

tivo ó bien del ocular, por lo que respecta á la aberracion de esfericidad y á la de refrangibilidad.

Se remedia el primer defecto limitando la extension de la imagen real por medio de un diafragma situado en el foco del ocular, es decir, en  $a_1 b_1$ . Mas como de este modo se limita el campo del microscopio, se emplea un ocular de gran diámetro, que tiene por consiguiente

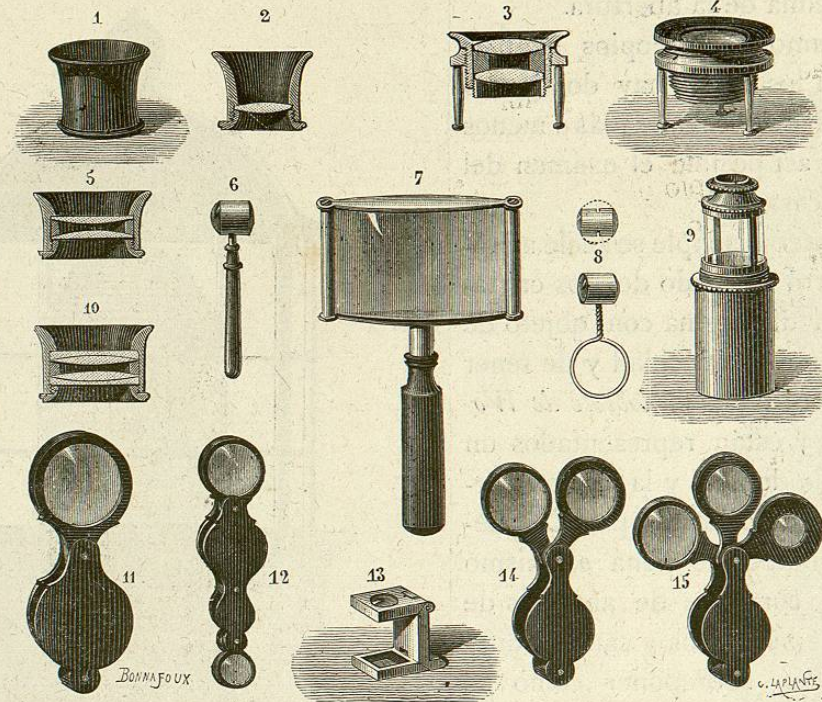


Fig. 241.—Lentes de varias clases: 1, 2, lente de relojeros y grabadores; 3, 4, 5, lentes acromáticas; 6, lente de Stanhope; 7, lente de superficie cilíndrica; 8, lente rodada de Brewster, llamada de Coddington; 9, lente ó microscopio de grano; 13, cuenta-hilos; 11, 12, 14 y 15, lentes de uno, dos y tres cristales, de los naturalistas

SI es un haz luminoso emanado de los bordes del objeto; al refractarse se divide en rayos de colores, de los cuales los rojos siguen la direccion IR, y los morados la IV, de suerte que el ojo veria el borde del objeto irisado si el segundo ocular L' no hiciera que los rayos de colores fuesen paralelos en B, donde forman luz blanca. Allí es donde se aplica el ojo para observar.

Se obtiene tambien el acromatismo componiendo el objetivo de dos lentes, una B de flint-glass y la otra A de crown-glass, la primera divergente y la segunda biconvexa (figura 237).

El aumento que da el microscopio compuesto es una combinacion del del objetivo multiplicado por el del ocular. Supongamos agrandada veinte veces la imagen que da el primer sistema; si el ocular la agranda otras cinco, claro está que el aumento total será de 100 veces.

un campo más extenso. Con el mismo objeto se hace uso tambien de un sistema de lentes plano-convexas con la convexidad opuesta al ojo.

Tal es el ocular de Campani, que tiene al mismo tiempo la propiedad de destruir la irisacion de las imágenes y de corregir el defecto de acromatismo del objetivo. Véase cómo se consigue este objeto.

Se sobrentiende que en todo lo expuesto sólo se ha tratado del aumento lineal ó *en diámetro*. El aumento superficial es igual sin duda alguna al cuadrado del número que representa el primero. Así por ejemplo, para una amplificacion en diámetro de 50, 100, ó 500, la superficie del objeto resultará amplificada 2500, 10,000, 250,000 veces.

Segun A. Chevalier, se construyen hoy microscopios compuestos cuyos sistemas ópticos se dividen en nueve series, segun el aumento, desde el n.º 1, que da un poder amplificador de 25 á 50 diámetros, hasta el n.º 9 que aumenta de 600 á 1300 veces. Con esta última amplificacion, las superficies resultan multiplicadas por la enorme cifra 1.690,000, siendo por consiguiente fácil percibir partes de la materia de menos de un milésimo de milímetro de extension (1).

