{\imath_l} = 32,14°$$

c) **(0,5 p)** Explicar brevemente el concepto de ángulo límite y el funcionamiento de la fibra óptica.

Se produce reflexión total cuando un rayo procedente de un medio más refringente (mayor índice de refracción) llega a la superficie de separación con un medio menos refringente, de modo que el ángulo de refracción teóricamente sería mayor de 90°. Se llama ángulo límite al ángulo de incidencia para el cual el ángulo de refracción es de 90°. Para ángulos de incidencia mayores que el límite se produce reflexión total.
La fibra óptica es un medio de transmisión empleado habitualmente en redes de datos; un hilo muy fino de material transparente, vidrio o materiales plásticos, por el que se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir. El haz de luz queda completamente confinado y se propaga por el interior de la fibra con un ángulo de reflexión por encima del ángulo límite de reflexión total, en función de la ley de Snell. La fuente de luz puede ser láser o un LED.

SEPTIEMBRE 2012

Se dispone de una lente convergente de distancia focal 20 cm.

a) **(1 p)** Hallar la posición y la altura de la imagen formada por la lente si un objeto de 3 cm de altura se encuentra situado delante de ella a una distancia de 50 cm.

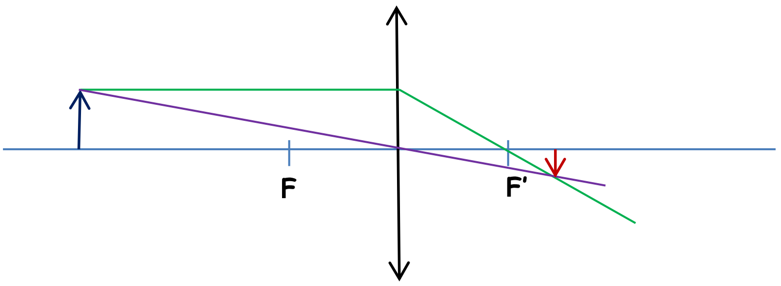
Aplicando la ecuación de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{s'} - \frac{1}{-50} = \frac{1}{20} \quad \Rightarrow \quad s' = 33{,}3\ cm \quad (imagen\, real, \quad s' > 0)$$

Aplicando la ecuación del aumento lateral:

$$M_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \quad \Rightarrow \quad y' = y\,.\left(\frac{s'}{s}\right) = 3\,.\left(\frac{33{,}3}{-50}\right) = -2\ cm$$

La imagen es invertida y menor.



(El diagrama no está hecho a escala)

b) **(1 p)** Hallar la posición y la naturaleza de la imagen formada por la lente si un objeto de 5 cm de altura se encuentra situado delante de ella a una distancia de 10 cm.

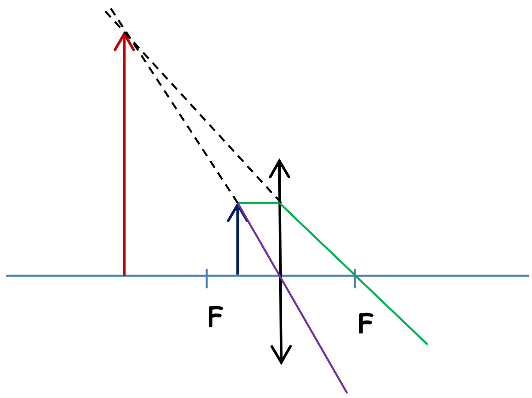
Aplicando la ecuación de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{s'} - \frac{1}{-10} = \frac{1}{20} \quad \Rightarrow \quad s' = -20\ cm \quad (imagen\, virtual)$$

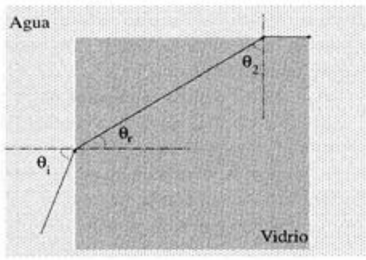
Aplicando la ecuación del aumento lateral:

$$M_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \quad \Rightarrow \quad y' = y\,.\left(\frac{s'}{s}\right) = 5\,.\left(\frac{-20}{-10}\right) = 10\ cm$$

La imagen es derecha y mayor.



SEPTIEMBRE 2012



Un cubo de vidrio de índice de refracción 1,55 se encuentra sumergido en agua, que tiene un índice de refracción de 1.33. Un rayo incide sobre una cara lateral izquierda del cubo con un ángulo θ_i tal que se tiene el fenómeno de la reflexión total para el rayo que llega a la cara superior del cubo de vidrio, saliendo éste rayo justamente horizontal a la cara superior del cubo. Ver figura que se adjunta.

a) **(1 p)** Hallar el ángulo de incidencia θ_2 de la luz sobre la cara interna superior del cubo de vidrio.

