

la F de Fraunhofer en el espectro solar. La línea media (2) de la nebulosa no coincidía con ninguna de las rayas brillantes de los treinta elementos terrestres con que se comparó; está muy cerca de la raya del bario B *alfa*, pero no llega á coincidir con ella.

Durante mucho tiempo se ocupó Huggins en averiguar por qué las líneas brillantes características de estos gases no son visibles en el espectro de la nebulosa; después de Huggins se ocuparon del mismo asunto Secchi, Lockyer y Frankland. Todos estos observadores notaron, excepción hecha del P. Secchi, que cuando se ilumina con la chispa eléctrica un tubo de Geissler lleno de hidrógeno ó de nitrógeno y se coloca á cierta distancia de la ranura del espectroscopio, no sólo aparece única la doble línea del último cuerpo, sino que las líneas luminosas restantes de ambos gases desaparecen por completo, menos las rayas que son visibles en el espectro de la nebulosa.

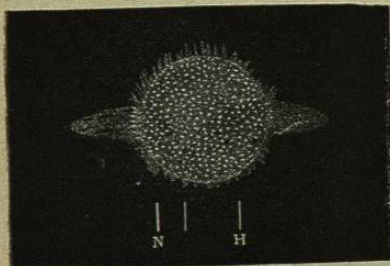


Fig. 200. - Nebula anular planetaria de Acuario con su espectro

Frankland y Lockyer demostraron posteriormente que los espectros del hidrógeno y del nitrógeno á una temperatura baja y á una presión escasa consisten únicamente en una sola línea en el verde, de lo que se deduce que *la temperatura de la nebulosa es inferior á la de nuestro Sol y que su densidad es muchísimo menor.*

El P. Secchi, en un opúsculo titulado *Sulla grande nebulosa di theta Orionis*, publicó un primoroso dibujo de este objeto magnífico; halló, por comparación de la línea brillante del nitrógeno de la nebulosa con el espectro del nitrógeno terrestre, que correspondía á un espacio oscuro del espectro nitrogénico de primer orden y que á la vez coincidía con una línea brillante del espectro de segundo orden. Como este espectro de segundo orden se produce por una chispa eléctrica de alta tensión, deducía Secchi que la masa nebulosa debía hallarse en igual condición que el nitrógeno terrestre en una corriente eléctrica de alta tensión. Wüllner describe este estado y lo supone de temperatura muy elevada; Frankland y Lockyer afirman, por el contrario, que el espectro de segundo orden, compuesto de pocas líneas brillantes, pertenece á una temperatura más baja que el espectro continuo de primer orden.

En estos últimos años volvió á ocuparse de este asunto Zöllner, quien por sus investigaciones sobre la analogía entre la luz emitida por las nebulas y la aurora boreal y la que se obtiene de los tubos de Geissler, llega á la conclusión de que la temperatura de los gases inflamados en la nebulosa debe ser baja, por lo general, mientras que en los tubos de Geissler, por el contrario, es alta.

Muchos estudios habrá que hacer, sin duda alguna, antes de hallar el verdadero enlace y conexión que existe entre la tensión de la corriente eléctrica y la temperatura y densidad del gas que por su medio se hace luminoso, y antes de que se pueda probar la exactitud de la suposición de Huggins sobre la absorción peculiar del espacio, que haría que las otras líneas que se ven en el hidró-

geno y nitrógeno terrestre se extinguiesen en la transmisión de la luz nebulosa á la Tierra.

Los primeros experimentos de Huggins demostraron respecto de los gases mencionados que cuando se disminuía la intensidad de su luz por cualquier medio, ya apartando la chispa de la ranura, ó bien por la interposición de pantallas de cristal de color neutro, la línea de cada uno de los gases que coincidía con una de las líneas de la nebulosa era la última en desaparecer. Hasta ahora no sabemos qué es lo que pasa en la nebulosa, y si sólo una línea de los gases que la componen se debe á la disminución de su luz por la transparencia imperfecta del espacio interestelar que tiene que recorrer, ó si hay que atribuir el fenómeno á su débil luminosidad original.

Por comparaciones directas con la luz de una bujía, halló Huggins que el brillo intrínseco de la nebulosa núm. 4.628 es igual á $\frac{1}{1508}$; el de la nebulosa anular de la Lira corresponde á $\frac{1}{6032}$, y el de la nebulosa de la Raposa á $\frac{1}{19674}$ de la intensidad de una bujía de esperma que quemase 160 gramos por hora. Sobre estos resultados habría de influir la absorción interestelar, dado caso que exista.

Todas las nebulas planetarias presentan el mismo espectro; las líneas brillantes aparecen con intensidad considerable en el espectroscopio y tienen bastante brillo para que se les pueda comparar con las líneas luminosas del espectro de una bujía, aunque la nebulosa sólo se perciba en el cielo como una estrella de novena magnitud; pero aun viéndose las rayas de estos objetos con toda distinción en circunstancias favorables, las líneas terrestres que han de servir para la comparación no deben ser demasiado brillantes, y cuando se emplea la chispa de inducción, hay que disminuir la intensidad de la luz interponiendo un cristal de color neutro.

