

## Índice de refracción

51) Los índices de refracción para el agua y para el vidrio Crown con luz de 589 nm son  $n_{\text{agua}} = 1,333$  y  $n_{\text{vidrio}} = 1,52$  respectivamente. Calcular:

- La velocidad de la luz en estos dos materiales.
- El índice de refracción relativo de este vidrio respecto al agua.
- La longitud de onda de esa luz en ambos materiales.

(Resultado: a)  $v_{\text{vidrio}} = 1,97 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  ; b)  $n_{2,1} = 1,14$  ; c)  $\lambda = 442 \text{ nm}$ )

52) El índice de refracción absoluto del diamante es  $n_{\text{diamante}} = 2,417$  para una luz de 589 nm. Calcular:

- La velocidad de la luz en el diamante.
- La longitud de onda de esa luz en el diamante.

## Ángulo límite y reflexión total

61) Determina el ángulo límite para un rayo de luz que pasa de un medio de índice de refracción 1.3 hacia el aire.

62) Explique el fenómeno de la reflexión total. Calcule el ángulo límite cuando la luz pasa de un medio con índice de refracción de  $n = 1,7$  al aire ( $n' = 1$ ).

PAU ULL junio 2015  
(Resultado:  $\hat{i} = 36.03^\circ$ )

63) En el fondo de una piscina de dos metros de profundidad hay un foco que emite luz hacia la superficie en todas direcciones. Calcula el radio del círculo en el que la luz podrá atravesar la superficie del agua.

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

(Resultado:  $R = 2,28 \text{ m}$ )

64) Un rayo de luz monocromática emerge al aire, desde el interior de un bloque de vidrio, en una dirección que forma un ángulo de  $30^\circ$  con la normal a la superficie.

- Dibuje en un esquema los rayos incidente y refractado y calcule el ángulo de incidencia y la velocidad de propagación de la luz en el vidrio.
- ¿Existen ángulos de incidencia para los que no sale luz del vidrio? Explique este fenómeno y calcule el ángulo límite.

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

PAU Andalucía 2011  
(Resultado: a)  $\hat{i} = 19^\circ 28'$  ;  $v_{\text{vidrio}} = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  ;  $\hat{i}_{\text{lim}} = 41^\circ 48'$ )

51) Los índices de refracción para el agua y para el vidrio Crown con luz de 589 nm son  $n_{\text{agua}} = 1,333$  y  $n_{\text{vidrio}} = 1,52$  respectivamente. Calcular:

- La velocidad de la luz en estos dos materiales.
- El índice de refracción relativo de este vidrio respecto al agua.
- La longitud de onda de esa luz en ambos materiales.

(Resultado: a)  $v_{\text{vidrio}} = 1,97 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ; b)  $n_{2,1} = 1,14$ ; c)  $\lambda = 442 \text{ nm}$ )

## Hipótesis y modelo

Suponemos materiales isótropos  
y homogéneos

- luz monocromática

## Funciones y parámetros

$$n_i = \frac{c}{v_i}$$

$$c = \lambda \cdot f$$

$$n_{\text{agua}} = 1,333 \quad \lambda = 589 \cdot 10^{-9}$$

$$n_{\text{vidrio}} = 1,52$$

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

a) La velocidad en cada medio se deduce de su índice de refracción

$$n_{\text{agua}} = \frac{c}{v_{\text{agua}}} \quad ; \quad v_{\text{agua}} = \frac{c}{1,333}$$

$$v_{\text{agua}} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,333} = 2,25 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$n_{\text{vidrio}} = \frac{c}{v_{\text{vidrio}}} \quad ; \quad v_{\text{vidrio}} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,52} = 1,97 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

b) El índice de refracción relativo es el cociente del 2º medio entre el 1º medio

$$n_{2,1} = \frac{n_{\text{vidrio}}}{n_{\text{agua}}} = \frac{1,52}{1,333} = 1,14$$

c) En el vacío, la frecuencia de esa luz es:

$$c = \lambda \cdot f; \quad f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{589 \cdot 10^{-9}}$$

$$f = 5,09 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

En el vidrio

$$\lambda_v = \frac{v_{\text{vidrio}}}{f} = \frac{1,97 \cdot 10^8}{5,09 \cdot 10^{14}} =$$

$$\lambda_v = 3,87 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 387 \text{ nm}$$

En el agua

$$\lambda_a = \frac{v_{\text{agua}}}{f} = \frac{2,25 \cdot 10^8}{5,09 \cdot 10^{14}} =$$

$$\lambda_a = 4,42 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 442 \text{ nm}$$

52 ) El índice de refracción absoluto del diamante es  $n_{\text{diamante}}=2,417$  para una luz de 589 nm. Calcular:

- La velocidad de la luz en el diamante.
- La longitud de onda de esa luz en el diamante.