Para que el rayo se refracte y salga paralelo a la cara del cubo, debe incidir con el ángulo límite, de modo que aplicando la ley de Snell, se cumple:

$$n_v \,.\, sen\ \theta_2 = n_a \,.\, sen\ 90° \quad \Rightarrow \quad \theta_2 = arcsen\ \frac{n_a}{n_v} = arcsen\ \frac{1,33}{1,55} = 59,1°$$

b) **(0,5 p)** Obtener el ángulo de refracción θ_r del haz de luz que penetra en el cubo por su cara lateral.

Por geometría:

$$\theta_r = 180° - 90° - \theta_2 = 180° - 90° - 59,1° = 30,9°$$

c) **(0,5 p)** Obtener el ángulo de incidencia θ_1 del haz de luz que incide en la cara lateral del cubo de vidrio.

Aplicando la ley de Snell de la refracción:

$$n_a \,.\, sen\ \theta_1 = n_v \,.\, sen\ \theta_r \quad \Rightarrow \quad \theta_2 = arcsen\left(\frac{n_v \,.\, sen\ \theta_r}{n_a}\right) = arcsen\left(\frac{1,55 \,.\, sen\ 30,9°}{1,33}\right) = 36,8°$$

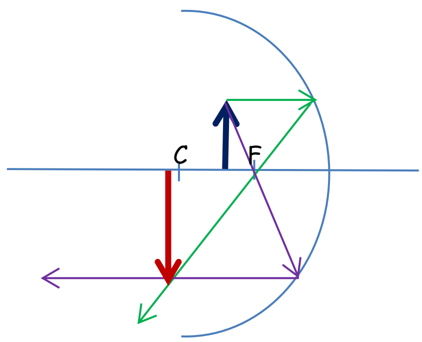
JUNIO 2012

Un objeto de altura 15 cm se sitúa a una distancia de 0,7 m de un espejo cóncavo de radio 1,0 m.

a) **(1 p)** Obtener la imagen del objeto mediante trazado de rayos, indicando el procedimiento seguido.

La construcción gráfica de las imágenes que crea un espejo curvo se puede realizar dibujando al menos dos rayos de trayectorias conocidas y hallando su intersección después de reflejarse en el espejo. Existen tres rayos cuyas trayectorias pueden ser trazadas fácilmente:

- **Un rayo paralelo al eje óptico al reflejarse pasa por el foco si el espejo es cóncavo y parece provenir del foco si el espejo es convexo**
- **Un rayo que pasa por el centro de curvatura del espejo, se refleja en la misma trayectoria original**
- **Un rayo que pasa por el foco de un espejo cóncavo, o que se dirige al foco en un espejo convexo, se refleja paralelamente al eje óptico**



(La construcción no está hecha a escala)

b) **(0,5 p)** Indicar si la imagen es real o virtual, derecha o invertida, y mayor o menor que el objeto.

La ecuación fundamental de los espejos esféricos es:

$$\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{2}{R} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{s'} + \frac{1}{-0,7} = \frac{2}{-1} \quad \Rightarrow \quad s' = -1,75\ m$$

Se forma una imagen real, ya que se forma por intersección de los rayos reflejados, 1,75 m por delante del centro del espejo.

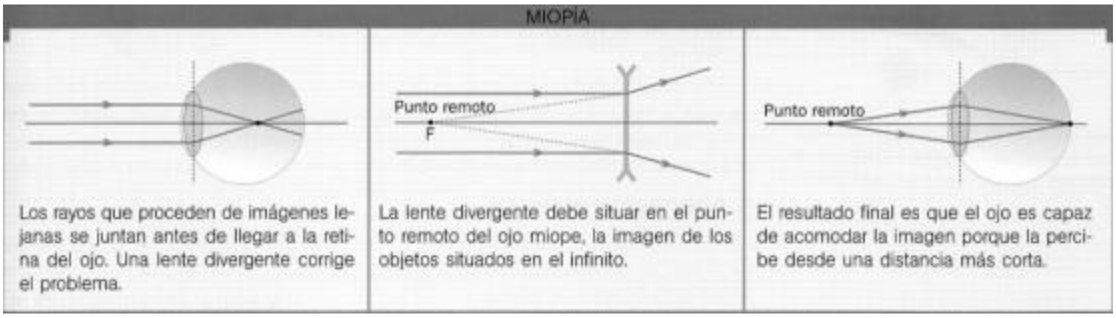
Para un espejo esférico, el aumento lateral es:

$$M_L = \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s} \quad \Rightarrow \quad y' = y . \left(-\frac{s'}{s}\right) = 15 \, . \left(-\frac{-1,75}{-0,7}\right) = -37,5 \ cm$$

La imagen es invertida (el signo del tamaño de la imagen es contrario a la del objeto) y de mayor tamaño.

c) **(0,5 p)** Explicar brevemente qué es la miopía y cómo puede corregirse.