El que se vean con tanta distinción las líneas de las nebulosas consiste en que su luz se halla concentrada en un corto número de rayas, mientras que la de la bujía se extiende en un espectro continuo; el principio es idéntico al que nos permite analizar el espectro de las protuberancias solares en pleno día.

Durante los años de 1865 y 1866 examinó Huggins más de sesenta nebulosas con el espectroscopio, principalmente con idea de averiguar si las que eran claramente resolubles con el telescopio en cúmulos de puntos brillantes daban un espectro continuo ó compuesto de líneas luminosas. La extremada debilidad de estos objetos, y la circunstancia de que las investigaciones de esta clase pueden llevarse á cabo únicamente cuando no hay Luna y la atmósfera está por completo despejada, hace que la observación espectroscópica de estos cuerpos celestes sea difícilísima y los resultados inciertos. Solamente repitiendo mucho las observaciones y las medidas por distintos astrónomos y en localidades

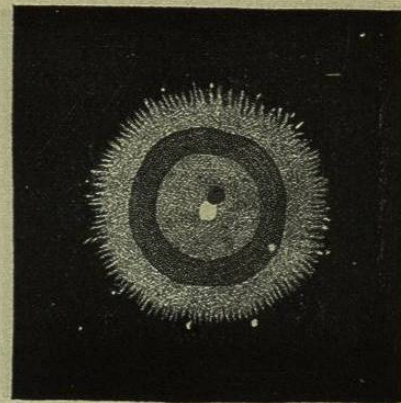


Fig. 201. - Nebula estelar (H 450)

diversas, se podrán anular las influencias perturbadoras y obtener resultados dignos de toda confianza.

Huggins divide las nebulosas en dos grupos:

1.° Nebulas que dan un espectro compuesto de una ó más líneas brillantes.

2.° Nebulas que dan un espectro continuo en la apariencia.

Próximamente la tercera parte de las sesenta nebulosas observadas pertenecen al primer grupo; su espectro consiste en una, dos ó tres líneas brillantes; algunas muestran al propio tiempo un espectro continuo muy estrecho y débil.

La fig. 200 se refiere á la nebulosa planetaria anular de la constelación de Acuario, según un dibujo de lord Rosse; la nébula, cuyo anillo se nos presenta

por su canto, ofrece un espectro de tres líneas brillantes, de las cuales una se debe al nitrógeno y otra al hidrógeno.

La fig. 201 representa otra nébula, en escala mayor, también según un dibujo de lord Rosse; su estructura es esencialmente la misma que la de la anterior: una masa gaseosa brillante, rodeada por un anillo brillante también, cuya superficie completa se dirige hacia nosotros, de modo que la forma de este cuerpo celeste es muy distinta de la que nos muestra el anterior; su espectro consta también de tres líneas brillantes.

La nebulosa (H 4964) representada en la fig. 202 demuestra, á primera vista, que es de carácter espiral; es muy notable á causa de su espectro, que contiene cuatro líneas brillantes, dos de las cuales indican hidrógeno y una nitrógeno.

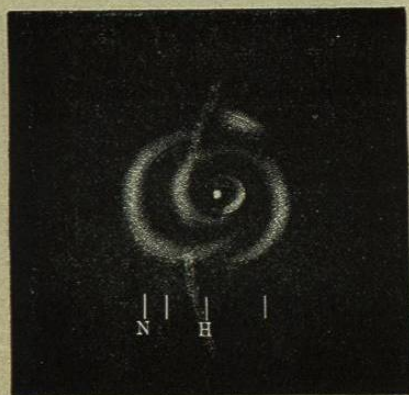


Fig. 202. - Nebula espiral (H 4964) con su espectro

tiene cuatro líneas brillantes, dos de las cuales indican hidrógeno y una nitrógeno.

El espectro de la nébula anular de la Lira (H 4447) consta, por el contrario, de una sola línea brillante, que corresponde al nitrógeno. Cuando se dirige el espectroscopio á la nébula de tal modo que la ranura la corte, aparece la línea brillante compuesta de dos rayas luminosas también, que corresponden á los segmentos superior é inferior del anillo. Estas dos líneas están unidas por una pequeña banda que muestra que la débil porción interior de la nébula es de la misma substancia que la del anillo que la rodea.

La gran nébula de Orión ha sido objeto de grandes investigaciones espectroscópicas; su espectro se compone de tres líneas brillantes muy notables, una de las cuales indica asimismo la presencia del nitrógeno y otra la del hidrógeno.

Todos los cúmulos estelares que se dividen con el telescopio en puntos individuales brillantes, dan un espectro continuo sin líneas luminosas, ni sombras oscuras. Hay, sin embargo, algunos ejemplos de nebulas resolubles, verbigracia, la de Hércules, que presentan espectros distintos y particulares que constan

de bandas y líneas oscuras. El espectro de esta nébula se termina bruscamente en el naranja, en el lugar que ocupa la raya D, y aparece de brillo desigual; pero no se tiene certidumbre absoluta de que conste de líneas oscuras ó brillantes, por más que sea esto último muy probable. Sería, pues, muy importante el investigar hasta qué punto y manera concuerda la clasificación de las nebulas según el espectroscopio, con la que se obtiene del análisis telescópico.

