

Fórmulas y constantes a utilizar:

$$c = 300000 \frac{Km}{seg} = 3 * 10^8 m/seg$$

$$n1 * \text{sen}(\theta1) = n2 * \text{sen}(\theta2) \text{ (Ley de Snell)}$$

$$n(\text{índice de refracción}) = \frac{c(\text{celeridad de una onda EM en el vacío})}{v(\text{Velocidad de propagación en el medio})}$$

$$\lambda(\text{longitud de onda}) = \frac{v(\text{Velocidad de propagación en el medio})}{f(\text{frecuencia de la onda})}$$

$$AN = \sqrt{\text{abs}(n1^2 - n2^2)}$$

$$\theta c = \text{ArcSen}\left(\frac{n2}{n1}\right)$$

- 1) Un rayo de luz que se propaga en el aire entra en el agua con un ángulo de incidencia de 45°. Si el índice de refracción del agua es de 1,33, ¿cuál es el ángulo de refracción? Rta: $\theta_2 = 32.12^\circ$

Solución:

$$n1 * \text{sen}(\theta1) = n2 * \text{sen}(\theta2) \text{ (Ley de Snell)}$$

$$1 * \text{sen}(45) = 1.33 * \text{sen}(\theta2)$$

$$\theta2 = 32.12^\circ$$

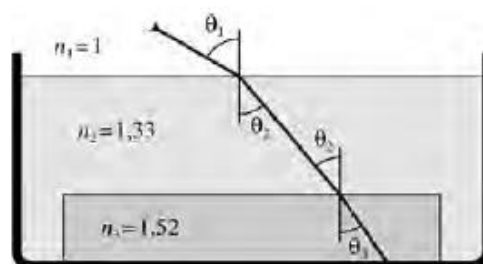
- 2) Una radiación de frecuencia $f = 5 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}$ se propaga en el agua. Calcular la velocidad de propagación y la longitud de onda de dicha radiación. El índice de refracción del agua es $n = 1.33$: Rta.: $v = 2.26 \times 10^8 \text{ m/s}$; $\lambda = 4.52 \times 10^{-7} \text{ m}$

Solución:

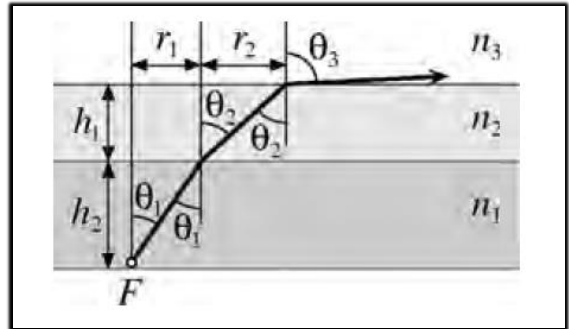
$$v = \frac{c}{n}; \lambda = \frac{v}{f}$$

- 3) Una capa de aceite ($n = 1.45$) flota sobre el agua ($n = 1.33$). Un rayo de luz penetra dentro del aceite con un ángulo incidente de 40°. Encuéntrese el ángulo (Alfa) que el rayo hace, con el límite entre el agua y el aceite. Rta.: 45.5°

- 4) Un vidrio grueso con índice de refracción $n3 = 1.52$ yace en el fondo de un estanque con agua ($n2 = 1.33$). Un rayo de luz en el aire ($n1 = 1$) incide sobre el agua, formando un ángulo $\theta_1 = 60^\circ$ con la vertical. ¿Qué ángulos hay entre el rayo y la normal (A) en el agua y (B) en el vidrio? Rta.: $A = 40.6^\circ$ y $B = 34.7^\circ$



- 5) Una fuente puntual F de luz se encuentra inmersa en un líquido transparente con índice de refracción igual a n_1 . Sobre éste existe otro fluido de menor densidad que tiene un índice de refracción n_2 . Finalmente, en la parte superior, el medio es el aire ($n_3 = 1$). Encuentre el radio $r_1 + r_2$ del círculo en la superficie por el cual consigue escapar la luz. Rta.:



