

tuberancias; y como las líneas no aparecen sino en las regiones en que hay acumuladas grandes masas de hidrógeno, la mayor ó menor longitud de las rayas brillantes permite trazar un dibujo de la forma y posición de las protuberancias en torno del disco solar, tan exacto como el que pudiera hacerse durante un eclipse total.

En la figura 190 S representa la imagen solar formada por el objetivo del anteojo; $p p$ la imagen de una zona inmediata al limbo del Sol, invisible á causa del excesivo resplandor de la luz del día. La ranura $s s$ se coloca perpendicularmente al limbo del Sol, y se encuentra, por lo tanto, en la dirección de uno de los radios solares, así que la mitad de la ranura cae sobre el disco del Sol, mientras que la otra mitad se extiende sobre la región inmediata ó capa de hidrógeno luminoso que envuelve al globo solar; esta región es la de las protuberancias. En el espectro 1, brillante aún, si bien muy debilitado por la gran dispersión que experimenta la luz, se encuentran muy marcadas las líneas de Fraunhofer. En la otra mitad del campo visual se distingue el espectro del aire, 2 y 3, en extremo débil, y el cual, por un aumento conveniente del número de prismas, puede llegarse á extinguir por completo. El espectro 2 del estrato de las protuberancias $p p$ aparece sobre el espectro anterior en inmediato contacto con el espectro 1 del disco solar, demostrando las observaciones que el espectro 2 está formado por varias líneas brillantes, entre las cuales siempre son las más luminosas las del hidrógeno; de ellas H *alfa* (roja) forma la prolongación exacta de C; H *beta* (azul verdosa) la prolongación de F, y H *gamma* (azul) menos refrangible que G (no se representa en el dibujo). También se ve la línea D_3 , de cuya naturaleza se duda todavía, inmediatamente después de la línea del sodio D_1 .

En el último espectro, además de las cuatro líneas brillantes del hidrógeno uminoso, se ven, por lo común, otras líneas brillantes que corresponden á las líneas invertidas de Fraunhofer; entre ellas se encuentra la D_3 detrás de D, y muy á menudo una línea verde que se debe al hierro (1475 de Kirchhoff); tres líneas del magnesio b , y según las observaciones de Rayet, las dos líneas del sodio D_1 y D_2 .

Como el espectro de las protuberancias, lo mismo que el del estrato gaseoso $p p$ que inmediatamente rodea al globo solar, se componen de líneas coloreadas, propuso Lockyer que se diera á esta envoltura el nombre de *chromo-esfera*.

Tan pronto como se consiguió observar el *espectro* de las protuberancias sin tener que aguardar á las raras ocasiones de los eclipses, empezó á discutirse por los sabios si no sería posible distinguir, además de las líneas, las formas reales de las protuberancias, valiéndose de los mismos aparatos espectrales.

La longitud de la línea brillante de una protuberancia, de la línea H *beta*, por ejemplo, corresponde á la altura de la parte de la protuberancia que se encuentra en la dirección de la ranura, y Lockyer pudo, colocando sucesivamente el espectroscopio en diversas porciones de la protuberancia, dibujar las respectivas longitudes de la línea H *beta*, y trazar la forma aproximada de la masa gaseosa.

Janssen, por el contrario, propuso que se colocara sucesivamente la ranura sobre cada una de las porciones de la superficie de una protuberancia, por medio de la rápida rotación de un espectroscopio de visión directa, de modo que,

cuando el movimiento fuese suficientemente rápido, se podría ver de una ojeada el contorno completo, gracias á la persistencia de la impresión luminosa sobre la retina. Pero estos experimentos, aunque prometían un éxito satisfactorio, fueron abandonados por otros métodos; de una parte, por las dificultades mecánicas que presentaban, y de otra, porque se vió bien pronto que podía conseguirse el objeto deseado por procedimientos mucho más sencillos.

Huggins, famoso astrónomo inglés, hacía dos años que trabajaba en el mismo asunto y para conseguir el mismo fin, pero por otra vía distinta. Como las protuberancias son de un rojo pálido ó rosado, pensó que le sería posible verlas en plena luz solar, si, valiéndose de vidrios coloreados, conseguía eliminar los intensos rayos amarillos, verdes y azules de la luz blanca del Sol.

Después de elegir con todo esmero, por medio del análisis prismático, cierto número de cristales y fluidos coloreados, convenientes para el caso, examinó Huggins con su auxilio el disco solar directamente, y también proyectando su imagen sobre una pantalla en una habitación convertida en cámara oscura, después de haber descompuesto, y digámoslo así, filtrado la luz blanca á través de sus líquidos y cristales de color.

Este plan, sin embargo, no respondió á las esperanzas que había hecho concebir, y en el invierno de 1868 comenzó de nuevo Huggins sus trabajos, empleando un vidrio de color rojo que sólo permitía el paso de este tono del extremo del espectro. El 13 de febrero de 1869 consiguió el ilustre astrónomo columbrar una protuberancia en plena luz solar, bastante bien definida, de modo que pudo determinar su forma y bosquejar su contorno.

