Taller 1: “Propagación de la luz”.

Objetivos:

- Manejar los conceptos fundamentales acerca de la naturaleza de la luz.
- Operar cuantitativamente utilizando la óptica geométrica.
- Entender y operar la Ley de Snell.

Conceptos Clave:

- ✓ Propagación rectilínea de la luz.
- ✓ Velocidad de la luz.
- ✓ Rayos y haces luminosos.
- ✓ Reflexión y refracción.
- ✓ Ley de Snell.

Introducción.

Aunque solemos considerar la luz como un fenómeno ondulatorio, no es esa la única visión posible. La idea de que la luz se compone de una corriente de partículas resulta consistente también con la observación de que un haz de luz de una luz de destello o de un láser parece viajar en líneas rectas, salvo cuando encuentra una interfaz entre dos medios ópticos. Llamamos a esta trayectoria de línea recta un **rayo** de luz. El modelo de rayos nos permite explicar en términos simples la formación de imágenes en lentes y espejos.

Sin embargo, la luz exhibe características semejantes a las de las partículas cuando interactúa con la materia, como ocurre, por ejemplo, cuando la luz solar incide sobre una hoja y se produce la fotosíntesis. El conflicto aparente respecto de esta dualidad onda-partícula no puede comprenderse sólo con las teorías de Newton o de Maxwell, sino que lo resolvió la teoría de la mecánica cuántica del siglo XX.

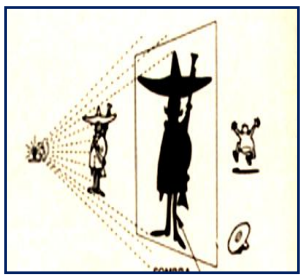
El reconocimiento de que la luz era lo mismo que la radiación electromagnética predicha por las ecuaciones de Maxwell unió los estudios del electromagnetismo y la óptica.

1. ”Propagación Rectilínea de la Luz”

Cuando se transmite la luz en un medio homogéneo (aquel en el cual sus características físicas no varían de un punto a otro), su propagación es rectilínea. Ejemplo: cuando la luz del Sol entra por el resquicio de una ventana en una habitación oscura.

2. “La Sombra”.

Cuando un objeto opaco se coloca entre la fuente y una pantalla interrumpe el paso de una parte de esa luz y produce una sombra.

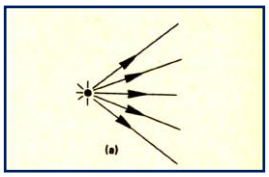


3. “Rayos y haces de rayos luminosos”.

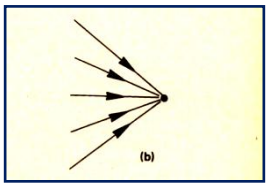
Las direcciones en que se propaga la luz pueden indicarse como rectas, dichas líneas se denominan *rayos de luz*.

Tipos de rayos:

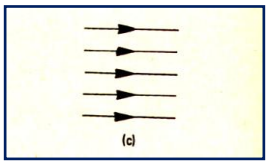
Divergente:



Convergente:



Paralelo



4. "La velocidad de la luz".

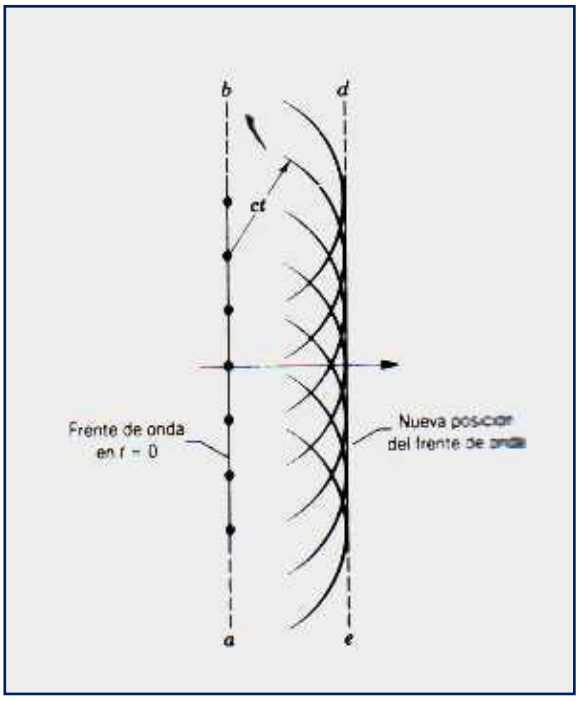
Las ondas electromagnéticas pueden considerarse ondas transversales formadas por campos magnéticos y por campos eléctricos, perpendiculares entre sí y perpendiculares a su vez a la dirección de propagación. Viajan con una velocidad de propagación en el vacío que en base a mediciones actuales, (valor que generalmente se representa por "c"), es: (299792458±1,2) [m/s], la que puede considerarse para efectos de cálculos, como:

$$c = 3{,}00 \cdot 10^8 \text{ [m/s]}$$

Tarea: investigar acerca del método actual que se ha utilizado para determinar el valor de la velocidad de la luz y el valor que se ha determinado.

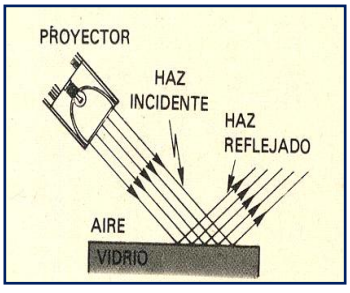
5. "Principio de Huygens".

Todos los puntos de un frente de ondas se pueden considerar como centros emisores de ondas esféricas secundarias. Después de un tiempo "t" la nueva posición del frente de ondas será la superficie tangencial a esas ondas secundarias.



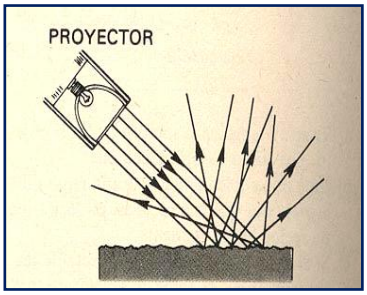
6. "Reflexión de la luz".

Se dice que la porción del haz que sigue, a través del aire en otra dirección experimenta una reflexión. Es decir, parte de la luz se refleja al llegar a la superficie lisa del vidrio.

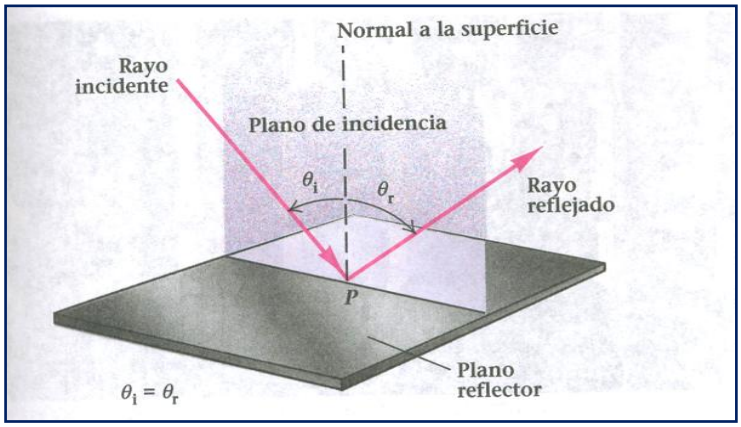


7. “Difusión de la luz”.

Cuando cada pequeña porción saliente refleja la luz en determinada dirección, y por consiguiente, el haz reflejado no queda bien definido y se observa el esparcimiento o dispersión de la luz en todas direcciones, se dice, que se produce una reflexión difusa.



8. “Leyes de la reflexión”.



- El rayo incidente, la normal a la superficie reflejante en el punto de incidencia, y el rayo reflejado, se hallan en un mismo plano.

- La reflexión en una superficie uniforme similar a un espejo recibe el nombre de reflexión especular.

- La luz que se refleja en cada región pequeña de la superficie lo hace a un ángulo igual al ángulo local de incidencia.

- La mayor parte de los objetos que vemos se hacen visibles por la reflexión difusa de la luz en sus superficies. El papel del apunte refleja difusamente la luz, por lo que usted puede verlo desde cualquier ángulo. Para ver una luz reflejada en un espejo, sin embargo, se requiere que usted se encuentre justo en el lugar adecuado para que la luz que se refleja especularmente pueda llegar a su ojo.

- Algunas veces tanto la reflexión difusa, como la especular se presentan en forma simultánea en la misma superficie. Por ejemplo, cuando la luz solar incide sobre un automóvil, usted puede verlo desde cualquier dirección alrededor de éste. Lo anterior es reflexión difusa. Si el automóvil se encera perfectamente, es posible observar la imagen de objetos distantes reflejados en su superficie. Ésta es reflexión especular.

