

otras dos, una paralela á la seccion principal del polarizador y que pasa; otra perpendicular, que queda detenida. De aquí resultan las propiedades de la *luz polarizada*, que dejamos descritas.

Las consecuencias de la teoría de las ondas, modificada de este modo, son muy numerosas; hasta el presente, todas han sido comprobadas por la experiencia, ó si se quiere, los fenómenos descubiertos por la observacion se explican como los deducidos de la teoría, con un rigor que es la sancion más brillante de los principios que constituyen el sistema de las ondas.

Agreguemos ahora unas cuantas líneas acerca de las aplicaciones que se han hecho de la polarizacion de la luz al estudio de las ciencias físicas y naturales.

Arago se valió de la polarizacion por doble refraccion para construir un aparato fotométrico, basado en la intensidad relativa de las dos imágenes, intensidad cuya ley ha formulado Malus. El mismo sabio ha indicado un medio para distinguir en el mar los escollos ocultos bajo el agua y disimulados por el brillo de la luz reflejada en la superficie. Mirando con un prisma de Nicol, despues de colocar verticalmente la seccion principal, los rayos reflejados se disipan, y los refractados, únicos que llegan al ojo, revelan la presencia de las rocas sumergidas.

La polarizacion por reflexion permite tambien reconocer si la luz que procede de un cuerpo ha sido reflejada en su superficie. Así es como se ha comprobado la naturaleza de la luz de los astros, que, como la Luna y los planetas, se limitan sencillamente á enviarnos los rayos del Sol, y cómo se ha reconocido que la luz de los núcleos cometarios es en parte la misma del astro solar, puesto que varios observadores han visto indicios de polarizacion en un plano que pasaba por el Sol y por el núcleo.

La luz del arco-iris se polariza en un plano vertical al arco y que pasa por el ojo del observador; y en efecto, más adelante tendremos ocasion de ver que el arco está formado de luz reflejada por las gotitas esféricas de la lluvia. Arago se valió de la polarizacion por reflexion para averiguar la naturaleza de ciertas piedras preciosas, y habiendo hecho tallar una pequeña faceta en la superficie de una de ellas, determinó el ángulo de polarizacion y reconoció que era exactamente el del diamante. La polarizacion cromática es de gran auxilio para el estudio de los cristales, pues merced á ella se puede reconocer si cualquier cristal tiene uno ó dos ejes de simetría, la posicion de estos ejes en el cristal, etc.

Por último, el cuarzo y gran número de líquidos, como el agua azucarada, las soluciones de ácido tártrico, la albúmina, gozan de cierta propiedad que los físicos han caracterizado con el nombre de *poder rotatorio*: una placa de cuarzo, tallada perpendicularmente al eje, desvía cierto ángulo el plano de polarizacion de los rayos que la atraviesan, desviacion que es diferente para los rayos de los colores simples. Si la luz polarizada que ha atravesado el cuarzo es luz blanca, los colores que la componen se disiparán en proporciones diferentes, resultando cierta tinta procedente de la mezcla de los rayos que no se han disipado. Este es el fenómeno de la *polarizacion rotatoria*, descubierto por Arago en 1811 y cuyas leyes ha estudiado Biot experimentalmente.

Estas leyes han proporcionado á la industria un precioso método, la *sacarimetría*, mediante el cual se puede reconocer la cantidad de azúcar puro que contiene una disolucion azucarada.

Véase por esto que los fenómenos que al pronto parece que no han tener nada de interesante sino su teoría, pueden venir á parar en aplicaciones prácticas de gran importancia.

## CAPÍTULO XV

## COLORES DE LOS CUERPOS

## I

COLORES DE LOS SÓLIDOS Y DE LOS LÍQUIDOS  
INCANDESCENTES

El análisis espectral de los focos luminosos nos ha hecho ver que en la composicion de la luz hay tantos colores ó matices de colores simples como radiaciones contienen dichos focos. Las ondas luminosas producen así en nuestra retina impresiones que pasan á nuestro cerebro produciendo en él la sensacion del color, del propio modo que las vibraciones sonoras, más ó menos rápidas determinan en nosotros la sensacion de los sonidos sucesivos, graves con respecto á las ondas cuya propagacion es más lenta, agudos relativamente á las que se propagan con mayor rapidez. La serie de vibraciones luminosas perceptibles por nuestros ojos está comprendida entre el rojo más oscuro del espectro solar y el morado extremo; ántes ó despues de estos colores hay, segun hemos visto, vibraciones más lentas como tambien vibraciones más rápidas; pero ni las unas ni las otras causan en nosotros sensacion de color. Así tambien, no percibe nuestro oído las vibraciones capaces de engendrar el sonido tan luégo como su rapidez no llega á cierto límite ó traspasa otro límite superior. Pero las dos escalas limitadas de los sonidos y de los colores se parecen además, en que son continuas, pasando de un extremo á otro por gradaciones insensibles.

