

*Al Sr Don Juan María
Aguiar cefecturo de medicina
El Traductor*

TRATADO ELEMENTAL
de DE
OFTALMOSCOPIA, OPTOMETRÍA
Y
REFRACCION OCULAR.

625/A

TRABAJOS DEL MISMO AUTOR.

De la Greffe animale et de ses applications à la chirurgie, ouvrage couronné (médaille d'argent) par la Faculté de Médecine de Paris. 1 vol. in 8.º de 160 pages avec planches, Paris 1876.

Notes sur un cas de luxacion sous-conjuntivale traumatique du cristallin (Gazzette Médicale de Bordeaux, Juin 1878).

De l'opération de la cataracte chez les diabétiques, avec une observation suivie de succès. (Journal de Médecine de Bordeaux, novembre 1878).

Observation du cancer encéphaloïde de la retine et du nerf optique, Brochure in-8.º de 25 pages avec figures intercalées dans de texte. Paris 1879.

DE

OFTALMOSCOPIA, OPTOMETRIA

Y

REFRACCION OCULAR

Rejida conforme al sistema métrico y con la equivalencia á
la pulgada de Paris.

POR

ENRIQUE ARMAIGNAC

DOCTOR EN MEDICINA Y CIRUJÍA
Y LAUREADO (CON MEDALLA DE PLATA) POR LA FACULTAD DE PARÍS, EX-JEFE DE LA CLÍNICA
OFTALMOLÓGICA DEL DR. SICHEL Y PROFESOR DE OFTALMOLOGÍA
EN LA ESCUELA PRÁCTICA DE LA FACULTAD DE MEDICINA DE PARÍS, MIEMBRO TITULAR
DE LA SOCIEDAD DE MEDICINA Y DE CIRUJÍA DE BURDEOS, ETC., ETC.

VERTIDA AL CASTELLANO

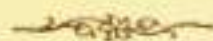
de la primera edicion francesa corregida y anotada por su autor
para la edicion española

POR EL DR. RODOLFO DEL CASTILLO Y QUARTIELLERZ,

PROFESOR LIBRE DE OFTALMOLOGÍA,
EX-INTERNO POR OPOSICION DE LA FACULTAD DE MEDICINA DE LA UNIVERSIDAD
LITERARIA DE SEVILLA, EX-JEFE DE LA CLÍNICA OFTALMOLÓGICA DEL
DR. DEL TORO. DIRECTOR DE LA «ANDALUCIA MÉDICA» ETC., ETC.



BARCELONA.



ESTABLECIMIENTO TIPOGRÁFICO DE JOSÉ MIRET.

Calle de Córtes (Gran via), 289 y 291, Ensanche.

1882.



Á MI QUERIDO AMIGO Y COMPAÑERO

D. Genaro La-Calle y Cantero

En testimonio de imperecedera y buena
amistad.

Dr. Rodolfo del Castillo.

Córdoba 1.º de Junio de 1882.



Al Sr. Dr. D. Rodolfo del Castillo.

MUY SR. MIO Y DISTINGUIDO COMPROFESOR: Es para mí un insigne honor el ver mi libro traducido á un idioma que tanto quiero y por una persona de su alta ilustracion que á una gran ciencia médica une esa otra cualidad no menos útil que se llama la experiencia clínica. La oftalmología es una importante parte de la medicina, pero está hoy tan adelantada que puede casi considerarse como una ciencia especial, aunque de ningun modo puede separarse de la medicina general que le sirve de base, y, en muchas ocasiones, facilita el diagnóstico y dá las indicaciones precisas del tratamiento. No es extraño por consiguiente que los especialistas mas renombrados hayan sido al mismo tiempo médicos eminentes. Pero si la oftalmología pide algunas veces á la medicina general el apoyo de sus conocimientos, en várias ocasiones tambien el oftalmoscópio hace revelaciones inesperadas y descubre enfermedades que hasta entonces habian pasado desapercibidas, así sucede con la glucosuria, la albuminuria, la sífilis, las afecciones cerebrales, la ataxia etc., etc.

Sin duda V. sabrá, por haberlo experimentado al principio de sus estudios, cuantas dificultades se presentan al médico ó al estudiante que empieza á servirse del oftalmoscópio ó á estudiar la refraccion ocular.

Se han escrito ya muchos libros completos ó elementales sobre esas materias, y no tengo la pretension de haber hecho una obra original pues sería muy difícil por lo poco que queda que modificar ó descubrir.

Sin embargo el modo de presentar las cosas me ha parecido defectuoso en la mayor parte de los libros clásicos, y para allanar esta dificultad he hecho grandes esfuerzos para dar al público una obra que tuviera menos defectos que las de mis predecesores.

La oftalmoscopia y la optometría, basadas sobre las ciencias matemáticas, no siguen como las demás partes de la medicina los caprichos de la moda ó del empirismo, y lo que era cierto ayer lo será tambien mañana. No quiero decir por eso que no pueda haberme equivocado y haber cometido errores de inter-

pretacion, porque aunque en el aparato óptico y en el mecanismo de la vision cambia á cada momento el funcionamiento del primero, permanecen siempre inmutable las leyes que antes lo regian.

La oftalmología puede dividirse en dos partes: la primera práctica, la segunda teórica y experimental. La última ayuda á la primera pero no es indispensable al médico, quien puede perfectamente pasar sin ella ó al menos contentarse con poner en práctica sus deducciones, pues del mismo modo que la patología general aplica á la medicina las leyes y descubrimientos de la fisiología, la oftalmología práctica encuentra en la parte teórica la explicacion de los diversos fenómenos que suelen presentar los enfermos.

En mi obra he querido ante todo ser útil á los que empiezan á estudiar nuestra especialidad y á los que quieran darse cuenta de lo que observan.

En la *Introduccion*, verá el lector más detalladamente cuál es mi objeto. Por ahora me contento con solicitar toda su indulgencia si encuentra todavía errores que hayan pasado desapercibidos. Para la edicion española de que tengo el honor, dedicarle, he revisado y corregido enteramente la edicion francesa, de modo que esta será muy superior á la primera y podrá ser considerada como una segunda edicion.

Le agradezco muchísimo, querido profesor, la aptitud y talento que ha demostrado en este trabajo, que le ha parecido digno de figurar en la literatura española.

Quedo reconocido de su amabilidad é ilustracion que no le agradecerá lo bastante su afmo. S. S. Q. B. S. M.

Dr. H. ARMAIGNAC.

Burdeos 1.º de Enero de 1882.

INTRODUCCION.

Al reunir las notas que me sirvieron para el curso que expliqué en la Escuela práctica de la facultad en 1876 y 1877, no lo hice con intencion de que constituyeran los fundamentos de un libro que viese la luz de la publicidad, á causa del escaso valor que estas tenían toda vez que mis conferencias eran de carácter confidencial, por tratarse de alumnos que venian á iniciarse en la oftalmología. Pero alentado por algunos compañeros, me he decidido á ordenarlas y ampliarlas para que reunidas puedan formar los elementos de las diversas nociones de óptica, oftalmoscopia, refraccion ocular y optometría tan indispensables hoy en las ciencias médicas.

La empresa es árdua y difícil porque la oftalmología exige ciertos conocimientos especiales en física y en matemáticas que asustan con frecuencia á todos aquellos que empiezan sus estudios y es necesario presentar estos conocimientos descartados de toda aridez y muy completos. No ignoramos que los *especialistas* deben estar familiarizados con todas estas dificultades, pero sabemos tambien que al principio se hallan perplejos en la eleccion de autores en los cuales pueden estudiar las diversas partes de la oftalmoscopia y de la optometría: la mayoría de las obras son incompletas é insuficientes para el estudio.

Allanadas estas dificultades que nosotros ya hemos experimentado, hemos querido llenar este vacío y hacer un libro, que aun siendo elemental, pueda ser accesible para todos aquellos que den sus primeros pasos por el estudio de la oftalmología y aspiren á ser especialistas. Queriendo evitar á los principiantes las investigaciones demasiado extensas ó de lectura inútil, reunimos en el primer libro de nuestra obra todas las nociones de óptica que son indispensables conocer. De esta manera en el curso de las demostraciones hemos podido limitarnos á aplicar ciertos principios elementales de física ó de matemática sin vernos obligados á discutirlos ó á explicarlos.

Lo que es supérfluo para el hombre sabio, es indispensable para el principiante y en el curso de esta obra, hemos hecho lo posible por no dejar ningun punto dudoso; lo que nos obliga á algunas repeticiones, por lo cual el lector nos ha de dispensar en obsequio á la claridad. Hemos eliminado con cuidado todo aquello que nos pareció inútil ó algo abstracto por no corresponder á un tratado elemental.

Hemos agregado algunos capítulos sobre ciertas cuestiones para no alterar la homogeneidad de la obra, pero hemos tenido cuidado de prevenir al lector, y al darle estos capítulos lo hemos hecho con bastante independencia para evitar confusiones.

Nuestra obra no está escrita para los príncipes de la ciencia lo que dejamos á plumas más ilustradas que la nuestra, pues solo nos guia el procurar iniciar los conocimientos de la aplicación de las matemáticas á la óptica fisiológica. Algunas veces damos simplemente el resultado de observaciones ó de descubrimientos ya clásicos sin entrar á discutir las fórmulas ó las teorías. Por nuestra parte recomendamos á nuestros lectores que quieran obtener conocimientos profundos en la materia los inmortales trabajos de Helmholtz, Donders, Gavarret, Giraud-Teulon, etc.

Alentado en esta publicacion por el solo deseo de ser útil á los que dan sus primeros pasos por el sendero de la especiali-

dad, hemos procurado esforzarnos en hacer lo posible por simplificar el estudio de la refraccion y reasumir en limitadas páginas el fruto de largas vigiliias y de estudios. Es más difícil en efecto simplificar una cosa complicada que complicar una cosa sencilla.

No siendo la refraccion una rama de la oftalmología, nuestro problema tiene que ser muy reducido y para ello se requiere no olvidar que se ha escrito en esta materia volúmenes enteros de fórmulas algebraicas ó trigonométricas difíciles de dominar.

Nos guardaremos bien de hacer una pomposa exposicion indispensable para el sabio y supérflua para el principiante, á fin de no distraer á este que necesita el tiempo para el ejercicio de la profesion médica. Por esta razon escribimos no solo para los *especialistas*, sino para los médicos en general por más que siempre estos tengan algo de lo primero.

El que ejerce en provincia ó en los partidos, á menudo es consultado ya por jóvenes, ya por ancianos de no ver bien ó de experimentar una fatiga despues de algun tiempo de estar dedicado á la lectura ó trabajos mecánicos.

Si el médico desconoce la optometría y no observa lesion aparente á la simple vista, se encontrará preocupado ante el enfermo ó algun compañero, demostrando su ignorancia lo que produce siempre un mal efecto porque el público sobre todo en provincias exige del médico el conocimiento de todos los ramos del arte de curar. Y como no es posible en poco tiempo conocer profundamente todas las partes de las ciencias médicas, es necesario no obstante saber un poco para las necesidades de la práctica.

Si por medio de una operacion sea de catarata, de iridec-tomia, de estrabismo damos vista á un enfermo ó la mejoramos, queda el reconocimiento; pero si despues de la operacion la vista queda en el mismo estado ó menor que antes, lo que se observa aun en aquellas operaciones mejor ejecutadas,

el paciente no nos perdonará jamás el haberle hecho sufrir sin resultado.

No queremos por esto limitar las operaciones, porque cuando hay que operar, se opera cualquiera que sea el resultado sin tener otro juez que el de nuestra conciencia para efectuar estos actos. Pero si por otra parte ofrecemos al enfermo, sin hacerle sufrir, recobrar su vision con solo un par de gafas, debido esto á un buen exámen optométrico, su recompensa será eterna.

Por esta razon hemos consagrado un capítulo entero á la exposicion de los métodos prácticos y científicos empleados para la construccion de las diversas clases de gafas. Hemos hecho un resúmen de las condiciones de la eleccion y del peligro de su empleo irracional. Esta es una cuestion que no creemos deje de llamar la atencion del médico y sobre todo de los oftalmólogos y es por lo que hemos dado á aquel alguna extension.

No negamos que la óptica es la parte más importante de la oftalmología, y si esta falta en la mayor parte de los tratados de patología, si los alumnos generalmente la omiten cuando estudian las enfermedades de los ojos la razon parece bien sencilla y consiste á nuestro entender en que los autores que escriben estos artículos son casi siempre los matemáticos, los familiarizados con las fórmulas y las demostraciones físicas y matemáticas que no dan explicacion ó demostraciones y desde que se abre un libro se encuentran páginas llenas de proposiciones que tienden á demostrar las fórmulas. Resulta de esto que nos cansamos y terminamos por pasar por alto todo lo concerniente á la refraccion.

Ignoramos ahora si seremos bastante afortunados para salvar todas estas dificultades y procuraremos para ello dar los principios fundamentales de la refraccion tan comprensibles como necesarios sea para el médico. Estos principios conocidos se hacen fáciles cuando de ellos se hace un estudio especial. No obstante nos vemos obligados á hacer ó á apelar á algunas

fórmulas y teoremas matemáticos ó físicos para las demostraciones, pero esto no excederá de la teoría y procuraremos explicarlo. Felices nosotros si lo conseguimos haciendo fácil una ciencia que puede llamarse nueva tan fecunda en aplicaciones y tan desarrollada de dia en dia en los dominios de la medicina.

La introduccion reciente del sistema métrico en oftalmología adoptada por el Congreso internacional de Bruselas (1875) ha cegado una laguna y respondido á una necesidad que se hacia sentir hace mucho tiempo. Era sensible que una ciencia matemática como es la refraccion, careciese de unidad de medida arbitraria variable con cada nacion y diese á los cálculos una complicacion llena de dificultades. La pulgada que servia como distancia focal para la numeracion de las lentes no tenia la misma longitud para París, Berlin ó Londres. Por otra parte, la fraccion de pulgada tan frecuentemente exigidas no son las más sencillas con las adiciones y las sustracciones de reduccion siendo motivos de cálculos fastidiosos; con el sistema métrico donde la unidad y las fracciones decimales pueden agregarse y restarse mentalmente con la mayor facilidad es mucho más ventajoso. En la redaccion de esta obra hemos debido emplear simultáneamente los dos sistemas atendiendo á que la mayor parte de las obras clásicas hasta estos dias son anteriores á la introduccion en oftalmología al sistema métrico. De esta suerte el lector podrá fácilmente comprender los autores é iniciarse al mismo tiempo en el nuevo sistema que es demasiado sencillo y fácil.

La dificultad práctica de la introduccion del sistema métrico en la construccion de las lentes, consiste en que hay un surtido considerable en todos los paises y hasta que no se vendan no puede empezar la nueva numeracion. El material inmenso que sirve á esta industria es costoso y es necesario transformar las fábricas y hasta que esto no se generalice no puede obtenerse.

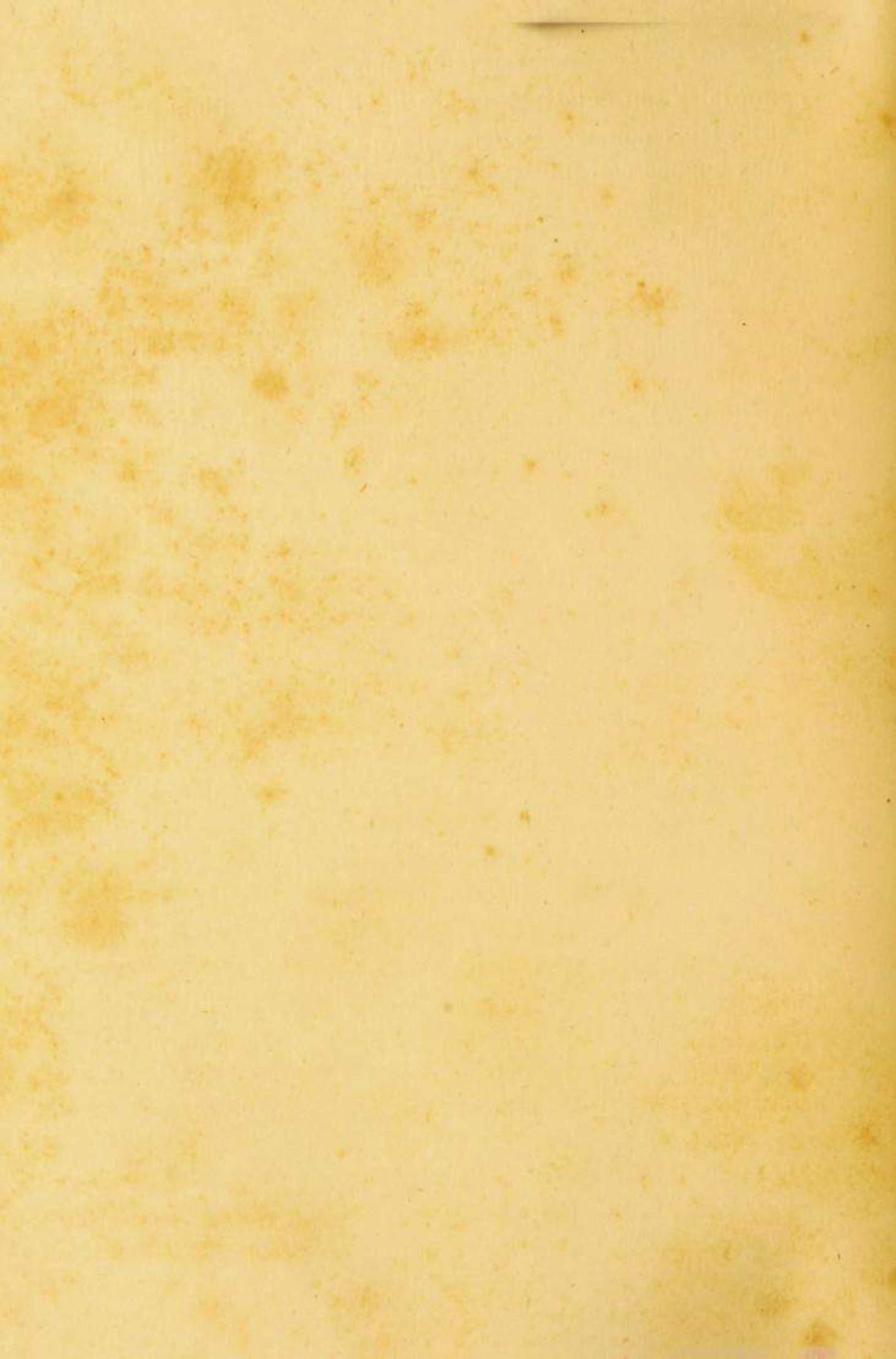
La profesion de óptico, no es siempre ejercida por personas

inteligentes y existen desgraciadamente muchos charlatanes vendedores de lentes que carecen por completo de toda nocion de conocimientos de óptica etc. Los mismos ópticos no se hallan dispuestos á abandonar la rutina para hacer un nuevo aprendizaje aun que sea corto, que para ellos no merece la pena y por falta de algunas horas de lectura y de reflexion, pueden dar á sus clientes un número diferente con las apariencias del antiguo. Una cuestion más séria hay en este caso y es la de dar á los ópticos una caja de lentes de ensayo con la numeracion métrica la que podrán relacionar por la eleccion de sus lentes de ensayo con la numeracion métrica y cumplir la prescripcion facultativa.

No elogiaremos bastante el celo y desinterés de algunos distinguidos ópticos de París que han deseado prestar á la ciencia el concurso de su talento y dar á la teoría de solucion práctica. MM. Roulot, Benoit, Baux, etc., bien conocidos de los oftalmólogos por su habilidad en la construccion de los diversos aparatos de óptica han atendido nuestro llamamiento y fabrican hoy las lentes métricas con particular cuidado y por ello expresamos aquí nuestro más sincero reconocimiento. Es un abuso contra casi todas las personas que se ven expuestas por esto y que cada dia toma mas sérias proporciones en la fabricacion de lentes inferiores. ¿Si existe una ley que protege la salud y la higiene pública evitando que el individuo sea víctima de los hongos venenosos, de las carnes ó frutas corrompidas ó mal sanas, ¿por qué no ha de existir una ley aplicable igualmente para la higiene de la vista? Encuéntranse en los establecimientos de mercería y en los de óptica, lentes cuya fabricacion es tan mala que no se explica como se puedan adquirir por personas inteligentes para despues expenderlas con perjuicio del cliente de buena fé. No hablamos aquí más que de las lentes pues las monturas no son más que un accesorio. Estas lentes se llaman en el comercio *tombés* no son talladas sino fundidas, llenas de defectos, de manchas y fabricadas con cristales ordinarios y

como tales son detestables para la vision si se tiene en cuenta que las fabricaciones se hacen en gran escala se advertirá que las lentes buenas son muy pocas (excepto aquellas que son de corto foco cóncavas ó convexas que cuestan algo más caras) no comprendiéndose que por una economía tan pequeña se exponga la salud pública á tan grandes peligros.

Una ley especial debia impedir la venta de estos artículos tan perjudiciales. Muy felices nos consideraríamos si nuestra iniciativa nos permitiese vulgarizar la ciencia oftalmológica y contribuir ó hacer desaparecer los abusos tan repetidos que se ejercen sin autoridad ni razon económica.



TRATADO ELEMENTAL
DE
OFTALMOSCOPIA,
OPTOMÉTRICA Y REFRACCION OCULAR

LIBRO PRIMERO.

PROLEGÓMENOS.

CAPÍTULO PRIMERO.

§ 1.—DE LA LUZ.

Al empezar esta obra por la Óptica nos creemos autorizados á ocuparnos en primer término del agente con quien mas directamente se relaciona cual es la *luz*. Nada diremos ni repetiremos de lo que se ha dicho y se ha escrito sobre este agente que permite ponernos en comunicacion á distancia con los objetos exteriores apreciando su estension, forma, color y movimiento. Este agente que llamamos luz es tan variable en sus efectos, rápido en su marcha, desconocido en su esencia que todos los

sábios y los filósofos de todos los tiempos y de todos los pueblos se han esforzado en buscar su origen, y sus imaginaciones mas ó menos fecundas y entusiastas les han lanzado sin reserva en el mundo de las hipótesis, multiplicando las concepciones desde las mas simples á las mas estrañas y complicadas. Así que desde el *primo die fecit lucem* de la Biblia hasta las árduas inspiraciones de Pascal, Newton, Arago y de toda esa pléyade de sábios cuyos trabajos inmortales han enriquecido la ciencia y tal cual cada uno la comprende hay un espacio inmenso.

Para nosotros es completamente desconocida la naturaleza de la luz, y solo sabemos que puede afectar un número infinito de colores presentando todos los grados de intensidad, desde la pálida claridad hasta el radiante esplendor del sol, de la luz eléctrica, de la de magnesium, ó de la combustion del fósforo en el oxígeno. Para esplicarse los fenómenos luminosos, los sábios han imaginado un cierto número de hipótesis, entre las cuales, dos sobre todo, son las que gozan de gran crédito: la primera se debe á Newton, que es la teoría de la emision segun la cual los astros luminosos y los cuerpos en combustion, producen un fluido dotado de una velocidad prodigiosa (pues sabemos que la luz recorre próximamente 77,000 leguas por segundo) fluido que viene directamente á herir é impresionar nuestra retina. Esta luz se modifica en cuanto á su color, intensidad y otras propiedades, segun los cuerpos que atraviese. Esta teoría debida á un preclaro ingenio, tiene un gran número de adeptos pues se presta prodigiosamente á esplicar la mayor parte de los fenómenos de Óptica.

La segunda teoría debida á un genio no menos esclarecido que el primero «Descartes» es la de las *ondulaciones*. En esta hipótesis se admite la existencia de fluido estremadamente sutil llamado *ether*, que ocupa no solamente los espacios planetarios sino aun los espacios intermoleculares de los cuerpos. Este fluido conmovido por los cuerpos luminosos y siguiendo la naturaleza de las conmociones producirá ondas luminosas

diferentes á la manera de ondas sonoras. Esta teoría mas abstracta que la primera pero de una aplicacion mas general es la que reina en el dia, casi universalmente en la ciencia.

Sabemos que un cierto número de fluidos admitidos teóricamente, ofrecen entre ellos grandes analogías: el calor hace los cuerpos luminosos cuando llegan á 400 ó 500° de temperatura, el calor produce electricidad, y esta á su vez produce calor y luz. Por lo que se admite que estos tres agentes sean manifestaciones diversas de un mismo fluido, el ether, pudiéndose sustituir los unos á los otros ó existir simultáneamente.

Rayos luminosos.—Se llama rayo luminoso la línea que sigue la luz al propagarse; la remision de muchos rayos luminosos emanados de un mismo punto se llama *haz luminoso*. Se dice que un haz luminoso es paralelo cuando los rayos de que se compone son paralelos (Fig. 1. A) es divergente (Fig. 1. B) ó convergente (Fig. 1. C) segun que estos rayos se separen ó se aproximen los unos á los otros.

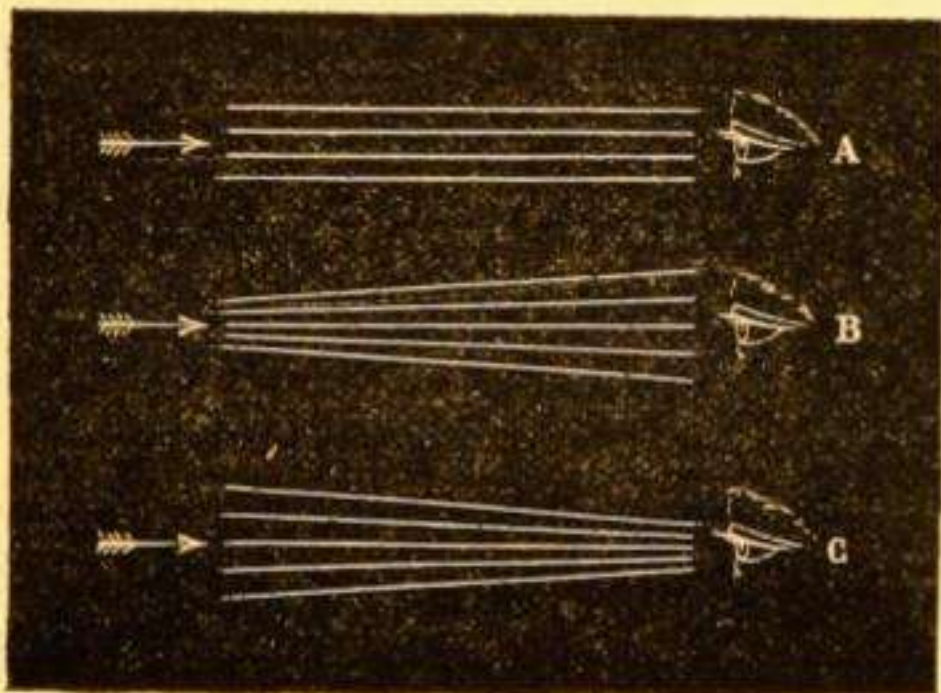


Fig. 1.

Estos rayos luminosos, aunque admitidos hipotéticamente, son no obstante susceptibles de ser manejados de diferentes modos por el individuo, pudiéndoseles descomponer en muchísimos otros rayos de diferentes colores y poseyendo propiedades completamente distintas, haciéndolos á voluntad paralelos, divergentes ó convergentes, sea por reflexion sea por refraccion.

En la naturaleza no existen mas que rayos divergentes ó todo lo mas paralelos, y estos no existen sino matemáticamente. Sin embargo los rayos que vienen del sol ó de astros diferentes es tan poco su paralelismo que es casi imposible demostrarlo

experimentalmente; no obstante se llaman rayos paralelos. En oftalmoscopia y en optometría no es necesario una precision tan exacta, y considéranse como paralelos los rayos emitidos por un punto luminoso situado á 6 metros, y es á esta distancia á la que se ensayan las lentes destinadas á apreciar el infinito. Mas tarde veremos que las lentes adoptadas para esta distancia difieren de aquellas que hagan ver en el infinito una distancia inapreciable en la práctica.

