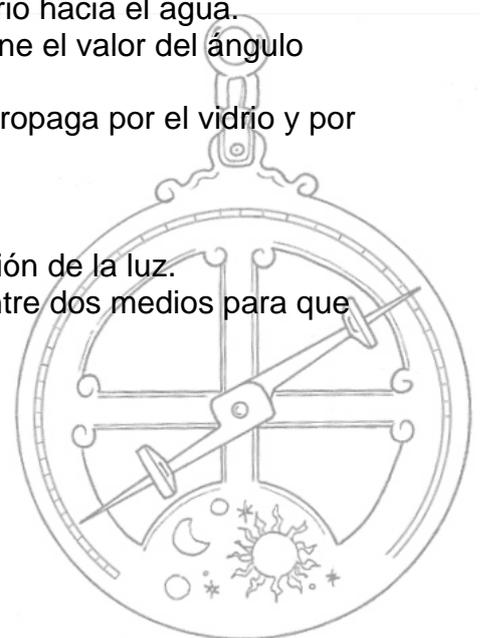




ÓPTICA FCA 08 ANDALUCÍA

1. Un teléfono móvil opera con ondas electromagnéticas de frecuencia  $f = 9 \cdot 10^8$  Hz.
  - a) Determine la longitud de onda y el número de onda en el aire.
  - b) Si la onda entra en un medio en el que su velocidad de propagación se reduce a  $3c/4$ , razone qué valores tienen la frecuencia y la longitud de onda en ese medio y el índice de refracción del medio.  
 $c = 3 \cdot 10^8$  m s<sup>-1</sup>;  $n_{\text{aire}} = 1$
  
2.
  - a) Explique la formación de imágenes y sus características en una lente divergente.
  - b) ¿Pueden formarse imágenes virtuales con lentes convergentes? Razone la respuesta.
  
3. Un haz de luz láser cuya longitud de onda en el aire es  $550 \cdot 10^{-9}$  m incide en un bloque de vidrio.
  - a) Describa con ayuda de un esquema los fenómenos ópticos que se producen.
  - b) Si el ángulo de incidencia es de  $40^\circ$  y el de refracción  $25^\circ$ , calcule el índice de refracción del vidrio y la longitud de onda de la luz láser en el interior del bloque.  
 $n_{\text{aire}} = 1$
  
4.
  - a) Explique los fenómenos de reflexión y refracción de una onda en la superficie que separa dos medios.
  - b) Razone qué magnitudes de una onda cambian cuando pasa de un medio a otro.
  
5. Sobre la superficie de un bloque de vidrio de índice de refracción 1,60 hay una capa de agua de índice 1,33. Una luz amarilla de sodio, cuya longitud de onda en el aire es  $589 \cdot 10^{-9}$  m, se propaga por el vidrio hacia el agua.
  - a) Describa el fenómeno de reflexión total y determine el valor del ángulo límite para esos dos medios.
  - b) Calcule la longitud de onda de la luz cuando se propaga por el vidrio y por el agua.  
 $c = 3 \cdot 10^8$  m s<sup>-1</sup>
  
6.
  - a) Describa los fenómenos de reflexión y de refracción de la luz.
  - b) Explique las condiciones que deben cumplirse entre dos medios para que el rayo incidente no se refracte.



## ÓPTICA FCA 08 ANDALUCÍA

1.-a) 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. La velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas en el aire es la misma que en el vacío,  $c$ .

Calculamos la longitud de onda en el aire y el número de onda

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}}{9 \cdot 10^8 \text{ s}^{-1}} = \frac{1}{3} \text{ m}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = 6\pi \text{ m}^{-1}$$

b) La frecuencia no cambia por lo explicado en el apartado anterior. 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

en el aire  $\lambda = \frac{c}{f}$ , en el medio  $\lambda' = \frac{v}{f}$ . Dividimos ambas ecuaciones, teniendo en

cuenta que  $v = \frac{3c}{4}$  y que  $\lambda = \frac{1}{3} \text{ m}$

$$\frac{\lambda}{\lambda'} = \frac{c}{v} \quad \lambda' = \lambda \frac{v}{c} = \lambda \frac{3c/4}{c} = \lambda \frac{3}{4} = \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{4} = \frac{1}{4} = 0,25 \text{ m}$$

