

ción, 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 alteración. 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

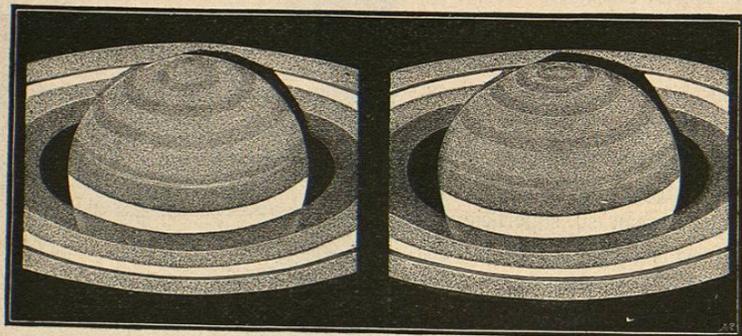


Fig. 518.—Las bandas del globo de Saturno, según Bond

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. He aquí lo que hasta hoy nos ha dado á conocer:

Según W. Huggins, el espectro de Saturno es en extremo débil, pero se observan en él algunas 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 éstos 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 atmósfera, 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. Según 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

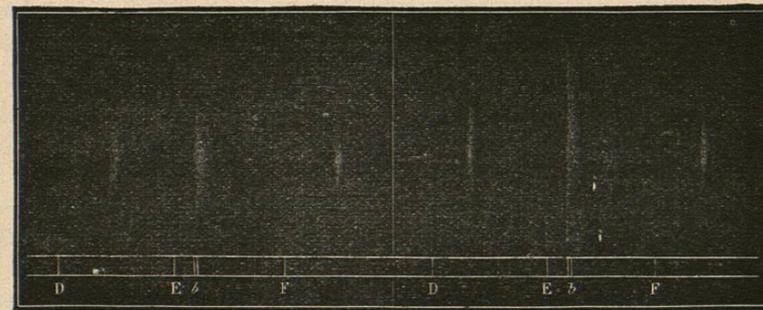


Fig. 519.—Espectro del cometa IV de 1873: 1.º el 26 de agosto; 2.º el 29 de agosto

coincide exactamente con otra de Júpiter y de Saturno (que hemos indicado más arriba).,,

Por último, según 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.

Vese 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 substancias.

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 atmósferas 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 continuamente se forman no participa de este estado de incandescencia.

No es, pues, dudoso que los núcleos cometarios emitan, á lo menos cuando se hallan próximos al perihelio, además de la luz reflejada del Sol, otra directa emanada de su propia substancia.

Considerados desde el punto de vista químico los cometas que se han analizado, bien es verdad que en corto número, tienen una constitución muy poco compleja. Son, ó carbono simple, ó un compuesto de carbono, hidrógeno carbonado según las comparaciones hechas por Huggins, óxido de carbono ó ácido carbónico según las investigaciones del P. Secchi. Este sabio tenía, pues, razón 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, según 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 constitución 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 antes de llegar al suelo, sólo un método, el análisis espectral, podría ilustrarnos acerca de su estado físico y químico, á lo menos en el momento de su combustión. 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 rastros y algunos núcleos de estrellas se componían de una substancia gaseosa en ignición, que contenía especialmente vapor de sodio. No siendo probable que en la atmósfera hubiera sodio á semejante altura, A. Herschel dedujo que este cuerpo simple pertenecía á las estrellas fugaces analizadas. Otros espectros han indicado que dichos meteoros estaban constituidos por aglomeraciones de partículas sólidas incandescentes.

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 contenían todas las rayas del sodio, y uno de ellos tenía además una línea del magnesio. Un brillante meteoro aparecido el 13 de octubre de 1873, y analizado por el mismo observador, tenía, 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 tenían un espectro continuo en el que por lo general faltaba el morado; casi todas tenían, 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 constitución 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 opinión 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 difería notablemente (excepción 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 después habían obtenido ya el resultado importante de la continuidad del espectro de la luz zodiacal, si bien el segundo creía 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 visión 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 observación análoga hecha por Angstrom en marzo de 1867, me parece bastante importante, pues vendría 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 tenía una zona claramente iluminada, que se disipaba por los



brieron el método del análisis espectral y lo hubieron aplicado á la constitución física y química del Sol. Comparando entonces las posiciones de las rayas de los espectros estelares con las rayas brillantes de los espectros de los gases y de los metales, se pudo hacer extensivas á las estrellas las deducciones ya obtenidas con respecto al Sol y conocer hasta cierto punto la constitución física y química de cuerpos celestes cuya luz invierte años enteros en llegar hasta nosotros. Huggins y Miller en Inglaterra, Secchi en Roma, Janssen, Wolf y Rayet en París, Zollner en Alemania, son los nombres de los sabios á quienes somos deudores de los descubrimientos más interesantes, de los cuales vamos á hacer una rápida enumeración.

*Aldebarán.*—Según Huggins y Miller, la luz roja pálida de Aldebarán, analizada con el espectroscopio, presenta muchas líneas marcadas, particularmente en el anaranjado, en el verde y en el azul. Las posiciones medidas de 70 de dichas rayas han demostrado su coincidencia con las rayas brillantes de nueve elementos terrestres, á saber: sodio, magnesio, hidrógeno, calcio, hierro, bismuto, telurio, antimonio y mercurio. Las líneas del nitrógeno, cobalto, estaño, plomo, cadmio, bario y litio, no han presentado ninguna coincidencia con las de la estrella.

