



ÓPTICA FCA 06 ANDALUCÍA

- 1.- a)** Razone si tres haces de luz visible de colores azul, amarillo y rojo, respectivamente: i) tienen la misma frecuencia; ii) tienen la misma longitud de onda; iii) se propagan en el vacío con la misma velocidad. ¿Cambiaría alguna de estas magnitudes al propagarse en el agua?
- b)** ¿Qué es la reflexión total de la luz? ¿Cuándo puede ocurrir?

2.- Un rayo de luz monocromática incide en una de las caras de una lámina de vidrio, de caras planas y paralelas, con un ángulo de incidencia de 30° . La lámina está situada en el aire, su espesor es de 5 cm y su índice de refracción 1,5.

- a)** Dibuje el camino seguido por el rayo y calcule el ángulo que forma el rayo que emerge de la lámina con la normal.
- b)** Calcule la longitud recorrida por el rayo en el interior de la lámina.

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

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

4.- Un rayo luminoso que se propaga en el aire incide sobre el agua de un estanque formando un ángulo de 20° con la normal.

- a)** ¿Qué ángulo formarán entre sí los rayos reflejado y refractado?
- b)** Variando el ángulo de incidencia, ¿podría producirse el fenómeno de reflexión total? Razone la respuesta.

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

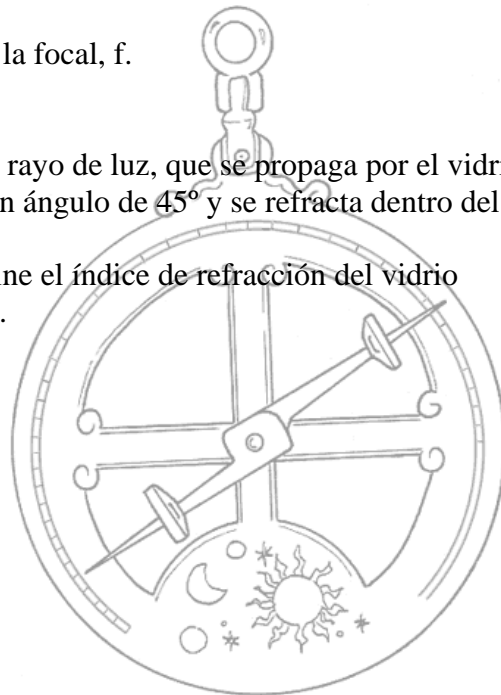
5.- Dibuje la marcha de los rayos e indique el tipo de imagen formada con una lente convergente si:

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

6.- El ángulo límite vidrio-agua es de 60° . Un rayo de luz, que se propaga por el vidrio, incide sobre la superficie de separación con un ángulo de 45° y se refracta dentro del agua.

- a)** Explique qué es el ángulo límite y determine el índice de refracción del vidrio
- b)** Calcule el ángulo de refracción en el agua.

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



ÓPTICA FCA 06 ANDALUCÍA

1.-

- a) i) Lo que el ojo humano diferencia como colores son las distintas frecuencias de la zona del visible del espectro electromagnético, en consecuencia a cada color le corresponde una frecuencia distinta, en este caso la mayor sería la del azul y la menor la del rojo.
- ii) La velocidad de propagación c de las ondas electromagnéticas en el vacío es constante, no depende de la frecuencia y se relaciona con la longitud de onda y con la frecuencia mediante la siguiente expresión

$$c = \lambda \cdot f$$

por lo tanto, si varía la frecuencia ha de hacerlo inversamente la longitud de onda para que c sea constante, en consecuencia a cada color le corresponde una longitud de onda distinta, en este caso la mayor sería la del rojo y la menor la del azul.

- iii) Como hemos visto en el apartado anterior, la velocidad de la luz en el vacío es constante y es independiente de la longitud de onda, su valor, calculado por Maxwell es el siguiente

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

los tres colores se propagan en el vacío con la misma velocidad.

