

poco más ó ménos la condicion de identidad de que más arriba hemos hablado.

Hoy se ha convenido en tomar por unidad para los experimentos fotométricos la luz de la lámpara Carcel, que quema 42 gramos de aceite de colza refinado por hora, y cuya mecha tiene tres centímetros de diámetro. De los experimentos comparativos hechos resulta que la potencia lumínica de esta luz equivale á 8 ó 9 veces la de una bujía esteárica que queme 10 gramos.

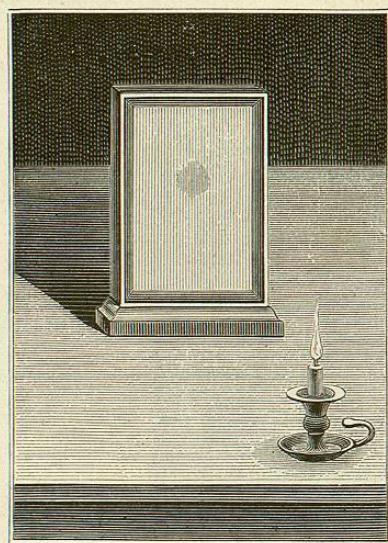


Fig. 174.—Fotómetro de Bunsen; mancha vista por reflexion.

La figura 172 representa el fotómetro de Rumford, el cual está basado en la circunstancia de que, si las sombras que produce en una misma pantalla un cuerpo opaco alumbrado por dos luces diferentes son de igual intensidad, las potencias lumínicas de estas dos luces son iguales, cuando estas se hallan situadas á la misma distancia de la pantalla, ó están en razon inversa de los cuadrados de estas distancias cuando se encuentra una luz más apartada que otra.

Supongamos que se quiera comparar las intensidades luminosas de una luz de gas y de una bujía ordinaria. Para ello se colocará verticalmente delante de una pantalla de papel blanco una varilla negra cilíndrica, y se situarán las dos luces de modo que las dos sombras de la varilla se proyecten sobre el papel casi una junto á otra. Hecho esto, se aparta poco á poco la luz que dé la sombra más intensa, hasta que no se note diferencia entre las intensidades de las sombras. Para juzgar mejor de la igualdad de estas, se mira la pantalla por la cara opuesta á la iluminada directamente por ambas luces;

en este momento, las partes luminosas de la pantalla reciben los rayos de las dos á la vez al paso que cada sombra sólo está iluminada por una de ellas; y por consiguiente, la igualdad de sus tonos indica la de las iluminaciones de la pantalla por cada foco de por sí, estando entónces las intensidades luminosas de estos focos en razon inversa de los cuadrados de sus distancias á la pantalla.

El fotómetro de Ritchie (fig. 173) consiste en un tubo dado interiormente de negro, que lleva en su parte media dos espejos $m m'$, con una inclinacion de 45° , pero en sentido contrario. La cara superior del tubo tiene, enfrente de los espejos, una abertura que se tapa con una lámina tenue diáfana $ac b$, por ejemplo, con una hoja de papel untada de aceite. Las dos luces que se han de comparar están situadas á uno y otro lado de modo que cada una de ellas envíe un haz luminoso al espejo correspondiente. La reflexion despide verticalmente estos haces, uno sobre la mitad ac y otro sobre la cb de la lámina, y entónces se aparta la luz más viva hasta que la vista juzgue que las dos mitades están alumbradas por igual. Tomando la

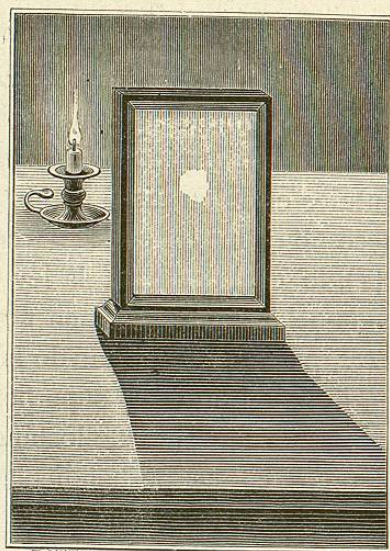


Fig. 175.—Mancha vista por transparencia

razon inversa de los cuadrados de las distancias LO , $L'O'$, se tiene la de las intensidades luminosas de las dos luces. A veces se sustituyen los espejos por dos cartones blancos, suprimiéndose entónces la lámina diáfana que tapa la abertura ab .

