

LA FOTOGRAFÍA DE COLORES

190. Lippmann ha resuelto últimamente el problema de la fotografía de los colores por un procedimiento muy sencillo y racional, enteramente distinto de los métodos empleados por sus predecesores.

Se valió de la teoría de la luz para definir las condiciones necesarias en que hay que colocarse para obtener clisés de colores por medio de la aplicación directa de los procedimientos fotográficos ordinarios. Estas condiciones son dos:

1.^a Es necesario que la capa sensible sea *continua* y no formada como la de las placas ordinarias, por pequeños granos metálicos dispersos en la capa de gelatina.

2.^a La capa sensible debe estar pegada á una superficie reflectora que forme espejo.

Lippmann llena la primera condición sensibilizando en un baño de nitrato de plata una capa, sea de colodión, ó bien de albúmina ó gelatina impregnada de bromuro, de cloruro ó de ioduro de potasio. La superficie reflectora pegada á la capa sensible la obtuvo poniendo detrás de ésta y en contacto con ella una capa de mercurio.

Con este objeto inventó un bastidor especial en forma de caja plana, constituida primero por la placa sensible, poniendo la cara sensible hacia el objetivo. Detrás de esta placa se pone una lámina de vidrio ordinario y se unen por medio de unas abrazaderas de latón mediante un marco de ebonita. Ya formada de esta manera la caja y perfectamente cerrada, se llena con mercurio, que sirve de espejo.

Una vez preparado el marco se expone por la parte sensible á la acción directa de un espectro solar, procedente de un arco voltaico. Por medio de tres lentes se concentra la luz que penetra por el agujero de una pantalla y por medio de un *prisma de visión directa*, que dispersa la luz sin desviarla, se proyecta sobre la placa un espectro puro.

Cuando termina la exposición se vacía la caja y se saca la placa sensible, revelándola después por los métodos ordinarios. A medida que la placa se va secando van apareciendo los colores del espectro, lo que se puede ver perfectamente por reflexión poniendo el clisé sobre un fondo negro y mirándolo á la luz difusa.

Estos colores son muy fijos é inalterables á la luz. Parece que la causa de estos colores es puramente física, admitiéndose que la plata reducida ha tomado una estructura laminar, produciéndose en su masa un fenómeno de interferencia.

El grabado de los colores en la lámina pudiera compararse al grabado de los sonidos en la cera del fonógrafo. La lámina retiene las vibraciones luminosas, así como la cera retiene las vibraciones sonoras.

INSTRUMENTOS DE ÓPTICA

191. Con el nombre de *instrumentos de óptica* se conocen todas las combinaciones de lentes, ó de lentes y espejos, que pueden dividirse en tres grupos, según los usos á que se les destina:

1.^o Instrumentos que dan imágenes amplificadas de cuerpos de pequeñas dimensiones, que no podrían observarse á la simple vista; ejemplo: los *microscopios*.

2.º Instrumentos que sirven para aproximar hacer fácil la observación de los astros y objetos lejanos; como los *anteojos* y los *telescopios*.

3.º Los instrumentos que proyectan en una pantalla las imágenes reducidas ó amplificadas de objetos, ya para facilitar la ejecución de un dibujo para mostrarlas á numerosos espectadores; en otros mencionaremos: la cámara obscura, la linterna mágica, el microscopio solar, el cinematógrafo, etc.

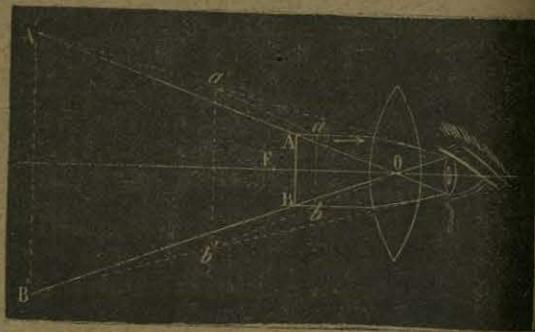


Fig. 229. Marcha de los rayos en el microscopio simple.

