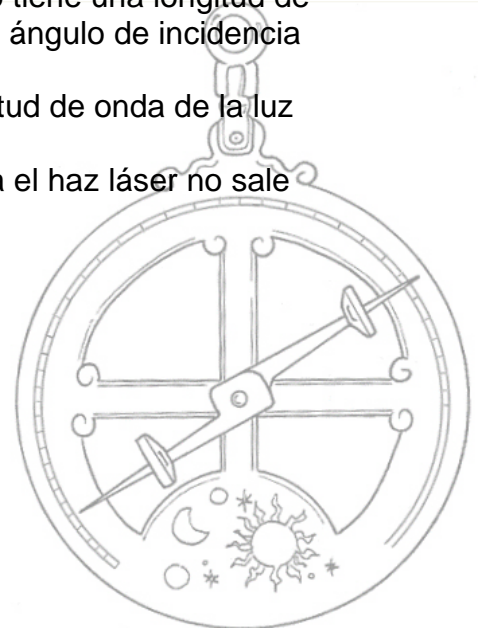




## ÓPTICA FCA 10 ANDALUCÍA

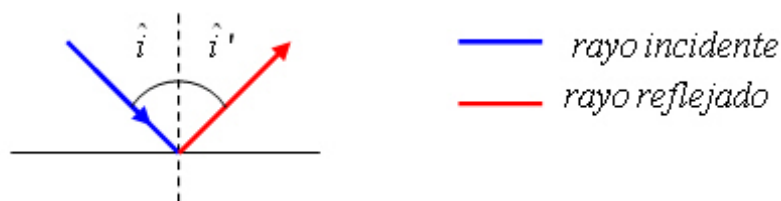
1. a) Explique los fenómenos de reflexión y refracción de la luz.  
b) ¿Tienen igual frecuencia, longitud de onda y velocidad de propagación la luz incidente, reflejada y refractada? Razone sus respuestas.
2. Un teléfono móvil opera con ondas electromagnéticas cuya frecuencia es  $1,2 \cdot 10^9$  Hz.  
a) Determine la longitud de onda.  
b) Esas ondas entran en un medio en el que la velocidad de propagación se reduce a  $5c/6$ . Determine el índice de refracción del medio y la frecuencia y la longitud de onda en dicho medio.  
 $c = 3 \cdot 10^8$  m s<sup>-1</sup>;  $n_{\text{aire}} = 1$ ;  $v_{\text{sonido}} = 340$  m s<sup>-1</sup>
3. a) Explique qué es el ángulo límite y qué condiciones deben cumplirse para que pueda observarse.  
b) Razone por qué la profundidad real de una piscina llena de agua es mayor que la profundidad aparente.
4. Una antena emite una onda de radio de  $6 \cdot 10^7$  Hz.  
a) Explique las diferencias entre esa onda y una onda sonora de la misma longitud de onda y determine la frecuencia de esta última.  
b) La onda de radio penetra en un medio material y su velocidad se reduce a  $0,75 c$ . Determine su frecuencia y su longitud de onda en ese medio.  
 $c = 3 \cdot 10^8$  m s<sup>-1</sup>;  $v(\text{sonido en el aire}) = 340$  m s<sup>-1</sup>
5. a) Explique el fenómeno de dispersión de la luz.  
b) ¿Qué es el índice de refracción de un medio? Razone cómo cambian la frecuencia y la longitud de onda de una luz láser al pasar del aire al interior de una lámina de vidrio.
6. Un haz láser que se propaga por un bloque de vidrio tiene una longitud de onda de 550 nm. El haz emerge hacia el aire con un ángulo de incidencia de  $25^\circ$  y un ángulo de refracción de  $40^\circ$ .  
a) Calcule el índice de refracción del vidrio y la longitud de onda de la luz láser en el aire.  
b) Razone para qué valores del ángulo de incidencia el haz láser no sale del vidrio.  
 $c = 3 \cdot 10^8$  m s<sup>-1</sup>;  $n_{\text{aire}} = 1$



1.- 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.



