

rando de arriba, se ve el pedazo de terciopelo de la cara horizontal á través del cristal y á su lado por reflejo el otro de la cara vertical en el color de contraste con el del primero. Para que el fenómeno se vea bien, es preciso que el cristal tenga la inclinacion debida, que el examinando mismo encontrará tanteando. Ya se ve que el método es solo de comprobacion aún cuando se trata de personas inteligentes. Sería fácil multiplicar aún más la aplicacion de los fenómenos de contraste para semejantes ensayos.

De interes más bien científico que práctico son el *colorimetro de Rose* y el *esquiotoscopio de Brücke*.

Vamos á tratar ahora de los métodos de investigacion detallada, ó especial,

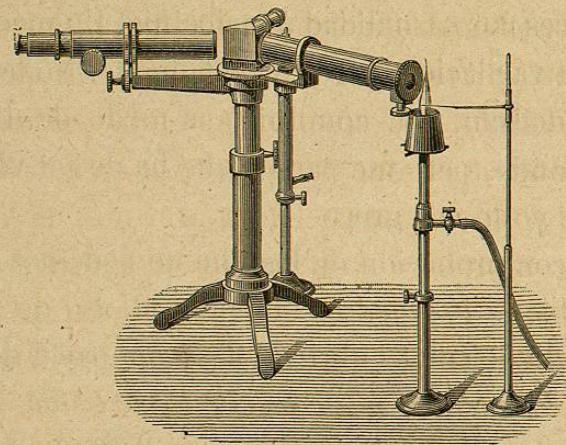


FIG. 86.—ESPECTROSCOPIO DE VISION INDIRECTA (1).

cuyos autores nunca han pretendido aplicarlos al exámen de muchas personas á la vez.

El principal es el fundado en la contemplacion del espectro solar. Valerse de un espectro proyectado simplemente sobre una pantalla mediante un prisma de cristal en un cuarto oscuro, no va bien, y no siempre se tienen á disposicion los aparatos necesarios ni la luz directa del sol. Es preferible servirse de los llamados *espectroscopios*, instrumentos mediante los cuales se producen fácilmente los espectros tanto con la luz del día como con luz artificial. Ó el prisma que ha de descomponer la luz, descansa sobre un pié y el tubo que da paso á la luz como el á través del cual se observa el espectro, forman un ángulo (espectroscopio de vision indirecta) ó bien todo forma un solo tubo á través del cual

(1) Esta figura y las tres siguientes están tomadas de la obrita LA ÓPTICA, mencionada en la página 483.

se contempla la fuente de luz (espectroscopio de vision directa). Estos últimos son más pequeños y portátiles, pero sus espectros son pequeños; los de los primeros, son más largos, sobre todo cuando los instrumentos contienen varios prismas; en cambio son voluminosos y por poco que estén bien dejados y provistos con los accesorios, bastante caros.

Se emplean los espectroscopios ya para contemplar todo el espectro, ya para fijarse en ciertos colores determinados. Para determinarlos, ó se hace referencia á las líneas de *Fraunhofer*, ó por medio de un arreglo especial á lo largo del espectro comparece una escala por cuyas divisiones es fácil guiarse, ó bien se disponen rendijas móviles á través de las cuales se puede contemplar aisladamente los diferentes colores del espectro. Este último arreglo lo tienen solamente los instrumentos grandes.

Preguntando á las personas que contemplan por el instrumento el espectro del sol, ó de una llama de gas ó de petróleo, los colores que ven, los ciegos de rojo y verde dicen generalmente que no ven más que amarillo y azul, pero tambien aquí hay que tener en cuenta lo dicho acerca de la denominacion de los colores por los daltonianos que suelen indicar más de lo que ven y á veces recitan todo el espectro como lo han aprendido en la escuela. Por esto vale más hacerles reproducir todo el espectro en lanas de bordar (para cuyo fin conviene tener un surtido más abundante que la coleccion de Holmgren tal como se vende); entónces resultan muchas veces colores muy distintos de los indicados por sus nombres. Para quedar más seguro del resultado del exámen conviene hacer repetir la operacion ó hacer sacar varias hebras por cada color, puesto que el color que el daltoniano escoge entre las lanas no corresponde siempre al que realmente ve. Aislando un color por medio del aparato de rendijas para hacerle servir de muestra en la clasificacion de las lanas, se tiene una modificacion del método de Holmgren.

