

bras amplificadas de los cuerpos delgados, como cabellos, hilos, alfileres, pajas, etc., pudo cerciorarse de que la desviación de los rayos luminosos no tenía por causa, como se creyó en un principio, una refracción en una tenue capa de aire más densa que rodeaba al cuerpo (hipótesis sostenida por Mairan). Asimismo vió que las franjas se formaban siempre, cualquiera que fuese la sustancia empleada; y ya consistiese esta en metales, ó en piedras, vidrio, madera, hielo, etc., siempre se notaban tres franjas situadas de este modo á partir de la sombra: franja interior: morado, azul oscuro, azul claro, verde, amarillo y rojo; franja intermedia: azul, amarillo y rojo; franja exterior: azul claro, amarillo claro y rojo. Notó también que las luces simples del espectro dan franjas desigualmente agrupadas. Pero de todos estos experimentos no dedujo otra cosa sino que al rasar los rayos de luz los bordes de los cuerpos experimentan inflexiones tanto más fuertes cuanto más de cerca rasas su superficie. Esta era una hipótesis natural en el sistema de la emisión, pero ya acabamos de ver cuál era su explicación verdadera.

Todos los experimentos, muy numerosos por cierto, efectuados posteriormente, pueden dividirse en dos clases: la primera comprende los fenómenos de difracción producidos por bordes rectilíneos, verbigracia, por una ó muchas aberturas muy angostas en forma de paralelogramo, ó por una delgada pantalla, ó un alambre, ó un cabello; á la segunda corresponden los fenómenos que resultan cuando la difracción se efectúa al través de una ó muchas aberturas pequeñísimas, cuadradas, triangulares, circulares ó en dos bordes de una pantalla circular de escaso tamaño. Entre estos sistemas de franjas, los hay irisados, que proceden de la luz blanca; monocromáticos, producidos por una luz simple, como la roja, y en muchos casos las franjas irisadas van acompañadas de una multitud de espectros pequeños cuyos vivos colores aumentan la belleza del fenómeno.

J. Herschel ha observado (y Arago estudiado después que él) curiosos efectos de difracción colocando delante del objetivo de un antejo astronómico diafragmas de variadas formas, observando de este modo diferentes estrellas simples ó dobles. Con una abertura anular, ha

visto anillos de colores que rodeaban las imágenes de los puntos luminosos, los cuales presentaban entonces discos semejantes á los de los planetas. Por el contrario, los diafragmas triangulares daban estrellas de seis rayos; una abertura formada por doce cuadrados concéntricos producía una estrella de cuatro rayos; y por último, abriendo regularmente triángulos equiláteros en el diafragma, obtuvo una serie de discos circulares ordenados en seis líneas que iban divergiendo á partir del disco central incoloro y muy brillante, estando cada uno de ellos rodeado de un anillo más ó menos coloreado y amplificándose á modo de espectros conforme se alejaban del centro.

Todos estos fenómenos son á la verdad muy curiosos; los magníficos colores que presentan los convierten en otros tantos cuadros cuya variedad compite con su esplendor; mas para el físico ofrecen otro interés de mucho más precio, por cuanto son otras tantas confirmaciones de la teoría de las ondulaciones del éter. El análisis matemática, aplicada á los diferentes casos de difracción, da resultados que concuerdan maravillosamente con los de la observación. Hemos dicho antes que ésta se había anticipado á veces á ellos: en prueba de ello hé aquí un notable ejemplo. Habiendo sometido el geómetra Bisson al cálculo el problema que consiste en determinar la sombra y las franjas producidas por un pequeñísimo disco opaco expuesto á la luz que diverge de un punto luminoso, vió que el centro de la sombra debía ser tan brillante como si el disco no existiera; esta luz era el efecto resultante de la difracción de las ondas luminosas en el borde de la pantalla. Semejante resultado era tan opuesto á las observaciones anteriores (1), que Poisson lo presentó como una objeción seria á la teoría de las ondulaciones. Mas como Arago hiciera el mismo experimento con el cuidado necesario, valiéndose de un pequeño disco de metal cimentado sobre una placa de cristal perfectamente homogéneo y diáfano (2), apareció el

(1) A lo ménos, así se creía entonces. A decir verdad, el astrónomo francés Delisle había hecho ya en 1715 el experimento presentado por Poisson en refutación de la teoría de Fresnel, y quedaba completamente olvidado un siglo después. (V. Verdet, *Lecciones de óptica física*.)