§ 2.—DE LA PROPAGACION DE LA LUZ.

La propagacion de la luz se hace al través del espacio ó en medios transparentes, estando sometida á las siguientes leyes:

Primera Ley. En un medio homogéneo la luz se propaga en línea recta.

Para demostrar esta ley es suficiente interponer un cuerpo opaco entre la recta que une el órgano visual y el cuerpo luminoso y quedará interceptada la luz.

Segunda Ley. La intensidad de la luz está en razon inversa del cuadrado de la distancia.

Sea un punto luminoso L. colocado en el vértice de un cono y enviando rayos divergentes hácia el círculo *ab*. Esta super-

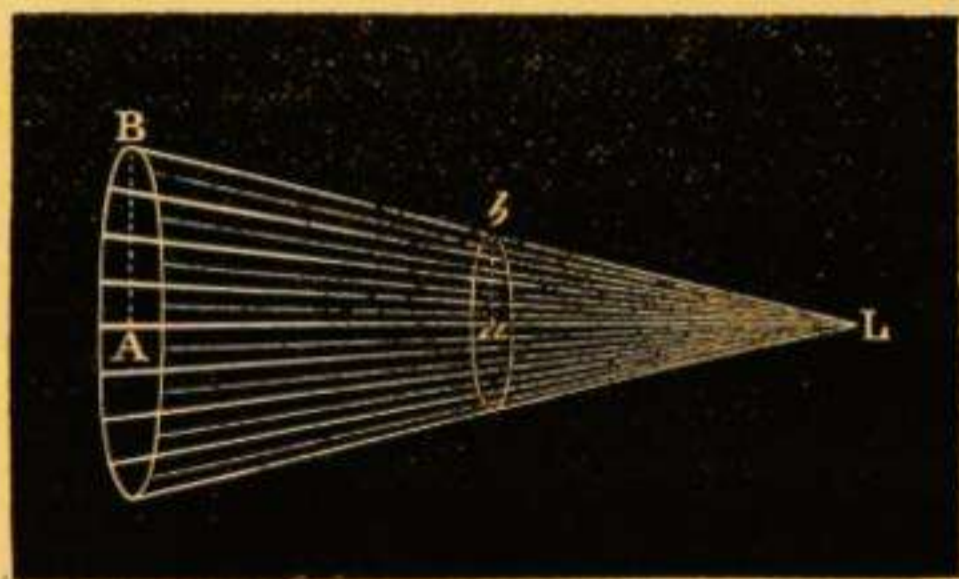


Fig. 2.

ficie recibirá la totalidad de los rayos luminosos de L. pero si reemplazamos este círculo por otro perfectamente transparente los rayos luminosos, siempre en número igual, continuarán su marcha rectilínea y divergente, y

cualquiera que sea la distancia en que se haga una seccion perpendicular al eje del cono, esta seccion será siempre un

círculo. Supongamos que hacemos una sección en AB y $LA = 2 La$. Demuéstrase en geometría que el AB tendrá una superficie cuádruple de ab porque los círculos aumentan como el cuadrado de los rayos, y como la cantidad de rayos luminosos no cambia esta superficie será cuatro veces mas iluminada.

Si la distancia LA es triple de La el círculo AB será nueve veces mayor que ab que es lo que demuestra la ley.

Tercera Ley. *La intensidad de la luz varía con la inclinación de la superficie que la emite ó que la recibe.*

Supongamos que una superficie oblicua AB emite rayos paralelos á S . La intensidad de este haz luminoso será el mismo que se proviniese de la proyección AC de esta superficie perpendicular á AS por pasar todos los rayos por esta proyección, y aunque la superficie AB se incline mas su extensión será mayor si su proyección permanece en AC y es claro que todos los rayos

luminosos, emitidos por esta superficie oblicua, pasarán por AC . Es evidente que esta segunda superficie, menos estensa que la primera, contiene el mismo nú-

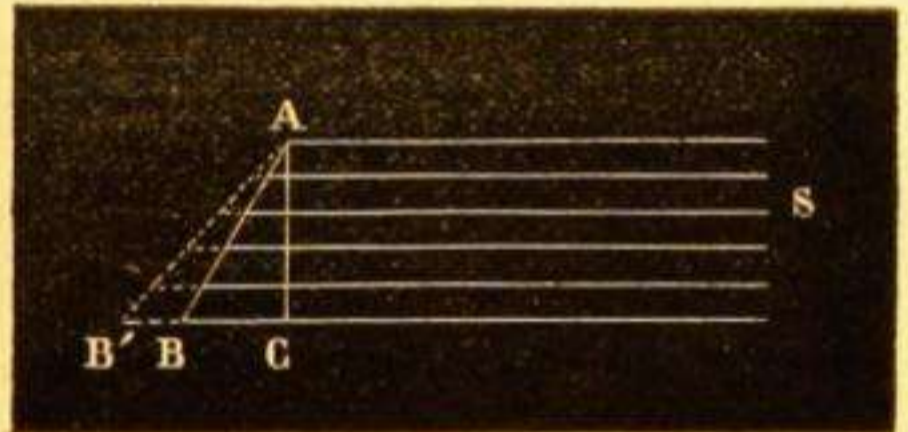


Fig. 3.

mero de rayos luminosos y por lo tanto el plano AC estará mas iluminado. Si al contrario el plano AC que emite la luz á AB mientras mas se incline AB mas aumentará esta superficie y menos cantidad de luz recibirá. Se ha demostrado por el cálculo que la intensidad de luz emitida ó recibida por una superficie oblicua, es proporcional al seno del ángulo que forman estos rayos con esta superficie.

§ 3—DE LA REFLEXION DE LA LUZ.—ESPEJOS.

Todas las superficies heridas por los rayos luminosos absor-

ben una parte de estos rayos, y reflejan los otros segun las leyes de que nos vamos á ocupar. Mientras mas pulimentada sea una superficie reflejará mas rayos luminosos y *vice-versa*.

Toda superficie pulimentada, cualquiera que sea su naturaleza y su forma se llama *espejo*. Nosotros no nos ocuparemos mas que de los espejos, metálicos y lunas azogadas ó sin azogar y en cuanto á la forma solo lo haremos de los de superficies regulares, *plano*, *esférico-cóncavo* ó *convexo*, *cilindro*, sin entrar á definirlos porque sus nombres lo esplican suficientemente.

Espejo esférico-cóncavo. Este espejo está formado por una porcion determinada, pero generalmente bastante limitada, de la superficie interna de un esfera hueca cuyo radio es el radio de curvatura del espejo y que puede variar al infinito. Confúndese algunas veces, y es necesario evitarlo, el tomar en los espejos la distancia focal por el radio de curvatura y vice-versa. Dícese que en los espejos cóncavos y convexos la distancia focal es igual á la mitad del radio de curvatura, bien que este foco sea *real* ó *virtual*.

Espejo esférico-convexo. Este espejo está formado de una porcion estensa igualmente variable de la superficie esterna de una esfera de un radio cualquiera. Mas adelante veremos en qué límites se hallan ajustadas las superficies y las distancias focales de los espejos empleados en oftalmoscopia.

Espejos cilindricos. Este espejo está constituido por una superficie regular del mismo nombre, y como los otros de configuracion y estension variable, es cóncavo ó convexo, segun sea la superficie esterna ó interna del cilindro la que sirve de espejo. El radio del cilindro es el radio de curvatura del espejo.

§ 4.—ESPEJOS PLANOS.

Admitida la definicion que hemos dado de espejos planos, veamos lo que sucede cuando un haz luminoso hiere un espejo.

Supongamos el caso mas sencillo, es decir, cuando rayos paralelos hieren un espejo plano en que pueden caer perpendicular u oblicuamente sobre el plano del espejo.

En uno y en otro caso el fenómeno está sometido á las dos siguientes leyes:

Primera ley. *El ángulo de incidencia es igual al de reflexión.*

El ángulo de *incidencia* es debido al rayo *incidente* y la *normal*, que es la perpendicular tirada en el punto de incidencia.

El ángulo de reflexión es debido á esta misma normal y al rayo reflejado.

Segunda ley. *El rayo incidente, el reflejado y la normal están en un mismo plano perpendicular á la superficie reflejante.*

Estas dos leyes se demuestran fácilmente por medio de un círculo graduado colocado perpendicularmente sobre una luna A B encerrada en una cámara oscura. Si dirigimos un rayo luminoso R en la dirección RC este rayo se reflejará en el punto C y tomará la dirección CR' y veremos que los dos ángulos RCP y R'CP son iguales y se hallan en un plano perpendicular á la superficie reflejante; quedando así demostradas las dos

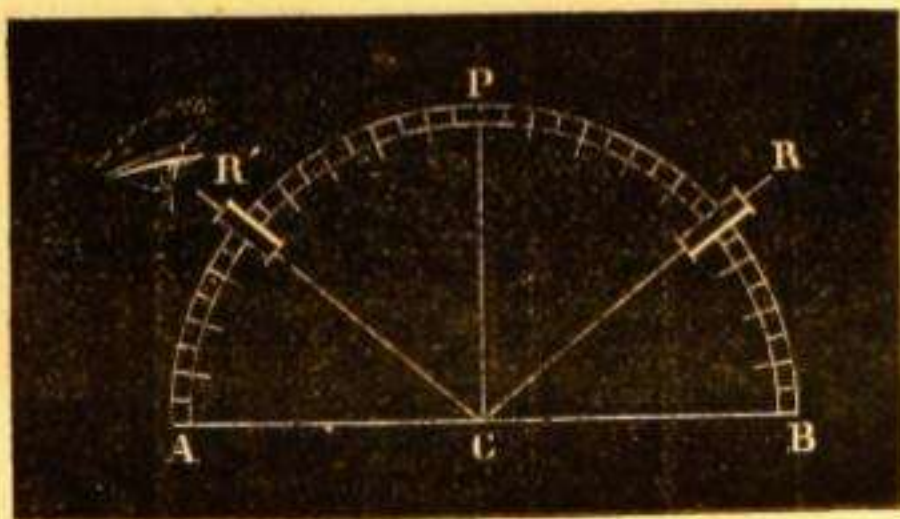


Fig. 4.

leyes; pero si los rayos luminosos cayeran en PC no habría ni ángulo de incidencia ni ángulo de reflexión y el rayo volvería sobre sí mismo.

Imágenes formadas por los espejos planos.—El conocimiento de estas leyes nos va á servir para la construcción de las imágenes en los espejos planos.

Distínguense en óptica dos clases de imágenes; *reales y virtuales*. Las primeras pueden recogerse en una pantalla y tienen

en el espacio un lugar fijo y determinado. Estas imágenes pueden ser rectas, invertidas, ampliadas, disminuidas ó irregulares al objeto.

En cuanto á las imágenes *virtuales* no existen en el espacio ni pueden recogerse en pantalla alguna y son trasportadas por nuestro ojo á un lugar que en realidad (1) no ocupa.

(1) Los espejos planos dan imágenes virtuales, rectas y simétricas porque no reciben rayos paralelos ó divergentes y porque solo los rayos convergentes pueden dar imágenes reales.

Pero si hacemos que los rayos incidentes converjan con el auxilio de una lente convexa interpuesta entre el objeto y el espejo reflector, se producirá una imagen *real* enviada por el espejo y que puede recogerse sobre una pantalla. Esto se demuestra fácilmente con el auxilio de un aparato dispuesto en la forma que representa la figura 5.

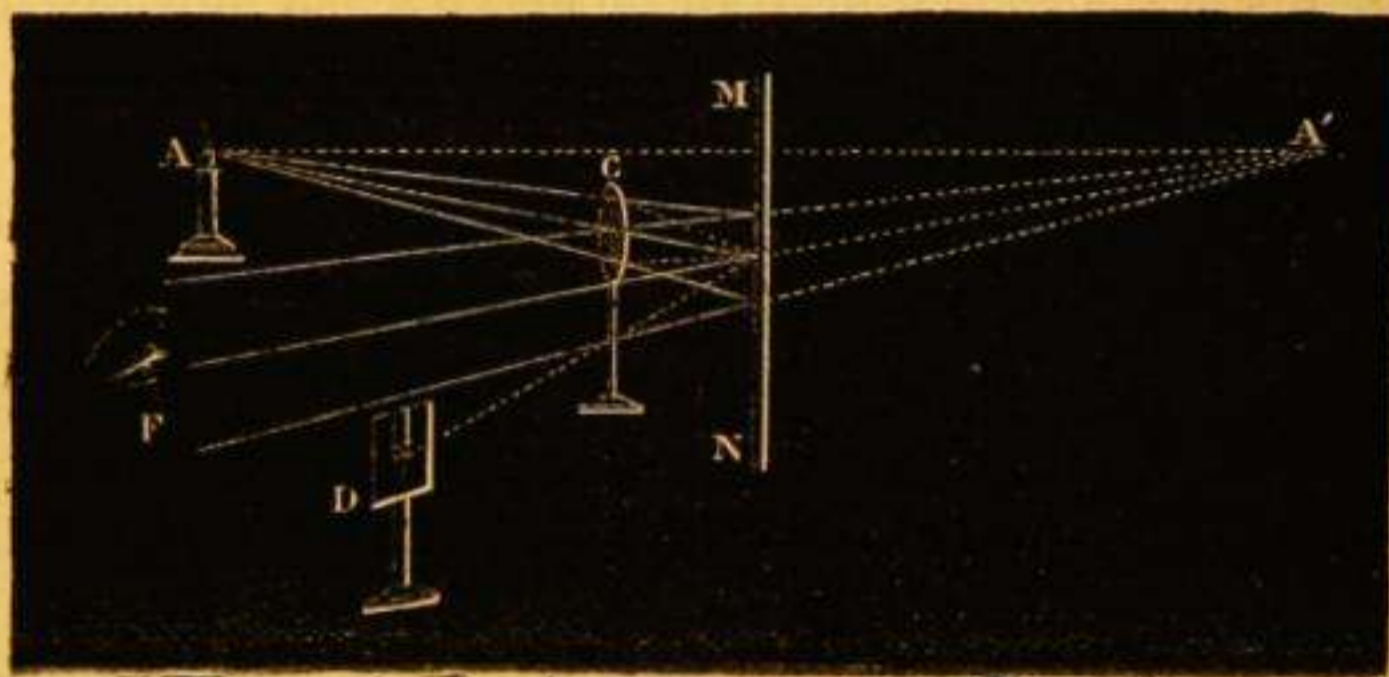


Fig. 5.

La bujía A envía hácia el espejo MN rayos divergentes el observador F se encuentra colocado en el trayecto de los rayos reflejados y vé en A' la imagen de la bujía A en la proyeccion, siendo por lo tanto una imagen virtual de estos rayos reflejados que ocupa un lugar que en realidad no es; pero si interponemos entre el espejo y la bujía una lente convergente C de tal manera que haga convergentes los rayos luminosos partidos de A tendremos una imagen *real*, que reflejándose á su vuelta en el espejo, se formará en un punto determinado del espacio, y podrá recogerse sobre una pantalla y verse por el observador, resultando como se vé una imagen real. El mismo fenómeno se produciría si colocásemos la lente convergente en el trayecto de los rayos reflejados hácia F entre el espejo y el observador formándose desde luego una imagen real próxima al foco de la lente. Tanto en un caso como en el otro la imagen real está *invertida* y *mas pequeña* que el objeto, lo que veremos mas adelante cuando nos ocupemos de las lentes convexas si el punto A ó A' se encuentra á una distancia de la lente superior al doble de la longitud focal.

Cada objeto puede considerarse como formado por una multitud de puntos contiguos los unos á los otros; así que esta imagen será la imagen formada por todos los puntos que componen su superficie.

Conocida la manera de construir la imagen de un punto nos será muy fácil construir la imagen de una superficie de una línea.

Sea por ejemplo el espejo AB y el punto C el colocado delante del espejo y resultará que C se encontrará en C' y el observador en D no podrá percibirla en tretanto no se encuentre en la prolongacion del rayo reflejo OD. Supongamos un rayo luminoso que partiendo de C cae en O y sabiendo que el ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia resultará por consecuencia $CO' A = DO' A B$.

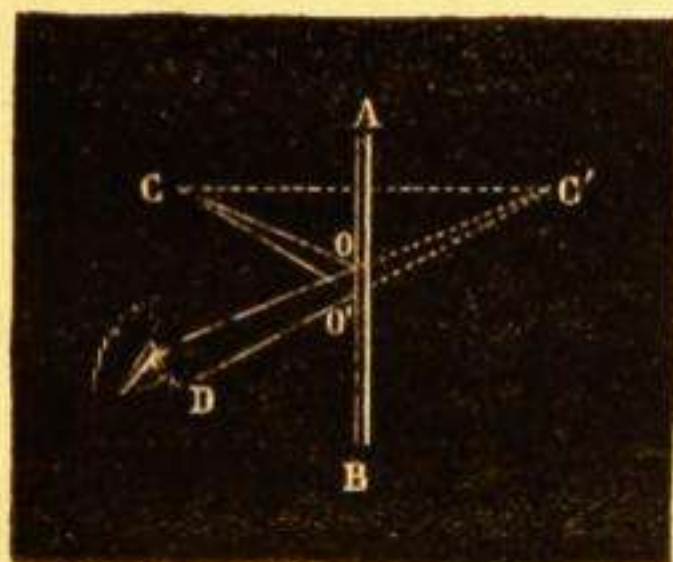


Fig 6.

Tirando del punto C la normal y prolongándola hasta encontrar la prolongacion del rayo reflejo DC' se encontrarán estas dos líneas en el punto C'. En efecto, los dos triángulos COA, C' O A son iguales por tener un lado comun OA adyacente y dos ángulos iguales los dos ángulos CAO, C' A O. son rectos en su construccion, y los ángulos CAO, C' O' A. son iguales entre sí, como lo son iguales DOB. El punto C' está situado detrás del espejo á la misma distancia que el punto C y como está en la prolongacion del rayo reflejo O D el observador verá el punto C en C' y esta demostracion es aplicable á todos los otros rayos luminosos que partan del punto C tal cual CO' por ejemplo. Observamos en esta figura que todos los rayos luminosos emitidos por el punto C caen sobre el espejo llegando á el observador con la misma divergencia que ellos han caido en la superficie reflejante, he aquí por qué la

imágen se parece al objeto, pero distinguiéndose á una distancia igual á DC' equivalente á $DO+OC$ porque el triángulo $OO'C$ es igual á $OO'C'$ y si comparamos el primero con el segundo se verá que las prolongaciones OC' , $O'C'$ no son otra cosa que los rayos incidentes $OC, O'C$.

Como hemos dicho al principio la imágen de un objeto se obtiene, construyendo la imágen de cada uno de sus puntos ó solamente de sus principales.

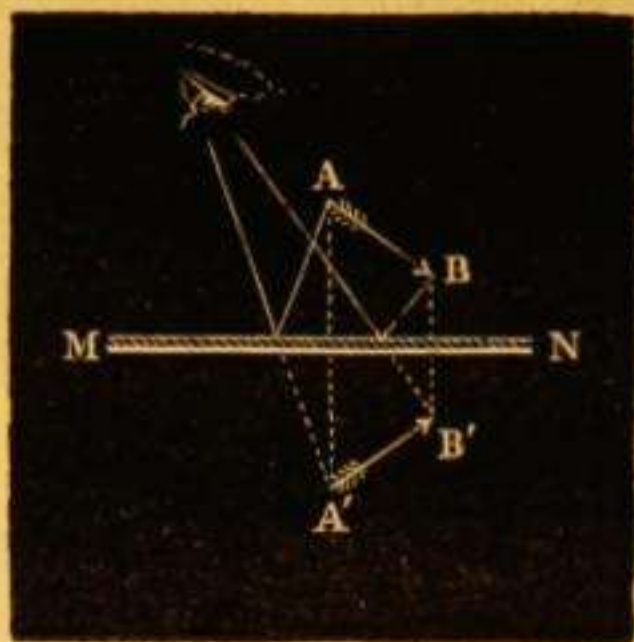


Fig. 7.

La inspeccion de la figura 7 nos demuestra que la imágen A está en A' y la de B en B' y cada uno de los puntos compuestos entre A y B tendrán igualmente su imágen entre A' y B'. Tambien podremos ver que la imágen A'B' es igual y *simétrica* á AB en el sentido que se dá esta palabra en geometría.

No hablaremos de las imágenes formadas por la reflexion sobre dos espejos planos paralelos ó mas ó menos inclinados porque esto nos llevaria muy lejos y como no escribimos un tratado de física no nos ocupamos mas que de lo que nos es absolutamente indispensable. Empero y sin embargo, nos encontramos obligados á decir que hay una gran diferencia entre un espejo de cristal y uno metálico, en este último no hay mas que una superficie reflejante y un objeto no dá mas que una sola imágen y en cambio en un espejo de cristal sobre todo en aquellos de cierto espesor hay siempre dos superficies reflejantes paralelas que dan gran número de imágenes. De ahí el precepto de emplear espejos metálicos ó los de cristal que sean muy delgados. Los espejos metálicos siempre han tenido un gran inconveniente que les ha hecho casi desecharse de la práctica en oftalmoscopia por perder su pulimento ó arañarse con gran facilidad.

Hasta aquí al hablar de las imágenes, no hemos considerado mas que la reflexion regular de los rayos luminosos. Ahora bien, cuando un haz luminoso hiere un cuerpo que no es perfectamente plano y pulimentado hay siempre una parte mas ó menos considerable de esta luz que está irregularmente reflejada y se dispersa en todas direcciones y esta luz es la que se designa con el nombre de *luz difusa* y que nos permite ver los objetos. La reflexion regular y completa no dá mas que la imagen del cuerpo luminoso y no del cuerpo que la recibe. Una luna azogada perfectamente pulimentada puede escapar á nuestra vista si no tuviésemos conocimiento de ella.

§ 5.—ESPEJOS ESFÉRICOS.

Hemos dicho que un espejo esférico está formado por una seccion de esfera que se llama *cóncavo* ó *convexo* segun que la superficie pulimentada sea la interna ó la externa.

Al centro del espejo esférico se le llama *centro de figura* y el *centro geométrico* ó *de curvatura* es el centro de la esfera á la cual perteneci6 esta esfera. La línea indefinida R y que une estos dos puntos es el eje principal del espejo, pero todas las otras líneas que encuentren el espejo y pasen por el centro de curvatura, se llaman *ejes secundarios*. Por último la abertura del espejo MON está medida por el ángulo que forma los dos rayos que pasan por la extremidad opuesta de un diametro del espejo. (1)

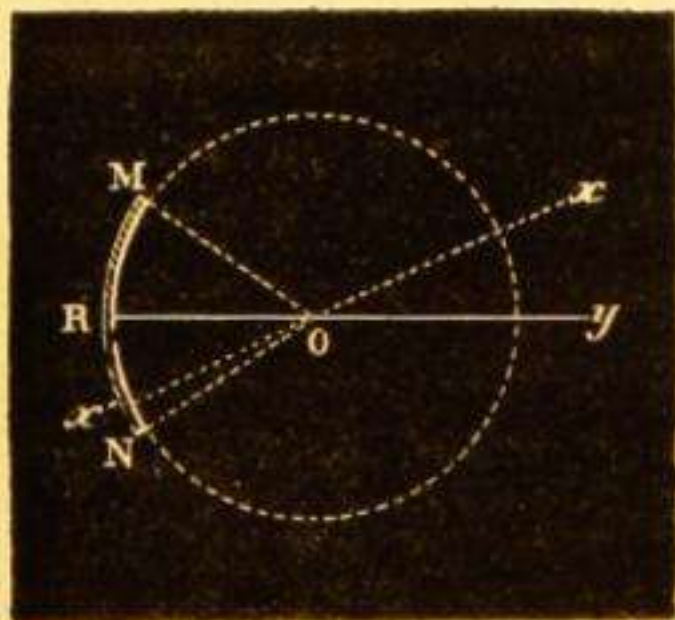


Fig. 8.

La reflexion de la luz en las superficies curvas siguen las

(1) Para mas detalles: Gavarret, *Des images par reflexion et par refraction*, p. 6.

mismas leyes que rigen á los espejos planos, y en efecto, puede descomponerse una superficie circular en superficies planas excesivamente pequeñas, y cada una de estas últimas obrarán independientemente como un espejo plano.

Supongamos que un rayo CR hiere oblicuamente una superficie esférica MN y si concebimos un plano tangente AB que

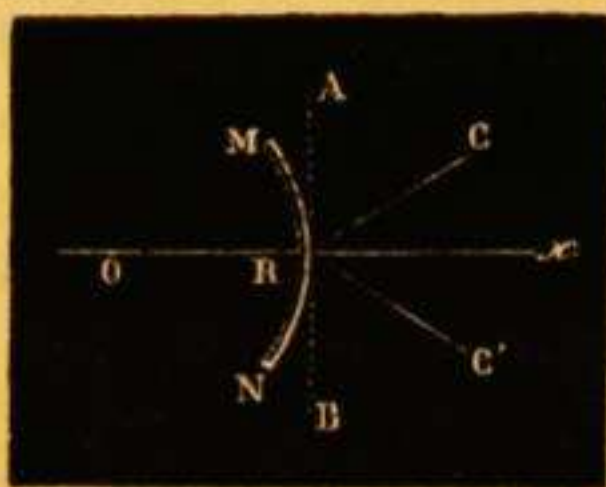


Fig. 9.

pase por el punto de incidencia R es evidente que el rayo se reflejará sobre la superficie esférica como lo haría en el mismo punto sobre la recta AB. Pero la normal no será otra que el rayo OR prolongado y por lo tanto tendremos el ángulo $CRA = C'RB$.

§ 6.—EFECTOS DE LOS ESPEJOS ESFÉRICOS CONVEXOS.

El *foco* en los espejos esféricos es el punto donde se encuentran después de su reflexión los rayos reflejados en su prolongación pueden ser *real*, *virtual* ó *conjugado*.

En los espejos convexos el foco es siempre *virtual*.

Consideremos un rayo L'P (figura 10) que hiere el espejo MN convexo paralelamente al eje principal Ox en el punto P. Es-

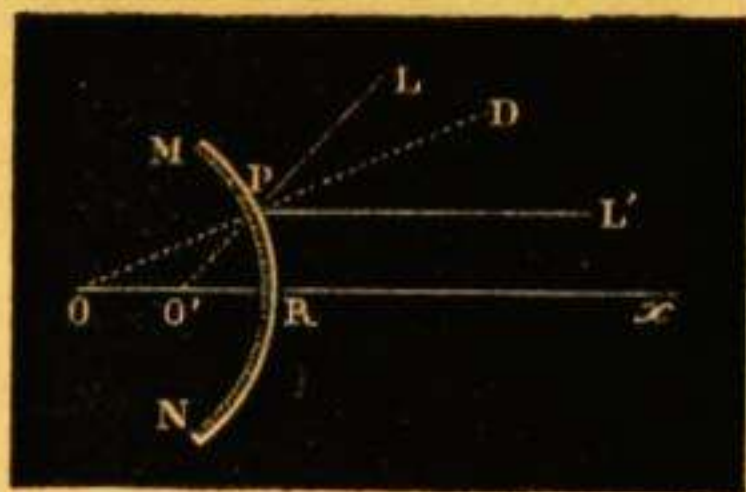


Fig. 10.

te rayo después de su reflexión toma la dirección PL que con la normal, es decir, el rayo OP prolongado, pasa por este punto, dando origen al ángulo de reflexión DPL igual al ángulo de incidencia L'PD. Hemos supuesto el rayo incidente L'P paralelo al eje Ox y por lo tanto

el ángulo L'PD igual al ángulo αOD pero como este es igual también al ángulo de reflexión DPL y este último igual á OPO'

como opuestos al vértice, resultando que estos cuatro ángulos son iguales y el triángulo $OO'P$ isósceles como $OO' = O'P$. Cuando el arco PR es muy pequeño, la línea $O'P$ no es muy sensible á $O'R$ y el punto O' está próximo al rayo OR siendo tanto mas próximo cuanto el rayo incidente esté mas cerca del eje principal.