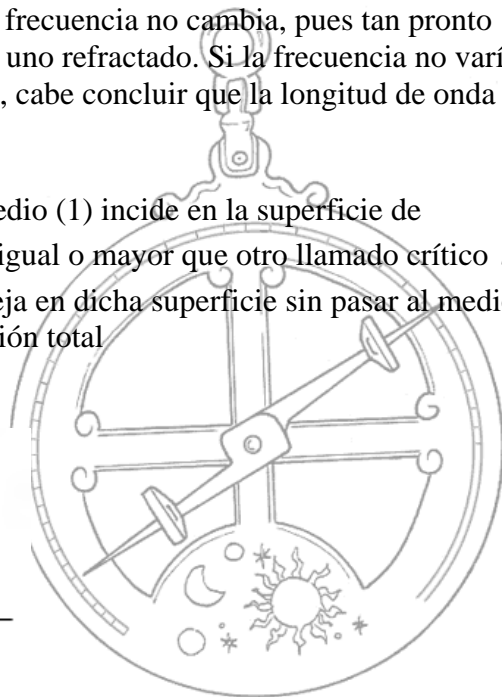
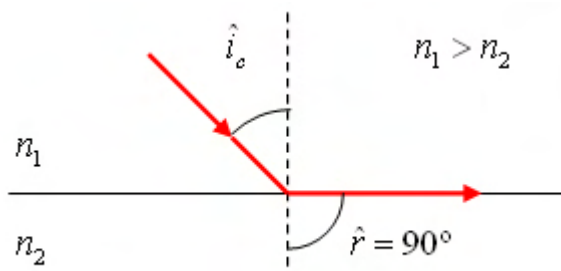
El agua tiene un índice de refracción distinto al del vacío. El índice de refracción de un medio es la relación entre la velocidad en el vacío, c y la velocidad en el medio, v .

$$n = \frac{c}{v}$$

si se supone que los dos medios tienen índices de refracción diferentes, también tendrán velocidades de propagación diferentes.

Cuando la onda pasa de un medio a otro, su frecuencia no cambia, pues tan pronto como llega un frente de onda incidente, surge uno refractado. Si la frecuencia no varía y sí lo hace la velocidad y puesto que $v = \lambda \cdot f$, cabe concluir que la longitud de onda cambia al pasar de un medio a otro.

- b) Cuando un haz de luz que viaja por un medio (1) incide en la superficie de separación con otro medio (2) con un ángulo igual o mayor que otro llamado crítico \hat{i}_c no se produce refracción y todo el haz se refleja en dicha superficie sin pasar al medio (2), este fenómeno recibe el nombre de reflexión total



ÓPTICA FCA 06 ANDALUCÍA

1.-

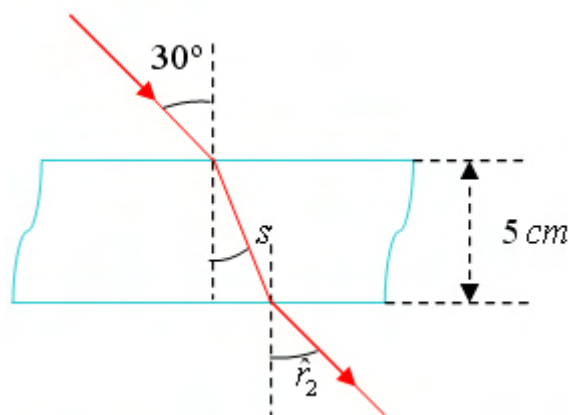
b) (continuación) el ángulo llamado crítico (o límite) es el ángulo de incidencia que produce un ángulo de refracción de 90° , aplicando la ley de Snell y como $\text{sen } 90^\circ = 1$

$$n_1 \cdot \text{sen } \hat{i}_c = n_2 \qquad \text{sen } \hat{i}_c = \frac{n_2}{n_1}$$

como se ve en la figura para que se produzca reflexión total el rayo refractado ha de separarse de la normal, es decir que $n_1 > n_2$

2.-

a)



Aplicamos la ley de Snell a la primera refracción

$$\text{sen } \hat{r}_1 = \frac{n_1}{n_2} \text{sen } \hat{i}_1 \qquad \hat{r}_1 = \arcsen\left(\frac{1}{1,5} \text{sen } 30^\circ\right) = 19,47^\circ$$

Aplicamos la ley de Snell a la segunda refracción sabiendo que $\hat{i}_2 = \hat{r}_1$ y que ahora el medio de incidencia es el vidrio (2) y el de refracción es el aire (1)

$$\text{sen } \hat{r}_2 = \frac{n_2}{n_1} \text{sen } \hat{i}_2 \qquad \hat{r}_2 = \arcsen\left(\frac{1,5}{1} \text{sen } 19,47^\circ\right) = 30^\circ$$

b) Para calcular la longitud "s" recorrida por el rayo en el interior de la lámina, aplicamos trigonometría al triángulo rectángulo definido en el interior de la lámina de vidrio