Para esta investigación hizo uso de un espectroscopio en el que había introducido una estrechísima rendija entre los prismas y el objetivo del pequeño anteojo; esta ranura hacía que sólo penetrasen en el anteojo los rayos cuya refrangibilidad correspondía exactamente á la de la línea C. Como la línea brillante C (H *alfa*) se presenta siempre en el espectro de las protuberancias, comprendió Huggins, al verla en el campo del instrumento, que una protuberancia se encontraba á su vez en el campo de la ranura; al ensanchar ésta hasta el punto de ver la forma completa de la protuberancia, se hizo tan impuro el espectro, que el contorno de la imagen se dibujaba con suma dificultad; al propio tiempo, la luz procedente de las inmediaciones de C se hizo tan intensa, que perjudicaba en alto grado á la sensibilidad del ojo. Aplicó entonces un vidrio encarnado para absorber los rayos de distinta refrangibilidad que la línea C, y llegó á ver la protuberancia con completa y perfecta distinción. La fig. 191 representa la primera protuberancia observada por Huggins, valiéndose del método que acabamos de indicar y en plena luz del día.

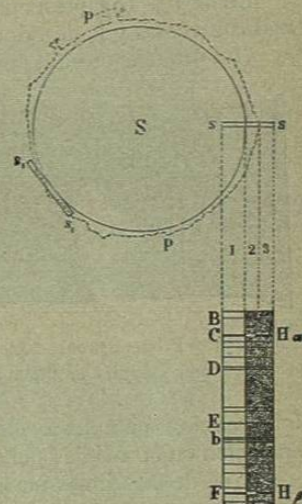


Fig. 190. — Método para observar las protuberancias

Al mismo tiempo que Huggins, se ocupaban del propio estudio, aunque por distintos medios, los astrónomos Zöllner y Lockyer; el primero de éstos, ya afamado por la publicación de varios trabajos, se decidió, encontrándolo más acertado, por el método que consiste en disminuir la intensidad de la luz atmosférica, aumentando el número de prismas.

Con este artificio vió Zöllner las protuberancias por primera vez el día 1.º de julio de 1869, y publicó el resultado de sus observaciones, acompañándolas de una serie de dibujos muy interesantes, de algunas de las protuberancias más notables, que demuestran su origen, desarrollo y desaparición, todo ello del modo más claro é instructivo.

En la fig. 192 presentamos algunas de las formas más singulares de estas masas gaseosas y la descripción que hizo Zöllner de ellas.

«La primera protuberancia que observé se representa en la fig. 192, n.º 1; sobre una masa cónica de extremado brillo, que se proyectaba fuera del disco solar, se extendía una nube vaporosa de menor intensidad; al mismo tipo también pertenecen las protuberancias números 4 y 6 de la fig. 192.

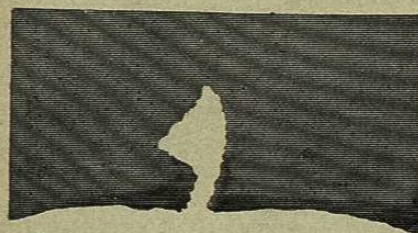


Fig. 191. - Primera protuberancia observada por Huggins en pleno Sol

»El número 4 excitaba la mayor sorpresa por la hermosa nube de cúmulos que flotaba á cierta distancia encima del cono. La textura de la nube era notable por su suavidad y se percibían hasta sus menores detalles;

los pequeños cúmulos ó elementos parciales que constituían la nube grande, aparecían como débiles puntos luminosos.

»Una de las formas más notables era la que se representa en el número 2; no me atrevía á creer lo que me revelaban mis ojos, pues me parecía que la nube estaba dotada de un movimiento ondulatorio análogo al de una llama. Este movimiento era, sin embargo, más lento en proporción al tamaño de la llama que el correspondiente á las otras expansiones de mayor potencia; el tiempo que exigía la propagación de esta ola luminosa, desde la base á la terminación de la imagen, era de dos ó tres segundos.»

A partir de esta fecha, el estudio de la cromoesfera y de sus grandes perturbaciones formó parte de las tareas habituales de varios observatorios, distinguiéndose entre ellos los italianos. Secchi, Tacchini y otros se ocuparon asiduamente, favorecidos por la pureza del cielo, en este trabajo, dibujando día por día la forma que afectaba.

En épocas tranquilas se presenta en su base, esto es, en la parte inferior que se encuentra inmediatamente en contacto con la fotosfera, con un tono más vivo que en la parte alta, la cual casi siempre está cubierta de filamentos pequeños acabados en punta, que en grandes extensiones se encuentran todos inclinados en el mismo sentido; otras veces siguen dos direcciones contrarias, bien convergentes, ora divergentes. En algunas ocasiones se desarrollan estos filamentos y forman verdaderas llamas, cuyo conjunto ofrece un aspecto aná-

logo al que presenta un campo cultivado en la época de quemar los rastrojos.

Su altura no es uniforme en todo el contorno del disco solar; hay, sobre todo, dos regiones notables en este concepto, que son los polos y la zona de las manchas. El estado de la cromoesfera depende de la actividad general del Sol, pero en las regiones polares las perturbaciones son siempre más importantes.

