



Conceptos previos

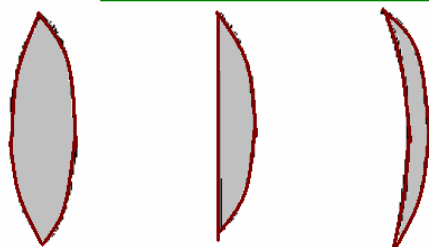
LENTE CONVERGENTES: o positivas: son aquellas en las cuales un haz de rayos paralelos después de atravesarlas tienden a juntarse en un punto.

LENTE DIVERGENTES. O negativas: son aquellas en las cuales un haz de rayos paralelos después de atravesarlas se separan cada vez mas.

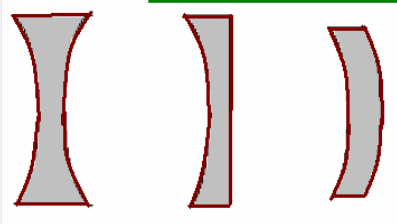
Las lentes convergentes pueden ser **BICONVEXAS, PLANO-CONVEXAS Y CONCAVAS-CONVEXAS** de meniscos convergentes. Las tres son mas anchas en el centro que en los bordes.

Las lentes divergentes son mas gruesas en los bordes que en el centro y pueden ser: bicóncavas, plana-cóncavas y cóncavas-convexas de meniscos divergentes.

Esquemáticamente una lente convergente:

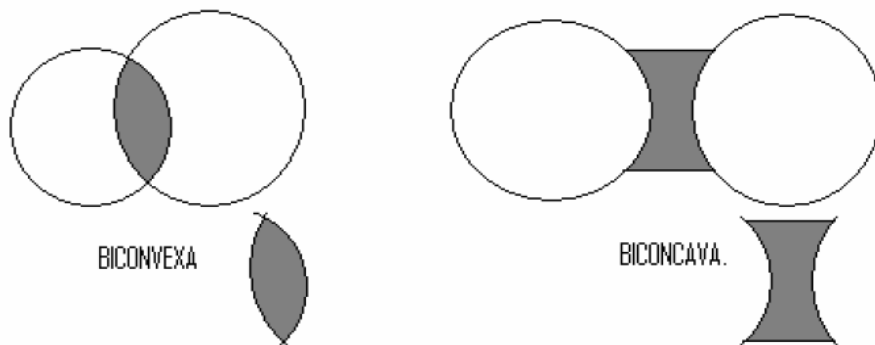


Esquemáticamente una lente divergente.



Una lente se puede considerar formada por la parte común de dos esferas que se cortan, o de una esfera con un paralelepípedo; asimismo una lente puede considerarse formada por una serie de pequeños prismas yuxtapuestos.

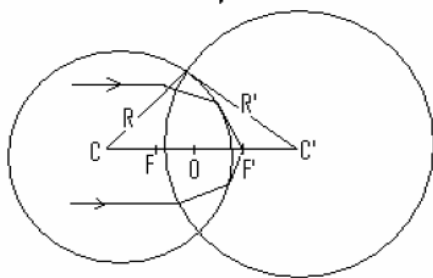
La figura muestra como se construye una lente biconvexa



Elementos principales de una lente.

Estudiaremos solo las propiedades de las lentes delgadas, o sea, de poco espesor. Además, salvo algunas excepciones, veremos de preferencia las lentes simétricas, es decir, aquellas que tienen sus dos caras de igual curvatura.

LOS ELEMENTOS PRINCIPALES DE UNA LENTE SON:



C y C' : centros geométricos o de curvatura. Son los centros de las circunferencias correspondientes a cada cara.

CC' : Eje principal. Es la recta que une los dos centros de curvatura.

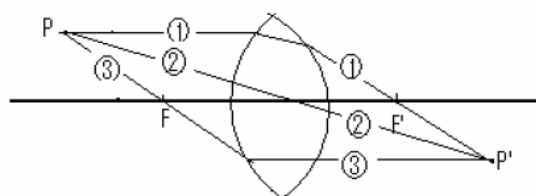
O : centro óptico. Es el punto situado en el eje principal que tiene la propiedad de no desviar los rayos que pasan por él. En las lentes simétricas está en el medio de la lente.

