

Fórmulas y constantes a utilizar:

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

$$n_1 * \operatorname{sen}(\theta_1) = n_2 * \operatorname{sen}(\theta_2)$$

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

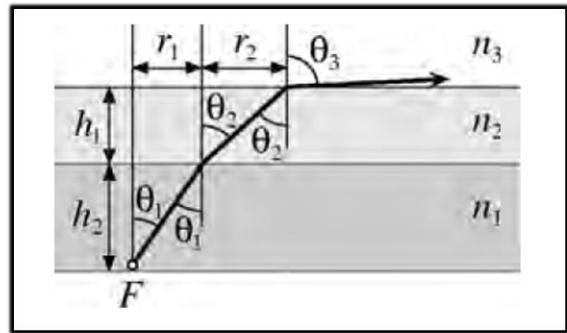
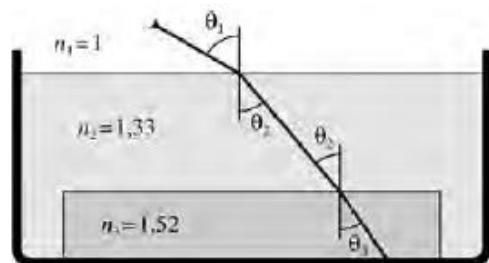
$$\lambda(\text{longitud de onda}) = \frac{v(\text{Velocidad de propagación en el medio})}{f(\text{frecuencia de la onda})}$$

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

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

- 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: $\theta_2=32.12^\circ$
- 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.: $v = 2.26 \times 10^8 \text{ m/s}$; $\lambda = 4.52 \times 10^{-7} \text{ m}$
- 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 (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 $n_3 = 1.52$ 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=40.6º y B=34.7º
- 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.:

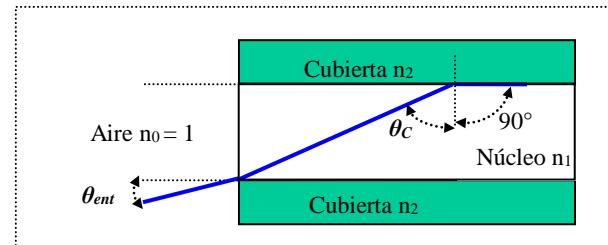
$$r = r_1 + r_2 = h_1 \tan \theta_1 + h_2 \tan \theta_2 = \frac{h_1}{\sqrt{n_1^2 - 1}} + \frac{h_2}{\sqrt{n_2^2 - 1}}$$



- 6) Para una fibra óptica multimodo de índice escalón, con un $\theta_c = 75,40^\circ$ y un índice de refracción de la cubierta $n_2 = 1,5$ calcular la apertura numérica NA, n_1 y el ángulo máximo de entrada o aceptación.

Respuesta:

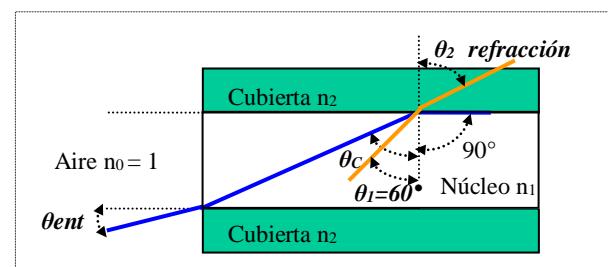
$$NA = 0,3905, n_1 = 1,55 \text{ y } \theta_{ent} = 22,98^\circ$$



- 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.

Respuesta: Se refracta,

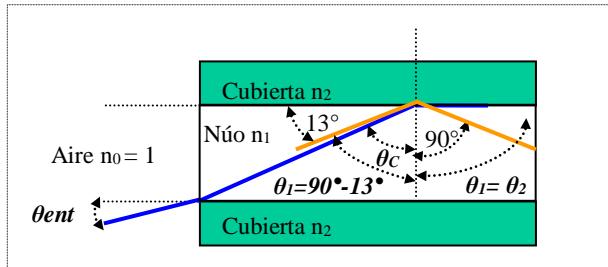
$$\text{Con ángulo de refracción } \theta_2 = 63,49^\circ$$



- 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,

$$\text{con ángulo de refracción } \theta_2 = 77^\circ$$

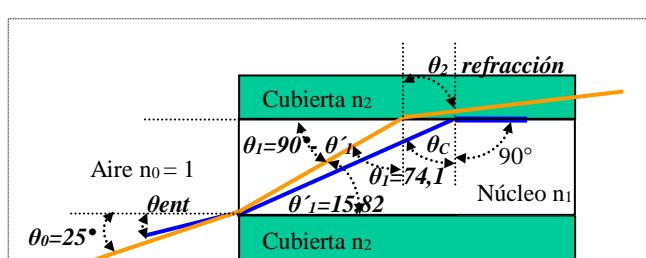


- 9) Teniendo en cuenta los datos del problema 6, determinar si un haz de luz que incide en la interfase aire-núcleo con un ángulo de 25° respecto de su normal, se propaga dentro de la fibra por "Reflexión interna total". Analizar la trayectoria del mismo.