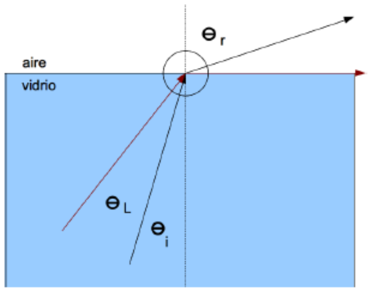
La miopía es un defecto visual por el que el cristalino no enfoca sobre la retina los rayos paralelos procedentes de un objeto lejano. La imagen se forma delante de la retina. Por consiguiente, una persona miope ve borrosos los objetos lejanos. Las personas miopes tienen el punto remoto y el punto próximo a una distancia menor que el resto de la gente, pudiendo llegar a ver correctamente incluso a 5 cm. Se debe a que la córnea tiene demasiada curvatura o a que el ojo tiene una longitud mayor de la normal. Para corregir la miopía se usan lentes divergentes de forma que el foco imagen de esta lente coincida con el punto remoto del ojo.



JUNIO 2012

Un rayo de luz de longitud de onda 550 nm que se mueve en un vidrio de índice de refracción 1,55 para esa longitud de onda, alcanza la superficie de separación entre el vidrio y el aire, incidiendo con un ángulo de 15º respecto a la normal a dicha superficie.

a) **(1 p)** Dibujar un esquema del proceso descrito y hallar el ángulo de refracción que experimenta el rayo.



Aplicando la ley de Snell de la refracción:

$$n_1 \, . \, sen \ \hat{\imath} = n_2 \, . \, sen \ \hat{r} \ \Rightarrow \ 1,55 \, . \, sen \ 15° = 1 \, . \, sen \ \hat{r}$$

$$\hat{r} = 23,65°$$

b) **(1 p)** Hallar el ángulo límite para reflexión total en ese vidrio.

Se produce reflexión total cuando un rayo procedente de un medio más refringente (mayor índice de refracción) llega a la superficie de separación con un medio menos refringente, de modo que el ángulo de refracción teóricamente sería mayor de 90º. Se llama ángulo límite al ángulo de incidencia para el cual el ángulo de refracción es de 90º. Para ángulos de incidencia por encima del ángulo límite se produce reflexión total.
Aplicamos la ley de Snell de la refracción:

$$n_1 \, . \, sen \ \widehat{\imath_1} = n_2 \, . \, sen \ \widehat{r_2} \quad \Rightarrow \quad 1,55 \, . \, sen \ \widehat{\imath_l} = 1 \, . \, sen \ 90° \quad \Rightarrow \quad \widehat{\imath_l} = 40,18°$$

SEPTIEMBRE 2011

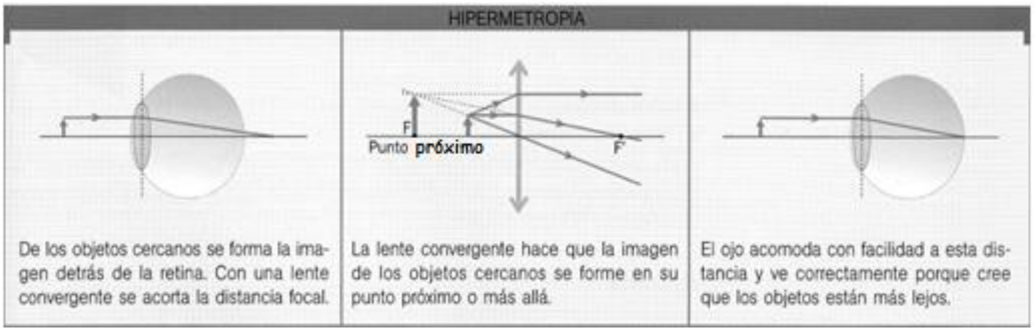
a) **(1 p)** Explicar en qué consisten la hipermetropía y la miopía.

HIPERMETROPÍA: Es un defecto visual que hace que los rayos de luz procedentes de un objeto próximo al ojo se enfocan en un punto situado detrás de la retina, esto es debido a que el ojo es más corto de lo normal o la córnea es demasiado plana. Por consiguiente, los hipermétropes ven borrosos los objetos próximos y ven bien a larga distancia, ya que los ojos de las personas hipermétropes alejan el punto próximo.

MIOPÍA: Es un defecto visual por el cual el cristalino no enfoca sobre la retina los rayos paralelos procedentes de un objeto lejano. La imagen se forma delante de la retina. Por consiguiente, una persona miope ve borrosos los objetos lejanos. Se debe a que la córnea tiene demasiada curvatura o a que el ojo tiene una longitud mayor de la normal.

b) **(0,5 p)** Explicar con qué tipo de lentes se corrigen estos defectos visuales.

