

que á corta distancia del espejo se encuentra el observador en la última de las posiciones descritas en el experimento anterior: en este caso ve su rostro más ó ménos agrandado. Si se aleja á mayor distancia, verá cómo se reproducen los

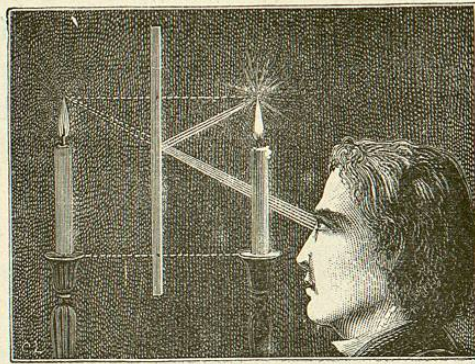


Fig. 27.— Formación de las imágenes vistas por reflexión en un espejo plano

fenómenos indicados, aunque en sentido contrario.

Veamos ahora cómo nos explican las leyes de la reflexión de la luz las principales circuns-

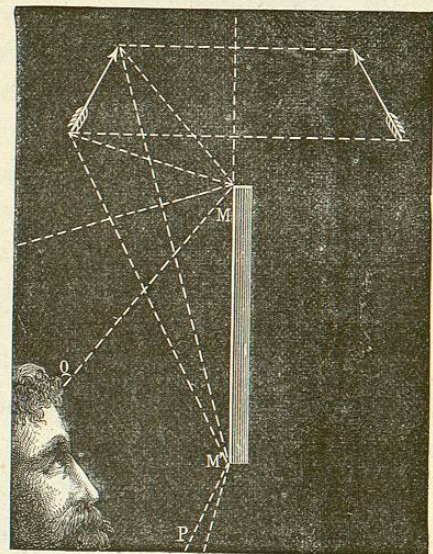


Fig. 28.— Reflexión en un espejo plano. Campo del espejo para un objeto dado

Bastan estas dos reglas para averiguar las posiciones relativas de todos los rayos ó haces luminosos incidentes y reflejados, sea la que quiera, por otra parte, su situación respecto del espejo.

Por ejemplo, la figura 41 nos muestra un haz de luz formado de rayos paralelos á un eje principal CA del espejo cóncavo, lo que equivale á suponer que estos rayos emanan de un punto luminoso situado en el eje á una distancia infinita, ó por lo ménos bastante grande para que

tancias que caracterizan los fenómenos cuya descripción acabamos de hacer.

Para esto, empecemos por determinar la marcha de un rayo luminoso que caiga y se refleje en la superficie de un espejo cóncavo. Pueden ocurrir dos casos: ó el rayo incidente pasa por el centro de curvatura del espejo, ó pasa á cierta distancia de él. En el primer caso la incidencia es normal y el rayo reflejado debe serlo también, es decir, el rayo de luz vuelve por el mismo camino que trajo, sigue después de la reflexión la marcha que ántes llevaba, y vuelve de nuevo al espacio pasando por segunda vez por el centro. En el segundo caso, sea C el centro del espejo, SI el rayo incidente (fig. 40). Si trazamos el radio de la esfera IC, ocurrirá la reflexión en el plano SIC, puesto que este plano es normal al espejo: por otra parte, la dirección del rayo reflejado IR será tal, que habrá igualdad entre los dos ángulos SIC y CIR.

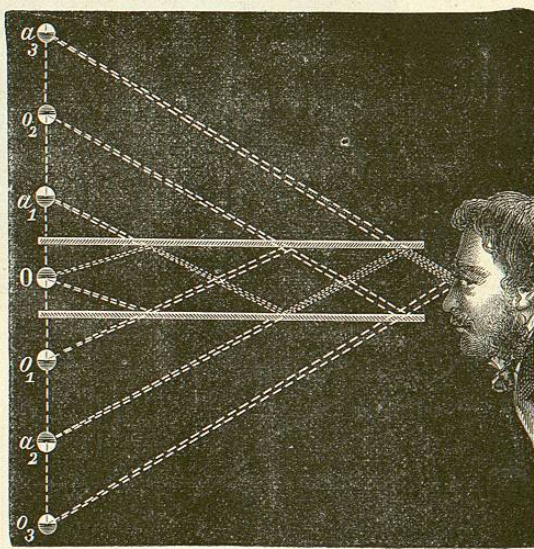


Fig. 29.— Reflexión en dos espejos planos paralelos: imágenes múltiples de un objeto situado entre ellos

pueda considerársela tal. Esto ocurre con la luz que llega del Sol, de las estrellas ó también de un objeto suficientemente apartado con relación al radio de curvatura del espejo.

