

En el mes de Noviembre de 1769, una gran mancha perfectamente definida le permitió un atento exámen sobre las apariencias de perspectiva que toman las manchas sucesivamente á nuestros ojos, á causa del movimiento de rotacion del Sol. Cerca del centro, la penumbra, completamente terminada, rodea el núcleo, mostrando la misma estension en todos sentidos. Cuando la mancha avanza hácia el borde occidental del astro, la parte de penumbra situado del lado del centro del Sol parece que se contrae considerablemente antes que las demás partes de la misma penumbra hayan cambiado visiblemente de dimension. Al llegar la mancha á 24 segundos del borde no existe ya la penumbra del lado del centro, y una porcion de núcleo ha desaparecido tambien del mismo lado.

Sentado esto, no se puede suponer que la mancha estuviese en la misma superficie del Sol, porque, á ser así, no se reduciria el lado de penumbra mas aproximada al centro, sino la que se encuentra mas cercana al borde, que se veria mas oblicuamente. Wilson dió una cuenta geométrica de esta observacion, suponiendo que las manchas solares son grandes escavaciones abiertas en la atmósfera luminosa; que el fondo de las cavidades es el mismo Sol, y que las penumbras estan formadas por los taludes. Convirtiósese el Sol, para Wilson, en un cuerpo sólido, no luminoso, cu-

bierto por una capa de sustancia inflamada, de la que recibia el astro todas sus propiedades lumínicas y vivificas. Llegó á medir la altura de la capa ignea, por la observacion del sitio en que se desvanecia tal penumbra de tal estension y encontró que era igual al rádio de la tierra. Por esta hipótesis quedaba esplicada la formacion de las manchas, suponiendo que un fluido elástico, surgiendo como del cráter de un volcan, de la masa oscura del sol, atravesaba la materia luminosa arremolinándola y separándola en todas direcciones, y dejando aparecer una porcion del globo interior.

Esta idea de una abertura, en forma de un embudo, en que se apoya la teoría de los envolventes solares, se debe á Wilson; si antes ya se habia imaginado algo semejante, no era por el análisis de los fenómenos observados. En 1440 el cardenal de Cussa representaba el Sol como un núcleo terroso, rodeado de una envoltura ligera formada por una atmósfera luminosa; entre esta esfera y el núcleo colocaba una atmósfera parecida á la nuestra. Llegaba á afirmar que la propiedad de irradiar luz, que cubre de vegetales á la tierra, no pertenecia al núcleo del Sol, sino á la esfera luminosa que lo ocultaba. A pesar de todo esto no conocian aun la existencia de las manchas solares. Mejor que de Cussa, Domingo Cassini demostraba la necesidad de representarnos el globo solar como

un cuerpo oscuro rodeado de una fotosfera. La superficie visible del Sol, es un Océano de Luz que encierra al núcleo sólido y oscuro; muévase y parece hervir á veces esta esfera luminosa, y de vez en cuando nos permite distinguir la cima de los montes que se levantan en el Sol: las cimas son los núcleos negros que se divisan en el centro de las manchas. Lalande compartió, más adelante, la hipótesis de Cassini. Claramente se vé que estas ideas, por más que se parezcan un tanto á las de Wilson, no contienen la esplicacion de las manchas adoptadas luego.

Algunos años despues de Wilson y sin conocer su Memoria, Bode desarrolló las mismas ideas, con algunas variantes. El astrónomo aleman supuso al Sol rodeado por dos atmósferas, vaporosa la primera como la niebla, y luminosa la segunda: aquella impedia que esta se pusiera en contacto con el cuerpo sólido del Sol. Cuando una agitacion cualquiera rasga la atmósfera luminosa, decia, vemos el núcleo sólido del astro, siempre muy oscuro en relacion con el vivo resplandor que le rodea, pero más ó menos sombrío, segun que el espacio descubierto en el globo sea un mar espacioso, un valle desigual ó una playa arenosa. Bode es el primer astrónomo que ha basado en observaciones la hipótesis de la habitabilidad del Sol, y como si temiese que alguien le avanzase en conjeturas, se entretuvo en pintar, con los co-

lores más brillantes, una era de felicidad que plácida lucia para los habitantes del astro mayor.

