

acodado en ángulo recto, conteniendo la parte horizontal el ocular, y la vertical el objetivo; un espejo inclinado 45° ó un prisma, situado en su punto de encuentro, refleja los rayos luminosos salidos del objetivo y los envía horizontalmente al ocular.

Para obtener imágenes que produzcan la sensación del relieve, el cual no se nota cuando se observa con un solo ojo, ha construido M. Nacet microscopios compuestos de doble aparato óptico, dándoles el nombre de *microscopio biocular*. Cuando estudiemos la visión estereoscópica, se comprenderá la necesidad de esta disposición, que preserva al observador de ilusiones falaces, las cuales proceden del modo cómo están

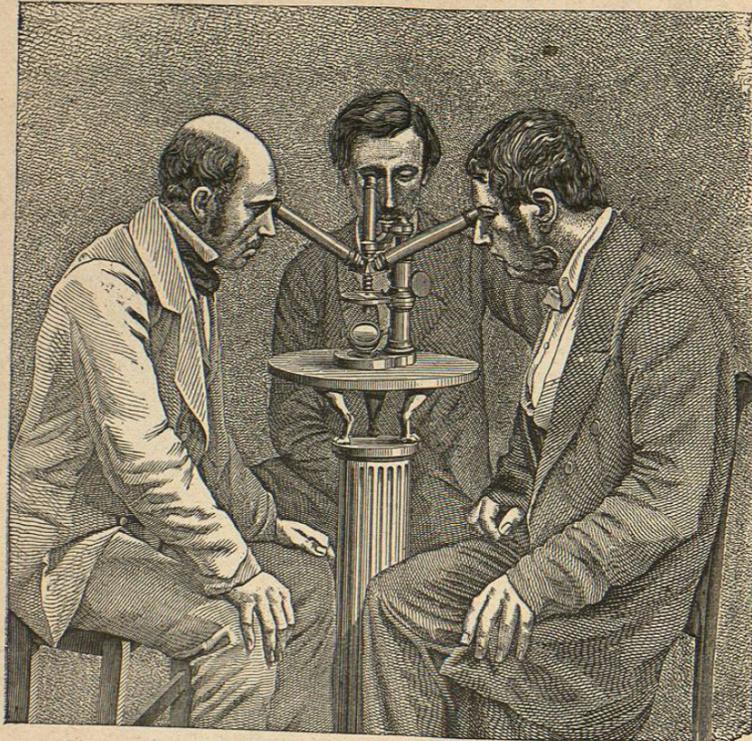


Fig. 654.—Microscopio de tres cuerpos para las observaciones simultáneas

iluminados los detalles de los objetos que con frecuencia estudia por vez primera y cuya estructura real le es desconocida.

El mismo fabricante construye microscopios de tres cuerpos, gracias á los cuales pueden observar simultáneamente tres personas. Estos instrumentos son preciosos para la enseñanza de la micrografía. En los microscopios de dos ó tres cuerpos no hay más que un objetivo, pero debajo tienen un prisma isósceles de aristas horizontales, que recibe los rayos emanados del objeto, y después de su reflexión total los hace salir en dos ó tres direcciones diferentes (en este último caso reemplaza una pirámide al prisma), cuyas direcciones son las de los porta-oculares. Dos ó tres observadores pueden estudiar así á la vez el mismo objeto y comunicarse sus observaciones.

Por último, también se hacen microscopios especiales para los químicos (fig. 653). El porta-ocular está en ellos inclinado y va á parar debajo del objetivo, situado á su vez debajo del porta-objeto. Un prisma envía al ojo los rayos luminosos por efecto del fenómeno de la reflexión total.

IV

EL MICROSCOPIO SOLAR

Terminaremos la descripción del microscopio, dando la de un aparato que tiene por objeto proyectar á alguna distancia sobre una pantalla las imágenes agrandadas, de modo que las vea á la vez un gran número de espectadores. Tal es el *microscopio solar*, llamado así porque la luz con que se ilumina el objeto es la luz directa de los rayos del Sol.

