

Hemos visto que la luz solar, directa ó reflejada, da un espectro de colores vivos, surcado de un número considerable de rayas oscuras más ó menos finas, al paso que el espectro de un líquido ó de un sólido incandescente (por ejemplo, de un baño de metal en fusión ó de un hierro hecho ascua) es absolutamente continuo. En cuanto á los gases incandescentes, el espectro de su luz es discontinuo y lo constituye un número ilimitado de rayas brillantes ó de fajas luminosas, separadas por anchos intervalos oscuros. Pero esto supone que la llama del gas analizado no contiene en suspensión ninguna partícula sólida ó líquida; si no se llena esta condición, si como sucede con las

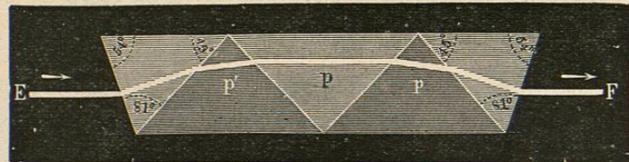


Fig. 510.—Disposición de los prismas en un espectroscopio de visión directa

llamas iluminadoras de una bujía ó de un mechero de gas común, hay partículas sólidas de carbono en el foco luminoso, entonces el espectro es continuo como en los sólidos y líquidos incandescentes (1). Parece, sin embargo, que esta ley tiene excepciones: por ejemplo, la llama de un mechero de gas al cual se hace llegar una corriente de aire da un espectro continuo, cuando en rigor debería estar formado de rayas brillantes. A decir verdad estas rayas existen, pero la escasa intensidad del espectro que las hace imperceptibles es lo que induce á creer en la continuidad. Sin embargo, precisamente esta circunstancia permite valerse de un mechero de Bunsen para la observación espectroscópica de los cuerpos sólidos cuando éstos son fácilmente evaporables, como sucede con los metales alcalinos ó térreos.

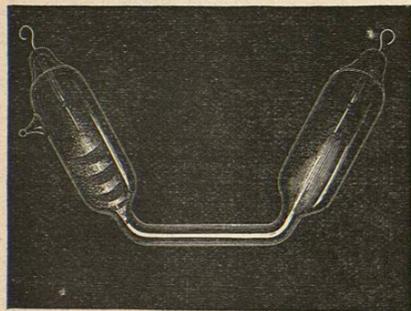


Fig. 511.—Análisis espectral de los gases. Tubo de Plúcker

Para estudiar los espectros de estos cuerpos simples, se introduce en la llama un hilo de platino impregnado de una solución salina de cualquiera de ellos. El agua empieza por evaporarse, la sal en disolución se evapora á su vez, y se ve aparecer en el espectro las rayas características del metal.

Cuando el cuerpo se volatiliza con dificultad, se obtiene su espectro haciendo brotar la chispa de inducción de un carrete Ruhmkorff entre dos electrodos formados por el metal en cuestión. Como la luz se produce entonces en un medio gaseoso, el espectro

(1) Hay otros casos en que el espectro del gas no es discontinuo. Si se quema en el oxígeno uno de los gases siguientes: hidrógeno, óxido de carbono, hidrógeno sulfurado, sulfuro de carbono, el espectro de sus llamas no contiene ninguna raya ni faja, brillante ú oscura. Verdad es que aquí no se trata de gases simples. Debe observarse también que no todo sólido incandescente da un espectro continuo. Los señores Bahr y Bunsen han reconocido que la erbina calcinada á la llama de un soplete de gas no se funde, sino que esparce una luz verde que, analizada con el prisma, da un espectro de rayas brillantes, es decir, discontinuo. El mismo fenómeno se observa con el dídimo.

que se obtiene es una mezcla del espectro del gas y del del metal. Pero siendo preciso poder distinguir las rayas brillantes que pertenecen á cada uno de ellos, se ha conseguido que las rayas del espectro metálico aparecen principalmente en las partes de la chispa más inmediatas á los polos; y la parte intermedia es la que con especialidad contiene las líneas del medio gaseoso.