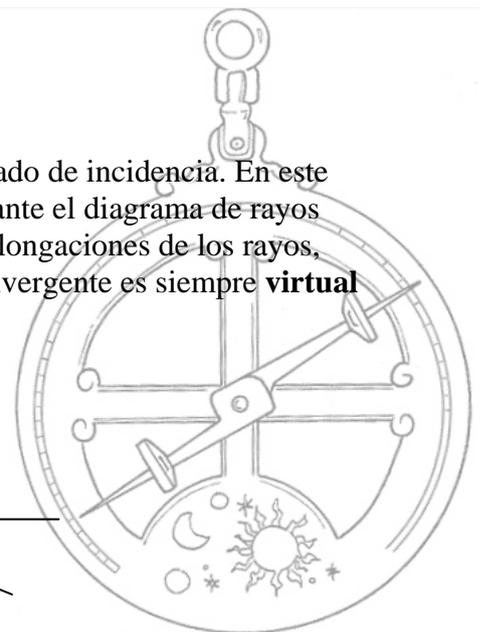
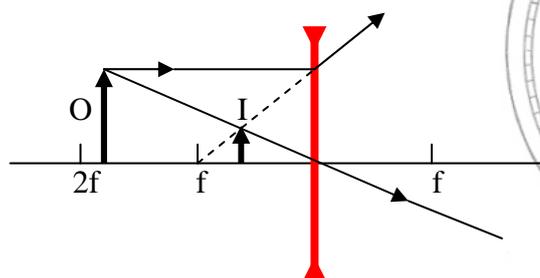
El índice de refracción de un medio es la relación entre la velocidad en el vacío,  $c$  y la velocidad en el medio,  $v$ .

$$n = \frac{c}{v} = \frac{c}{3c/4} = \frac{4}{3}$$

2.-a) En el caso de las lentes divergentes,  $r_1$  es negativo y  $r_2$  positivo,  $f$  será negativa y sea cual sea  $s_o$ , tendremos que

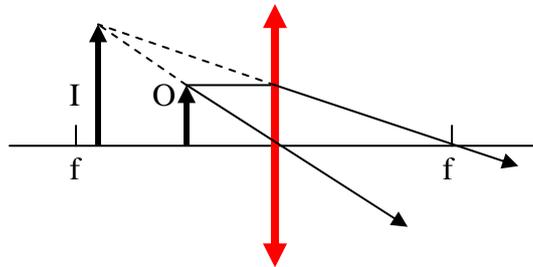
$$\frac{1}{s_i} = \frac{1}{f} - \frac{1}{s_o} \Rightarrow s_i < 0$$

es decir la imagen será siempre virtual pues se forma en el lado de incidencia. En este caso, el procedimiento para la formación de imágenes mediante el diagrama de rayos consiste en buscar en dicho lado el punto de corte de las prolongaciones de los rayos, como se ve en la figura. La imagen formada por una lente divergente es siempre **virtual derecha y disminuida**.



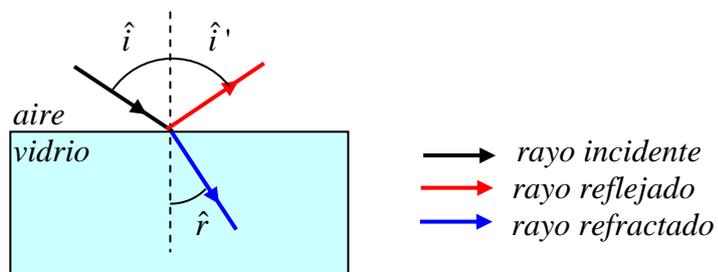
ÓPTICA FCA 08 ANDALUCÍA

2.-b) Se forman imágenes virtuales con lentes convergentes cuando el objeto está situado entre el foco y el centro óptico de la lente, es decir  $s_o < f$ , como puede verse en la figura del diagrama de rayos



La imagen formada es **virtual derecha y aumentada**.

3.-a)



Cuando el rayo incide en la superficie del bloque de vidrio, se producen dos fenómenos, parte del haz se refleja y sigue propagándose por el aire con un ángulo de reflexión ( $\hat{i}'$ ) que es igual al de incidencia ( $\hat{i}$ ), y otra parte pasa a propagarse por el vidrio (refracción) que como tiene más densidad que el aire, hace que la velocidad de propagación de la luz sea menor en su interior con lo cual, cambia de dirección formando un ángulo de refracción ( $\hat{r}$ ) que es menor que el de incidencia, como predice la ley de Snell.