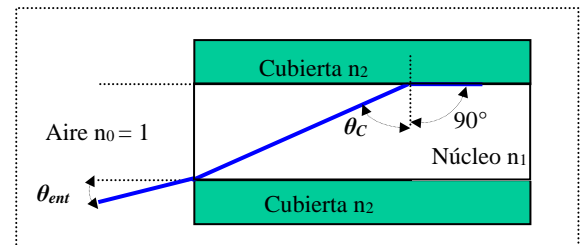
$$r = r_1 + r_2 = h_1 \tan \theta_1 + h_2 \tan \theta_2 = \frac{h_1}{\sqrt{n_1^2 - 1}} + \frac{h_2}{\sqrt{n_2^2 - 1}}$$

- 6) Para una fibra óptica multimodo de índice escalón, con un índice de refracción del núcleo $n_1 = 1,55$ y un índice de refracción de la cubierta $n_2 = 1,5$ calcular la apertura numérica NA, el ángulo crítico y el ángulo máximo de entrada o aceptación.

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = \sqrt{1,55^2 - 1,50^2} = 0,3905$$

$$\theta_c = \sin^{-1}\left(\frac{n_2}{n_1}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{1,50}{1,55}\right) = 75,40^\circ$$

$$\theta_{ent} = \sin^{-1} NA = \sin^{-1} 0,3905 = 22,98^\circ$$



Respuesta: NA = 0,3905, $\theta_c = 75,40^\circ$ y $\theta_{ent} = 22,98^\circ$

- 7) Teniendo en cuenta los datos del problema 6, determinar si un haz de luz que incide en la interfase núcleo-cubierta con un ángulo de 60° respecto de su normal, se refleja o se refracta. Determinar además el ángulo de salida.

Solución:

Como

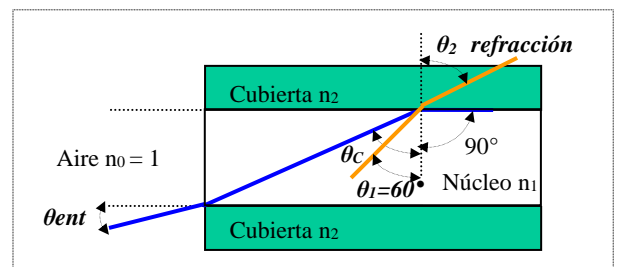
$$60^\circ < 75,40^\circ = \theta_c$$

Entonces el haz se refracta

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$1,55 \sin 60^\circ = 1,50 \sin \theta_2$$

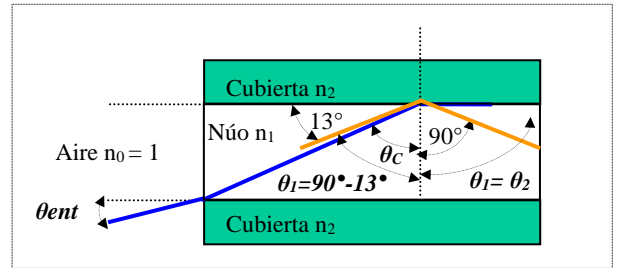
$$\theta_2 = \sin^{-1}(1,55 \sin 60^\circ / 1,50) = 63,49^\circ$$



Respuesta: Se refracta, con ángulo de refracción $\theta_2 = 63,49^\circ$

- 8) Teniendo en cuenta los datos del problema 6, determinar si un haz de luz que incide en la interfase núcleo-cubierta con un ángulo de 13° respecto de la misma, se refleja o se refracta. Determinar además el ángulo de salida.

Respuesta: Se refleja,
con ángulo de refracción $\theta_2 = 77^\circ$



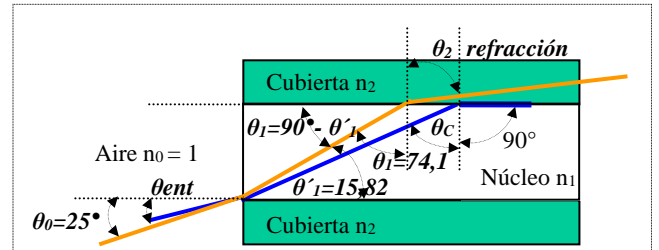
- 9) Teniendo en cuenta los datos del problema 6, determinar si un haz de luz que incide en la interfase aire-núcleo con un ángulo de 25° respecto de su normal, se propaga dentro de la fibra por "Reflexión interna total". Analizar la trayectoria del mismo.

