

(Introducción á las Memorias de A. Fresnel sobre los faros) (1).

Digamos ahora algunas palabras sobre los medios empleados para dar variedad á las luces de los faros y para que los marinos puedan reconocer los puntos de la costa á cuya vista se encuentran.

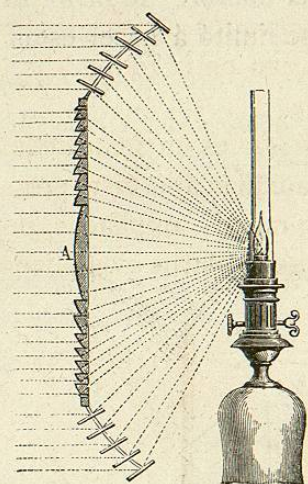


Fig. 223.—Marcha de los rayos en un faro lenticular de Fresnel, de lentes y espejos inclinados

Los faros se dividen en faros de primero, de segundo y de tercer orden, según la intensidad de su brillo y el alcance de su luz. Las lámparas de los faros de primer orden tienen cuatro mechas concéntricas; los de segundo tres y los de tercero dos. El brillo varía en la relación de los números cuatro, dos y uno, y equivale á veinte, diez y cinco lámparas Carcel. Posteriormente se ha conseguido todavía mejor resultado.

Esto en cuanto á las intensidades. Pero á igualdad de intensidad, se distinguen las luces por el número de los eclipses y la duración de los intervalos que los separan, y también por el color de la luz de los destellos. Hay *luces fijas*, producidas por un aparato lenticular de forma

(1) Citemos también las palabras de E. Verdet, digno apreciador del genio de Fresnel. «Jamás se agradecerá lo bastante el servicio que el inventor de los faros lenticulares ha prestado á su país y á todo el mundo civilizado. Y precisamente por estos mismos servicios, no puede menos de apenarnos una consideración. Otros ingenieros habrían ideado temprano ó tarde las lentes escalonadas, las lámparas de mechas concéntricas, los faros de eclipses, etc.; pero Fresnel era el único que podía continuar la revolución que había iniciado en la ciencia. ¿Quién sabe lo que hubiera hecho si hubiese podido proseguir sin interrupción y exento de todo cuidado, el desarrollo de sus fecundas ideas?» (Introducción á las obras de A. Fresnel.)

cilíndrica, y luego *luces de eclipses* de destellos blancos, encarnados ó verdes, combinados de diverso modo. El aparato lenticular se compone entonces de un tambor octógono formado principalmente de ocho lentes sencillas de escalones. La rotación más ó menos rápida del sistema produce una sucesión de destellos y eclipses de duración variable. Por último, mediante unos cristales de colores puestos delante de las lentes, se puede variar también el color de las luces. Las figuras 230, 231 y 232 muestran cómo están dispuestos los aparatos para algunas de estas combinaciones. En las figuras 238, 239 y 240 se puede ver también cómo están instalados estos aparatos en la linterna que corona la torre del faro, así como la estructura arquitectónica del edificio. El faro de Cordouan tiene, como se ve, un aspecto monumental y es enteramente de piedra. El de Nueva Caledonia, recién instalado, es, por el contrario, de palastro y de hierro fundido: construido en París, se le ha podido transportar ya fabricado al punto de su destino, donde se ha inaugurado hace unos doce años.

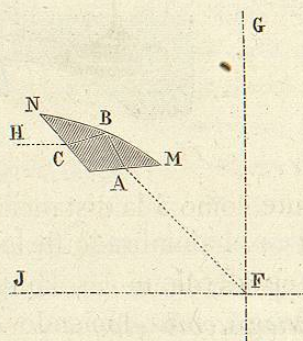


Fig. 224.—Reflexión total en los prismas de los faros catadióptricos

En estos últimos tiempos, se ha introducido en el alumbrado de los faros otra innovación, que consiste en haber sustituido la luz de una lámpara ordinaria por la eléctrica, aumentando así la intensidad y alcance de las luces de los faros. Pero como el aparato dióptrico continúa siendo el mismo, no necesitamos ocuparnos aquí de este nuevo sistema, del cual trataremos más extensamente en el libro consagrado á las aplicaciones de la electricidad, describiendo entonces el modo de alumbrado, la naturaleza de la luz y las máquinas que la producen.