R y R' : son los radios de curvatura. Son los radios de las esferas que forman cada cara.

F y F' : focos principales. Son los puntos de intersección de los rayos paralelos al eje principal. (cada lente tiene dos focos, uno a cada lado de ella, y para encontrar aproximadamente uno de ellos, basta colocar la lente expuesta a los rayos solares, los que se concentrarán en el foco).

f : Distancia focal. Es la distancia entre el centro óptico y el foco. Su valor depende del índice de refracción "n" del material de que está hecho el lente, y de los radios de curvatura de las caras. (salvo por excepciones puede valer la mitad del radio, como sucede en los espejos esféricos).

RAYOS PRINCIPALES.:



1.- TODO RAYO PARALELO AL EJE PRINCIPAL SE REFRACTA POR EL FOCO. (1)

2.- TODO RAYO QUE PASA POR EL CENTRO OPTICO NO SE DESVIA. (2)

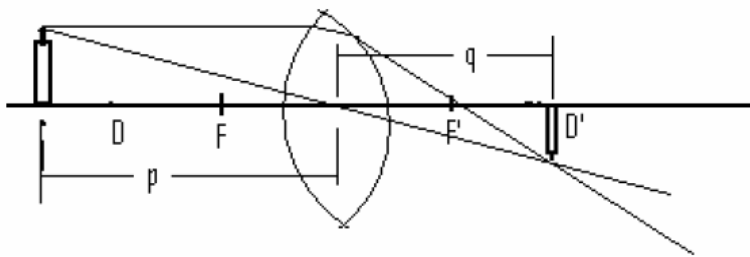
3.- TODO RAYO QUE PASA POR EL FOCO SE REFRACTA PARALELO AL EJE PRINCIPAL. (3)

Para formar la imagen de un punto P basta trazar dos de estos rayos principales; en nuestras construcciones usaremos de preferencia el rayo (1) paralelo al eje principal y el rayo (2) que pasa por el centro óptico.

Cuando estos rayos se corten directamente, después de atravesar la lente formaran una **IMAGEN REAL**. Y si se cortan en las prolongaciones “hacia atrás” formaran una **IMAGEN VIRTUAL**.

IMÁGENES QUE PRODUCEN LAS LENTES CONVERGENTES.

PRIMER CASO: Imagen de un objeto situado entre el infinito y el doble de la distancia focal ($2f < p < \infty$)

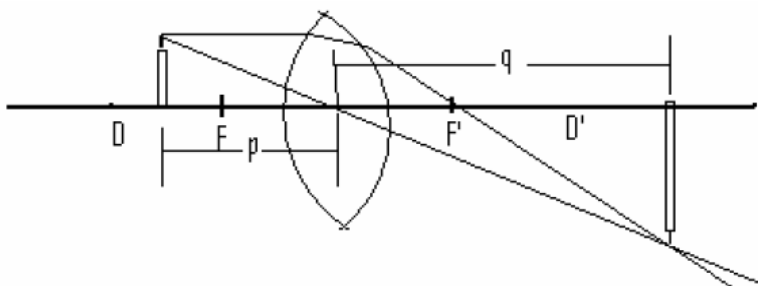


Se obtiene una imagen que es real, invertida y más pequeña que el objeto.
P: Distancia del objeto a la lente.
Q: distancia de la imagen a la lente.

EN ESTE CASO SE BASA LA FORMACION DE IMÁGENES EN NUESTRO OJO Y EN LAS CAMARAS FOTOGRAFICAS.