(2) «Tan luego como el diámetro de la pantalla es un poco grande, dice Fresnel, por ejemplo de un centímetro (la de Arago tenía dos mi-

III

LOS RESALTOS.—FRANJAS POLICROMÁTICAS

Fraunhofer, cuyos magníficos experimentos sobre las rayas del espectro hemos mencionado ya, estudió los fenómenos de la difracción con esa exactitud y precisión que en tan alto

punto luminoso, según lo indicara el cálculo. Hubiérase dicho que la sombra la producía una pantalla agujereada en el centro. Este es sin disputa uno de los más hermosos triunfos de la teoría, un testimonio decisivo en favor del sistema de las ondulaciones y de la existencia del éter.

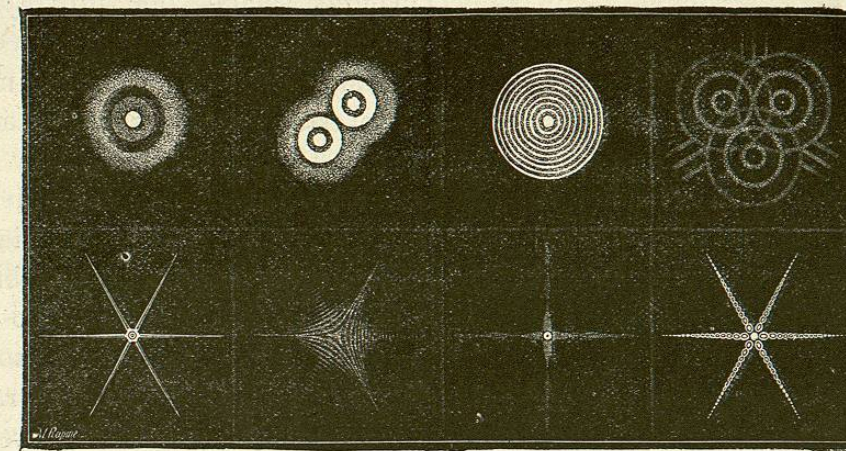


Fig. 138.—Efectos de difracción en los anteojos astronómicos, según J. Herschel

grado le distinguían. Después de haber observado las imágenes formadas por un número muy limitado de pequeñas aberturas, concibió la idea de ver lo que ocurre cuando la luz atraviesa una red compuesta de una multitud de hilos muy finos, paralelos ó cruzados. Al pronto empleó una red de alambre formada por un gran número de hilillos sujetos á un marco cuadrangular por medio de dos tornillos perfectamente semejantes. Para conseguir luego mayor regularidad y delicadeza en los intervalos que daban paso á la luz, trazó sobre placas de vidrio cubiertas de una hoja de oro líneas equidistantes y paralelas; después grabó las mismas rayas con un diamante en la misma placa, formando así más de 1000 divisiones por milímetro. Cada estría era una pantalla opaca, y los intervalos de las estrias daban paso á la luz. Conviene advertir que un número mucho menor de divisiones da más regularidad al resalto, y que en caso necesario bastan 38 rayas para observar los fenómenos.

los menores defectos de sus bordes ó de la placa de cristal en la que está fijada alteran la regularidad de los anillos oscuros y brillantes que rodean la mancha blanca del centro de la sombra. Es menester que al pequeño disco se le dé con sumo cuidado la forma de un cono truncado, de modo que sus bordes aparezcan cortados á bisel. La placa de vidrio debe estar en absoluto exenta de estrias y tener sus caras perfectamente planas.» Por la indicación de estas precauciones se ve con cuánto cuidado se deben practicar los experimentos de óptica para que den buenos resultados.

Además de las redes de mallas paralelas, Fraunhofer estudió las de mallas cuadradas, formadas por dos series de líneas que se cruzaban en ángulo recto, así como las de mallas circulares ó de cualquiera otra forma. De este modo obtuvo un crecido número de figuras en que estaban distribuidas las franjas y los espectros con simetría maravillosa; pero aún hizo más; estudió las leyes de esta distribución, leyes que, según Babinet ha demostrado, son consecuencias necesarias del principio de las interferencias.

