TABLA 3. Espectro electromagnético.

Tipo de radiación	Longitud de onda en el aire o en el vacío (metros)	Frecuencia (ciclos/ seg)
Rayos gamma	menos que 10^{-10}	más de 10^{18}
Rayos X	* 10^{-11} a 10^{-8} **	* $3x10^{16}$ a $3x10^{18}$ **
Luz ultravioleta	* 10^{-8} a $3.8x10^{-7}$ **	* $8x10^{14}$ a $3x10^{16}$ **
Luz visible	* $3.8x10^{-7}$ a $7.5x10^{-7}$ **	* $4x10^{14}$ a $8x10^{14}$ **
Infrarrojo	* $7.5x10^{-7}$ a 10^{-4} **	* $3x10^{12}$ a $4x10^{14}$ **
Ondas de radio	de unos pocos mm a miles de m.	menos que 10^{13}

* Límite inferior.
** Límite superior.

Para estudiar los espectros, los científicos utilizan los aparatos llamados *espectroscopios*, o sea que son aparatos que forman espectros de la luz que los atraviesa. Si se construye un espectroscopio para que las medidas se puedan hacer directamente, el aparato se llama *espectrómetro*. Todos los espectros que se forman por la luz emitida por los cuerpos luminosos se llaman *espectros de emisión*. Existen tres clases de espectros de emisión que son: *espectros continuos*, se producen por sólidos y líquidos incandescentes o por gases incandescentes a alta presión. *Espectro de líneas brillantes*, el cual es producido por los átomos de un gas incandescente y *espectros de bandas*, que son producidos por las moléculas de gases incandescentes.

El color de un objeto depende de la intensidad de iluminación y también del color de la luz. Por ejemplo, cuando se pone una mica color roja a un foco, ésta emitirá luz color roja, o sea que la mica tiene la propiedad de filtrar la luz, deja pasar únicamente la luz con longitud de onda igual. El color que refleja todos los colores es el blanco, mientras que el que los absorbe todos es el negro. Esto sirve también para cuestiones de calor. Como la luz es energía y ésta es absorbida por los cuerpos negros, éstos se calentarán más que los otros de cualquier color.

En la figura 7 se muestra una disposición de los colores primarios y secundarios en una estrella de 6 puntos. La disposición es tal que los colores complementarios son opuestos.

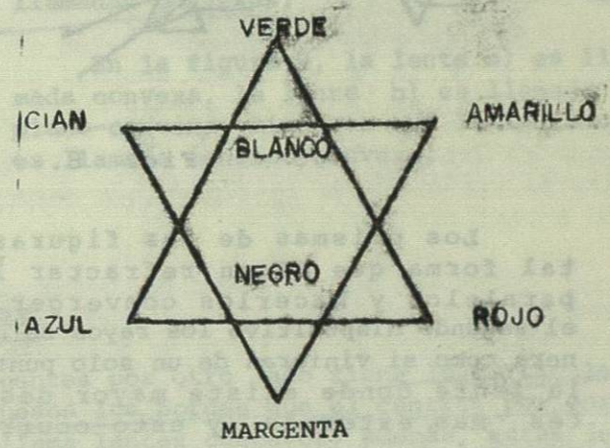


Fig. 7.

7-9 LENTES.

La función primordial de las lentes es formar imágenes de los objetos reales. Pero, ¿qué es una lente? Una lente es un cuerpo transparente que tiene una cara curva por lo menos y, a menudo, dos. Cambia la dirección de la luz y puede enfocarla en un punto determinado.

En el punto 7-7 de este capítulo mencionamos que la luz se refracta y se dispersa al pasar por un prisma. Este principio es utilizado para la construcción de las lentes, como lo muestra la figura 8.

