

Taller 2: “Espejos Esféricos”.

Objetivos:

- Conocer y aplicar 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:

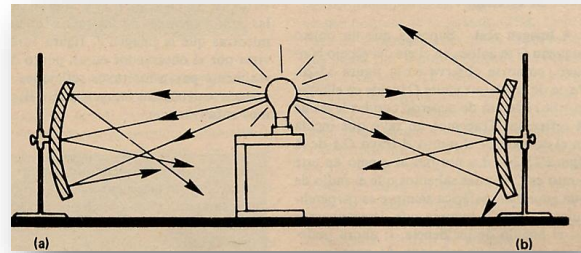
- ✓ Espejos.
- ✓ Lentes.
- ✓ Leyes para espejos y lentes.

1. “Espejos Esféricos”.



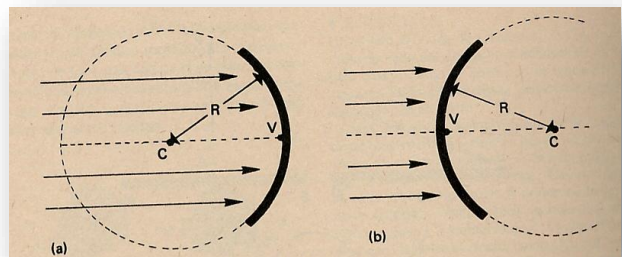
Espejos cóncavos y convexos.

- 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.



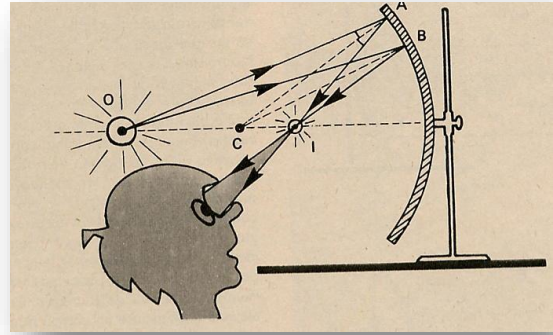
2. "Elementos de los espejos esféricos".

- 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).



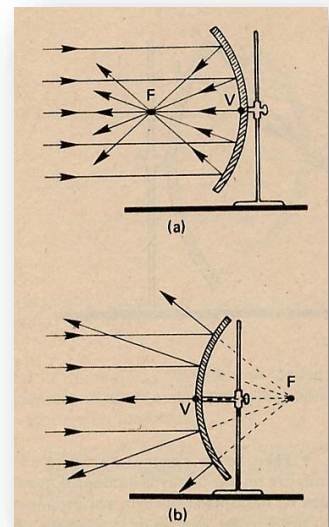
3. "Imagen real".

"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"



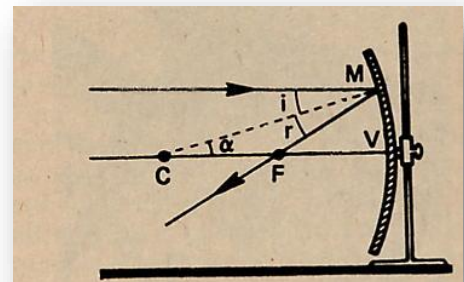
4. "Foco de un espejo".

"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"



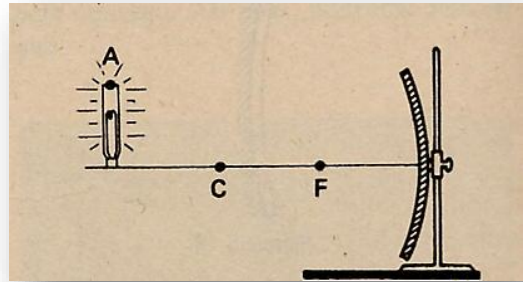
5. "Distancia Focal".

- La distancia focal, "f", de un espejo esférico es igual a la mitad de su radio de curvatura, "R"; es decir, $f = \frac{R}{2}$
- 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.



6. "Imagen de un objeto grande".

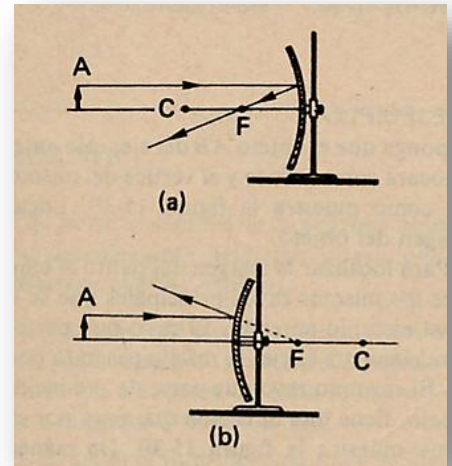
Consideremos un objeto grande (no puntiforme), como la lámpara que se muestra en la figura, colocado frente a un espejo esférico.