(1) A causa de las necesidades siempre crecientes de los micrógrafos y de la habilidad práctica de los ópticos, hace unos veinte años que

Pero hay que tener muy en cuenta que el arte de observar con el microscopio no se adquiere sino despues de larga práctica; hay que educar la vista para aprovechar los mayores aumentos, y los principiantes que desean adquirir la habilidad de los maestros harán bien en dar principio á sus observaciones con amplificaciones peque-

sobre las cuales se coloca el cristal que sustenta el objeto; y por fin el *espejo* ó reflector que refleja la luz sobre el cristal y el objeto mismo. Si éste no es trasparente, se le ilumina por encima por medio de una lente situada á un lado y que puede moverse en todos sentidos.

El tubo óptico es vertical unas veces (figura 242 y 245), otras susceptible de inclinarse oblicuamente (fig. 243), y por fin, otras, como en el microscopio de Amici (fig. 244), está 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 envia horizontalmente al ocular.

Para obtener imágenes que produzcan la sensacion del relieve, el cual no se nota cuando se observa con un solo ojo, ha construido M. Na-

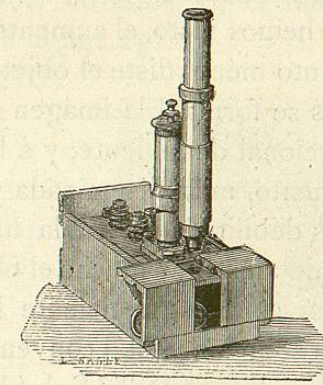


Fig. 242.—Microscopio compuesto, con su caja

ñas, aumentándolas gradualmente. Tambien haremos observar que cuanto mayor es la amplificacion y más se divide y difunde la luz que cae sobre el objeto y le hace visible, más necesario es iluminarlo bien.

Describamos ahora algunas de las disposiciones adoptadas por los constructores en los microscopios compuestos.

Lo propio que en el microscopio simple, en el compuesto se distinguen tres partes principales: el aparato *óptico* que contiene el ocular y el objetivo, contenidos en un mismo tubo; el *porta objeto*, que suele ser de varias formas, pero que las más de las veces consiste en una platina con una ó muchas aberturas circulares

se construyen objetivos acromáticos que dan aumentos mucho mayores que los que acabamos de citar. Hé aquí lo que dice acerca de este asunto el doctor J. Pelletan, que ha publicado una obra muy apreciada titulada *El Microscopio y sus usos*: «Se ha echado de ver que combinando muchos sistemas de lentes con arreglo á varias fórmulas, se podia agrandar considerablemente el ángulo del cono luminoso que penetra en el objetivo. Pero esto no era posible sino con una distancia focal sumamente corta. En cambio, se obtenian con estos objetivos de gran abertura imágenes mucho más perfectas que con los antiguos objetivos de ángulos pequeños. Viendo los ópticos que se podian utilizar estos objetivos á muy poca distancia, se aprovecharon de ello para reducir todavía más el radio de sus lentes, disminuir por lo tanto el foco y aumentar la amplificacion, y de este modo han llegado á conseguir aumentos formidables. Pero no debe olvidarse que las cifras marcadas en los catálogos son á menudo de puro capricho.» El doctor Pelletan cita un microscopio construido por el óptico americano Tolles, cuyo aumento *parece ser de 15,000 diámetros* con un objetivo de 1/75 de pulgada y un ocular de media pulgada á 25 centímetros de distancia. Pero añade: «Digo *parece ser* porque no creo que se pueda utilizar *prácticamente* este objetivo con semejante ocular, pues como se comprenderá es de muy difícil manejo; y sólo se puede hacer uso de él en el fondo de un sótano para evitar las vibraciones.»

TOMO II

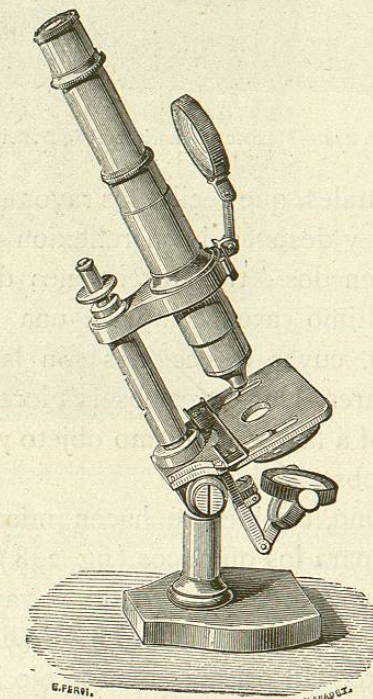


Fig. 243.—Microscopio inclinado de Nachet

chet microscopios compuestos de doble aparato óptico, dándoles el nombre de *microscopio biconocular*. Cuando estudiemos la vision estereoscópica, se comprenderá la necesidad de esta disposicion, que preserva al observador de ilusiones falaces, las cuales proceden del modo cómo están 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 aris-