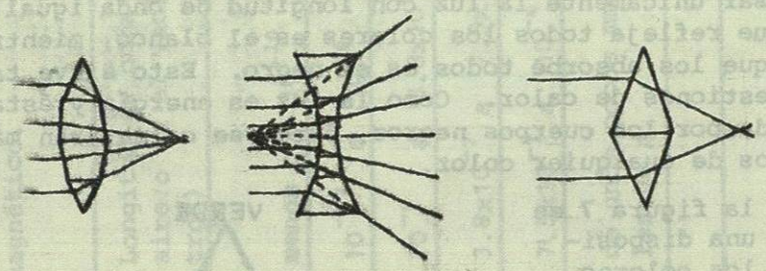


Fig. 8.

Los prismas de las figuras están acomodados de tal forma que hacen refractar los rayos luminosos paralelos y hacerlos converger en un punto F. En el segundo dispositivo los rayos se hacen diverger de tal manera como si vinieran de un solo punto. Las partes de la lente donde existe mayor desviación son las partes mas externas y esto ocurre porque el ángulo que existe entre sus caras es diferente (no es paralelo), mientras que en el centro los prismas casi tienen paralelas sus caras.

En la realidad, las lentes no están hechas por prismas como los de la figura 8, sino que están hechas con un material transparente que puede ser de vidrio, cuarzo, fluorito, etc. A las lentes que tienen una superficie curva se les llama *lentes esféricas*.

Existen dos tipos diferentes de lentes esféricas que son: lentes positivos o convergentes y lentes negativos o divergentes.

7-10 LENTES CONVERGENTES.

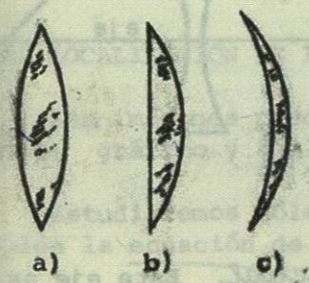


Fig. 9.

En la figura 9 están ilustradas algunas lentes que son convergentes. Estas lentes tienen la particularidad de que los bordes son más delgados que el centro y hacen converger la luz que llega a su superficie en un punto común llamado *foco*. Estas lentes también son llamadas convexas.

En la figura 9, la lente a) es llamada convexa, la lente b) es llamada plano-convexa, mientras que la lente c) es llamada mensico-convexa.

7-11 LENTES DIVERGENTES.

Las lentes divergentes por otro lado tiene la particularidad de tener más gruesos los bordes que el centro, por esta razón también se les llama lentes cóncavos; además, estas lentes dispersan la luz que llega a su superficie tomando la dirección cada rayo, como si procedieran de un mismo foco o punto de referencia. En la figura 10 están ilustradas las tres

lentes divergentes más usuales.

Estas lentes son llamadas:

1) Bicóncava.

2) Plano-cóncava.

3) Menisco cóncava.

Fig. 10.

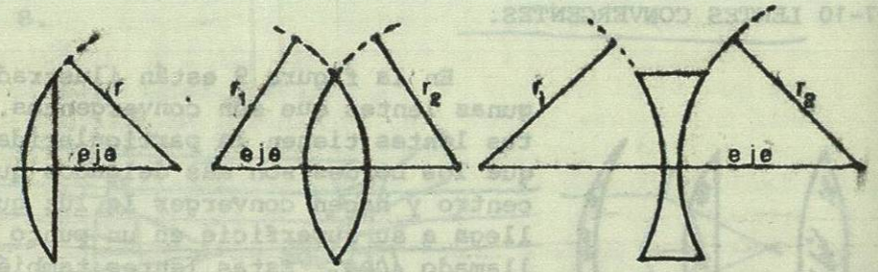


Fig. 11.

Todas las lentes tienen un *eje principal*. Este eje es la línea que une los centros de curvatura de las dos superficies esféricas, o si una es plana, la línea que parte del centro de curvatura de la superficie curva y es perpendicular a la superficie plana.

Todas las lentes esféricas tienen 2 *radios de curvatura*, que son los radios de las caras de la lente. Cuando una de las superficies de la lente es plana, el radio correspondiente es infinito.