En la siguiente tabla se encuentran los elementos que ha reunido lord Oxmantown acerca de este punto interesante, habiendo el mismo observador, con el gran telescopio de su padre, revisado todas las observaciones efectuadas de las nebulas y cúmulos que fueron examinadas por Huggins.

	Espectro continuo	Espectros de líneas
Cúmulos.	10	0
Resueltos ó aparentemente resueltos.	10	0
Resolubles ó aparentemente resolubles.	5	6
Azules ó verdes sin resolución.	0	4
Sin resolución aparente.	6	5
	31	15
No observados en el telescopio de lord Rosse.	10	4
Total.	41	19

La mitad de las nebulas que dan un espectro continuo se han resuelto en estrellas, y próximamente una tercera parte más son probablemente resolubles; de las que presentan un espectro lineal, ni una sola ha sido resuelta de un modo cierto por lord Rosse. Considerando la extremada dificultad que va unida á las investigaciones de este género, apenas hay motivo para dudar de que haya un completo acuerdo entre los resultados del telescopio y del espectroscopio, y por lo tanto las nebulas que dan un espectro de líneas brillantes deben considerarse como masas de gases luminosos, siendo sus principales componentes el hidrógeno y el nitrógeno.

A su tiempo presentamos al lector un cuadro, que procuramos trazar con la mayor fidelidad, del estado de nuestros conocimientos acerca de los cometas, obtenidos por medio del telescopio, con promesa de volver á tratar del asunto cuando estuviéramos familiarizados con los procedimientos de investigación que el análisis espectral ha puesto en manos de los astrónomos. Habían éstos conseguido averiguar con toda precisión las leyes del movimiento de los misteriosos viajeros procedentes de las inmensas profundidades del espacio; pero en cuanto á saber algo de su constitución física, las dificultades que se encontraron superaban aun á las que ofrecen las nebulas. El nuevo método de investigación ha permitido levantar algún tanto la punta del velo; propusieronse los astrónomos determinar, primero, si los cometas, como las estrellas fijas y las nebulas, son luminosos por sí mismos, ó si, como los planetas, brillan por la luz que reflejan del Sol; segundo, su constitución física.

Que el núcleo de un cometa no puede ser por sí mismo un cuerpo oscuro y sólido como el de los planetas, se prueba por la gran transparencia de que están dotados; pero esto no excluye la posibilidad de que se compongan de innumerables partículas sólidas, separadas unas de otras, que al ser iluminadas por el Sol producen por reflexión de la luz el efecto de una masa homogénea; se ha deducido, por consiguiente, que los cometas están compuestos ó de una substancia que, como un gas en estado de rarefacción extrema, tenga una transparencia perfecta, ó de pequeñas partículas sólidas, individualmente separadas por espacios intermedios, á cuyo través puede pasar la luz de una estrella sin el menor inconveniente, y que agrupados por sus mutuas atracciones y también por gravitación hacia una aglomeración central más densa, se mueven en el espacio como una nube de polvo.

No es imposible que los cometas sin núcleo sean masas de gas á la temperatura del blanco, de constitución semejante á la de las nebulas, y que los dotados de núcleos estén compuestos de partículas sólidas separadas. En todo caso, la relación que recientemente indicó Schiaparelli entre los cometas y las corrientes ó lluvias meteóricas, nos obliga á suponer que en muchos cometas existe una agregación de partículas de igual carácter.

Se creyó que la polarización de la luz nos daría medios de averiguar si la procedente de un objeto era propia ó reflejada, y en vista de las observaciones hechas con tal objeto con los núcleos cometarios, se llegó á admitir que los cometas brillaban con luz inherente á su misma naturaleza.

Pero esta clase de observaciones no son decisivas, ni mucho menos, porque en todos los polariscopios, la luz difusa, irregularmente reflejada, aparece tan poco polarizada como la que procede de un foco independiente.

El análisis espectral podía resolver este asunto de una vez, aplicándolo á un cometa de brillo suficiente, para formar un espectro completo. Si la luz del cometa sólo fuese la del Sol reflejada, su espectro se parecería al de la Luna y los planetas, esto es, que sería continuo y estaría cruzado por las rayas de Fraunhofer. Pero para formar este espectro es indispensable una ranura muy estrecha, y ninguno de los cometas que aparecieron en los primeros años del análisis espectral fué bastante brillante para permitir el examen de su espectro con la ranura muy reducida.

Durante los primeros ensayos de espectroscopia astronómica, no se presentó ningún cometa bastante brillante para que su luz pudiera ser analizada, hasta que en 1864 consiguió Donati examinar el que apareció en ese año, y comparando su espectro con el de los metales, halló que todo él consistía en tres líneas brillantes.

Secchi y Huggins analizaron en 1866 el cometa de Tempel, que presentaba un espectro continuo, excesivamente débil por sus dos extremos, con tres líneas brillantes según el astrónomo romano, y una sola según Huggins: la línea observada por ambos investigadores era la más brillante y estaba situada á mitad de la distancia que hay de *b* á F en el espectro solar.

En el dibujo que trazó el P. Secchi del espectro de este cometa ninguna de las tres líneas brillantes coincidía con las de la nébula de Orión; de aquí pudiera deducirse que el núcleo, al menos, es parcialmente luminoso por sí mismo

y está compuesto de gas brillante. De otro lado, el espectro continuo prueba que parte de la luz es reflejada del Sol, porque no puede admitirse que la cabellera esté formada de partículas sólidas ó líquidas incandescentes.