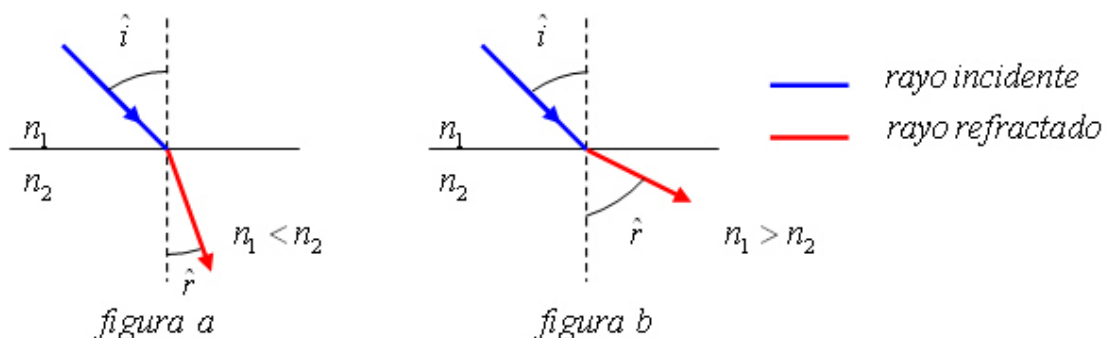
estos dos hechos se agrupan en lo que se conoce como **ley de la reflexión**.

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

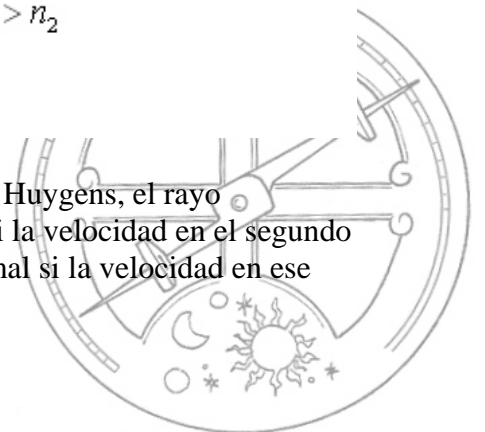
Se denomina índice de refracción,  $n$ , de un medio transparente a la relación entre la velocidad la luz en el vacío,  $c$ , y la velocidad de la luz e el medio,  $v$ .

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

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 10 ANDALUCÍA

**1.- 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)** La luz incidente y la reflejada tienen la misma frecuencia, longitud de onda y velocidad de propagación puesto que se propagan por el mismo medio.

La luz refractada pasa a otro medio. 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

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} \quad (1)$$

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 (1)

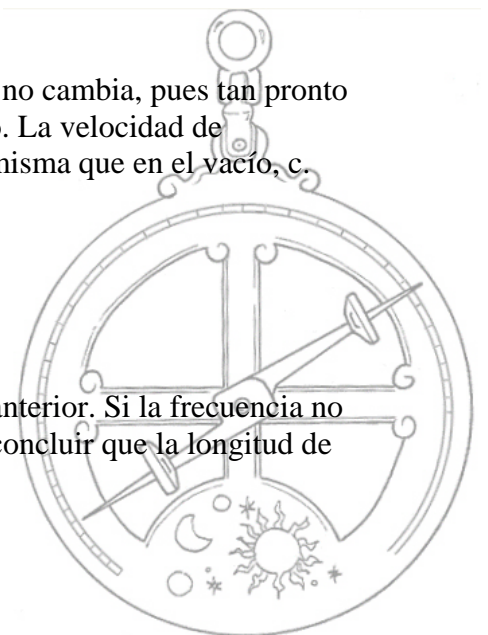
$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\lambda_1 \cdot f}{\lambda_2 \cdot f} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

**2.-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

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}}{1,2 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1}} = 0,25 \text{ m}$$