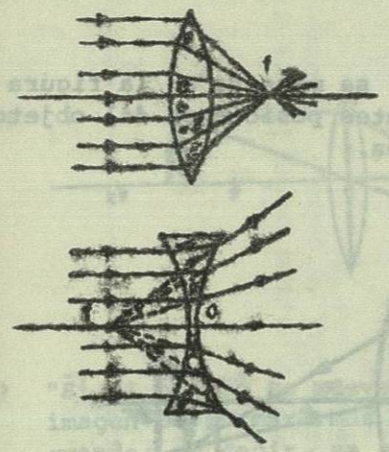


Fig. 12.

En una lente convergente, el punto donde se reúnen todos los rayos paralelos se llama *foco*. Mientras que en una lente divergente, el foco está situado en elpunto desde donde parecen venir todos los rayos paralelos. A la distancia que existe entre el foco (f) y el centro de la lente (c) se le llama *distancia focal de la lente*. (Fig. 12).

cf = df = distancia focal.

7-12 LOCALIZACIÓN DE LAS IMÁGENES.

Las imágenes pueden localizarse en una lente por dos métodos: gráfico y analítico.

Estudiaremos sólo el método analítico, en el que se emplea la ecuación de las lentes:

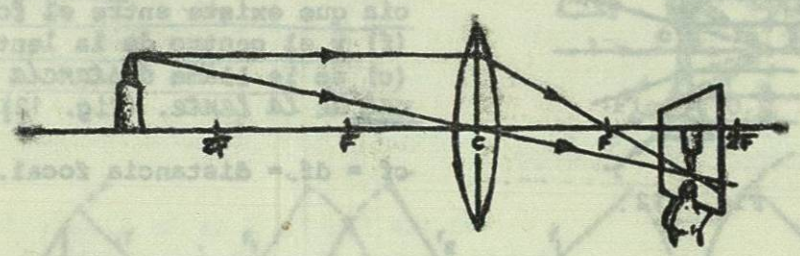
$$\boxed{\frac{1}{do} + \frac{1}{di} = \frac{1}{df}} \qquad (4)$$

En donde (do) es la distancia que existe desde la lente hasta el objeto, (di) es la distancia a la cual se forman las imágenes y (df) que es la distancia focal de cada lente.

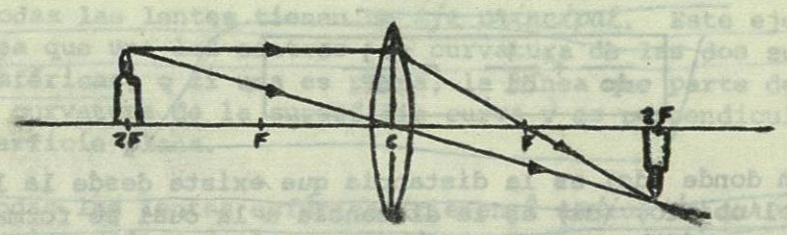
Cuando se coloca un objeto a un lado de una lente convergente, más allá del foco principal será formada una imagen real en el lado opuesto de la lente. Si el objeto se mueve más cerca del punto focal, la imagen se formará más lejos de la lente y será más grande; es decir, se amplificará. A medida que el objeto se coloque más lejos de la lente, la imagen se formará más cerca del punto focal y será de dimensiones

más pequeñas.

Lo explicado anteriormente se muestra en la figura 6, donde se pueden observar diferentes posiciones del objeto, y las imágenes producidas por ellos.