CAPITULO III

EL MICROSCOPIO

I

LALENTE

Un objeto sumamente pequeño envía al ojo, hallándose por supuesto situado á la distancia de la visión distinta y aún cuando esté fuertemente alumbrado, un haz de luz que es muy poco intensa para que su impresión en la retina produzca una imagen clara y determinada. Para

esto sería menester acercarlo á los ojos, aumentando así su diámetro aparente; pero entonces los rayos emanados de sus diferentes puntos no se reunirían en la retina y la imagen sería confusa.

El *microscopio* es un instrumento destinado á servir de auxiliar á la vista produciendo imágenes más ó menos ampliadas de los objetos pequeños, que nuestros ojos pueden ver entón-

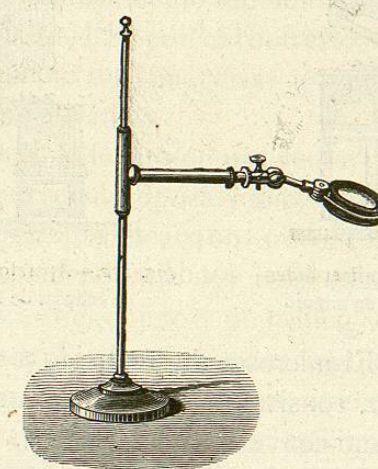


Fig. 225.—Porta-lente

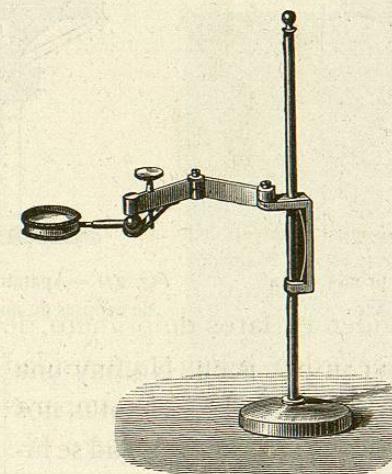


Fig. 226.—Otro modelo de porta-lente

ces claramente como á la distancia de la visión distinta.

Hay dos clases de *microscopios*: la *lente de aumento* ó *microscopio simple* y el *microscopio compuesto*.

Es muy probable, cuando no absolutamente probado, que los antiguos conocían el poder amplificador de las masas de vidrio de forma esférica. De un pasaje de una comedia de Aristófanes se deduce que los atenienses no igno-

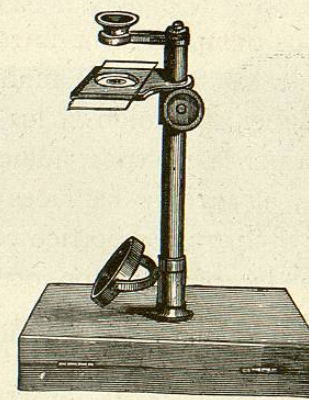


Fig. 227.—Microscopio simple

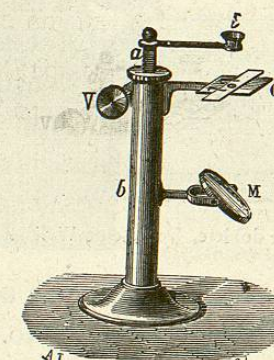


Fig. 228.—Otro microscopio simple

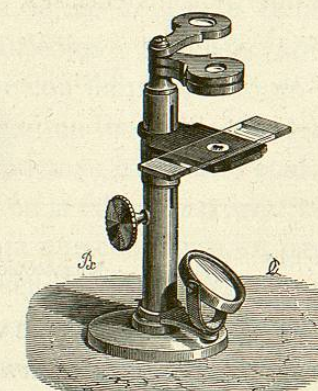


Fig. 229.—Antejo compuesto

raban el modo de encender fuego con un pedazo de vidrio que concentraba en su foco los rayos del Sol. Las piedras preciosas grabadas que se conservan del tiempo de los romanos debieron

