

Fórmulas y constantes a utilizar:

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

$$n_1 * \operatorname{sen}(\theta_1) = n_2 * \operatorname{sen}(\theta_2) \text{ (Ley de Snell)}$$

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

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

$$AN = \sqrt{\operatorname{abs}(n_1^2 - n_2^2)}$$

$$\theta_c = \operatorname{ArcSen}\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$

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

Solución:

$$n_1 * \operatorname{sen}(\theta_1) = n_2 * \operatorname{sen}(\theta_2) \text{ (Ley de Snell)}$$

$$1 * \operatorname{sen}(45) = 1.33 * \operatorname{sen}(\theta_2)$$

$$\theta_2 = 32.12^\circ$$

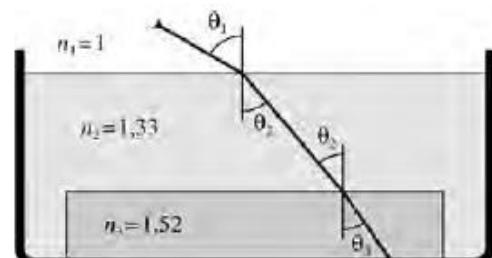
- 2) Una radiación de frecuencia  $f=5 \times 10^{14} s^{-1}$  se propaga en el agua. Calcular la velocidad de propagación y la longitud de onda de dicha radiación. El índice de refracción del agua es  $n=1.33$ : Rta.:  $v = 2.26 \times 10^8 m/s$ ;  $\lambda = 4.52 \times 10^{-7} m$

Solución:

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

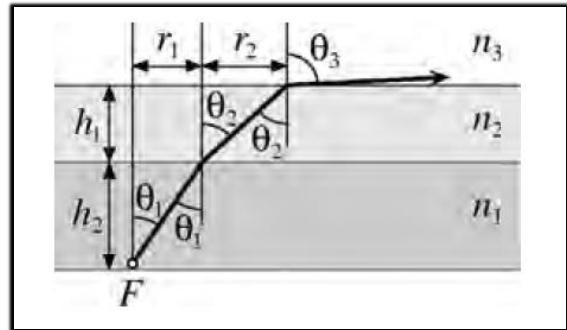
- 3) Una capa de aceite ( $n=1.45$ ) flota sobre el agua ( $n=1.33$ ). Un rayo de luz penetra dentro del aceite con un ángulo incidente de 40º. Encuéntrese el ángulo ( $\alpha$ ) que el rayo hace, con el límite entre el agua y el aceite. Rta.: 45.5 °

- 4) Un vidrio grueso con índice de refracción  $n_3 = 1.52$  yace en el fondo de un estanque con agua ( $n_2 = 1.33$ ). Un rayo de luz en el aire ( $n_1 = 1$ ) 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° y B=34.7°



- 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.:

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

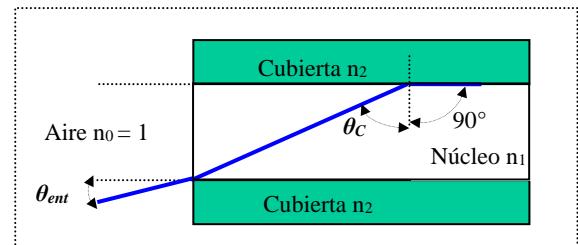


- 6) Para una fibra óptica multimodo de índice escalón, con un índice de refracción del núcleo  $n_1 = 1,55$  y un índice de refracción de la cubierta  $n_2 = 1,5$  calcular la apertura numérica NA, el ángulo crítico y el ángulo máximo de entrada o aceptación.

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

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

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



**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  $60^\circ$  respecto de su normal, se refleja o se refracta. Determinar además el ángulo de salida.

Solución:

Como

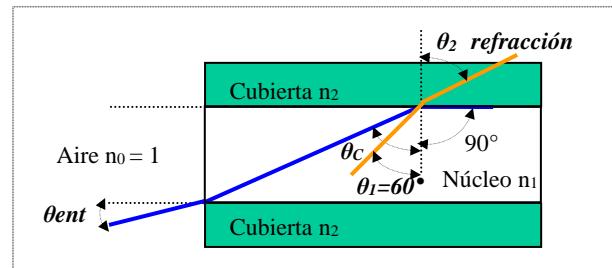
$$60^\circ < 75,40^\circ = \theta_c$$

Entonces el haz se refracta

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

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

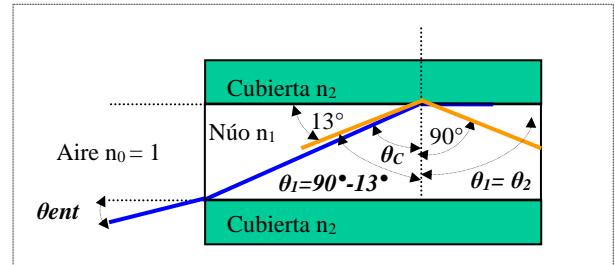
$$\theta_2 = \sin^{-1}(1,55 \sin 60^\circ / 1,50) = 63,49^\circ$$



**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  $13^\circ$  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  $25^\circ$  respecto de su normal, se propaga dentro de la fibra por "Reflexión interna total". Analizar la trayectoria del mismo.