- Es posible utilizar el Principio de Fermat, para determinar la igualdad entre los ángulos de los rayos incidente y reflejado. Este principio dice que: “un rayo luminoso que va desde un punto a otro sigue una trayectoria tal que, comparada con otras trayectorias cercanas el tiempo que requiere para recorrerla es un mínimo o es un máximo bien definido”.

9. “Definición”.

La constante “n” se denomina **índice de refracción** del medio y se define como la proporción entre la velocidad de la luz en el vacío “c” y la velocidad de la luz en un nuevo medio “v”:

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

Tabla 1: Índices de refracción (para λ = 589 nm, luz amarilla del Sodio)

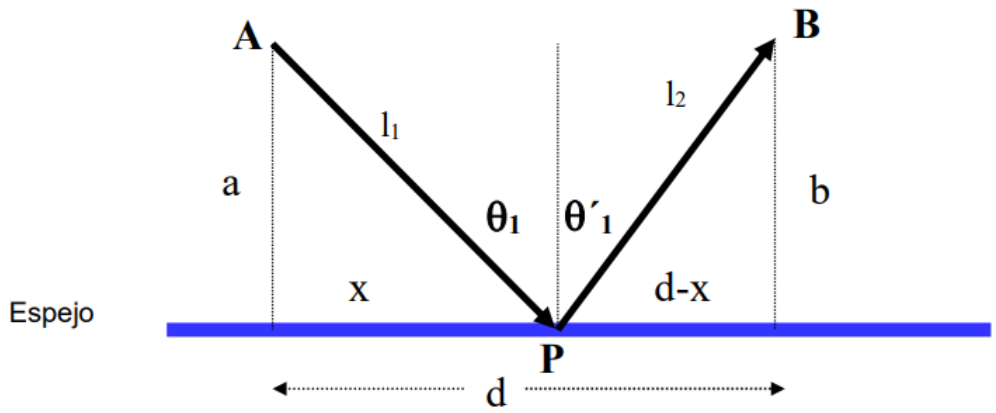
Material	n	Material	n
Vacío	1 (exacto)	Helio	1,000036
Aire (0 °C, 1 bar)	1,0002926	Heptanol (25 °C)	1,423
Butanol (20 °C)	1,399	Hidrógeno	1,000132
Acetaldehído	1,35	Hielo	1,309
Acetona	1,36	Metacrilato	1,491
Agua (20 °C)	1,333	Metanol (20 °C)	1,329
Alcohol etílico (etanol)	1,361	PET	1,58
Ámbar	1,55	Policarbonato	1,585
Arseniuro de galio(III)	3,927	Silicio	4,01
Benceno (20 °C)	1,501	Teflón	1,36
Cloroformo	1,48	Tetracloruro de carbono	1,460
Cloruro sódico (sal común)	1,544	Trementina	1,472
Criolita	1,338	Vidrio Crown	1,52
Cuarzo	1,544	Vidrio Flint denso	1,66
Diamante	2,417	Vidrio Flint ligero	1,58
Dióxido de carbono	1,00045	Vidrio Flint medio	1,62
Disulfuro de carbono	1,630	Vidrio Pirex (borosilicato)	1,470
Fluorita	1,43	Xileno	1,83
Fosfuro de galio(III)	3,5	Zafiro	1,77
Glicerina (glicerol)	1,4729	Zircón	1,923

Se define *distancia óptica* recorrida por un rayo luminoso como:

$$L_{óptico} = n \cdot l$$

donde “n” es el índice de refracción del medio.

Analicemos la siguiente situación:



$$L_{\text{óptico}} = n_1 \cdot l_1 + n_2 \cdot l_2 + n_3 \cdot l_3 + \cdots$$

$$L_{\text{óptico}} = n \cdot l_1 + n \cdot l_2$$

$$l_1 = \sqrt{x^2 + a^2}$$

$$l_2 = \sqrt{(d-x)^2 + b^2}$$

$$L_{óptico} = n\sqrt{x^2 + a^2} + n\sqrt{(d-x)^2 + b^2}$$

$$\frac{dL_{óptico}}{dx} = 0$$

$$\left(\frac{\boldsymbol{dn}}{\boldsymbol{dx}}\right)\sqrt{x^2 + a^2} + n\left(\frac{d\sqrt{x^2 + a^2}}{dx}\right) + \left(\frac{\boldsymbol{dn}}{\boldsymbol{dx}}\right)\sqrt{(d-x)^2 + b^2} + nd\left(\frac{\sqrt{(d-x)^2 + b^2}}{dx}\right) = 0$$

$$\left(\frac{dn}{dx}\right) = 0$$

$$n\left(\frac{d\sqrt{x^2+a^2}}{dx}\right)+nd(\frac{\sqrt{(d-x)^2+b^2}}{dx})=0$$

$$\left(\frac{d\sqrt{x^2+a^2}}{dx}\right)+d(\frac{\sqrt{(d-x)^2+b^2}}{dx})=0$$

$$\left(\frac{1}{2}\right)(x^2+a^2)^{-\frac{1}{2}}(2x)+\left(\frac{1}{2}\right)((d-x)^2+b^2)^{-\frac{1}{2}}\left(2(d-x)^1(-1)\right)=0$$

$$x(x^2+a^2)^{-\frac{1}{2}}+((d-x)^2+b^2)^{-\frac{1}{2}}\left((d-x)^1(-1)\right)=0$$

$$\frac{x}{\sqrt{x^2+a^2}}-\frac{(d-x)}{\sqrt{((d-x)^2+b^2)}}=0$$

$$\frac{x}{\sqrt{x^2+a^2}}=\frac{(d-x)}{\sqrt{((d-x)^2+b^2)}}$$

$$sen\theta_1=sen\theta_1^{'}$$

$$\theta_1=\theta_1^{'}$$

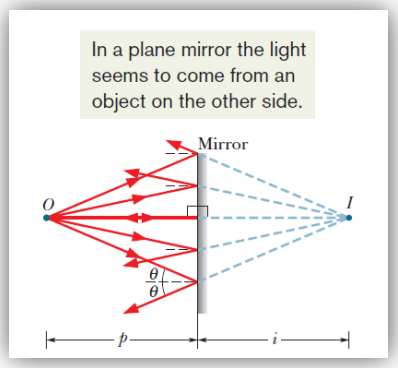
"***Ley de Reflexión***"

10. "Espejos planos".

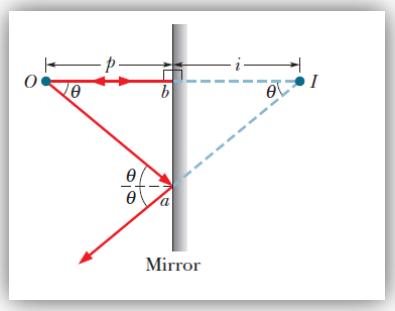
Un espejo es una superficie que puede reflejar un haz de luz en una dirección en lugar de ya sea dispersándolo ampliamente en muchas direcciones o absorbiéndolo.

Un metal brillante, la superficie actúa como un espejo; un muro de hormigón no. En esta sección examinamos las imágenes que puede producir un espejo plano (una superficie reflectante plana).

La figura muestra una fuente puntual de luz "O", la que se denomina objeto, a una distancia perpendicular "p" frente a un espejo plano. La luz que incide en el espejo se representa con rayos que se extienden desde "O". El reflejo de esa luz se representa con rayos reflejados que se propagan desde el espejo.



Si se prolongan los rayos reflejados hacia atrás (detrás del espejo) se encuentra que las prolongaciones se interceptan en un punto que está a una distancia perpendicular "i" detrás del espejo.



Se percibe una fuente puntual de luz ubicado en el punto de intersección de las prolongaciones. Esta fuente puntual es la imagen "I" del objeto "O". Se llama imagen puntual porque es un punto, y es un objeto virtual porque los rayos en realidad no convergen en dicho punto.

Se observa que $Ob = Ib$, y que por lo tanto:

$$i = -p$$

Para el caso de un objeto no puntual, se aprecia:

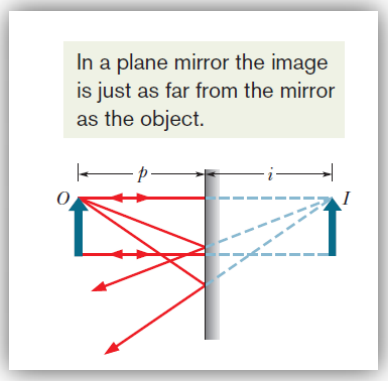


Imagen real: es la que se forma con intercepción de rayos (llevan energía).

Imagen virtual: es la que se forma con la prolongación de los rayos reflejados o transmitidos (no llevan energía).

11. "Ejercicios".