Por lo demás, se distinguen las dos clases de rayas por medio de disposiciones par-

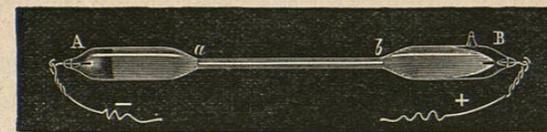


Fig. 512.—Análisis espectral de los gases. Tubo de Geissler

ticulares cuya descripción es la siguiente: La figura 511 representa el tubo que ha ideado M. Plúcker para el análisis espectral de los gases, cuyo tubo se compone de otros dos de 2 á 3 centímetros de longitud y de 5 á 10 milímetros de diámetro interior, unidos por un tubito casi capilar soldado á los dos primeros y formando con ellos ángulos más ó menos abiertos. En los dos extremos de los tubos anchos van fijos dos hilos de platino que penetran en su interior por un extremo y salen retorcidos al exterior por el otro. Después de hacer el vacío y de introducir el gas á la presión apetecida por medio de un tubo lateral, se cierra éste á la lámpara. Si se ponen entonces los hilos en comunicación con los polos de un carrete de inducción, se ve aparecer de un hilo á otro una luz que presenta el aspecto de una línea continua de fuego en la parte más angosta del tubo, y es la que se coloca delante de la ranura del espectroscopio. En el aparato de Geissler (fig. 512) los tres tubos son prolongación uno de otro.

Otro sistema debido á M. Salet consiste en un gran tubo de vidrio de 1 1/2 á 2 centímetros de diámetro y de 15 á 20 de largo, cerrado por un extremo y provisto en el otro de un tapón de caucho con dos orificios por los cuales penetran en el interior dos tubos concéntricos que contienen los hilos de los reóforos, y además otro tubo curvo que sirve para hacer el vacío en el aparato y para introducir en él el gas que se ha de quemar. Los hilos metálicos se encorvan dentro del tubo mayor, quedando así frente á frente, de modo que poniendo sus extremos exteriores en comunicación con los polos de un carrete ó bobina, brota la chispa y produce en el gas la luz que se observa en seguida con el espectroscopio.

Debe tenerse presente que las rayas de los principales gases simples varían en número y brillo con respecto á un mismo gas según la cantidad de presión. La apariencia espectral varía también según la temperatura del gas y según la tensión de la chispa eléctrica que produce la incandescencia (1), de suerte que la sustitución de la bobina de

(1) Por ejemplo, el azufre volatilizado en un tubo de Plúcker y calentado á una temperatura elevada da una magnífica luz de color azul bajo que se resolverá por el prisma en fajas muy regulares en las cuales se percibirán con un fuerte aumento rayitas negras. Si se hace comunicar cada polo de la bobina de inducción

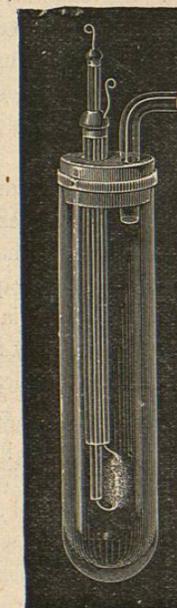


Fig. 513.—Análisis espectral de los gases. Aparato de Salet.

Ruhmkorff por un condensador ó máquina de Holtz basta para modificar el fenómeno. Así pues, para que las observaciones espectroscópicas sean comparables, es menester hacerlas en las mismas condiciones físicas y con instrumentos de igual potencia.

Dejamos expuestos sucintamente los procedimientos de observación: pasemos ahora á dar algunos detalles sobre varios de los principales resultados obtenidos.

V

ESPECTROS DE LOS METALES Y METALOIDES. — PRINCIPALES GASES SIMPLES. — DESCUBRIMIENTO DE NUEVOS METALES POR EL ANÁLISIS ESPECTRAL

Acabamos de ver que, para obtener el espectro de un metal, por ejemplo el del sodio, se introduce en la llama de la lámpara un hilo de platino impregnado de una solución concentrada de una sal cuya base sea este metal, verbigracia de sal marina (cloruro de sodio). Al punto se ve aparecer una raya amarilla de gran intensidad y de contornos muy marcados, que es la principal del espectro del sodio. El litio da dos rayas principales, una amarilla de escaso brillo, y otra roja y brillante; el potasio, dos líneas características, una roja y otra violada, acompañadas de algunas amarillas y verdes; el calcio, una verde muy viva, otra anaranjada y otra azul; el estroncio, ocho rayas, seis de ellas rojas, una anaranjada y otra azul; el bario, dos verdes y otras en el amarillo y el azul; el talio, una sola, de color verde y notable por su brillo.

Del propio modo se ha estudiado un gran número de cuerpos simples, y reconocido y fijado la posición de sus rayas brillantes, de suerte que basta examinar y comparar con los resultados de que hablamos el espectro de una llama, para que se pueda deducir de él la naturaleza de los vapores metálicos que tiene en disolución. Como se comprenderá, de aquí ha nacido un nuevo método de análisis para la química, método tan delicado y sensible que basta la millonésima parte de un miligramo de sodio para que aparezca al punto la raya amarilla característica del espectro de este metal.

Dos químicos y físicos alemanes, los señores Kirchhoff y Bunsen, han hecho que el análisis espectral alcanzara un alto grado de precisión desde sus comienzos.