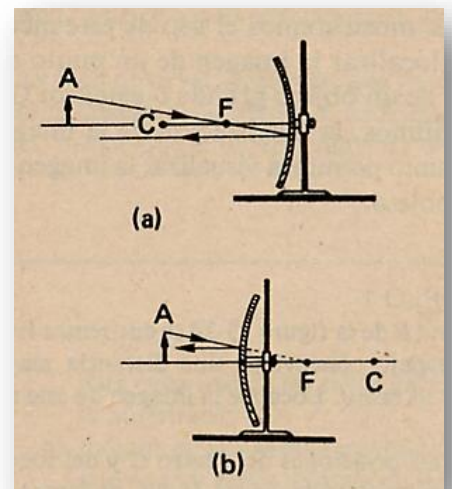
7. "Rayos Principales".

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:

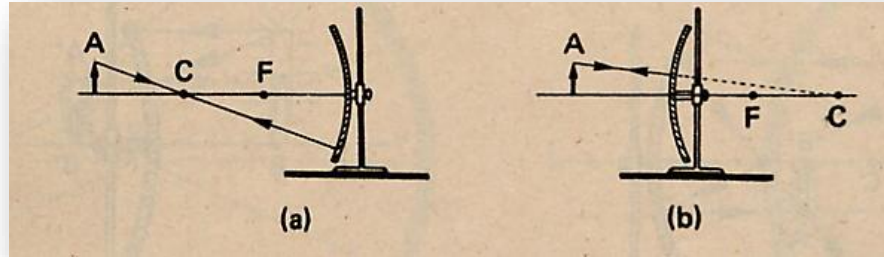
- Un rayo luminoso que incide en un espejo cóncavo, paralelamente al eje, se refleja pasando por el foco.
- Un rayo luminoso que incide en un espejo convexo, en forma paralela a su eje, se refleja de modo que su prolongación pasa por el foco.



- 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.

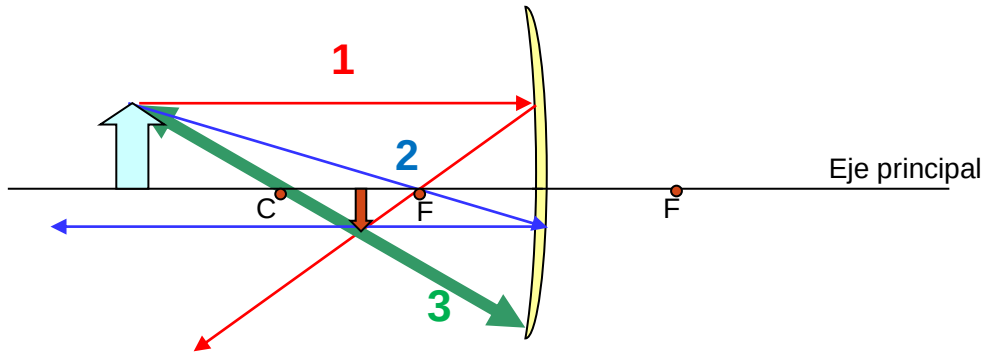


- Un rayo luminoso que incide en un espejo cóncavo pasando por el centro de curvatura, se refleja sobre sí mismo (este rayo incide perpendicularmente al espejo).
- Un rayo luminoso que incide en un espejo convexo de manera que su dirección pase por el centro de curvatura del espejo, se refleja sobre sí mismo.



8. Resumen Rayos Principales.

Espejo Cóncavo.

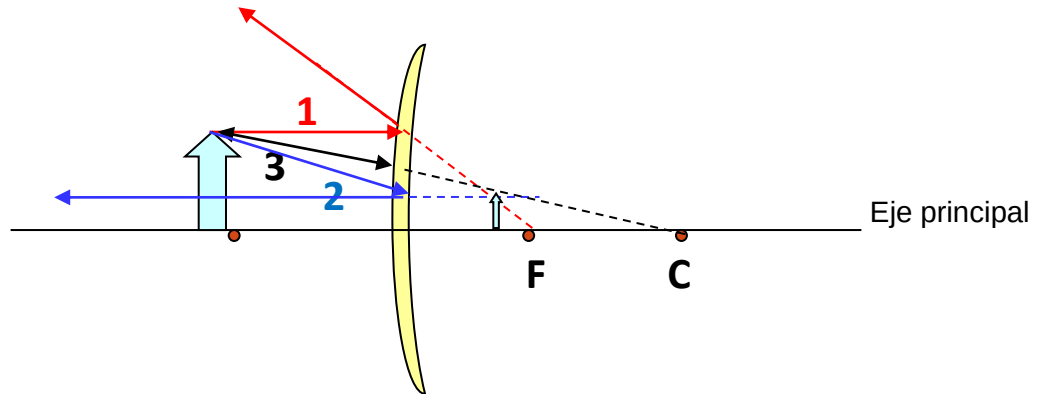


1.- Todo rayo paralelo al eje principal llega al espejo y se refleja pasando por el foco.

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.

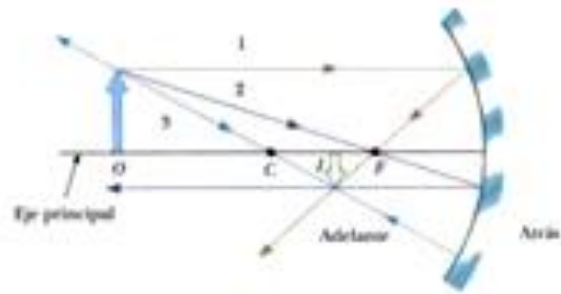
Espejo Convexo.