Resulta de esta demostracion que el foco principal en los espejos convexos es virtual y que estos espejos no dan mas que *imágenes virtuales, rectas y mas pequeñas* que los objetos.

Supongamos un objeto AB (figura 11) delante de un espejo convexo MN y á una distancia cualquiera. El punto B situado en el eje principal hará su foco virtual en el punto B' donde los rayos emitidos en este punto y prolongados despues en su reflexion volverán á encontrar este eje. El punto A hará su foco en el punto A' del eje secundario AO . Todos los puntos comprendidos entre A y B harán igualmente su imagen entre A' y B' de suerte que la imagen total $A'B'$ será *virtual, recta y mas pequeña* que el objeto siendo tanto mas pequeña cuanto mas se aleje del espejo y que este sea mas convexo; esto que se comprende fácilmente puesto que el máximo de tamaño de la imagen será dado por el espejo en la convexidad, y se aproximará más al espejo plano cuanto los ejes secundarios OA tiendan mas á hacerse paralelos al eje principal OB y á confundirse con él.

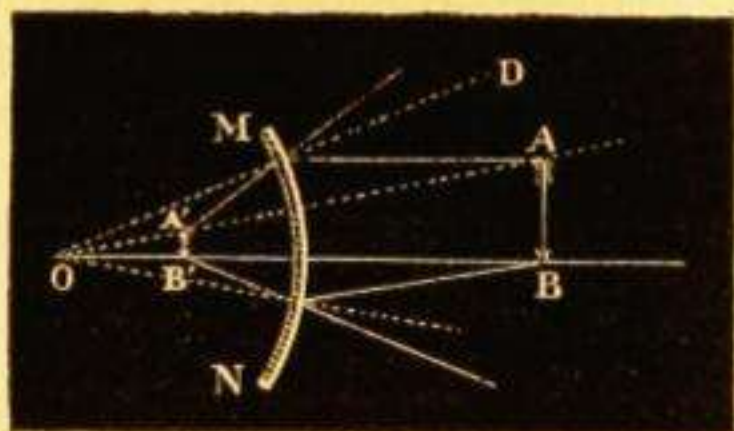


Fig. 11.

§ 7—EFECTOS DE LOS ESPEJOS ESFÉRICOS CÓNCAVOS

En los espejos esféricos cóncavos, los rayos paralelos al eje principal van despues de la reflexion á concurrir en un punto situado en el centro del radio y es lo que se ha llamado foco principal.

Supongamos DD' (figura 12) la seccion de un espejo esféri-

co cóncavo y RD un rayo luminoso paralelo al eje principal xx' . El rayo de curvatura OD es perpendicular al plano tangente que podemos suponer llevado al punto D y sobre el cual se refleja el rayo RD como hemos visto para los espejos planos. Sea DO' este rayo reflejado que decimos pasa por medio de OB' y en efecto resultará el ángulo RDO igual al ángulo DOO' como alterno interno pero siempre igual para construir el ángulo $OD O'$ y por consiguiente el triángulo $OO'D$ es isósceles y á los ángulos iguales correspondientes de los lados iguales, de lo que resulta que $OO' = O'D$. Si suponemos el rayo incidente muy próximo al eje principal la línea $O'B'$ será sensiblemente igual á $O'D$ teniendo menos siempre la cantidad $B'B$ que indica la línea quebrada DB .

Se vé igualmente en esta figura que mientras mas se aproxime el rayo incidente paralelo al eje principal xx' mas pequeñas será tambien la diferencia.

Los rayos paralelos trasformanse en un espejo cóncavo en rayos convergentes. Aceptado esto veamos cómo se forman las imágenes de los objetos luminosos que se hayan colocado delante del espejo.

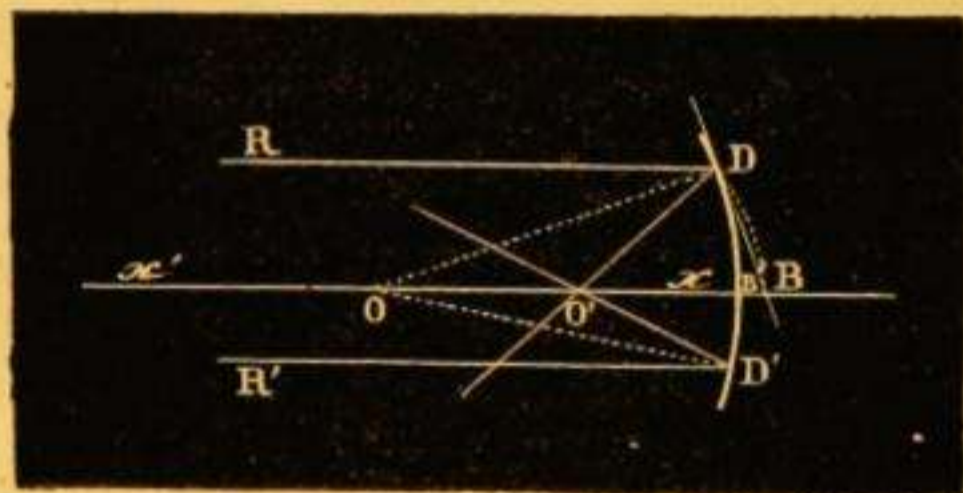


Fig. 12.

Supongamos el objeto AB (fig. 13) colocado á una distancia media mucho mas grande que el radio de curvatura del espejo y en su eje principal MN .

Dirijamos el rayo paralelo AD que despues de reflejarse toma la direccion DO' é igualmente el rayo ON cuya prolongacion pasa por el punto A que es un eje secundario y ya sabemos que los rayos que siguen tal direccion vuelven sobre ellos mismos porque caen perpendicularmente al plano tangente en el punto de incidencia. Los rayos

paralelos emitidos por el punto A y los rayos divergentes emitidos por este mismo punto hácia toda la superficie del espejo pasan por el punto a y por lo tanto en este punto se retratará la imágen del punto A. El punto B á su vuelta envia rayos

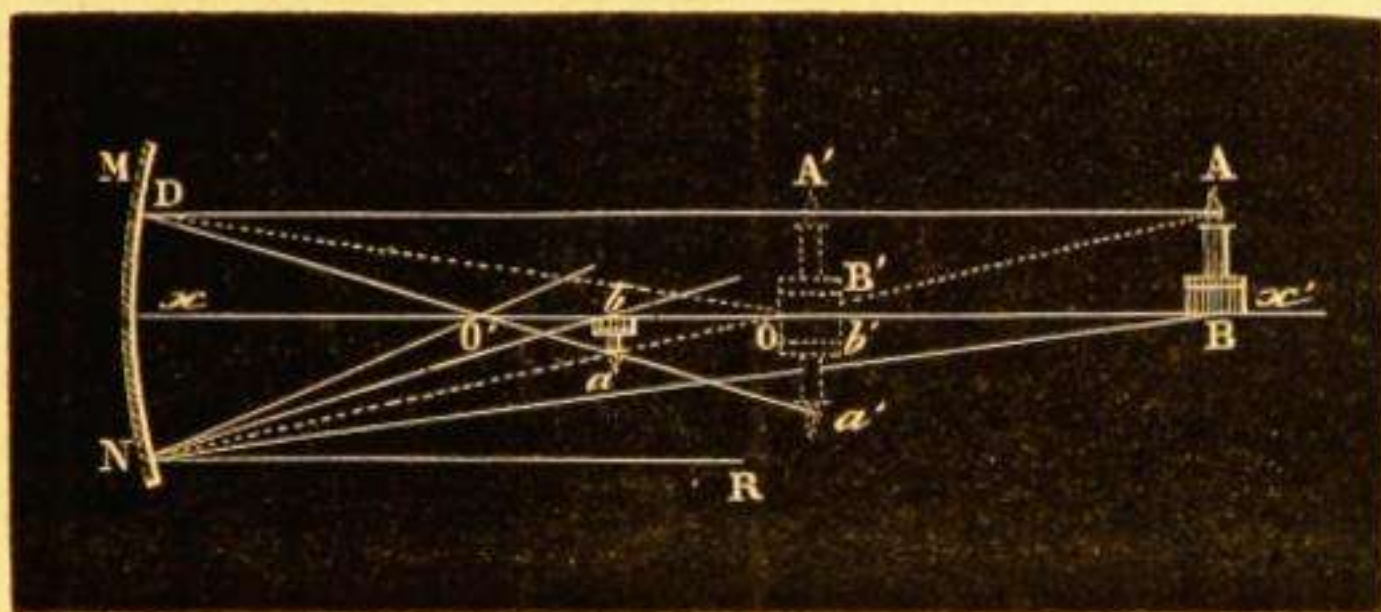


Fig. 13.

quesiguen al eje principal y vuelven sobre ellos mismos y rayos divergentes que cortan el eje principal en el punto B. En efecto sea BN uno de estos rayos, la normal ON y construyamos el rayo reflejo NB. Este rayo divide el eje principal en el punto b entre el foco principal y el centro de curvatura por ser el ángulo de incidencia BNO mas pequeño que el ángulo formado en el punto N por el rayo paralelo al eje RN. El ángulo de reflexion será tambien mas pequeño que el ángulo de reflexion del rayo paralelo, que como sabemos pasa por el foco principal. Todos los otros rayos divergentes emitidos por el punto B pasan por el punto b que es donde se forma la imágen del punto B. Por las mismas razones todos los puntos situados entre A y B vendrán á formar su imágen entre a y b ; y tendremos en ab una imágen del objeto AB *real, invertida y mas pequeña que él*; y será tanto mas pequeña cuanto mas cóncavo sea el espejo.

Las posiciones relativas de A y a , Bb forman lo que llamamos focos *conjugados*, esto quiere decir que estos puntos son foco el uno del otro y que si el objeto está en a su foco será A y

si está en A su foco será a , de la misma manera para todos los puntos situados entre a y b y entre A y B .

Supongamos aun el objeto AB colocado á una distancia del centro O , y que esta distancia se amplia cada vez mas y tendremos que el rayo AD paralelo al eje se reflejará siempre en la direccion DO' dividiendo el eje secundario que viene del punto A en el punto cada vez mas próximo del foco principal á medida que el punto A se aleje y la imágen ab , siempre invertida, se irá haciendo mas pequeña. Por último si la distancia es infinita todos los rayos emitidos por el punto A podrán ser considerados como paralelos, y para seguir reflejándose pasarán por el foco principal O' donde se formará una imágen estremamente pequeña é invertida.

Estudiemos ahora cuando el objeto AB se haya colocado en el centro de curvatura del espejo ó entre este punto y el espejo.

En el primer caso, el rayo $A'D$ paralelo al eje principal se reflejará en la direccion Da' y el eje secundario emanado por el punto A' dividirá este rayo en el punto a' y tendremos en a' y b' una imágen invertida é igual al objeto $A'B'$. En efecto en el triángulo $A'Da'$ la normal OD divide el ángulo en dos partes iguales el ángulo $A'Da'$ y el opuesto $A'a'$.

En el segundo caso pueden presentarse tres cuestiones.

1.º *El objeto AB está situado entre el centro de curvatura O y el foco principal O' .*

Hemos visto que los puntos simétricos de las imágenes ab y AB (fig. 13) distaban de los focos conjugados los unos de los otros y que la imágen AB colocada mas allá del centro de curvatura daba una imágen ab invertida y mas pequeña. Por consecuencia el objeto AB (fig. 14.) colocado tambien entre el centro de curvatura O y el foco principal O' dará una imágen ab situada mas allá del centro y mas grande que el objeto, y será tanto mas grande cuanto mas cerca se coloque del punto O' como lo indica la construccion $ab' A'B'$

2.º *El objeto AB está colocado en el foco principal.*

Ya sabemos que los rayos paralelos hieren el espejo en la proximidad del eje principal converjiendo todos hácia el foco

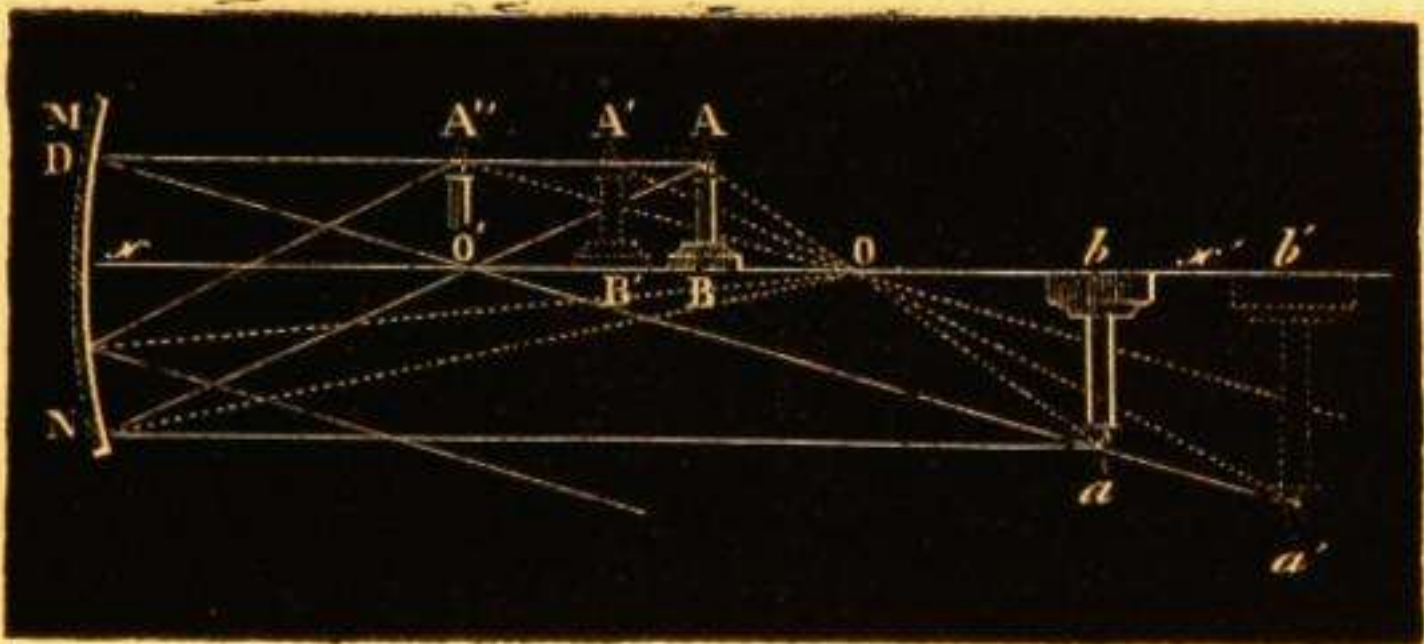


Fig. 14.

principal. Por la misma razón los rayos que parten de este punto serán paralelos despues de su reflexion é irán á formar su imágen al infinito.

Es fácil demostrar geométricamente que los rayos emitidos por el punto A" son paralelos despues de su reflexion sobre el espejo.

En efecto, los rayos que parten del punto A" paralelamente al eje, se reflejarán siempre en la direccion DO', sin que esta línea divida el eje secundario A"O, porque la figura DA"OO' es un paralelógramo: DA' y OO' son paralelas por hipótetis y DA" es igual á xO' y por consecuencia á OO'; los otros dos lados DO'A"O son tambien paralelos porque sus prolongaciones no pueden encontrarse.

3.º *El objeto está colocado entre el foco principal y el espejo.*

En este caso, el rayo reflejado DF (fig. 15) y el eje secundario AO son divergentes y el trapecio DAOF tienen dos lados paralelos DA, OF, los otros dos lados OA y FD convergen hácia el espejo, encontrándose detrás del punto a.

El observador colocado delante del espejo recibirá todos los

rayos que partan de A como si vinieren de a observándose por consecuencia una imágen *virtual*, *recta* y *ampliada* del objeto AB en ab .

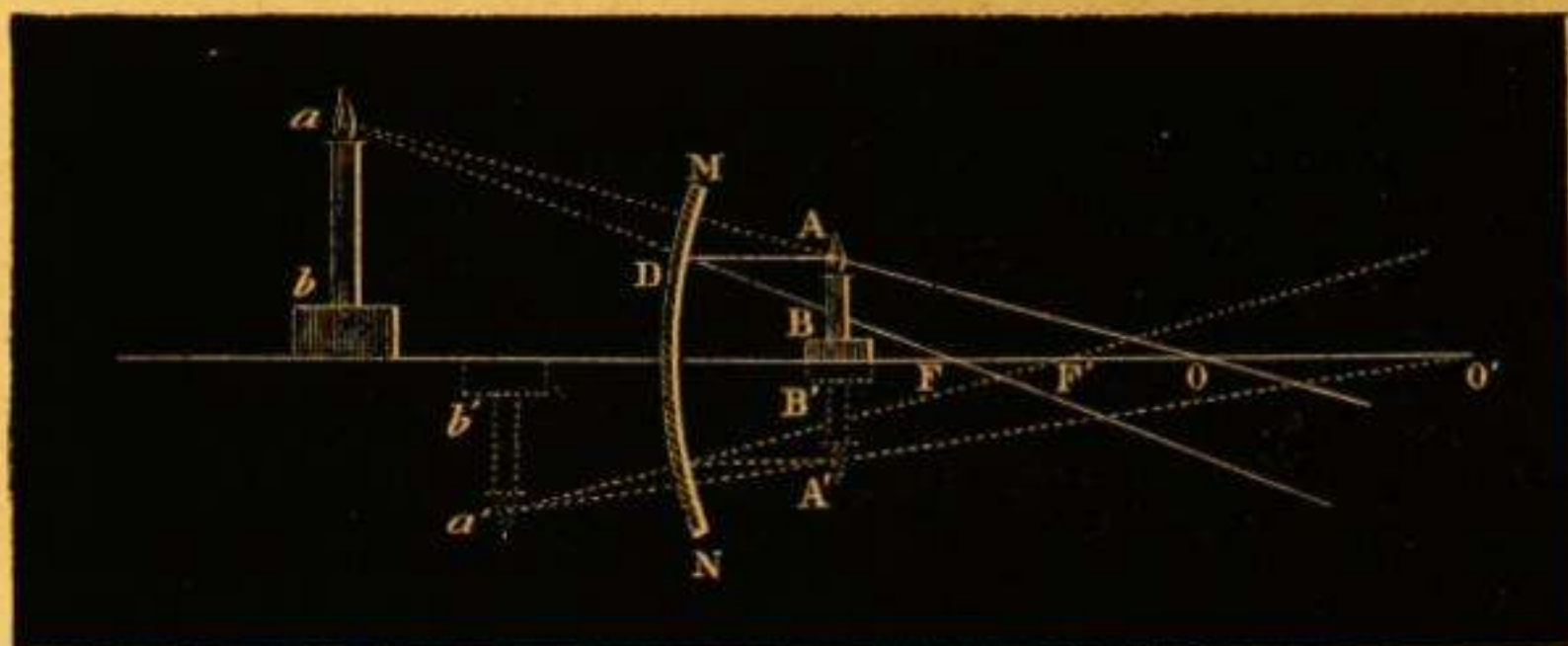


Fig. 15.

Este mismo fenómeno ocurre cuando nos miramos en espejos cóncavos de gran foco, que suelen emplearse para afeitarse porque amplian y agrandan considerablemente la cara y que podemos comprobar fácilmente con el espejo de un oftalmoscopio.

En resumen los espejos esféricos cóncavos dan *imágenes reales* más *pequeñas* que el objeto é *invertidas* cuando este último se halla colocado delante del centro de curvatura: *reales*, *iguales* al objeto é *invertidas* cuando este se halla en el centro de curvatura; *reales é invertidas* y mas grandes que el objeto cuando este se halla entre el centro de curvatura y el foco principal: cuando el objeto se halla colocado en el foco principal *no hay imágen*; cuando el objeto se halla colocado entre el espejo y el foco principal resulta una imágen *virtual*, *recta* y *ampliada*. Cuando mas corto sea el radio de curvatura de un espejo cóncavo, de mayor tamaño será la imágen virtual; lo que vamos á esplicar con el auxilio de la figura 15; al mismo objeto luminoso AB le colocamos en $A'B'$ á la misma distancia del espejo MN cuyo radio aumentamos suponiendo su centro de curvatura en O' y su foco en F' . Esta construcción nos de-

muestra que la imágen virtual $A'B'$ se hace $a'b'$ mas pequeña que ab y serán tanto mas pequeña cuanto el radio de curvatura aumente. Esta imágen llegaria á ser igual al objeto cuando el radio del espejo llegará al ∞ , es decir, cuando fuese plano. Por lo contrario la imágen real será mas pequeña cuanto mas corto sea el radio de curvatura de este mismo espejo.

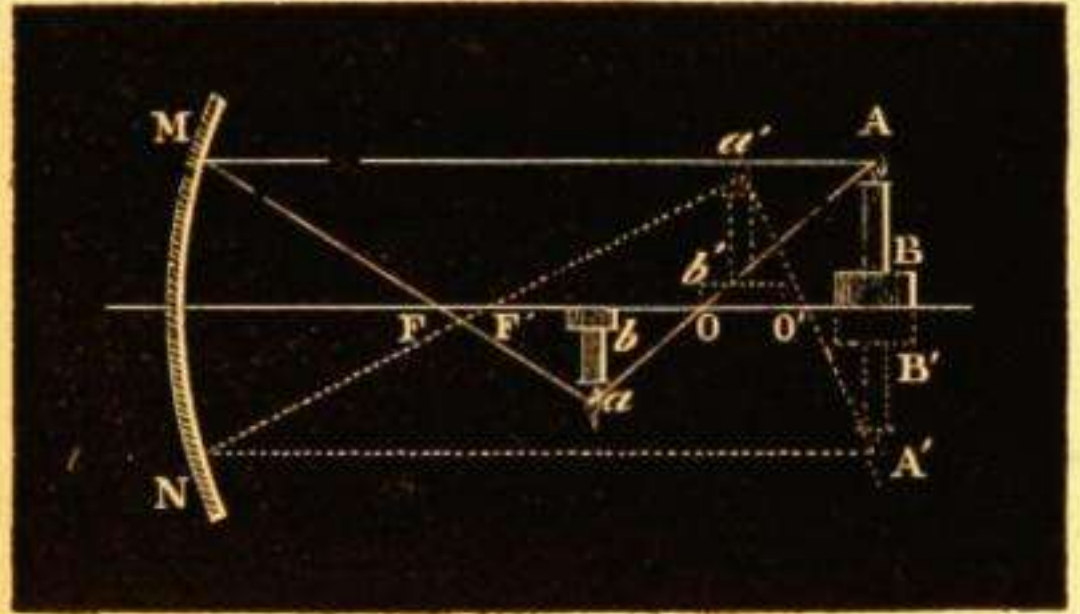


Fig. 16.

La figura 16 demuestra que la imágen real AB es ab cuando el radio de curvatura es OM ; pero si dejamos el objeto á la misma distancia del espejo, trasladamos á O' su centro de curvatura y por consecuencia el foco principal á F' la imájen $A'B'$ se haga en $a'b'$ mas grande que ab y aumentará tanto mas cuanto el radio de curvatura aumente.

Si colocamos un objeto luminoso ó simplemente iluminado, delante de un espejo esférico cóncavo mas lejos del centro de curvatura, se obtendrá una imájen *real invertida y mas pequeña* que el objeto (fig. 16) pero aumentará á medida que la concavidad del espejo disminuya.

Ya hemos visto, apropósito de los espejos convexos, que las imágenes virtuales dadas por estos espejos aumentan al mismo tiempo que aumenta el radio de curvatura cuyos principios aplicaremos cuando estudiemos el fenómeno de la acomodacion por medio de las imágenes de Purkinje.

Casi lo mismo podemos decir sobre los espejos planos y esféricos que son los mas empleados en oftalmología. No obstante, al hablar del astigmatismo seria difícil si no dijéramos algunas palabras acerca de ciertos espejos convexos ó cóncavos que dan imágenes irregulares y deformes. Seremos muy

breves sobre este punto que mas tarde hemos de tratar y nos contentaremos en apuntar las particularidades mas interesantes y mas útiles en la práctica relativamente á los espejos cilindricos.

§ 8. — EFECTOS DE LOS ESPEJOS NO ESFÉRICOS CÓNCAVOS Y CONVEXOS.

Pocas personas serán las que no hayan pasado por un escaparate de un óptico ó visitado el gabinete de un físico que no se hayan visto reproducidas en espejos en los cuales la imágen no haya tenido una forma rara, ya en la vertical con proporciones desmesuradas, ya en la horizontal en la que parece la figura aplastada de arriba abajo.

En algunos otros espejos la imágen afecta una forma tan rara que se asemeja á la de un hidrocéfalo de formas variadísimas.

Las variedades de deformidades son infinitas y dependen de la mayor ó menor cantidad de superficies irregulares.

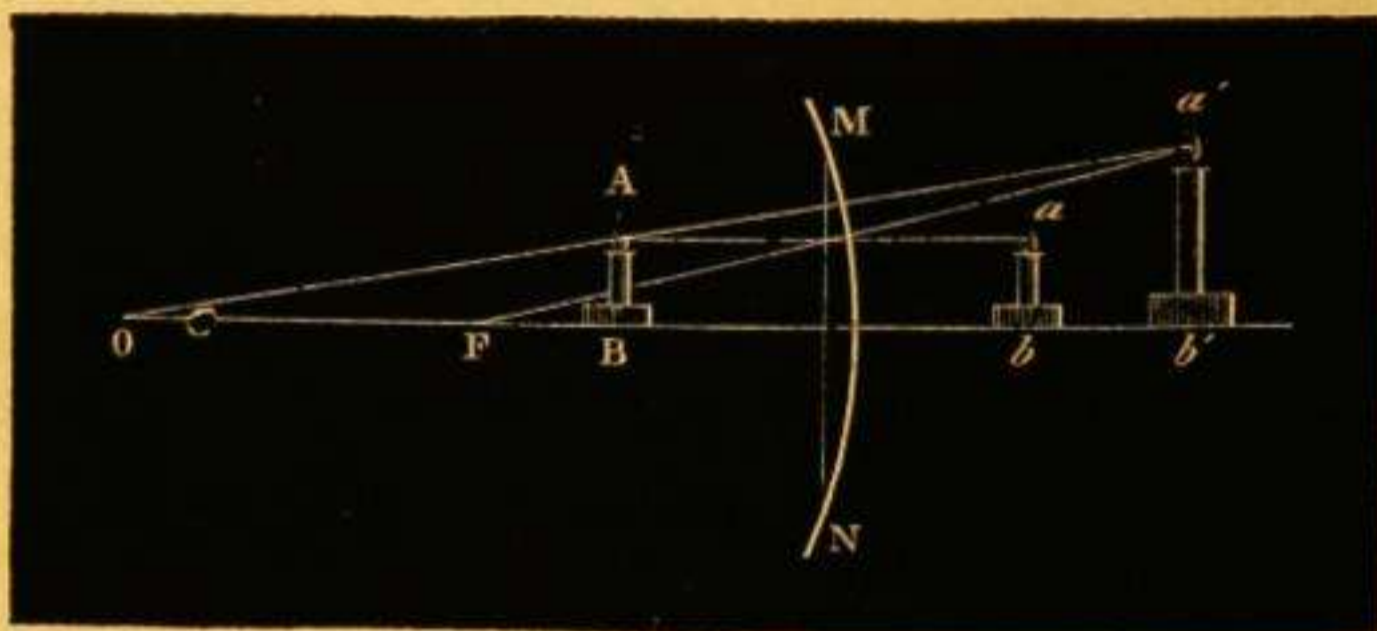


Fig. 17

Este fenómeno que parece tan extraño es de fácil comprensión. Es producto de espejos *cilíndricos* con eje vertical, horizontal ú oblicuo sean *ovoides*, *elipsoides*, *parabólicos*, etc. Sabemos que cada uno de estos espejos pueden ser convexos ó

cóncavos debidos á la superficie esterna ó interna de los sólidos geométricos del mismo nombre.