Se presentan las protuberancias bajo aspectos tan raros y caprichosos, que es absolutamente imposible describirlas con mediana exactitud, y bajo este nombre se designan los más variados fenómenos, desde las sencillas elevaciones del

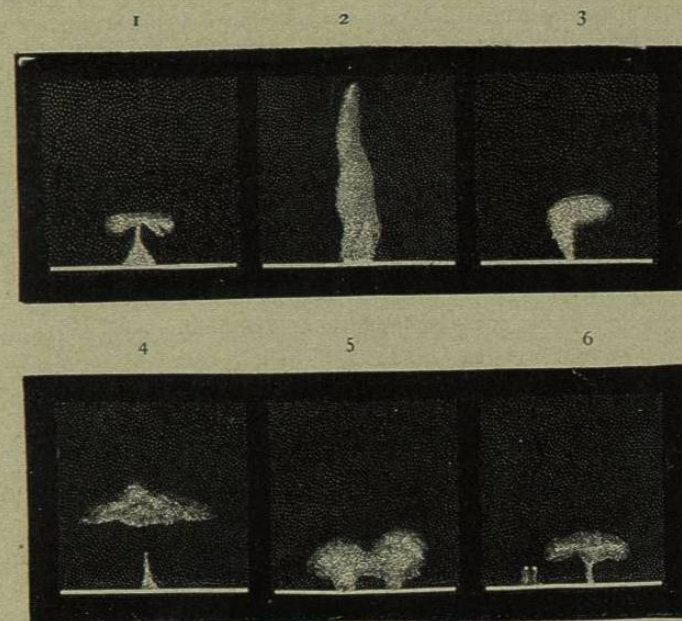


Fig. 192. - Protuberancias solares observadas por Zöllner

espesor de la cromoesfera, hasta las erupciones gigantescas cuya altura alcanza, á veces, la cuarta parte del diámetro solar, es decir, veintisiete veces el de la Tierra. La representada en la fig. 194, aunque no tan grande, se refiere á una llama de 57.000 leguas de altura, en la que cabrían 17 globos como el nuestro, observada por Tacchini en 1885.

Casi sin interrupción están cambiando de forma, pero lentamente y de un modo casi imperceptible; en algunos casos, sin embargo, las modificaciones son tan rápidas, que protuberancias de 11.000 leguas de altura han desaparecido en el espacio de diez minutos.

Aunque las estrellas fijas, por su inmensa distancia y escaso esplendor, son menos notables, en la apariencia, que la Luna y los planetas, nos ofrecen, em-

pero, siendo *focos de luz propia*, indicaciones más completas acerca de su naturaleza íntima.

Las estrellas han sido en todo tiempo motivo de meditaciones para los astrónomos y los sabios, y de concepciones fantásticas para el vulgo, que no podía dejar de admirar sus bellezas y misterios. Analizadas con los anteojos y telescopios más poderosos, sólo se percibían como un punto, más brillante, eso sí, que á la simple vista, pero en cuanto á su constitución permanecíamos en la misma ignorancia que antes.

Se supuso que las estrellas eran *verdaderos soles*, rodeados de planetas y éstos de satélites; pero en la época en que se formuló esta opinión, sólo tenía por fundamento una analogía posible, y no era más que una simple hipótesis, puesto que la observación no nos había revelado nada absolutamente acerca de la composición de estos puntos luminosos. Estas revelaciones, por tanto tiempo aguardadas, las debemos al análisis espectral, que nos permite leer en la luz

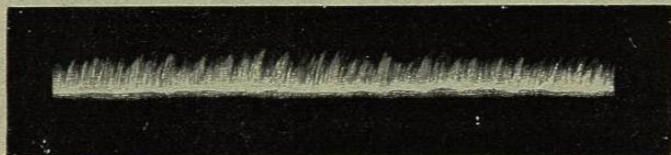


Fig. 193. - Borde ó canto de la cromoesfera

emitida por estos cuerpos celestes su verdadera naturaleza y la composición de sus elementos.

Esta luz nos pone en comunicación telegráfica con los astros situados en el cielo, á distancias infinitas; el espectroscopio es el telégrafo, las líneas espectrales son, individualmente, las letras del alfabeto, y su reunión como espectro forma el telegrama. No es tan fácil, sin embargo, comprender este lenguaje estelar; pero gracias á los trabajos de Secchi, Huggins, Miller y otros muchos, las principales estrellas y nebulas, y los cometas de mayor brillo, se han estudiado espectroscópicamente, obteniéndose pruebas evidentes acerca de su constitución física.

Como los espectros estelares presentan una gran analogía con el del Sol, puesto que son continuos y se hallan cruzados por líneas negras, hay motivo para aplicar también á las estrellas fijas la teoría de Kirchhoff, y para aceptar la misma explicación de estos fenómenos semejantes, que ya hemos admitido al tratar del Sol.

En el supuesto de que la fotosfera incandescente y vaporosa de una estrella contiene ó se halla rodeada de vapores caldeados que absorben los mismos rayos de luz que emitiría si fuera luminosa de por sí, podemos descubrir, por las líneas oscuras de los espectros estelares, las substancias que constituyen la fotosfera ó atmósfera de cada estrella.