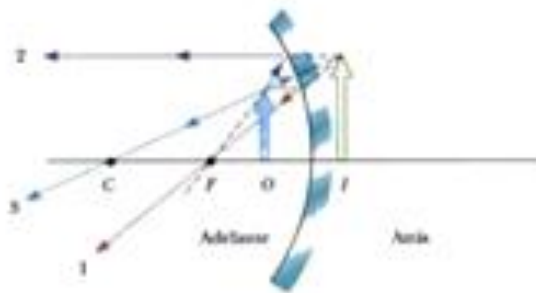
1.- Todo rayo paralelo al eje principal llega al espejo y se refleja, de manera tal que su proyección pasa por el foco.

2.- Todo rayo que apunta al foco se refleja en forma paralela al eje principal.

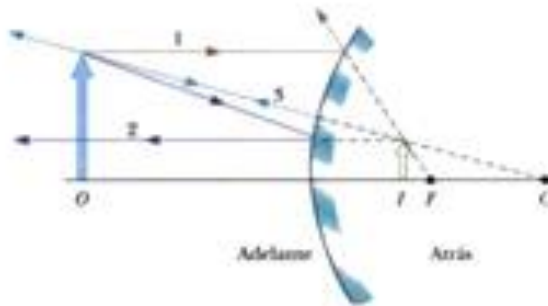
3.- Todo rayo que apunta al centro de curvatura se refleja sobre sí mismo.