192. *Microscopio simple*.—El microscopio consiste sencillamente de una lente biconvexa que da imágenes virtuales y amplificadas de los objetos pequeños. Esta lente la emplean mucho los naturalistas para observar, en sus excursiones, plantas, minerales y animales cuyos pormenores escaparían á la simple vista.

La lente es de foco corto en el microscopio simple.

Supongamos que se trata de observar el objeto AB, el cual deberá estar colocado á una distancia menor que la focal principal. Trazamos los ejes

secundarios AO, y BO y los prolongamos indefinidamente. En seguida llevamos dos rayos paralelos al eje principal, juntamos los puntos de incidencia con el foco, prolongamos estas líneas hacia el otro lado de la lente, y encontrarán á los ejes secundarios en los puntos A' y B', que serán respectivamente las imágenes de A y de B. Habremos, pues, obtenido en A'B' una imagen *virtual, recta y más grande* que el objeto.

193. *Microscopio compuesto*.—El microscopio



Fig. 230. Marcha de los rayos en el microscopio compuesto.

compuesto, que produce mayores ampliaciones que el simple, se compone de dos lentes; el *objetivo*, que queda acerca del objeto, y el *ocular*, que se halla cerca del ojo del observador. Las dos lentes son biconvexas y están colocadas en un mismo tubo de manera que sus ejes coincidan.

Consideremos el objeto AB colocado cerca del objetivo M, á una distancia mayor que la focal principal. Entonces, siguiendo el procedimiento ya indicado, obtendríamos en *ab* una imagen *real, invertida y más grande* que el objeto. Ahora bien, acercando ó alejando el ocular N á la distancia conveniente,

se producirá una segunda imagen *a' b' virtual*, real con respecto á la primera imagen, y mucho más grande que el objeto AB.

La amplificación total podría calcularse en función de las distancias focales del objetivo y del ocular,

de las distancias del objeto y de la imagen á estas distancias; pero en general se determina directamente por la experiencia.

194. *Microscopio de laboratorio.*

—En los microscopios de laboratorio las lentes están colocadas en unos tubos de cobre fijados en un sólido pie de metal y provistos de una charnela que permite inclinar más ó menos el tubo sobre la vertical á fin de que la observación

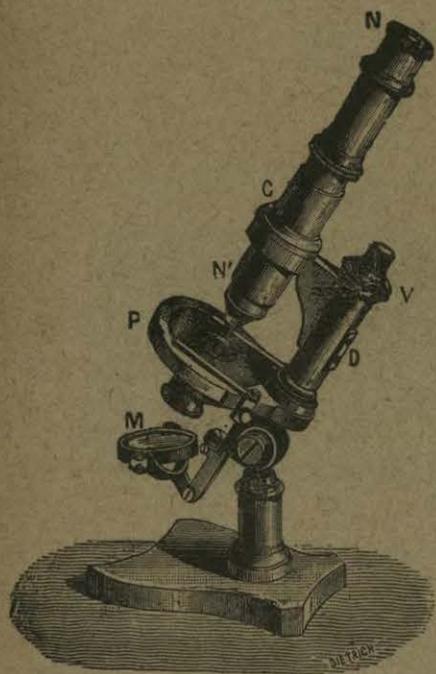


Fig. 231. Microscopio de laboratorio.

se haga cómodamente. Un piñón que engrana con una barra dentada sirve para afocar convenientemente, según la visión distinta de cada observador. Los objetos que se trata de observar se colocan en una plataforma llamada *porta-objeto*, entre dos láminas de vidrio. El porta-objeto lleva un agujero en el centro, y exactamente abajo va colocado un espejo

pejo cóncavo, ó reflector, que puede inclinarse en todas direcciones y que concentra la luz sobre el objeto que se desea observar. En el microscopio de Nacet el aumento superficial puede llegar á 1300.