La hipermetropía se corrige con el uso de lentes convergentes:

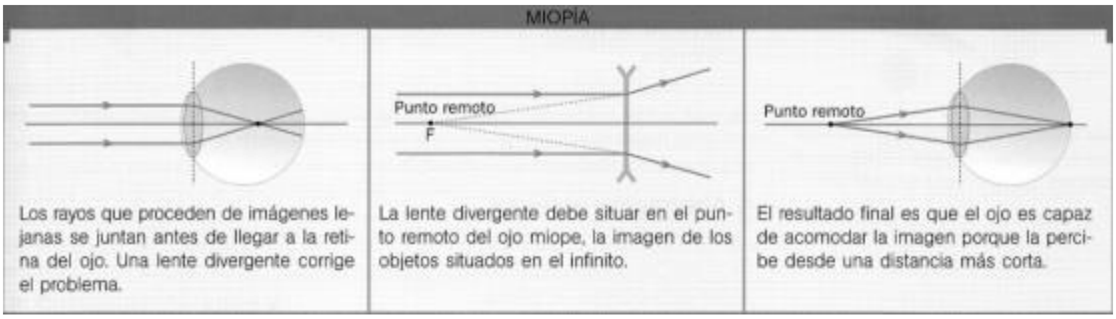


De los objetos cercanos se forma la imagen detrás de la retina. Con una lente convergente se acorta la distancia focal.

La lente convergente hace que la imagen de los objetos cercanos se forme en su punto próximo o más allá.

El ojo acomoda con facilidad a esta distancia y ve correctamente porque cree que los objetos están más lejos.

La miopía se corrige con el uso de lentes divergentes:



Los rayos que proceden de imágenes lejanas se juntan antes de llegar a la retina del ojo. Una lente divergente corrige el problema.

La lente divergente debe situar en el punto remoto del ojo miope, la imagen de los objetos situados en el infinito.

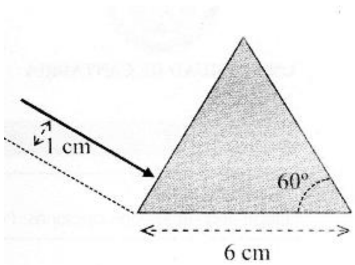
El resultado final es que el ojo es capaz de acomodar la imagen porque la percibe desde una distancia más corta.

c) **(0,5 p)** ¿Cuál de estos defectos es más incómodo para un relojero? ¿Y para un pastor?

Para un relojero es más incómoda la hipermetropía, ya que los hipermétropes ven borrosos los objetos próximos, mientras que para un pastor sería más incómoda la miopía, ya que los miopes ven borrosos los objetos lejanos.

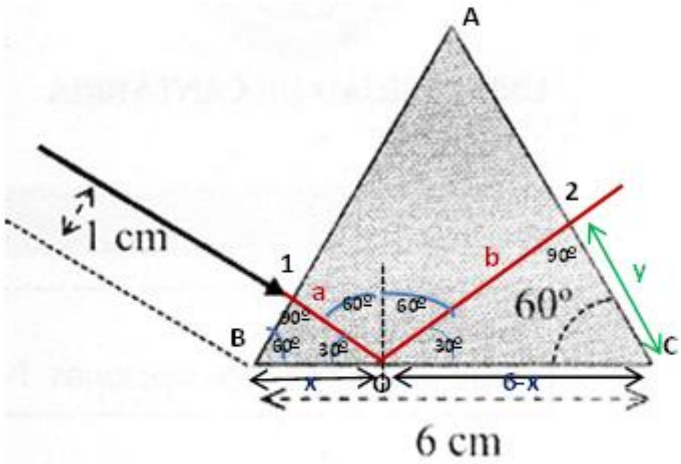
SEPTIEMBRE 2011

Un rayo de luz incide perpendicularmente sobre una de las caras de un prisma con forma de triángulo equilátero y rodeado de aire, a una distancia de 1 cm de un vértice, como indica la figura.



DATOS: índice de refracción del prisma = 1,8; índice de refracción del aire = 1.

a) **(1 p)** Calcular y dibujar la trayectoria del rayo en el interior del prisma y en el aire.



El rayo incide perpendicularmente en la cara AB por lo que no sufre refracción y sigue en línea recta hasta incidir en la cara BC en el punto. El rayo incide en el punto O formando un ángulo de 60° con la normal. Si calculamos el ángulo límite para la reflexión total en el prisma:

$$n_p \,.\, sen\ \hat{\iota}_l = n_a \,.\, sen\ 90°$$

$$\hat{\iota}_l = arcsen\ \left(\frac{n_a}{n_p}\right) = arcsen\ \left(\frac{1}{1,8}\right) = 33,75°$$

Como el ángulo de incidencia es mayor que el ángulo límite no se refracta solo hay reflexión, de acuerdo a la ley de Snell, se refleja formando un ángulo de 60° e incide perpendicularmente en la cara AB en el punto 2, por donde abandona el prisma sin sufrir desviación.

b) **(0,5 p)** ¿Cuál es el punto por el que el rayo abandona el prisma?

Si consideramos el triángulo rectángulo 1BO, tenemos:

$$sen\ 30° = \frac{\overline{1B}}{x} \quad \Rightarrow \quad x = \frac{\overline{1B}}{sen\ 30°} = \frac{1\ cm}{0,5} = 2\ cm$$

Si consideramos ahora el triángulo rectángulo O2C, tenemos:

$$cos\ 60° = \frac{y}{6-x} \quad \Rightarrow \quad y = cos\ 60°\,.\,(6-x) = cos\ 60°\,.\,(6-2) = 2\ cm$$

c) **(0,5 p)** Calcular el tiempo que viaja la luz por el interior del prisma.