Poco á poco llegamos á uno de los más célebres observadores de los tiempos modernos, á Guillermo Herschel, que dió á las precedentes ideas el asentimiento de su legítima autoridad, y la confirmó reconstruyendo piedra por piedra el edificio de la teoría, con observaciones personales. El eminente astrónomo sostuvo que la luz y el calor solar no dimanaban del mismo cuerpo del Sol, sino de una envoltura exterior á que, por esta cualidad, llamó fotosfera. Bajo esta envoltura existia otra más compacta, sin luz propia, que servia para reflejar al espacio la luz de la atmósfera exterior, á la par que para garantir de ella el núcleo del Sol. Este núcleo seria sólido y presentaria el aspecto de un cuerpo relativamente oscuro. Las dos atmósferas, separadas por cierto intervalo, estaban dotadas de movimientos independientes, y hacian aparecer las manchas cuando, coincidiendo dos aberturas correspondientes en las dos capas superpuestas, permitian llegar nuestras miradas al cuerpo oscuro. Cuando la abertura solo existia en la atmósfera superior, sin corresponderse con otra en la segunda atmósfera, aparecia una mancha sin núcleo, con sola penumbra. Cuando la abertura inferior era más extensa, se presentaba un núcleo sin penumbra. Estas aberturas eran producidas por intensas corrientes de gas que se es-

capaban del astro, y se elevaban al través de sus envolturas, en virtud de su débil peso específico. Cuando es este gas poco abundante, causa las pequeñas aberturas de la capa superior, llamadas *poros*. Cuando se combina químicamente con otros gases produce una luz desigual que causa las *arrugas*. Las nubes luminosas no se unen entre sí perfectamente; esto explica el aspecto jaspeado. Si estas nubes se acumulan bajo la acción de corrientes que se elevan, dan nacimiento á las *fáculas*. Por los anteriores ejemplos se puede ver que Herschel no olvidó nada, y que con su razonada hipótesis explicaba todos los fenómenos.

Después de Guillermo Herschel casi todos los astrónomos adoptaron su teoría sobre la constitución del Sol. Lalande la había ya aceptado. Laplace y Delambre convinieron con ella. De Humboldt la confirmó con nuevas observaciones. Herschel, hijo, contribuyó á propagarla. Arago le prestó todavía mayor autoridad. Hasta hace pocos años era admitida por la mayoría de los astrónomos, aceptándola algunos *á priori*, como un hecho invulnerable.

El descubrimiento de la *polarización de la luz*, por Arago, contribuyó á consolidarla en todas las inteligencias, pareciendo confirmarla por experiencias directas, que pertenecían á una nueva rama de la física. La luz que, bajo un ángulo suficientemente pequeño, emana de la superficie de

un cuerpo *sólido* ó *líquido* incandescente, presenta restos de coloración en el lente *polariscópico* y se descompone en dos haces coloreados. Por el contrario, la luz que emana de una sustancia *gaseosa* inflamada, persiste siempre en su estado natural, cualquiera que haya sido su ángulo de emisión. Un rayo de luz natural goza de las mismas propiedades en todos sus lados diversos, y estas diferencias se manifiestan por cierto número de fenómenos que no podemos describir aquí. (Parecerá tal vez extraño el que se pueda hablar de diversos lados de un rayo de luz, pero esta palabra *extraño* no se hallará exagerada, al notar, con Arago, que millones de millones de estos rayos, pueden pasar á la vez por el ojo de una aguja sin confundirse entre sí. Este hecho especialísimo se basa en una observación tan minuciosa como la teoría de la polarización.)

Ahora bien, para aplicar al Sol las diferencias características que acabamos de señalar entre la luz emanada de un cuerpo sólido ó líquido, y la de un cuerpo gaseoso según un ángulo de incidencia poco abierto, haremos notar que los rayos que vienen de los bordes del disco solar forman un pequeñísimo ángulo, ya que en el borde mismo pasan á ser tangentes á la esfera. Si estos rayos son coloreados, es prueba que el cuerpo que los emite es sólido ó líquido; si se conservan blancos, se originan en una sustancia gaseosa.

