

Taller 1: “Naturaleza de la luz y Óptica geométrica”.

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 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

Actividad 1: “Reflexión de la luz”.

Propagación Rectilínea de la Luz:

Cuando se transmite la luz en un medio homogéneo, su propagación es rectilínea. Ejemplo: cuando la luz del Sol entra por el resquicio de una ventana en una habitación oscura.

Actividad 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.

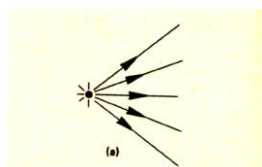


Actividad 3: “Rayos y haces de rayos luminosos”.

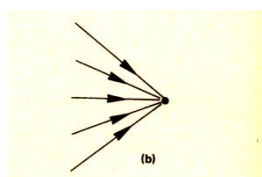
Las direcciones en que se propaga la luz pueden indicarse como rectas, dichas líneas se denominan rayos de luz.

Tipos de rayos:

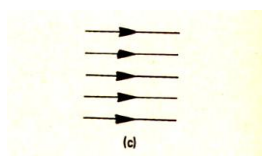
Divergente:



Convergente:



Paralelo



Actividad 4: “La velocidad de la luz”.

Las ondas electromagnéticas pueden considerarse ondas transversales formadas por un campo magnético y por unos 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: $(299792458 \pm 1,2)$ [m/s], la que puede considerarse para efectos de cálculos, como:

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

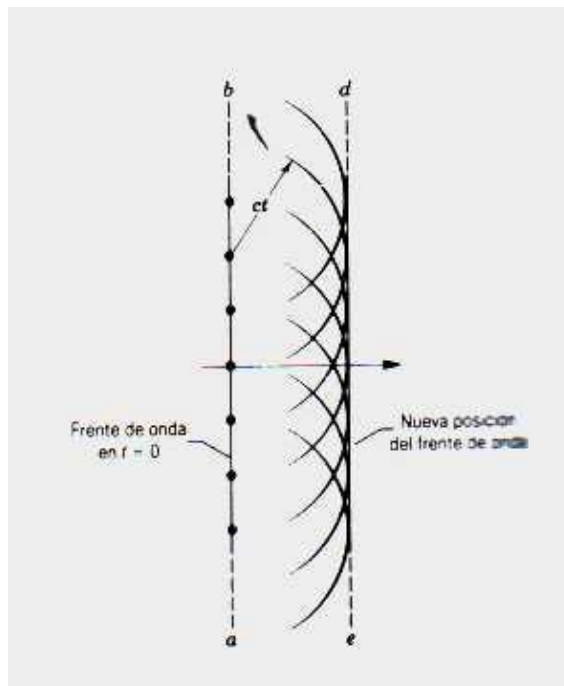
La Amplitud de la radiación determina el brillo y la relación entre la amplitud y la fase de los campos eléctrico y magnético condiciona el estado de polarización.

La longitud de onda condicionará el color de la radiación.

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.

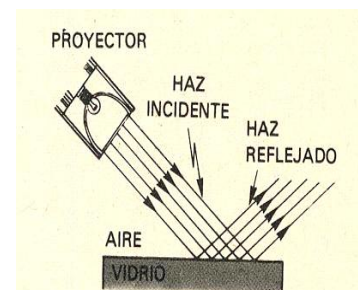
Actividad 5: "Principio de Huygens".

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.



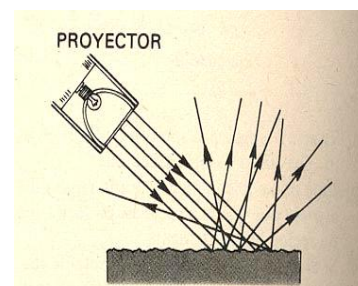
Actividad 6: "Reflexión de la luz".

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.



Actividad 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.

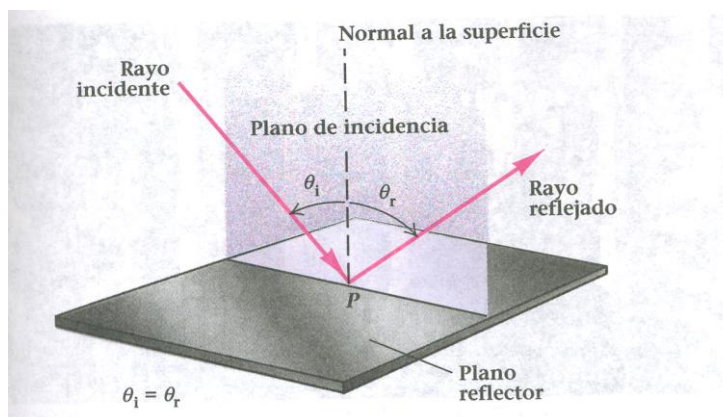


Actividad 8: “Leyes de la reflexión”.

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

El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

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.

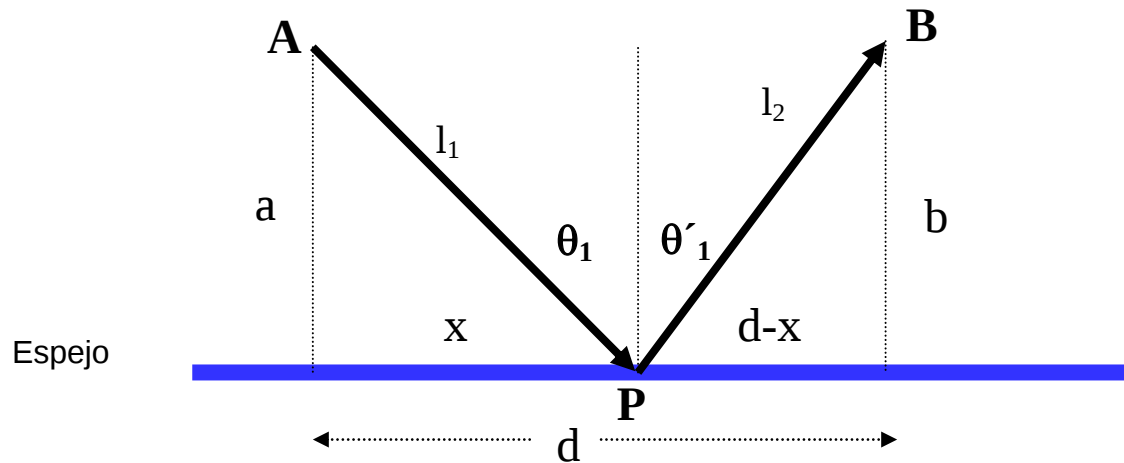
Algunas veces tanto la reflexión difusa como la especular se presentan en forma simultánea en la misma superficie. Por ejemplo, cuando la luz solar incide sobre un automóvil, usted puede verlo desde cualquier dirección alrededor de éste. Lo anterior es reflexión difusa. Si el automóvil se encera perfectamente,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

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

$$L_{\text{opt}} = L = n \cdot l,$$

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



$$L = L_1 + L_2 = n(a^2 + x^2)^{1/2} + n(b^2 + (d-x)^2)^{1/2}$$

Calculando los valores máximos y mínimos:

$$(x / (a^2 + x^2)^{1/2}) = ((d-x)/(b^2 + (d-x)^2)^{1/2})$$

$$\text{sen}\theta_1 = \text{sen}\theta'_1$$

$$\theta_1 = \theta'_1$$

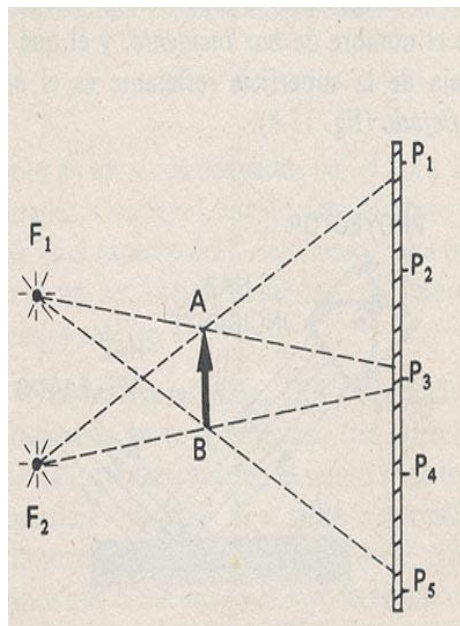
Actividad 9: "Ejercicios".

Ejercicio 1.

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:

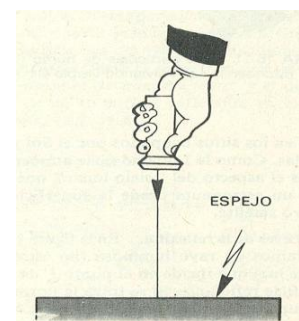
- (a) ¿Cuáles reciben luz de ambas fuentes?
- (b) ¿Cuál sólo la recibe de la fuente F_1 ?
- (c) ¿Cuál solamente la capta de la fuente F_2 ?
- (d) ¿Cuál no recibe luz de ninguna de las dos fuentes?



Ejercicio 2.

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 3

- (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.

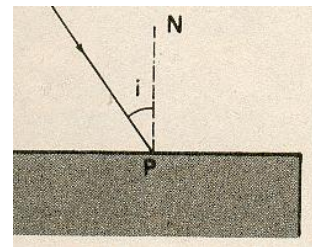
Ejercicio 4.

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 5.

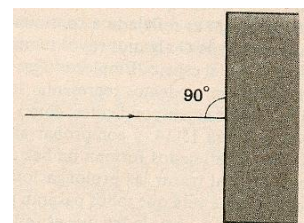
Considere un rayo luminoso que incide sobre una superficie reflejante en la forma indicada en la figura de este ejercicio.

(a) Trace en dicha figura la normal a la superficie en el punto de incidencia.

(b) ¿Cuál es el valor del ángulo de incidencia?

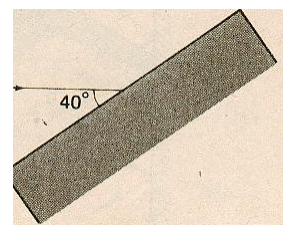
(c) ¿Cuál será el valor del ángulo de reflexión?

(d) Trace en la figura la dirección del rayo reflejado.

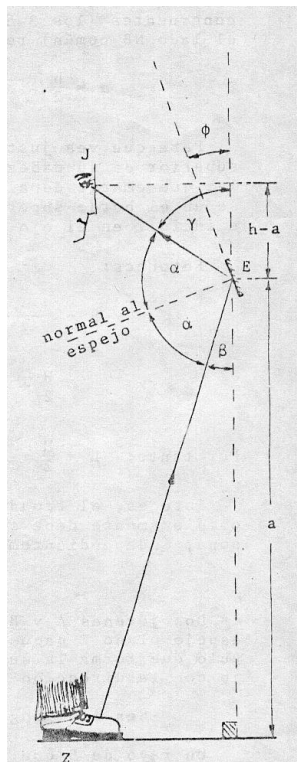


Ejercicio 6.

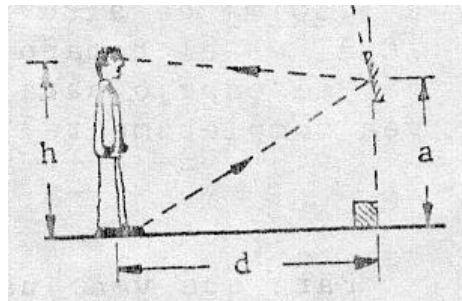
Responda las mismas preguntas del problema anterior considerando ahora la figura de este ejercicio.



Ejercicio 7.

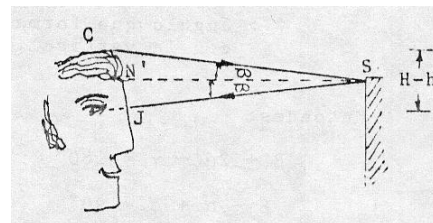
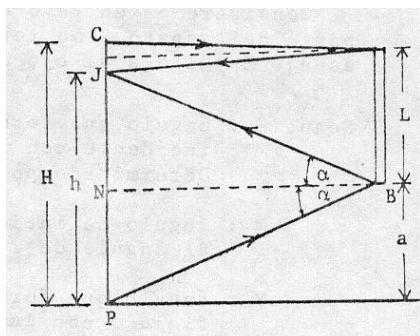
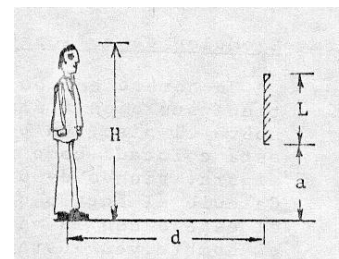


Un hombre en posición vertical tiene sus ojos a una altura $h=1,60$ [m] sobre el piso. Un pequeño espejo está colocado como se indica en la figura, siendo $d=50$ [cm] y $a=1,20$ [m]. Calcule el ángulo que debe formar el espejo con la vertical para que el hombre vea justamente sus zapatos.



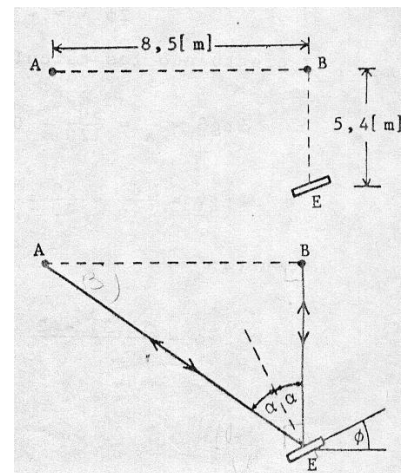
Ejercicio 8.

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?



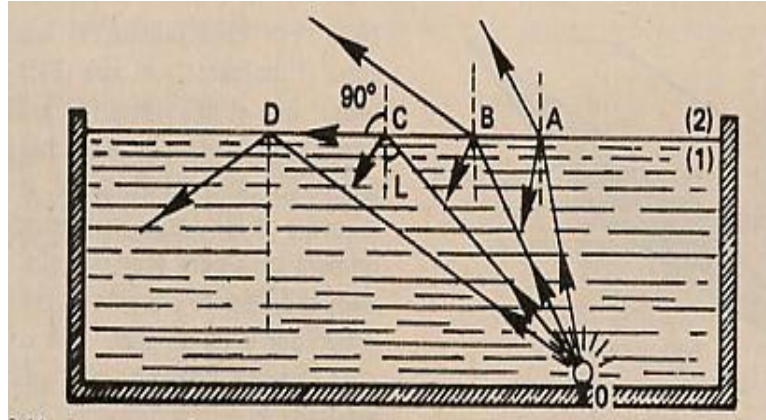
Ejercicio 9.