Si se hace una mancha en una hoja de papel blanco con una gota de cera ó de ácido esteárico,

y se extiende la hoja sobre un marco, se tiene el sencillo fotómetro de Bunsen. Cuando se alumbrá una cara de la hoja, esta cara, vista directamente por reflexion, presenta una mancha oscura sobre fondo luminoso; vista por el otro lado por trasmision ó sea al trasluz (fig. 175), la presenta clara sobre fondo oscuro. Si dos luces de intensidad desigual alumbran á la vez las dos caras del cuadro, la mancha parecerá oscura del lado del foco más luminoso, y clara del

lado del más débil. Por último, si las luces son de igual intensidad ó si la más fuerte está á una distancia que compense esta desigualdad, la mancha desaparecerá; y la hoja de papel parecerá uniformemente iluminada. Con dos espejos que tengan la misma inclinacion á cada lado del marco se puede juzgar simultáneamente de la desaparicion de la mancha de las dos caras de la hoja.

El fotómetro de Bouguer (fig. 177) está ba-

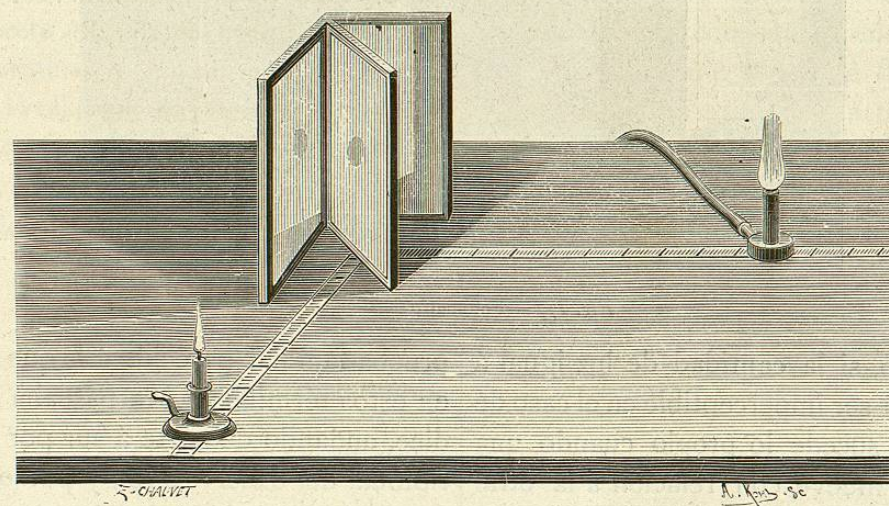


Fig. 176.—Experimento con el fotómetro de Bunsen

sado en la igualdad de brillo de dos porciones de una misma superficie alumbradas separadamente por cada foco. Una pantalla opaca impide que la luz del uno llegue á la parte de superficie iluminada por el otro. Esta superficie es una hoja de papel dada de aceite ó un cristal raspado. Leon Foucault empleaba con preferencia una placa de porcelana muy homogénea y bastante delgada para ser diáfana. Las dos porciones alumbradas aisladamente sólo están separadas por una estrecha línea de sombra producida por la pantalla, ó (fig. 178) por una línea luminosa que marca el espacio iluminado á la vez por ambos focos. En uno y otro caso, el ojo situado detrás puede apreciar fácilmente el momento en que hay igualdad de brillo, obtenida la cual, se deducen las intensidades luminosas de sus distancias á la placa de porcelana.

Nos limitaremos á la descripcion de esta clase de fotómetros, que pueden servir para comprobar la ley del cuadrado de las distancias. Esta comprobacion es muy sencilla; basta poner por una parte una sola bujía, y entónces se ve que es preciso poner cuatro á doble, y

nueve á triple distancia para obtener ó la igualdad de sombras en la pantalla, ó la de las partes iluminadas de la placa de porcelana (1).

Si se emplean dos luces iguales, dos bujías por ejemplo, y se pone una de ellas ocho veces más léjos de la pantalla que la otra, vése que la sombra proyectada por la primera desaparece. A esta distancia la intensidad luminosa es 64 veces menor que la otra. Bouguer, que hizo este experimento, deduce de él que nuestra vista