*Betelgeuze (alfa Orion)*, estrella cuya luz de color anaranjado tiene un espectro sumamente complejo y notable: en el rojo, verde y azul se ven fuertes grupos de líneas; además hay siete bandas oscuras que parecen formadas de finísimas líneas repartidas entre varias regiones del espectro, entre el rojo y el azul. En este espectro, como en el de Aldebarán, se encuentran las rayas antes citadas del sodio, magnesio, calcio, hierro y bismuto: pero ofrece la circunstancia característica de que faltan las rayas del hidrógeno.

*Beta Pegaso.*—El espectro de esta estrella tiene mucha analogía con el de *alfa Orion*: la misma disposición en los grupos de líneas y bandas oscuras, y también la misma falta de hidrógeno. Se ha notado la presencia del sodio, del magnesio y probablemente del bario. El Sol y la mayor parte de las estrellas analizadas tienen en sus espectros las rayas C y F del hidrógeno; por consiguiente, merece consignarse la falta de estas rayas y aun de la substancia misma en las atmósferas de *alfa Orion* y de *beta Pegaso*.

*Sirio (alfa del Can mayor).*—El espectro de esta brillante estrella es muy intenso; pero la escasa altura á que se halla el astro en nuestros climas dificulta la observación de las rayas más finas. La doble línea D del sodio, las tres rayas *b* del magnesio, C y F del hidrógeno, coinciden con las principales líneas del espectro de Sirio, que al parecer también contiene hierro.

*Wega (alfa Lira)* tiene un espectro parecido al de Sirio, así como los mismos elementos de sodio, magnesio é hidrógeno.

*La Cabra.*—El espectro de esta estrella blanca es enteramente análogo al del Sol. Sus rayas son muy numerosas; y entre las que Huggins y Miller han medido está la doble línea D del sodio.

El espectro de *Pólux*, rico en rayas, revela la existencia del sodio, del magnesio y probablemente del hierro.

Finalmente, también se ve la doble raya del sodio en el espectro de *Arcturo*, que tiene cierta semejanza con el solar.

El P. Secchi, que ha estudiado los espectros de más de trescientas estrellas de varias magnitudes, las agrupa en tres, ó más bien, en cuatro clases principales.

La primera clase comprende las estrellas blancas, ó mejor dicho azuladas, cuyo tipo

es Sirio, y á ella pertenecen Wega, Atair, Régulo, Rigel, las estrellas de la Osa mayor excepto *alfa*, las de Ofiuco, etc. El espectro de su luz está atravesado por cuatro gruesas rayas oscuras, situadas una en el rojo, la segunda en el azul tocando con el verde (raya F del espectro solar), la tercera en el morado (próxima á H); la cuarta, en el extremo morado, es visible en el espectro de las estrellas más brillantes. Estas son las rayas más intensas del hidrógeno. Según Secchi, casi la mitad de las estrellas del cielo corresponde á este grupo.

A la segunda clase pertenecen las estrellas de luz amarilla, y sus tipos principales son Arcturo, Pólux, la Cabra, *alfa* de la Osa mayor, Procion, y la mayor parte de las estrellas de segunda magnitud. Sus espectros, como el solar, están surcados de rayas finas y claras. Treinta rayas de Arcturo, escogidas entre las principales, coinciden con otras tantas solares. A esta clase corresponde la tercera parte de las estrellas del cielo.

Las estrellas rojas, como Betelgeuze, Antares, Algol, *alfa* de Hércules, *beta* del Pegaso, etc., componen la tercera clase, y tienen por lo regular un espectro formado

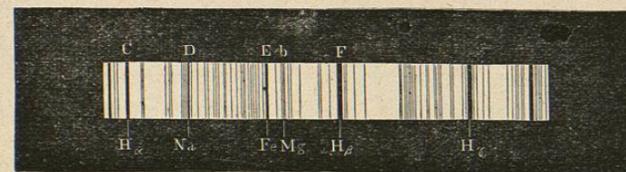


Fig. 521.—Espectro de Sirio

por seis ó siete zonas anchas y brillantes, separadas por intervalos nebulosos, semi-oscuros. Las estrellas de esta clase, menos numerosas que las de las otras dos, se confunden á veces con la segunda; Aldebarán, por ejemplo, participa á la vez de la segunda y de la tercera clase. Según el P. Secchi, este tercer tipo comprende estrellas que todas son variables, y cuyo color tira más ó menos á rojo ó anaranjado.

Constituye la cuarta clase un corto número de estrellitas de color rojo-sanguíneo, cuyo espectro no se diferencia del de la tercera sino por la menor cantidad de zonas claras y por la particularidad de que “la luz de las zonas empieza bruscamente hacia el lado del morado y va debilitándose insensiblemente hacia el del rojo, al paso que en los espectros del tercer tipo se presentan las mismas circunstancias en sentido inverso.”

La falta de hidrógeno en las estrellas de la tercera clase y la composición química de unas y otras han sugerido á Huggins las observaciones siguientes: “Apenas me atrevo á emitir la idea de que los planetas que quizás circulen en torno de esos soles se parezcan probablemente á ellos, y de que tampoco posean un elemento de tanta importancia como el hidrógeno. ¿Para qué formas de la vida pueden ser á propósito semejantes planetas? ¡Mundos sin agua! Necesitaríase la poderosa imaginación de Dante para llegar á poblar tales planetas de seres vivientes. Pero, prescindiendo de estas excepciones, merece notarse que los elementos terrestres más profusamente difundidos en el innumerable ejército de las estrellas son precisamente los necesarios para la vida, tal cual existe en la Tierra: el hidrógeno, el sodio, el magnesio y el hierro. Los tres primeros representan además el Océano, que es una parte esencial de todo mundo constituido tal como lo está la Tierra.”