Respuesta: El haz no se propaga

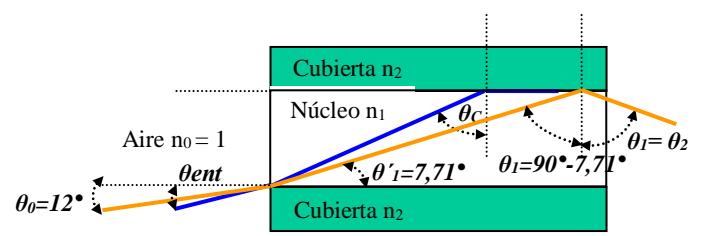
por la FO, se escapa con ángulo

$$\text{de refracción } \theta_2 = 83,8216^\circ$$



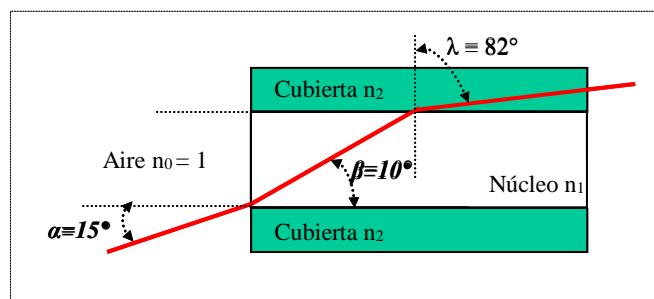
- 10) Teniendo en cuenta los datos del problema 6, determinar si un haz de luz que incide en la interfase aire-núcleo con un ángulo de 12° respecto de su normal, se propaga dentro de la fibra por "Reflexión interna total". Analizar la trayectoria del mismo.

Respuesta: El haz se propaga por la FO por Reflexión interna total con ángulo $\vartheta_2 = 82,291^\circ$



- 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 .

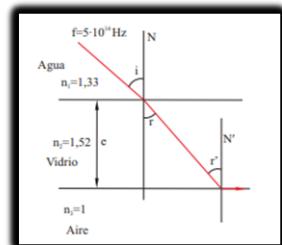
Respuesta: $n_1 = 1,49048$ y $n_2 = 1,4822$



- 12) Un rayo luminoso que se propaga en el aire incide sobre el agua de un estanque con un ángulo de 30° . a) ¿Qué ángulo forman entre si los rayos reflejado y refractado? b) Si el rayo luminoso se propagase desde el agua hacia el aire ¿A partir de qué valor del ángulo de incidencia se presentará el fenómeno de reflexión total?

Datos: índice de refracción del agua = $4/3$. Rta.: a) $\delta = 127, 98^\circ$, b) $L = 48, 59^\circ$

- 13) 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 $i = 48, 75^\circ$



- 14) 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 esta 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) $\theta=19.98^\circ$
- 15) Se necesita calcular un enlace entre 2 switches ATM que son parte de una MAN usando FO multimodo estandarizada EIA 492, con emisor LED que transmiten en la primera ventana (850 nm) con una potencia de 0 dBm y con un receptor de sensibilidad -25 dbm. Los switch ATM permiten configurar el bitrate del enlace a 622 ó 155 Mbps y la distancia entre los mismos es de 3000 m. La FO ha de tener necesariamente 3 empalmes (0,3 dB c/u) y entonces tendrá 4 pares de conectores (0,7 dB c/u). El efecto de ensanchamiento de los pulsos por la dispersión limita la capacidad de esta FO a 500 Mbps.Km. Se requiere:
- a) Determinar si el enlace funcionará.
 - b) Informar el máximo bitrate (Mbps) a la que podrá operar el enlace con una calidad óptima.

a) Respuesta: La FO funcionará, ya que cumple la factibilidad técnica.

b) Respuesta: Máximo bitrate = 155 Mbps.