Física 2 Biólogos y Geólogos - 2^{do} cuatrimestre 2005
Turno: Noche

Serie 1: reflexión, refracción y dispersión de la luz

1. (a) Un haz de luz se propaga en cierto tipo de vidrio. Sabiendo que la velocidad de la luz es $c = 3 \times 10^8$m/s, la longitud de onda del haz en vacío es $\lambda_0 = 500$nm y que el haz de luz se propaga en el medio con una velocidad $v = 2 \times 10^8$m/s, calcule el índice de refracción del vidrio y la frecuencia y longitud de onda de la luz en el vidrio.

   (b) Un rayo de luz que pasa por el punto $A = (0, 2)$ luego de reflejarse en un espejo plano que corresponde al plano $y = 0$, pasa por el punto $B = (10, 4)$. Calcule la posición x en la cual el rayo se refleja en el espejo.

   (c) Un rayo incide en la interfase agua ($n = 1.3$) - vidrio ($n = 1.5$) formando un ángulo de $80°$ con la normal.

      i. Calcule los ángulos que forman con la normal los rayos reflejado y transmitido, cuando el rayo incide desde el agua.

      ii. Analice el caso equivalente cuando la luz incide desde el vidrio.

   (d) Un rayo de luz que pasa por el punto $A = (0, y)$ luego de refractarse en una interfase plana que separa aire de vidrio ($n = 1.5$) y que corresponde a $y = 0$, pasa por el punto $B = (10, -4)$. Sabiendo que el rayo atraviesa la interfase en el punto $(7, 0)$, calcule el valor de y.

2. (a) Demuestre que un rayo que incide sobre una lámina de caras paralelas, inmersa en un medio único, no se desvía (sólo se desplaza) al atravesarla. Calcule el desplazamiento del haz, analice su dependencia con el ángulo de incidencia y con la relación de índices de los medios. Si el medio exterior es único, existe algún ángulo de incidencia tal que se produzca reflexión total en la cara inferior?. Si el medio exterior es único y tiene mayor índice de refracción que el de la lámina de caras paralelas, puede haber reflexión total en alguna superficie?

   (b) Si los medios externos a la lámina de caras paralelas son diferentes entre sí, el rayo emergente es paralelo al incidente?, puede haber reflexión total en la cara inferior?, y en la superior?

3. Considere 3 medios diferentes de índices de refracción n_1, n_2 ($n_2 = 1.5$) y n_3 ($n_3 = 1.2$). Las interfases entre ellos son planas y paralelas entre sí. Un rayo que incide sobre la interfase $n_1 - n_2$, con un ángulo de $45°$, sale rasante luego de refractarse en la interfase $n_2 - n_3$.

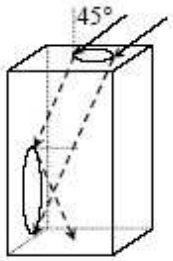
   (a) Calcule n_1.

   (b) Analice qué sucedería si $n_1 = n_3$. Los resultados dados son "absolutamente" independientes de n_2?

4. (a) Un sistema está formado por 10 láminas plano paralelas de espesor d e índices $n_1 < n_2 < ... < n_{10}$. La primera está en contacto con el aire y la última con un medio semi-infinito de índices $n_{11} > n_{10}$. Un haz de luz paralelo incide sobre el sistema desde el aire formando un ángulo θ_i con la normal a la superficie. Calcule las direcciones de los haces reflejados y transmitidos, como función de los índices y del ángulo de incidencia.

   (b) Analice el caso equivalente cuando el haz paralelo incide desde el medio con índice n_{11}.

5. Un haz de luz paralelo incide con un ángulo de 45° sobre la cara superior de un paralelepípedo rectangular de vidrio, de gran altura. Calcular el índice de refracción del vidrio para que haya reflexión total en la cara vertical. Es único ese valor del índice?



6. Un gran estanque de 100 cm está lleno de agua ($n_{agua} = 4/3$). En el fondo hay una fuente puntual que emite luz en todas las direcciones. Tanto las paredes como el fondo del estanque son perfectamente absorbentes. Un observador mira la superficie libre de agua. Determine el radio del círculo iluminado de dicha superficie. Haga un esquema y analice por qué si hay luz en todo el semi-espacio comprendido por el aire sólo se observa un círculo iluminado.

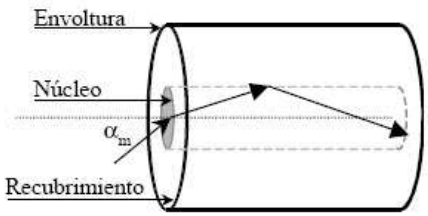
7. (a) Una fibra óptica se puede esquematizar por un coaxil como el que se muestra en la figura. El índice del núcleo (n_1) es mayor que el del recubrimiento (n_2) de modo de retener la luz dentro del núcleo por reflexión total en la interfase núcleo-recubrimiento. Se llama "ángulo del cono de aceptación" al máximo ángulo α_m del haz incidente para el cual existe reflexión total en dicha interfase. Demostrar que:

$$\sin(\alpha) = \frac{n_1}{n_0}\sqrt{1 - (\frac{n_2}{n_1})^2} \tag{1}$$

   con n_0 el índice externo.