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.

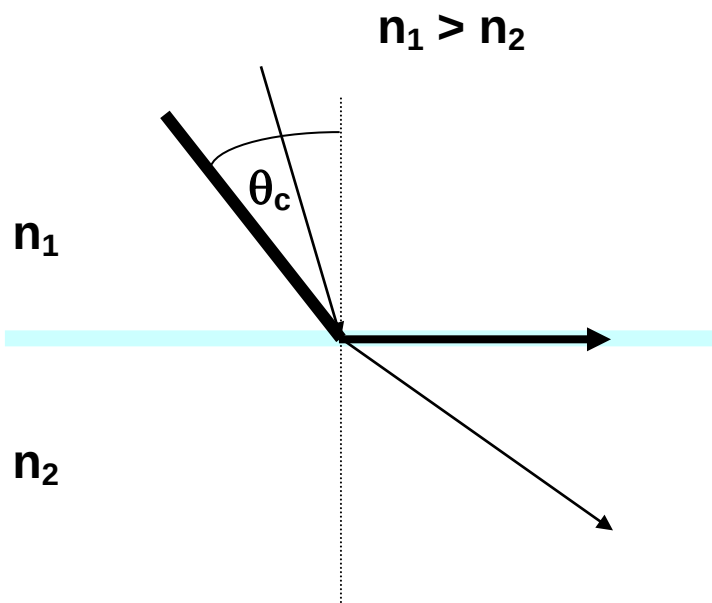


Actividad 10: “Reflexión Total Interna”.

- Un rayo luminoso que se propaga en un medio 1 e incide en la superficie de separación de éste con un medio 2, tal que $n_1 > n_2$, sufrirá reflexión total si su ángulo de incidencia es mayor que el ángulo límite L .
- El valor de L corresponde a: $\text{Sen}L = n_2/n_1$



Analicemos la siguiente situación:

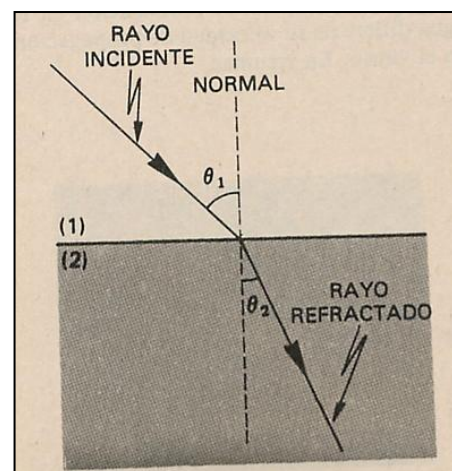
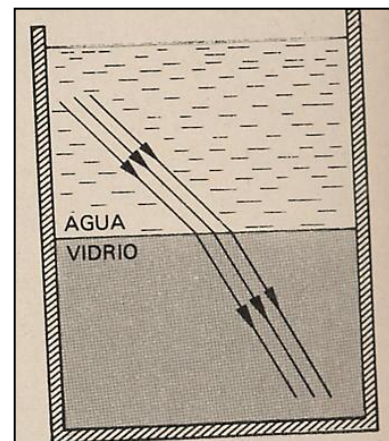
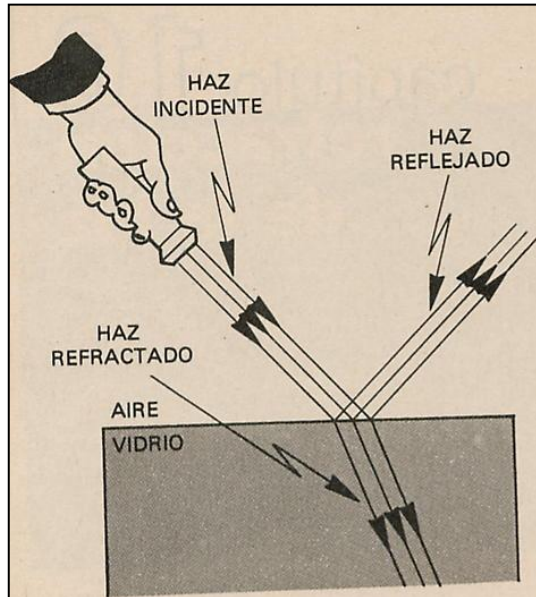
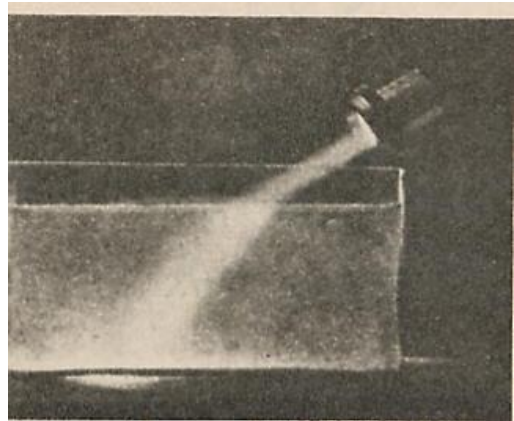


$$n_1 \text{ sen } \theta_c = n_2 \text{ sen } 90^\circ$$

$$\text{sen } \theta_c = (n_2/n_1)$$

Actividad 11: "Refracción de la luz"

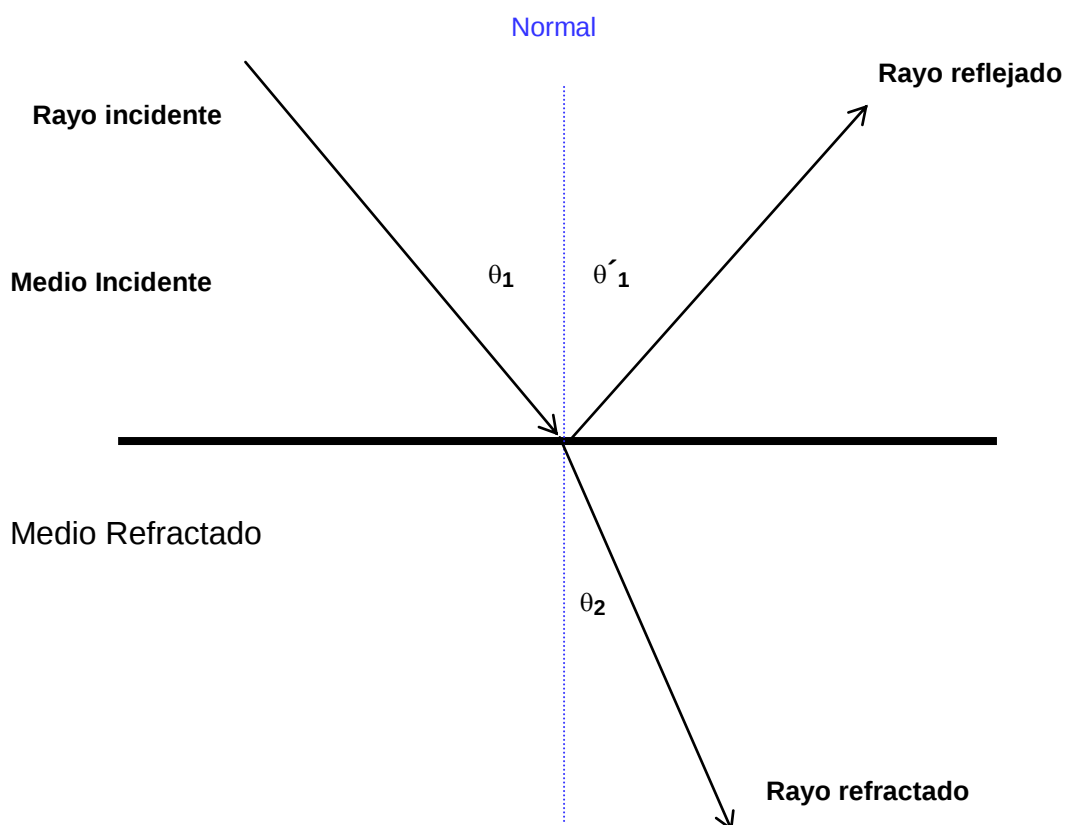
- El fenómeno de la refracción consiste en el cambio de la dirección de propagación de un haz de luz al pasar de un medio a otro.
- Esto sólo puede suceder cuando la luz se propaga con velocidades distintas en los dos medios.



Actividad 12: “Ley de Snell”.

Si la luz incide sobre un cuerpo transparente, observamos reflexión con transmisión. (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.

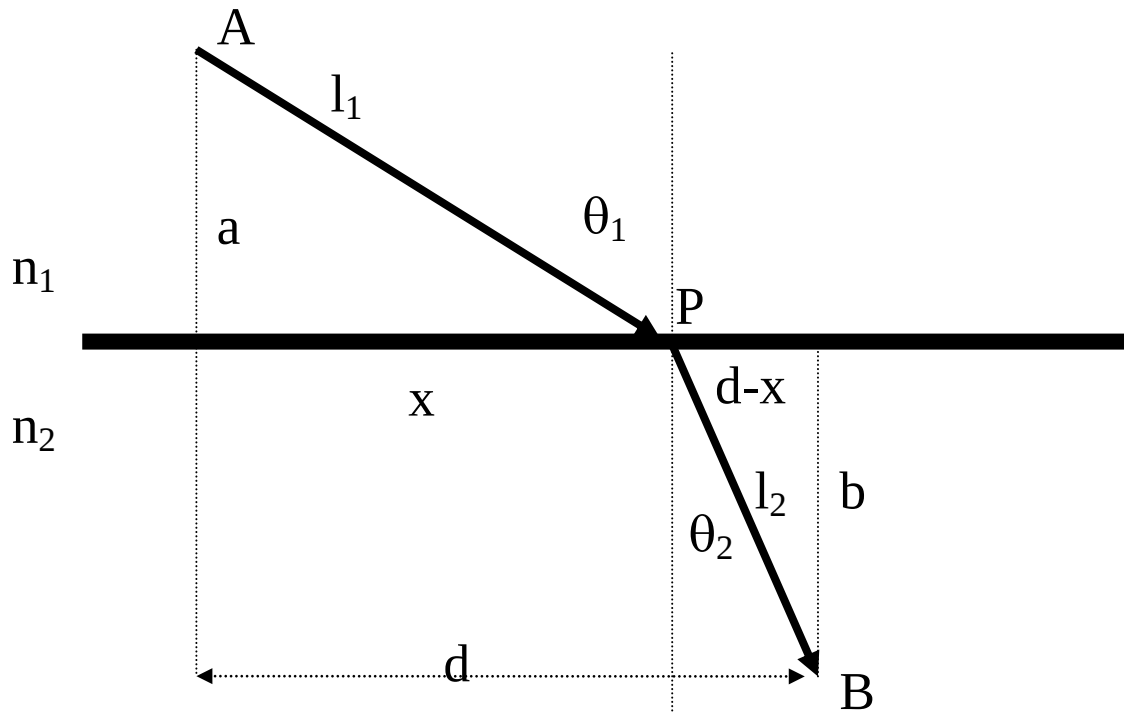
Consideremos el siguiente esquema para realizar nuestro estudio:



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:



$$L = L_1 + L_2 = n(a^2 + x^2)^{1/2} + n(b^2 + (d-x)^2)^{1/2},$$

calculando máximos y mínimos:

$$(n_1 x / (a^2 + x^2)^{1/2}) = (n_2 (d-x) / (b^2 + (d-x)^2)^{1/2})$$

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

Se observa que existe una relación entre los ángulos de los rayos incidente y reflejado, la cual se obtiene mediante la Ley de Refracción, llamada también Ley de Snell, la que puede expresarse como:

$$n_1 \cdot \text{sen}\theta_1 = n_2 \cdot \text{sen}\theta_2$$

Donde n_1 depende únicamente de las propiedades ópticas del medio (1) y n_2 depende sólo de las propiedades ópticas del medio (2). La constante “n” se denomina **índice de refracción** del medio. Definimos el índice de refracción “n” de un medio como la proporción entre la velocidad de la luz en el vacío “c” y la velocidad de la luz en ese medio “v”:

$$n = c/v$$

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)”*.



Tabla 1: Índices de refracción (para $\lambda = 589 \text{ nm}$, 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	Polycarbonato	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

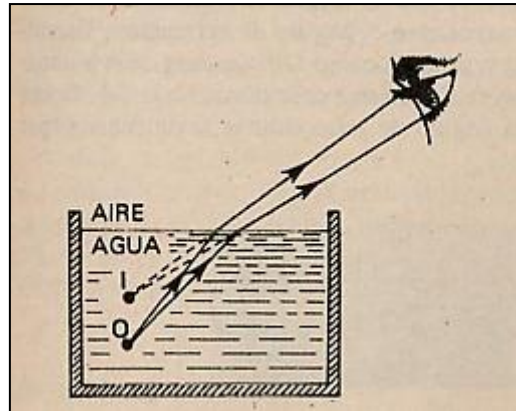
Actividad 13: “Ejercicio”.

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

- ¿Cuál es el valor del índice de refracción del vidrio que se usó en este experimento?
- ¿Cuál es el valor de la velocidad de propagación de la luz en este vidrio?

Actividad 14: “Formación de imagen por refracción”.

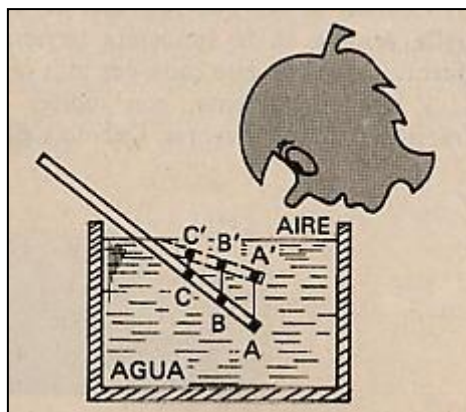
- La figura muestra un objeto pequeño O, colocado a cierta profundidad dentro del agua.
- Los rayos luminosos emitidos por el objeto al pasar del agua al aire, sufren refracción y se alejan de la normal.
- En la figura se ve que los rayos refractados constituyen un haz divergente, y llegan al ojo del 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.