La geometría y la observación demuestran de consuno que todos los rayos reflejados cortan el eje principal en un mismo punto, situado á igual distancia entre el centro C y el vértice A del espejo. Su reunión produce en F, foco principal, una imagen del punto que percibiría el ojo en el mismo sitio, toda vez que el

haz divergente que penetra en nuestro órgano producirá el mismo efecto que si un objeto luminoso real, situado en el foco, nos enviase un haz semejante. El fenómeno se efectúa con tanta mayor exactitud cuanto más pequeña es la abertura del espejo, es decir, que el ángulo del cono que tiene su vértice en el centro C del espejo y por base el espejo mismo, sea de menor valor: en realidad no debe pasar de 8 á 10 grados.

Por lo demás, siendo esférico el espejo, es una misma la curvatura en todos sus puntos; los rayos reflejados seguirán pues una marcha semejante respecto de los ejes secundarios, esto es, respecto de las líneas rectas indefinidas que unen cada uno de los puntos del espejo con el centro. De modo que hay un crecidísimo número de focos secundarios en estos ejes, situados, como el foco principal, á igual distancia del centro del espejo.

Las figuras 42 y 43 representan la marcha de

los rayos, cuando el punto luminoso está situado en el eje, á una distancia del espejo que no es infinita. En esta hipótesis, el haz lumi-

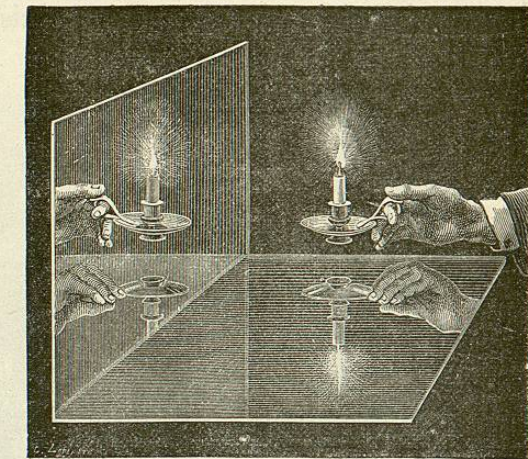


Fig. 30.— Imágenes múltiples en dos espejos que forman ángulo recto

noso está formado de radios que ya no son paralelos y que dan en el espejo formando varios

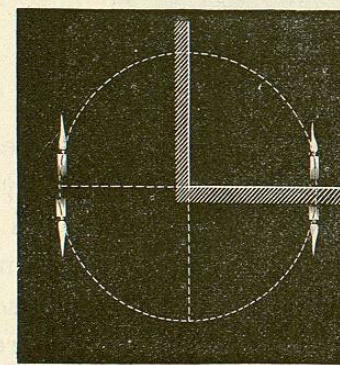


Fig. 31.— Espejos en ángulo recto

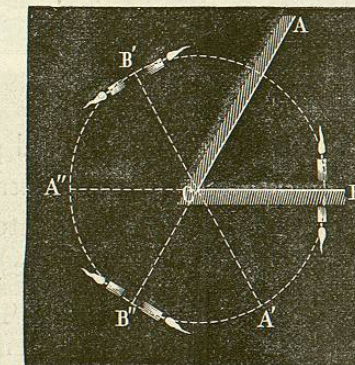


Fig. 32.— Espejos en ángulo de 60°

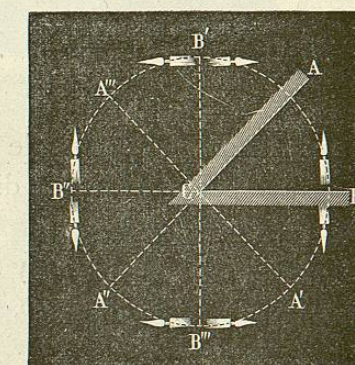


Fig. 33.— Espejos en ángulo de 45°

ángulos con su superficie. Aquí pueden presentarse tres casos, según que el punto luminoso esté más allá del centro del espejo, entre el centro y el foco, ó bien entre éste y el espejo. Demuéstrase geoméricamente en todos estos casos que los rayos reflejados convergen en un mismo punto del eje principal, donde se reúnen formando un haz, y que este punto es precisamente aquel en el cual se formaban las imágenes, según nos lo ha hecho ver el experimento.

Por ejemplo, si el punto luminoso está en S (fig. 42) más allá del centro del espejo, se refleja en Is un rayo SI y corta el eje entre el centro y el foco; los demás rayos, después de reflejarse, van á pasar por el mismo punto s, donde forman una imagen del punto S. Si este último llega al centro mismo, los rayos caen verticalmente sobre

el espejo. y al reflejarse vuelven por el camino que primeramente seguían; el punto luminoso y su foco se confunden en el centro del espejo. Si el punto se acerca al espejo, pero á menor distancia que el foco principal, la reflexión se efectúa en el eje más allá del centro.