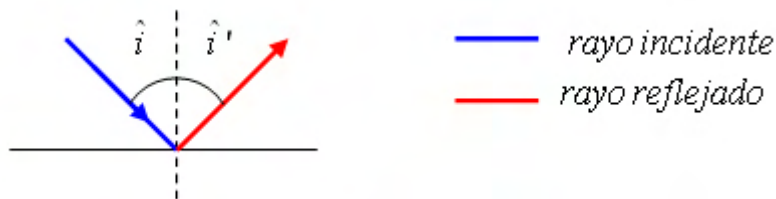
$$\cos 19,47^\circ = \frac{5 \text{ cm}}{s} \qquad s = \frac{5 \text{ cm}}{\cos 19,47^\circ} = 5,3 \text{ cm}$$

3.-

a) Cuando un rayo luminoso incide en la superficie de separación de dos medios distintos, parte de la energía luminosa sigue propagándose en el mismo medio (se refleja) y parte pasa a propagarse por el otro medio con una velocidad distinta (se refracta).

Si el rayo incidente forma un ángulo \hat{i} con la normal a la superficie, puede demostrarse experimentalmente que:

- El rayo incidente, el rayo reflejado y la normal a la superficie se encuentran en el mismo plano.
- El ángulo de incidencia (\hat{i}) y el de reflexión (\hat{i}') son iguales.



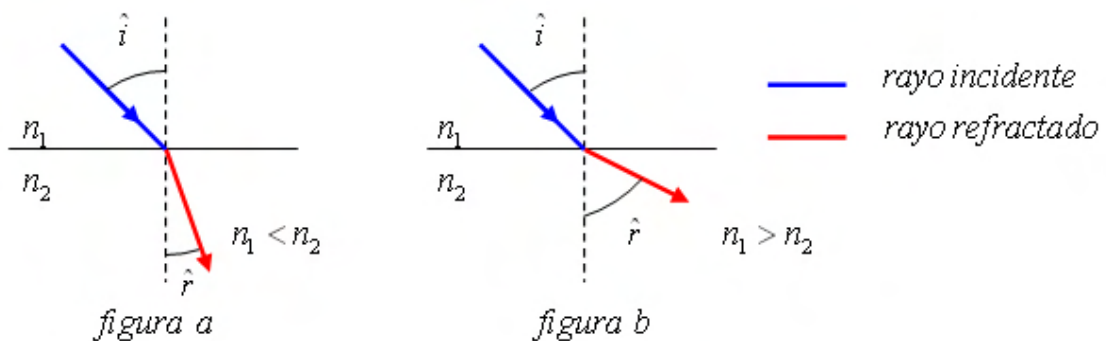
estos dos hechos se agrupan en lo que se conoce como **ley de la reflexión**.

Cuando la luz se propaga por un medio transparente distinto del vacío, lo hace siempre a una velocidad menor.

Se denomina índice de refracción, n , de un medio transparente a la relación entre la velocidad la luz en el vacío, c , y la velocidad de la luz e el medio, v .

$$n = \frac{c}{v}$$

Cuando la luz pasa de un medio con un índice de refracción n_1 a propagarse en otro medio con un índice de refracción n_2 (al tener distinto n tendrán distintas velocidades), sufre una desviación de su trayectoria original



debido a la diferencia de velocidades y según el principio de Huygens, el rayo refractado se acercará a la normal con relación al incidente si la velocidad en el segundo medio es menor (figura a), mientras que se alejará de la normal si la velocidad en ese nuevo medio es mayor (figura b)

ÓPTICA FCA 06 ANDALUCÍA

3.-

a) (continuación) Si llamamos \hat{r} al ángulo que forma el rayo refractado con la normal, experimentalmente se puede comprobar que:

- El rayo incidente, el rayo refractado y la normal a la superficie se encuentran en el mismo plano
- El ángulo de refracción \hat{r} , depende del ángulo de incidencia \hat{i}
- El ángulo de refracción depende de la relación entre los índices de refracción de los medios.

estos tres hechos se agrupan en lo que se conoce como **ley de la refracción**, que expresada matemáticamente recibe el nombre de **ley de Snell**

$$n_1 \cdot \text{sen } \hat{i} = n_2 \cdot \text{sen } \hat{r}$$

b) El agua tiene un índice de refracción mayor que el del aire. El índice de refracción de un medio es la relación entre la velocidad en el vacío, c y la velocidad en el medio, v .