(Resultado: a)  $v_{\text{diamante}} = 1,24 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  ; b)  $\lambda_{\text{diamante}} = 243 \text{ nm}$ )

### Hipótesis y modelo

- Suponemos materiales isótropos y homogéneos
- Se usa luz monocromática

### Funciones y parámetros

$$n_1 = c / v_1$$

$$c = \lambda f$$

$$n_{\text{diamante}} = 2,417 \quad \lambda = 589 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

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

### Cálculos

a) La velocidad de la luz en el diamante calcula a partir de su índice de refracción:

$$n_{\text{diamante}} = c / v_{\text{diamante}} \quad ; \quad v_{\text{diamante}} = c / n_{\text{diamante}} = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} / 2,417 = \mathbf{1,24 \cdot 10^8 \text{ m/s}}$$

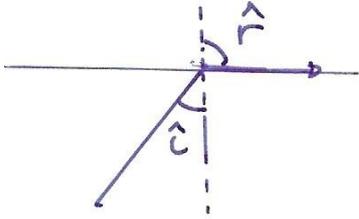
b) En el vacío, la frecuencia de la luz utilizada es:

$$c = \lambda f \quad ; \quad f = c / \lambda = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} / 589 \cdot 10^{-9} \text{ (m)} = 5,09 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

En el diamante, la frecuencia será la misma y la velocidad será la calculada en a).

$$\lambda_{\text{diamante}} = v_{\text{diamante}} / f = 1,24 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} / 5,09 \cdot 10^{14} \text{ (s}^{-1}\text{)} = 2,43 \cdot 10^{-7} \text{ m} = \mathbf{243 \text{ nm}}$$

41) Determina el ángulo límite para un rayo de luz que pasa de un medio de índice de refracción 1.3 hacia el aire.



Para que haya reflexión total se debe cumplir que el ángulo de refracción sea de  $90^\circ$

Aplicando la ley de Snell

$$\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = \frac{v_i}{v_r} = \frac{n_r}{n_i}$$

$$\frac{\text{sen } i}{\text{sen } 90} = \frac{1}{1,3} \quad ; \quad \text{sen } i = \frac{1}{1,3} = 0,769$$

$$i = \text{arc sen } 0,769 = 50,28^\circ = 50^\circ 17'$$

62) Explique el fenómeno de la reflexión total. Calcule el ángulo límite cuando la luz pasa de un medio con índice de refracción de  $n = 1,7$  al aire ( $n' = 1$ ).

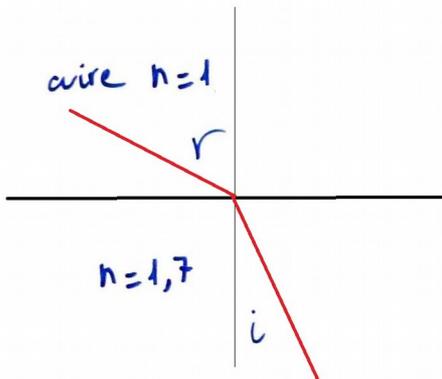
PAU ULL junio 2015  
(Resultado:  $\hat{i} = 36,03^\circ$ )

De acuerdo con la Ley de Snell

$$n_1 \text{ sen } \varphi^1 = n_2 \text{ sen } \varphi_2$$

cuando un rayo de luz pasa de un medio con un índice de refracción mayor, a otro medio con un índice de refracción menor, resulta que el ángulo de refracción es mayor que el de incidencia. Al ir aumentando el ángulo de incidencia, también el ángulo de refracción aumenta. Cuando el ángulo de refracción llega a valer  $90^\circ$ , se alcanza el ángulo de incidencia crítica  $\varphi_c$ . Para ángulos de incidencia iguales o mayores que este ángulo crítico no hay rayo refractado en el medio de menor índice de refracción, de ahí que a este fenómeno se le denomine de reflexión (interna) total.