Con objeto de averiguar este punto con toda certidumbre, hay necesidad de comparar las rayas oscuras de las estrellas con las líneas brillantes de las substancias terrestres volatilizadas en la chispa eléctrica, y la completa coincidencia

de las líneas brillantes características de un cuerpo terrestre, con igual número de rayas oscuras en el espectro estelar, justificará la conclusión de que esta



Fig. 194. - Llamas solares de 57.000 leguas de altura, observadas por Tacchini en Roma, en enero de 1885; comparación de sus dimensiones con las de la Tierra

substancia existe en la atmósfera de la estrella; conclusión tanto más evidente, cuanto mayor sea el número de líneas que coincidan en ambos espectros.

El brillante espectro de dos estrellas de primera magnitud, Aldebarán (*alfa*)

Tauri) y Betelgeuze (*alfa* Orionis) se representa en la lámina de la página siguiente. Las posiciones de todas estas líneas oscuras, ochenta próximamente en cada espectro, que cruzan la porción del espectro continuo entre las líneas C y F de Fraunhofer, se determinaron escrupulosamente por Huggins y Miller, repitiendo infinitas veces las medidas micrométricas. Estas líneas medidas, no obstante, son en corto número, en comparación de las innumerables rayas finas que se ven en el espectro de ambas estrellas.

Debajo del espectro de cada estrella se representan las líneas brillantes de los metales que sirvieron de comparación. Estos espectros de los elementos terrestres aparecen en el espectroscopio como líneas luminosas sobre fondo oscuro, en la posición que indica el grabado de la página siguiente, es decir, exactamente en yuxtaposición con el espectro de la estrella, de modo que se puede determinar con la mayor exactitud si las líneas brillantes coinciden ó no con las rayas negras de la estrella.

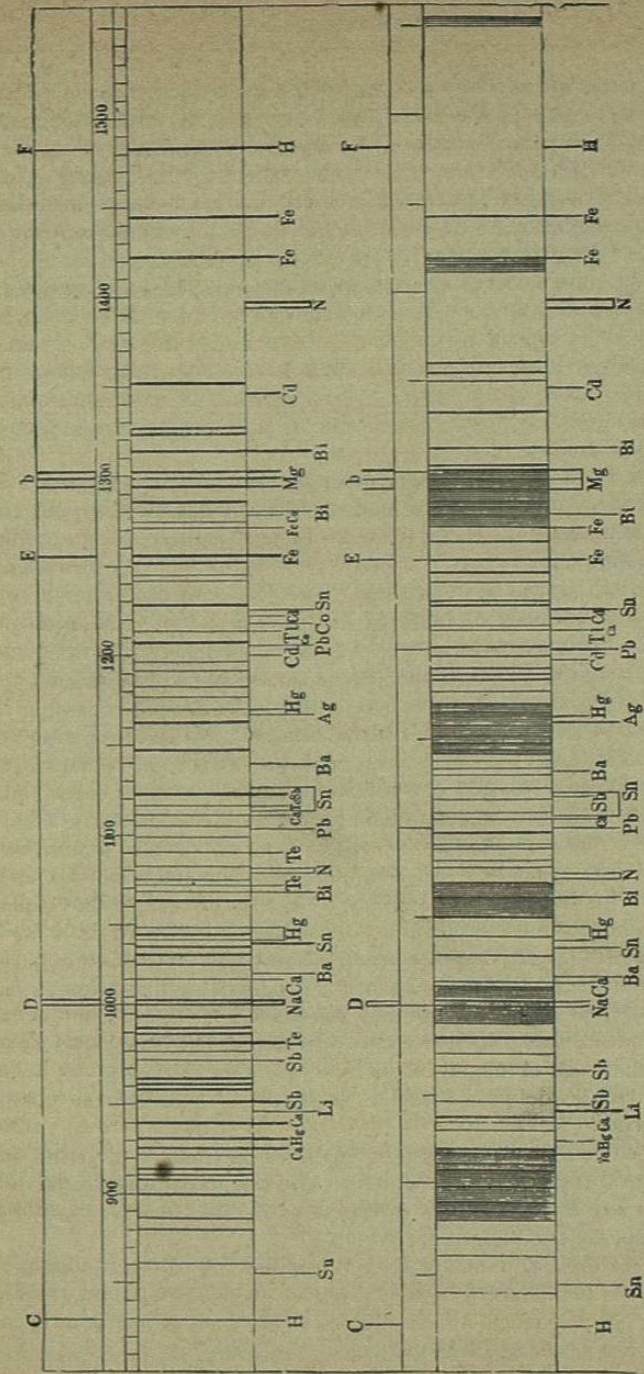
La doble línea D, característica del sodio, por ejemplo, coincide línea á línea con otra raya oscura, doble también, que existe en ambas estrellas; por consiguiente, en las atmósferas de estos lejanos cuerpos hay vapores de sodio, y este metal forma uno de los elementos constitutivos de los núcleos de estos astros.

Las tres líneas brillantes Mg, en el verde, están formadas exclusivamente por el vapor luminoso de magnesio; concuerdan en posición con toda exactitud y línea por línea con las tres rayas oscuras estelares *b*. Así que, de igual manera, hemos de convenir en que el magnesio forma otro de los elementos componentes de las dos estrellas.