195. *Anteojos y telescopios.*—Los instrumentos de óptica empleados en los trabajos de astronomía se dividen en dos categorías:

1.^a Los *anteojos* ó *refractores*, en los que la ima-

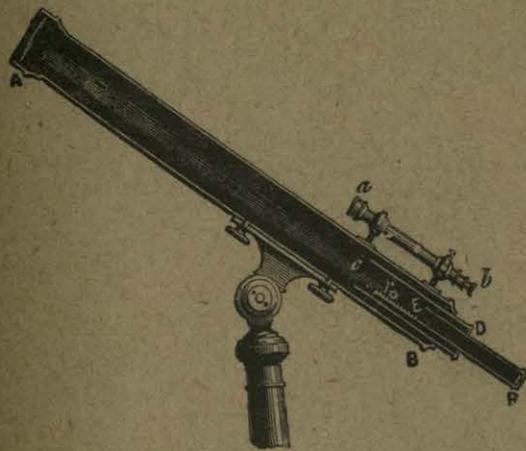


Fig. 232. Anteojo astronómico.

gen se obtiene por la refracción de la luz á través de un objetivo.

2.^a Los *telescopios* ó *reflectores*, en los que la imagen se obtiene por la reflexión de la luz en un espejo esférico ó parabólico.

196. *Anteojo astronómico.*—El anteojo astronómico se compone de un grueso tubo de latón que lleva en su parte anterior una lente llamada *objetivo*. En la otra extremidad tiene un largo tubo de menor diámetro donde está la lente *ocular*. Este

tubo se saca fuera del otro hasta obtener una imagen confusa, y después se aclara moviendo suavemente un tornillo que va colocado en la parte exterior del tubo más grueso.



Fig. 233. Anteojo astronómico de gran potencia.

que se forma en el foco principal de la lente á causa de la gran distancia á que se encuentra el objeto. Esta

Los anteojos de mucho aumento tienen muy poco campo; para evitar la incomodidad de estar buscando un astro, se explora el cielo con otro anteojo pequeño colocado en la parte superior y que se llama *explorador*. Este pequeño anteojo da muy poco aumento, pero su campo es mayor.

En este anteojo el objetivo da una imagen real é invertida del astro que se observa, imagen

imagen real es la que se observa con el ocular, obteniéndose una imagen virtual de la primera.

197. *Telescopio de Newton.* — El telescopio de Newton se compone de un tubo de latón, en el fondo del cual se halla un espejo cóncavo de metal.

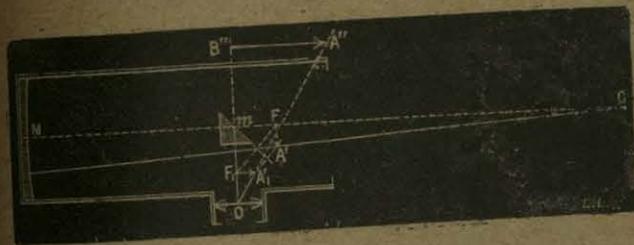


Fig. 234. Telescopio de Newton.

Sobre el eje principal de este espejo está un prisma rectangular de vidrio de reflexión total. Si este prisma no estuviera interpuesto, se produciría en $A'F$, en foco principal del espejo, una imagen real, invertida y muy pequeña del astro. Pero los rayos, reflejados por primera vez en m , son interceptados por el prisma y reflejados en su totalidad por la hipotenusa, así es, que se forma una imagen en $A'F_1$. Esta imagen es la que se observa con un ocular O de mucho aumento que da por fin una imagen $A''B''$ virtual y muy agrandada.

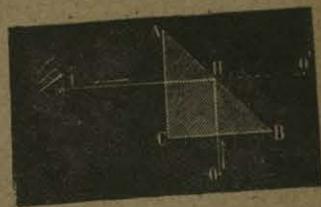


Fig. 235. Marcha de la luz.

La figura 235 indica en mayor escala la marcha que sigue un rayo luminoso al entrar normalmente á un prisma de 45° .