*Hirschberg* ha hecho construir un espectroscopio que presenta dos espectros, uno encima del otro, y con inversion del orden de los colores. Mediante las rendijas móviles el examinando ha de aislar dos colores perfectamente iguales comparando los dos espectros.

En lugar de los espectros que se obtienen con estos aparatos costosos pueden servir perfectamente los de ciertos metales que se distinguen por una ó pocas líneas fáciles de designar. *Stilling* fué el primero, que yo sepa, que propuso este método, y como está al alcance de todo el mundo, porque los espectroscopios más pequeños y baratos sirven para el objeto, voy á dar algunos permenores.

En una llama de poca luz, v. gr. la de alcohol ó de hornillo de gas, se tiene

sobre una asa de alambre de platino una partícula del metal respectivo; mientras el examinando mira en el instrumento y dice los colores de las líneas que ve, saca las hebras de lana correspondientes, indica la parte del espectro en la que ve las líneas. Los metales que pueden servir son los siguientes:

El *sodio* (natrio) presenta una sola línea *amarilla* que coincide con la línea D de Fraunhofer. Para producir la línea del sodio, basta una cantidad infinitesimal de cualquier compuesto del metal, y como éstos abundan, es casi imposible producir un espectro sin dicha línea, la cual, lejos de estorbar, sirve para facilitar la determinación del sitio de las demás líneas y aún para la comparación de los colores. Para convencerse de que la línea pertenece realmente al

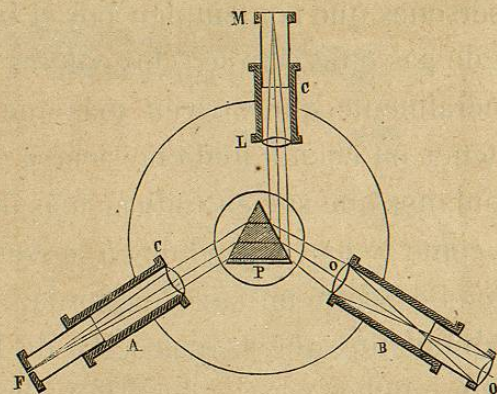


FIG. 87.—CORTE DEL ESPECTROSCOPIO DE VISION INDIRECTA.

F, fenditura; C, colimador; P, prisma de flint; B, lente; M, micrómetro; L, colimador del micrómetro.

sodio, se coloca una partícula casi imperceptible de sal común sobre el alambre de platino y se expone á la llama. El núm. 4 de la fig. 89 representa el espectro del sodio.

El *litio* da, además de una línea amarilla á la izquierda de la del sodio no perceptible en los instrumentos pequeños, una línea *roja* muy clara, entre las líneas B y C de Fraunhofer. Una partícula mínima de cloruro de litio basta para producir el fenómeno, y si no se quiere ver continuamente la línea roja del litio, es preciso no volver á servirse del mismo alambre para los experimentos con otros metales; en general conviene tener á su disposición tantos alambres de platino cuantos metales se quieran ensayar. (Núm. 7 de la fig. 89).

El *talio* da una magnífica línea *verde* á la derecha de la del sodio y cerca de la E del espectro solar. Para que la línea resulte clara, se necesitan cantida-

des más considerables de este metal que las que bastan para el litio y el sodio; si el experimento se prolonga, es preciso añadir nuevas cantidades. (Fig. 89, núm. 8).

