

ran muy pronto la superficie del espejo, y por último, cuando hay que bruñirla de nuevo, la superficie misma sufre alteraciones por lo que hace á su forma geométrica, necesitando nuevos retoques.

Sin embargo, ya hemos visto que la innovación introducida por Leon Foucault obvia en parte estos inconvenientes, y en especial el último, por cuanto la superficie del cristal no experimenta alteración alguna cuando se ha de renovar la capa de plata.

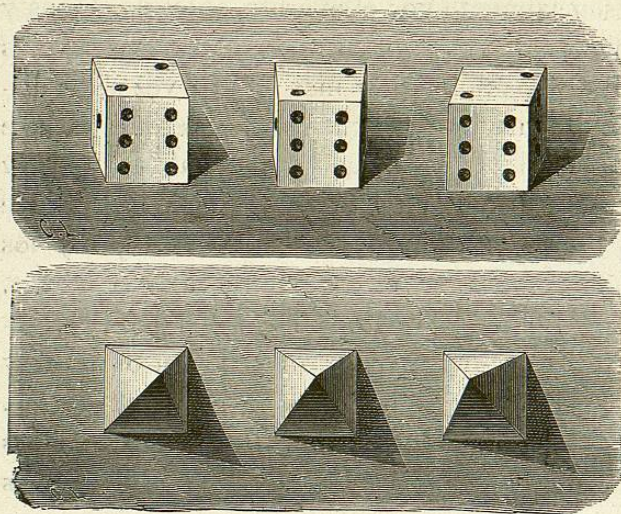


Fig. 278.—Diferencia entre la vision monocular y la bi-ocular

Pero los anteojos tienen también sobre los refractores la ventaja de que la columna de aire contenida en el tubo entre el ocular y el objetivo queda á cubierto de las perturbaciones procedentes de las desigualdades de la temperatura. En un telescopio reflector dicha columna está en comunicacion con el exterior, lo cual es un grave inconveniente. Los astrónomos Pablo y Próspero Henry han ideado una disposición que la suprime y que, por este concepto, equipara el telescopio con los anteojos. Véase cómo explican las razones que les han inducido á construir un nuevo telescopio catadióptrico.

«Se ha discutido con frecuencia, dicen, la cuestion relativa á la superioridad de los anteojos sobre los telescopios, sin que se haya resuelto hasta el presente.

»Teóricamente y en razon de su acromatismo perfecto parece que los telescopios de reflexion debieran prevalecer en cuanto á nitidez y perfecta reproduccion de las imágenes sobre los anteojos con los cuales es casi imposible, dado el estado actual de la ciencia, evitar la aberración secundaria de refrangibilidad.

»Sin embargo, en la práctica sucede lo contrario; desde el punto de vista del poder óptico, los anteojos han sido siempre superiores á los reflectores. Esta anomalía, atribuida á distintas causas, ha llamado vivamente la atención de los astrónomos y sido siempre para ellos motivo de preocupacion.

»Nosotros hemos hecho muchísimas pruebas para averiguar de qué dimanaba esta inferioridad de los telescopios, y de nuestras indagaciones ha resultado que la falta de nitidez, ó más bien la inestabilidad de las imágenes producidas por esta clase de instrumentos consiste casi exclusivamente en que se introducen en el tubo masas de aire de densidades desiguales, procedentes del exterior, y en que permanecen en él arremolinándose. Los rayos incidentes y reflejados sufren gran perturbacion al atravesar aquel medio heterogéneo, de suerte que sólo llega al ojo del observador una imagen confusa.

»Habíase sospechado ya esta causa de perturbacion, y se habian propuesto también varios medios para remediarla. Por ejemplo, se discurió que practicando aberturas en la parte inferior del tubo del telescopio, resultaria un equilibrio de temperatura más completo entre el aire contenido en el tubo y el aire exterior, pero lo cierto fué que, en tales condiciones, las imágenes se han mostrado siempre más confusas que ántes.