Con todo, se ha hecho notar con razon una diferencia entre los sonidos y los colores, la cual consiste en lo siguiente: Nuestro oído distingue perfectamente cada una de las sensaciones que corresponden á sonidos simultáneos: el conjunto de estos, áun en el caso de que entre ellos existan las relaciones necesarias para que formen acordes armónicos, no produce una sola sensacion, y los oídos menos ejercitados reconocen que hay, no un sonido único, sino simulta-

neidad de varios. En cambio, cuando la reunion de muchos colores ó sea de las radiaciones de varias longitudes de onda llega á herir á la vez nuestra retina, no producen en ella sino un solo color. Por ejemplo, el conjunto de todas las radiaciones que constituyen la luz solar, la union de todos los colores del espectro de matices infinitos, produce en nosotros la sensacion del color ó de la luz blanca, sin que nada nos haga sospechar que haya simultaneidad y multiplicidad de radiaciones.

Consideremos varios focos de luz, ya sean artificiales ó ya naturales, y comparemos la sensacion que en nosotros excitan en cuanto al color respecta con la que nos produce la luz blanca del sol, ó con los matices del espectro ó con sus asociaciones: esta comparacion nos inducirá á clasificar estos focos en varias categorías, en luces blancas y de colores, en luces compuestas y simples ú homogéneas. Por otra parte, el análisis espectral de dichos focos nos da á conocer la razon de su coloracion particular, fundada en el predominio de tales ó cuales radiaciones, de estas ó de las otras rayas brillantes en el espectro de su luz.

Ciertas luces tienen un parecido más ó menos perfecto con la del sol, como por ejemplo la del magnesio, la del arco voltaico y la de los metales en fusion. Ya se comprenderá que al decir esto nos referimos á su parecido general y no á las particularidades que indica el análisis, como las rayas oscuras que surcan el espectro de la luz solar. Pues bien, el carácter comun á todas las luces blancas es el de tener por origen la reunion de ondas de todos los grados posibles de refrangibilidad entre los límites de las longitudes de onda que pertenecen á la parte luminosa del espectro; por lo ménos no presentan sino algunos espacios vacíos sumamente apiñados.

El color de un sólido incandescente depende de la temperatura, y así lo hemos comprobado

ya, al hablar de las tintas que toma el platino, desde el rojo oscuro que corresponde á una temperatura de 60°, hasta el blanco deslumbrador que representa la de 1500°. Pero lo que hay de particular en este aumento el número de radiaciones es que se verifica de un modo continuo, sin solución de continuidad, y en una extensión sucesiva de la menor á la mayor refrangibilidad. Por lo regular, no sucede lo mismo con la luz de los vapores ó de los gases incandescentes. Entremos en algunos detalles referentes á ellos.

## II

## COLORES DE LAS LLAMAS

Un pedazo de metal, de platino por ejemplo, calentado hasta tornarse luminoso, no emite al principio sino rayos muy poco refrangibles correspondientes á la parte roja del espectro, y por consiguiente á las vibraciones luminosas más lentas. Si se eleva la temperatura, agréganse poco á poco nuevas radiaciones, vibraciones, más rápidas á las primeras, se dilata el espectro de la luz emitida, y cuando llega á abarcar todas las radiaciones posibles entre los límites visibles del espectro solar, la luz es enteramente blanca; llegando entónces la incandescencia al punto que se llama *blanco deslumbrador*. Esto es lo que ocurre con todos los sólidos y líquidos cuya temperatura se eleva hasta la incandescencia, caracterizándose la luz de estos cuerpos por la continuidad del espectro.

Pero no sucede lo propio con los gases incandescentes ó con las llamas luminosas; pues el espectro de su luz es discontinuo. Los metales que en estado sólido ó líquido emiten rayos de todas las longitudes de onda, al ser reducidos á vapor no dan ya sino espectros discontinuos, compuestos de mayor ó menor número de rayas brillantes correspondientes á determinadas regiones del espectro, cada una de las cuales tiene su color propio. Así pues, la llama no es ya blanca; tiene un color particular que resulta de la asociación ó de la mezcla de las partes luminosas ó coloreadas del espectro. Este es un punto que el análisis espectral ha puesto en plena evidencia.