Estos tres metales son los más importantes, porque representan perfectamente los tres colores principales, el rojo, el amarillo y el verde. Para el rojo puede utilizarse también el espectro del *potasio* que presenta una línea roja correspondiente á la A de Fraunhofer. (Fig. 89, núm. 5). Para el verde puede hacerse uso del *calcio*, que además de la línea verde situada á la izquierda de la del *talio*, posee otra naranjada á la izquierda de la línea amarilla del *sodio*.

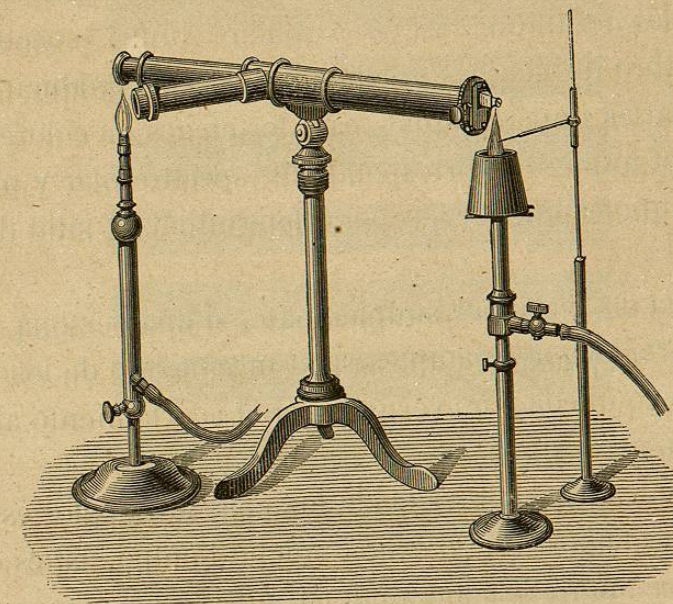


FIG. 88.—ESPECTROSCOPIO DE VISION DIRECTA.

Como representantes del *azul* pueden servir el *estroncio* y el *cesio* (fig. 89, núm. 9 y 6); si se quiere obtener el *morado*, se echa mano del *cobre* ó del *rubidio*. Aun podrían emplearse otros metales, como el *indio* para el azul, pero el gasto no correspondería á la utilidad.

La investigación espectroscópica nos da los siguientes resultados. En primer lugar nos permite saber cuales colores les parecen blancos, grises ó *incoloros* á los examinados, haciéndoles solamente la impresión de luz. En segundo lugar, ofreciéndonos colores constantes, nos facilita la comparación de los colores así como de las materias colorantes. Además nos dice cuál luz es la que da la sensación de más claridad. Sabido es que para la vista normal la parte más clara del espectro es la amarilla. *Seebeck* encontró que para los ciegos de

rojo estaba en el azul verde, lo cual concordaría con la teoría de Helmholtz, puesto que allí ha de tener su máximo de intensidad la excitación de las dos clases de fibras no paralizadas. Pero las observaciones de Seebeck no han sido confirmadas por los daltonianos modernos, que reciben también la sensación de más claridad por la parte amarilla del espectro.

Por este método de investigación se ha llegado á saber que hay daltonianos en cuyos ojos ciertos rayos luminosos no producen siquiera la sensación de luz. Ordinariamente falta el extremo rojo del espectro, de modo que no ven las líneas situadas á la izquierda de C, es decir las líneas rojas del potasio y del litio. En los ciegos de azul y amarillo naturalmente está acertado el otro extremo del espectro, de modo que no perciben las líneas moradas del cobre ó del rubidio, ni las azules del indio, cesio ó estroncio. Aun el espectro intenso producido por el alambre de magnesio candente deja de producir la impresión de claridad en las partes imperceptibles para los ciegos de colores.

En la figura, el número 1 corresponde al espectro solar y presenta las rayas oscuras de Fraunhofer que sirven para determinar el sitio de las de color de los metales.