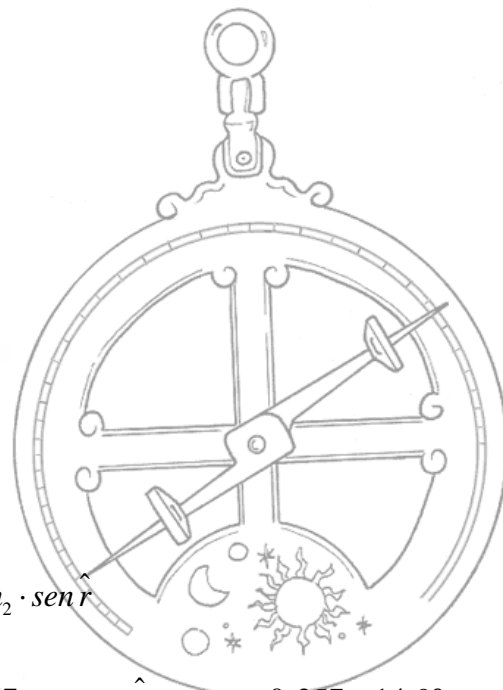
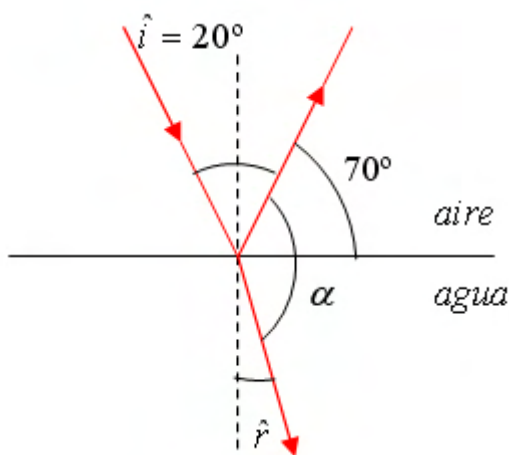
$$n = \frac{c}{v}$$

si se supone que los dos medios tienen índices de refracción diferentes, también tendrán velocidades de propagación diferentes. En este caso la velocidad en el agua es menor que en el aire.

Cuando la luz pasa de un medio a otro, su frecuencia no cambia, pues tan pronto como llega un frente de onda incidente a la superficie de separación de ambos medios, surge uno refractado. Si la frecuencia no varía y sí lo hace la velocidad y puesto que $v = \lambda \cdot f$, cabe concluir que la longitud de onda cambia al pasar de un medio a otro, como $v_{\text{agua}} < v_{\text{aire}}$, la longitud de onda en el agua es menor que en el aire.

4.-

a)



aplicando la ley de Snell

$$n_1 \cdot \text{sen } \hat{i} = n_2 \cdot \text{sen } \hat{r}$$

$$\text{sen } \hat{r} = \frac{n_1}{n_2} \cdot \text{sen } \hat{i} = \frac{1}{1,33} \cdot \text{sen } 20^\circ = 0,257$$

$$\hat{r} = \text{arcsen } 0,257 = 14,9^\circ$$

4.-

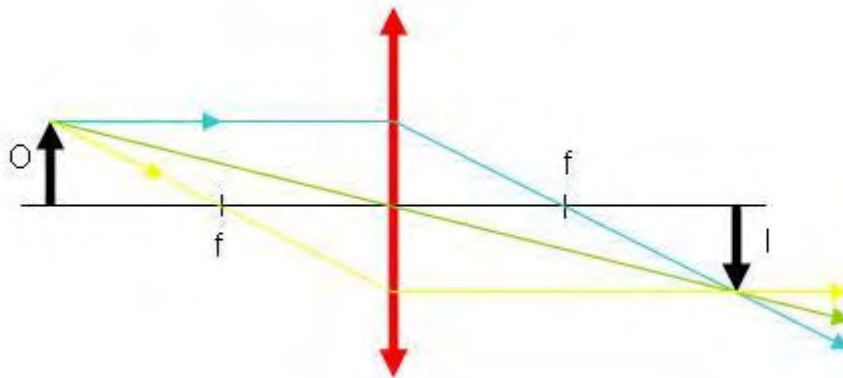
a) (continuación) el ángulo entre el rayo reflejado y refractado

$$\alpha = 70^\circ + (90^\circ - 14,9^\circ) = 145,1^\circ$$

b) No se puede producir reflexión total porque $n_1 < n_2$, es decir el rayo refractado se acerca a la normal y para que se produzca ha de ser al contrario.