SEGUNDO CASO:

IMAGEN DE UN OBJETO SITUADO ENTRE EL DOBLE DE LA DISTANCIA FOCAL Y EL FOCO. ($f < p < 2f$)

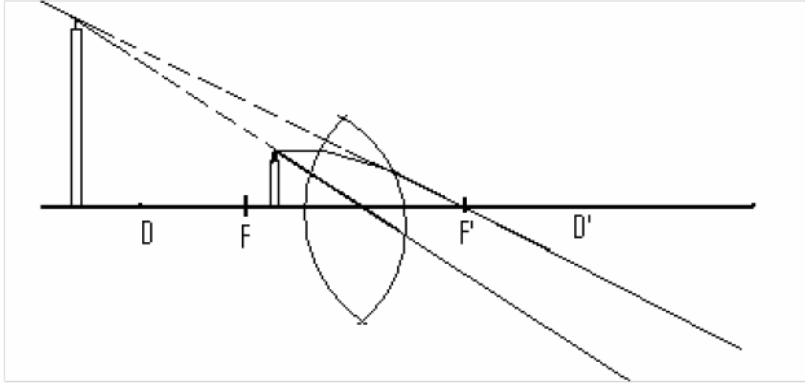


Se obtiene una imagen real, invertida y más grande que el objeto.

EN ESTE CASO SE BASA LA MAQUINA DE PROYECCION DE CINE Y DE DIAPOSITIVAS.

TERCER CASO:

IMAGEN DE UN OBJETO SITUADO DENTRO DE LA DISTANCIA FOCAL



Se obtiene una imagen virtual, derecha y de mayor tamaño que el objeto.

ES ESTE CASO, EL QUE MAS APLICAMOS COMUNMENTE CUANDO USAMOS UNALENTE CONVERGENTE; ENTONCES LE LLAMAMOS “LUPA” O “LENTE DE AUMENTO” Y CONSTITUYE EN OPTICA UN “MICROSCOPIO SIMPLE”.

Para observar un objeto minúsculo con ayuda de una lupa, basta situar el objeto dentro de la distancia focal de la lente; la imagen será mayor cuanto mas cerca se encuentre el objeto del foco.

OBSERVACION: En forma análoga podemos discutir a como se hizo con los espejos esféricos, o que ocurre cuando el objeto se encuentra en puntos especiales como:

1°.- **CUANDO EL OBJETO SE SITUA EN EL INFINITO:** Todos los rayos llegan paralelos al eje principal y se cortaran en el foco que constituirá la imagen de dicho objeto.

(El Sol puede considerarse como si estuviera en el infinito, ya que sabemos que una lente convergente concentra en el foco los rayos provenientes del Sol.

2°.- **SI EL OBJETO ESTA EN EL FOCO:** Los rayos se refractaran paralelos al eje principal y se cortaran en el infinito. Este caso es útil cuando se desea obtener un haz de rayos paralelos. Para ellos basta situar la fuente luminosa (ampolleta, etc.) en el foco de una lente convergente.

3°.- **SI EL OBJETO ESTA A UNA DISTANCIA DOBLE DE LA FOCAL.** La imagen será invertida y de igual tamaño que el objeto. Se formara al otro lado de la lente y también a la distancia $2f$.

TODO ESTO SE COMPRUEBA ALGEBRAICAMENTE CON LAS DEDUCCIONES DE LOS MODELOS MATEMATICOS PARA LAS LENTES.

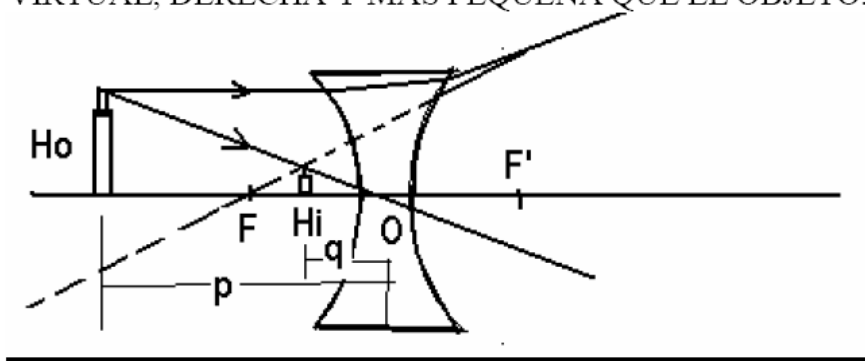
LENTE DIVERGENTE.