Calculamos la velocidad de la luz en el interior del prisma:

$$n = \frac{c}{v} \quad \Rightarrow \quad v = \frac{c}{n} = \frac{3.10^8}{1,8} = 1,67.10^8\ m/s$$

La distancia total que recorre el rayo dentro del prisma es:

$$d = a + b = x\,.\cos\ 30° + (6-x)\,.\cos\ 30° = 2\,.\ cos\ 30° + (6-2)\,.\cos\ 30°$$

$$d = 1,73 + 3,46 = 5,19\ cm\ = 5,19.10^{-2}\ m$$

Por lo que el tiempo que permanece el rayo dentro del prisma es:

$$t = \frac{d}{v} = \frac{5,19.10^{-2}}{1,67.10^8} = 3,11.10^{-10}\ s$$

JUNIO 2011

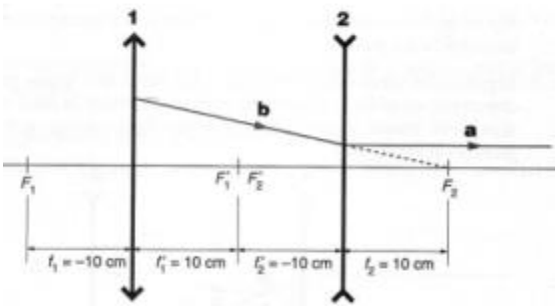
Un sistema óptico centrado está compuesto por dos lentes delgadas (inmersas en aire) separadas 20 cm. La primera lente es convergente de focal 10 cm y la segunda divergente de focal -10 cm.

NOTA: explicar el procedimiento seguido para trazar los rayos.

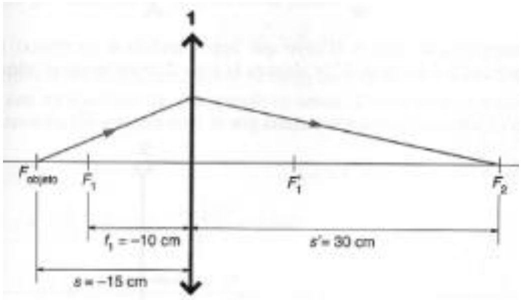
a) **(1 p)** Hallar gráficamente el foco objeto del sistema.

Según la definición de foco objeto, los rayos que parten de él salen paralelos al eje óptico después de atravesar la lente o, en este caso, el sistema de lentes.

Vamos a buscar, en primer lugar, de dónde viene el rayo que sale paralelo después de atravesar el sistema:
Con respecto a la lente divergente 2, el rayo que sale paralelo (tramo a), traía al llegar a la lente la dirección del foco objeto F_2, (tramo b).



Con respecto a la lente convergente 1, el rayo hubiera llegado a cortar al eje en el punto óptico F_2, 30 cm a la derecha de la lente 1.



Gráficamente no podemos saber exactamente de qué punto proviene el rayo, peo podemos afirmar que está más allá del foco F_1 de la lente 1, entre F_1 y el infinito, ya que su imagen es real. Si el rayo viniera de un punto entre el foco y la lente, la imagen sería virtual, y se formaría a la izquierda de la lente 1.

Se puede calcular, utilizando la ecuación fundamental de las lentes delgadas la posición de ese punto, que sería el F_{objeto} del sistema:

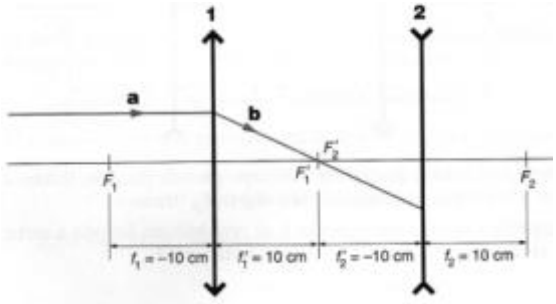
$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{30} - \frac{1}{s} = \frac{1}{10} \quad \Rightarrow \quad s = -15\ cm$$

Por lo tanto, el F_{objeto} está situado 15 cm a la izquierda de la lente 1.

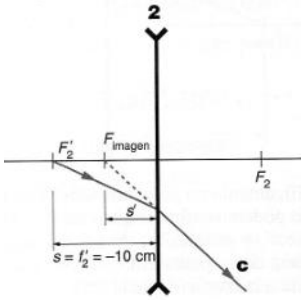
b) **(0,5 p)** Hallar gráficamente el foco imagen del sistema.

Según la definición de foco imagen, los rayos que llegan paralelos a la lente convergen en el foco imagen después de atravesar la lente o, en este caso, el sistema de lentes.
Vamos a buscar dónde llega ese rayo que llaga a la lente 1 paralelo al eje óptico.

Con respecto a la lente 1, el rayo que llega paralelo al eje óptico, (tramo a), pasa por su foco imagen F'_1 y alcanza la lente 2 recorriendo el tramo b.



Con respecto a la lente 2, como es divergente, el rayo sale en una dirección (tramo c), cuya prolongación pasaría por el foco imagen del sistema, F_{imagen}.