Como  $\theta_0 = 25^\circ > 22,98^\circ = \theta_{ent}$  => No se produce Reflexión interna total

$$n_0 \sin \theta_0 = n_1 \sin \theta_1 \Rightarrow 1 \sin 25^\circ = 1,55 \sin \theta_1'$$

$$\theta_1' = \sin^{-1}(1 \sin 25^\circ / 1,55) = 15,8224^\circ$$

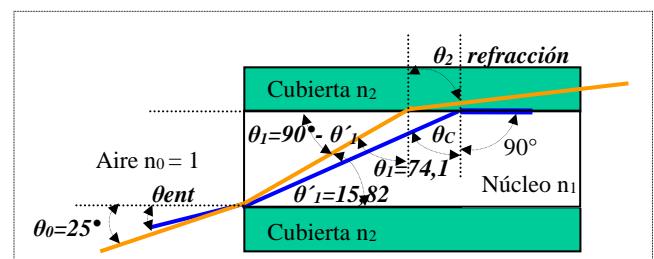
$$\theta_1 = (90 - \theta_1') = (90 - 15,8224^\circ) = 74,1776^\circ$$

Como  $\theta_1 = 74,1796^\circ < 75,40^\circ = \theta_c$  => 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  $12^\circ$  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

$$n_0 \sin \theta_0 = n_1 \sin \theta_1'$$

$$1 \sin 12^\circ = 1,55 \sin \theta_1'$$

$$\theta_1' = \sin^{-1}(1 \sin 12^\circ / 1,55)$$

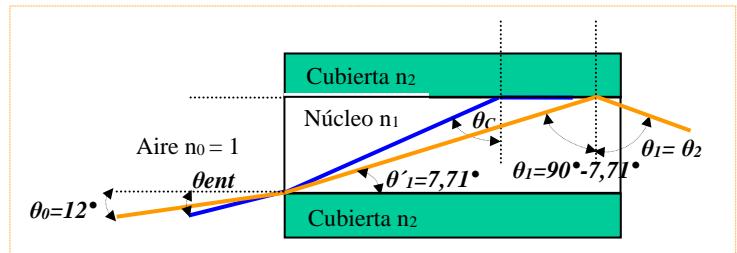
$$\theta_1' = 7,7086^\circ$$

$$\theta_1 = (90 - \theta_1') = (90 - 7,7086^\circ)$$

$$\theta_1 = 82,291^\circ$$

Como  $\theta_1 = 82,291^\circ > 75,40^\circ = \theta_c$  => 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  $\alpha$  termina finalmente escapándose del núcleo de la FO con un ángulo  $\lambda$ . Calcular  $n_1$  y  $n_2$ .

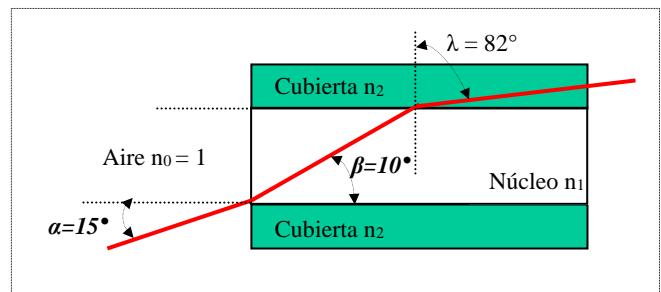
\*Datos:

$$\alpha = 15^\circ$$

$$\beta = 10^\circ$$

$$\lambda = 82^\circ$$

Solución:



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

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

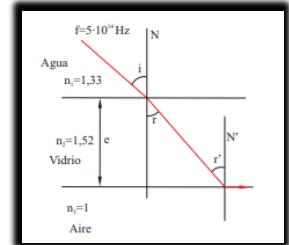
$$n_1 \operatorname{sen} (90^\circ - \beta) = n_2 \operatorname{sen} \lambda \Rightarrow$$

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

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

**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 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  $\theta$  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 esta revestida, de un material de índice de refracción  $n_2=1.44$  ¿Cuál es el valor máximo del ángulo  $\theta$ , 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:

- a) El ángulo (b), en el interior de la fibra, es decir, en la interfaz núcleo-cubierta
- b) 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