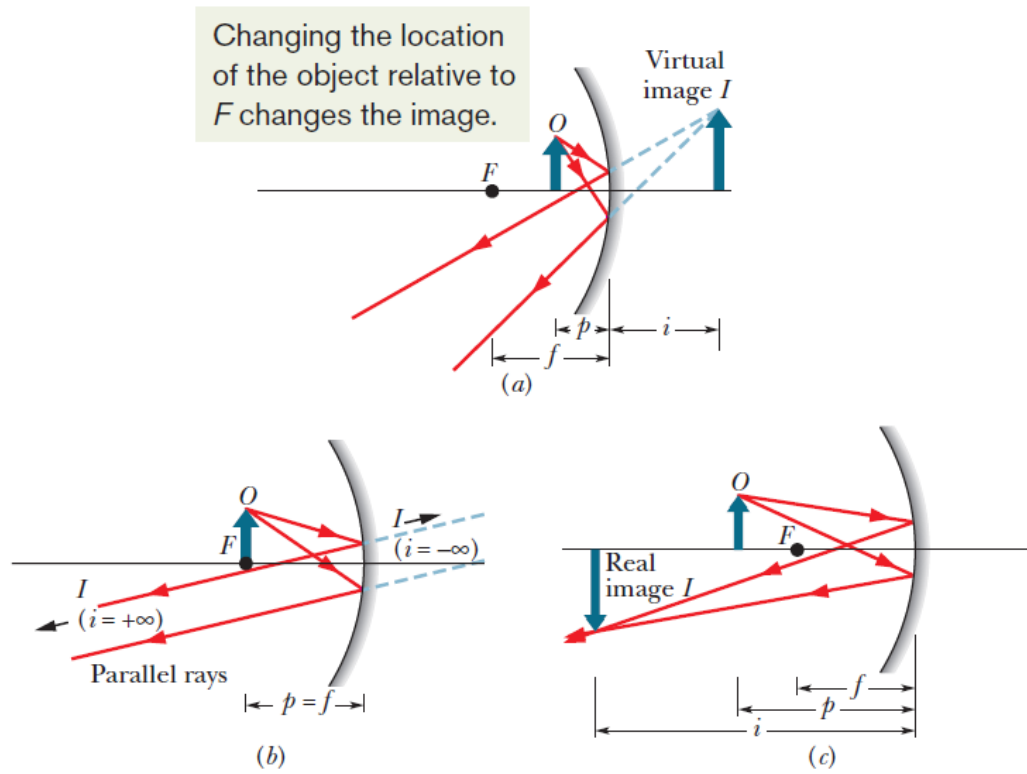


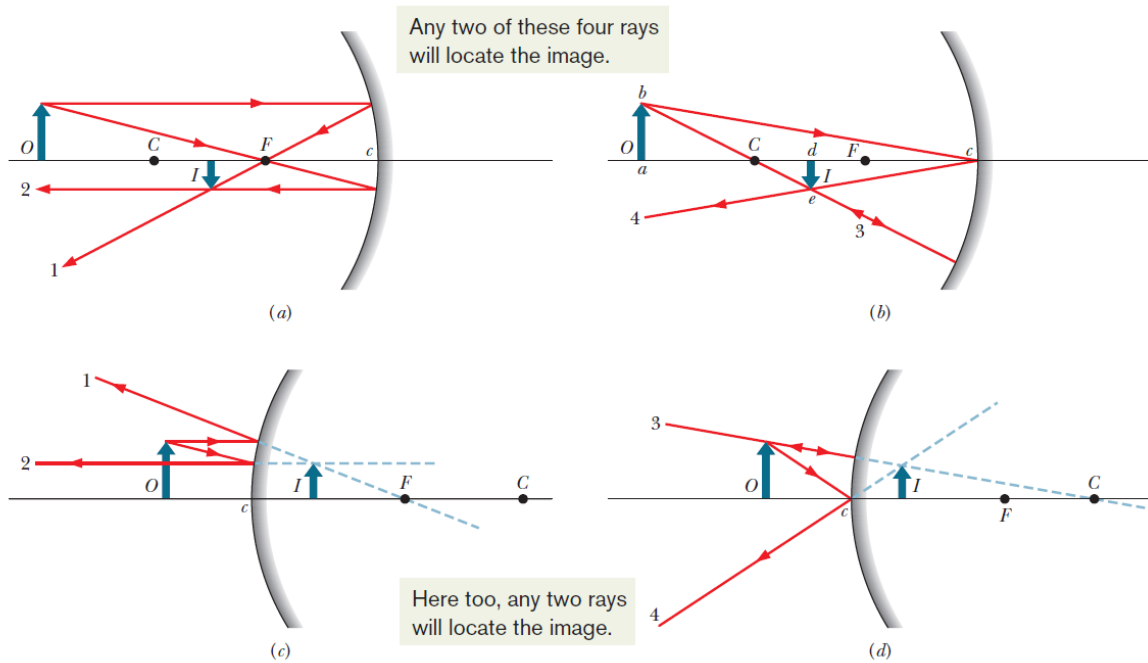
(a)



(b)







9. "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:

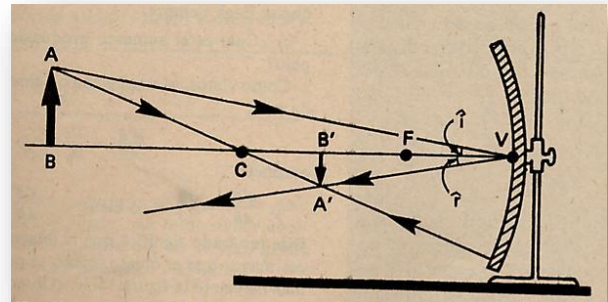
$$\text{Aumento} = m = \frac{\text{Tamaño de la imagen}}{\text{Tamaño del objeto}} = \frac{A'B'}{AB}$$

- Un aumento mayor que "1" indica que la imagen es mayor que el objeto, y por lo tanto, hay ampliación.

Cálculo del aumento.

- $\frac{A'B'}{AB} = \frac{B'V}{BV}$

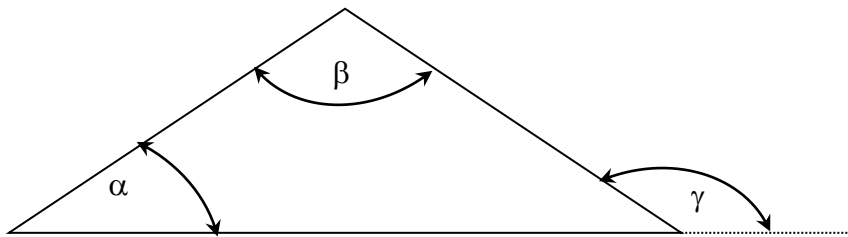
- $\frac{A'B'}{AB} = -\left(\frac{d_i}{d_o}\right)$



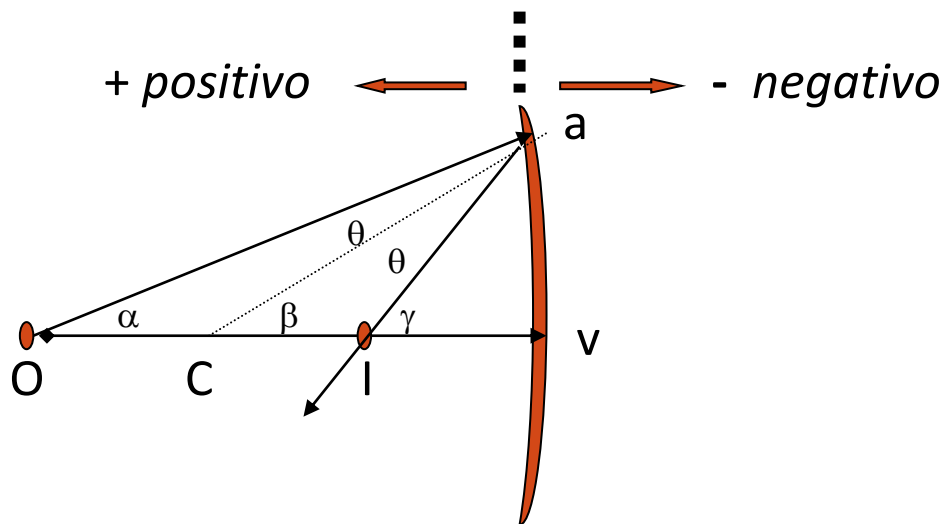
- Esto sirve para calcular, tanto el aumento de un espejo cóncavo como de uno convexo.