forzosamente de labrarse con el auxilio de instrumentos de aumento, los cuales consistían en pedazos de vidrio tallados ó fabricados en forma de lentes, ó tal vez en bolas huecas de cristal

llenas de agua. Esta última suposición es la más probable á juzgar por un párrafo de las *Cuestiones naturales* de Séneca que dice así: « Todos los objetos vistos al través del agua parecen más grandes. Los caracteres diminutos y poco

distintos, leídos al través de un globo de vidrio lleno de agua, parecen mayores y más claros.» Pero si los antiguos conocieron el poder óptico de las esferas de agua ó de cristal, y áun de las lentes de vidrio, no supieron sacar partido de

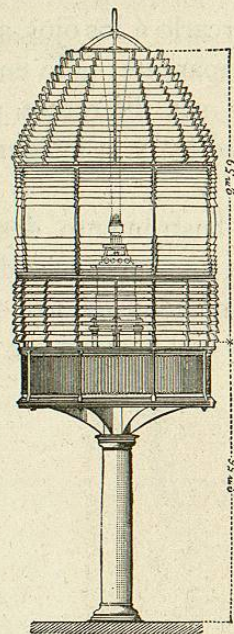


Fig. 230.—Aparato de primer orden de luz fija y blanca

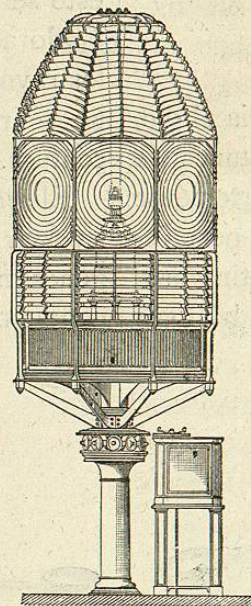


Fig. 231.—Aparato de primer orden de eclipses de minuto en minuto

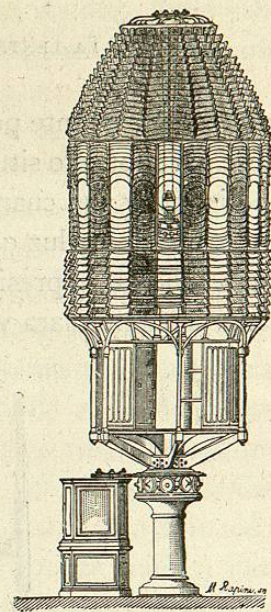


Fig. 232.—Aparato de luces blancas y rojas de eclipses de 20 en 20 segundos

ellas ni construirlas con precisión. No hay una observación de historia natural de cuantas nos dejaron que atestigüe que en la antigüedad se hizo algun uso científico de la lente de aumento.

El microscopio, reducido á su mayor sencillez, consiste en una simple lente convergente, plano-convexa ó bi-convexa, metida en una armadura cuya forma varía con el destino que

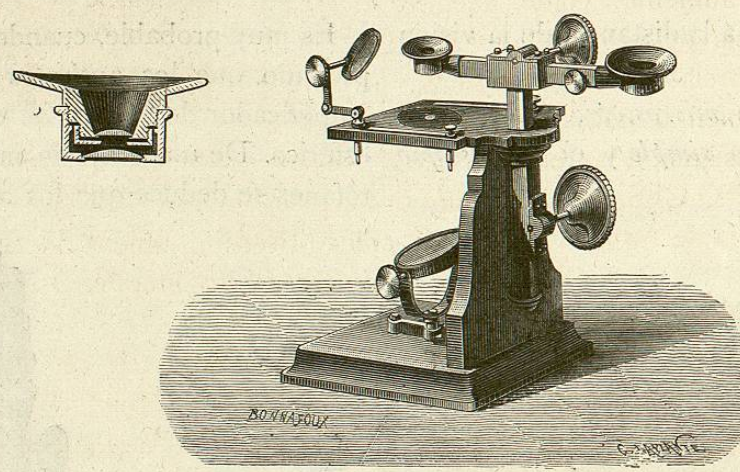


Fig. 233.—Microscopio simple de doblete. Doblete de Wollaston, modificado por Chevalier

se da al instrumento: es lo que vulgarmente se llama *crystal* ó *anteojo de aumento*.