**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



**ÓPTICA FCA 10 ANDALUCÍA**

**2.- b)** (continuación) en el aire  $\lambda = \frac{c}{f}$ , en el medio  $\lambda' = \frac{v}{f}$ . Dividimos ambas

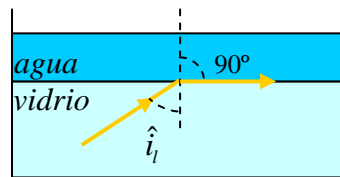
ecuaciones, teniendo en cuenta que  $v = \frac{5c}{6}$  y que  $\lambda = 0,25\text{ m}$

$$\frac{\lambda}{\lambda'} = \frac{c}{v} \quad \lambda' = \lambda \frac{v}{c} = \lambda \frac{5c/6}{c} = \lambda \frac{5}{6} = 0,25 \cdot \frac{5}{6} = \frac{1}{4} = 0,21\text{ m}$$

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

$$n = \frac{c}{v} = \frac{c}{5c/6} = 1,2$$

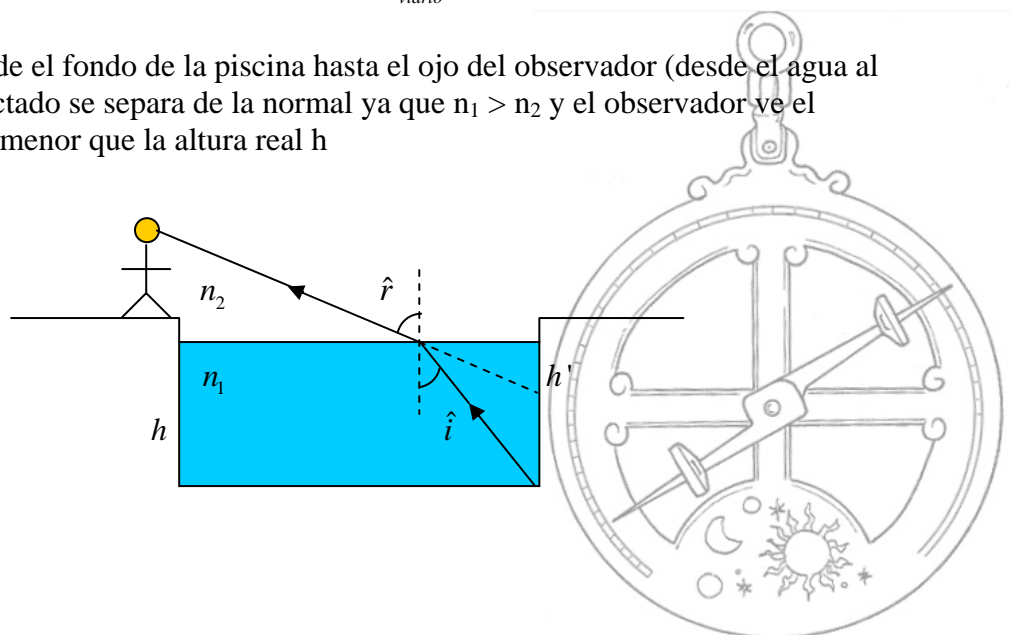
**3.- a)** El ángulo límite ( $\hat{i}_l$ ) es el ángulo de incidencia que produce un ángulo de refracción de  $90^\circ$ , para ángulos de incidencia mayores que él, se produce la reflexión total. Este fenómeno solo ocurre cuando el rayo viaja de un medio a otro con menor índice de refracción, por ejemplo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



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

$$\hat{i}_l = \text{arcsen} \frac{n_{\text{agua}}}{n_{\text{vidrio}}}$$

**b)** La luz viaja desde el fondo de la piscina hasta el ojo del observador (desde el agua al aire). El rayo refractado se separa de la normal ya que  $n_1 > n_2$  y el observador ve el fondo en  $h'$  que es menor que la altura real  $h$



## ÓPTICA FCA 10 ANDALUCÍA

**4.- a)** La onda emitida por la emisora de radio es una onda electromagnética, no necesita medio material para su propagación ya que la propiedad perturbada es un campo magnético y uno eléctrico y es además una onda transversal que se propaga en el aire a la velocidad de la luz  $c$ .