Determinación de 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:

$$(1) \quad \beta = \alpha + \theta$$

$$(2) \quad \gamma = \alpha + 2\theta$$

De (1) y (2)

$$\gamma + \alpha = 2\beta \quad (3)$$

Pero:

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

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

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

Reemplazando en la ecuación (3), se tiene:

$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f} = \frac{2}{r}$$

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.

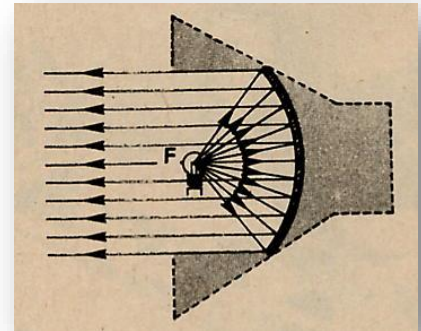
Convención de signos.

- 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 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).

10: "Ejercicios".

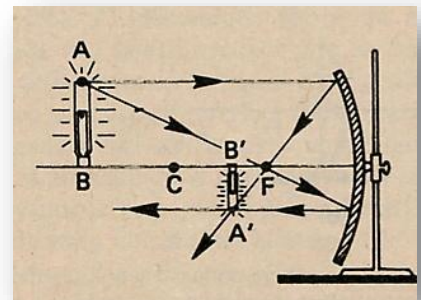
Ejercicio 1:

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 2:

El objeto AB de la figura, se encuentra frente a un espejo cóncavo, a una distancia mayor que la de su radio. Analice la situación mostrada en la figura.



Ejercicio 3:

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?

11: "Lentes Esféricas".

¿Qué es una lente?

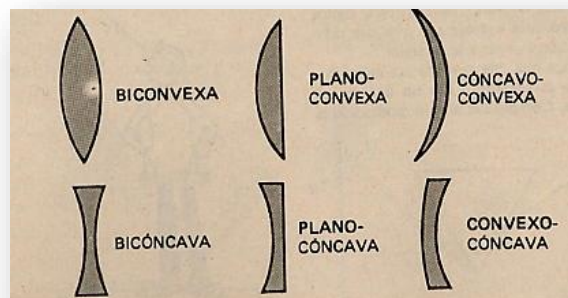
Las lentes son dispositivos que se emplean en gran número de instrumentos muy conocidos, como los anteojos, las cámaras fotográficas, los microscopios, las lupas, etc.

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.



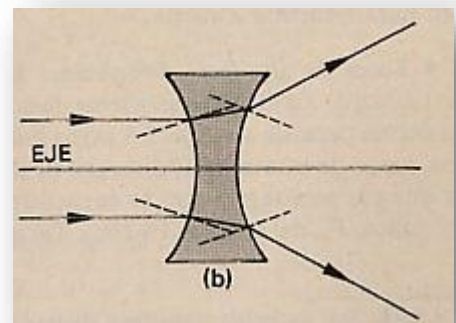
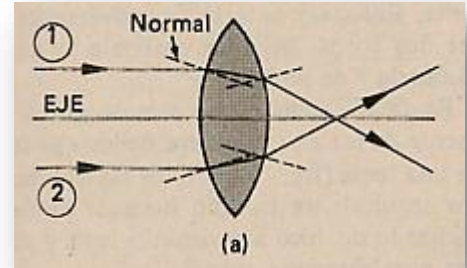
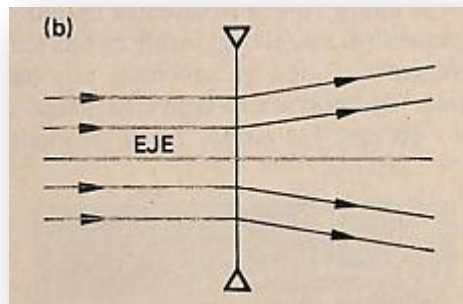
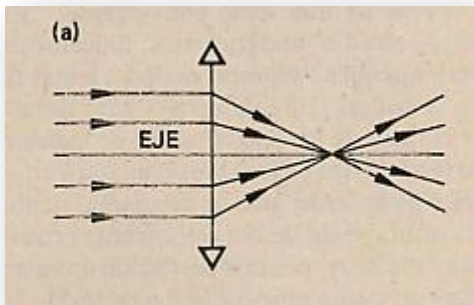
Las lentes esféricas poseen caras cóncavas o convexas, pudiendo ser plana una de ellas.

- Cuando ambas caras de una lente son convexas, decimos que se trata de una lente biconvexa.
- Cuando ambas son cóncavas, la lente es bicóncava.



12: "Lentes convergentes y divergentes".