Ocupémonos ahora del caso en que el punto luminoso está en s, entre el centro C y el foco principal (fig. 42); entonces es evidente que uno cualquiera de los rayos incidentes, sI, se reflejará en la dirección IS, y que los demás cortarían el eje en el mismo punto S, donde tendrá efecto la convergencia. La imagen de un punto situado entre el centro del espejo y el foco principal resultará pues en el eje más allá del centro; y así lo confirma la experiencia, según hemos visto anteriormente.

Este resultado prueba—y así podía preverse,



—que si un haz incidente que parta de un punto del eje  $S$  produce un haz reflejado que converge en otro punto del eje  $s$ , otro haz incidente emanado de este último punto, convergerá á su vez, despues de reflejarse en el espejo, precisa-

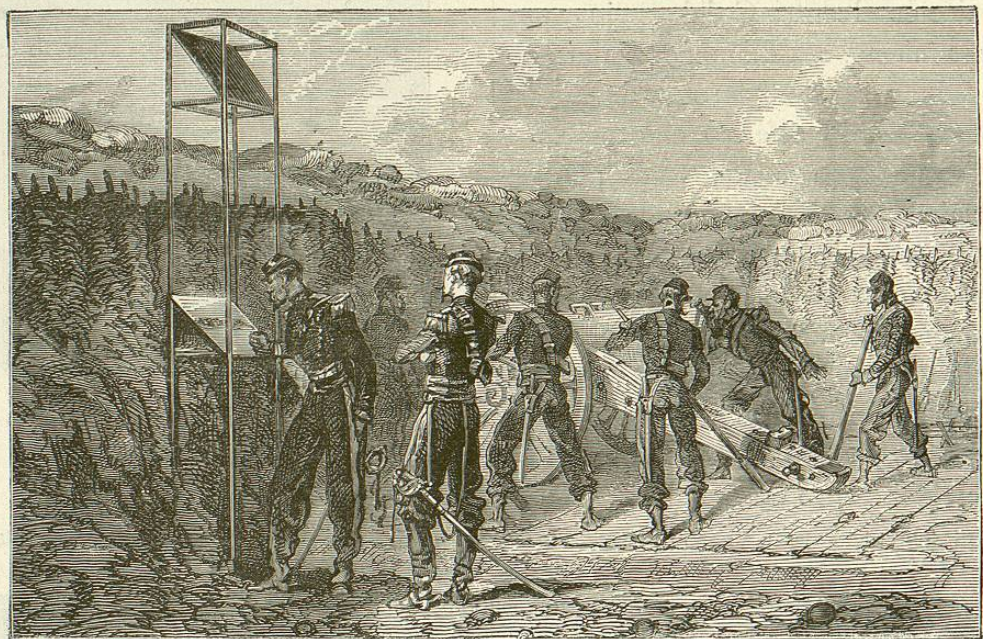


Fig. 34.—Polemoscopio

mismo punto, si la direccion de incidencia del segundo rayo coincide con la direccion de reflexion del primero.

Así pues, los dos puntos  $S$  y  $s$  son alternativamente focos uno para otro, y por esta ra-



Fig. 35.—Imágenes simétricas formadas en el kaleidoscopio

zon se los llama *focos conjugados*. El foco conjugado del foco principal llega á lo infinito, lo que equivale á decir que los rayos emanados de este punto van á parar paralelamente al eje del espejo.

mente en el punto de partida del primer haz. En una palabra, el camino recorrido en un sentido por un rayo de luz que da en un punto del espejo y se refleja en él, lo recorre en direccion enteramente opuesta otro rayo de luz que da en el

Cuando el punto luminoso  $S$  está entre el foco y el centro del espejo, se refleja en  $IR$  un rayo incidente  $SI$ , es decir, se aparta del eje (fig. 43); en este caso ya no habrá convergencia de los rayos que componian el haz luminoso, y por consiguiente, tampoco habrá imagen real, segun nos lo habia enseñado la experiencia. Con todo, se demuestra que prolongando por detrás del eje los rayos reflejados, se cortan en un punto formando así un foco que, por oposicion al foco real de los casos precedentes, lleva el nombre de *foco virtual*. Y en efecto, un espectador situado delante del espejo percibe siempre una imagen, porque los rayos divergentes penetran en su ojo siguiendo la misma marcha que si en realidad emanaran del punto  $s$ . La imagen es entónces virtual, lo propio que la vista en un espejo plano.