El fenómeno resultante del paso de la luz al través de una red de líneas paralelas presenta en medio una línea brillante, luego dos anchos intervalos oscuros seguidos á cada lado de dos espectros con el morado vuelto hacia el centro y tan puros que se distinguen fácilmente en ellos las rayas oscuras. Más allá hay dos nuevas bandas oscuras, y por último dos series de espectros superpuestos cada vez más extendidos y más bajos de color. Una red de mallas cuadradas da, además de la línea brillante central y de dos series de espectros más extendidos que los de la red de mallas paralelas, una multitud de pequeños espectros en los cuatro ángulos irradiando hacia el centro. Newton había adivinado la identidad de los fenómenos de difracción por las aberturas pequeñas, como

se desprende del siguiente párrafo de su *Optica*: «Mirando el sol á través de una pluma ó de una cinta negra puesta muy cerca del ojo, se verán muchos arco-íris, porque las sombras que las fibras ó los hilos proyectan en la retina tienen en sus contornos idénticas franjas de colores.» También se observan franjas de esta

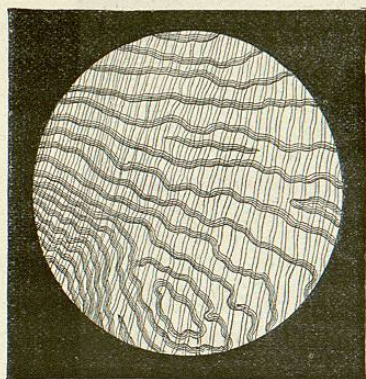


Fig. 139.—Estrías del nácar de la perla vistas con el microscopio

clase mirando la luz de una bujía con los ojos entornados, pues al juntarse las pestañas forman las mallas de una red irregular.

Los físicos apelan á la interferencia de los rayos luminosos para explicar los brillantes colores que se notan en ciertos cuerpos cuya superficie está cubierta de una multitud de finísimas estrías; las plumas de algunas aves, la superficie del nácar se componen de gran número de rayas que reflejan todos los colores del prisma. Habiendo tenido Brewster ocasion de adherir un trozo de nácar á un goniómetro con una mezcla de resina y cera, quedóse sorprendido al ver que la superficie de la cera brillaba con los colores prismáticos del nácar; repitió el experimento con varias sustancias, como arsénico rojo, metal fusible, plomo, estañó y cola de pescado, y siempre vió aparecer los mismos colores. El inglés John Barton tuvo la idea de aplicar á otros cuerpos esta propiedad de las superficies estriadas, y al efecto talló en facetas muy finas botones de acero y varios dijes que á la luz del sol, de las bujías ó del gas, presentaban dibujos que brillaban con todos los matices del prisma. «Los destellos del diamante, dice Brewster, apenas ofuscan el brillo de estos colores.»

Véase ahora otro caso de observacion que parece tener conexión con los fenómenos de interferencia, según lo ha explicado Babinet.

«Para disfrutar de la vista de este fenómeno, dice A. Necker al describirlo, es preciso situarse al pié de una colina interpuesta entre el observador y el sitio por donde el sol sale ó se pone. De este modo se está enteramente á la sombra; el borde superior de la colina ó montaña está cubierta de bosque ó de árboles ó malezas sueltas, que proyectan sus oscuros contornos sobre un cielo perfectamente claro y brillante, excepto por el sitio mismo por donde el sol está á punto de asomar ó acaba de desaparecer. Allí todos los árboles y matorrales que orlan la cúspide parecen de viva y nítida blancura, y brillan con extraordinario esplendor, por más que se destaquen sobre un fondo tan luminoso y brillante como lo está siempre la parte del cielo inmediata al sol. Los menores detalles de las hojas y de las ramitas se ostentan en toda su delicadeza, pareciendo los árboles y los bosques hechos de purísima plata con todo el arte del más hábil operario. Las golondrinas y demás aves que cruzan volando esta misma region semejan chispas de deslumbradora blancura.»

Véase pues que, para el que sabe observar, la naturaleza tiene una magnificencia con la que ni remotamente puede competir la habilidad de los experimentadores más ingeniosos. Lo que constituye el mérito del sabio no consiste precisamente en reproducirla, en multiplicar los fenómenos cuyo conjunto nos ofrece la naturaleza, sino en descubrir las causas de las cosas, las leyes de sus manifestaciones, á fuerza de paciencia, de sagacidad y de genio. Bajo este punto de vista, la historia de la física es indudablemente uno de los más bellos títulos de gloria del humano espíritu.

IV

ANILLOS DE COLORES DE LAS LÁMINAS TENUES

Los fenómenos más brillantes y maravillosos no son siempre los que requieren aparatos costosos y complicados para su reproducción, ni tampoco mucho aparato y preparativos. ¿Quién no se habrá entretenido cuando niño en hacer y despedir al aire, con un poco de agua de jabon y una pluma ó una paja, esas leves burbujas de forma tan bonita y tan pura, y de tan varios y delicados colores?