»Háse aplicado á varios instrumentos otro procedimiento, preferible á nuestro modo de ver, y en especial al telescopio de M. Lassell y al de Melbourne; consiste en suprimir el tubo, por decirlo así, no conservando de él sino la porcion estrictamente necesaria para unir con firmeza el espejo objetivo y el ocular, sistema que sólo es eficaz en tiempo bonancible; pero si sopla la brisa más leve, las imágenes parecen agitadas.

»Los telescopios tienen otro defecto grave, que los hace muy incómodos y restringe su uso sobremanera. Este defecto consiste en que la superficie reflectora de los espejos se empaña muy pronto por efecto del contacto del aire, de la humedad, del polvo, etc. De estas varias causas de alteracion resulta una pérdida sensible de luz, que obliga á bruñir con frecuencia la superficie del espejo.

»Para allanar todos estos inconvenientes, se ha tratado naturalmente de rodear al telescopio de las mismas condiciones que al antejo, cerrando al efecto herméticamente el tubo con una lente de cristal tallada de tal suerte que no amengüe en nada el poder óptico del instrumento.

»Nosotros hemos procurado hacerlo así del modo siguiente:

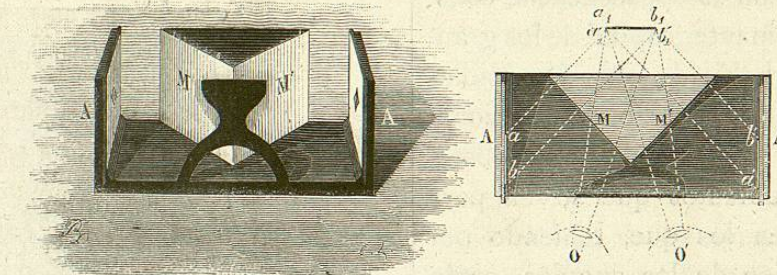


Fig. 279.—Estereoscopio de reflexion de Wheatstone

dad del microscopio ocular que en nuestro instrumento está sólo formado de vidrios simples. La pérdida de luz que resulta de la adición de la lente, que puede ser muy tenue, es casi despreciable, y como dicha lente es plana, según hemos dicho, no exige que la imagen se forme rigurosamente en su centro. Tanto ella como el espejo han sido retocados por el método de Foucault, á fin de constituir un sistema óptico enteramente exento de aberración de esfericidad.

»Asestado este instrumento al cielo, ha dado resultados notables. Con él se ha podido desdoblarse siempre la estrella *sigma* de Cáncer, cuyas dos componentes sólo distan $1''.5$ entre sí; se veía fácilmente la compañera de Rigel, y la imagen de cualquier estrella brillante ha parecido siempre más fija en este telescopio que en otro de igual abertura, pero construido del modo comun.»

El que quisiera tener idea exacta de los importantes servicios que los telescopios han prestado de dos siglos á esta parte á las ciencias de observacion y más especialmente á la astronomía, debería consultar la historia de estas mismas ciencias; á cada página se detendría asombrado ante la magnitud de los resultados. Pero no debería limitarse á pasar revista á las curiosidades, á las maravillas del cielo ni contentarse con sondear las profundidades de los espacios infinitos en los que brillan los sistemas estela-

»En la abertura de un telescopio newtoniano de espejo de vidrio plateado, de $0^m,10$ de diámetro y $0^m,60$ de distancia focal, hemos puesto una lente de crown-glass del mismo tamaño que el espejo y ligeramente cóncava. Esta forma reúne muchas ventajas: evita la duplicidad de la imagen, á la verdad muy débil, que resultaria de la interposicion de un vidrio plano; además, destruye la aberración de refrangibili-

res y las nébulas; sería menester que estudiara detenidamente los progresos que merced á estos instrumentos ha hecho la astronomía de precision, así como que fijara su atención en las sublimes teorías que en la actualidad explican todas las leyes de los movimientos celestes, considerando el universo entero como un sistema de cuerpos que actúan unos sobre otros, sistema que ofrece á los geómetras, en escala infinita, como la aplicación más admirable de los teoremas de la mecánica racional.