Para construir o determinar la imagen se procede de la misma forma que para las lentes convergentes

En este caso el rayo paralelo al eje principal que se toma, se desvía en la parte mas gruesa de la lente y de modo que al salir de la lente es SU PROLONGACION LA QUE PASA POR EL FOCO F. El otro rayo que se toma es el que pasa por el centro óptico.

Estos rayos después de ser refractados, por la lente, DIVERGEN y su prolongaciones se cortan en un punto donde se forma la imagen.

LA IMAGEN QUE PRODUCE UNALENTE DIVERGENTE ES SIEMPRE VIRTUAL, DERECHA Y MAS PEQUEÑA QUE EL OBJETO.



POTENCIA O CONVERGENCIA DE UNALENTE: Corresponde al valor reciproco de su distancia focal.

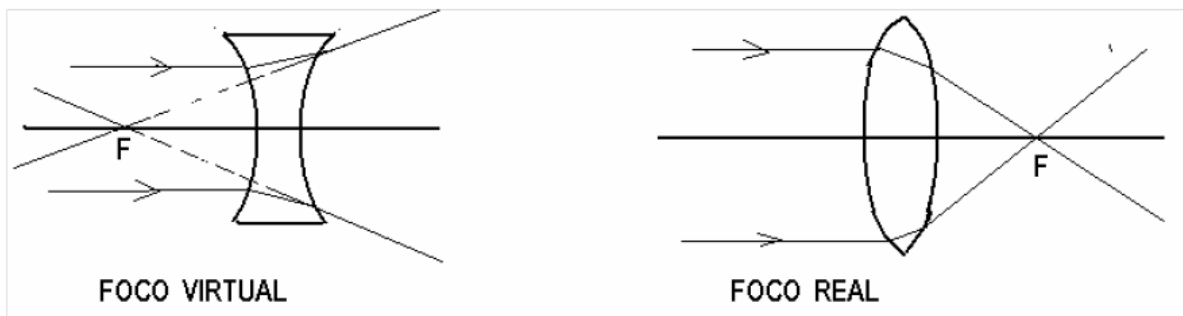
Es decir: $P = \frac{1}{f}$. (Lo mismo se puede decir de los espejos esféricos).

La potencia de una lente se expresa en DIOPTRIAS .Una lente tiene la potencia de una dioptría cuando su distancia focal mide un metro...

EN LAS LENTES CONVERGENTES LA DISTANCIA FOCAL SE CONSIDERA POSITIVA Y POR TANTO, SU POTENCIA ES POSITIVA.

EN LAS LENTES DIVERGENTES. LA DISTANCIA FOCAL SE CONSIDERA NEGATIVA Y POR TANTO, SU POTENCIA ES NEGATIVA...

RELACION OBJETO IMAGEN PARA LENTES CONVERGENTES Y DIVERGENTES.



$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$$

Donde: p es la distancia medida desde el objeto hasta el centro óptico de la lente.

q: es la distancia de la imagen hasta el objeto.

f: es la distancia focal.

p: ES POSITIVA PARA UN OBJETO REAL Y NEGATIVA PARA UN OBJETO VIRTUAL.

q: ES POSITIVA PARA UNA IMAGEN REAL Y NEGATIVA PARA UNA IMAGEN VIRTUAL.

f: ES POSITIVA PARA UNA LENTE CONVERGENTE Y NEGATIVA PARA UNA LENTE DIVERGENTE...