La figura 234 representa la marcha de los rayos luminosos en una lente; el objeto AB está situado á una distancia de la lente menor que la distancia focal principal. El ojo O , situado en el punto F de convergencia, recibe estos rayos como si emanaran de los puntos A' B' , es

decir, de una imagen virtual recta y agrandada del objeto.

Para que esta imagen sea bien clara, es menester que la distancia $A'F$ sea igual á la de la vision distinta para el observador, de donde resulta, para la posición del objeto, un punto determinado que se puede calcular ó deducir fácilmente por tanteo ó por experiencia. Esta

posición difiere muy poco de la del foco principal f , y tanto menos cuanto más curvatura tenga la lente, es decir, cuanto más corto sea

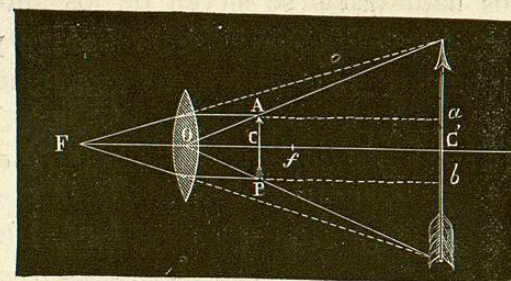


Fig. 234.—Marcha de los rayos luminosos en la lente Aumento

su foco. Si se coloca el objeto á mayor distancia del anteojo, llega en breve al foco principal f , y la imagen, que ha disminuido de amplitud, puede llegar al infinito. Si por el contrario, se acerca el objeto á la lente, su imagen se agranda, pero es también más confusa.

¿Cómo se mide el aumento de una lente?

En los instrumentos de óptica y supuesta la nitidez de la imagen, el aumento no es otra cosa sino la relación que hay entre los respectivos diámetros aparentes del objeto y de la imagen. Entiéndese por esto el valor de los dos ángulos bajo los cuales ve el ojo, ya uno, ya otro de dichos diámetros, suponiéndolos situados á igual distancia de la vision distinta. Por lo que se refiere al anteojo de aumento, como puede despreciarse la distancia del ojo á la lente, el aumento es igual á la relación de los ángulos $A'OB'$, y aOb , ó también al de las dimensiones $A'B'$, AB , la cual es igual á la relación de las distancias OC' y OC . Siendo la primera de estas distancias la de la vision distinta,

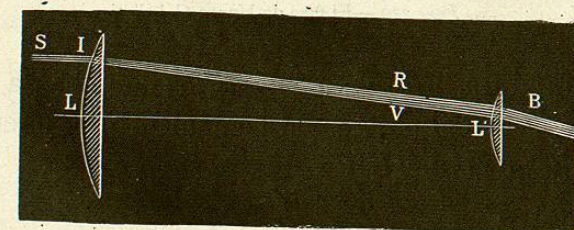


Fig. 235.—Ocular acromático de Campani

el aumento no depende ya, como se ve, sino de la distancia OC' del objeto á la lente, es decir, de la distancia focal principal, que difiere muy poco de aquella.

Así pues, cuanto mayor sea la curvatura de una lente ó más corto su foco, y aparte de

esto, cuanto más larga sea la vision distinta del observador, más grande será el aumento.

La lente representada en perspectiva y en su sección vertical en la figura 241, 1 y 2, es la que suelen usar los relojeros y grabadores. Se la sostiene en la mano, y también se la sujeta delante del ojo comprimiendo al efecto los músculos de las cejas y de la mejilla, quedando así las manos libres, pero es preferible adaptarla á un pié ó *porta-lente* (fig. 225).