El espectroscopio no nos dice nada en cuanto á la naturaleza ó condición de una substancia de la que sólo recibimos luz refleja; es, sin embargo, probable que la cabellera y la cola estén formadas de la misma substancia que el núcleo. Estas observaciones, por consiguiente, no dieron más resultado sino el de saber que un gas en estado luminoso se hallaba en el cometa; pero al propio tiempo, ora este mismo gas, ya otras regiones del cometa no luminosas, reflejaban la luz del Sol.

Durante los años 1866 y 1867 observó Huggins el espectro de dos pequeños cometas, y vió que consistían en un espectro continuo y en otro de líneas brillantes; la luz de estos cometas estaba, por lo tanto, como la del cometa de Tempel, compuesta parcialmente de luz reflejada y de luz propia. Dice Huggins hablando del cometa de 1867: «En el espectroscopio forma la luz de la cabellera un espectro continuo; era imposible, á causa de la debilidad del núcleo, distinguir con seguridad el espectro de su luz, que se proyectaba sobre el ancho espectro de la cabellera. No obstante, sospecho que existen dos ó tres líneas brillantes, pero mi observación no es de confianza.»

En el año de 1868 volvieron á aparecer dos cometas periódicos de gran brillo, el de Brorsen (I) y el de Winnecke (II).

El cometa de Brorsen presentaba en el telescopio el aspecto de una nébula circular, en la cual aumentaba el brillo rápidamente de los bordes al centro, sin que se pudiera afirmar, empero, que tuviese un núcleo propiamente dicho; sólo presentaba un débil rastro de cola, ó más bien una escasa expansión de la cabellera al lado opuesto al Sol.

Examinó Secchi este cometa con un espectroscopio simple de visión directa, y comparó su espectro con el de Venus, haciendo que ambos cuerpos cayesen alternativamente en el mismo lugar del instrumento.

Huggins observó el cometa desde el 2 de mayo hasta el 13, y como Secchi, halló que el espectro (fig. 204, núm. 5) era discontinuo y constaba de tres bandas brillantes; su longitud indicaba que la luz del centro de la cabeza, del propio modo que la de la cabellera, habían penetrado en el espectroscopio. La banda más brillante de luz era la que estaba situada en la mitad del verde, entre las líneas *b* y F de Fraunhofer. Cuando el estado del cielo era muy favorable, se reducía esta banda á una simple línea brillante del ancho aparente del núcleo cometario; esta observación no es de toda confianza.

La segunda banda, menos intensa, pero bastante brillante, sin embargo, estaba situada en el amarillo verdoso, casi en el centro del espacio que hay entre las líneas *b* y D de Fraunhofer. En ocasiones se pudo también columbrar otra banda en el rojo, pero era muy difícil fijar su posición. La tercera banda se encontraba en el azul hacia el violeta, á un tercio de la distancia que hay entre F y G.

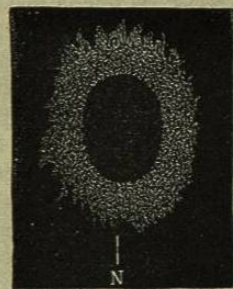


Fig. 203. - Nébula anular de la Lira con su espectro

Una luz excesivamente débil, que no se marca en la figura, se percibía al propio tiempo sobre todo el espacio del espectro, que indica la existencia de un espectro continuo en extremo débil.

Estrechando la ranura no se pudieron resolver en líneas estas bandas, como sucede con las bandas brillantes de las nebulas, y sólo se conseguía debilitar su luz hasta que llegaban á desaparecer por completo.

El espectro del cometa de Brorsen presenta una gran semejanza con el que observó Donati; pero difiere esencialmente del espectro de las nebulas, no sólo por su carácter, sino también por la posición de las bandas luminosas; esto se nota fácilmente y de una ojeada, comparando los espectros números 5 y 7 de la citada figura 204.

El P. Secchi examinó el cometa II de 1868 el 21 de junio con un espectroscopio simple sin ranura; vió que el espectro consistía en tres bandas brillantes de luz, de las que la más luminosa estaba situada en el verde; seguía otra de menor esplendor en el amarillo, siendo la más débil la que caía en el azul. Luego que cambió este instrumento por un espectroscopio de Hofmann de visión directa, pudo definir claramente las tres bandas, llegando á desaparecer la luz dispersada. Comparando la posición de estas líneas con las del espectro de diversos metales, halló que la de en medio caía muy cerca de la línea *b* del magnesio, pero el espectro en totalidad no coincidía con el de ningún metal; distinguió, sin embargo, una gran semejanza entre el espectro del cometa y el del hidrógeno carbonado, de donde dedujo que una parte del cometa estaba producida por esta substancia.