El microscopio solar proyecta, como acabamos de decir, en una pantalla la imagen considerablemente aumentada de un objeto muy pequeño. Es un megascopio, cuya disposición particular permite observar y hacer ver á muchas personas la imagen de que hablamos. A este efecto se coloca el objeto un poco más allá del foco principal de una lente de foco corto. Según lo que hemos visto, el aumento será tanto mayor cuanto

menos diste el objeto del foco; pero entonces se formará la imagen á una distancia proporcional de la lente; y á la par que crezca el aumento, más diseminada y por consiguiente más debilitada estará la luz; de aquí la necesidad de alumbrar mucho el objeto, para que la imagen conserve suficiente brillo. Por esto se recibe sobre un cristal convenientemente inclinado, ora los rayos del Sol; ó bien los de un foco muy intenso,

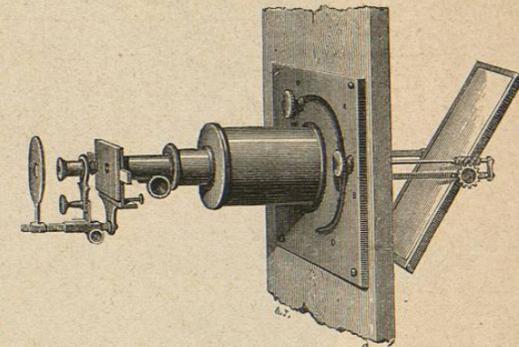


Fig. 655.—Microscopio solar

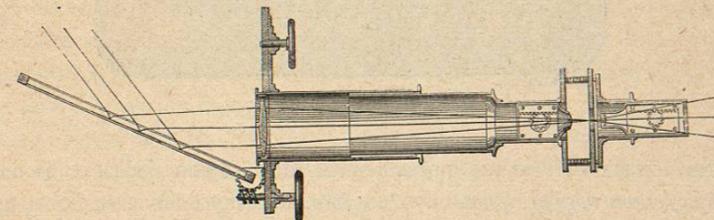


Fig. 656.—Sección horizontal del microscopio solar

como la luz eléctrica. El cristal los refleja y los envía á una lente de gran abertura que los hace convergir una vez. Otra lente los concentra en su foco, y en este último punto se halla situado el objeto cuyos detalles de estructura se quiere estudiar. Las figuras 655 y 656 presentan el conjunto del microscopio solar y su construcción interna.

Llábase microscopio de gas aquel en que el objeto está alumbrado por la luz Drummond; y microscopio foto-eléctrico el que en vez de estar iluminado por los rayos solares recibe la vivísima luz de un arco voltaico.

Cuando el Sol no brilla, no se podrían hacer ciertas demostraciones en las cátedras de física si no se pudiera disponer de un foco de luz casi tan vivo como el Sol; nos referimos á la luz eléctrica, utilizada en el microscopio que representa la figura 657.

No hay nada tan curioso como ver las imágenes extraordinariamente agrandadas de los detalles orgánicos de los animales más ínfimos, de los infusorios que se mueven en una gota de cola ó de cualquier otro líquido en fermentación, la descomposición espontánea del agua en glóbulos gaseosos de oxígeno é hidrógeno, la cristalización de las sales, la estructura de los tejidos animales y vegetales, etc.

La microscopia tiene otra aplicación importante que no debemos pasar en silencio; tal es la de que, merced á ella, se pueden fotografiar con toda precisión los curiosos detalles de las imágenes de los objetos observados por los micrógrafos, haciendo así