Del propio modo, las dos líneas brillantes intensas marcadas H, características del gas hidrógeno, situada en el rojo una de ellas, y la otra en el límite entre el azul y el verde, coinciden precisamente con las oscuras C y F del espectro de Aldebarán, pero no, según Huggins, con el de Betelgeuze; por lo tanto, el gas hidrógeno existe en la fotosfera ó atmósfera de Aldebarán y falta en la estrella correspondiente *alfa* Orionis; sin embargo, estas conclusiones respecto á la carencia de hidrógeno en Betelgeuze y otras estrellas no se hallan plenamente confirmadas. De un modo semejante, otros elementos, entre ellos el bismuto, antimonio, telurio y mercurio, se ha averiguado que entran en la composición de estas estrellas.

Es necesario señalar aquí respecto de todos estos elementos, que la certidumbre de su presencia en las estrellas no se apoya en la coincidencia de una sola línea, que únicamente daría un testimonio de escaso valor, sino en la coincidencia de un grupo de dos, tres ó más rayas que se presenten en diversas regiones del espectro. La coincidencia de otras muchas líneas brillantes y oscuras de la misma substancia se comprobaría, sin duda alguna, si la luz de la estrella fuera más intensa, como sucede en el espectro solar; pero la debilidad de la luz estelar limita la comparación á las líneas más fuertes de cada substancia terrestre.

Pudiera preguntarse: ¿qué elementos representan las otras innumerables líneas y bandas oscuras en las estrellas? Algunas de ellas se deben probablemente á vapores de elementos terrestres, que hasta ahora no se han podido comparar con el espectro de las estrellas.



1. Espectro de Aldebarán (*alfa* Tauri). - 2. Espectro de Betelgeuze (*alfa* Orionis), comparados con el espectro solar y los espectros de los elementos terrestres

El hecho de que ciertas estrellas están dotadas de una atmósfera de vapor acuoso se observó por Janssen y Secchi; la mayor parte de ellas pertenecen á la clase de las estrellas rojas y amarillas, y en sus espectros, como era de esperar, faltan las líneas del hidrógeno luminoso. Ya en 1864 notó Janssen la existencia de una atmósfera de vapor acuoso en la estrella Antares; y después de una investigación más completa del espectro del vapor de agua, efectuada en 1866, y de un estudio de los espectros estelares llevado á cabo después de verificado el eclipse total de Sol de 1868, en el aire extremadamente seco de las alturas de Sikkim (Himalaya), no pudo dudar por más tiempo de que hay muchas estrellas rodeadas por una atmósfera semejante. A pesar de la sequedad del aire en los picos del Himalaya, se marcaban con mayor energía en el espectro de estas estrellas las líneas del vapor de agua que en las observaciones efectuadas anteriormente, fenómeno que no puede atribuirse á la absorción de la atmósfera terrestre y que ha de deberse, por lo tanto, á la de la estrella.

Mientras que Huggins y Miller se ocupaban con el mayor empeño del estudio espectral de una centena de las estrellas más brillantes, el P. Secchi, favorecido por el purísimo cielo de Italia, extendió estas observaciones á más de quinientas estrellas fijas.

Desde esa época se han agregado varios cientos de estrellas más al catálogo del sabio astrónomo romano, de modo que en la actualidad contamos con un gran número de espectros de estrellas perfectamente conocidos, y que para mayor facilidad de su estudio se han dividido en cuatro tipos principales.

1.º El primero corresponde á las estrellas blancas ó azuladas como Sirio *alfa* de la Lira, varias de la Osa mayor, Cástor, Markab, *alfa* del Serpentario, etc. El espectro de todas estas estrellas es casi continuo, salvo que se halla surcado por cuatro líneas negras fuertes que pertenecen al hidrógeno, pero invertidas, según el conocido principio espectral de la absorción. Estas cuatro rayas pueden verse fácilmente en las estrellas más brillantes; pero en las más débiles sólo es perceptible la *H beta*, ó sea la F del Sol, que generalmente es mucho más ancha y dilatada en los bordes, sobre todo en Sirio; esta difusión de los cantos es indicio de una temperatura elevadísima y de una gran densidad de la atmósfera hidrogénica de las estrellas de este orden; se observan también trazas de otras líneas, como de magnesio, sodio y varias de hierro, pero son debilísimas y exigen para poderlas observar una atmósfera muy tranquila.

Como las cuatro líneas principales corresponden al hidrógeno, claro es que han de estar situadas en el rojo, en el azul verdoso y en el violeta; la coincidencia de las rayas con las del gas hidrógeno terrestre se demostró por medio de los tubos de Geisler.

No siempre se columbran las rayas secundarias detalladas y precisas; en Sirio y en Vega son á las veces muy distintas, pero, por lo común, apenas se perciben aunque el aire esté tranquilo, de donde se deduce que la atmósfera de estos cuerpos debe de ser algún tanto variable.

En las estrellas más pequeñas la línea C del rojo es de observación muy difícil á causa de la debilidad de la luz, y por el contrario, la línea correspondiente al azul es con frecuencia muy ancha; un ligero tinte azul se nota en el color general de estas estrellas, según acabamos de manifestar; por consecuencia,

sus espectros contienen poco rojo y amarillo, predominando el azul y el violeta.