El público, que por lo comun, sólo conoce de oídas los trabajos de los observatorios, no puede darse cuenta de su importancia relativa, y está siempre dispuesto á colocar en primer término las observaciones á propósito para excitar su curiosidad. Aplicar el ojo al ocular de un telescopio de mucho alcance, contemplar *de visu* los fenómenos cuya descripción ha leído, ó cuyas reproducciones más ó menos fieles ha admirado en los grabados, es para él el logro de sus aspiraciones, el ideal del astrónomo improvisado ó aficionado.

Y lo cierto es que por grande que haya sido en lo pasado y pueda ser en lo futuro la aplicación de los instrumentos de óptica á los estudios de astronomía física, no es comparable con los servicios que estos mismos instrumentos han prestado á la astronomía de precision. La averiguacion de las posiciones de las estrellas fundamentales, que se ha podido hacer con per-

feccion siempre creciente gracias á los grandes instrumentos meridianos, las observaciones de los planetas, de la Luna, y del Sol, han proporcionado á la teoría del sistema del mundo datos cada vez más seguros, han permitido que se calculen tablas de las posiciones futuras de esos astros, teniendo en cuenta las influencias recíprocas que sus masas ejercen entre sí. Esos trabajos prolijos, esas observaciones delicadas, esos cálculos laboriosos que son su consecuencia, constituyen la tarea culminante, capital de los grandes observatorios, y hubieran sido imposibles sin el concurso simultáneo de los perfeccionamientos introducidos en los métodos de observación, en los instrumentos que sirven para medir el tiempo, y en los que, teniendo por objeto la determinación de los ángulos, están basados en las leyes rigurosas de la óptica.

Las teorías de la mecánica celeste, profundizadas y desarrolladas de continuo, son el resultado magnífico de esta aplicación de la óptica á la astronomía (1).

Mas aún cuando las conquistas que los anteojos y telescopios han hecho por otros conceptos no parezcan tener gran importancia desde el punto de vista de la ciencia pura, tampoco dejan de ser brillantes y fecundas. Las primeras aplicaciones de los anteojos, que en sus comien-

(1) Aparte de su aplicación á los estudios astronómicos, los anteojos son de un uso precioso en los trabajos en que se requiere medir ángulos con toda exactitud, como los de la geodesia. Propiamente hablando, los instrumentos son los mismos en una y otra ciencia y los instrumentos comunes á ambas. Así es que los geodestas se sirven del anteojo meridiano como los astrónomos, sólo que su construcción está algo modificada con objeto de hacer portátil el instrumento. El *teodolito*, representado en la fig. 277, sirve para medir la altura angular de un punto ó de un astro sobre el horizonte á la vez que para determinar su azimut, es decir, el ángulo que forma el plano vertical en el que se encuentra este punto en el momento de la observación con un plano que sirve de origen y que es, ora el plano meridiano, ó más bien un plano perpendicular al meridiano, el *primer vertical*. La leyenda de la figura bastará para que se comprenda cómo se consigue uno y otro objeto con el teodolito.

zos fueron de bien modesto alcance, ensancharon de pronto los límites del cielo circunscrito hasta entónces á los objetos visibles á la simple vista. Cuando tres siglos atrás asestó Galileo al cielo el anteojo que acababa de construir, se quedó sorprendido al ver el considerable aumento en el número de las estrellas, sobre todo

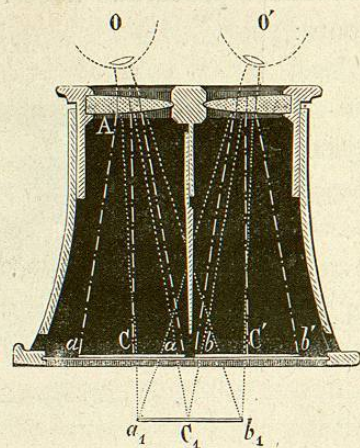


Fig. 280.—Vista interior del estereoscopio de refracción

junto á la Vía láctea, cuya verdadera composición le reveló aquel instrumento. Las manchas del Sol, los satélites de Júpiter, las fases de Vénus fueron otros tantos fenómenos nuevos que debían estudiar los astrónomos. Sucediéronse los descubrimientos unos á otros á medida que los ópticos conseguían aumentar el alcance de los instrumentos, y como era consiguiente, se inventaron nuevos métodos de investigación. En otro lugar hemos descrito los resultados que se obtuvieron de la aplicación del análisis espectral á la luz de los cuerpos celestes. A ellos hay que agregar los que ha dado la fotografía, de la que hablaremos en los capítulos siguientes. Estas dos ramas de la Óptica aplicada á la Astronomía han adquirido hoy tal desarrollo, que los astrónomos las consagran casi exclusivamente su tiempo y los recursos de sus observatorios.