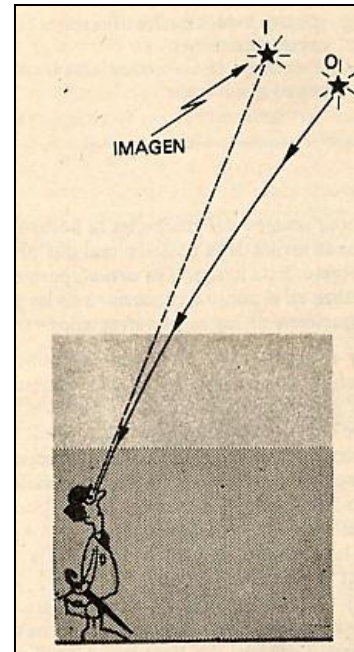
Comentarios:

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.

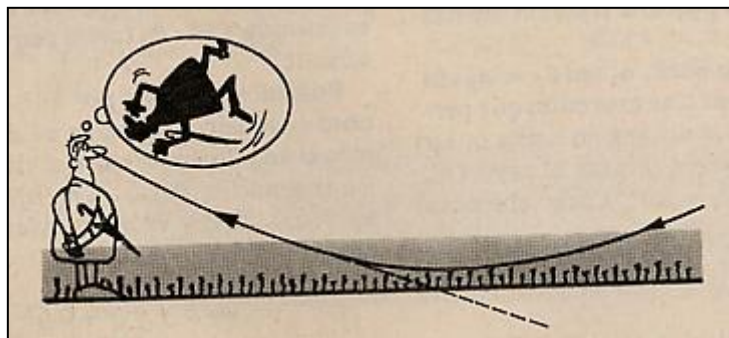
- Cuando sumergimos en agua parte de una regla en forma oblicua, tal barra nos parece quebrada. La figura explica la razón de esto: nosotros no vemos su parte sumergida, sino su imagen virtual, situada arriba de la posición real del objeto.



- 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 observado 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.



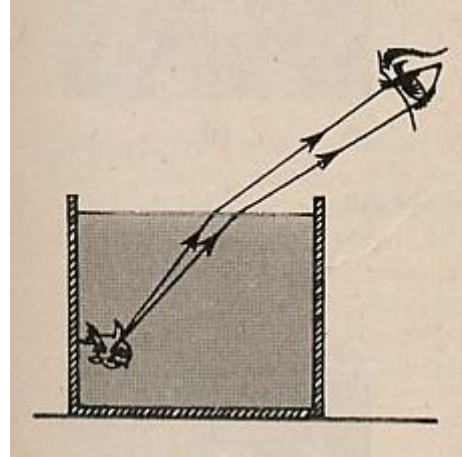
- Cuando viajamos por una carretera asfaltada en un día de mucho calor, y miramos a lo largo de ella, A veces tenemos la impresión de que se encuentra mojada. Esto se debe a que como el asfalto se halla muy caliente, las capas de aire cercanas a él presentan menor densidad, y debido a esto, un menor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



Actividad 15: "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.

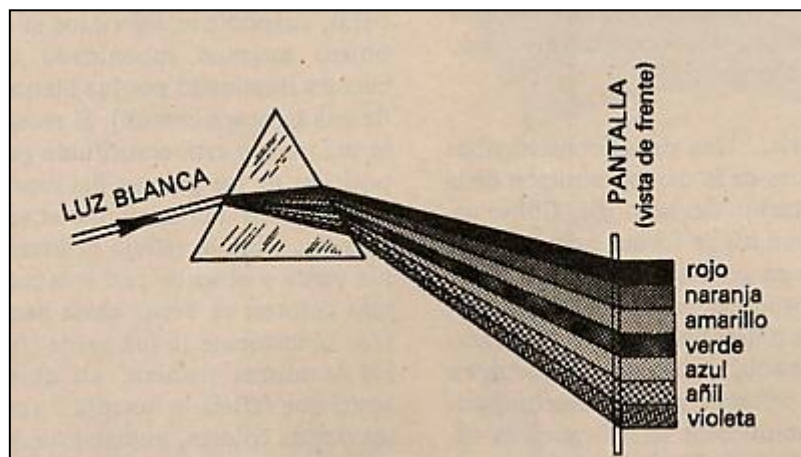
- (a) Muestre, en la figura, dónde está situada la imagen del pez que ve el observador.
- (b) Esta imagen, ¿es real o virtual? Explique.
- (c) Si el observador deseara atrapar al pez con un arpón, ¿deberá dirigir el arpón hacia un punto situado arriba o debajo de la posición donde ve el pez?



Actividad 16: "Descomposición de la luz".

Descomposición de la luz Blanca.

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

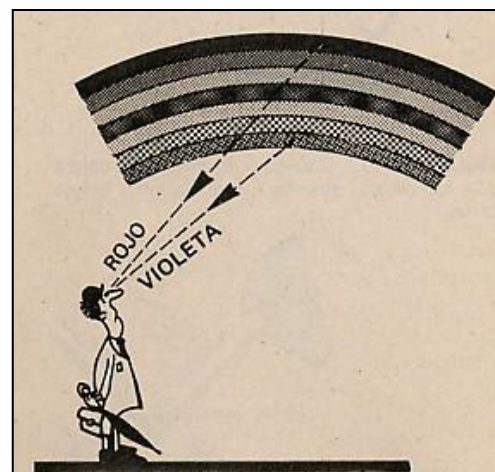
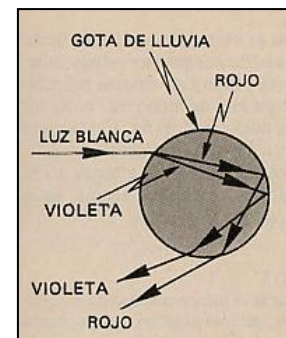
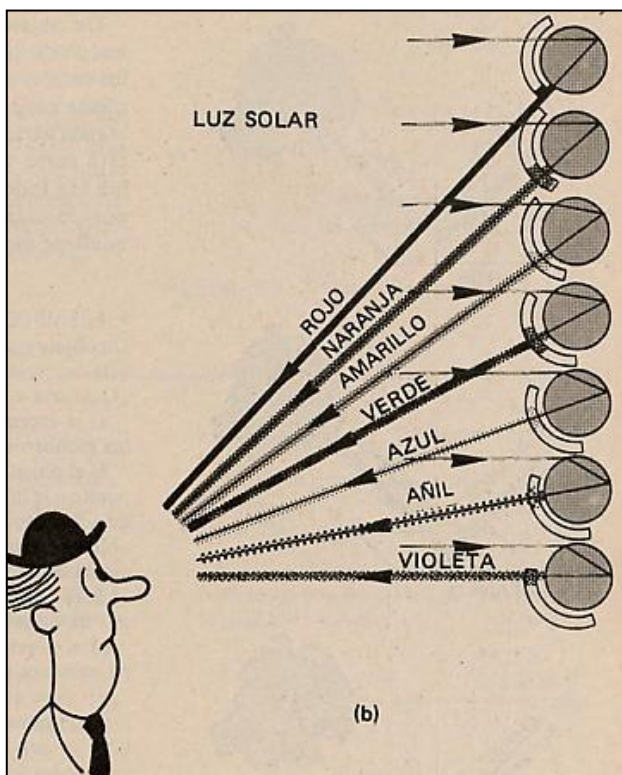


- El índice de refracción varía con el color de la luz para un vidrio tipo "Crown"

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

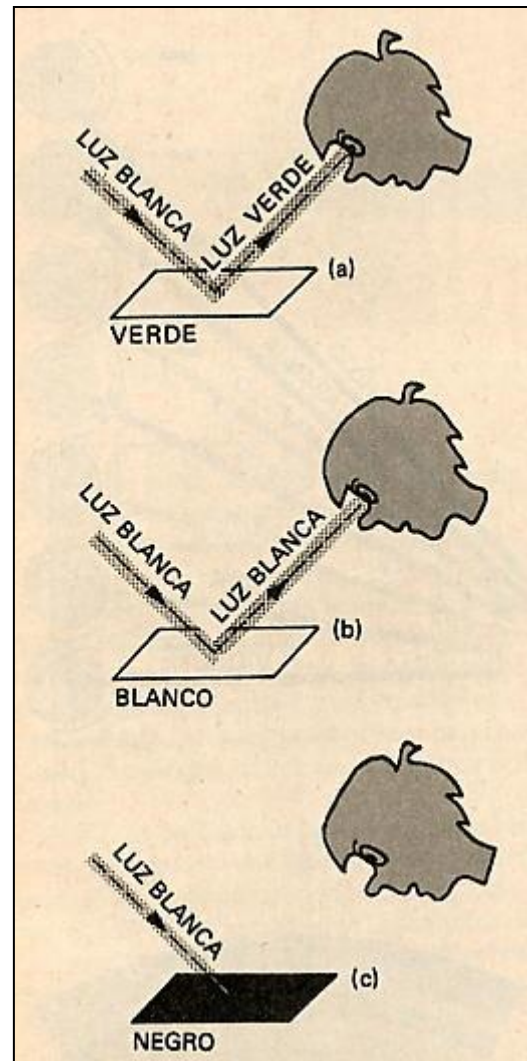
El arco iris.

- El arco iris se forma en virtud de la refracción y reflexión de la luz solar al encontrar gotitas de agua en la atmósfera.



El color de un objeto

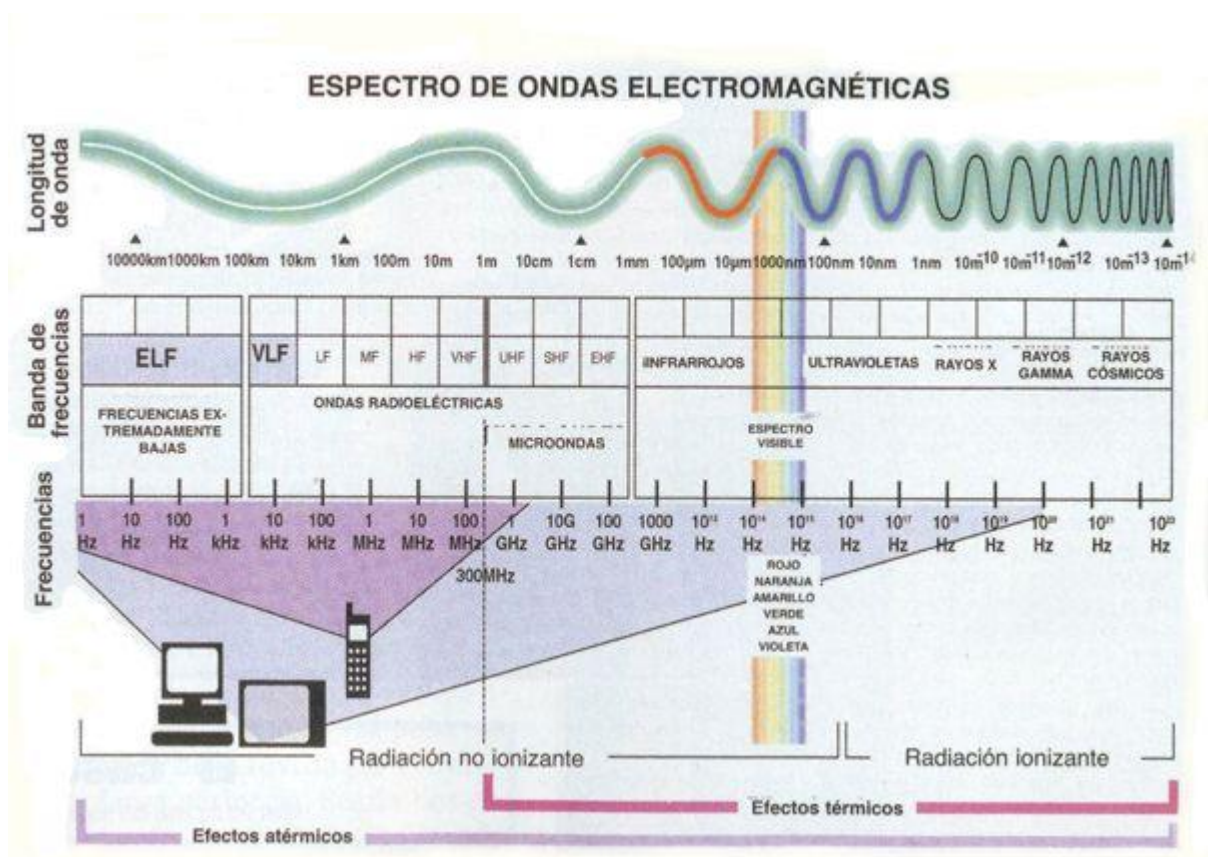
- Cuando nos referimos al color de un objeto estamos suponiendo que se encuentra iluminado por luz blanca (solar o la de una lámpara).
- Si recordamos que la luz blanca está constituida por la superposición de colores del espectro, podemos concluir que un objeto se ve verde, por ejemplo, porque refleja permanentemente la luz verde y absorbe casi totalmente los demás colores; es decir, envía hacia nuestros ojos únicamente luz verde.
- 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.