Gráficamente no se puede calcular con exactitud la posición del foco imagen, pero podemos afirmar que está entre F'_2 y la lente 2.

c) **(0,5 p)** Calcular numéricamente el foco imagen del sistema.

Por lo expuesto en el apartado b) sólo se ha de hallar la imagen a través de la segunda lente de un objeto situado 10 cm a su izquierda. Según la ecuación de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{s'} - \frac{1}{-10} = \frac{1}{-10} \quad \Rightarrow \quad s' = -5 \ cm$$

Es decir, el F_{imagen} se sitúa 5 cm, a la izquierda de la segunda lente.

<u>JUNIO 2011</u>

Un rayo de luz de longitud de onda 500 nm incide desde aire sobre una lámina de vidrio de caras planas formando 30° con la normal a la lámina. El espesor de la lámina es 2 cm y su índice de refracción es igual a 1,5.

DATOS: 1 nm = 10^{-9} m Índice de refracción del aire n = 1.

a) **(0,5 p)** Hallar el ángulo que forma el rayo refractado con la normal.

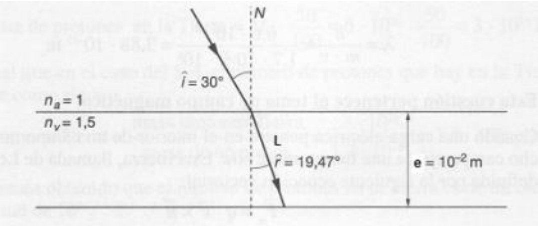
Aplicando la ley de Snell de la refracción:

$$n_1 \, . \, \text{sen } \hat{\imath} = n_2 \, . \, \text{sen } \hat{r} \quad \Rightarrow \quad 1 \, . \, \text{sen } 30° = 1{,}5 \, . \, \text{sen } \hat{r} \quad \Rightarrow \quad \hat{r} = 19{,}47°$$

b) **(0,5 p)** ¿Cuál es la velocidad de la luz mientras atraviesa la lámina?

$$n = \frac{c}{v} \quad \Rightarrow \quad v = \frac{c}{n} = \frac{3.10^8}{1{,}5} = 2.10^8 \ m/s$$

c) **(0,5 p)** Calcular cuánto tiempo tarda la luz en atravesar la lámina.



La distancia que recorre la luz en el interior del vidrio es:

$$L = \frac{e}{\cos\,\hat{r}} = \frac{2}{\cos\ 19,47°} = 2,12\ cm$$

$$v = \frac{L}{t} \quad \Rightarrow \quad t = \frac{L}{v} = \frac{2,12.10^{-2}}{2.10^{8}} = 1,06.10^{-10}\ s$$

d) **(0,5 p)** Hallar la energía de los correspondientes fotones.

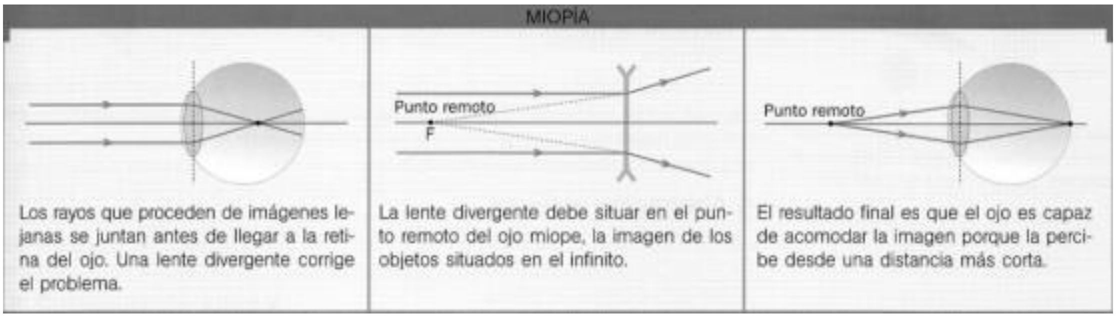
Aplicando la ecuación de Planck:

$$E = h\,.\,f = h\,.\,\frac{c}{\lambda} = 6,6.10^{-34}\,.\,\frac{3.10^{8}}{500.10^{-9}} = 3,96.10^{-19}\ J$$

SEPTIEMBRE 2010

a) **(1 p)** Explicar en qué consiste la miopía. ¿Con qué tipo de lentes se corrige este defecto visual?

Es un defecto visual consecuencia de que el cristalino no enfoca sobre la retina los rayos paralelos procedentes de un objeto lejano. La imagen se forma delante de la retina. Por consiguiente, una persona miope ve borrosos los objetos lejanos. Las personas miopes tienen el punto remoto y el punto próximo a una distancia menor que el resto de la gente, pudiendo llegar a ver correctamente incluso a 5 cm. Se debe a que la córnea tiene demasiada curvatura o a que el ojo tiene una longitud mayor de la normal. Para corregir la miopía se usan lentes divergentes de forma que el foco imagen de esta lente coincida con el punto remoto del ojo.



