

ne averiguar si esta faja oscura (en el rojo, longitud de onda 617.9) resulta de algun cuerpo peculiar á la atmósfera de Júpiter, ó si procede de la mezcla de los gases de que está formada con arreglo á proporciones distintas de las del aire. «Sería posible, dice, que la composición de las dos atmósferas fuese la misma, difiriendo únicamente su acción sobre los rayos solares á consecuencia de las circunstancias de temperatura y de presión, muy diferentes en la superficie de Júpiter de lo que son en nuestro planeta.»

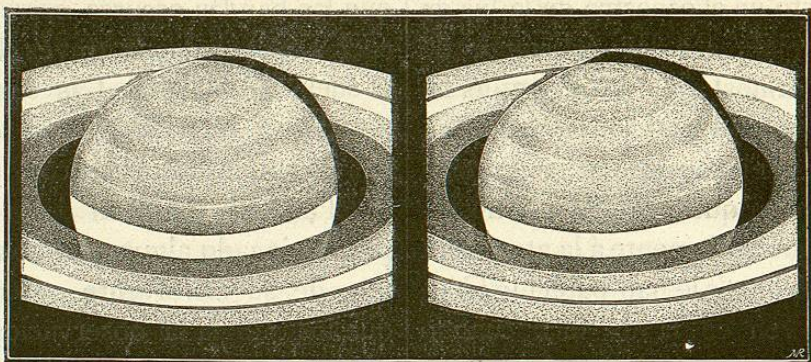


Fig. III.—Las bandas del globo de Saturno, segun Bond

ración. Esta observación viene en apoyo de la opinión generalmente admitida de que las bandas brillantes son cúmulos opacos de nubes.»

Saturno es, como Júpiter, un poco aplanado en sus polos de rotación, y su disco tiene también bandas de aspecto agrisado paralelas al ecuador. Por analogía se las ha considerado como si estuviesen formadas de zonas de nubes que la rapidez del movimiento de rotación acumula sin cesar á una y otra parte de las regiones ecuatoriales del planeta, en virtud de un fenómeno semejante al de los alisios terrestres, pero mucho más regular y permanente. Sólo que Saturno se halla á tan gran distancia de la Tierra que no es posible distinguir ningún detalle en su disco, y que hasta ahora no pasaba de ser una hipótesis la existencia de una atmósfera vaporosa alrededor del planeta. Por fortuna, el análisis espectral ha permitido completar acerca de este asunto los elementos proporcionados por la investigación telescópica. Hé aquí lo que hasta hoy nos ha dado á conocer:

Segun W. Huggins, el espectro de Saturno es en extremo débil, pero se observan en él al-

El mismo astrónomo añade: «El espectro de las bandas oscuras del disco de Júpiter se caracteriza sobre todo por una absorción uniforme, muy marcada, que sufren los rayos azules y morados. En esos puntos no se ven aparecer nuevas bandas de absorción, sino que las rayas son más marcadas y anchas que en cualquiera otra parte; lo que prueba que las porciones oscuras de la superficie de Júpiter son más profundas que las inmediatas. En dichos puntos de la atmósfera del planeta, la luz solar penetra más profundamente y experimenta mayor alte-

gunas rayas semejantes á las que caracterizan el de Júpiter; estas líneas se ven con menor distinción y claridad en la luz de las asas de los anillos, demostrándonos que el poder absorbente de la atmósfera alrededor de estos es más débil que el de la que circunda el globo del planeta. Janssen ha descubierto últimamente que muchas de las rayas atmosféricas son producidas por el vapor de agua. Es verosímil que este vapor acuoso exista en las atmósferas de Júpiter y Saturno. El P. Secchi ha notado semejante analogía entre los espectros luminosos de los dos planetas, y observado además en el de Saturno rayas que no coinciden con ninguna de las líneas telúricas producidas por la absorción de nuestra atmósfera; así pues la de este último planeta contiene sin duda gases que no existen en la nuestra.