Si se ha comprendido bien la marcha de un haz luminoso que cae sobre la superficie de un espejo cóncavo, y cómo produce despues de su reflexion un haz reflejado, convergente ó divergente, segun la posicion del punto luminoso, no será ya difícil darse cuenta de la produccion de las imágenes de los objetos, imágenes ora reales, ora virtuales, ya más grandes, bien

más pequeñas que los objetos mismos, y finalmente unas veces rectas y otras invertidas. En las figs. 44 y 45 se ven dos ejemplos de ello.

Véase cuáles son las reglas de la construccion geométrica de las imágenes, y cómo se

pueden explicar sus posiciones y sus dimensiones comparadas con las del objeto. Primeramente se buscan las imágenes de cada punto extremo  $A, B$ . Con este objeto se reune cada uno de estos puntos con el centro del espejo,

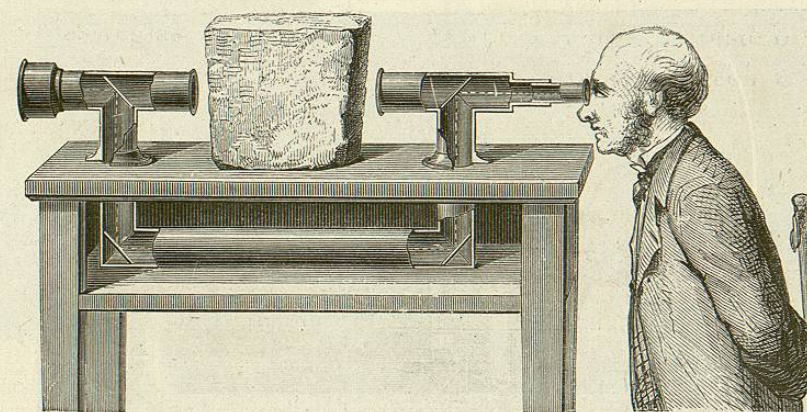


Fig. 36.—Anteojo mágico

lo cual nos da las líneas  $AC, BC$ , que son los ejes secundarios; luégo se trazan los rayos paralelos al eje principal que, segun hemos vis-

to, deben reflejarse en el foco  $F$ . Los puntos de encuentro de los rayos reflejados con el eje secundario correspondiente, dan  $a$  y  $b$ , que son

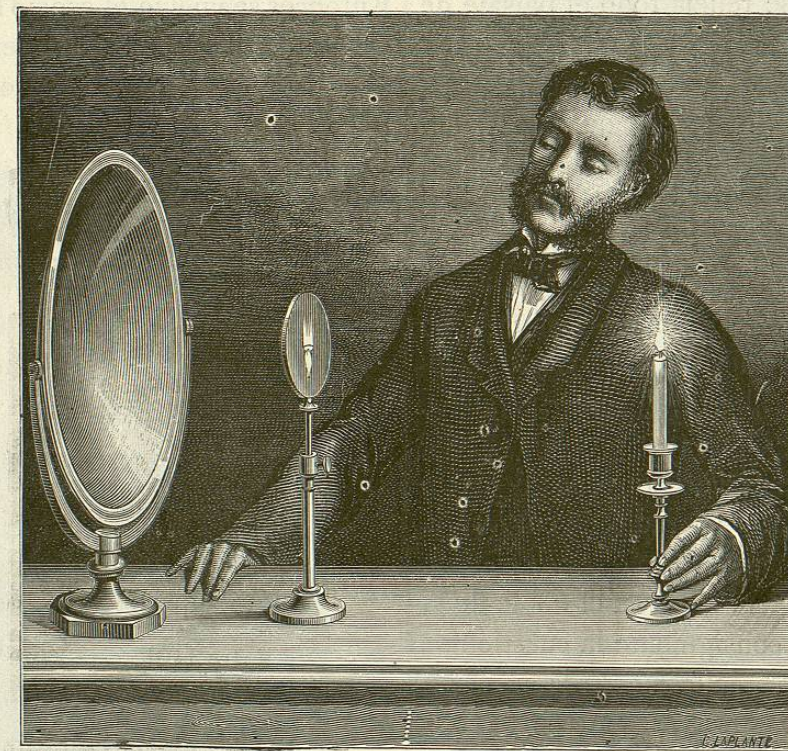


Fig. 37.—Espejo cóncavo: imagen invertida, menor que el objeto

los focos de los puntos  $A$  y  $B$ , es decir, aquellos en que se forman las imágenes de las extremidades del objeto.

Los focos y las imágenes son siempre virtuales en los objetos convexos, porque los rayos de que se compone el haz luminoso incidente

divergen siempre despues de su reflexion, como puede verse si se observa la marcha de alguno de ellos. Tambien se ve en qué consiste que la imagen sea recta en esos espejos (fig. 47), pero siempre más pequeña que el objeto. Por lo demás, las dimensiones son tanto más redu-