El aumento de estas lentes apenas pasa de 5 diámetros; además, adolecen de un defecto bastante grave, el de tener una gran *aberración de esfericidad*. Dase este nombre á un fenómeno que se comprueba de un modo muy sen-

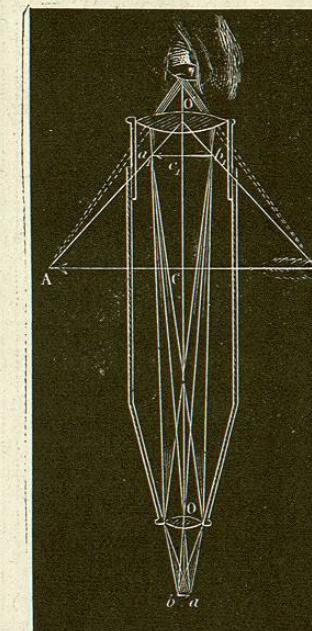


Fig. 236.—Marcha de los rayos luminosos en el microscopio compuesto

cillo: Mírese un objeto de cierto tamaño con uno de estos anteojos y se observará que la imagen no se ve con limpieza sino en su parte central solamente; en los bordes aparece deformada y difusa, además irisada, lo cual consiste en otro defecto, en la falta de *acromatismo*. Pero tiene una ventaja que compensa en parte estos defectos, la de ser su campo muy dilatado; su gran distancia focal permite también que se muevan las manos y los objetos debajo de ella y que se efectúe sin molestia cualquier trabajo.

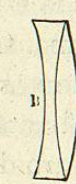


Fig. 237.—Objetivo acromático

Se disminuye la aberración de esfericidad aplicando á los bordes de la lente un diafragma ó placa anular opaca que detiene

los rayos de esta parte de la lente; en cambio, el campo resulta con ello más reducido.

Para evitar á la vez la aberracion de esfericidad y el acromatismo, se compone el anteojo de aumento de dos lentes plano-convexas con sus convexidades contiguas ó de dos lentes acromáticas, cada una de ellas formada, como se verá más adelante, de dos cristales conve-

nientemente escogidos. Se puede calcular las curvaturas de modo que desaparezca la aberracion de esfericidad.

Los naturalistas se sirven de los anteojos representados en la figura 241, 11, 12, 14 y 15; la misma montura contiene dos ó tres aumentos diferentes.