TAMBIEN SE DEFINE:

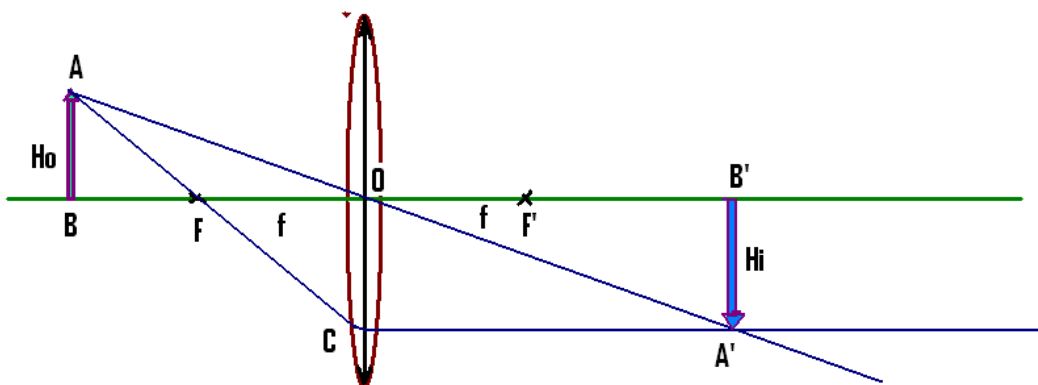
$$\text{AMPLIFICACION LINEAL} = \frac{\text{TAMAÑO - DE - LA - IMAGEN}}{\text{TAMAÑO - DEL - OBJETO}}$$

$$= \frac{\text{DISTANCIA - ENTRE - LA - IMAGEN - Y - LA - LENTE}}{\text{DISTANCIA - ENTRE - EL - OBJETO - Y - LA - LENTE}}$$

$$\text{AMPLIFICACION LINEAL} = \frac{q}{p}$$

ESTAS FORMULAS Anteriores, SON IGUALES A LAS ESTUDIADAS PARA LOS ESPEJOS ESFERICOS.

DEDUCCIÓN DE LA FÓRMULAS DE LAS LENTES DELGADAS.



La imagen A'B'=Hi del objeto AB=Ho se determino trazando el rayo AO que pasa por el centro óptico O y el rayo AC que pasa por el foco F retraceándose paralelo al eje principal.

Como el ΔABF es semejante al ΔFOC se obtiene la proporción siguiente:

$\frac{AB}{OC} = \frac{BF}{FO}$, Pero $OC=A'B'$; $BF=a-f$ y $FO=f$; Luego:

$$1) \frac{AB}{A'B'} = \frac{a-f}{f} = \frac{a}{f} - 1$$

Además como ΔABO es semejante con $\Delta A'B'O$ lo que da:

$$2) \frac{AB}{A'B'} = \frac{a}{b}$$

De 1) y 2) se obtiene.

$\frac{a}{b} = \frac{a}{f} - 1$, si se dividen ambos miembros por a , se obtiene:

$$\frac{1}{b} = \frac{1}{f} - \frac{1}{a}$$

Finalmente: $\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$ esta expresión corresponde a la fórmula de Gauss para las lentes delgadas.