La demostracion geométrica de estas imágenes es fácil de explicar; para el caso mas sencillo tomaremos un espejo cilíndrico-cóncavo MN (fig. 17) cuyo eje ó generatriz es vertical. Supongamos un objeto AB colocado entre el foco F y el espejo, y segun lo demostrado tendremos una imagen virtual. Los rayos emitidos horizontalmente del punto A se reflejarán de la misma manera que por su reflexion lo hicieran en una superficie regularmente esférica, toda vez que un plano perpendicular al eje de un cilindro es un círculo. En cualquier otro plano oblicuo que pasase por el punto A, no seria un círculo sino una elipse, cuyo eje mayor seria tanto mas grande cuanto este plano se aproximase mas á la vertical; por consecuencia, los rayos luminosos que hieran otro plano del espejo se reflejarán y darán una imagen tanto mas pequeña cuanto la superficie sea menos curva y la imagen será igual al objeto cuando la superficie sea plana, es decir, cuando los rayos hieran el diámetro vertical del cilindro.

En el primer caso la imagen AB estará en $a'b'$ mayor que el objeto, y en el segundo caso la imagen estará en ab igual al objeto.

Si en lugar de colocarse entre el foco principal y el espejo; el objeto le colocamos delante del centro de curvatura, tendremos necesariamente una imagen *real invertida y mas pequeña* que el objeto y tanto mas pequeña cuanto el radio de curvatura del espejo sea mas corto.

En virtud de las leyes que hemos demostrado un objeto colocado delante de un espejo cóncavo cilíndrico de eje vertical, por ejemplo, entre él y su foco principal, dará una imagen *virtual*, tanto mas grande, cuanto los rayos emitidos estén mas en el plano horizontal y el objeto aparecerá ampliado en su direccion horizontal.

Pero si nosotros alejamos este objeto hasta mas allá del centro de curvatura del meridiano menos cóncavo, obtendremos

una imágen *real* tanto mas pequeña que si fuese dada por un meridiano de menos radio de curvatura y como quiera que este es el meridiano horizontal el que está en este caso, el objeto se ampliará en el sentido vertical, es decir, en sentido inverso de la imágen virtual.

Lo mismo ocurre con los espejos cilíndricos convexos y todo el mundo conoce esas bolas de cristal azogadas interiormente que sirven de adorno particularmente en los jardines. La imágen de los objetos exteriores reproducida en esta bola, resulta como en los espejos convexos y es tanto mas grande cuanto el radio de curvatura sea mas considerable. Esto resulta de lo que ya hemos dicho sobre los espejos convexos que no dan mas que *imágenes virtuales* mas pequeñas que el objeto y esta será tanto mas pequeña cuanto esté mas lejos y el radio de curvatura sea mas corto. Si el espejo convexo es cilíndrico, el objeto dará en el sentido del eje (hace el oficio de espejo plano), una imágen igual al objeto, cualquiera que sea su distancia, pero en cualquier otro sentido la superficie tendrá que ser convexa y tanto mas convexa cuanto mas se retire del plano perpendicular al eje, y por lo tanto las imágenes formadas fuera del plano perpendicular al eje serán tanto mas pequeñas cuanto mas se separen de este último pudiendo llegar hasta el *mínimum*.

En un espejo convexo no esférico el *maximum* de tamaño de la imágen corresponderá al meridiano *menos convexo* y el *mínimum* al meridiano *mas convexo*.

Es muy fácil formarse una idea de los espejos convexos ó cóncavos ni esféricos ni cilíndricos, pero de curvaturas diferentes, observando su propia imágen en el espejo formado por la superficie interna ó esterna de una cuchara de plata perfectamente pulimentada y de mayor ó menor dimension que inclinandola mas ó menos en un eje cualquiera de estos espejos producirá en la imágen deformaciones segun las leyes que ya hemos establecido.

Mas adelante veremos, cuando tratemos del astigmatismo la

utilidad que puede reportarnos el conocimiento de estos fenómenos en el diagnóstico de esta afección.

Hemos sido un poco estensos en la reflexión de la luz, por creerlo así necesario, no solo para comprender el mecanismo del oftalmoscopio sino también para el estudio de la acomodación en el exámen de las imágenes reflejas en la superficie de los medios refringentes del ojo y que se han designado con el nombre de imágenes de Purkinje ó de Sanson.

CAPÍTULO II.

§ 1.—REFRACCION DE LA LUZ.

Se llama *refracción* el cambio de dirección que sufre un rayo luminoso cuando pasa oblicuamente de un medio á otro. Este rayo parece quebrado en el punto de separación de los dos medios.

Todos los cuerpos diáfanos, sólidos, líquidos ó gaseosos, son refringentes, pero su refrangibilidad es muy variable y aumenta generalmente con su densidad; pero esto no es general para todos los medios pues nunca es la *refrangibilidad* proporcional á la densidad.

Los gases, los líquidos y los cuerpos sólidos fundidos, como el cristal, ó cristalizaciones en el primer tipo ó en el cúbico como la sal marina, no poseen mas que la refracción simple, pero todo cuerpo que cristaliza en el quinto tipo ú otro, presenta el fenómeno de la doble refracción, en que el rayo incidente dá lugar á dos rayos refractados, lo que explica que las piedras preciosas sean en general muy refringentes y que nunca puedan imitarse mas que de una manera grosera, menos refringente y con simple refracción.

Un sinnúmero de esperiencias conocidas de todo el mundo ha venido á dar una idea de lo que es la refracción; supongamos un baston CD (fig. 18) sumergido oblicuamente en el agua

y aparecerá dividido en el punto de inmersión, y la parte ID aparece desviada y afectando tomar la dirección ID' los rayos luminosos emanados de estos diversos puntos, en lugar de parecer seguir la prolongación IC toman la dirección IC' y el baston afectará tener la forma acodada CID'.



Fig. 18

de agua permaneciendo el observador y la moneda en su sitio respectivo esta última aparecerá nuevamente.

Es necesario para esto que los rayos luminosos partan de D y se acóden en el punto I á fin de que parezca que toma la dirección IA' para que llegue á la pupila del observador colocado en el punto A' y el objeto nos parecerá en la prolongación de este rayo en el punto D'.

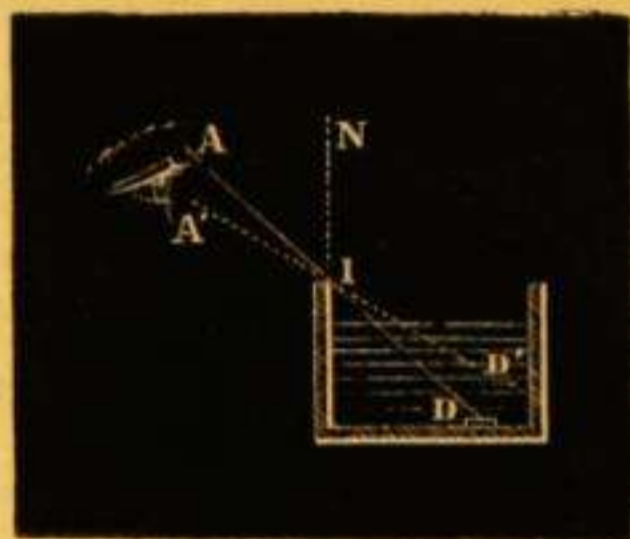


Fig. 19.

La perpendicular tirada en el punto de incidencia se llama *normal*. El rayo luminoso que parta de un punto mas ó menos iluminado y pueda atravesar un medio

cualquiera se llama rayo *incidente*, y desde que este rayo cambia de medio se le llama rayo *refractado*. En la figura 19 NI es la *normal*, DI el rayo *incidente* IA' rayo *refractado*. En este ejemplo el rayo luminoso pasa del agua al aire y si fuese lo

contrario, el rayo *refractado y vice-versa* la normal nunca cambia. *El ángulo de incidencia* es el formado por el rayo incidente y la normal, y el *ángulo de refracción*, es el formado por la misma normal con el rayo refractado.

§ 2.—LEYES DE LA REFRACCION.

Los fenómenos de la refracción están sometidos á las dos siguientes leyes, que aun conservan el nombre de *leyes de Descartes*.

Primera ley.—*El rayo incidente, el refractado y la normal están en un mismo plano perpendicular á la superficie del medio refringente.*

2.^a Ley.—*El seno del ángulo de incidencia y el de refracción están en relacion constante con los medios.*

Estas dos leyes, descubiertas por Descartes, se demuestran fácilmente con la siguiente figura: supongamos un recipiente **ABFG** (fig. 20) hemisférico y lleno de agua hasta el nivel del centro **O**. En el meridiano vertical de este recipiente hay colocado un círculo graduado. Esto así dispuesto, hacemos caer hácia el centro **O** un rayo luminoso **CO**. Si nosotros observamos la prolongación de este rayo, no lo aperebiremos y nos veremos obligados á aproximarnos á la normal **OG** en el punto **R**, que es donde percibimos este rayo luminoso. Haciendo caer otro rayo luminoso mas oblicuamente, y sea este **CO**, vemos que viene á salir al punto **R'**. Si por el contrario el rayo luminoso cayese en **FO** perpendicular á la superficie **AB**, nosotros lo percibiremos en el punto **G** y por lo tanto, no se refractará. Este experimento nos

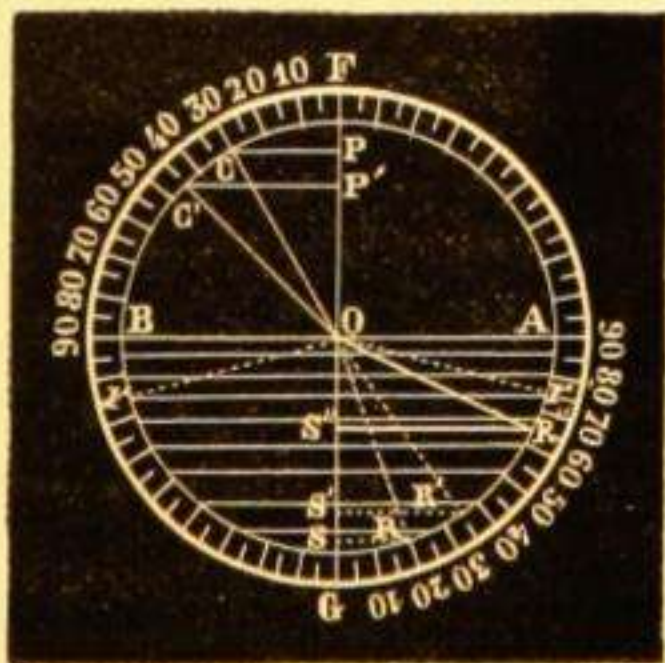


Fig. 20.

demuestra que solamente los rayos oblicuos son los refractados, y que se encuentran tanto mas prolongados cuanto es su refraccion, en el mismo plano perpendicular á la superficie **AB** que es lo que indica la construccion del aparato, quedando así demostrada la primera ley.

Para demostrar la segunda construiremos sobre un plano un círculo de un radio igual al de una esfera construida geométricamente como lo indica la fig. 20, en la que tiramos sobre la normal **FG** las perpendiculares **CP**, **RS**, **C'P'**, **R'S'**, que son los senos de los ángulos correspondientes; **CP** es el seno del ángulo de incidencia **COF**, y **RS** el del ángulo de refraccion **GOR**. Las relaciones de estas dos cantidades, serán $\frac{4}{3}$; pero midiendo entretanto los senos de los otros dos ángulos formados por el segundo radio **C'O** estos dos senos son **C'P'** y **R'S'**. Si comparamos estas dos cantidades encontraremos las mismas relaciones de $\frac{4}{3}$, que será la misma de todo otro radio mas ó menos oblicuo. Dos cantidades iguales á una tercera son iguales entre sí: luego

$$\frac{C P}{R S} = \frac{C' P'}{R' S'} = \frac{4}{3}$$

lo que se demuestra con la segunda ley.

Índice de refraccion.—La relacion constante de los senos del ángulo de incidencia y del ángulo de refraccion en un mismo medio, se llama *índice de refraccion*. Se comprende fácilmente que esta cantidad, está en relacion de la refringencia de los dos cuerpos atravesados por el rayo luminoso, porque si la luz pasase del aire al agua, las relaciones de los senos no serian lo mismo que si la luz pasase del cristal al agua. Tomando siempre el aire á la misma temperatura en el primer término de estas relaciones, el denominador de la fraccion indicará el poder refringente de todo otro cuerpo cuyo índice de refraccion no haya sido calculado de esta manera. Si el numerador es siem-

pre el mismo y el denominador es 2, 3, 4 veces mas pequeño, el poder refringente de estos cuerpos será 2, 3, 4 veces mayor y recíprocamente. El aparato que representa la fig. 20 puede servir para determinar experimentalmente el grado de refrangibilidad de los diversos líquidos que en él se coloquen. Mas el rayo refractado OR' (fig. 20) se acercará á OG y será el ángulo pequeño, siéndolo tambien el seno. Se demuestra en geometría que las relaciones de los ángulos y de los senos están mas cerca cuanto mas pequeños sean los ángulos. Si se quiere tener el índice de refraccion del aire con relacion á otro cuerpo, es necesario poner por numerador el poder refringente de este cuerpo y por denominador el del aire. En el ejemplo citado, del aire y el agua, el índice es $\frac{4}{3}$, para el agua, para el aire $\frac{3}{4}$. Se designa por N el índice de refraccion, el ángulo de incidencia y R el ángulo de refraccion. Hé aquí la fórmula:

$$N = \frac{I}{R}$$

El valor mas pequeño del ángulo de incidencia es 0° luego el rayo luminoso caerá siguiendo la normal y el ángulo de refraccion será tambien igual á cero.

Angulo, límite, refraccion total.

—Cuando un rayo luminoso pasa de un medio mas refringente á otro menos refringente, hemos visto se desvia de la normal. Sea el rayo FO (fig. 21) pasando del agua á el aire y vemos que el ángulo de refraccion es mayor que el de incidencia y el rayo refractado será OD . Si el rayo FO gira al rededor del punto O , el rayo OD les acompañará en este movimiento y tenderá cada vez mas á aproximarse de OD'' . Esto tendrá lugar cuando el rayo

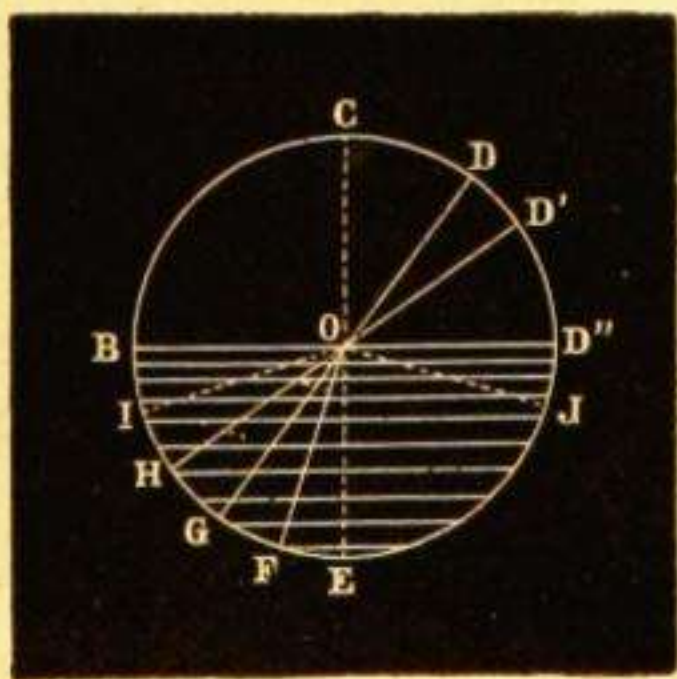


Fig. 21.

incidente tomara la direccion HO. El ángulo HOE toma el nombre de *ángulo límite* y se le ha llamado tambien así por que todo otro rayo tal como IO, por ejemplo, forma un ángulo de incidencia mas grande y no se refracta ya, se reflejará sobre la superficie D''B como en un espejo plano y volverá á el líquido en la direccion OJ segun las leyes de la refraccion.

A este fenómeno se le ha dado el nombre de *refraccion total*, porque los rayos incidentes que los forman son reflejados totalmente sin perder nada de su intensidad.

§ 3.—REFRACCION Á TRAVÉS DE MEDIOS DE SUPERFICIES PARALELAS.

Hasta aquí no nos hemos ocupado mas que de la direccion de los rayos lumisos en un medio refringente, y ahora vamos á ocuparnos del cambio que experimenta este rayo cuando sale de un medio para pasar á otro.

Si este otro medio es análogo al primero, el rayo refractado se hace rayo incidente y obedece á las mismas leyes que le preceden, es decir, que se aleja ó se aproxima de la normal segun este último medio sea menos ó mas refringente que el

precedente. Si las dos superficies son paralelas, el rayo incidente saldrá paralelamente á la direccion inicial, y se desviará lateralmente tanto mas, cuanto el cuerpo intermediario sea mas denso.

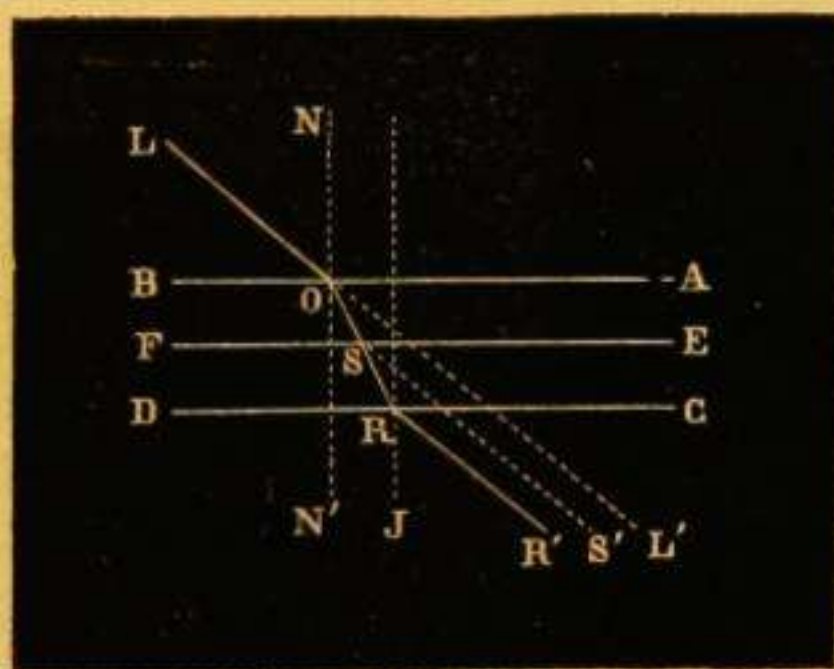


Fig.º 22.

Supongamos el rayo LO (fig. 22) viniendo del aire, al cristal; este rayo se refractará aproximándose á la normal, tomando la direccion OR; pero llegando al punto R, se alejará de la normal

el mismo espacio que se aproximó y volverá á su direccion inicial, haciendo con la normal RJ en el punto R, un ángulo $JRR' = LON$, y como las dos normales son paralelas, las dos líneas LO, RR' lo son tambien, pero se vé que el rayo emergente no está ya en la prolongacion LO, pero desviado de la normal NN'. Si el cristal no tiene mas espesor que ABEF, el rayo LO tendrá á su salida la direccion SS' y estará tanto mas cerca de OL' cuanto la placa de cristal sea mas delgada. Puede fácilmente producirse este fenómeno observando un objeto al través de un recipiente de cristal de paredes paralelas y lleno de agua ó bien á través de un bloc de cristal de caras paralelas.

§ 4.—REFRACCION A TRAVÉS DE MEDIOS DE CARAS NO PARALELAS.

Si las caras en vez de ser paralelas están inclinadas la una sobre la otra, sus prolongaciones se encontrarán y tendremos entonces un sólido que lleva el nombre de *prisma*. Veamos lo que ocurre en este caso.

Sea un bloc de cristal ABC (fig. 23) cuyas dos caras AB, AC inclinándose la una sobre la otra se reúnen en el punto A. Hagamos caer un rayo luminoso LO oblicuamente sobre la superficie AB y prolonguemos la normal á ON. El ángulo de incidencia será NOL, pero el rayo luminoso que pasa del aire al cristal, que es mas refringente, se aproximará á la normal ON y tomará la direccion OR. Prolonguemos al punto R la normal RN' y el rayo OR que pasa del cristal al aire, se alejará de la normal y tomará la direccion RJ; de suerte que el observador colocado en este punto relacionará el punto L con L', situado en la prolongacion del rayo JR hácia el ángulo A que se llama *vértice* del prisma. Se comprende fácilmente que mientras mas inclinada esté la cara AC sobre AB, el ángulo del prisma será mayor, si bien el punto L' podrá desviarse hácia el vértice. El ángulo LIJ formado por la prolongacion del rayo LO y JR es lo que se llama *desviacion* del prisma.

Hemos visto hablando de la refraccion en general, lo que es entiendo por *ángulo límite* y sabemos que los rayos luminosos que caen con una oblicuidad muy considerable, no son refractados sino reflejados, y el mismo fenómeno tiene lugar para los prismas que tienen *refraccion total*. Supongamos un prisma rectangular ABC

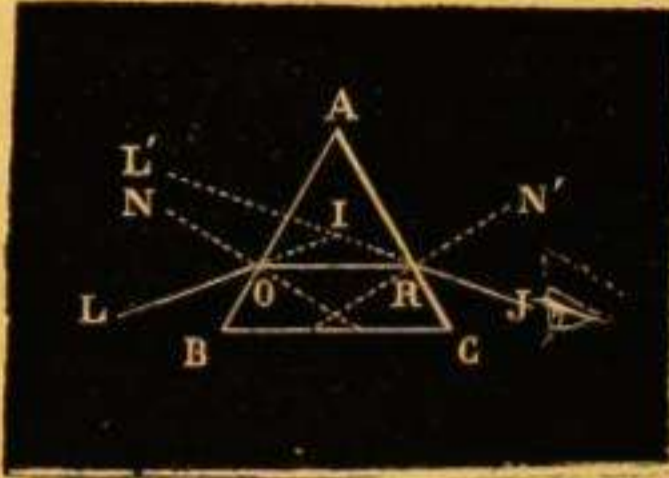


Fig. 23.

en el que hacemos caer un rayo luminoso RJ perpendicular á la superficie AB; este rayo no se refractará en el cristal, pero caerá sobre la cara inclinada AC bajo un ángulo mayor que el *ángulo límite*; este rayo se reflejará sobre esta cara y tomará la direccion JR' perpendicular á CB y á JR que le es paralela, y en efecto el ángulo CJR' es igual á el ángulo CAB que tiene un abra de 45° pero tambien es igual por construccion á el ángulo AJR que es el ángulo de reflexion, la suma de estos dos ángulos tiene un ángulo recto, de donde resulta que el tercer ángulo RJR' es recto, por que la suma de los ángulos contruidos en un punto y por encima de la misma recta es igual á dos ángulos rectos. De suerte que el observador colocado en el punto R' verá el punto R en R'' en la prolongacion de R'J.

No hubiéramos hablado de la reflexion total de los prismas

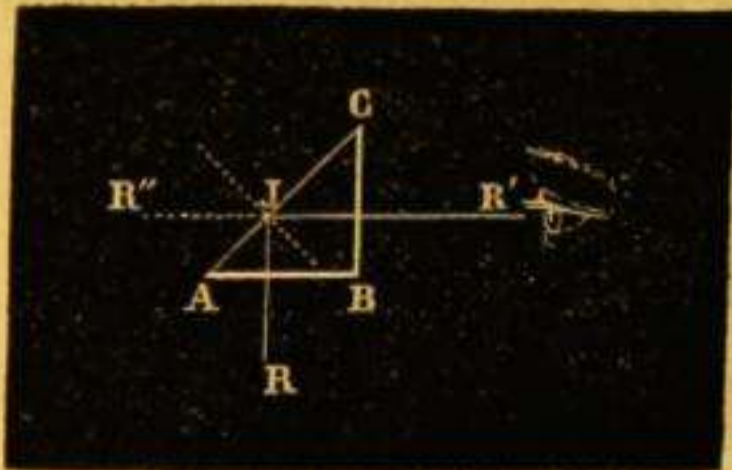


Fig. 24.

si no existiesen oftalmoscopios fundados sobre esta propiedad particular. Uno de estos instrumentos imaginado por Mr. A. Sichel, permite á dos observadores examinar al mismo tiempo el fondo del ojo. Es el mas simple y al mismo tiempo el mejor de los instrumentos de este género, que ya tendremos tiempo

de ocuparnos de él cuando lo hagamos de la exploracion de las partes internas del ojo.

§ 5.—DESCOMPOSICION DE LA LUZ POR LOS PRISMAS.

Los objetos mirados al través de un prisma no solo se desvian hácia la suma del prisma sino que presentan sobre sus bordes los colores del arco iris; acerca de este fenómeno, que es una consecuencia de la descomposicion de la luz blanca, vamos á decir dos palabras. Si por una abertura O practicada en un tablero de una cámara oscura (fig. 25) hacemos penetrar un haz de luz solar L, este haz dibujará sobre la pared opuesta de la cámara oscura una pequeña imágen blanca y redondeada D. Pero si en el trayecto de este haz interponemos un prisma ABC, el haz luminoso dará una imágen oblonga, desviada hácia la base del prisma y presentando los colores del arco iris, habiéndosele dado á esta imágen el nombre de *espectro solar*, que se compone de un número variado de colores y de rayas oscuras, si bien los colores predominantes son el *rojo*, *anaranjado*, *amarillo*, *verde*, *azul*, *indigo*, y *morado*.

Si se hace pasar cada uno de estos colores al través de un segundo prisma se obtendrá una imágen del mismo color. Estos siete colores simples é inalterables han recibido el nombre de colores elementales, no obstante que algunas esperiencias modernas tiendan á limitar este número.

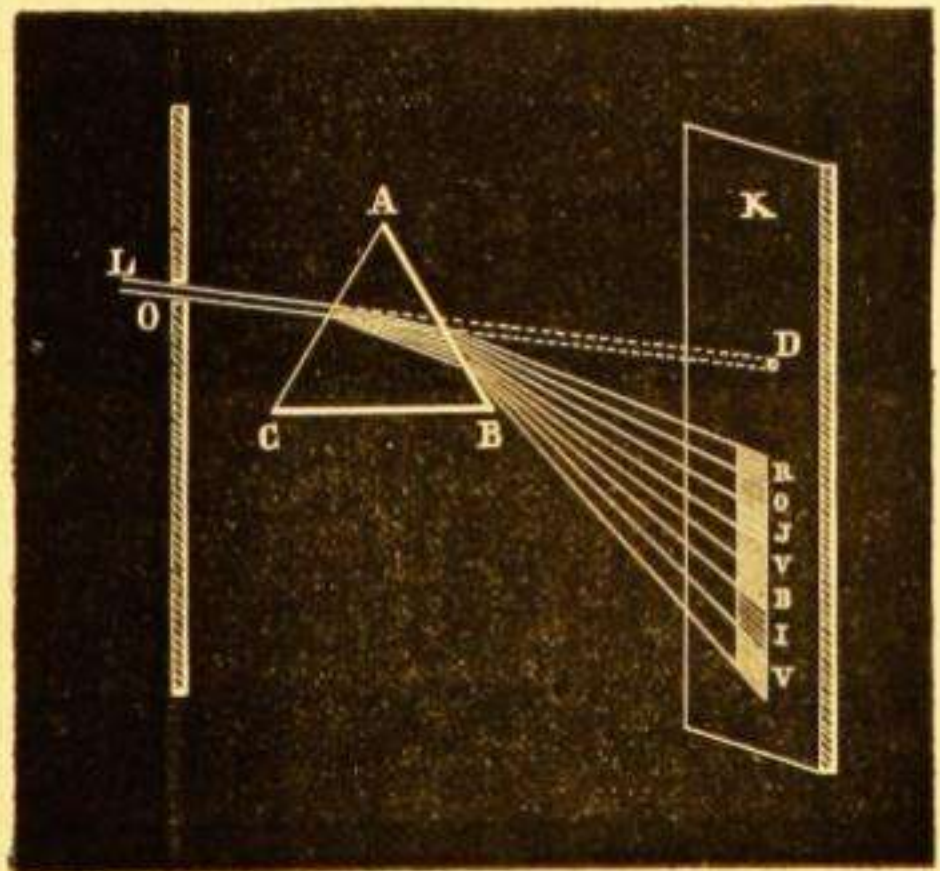


Fig. 25.