Observando directamente el Sol cualquier día del año, no se ha percibido ninguna señal de coloración en los bordes de las imágenes. De esto dedujo Arago que la sustancia inflamada que dibuja el contorno del Sol es gaseosa, y generalizó su conclusión, fundado en que los diversos puntos de la superficie, por efecto del movimiento de rotación, se van colocando sucesivamente en el borde observado. Esta experiencia le dió la certeza de que la hipótesis de la naturaleza gaseosa de la fotosfera solar, era la expresión de la realidad,

Por clara que nos parezca, tal conclusión no ha sido adoptada con unanimidad. Juan Herschel, en particular, la ha combatido en la última edición de su *Astronomía*. «Se ha creído ver en este hecho, dice, una prueba experimental directa de la naturaleza gaseosa de la superficie dispensadora de luz. Pátese del principio de que la luz emitida por un cuerpo incandescente sólido ó líquido, bajo oblicuidades muy grandes relativamente á la superficie solar, no puede ser ni un sólido ni un líquido igneo. En las primeras ediciones de mi obra he pasado en silencio esta argumentación, y no me habría creído en el caso de protestar de su validez, á no ver que tiende á predominar rápidamente. En estas circunstancias, cumpliendo un deber, me propongo mostrar su lado débil. La falsa suposición que le sirve de base consiste en admitir que la luz emanada de los

bordes del Sol es necesariamente muy oblicua en relación al rayo visual del observador que la recibe; ahora bien, aunque se pueda afirmar que así sucede en general por las porciones limítrofes de una esfera que tiene cerca de 358 millones de leguas de diámetro, no sucede lo propio, en realidad, por cada decímetro ó por cada centímetro cuadrado de la superficie solar. Admitamos que el Sol sea un líquido incandescente, sin mayores desigualdades en su superficie que las de la tierra ó la Luna, no por eso será menos cierto, que, vénganos de donde nos viniere, la luz por la que la distinguimos, sea del centro ó de los bordes, siempre estará compuesta de una mezcla de rayos emitidos por la superficie curva, bajo todos los grados de oblicuidad y todos los planos posibles, sin preferencia alguna. Efectivamente, una porción luminosa de la superficie del Sol que subtienda la diezmilésima parte de un segundo, corresponde á una extensión superficial de 36 kilómetros cuadrados, sobre la que deben existir todas las variedades posibles de valles, ríos, montes ó colinas, precipicios, ondulaciones del suelo, etc. La superficie general de un bosque, vista desde un lugar elevado, es paralela al horizonte matemático; pero ¿quién se atrevería á afirmar que los rayos luminosos por los cuales se ven sus hojas superiores, emanan de estas hojas bajo una oblicuidad mayor que otra, sobre un plano mejor que

sobre otro?» Las precedentes objeciones no están escritas con el objeto de destruir la teoría de la fotosfera gaseosa, sino únicamente para probar que no dan aun á ella misma el carácter de la verdad absoluta las esperiencias hechas sobre la polarización de la luz.

Bajo diversos puntos de vista, han tratado varios físicos de esplicarse experimentalmente la constitucion atribuida al Sol. Mencionaremos aquí una de las esperiencias más dignas de interés, la de M. Boutigny (de Evreux). Esta esperiencia reproduce, en pequeña escala, el Sol de Herschel. Se calienta hasta el color blanco una esfera vacía de metal bruñido ó de porcelana, dejando un agujero en la circunferencia; se vierte en ella ácido sulfúrico anhydro; en seguida se introducen en la esfera dos termómetros preparados preventivamente; se sumerge el recipiente de uno en el mismo esferoide del ácido, manteniendo el otro á una altura de algunos centímetros sobre el líquido. Este termómetro sube inmediatamente á 300° y se rompe, el otro desciende á 11° bajo cero. ¿No se vé aquí, dice el hábil químico, una imágen del Sol? Envoltura candente y luminosa, atmósfera que preserve del calor al núcleo central, y, en fin, núcleo central frio.