Al principio, cuando la esfera líquida sólo tiene escaso diámetro, la película que limita sus contornos es incolora y trasparente. Mas, poco á poco, el aire que se insufla en su interior comprime por igual todas las partes de la superficie cóncava y agranda el diámetro á ex-

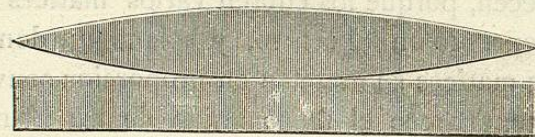


Fig. 140.—Lámina tenue comprimida entre dos cristales uno plano y otro convexo. Experimento de los anillos coloreados de Newton.

pensas del espesor; entónces comienza á aparecer una serie de colores, tenues al principio y luégo más vivos, que nacen unos á continuación de otros y que forman con su mezcla una porcion de tintas irisadas, hasta el momento en que la burbuja, disminuyendo de espesor, no ofrece ya bastante resistencia á la acción del gas que contiene. Entónces se presentan en el vértice algunas manchas negras, y poco despues la pompa revienta.

Este experimento tan sencillo, este juego infantil, que ofrece tantos atractivos á los ojos del artista aficionado á los colores, no es ménos ameno é interesante á los del sabio. Newton le consagró largo estudio y meditaciones, y desde aquel grande hombre los colores de la pompa de jabon ocupan un puesto legítimo entre los más curiosos fenómenos de óptica. A decir verdad, no pasa de ser un caso particular de toda la serie de fenómenos que se observan siempre que la luz se refleja y refracta sucesivamente en las superficies que limitan las láminas tenues de los cuerpos transparentes. Los sólidos, los líquidos y los gases son tambien á propósito para esta clase de experimentos. Los cristales que se esfolian en hojas sumamente tenues, como la mica, el yeso, el talco, el vidrio soplado en esferita muy delgada, la superficie del acero recocido, cubierta de una capa de óxido, presentan colores irisados enteramente iguales á los de la pompa de jabon. Los vivos matices que adornan las alas membranosas de las libélulas, los que se notan en los fragmentos de vidrio expuestos largo tiempo á la humedad, así como en la superficie de las aguas grasientas, pertenecen á la misma serie de fenómenos, que se estudian en física bajo la de-

nomination comun de *anillos de colores de las láminas tenues*.

Antes de decir cuál es la causa de la descomposicion de la luz en sus colores simples ó primitivos, procuraremos dar una idea de las condiciones en que ocurre, y de las leyes que rigen para la sucesion de estos matices, tan cambiantes y movibles á primera vista.

Sigamos á Newton en sus memorables experimentos. El punto de partida del gran físico fué la observacion siguiente:

«Habiendo comprimido fuertemente, dice en su *Optica*, dos prismas uno contra otro, para lograr que sus lados (que por casualidad eran un tanto convexos) se tocasen mutuamente, vi que el sitio por donde se tocaban se volvía de pronto trasparente como si en aquel sitio hubiesen formado una sola pieza de vidrio. Porque, cuando la luz caía sobre el aire comprendido entre los dos prismas tan oblicuamente que se reflejaba en su totalidad, parecia que en el punto de contacto se trasmitía enteramente. Mirando con atencion dicho punto, se veía á modo de una mancha negra y oscura, parecida á un agujero á través del cual aparecian distintamente los objetos colocados al otro lado.»

Newton hizo girar los prismas alrededor de su eje comun, y vió aparecer poco á poco en torno de la mancha trasparente una serie de anillos alternativamente brillantes y oscuros, coloreados de diferentes matices. Para dárse mejor cuenta del modo cómo se producian estos anillos, empleó dos cristales, uno plano y otro convexo en sus dos caras (fig. 140), ambos de un gran radio de curvatura. Luégo los aplicó uno contra otro, la cara convexa contra la plana, apretándolos suavemente: en esta posicion los dos cristales dejaban entre sí, al rededor del punto central de contacto, un menisco muy delgado, una capa de aire, cuyo espesor, nulo al principio, iba creciendo insensiblemente. Hé aquí los fenómenos que observó:

Recibiendo la luz reflejada en una direccion casi normal á la superficie plana de la capa de aire, vió que se formaba al rededor del punto de contacto una serie de anillos de varios colores, concéntricos y cada vez más apiñados á medida que se alejaban del centro. Cada color aparecia al principio como un círculo de tinta uniforme que se ensanchaba por la presion has