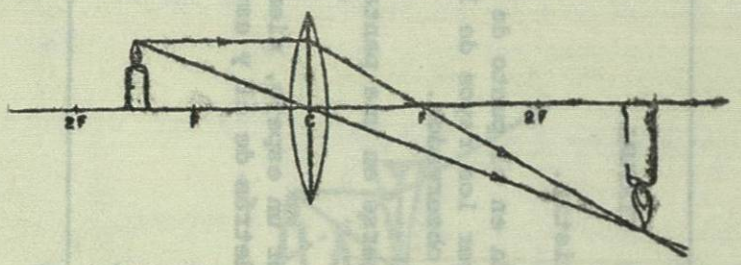


a) A medida que el objeto se coloque más lejos de la lente, la imagen se formará más cerca del punto focal ~~y será de dimensiones más pequeñas.~~

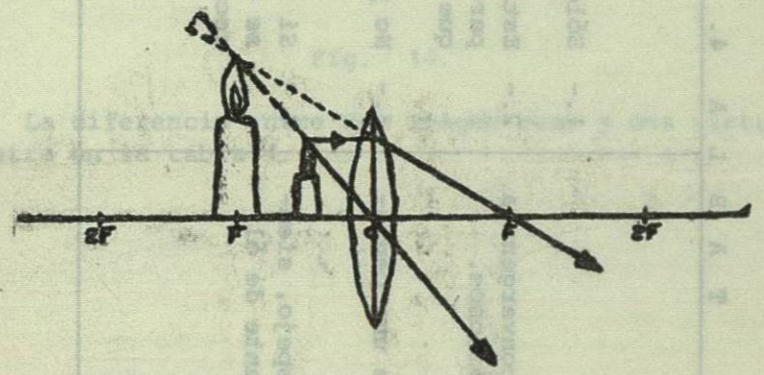


b) Cuando el objeto se coloca a una distancia de la lente igual a 2 veces la distancia focal, la imagen aparecerá invertida, de iguales dimensiones y a la misma distancia de la lente, pero del otro lado (di=do=2df).

Fig. 13



c) "Si el objeto se mueve más cerca del punto focal, la imagen se formará más lejos de la lente y será más grande, es decir, se amplificará."



d) Cuando el objeto se coloca a una distancia menor que la distancia focal, la imagen aparecerá del mismo lado que el objeto y ya no estará invertida, sino que ahora será "derecha" y de dimensiones más grandes que el objeto. A este tipo de imágenes se le llama virtual, a diferencia de las otras imágenes que son de tipo real.

Fig. 13.

T A B L A 4.

IMAGEN REAL.	IMAGEN VIRTUAL.
1.- Existe realmente.	1.- Sólo parece existir.
2.- Está formada por la convergencia real de los rayos luminosos.	2.- Está localizada en el punto de donde parecen diverger los rayos de luz que llegan al observador.
3.- Puede recogerse sobre una pantalla.	3.- No puede recogerse en una pantalla.
4.- Si se forma por un espejo, siempre se encuentra delante de él y está invertida.	4.- Si se forma por un espejo, siempre se encuentra detrás de él y está derecha.

En la figura 14 puede verse la formación de una imagen en una lente divergente que siempre será virtual, en cualquier lugar donde se coloque el objeto.

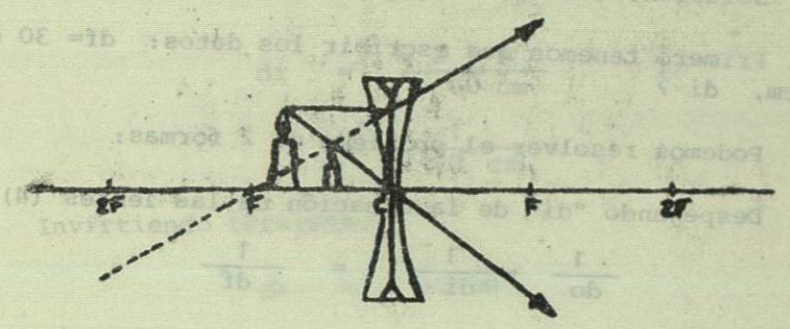


Fig. 14.

La diferencia entre una imagen real y una virtual se ilustra en la tabla 4.

Ejemplo 3. Para demostrar lo establecido en la figura 13b, supongamos una lente convergente que tiene una distancia focal de 30 cm, y que se coloca un objeto al doble de su distancia focal, esto es a 60 cm del centro de la lente. Calcular la distancia a la que aparecerá la imagen.