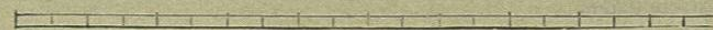
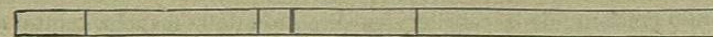
El incansable astrónomo inglés Huggins trató asimismo de estudiar este cometa con el telescopio y espectroscópicamente; pero no pudo observar el nuevo cuerpo hasta el 22 de junio, porque antes de esa fecha lo ocultaban los edificios inmediatos al Observatorio; en la noche del día citado era el cometa mucho más brillante que el de Brorsen y daba un espectro bastante perceptible que, permitía efectuar medidas y comparaciones con el espectro de las substancias terrestres.

El espectroscopio empleado constaba de dos prismas de 60° ; el espectro apareció compuesto de tres bandas luminosas muy anchas (fig. 204, núm. 4) que se representan en la figura. En las dos bandas más refrangibles ofrecía la luz mayor brillo en el extremo menos refrangible, disminuyendo gradualmente hacia el otro límite de las bandas. Esta gradación de la luz no era uniforme en la banda del medio y más brillante, que continuaba con el mismo esplendor, casi en un tercio de su ancho, desde el lado menos refrangible; esta banda comenzaba, al parecer, en su lado más brillante por una línea luminosa.

La menos refrangible de las tres bandas no presentaba una disminución tan marcada en su brillo, aunque podía decirse que, á pesar de su uniformidad, era más luminosa en el centro ó mitad de su ancho.

Estos caracteres particulares de la luz emitida por la materia cometaria se pueden distinguir por algunas apariencias que presentan las bandas, á causa de la distribución de la luz en la cabellera del cometa. Las dos bandas más refrangibles se estrechan hacia el lado de mayor refrangibilidad á la vez que disminuyen de brillo; este aspecto no se debía á la distribución desigual de la luz en las diversas partes de la cabellera, sino á que la procedente de la cabellera era más

brillante hacia el centro, y por lo tanto, era emitida por una área menor de materia cometaria.



1. Espectro solar



2. Espectro del carbono del aceite de oliva



3. Espectro del carbono del gas oleificante



4. Espectro del cometa de Winnecke II 1868



5. Espectro del cometa de Brorsen I 1868



6. Espectro de la chispa eléctrica



7. Espectro de las nebulas

Fig. 204. — Espectros de los cometas de Brorsen y de Winnecke, comparados con los del Sol, del carbono y de las nebulas

La fuerte luz de la mancha central pudiera trazar la anchura total de la banda; pero la luz que rodeaba este punto, á medida que se hacía más débil y an-

cha, se veía á distancias más cortas, de modo que la luz de las partes más débiles cerca del margen de la cabellera sólo era visible en el lado más brillante de la banda.

El brillo creciente de la cabellera en dirección de la mancha central aparecía también en esta banda como una línea luminosa cuyo eje se debilitaba por ambas extremidades.

En la misma noche tomó Huggins varias medidas de las posiciones de estas bandas con el micrómetro del espectroscopio, que acusaban los números siguientes para el principio y fin de las tres bandas en la escala adoptada en el dibujo.

Primera banda. . .	{	1094	Segunda. . . .	{	1298	Tercera. . . .	{	1589
		1196			1440			1700

No pudo Huggins reducir estas bandas á líneas; cuando se estrechaba la ranura, disminuían tanto en ancho como en largo, á causa de la invisibilidad de las porciones más débiles; creyó el mismo astrónomo que en la parte central brillante de la banda de en medio había dos ó tres líneas luminosas cerca del límite menos refrangible; esta parte estaba formada por la luz que provenía de la mancha central brillante.

Como hemos dicho, la banda del centro empezaba probablemente con una línea brillante, pues en este punto estaba limitada con toda distinción; por el contrario, el lugar exacto en donde principiaban y terminaban las otras bandas no llegó á observarse con toda certidumbre. Cuando se colocaban las porciones marginales de la cabellera sobre la ranura, podían dibujarse aún las tres bandas de luz; pero cuando se debilitaba el espectro, parecía continuo, y en este caso era la luz tan débil que nada se distinguía fuera de las bandas hacia el rojo ni hacia el violeta.

En la misma noche observó Huggins el cometa con el gran espectroscopio, que da una dispersión igual á cinco prismas; en este instrumento se veía muy bien la banda central; conservaba su carácter nebuloso é irresoluble, y el principio definido y cortado como una línea brillante, que ya indicamos, se veía con toda distinción.

Para que las comparaciones puedan efectuarse con más facilidad, se presentan en la figura el espectro del cometa de Brorsen y el de una nébula gaseosa. El espectro del cometa de Brorsen constaba de tres bandas sobre un fondo continuo muy débil; estas bandas aparecían como indica el dibujo, esto es, más angostas que las del cometa de Winnecke; no es posible afirmar hasta qué extremo depende este fenómeno de la debilidad de la luz de este último cometa; aunque las bandas del cometa de Brorsen caen dentro de los límites de posición ocupados por las bandas anchas del cometa II, no corresponden con sus partes más brillantes; en la de en medio creyó percibir Huggins dos líneas brillantes que aparecían más cortas que la banda y que pudieran muy bien deberse al núcleo.

En los números 4 y 5 de la misma figura 204 se ve que las bandas del cometa de Brorsen y las del cometa II ocupan en el espectro posiciones muy distintas de las correspondientes á las nébulas. El espectro de las nébulas gaseosas cons-

ta de líneas verdaderas que se hacen más estrechas á medida que se disminuye la abertura de la rendija.