M. Vogel caracteriza por su parte el espectro de Saturno en los siguientes términos: «Se ha podido reconocer en él las rayas más marcadas del espectro solar; algunas fajas, sobre todo en el rojo y en el anaranjado, no tienen sus equivalentes en dicho espectro; pero coinciden con grupos de rayas del de nuestra at-

mósfera, excepción hecha de una faja muy intensa (longitud de onda media 618,2). Los rayos azules y morados sufren una absorción uniforme en su paso á través de la atmósfera de Saturno, la cual es mucho más marcada en la zona ecuatorial oscura. El espectro de Saturno presenta pues la mayor analogía con el de Júpiter. No sucede lo propio con el de su anillo, pues en él no se advierte la faja característica en el rojo, ó por lo menos apenas si se percibe un tenue indicio. Podría deducirse de esto que el anillo no tiene atmósfera, ó que á lo sumo está rodeado de una capa gaseosa de densidad y espesor sumamente débiles.»

El espectro de Urano ha sido estudiado por Secchi, Huggins y Vogel: su escaso brillo no permite distinguir en él las rayas de Fraunhofer, pero se han notado muchas líneas oscuras, una de las cuales parece coincidir con la F del hidrógeno. Segun Vogel, «es indudable que las bandas observadas en el espectro de Urano resultan de la absorción de los rayos solares en una atmósfera que rodea á dicho planeta. Dado el estado actual de la ciencia, no es posible determinar cuáles son los cuerpos que producen esta absorción. Haremos solamente advertir que una de las bandas del espectro de Urano coincide exactamente con otra de Júpiter y de Saturno (que hemos indicado más arriba).»

Por último, segun el mismo observador, el espectro de Neptuno, en el que tampoco se pueden distinguir las rayas de Fraunhofer, y al que caracterizan unas cuantas bandas anchas y oscuras, tiene gran analogía con el de Urano.

Véase por los resultados de estas investigaciones tan delicadas como difíciles, que si la luz de los planetas analizada con el espectroscopio conserva los caracteres principales que denotan su origen solar, debe sin embargo haber experimentado modificaciones importantes. Varias regiones del espectro, ó si se quiere, ciertos rayos de la luz primitiva, han sido absorbidos por su doble paso á través de los medios gaseosos que constituyen las atmósferas planetarias. En muchos de ellos se nota la influencia del vapor de agua, pero también parece probable que otros elementos dan origen á absorciones especiales y que por lo tanto no todas las atmósferas se componen de las mismas sustancias.

Sin salir del sistema solar, vamos á interrogar también al análisis espectral con respecto á la constitución de ciertos cuerpos que difieren seguramente de los planetas por su aspecto, forma y origen, tanto por lo menos como por sus demás caracteres astronómicos. Nos referimos á los cometas, á las estrellas fugaces y á los bólidos.

Estudiando las luces cometarias con los instrumentos de óptica que más adelante describiremos, se ha llegado á deducir que, si bien los cometas reflejan una escasa parte de la luz que el Sol envía á su superficie, son cuerpos que también la tienen propia. La opinión más general es la de que sus núcleos son incandescentes, y así lo vamos á ver confirmado por el análisis espectral.

Ante todo, hay una circunstancia común á todos los cometas cuya luz se ha analizado, y es que su espectro consiste principalmente en cierto número de bandas luminosas brillantes, separadas por anchos espacios oscuros. El espectro continuo, bastante débil por cierto, en el cual se proyectaban estas bandas, no existía ó por lo menos no era visible sino para algunas de ellas; los cometas cuyo núcleo era muy débil, como el del cometa de Encke, ó poco luminoso (cometa 1873 IV), no han dado espectro continuo. Parece pues averiguado que las bandas luminosas son producidas por la luz de las atmósferas ó de las cabelleras cometarias, y por consiguiente, los cometas de núcleo, cuya luz se ha podido analizar con el prisma, deben estar constituidos del modo siguiente:

En el centro de la nebulosidad hay un núcleo que da un espectro continuo. ¿Indica esto necesariamente una materia líquida ó sólida incandescente? Podría afirmarse así si pudiera considerarse como entera la continuidad de este espectro; pero su tenuidad es tal, que es difícil decir si la luz con que brilla es una luz propia debida á la incandescencia de la materia que compone el núcleo, ó si es la luz reflejada del Sol. Quizás participe de ambos orígenes, sobre todo cuando el cometa, al acercarse al Sol, adquiere una temperatura creciente; en todo caso, las observaciones de polarización por reflexión prueban que cuando menos una parte de esta luz es reflejo de la del Sol.