Arago aceptó, punto por punto, la teoría desarrollada por Guillermo Herschel y adoptada por los astrónomos. El Sol fué para él un globo oscu-

ro, envuelto á cierta distancia por una atmósfera, comparable á la terrestre, cubierta por nubes opacas y reflectoras. Si encima de esta primera capa se coloca una segunda atmósfera luminosa que tomará el nombre de *fotosfera*, esta fotosfera, más ó menos elevada sobre la envoltura nebulosa interior, determina con su contorno los límites visibles del astro.

Los astrónomos de Inglaterra, entre ellos W. Dawes, han perseverado generalmente en la misma teoría, confirmándola además con análisis asíduos y observaciones rigurosas. Juan Herschel ha escrito, en sus *Outlines of Astronomy*, que la parte del disco solar libre de manchas, no ofrece un brillo uniforme, ni mucho menos; que la superficie del Sol es aborregada finamente, y que las masas luminosas se encuentran separadas entre sí por líneas de pequeños puntos negros. Estos puntos negros ó *poros*, atentamente examinados, se ofrecen en un estado de movilidad perpétua, y nada podria presentar de ella imágen más exacta que la caída lenta de precipitados químicos de aspecto deshilachado, sobre un fluido transparente, observada perpendicularmente desde una altura. Si tal movimiento no es una ilusion óptica causada por la vision confusa del ojo, que en breve se fatiga al concentrarse en un estrecho límite, puede ponernos en camino de alcanzar nuevas nociones acerca la constitucion física del Sol.

El aspecto aborregado de la superficie solar, parecería ciertamente, existir solo en apariencia. Aun siendo así, podíamos admitir con el P. Secchi que las fáculas que se presentan en los bordes de las manchas, son las crestas de las olas tumultuosas levantadas en la fotosfera, sacando su cima de la capa atmosférica mas densa, y formadas por la sustancia fotosférica, arrojada al exterior á impulso de la fuerza interna que produce la mancha. Las masas que dan al Sol su aspecto parecen granulaciones hechas al azar; con todo, á veces se distribuyen en un mismo sentido en torno de una mancha; entonces es cuando se preparan para su carrera precipitada hácia el interior de la mancha, y parecen avanzar como un punto luminoso, cruzándola á veces de parte á parte. Un dia M. Dawes fijó su atención en este fenómeno. Las masas luminosas ofrecían la apariencia de aristas de paja, tendidas todas en la misma dirección, aunque alguna fuese oblicua á la línea de la banda ó puente que su reunión formaba: las partes laterales del puente parecían dentadas á causa de la longitud desigual de las pajas aparentes que la componían. Es un hecho notable el de que estas especies de puentes estén siempre formadas por estrias luminosas, procedentes de la capa exterior, que entonces se proyectan sobre la penumbra, sin mezclarse con las capas exteriores menos luminosas.

Léjos de simplificar la teoría precedente sobre las envolturas solares, el observador que acabamos de citar, encontrando amenudo una parte todavía más negra en la *sombra* central de las manchas, ha propuesto aplicar á aquella parte una denominación distinta. El punto negro del centro representaría el *núcleo* del Sol; la *sombra* sería una cosa distinta. Este autor considera el Sol rodeado de *tres* envolturas, sin contar con las que puedan existir mas allá de la fotosfera. A la primera, que vá del centro á la periferia, la llama *capa nebulosa*; es la que formaría la sombra de la mancha. La segunda, ó media, constituiría la penumbra que por lo comun se observa en todas las manchas estensas y de forma simétrica. Parece completamente luminosa, pero su brillo es mucho menos intenso que el de la capa exterior. Con frecuencia se proyectan sobre ella líneas brillantísimas, que pertenecen sin duda á la fotosfera. Ordinariamente se percibe un aumento de brillo en el borde interior de la penumbra, mientras la luz va decreciendo del interior al exterior. El exámen de estas regiones con un antejo, ha probado que no hay en ella ninguna ilusión óptica. Se puede creer que el borde interior de la penumbra es mas espeso que el resto, como si allí estuviese acumulada la materia. La tercera envoltura ó fotosfera ofrece la misma apariencia, y parece doblada sobre sí misma en el borde in-

ferior que limita el borde exterior de la penumbra.