Estudió Huggins con toda escrupulosidad las observaciones del cometa, con la esperanza de encontrar alguna analogía entre su espectro y el de algunas substancias terrestres; el espectro del cometa parecía revestir ciertas formas del espectro del carbono, que este mismo astrónomo analizó con gran esmero en 1864; comparando el espectro del cometa con el dibujo del espectro del carbono, notó que las posiciones de las bandas, de igual manera que su carácter general y brillo relativo, concordaban exactamente con el espectro del carbono, cuando se hace descargar la chispa en el gas oleificante.

Aunque los caracteres esenciales del espectro del carbono permanecían constantes en todos los experimentos, se observaban ciertas modificaciones cuando el espectro se obtenía en diversas condiciones. Una de las líneas más fuertes

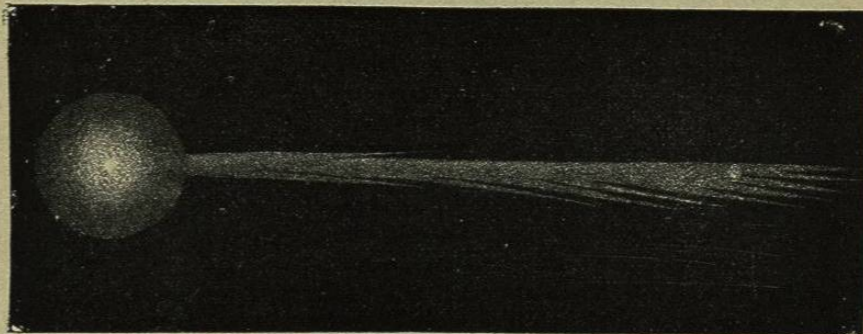


Fig. 205 - Cometa de Winnecke II 1868

del carbono está situada en el rojo, en un punto algo menos refrangible que el que ocupa la línea del hidrógeno correspondiente á la C de Fraunhofer; pues bien, esta línea no se ve cuando el carbono se inflama por la chispa de inducción en presencia del hidrógeno. Otras dos modificaciones del espectro del carbono se dan en la fig. 204.

El primer espectro representa el del carbono cuando la chispa del carrete con la botella de Leyde en el circuito, se hace pasar entre las puntas de platino masticadas en tubos de vidrio cerrados y puestas casi en contacto con el aceite de olivas; en este espectro se ven las principales líneas fuertes que caracterizan al carbono.

Las sombras de líneas finas que acompañan á las más vigorosas no es posible representarlas exactamente á causa de las reducidas dimensiones del grabado. Un espectro igual á este se produce cuando salta la chispa en una corriente de cianógeno; podemos agregar que cuando la potencia calorífica de la chispa se reducía á cierto límite, aunque seguía verificándose la descomposición del aceite, no se volatilizaba el carbono y el espectro era continuo.

El tercer espectro de la figura representa la modificación de este tipo cuando se hace pasar la descarga en una corriente de gas oleificante; el vapor alta-

mente caldeado del carbono emitía luz de la misma refrangibilidad que en el experimento del aceite, pero no se podían columbrar las líneas fuertes separadas, con una chispa de igual potencia. Las sombras no se componían de rayas finas y numerosas cuando el carbono se obtenía del gas oleificante y más bien se presentaban como una luz nebulosa irresoluble.

Agregaremos, para evitar conceptos equivocados, que en todos estos experimentos se veían también las líneas de otros elementos; pero como eran conocidas, no había necesidad de ocuparse de ellas.

En el experimento de la chispa en el gas oleificante, las tres bandas de la figura constituyen todo el espectro, á excepción de una banda débil, en su parte más refrangible.

El espectro del cometa concordaba, al parecer, con el del carbono obtenido en estas condiciones; de modo que creyó Huggins necesario comparar directamente ambos espectros en el mismo aparato y á un tiempo mismo, empezando sus trabajos sobre este punto en la noche del 23 de junio.

La disposición general del aparato usado en estas investigaciones es la que representa la figura 206. Una botella de vidrio *a*, convertida en gasómetro, contiene el gas oleificante, y va unida á un tubo flexible *b* en el cual se sueldan dos hilos de platino; la parte del tubo que está enfrente de las puntas de los alambres se agujerea, cubriendo luego los orificios formados, con dos placas de vidrio bien planas, que se sostienen en su sitio con una cinta de goma. Se colocaba este tubo en su verdadera posición delante del espejo pequeño *c* del espectroscopio con cuyo auxilio se reflejaba la luz de la chispa en el instrumento, y se verá su espectro inmediatamente debajo del espectro del cometa. El espectroscopio empleado constaba de dos prismas de 60 grados.

El extremo más brillante de la banda central del espectro cometario coincidía con el principio de la banda correspondiente del espectro de la chispa; como este límite de la banda se encontraba en ambos espectros perfectamente definido, se pudo observar de un modo bastante satisfactorio, y dada la potencia del espectroscopio, cabe decir que el error de su posición no pasa de la distancia que hay entre las componentes de la línea doble D. Pero siendo los límites de las otras bandas menos distintas y perceptibles, no se pudo determinar su situación con la misma exactitud.