Por lo que respecta á la luz de las atmósfe-

ras y de las colas, el espectro de bandas brillantes denota que la materia que las forma se halla á la vez en estado gaseoso é incandescente. Como, por otra parte, los fenómenos de los penachos emanados del núcleo prueban que las envolventes atmosféricas se forman á expensas de éste, parece difícil admitir la incandescencia para la atmósfera cometaria y para las colas, si el núcleo mismo de que continua-

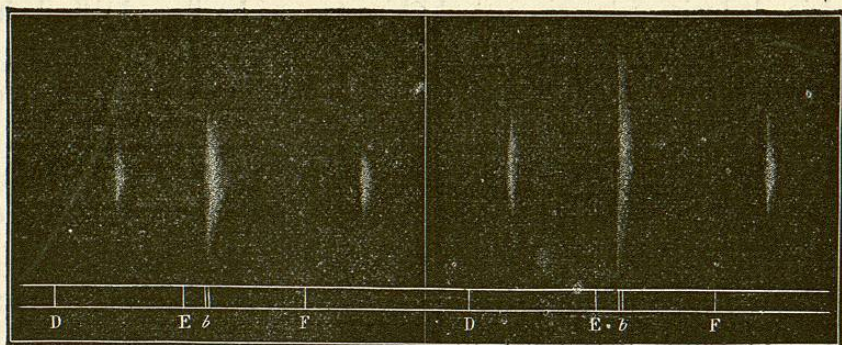


Fig. 112.—Espectro del cometa IV de 1873.—1.º El 26 de agosto.—2.º El 29 de agosto.

muy poco compleja. Son, ó carbono simple, ó un compuesto de carbono, hidrógeno carbonado segun las comparaciones hechas por Huggins, óxido de carbono ó ácido carbónico, segun las investigaciones del P. Secchi. Este sabio tenia, pues, razon en decir: «Es notable que todos los cometas observados hasta aquí tengan las bandas del carbono.»

Entre los cometas y las estrellas fugaces media cierto vínculo de origen, segun parece hoy demostrado. Estos últimos corpúsculos son restos de cometas dislocados; los enjambres ó apariciones periódicas de estrellas fugaces no son otra cosa sino fragmentos de cometas que al atravesar el sistema solar han sufrido las perturbaciones ocasionadas por las masas de los planetas y se han fraccionado. Si estas nuevas apreciaciones concuerdan con la realidad, las estrellas fugaces deben tener la misma constitucion física que los cometas.

Pero como las estrellas fugaces no aparecen sino en las regiones más elevadas de la atmósfera, y se extinguen y probablemente se evaporan mucho ántes de llegar al suelo, sólo un método, el análisis espectral podría ilustrarnos acerca de su estado físico y químico, á lo ménos en el momento de su combustion. Estudiando A. Herschel de este modo la luz de las

estrellas fugaces de las noches del 9 y 10 de agosto de 1866, vió que los astros y algunos núcleos de estrellas se componian de una sustancia gaseosa en ignicion, que contenia especialmente vapor de sodio. No siendo probable que en la atmósfera hubiera sodio á semejante altura, A. Herschel dedujo que este cuerpo simple pertenecia á las estrellas fugaces analizadas. Otros espectros han indicado que dichos meteoros estaban constituidos por aglomeraciones de partículas sólidas incandescentes.

Considerados desde el punto de vista químico los cometas que se han analizado, bien es verdad que en corto número, tienen una constitucion

mente se forman no participa de este estado de incandescencia. No es, pues, dudoso que los núcleos comentarios emitan, á lo ménos cuando se hallan próximos al perihelio, además de la luz reflejada del Sol, otra directa emanada de su propia sustancia.

En noviembre de 1868, el P. Secchi analizó la luz de una estrella muy viva, cuyo rastro subsistió visible por espacio de un cuarto de hora; su espectro, formado de rayas y bandas brillantes, rojas, amarillas, verdes, y azules, indicaba la presencia de un gas luminoso. Konkoly estudió en el espectroscopio, en julio y agosto de 1872, los rastros de tres meteoros; sus espectros contenian todas las rayas del sodio, y uno de ellos tenia además una línea del magnesio. Un brillante meteoro aparecido el 13 de octubre de 1873 y analizado por el mismo observador, tenia, además de las rayas del magnesio y del sodio, cuatro líneas comunes con el espectro de un carburo de hidrógeno (*coal-gas*). Finalmente, el Sr. Arcimis observó en 1874 en Cádiz 50 estrellas del grupo de las

Perseidas; 27 de ellas tenian un espectro continuo en el que por lo general faltaba el violeta; casi todas tenian, no obstante, la raya amarilla del sodio.