b) Para calcular el índice de refracción del vidrio, aplicamos la ley de Snell

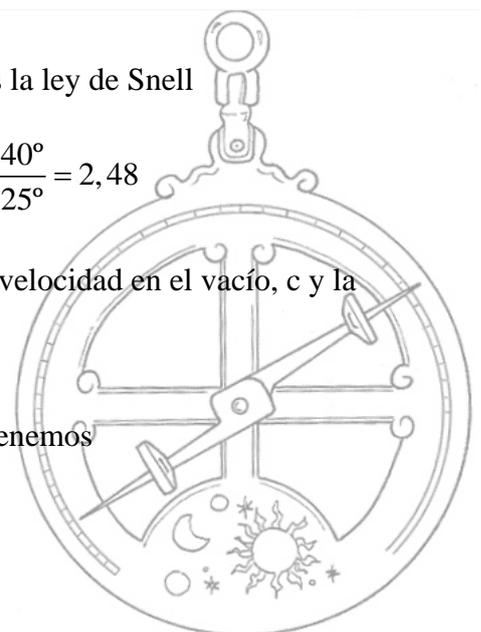
$$n_{\text{aire}} \text{sen } \hat{i} = n_{\text{vidrio}} \text{sen } \hat{r} \quad n_{\text{vidrio}} = n_{\text{aire}} \frac{\text{sen } 40^\circ}{\text{sen } 25^\circ} = 2,48$$

El índice de refracción de un medio es la relación entre la velocidad en el vacío,  $c$  y la velocidad en el medio,  $v$ .

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

Dividiendo entre sí las expresiones de ambos índices obtenemos

$$\frac{n_{\text{vidrio}}}{n_{\text{aire}}} = \frac{v_{\text{aire}}}{v_{\text{vidrio}}} \quad (1)$$



3.-b) (continuación) Sustituyendo las velocidades por su expresión  $v = \lambda \cdot f$

$$\frac{n_{\text{vidrio}}}{n_{\text{aire}}} = \frac{\lambda_{\text{aire}} \cdot f}{\lambda_{\text{vidrio}} \cdot f} = \frac{\lambda_{\text{aire}}}{\lambda_{\text{vidrio}}} \quad \lambda_{\text{vidrio}} = \lambda_{\text{aire}} \frac{n_{\text{aire}}}{n_{\text{vidrio}}} = 550 \cdot 10^{-9} \text{ m} \cdot \frac{1}{2,48} = 221 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

4.- a) Ver libro de texto

b) El índice de refracción de un medio es la relación entre la velocidad en el vacío,  $c$  y la velocidad en el medio,  $v$ .

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

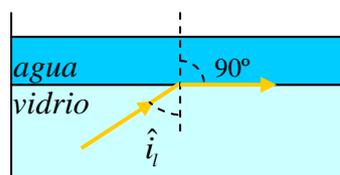
si se supone que los dos medios tienen índices de refracción diferentes, también tendrán velocidades de propagación diferentes. Dividiendo entre sí las expresiones de ambos índices obtenemos

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$$

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. Sustituyendo las velocidades por su expresión en la ecuación anterior

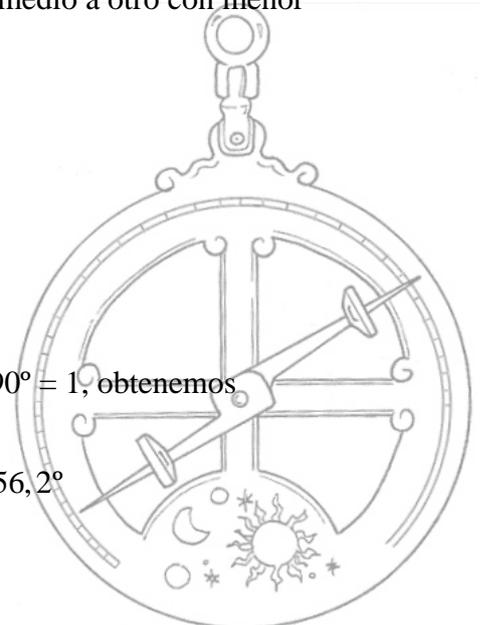
$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\lambda_1 \cdot f}{\lambda_2 \cdot f} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

5.-a) El ángulo límite ( $\hat{i}_l$ ) es el ángulo de incidencia que produce un ángulo de refracción de  $90^\circ$ , para ángulos de incidencia mayores que él, se produce la reflexión total. Este fenómeno solo ocurre cuando el rayo viaja de un medio a otro con menor índice de refracción.