Sea esto lo que quiera, si la série de estas imágenes coloreadas es oblonga, es porque cada uno de estos colores tienen distinta refrangibilidad, y así vemos que el rojo, que ocupa la parte superior del espectro, es menos refrangible que el morado que es el mas refrangible.

Puede demostrarse la desigualdad de refrangibilidad de varios colores, examinando á través de un prisma un carton negro sobre el cual hayamos colocado dos bandas una violeta y otra roja del mismo tamaño. Estas dos bandas son desigualmente refractadas y no aparecerán ya sobre el mismo plano, siendo esto lo mismo para los demás colores.

Recomposicion de la luz.—Todos los cuerpos transparentes cuyas superficies no sean paralelas, descomponen la luz, y todo instrumento de óptica será defectuoso si no se toman las precauciones necesarias para impedir esta descomposicion; cuando estos instrumentos están formados de dos partes iguales y del mismo poder refringente y no coinciden exactamente no es posible la fusion de los rayos luminosos coloreados, de los que nos ocuparemos en el siguiente capítulo á propósito de las lentes y del acromatismo, si bien diremos por el momento que es suficiente hacer pasar el haz de rayo coloreado á través de una lente convergente ó un segundo prisma cuya base está del lado opuesto al del primero para tener de nuevo la luz blanca.

CAPÍTULO TERCERO.

§ 1.—De las lentes.

Se conoce en óptica con el nombre de lentes, medios transparentes de superficies curvas regulares. Estas superficies son generalmente esféricas; y como quiera que hemos de estudiar una afección cuya causa es justamente un defecto de esfericidad, haremos ante todo un estudio elemental de las lentes elipsoi-

dales y cilíndricas. Empecemos por el estudio de las lentes esféricas. La acción que ejerce sobre los rayos luminosos la hacen dividir en *lentes convergentes* y en *lentes divergentes*.

Las primeras (fig. 26) tienen mas espesor en el centro que en los bordes, y se dividen en tres especies; en *biconvexas* que tienen dos superficies esféricas

(*ab*); *plano convexas* (*a'b'*); *menisco convergentes* (*a''b''*) que tienen una superficie convexa y otra cóncava, de un

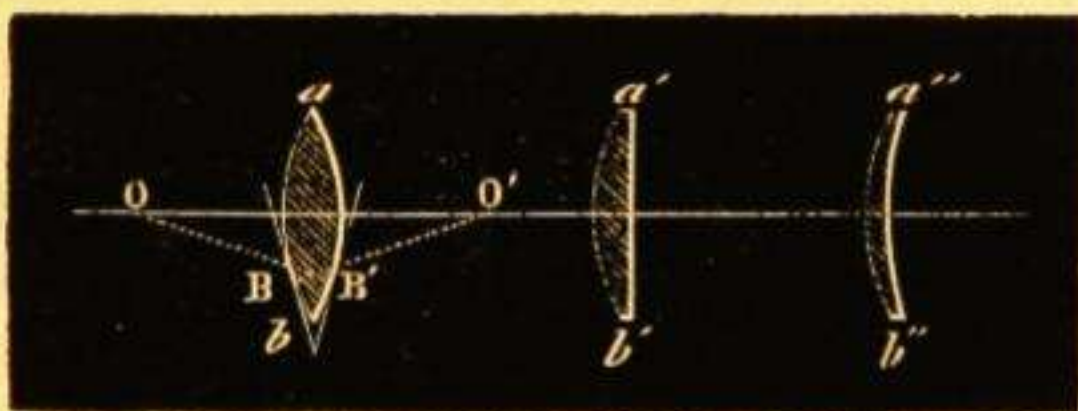


Fig. 26.

radio de curvatura mas grande que el primero.

Las lentes *divergentes* (fig. 27) son mas delgadas en el centro que en los bordes, y se dividen tambien en tres especies; *bicóncavas* (*ab*), *plano cóncavas* (*a'b'*), y *menisco divergentes* (*a''b''*).

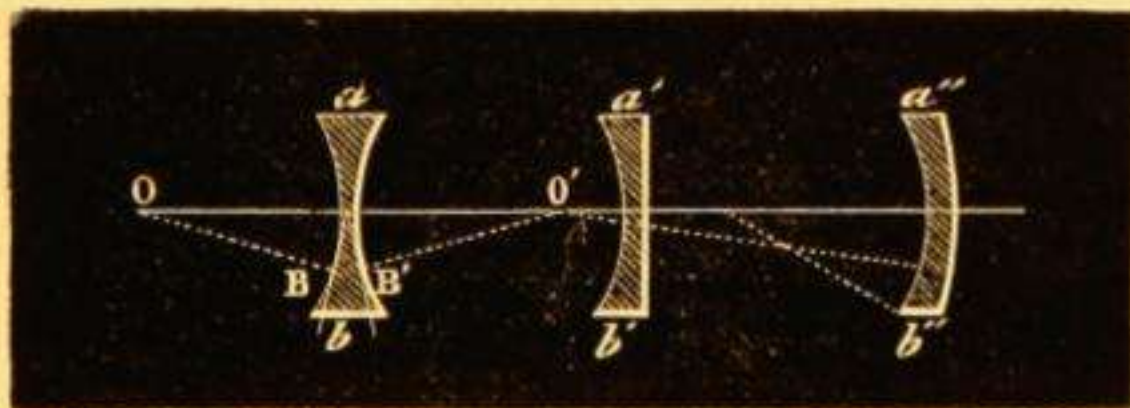


Fig. 27.

Las lentes convexas hacen converger todos los rayos luminosos que las atraviesan sin pasar por el centro óptico, si estos son divergentes, serán menos divergentes, paralelos ó convergentes, segun la forma de la lente; si son paralelos serán siempre *convergentes* y si son ya convergentes llegarán á ser mas.

La acción de las lentes cóncavas es la misma relativamente á la divergencia y es fácil comprender esta acción.

Si tiramos en la extremidad de los radios de curvatura **OB**

y $O'B'$ (fig. 26) planos tangentes, estos planos formarán las dos caras inclinadas de un prisma cuya base estará en el centro de las lentes convexas y en el borde de las lentes cóncavas, (fig. 27) y los rayos luminosos seguirán exactamente de la misma manera que hemos visto en los prismas. Este efecto prismático de las lentes nos servirá mas tarde en determinados casos para la prescripción de las lentes.

La refracción en las lentes obedece completamente á las leyes de la refracción en general, que nos son ya conocidas, y todos los fenómenos ópticos pueden explicarse por fórmulas geométricas como vamos á demostrarlo.

La marcha de los rayos luminosos en las lentes, ó en los sis-

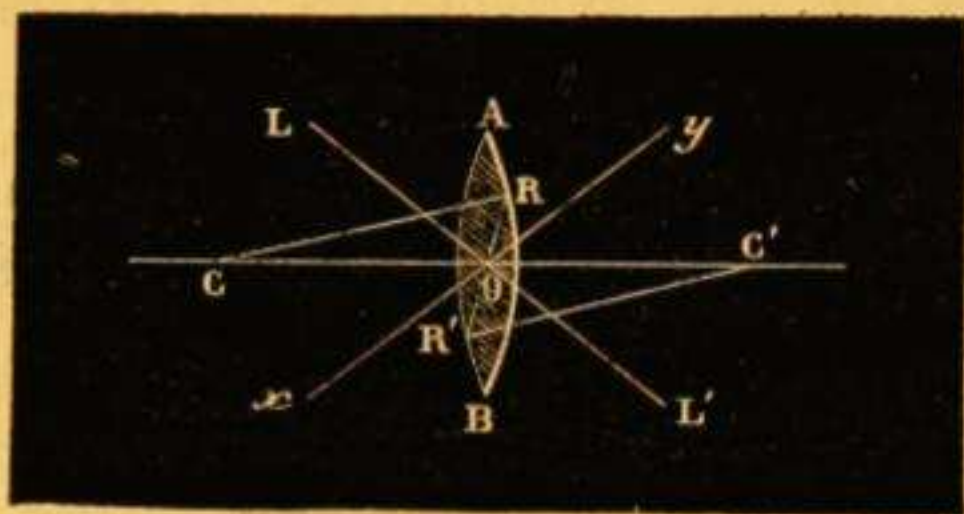


Fig. 28.

temas refringentes formados de varias lentes separadas por medios transparentes, está sujeta al conocimiento de seis puntos que se llaman *puntos cardinales*. Suponiendo estos puntos conocidos, remitimos al

lector á los tratados completos de óptica para su mas detenido estudio, pues con sus conocimientos basta una construcción geométrica muy fácil para tener la dirección de un rayo refractado, conociendo la dirección del rayo incidente. (1)

§ 2.—LENTES BICONVEXAS.—EJES.—FOCOS.

Eje principal, secundario y centro óptico.—Se llama eje principal, de una lente la línea que une los dos centros de

(1) Por simplificar este estudio no nos hemos ocupado de los puntos focales, ni del centro óptico. Para el estudio completo de las lentes, véase Gavarret. *Des images par reflexion et par refraction.*—Paris 1867.

curvadura; si la lente es plana en una de sus caras este será la perpendicular tirada del único centro de curvadura sobre la superficie plana. En la figura 28, CC' es el eje principal. Si trazamos los dos radios de curvadura paralelos CR , $C'R'$ la intercepcion de la recta $R'R$ con el eje principal, es lo que llamamos *centro óptico* de la lente. Se demuestra por el cálculo y la esperiencia, que todo rayo luminoso que pasa por este punto, no sufre desviacion y sale de la lente con una direccion paralela á aquella que tenia antes de atravesarla, por encontrarse con dos caras paralelas. Toda línea distinta del eje principal que pase por este punto (véase la figura 22) se denomina *eje secundario* como lo son xy LL' .

Se comprende que el número de estos ejes es indefinido, por que, de todos los puntos del espacio pueden caer rectas, que pasen por el centro óptico de la lente.

Focos en las lentes biconvexas.—Las lentes biconvexas tienen con los espejos cóncavos una gran analogía, y la sola diferencia es que la imágen, en vez de formarse delante, como en los espejos convexos, se forma al otro lado de la lente. Las lentes convexas tienen tres focos; *foco principal*, *focos conjugados* y *foco virtual*.

1.º *Foco principal.* Supongamos siempre que las lentes no tienen mas de 6.º ú 8.º de *abertura* (1) porque si la lente es mayor los resultados no serán ya los mismos. No obstante importa observar que la *abertura* siendo la misma, el diámetro de la lente será tanto mayor cuanto su distancia focal sea mas estensa. Razon por la cual los objetivos de lentes astronómicas que tienen mas de 25º de diámetro, dan imágenes tan claras

(1) Se llama *abertura* el ángulo comprendido entre los dos rayos que se tiran á los puntos de intercepcion de las dos superficies de la lente, es decir, á las dos estremidades de un diámetro cualquiera de esta lente. (Véase la figura 29.)

como los objetivos poderos de microscopio, que solo tienen una fraccion de centímetro de diámetro. (1)

El foco principal de una lente biconvexa es el punto del eje principal donde converge todos los rayos luminosos paralelos al eje antes de penetrar por la lente y en la proximidad del mismo eje. Esto se demuestra fácilmente proyectando la imágen del sol sobre una pantalla de cristal deslustrado.

Cuando esta imágen es muy clara y la mas pequeña posible puede apreciarse la distancia que la separa de la lente por el radio de curvatura. Este punto es el *foco principal*; y coincide proximamente con el centro de curvatura en las lentes de cristal. Si la materia emplea da es mas ó menos refringente, se observará una ligera diferencia. Puédese así construir geométricamente la marcha de un rayo luminoso á través de una lente biconvexa.

Sea el rayo luminoso LD (fig. 30) paralelo al eje principal

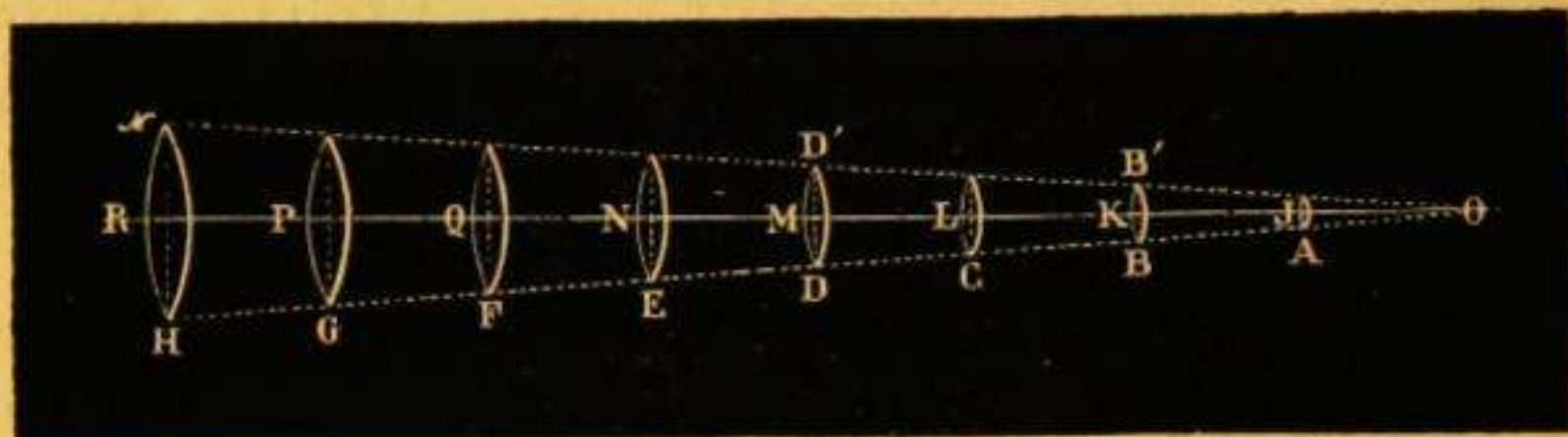


Fig. 29.

(1) Estas lentes de los aparatos astronómicos tienen en efecto, "una distancia focal de muchísimos metros, mientras que la de los microscopios no tienen mas que algunos milímetros. Si hacemos un ángulo de 8° en el punto O (fig. 29) y sobre un eje principal comun OR escalonamos las lentes ABCD etc., cuyas longitudes focales son sucesivamente 1, 2, 3, 4, etc., centímetros, sus diámetros crecerán en la misma proporción que sus distancias focales, porque tenemos una serie de triángulos semejantes cuyos lados homólogos son proporcionales; así, tomemos, por ejemplo, el triángulo DMO, y BKO que son semejantes, pues que KB es paralelo á MD; pero el lado OM es dos veces mas grande que OK por construcción, y por lo tanto MD, será tambien dos veces mas grande que KB, y así sucesivamente $DD' = 2BB'$ siendo lo mismo para todos los otros triángulos.

x y atravesando una lente de cristal cuyo índice de refracción es $\frac{3}{2}$. Llegando al punto D , este rayo pasa del aire al cristal aproximándose á la normal $O'D$, tomando la dirección DR hacia el ángulo RDO' que es los dos tercios del ángulo incidente LDE . Entre tanto el rayo pasará del cristal al aire alejándose de la normal $O'D$ del punto O al punto D' , en este último punto, como centro describiremos con el mismo radio los dos arcos de círculo $F'G'$, FG . El ángulo de incidencia en el cristal

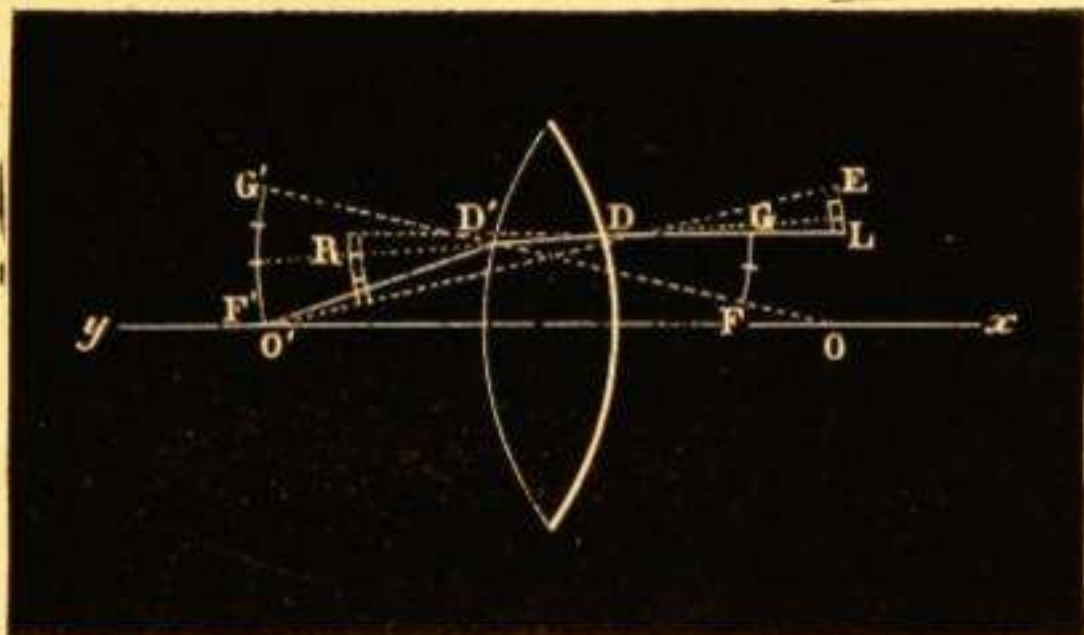


Fig. 30.

se mide por el arco FG , dividiendo este arco en dos partes y llevando tres veces una de estas partes sobre el arco $G'F'$, tendremos la dirección del rayo refractado $D'O'$ que nosotros queremos que pase por el centro de curvatura O' . Una construcción análoga puede hacerse con todos los rayos paralelos en que queramos mostrar que el rayo refractado pasa siempre por el centro O' pero esta misma construcción empleada para los rayos mas distantes del eje, nos harán ver lo que se observa en la práctica, en que el foco de los rayos paralelos al eje principal está siempre sobre este eje pero á distancia mas próxima de la lente, segun que estos rayos sean mucho mas excéntricos.

Focos conjugados.—Para esplicarnos la influencia de los cristales convexos sobre la vision, vamos á dar la esplicacion y la demostracion completa de los focos conjugados. Por lo pronto diremos que se llaman así puntos en que el objeto luminoso colocado en uno de estos puntos tiene su foco sobre el

otro y recíprocamente. Los focos conjugados de las lentes biconvexas están siempre situados á uno y otro lado de la lente entre el foco y el infinito. La demostracion geométrica de estos focos conjugados es muy fácil.

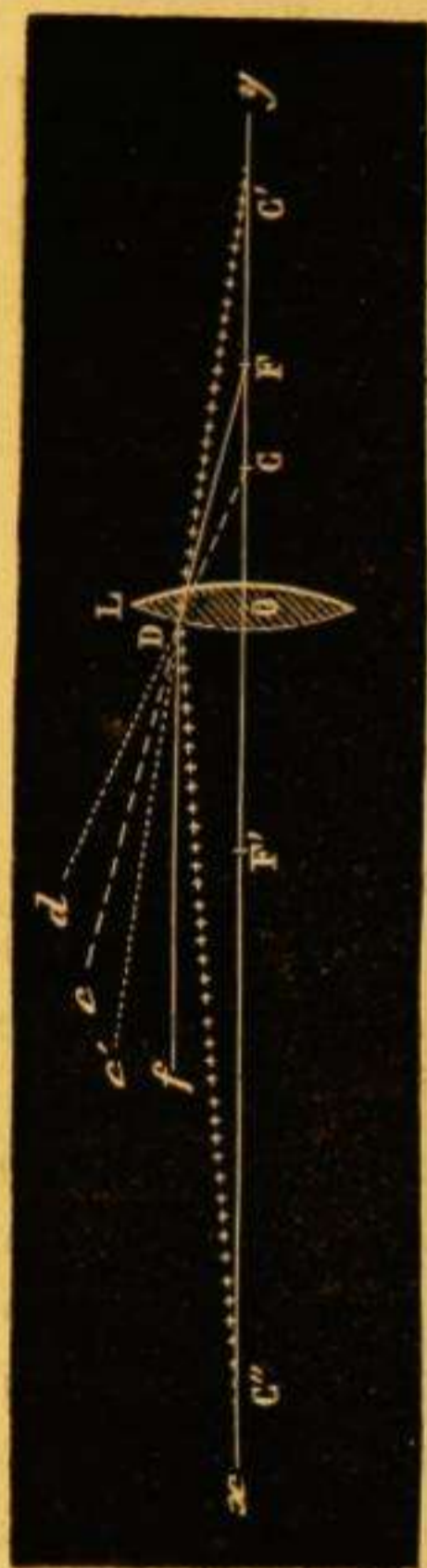


Fig. 31.

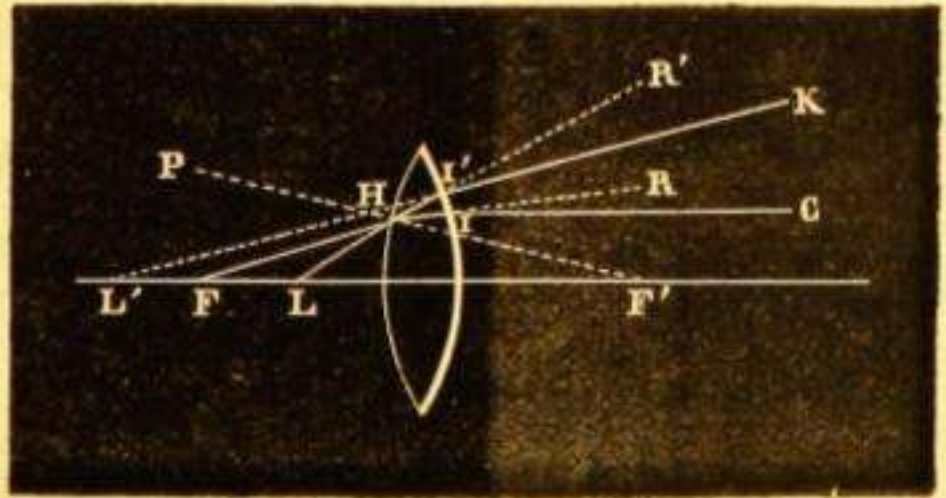
Sea la lente L (fig. 31) cuyo foco principal está en F y resultará que todo rayo luminoso que parta de este punto y atraviese la lente, saldrá paralelamente al eje principal, siguiendo la direccion Df en vez de Fc . La lente ejerce por lo tanto sobre este rayo una influencia tal que le desvia en cantidad suficiente para el ángulo eDf . La refringencia de la lente es la misma si el rayo incidente parte de un punto situado entre el foco F y la lente C, por ejemplo; el ángulo incidente DCO será mayor que el primero DFO , necesitando una lente de mas potencia de una longitud focal igual á CD para que este rayo salga de la lente paralelamente al eje. Aquí la lente es la misma pero impotente para hacer volver el rayo emergente Dd á su paralelismo el que toma la direccion Dc siendo divergente y sin cortar en ningun punto el eje principal.

Pero si en lugar del punto C tomamos el punto C' situado al otro lado del foco, el ángulo $DC'O$ será mas pequeño que el ángulo DFO y el rayo $C'D$ menos divergente que FD . Como la potencia de la lente es siempre la misma, debemos deducir del ángulo $DC'O$ ó de $c'DF$ que es igual el ángulo de refraccion eDF , y como este es mayor que el primero es evidente que pasará por debajo del rayo paralelo fD . Así que el rayo emergente Dc' , en vez de seguir la direccion Df

toma la dirección DC'' y cortando el eje principal en C'' , que será el foco conjugado del punto C' y un objeto colocado en C'' tendrá su foco en C' pero el punto C' se alejará de F , mas C'' se aproximará á F' y por último cuando C' esté en el infinito C'' coincidirá con F' que es el segundo foco principal de la lente. Todos los puntos intermediarios entre F y el infinito tendrá su foco conjugado entre este y F' , de tal suerte que cuando uno de estos puntos se aproxime al foco ó de la lente el otro se alejará. Las distancias de estos focos en las lentes y la longitud focal de ellas tienen relaciones matemáticas invariables sobre las cuales nos hemos estendidos en el párrafo anterior al empezar este artículo y ahora daremos la fórmula de los focos conjugados.

Una particularidad importante y fácil de demostrar es que el punto situado á una distancia de la lente de doble longitud focal, tiene su foco conjugado al otro lado de la lente y á igual distancia. Ya hemos visto que en los espejos cóncavos es lo mismo para las imágenes reflejadas.

Foco virtual.—Hasta aquí hemos supuesto el punto luminoso colocado en el infinito, entre el infinito y el foco principal ó en el foco principal; pero si le colocamos entre este último y la lente, en L , (fig. 32) por ejemplo,



Ftg. 32.

el ángulo de incidencia LHP es mas grande que el ángulo FHP formado por el rayo FH que parte del foco principal con la misma normal HP , por lo tanto el ángulo de refracción correspondiente al primero $F'HR'$ será mayor que $F'HR$ que corresponde al segundo, y como despues de la refracción sigue la línea HI , el rayo FH es paralelo al eje, haciéndose IC , es necesario que

el rayo LH tome por ejemplo la direccien HI' en la lente y I'K en el aire, serán divergentes con relacion á FF', y estas dos líneas no se encontrarán en el lado K ni habrá imágen aérea, pero el observador, colocado al otro lado de la lente, verá el punto L en L' sobre la prolongacion de KI' y el punto de interseccion del rayo KI' con el eje principal. Todos los demás rayos luminosos emitidos por el punto L saldrán tambien divergentes, y su prolongacion cortarán el eje principal en L' siendo el foco del punto L, pero el foco *virtual* estará situado al mismo lado que el objeto luminoso y que no puede recogerse en una pantalla.

Si el punto luminoso L en lugar de estar sobre el eje principal estuviese fuera de este eje, su foco se formaria de la misma manera sobre el eje secundario tirado de este punto.

§ 3.—FORMACION DE LAS IMÁGENES EN LAS LENTES BICONVEXAS.

Las lentes convexas dan, como los espejos cóncavos, imágenes reales y virtuales. Estas imágenes están constituidas por la reunion de focos de cada punto del objeto.

1.º *Imágenes reales.*—Para que estas imágenes se formen, es necesario que el objeto luminoso ó iluminado sea colocado *mas allá del foco principal* de la lente.