Un espectro completo del primer tipo es el que se representa en la fig. 195, copiada de un dibujo de Huggins y que corresponde al espectro de Sirio; casi la mitad de las estrellas del cielo se encuentran incluídas en este tipo y sus espectros pueden examinarse aun con un antejo de escaso poder.

Algunas de las rayas menos acentuadas pueden deberse á la absorción telúrica de la atmósfera, porque en Sirio se han observado á menudo cuando la estrella estaba baja, y rara vez al encontrarse en el meridiano.

En *alfa* de la Lira se han llegado á observar hasta en el meridiano; que la difusión de las líneas principales del hidrógeno en las estrellas brillantes era real y no ilusoria se probó por Secchi, pues mientras que con el prisma objetivo en *beta* de los Gemelos se veían claramente las rayas finas, en Sirio y en Vega eran, por el contrario, difusas y anchas, hasta tal extremo, que no podían atribuirse á defectos del instrumento.

Muchas estrellas menores blancas parecen tener un espectro continuo y sin rayas; pero estudiadas con esmero, se hallan de este tipo con líneas, empero, muy finas.

Esta clase es numerosísima y abraza, según decimos, más de la mitad de las estrellas visibles; para fijar su estado presente y asegurarnos de tal modo en lo futuro de los cambios de importancia que puedan sufrir, trazó el P. Secchi una lista de las principales estrellas, dispuesta según la clase de sus tipos que, si bien incompleta, basta para fijar sus estados físicos en nuestra época.

Bueno será advertir que en varias estrellas análogas y de este tipo, como en Proción, *alfa* del Aguila, *alfa* de la Virgen, etc., se columbran bastantes líneas finas, visibles con facilidad, en los mismos lugares en donde apenas se distinguen vestigios en las otras, de tal modo que éstas parece que se hallan en un estado de transición de este tipo al siguiente; pero se sabe que estas estrellas son ligeramente variables, y por eso mismo, hasta el tipo deja de presentar siempre la misma pureza.

2.º El segundo tipo es el de las estrellas amarillas, que presentan rayas finísimas; las líneas del hidrógeno también son visibles, pero muy sutiles y no tan marcadas como en las del tipo anterior, siendo su espectro perfectamente igual al del Sol. La Cabra, Pólux, *alfa* de la Ballena, *alfa* de la Osa mayor y otras muchas pertenecen á este tipo. La finura de las rayas exige que el aire esté muy tranquilo para verlas con distinción. El sodio, el hidrógeno, el hierro y el magnesio son en extremo perceptibles.

Es un hecho de la mayor importancia el de que, al variar de color algunas de estas estrellas, cambia la intensidad de las rayas de sus espectros. Así en Arcturo y Aldebarán, en sus períodos de luz rojiza, aumenta el ancho y crece la negrura de las líneas de un modo notable, llegando algunas á hacerse difusas como la D, presentando indicios de zonas de columnas y asemejándose al tercer tipo. Las estrellas del segundo tipo son también muy numerosas; comparando sus espectros en diversas épocas, se han hallado tales diferencias, que no es posible atribuirlos á errores de observación, y parece que pasan de este tipo al tercero, como, verbigracia, *alfa* de la Hidra.

Como decimos, son estas estrellas muy difíciles de observar; las líneas ne-

gras del espectro de Capella y Pólux son en extremo finas, y las de Arcturo y Aldebarán mucho más anchas y más fáciles de reconocer. Esta última estrella puede considerarse que ocupa una posición intermedia entre el segundo y tercer tipo, mientras que Proción forma el lazo que une las estrellas del primero al segundo tipo.

Las líneas negras del espectro de las estrellas del tipo segundo coinciden tan exactamente con las más acentuadas rayas de Fraunhofer, que estos astros pueden utilizarse, según propuso Secchi, como patrones de comparación en el estudio de los otros espectros, y en las correcciones del instrumento. Este estrecho parecido con el espectro solar nos obliga a deducir que tales estrellas están compuestas de elementos semejantes a los que constituyen el Sol y que poseen una composición física análoga a la del lumínar del día. Muchas de ellas presentan un espectro continuo que depende, á no dudar, de la finura de las líneas, no siempre visibles, por esta causa precisamente.

Al primer tipo pertenece la mitad de todas las estrellas observadas hasta aquí; de la mitad restante, quizás dos tercios pueden considerarse como amarillas y corresponden al tipo segundo.

3.º El tercer tipo se encuentra en las estrellas anaranjadas y rojas; está formado por líneas negras y brillantes interpoladas con zonas y bandas oscuras y difusas; si están completas, su número llega á nueve, dispuestas como otras tantas columnas acanaladas vistas á la carrera y con la luz de iluminación hacia el lado del rojo. Son notables particularmente *alfa* del Escorpión, *omicron* de la Ballena, *beta* de Pegaso, *alfa* de Hércules y el prototipo de la clase, que es *alfa* Orionis.

De estas, y de otras menos hermosas, damos aquí un catálogo que puede ser de alguna utilidad á los aficionados á contemplar estas maravillas celestes.