Ejercicio 1:

Suponga que se encuentra frente a un espejo plano, y sostiene una pequeña lámpara encendida, a 50 [cm] de dicho espejo.

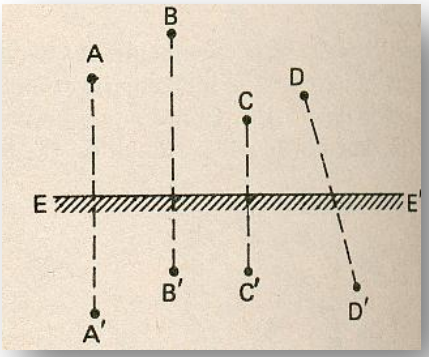
(a) ¿Qué sucede con el haz de luz que emite la lámpara cuando llega al espejo?
(b) ¿El haz reflejado es convergente o divergente?
(c) Al llegar a sus ojos, ¿desde qué punto parece estar viendo el haz que refleja el espejo?
(d) Entonces, ¿Qué ve usted en este punto?
(e) Haga un esquema que ilustre su repuesta.

Ejercicio 2:

(a)Una persona está colocada a una distancia de 2 [m] de un espejo plano. ¿Qué distancia hay entre la persona y su imagen?
(b)Si la persona se aproximara al espejo, ¿el tamaño de su imagen aumentaría, disminuiría, o no tendría cambio?

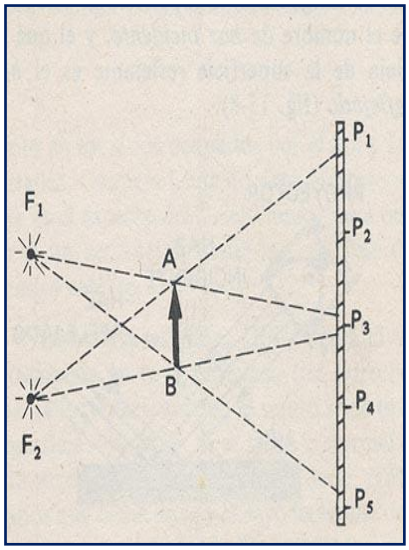
Ejercicio 3:

La figura de este ejercicio muestra un espejo plano EE´ y los pares de puntos AA´, BB´, CC´ y DD´. Indique cuáles pares de puntos son los que pueden estar representando un objeto pequeño y su imagen.



Ejercicio 4.

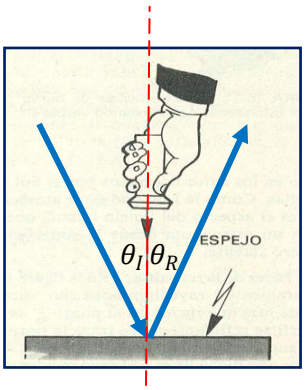
Dos pequeñas fuentes luminosas, F_1 y F_2, se encuentran situadas frente a un objeto opaco AB, como se observa en la figura.
Recordando la propagación rectilínea de la luz y considerando los puntos señalados en la pantalla, responda:



(a)¿Cuáles reciben luz de ambas fuentes?
(b)¿Cuál sólo la recibe de la fuente F_1?
(c)¿Cuál solamente la capta de la fuente F_2?
(d)¿Cuál no recibe luz de ninguna de las dos fuentes?

Ejercicio 5.

Una persona hace que un haz luminoso estrecho incida perpendicularmente a la superficie de un espejo.



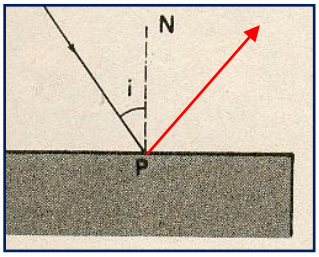
(a)¿Cuál es el valor del ángulo de incidencia?
(b)¿Cuál es la dirección del haz reflejado?

Ejercicio 6.

(a) La mayoría de los objetos que nos rodean (paredes, árboles, personas, etc.) no son fuentes de luz. Sin embargo, podemos observarlos cualquiera que sea nuestra posición frente o alrededor de ellos. ¿Por qué?
(b) Un astronauta en la Luna ve el cielo oscuro, independientemente de que el Sol esté a la vista (o sea, cuando en la Luna es de “día”). En la Tierra, como se sabe durante el día el cielo se ve lúcido o claro en todas direcciones. Explique la causa de esta diferencia.

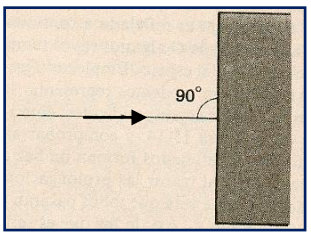
Ejercicio 7.

La figura de este ejercicio muestra un rayo de luz que incide en una superficie reflejante (NP es normal a la superficie).
(a)Trace en la figura la posición aproximada del rayo reflejado.
(b)Señale en su dibujo el ángulo de reflexión.
(c)Si el ángulo de incidencia es 32°, ¿cuál es el valor del ángulo de reflexión?



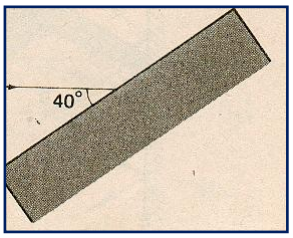
Ejercicio 8.

Considere un rayo luminoso que incide sobre una superficie reflejante en la forma indicada en la figura de este ejercicio.
(a)Trace en dicha figura la normal a la superficie en el punto de incidencia.
(b)¿Cuál es el valor del ángulo de incidencia?
(c)¿Cuál será el valor del ángulo de reflexión?
(d)Trace en la figura la dirección del rayo reflejado.



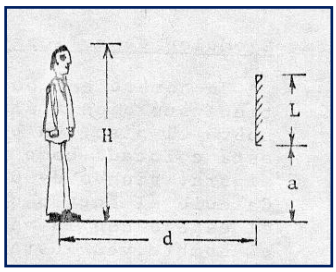
Ejercicio 9.

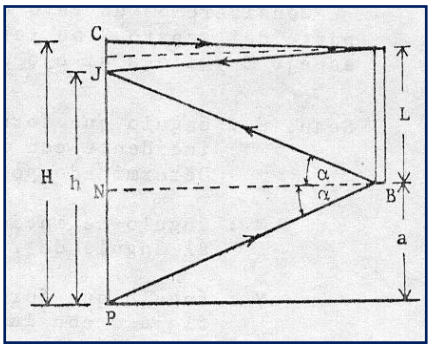
Responda las mismas preguntas del problema anterior considerando ahora la figura de este ejercicio.

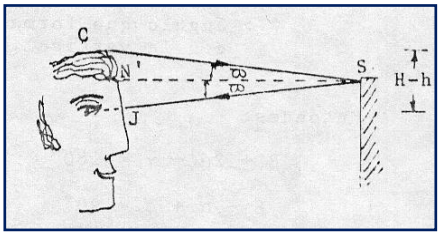


Ejercicio 10.

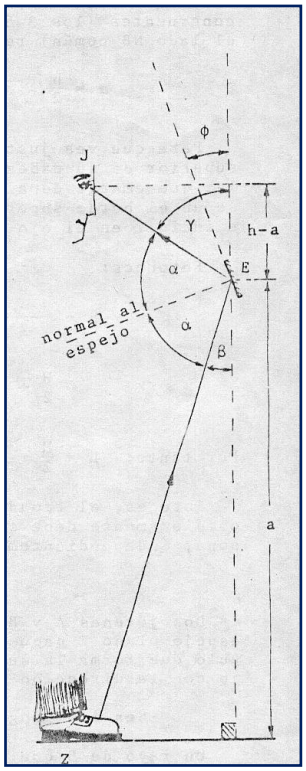
Una persona de 1,60 [m] de estatura está parada frente a un espejo plano vertical, los ojos están a 1,50 [m] de altura sobre el piso. ¿Cuál es el tamaño mínimo que debe tener el espejo para que la persona se vea completamente?



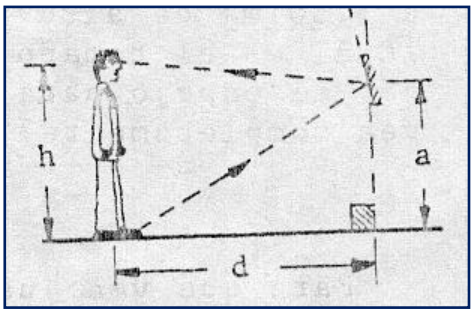




Ejercicio 11.