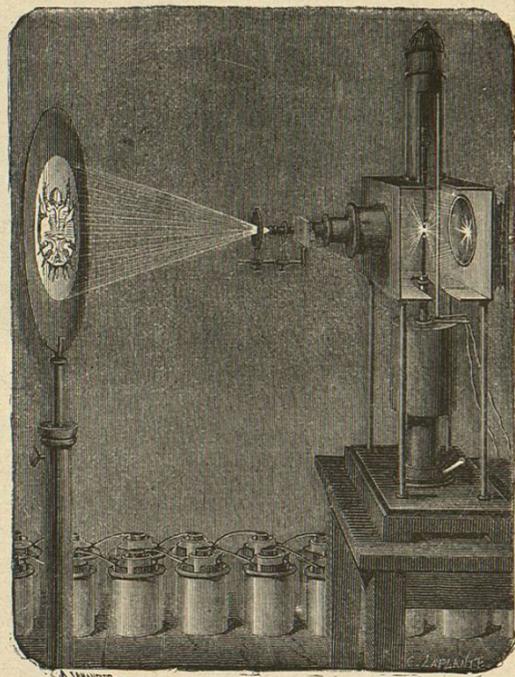


Fig. 657.—Microscopio foto-eléctrico

perdurables ciertas observaciones quizás fugaces. Más adelante dedicaremos un párrafo especial á la *fotomicrografía*, con cuyo nombre se designa hoy esta doble aplicación de las leyes de la luz.

Por último, añadiremos que para estudiar ciertos cuerpos con el microscopio se emplea la luz polarizada. El uso de esta luz tiene por objeto poner en evidencia algunas propiedades particulares de los cuerpos sometidos al examen de dicho instrumento. Para transformar un microscopio común en otro polarizante se pone debajo de la platina un pequeño prisma de Nicol que es el *polarizador*; otros ponen un montón de cristales que producen el mismo efecto. Encima del ocular ó debajo de la primera lente se coloca otro prisma de Nicol más fuerte que el primero; este prisma sirve de *analizador*. Haciéndole girar sobre sí mismo, se producen en los objetos examinados, ya sean cristales de uno ó dos ejes, ó ya otras substancias birrefringentes, notables efectos de coloración que permiten distinguir con suma claridad todos los detalles de estas substancias, mientras que con la luz reflejada ordinaria se distinguen difícilmente.

V

CÁMARA OSCURA. — MEGASCOPIO. — LINTERNA MÁGICA

Antes de describir el telescopio, que servirá de asunto para el capítulo siguiente, nos ocuparemos de ciertos aparatos que ofrecen interés por lo curiosos, por cuya razón no deja nunca de mencionárselos en las obras de física recreativa, siquiera presten á veces verdaderos servicios á la ciencia: en este número figuran la *cámara oscura*, la *cámara clara* ó *lúcida*, el *megascopio*, la *linterna mágica* y el *fantascopio*.

Al hablar de la propagación rectilínea de la luz dijimos que si se hace un agujerito en la madera de una ventana herméticamente cerrada, se forma la imagen de los obje-

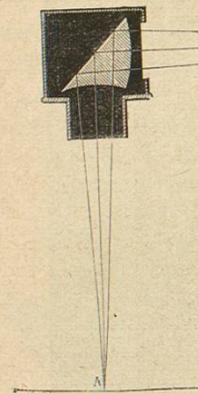


Fig. 658.—Lente-prisma de la cámara oscura

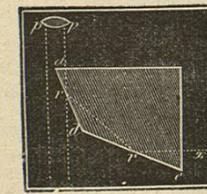


Fig. 659.—Cámara clara: marcha de un rayo luminoso en el prisma

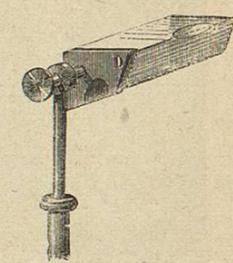


Fig. 660.—Cámara clara con su pie

tos exteriores en una pantalla colocada dentro de la habitación. Esta imagen invertida no aparece clara y bien definida sino cuando reproduce los objetos distantes.

Para remediar este inconveniente y dar más brillo á las imágenes, discurrió Porta, físico del siglo xvii, recibir la luz en un espejo esférico cóncavo que reflejaba los rayos y la imagen en una pantalla; pero consiguió resultados más sorprendentes adaptando al agujero de la ventana una lente convergente. La imagen de los objetos exteriores se pintó entonces con nitidez en la pantalla cuya distancia al agujero de la ventana depende de aquella á que se encuentren los objetos, distancia fácil de determinar por medio de tanteos.