198. *Linterna Mágica.* — La linterna mágica in-

ventada por el Padre Kircher (*) es un aparato que sirve para obtener sobre una pantalla la imagen ampliada de objetos pequeños dibujados en láminas de vidrio ó películas transparentes. Consta de una caja de hoja de lata que lleva una lámpara colocada en el foco principal de un reflector A. Los rayos reflejados por este espejo cóncavo van á dar á una lente plano-convexa D que lleva el nombre de

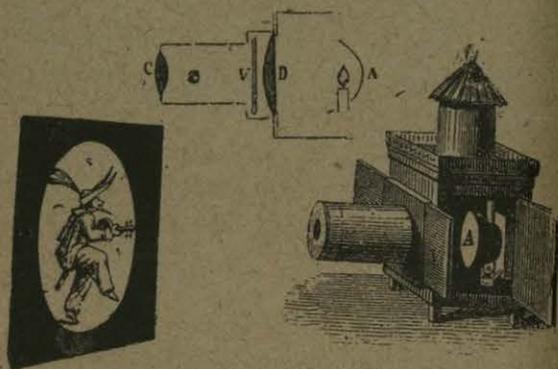


Fig. 236. Linterna mágica.

condensador y que tiene por objeto iluminar poderosamente las figuras pintadas en la lámina V que se resbala por una ranura dispuesta al efecto.

En la parte anterior de la caja hay un tubo dentro del cual resbala otro á frotamiento duro, y lleva en su extremidad una lente biconvexa C destinada á producir una imagen real, ampliada é invertida. Para que la imagen resulte recta las vistas se colocan invertidas en la linterna. Con una lente de corto foco se puede obtener imágenes muy amplificadas, alejando bastante la pantalla.

(*) El Padre Kircher, célebre físico, murió en Roma en 1680.

La linterna mágica es un poderoso auxiliar en la enseñanza y actualmente la emplean con muy buen éxito los conferencistas. La luz de calcio, la luz eléctrica y la luz de acetileno son las más empleadas en las linternas de construcción moderna.

199. *El taumatropo.*—Con el nombre de *taumatropo* se construyen unos aparatos que consisten en una caja de cartón de forma cilíndrica que tiene practicadas unas ranuras equidistantes á lo largo de las generatrices.

Esta caja puede girar rápidamente alrededor de su eje y en el interior se coloca una sucesión de figuras que representen, por ejemplo, los diversos movimientos que hace una niña al brincar la rueda ó un perro al brincar un aro. Dando vueltas al aparato las imágenes se sobreponen en la retina y parece que la niña está brincando la cuerda.

La teoría de este aparato tan sencillo es la misma que la del *Kinetoscopio* de Edison, con la diferencia que las figuras han sido tomadas fotográficamente por medio de una cámara especial en la cual la película va pasando frente al objetivo con increíble rapidez, y después las imágenes positivas fijadas en una tira muy larga van pasando frente al ojo por detrás de una lente, siendo vivamente iluminadas por medio de una lamparita eléctrica. De esta manera presencia uno variadas é interesantes escenas de la vida real.

200. *El Kaleidoscopio.*—El Kaleidoscopio es un aparato de física recreativa que se compone de un tubo de cartón en el cual están colocados dos espejos planos que forman entre sí un ángulo de 60°. En una de las extremidades del tubo se colocan, entre dos láminas de vidrio, objetos irregulares,

como fragmentos de vidrio de color, pedacitos de papel, etc. Cuando se mira por el otro extremo, se ve á estos diversos objetos con sus cinco imágenes agrupadas simétricamente, formar una roseta esagonal, cuyo dibujo se puede hacer variar indefinidamente con sólo hacer girar el tubo sobre si mismo.

EL OJO HUMANO

201. El sentido de la vista se compone del globo del ojo con el nervio óptico y de algunos órganos accesorios como las cejas, las pestañas, los párpados, las glándulas lagrimales, etc.

El globo del ojo está constituido por varias envolturas que son la esclerótica, la córnea transparente, la coroides y la retina.