“Preparo, dice Bunsen, una mezcla de los cloruros de los metales alcalinos y alcalino-térreos, sodio, potasio, litio, bario, estroncio y calcio, que contenga á lo sumo una cienmilésima de miligramo de cada una de estas substancias; aplico esta mezcla á la llama, y observo el resultado. Primeramente aparece la línea amarilla intensa del sodio en el fondo de un espectro continuo muy pálido; cuando empieza á ser menos perceptible y se ha volatilizado ya la sal marina, se presentan las tenues líneas del potasio, seguidas de la línea roja del litio, que desaparece en breve, mientras que las verdes del bario brillan con toda su intensidad. Entonces quedan del todo volatilizadas las sales de potasio, litio y bario; al poco rato se muestran las líneas del calcio y del estroncio como si se disipara un velo, y adquieren paulatinamente su forma y brillo característicos.”

que sirve para hacer el experimento con una de las armaduras de la botella de Leiden, la chispa en el aire será más intensa; en el tubo de Plücker será más luminosa, y cambiará de color y de aspecto si se calienta algo más ó si se emplea un aparato de inducción de alguna mayor fuerza. La descarga será filiforme azul verdosa, y su espectro exclusivamente compuesto de rayas sueltas y brillantes. Obsérvanse estos dos espectros cualquiera que sea el metal de los electrodos; son característicos del azufre en el mismo grado, pero no tienen absolutamente nada de común ni se transforman uno en otro por una transmisión insensible.” (G. Salet, artículo *Luz* del *Diccionario de química* de M. Wurtz.)

Por medio del análisis espectral se comprueba fácilmente la presencia del sodio en el aire y en las partículas de polvo que tiene en suspensión. La sensibilidad de reacción de este metal es tan grande, que los observadores del espectroscopio han de tomar toda clase de precauciones para que esta reacción no se manifieste al punto mediante la presencia de la raya amarilla en el espectro, bastando sacudir el polvo de un libro cerca del instrumento para que en el acto aparezca dicha raya.

Con este método se han descubierto seis nuevos metales: los dos primeros, el cesio y el rubidio, por Bunsen y Kirchhoff; el talio por Crookes y Lamy, el indio por Reich y Richter, el galio por Lecoq de Boisbaudrán, y el escandio por Nilson. El nombre de cesio se le ha aplicado por sus dos rayas azules; el de rubidio por las rayas rojas que caracterizan su espectro; el de talio recuerda la raya verde característica de este metal, y el de indio una raya azul situada en el añil. El galio y el escandio (procedentes de los nombres de Francia y de Escandinavia, patrias de los descubridores) tienen, el primero dos rayas en el morado, y el segundo un crecido número de líneas, particularmente en el amarillo.

CAPÍTULO VIII

ANÁLISIS ESPECTRAL DE LOS CUERPOS CELESTES

I

APLICACIÓN DE LA ESPECTROSCOPIA Á LA ASTRONOMÍA: CONSTITUCIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL SOL, DE LOS PLANETAS Y DE LOS COMETAS

Hasta aquí no había salido el espectroscopio del dominio de los laboratorios, por admirables que fuesen los progresos que merced á él había hecho el análisis química; permitía analizar y reconocer las substancias terrestres que podemos ver y tocar, y hasta indicaba la presencia de cuerpos que no se conocían. Pero su alcance no debía limitarse á esto: gracias á su auxilio se ha podido ir más lejos, y abordar y resolver en parte un problema que parecía inaccesible á las investigaciones humanas: el estudio de la composición química de los astros, del Sol y de las estrellas, soles tan prodigiosamente apartados de nosotros, y la de las nebulosas que los telescopios nos permiten ver sumergidas en los abismos del éter á distancias cuya profundidad apenas puede sondear la imaginación.

He aquí enumerados en breves líneas los experimentos que han deparado un resultado tan magnífico:

Situemos la llama de un mechero de gas delante del anteojo del espectroscopio, y amortiguémosla hasta el punto de que quede reducida á una llama azulada casi imperceptible. En tal estado no da espectro: detrás del prisma reina completa obscuridad. Pero si introducimos en la llama una sal metálica, por ejemplo un poco de sal marina, aparecerá al punto la raya amarilla del sodio, según hemos visto antes.

Si se da paso á un rayo de Sol al propio tiempo y en el mismo prisma, de modo que el espectro del sodio y el solar se superpongan, se notará una coincidencia perfecta en la posición de la raya amarilla del sodio y de la doble raya oscura D de Fraunhofer.

Ahora, sustituyamos á la luz del Sol la conocida con el nombre de *luz de Drum-*