CATÁLOGO DE ALGUNAS DE LAS ESTRELLAS MÁS HERMOSAS DEL TERCER TIPO

Estrellas	Ascensión recta 1870			Declinación	Magnitud
	h	m	s		
<i>Omicron</i> de la Ballena	2	12	47	+ 3° 34'	Variable.
<i>Alfa</i> de la Ballena	2	55	29	+ 3	Idem.
<i>Sigma</i> de Perseo	2	56	51	+38	Idem.
Schjell 44	4	45	11	+14	5
46	4	46	36	+ 2	5,5
<i>Alfa</i> de Orión	5	48	0	+ 7	23
67	5	50	17	+45	5,6
<i>Alfa</i> de Hidra	9	21	12	- 8	0
Nueva	9	17	+	-21	42
<i>Delta</i> de la Virgen	12	48	4	+ 4	6
160	13	22	37	-22	36
Arcturo	14	9	44	+19	52
178	15	30	27	+15	32
Antares	16	21	27	-26	8
<i>Alfa</i> de Hércules	17	8	43	+14	33
Nueva	18	14	40	+25	2
<i>Beta</i> de Pegaso	22	57	28	+27	23
266	23	0	27	- 8	42

En las estrellas rojas son más bien bandas que líneas de absorción las que se distinguen, y se asemejan á las bandas que produce nuestra atmósfera en el espectro solar. La línea D del sodio no se encuentra claramente definida como en los números 1 y 2 de la figura de la pág. 323, esto es, que no forma una línea doble, ni simple, sino una faja ó expansión sombreada por los bordes; parece esto indicar que dichas estrellas se encuentran rodeadas de una atmósfera de grandísima potencia absorbente, cuya naturaleza sólo se podrá averiguar con seguridad cuando se tenga un conocimiento más perfecto del influjo que ejercen la temperatura y la densidad de los gases sobre su propio espectro.

Únicamente unas treinta estrellas brillantes pertenecen á este tipo, y si se agregasen las de segunda magnitud, llegaríamos á obtener un ciento, poco más ó menos.

Según la observación de Secchi, es uno de los caracteres particulares de estas estrellas que las líneas más oscuras del espectro que separan las colum-

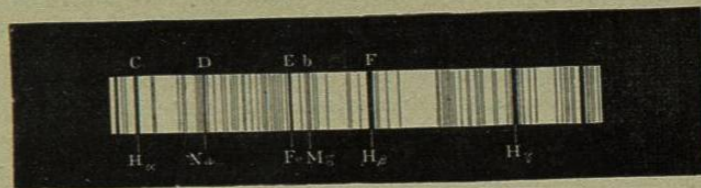


Fig. 195. - Espectro de Sirio: primer tipo

nas se presentan en el mismo sitio en todas ellas; las líneas que más se acusan son las del magnesio del sodio (D) y del hierro, que de igual manera que en el espectro solar se ven á menudo mal definidas. Las líneas del hidrógeno aparecen también, pero no predominan como en los tipos anteriores; el gas hidrógeno, por lo tanto, existe en estos astros, y si no se ven sus líneas características negras (C y F), como pasa, verbigracia, en *alfa* Orionis, según las observaciones de Huggins (figura referida, núm. 2), se explica la anomalía porque las líneas se *invierten* algunas veces y aparecen iluminadas, fenómeno que también se suele observar en el espectro de las manchas solares.

Como regla general, se asemeja muchísimo el espectro de estas estrellas al de las manchas solares, por lo que Secchi opina que las estrellas del tercer tipo difieren de las del segundo tan sólo por el mayor espesor de la envoltura gaseosa ó atmósfera que las rodea, y también por la falta de continuidad de sus fotosferas; parece, pues, que estas estrellas han de tener manchas como nuestro Sol, pero, en proporción, de dimensiones mucho mayores.

4.º El cuarto tipo, que se compone de estrellas que no pasan de la sexta magnitud, se caracteriza principalmente por un espectro de tres bandas brillantes, separadas por espacios oscuros; la banda más brillante cae en el verde, y por lo general aparece ancha y muy marcada; la segunda, mucho más débil y con frecuencia poco visible, está situada en el azul, y la tercera, en el amarillo, se extiende hasta el rojo, en donde se separa en varias secciones.

Todas estas bandas luminosas presentan la particularidad de que son más

brillantes en el lado inmediato al violeta, en donde la luz termina bruscamente, mientras que hacia el rojo disminuye de un modo gradual hasta que desaparece.

Los espectros de esta clase se hallan, por lo tanto, en oposición directa con los del tercer tipo, en los que las bandas de columnas no son sólo dobles en número en el mismo espacio, sino también el máximo de luz se inclina hacia el rojo, al paso que la región más oscura se encuentra hacia el violeta. Los espectros de los tipos tercero y cuarto no pueden considerarse, por lo tanto, como simples modificaciones de un único espectro original, sino más bien como producido por substancias completamente distintas unas de otras.

La extremada debilidad de estas estrellas impide que puedan examinarse con ranura, de modo que las substancias que producen las bandas nos son muy imperfectamente conocidas; sus espectros, sin embargo, se asemejan al del carbono.