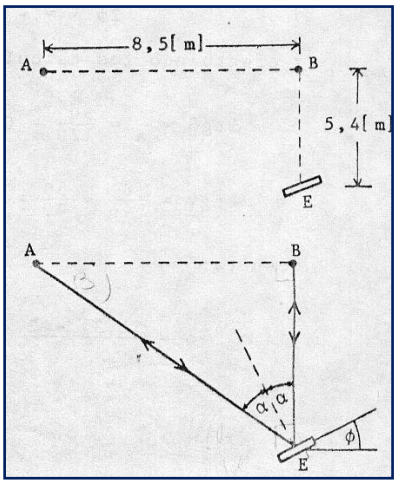


Un hombre en posición vertical tiene sus ojos a una altura h=1,60 [m] sobre el piso. Un pequeño espejo está colocado como se indica en la figura, siendo d=50 [cm] y a=1,20 [m]. Calcule el ángulo que debe formar el espejo con la vertical para que el hombre vea justamente sus zapatos.



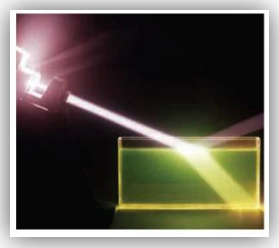
Ejercicio 12.

Dos jóvenes A y B se miran por un espejo plano E pequeño. Calcule el ángulo que forma la superficie del espejo con la dirección del trazo AB.

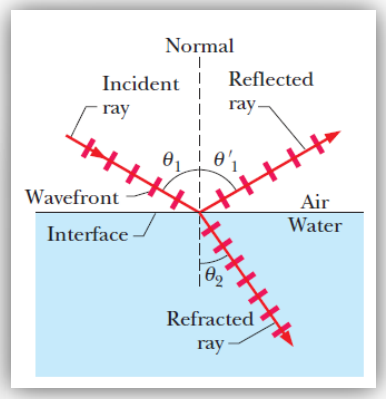


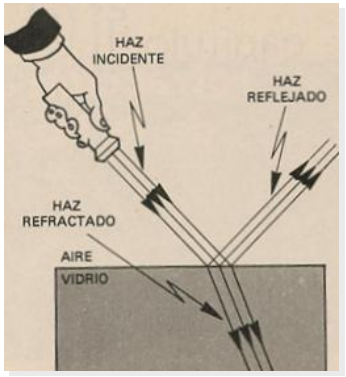
12. “Refracción de la luz”

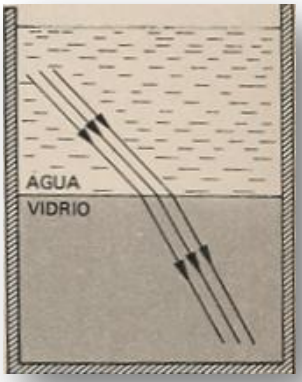
- El fenómeno de la refracción consiste en el cambio de la dirección de propagación de un haz de luz al pasar de un medio a otro.

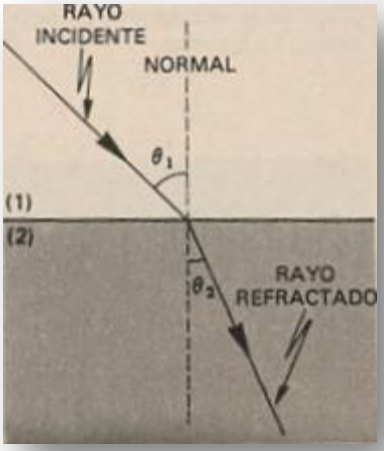


- Esto sólo puede suceder cuando la luz se propaga con velocidades distintas en los dos medios.







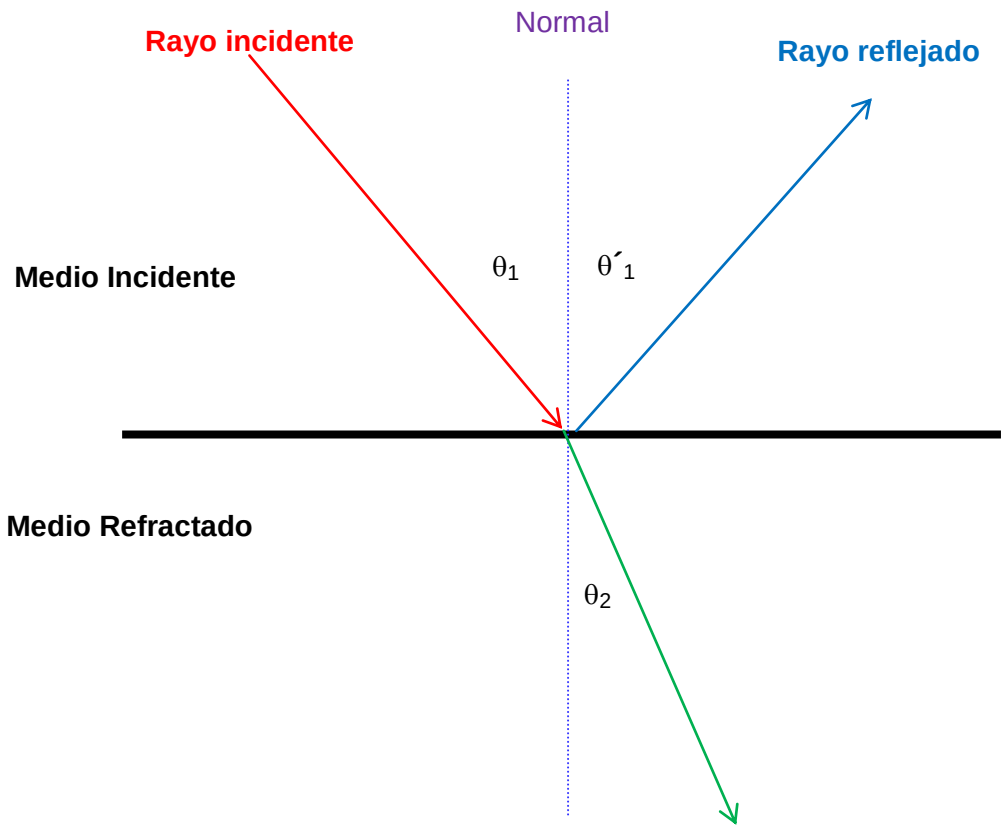


13. “Ley de Snell”.

Si la luz incide sobre un cuerpo transparente, observamos reflexión con trasmisión. (Un cuerpo transparente contrasta con uno opaco, el cual no permite la transmisión de la luz a través de él).

El haz transmitido se desvía o se refracta cuando cruza la superficie entre un medio (como el aire o incluso el vacío) y otro (agua, por ejemplo). En 1621, el matemático holandés Willebrod Snell (1591-1626) descubrió en forma empírica la ley exacta de la refracción.

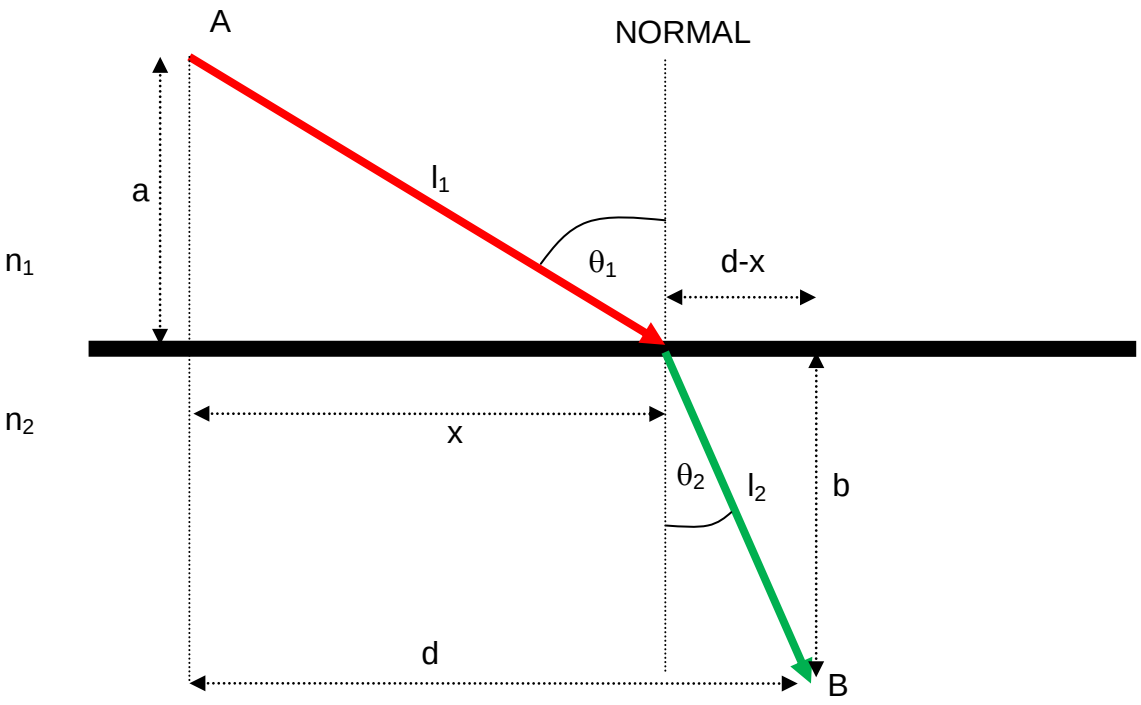
Consideremos el siguiente esquema para realizar nuestro estudio:



En este caso el ángulo del rayo incidente corresponde a θ_1 y el ángulo del rayo reflejado es θ'_1, por lo tanto: $\theta_1 = \theta'_1$

Nota: Los ángulos incidente, reflejado y refractado se miden respecto de la normal.