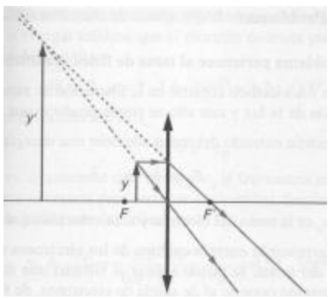
b) **(1 p)** ¿Es la luz una onda electromagnética o está compuesta por partículas? Razonar la respuesta.

Parece fuera de toda duda que ciertos fenómenos, los que implican una interacción de la luz con la materia, sólo pueden explicarse a base de una teoría corpuscular (fotones); por otra parte, los fenómenos de interferencia, polarización, difracción, etc., sólo pueden describirse aceptando la teoría ondulatoria. Hay que admitir, por tanto, que la luz se comporta como si tuviera una doble naturaleza, aunque en ningún fenómeno concreto manifieste simultáneamente este carácter dual.

SEPTIEMBRE 2010

Se tiene una lente delgada convergente de distancia focal 20 cm.

a) **(1 p)** Explicar gráficamente en qué posiciones se puede situar un objeto para obtener una imagen virtual.



El objeto debe situarse entre el foco objeto y la lente, en este caso se obtiene una imagen virtual, derecha y mayor que el objeto. La lente actúa como lupa.

Si se sitúa un objeto perpendicular al eje óptico y a medio camino entre el foco objeto y la lente.

b) **(0,5 p)** Hallar la posición de la imagen del objeto.

Utilizando la ecuación de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{s'} - \frac{1}{-10} = \frac{1}{20} \quad \Rightarrow s' = -20 \ cm$$

c) **(0,5 p)** Determinar si la imagen es real o virtual, derecha o invertida, mayor o menor que el objeto.

La imagen es virtual ya que se forma a la izquierda de la lente (s' < 0). Si calculamos el aumento lateral:

$$M_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \quad \Rightarrow \quad y' = \frac{s'}{s} \cdot y = \frac{-20}{-10} \cdot y = 2\,y$$

La imagen es derecha (M_L > 0) y mayor que el objeto (del doble de tamaño)

<u>JUNIO 2010</u>

a) **(1 p)** Explica en qué consiste la hipermetropía.

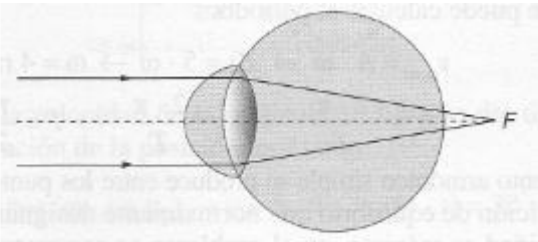
La hipermetropía es un defecto del ojo que consiste en que las imágenes se forman detrás de la retina. Un ojo hipermétrope tiene dificultad para enfocar claramente los objetos cercanos.

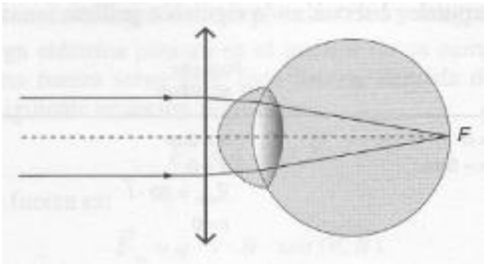
b) **(0,5 p)** ¿Con qué tipo de lentes se corrige este problema visual?

Para su corrección se utilizan lentes convergentes

c) **(0,5 p)** ¿Causa este defecto más problemas al conducir un coche o al leer un mensaje en el móvil? Razona la respuesta

Las personas hipermétropes ven mal los objetos cercanos y ven bien los objetos lejanos, por lo tanto tendrán más problemas al leer un mensaje en el móvil que al conducir.





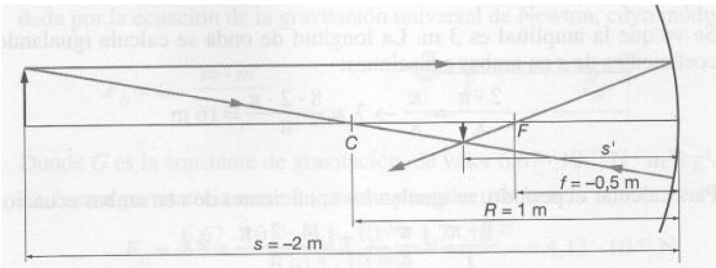
<u>JUNIO 2010</u>

Un objeto se sitúa a 2 m de un espejo esférico cóncavo de radio 1 m.

a) **(1 p)** Obtén la imagen mediante el trazado de rayos, explicando el procedimiento seguido.