En este tipo se encuentran algunas estrellas muy curiosas, la mayor parte de color rojo de sangre y de magnitud escasa; ninguna pasa de la quinta magnitud, y á pesar de esto presentan una luz bastante viva; en algunas la zona media se divide en varias líneas distintas, y en otras son por completo uniformes. Con el prisma objetivo se resuelven estas líneas en zonas más vivas que el resto y no en verdaderas rayas metálicas.

He aquí una lista de las estrellas más hermosas de este tipo:

CATÁLOGO DE ALGUNAS ESTRELLAS PRINCIPALES DEL CUARTO TIPO

Número del catálogo de Schjellerup	Ascensión recta 1870			Declinación		Magnitud	Notas
41	4	37	47 ^s	+67 ^o	56	6	Hermosa.
43	4	43	23	+28	18	8	
51	4	58	41	+0	59	6	
78	6	27	36	+38	33	6 1/2	Hermosa.
89	7	1	59	-11	43	7 1/2	
124	7	45	4	-22	25	6 1/2	
128	10	6	12	-34	41	7	
132	10	31	0	-12	43	6	Hermosa.
136	10	45	18	-20	34	6 1/2	
152	12	39	1	+46	9	6	Magnífica
159	13	19	52	-12	2	5 1/2	
163	13	47	39	+40	59	7	
229	19	26	10	+76	18	6 1/2	
238	20	9	30	-21	43	6	
249	21	26	3	+51	1	9	
252	21	38	59	+37	16	8,5	
273	23	39	45	+2	46	6	Hermosa.

Puede formarse una idea de los espectros de estas dos últimas categorías, que por brevedad se llaman de *columnata*, observando el espectro del nitrógeno en los tubos de Geissler excitados con mediana potencia eléctrica, en los que se distingue los espectros de persianas brillantes difusas, agrupadas en columnas separadas por zonas oscuras. Algunas de estas columnatas, sin embargo,

son de un todo irresolubles en líneas finas, y estos espectros se encuentran muy difícilmente en la química.

Además de estos cuatro tipos principales, hay otros grupos de estrellas que merecen una mención particular; á ellos pertenecen, por ejemplo, las estrellas que componen la constelación de Orión, y que por la finura de sus líneas espectrales debieran clasificarse en el segundo tipo; todas las estrellas de esta parte del cielo se distinguen por dos caracteres principales; todas presentan un color verde muy marcado, y las líneas de sus espectros son tan finas que se distinguen con gran dificultad. La región de la Ballena y del Eridano, por el contrario, es notable por el gran número de estrellas amarillas que contiene; no se concibe que semejante distribución pueda ser efecto de la casualidad, y parece más razonable suponer que dependa de la naturaleza y condiciones de la substancia de que están llenas diversas partes del universo.

Forman una notable excepción del cuarto tipo varias estrellas que presentan un espectro *directo* de hidrógeno y pueden clasificarse, según Secchi, en un tipo quinto; la más curiosa de todas es *gamma* de Casiopea, en cuyo espectro, según las medidas de Huggins, aparecen las líneas *H alfa* (roja) y *H beta* (azul verdosa) en lugar de las rayas negras C y F, y además otra línea brillante en el amarillo que aparentemente coincide con *D₃*; la presencia de esta raya no se ha comprobado de un modo absoluto.

Espectros análogos se han observado en las estrellas variables *beta* de la Lira y *eta* del Navío, en cuyos espectros vió Le Sueur con el gran telescopio de Melbourne las líneas C, *b* F, una línea amarilla cerca de D (*D₃* ?) y la más intensa de las del nitrógeno, todas brillantes; los mismos fenómenos se observaron también en dos estrellas efímeras, de lo cual hablaremos más adelante.

De todas estas observaciones parece resultar que, cuando menos, las estrellas de mayor brillo tienen una constitución física semejante á la de nuestro Sol; su luz irradia, como la del lumínar del día, de una materia en estado de incandescencia suma, y pasa á través de una atmósfera de vapores absorbentes; á pesar de esta conformidad de estructura hay, empero, grandes diferencias en la constitución de las estrellas entre sí; la agrupación de los diversos elementos es peculiar y característica de cada estrella, y debemos suponer que aun estas particularidades individuales están en perfecto y necesario acuerdo con el objeto especial de la existencia de la estrella y de su adaptación á la vida animal de los mundos planetarios de que se encuentra rodeada.

El estudio espectral de los cuerpos celestes, á pesar del corto número de años que cuenta de existencia, ha dado resultados de inmensa importancia, y con satisfacción debemos ver cuánto progresa y se extiende este maravilloso método de investigación. La Sociedad Real ha puesto á disposición de Huggins un hermoso antejo de 36 centímetros de abertura, montado ecuatorialmente, para que se ocupe de un modo exclusivo de este género de estudios. Los astrónomos Vogel y Arrest emplean con el mismo objeto refractores de 25 y 30 centímetros; si se utilizaran asimismo los grandes instrumentos de reflexión, como el de lord Rosse y el nuevo del Observatorio de París, para no hablar de la gigantesca ecuatorial de Washington, etc., no hay duda de que se descubrirían nuevas é inesperadas maravillas, sobre todo si se instalaran estos instrumentos