Los dibujantes se valen de la cámara oscura así perfeccionada para trazar en un papel los contornos del paisaje que quieren reproducir. En vez de una lente, se emplea un prisma (fig. 658) cuya cara vuelta hacia los objetos es convexa y que por la reflexión total sobre su cara plana, inclinada 45°, envía los rayos luminosos á la mesa en que está el papel para dibujar. La imagen se forma en éste con toda claridad, y el dibujante no tiene que hacer más sino seguir sus contornos con el lápiz. El óptico C. Chevalier fué quien introdujo esta modificación en la cámara oscura.

Dase el nombre de *cámara clara* ó *lúcida* á un instrumento que proyecta en el papel la imagen de un objeto, de un paisaje por ejemplo. Vemos por esto que la cámara clara tiene los mismos usos que la oscura, por cuya única razón se le da casi

igual nombre. Y en efecto, aquélla se compone simplemente de un prisma refringente de forma cuadrangular, cuyo principio es el de la reflexión total de los rayos luminosos en su interior.

El ángulo b de las caras ab y bc es recto; el a y el c de $67^{\circ}30'$, y el d de 135° (figura 659). Así pues, si un rayo luminoso n atraviesa la cara vertical del prisma y cae en r sobre la cara dc , su incidencia con la normal á esta última será de $67^{\circ}50'$, es decir, mucho mayor que el *ángulo límite*; el rayo se reflejará, pues, totalmente, caerá en seguida sobre ad donde se reflejará del mismo modo, y por fin sobre la cara superior horizontal, la cual atravesará en sentido perpendicular.

El ojo del observador situado en pp , á corta distancia del ángulo del prisma, recibirá así todos los rayos luminosos emanados de los objetos, y verá la imagen de éstos

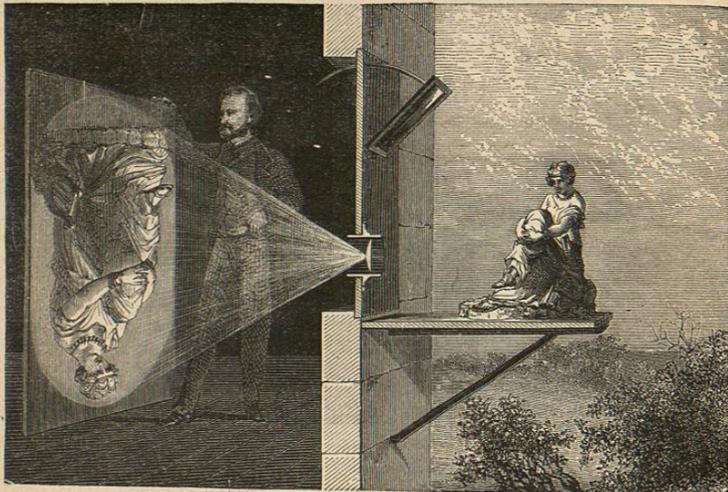


Fig. 661.—Megascopio

proyectada verticalmente. Poniendo un papel debajo del prisma le será fácil al observador ver á la vez en el papel la imagen virtual de los objetos exteriores y la punta de su lápiz con el cual podrá seguir todos los contornos de éstos.

La figura 660 representa la cámara clara puesta sobre un pie, mediante el cual se la puede fijar al borde del tablero que el dibujante se coloca sobre las rodillas: en la arista DD se ve una muesca, gracias á la cual se puede aplicar el ojo á la arista misma.

El *megascopio* es una cámara oscura ideada con el objeto de reproducir en mayor escala la imagen de un objeto cualquiera, estatua, cuadro, etc. La figura 661 nos dispensará de hacer una descripción detallada del megascopio; solamente diremos que, debilitándose el brillo de la imagen á causa de la dispersión producida por la amplificación, se hace uso de un reflector para dirigir los rayos del Sol sobre el objeto, obteniendo así la iluminación que se necesita.