Analicemos la siguiente situación:



$$L_{óptico} = n_1 l_1 + n_2 l_2$$

$$l_1 = \sqrt{a^2 + x^2}$$

$$l_2 = \sqrt{(d-x)^2 + b^2}$$

$$L_{óptico} = n_1\sqrt{a^2 + x^2} + n_2\sqrt{(d-x)^2 + b^2}$$

$$\frac{dL_{óptico}}{dx} = 0$$

$$\left(\frac{dn_1}{dx}\right)\sqrt{a^2+x^2}+\frac{n_1 d\left[(a^2+x^2)^{\frac{1}{2}}\right]}{dx}+\left(\frac{dn_2}{dx}\right)\sqrt{(d-x)^2+b^2}$$
$$+\frac{n_2 d\left[\left((d-x)^2+b^2\right)^{\frac{1}{2}}\right]}{dx}=0$$

$$n_1\left(\frac{1}{2}\right)(a^2+x^2)^{-\frac{1}{2}}(2x)+n_2\left(\frac{1}{2}\right)((d-x)^2+b^2)^{\frac{-1}{2}}\left(2(d-x)^1(-1)\right)=0$$

$$\frac{n_1 x}{\sqrt{a^2+x^2}}-\frac{n_2(d-x)}{\sqrt{(d-x)^2+b^2}}=0$$

$$n_1\left[\frac{x}{\sqrt{a^2+x^2}}\right]=n_2\left[\frac{(d-x)}{\sqrt{(d-x)^2+b^2}}\right]$$

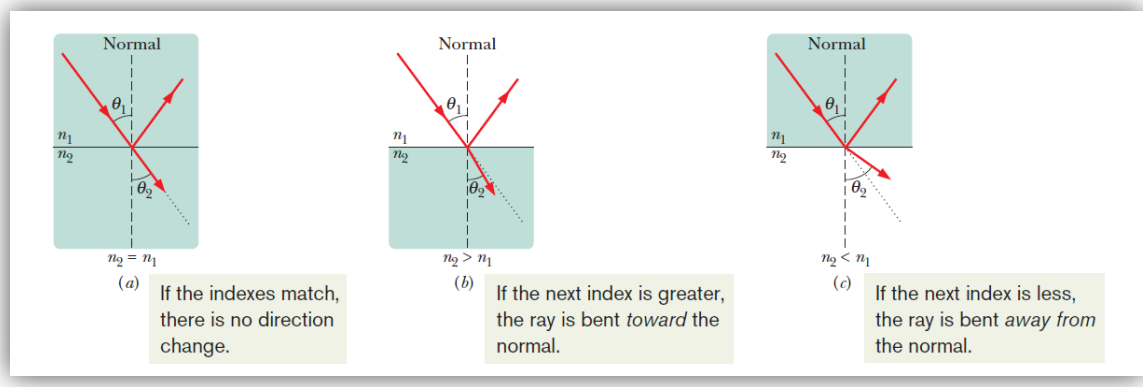
$$n_1 sen\theta_1 = n_2 sen\theta_2$$

"***Ley de Snell (Ley de Refracción)***"

Es posible utilizar la siguiente terminología para establecer una versión cualitativa de la Ley de Snell: "*cuando la luz viaja de un material óptico menos denso a uno más denso, los rayos se desvían hacia la normal. Cuando un rayo luminoso viaja de un material óptico más denso a uno menos denso, los rayos se desvían alejándose de la normal* (la desviación ocurre en la frontera o interfaz entre los materiales)".

Nota: n_1 depende únicamente de las propiedades ópticas del medio (1) y n_2 depende sólo de las propiedades ópticas del medio (2).

Podemos apreciar el fenómeno de refracción, para diferentes situaciones que pueden darse entre n_1 y n_2.



Ejercicio: Para determinar la velocidad de la luz en cierto tipo de vidrio, se hizo que cierto haz de luz que se propagaba en el aire, incidiera sobre el bloque de ese material con un ángulo $\theta_1 = 30^o$. Al medir el ángulo de refracción se obtuvo $\theta_2 = 19^o$.

(a) ¿Cuál es el valor del índice de refracción del vidrio que se usó en este experimento?

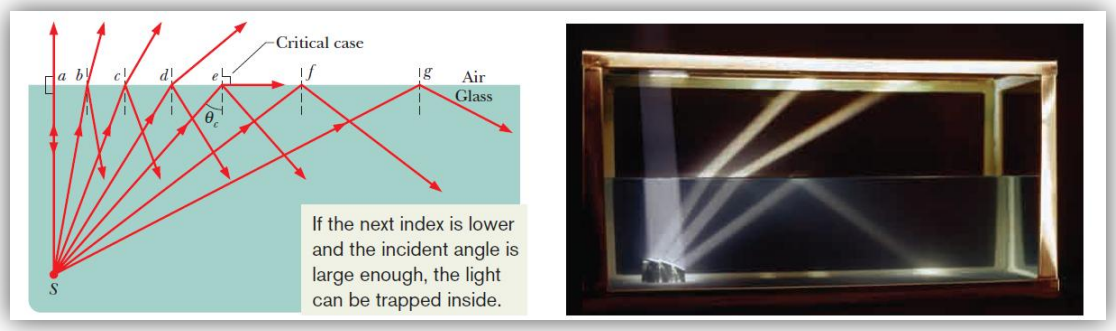
(b) ¿Cuál es el valor de la velocidad de propagación de la luz en este vidrio?

14. “Reflexión Total Interna”.

La figura muestra rayos de luz monocromática de una fuente puntual S incidiendo en la interfase entre el vidrio y el aire. Para el rayo “a”, que es perpendicular a la interfase, parte de la luz se refleja en la interfase y el resto viaja, a través de él sin cambiar de dirección.

Para los rayos “b, c, d e”, que tienen ángulos de incidencia progresivamente mayores en la interfaz, también hay reflexión y refracción en la interfaz. Como aumenta el ángulo de incidencia, aumenta el ángulo de refracción; cuando el ángulo es de 90°, el rayo refractado apunta directamente a lo largo de la interfaz. El ángulo de incidencia que da esta situación se denomina **ángulo crítico** θ_c.

Para ángulos de incidencia mayor que θ_c, como para los rayos “f y g”, no hay rayo refractado y toda la luz se refleja; este efecto se llama **reflexión interna total**.



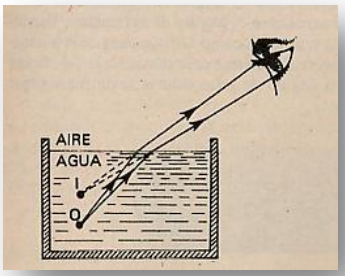
Para encontrar θ_c, usamos la Ley de Snell, donde asociamos el subíndice 1 con el vidrio y el subíndice 2 con el aire, y luego sustituimos θ_c por θ_1 y 90° por θ_2

$$n_1 sen\theta_c = n_2 sen90°$$

$$sen\theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\theta_c = arcsen(\frac{n_2}{n_1})$$

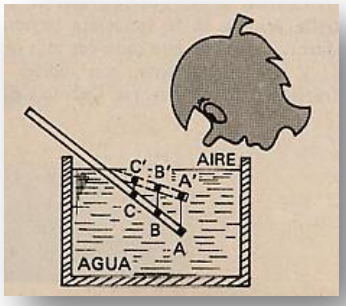
15. “Formación de imagen por refracción”.



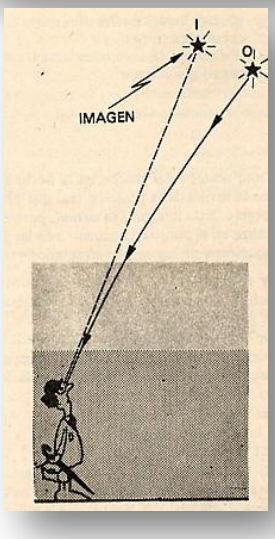
- La figura muestra un objeto pequeño “O”, colocado a cierta profundidad dentro del agua.
- Los rayos luminosos emitidos por el objeto al pasar del agua al aire sufren refracción y se alejan de la normal.
- En la figura se ve que los rayos refractados constituyen un haz divergente, y llegan al ojo del observador como si hubiesen sido emitidos desde el punto “I”.
- Es por esto que el observador no verá efectivamente el objeto.
- Lo que el observador percibe es una imagen del cuerpo en la posición “I”, situada arriba de la posición real que ocupa el objeto.
- Esta imagen es virtual, porque se localiza en el punto de encuentro de las prolongaciones de los rayos refractados.