Si este objeto está colocado en la distancia finita AB, (fig. 33)

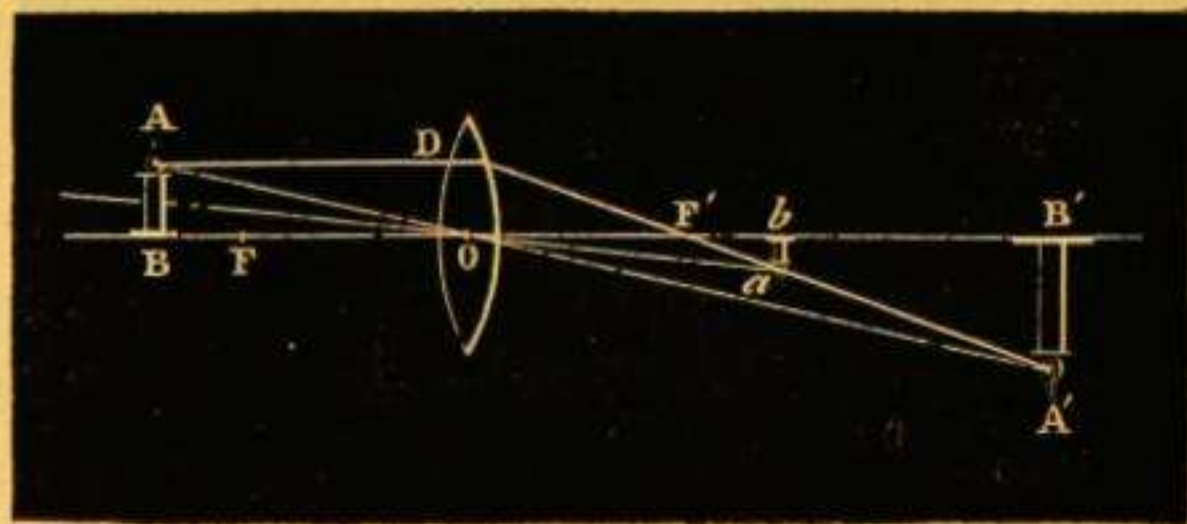


Fig. 33.

por ejemplo, el punto A envía hacia la lente rayos paralelos al eje, tales como AD, que cortan esta línea en el foco F', y rayos divergentes. El

rayo AO pasa por el centro óptico y no se desvia porque es un

eje secundario y siguiendo la dirección OA' , corta el rayo DF' en el punto A' . Todos los otros rayos no paralelos caen sobre la superficie de la lente viniendo igualmente á converger en el punto A' que será el foco del punto A . El punto B tendrá su foco conjugado en B' , y todos los puntos situados, entre A y B formarán su imágen entre A' y B' ; de suerte que tendremos en $A' B'$ una imágen *real, invertida, mas grande que el objeto* AB . Si el objeto se separa mas y mas del foco F , el rayo paralelo AD seguirá siempre la misma dirección DF' , pero el eje secundario AO hácese menos divergente llegando á cortar el rayo $D'F'$ en el punto más próximo del foco F' ; el punto B á su vuelta tendrá su foco conjugado mas cerca del punto F' , de tal suerte que su objeto AB trasportado muy lejos del foco F tendrá su imágen en ab : así que inversamente mientras mas se acerque el objeto á F mas interseccion del eje secundario tendrá con el rayo paralelo refractado sobre su punto alejado, y la imágen será mas grande. Por último, si el objeto está en el foco, todos los rayos que partan saldrán de la lente paralelos é irán á formar la imágen en el infinito.

La imágen de un objeto colocado en el infinito se forma, como hemos dicho, en el foco principal de la lente, siendo la imágen mas pequeña que puede dar esta lente; pero á medida que el objeto se aproxima, la imágen se agranda progresivamente y llega á su máximum cuando el objeto se encuentra lo más próximo posible del foco de la lente. La imágen entonces estará lo más lejos y á una distancia tanto mayor cuanto la longitud focal de la lente sea mas considerable.

La imágen que se forma en el foco principal es tanto más pequeña cuanto la lente tiene un foco más corto; por consiguiente será imposible tener dos imágenes mínimas é iguales con dos lentes de convexidad diferente; así la más convexa dará siempre una imágen mínima mas pequeña que la otra. No por esto el grandor mínimo de la imágen dada por la lente menos convexa será óbice para poder obtener imágenes de tamaños idén-

ticos con estas dos lentes, y bastará para esto colocar el objeto en distancias apropiadas para cada lente. Si el objeto permanece á la misma distancia de cada una de ella, la imágen se formará en el foco conjugado respectivo, y á la menos convexa corresponderá la imágen mayor.

Como hemos visto para el foco de un punto situado á una distancia doble de

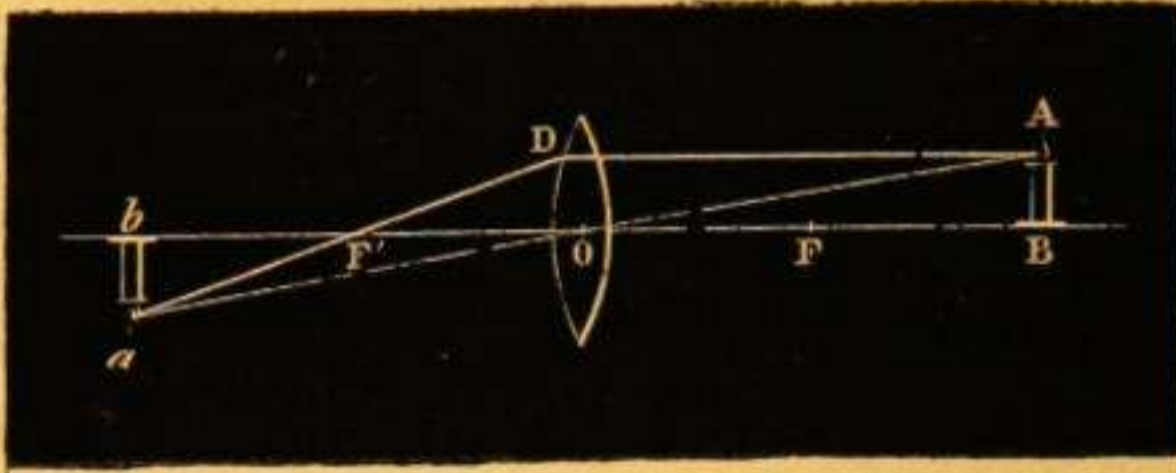


Fig. 34.

tancia doble de la focal, la imágen de un objeto colocado á esta distancia estará tambien á una distancia igual al otro lado de la lente,

y por esto la imágen dejará de ser igual al objeto.

El rayo paralelo AD (Fig. 34) y el refractado Da , forman con el eje secundario Aa un triángulo ADa en el cual tenemos la línea OF' paralela á la base AD , por hipótesis construimos tambien otro triángulo $OF'a$ parecido al primero. Los lados homólogos son proporcionales y OF' es la mitad de AD (igual á, Bo doble de la distancia focal) Oa será tambien igual á la mitad de Aa . Luego los triángulos rectángulos OAB , Oab , son iguales por tener un ángulo agudo igual y la hipotenusa igual, y $AB=ab$.

2.º *Imágenes virtuales. Lente.*—Colocado el objeto entre el foco F y la lente, en AB (fig. 35) el punto A enviará hácia la lente rayos luminosos de los cuales, uno AO , pasará por el centro óptico O de dicha lente no sufrirá desviacion alguna, y se le considera como un eje secundario, y al otro Ac , paralelo al eje principal, que despues de atravesar la lente en D pasará por este foco anterior de la lente donde se encuentra con el observador. Cuando las lentes tienen las dos caras con idéntica curvatura, las distancias focales anteriores y posteriores son iguales.

La figura $DAOF'$ es un trapecio en el cual los dos lados AD y OF' son paralelos por hipótesis, pero OF' igual á la distancia focal, si bien AD es más corto por construcción: los

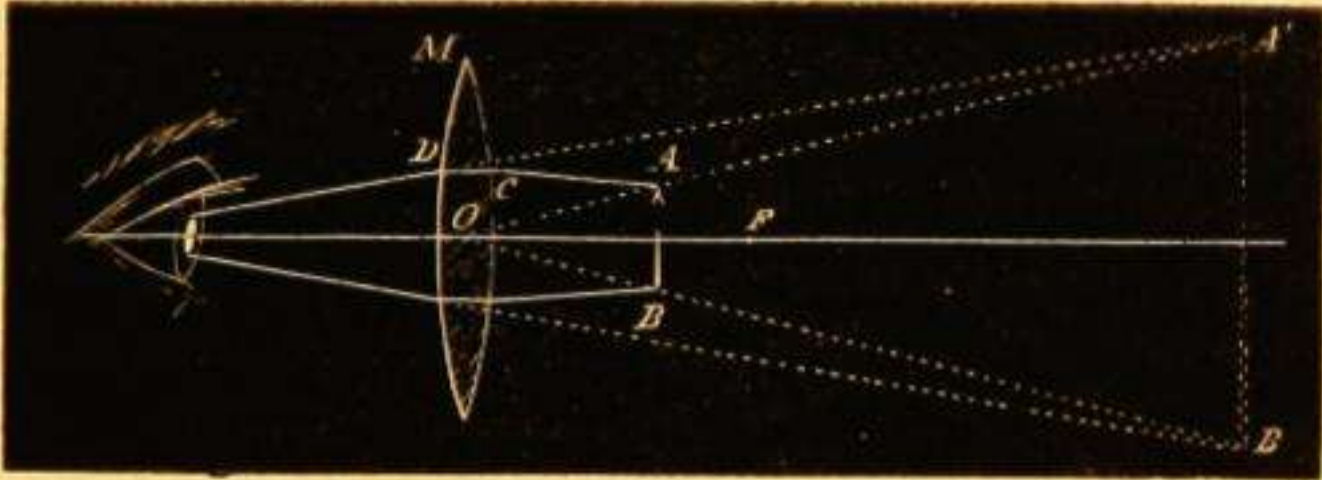


Fig. 35. — Teoría de la lente.

dos otros lados AO, DF' convergerán hácia el lado mas corto DA y se encontrarán en A' que será el foco virtual de A y por lo mismo B' será el foco de B , siguiendo así para los puntos intermedios entre A y B que tendrán tambien sus focos virtuales entre A' y B' , de suerte que tendremos en $A'B'$ una imagen de AB , *virtual, recta y mas grande que el objeto*, y tanto mas grande cuanto mas cerca se coloque del foco. En efecto, el rayo paralelo AD será el mismo, el rayo refractado DF' tendrá siempre la misma direccion, pero el eje secundario AO irá disminuyendo en convergencia é irá á cortar la prolongacion del primer rayo DA en un punto mas lejano, y por consecuencia la imagen será tambien distante. Cuando la cantidad de los rayos luminosos persiste, la imagen es mas pequeña pero mas brillante; y mientras mayor sea, menor brillantez tendrá. A partir de ciertas distancias, lo que se gana en tamaño se pierde en claridad.

Esta es la imagen virtual que nosotros observamos cuando examinamos un objeto con la *lente*. La ampliacion es tanto más considerable cuanto el objeto se coloca más próximo del foco principal y mayor es la convexidad de la lente.

§ 4. — LENTES BI-CÓNCAVAS. — FOCOS.

Estas lentes no dan mas que imágenes y focos *virtuales*; por consecuencia, todos los rayos luminosos que las atraviesan á su salida son divergentes y no pueden formar sus focos sino en la prolongacion de estos rayos. El centro óptico de estas lentes se obtiene de la misma manera que para las lentes bi-convexas, y lo mismo que estas últimas, todos los rayos luminosos que pasan por este punto salen paralelamente á su direccion inicial y no sufren desviacion, quedando como *ejes secundarios*.

Los focos en las lentes bi-convexas.—Hay que distinguir el foco *principal* y los focos *conjugados*. Sea el rayo luminoso *bD*

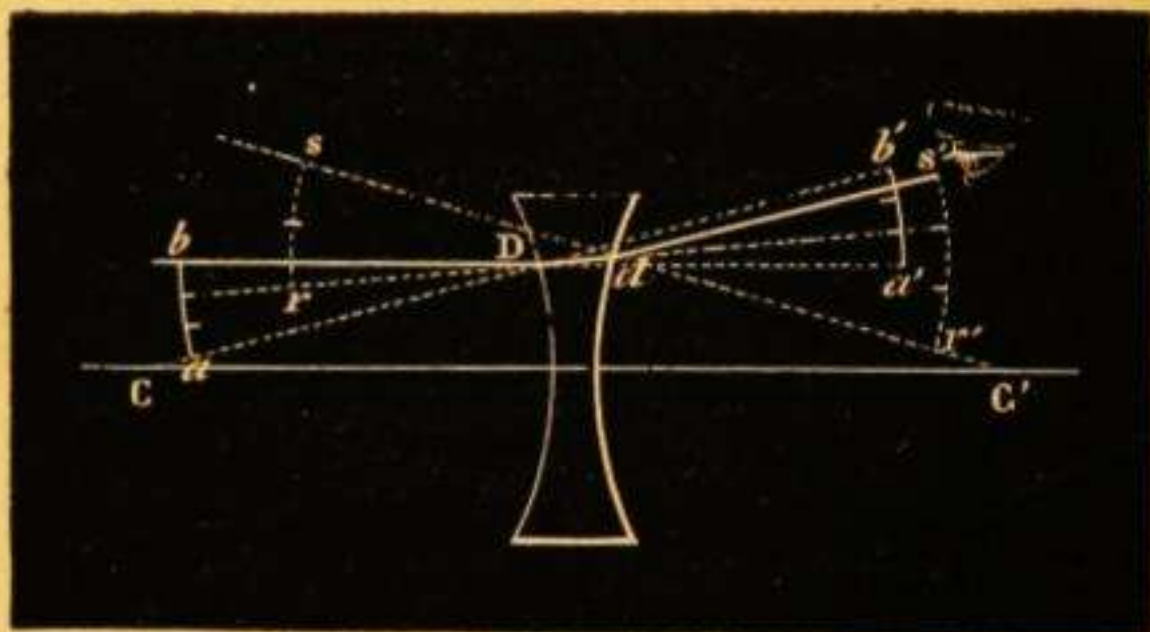


Fig. 36.

(fig. 36) paralelo al eje principal y tiremos en el punto *D* la normal *DC*. y vamos á servirnos de las mismas construcciones geométricas que hemos usado para las lentes conve-

xas y para los prismas; si el índice de refraccion de la lente es $\frac{3}{2}$ describiremos del punto *D* como centro y con el mismo radio, dos arcos de círculo *ab*, *a'b'*: dividamos el arco *ab* en tres partes y repartamos dos de estas partes sobre el arco *a'b'* y á partir (fig. 36) de la normal prolongada *Db'* y tendremos en *Dd* la direccion del rayo refractado en el cristal. Este rayo ya es divergente y se alejará del eje principal, pero á su salida si repetimos las mismas construcciones y dividimos el arco *sr* en dos partes y repartimos tres de estas partes sobre el arco *s'r'* á partir de la normal *C'd*, la línea *ds'* nos dará el rayo refrac-

tado del cristal en el aire. Este rayo, como se ve, es aun mas divergente que el primero Dd y su prolongacion vendrá á cortar el eje principal en el punto C , que coincide con el centro de curvatura. Todos los otros rayos paralelos al eje vendrán por sus prolongaciones á parar al mismo punto, que será el foco *principal virtual* de la lente porque todos estos rayos concurren al punto del observador colocado en s' procedentes del punto C .

Los rayos no paralelos al eje principal caen sobre la lente en divergencia haciéndose mas divergentes aun á su salida y vendrá á cortar el eje principal entre el foco principal y la lente tanto mas próximo del objeto cuanto más se aproxime. Este punto será el foco conjugado del punto que ha emitido el rayo divergente.

Se comprende que si el punto luminoso está fuera del eje principal, su foco conjugado se hará en un eje secundario.

§ 5.—FORMACION DE LAS IMÁGENES EN LAS LENTES BICÓNCAVAS.

i Pongamos una bujía AB en la direccion del eje principal de una lente bi-cónica, (fig. 37) llevemos del punto A el rayo AI pa-

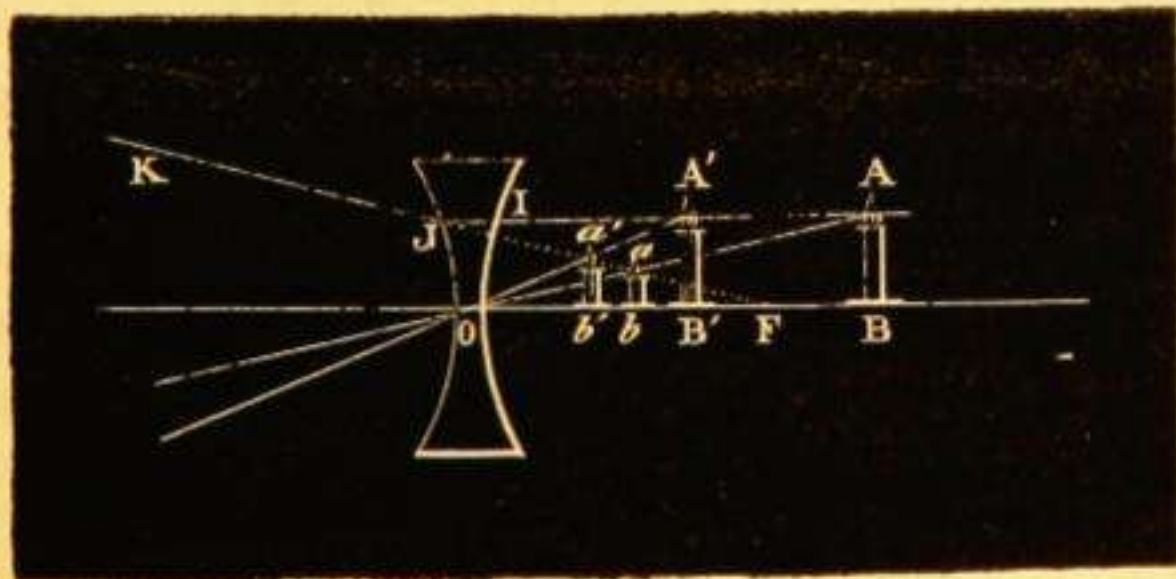


Fig. 37.

ralelo al eje; apliquemos la ley de los senos (índice $3/2$) y tendremos en JK la direccion de este rayo despues de atravesar la lente, y su prolongacion JF pasará por el foco F . Ya hemos visto

que los rayos pasan por el centro óptico O y que no sufre desviación, desde luego el rayo AO , será un eje secundario que viene á cortar la prolongación del rayo refractado JK en a que será el foco del punto A . De la misma manera se determinará el foco del punto B y de todos los puntos comprendidos entre A y B ; de suerte que tendremos en ab una imágen *virtual recta y más pequeña* que el objeto $A B$. Cuanto mas se aproxima el objeto á la lente, mas próximo de la lente cortará el eje secundario el rayo paralelo refractado, y la imágen virtual será mayor. Esto será igual para el objeto cuando este último toque á la lente (1).

Aberracion de esfericidad y de cromicidad. — Acromatismo.

— Hemos visto que los rayos luminosos que atraviesan una lente á cierta distancia del eje principal, forman su imágen entre la lente y el foco principal y es lo que se ha llamado *aberracion de esfericidad*. Tales rayos no sirven mas que para dar imágenes difusas en puntos lejanos del eje, así que en los instrumentos de óptica se salvan estos inconvenientes interponiendo *diafragmas* de diámetros variables sobre el trayecto de los rayos incidentes, para interceptar los rayos marginales.

Los objetos mirados al través de una lente parecen á menudo *erizados*, como al través de los prismas, y los contornos de la imágen se ven difusos y mal limitados. Esto depende de la desigualdad de refrangibilidad de los diversos rayos luminosos coloreados, viniendo á formar cada uno de ellos su foco en un punto distinto, y que uniéndose forma tambien un *espectro* que es lo que se llama *aberracion de cromicidad*. Este defecto de las lentes restringe mucho en su aplicación y los microscópios compuestos no prestarían ningun servicio si no se hubiese encontrado el medio de corregir esta descomposición de la luz. Este medio es bien simple y consiste en formar la lente de dos pedazos de

(1) Gavarret, *loc. cit.*

cristal que posean diferentes poderes refringentes aplicando el uno sobre el otro exactamente. Los cristales habitualmente elegidos son el *flint glass* y el *crown glass*. Esta modificación de la lente y de sus propiedades lleva el nombre de acromatismo y son los únicos empleados en los instrumentos de precisión.

Advertencia. —Se designa aun con el nombre de lentes *positivas*, las lentes convexas ó convergentes; mientras que las lentes cóncavas ó divergentes se llaman *negativas*.

§ 6.—DE LAS LENTES ELIPSOIDALES Y CILÍNDRICAS POSITIVAS Y NEGATIVAS. IMÁGENES QUE DAN.

No nos ocupariamos de estas lentes si no tuviesen aplicacion en oftalmoscopia, y si no hubiéramos que esplicarnos los fenómenos mas importantes del astigmatismo. Despues del estudio que hemos hecho de las lentes esféricas positivas y negativas, este estudio que vamos á emprender le daremos poca estension haciendo solo algunas consideraciones.

Hemos visto que una lente bi-convexa esférica es producto de la intercepcion de dos esferas, mientras que una bicóncava es el resultado de una masa transparente en la cual se han tallado dos esferas tangentes la una á la otra, en una palabra el espacio que separa las dos esferas tangen mas ó menos aproximadas; las lentes *teóricas*, son consideradas sin espesor, pero en la práctica se comprende que esto es imposible.

Para esto siempre debemos considerar dos cosas: Primera, el eje mayor del elipsoide, que es el eje de revolucion comun de una figura ovóidea. Segunda, el eje menor comun de una naranja por ejemplo. En el primer caso, como en el segundo todos los planos de seccion pasan por el eje de revolucion ó paralelos á él, siendo elípticos, mientras que todos los otros planos paralelos al otro eje pasan por este eje siendo círculos. Desde luego todo plano *perpendicular* al eje de revolucion, determinará una calota elipsoidal de base circular y todos los meri-

d'anos que pasen por su centro de figura, tendrán absolutamente la misma curvatura y por consiguiente la misma refraccion. (1) Por consiguiente, la imágen de un objeto será siempre parecida, ya sea dada por uno ú otro de estos meridianos.

Pero si determinamos una calota por un plano *paralelo* al eje de revolucion, esta vez, la base de esta figura será un elipse y los diversos meridianos pasarán por su centro de figura teniendo una curvatura, y por consiguiente diferente refraccion. En el plano del eje menor de la elipse tendremos el meridiano de mayor convexidad y como consecuencia el mas refringente, siendo el foco el mas corto en el plano del eje mayor, y por lo contrario tendremos el meridiano menos convexo, menos refringente y la distancia focal será la mayor. Los meridianos intermediarios serán tanto mas refringentes cuanto ellos se aproximen con ventaja al plano del eje menor.

Esto, que hemos dicho de una lente elipsoidal plana convexa, se aplica tambien á las lentes bi-convexas, por ser lo mismo para el primer caso que para el segundo.

Es igualmente fácil construir una lente elipsoidal plana cóncava ó bi-cóncava, pues se obtiene esta de la misma manera, reemplazando las lentes cóncavas, esféricas, la esfera ó esferas por elipsoides colocándolos de la misma manera que las anteriores, la una con relacion á la otra ó con relacion al plano.

Entre tanto si queremos obtener una lente elipsoidal biconvexa, es necesario unir la primera calota á una segunda que podrá ser ó no de la misma curvatura, pero á condicion de que los ejes homónimos coincidan, ó bien colocar las dos elipsoides secantes y con los ejes perpendiculares á los ejes de rotacion sobre el mismo plano.

Cuando se reemplazan las esferas por *elipsoides de revolu-*

(1) Segun Helmholtz la córnea del ojo normal tiene la forma parecida á una calota, pero en el ojo afectado de astigmatismo la córnea tiene entonces la forma de una calota elipsoidal con tres ejes desiguales.

cion, los ejes homónimos serán paralelos, teniendo una lente elipsoidal convergente ó divergente, segun que la elipsoide sea secante ó tangente.

Imágenes dadas por lentes elipsoidales convexas.

Lo mismo que en las lentes esféricas, tendremos imágenes *virtuales y reales*, segun que el objeto esté colocado entre la lente y sus focos ó del otro lado de estos focos: estudiemos esta primera cuestion.

a. Imágenes virtuales.—Los diversos *meridianos* de una lente tal, pasan por su centro de figura teniendo una convexidad tanto mas pequeña cuanto ellos se aproximen al plano mayor del eje y tanto mas grande será cuanto mas se aproximen al eje menor, lo que vamos á demostrar muy en breve. La refraccion está en razon directa de la curvatura; la imagen virtual se amplia de la misma manera, y si el objeto es un círculo ó una superficie cuadrada su imagen será una elipse ó un rectángulo cuyo eje mayor, ó la longitud mayor, estará en el meridiano mas convexo, pues sabemos que la lente tiene un poder amplificante tanto mayor cuanto su radio de curvatura es menor.

b. Imágenes reales.—La imagen real dada por una lente biconvexa es mayor que el radio de curvatura de esta, y por lo tanto mayor, y será mas pequeña cuando este radio sea mas corto. Resulta de esta ley, que anteriormente hemos demostrado, que la imagen real formada por una lente elipsoidal será *mas pequeña* en el meridiano *mas convexo* y *mayor* que el meridiano menos convexo; lo contrario que sucede en las imágenes virtuales.

Apropósito del astigmatismo veremos la opinion de Schweigger al tratar del estudio de estos fenómenos.

El problema no siempre es tan fácil como por la anterior explicacion pudiera creerse, y las imágenes dadas por las lentes elipsoidales estarán mas sujetas á aberraciones de esfericidad que las dadas para una lente esférica. En efecto, cuando próximo al

eje principal se suponen los rayos incidentes, estos rayos encuentran superficies curvas desiguales y formarán sus focos á

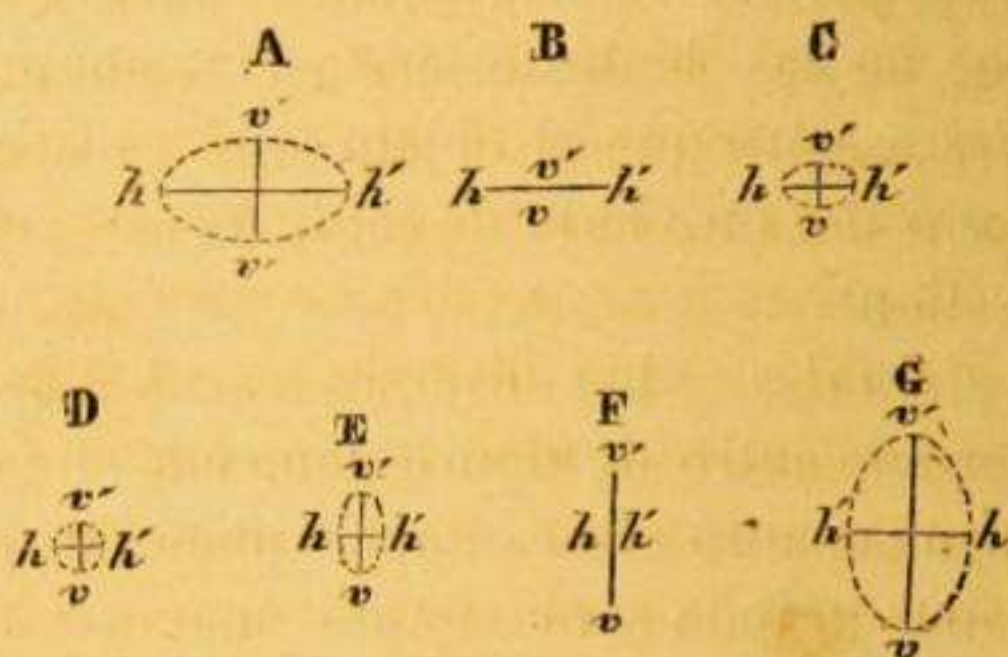


Fig. 38.

distancias diferentes y ninguna parte de la imágen será perfectamente clara, y la forma de la imágen será diferente segun el punto donde ella se haya recogido; si esto es, en el punto de entrecruzamiento de los rayos que pasan por el meridiano mas convergente, la imágen se ampliará en el sentido del meridiano menos convergente; y si el punto de entrecruzamiento de estos rayos es en él menos convergente la imágen se ampliará en el sentido opuesto. Las siguientes figuras atribuidas á Donders dan una idea exacta de lo que sucede en estos casos.