El anteojo *periscópico* de Wollaston y el de

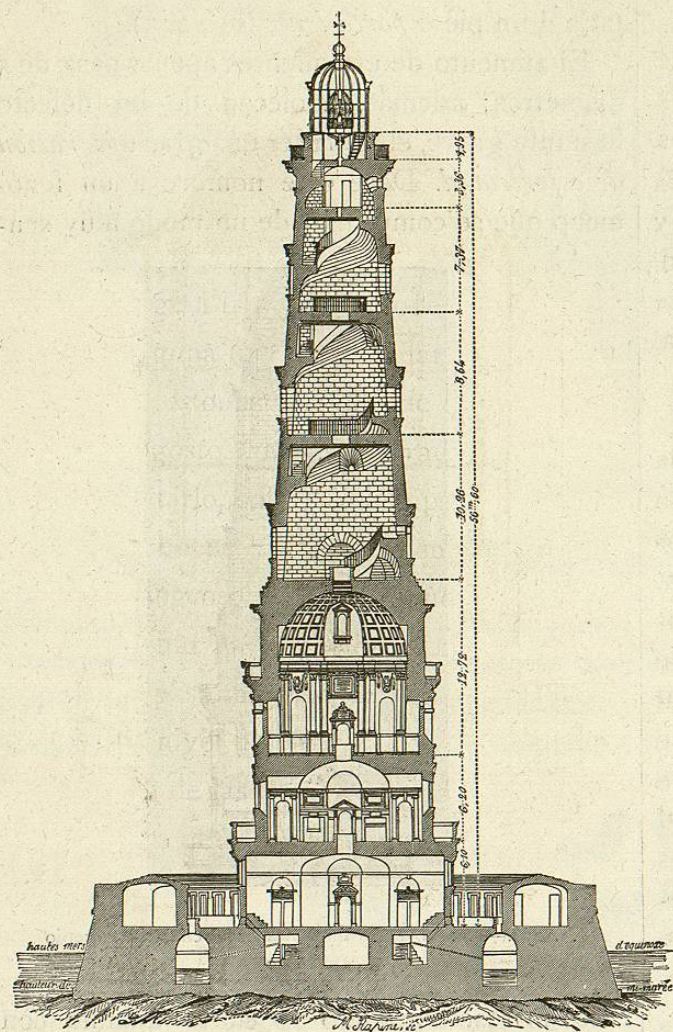


Fig. 238.—Interior del faro de Cordouan

Brewster ó de Coddington tienen el diafragma situado en el interior, en la masa del cristal; pero el último es un sector cilíndrico sacado de una esfera, y la parte media del cilindro está tallada á modo de garganta para formar diafragma. Con este anteojo se pueden obtener aumentos de 30 diámetros.

El anteojo Stanhope consiste tambien en un cilindro de cristal, pero la convexidad de sus superficies no es igual. Aplicando á la más plana los pequeños objetos transparentes que se desea estudiar, como polvillos de polen, plúmulas de las alas de mariposa, etc., y mirando por la otra

cara al trasluz, se ve la imágen alumbrada y ampliada del objeto con un aumento que puede llegar á 40 diámetros.

II

EL MICROSCOPIO SIMPLE.—DOBLETE DE WOLLASTON

El *microscopio simple* (inventado por Cuff y llamado tambien *microscopio de Raspail*) es un anteojo montado en un pié ó soporte de cobre, el cual sostiene á su vez una placa ó *porta-objeto* sobre el cual se coloca el objeto que se quiere estudiar, y más abajo un espejo plano ó cón-

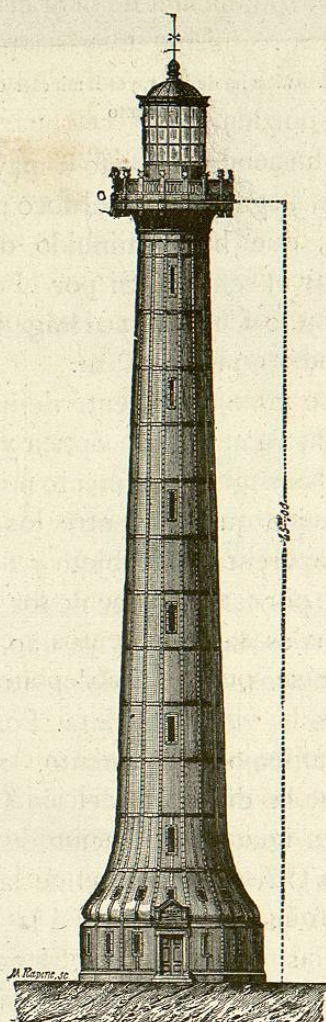


Fig. 239.—El faro de Nueva-Caledonia

cavo, que sirve para proyectar la luz difusa del día sobre el mismo objeto. Mediante un tornillo de boton y una barra dentada se puede subir ó bajar el anteojo ó el porta-objeto hasta encontrar la posicion en que con más nitidez aparece la imágen, posicion que varía segun los individuos ó segun los aumentos que se emplean. La placa tiene un orificio que da paso á la luz reflejada por el espejo, y el objeto se coloca sobre una lámina de vidrio encima de la abertura.

Fabricanse asimismo microscopios simples más complicados, en los cuales hay dos lentes á las que se pueden dar direcciones más ó menos inclinadas, haciendo así posible el exámen del objeto en todas sus caras.