Segun esta teoría, el mecanismo de la mancha se explica de la manera siguiente:

Un inmenso volúmen de gas no inflamable, lanzado con una fuerza prodigiosa del cuerpo mismo del Sol por un volcan ú otro parecido agente, atraviesa la capa nebulosa, esparciendo en torno la porcion que desaloja, y produciendo la apariencia de un borde espeso y más luminoso. El agujero negro que esta erupcion volcánica ha abierto forma el *núcleo* de la mancha. Despues de haber atrevesado la capa nebulosa, el gas desarrollado llega bajo la influencia del poder calorífico de la capa semi-luminosa que forma la penumbra; á causa de su gran expansion, desaloja más aire de la segunda capa que de la primera, y descubre una superficie considerable de la esfera nebulosa: esto es la *sombra* de la mancha. Continuando su viage, el gas llega á la fotosfera y la atraviesa; los mismos hechos se repiten, y la *penumbra* envuelve á la *sombra*, como esta ha envuelto al *núcleo*.

El Padre Secchi ha añadido nuevas observaciones, á esta explicacion de la formacion de las manchas, procurando establecer analogías entre ellas y los torbellinos que se producen en nuestra atmósfera. Ha visto, además, ligeros hilos sinuosos esparcirse por la penumbra en una infi-

nidad de corrientes ó arroyos, y verterse en el interior del núcleo, de la misma manera que lo haria una materia incandescente en fusion, precipitándose á torrentes para llenar un hueco. M. Chacorcac nos informa de que ha visto, por una parte, las corrientes de fáculas dirigirse á la penumbra y perder su brillo á medida que se reducía su superficie; y por otra los arroyos luminosos, formando espirales en la penumbra, descender á la parte inferior del núcleo, oscureciéndose rápidamente, permaneciendo varios dias en estado especial, y fundiéndose ó dividiéndose en fragmentos con una especie de hervor ó de remolino muy visible. El padre Secchi ha tratado tambien de determinar el espesor de la envoltura fotosférica, tomando por base la profundidad de la mancha, y ha encontrado que este espesor no igualaba al rádio de la tierra.

Tal es el estado actual de las ciencias de observacion en lo concerniente á la teoría solar que acabamos de exponer someramente. Pero desde algunos años á esta parte ha surgido otra teoría distinta, por no decir contradictoria, fundada en otros hechos, y construida con principios agenos á los precedentes. Esta teoría ha nacido de una de las ramas más maravillosas de la física moderna: del *análisis espectral*. Para explicarla debemos antes dar á conocer esta nueva ciencia.

III.

¡El Espectro de la Luz! ¿Por qué peregrina singularidad nuestro lenguaje oculta tras un velo tan lúgubre á la más bella de las apariencias? Levátemos este lúgubre sudario que Newton arrojó sobre su brillante descubrimiento, y contemplemos en su purísimo manantial el mundo maravilloso de los colores. Un rayo de sol al salir del prisma se descompone en siete colores fundamentales: violeta, añil, azul, verde, amarillo, anaranjado, rojo, y cuando se fija sobre una pantalla forma una imagen ovalada, pintada con los vivos colores del arco iris, imagen llamada *espectral* por ser una apariencia y no una realidad. A causa de la desigual refrangibilidad de los rayos luminosos, los de diversos matices sufren una desviación desigual, al atravesar el prisma, y en lugar de quedar, como ántes, unidos en un haz, se desarrollan en una banda coloreada. Dos rayos de diferente color no se parecen ni en su grado de refrangibilidad, ni en la longitud de sus ondas, ni en la rapidez de sus vibraciones. Para resumirlo en pocas palabras, diremos que los menos refrangibles son los rojos; luego los amarillos, los verdes, los azules, los violetas, precisamente por el orden de su posición en la imagen prismática; diremos también que los rayos rojos tienen

las mayores ondulaciones y las vibraciones menores, mientras que con los violetas pasa lo inverso, y que entre ambos extremos las propiedades se suceden por el orden de posición de los colores. De modo que las ondulaciones de los rayos rojos son de 620 millonésimas de milímetro; los del verde de 510, los del violeta de 420; el número de vibraciones por segundo es de 500 por los rayos rojos, 600 por los verdes y 730 por los violetas. Véase, pues, que cada rayo luminoso tiene propiedades peculiares por las que no se puede confundir con otro.