La construcción gráfica de las imágenes de un espejo curvo se puede realizar dibujando al menos dos rayos de trayectorias conocidas y hallando su intersección después de reflejarse en el espejo. Existen tres rayos cuyas trayectorias pueden ser trazadas fácilmente:

- **Un rayo paralelo al eje óptico al reflejarse pasa por el foco si el espejo es cóncavo y parece provenir del foco si el espejo es convexo.**
- **Un rayo que pasa por el centro de curvatura del espejo, se refleja en la misma trayectoria original.**
- **Un rayo que pasa por el foco de un espejo cóncavo, o que se dirige al foco en un espejo convexo, se refleja paralelamente al eje óptico.**



b) **(1 p)** Indica si la imagen es real o virtual, derecha o invertida, mayor o menor que el objeto.

La imagen es real (se forma mediante la intersección de los rayos), invertida y menor.

$$\frac{1}{s'}+\frac{1}{s}=\frac{2}{R} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{s'}+\frac{1}{-2}=\frac{2}{-1} \quad \Rightarrow s'=-0,67\ m \ \ (por\ delante\ del\ espejo)$$

$$M_L=-\frac{s'}{s}=-\frac{-0,67}{-2}=-0,33 \ \ (invertida\ y\ menor)$$

SEPTIEMBRE 2009

a) **(1 p)** Explicar en qué consiste el astigmatismo. ¿Con qué tipo de lentes se corrige este defecto visual?

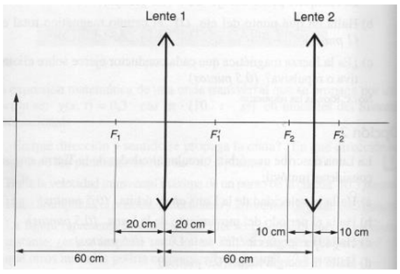
Es un defecto visual que generalmente se debe a que la córnea no es perfectamente esférica y el ojo no enfoca simultáneamente las líneas verticales y horizontales. También se produce por falta de esfericidad de otros órganos del ojo. Se corrige mediante lentes cilíndricas.

b) **(1 p)** Explicar en qué consiste la presbicia.

La presbicia, también llamada "vista cansada", no se considera un defecto de la visión, puesto que aparece con la edad. Se debe a la disminución en la capacidad de acomodación del ojo. Debido a la edad, los músculos ciliares se debilitan y disminuye la flexibilidad del cristalino, alejándose el punto próximo, por lo que se ven los objetos próximos con dificultad, como en el ojo hipermétrope. Se corrige con lentes convergentes. La presbicia no afecta a la visión lejana. El indicador de la presbicia es el gesto que realizan algunas personas, cuando para leer un texto alargan el brazo hasta estirarlo completamente.

JUNIO 2009

Dos lentes delgadas convergentes forman el sistema óptico centrado que muestra la figura.
La distancia focal de la primera lente es 20 cm, y la de la segunda, 10 cm. La distancia entre las lentes es 60 cm. Un objeto perpendicular al eje óptico de las lentes se sitúa 60 cm a la izquierda de la primera lente.

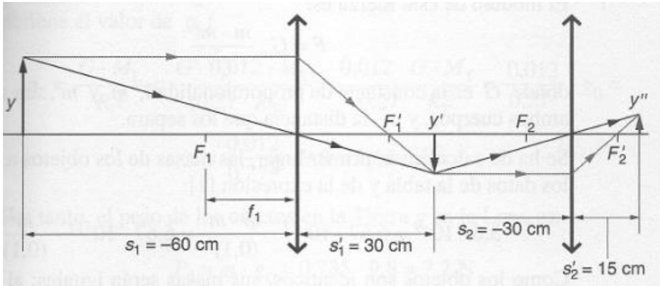


NOTA: Explica el procedimiento seguido para trazar los rayos y razona las respuestas.

a) **(1 p)** Obtén la imagen del objeto a través de las dos lentes mediante trazado de rayos.

Para construir gráficamente las imágenes de una lente delgada es necesario dibujar al menos la trayectoria de dos rayos y hallar su intersección después de refractarse en la lente. Existen tres rayos cuyas trayectorias pueden ser trazadas fácilmente:

- **Un rayo paralelo al eje óptico una vez refractado pasa por el foco imagen F'**
- **Un rayo que pase por el foco objeto F se refracta paralelo al eje óptico**
- **Un rayo que pase por el centro geométrico de la lente (centro óptico) no se desvía**



b) **(0,5 p)** Indica si esta imagen es real o virtual, derecha o invertida, mayor o menor que el objeto.

Como vemos por el trazado de rayos la imagen es real, derecha y menor

c) **(0,5 p)** Calcula numéricamente la posición de esta imagen.

$$\frac{1}{s_1{}'} - \frac{1}{s_1} = \frac{1}{f_1{}'} \quad \Rightarrow \frac{1}{s_1{}'} - \frac{1}{-60} = \frac{1}{20} \quad \Rightarrow s_1' = 30 \ cm$$

$$s_2 = -60 + 30 = -30\ cm; \quad \frac{1}{s_2{}'} - \frac{1}{s_2} = \frac{1}{f_2{}'} \quad \Rightarrow \frac{1}{s_2{}'} - \frac{1}{-30} = \frac{1}{10} \quad \Rightarrow \quad s_2' = 15 \ cm$$