La aparente identidad del espectro del cometa con el del carbono no se apoya únicamente en la coincidencia del espectro de las bandas, sino también en la notable semejanza de las bandas correspondientes en sus caracteres generales y brillo relativo, lo cual se nota muy bien en la banda central, cuya gradación de brillo no es uniforme. Esta banda conserva en ambos espectros un esplendor casi igual para la misma proporción de longitud.

El cometa de Winnecke II de 1868 fué examinado también en París por medios espectroscópicos por el astrónomo Wolf, quien notó asimismo que las tres bandas brillantes separadas unas de otras por espacios perfectamente oscuros no podían reducirse á líneas estrechando la ranura, de manera que el espectro no presentaba ninguna analogía con el de las nebulosas.

El espectro del cometa I de 1870 fué examinado por Wolf y Rayet; constaba, lo mismo que el de los tres anteriores, de tres bandas brillantes que se ex-

tendían sobre un fondo continuo. Huggins da cuenta de sus observaciones espectrales sobre este nuevo cuerpo en los términos siguientes:

«El 7 de abril descubrió el Dr. Winnecke otro cometa, y pude examinarlo el 13 del propio mes y el 2 de mayo; en ambas fechas se presentó muy débil, particularmente en la segunda noche, á causa de la presencia de la Luna y de la opacidad de la atmósfera; su apariencia era la de una cabellera que se extendía al lado opuesto al Sol; observado en el espectroscopio, pude percibir que la luz de la cabellera constaba, casi exclusivamente, de tres bandas brillantes; la del centro, que era la más luminosa, tenía una longitud de onda de 510 millonésimas de milímetro; no pude medir con exactitud la posición de la banda menos

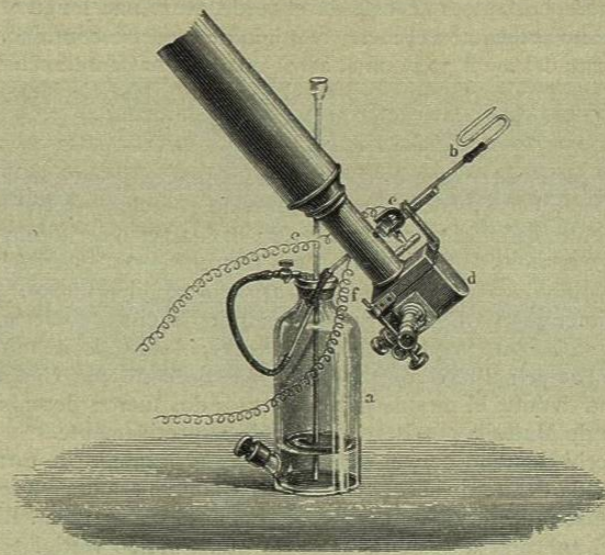


Fig. 206. - Aparato de Huggins para observar el espectro de los hidro-carburos

refrangible, pero me parece que su longitud de onda sería de 545 millonésimas de milímetro. La tercera banda estaba situada á la misma distancia, poco más ó menos, de la banda central, en el lado más refrangible.»

Tres años después aparecieron otros cometas que también fueron analizados con el prisma por Wolf y Rayet; he aquí los resultados de sus observaciones:

«El cometa descubierto en Marsella por Borelly en la noche del 20 al 21 de agosto de 1873 presenta la forma de una nebulosidad circular de dos minutos de diámetro próximamente, con un núcleo central bastante brillante; su espectro es continuo desde el amarillo hasta el violeta, debido en parte á la luz solar reflejada, y consta también de dos bandas luminosas, una en el verde y otra en el azul. La banda verde es intensa, claramente limitada en el rojo y difusa hacia el violeta; la banda azul, cuyo esplendor es próximamente como de la mitad de la precedente, está también limitada en la parte del rojo y presenta cierta difusión hacia la del violeta. El espectro continuo ofrece mucho más bri-

llo que los cometas que hemos estudiado anteriormente, siendo al propio tiempo mucho más estrecho. Tal vez se deberá á un núcleo sólido.»

El mismo año se descubrió en el Observatorio de París, por los hermanos Henry, un cometa (IV 1873) cuya luz, estudiada con tres noches de intervalo, dió los espectros que se representan en la fig. 207. En la noche del 26 al 27 de agosto tenía el cometa la forma de una nebulosidad circular con una condensación de luz muy viva en el centro; su aspecto era muy semejante al del cúmulo ó conglomerado estelar de la constelación de Hércules, visto en un instrumento de poder óptico insuficiente para resolverlo en estrellas. El espectro se componía de las tres bandas luminosas ordinarias, con la circunstancia de que la línea más brillante, que caía en el verde, tenía una longitud doble que las otras dos; no presentaba el menor vestigio de espectro continuo.

En la noche del 29 al 30 tenía el astro una cola bastante ancha de 25" de longitud, y el brillo del núcleo central había crecido desde la séptima á la sexta magnitud. La cabeza del cometa ofrecía siempre un espectro compuesto de tres bandas luminosas, pero atravesado en este caso por un espectro continuo muy débil. Como el brillo del astro había aumentado, se pudo efectuar la observación espectral con una ranura relativamente estrecha, y la banda del verde tomó entonces un carácter más pronunciado; en una parte de su longitud estaba terminada por ambos lados por una línea recta, más brillante hacia la región del rojo. El brillo de las líneas amarilla y azul era también mayor.