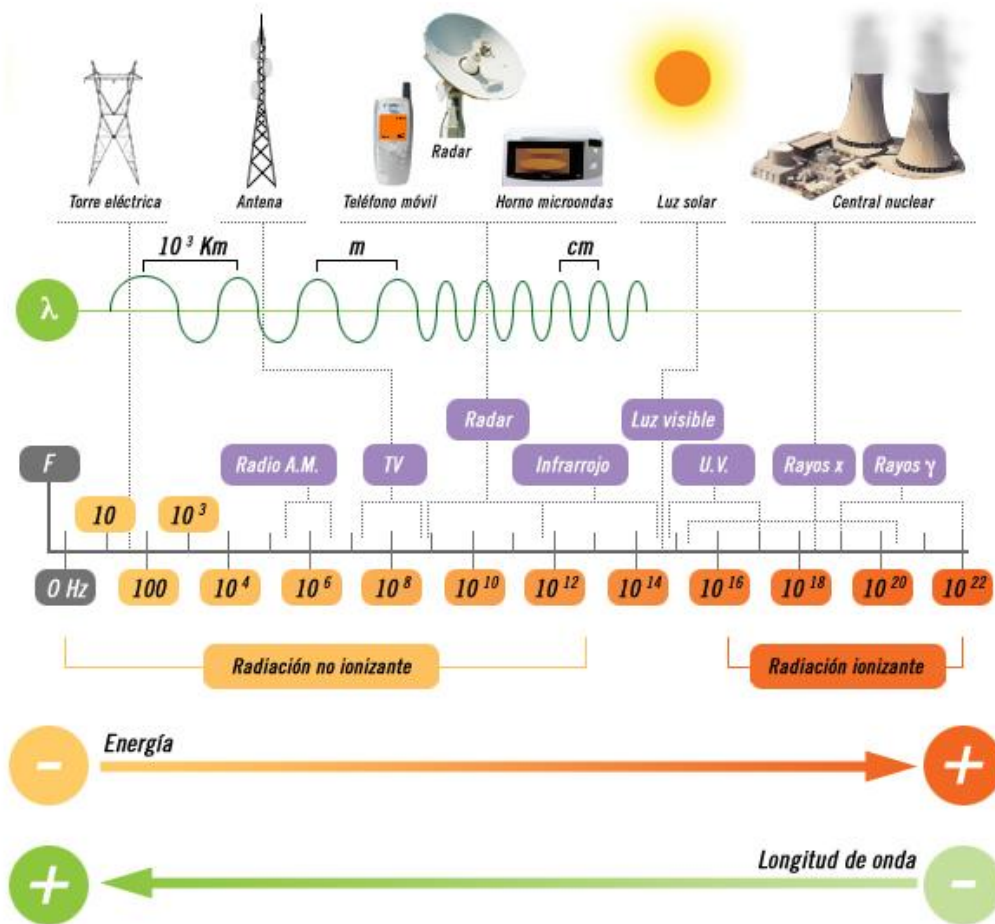
Espectro Electromagnético

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.



El espectro de frecuencias.



Guía de Ejercicios.
Tema: Óptica geométrica.

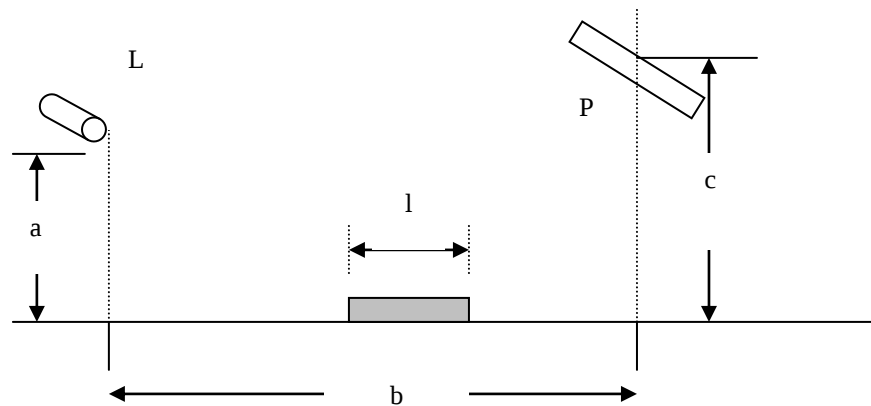
Prob.1. Delante de un espejo plano, inclinado en un ángulo de 36° respecto a la vertical, se encuentra una persona cuyos ojos están a una altura $h = 1,50$ [m] del suelo. Calcular la distancia máxima a la cual puede pararse la persona para que vea sus ojos.

Resp: 2,06 [m].

Prob.2. 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:

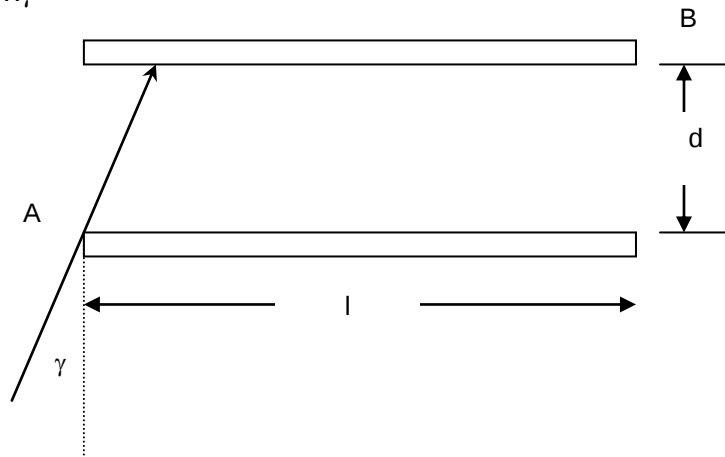
- La posición del punto en que el haz incide en el espejo.
- La orientación que debe darse al haz.
- La posición extrema del espejo.

Resp: $d_{\min} = x - l$



Prob.3. Se tienen dos espejos planos paralelos, horizontales, de longitud “ l ” y cuyas superficies reflectantes se enfrentan y están a una distancia “ d ”. La linterna “ L ” produce un haz de luz muy fino dirigido en dirección con la vertical y que pasa por el borde “ A ” del espejo inferior. Determinar “ γ ” para que el haz recorra un “camino óptico” “ r ” dado antes de salir justamente por el borde “ B ” del espejo superior.

Resp: $r = l / \sin \gamma$



Prob.4. Un rayo de luz incide del aire con un ángulo de 57° 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.5. 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.6. Un cubo de cristal está en agua. Sobre una de sus caras incide luz bajo un ángulo de incidencia de 52° . Determinar el índice de refracción del cristal para que ocurra reflexión total interna en la cara lateral del cubo.

Resp: 1,69.

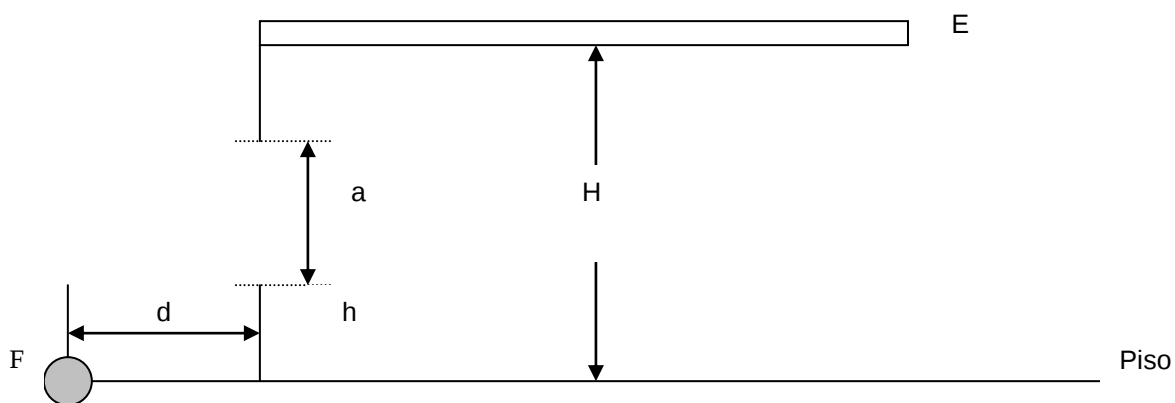
Prob.7. Un haz de luz incide sobre un espejo plano. Demostrar que si el espejo se hace girar un ángulo “ ϕ ”, el rayo reflejado gira un ángulo “ 2ϕ ”.

Prob.8. Dos espejos planos forman un ángulo de 90° . Un rayo de luz incide en uno de ellos, se refleja y va a incidir en el otro espejo. Demuestre que el rayo reflejado en el segundo espejo es paralelo al que incide en el primero.

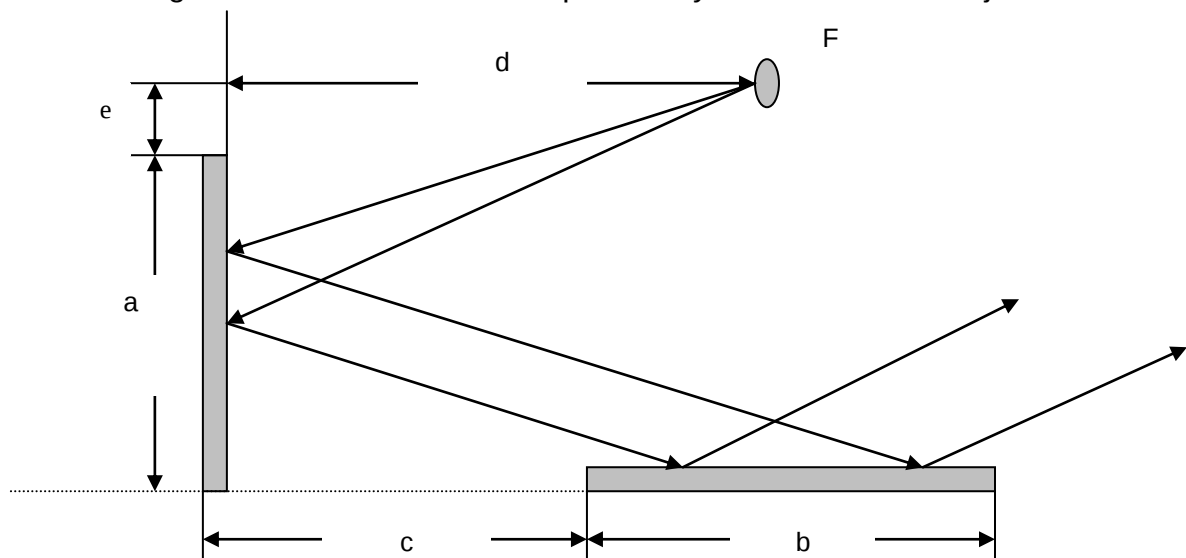
Prob.9. Un acuario de 2.40 m de largo por 0.35 m de ancho y 0.45 m de alto se llena de agua. Un rayo luminoso incide sobre una de las caras con un ángulo de 25° . Despreciando el efecto de las paredes del vidrio, calcule el desplazamiento lateral del rayo emergente.

Prob.10. 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.

Resp: 2,8 [m].

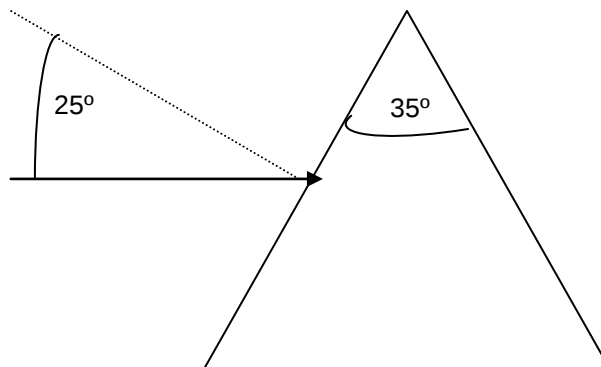


Prob.11. Dos espejos planos de largos $a = 70$ [cm] y $b = 90$ [cm], están dispuestos como se indica en la figura, con $c = 50$ [cm]. La posición de un foco luminoso puntual "F" está determinada por $e = 20$ [cm] y $d = 60$ [cm]. Parte de la luz del foco incide en el espejo vertical y se refleja en el espejo horizontal. Calcule el ángulo del haz de luz formado por los rayos doblemente reflejados.

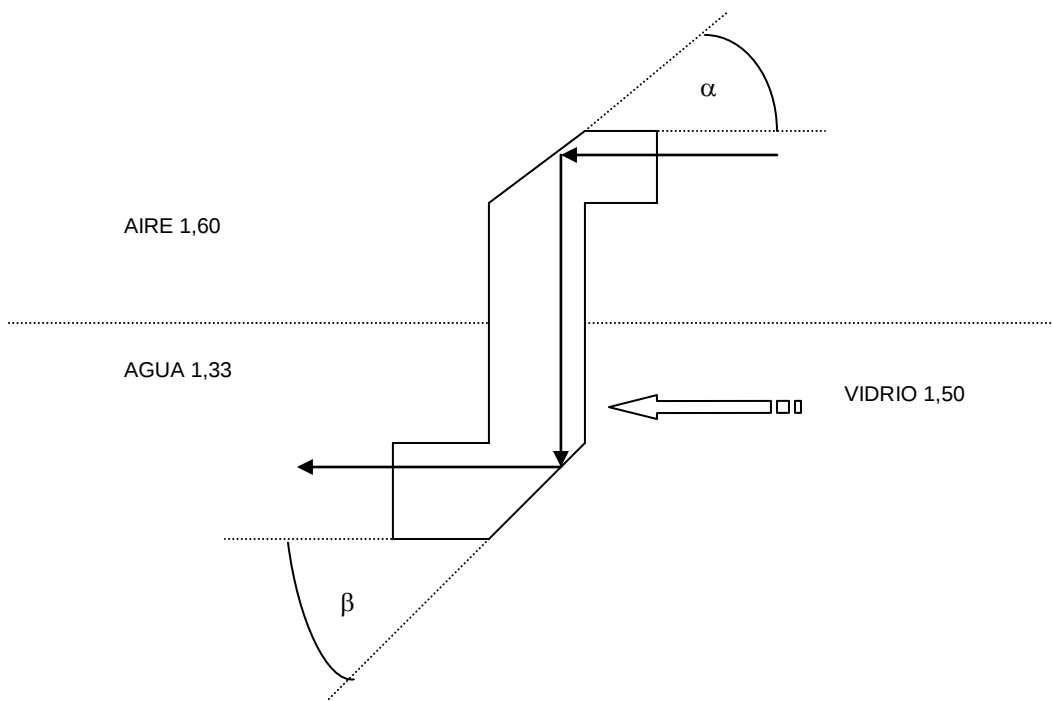


Prob.12. ¿En cuánto se desvía un rayo de luz que incide con un ángulo de incidencia de 25° sobre un prisma de vidrio ($n = 1,6$) cuya base es un triángulo isósceles y cuyo ángulo refringente es de 35° ?

Resp: $22,7^\circ$.



Prob.13. 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.

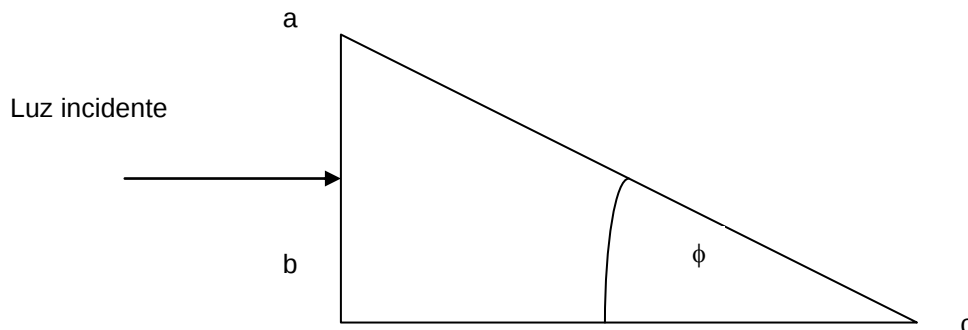


Prob.14. El ángulo de refringencia de un prisma triangular isósceles es igual a 10° . Un rayo luminoso incide sobre una cara lateral de este prisma formando un ángulo de 10° con su normal. Calcule el ángulo de desviación del rayo, con respecto a su dirección primitiva, sabiendo que el índice de refracción del prisma es 1,6.