En lugar de un anteojo simple se suele adaptar al microscopio otro formado de dos cristales separados por un diafragma con objeto de destruir la aberracion de esfericidad y de tener un anteojo acromático; tal es el *doblete de Wollaston*: en la fig. 233 están representados un microscopio simple de doblote y la seccion vertical de un doblote perfeccionado por C. Chevalier. El anteojo compuesto llena el mismo objeto (fig. 229): se compone de anteojos de lentes biconvexas, de aumentos y campos diferentes, que se pueden sobreponer como se quiera.

El anteojo de aumento y el microscopio simple han prestado grandes servicios á las ciencias: del segundo se hace uso sobre todo para la preparacion y diseccion de objetos, en especial para la anatomía vegetal, pues los histiólogos le prefieren al microscopio compuesto para diseccion tejidos animales. En este caso raro es que los aumentos excedan de 60 diámetros, porque, con ampliaciones mayores, el foco de la lente es tan corto que apénas queda sitio debajo para la manipulacion. Para observaciones más sencillas se pueden emplear dobles que aumentan hasta 500 diámetros; pero en este caso el foco de la lente sólo es de 45 cienmilímetros, ni siquiera medio milímetro.

III

EL MICROSCOPIO COMPUESTO

En el microscopio compuesto hay dos sistemas de lentes: una llamada *ocular*, porque se coloca junto al ojo; otra, *objetivo*, porque se

pone en direccion del objeto cuya imágen ampliada se desea obtener.

El objetivo es una lente *biconvexa* que da una imágen real y agrandada ya del objeto, pero invertida. Esta imágen es la que se examina con el ocular, el cual desempeña por tanto las veces de un anteojo, sólo que este anteojo sirve para ver y agrandar, no el objeto, sino la imágen.

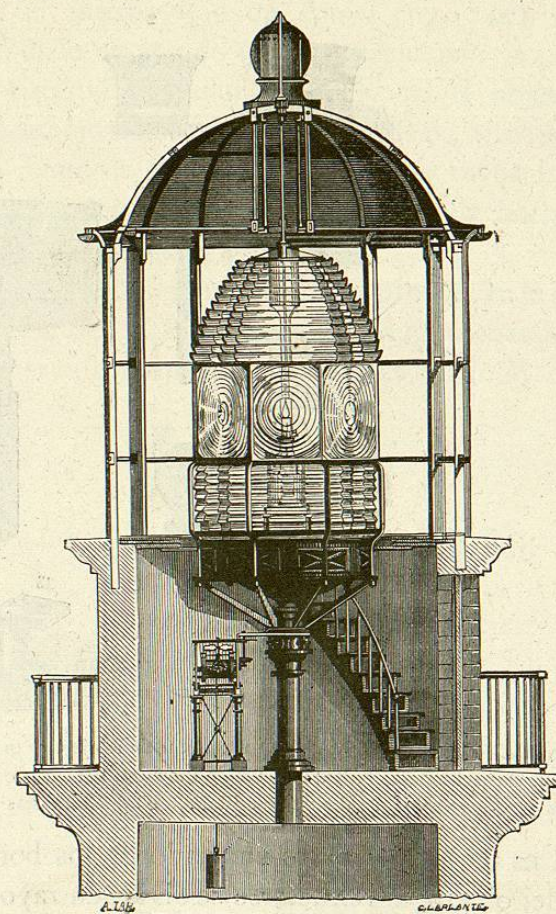


Fig. 240.—Aparato lenticular y linterna de un faro de primer orden

En la figura 236 se ve trazada la marcha de los rayos luminosos en el microscopio compuesto. O' es el ocular y O el objetivo delante del cual se ve el pequeño objeto *ba*. El objetivo produce en *a₁ b₁*, que es el foco del anteojo ocular, una imágen agrandada que sirve á su vez de objeto: esta imágen aparece al revés, y como el ocular no hace más que ampliarla sin devolverle su posicion verdadera, el ojo ve tambien el objeto al revés, como si estuviese en AB, es decir, en el límite inferior de la vision distinta.

Tal es el aparato óptico del microscopio compuesto reducido á su más sencilla expresion; pero, lo propio que en el anteojo de aumento, hay que corregir algunos defectos, ya del obje-