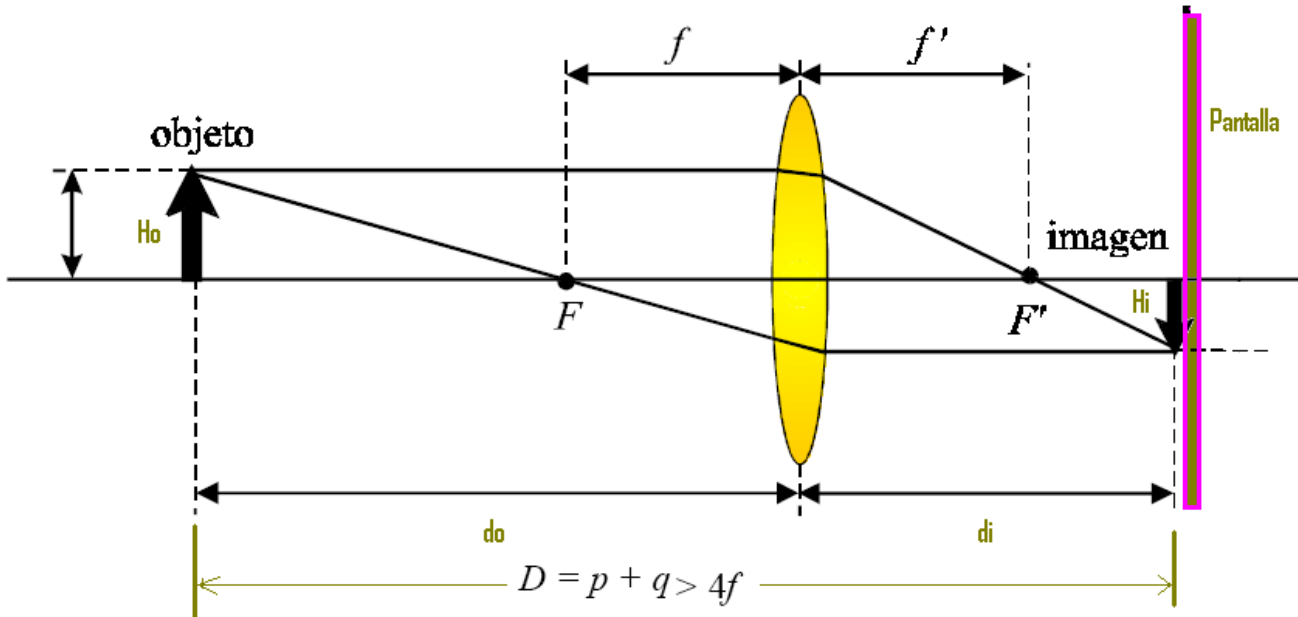
De la ecuación 2) se obtiene. $\frac{Hi}{Ho} = \frac{b}{a}$, que corresponde al aumento lateral de la lente.

➤ Otra propiedad interesante de las lentes convergentes es que sólo forman imagen de un objeto sobre una pantalla cuando la distancia objeto–pantalla, $D = do + di$, cumple la condición $D > 4f$ (Fig. 2), donde f es la distancia focal.

- ✓ Investigue experimentalmente la validez de esta afirmación usando un banco óptico y una lente de distancia focal f conocida.
- ✓ Usando la Ec.(1) es posible demostrar que si $D > 4f$ la lente no forma imagen. Para ello escriba la Ec. (1) en términos de D y q y obtenga q en función de los otros parámetros (resulta una ecuación cuadrática en q). Analice la solución y demuestre que no es posible la formación de la imagen si $D < 4f$. Analice el caso particular de $D = 4f$. ¿Dónde se forma la imagen y con qué aumento en este caso?

En este caso se ha denominado a p como la distancia d_o , que corresponde a la distancia del objeto al centro óptico de la lente y a q , a la distancia de la imagen al centro óptico de la misma lente.

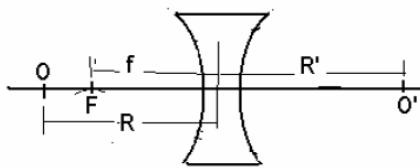
Esquemáticamente, para que un objeto se pueda ver en una pantalla se debe situar el objeto según se indica:



ECUACION DEL FABRICANTE DE LENTES.

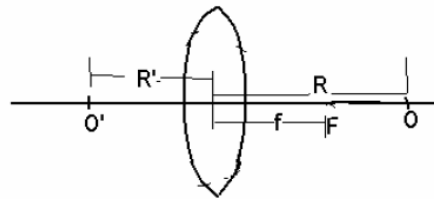
Permite calcular la distancia focal “ f ” en función del índice de refracción “ n ” del material del que esta hecho la lente y de los radios de curvatura R y R' de sus caras

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \right)$$



FOCO VIRTUAL

distancia focal negativa



FOCO REAL

distancia focal positiva.

Si la lente es SIMETRICA, se obtiene $R=R'$, de donde:

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \times \frac{2}{R}$$

SI UNA CARA ES PLANA, SU RADIO DE CURVATURA ES INFINITO, OBTENIÉNDOSE. :

$$\frac{1}{f} = \frac{n-1}{R}$$

LENSES EN CONTACTO: Cuando dos lentes delgadas que tienen distancias focales f_1 y f_2 están en contacto, la distancia focal de la combinación esta dada por.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

PROBLEMAS DE APLICACIÓN:

1.- Un objeto tiene 4 cm. de altura y se encuentra a 20 cm. de una lente convexa de distancia focal +12 cm. Determinar:

- 1.1.- la posición de la imagen.
- 1.2.- la altura de la imagen
- 1.3.- haga un esquema.