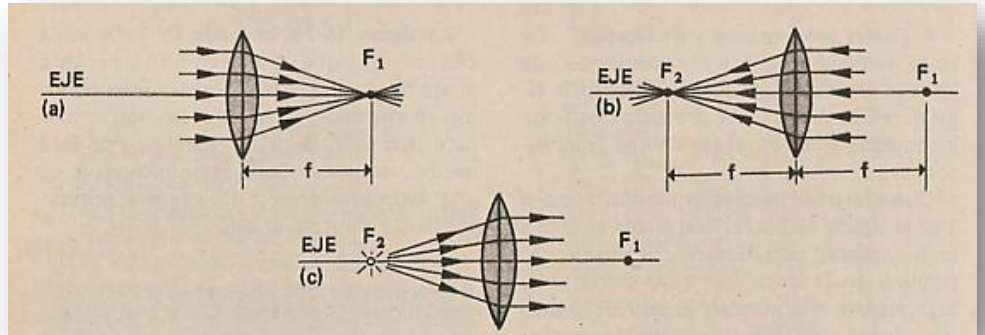
"Las lentes cuyo borde circular es más delgado que la parte central (como la lente biconvexa) son convergentes, y aquellas cuyo borde es más grueso que la parte central (como la lente bicóncava), son divergentes".



13: "Focos de una lente convergente".

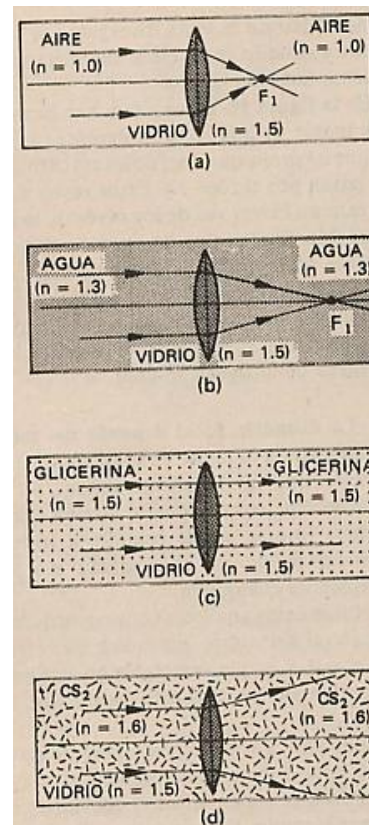
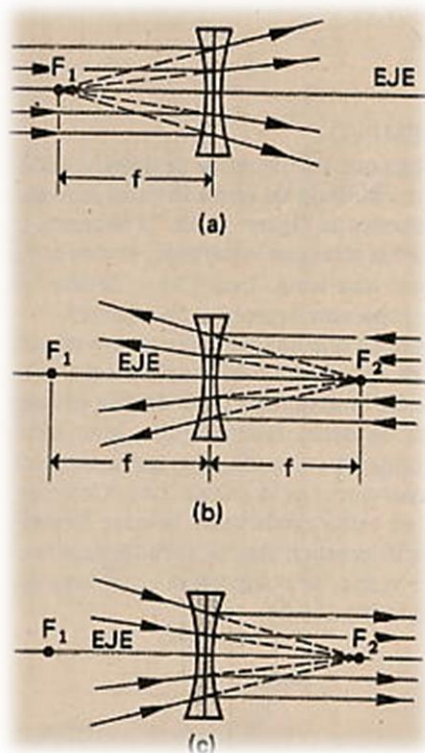
Denominaciones:

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



14: "Focos de una lente divergente".

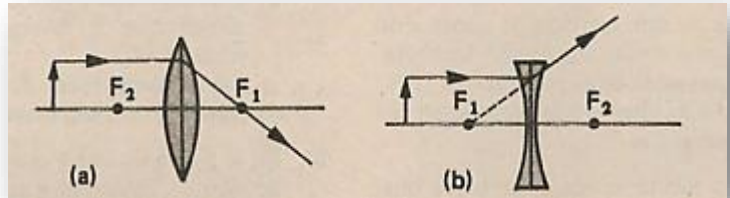
La distancia focal depende del medio que envuelve a la lente.



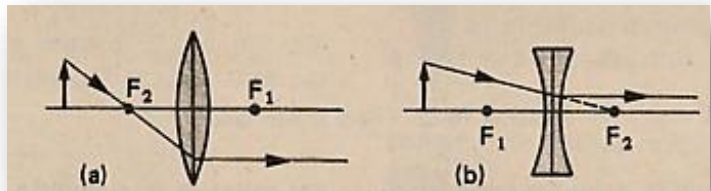
15: "Formación de imágenes en las lentes".

- 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.