Fig. 237. El ojo humano.

La esclerótica, que es la envoltura exterior, es blanca, opaca, fibrosa y muy resistente y se continúa por la parte anterior con la *córnea transparente*, membrana que puede

ser comparada con un vidrio de reloj.

A la esclerótica sigue inmediatamente la *coroides*, que está barnizada de negro para absorber los rayos luminosos inútiles á la visión.

Los individuos que carecen de coroides se llaman *albinos*.

A la coroides sigue la *retina*, que es la membrana que recibe la impresión de la luz. Es nerviosa, suave, blanquiza y se halla formada por la extensión del nervio óptico.

El punto más importante de la retina es la *mancha amarilla*, que es donde las imágenes se perciben con mayor distinción.

Los medios refringentes del globo ocular son: el *humor acuoso*, el *cristalino* y el *humor vítreo*.

El humor acuoso formado de agua, albúmina y algunas sales en disolución, es un líquido incoloro que ocupa el espacio comprendido entre la cara posterior de la córnea transparente y la cara anterior del cristalino. En la parte media de este espacio hay un diafragma circular llamado *iris*.

El iris es el que da la coloración al ojo; generalmente es azul en las personas de cabellos rubios y obscuro en las personas de cabellos negros. El iris presenta una abertura en el centro, llamado pupila.

El *cristalino* es una lente biconvexa, envuelta por una membrana transparente, llamada *cápsula del cristalino*. Dicha lente se halla formada por capas concéntricas, tanto más densas cuanto más se acercan al centro. El cristalino está colocado detrás del iris, y se halla rodeado por unos pequeños filamentos llamados *procesos ciliares*.

El *humor vítreo* llena el espacio comprendido entre el cristalino y la retina, y consiste en un líquido gelatinoso y diáfano envuelto en una membrana tenue y transparente, llamada *membrana hialoides*.

El *nervio óptico* nace en la parte central del cerebro y entra al globo del ojo por el fondo de la órbita donde hay un agujero llamado *agujero óptico*.

Una glándula situada en la parte externa y superior del ojo segrega las lágrimas que humedecen constantemente la superficie del globo ocular.

La distancia de la visión distinta es ordinaria-

mente de 20 á 30 centímetros; pero hay personas que no pueden ver bien sino á distancias mayores y menores. Si es mayor, el individuo, como veremos después, se llama *prébita*, y si es menor, el individuo se llama *miope*. La primera anomalía se corrige con lentes convexas, y la segunda se corrige con lentes cóncavas.

202. El *daltonismo* es una anomalía de la visión caracterizada por la imposibilidad de distinguir ciertos colores: el verde, el violeta y sobre todo el rojo. Los *daltonistas* ven los objetos de un color que no es el verdadero, y el error en la percepción varía según los individuos. El rojo, por ejemplo, puede ser visto amarillo, verde ó azul; el verde puede parecer rojo, amarillo, moreno ó azul. Esta singular anomalía es compatible con una visión excelente para todo lo demás, pero también puede ser el síntoma de una afección en el nervio óptico.

203. *Algunas ilusiones ópticas.*— Cuando observamos la pequeña aguja que marca los segundos de un reloj, sucede á menudo que la aguja parece inmóvil y al cabo de algunos instantes es cuando se aprecia su desalojamiento. Esta inmovilidad aparente es una consecuencia de la persistencia de las impresiones luminosas, fenómeno que tiene por causa una de las propiedades más curiosas de la retina.

Esta membrana está coloreada por una substancia llamada *eritropsina*, que constantemente se destruye por la acción de la luz y constantemente se regenera.

Se puede, pues, considerar á la retina como una placa fotográfica, perfecta, que ofrece la ventaja de regenerar sin cesar su substancia sensible y de borrar á cada instante la imagen que se acaba de producir.

Pero de la misma manera que se necesita cierto tiempo de exposición á la luz para fijar una imagen sobre una placa fotográfica, se necesita que nuestro ojo haya visto un objeto durante un tiempo que, aunque corto, no es despreciable para que la eritropsina sea destruída y la imagen formada.