Comentarios:

- Cuando estamos en la orilla de una piscina de agua tranquila, nos parece menos profunda. Este hecho puede entenderse por lo que acabamos de aprender: lo que percibimos no es el fondo de la piscina, sino su imagen, más alta en relación con el fondo de la piscina, en virtud de la refracción de los rayos luminosos (que salen del fondo de la piscina) al pasar hacia el aire.



- Cuando sumergimos en agua parte de una regla en forma oblicua, tal barra nos parece quebrada. La figura explica la razón de esto: nosotros no vemos su parte sumergida, sino su imagen virtual, situada arriba de la posición real del objeto.

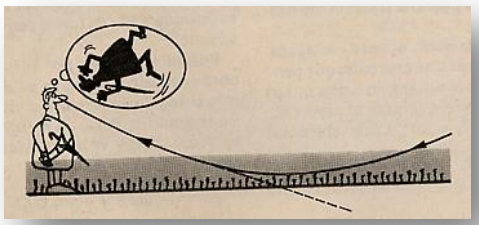


- Cuando la luz que proviene de una estrella penetra en la atmósfera terrestre, encuentra capas de aire cada vez más densas, y por consiguiente, con índices de refracción cada vez mayores. Debido a ello, esta luz sufre refracciones sucesivas, aproximándose a la normal.

- Cuando un observador recibe la luz de la estrella, parece como si esa luz proviniera del punto “I”, situado en la prolongación del rayo refractado que recibe el observador.

- En otras palabras, lo que éste divisa es una imagen virtual de la estrella, producida por la refracción en la atmósfera terrestre.

- Cuando viajamos por una carretera asfaltada en un día de mucho calor, y miramos a lo largo de ella, a veces tenemos la impresión de que se encuentra mojada. Esto se debe a que como el asfalto se halla muy caliente, las capas de aire cercanas a él presentan menor densidad, y debido a esto, un menor índice de refracción que las capas que están situadas un poco más arriba.

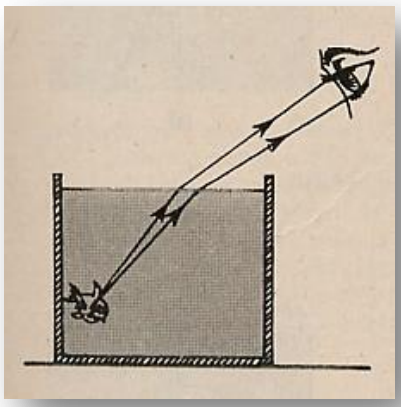


Luego, la luz solar incidente sufre refracciones sucesivas en las capas de aire cuyo índice de refracción es diferente, llegando a las capas más bajas con incidencia superior al ángulo límite, y por lo tanto sufriendo una reflexión total antes de llegar al suelo.

Esta luz reflejada al llegar a nuestros ojos, da lugar a reflejos luminosos que parecen provenir del asfalto, dándonos la impresión de que está mojado.

16. “Ejercicio”.

Un pequeño pez se encuentra dentro de un acuario. La figura de este ejercicio muestra rayos luminosos que parten del pez y se refractan al pasar del agua hacia el aire.

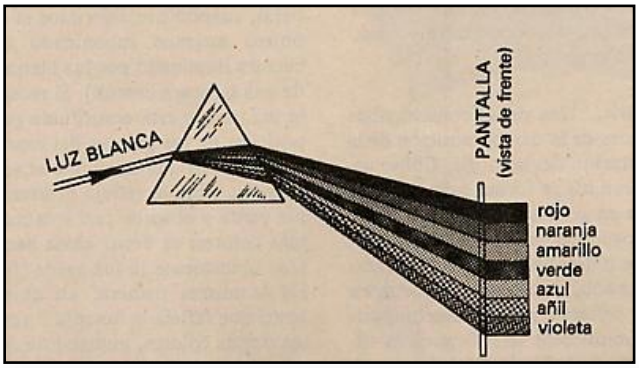


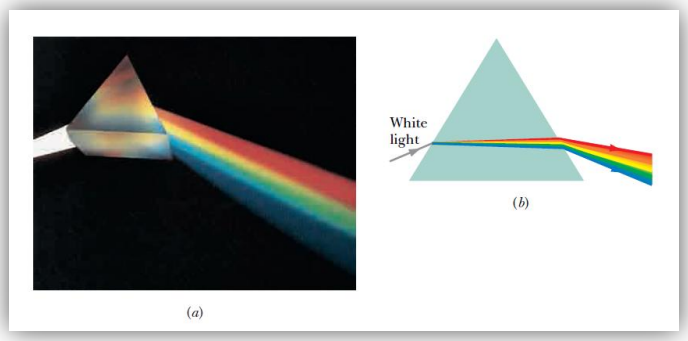
(a) Muestre, en la figura, dónde está situada la imagen del pez que ve el observador.
(b) Esta imagen, ¿es real o virtual? Explique.
(c) Si el observador deseara atrapar al pez con un arpón, ¿deberá dirigir el arpón hacia un punto situado arriba o debajo de la posición donde ve el pez?

17. “Descomposición de la luz”.

17.1. Descomposición de la luz Blanca.

- La luz blanca, al penetrar en el vidrio sufre descomposición, y se separa en luces de diversos colores.



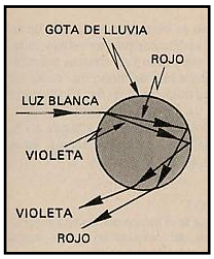


- El índice de refracción varía con el color de la luz para un vidrio tipo “Crown”.

Color	λ [mm]	n
Rojo	640	1,513
Amarillo	589	1,517
Verde	509	1,519
Azul	486	1,528
Violeta	434	1,532

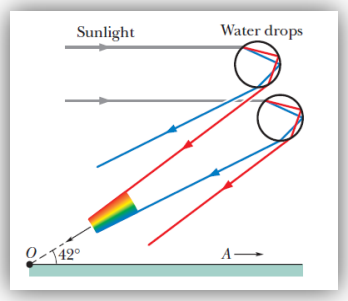
17.2. El arco iris.

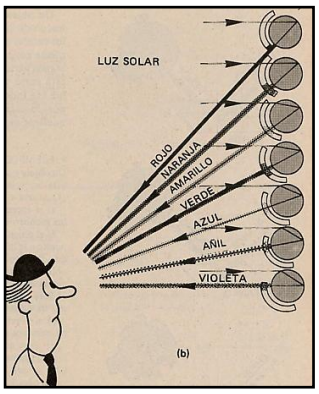
- El arco iris es un ejemplo de dispersión cromática, que se forma en virtud de la refracción y reflexión de la luz solar (que consta de todos los colores visibles) al encontrar gotitas de agua en la atmósfera.

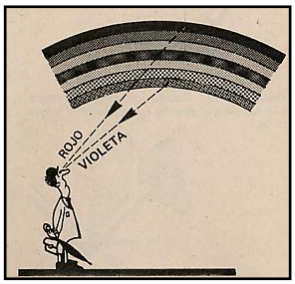


- Parte de la luz se refracta, se refleja una vez desde la superficie interna de la gota y luego se refracta fuera de la gota.

- La figura siguiente muestra la situación cuando el Sol está en el horizonte a la izquierda (y por lo tanto cuando los rayos de Sol son horizontales).



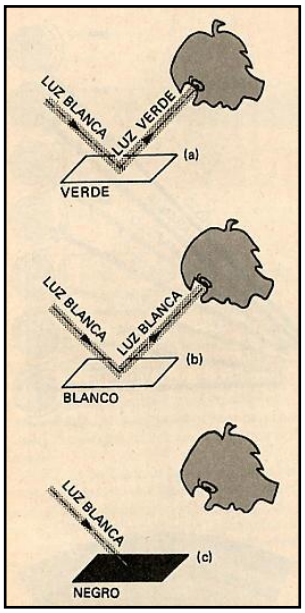




18. El color de un objeto

- Cuando nos referimos al color de un objeto estamos suponiendo que se encuentra iluminado por luz blanca (solar o la de una lámpara).