Resp: $6,08^\circ$.

Prob.15. Un rayo de luz, como se muestra en la figura, incide normalmente sobre la cara “ab” de un prisma de cristal ($n = 1,52$).

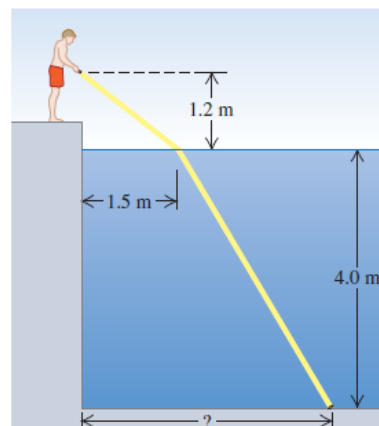
- Considerando que el prisma está en el aire, encuentre el máximo valor del ángulo “ ϕ ” para que el rayo sea totalmente reflejado en la cara “ac”.
- Encuentre el ángulo “ ϕ ” si el prisma está sumergido en agua.



Prob.16. Un prisma de cristal con un ángulo en el vértice de 60° tiene $n = 1,6$.

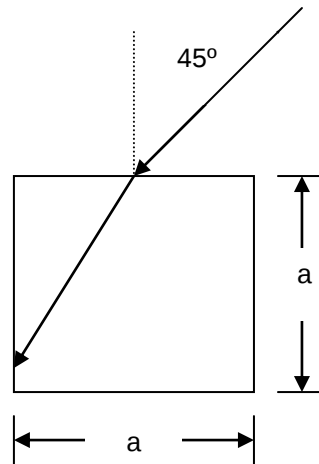
- ¿Cuál es el mínimo ángulo de incidencia para el cual puede entrar un rayo por una cara del prisma y salir por la otra?
- ¿Qué ángulo de incidencia debería tener el rayo para que pasara por el prisma simétricamente?

Prob.17. 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.18. Un rayo de luz llega a una placa de cristal, tal como se muestra en la figura. ¿Cuál debe ser el índice de refracción del cristal para que ocurra reflexión total interna en la cara vertical?

Resp: 1,23.



Prob.19. Una loseta de vidrio con un índice de refracción de 1,5 se sumerge en agua cuyo índice de refracción es 1,33. La luz dentro del agua incide sobre el vidrio.

- Hallar el ángulo de refracción, si el ángulo de incidencia es 60° .
- Determinar la velocidad de la luz en la loseta.

Taller 2: “Espejos y Lentes”.

Objetivos:

- Manejar los conceptos fundamentales acerca de espejos y lentes.
- Operar cuantitativamente utilizando las leyes para los lentes y espejos.
- Reconocer aplicaciones de descomposición de la luz y de las leyes de los rayos.

Conceptos Clave:

- ✓ Espejos.
- ✓ Lentes.
- ✓ Leyes para espejos y lentes.

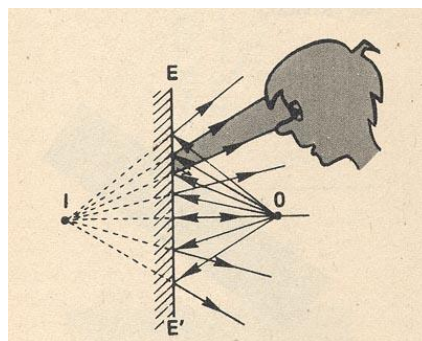
Actividad 1: “Espejo Plano”.

Corresponde a una superficie lisa y plana que refleja especularmente la luz.

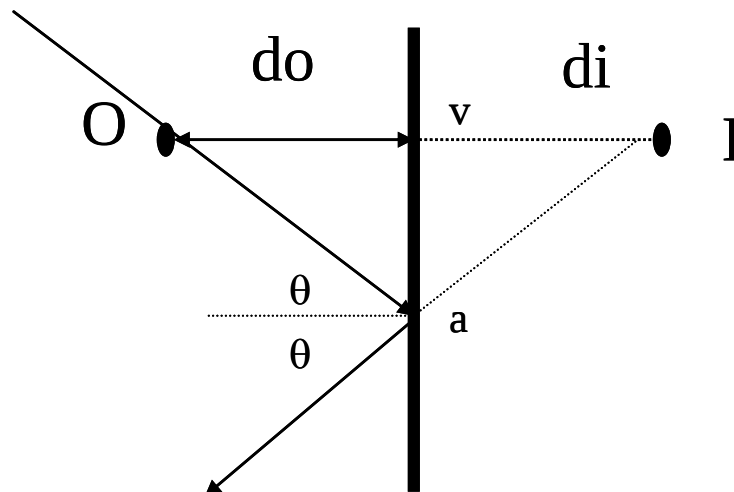
Actividad 2: “Imagen virtual”.

Supongamos un observador situado frente a un espejo plano, y el cual recibe en sus ojos cierta parte del haz reflejado.

- Este haz parece haber sido emitido desde el punto “I”, es decir, la reflexión es como si en “I” existiera un objeto emisor de dicho haz.
- Debido a lo anterior el observador percibe en ese punto la imagen del objeto O.
- La imagen “I” se encuentra ubicada detrás de la superficie del espejo, en el punto de intersección de las prolongaciones de los rayos reflejados.
- Se dice por lo tanto que “I” es la imagen virtual del objeto O.



Analicemos el siguiente esquema:



Triángulos rectángulos
 $\Delta OvaO = \Delta IvaI$

Por lo tanto:

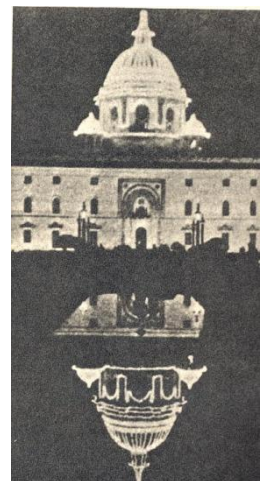
$$do = - di$$

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).

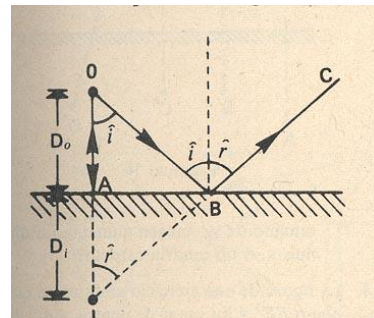
Actividad 3: “Resumen”.

La luz emitida por un objeto y reflejada desde un espejo plano, llega a los ojos de un observador como si proviniera del punto de intersección de las prolongaciones de los rayos reflejados. En este punto el observador ve una imagen virtual del objeto.



Actividad 4: “Distancia de la imagen al espejo”.

Para determinar la posición de la imagen virtual de un objeto pequeño colocado frente a un espejo plano, bastará trazar únicamente dos rayos luminosos que partan del objeto y se reflejen en el espejo.

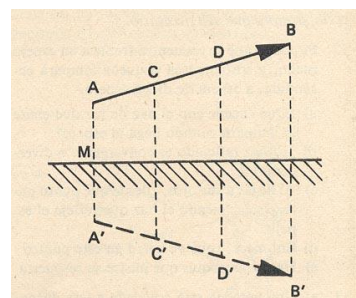


Actividad 5: “Conclusión”.

- La imagen de un objeto pequeño en un espejo plano, es simétrica en relación con el espejo, es decir, está situada en la perpendicular al espejo trazada desde el objeto.
- Las distancias de la imagen y del objeto relativamente al espejo son iguales.

Actividad 6: “Imagen de un objeto no puntiforme”.

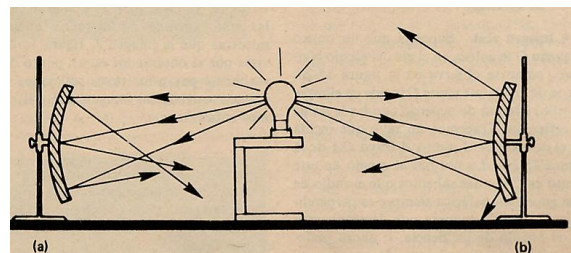
- Esta imagen se obtendrá determinando la imagen de cada punto del objeto.
- La imagen A' del punto A, se localizará trazando la perpendicular al espejo, desde A, y tomando $A'M=AM$.
- Lo mismo para los demás puntos.



Actividad 7: “Espejos Esféricos”.

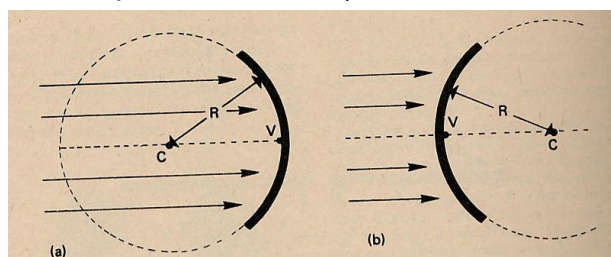
Espejos cóncavos y convexos.

- Una superficie lisa, de forma esférica y que refleje especularmente la luz, es un espejo esférico.
- Si la luz se refleja desde la superficie interna, se dice que el espejo es cóncavo.
- Si la reflexión se produce en la superficie externa se dice que el espejo es convexo.



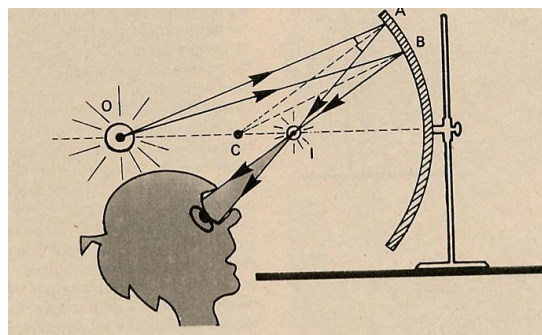
Actividad 8: “Elementos de los espejos esféricos”.

- Punto “V” (centro de la superficie reflejante), se denomina vértice del espejo.
- Punto “C” (centro de curvatura de la superficie esférica), se denomina centro del espejo.
- La recta CV, se denomina eje del espejo.
- El segmento “R”, se llama radio del espejo (radio de curvatura de la superficie esférica).



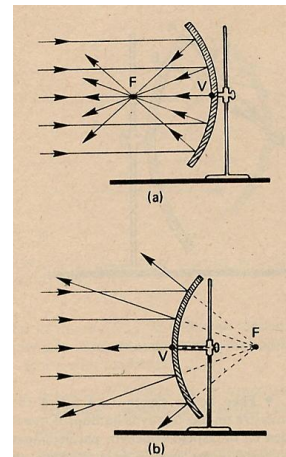
Actividad 9: “Imagen real”.

“Cuando un haz de luz emitido por un objeto se refleja en un espejo cóncavo y converge luego en un punto, tendremos en éste la formación de una imagen real del objeto”



Actividad 10: “Foco de un espejo”.

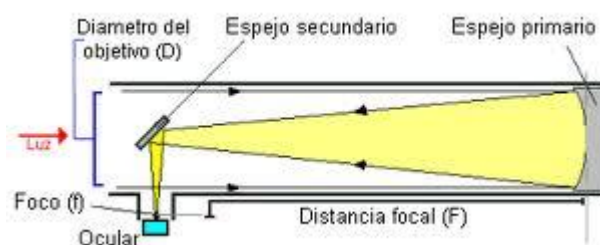
“Un haz de rayos luminosos, al incidir en forma paralela al eje de un espejo cóncavo, se refleja y converge hacia un foco real; al incidir en un espejo convexo, divergirá después de la reflexión, como si fuese emitido de un foco virtual”



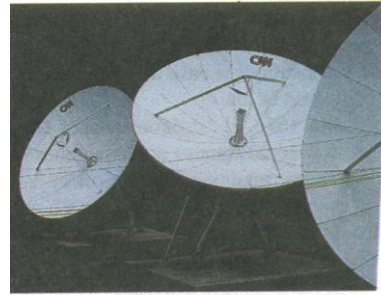
Actividad 11: “El Telescopio”.

- Los espejos cóncavos se utilizan en algunos telescopios (llamados telescopios de reflexión), permitiéndonos observar (o fotografiar) estrellas y galaxias, incluso las que no se pueden ver a simple vista.
- Como los cuerpos celestes se encuentran muy alejados de la Tierra, la luz que llega hasta nosotros y que fue emitida por ellos, está constituida por rayos prácticamente paralelos.
- Esta luz, al ser recibida por el espejo cóncavo de un telescopio de reflexión, converge hacia su foco, formándose ahí una imagen real del astro que se observa.
- Los telescopios más comunes son el Refractor, Reflector (Newton) y Catadióptrico. ¿Cómo funciona cada uno de ellos?

Esquema de un Telescopio Reflector.

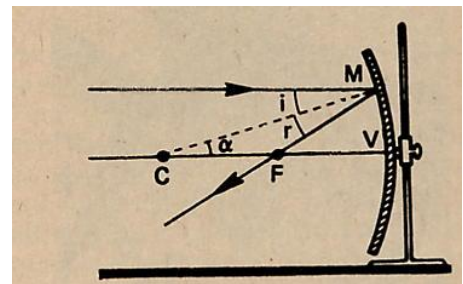


Comentario: El comportamiento fundamental de todos los componentes del espectro electromagnético es el mismo y sólo difieren en sus longitudes de onda y frecuencias y los tipos de dispositivos que pueden utilizarse para generarlos y detectarlos. El comportamiento de las ondas electromagnéticas puede predecirse a partir de las ecuaciones de Maxwell y del conocimiento de la composición y forma de los lentes, reflectores y otros componentes implicados. Por ejemplo, el diseño de las antenas de microondas sigue los mismos principios fundamentales del diseño de los espejos de los telescopios.