(1) Debemos por lo ménos hacer aquí mencion de los experimentos efectuados por Arago para establecer un método fotométrico con un aparato de su invencion. El ilustre fisico basó este método en la ley formulada por Malus que regula la intensidad de las imágenes dadas por un haz de luz polarizada, cuando se cambia entre 0° y 90° el ángulo de las secciones principales de los cristales birefringentes, polarizador y analizador. Estas intensidades varían como los cuadrados de los cosenos del ángulo, diciéndose por abreviacion *la ley de los cosenos cuadrados*. Arago empezó por comprobar experimentalmente la exactitud de esta ley, y para conseguirlo, comparó con su fotómetro la luz reflejada por una lámina de caras paralelas con la luz trasmitada por la misma lámina para incidencias iguales. Advirtió que cuando un haz de luz es en parte reflejado, y en parte transmitido por una sustancia trasparente, no hay pérdida de luz en esta doble operacion. Advirtió también que no se extingue luz alguna en la reflexion total, segun lo habia creído y afirmado Bouguer. Tan luégo como Arago hubo demostrado la ley de Malus, valiése de ella para el estudio de varias cuestiones de fotometría astronómica, por ejemplo para comparar la intensidad luminosa de los bordes del disco solar con la del centro, para medir las intensidades de las luces estelares, etc.

no puede percibir una luz de cualquier intensidad en presencia de otra luz 64 veces más fuerte. Esto explica por qué las estrellas son invisibles de día, por qué desde una habitación muy iluminada no vemos de noche por las ven-

tanadas nada de lo que pasa fuera, y por qué, cuando el Sol brilla en todo su esplendor, no vemos desde la calle lo que hay en una habitación.

El experimento de Bouguer no estaba com-

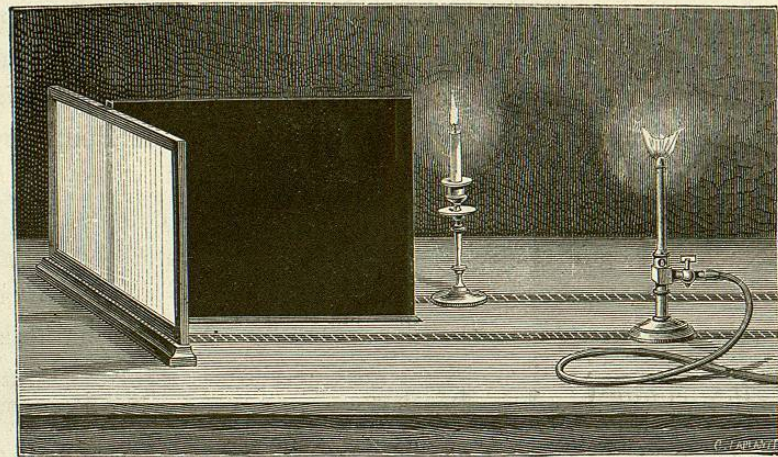


Fig. 177. — Fotómetro de Bouguer

pleto. En efecto, si la cantidad de luz igual á un 64° la llega á ser imperceptible en el caso de inmovilidad, no sucede lo propio cuando una de las luces se mueve con relacion á la otra. Fácil es cerciorarse de ello valiéndose de una

prueba familiar parecida á la que Arago cuenta en estos términos: «Me paseaba al medio día, dice, andando de norte á sur por la azotea meridional del observatorio, y por lo tanto toda la parte del embaldosado situado al sur de mi

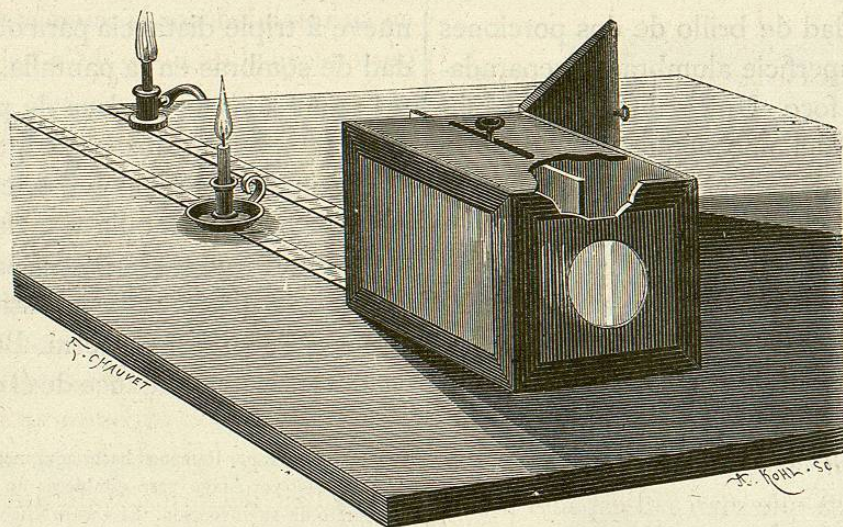


Fig. 178. — Fotómetro de Leon Foucault

cuerpo estaba alumbrado de lleno por la luz directa del Sol; pero las vidrieras de las ventanas de los establecimientos situados á mi espalda reflejaban los rayos del astro; habia pues una imagen secundaria, una especie de sol artificial puesto al norte, cuyos rayos, viniendo á mi encuentro, debian formar una sombra dirigida de norte á mediodía. Naturalmente, esta sombra era muy débil, puesto que la iluminaba la luz directa del Sol, y por consiguiente sólo se la