Supongamos una lente cuyo meridiano vertical tiene un rayo de curvatura mas pequeño que el meridiano horizontal. Si un cono luminoso partiese de una abertura practicada en una de las paredes de la cámara oscura, caería sobre esta lente paralelamente al eje principal, y los rayos luminosos sufrirían una refracción proporcional á la curvatura de la superficie ó de los meridianos. Pongamos el caso mas sencillo; el meridiano vertical vv' y el horizontal hh' . Si colocamos una pantalla á cierta distancia de la lente en A menos lejos que el foco del meridiano vertical, ningun rayo sufrirá entrecruzamiento, pero los rayos verticales v y v' estarán mas próximos de su entrecruza-

miento que los rayos extremos horizontales hh' , y la imágen será oval en su mayor diámetro horizontal. Pongámoslo mas lejos, en B que es el foco de los rayos verticales ó del meridiano vertical, y aquí los rayos vv' se entrecruzarán, pero los rayos horizontales hh' no lo harán aun, y la imágen tendrá sus menores dimensiones arriba y se aproximará mas ó menos á una línea horizontal. Ampliemos mas la distancia; pongámoslo en C, en que los rayos horizontales se encuentran mas próximos, pero ya los rayos verticales divergen y llegan á $v'v$; la imágen se hace nuevamente oval en su mayor diámetro horizontal, pero mas pequeña que A. Estos rayos horizontales y verticales continúan los primeros en converger; los segundos en diverger, llegando en un momento á D, donde la divergencia de los unos es igual á la convergencia de los otros y los dos diámetros $hh'vv'$ son iguales y la imágen se hace redonda. Aun vamos á ir mas lejos, á E, en que los rayos verticales continúan divergiendo, los horizontales aproximándose mas y mas, y así las cosas la imágen se hace oval en su mayor diámetro vertical. Hemos llegado por último al foco del meridiano horizontal F, en que los rayos hh' se entrecruzan y la imágen tiene la forma de una línea vertical. Continuemos alejando la pantalla hasta G, en que la imágen se hace oval en el diámetro mayor vertical para seguir la divergencia de los rayos hh' que se hacen $h'h$, siendo siempre la figura oval en el mismo sentido, pero ampliándose á medida que alejemos la distancia de la pantalla, y como todos los rayos se entrecruzan en vv' estos se transforman en $v'v$ y hh' en $h'h$.

El espacio situado entre los focos B y F del meridiano vertical y del meridiano horizontal se llama *intérvalo focal de Sturm*. Se comprende fácilmente, que mientras mayor sea la diferencia de curvatura de los dos meridianos, mayor será la estension del *intérvalo focal* y *vice-versa*. No hay mas que un punto situado en medio del *intérvalo focal* donde un objeto redondo pueda dar una imágen redonda, pero poco clara, aten-

diendo á que los rayos horizontales no se cruzan aun y los rayos verticales son ya divergentes. Esto no será realmente mas que en los focos extremos B y F que tendrán una imágen distinta, sea de los rayos verticales, sea de los rayos horizontales.

El ojo astigmático puede considerarse como efecto refringente á una lente y es claro que la imágen de un punto luminoso no será jamás un punto, sino una mancha de difusion que cambia de forma y de estension segun la posicion de la retina.

Por la inversa una superficie redondeada situada sobre la retina, la papila del nervio óptico, dará afuera una imágen oval y si la papila es oval podrá dar una imágen redonda si la direccion de su eje mayor coincide con el meridiano mas refringente.

Esto que hemos dicho de las lentes elipsoidales convexas nos dispensa de dar mas detalles sobre las lentes cóncavas cuyas imágenes *virtuales* serán deformes, porque los rayos al salir de la lente serán mas divergentes que si pasasen por un meridiano mas cóncavo.

Resulta de ahí que los objetos mirados á través de lentes análogas parecerán estrecharse ó ampliarse en el *máximum* en el sentido del meridiano al *máximum* de curvatura.

A propósito de las lentes elipsoidales, tambien debemos hablar de las lentes cilíndricas que pueden considerarse como lentes elipsoidales cuyo eje mayor es infinito, así que todas las demostraciones que hiciésemos serian análogas y como nosotros debemos ocuparnos de estos en un capítulo especial (véase *cristales cilíndricos*, libro IV. cap. II.) nos limitaremos á señalar las analogías pues estas solo se emplean en la práctica ya solas, ya asociadas á un cristal esférico. En este último caso el efecto total de la lente es el de una lente elipsoidal que es muy fácil de comprender y por lo tanto creemos inútil insistir mas en ello. Para corregir el astigmatismo, es necesario que la lente cilíndrica ó elipsoidal, ajustada al ojo de tal manera que dé una superficie refringente igual en todos los meridianos.

§ 7.—LENTE DE GALILEO.

Como mas adelante hemos de hablar del exámen oftalmoscópico del ojo con el auxilio de una lente cóncava colocada entre este órgano y el ojo del observador, no creemos inútil decir algunas palabras sobre la lente de Galileo que se halla formada de un objetivo convexo y de un ocular cóncavo. Advertiremos que en el exámen del ojo al oftalmoscopio el cristalino del observado hace el papel de objetivo por relacionarse con el fondo del ojo hácia el cual se dirijen las investigaciones.

La lente de Galileo (fig. 39) ó de teatro, se compone de un objetivo convexo *M* y de un ocular *R* divergente, y colocado mas allá del foco de la lente convergente de tal suerte que el foco virtual de esta última caiga entre la primera lente y su foco principal. Vamos á suponer un objeto *AB* bastante alejado del objetivo *M*; el punto *A* de este objeto enviará hácia la lente *M* rayos divergentes y paralelos al eje principal y que todos vendrán á entrecruzarse en el punto *a* que será el foco *conjugado* de *A*. Todos los rayos que partan de *B* vendrán igualmente á formar su foco en *b*, siendo lo mismo para los otros puntos del objeto comprendido entre *A* y *B* que vendrá á formar su foco entre *ab*, de suerte que tendremos en *ab* una imágen real é invertida de *AB*. ¿Pero si

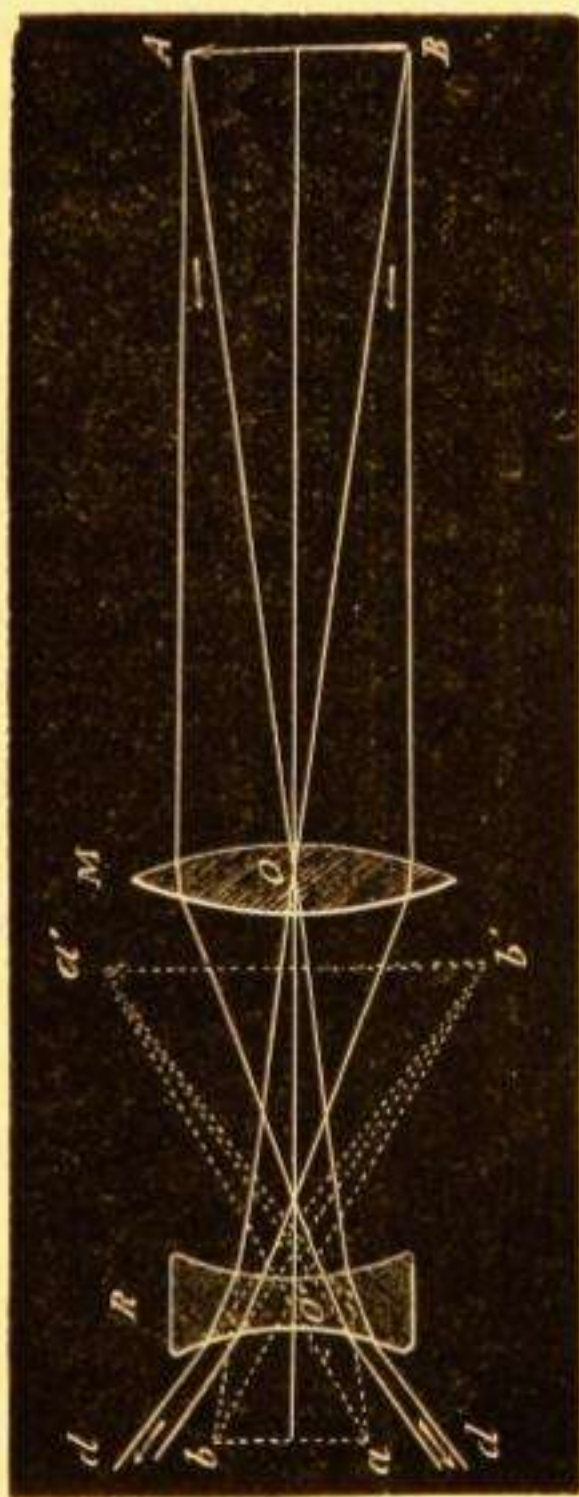


Fig. 39.—Lente de Galileo.

nosotros interponemos una lente divergente R ¿qué sucederá? Los rayos convergentes que vienen de la lente M, sufrirán una divergencia despues de su salida por la lente R, formando en $a'b'$ una imágen *virtual recta y algo mayor* que AB; esto que indica la figura suficientemente, puede encontrarlo el lector hábilmente demostrado en todos los tratados de física.

Si un objeto es ampliado dos ó tres veces, nosotros le vemos bajo un ángulo doble ó triple y su distancia nos parece reducida á la mitad ó tercera parte. Por esta razon la lente de Galileo, lleva el nombre de *lente de aproximacion*.

Se emplea en oftalmología una lente compuesta, que se llama lente de Brücke, que no es otra cosa que una lente de Galileo. Este instrumento tiene sobre la lente ordinaria la ventaja de dar una ampliacion mayor para una misma distancia y por consecuencia permite al observador de colocarlo á 5 ú 8 centímetros del punto que examina, teniendo una amplitud de tres á diez veces.

Todo el mundo sabe que en los instrumentos de óptica que están formados por muchas lentes, el que se encuentra próximo al objeto se llama objetivo y ocular el que está mas próximo al ojo del observador. El ocular comun y el objetivo pueden estar formados de muchísimas lentes independiente de aquellas que son necesarias para producir el acromatismo.

LIBRO II.

CAPÍTULO PRIMERO.

§ 1.—ANATOMÍA Y FISIOLÓGIA COMPARADA DEL OJO.

El ojo es el órgano por medio del cual los animales se ponen en relación con los objetos exteriores y aprecian su color, forma, volúmen, situación, distancia y movimiento. Este maravilloso instrumento, complicadísimo en los animales superiores, se simplifica cada vez mas á medida que descendemos en la escala de los séres organizados; en último extremo se reduce á un pequeño saco trasparente, unas veces ocúltase bajo la piel, otras bajo los músculos, encerrando un líquido en el cual se lubrica una membrana que es la sola parte indispensable para la percepción luminosa y que hace las veces de nervio óptico. Segun la opinion de ciertos naturalistas, algunos animales viven eternamente en las tinieblas y están desprovistos de órganos de la vision, queriendo demostrar con esto que la luz es indispensable para la funcion de la vision; hipótesis, que aun está por resolver atendiendo á que algunos creen que determinados animales ven en la oscuridad y por el contrario, otros la niegan. De todos modos existe una clase de animales llamados *fotógenos* los cuales tienen la propiedad de producir una cantidad de luz suficiente para sus necesidades nocturnas.

Si partiendo de los animales inferiores nos remontamos paulatinamente á los órdenes superiores, observaremos que el ór-

gano de la vision se vá complicando poco á poco y su estado de simplicidad primitiva vá adquiriendo cierta perfeccion hasta llegar al hombre y los pájaros. En cada especie animal el aparato se encuentra maravillosamente dispuesto segun las necesidades individuales y segun los medios en los cuales viven. El órgano de la vision es amenudo múltiple y se halla colocado sobre diversas partes del cuerpo, á veces muy distantes los unos de los otros, permitiendo al animal poder ver diversas cosas indistintamente. El ojo se halla alojado en una órbita saliente al exterior, sostenido por un pedículo mas ó menos largo y mas ó menos flexible y retráctil; todo esto que decimos es relativo á la situacion y á la forma exterior, pues si queremos estudiar la organizacion interior y el mecanismo de sus funciones, hemos de encontrar aun mas considerables diferencias.

Antes de empezar el estudio del ojo humano, no será inútil que digamos algunas palabras sobre la estructura de este órgano en los diversos animales, no siendo mucha su estension, toda vez que todas estas variedades pueden simplificarse á dos tipos; ojos de *imagen recta* y ojos de *imagen invertida*. Los ojos rudimentarios de que hemos hablado al empezar este capítulo, no entran en esta clasificacion porque no dan imágenes y por lo tanto es inútil su estudio.

Los ojos que dan imágenes rectas pueden aun llamarse ojos de *retina convexa* mientras que los otros pueden llamarse de *retina cóncava*. La siguiente figura debida á M. Giraud-Teulon dá una idea exacta y precisa de estas denominaciones. El espacio que comprende es circular, y es natural que todo órgano destinado á la percepcion de este espacio afecte la misma forma. Hubiese sido imposible hacer un órgano enteramente esférico y que percibiese la luz por toda su superficie, para lo cual hubiese sido necesario que el ojo estuviese enteramente aislado y suspendido en el espacio, que no tuviese pedículo ni ataduras con el resto del organismo ó bien que otro órgano parecido supliese al primero en la porcion deficiente del campo

visual. Así que la parte perceptible del espacio no comprende para un ojo mas que una cantidad determinada. Supongamos un semicírculo ABC (fig. 40) enviando hácia el círculo menor abc rayos luminosos; la misma demostracion se aplica á las dos esferas concéntricas cuyos círculos son las secciones producidas por un mismo plano. Si la pequeña esfera representa la retina, esta será la parte convexa abc que percibe la imágen que viene del círculo mayor si ella es recta, en efecto, la figura nos demuestra que los rayos que parten de M , convergerán hácia el centro O de la retina, alcanzando esta membrana por delante en m y por detrás en m' , cuando los rayos partan de N cortarán igualmente la retina en n y n' . Si nosotros suponemos la retina convexa, las imágenes m y n estarán superpuestas en el mismo sentido que los objetos M y N , y estas imágenes serán rectas con relacion á los objetos; pero si suponemos que este es el segmento posterior de la esfera, veremos inmediatamente que las imágenes m y n están superpuestas en sentido inverso á los objetos M y N , y por consecuencia la imágen está invertida y tanto mas baja hácia la vertical cuanto el objeto se eleva. En vez de rayos simples que partan de los puntos M y N , podemos suponer conos luminosos, pero este será siempre el eje de este cono, representado por los rayos Mm, Nn que dará á la retina la conciencia de la direccion del cono entero. Esto nos dá un poderoso argumento en favor del *principio de direccion* que invocaremos siempre y que podemos aplicar tambien para los ojos de imágen recta y para los de imágenes invertidas.

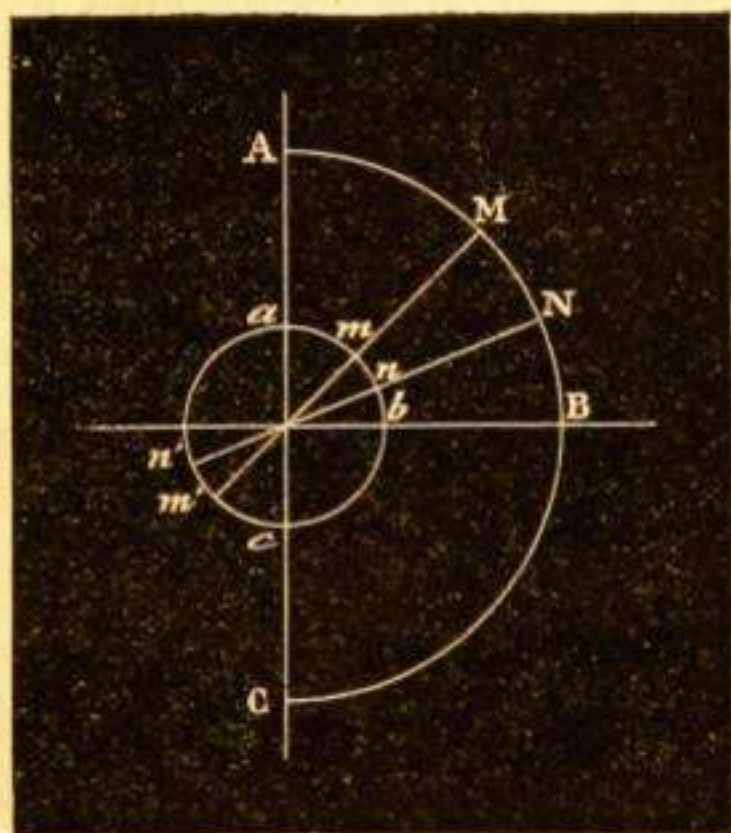


Fig. 10.

Si nosotros suponemos la retina convexa, las imágenes m y n estarán superpuestas en el mismo sentido que los objetos M y N , y estas imágenes serán rectas con relacion á los objetos; pero si suponemos que este es el segmento posterior de la esfera, veremos inmediatamente que las imágenes m y n están superpuestas en sentido inverso á los objetos M y N , y por consecuencia la imágen está invertida y tanto mas baja hácia la vertical cuanto el objeto se eleva. En vez de rayos simples que partan de los puntos M y N , podemos suponer conos luminosos, pero este será siempre el eje de este cono, representado por los rayos Mm, Nn que dará á la retina la conciencia de la direccion del cono entero. Esto nos dá un poderoso argumento en favor del *principio de direccion* que invocaremos siempre y que podemos aplicar tambien para los ojos de imágen recta y para los de imágenes invertidas.

El tipo de los primeros es para los ojos en *facetas* de los insectos que, como sabemos, tienen perfecta conciencia de la dirección de los objetos, toda vez que siempre marchan del lado opuesto del enemigo que les persigue ó del cuerpo que amenaza herirles.

Estos ojos se componen de una retina convexa *abc* (fig. 41) que envía en todas direcciones, y siempre siguiendo la normal que partiese del centro *O*, pequeñas prolongaciones filiformes extremadamente ténues y encerradas cada una en un pequeño cono aislador con la pared cubierta de pigmento y de base ex-



Fig. 41.

terna. Este pequeño cono está ocupado por un líquido trasparente que parece algunas veces un pequeño cristalino. La base de todos estos conos, en número de muchísimos millares, algunas veces está cerrado

por una córnea y su conjunto forma un mosaico regular y de configuración variada.

Todo rayo incidente, cualquiera que sea su dirección, encontrará siempre un cono en la misma dirección que él, y solamente este cono es el que recibe el rayo, porque todos los otros lo recibirán oblicuamente y su pared pigmentosa lo absorberá y por lo tanto no podrá utilizarse para la visión.

Mas adelante veremos, que en el ojo humano ó en imágenes invertidas, los conos incidentes hieren la retina siguiendo una dirección determinada por la normal en el punto de incidencia, y según el principio de *dirección de la luz*, determinando la situación real de los objetos. Debemos hacer observar que esta teoría, que tan seductora parece en principio, no se verifica mas que en determinados casos patológicos, como por ejemplo, en la parálisis del músculo óculo-motor. En este caso

el ojo paralizado tiene una falsa proyeccion y vé los objetos del lado opuesto á la desviacion. Y será lo mismo aunque hagamos girar al ojo á un lado ó á otro, y siempre el objeto estará fijo en el sentido inverso del ojo. En el estado habitual de las cosas la *conciencia* muscular juega un papel importante, por mas que ciertos autores les haya servido de base para la teoría de la exteriorizacion.

§ 2.—DEL OJO HUMANO.

Este órgano considerado de una manera general, comprende partes propias para la vision y partes accesorias, tales como los párpados, siendo la primera en la que debemos insistir. Entre ellas una sola es indispensable para la percepcion luminosa, que es la retina; las demás son agentes de perfeccionamiento ó de nutricion, examinemos sucesivamente cada una de ellas.

De fuera á dentro, encontramos primeramente la esclerótica, que es una membrana de forma esférica, de naturaleza fibrosa, resistente y que dá al globo ocular su forma particular; es ligeramente aplastada por detrás, algo saliente por delante al nivel de una parte trasparente que se llama *córnea trasparente* en oposicion á la esclerótica que se llama tambien *córnea opaca*. La esclerótica tiene próximamente 12 á 13 milímetros de radio de curvatura en todos sentidos.

La córnea puede considerarse como una seccion de esfera de un radio menor que el del globo; engástase oblicuamente en la esclerótica con la cual sus fibras se continúan y enlazan de la manera mas íntima. En la union de estas dos membranas, existe un espacio circular llamado *canal de Schlemm*. (H Fig. 42). Las investigaciones de Helmholtz sobre la curvatura de la córnea, han probado que no es una esfera, sino una elipsoide, midiendo en su eje mayor 13^{mm} 027 y en el menor 9^{mm} 777. En muchísimos casos, el centro de la superficie externa de la

córnea coincide con el punto culminante, del elipsoide, mientras que, en la mayoría de los casos, el eje visual cae un poco fuera.

La esclerótica presenta en la parte posterior un agujero para dar paso al nervio óptico, y se continúa con la vaina externa de este nervio.

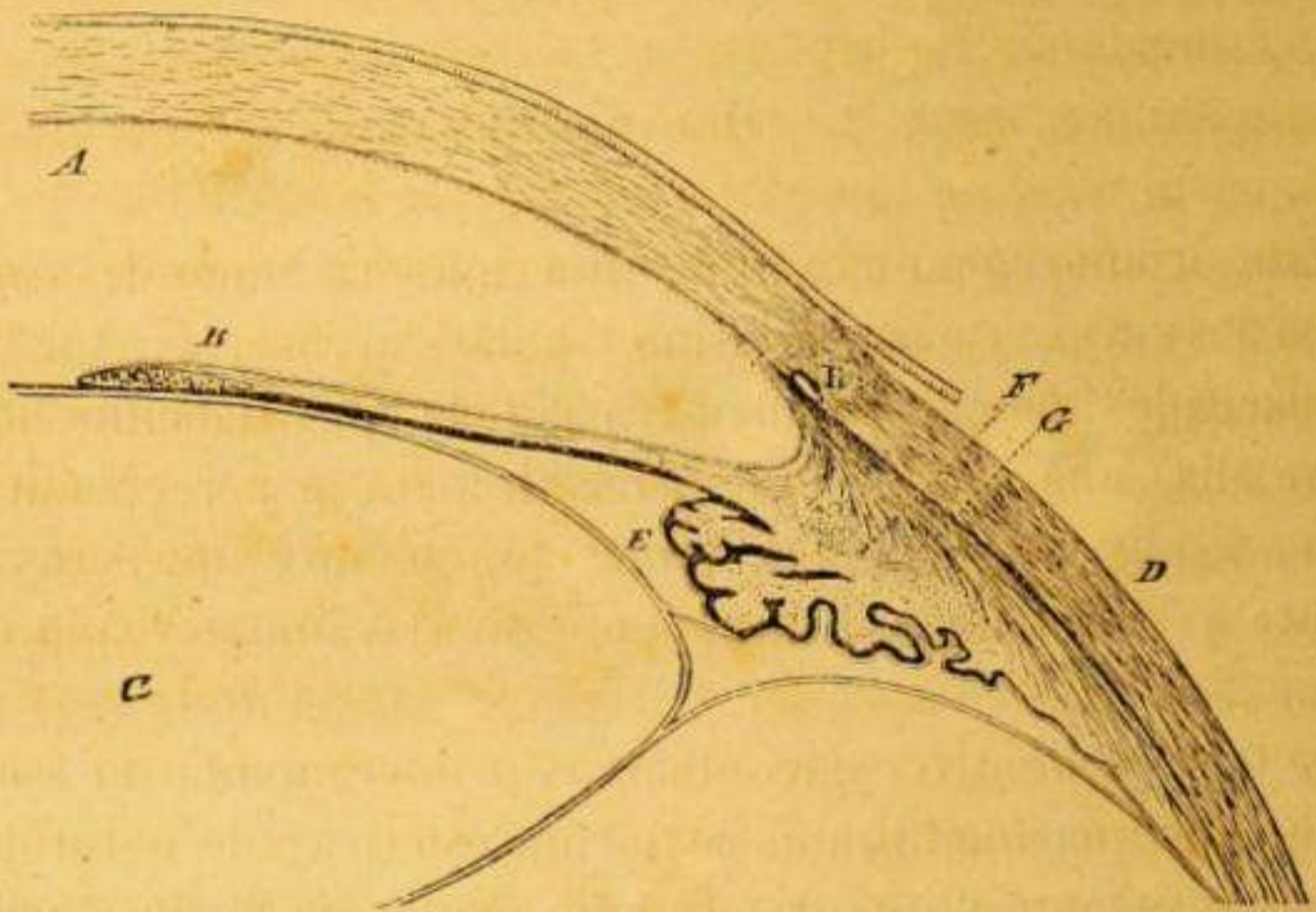


Fig. 42. Region ciliar.—A. córnea: B. iris: C. cristalino: D. Esclerótica: E. procesos ciliares: F. fibras circulares del músculo ciliar: G. fibras longitudinales: H. canal de Schlemm.

Inmediatamente aplicada á la esclerótica se encuentra la *coroide* membrana delicada formada casi enteramente por vasos, entre los cuales se encuentran numerosas células pigmentarias irregulares. La cara interna de la coroide está tapizada por dos ó tres capas de células pigmentarias muy regulares que se describen generalmente con la retina con la que se halla íntimamente relacionada. Esta membrana, como la anterior, está horadada por delante y por detrás, terminando por su parte anterior por una pequeña faja llamada *ligamento ciliar* ó *músculo ciliar* (fig. 42) siendo Bowmann y Brúke quienes descubrieron las fibras musculares sobre las cuales nos ocuparemos

apropósito de la acomodación. La parte anterior del ligamento ciliar, se divide en dos capas, una externa formada por un anillo de sección triangular presentando en la parte externa fibras musculares lisas radiadas, (fig. 42 G): de la esclerótica se extiende el cuerpo ciliar insertándose en la pared interna del canal de Schlemm, y las fibras anulares F descubiertas por H. Müller, que es el músculo ciliar propiamente dicho, el otro interno formado de repliegues en la dirección antero-posterior, constituido por vasos, es el cuerpo ciliar ó *procesus ciliar* que terminan al nivel de la unión del iris con la coroide.

Mas adelante la coroide parece desprenderse de la envoltura ocular y se repliega hácia el interior del ojo para formar el *iris*. En efecto, este órgano tiene la forma de un diafragma horadado en su centro y su gran circunferencia parece continuarse sin línea de demarcación con el *cuerpo ciliar*. Como este último el iris está formado de fibras musculares, de vasos y de pigmento. La capa pigmentaria de la coroide tapiza toda esta membrana tanto á los procesos ciliares, como en el iris, hasta el borde de la circunferencia menor.

Contra la cara interna de la coroide se encuentra la *retina*, capa nerviosa, delicada y transparente, formada por la prolongación de las fibras del nervio óptico, cuya detallada descripción daremos mas adelante. Antes de seguir este punto diremos, que hoy está perfectamente establecido, que las fibras nerviosas del nervio óptico no son sensibles á la luz, sino solamente las estremidades de estos filetes que terminan por unos pequeños cuerpos llamados *conos y bastoncitos* que unidas constituyen una capa continua que forma la capa externa de la retina, que está inmediatamente aplicada á la coroide.

La retina tiene la forma de un espejo cóncavo perforada en la parte posterior para dar paso al nervio óptico, terminando anteriormente por un borde franjeado, llamado *ora serrata* situado el nivel del principio del cuerpo ciliar. No es inútil consignar que el agujero para dar paso al nervio óptico, no se halla situado

en la estremidad del eje antero-posterior del ojo, sino un poco afuera. En la estremidad de este eje antero-posterior, se encuentra una mancha pequeña amarilla (*macula lutea*) formada enteramente de conos difícil de percibir y que goza de una exquisita sensibilidad siendo sobre este punto donde se forma la imágen, que es lo que se ha llamado *vision central*, la entrada del nervio óptico se llama *papila* no contiene fibras no es sensible á la luz, formando en el campo visual una pequeña laguna descubierta en 1668 por Mariot y llámase *punctum cæcum*, ó mancha de Mariot: Hasta aquella época se creyó que la coroides era la sensible á la luz; mas tarde diremos como se demuestra la falta de sensibilidad de esta region.