Ángulo límite  $\hat{r} = 90^\circ = \frac{\pi}{2} \text{ rad}$



$$n_i \text{ sen } \hat{i} = n_r \text{ sen } 90$$

$$1,7 \text{ sen } \hat{i} = 1 \cdot \text{sen } 90^\circ$$

$$\text{sen } \hat{i} = \frac{1}{1,7}$$

$$\hat{i} = \text{arc sen } \frac{1}{1,7} = 36,03^\circ$$



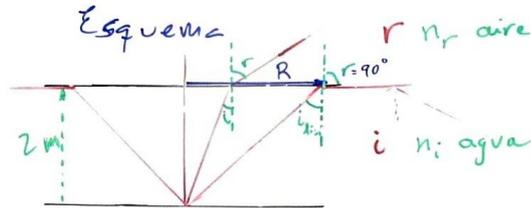
63) En el fondo de una piscina de dos metros de profundidad hay un foco que emite luz hacia la superficie en todas direcciones. Calcula el radio del círculo en el que la luz podrá atravesar la superficie del agua.

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

(Resultado:  $R = 2,28 \text{ m}$ )

Hipótesis y modelo.

- Suponemos un medio homogéneo transparente
- Hacemos  $n_{\text{aire}} = 1$
- Aplicamos la ley de Snell para la refracción



Funciones y parámetros

$$\frac{\text{sen } \hat{i}}{\text{sen } \hat{r}} = \frac{n_r}{n_i}$$

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

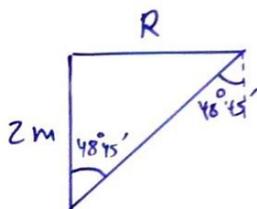
$$n_i = n_{\text{agua}} = 1,33$$

Cuestiones

Aplicando la ley de Snell para  $\hat{r} = 90^\circ$

$$\frac{\text{sen } \hat{i}_{\text{lim}}}{\text{sen } 90^\circ} = \frac{1}{1,33}$$

$$\hat{i}_{\text{lim}} = \text{arc sen } \frac{1}{1,33} = \text{arc sen } 0,752 = 48,75^\circ = 48^\circ 45'$$



$$\text{tg } 48^\circ 45' = \frac{R}{2}$$

$$R = 2 \text{ tg } 48^\circ 45' = 2,28 \text{ m}$$

64) Un rayo de luz monocromática emerge al aire, desde el interior de un bloque de vidrio, en una dirección que forma un ángulo de  $30^\circ$  con la normal a la superficie.

- a) Dibuje en un esquema los rayos incidente y refractado y calcule el ángulo de incidencia y la velocidad de propagación de la luz en el vidrio.  
 b) ¿Existen ángulos de incidencia para los que no sale luz del vidrio? Explique este fenómeno y calcule el ángulo límite.

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

PAU Andalucía 2011

(Resultado: a)  $\hat{i} = 19^\circ 28'$ ;  $v_{\text{vidrio}} = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ;  $\hat{i}_{\text{lim}} = 41^\circ 48'$ )

Hipótesis y modelo.

- Suponemos un medio homogéneo transparente
- Hacemos  $n_{\text{aire}} = 1$
- Aplicamos la ley de Snell para la refracción

Funciones y parámetros

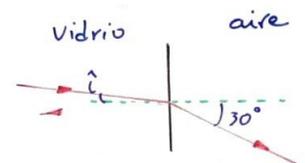
$$\frac{\text{sen } \hat{r}}{\text{sen } \hat{i}} = \frac{n_r}{n_i} = \frac{v_i}{v_r}$$

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

$$n_i = n_{\text{vidrio}} = 1,5$$

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

a) El esquema de rayos sería:



Cálculo del ángulo de incidencia. Aplicamos la ley de Snell

$$\frac{\text{sen } \hat{r}}{\text{sen } 30^\circ} = \frac{1}{1,5} ; \text{sen } \hat{r} = \frac{1}{1,5} \cdot 0,5 = 0,333$$

$$\hat{r} = \text{arc sen } 0,333 = 19,47^\circ = 19^\circ 28'$$

Cálculo de la velocidad de la luz en el vidrio

$$\frac{n_r}{n_i} = \frac{v_i}{v_r} \quad \frac{1}{1,5} = \frac{v_{\text{vidrio}}}{3 \cdot 10^8} \quad v_{\text{vidrio}} = \frac{1}{1,5} \cdot 3 \cdot 10^8 = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

b) La luz no sale del vidrio si  $\hat{r} \geq \hat{r}_{\text{límite}}$ . Calculamos el ángulo límite:

$$\frac{\text{sen } \hat{r}_{\text{límite}}}{\text{sen } 90^\circ} = \frac{1}{1,5} ; \hat{r}_{\text{límite}} = \text{arc sen } \frac{1}{1,5} = 41,81^\circ = 41^\circ 48'$$