(30 , 6 cm.)

2.- Un objeto se encuentra a 5 cm. de una lente convexa de distancia focal +7,5 cm. Determine:

- 2.1.- la posición de la imagen.
- 2.2.- la ampliación de la imagen.

(-15 y 3 cm.)

3.- Un objeto de 9 cm. de altura, se encuentra a 27 cm. enfrente de una lente cóncava de distancia focal -18 cm. Determinar:

- 3.1.- la posición de la imagen.
- 3.2.- La altura de la imagen
(Por construcción y analíticamente).

(-10.8 cm. y 3.6 cm.)

4.- Una lente convergente de distancia focal 20 cm., se coloca a 37 cm. frente a una pantalla...Calcular la distancia a que se debe colocar un objeto para que su imagen se vea en la pantalla.

(43.5 cm.)

5.-Determinar analíticamente las posiciones en que una lente convergente de distancia focal +9 cm. formara las imágenes de un objeto luminoso sobre una pantalla colocada a 40 cm. del objeto.

(1307 y 26.3 cm.)

6.- Calcular la posición y distancia focal de una lente convergente que proyectara sobre una pantalla la imagen de una lámpara con una ampliación de 4 veces .La lámpara y la pantalla se encuentran separadas 10 cm.

(+1.6 cm.)

7.- Una lente convergente con 50 cm. de distancia focal, forma una imagen real que es 2,5 veces mas grande que el objeto .que tan lejos se encuentra el objeto de la imagen?

(245 cm)

8.- Una lente de distancia focal f , proyecta sobre una pantalla la imagen de un objeto luminoso amplificado M veces. Demuestre que la distancia de la lente a la pantalla es: $f(M+1)$.

9.- Una lente tiene una cara convexa con un radio de curvatura de 20 cm. y la otra es cóncava con un radio de curvatura de 40 cm. La lente está hecha de vidrio con un índice de refracción de 1,54. Calcule la distancia focal de la lente y diga si es una lente convergente o divergente.

(+74.1 cm., es convergente)

10.- Una lente biconvexa tiene sus caras con radios de curvatura 18 y 20 cm. Cuando el objeto se encuentra a 24 cm. de la lente, se forma una imagen a 32 cm. de la misma. Determinar:

10.1.- La distancia focal de la lente.

10.2.- El índice de refracción del material de que está hecha la lente.

(+13.7 cm. , 1.69)

11.- Una lente de vidrio ($n=1,50$), tiene una distancia focal de 10 cm. cuando se encuentra en el aire. Calcule la distancia focal si esta se encuentra en el agua ($n= 1.33$)

(39 cm)

12.- Las dos caras de una lente biconvexa tienen radio de curvatura de 20 cm. El índice de refracción de vidrio es 1,50. Calcule:

12.1.- La distancia focal de la lente cuando se encuentra en el aire.

12.2.- cuando se sumerge en disulfuro de carbono cuyo índice de refracción es 1,63.

(+20, -125 cm.)

13.- Dos lentes delgadas, de distancias focales +9 y -6 cm., se ponen en contacto. Calcule la distancia focal de la combinación.

(-18 cm. , divergente)

14.- Una lente acromática se forma con dos lentes delgadas en contacto, cuyas potencias son +10 y -6 dioptrías. Determinar:

14.1.- La potencia de la lente.

14.2.- La distancia focal de la combinación.

(+4, +25)

15.- Un objeto de 2 cm., se coloca a 10 cm. de una lente convergente de 12 cm. De distancia focal. ¿que clase de imagen se forma y de que tamaño es?

(-12 cm., virtual)

16.- La potencia de una lente es 4 dioptrías, si un cuerpo de 5 mm se coloca a 30 cm de ella. ¿que clase de imagen se forma y cuánto mide?

(25 cm., real)