Como $\theta_0 = 25^\circ > 22,98^\circ = \theta_{ent} \Rightarrow$ No se produce Reflexión interna total
 $n_0 \sin \theta_0 = n_1 \sin \theta_1 \Rightarrow 1 \sin 25^\circ = 1,55 \sin \theta_1'$

$\theta_1' = \sin^{-1}(1 \sin 25^\circ / 1,55) = 15,8224^\circ$
 $\theta_1 = (90 - \theta_1') = (90 - 15,8224^\circ) = 74,1776^\circ$
 Como $\theta_1 = 74,1796^\circ < 75,40^\circ = \theta_c \Rightarrow$ el

haz se refracta.

$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \Rightarrow 1,55 \sin 74,1796^\circ = 1,50 \sin \theta_2$
 $\theta_2 = \sin^{-1}(1,55 \sin 74,1796^\circ / 1,50)$
 $\theta_2 = 83,8216^\circ$



Respuesta: El haz no se propaga por la FO, se escapa con ángulo de refracción $\theta_2 = 83,8216^\circ$

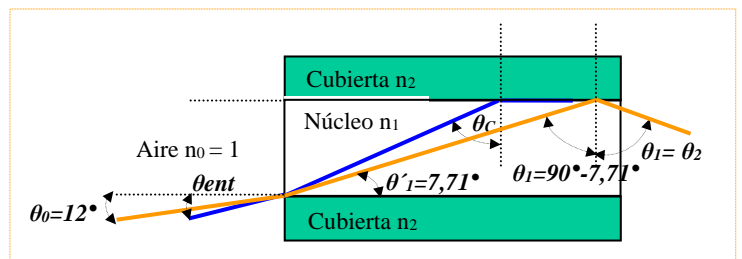
- 10) Teniendo en cuenta los datos del problema 6, determinar si un haz de luz que incide en la interfase aire-núcleo con un ángulo de 12° respecto de su normal, se propaga dentro de la fibra por "Reflexión interna total". Analizar la trayectoria del mismo.

Como $\theta_0 = 12^\circ < 22,98^\circ = \theta_{ent}$
 Se produce Reflexión interna total
 $n_0 \sin \theta_0 = n_1 \sin \theta_1'$

$1 \sin 12^\circ = 1,55 \sin \theta_1'$
 $\theta_1' = \sin^{-1}(1 \sin 12^\circ / 1,55)$
 $\theta_1' = 7,7086^\circ$
 $\theta_1 = (90 - \theta_1') = (90 - 7,7086^\circ)$
 $\theta_1 = 82,291^\circ$

Como $\theta_1 = 82,291^\circ > 75,40^\circ = \theta_c \Rightarrow$ haz se refleja

Por ley de reflexión $\theta_1 = \theta_2 = 82,291^\circ$



Respuesta: El haz se propaga por la FO por Reflexión interna total con ángulo $\theta_2 = 82,291^\circ$

- 11) En la figura podemos observar la representación gráfica de una fibra óptica multimodo de índice escalón donde un haz de luz que incide en la interfase aire-núcleo con un ángulo α termina finalmente escapándose del núcleo de la FO con un ángulo λ . Calcular n_1 y n_2 .