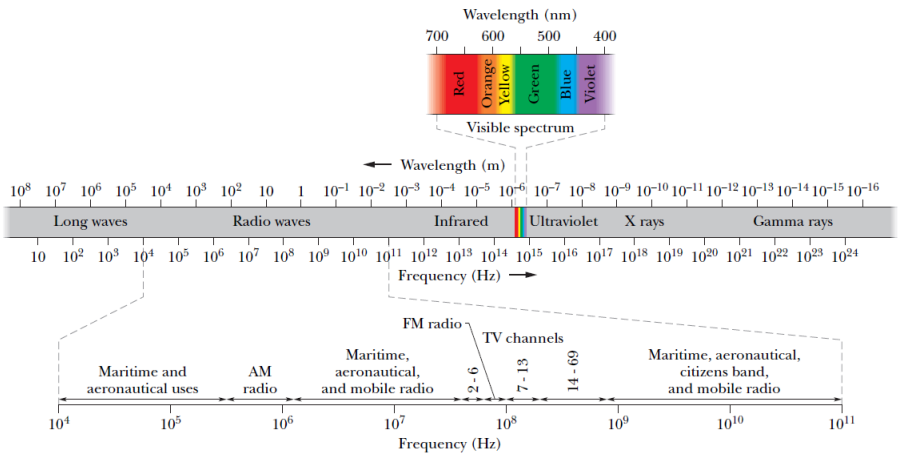
- Si recordamos que la luz blanca está constituida por la superposición de colores del espectro, podemos concluir que un objeto se ve verde, por ejemplo, porque refleja permanentemente la luz verde y absorbe casi totalmente los demás colores; es decir, envía hacia nuestros ojos únicamente luz verde.



19. Espectro Electromagnético

El intervalo de longitudes de onda que abarca la luz visible conforma sólo una porción pequeña del espectro electromagnético completo, el cual se extiende muchos órdenes de magnitud. No existen líneas divisorias claras que separen las diversas regiones; sólo se presenta una mezcla continua de una región a la siguiente.

Cuando la luz solar se dispersa en un espectro, vemos la banda característica de colores visibles desde el rojo hasta el violeta. Más allá del violeta del espectro visible se encuentran las frecuencias de radiación que exceden a la de dicho color. Utilizamos el nombre de **ultravioleta** para describir esta extensión invisible del espectro. Más allá del extremo rojo del espectro visible se ubican las frecuencias inferiores a las que podemos observar. Estas longitudes de onda conforman la región **infrarroja** del espectro.

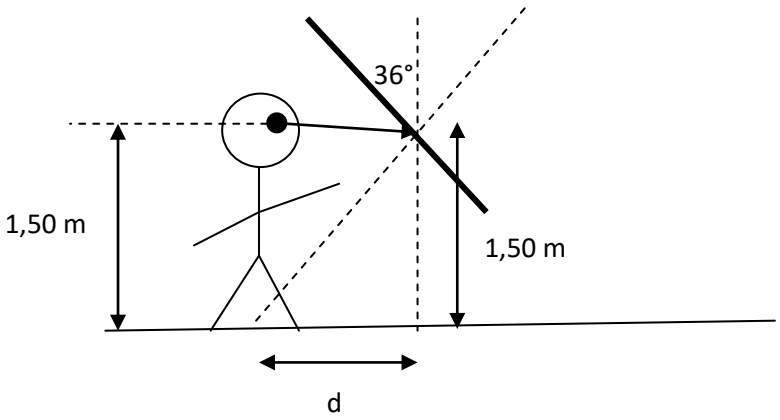


Guía de Ejercicios.

Tema: Naturaleza de la luz y espejos planos.

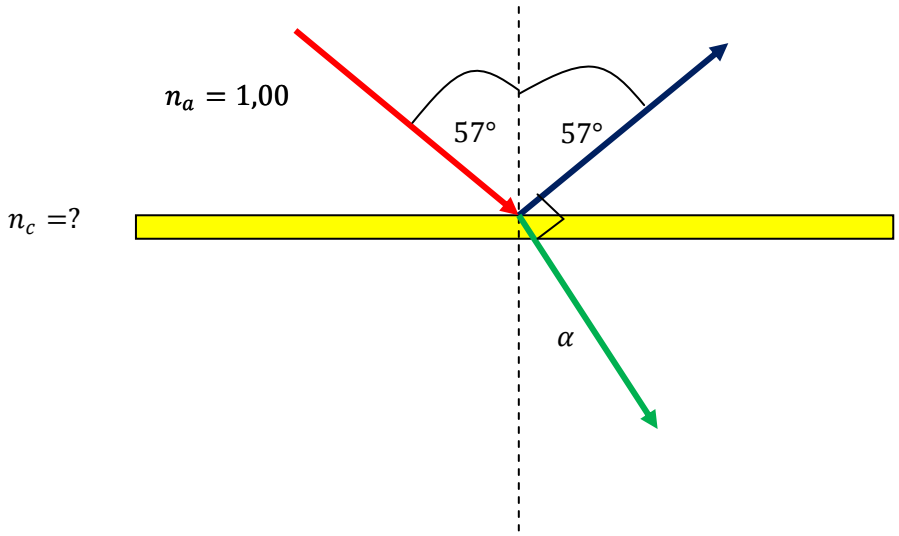
Prob.1. Delante de un espejo plano, inclinado en un ángulo de 36º respecto a la vertical, se encuentra una persona cuyos ojos están a una altura h = 1,50 [m] del suelo. Calcular la distancia máxima a la cual puede pararse la persona para que vea sus ojos.

Resp: 2,06 [m].



Prob.2. Un rayo de luz incide del aire con un ángulo de 57º sobre la superficie plana de un cuerpo, observándose que los rayos reflejados y refractados forman un ángulo recto. El índice de refracción del aire es 1,00. Calcular el índice de refracción del cuerpo.

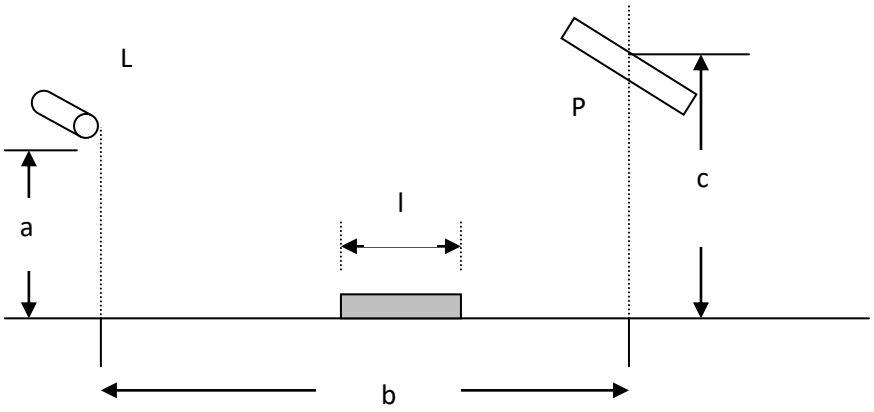
Resp: 1,54

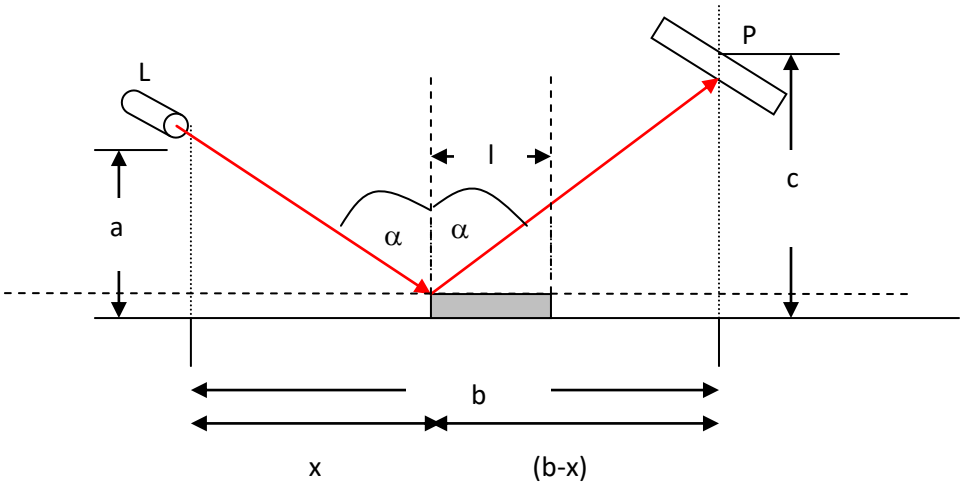


Prob.3. Una linterna “L” produce un haz de luz muy fino. El haz, que incide en un espejo plano horizontal, de largo “l”, se detecta en el punto “P” de una pantalla ubicada como se indica en la figura. Calcular:

a) La posición del punto en que el haz incide en el espejo.
b) La orientación que debe darse al haz.
c) La posición extrema del espejo.