Cuando se trata de averiguar simplemente, si una persona ve todo el espectro, ó si lo ve acertado, puede emplearse el mecanismo de los *espectros reticulares* de Rose; luego queda por averiguar, si el acertamiento afecta el extremo rojo ó el morado ó ambos á la vez.

Otro método de examinar la vista de los ciegos de color es el de los *discos de Maxwell*, que es engorroso y exige mucho tiempo, así es que se usa muy poco, á pesar de la simplificación que ha sufrido en manos del oftalmólogo ruso *Voinov*.

*Donders* ha discurrido un método para determinar el grado de perceptividad para los colores, fundado en el mismo principio como se determina la agudeza visual, es decir, averiguando la distancia desde la cual una persona distingue el color de discos pequeños de papel pintado. *Dor* (escala para medir la agudez de la visión cromática, Paris, 1878) ha intentado simplificar el método de *Donders*, sin conseguirlo, á mi entender. *Landolt* propone para el mismo objeto el uso de un disco de Maxwell, á cuyo blanco puro añade un sector colorado de diferentes dimensiones.

Conociendo ya los diferentes métodos de investigación, vamos á ver cómo se aplican. En lugar de indicar la marcha de la investigación en un cuadro sinóptico, verificaremos prácticamente un exámen real sobre la persona de este caballero que es el óptico Sr. F. Empezaremos por someterle á la prueba de Holmgren. La muestra es una hebra de lana de color verde claro. Ya ven todos

las hebras que saca de la colección como semejantes á la muestra; una es verde oscura, otra es pardo amarillo oscuro y cinco son grises. Por consiguiente el Sr. F. es ciego de verde y rojo.

Una repetición de la prueba da los mismos resultados. Dos veces ha sacado una hebra encarnada, desechándola luego.

Démosle una muestra rosa. Él añade tres hebras purpúreas, una morado

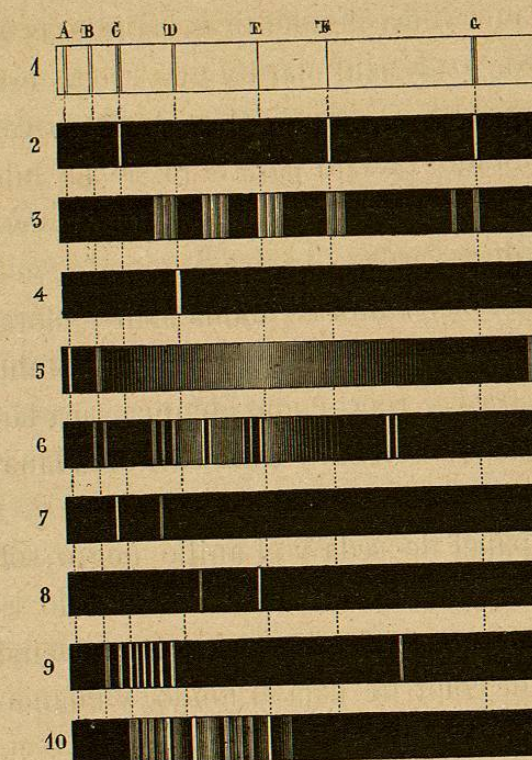


FIG. 89.—ESPECTROS DE GASES Y VAPORES.

1. Espectro solar.—2. Hidrógeno.—3. Óxido de carbono.—4. Vapor de sodio.—5. Potasio.—6. Cesio.—7. Litio.—8. Talio.—9. Estroncio.—10. Bario.

claro, una azul muy claro y otra verde azul oscuro; por lo tanto debe ser ciego de verde.

A la muestra roja añade un rojo más oscuro y dos verde amarillos muy claros, confirmándose así su ceguera de verde.

Enseñémosle la tabla de Holmgren. Al lado de verde claro coloca encarnado; con rosa junta verde, con rojo verde claro, lo cual corrobora su ceguera de verde.

Vamos á enterarnos de su terminología de colores. Entre el gran número