La onda sonora es una onda material que necesita un medio material para su propagación porque la propiedad perturbada es la presión y es una onda longitudinal que se propaga en el aire a  $340 \text{ ms}^{-1}$ .

Calculamos la longitud de la onda electromagnética en el aire

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}}{6 \cdot 10^7 \text{ s}^{-1}} = 5 \text{ m}$$

Calculamos la frecuencia de una onda sonora de la misma longitud de onda

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{340 \text{ ms}^{-1}}{5 \text{ m}} = 68 \text{ s}^{-1}$$

**b)** Cuando una onda pasa de un medio a otro, su frecuencia no cambia ya que los frentes de onda no pueden acumularse, pero al cambiar su velocidad de propagación, ha de cambiar la longitud de onda

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{0,75 \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}}{6 \cdot 10^7 \text{ s}^{-1}} = 3,75 \text{ m}$$

**5.- 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,  $v$ .

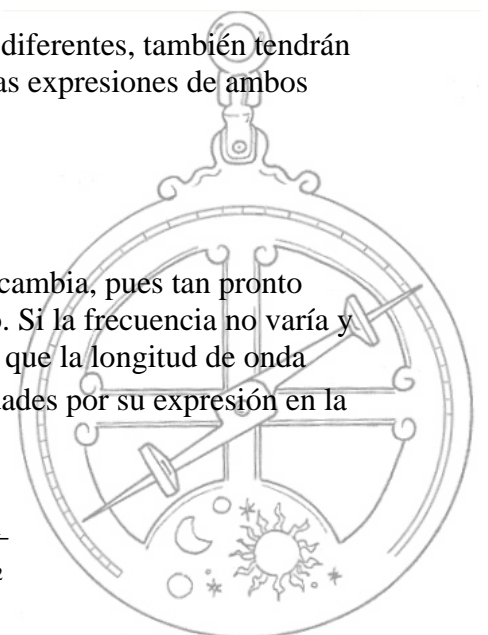
$$n = \frac{c}{v}$$

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

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



## ÓPTICA FCA 10 ANDALUCÍA

6.- a) Para calcular el índice de refracción del vidrio, aplicamos la ley de Snell

$$n_{\text{vidrio}} \operatorname{sen} \hat{i} = n_{\text{aire}} \operatorname{sen} \hat{r} \quad n_{\text{vidrio}} = n_{\text{aire}} \frac{\operatorname{sen} \hat{r}}{\operatorname{sen} \hat{i}} = \frac{\operatorname{sen} 40^\circ}{\operatorname{sen} 25^\circ} = 1,52$$

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

$$\frac{n_{\text{vidrio}}}{n_{\text{aire}}} = \frac{v_{\text{aire}}}{v_{\text{vidrio}}}$$

Sustituyendo las velocidades por su expresión  $v = \lambda \cdot f$

$$\frac{n_{\text{vidrio}}}{n_{\text{aire}}} = \frac{\lambda_{\text{aire}} \cdot f}{\lambda_{\text{vidrio}} \cdot f} = \frac{\lambda_{\text{aire}}}{\lambda_{\text{vidrio}}} \quad \lambda_{\text{aire}} = \lambda_{\text{vidrio}} \frac{n_{\text{vidrio}}}{n_{\text{aire}}} = 550 \text{ nm} \cdot \frac{1,52}{1} = 836 \text{ nm}$$

b) El haz láser no sale del vidrio para valores del ángulo de incidencia mayores que el ángulo límite

$$\hat{i}_l = \operatorname{arcsen} \frac{n_{\text{aire}}}{n_{\text{vidrio}}} = \operatorname{arcsen} \frac{1}{1,52} = 41^\circ$$