Pues bien, si el objeto se desaloja bruscamente, su imagen no persiste más que una fracción de segundo sobre el mismo punto de la retina, y por lo tanto, el objeto nos parece inmóvil mientras no se borra la primera imagen.

La ilusión dura un tiempo más ó menos largo, según el ángulo bajo el cual se observa la aguja y según como el reloj está iluminado. Desde que se aprecia el movimiento no puede menos que llamar-nos la atención la rapidez con que la agujita se desaloja.

Cuando nuestros dos ojos se fijan sobre el mismo objeto, se forma una imagen sobre cada retina, y sin embargo, nosotros no percibimos más que una imagen. La visión con los dos ojos da lugar á curiosas ilusiones, de óptica. He aquí una de ellas: Dibújese sobre una tarjeta una cara en posición de abrir la boca, y á unos dos centímetros de distancia un pájaro que vuela en esa dirección. Colóquese esta tarjeta cerca de la cara de una persona, de manera que su nariz toque la tarjeta, é imprimiendo á ésta un movimiento de rotación, se verá al pájaro volar é introducirse en la boca del muñeco.

Se puede variar el experimento anterior de la manera siguiente:

Dibújese sobre una tarjeta una jaula vacía y á pocos milímetros de la jaula un pájaro. Se trata de

hacer entrar el pájaro á la jaula. Colóquese una tarjeta entre las dos figuras, cuidando de que quede perpendicularmente sobre el papel; apóyese la nariz sobre el borde de la tarjeta y obsérvese la jaula y el pájaro. Al cabo de un momento parece que el pájaro se pone en movimiento y entra á la jaula.

Este experimento está de acuerdo con las leyes de la visión binocular, pues al sobreponerse las imágenes nos parece ver al animalito dentro de la jaula.

Un objeto muy luminoso, colocado sobre fondo negro, nos parece siempre más grande de lo que es en realidad; inversamente, un objeto negro ó poco iluminado colocado sobre un fondo muy luminoso nos parece más pequeño.

Nadie ignora que con guantes de color claro, las manos parecen más grandes que con guantes oscuros.

Para explicar estos hechos, se admite que la luz que parte de los objetos iluminados para venir á formar una imagen en la retina, es tan viva, que conmueve á los puntos cercanos á aquellos donde se forma la imagen, y como toda conmoción de la retina, da una sensación de luz, resulta que la imagen parece agrandada.

Este fenómeno ha recibido el nombre de *irradiación*.

Recórtese un muñequito en papel blanco y péguese sobre papel negro; fijese en papel blanco otro muñequito enteramente igual, recortado en papel negro, y observando ambas figuras á unos dos ó tres metros de distancia, parecerá la silueta blanca mucho más grande que la negra.

CAPÍTULO VII

CALOR

SUMARIO. — Dilatación. — Máximo de densidad del agua. — Termómetros. — Conductibilidad. — Calor específico. — Calorimetría. — Fusión y solidificación. — Licuación de los gases. — Aire líquido. — Formación de los vapores en el vacío. — Evaporación y ebullición. — Calor latente de vaporización. — Ideas generales acerca de las máquinas de vapor.

204. *El calor, hipótesis acerca de su naturaleza.*

—El calor es la causa que, según su mayor ó menor energía, produce en nosotros la impresión de las variaciones de temperatura; es también el agente físico que hace que se funda el hielo, que entre el agua en ebullición, que una barra de hierro se enrojezca, que el mercurio desprenda vapores.

El calor es una fuerza física que ejerce un influjo directo en la existencia del hombre, de los animales y de las plantas, y la ausencia del calor implicaría la desaparición de la vida en la superficie del planeta.

Calor necesita la pequeña hormiga que trabaja incesantemente alrededor de su pequeña morada; calor necesita la abeja que revolotea entre las flores buscando la miel y la cera que ha de llevar al colmenar; calor necesita la lagartija que trepa ágil por