La *linterna mágica* es un megascopio en el cual la luz de una lámpara de reflector ilumina los objetos. Con este aparato se proyectan sobre una pantalla las imágenes de los objetos pintados sobre cristal con colores transparentes. El tubo, á través del cual se colocan estas pinturas invertidas, contiene un sistema de dos lentes, una plano-convexa y la otra bicóncava, que reproducen una imagen recta en una pantalla colocada delante del instrumento. Sirviéndose de la luz Drummond para alumbrar los objetos,

se obtienen imágenes mucho más nítidas, y por lo tanto, apartando la pantalla y acercando las lentes, el aumento de éstas será bastante mayor.

A fines del siglo pasado, el físico belga Robertson alcanzó un éxito extraordinario dando funciones de apariciones de fantasmas que, en medio de la profunda oscuridad

en que estaba el salón, parecían avanzar poco á poco hasta la mitad de él, creciendo al propio tiempo. Lograba producir esta ilusión con un aparato llamado *fantascopio*, enteramente análogo á la linterna mágica, es decir, compuesto de una caja que contenía una lámpara de reflector y de un tubo con dos lentes que proyectaban la imagen de una pintura

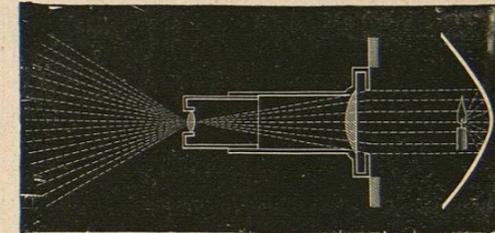


Fig. 662.—Linterna mágica

sobre una pantalla colocada delante del instrumento. Sólo que la linterna estaba sobre una mesa de ruedas, en uno de cuyos pies había una polea que comunicaba su movimiento al objetivo por medio de una excéntrica y una palanca. Cuando la mesa rodaba alejándose de la pantalla, el objetivo se acercaba poco á poco á la media bola, la imagen aumentaba y la ilusión producida era tanto más completa cuanto que por medio de un diafragma movable la luz que recibía la imagen variaba en proporción de su tamaño.

Robertson, que, según parece, debía el secreto de esta invención á un pintor llamado de Waldech, tenía sumo cuidado de no dar paso á ninguna luz extraña y de evitar en lo posible el ruido del aparato, á cuyo fin había forrado las ruedas de paño. Todo esto producía una ilusión que dicho físico procuraba aumentar imitando el fragor del trueno, el rumor de la lluvia, los gritos de los animales, etc.

En la figura 663 se ve que hay dos linternas y por consiguiente se puede proyectar en la pantalla, además de la imagen del espectro ó de cualquier otro personaje fantástico, la de un paisaje en armonía con la escena donde tiene lugar la acción del episodio.

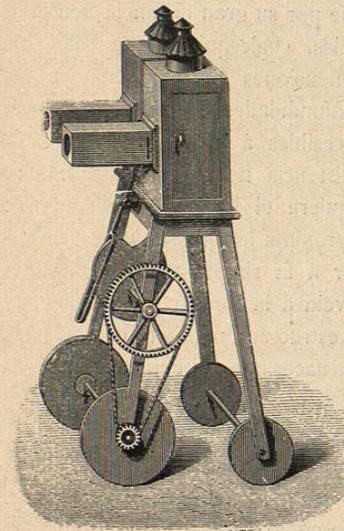


Fig. 663.—Fantascopio

El mismo aparato debe dar también las vistas *poliorámicas*, con cuya calificación se designa los efectos de paisajes variados, la sucesión del día á la noche, de la bonanza á la tempestad, etc. Cada linterna está dispuesta de modo que proyecta cada doble vista en el mismo punto de la pantalla. Una de ellas está al principio cerrada y se ve el paisaje iluminado por el Sol; poco á poco va oscureciendo, llega el crepúsculo, se hace de noche é insensiblemente la segunda vista sustituye á la primera. Los niños, y aun también los mayores, se recrean en admirar esos cuadros y esos efectos de luz. Pero, como á nosotros nos interesa el principio físico más que los detalles discurridos para sacar partido de él, nos limitaremos á añadir que la cámara oscura, los megascopios, las linternas mágicas y los fantascopios están basados por igual en la formación de imágenes reales por medio de lentes convergentes.