En el primer semestre de 1874 se descubrieron cinco cometas nuevos; el primero, el 20 de febrero por el doctor Winnecke; el segundo, el 11 de abril por Winnecke y Tempel; el tercero, que fué el más brillante, por Coggia, visible á la simple vista durante el mes de julio; los otros dos fueron descubiertos en el Observatorio de Marsella por Borely y Coggia respectivamente.

El P. Secchi examinó con el espectroscopio el segundo de estos cometas, en la madrugada del 20 de abril; su luz era bastante hermosa y presentaba un núcleo nebuloso rodeado de un abanico de nebulosidad irregular. El espectroscopio simple, aplicado al gran refractor de Merz, indicó vestigios de bandas; pero la difusión del objeto no permitía el empleo de este instrumento y fué necesario hacer uso del espectroscopio compuesto adaptado al anteojo, pues la debilidad era tal, que no se podía tener seguridad en lo que se observaba. Quitó entonces el P. Secchi el anteojo, observando únicamente con el espectroscopio, y distinguió el espectro formado por tres bandas separadas, una en el verde azulado, otra en el verde propio y la tercera en el verde amarillento. La primera era la más viva y extensa, y las otras dos, principalmente la de en medio, eran más débiles. A primera vista juzgó el P. Secchi que estas bandas se hallaban en el mismo lugar que las de los demás cometas, pero no pudo llegar á efectuar medidas rigurosas.

El mismo astrónomo describe así sus observaciones espectroscópicas del cometa de Coggia:

«El 17 de mayo pude comprobar que el espectro estaba en realidad formado de bandas; dos de ellas, sobre todo, muy vivas, se hallaban situadas en el verde y en el verde amarillento; habiendo iluminado el tubo del anteojo delante de la ranura con la luz difusa de distintos gases, observé que las dos bandas

brillantes principales correspondían con las del espectro del óxido carbónico. La debilidad de la luz no me permitió reconocer las otras dos bandas.»

La luz de este cometa fué analizada por los astrónomos de París Wolf y Rayet; el 19 de mayo pudo este último efectuar una primera observación algo completa; el astro tenía cerca de tres minutos de diámetro y su cola comenzaba á desarrollarse; analizada la luz con el prisma, daba un espectro continuo desde el anaranjado hasta cerca del azul (espectro del núcleo sólido), atravesado por tres bandas brillantes (espectro de la nebulosidad gaseosa); aunque presentaba el aspecto general de los espectros de estos astros, se diferenciaba por las dimensiones y esplendor relativo de sus diversas partes. Así, pues, el espectro continuo del núcleo es por lo general ancho y difuso, y en el cometa de Coggia era, por el contrario, muy estrecho. De otro lado, las bandas luminosas transver-

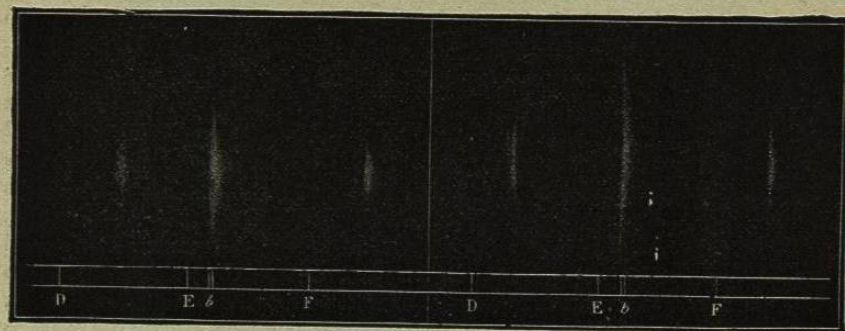


Fig. 207. - Espectro del cometa IV de 1873. - 1.º El 26 de agosto. - 2.º El 29 de agosto

sales, en lugar de difundirse hacia la parte más refrangible, se terminaban hacia el rojo y el violeta, por líneas rectas bastante acusadas; este detalle, notable en particular en la banda media más larga y luminosa, era para llamar la atención, pues se observaba por primera vez.

Otra observación se hizo en la noche del 4 al 5 de junio, que confirmó el hecho anterior.

«El espectro continuo, dice Rayet, correspondiente al núcleo, es en extremo delgado, y casi tanto como el de una estrella vista en el mismo instrumento; hace recordar el espectro de una estrella de sexta magnitud, pero sin coloración hacia las extremidades. El espectro se extiende por ambas partes más allá de las tres bandas luminosas; el espectro de las bandas se compone de tres líneas que, por su refrangibilidad, corresponden al amarillo, al verde y al azul. La banda central es larga, muy luminosa, y cuando se estrecha convenientemente la ranura, se termina hacia el rojo y el violeta, por líneas rectas detalladas; de modo que aquel aspecto degradado que presentan los espectros cometarios no se encuentra en este caso; las bandas del amarillo y del azul tienen un brillo de la mitad próximamente que la anterior, y se difunden hacia los bordes, acercándose al tipo ordinario.

»Si en vez de colocar la ranura del espectroscopio sobre la imagen focal, de