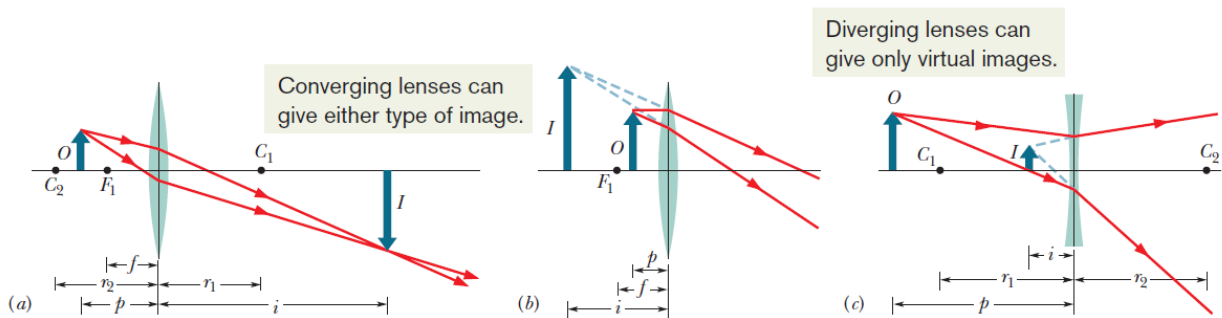
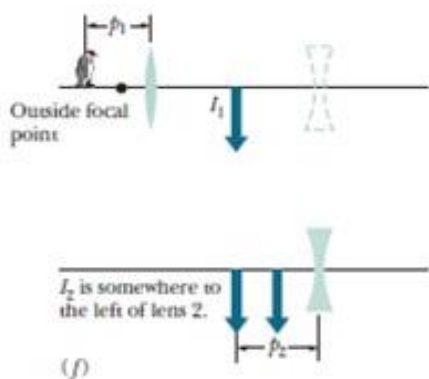
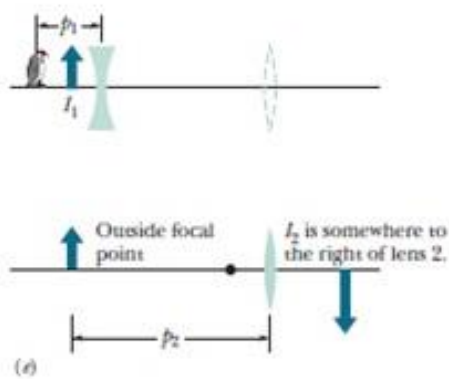
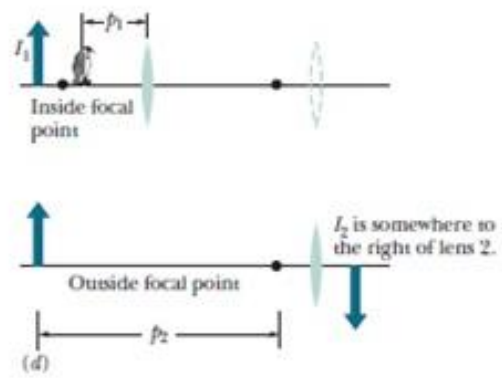
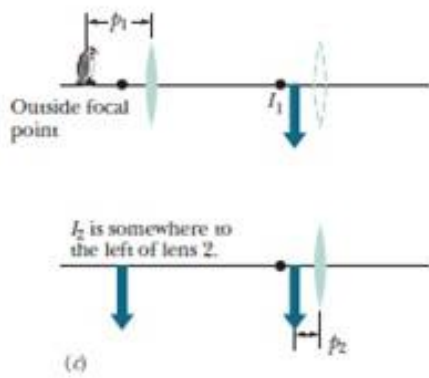
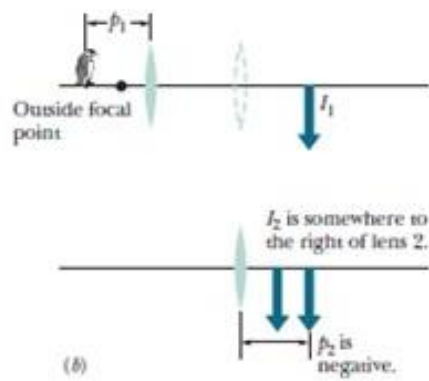
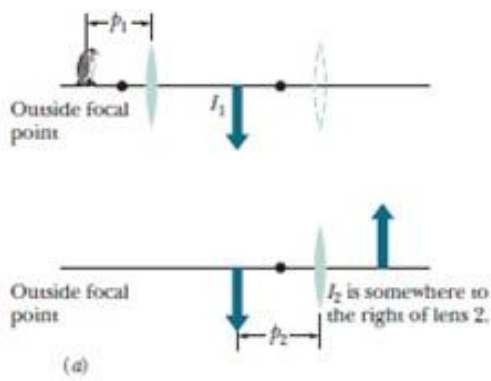


Fig. 34-15 (a) A real, inverted image I is formed by a converging lens when the object O is outside the focal point F_1 . (b) The image I is virtual and has the same orientation as O when O is inside the focal point. (c) A diverging lens forms a virtual image I , with the same orientation as the object O , whether O is inside or outside the focal point of the lens.



16: “La ecuación de las lentes”.

- Si un objeto de tamaño AB está situado a una distancia D_o 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:

$$\frac{A'B'}{AB} = -\left(\frac{d_i}{d_o}\right)$$

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

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

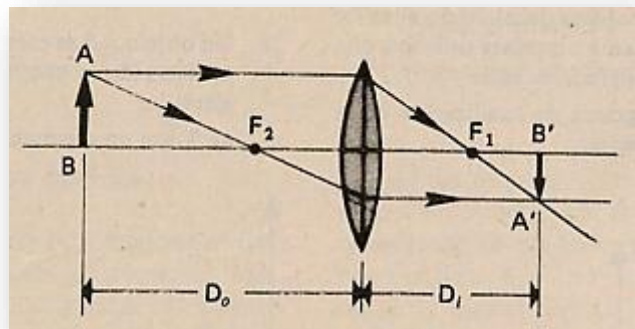
También válida, para las lentes.

- 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_o siempre es positiva.