Hasta principios de este siglo habían sido estudiadas las propiedades físicas de los rayos luminosos, sin pretender analizar, en su esencia íntima, la imagen espectral obtenida por la descomposición prismática de la luz. Tan solo hacia 1802, el físico inglés Wollaston, que hacía mucho tiempo estudiaba la imagen espectral bajo diferentes aspectos y distintas posiciones, tuvo la idea de hacer penetrar el rayo luminoso por una hendidura de bordes paralelos á las aristas del prisma. Este físico descubrió que el espectro obtenido de este modo no era, como hasta entonces había aparecido, siguiendo el método de examen de Newton, una banda luminosa continua, sino que estaba cruzada perpendicularmente á su longitud, por líneas ó rayas oscuras.

Ajeno á los trabajos de Wollaston, Fraunhofer,

óptico bávaro, se dedicaba, en la propia época, al mismo género de estudios. Trataba sobre todo de descubrir en la imágen algunos puntos fijos, independientes de la naturaleza de los prismas, que pudiesen servir para referir á ellos las zonas y los colores. Ocupado en estas investigaciones se apercibió, en 1815, de que dando ciertas posiciones especiales al prisma, se veían aparecer bruscamente en la imágen espectral, *rayas oscuras que cortaban transversalmente la bandera de los siete colores.*

Este descubrimiento debía ser el punto de partida de una nueva rama de la ciencia moderna, de la *química celeste.*

Fraunhofer empezó por hacer cuidadosamente un dibujo de la imágen espectral, en el que señaló las líneas principales que acababan de revelarse. Designó luego estas líneas con las ocho primeras letras del alfabeto, colocándolas en la siguiente disposición: A, en el rojo; B, al principio del anaranjado; C, al fin de este color; D, raya doble, en medio del amarillo; E, en el verde; F, en el límite entre el verde y el azul; G, entre el azul y el añil; y H, en el violeta. Estas son las ocho líneas principales del espectro solar; en cuanto á su número, no se puede aun hoy fijar definitivamente: los últimos trabajos llevados á cabo, le elevan ya á más de tres mil.

¿Qué causa produce estas rayas? No alcanzó á descubrirlo Fraunhofer. Pero el estudio cuya ini-

ciativa le pertenece, produjo grandes investigaciones, de las cuales resultó la posibilidad de dividir las rayas misteriosas en cuatro categorías, á saber: 1.ª, rayas cósmicas, ó líneas negras aparecidas en la luz del Sol y en la de todos los objetos que dicho astro alumbra; 2.ª, rayas negras producidas por la absorcion de ciertos gases; 3.ª, rayas brillantes particulares de los manantiales de electricidad; 4.ª rayas brillantes producidas por la introduccion en el seno de las llamas estudiadas de diversas sustancias que se ha tratado de analizar. Aquí nos ocuparemos especialmente de la primera série; dejaremos á parte la tercera como agena á nuestro objeto, y nos apoyaremos en las segunda y cuarta por lo que se relacionan con la constitucion física del Sol, que es el objeto aquí preferente.

Las rayas del espectro solar, son constantes é invariables. En todas las épocas del año, estaciones, temperaturas, etc., en que se examine un rayo de sol, se reconocen perennemente en su imágen prismática, las estrias que le pertenecen. Además, hecho importante y digno de interés, descúbreñse igualmente en la luz difusa del dia, y en la reflejada por las nubes, por las montañas y por todos los objetos expuestos al Sol. Véelas tambien en la luz que la Luna y los planetas nos transmiten, cuerpos cuya claridad, como la de la Tierra, es debida á la radiacion solar.