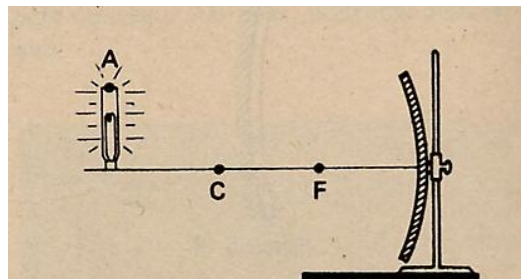
Actividad 12: "Distancia Focal".

- La distancia focal, " f ", de un espejo esférico es igual a la mitad de su radio de curvatura, " R "; es decir, $f = R/2$.
- En otras palabras, el foco de un espejo esférico está situado a la mitad de la distancia entre el centro y el vértice del espejo.



Actividad 13: "Imagen de un objeto grande".

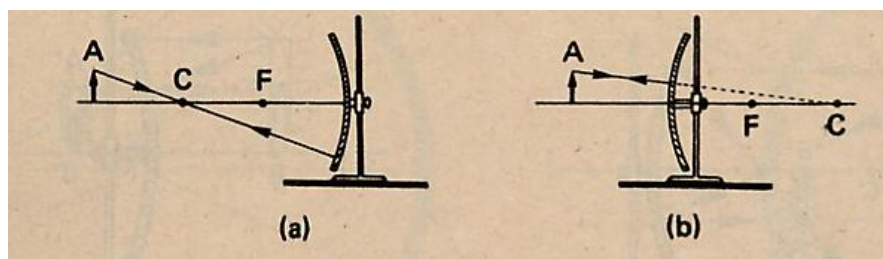
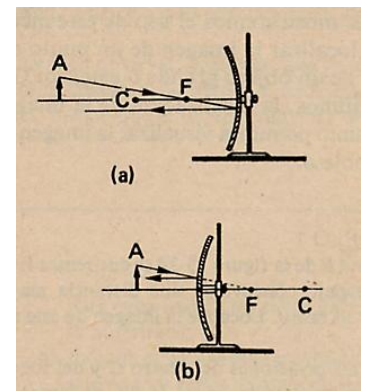
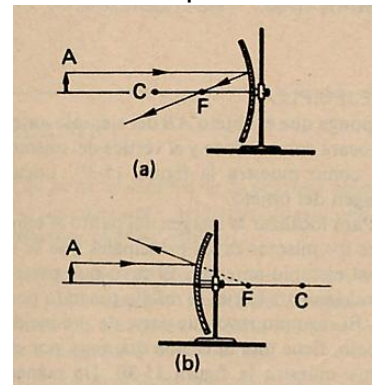
Consideremos un objeto grande (no puntiforme), como la lámpara que se muestra en la figura, colocado frente a un espejo esférico.



Actividad 14: "Rayos Principales".

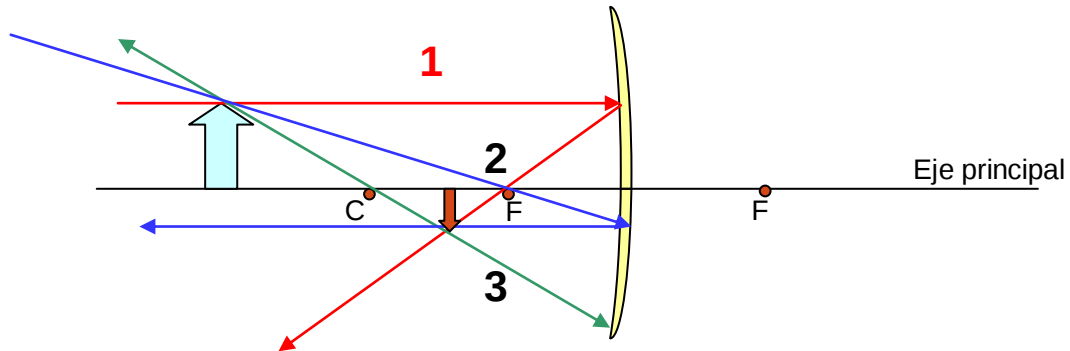
Es posible localizar con facilidad la posición de la imagen de un punto en los espejos esféricos mediante el empleo de determinados rayos luminosos que se conocen como rayos principales, los que se describen a continuación:

- Un rayo luminoso que incide en un espejo cóncavo, paralelamente al eje, se refleja pasando por el foco.
- Un rayo luminoso que incide en un espejo convexo, en forma paralela a su eje, se refleja de modo que su prolongación pasa por el foco.
- Un rayo luminoso que incide en un espejo cóncavo pasando por su foco, se refleja en forma paralela al eje del espejo.
- Un rayo luminoso que incide en un espejo convexo de manera que su dirección pasa por el foco, se refleja paralelamente al eje de dicho espejo.
- Un rayo luminoso que incide en un espejo cóncavo pasando por el centro de curvatura, se refleja sobre sí mismo (este rayo incide perpendicularmente al espejo).
- Un rayo luminoso que incide en un espejo convexo de manera que su dirección pase por el centro de curvatura del espejo, se refleja sobre sí mismo.



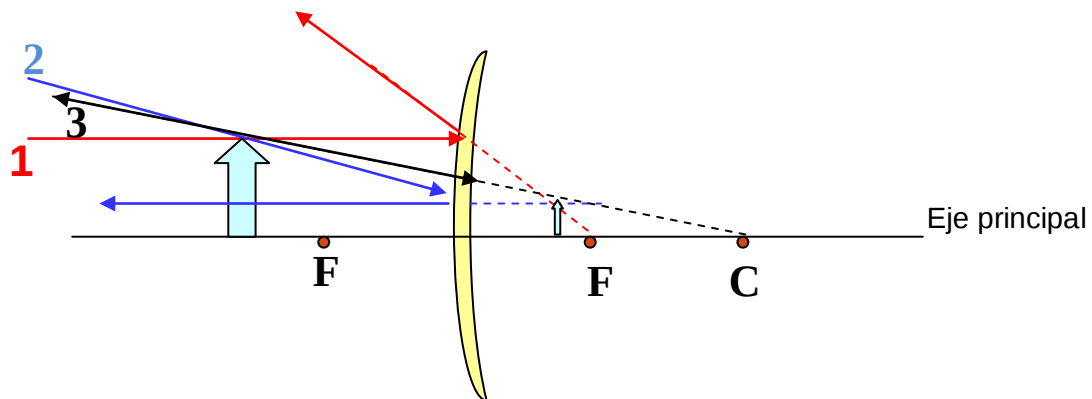
Resumen Rayos Principales.

Espejo Cóncavo.



- 1.- Todo rayo paralelo al eje principal llega al espejo y se refleja pasando por el foco.
- 2.- Todo rayo que pasa por el foco se refleja en forma paralela al eje principal.
- 3.- Todo rayo que pasa por el centro de curvatura se refleja sobre sí mismo.

Espejo Convexo.



- 1.- Todo rayo paralelo al eje principal llega al espejo y se refleja, de manera tal que su proyección pasa por el foco.
- 2.- Todo rayo que apunta al foco se refleja en forma paralela al eje principal.
- 3.- Todo rayo que apunta al centro de curvatura se refleja sobre sí mismo.

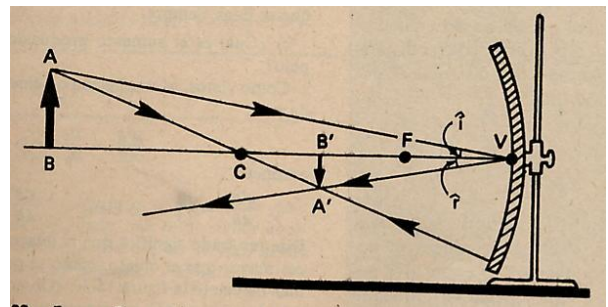
Actividad 15: "Ecuación de los Espejos Esféricos".

Aumento Producido por los Espejos.

- En los casos anteriores vimos que la imagen de un objeto puede ser mayor o menor que él, dependiendo de la posición del mismo, así como del tipo de espejo que produjo la imagen.
- La relación entre el tamaño de la imagen, $A'B'$, y el tamaño del objeto, AB , se denomina aumento o ampliación del espejo, es decir:
Aumento = (Tamaño de la imagen/Tamaño del objeto) = $A'B'/AB$
- Un aumento mayor que "1" indica que la imagen es mayor que el objeto, y por lo tanto, hay ampliación.

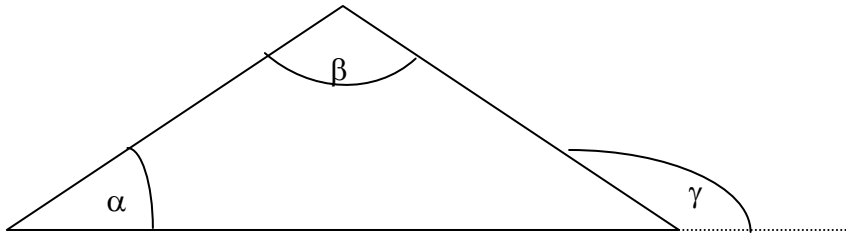
Cálculo del aumento.

- $(A'B'/AB) = (B'V/BV)$
- $(A'B'/AB) = (d_i/d_o)$
- Esto sirve para calcular, tanto el aumento de un espejo cóncavo como de uno convexo.

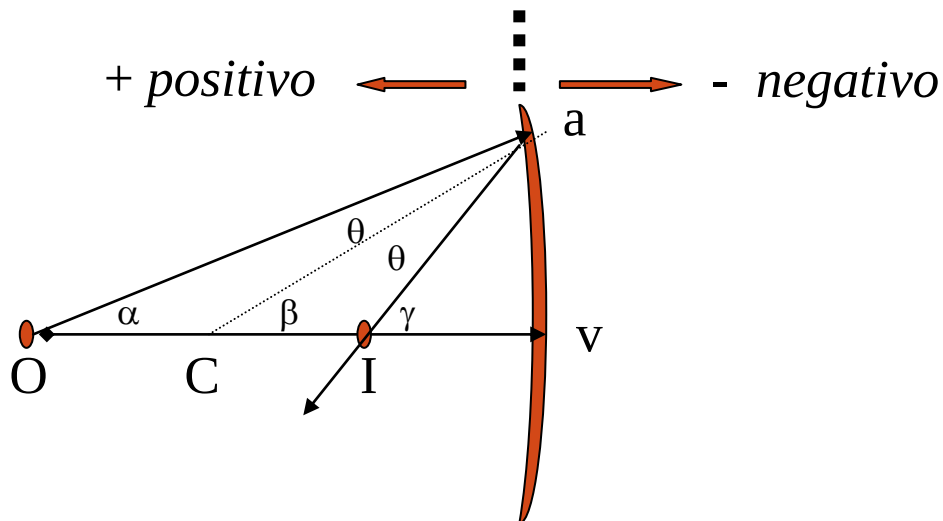


La ecuación de los espejos esféricos.

Consideraremos el siguiente teorema: “El ángulo exterior de un triángulo es igual a la suma de los dos ángulos interiores opuestos”.



Consideremos dos rayos que salen de un objeto y convergen después de reflejados de un espejo esférico (cóncavo con imagen real).



Usando teorema:

- (1) $\beta = \alpha + \theta$
- (2) $\gamma = \alpha + 2\theta$

De (1) y (2)

$$\gamma + \alpha = 2\beta$$

Pero:

$$\alpha \approx av/vO = av/o$$

$$\beta \approx av/vC = av/r$$

$$\gamma \approx av/vI = av/i$$

$$\frac{1}{do} + \frac{1}{di} = \frac{2}{r} = \frac{1}{f}$$

Ecuación de los
Espejos Esféricos.

- Esta ecuación permite calcular a qué distancia del espejo se formará la imagen, cuando conocemos la distancia focal del espejo y la distancia que hay del objeto hasta él.

Convención de signos.

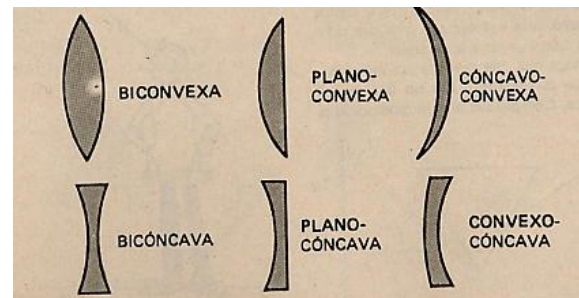
- La ecuación anterior se dedujo para el caso que se mostró en la figura, es decir, un espejo cóncavo que forma una imagen real de un objeto.
- También se podrá emplear cuando la imagen sea virtual, o cuando el espejo sea convexo, siempre que se aplique la siguiente convención de signos para las distancia do , di y f .
- La distancia do , siempre es positiva.
- La distancia di será positiva si la imagen es real y negativa si es virtual.
- La distancia focal será positiva cuando el espejo sea cóncavo (foco real), y negativa cuando sea convexo (foco virtual).

Actividad 16: "Lentes Esféricas".

- ¿Qué es una lente?

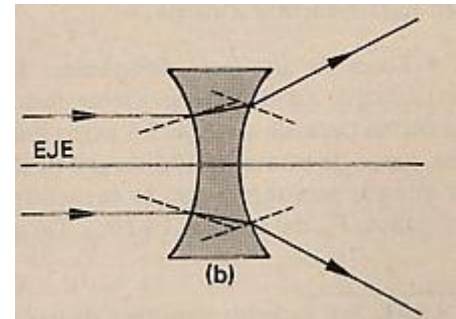
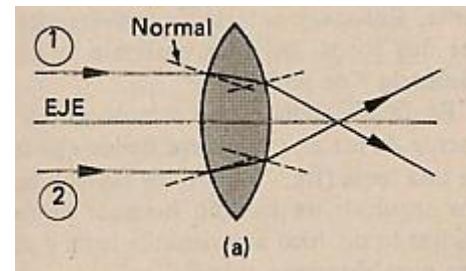
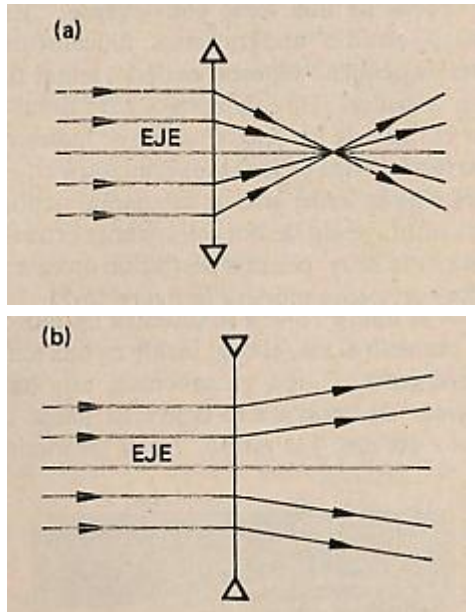
Los lentes son dispositivos que se emplean en gran número de instrumentos muy conocidos, como los anteojos, las cámaras fotográficas, los microscopios, las lupas, etc.