CAPÍTULO V

EL ESTEREOSCOPO (1)

I

LA VISION EN RELIEVE.—EL ESTEREOSCOPO DE REFLEXION DE WHEATSTONE

Quando examinamos sin otro auxilio que el de nuestros ojos un árbol, un paisaje, un monumento, no tan sólo tenemos la sensación de un cuadro, es decir una representación plana de los objetos que se pintan en nuestra retina; sino también la impresión, clara y definida, del relieve de los objetos, de sus distancias desiguales, de los espacios que los separan; la profundidad del espacio es una sensación intuitiva que resulta simplemente del fenómeno normal de la visión.

¿Cómo es que los cuadros pintados no producen semejante sensación, por grande que sea el mérito del artista que los ha ejecutado, y la fidelidad de la perspectiva, de los contornos de los objetos, del colorido y de sus tonos? Mucho talento se necesita para dar vida y movimiento á un cuadro, profundidad á un paisaje, pero aunque el pintor lo consiga, la ilusión del relieve dista mucho de igualar á la naturaleza.

Mucho tiempo ha transcurrido sin que se tuviera en cuenta la diferencia que existe entre la representación plana y la vista real, ó sea la visión en relieve. Y sin embargo hay un medio muy sencillo de averiguar la causa. Si después de observar un objeto real con los dos ojos, se le examina con uno solo, sea el derecho ó el izquierdo, desaparece al punto el relieve, la sensación de profundidad, ó á lo menos se atenúa en gran parte. El paisaje real parece entónces una pintura cuyos varios términos se confunden. Sin embargo, esta diferencia entre la

visión ordinaria ó binocular y la monocular es casi insensible respecto de los objetos remotos; y bastante marcada respecto de los próximos, llegando á su máximo con relación á los que están en primer término.

Sentado este primer punto, veamos qué sucede cuando se examina un objeto de relieve con un solo ojo. Cualquiera puede comprobarlo de un modo muy sencillo. Tomemos por ejemplo un cubo, un dado ó una pirámide cuadrangular (fig. 278).

Situémoslos en el plano que pasa por la línea media de entrambos ojos, y miremos cada uno de ellos con los dos ojos: las dos figuras A y B representarán los dos objetos vistos de este modo. Cerremos el ojo izquierdo, y el aspecto cambiará. La cara lateral de la derecha del dado A' parecerá mayor, mientras que la de la izquierda habrá desaparecido; las caras laterales de la pirámide B' serán de desigual tamaño aparente, estando la mayor á la derecha. Si cerramos el ojo derecho sucederá lo contrario, como lo muestran las figuras A'' y B''.

Se pueden hacer mil experimentos análogos con los objetos más ó menos remotos que se tienen delante, reconociéndose que la vista con el ojo derecho solo descubre partes que permanecen ocultas cuando se mira únicamente con el izquierdo. Debe deducirse de esto que en cada retina, derecha é izquierda, se pinta una imagen diferente del mismo objeto, de suerte que debería resultar una doble imagen para la visión monocular. Pero la experiencia prueba que no es así, que estas dos imágenes se superponen produciendo una sola sensación en la que se encuentran reunidas las partes componentes de las imágenes. La vista completa ó normal envuelve los objetos en relieve, por decirlo así, y tanto más cuanto más próximos están.

Júzguese por esto la necesidad de acomodar el órgano visual, según las circunstancias, para

(1) La costumbre generalmente admitida de dar este nombre al instrumento de que se va á tratar, nos induce á escribirlo así, por más que atendiendo á su etimología, debiéramos decir *estereoscopio*, por ó cosmo que decimos telescopio, microscopio, espectroscopio, grolariscopio, etc. (N. del T).