Solución:

Primero tenemos que escribir los datos: df= 30 cm, do= 60 cm, di=?

Podemos resolver el problema de 2 formas:

a) Despejando "di" de la ecuación de las lentes (4):

$$\frac{1}{do} + \frac{1}{di} = \frac{1}{df}$$

$$\frac{1}{di} = \frac{1}{df} - \frac{1}{do}$$

$$= \frac{do - df}{df \times do}$$

Invirtiendo los términos:

$$di = \frac{df \times do}{do - df}$$

Sustituyendo los datos:

$$di = \frac{30\ cm \times 60\ cm}{60\ cm - 30\ cm}$$

$$= \frac{1800\ cm^2}{30\ cm}$$

$$= 60\ cm$$

b) La segunda forma de solucionar el problema es resolviendo las fracciones:

$$\frac{1}{di} = \frac{1}{df} - \frac{1}{do}$$

$$= \frac{1}{30cm} - \frac{1}{60\ cm}$$

$$di = \frac{2 - 1}{60\ cm}$$

$$= \frac{1}{60\ cm}$$

Invirtiendo términos:

$$di = 60\ cm$$

NOTA: El resultado obtenido demuestra que la distancia a la que aparece la imagen es igual a la distancia a la que se colocó el objeto, cuando ésta es el doble que la distancia focal, (di=do=2df).

Ejemplo 4. Se coloca un objeto a 40 cm de una lente con una distancia focal de 30 cm. ¿A qué distancia se encontrará la imagen?

Datos: do = 40 cm, df= 30 cm.

Por la ecuación 4, tenemos:

$$\frac{1}{do} + \frac{1}{di} = \frac{1}{df}$$

despejando: $$\frac{1}{di} = \frac{1}{df} - \frac{1}{do}$$

$$= \frac{do - df}{df \times do}$$

invirtiendo ambos términos:

$$di = \frac{df \times do}{do - df}$$

sustituyendo datos: $$di = \frac{30\ cm \times 40\ cm}{40\ cm - 30\ cm}$$

$$= \frac{1200\ cm^2}{10\ cm}$$

$$= 120\ cm$$

NOTA: Ahora, el objeto se colocó más cerca del foco de la lente y el resultado nos demuestra lo establecido en la figura 13c, esto es, que la distancia de la imagen aumenta.

Existen varias reglas para el empleo de la fórmula de las lentes. Éstas son:

1.- En las lentes convergentes, (df) es positiva y en las divergentes, (df) es negativa.

2.- La distancia del objeto (do), siempre es positiva.

3.- Si la distancia de la imagen (di) es positiva, la imagen es real y la imagen y el objeto están en lados opuestos de la lente. Si la distancia de la imagen (di) es negativa, la imagen es virtual y la imagen y el objeto están del mismo lado de la lente.

Como se puede observar en la figura 13d la imagen es virtual cuando la distancia del objeto es menor que la distancia focal; esto es, cuando di es negativa y la imagen real se forma cuando la distancia del objeto es mayor que la focal; esto es, cuando di es positiva.

Se puede calcular el aumento de una lente por medio de la fórmula sencilla:

$$\text{Aumento} = \frac{\text{tamaño de la imagen}}{\text{tamaño del objeto}}$$

$$\boxed{A = \frac{Ti}{To}} \qquad (5)$$

ó

$$\boxed{A = \frac{\text{distancia de la imagen}}{\text{distancia del objeto}}}$$

ó

$$\boxed{A = \frac{di}{do}} \qquad (6)$$

donde A es el aumento, (Ti) es el tamaño de la imagen y (To) es el tamaño del objeto. Lo mismo que en la otra fórmula, (di) es la distancia de la imagen, (do) es la distancia del objeto.

Podemos establecer una igualdad en las ecuaciones pasadas diciendo que:

$$\boxed{\frac{Ti}{To} = \frac{di}{do}} \qquad (7)$$

de tal manera que podemos calcular cualquier dato acerca de las lentes.