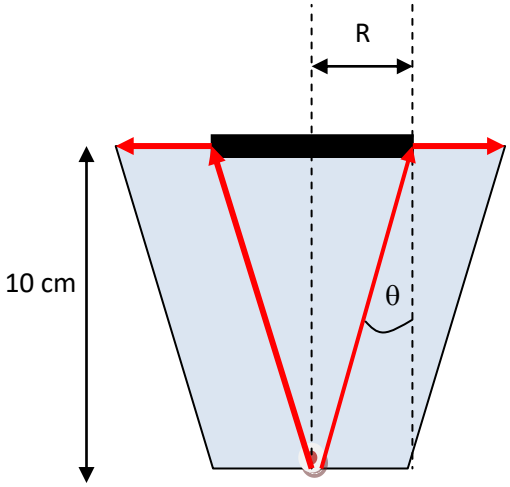
Resp: $d_{mín} = x - l$



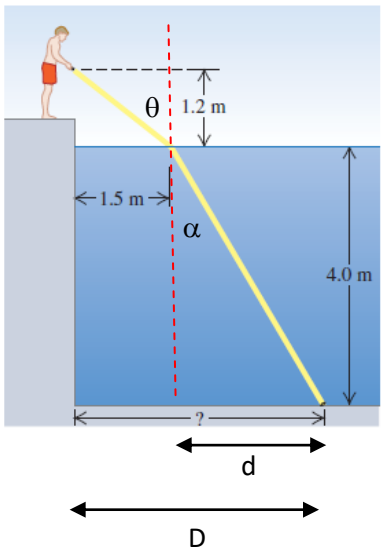


Prob.4. En el fondo de un recipiente lleno de agua hasta la altura de 10 [cm], hay un foco luminoso puntual. En la superficie del agua flota una lámina circular opaca, de manera que su centro se encuentra exactamente sobre el foco. Calcular el diámetro mínimo que debe tener esta lámina para que no salga luz, a través de la superficie del agua. Índice de refracción del agua 1,33 y del aire 1,00.

Resp: 23 [cm].

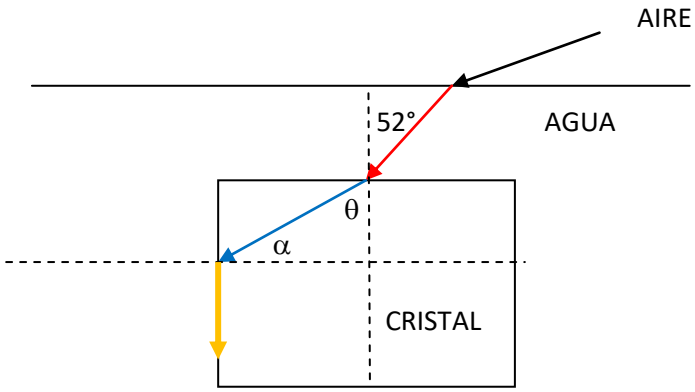


Prob.5. Después de un largo día de viaje, tarde por la noche, usted nada en la piscina del hotel donde se hospeda. Cuando se retira a su habitación, se da cuenta de que perdió la llave en la piscina. Consigue una linterna potente y camina alrededor de la piscina dirigiendo la luz hacia ella. La luz ilumina la llave, que yace en el fondo de la piscina, cuando sostiene la linterna a 1.2 m de la superficie del agua y dirigida hacia la superficie a una distancia horizontal de 1.5 m desde el borde (figura). Si el agua en ese punto tiene 4.0 m de profundidad, ¿a qué distancia del borde de la alberca se encuentra la llave?



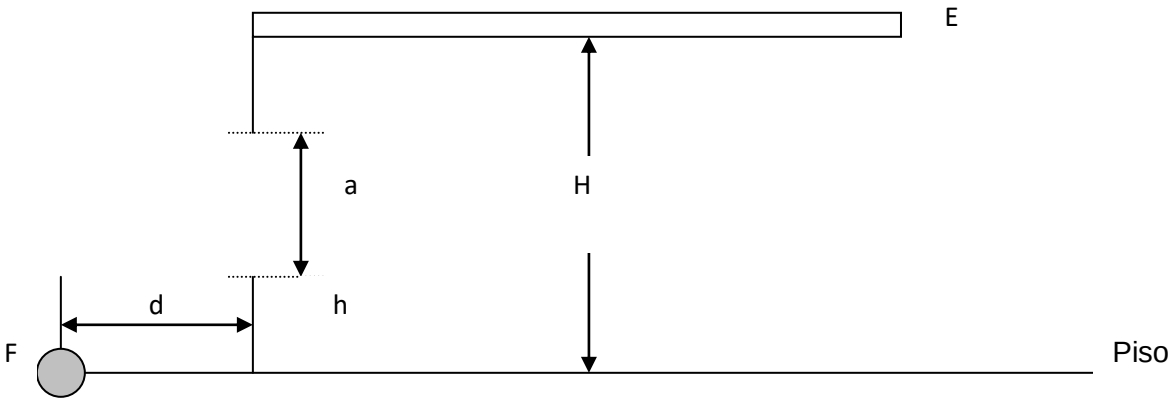
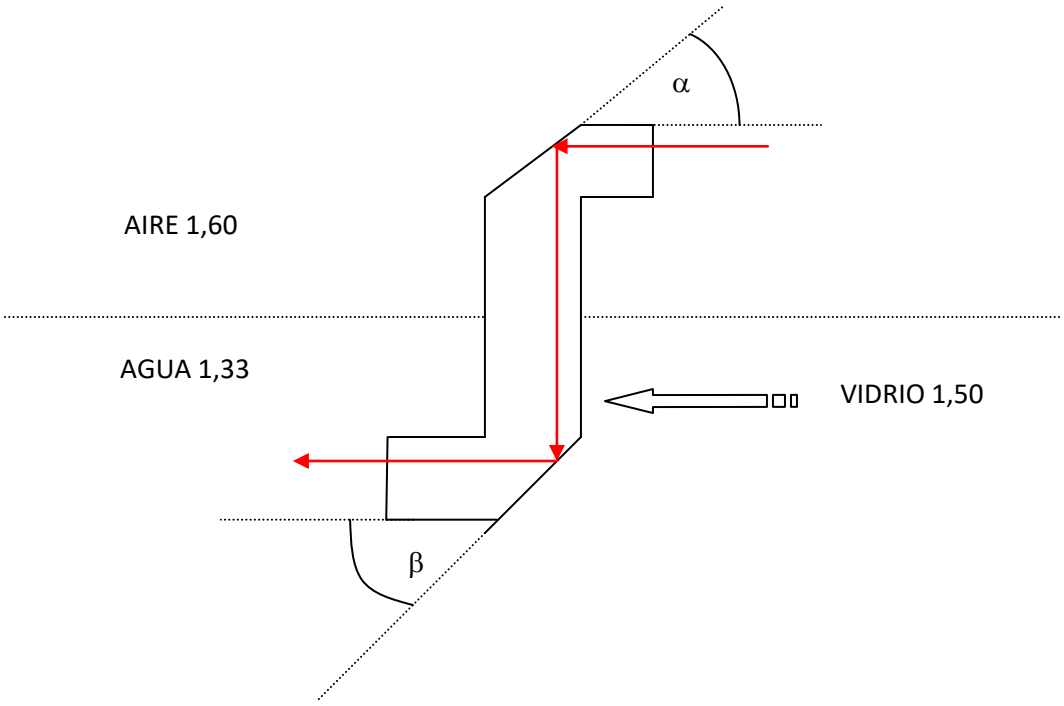
Prob.6. Un cubo de cristal está en agua. Sobre una de sus caras incide luz bajo un ángulo de incidencia de 52º. Determinar el índice de refracción del cristal para que ocurra reflexión total interna en la cara lateral del cubo.

Resp: 1,69



Prob.7. Un acuario de 2.40 m de largo por 0.35 m de ancho y 0.45 m de alto se llena de agua. Un rayo luminoso incide sobre una de las caras con un ángulo de 25º. Despreciando el efecto de las paredes del vidrio, calcule el desplazamiento lateral del rayo emergente.

Prob.8. La luz proveniente de un foco luminoso puntual “F” entra por una ventana de altura “a” y se refleja en un espejo horizontal “E” colocado en el techo. Si a =1,2 [m], h =1,0 [m], H = 3,2 [m] y d = 0,80 [m], calcular la posición y el ángulo de la franja iluminada que se forma en el piso.



Prob.9. Para la construcción de un periscopio se dispone de un objeto de vidrio de la forma indicada en la figura. Determinar el valor de "α" y de "β", para que los rayos que entran perpendicularmente por la cara A salgan por la cara B.