No satisfecha la ciencia con analizar el espectro del Sol y el de los objetos alumbrados por su luz, trató de descomponer de igual modo la luz de diversas sustancias terrestres en estado de incandescencia, ó suspendidas entre llamas. Se empleaba gran cuidado en purificar las sales, los metales, los cuerpos simples cuyo análisis se deseaba practicar; despues, introduciéndolos en la llama de un mechero de gas, se examinaban las rayas producidas por este médio. Bueno es hacer observar, antes de pasar mas adelante, que muchos espectros pueden ser sobrepuestos en una misma pantalla y comparados; y que, proyectando, por ejemplo, el espectro de una sustancia incandescente sobre el de una llama de hidrógeno, se puede separar lo que á cada espectro pertenece.

He aquí el principio fundamental que de las anteriores experiencias, resulta: *El espectro de todo manantial luminoso presenta en la distribución de sus rayas, brillantes ú oscuras, un orden peculiar á dicho manantial, é invariable.* En otros términos: todo elemento puesto en suspension sobre una llama, coordina las rayas de su espectro, segun una distribución que le es propia.

De esta proposición capital, hoy demostrada é incontestable, se deduce, que, por la sola inspección de la posición de las rayas que produce una mezcla de sales de diferentes bases, introducida en una llama, se puede reconocer la presencia de di-

chas bases con suficiente facilidad, para que el procedimiento constituya un método práctico de análisis cualitativo. La rapidez con que un observador ejercitado obtiene el resultado propuesto, y la extrema pequeñez de las cantidades que se alcanzan á descubrir de este modo, dan al método una incontestable superioridad sobre todos los de análisis. A Kirchhoff y á Bunsen, hábiles físicos autores de tan brillantes descubrimientos, debe la ciencia moderna uno de sus adelantos más maravillosos y fecundos.

Fijado el principio que antecede estamos ya en camino de resolver la cuestión que mas arriba presentábamos, y que Fraunhofer dejó sin resolver: ¿cuál es la causa de las rayas oscuras del espectro solar? Desde el momento en que reconoció que un poco de luz dá indicaciones ciertas sobre la naturaleza de las sustancias en combustión ó volatilizadas en su seno, podian extenderse las investigaciones á todas las distancias de visibilidad. El análisis espectral es á un tiempo telescópico y microscópico; así se lanza á las infinitas distancias celestes, como registra los corpúsculos invisibles. Por un lado hace descender al foco de su lente la pálida luz que viaja millares de años para llegar de la lejana nebulosa; por otro señala la presencia de alguna *millonésima de miligramo* de sodio ó de potasio, perdidos en una mezcla.

Hemos dicho que habia cuatro categorías principales de líneas del espectro; la primera se refiere á las rayas oscuras del espectro solar; la cuarta á las rayas brillantes producidas por las sustancias incandescentes. El estudio mútuo de ambas series ha conducido al conocimiento del origen de las rayas solares.

Cuando *se hace luminosa* una sustancia cualquiera, emite rayos de cierto grado de refrangibilidad, y al mismo tiempo tiene el poder de absorber rayas de refrangibilidad igual á la de los suyos. El sodio, por ejemplo, puesto en ignición, emite dos rayas brillantes de un amarillo claro, contiguas, cuya posición coincide con la de la doble raya oscura de Fraunhofer, en el espectro solar. Ahora bien, si, con auxilio de una corriente eléctrica se hace más luminoso todavía el sódio en ignición, vése aparecer, en lugar de la raya amarilla, una línea negra que coincide exactamente con la raya D. de la luz solar. Parecidamente, determinadas rayas brillantes, procedentes de otros metales, pueden ser invertidas ó reemplazadas por rayas oscuras. Estos hechos resultan notablemente de los trabajos de Kirchhoff, Balfour Stewart, Foucault y Miller.