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

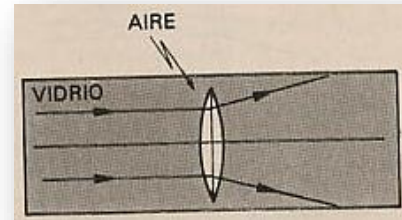
3º “ f ” será positiva cuando la lente sea convergente y negativa cuando sea divergente.



17: "Ejercicios".

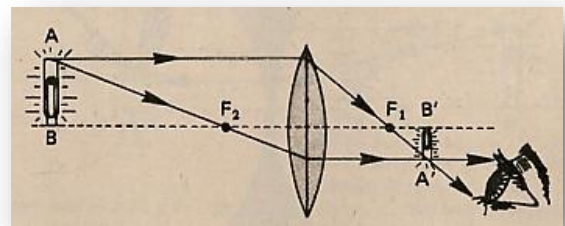
Ejercicio 1:

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 2:

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. Determine la imagen del objeto.



18.: "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):

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$f = \frac{R}{2}$$

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 (magnificación) lateral:

$$m = \frac{h_i}{h_o} = -\frac{d_i}{d_o}$$

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.

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 desea 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) Obtenga gráficamente lo solicitado en (a).

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?

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?

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.

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?

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?

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.

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.

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?

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?

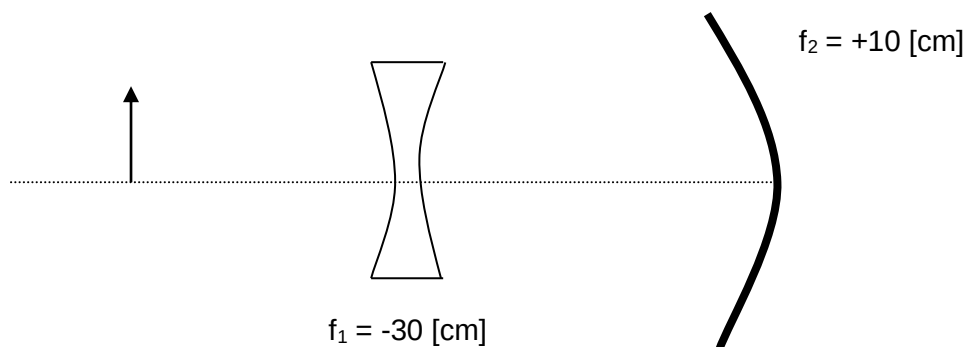
Prob.13. Un microscopio tiene longitudes focales de ocular de 1 [cm] y 2,75 [cm] respectivamente. Dibuje la imagen producida de un objeto colocado a 1,08 [cm] del objetivo si los dos lentes están separados 16 [cm].

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]?

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?

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.



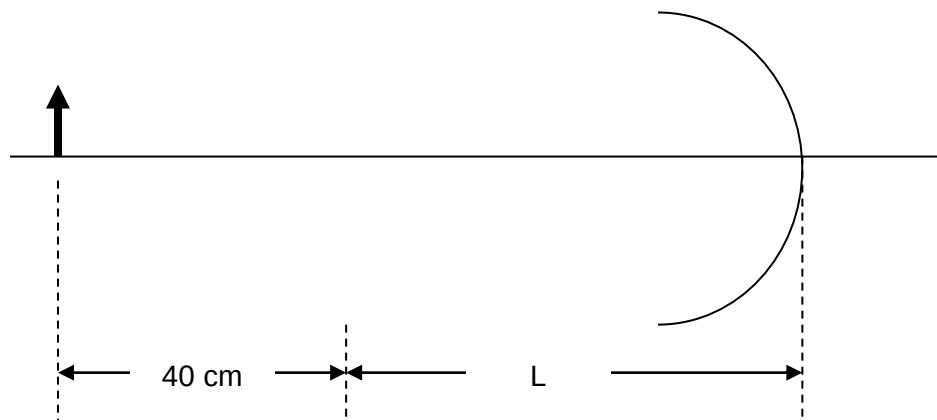
Prob.17. Una lente convergente de distancia focal $+20$ [cm] se encuentra separada 90 [cm] de un espejo cóncavo de distancia focal $+15$ [cm]. Si se coloca un objeto a 30 [cm] de la lente, encuentre la posición y las características de la imagen final.

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.



EJERCICIOS DE ÓPTICA: 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:

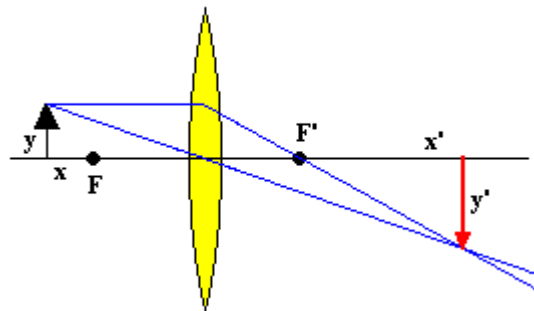
Un objeto de 0,8 cm de altura está situado a 15 cm del vértice de un espejo esférico cóncavo de radio 20 cm. Determinar la posición, tamaño y naturaleza de la imagen.

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 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.

Ejercicio 8:

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 9:

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.