- Una lente está constituida por un medio material transparente, limitado por caras curvas que normalmente son esféricas.
- Dicho medio es, en general, vidrio o algún plástico, pero también podría ser el agua, el aire, etc.
- Las lentes esféricas poseen caras cóncavas o convexas, pudiendo ser plana una de ellas.
- Cuando ambas caras de una lente son convexas, decimos que se trata de una lente biconvexa.
- Cuando ambas son cóncavas, la lente es bicóncava.



Actividad 17: “Lentes convergentes y divergentes”.

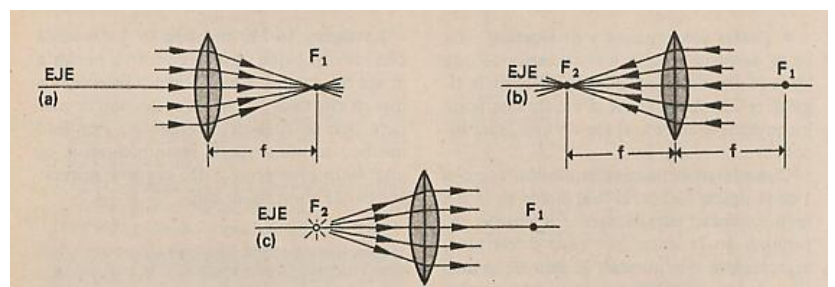
“Las lentes cuyo borde circular es más delgado que la parte central (como la lente biconvexa) son convergentes, y aquellas cuyo borde es más grueso que la parte central (como la lente bicóncava), son divergentes”.



Actividad 19: “Focos de una lente convergente”.

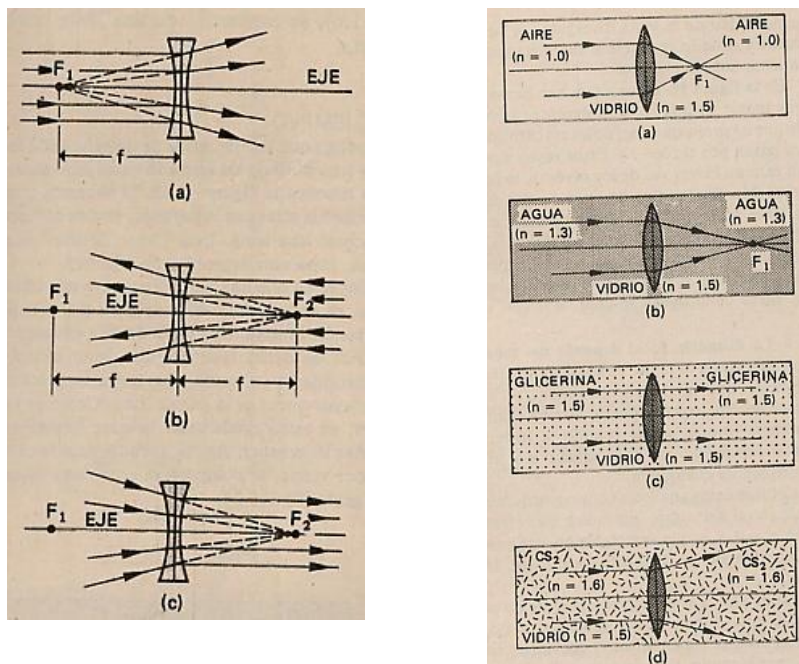
Denominaciones:

- F_1 : primer foco de la lente.
- f : distancia focal.
- F_2 : segundo foco.



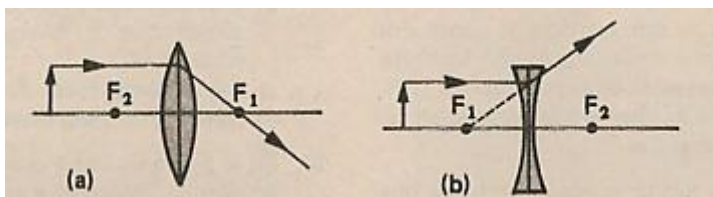
Actividad 18: "Focos de una lente divergente".

La distancia focal depende del medio que envuelve a la lente

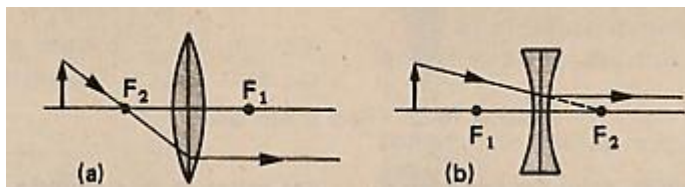


Actividad 19: "Formación de imágenes en las lentes".

- Un rayo luminoso que incide en una lente convergente en forma paralela a su eje, se refracta por el primer foco, F_1 .
- Un rayo luminoso que incide en una lente divergente en forma paralela a su eje, se refracta, de manera que su prolongación pasa por el primer foco F_1 .



- Un rayo luminoso que incide en una lente convergente y cuya dirección pasa por el segundo foco F_2 , sale de la lente en forma paralela a su eje.
- Un rayo luminoso que incide en una lente divergente, de modo que su prolongación pase por el segundo foco, F_2 , sale de la lente en forma paralela.



Actividad 20: “La ecuación de las lentes”.

- Si un objeto de tamaño AB está situado a una distancia D_0 de una lente y su imagen, de tamaño $A'B'$, se forma a una distancia D_i de la lente, el aumento que produce ésta será:

$$A'B'/AB = d_i/d_0$$

- De la misma manera, d_0 , d_i y f (distancia focal de la lente) se relacionan por la ecuación:

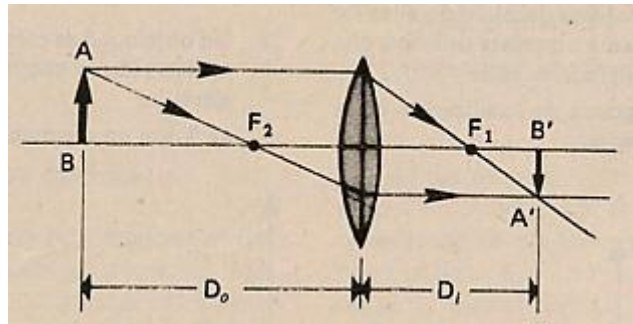
$$1/f = 1/d_0 + 1/d_i \text{ (también válida para las lentes)}$$

- La ecuación anterior se aplica, por tanto, a lentes convergentes y a lentes divergentes, y para imágenes reales y virtuales, pues obedece la siguiente convención de signos:

1º La distancia d_0 siempre es positiva.

2º La distancia d_i será positiva si la imagen es real y negativa si es virtual.

3º “ f ” será positiva cuando la lente sea convergente y negativa cuando sea divergente.



Actividad 21: “Resumen”.

Espejos Esféricos.

Distancia Focal: La distancia focal es la distancia imagen cuando el objeto está en el infinito, de modo que la luz incidente es paralela al eje.

Ecuación del espejo (para localización de una imagen):

$$1/d_o + 1/d_i = 1/f ; \quad f: \text{distancia focal } (f = r/2)$$

Esta ecuación permite calcular a qué distancia del espejo se formará la imagen, cuando conocemos la distancia focal del espejo y la distancia que hay del objeto hasta él.

Convención de signos.

- La ecuación anterior se dedujo para el caso que se mostró en la figura, es decir, un espejo cóncavo que forma una imagen real de un objeto.
- También se podrá emplear cuando la imagen sea virtual, o cuando el espejo sea convexo, siempre que se aplique la siguiente convención de signos para las distancias D_o , D_i y f .
- La distancia D_o , siempre es positiva.
- La distancia D_i será positiva si la imagen es real y negativa si es virtual.
- La distancia focal será positiva cuando el espejo sea cóncavo (foco real), y negativa cuando sea convexo (foco virtual).

Aumento lateral: $m = h_i/h_o = - d_i/d_o$

Un aumento menor que “1” indica que la imagen es menor que el objeto, y por lo tanto, que hay reducción en vez de ampliación. Esto sirve para calcular, tanto el aumento de un espejo cóncavo como de uno convexo.

Imágenes formadas por refracción:

1. Refracción en una sola superficie: $n_1/d_o + n_2/d_i = (n_2 - n_1)/r$

Donde n_1 es el índice de refracción correspondiente al lado de incidencia de la superficie.

2. Aumento: $m = h_i/h_o = - n_1 d_i / n_2 d_o$

3. Convenio de signos:

1. d_o es positiva (objeto real) para objetos enfrente (lado de incidencia) de la superficie.
2. d_i es positiva (imagen real) para imágenes detrás (lado de transición) de la superficie.
3. r es positivo si el centro de curvatura está en el lado de la luz refractada (lado de transmisión).

Lentes delgadas:

Distancia focal (fórmula del constructor de lentes):

Para un objeto situado en el infinito:

$$1/f = (n - 1)(1/r_1 - 1/r_2)$$

Una lente positiva ($f > 0$) es convergente.

Una lente negativa ($f < 0$) es divergente.

Potencia: $P = 1/f$

Ecuación de la lente delgada (para localización de la imagen): $1/d_o + 1/d_i = 1/f$

Aumento: $m = h_i/h_o = - d_i/d_o$

Convenio de signos: es el mismo que el establecido para la refracción en una superficie esférica.

Actividad 22: "Ejercicios".

Ejercicio 1:

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

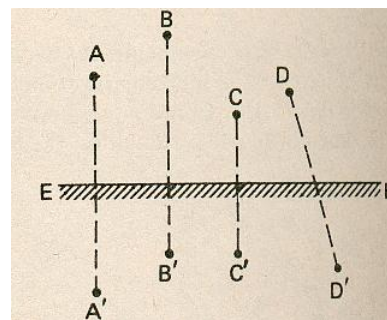
- (a) ¿Qué sucede con el haz de luz que emite la lámpara cuando llega al espejo?
- (b) ¿El haz reflejado es convergente o divergente?
- (c) Al llegar a sus ojos, ¿desde qué punto parece estar viendo el haz que refleja el espejo?
- (d) Entonces, ¿Qué ve usted en este punto?
- (e) Haga un esquema que ilustre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

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?

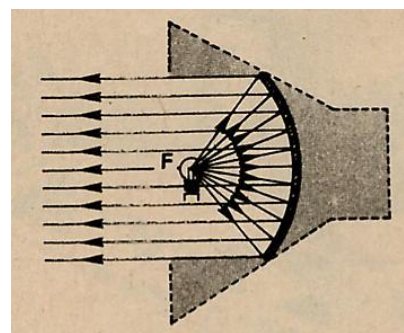
Ejercicio 3:

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.



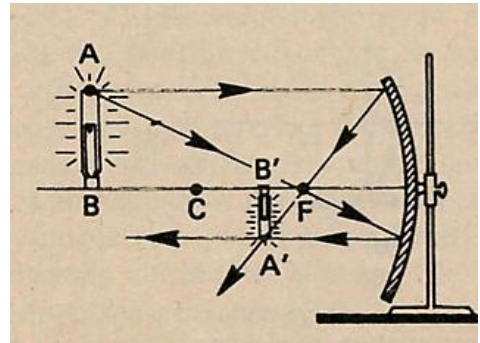
Ejercicio 4:

El reflector (o espejo cóncavo) de un proyector de luz de un automóvil tiene un radio de curvatura $R = 20$ [cm]. ¿Cuál es la distancia entre el filamento y el vértice del espejo?



Ejercicio 5:

El objeto AB de la figura, se encuentra frente a un espejo cóncavo, a una distancia mayor que la de su radio. Localice la imagen de este objeto.



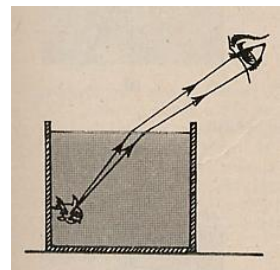
Ejercicio 6:

Un objeto se sitúa a 10 [cm] del vértice de un espejo cóncavo, cuya distancia focal es de 20 [cm].

- ¿A qué distancia del espejo se formará la imagen del objeto?
- Muestre en un diagrama la formación de la imagen del objeto.
- ¿Cuál es el aumento producido por el espejo?

Ejercicio 7:

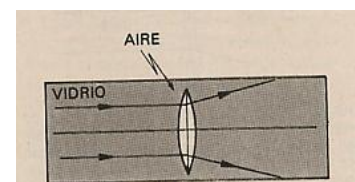
- Un pequeño pez se encuentra dentro de un acuario. La figura de este ejercicio muestra rayos luminosos que parten del pez y se refractan al pasar del agua hacia el aire.
- Muestre, en la figura, dónde está situada la imagen del pez que ve el observador.
- Esta imagen, ¿es real o virtual? Explique.



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?

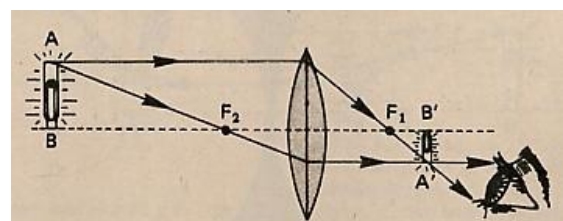
Ejercicio 8:

Suponga que en el interior de un bloque de vidrio hay una burbuja de aire con caras convexas, como muestra la figura. Si hacemos que un haz de luz atraviese la burbuja, ésta se comportará como una lente. Esta "lente de aire" biconvexa, ¿será convergente o divergente?



Ejercicio 9:

El objeto AB de la figura, se encuentra frente a una lente convergente, cuyos focos se localizan en F_1 y F_2 . La distancia del objeto a la lente es mayor que el doble de su distancia focal. Localice la imagen del objeto.



Guía de Ejercicios.
Tema: Espejos y Lentes.

Espejos.