podía advertir comparando dicha luz directa con la situada al lado, compuesta de esta misma luz directa y de los rayos, bastante débiles, reflejados por las vidrieras. Pues bien, si yo permanecía inmóvil, no se veía ningun indicio de sombra; si hacia un ademan con los brazos ó un movimiento brusco con el cuerpo produciendo un desvío perceptible de la sombra, al punto se notaba la imagen de los brazos ó del cuerpo.»

Con los anteojos de gran amplificación se ve cómo se desvian rápidamente las estrellas en virtud del movimiento diurno, observacion que puede hacerse tanto de día como de noche, procediendo principalmente esta visibilidad en pleno día de que subsiste la intensidad del punto luminoso, sea cualquiera la amplificación, al paso que el campo del antejo en que dicho punto se proyecta, se oscurece á causa de esta misma amplificación. Arago creia que la movilidad de la estrella en el campo visual debia contribuir á esta visibilidad, pero Bessel no admitia semejante influencia.

Bouguer y Wollaston han tratado cada uno de por sí de comparar la luz del Sol con la de la Luna llena, tomando por término de comparación la luz de una bujía, y ambos han dedu-

cido que la luz del Sol equivale á las luces reunidas de unas 5,600 velas situadas á 30 centímetros de distancia. La de la Luna es, segun Wollaston, igual á la 144.^a parte de la de una vela colocada á 3^m,65, de lo cual ha deducido, en virtud de un cálculo fácil, que la luz del Sol viene á ser igual á 800,000 veces la de la Luna llena, cifra que sólo llega á 300,000 en concepto de Bouguer. Arago añade refiriéndose á la cantidad deducida por Wollaston y que difiere tanto de la del físico francés: «No puedo decir en qué consiste la enormidad de este número comparado con el de Bouguer, porque el método empleado era exacto y la observacion de incontestable habilidad.» ¿Qué deberemos deducir de esto sino que hay que estudiar de nuevo el problema?

CAPITULO XVII

EL OJO Y LA VISION

I

DESCRIPCION DEL ÓRGANO DE LA VISTA EN EL HOMBRE

Todos los numerosos y variados fenómenos que acabamos de describir se refieren á la propagacion de la luz en diferentes medios y á las modificaciones que sufre, ya por lo que á su intensidad se refiere ó ya por lo que respecta al color, cuando se cambian las condiciones del curso seguido por los rayos luminosos. Hasta aquí apenas hemos tenido en cuenta el modo cómo afectan á nuestros órganos todos estos fenómenos, ni la marcha que la luz sigue cuando cesa de pertenecer, por decirlo así, al mundo exterior para convertirse en fenómeno interno.

¿Cómo se efectúa este paso? ¿Qué trasformacion media para que un movimiento vibratorio, como el de las ondas del éter, llegue á producir la sensacion de la vista en el hombre y en los animales? ¿En qué consiste que ciertas variaciones en la amplitud ó velocidad de las vibraciones originen cambios correspondientes en la intensidad de la luz y en los colores de los cuerpos? Cuestiones son estas no resueltas

en su totalidad por la ciencia, y que más bien pertenecen al dominio de la fisiología que al de la física.

Lo que se sabe, lo que la observacion ha permitido estudiar de un modo positivo, es la marcha de los rayos luminosos en el ojo, desde el momento en que penetran en este órgano hasta el en que, llegando á los nervios, se transmite al cerebro la sensacion que producen, determinando en él la sensacion de la vista. En este trayecto, los rayos luminosos obedecen á las conocidas leyes de la propagacion de la luz en medios de forma y densidad variables; en este asunto sólo se trata de fenómenos de simple refraccion.

El ojo no es ni más ni menos que una cámara oscura, cuyo orificio lleva en su parte anterior un vidrio transparente y en la posterior una lente, y cuyo fondo está cubierto por una membrana que sirve de pantalla en la cual se estampan, pero al revés, las imágenes de los objetos externos. Describamos algo detalladamente este admirable órgano.

El ojo humano está, como es sabido, encajado en una cavidad del cráneo llamada *órbita*;