Así pues, la mayor parte de las llamas luminosas son de colores, y la experiencia demuestra

que esta coloración depende de las sustancias que se hallan en ella en suspensión y que la alta temperatura volatiliza. Mucho ántes que el análisis hubiera dado la explicación de estos efectos, se sabía dar á las llamas ciertos colores. En los fuegos artificiales se obtenían llamas encarnadas mezclando nitrato de estronciana con sustancias explosivas; el sulfuro de antimonio daba fuegos blancos y la limadura de zinc, azules: tales son los efectos luminosos conocidos entre el vulgo con el nombre de *luces de Bengala*.

La luz de las velas y de las bujías, la del gas del alumbrado y la de las lámparas de aceite no es blanca, sino más ó menos mezclada de rayos rojos y sobre todo amarillos. Este último color procede de las partículas de sodio que casi siempre contienen, es el color característico de la llama sódica, estando el espectro del sodio reducido, como hemos visto, á las temperaturas ordinarias de incandescencia, á una raya brillante doble, situada en el amarillo. Se forma una lámpara sensiblemente *monocromática* mezclando con alcohol una disolución acuosa de sal marina (cloruro de sodio).

Introduciendo en la llama de un mechero de Bunsen ó de una simple lámpara de alcohol sales de diferentes especies, se obtienen colores variados. Hé aquí, según Herschel, algunos resultados.

Las sales de sosa dan á la llama un color *amarillo* homogéneo; las de potasa le comunican un *morado claro*; las de cal, *rojo de ladrillo*; las de estronciana, *carmesí brillante*; las de litina, *rojo*; las de barita, *verde-manzana* bajo; las de cobre, *verde-azulado*; las de cobalto, *azul*, y por fin, los sulfatos de hierro, de antimonio y de arsénico dan una luz ostensiblemente *blanca*.

Es fácil comprender la coloración variada de las llamas teniendo en cuenta las rayas brillantes de los espectros de los elementos que las constituyen. Hemos visto que el espectro del litio se compone de dos rayas, una roja y otra anaranjada; el del estroncio de muchas rayas rojas; dos de las cuales son anaranjadas y otra azul; que el del potasio da una raya roja y otra morada, y el del bario muchas verdes y amarillas. Otros espectros son más complicados, siendo la resultante de las diferentes rayas bri-

## III

## COLORES DE LOS CUERPOS OPACOS.—TEORÍA DE NEWTON

llantes que los forman la que determina la coloración compuesta de la llama en que su vapor se torna incandescente; el hierro, que da radiaciones numerosísimas en toda la extensión del espectro luminoso, produce una coloración blanca, como si su radiación fuese continua, por decirlo así.

Lo que llamamos *color natural* de un cuerpo es el color con que le vemos cuando le alumbramos una luz blanca muy pura, como la de los rayos solares.



Fig. 168.—Agustin Fresnel

Si el cuerpo es apto para reflejar en proporción igual todos los colores de la luz blanca, será blanco á su vez, y de una blancura tanto más brillante cuanto mayor sea dicha proporción. Por el contrario, á medida que esta disminuye, decrece la intensidad del color blanco, el cual se vuelve poco á poco ceniciento, se oscurece, hasta que por último llega á ser negro cuando la absorción de todos los rayos coloreados del espectro es todo lo completa posible. Por lo tanto, los cuerpos *negros* son los de tal composición molecular que su superficie absorbe todos los rayos de la luz, al paso que los cuerpos *blancos* son los que los reflejan todos.

Si la superficie del cuerpo tiene la propiedad de absorber todos los rayos coloreados del

espectro á excepción de uno, el rojo verbigracia, el cuerpo nos parece rojo, porque no refleja en nuestro ojo más que los rayos encarnados del espectro. Si dicha superficie absorbe tan sólo una porción más restringida de los rayos coloreados, el color del cuerpo será el que procede de la mezcla de los rayos no absorbidos, siendo esto lo que explica el número considerable de colores y matices de los cuerpos, colores y matices más variados que los que componen el espectro en sí. Por consiguiente, los cuerpos *coloreados* son aquellos que, reflejando ciertos rayos, absorben otros. Si esta explicación es verdadera, se podrá comprobar prácticamente.

Al efecto, hagamos de modo que un cuerpo