Si aplicamos la ley de Snell cuando  $r = 90^\circ$  y como  $\text{sen } 90^\circ = 1$ , obtenemos

$$\hat{i}_l = \text{arcsen} \frac{n_{\text{agua}}}{n_{\text{vidrio}}} = \text{arcsen} \frac{1,33}{1,60} = 56,2^\circ$$



5.-b) Tendiendo en cuenta la ecuación que relaciona el índice de refracción y la longitud de onda, deducida en el apartado anterior, para el vidrio

$$\frac{n_{\text{vidrio}}}{n_{\text{aire}}} = \frac{\lambda_{\text{aire}}}{\lambda_{\text{vidrio}}} \quad \lambda_{\text{vidrio}} = \lambda_{\text{aire}} \frac{n_{\text{aire}}}{n_{\text{vidrio}}} = 589 \cdot 10^{-9} \text{ m} \cdot \frac{1}{1,60} = 368 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

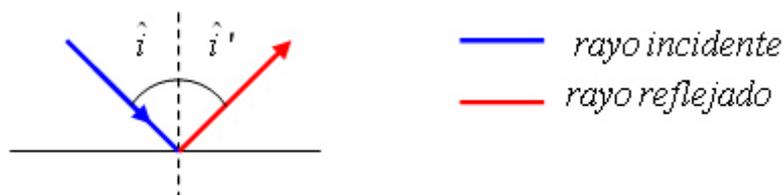
para el agua

$$\frac{n_{\text{agua}}}{n_{\text{aire}}} = \frac{\lambda_{\text{aire}}}{\lambda_{\text{agua}}} \quad \lambda_{\text{agua}} = \lambda_{\text{aire}} \frac{n_{\text{aire}}}{n_{\text{agua}}} = 589 \cdot 10^{-9} \text{ m} \cdot \frac{1}{1,33} = 443 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

6.-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.



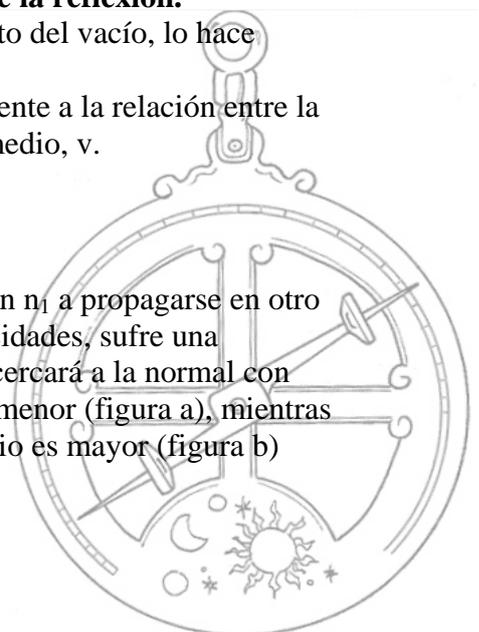
estos dos hechos se agrupan en lo que se conoce como **ley de la reflexión**.

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

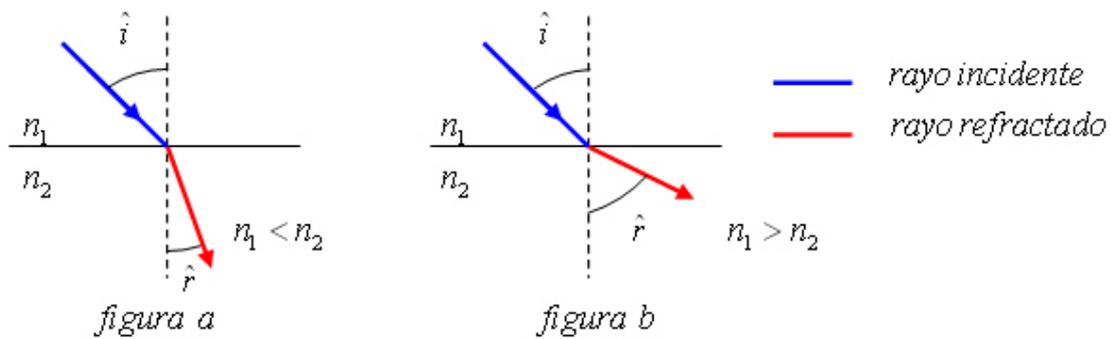
Se denomina índice de refracción,  $n$ , de un medio transparente a la relación entre la velocidad la luz en el vacío,  $c$ , y la velocidad de la luz en el medio,  $v$ .

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

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 distintas velocidades, sufre una desviación de su trayectoria original, 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)



6.-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)** Se trata del fenómeno de la reflexión total, las condiciones que han de cumplirse son dos:

- El índice de refracción del medio de incidencia sea mayor que el índice de refracción del medio al que se transfiere

$$n_1 > n_2$$

- El ángulo de incidencia ha de ser mayor que el ángulo límite

$$\hat{i} > \hat{i}_l$$