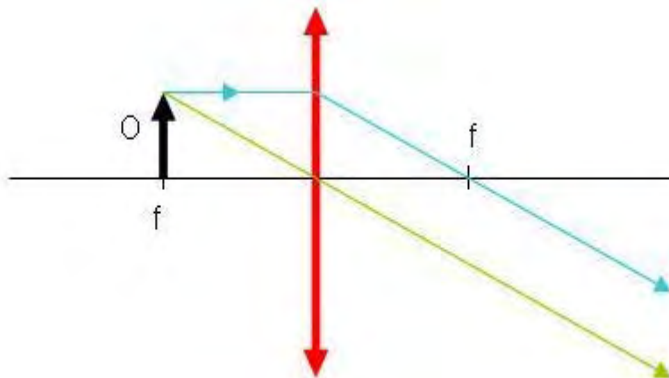
5.-

a)



La imagen es real, invertida y del mismo tamaño.

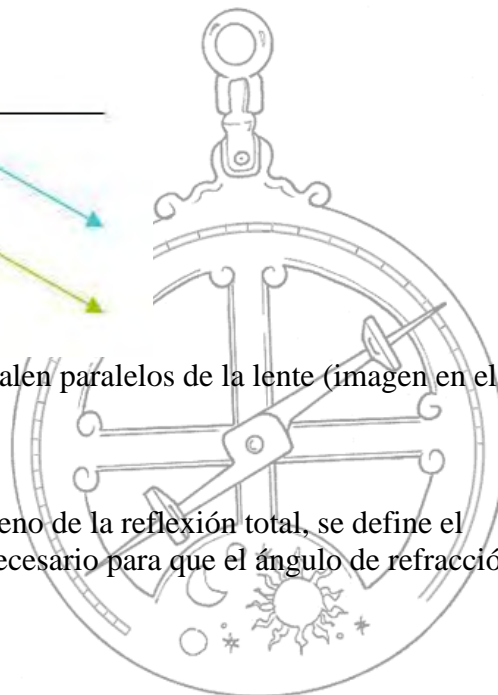
b)



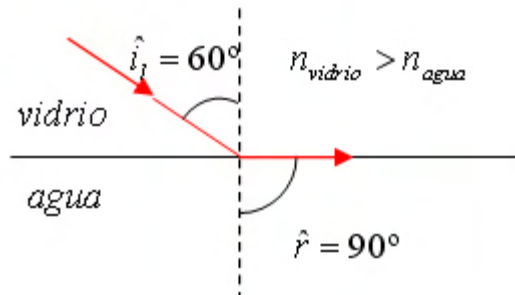
No se forma ninguna imagen pues los rayos salen paralelos de la lente (imagen en el infinito).

6.-

a) Como $n_1 > n_2$ se puede producir el fenómeno de la reflexión total, se define el ángulo límite como el ángulo de incidencia necesario para que el ángulo de refracción sea de 90° (como se ve en la figura)



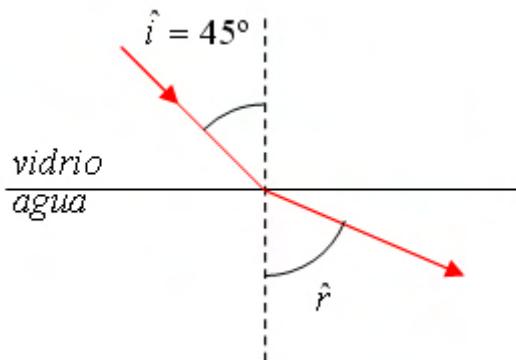
6.- a) (continuación)



como $\text{sen } 90^\circ = 1$, aplicamos la ley de Snell

$$n_{\text{vidrio}} \cdot \text{sen } \hat{i}_l = n_{\text{agua}} \quad n_{\text{vidrio}} = \frac{n_{\text{agua}}}{\text{sen } \hat{i}_l} = \frac{1,33}{\text{sen } 60^\circ} = 1,53$$

b)



aplicamos la ley de Snell

$$n_{\text{vidrio}} \cdot \text{sen } \hat{i} = n_{\text{agua}} \cdot \text{sen } \hat{r}$$

$$\text{sen } \hat{r} = \frac{n_{\text{vidrio}}}{n_{\text{agua}}} \cdot \text{sen } \hat{i} \quad \hat{r} = \text{arcsen} \left(\frac{1,53}{1,33} \cdot \text{sen } 45^\circ \right) = 54,4^\circ$$