Prob.1. (a) Frente a un espejo plano y a 10 [cm] de él se coloca un objeto. ¿Dónde se forma la imagen? ¿Qué característica tiene?
(b) Entre dos espejos planos paralelos y equidistantes entre ellos se ubica un objeto. Observe y comente sobre la cantidad de imágenes que se forman.

Resp: (a) A 10 [cm] detrás de él; virtual; derecha y de igual tamaño.

Prob.2. Se formar una imagen real y de doble tamaño de un objeto de 1,5 cm de altura. Determine:

- a) La posición del objeto si se usa un espejo cóncavo de $R = 15$ cm.
- b) La posición del objeto si se usa una lente convergente con la misma distancia focal que el espejo.
- c) Obtenga gráficamente lo solicitado en los apartados (a) y (b).

Prob.3. Un espejo cóncavo tiene distancia focal de 40 [cm].

- a) ¿A qué distancia deberá colocarse un objeto si el espejo forma una imagen real, invertida y aumentada en un factor cuatro?
- b) ¿Cuál es la posición de la imagen?

Resp:

- a) 50 [cm].
- b) 200 [cm].

Prob.4. ¿A qué distancia de un espejo cóncavo de 10 [cm] de distancia focal debiera colocarse una pantalla para que en ella se forme la imagen de un objeto colocado a 30 [cm] del espejo?

Resp: 15 [cm].

Prob.5. ¿Dónde se formará la imagen para el espejo anterior, si:

- a) El objeto se coloca a 20 [cm] de distancia.
- b) El objeto se coloca a 5 [cm] del espejo.

Resp:

- a) 20 [cm] delante del espejo.
- b) -10 [cm] detrás del espejo.

Prob.6. El radio de curvatura de un espejo cóncavo mide 40 [cm]. ¿Dónde se formará la imagen de un objeto colocado a 30 [cm] del espejo?

Resp: A 120 [cm].

Prob.7. Un espejo cóncavo tiene un aumento de $-0,5$ y su imagen es real y se encuentra a 15 [cm] del espejo. ¿Cuál es la distancia focal y en qué posición debió colocarse el objeto?

Resp: 12 [cm], -32 [cm].

Lentes.

Prob.8. La distancia focal de una lente convergente es de 15 [cm]. Un objeto de 3 [cm] de altura se coloca sobre el eje principal. Halle la posición de la imagen, su tamaño, diga si es real o virtual, derecha o invertida, cuando el objeto se encuentra en:

- a) En el infinito.
- b) A 30 [cm] a la izquierda del centro.
- c) A 6 [cm] a la izquierda del centro.

Prob.9. La distancia focal de una lente divergente es de 25 [cm]. Un objeto de 6 [cm] de altura se coloca en el eje principal. Halle la posición de la imagen y si es derecha o invertida, cuando el objeto se encuentra:

- a) En el infinito.
- b) A 45 [cm] a la izquierda del centro.
- c) A 20 [cm] a la izquierda del centro.

Resp:

- a) 25 [cm], virtual y puntual.
- b) $-19,79$ [cm], virtual, derecha, menor.
- c) $-11,11$ [cm], virtual, derecha, menor.

Prob.10. Indique las características de la imagen producida por una lente convergente si se coloca un objeto:

- a) Entre el foco y la lente.
- b) A una distancia $2f$ (f : distancia focal).
- c) Construir los rayos principales.

Resp:

- a) Virtual, derecha, mayor.
- b) Real, invertida, de igual tamaño.

Prob.11. Dos lentes están separadas 22 [cm]. La distancia focal de la primera lente es de 20 [cm] y la distancia focal de la segunda es -10 [cm]. El objeto está a 60 [cm] a la izquierda de la primera lente.

- a) ¿Dónde está localizada la imagen final?
- b) ¿Cuál es el tamaño y carácter de la imagen final?

Resp:

- a) $25,6$ [cm].
- b) $4,4$ [cm] de la segunda lente.

Prob.12. Un microscopio tiene un objetivo de distancia focal 0,3 [cm] y un ocular de distancia focal de 2,0 [cm].

- a) ¿Dónde debe estar la imagen formada por el objetivo para que el ocular produzca una imagen virtual a 25 [cm] delante del ocular?
- b) Si las lentes tienen 20 [cm] de separación, ¿qué distancia separa al objetivo del objeto que está sobre la platina?
- c) ¿Cuál es el aumento total del microscopio?

Resp:

- a) A 1,85 [cm] debajo del ocular.
- b) 0,31 [cm].

Prob.13. Un microscopio tiene longitudes focales de ocular de 1 [cm] y 2,75 [cm] respectivamente. Dibuje la imagen producida de un objeto colocado a 1,08 [cm] del objetivo si los dos lentes están separados 16 [cm].

Resp: Aumento del microscopio 137,5.

Prob.14. ¿Cuál debe ser la distancia focal de una lupa si al colocar el ojo sobre ella se observa la imagen de un objeto, aumentada 10 veces, a 25 [cm]?

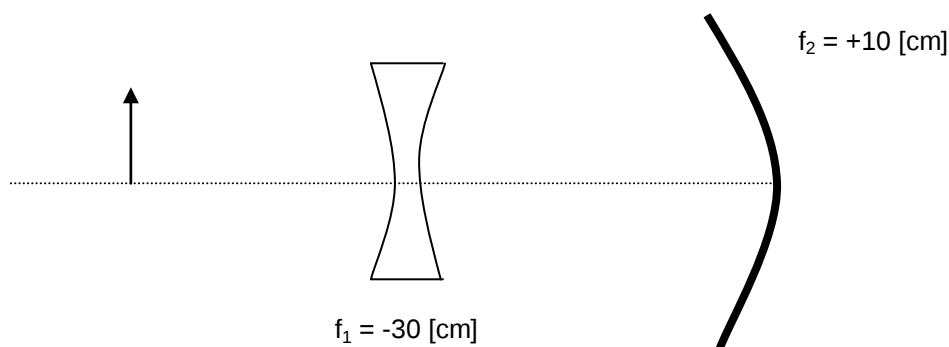
Resp: 2,8 [cm].

Sistemas compuestos.

Prob.15. Delante de un espejo convexo y a 80 [cm] de él se encuentra una lente convergente. El espejo tiene una distancia focal de 10 [cm] y la lente una distancia focal de 20 [cm]. Si a 30 [cm] delante de la lente se coloca un objeto, determine la posición de la imagen producida por el conjunto lente-espejo. ¿Es real o virtual?

Resp: A 6,7 [cm] detrás del espejo y virtual.

Prob.16. Una lente divergente de distancia focal -30 [cm] se encuentra separada de un espejo cóncavo de distancia focal $+10$ [cm], 40 [cm]. Si un objeto se coloca a 60 [cm] de la lente, encuentre la posición y las características de la imagen.



Prob.17. Una lente convergente de distancia focal $+20$ [cm] se encuentra separada 90 [cm] de un espejo cóncavo de distancia focal $+15$ [cm]. Si se coloca un objeto a 30 [cm] de la lente, encuentre la posición y las características de la imagen final.

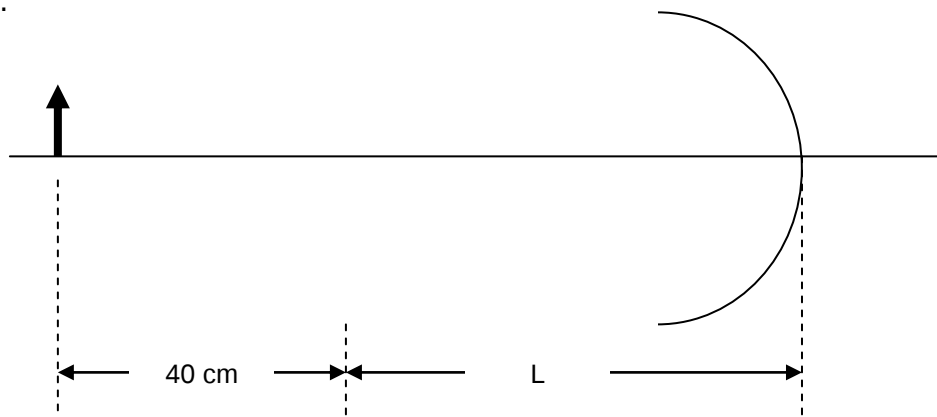
Prob.18. Una lente convergente tiene una longitud focal de 10 [cm], se coloca a 30 [cm] a la izquierda de un espejo cóncavo de longitud focal 5 [cm].

a) Hallar la posición de la imagen si se coloca un objeto a 20 [cm] y a la izquierda de la lente.

b) ¿Cuál es el aumento de éste sistema compuesto?

Prob.19. Una lente convergente y espejo convexo están separados por $1,00$ m y tienen longitudes focales de $+80,0$ cm y $-50,0$ cm, respectivamente. Si un objeto se coloca $1,00$ m a la izquierda de la lente, ¿dónde se ubicará la imagen final? Establezca si la imagen es derecha o invertida y determine el aumento. (La secuencia es de izquierda a derecha: objeto-lente-espejo).

Prob.20. La figura muestra una lente delgada de distancia focal de 30 cm y un espejo cóncavo cuyo radio es 20 cm. Si se sitúa un objeto de 3 cm de altura delante de la lente se observa que el tamaño de la imagen producida por el espejo es de 9 cm. Calcule la separación " L " que existe entre la lente y el espejo.



Lentes gruesas.

Prob.21. Dentro de una pecera esférica de radio 15 cm llena de agua se encuentra un pez. El pez mira a través de la pecera y ve un gato sentado sobre la mesa a 10 cm de la pecera. Encontrar la imagen del gato y su aumento vista por el pez.

Resp: -17,1 cm; 1,29, imagen derecha.

Prob.22. Una lente biconvexa de vidrio, $n=1,5$, tiene sus radios de curvatura de 10 cm y 15 cm. Hallar su distancia focal y su potencia. Localizar la imagen gráfica y algebraicamente de un objeto de 1,2 cm de alto que se coloca a 4 cm de la lente. A la derecha de esta lente y a 12 cm de ella se coloca una segunda lente de distancia focal 6 cm. Localizar ahora la imagen final del objeto anterior.

EJERCICIOS DE ÓPTICA GEOMÉTRICA: OBTENCIÓN GRÁFICA.

Ejercicio 1:

Un objeto de 10 mm de altura se encuentra situado a 15 mm en frente de un espejo cóncavo de 40 mm de radio.

- Construya la solución gráfica.
- Determine la posición de la imagen.
- Indique el carácter de la imagen (real o virtual).
- Determine el tamaño de la imagen.

Ejercicio 2:

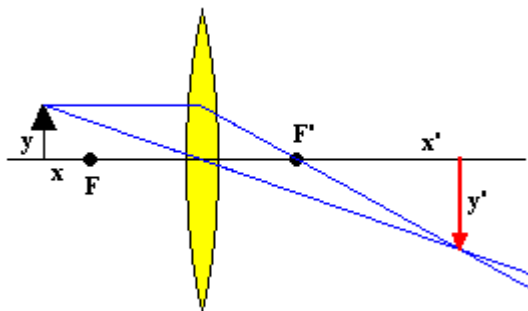
Un objeto de 0,8 cm de altura está situado a 15 cm del vértice de un espejo esférico cóncavo de radio 20 cm. Determinar la posición, tamaño y naturaleza de la imagen.

Ejercicio 3:

¿A qué distancia de un espejo cóncavo de 100 mm de radio debe situarse un objeto real para que su imagen sea real y cuatro veces mayor que el tamaño del objeto?

Ejercicio 4:

Se necesita proyectar una diapositiva de 2 cm de altura sobre una pantalla situada a 3 m de la diapositiva, de modo que la imagen sea de 0,5 m de altura. Calcular la posición de la lente.



Ejercicio 5:

Un sistema óptico centrado, está formado por dos lentes delgadas convergentes de igual distancia focal, 10 cm, separadas 40 cm. Un objeto lineal de altura 1 cm se coloca delante de la primera lente a una distancia de 15 cm. Determinar:

- a) La posición, tamaño y naturaleza de la imagen formada por la primera lente.
- b) La posición de la imagen final del sistema, efectuando su construcción geométrica.

Ejercicio 6:

Un objeto de 10 cm de altura se ubica a 1 m de distancia delante de un espejo esférico cóncavo (respecto del vértice), el que tiene un radio de curvatura de 1,5 m. Determinar:

- a) La posición de la imagen.
- b) El tamaño de la imagen.
- c) La naturaleza de la imagen (derecha o invertida, real o imaginaria). Justifique.

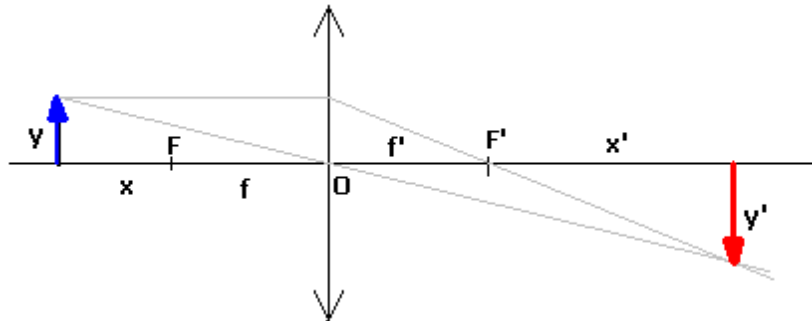
Ejercicio 7:

Una persona se coloca frente a un espejo convexo de radio 1m (respecto del vértice). Determine para cada Ejercicio el tipo de imagen que observa (real o virtual), su localización (d_i), aumento (m) y el lugar dónde se forma. Complete la tabla adjunta y justifique con los cálculos correspondientes.

d_o [m]	d_i [m]	Aumento (m)	Tipo de imagen	¿Dónde se forma la imagen?
2				
1				
0,5				

Ejercicio 8:

Una lente convergente con radios de curvatura de sus caras iguales, y que suponemos delgada, tiene una distancia focal de 50 cm. Con la lente proyectamos sobre una pantalla la imagen de un objeto de tamaño 5 cm. Calcular la distancia de la pantalla a la lente para que la imagen tenga un tamaño de 40 cm.



Ejercicio 9:

Una lente convergente de distancia focal +20 [cm] se encuentra separada 90 [cm] de un espejo cóncavo de distancia focal +15 [cm]. Si se coloca un objeto de 1 cm a 30 [cm] de la lente, encuentre la posición y las características de la imagen final.