*Datos:

$$\alpha = 15^\circ$$

$$\beta = 10^\circ$$

$$\lambda = 82^\circ$$

Solución:

$$n_0 \sen \alpha = n_1 \sen \beta \Rightarrow 1 \sen 15^\circ = n_1 \sen 10^\circ$$

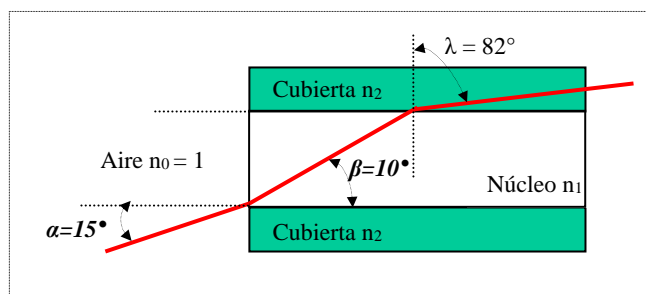
$$n_1 = (1 \sen 15^\circ / \sen 10^\circ) = 1,49048$$

$$n_1 \sen (90^\circ - \beta) = n_2 \sen \lambda \Rightarrow$$

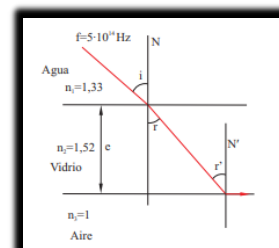
$$\Rightarrow 1,49048 \sen 80^\circ = n_2 \sen 82^\circ$$

$$n_2 = (1,49048 \sen 80^\circ / \sen 82^\circ) = 1,4822^\circ$$

Respuesta: $n_1 = 1,49048$ y $n_2 = 1,4822$



- 12) Una lámina de vidrio (índice de refracción $n = 1,52$) de caras planas y paralelas y espesor c se encuentra entre el aire y el agua. Un rayo de luz monocromática de frecuencia $5 \cdot 10^{14}$ Hz incide desde el agua en la lámina. Determine: a) Las longitudes de onda, del rayo en el agua y en el vidrio. b) El ángulo de incidencia en la primera cara de la lámina a partir del cual se produce reflexión total interna en la segunda cara. Datos: Índice de refracción de agua $n = 1,33$; Velocidad de la luz en el vacío $c = 3 \cdot 10^8$ m/s. Rta.: $r' = 41,14^\circ$ y $i = 48,75^\circ$



- 13) Un rayo de luz, de longitud de onda en el vacío $\lambda_0 = 650$ nm, incide desde el aire sobre un extremo de la fibra óptica, formando un ángulo θ con el eje de la fibra, siendo el índice de refracción, $n_1 = 1,48$, dentro de la fibra. Se pide: a) ¿Cuál es la longitud de onda, de la luz, dentro de la fibra? b) La fibra está revestida, de un material de índice de refracción $n_2 = 1,44$ ¿Cuál es el valor máximo del ángulo θ , para que produzca Reflexión Total Interna en P? Rta.: a) $\lambda = 439$ nm b) $\theta = 19,98^\circ$

Solución:

Se debe tener en cuenta que la frecuencia no cambia cuando cambia de medio, por lo tanto

$$a) v_0 = f \times \lambda_0$$

$$f = \frac{c}{\lambda_0}$$

$$v = f\lambda$$

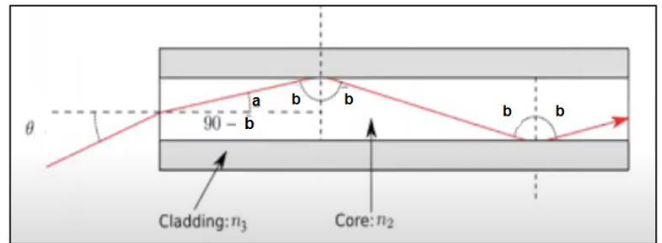
$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{v \lambda_0}{c}$$

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

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n} = \frac{650nm}{1.48}$$

$$\lambda = 439nm$$

- 14) Se dispone de una FO, cuyo comienzo limita con el aire ($n_1=1$), cuyo núcleo tiene un índice de refracción de 1.46 ($n_{\text{núcleo}}=n_2=1.46$). El $\theta = 22^\circ$ y la longitud de la misma es de 300 m. Calcular:



- El ángulo (b), en el interior de la fibra, es decir, en la interfaz núcleo-cubierta
- El tiempo que tarda en desplazarse, entre el origen y el final de la FO, considerando que el haz de luz, rebota en la interfaz, formando el b, en todo su recorrido