Comparando estos resultados con los dados por el análisis de los espectros de la luz de los cometas, se ve que la constitucion física de estos últimos cuerpos no es precisamente idéntica á la de las estrellas fugaces; verdad es que se ha reconocido el carbono en uno de los meteoros, pero los demás contienen sodio, cuya existencia no han indicado los espectros cometarios. La incandescencia gaseosa es la que caracteriza la luz de los cometas y de las estrellas fugaces; sin embargo, las segundas no parece que están dotadas de dicha incandescencia hasta que han penetrado en nuestra atmósfera, y en contra de la opinion del entendido Alejandro Herschel, nos inclinamos á creer que en ella es donde se encuentra el sodio reconocido por el análisis espectroscópico.

Terminaremos lo que teníamos que exponer acerca del análisis espectral aplicado á la astronomía de los cuerpos del mundo solar, consignando algunas observaciones recientes sobre la luz zodiacal. El sabio americano M. Wright ha deducido de sus observaciones hechas en 1874 las conclusiones siguientes: La luz zodiacal es la del Sol reflejada por una materia sólida. Y en efecto, vió que esta luz daba «un espectro continuo que no diferia notablemente (excepcion hecha de la intensidad) del espectro solar, desprovisto en todo caso de toda línea ó banda brillante análoga á la de la aurora boreal.» Smyth primero y Liais despues habian obtenido ya el resultado importante de la continuidad del espectro de la luz zodiacal, si bien el segundo creia que pudiera tener algunas débiles líneas negras. Pero debemos decir que otras observaciones contradicen completamente las que acabamos de mencionar. Habiendo analizado Respighi, en enero y febrero de 1872, la luz zodiacal con un espectroscopio de vision directa, «vió perfectamente marcada la conocida raya de Angstrom en el verde», raya que observó por la misma época en el espectro de una aurora boreal. «Este hecho, dice Respighi, que confirma una observacion análoga hecha por Angstrom en marzo de 1867, me parece bastante importante, pues

vendria á demostrar la identidad de la luz de la aurora boreal con la zodiacal, y por consiguiente, la probable identidad de su origen.»

Por último, Tacchini, refiriéndose á las observaciones de Wright, recuerda que en abril de 1872 analizó con P. Smyth la luz zodiacal, viendo que su espectro era continuo, lo cual no obstante tenia una zona claramente iluminada, que se disipaba por los lados, cosa que jamás sucede con una luz solar de escasa fuerza. El sabio astrónomo de Palermo cree poder deducir de esto «que la luz zodiacal no es tan sólo la solar reflejada por corpúsculos meteóricos; pues además de las partículas sólidas capaces de dar por reflexion el espectro y la polarizacion observados por Wright, la masa lenticular puede contener alguna sustancia mantenida por el calor solar en tal estado físico que resulte de él un espectro particular análogo al de los cometas ó al de la atmósfera de la corona.»

## II

### EL ANÁLISIS ESPECTRAL APLICADO AL ESTUDIO DE LAS ESTRELLAS Y DE LAS NEBULOSAS

Si la ley universal de la gravitacion es un testimonio de la unidad del principio que regula los movimientos de la materia, aglomerada en forma de cuerpos celestes, lo mismo en los límites de nuestro mundo solar que en las regiones exteriores del mundo sidéreo, en cambio no nos enseña nada referente á la constitucion íntima de dichos cuerpos, ni á la naturaleza física y química de que están formados.

Ha sido menester el descubrimiento de las propiedades de la luz, expuestas en los capítulos anteriores, así como la invencion de un método tan delicado y exacto como el análisis espectral, para llegar á penetrar el secreto de dicha composicion. Acabamos de ver que los resultados de la aplicacion de este método á la astronomía solar y planetaria son ya bastante numerosos y positivos para que se pueda considerar como sumamente probable la unidad de composicion química del Sol y de los planetas. En el seno de esa inmensa masa incandescente, del foco del que se han desprendido en el origen de las cosas, como otros tantos hijos de un mismo padre, los embriones de esos globos hoy