   (b) Se define una magnitud llamada "apertura numérica" de la siguiente forma $AN = n_0 \sin(\alpha_m)$. Calcular la apertura numérica y el ángulo del cono de aceptación para una fibra óptica cuyo núcleo tiene un índice de aceptación de 1.66 y su recubrimiento 1.4, cuando se encuentra en aire y en agua.

   (c) Calcule el rango de valores que debería tener el índice de refracción de una fibra óptica, cuyo núcleo tiene un índice de 1.66, para que todo rayo que incide desde el aire quede atrapado en la fibra.



8. Sobre una superficie plana que separa vacío de cuarzo incide un haz de luz que forma un ángulo de 30° con la normal a la superficie. El haz está formado por luz azul ($\lambda_a = 400$nm, en vacío) y verde ($\lambda_v = 500$nm, en vacío). El haz refractado azul forma un ángulo de 19.88° con la normal, mientras que el verde forma un ángulo de 19.99°.

(a) Hallar los índices de refracción del cuarzo para ambas longitudes de onda

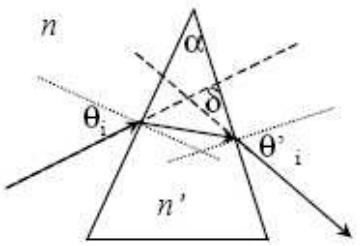
(b) Un detector detecta la frecuencia de luz. Discuta si el color que detecta dentro del cuarzo es el mismo que detecta en el aire.

9. (a) Dado un prisma de índice n' como el de la figura, inmerso en un medio de índice n, calcular el ángulo de desviación mínima (δ) como función de n, n', α (ángulo del prisma) y θ_i (ángulo que forma el rayo incidente con la normal).

(b) En las condiciones de desviación mínima, cómo son el ángulo de incidencia y el de emergencia?, Cuánto vale la desviación si la incidencia es normal a la cara del prisma?

(c) Obtenga la expresión para δ, cuando son válidas las siguientes aproximaciones $\alpha \approx \sin(\alpha)$ y $\theta_i \approx \sin(\theta_i)$ (aproximación de ángulo pequeño).

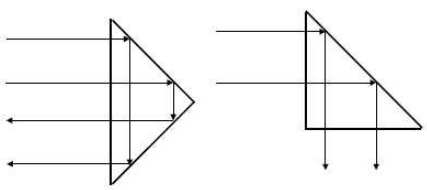
(d) El ángulo de desviación del prisma, depende del color de la luz que lo atraviesa?



10. (a) Considere un prisma rectangular isósceles, inmerso en aire. Calcule el índice de refracción del vidrio para que un haz que incide perpendicularmente a una de sus caras, se refleje totalmente, como en los casos ilustrados en la figura. Depende en este caso la desviación total del prisma del color del haz incidente?

(b) Si ahora el índice de refracción del prisma corresponde al mínimo valor calculado en (a) y el prisma se encuentra inmerso en agua, seguirá siendo un prisma de reflexión total?, cambia la dirección del rayo emergente que se refleja internamente?

(c) Como dispondría dos prismas como el indicado en la figura para que los rayos no se desvíen (es decir continúen en la misma dirección de incidencia) pero que se inviertan (es decir, el que se encuentra arriba pase abajo y viceversa)?



11. (a) Los índices de refracción de cierta clase de vidrio valen: 1.51 para el rojo y 1.53 para el violeta. Halle los ángulos límites de reflexión total para rayos que incidan en la superficie de separación vidrio-aire. Qué ocurre si un rayo de luz blanca incide formando un ángulo de 41° sobre dicha superficie? Analice las características de los haces reflejado y transmitido.

(b) Un haz de luz rojo y violeta incide perpendicularmente sobre la cara de un prisma de 4° hecho del vidrio mencionado en (a). Calcular la desviación del prisma para ambos colores.

12. Por lo visto, cuando un haz de luz blanca atraviesa un prisma, se desvía y se dispersa. Encuentre algún dispositivo, formado sólo por prismas, cuyo efecto neto sea:

    (a) desviación sin dispersión. En qué tipo de instrumentos los utilizaría?

    (b) dispersión sin desviación.

13. Se tiene un prisma de vidrio crown con $\alpha = 60°$. Incide sobre su cara izquierda un haz de luz blanca con el ángulo de desviación mínima para la luz amarilla.

    (a) Hallar el ángulo de desviación mínima para la luz amarilla.

    (b) Suponiendo que sigue valiendo la fórmula de desviación mínima para la luz roja y la luz violeta, calcule los correspondientes ángulos de desviación mínima.

    (c) Calcule el error cometido en el item (b).

    (d) Calcule el poder dispersivo D del vidrio Crown.