Para aplicarlos al espectro solar, Kirchhoff admite que la atmósfera del Sol contiene vapores de diversos metales, cada uno de los cuales dá un sistema característico de rayas brillantes; pero

que, mas allá de esta atmósfera incandescente, en la que flotan vapores metálicos, se encuentra el núcleo sólido del Sol, elevado todavía á mayor temperatura. Cuando la luz de este núcleo tan violentamente calentado, se trasmite á través de la fotosfera incandescente, las rayas brillantes que esta fotosfera engendraría son oscurecidas; las rayas negras de Fraunhofer no son mas que estas rayas brillantes reemplazadas, y que se mostrarían tales como son si el núcleo ígneo del Sol desapareciese.

Kirchhoff sometió sus teorías á pruebas minuciosas y de distintos géneros. Estudió largamente el espectro solar, hasta en sus menores detalles, tratando de traspasar los límites alcanzados tan penosamente por los observadores que le habían precedido. Para dar una idea de sus trabajos, nos bastará decir que analizó consecutivamente las líneas características de las sustancias: así, por ejemplo, encontró que las sesenta líneas luminosas del espectro del hierro, coinciden con sesenta líneas del espectro solar, é hizo lo mismo con infinidad de cuerpos. En último lugar llegó á esta conclusión: que el Sol contiene hierro, magnesia, sosa, potasa, cal, cromo, nickel; pero que no encierra oro, plata, cobre, zinc, aluminio, plomo, estronciana, ni antimonio.

Tan variadas experiencias condujeron al sábio físico de Heidelberg, á poner en duda la teoría

solar debida á Wilson, Herschel y Arago que hemos expuesto ántes. De esta nueva teoría resultaba que el Sol no era oscuro, sino por el contrario, incandescente; que su luz propia, en lugar de ser inferior á la de su atmósfera, le era infinitamente superior; y que el astro del dia era en sí mismo la fuente de luz y calor que difunde por el espacio. Esta teoría destruía tambien la de las tres atmósferas; la formacion y la naturaleza de las manchas no era lo que se habia supuesto: una nueva aplicacion, en armonía con las observaciones espectrales, debia suceder á las precedentes.

La idea fundamental de esta nueva teoría se puede resumir en pocas palabras. El Sol seria, segun ella, un globo en fusion, compuesto en gran parte de los mismos elementos que la tierra, y rodeado de una atmósfera como la nuestra, pero de dimensiones mucho mayores. Las manchas quedarian convertidas en nubes condensadas en la atmósfera solar bajo la influencia de un enfriamiento parcial de temperatura, y que llegarían á ser bastante opacas para interceptar por completo los rayos del globo incandescente.

Hemos de confesar que esta idea de la constitucion física del Sol, es en extremo sencilla y más fácil de aceptar que la explicacion que en primer lugar hemos dado; pero fuerza nos será, al mismo tiempo, reconocer que no explica satisfactoriamente los hechos observados en solsa apa-

riencias de las manchas, únicos objetos pertenecientes al Sol con los cuales estamos en relacion directa por la mirada.

Entre los adversarios de esta teoría, citaremos especialmente al Padre Secchi, director del Observatorio del Colegio Romano. En primer lugar, dicho sábio, no puede admitir que el núcleo solar de un globo líquido, incandescente, sea más luminoso que la atmósfera que le rodea; esta atmósfera es aun una verdadera fotosfera. Pero el astrónomo romano está dispuesto á simplificar las envolturas y á admitir solo una capa. Las manchas se forman en esta fotosfera; no son nubes, sino cavidades llenas de gases menos brillantes, en las que á veces se distinguen ciclones. Frecuentemente se ven hilos luminosos salir de la fotosfera, semejantes á una porcion de materia que se escurriese por las paredes de las cavidades al Sol, ó como torrentes que se precipitasen al interior. Estas líneas largas y tortuosas tomarian todo el brillo de la misma fotosfera. Tal apariencia no confirma en nada la hipótesis de las nubes. Las fáculas que rodean á menudo á las manchas, son consideradas por el Padre Secchi como incompatibles con la teoría alemana. Estas fáculas, dice, no son más que las crestas de las olas tumultuosas elevadas en la fotosfera, que levantan encima de la capa atmosférica más densa, y parecen formadas de la sustancia fotosférica.