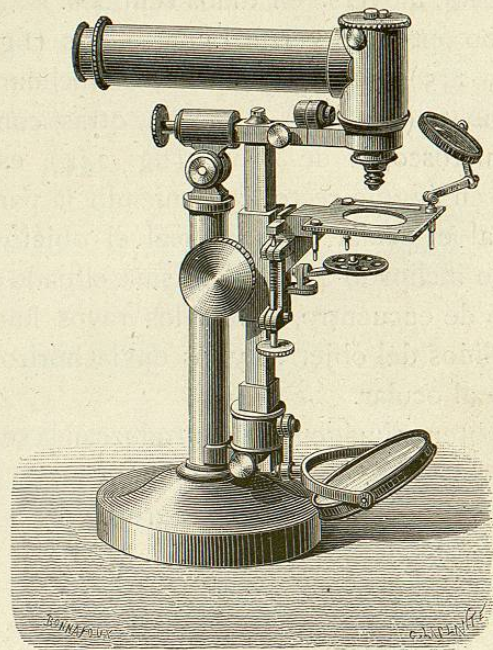


Fig. 244.—Microscopio horizontal de Amici

tas horizontales, que recibe los rayos emanados del objeto, y despues de su reflexion 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, tambien se hacen microscopios especiales para los químicos (fig. 248). El porta-ocular está en ellos inclinado y va á parar debajo del objetivo, situado á su vez debajo del porta-objeto. Un prisma envia al ojo los rayos luminosos por efecto del fenómeno de la reflexion 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 entónces 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, como la luz eléctrica. El cristal los refleja y los envia á una lente de gran abertura que los hace converger una vez. Otra lente los concentra en su foco, y en este último punto se halla situado el objeto cuyos



Fig. 245.—Modo de observar con el microscopio compuesto

detalles de estructura se quiere estudiar. Las figuras 249 y 250 presentan el conjunto del microscopio solar y su construcción interna.

Llámase 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 fig. 251.

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.

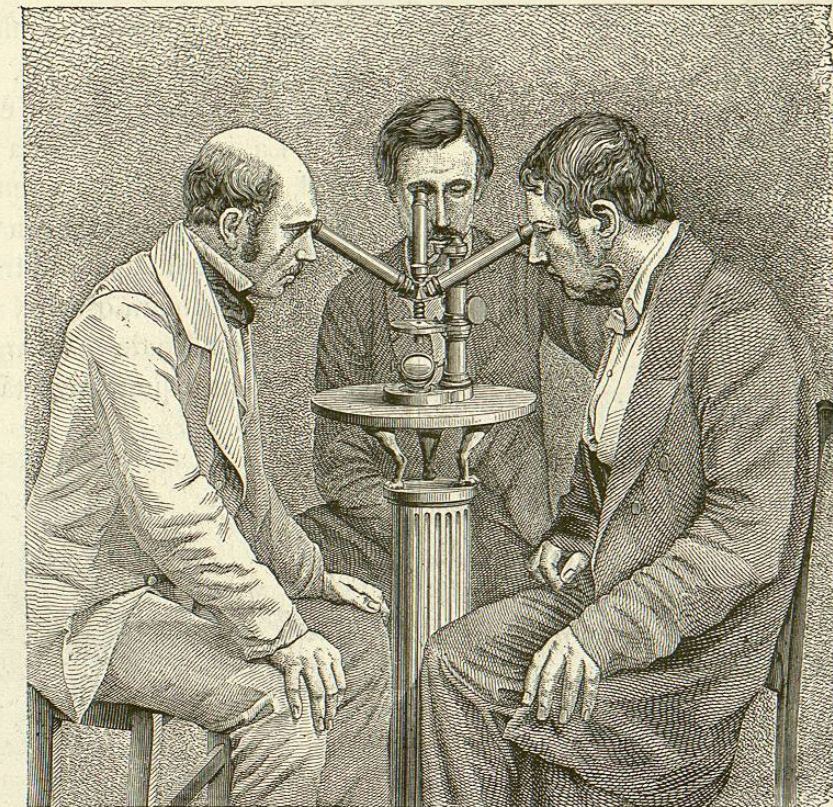


Fig. 246.—Microscopio de tres cuerpos para las observaciones simultáneas

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 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 trasformar un microscopio comun en otro polarizante, se pone debajo de la platina un pequeño prisma de

Nicol que es el *polarizador*; otros ponen un monton 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 sustancias birefringentes, notables efectos de coloración, que permiten distinguir con suma claridad todos los detalles de estas sustancias, 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