Delante de la retina se encuentra la membrana hyaloidea muy fina, y que tiene la forma de una esfera aplastada por delante, ó algo deprimida, sin abertura, conteniendo un humor gelatinoso, fluido, diáfano é incoloro llamado *humor vítreo* ó *cuerpo vítreo* que ocupa la mayor parte de la cavidad del globo ocular.

En la depresion que acabamos de esponer en la cara anterior de la membrana hyaloidea, está alojado un cuerpo sólido transparente, teniendo la forma de una lente bi-convexa, cuyo eje se confunde con el eje antero-posterior del ojo. Este es el *crystalino*, lente convexa en su cara posterior, cuyo radio de curvatura es de 5^{mm}, 8, é igual en la anterior con 9^{mm} de radio de curvatura. El cristalino está completamente envuelto en una cápsula transparente, cuya mitad anterior es libre y reclinada contra el iris, limitan estas membranas en el estado normal un espacio *virtual* (las dos superficies están íntimamente relacionadas la una con la otra) y que se ha llamado otras veces *cámara posterior* porque se creía que el cristalino estaba á cierta distancia por detrás del iris, mientras que la mitad posterior se apoyaba sobre la membrana hyaloidea. La circunferencia del cristalino está comprendida entre las dos hojas que provienen del desdoblamiento de la membrana hyaloidea, y se en-

cuentra en relacion con los procesos ciliares é indirectamente con el músculo ciliar. El espacio comprendido entre la córnea el iris y la cara anterior del cristalino contra la cual se apoya, está ocupada por el humor acuoso y lleva el nombre de cámara anterior.

§ 3.—MARCHA DE LOS RAYOS LUMINOSOS EN EL OJO.

El ojo considerado en conjunto se compone de una série de medios transparentes, unos sólidos y otros líquidos, por los cuales deben atravesar los rayos luminosos para llegar á la retina. El conjunto de estos medios refringentes constituyen un aparato dióptico admirablemente constituido y que tienen todas propiedades y todas las ventajas de una lente convergente sin tener los sensibles inconvenientes de tales lentes.

Kepler fué el primero que indicó la marcha de los rayos luminosos en el ojo, y demostró la formacion de los objetos exteriores en la retina. En las lentes convergentes ordinarias, el foco de los rayos paralelos está siempre á cierta distancia de la lente y tanto mas cerca cuanto los rayos incidentes están mas lejanos del eje principal, (aberracion de esfericidad) y es porque la luz atraviesa un medio homogéneo, el cristal, y se encuentra al entrar como al salir.

En el ojo no es lo mismo, la parte central del cristalino es mas densa que las partes corticales y mas refringente; los rayos luminosos próximos al eje principal y que atraviesan estas capas tienden á formar su foco en el mismo punto que los rayos marginales que atraviesan las capas corticales. De esta manera la aberracion de esfericidad puede corregirse y es de suponer que el ojo pueda dar una imágen clara de los objetos comprendidos bajo un ángulo de 20 á 23°, mientras que las lentes ordinarias exigen un diafragma que limite su abertura á 6 ú 8.º (véase fig. 29). Además los rayos luminosos atraviesan un sistema convergente cuyas diversas capas gozan de una re-

frangibilidad diferente y puede experimentar una série de refracciones paralelas, que todas concurren al mismo objeto, la convergencia. La parte mas refringente de este sistema es el cristalino que se halla en el centro; los rayos al atravesar la lente son ya convergentes y tienden por consecuencia á formar su foco mas próximo del cristalino que á su distancia focal, pero al encontrarse con el humor vítreo les hace converger aun mas, de tal suerte, que su foco se encuentra en el límite de este humor, es decir, sobre la retina. Lo mismo que en las lentes convergentes ordinarias, se obtiene en aquel punto una imágen invertida de los objetos exteriores. Este hecho se demuestra por la esperiencia y por construcciones geométricas.

Esperiencia.—Esta esperiencia es debida á Magendie, y es fácil de repetir, pues consiste en tomar un ojo fresco de conejo albino, cuya esclerótica por la parte posterior se separa; hecho esto, colocamos el ojo en una de las paredes de la cámara oscura de modo que la córnea se dirija al objeto luminoso que puede ser una bujía; colocado el observador en condiciones en la cámara oscura, y por detrás del ojo podrá observar sobre la retina la imágen de la bujía invertida.

La demostracion geométrica, es mas delicada que la primera, esta se hace con el auxilio de un dibujo detallado del ojo y exacto en sus dimensiones y curvatura, lo cual lo ha publicado Giraud-Teulon despues de los cálculos exactos de Helmholtz y Listing.

Conocido el poder refringente de los diversos medios del ojo y de su radio de curvatura, podemos por medio de las construcciones que hemos hecho de las lentes convexas, obtener la direccion de los rayos refractados, pero esta demostracion saldría de los límites de nuestra obra por pertenecer su estudio á las matemáticas sublimes. Las fórmulas con que se demuestran, han sido dadas primeramente por Cotez y mas simplificadas por Euler, Laplace, Gauss, Helmholtz, Listing, etc. Bástanos saber que el cálculo en armonía con la esperiencia ha dado la

posicion exacta *de seis puntos cardinales* del ojo por medio de los cuales es fácil de construir la marcha en el ojo de un rayo incidente cuya direccion es conocida. Estos puntos tambien nos sirven para calcular las dimensiones de las imágenes retinianas de los objetos cuyo grandor y distancia son conocidos. Damos aquí la figura reducida del ojo esquemático de Listing con todos sus elementos, pero necesitamos saber que el centro óptico de este ojo coincide, aunque muy poco, con el punto nodal posterior, siendo este punto por consecuencia, por donde haremos pasar las líneas de direccion ó los ejes secundarios. En el ojo normal, este punto está á quince milímetros de la retina.

Centro óptico.—Sabemos que se obtiene el centro óptico de una lente tirando de cada uno de los centros de curvatura un

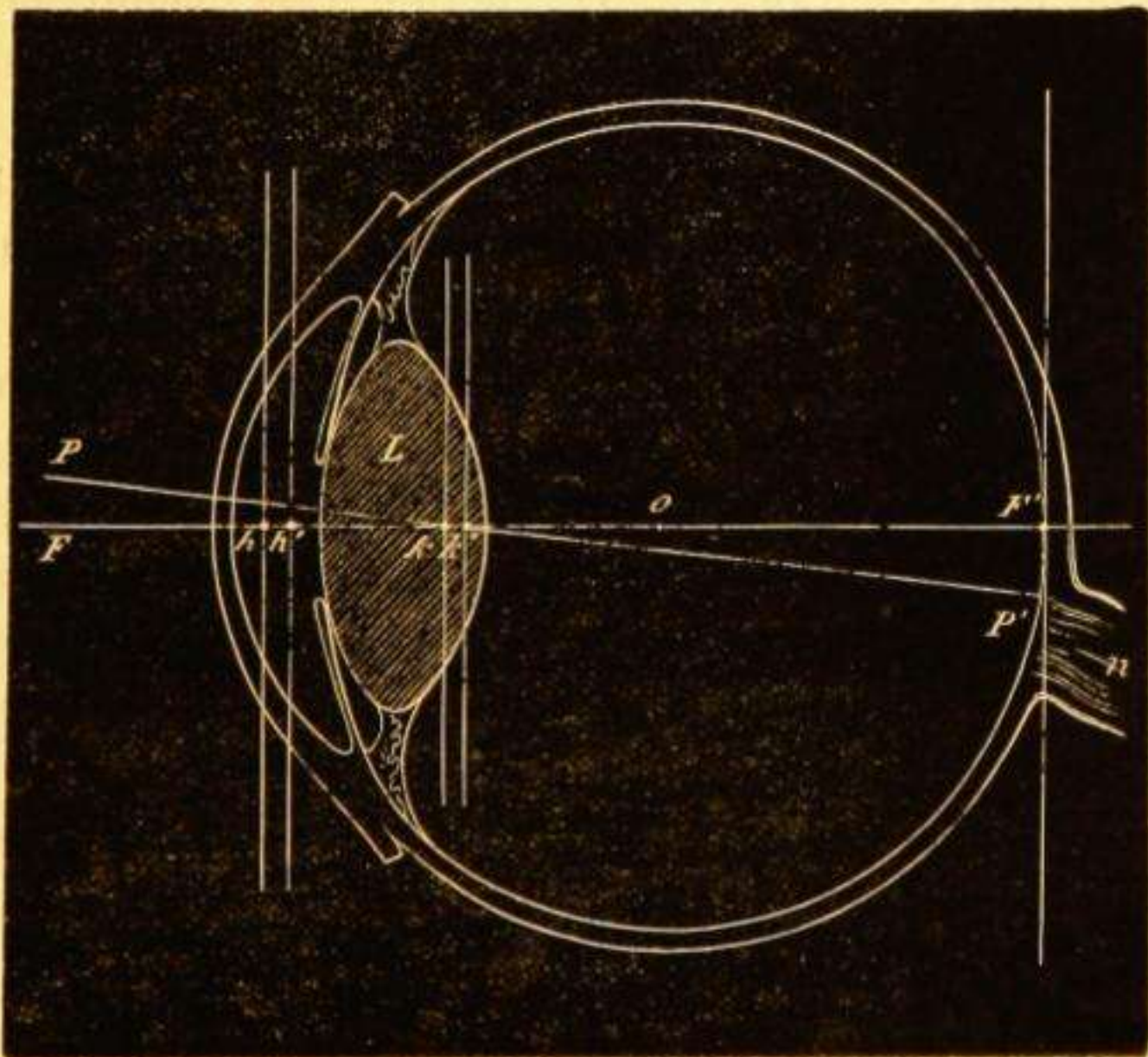


Fig. 43.—Ojo esquemático de Listing.— P , punto focal anterior; F' punto focal posterior; h , punto principal anterior; h' punto principal posterior; K , punto nodal anterior; K' , punto nodal posterior; L , cristalino; O , centro de figura; Pk , primera línea de direccion; Pk' , segunda línea de direccion, paralela y determinando la posición del punto P y de su imagen P' ; n , nervio óptico; FF' eje óptico.

radio paralelo; la intercepcion de la línea que une la estremidad de estos radios con el eje principal, dá el centro óptico.

Si las dos caras de la lente tienen la misma curvatura el centro óptico estará situado en el interior de la lente á igual distancia de las dos caras; si una de ellas es mas convexa que la otra el centro óptico se aproximará mas á la cara, mas convexa, aproximándose tanto mas, cuanto la diferencia de los dos rayos de curvatura sean mayores, pudiendo caer fuera de la lente si una de estas caras es convexa y la otra cóncava como en los meniscos. El centro óptico estará siempre del lado de la lente cuya cara sea mas curva. (1)

La posicion del centro óptico del ojo, ha sido determinada por el cálculo y la esperiencia directa. Este punto cae delante del centro de figura de este órgano, porque está delante tambien cuando se encuentra las superficies mas curvas y los medios mas densos.

Segun las medidas mas precisas que hemos indicado, los dos radios de curvatura del cristalino tienen 9^{mm} , para la cara anterior y 5^{mm} , 8 para la cara posterior; su espesor es de 4^{mm} . Por lo tanto el centro óptico de este órgano cae en el interior de la lente muy próximo á la cara posterior y se confunde con los puntos nodales. Se puede tomar el centro óptico del cristalino sin cometer error notable. Es necesario conocer para construir las imágenes retinianas y el estudio de la acomodacion, esté situado como hemos dicho á quince milímetros próximamente de la retina y sobre el eje antero-posterior.

En el cristalino como en las lentes de cristal, todo rayo incidente que pasa por el centro óptico no sufre desviacion y sigue su marcha rectilínea hasta el otro lado del órgano, siguiendo su *direccion inicial*. El índice de refraccion del humor acuoso

(1) Gavarret, loc, cit. pág. 92.

y del vítreo casi son iguales y no difieren de tres décimas.

Indice de refraccion de las diversas partes del ojo humano.

Aire.	1000	Cristalino. {	Capa esterna.. . . .	1405
Cornea.. . . .	1351		Capa media.	2429
Humor acuoso.. . . .	1342		Nucleo.	1454
Cuerpo vítreo.. . . .	1348			

§ 4.º CONSTRUCCION DE LAS IMÁGENES RETINIANAS. — VISION DE LOS OBJETOS.

El centro óptico goza de la propiedad de dejar pasar los rayos luminosos que le atraviesan sin hacerles experimentar desviacion; nos será fácil conocer la distancia de este punto á la retina y el tamaño del objeto así como la distancia de este punto antes de construir la imágen.

Sea el objeto ii' (fig 45) colocado en el eje óptico AA' . El rayo ó rayos que parten de i se reúnen en j porque el ojo le suponemos acomodado á esta distancia y todos los rayos deben cortar en este punto el eje principal AA' . Tiremos del punto i' al punto k'' , centro óptico, el eje secundario $i'j'$; todos los rayos luminosos emitidos por este punto se reunirían en j' lo mismo que todos los puntos comprendidos entre i é i' tendrán su foco entre $F'F'$; y jj' serán la imágen de i . Consideremos los dos triángulos $ii'k''$, $jj'k''$, iguales por tener los dos rectángulos y opuestos por el vértice y nos darán la relacion siguiente:

$$\frac{ii'}{JJ'} = \frac{ik''}{J'k''}$$

En lo cual nosotros desconocíamos jj' en lugar de otros tres términos ya conocidos:

$$ij' = \frac{ii' \times Jk''}{ik''}$$

Si nosotros designamos ii' por B , JJ' por β , ik'' por g y j, k'' por g'' tendremos la igualdad:

$$B : \beta = g' : g''$$

De donde se puede conocer el valor de uno de los términos conociendo los otros tres.

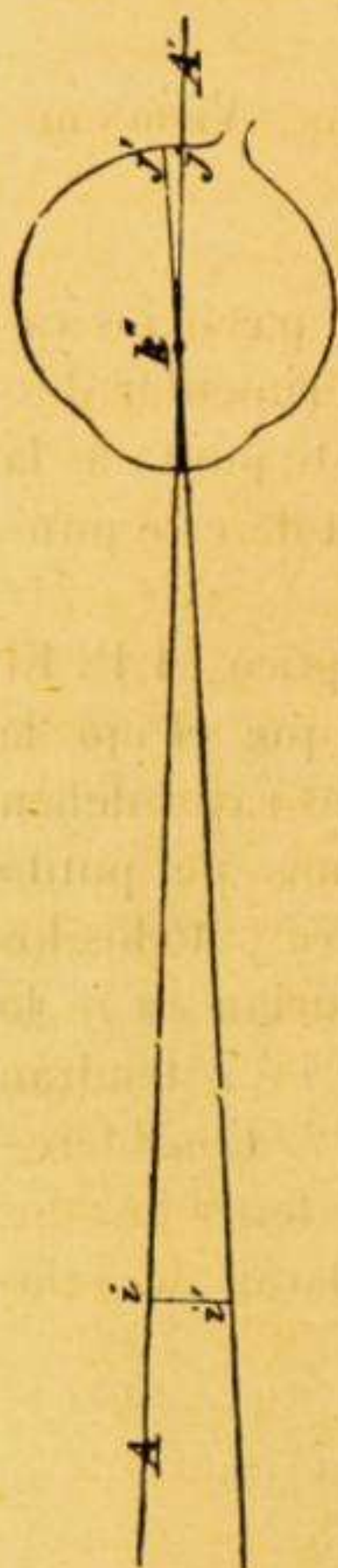


Fig 44. — Construcción de las imágenes retinianas. (Wecker)

En el ojo normal g'' tiene próximamente 15^{mm} así que vemos un objeto distintamente á 15 metros ó 15000^{mm} de distancia; la imagen retiniana será mil veces mas pequeña en relación de B á β teniendo la misma que 15000 á 15.

Si medimos la distancia mayor á la cual un objeto de dimension conocida se ve distintamente, tendremos el minimum de tamaño que puede afectar la imagen retiniana para ser percibida. No obstante la esperiencia dá separaciones bastantes sensibles de una á otra persona porque la retina puede ser mas ó menos sensible y poseer un *tact luminoso* mas ó menos perfecto. La dimension mínima de β podrá variar y varia en efecto segun los individuos. Se ha querido encontrar relacion entre esta imagen y las dimensiones de los elementos nerviosos retinianos, pero la esperiencia ha venido á desechar esta teoría como puede juzgarse por los ejemplos de Giraud-Teulon. Un discípulo de Beer, dice Müller con relacion á Wolkmann, percibió á una distancia de 28 líneas el espesor de un pelo $1/60$ de línea de donde se demuestra:

$$\beta = \frac{1/60 \times g''}{28} = \frac{1/60 \times 5,30}{28} = \frac{5,3}{28 \times 60} = 0^{\text{i}},0032.$$

En milímetros $1' = 2^{\text{mm}}, 25$.

Por consecuencia:

$$\beta = 0^{\text{mm}}, 007.$$

Tréviranus percibía un punto de $0^{\text{mm}}, 01$ á 108^{mm} de distancia. Que es lo dado por β :

$$\beta = \frac{0,01 \times 15}{108} = \frac{0,15}{108} = \frac{15}{10800} = 0^{\text{mm}}, 0015.$$

Giraud-Teulon que goza ordinariamente de buena vista, dice haber visto un cabello estendido sobre un fondo blanco á 5 metros ó $4^{\text{m}} 50$ de distancia. El cálculo da en estos casos para dimension de la imágen retiniana próximamente 2 diez milésimas de milímetros y por seno ó tangente del ángulo visual mínimum $1/50000$, que es lo que corresponde á un ángulo del centro de $4''$. En esta dimension no hay mas que la décima de lo supuesto, que los elementos primeros de la retina tienen, y como ya se sabe tienen próximamente $0^{\text{mm}}, 003$ de diámetro.

Para nosotros estos resultados no son comparables entre ellos, porque una línea de las mismas dimensiones, cuyo punto circular ó cuadrado se ve á una distancia considerablemente mas grande que el punto. Podemos admitir como dimension media de la imágen retiniana el mínimum $0^{\text{mm}}, 003$ para el punto, y $0^{\text{mm}}, 0003$ para línea.

Como se ve estas dimensiones son muy diferentes y difícilísimas de fijar los límites precisos, atendiendo á que cada una varia aun para los mismos individuos y aun con la misma iluminacion, segun la forma del objeto luminoso. Si tomamos como tipo la esperiencia de las líneas negras y blancas de la misma longitud, colocadas las unas al lado de las otras; se observa, que para distinguir claramente las unas de las otras es necesario una buena vista de ordinario y que su longitud

aparezca bajo un ángulo próximamente de 50". El cálculo demuestra que en estos casos, el arco sostenido sobre la retina es igual á 0^{mm}, 0036, lo mas próximo á las dimensiones del diámetro de un elemento retiniano.

En las medidas optométricas relativas á la agudeza visual se toma generalmente por unidad un objeto ó una letra colocada á una distancia que se encuentra bajo un ángulo de 5'.

Hemos visto al construir la imágen retiniana, que esta es invertida, como lo indicaba la esperiencia de Magendie. ¿Por qué esta inversion de la imágen la vemos recta? esta cuestion que no ha dejado de preocupar á los hombres de ciencia, no está aun resuelta y falta mucho por dilucidar.

Diversas han sido las hipótesis que se han dado para explicar este fenómeno, unos suponen que la imágen es percibida por el cerebro y que todas las imágenes estan invertidas faltando así á la armonía física, y que por el hábito, nos damos cuenta de la situacion de los objetos y como el micrógrafo que posee instintivamente su preparacion del lado opuesto donde debe verse, así que cuando hay práctica de servirse de este instrumento que dá, como todos sabemos, una imágen invertida. Esta teoría, como es de suponer, cae en el absurdo, y las objeciones prueban que la naturaleza física de la vision está menos probada que la naturaleza química, que con muchos hechos tiende hoy á demostrarse. En efecto el niño recién nacido, el animal que ve por primera vez los objetos, el ciego de nacimiento que logra vista y abre por primera vez los ojos á la luz, ninguno de estos han tenido hábitos de relacionar los objetos, y no obstante se dan cuenta inmediatamente de la direccion de la luz: que la imágen retiniana tiene una accion química ó no, lo cierto es que el cerebro *ve* los objetos tales cual son y sin preparacion anterior.

Al principio de este capítulo hemos hablado del principio de la *direccion de la luz* y demostré que esta direccion es sufi-

ciente para los animales provistos de ojos en facetas, para relacionarse con los objetos y en su verdadera situacion.

Veamos ahora si es lo mismo para el ojo humano y definamos sobre el anterior principio.

La retina se relaciona con la normal en el punto considerado de la impresion recibida. Esta direccion se confunde con el eje de los conos luminosos incidentes. (Giraud-Teulon.)

En los animales de retina convexa, hemos debido suponer que cada uno de los elementos nerviosos encerrados en los pequeños conos tienen con el centro de la semi-esfera retiniana una relacion conocida del animal, que le indica la direccion determinada de la impresion recibida por uno de estos elementos.

En el hombre es suficiente que la luz hiera en un punto retiniano para que conozca al mismo tiempo, la direccion real del rayo incidente ó la fuente de donde emana la luz, probando que la conciencia muscular permanece intacta, porque en las parálisis de los músculos motores del ojo se observa el ejemplo contrario.

Si se imagina como para los insectos que el sensorio recibe la nocion primitiva, de análoga manera diremos que la situacion relativa de cada elemento retiniano sensible con el centro de la esfera, del cual le hace partir, fundándose en lo mismo la base fisiológica de la vision, se atribuye en efecto, al órgano ó al sensorio la facultad de juzgar la direccion de los focos de luz por la situacion en la retina del punto donde se encuentra impresionada. Esta teoría parece la mas racional, porque no es estraña y en efecto el sensorio tiene la nocion de situacion de cada punto de la retina como todas las otras partes del cuerpo relativamente á la sensibilidad general.

CAPÍTULO II.

§ 1.—OFTALMOSCOPIA.

Se conoce con el nombre de oftalmoscopia el arte de explorar las partes internas y profundas del globo del ojo con el auxilio de un instrumento que se llama oftalmoscopio. Por este medio podemos ver con gran claridad la cámara anterior, el espesor del cristalino y hasta la parte anterior del cuerpo vítreo, por lo que participa la oftalmoscopia de lo que se llama *iluminacion lateral*. Este medio estremadamente simple, consiste en colocar una lámpara del lado externo del ojo del enfermo, interponiendo entre y la luz, una lente biconvexa de 5 á 6 centímetros de focos que da un haz luminoso que se dirigirá á la parte anterior de la pupila (Fig. 45). Este haz lumi-

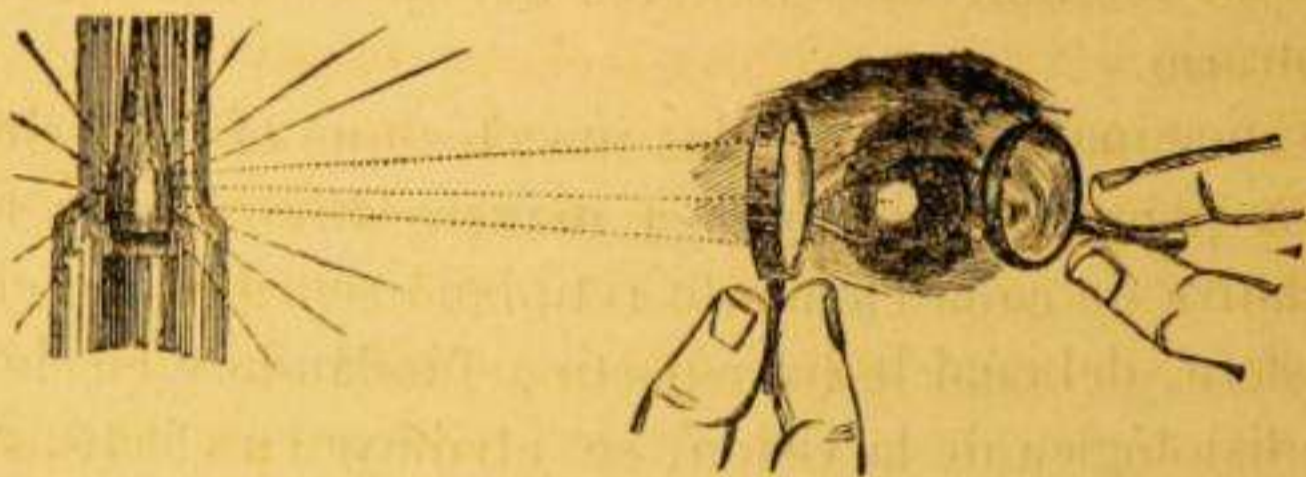


Fig. 45.

noso reúne en un pequeño espacio un gran número de rayos y por lo tanto es muy brillante é ilumina vivamente todo lo que se encuentra bajo su esfera. Inclinando la lente en diversos sentidos pueden iluminarse sucesivamente todas las partes anteriores de la cavidad ocular, sobre todo si la pupila se ha dilatado de antemano por la atropina. En el caso contrario, el iris se contrae inmediatamente bajo la influencia de la luz ocultando de este modo gran parte del cristalino. Si no nece-

sitamos mas que explorar la córnea ó la cámara anterior, la atropina es inútil, pero si el exámen debe hacerse en el cristalino es indispensable su uso. La iluminacion *oblicuá* ó latera permite apreciar la mas ligera alteracion y las mas finas opacidades. En caso de penetracion de pequeños cuerpos estraños que atraviesan la cámara anterior, se puede por este medio apreciarlos con facilidad si estos cuerpos están incrustados en la córnea, en el iris ó si han penetrado en el cristalino y hasta su profundidad. Por último, este medio dá marcadas pruebas de la sensibilidad del iris, impresionabilidad de la retina y sobre los cambios de curvaturas sobrevenidos en la córnea, toda vez que el oftalmoscopio no dá estas alteraciones, sino cuando son bastante pronunciadas para deformar la imágen retiniana ó disminuir la iluminacion.

En union á la iluminacion lateral se puede examinar, las partes con la lente ordinaria ó la *lente de Bruecke* que dá la misma amplitud á cierta distancia del órgano, lo que facilita la ampliacion.

El exámen del cuerpo vítreo y de las membranas profundas exigen la precision de un instrumento que aun variable en la forma descansa siempre en el principio invariable descubierto hace algun tiempo por Helmholtz puesto en práctica por este eminente oftalmólogo para la construccion del *oftalmoscopio*.

Durante algun tiempo la coloracion negra de la pupila, parecia muy natural: si bien se conocia que los medios del ojo eran perfectamente transparentes, no habia podido darse una esplicacion científica de este hecho. Esto parecia tan natural que al ver negro el vítreo perfectamente incoloro y transparente al exterior cuando la cámara anterior no está iluminada. Mery fué el que en 1709 habia visto bien distintamente la retina y sus vasos, en el ojo de un gato sumergido en el agua, cuya observacion publicó, si bien quedó por algunos años sin esplicacion; é Hire fué el primero que dió cuenta de este fenómeno, diciendo que los rayos luminosos partian del

fondo del ojo del gato sufriendo en el agua una refracción que permitió al observador reunirlos en una imagen no pasando de ahí. Esser, Hassenstein estudiaron el *reflejo* de los ojos provistos de un *tapiz* pero no pudieron indicar las condiciones precisas de la producción de este fenómeno. Behr en 1839 teniendo que examinar un ojo desprovisto de iris descubrió que el *resplandor* no era visible en la dirección del eje del ojo. Bruecke indicó perfectamente las condiciones donde el ojo necesita colocarse para ver una pupila luminosa y descubrió que el ojo humano sin excepción parecía luminoso cuando la experiencia se hace en la cámara oscura y el ojo del observador se coloca muy cerca del punto de iluminación.

Helmholtz, fué el primero en reconocer que la refringencia de los medios del ojo es la sola causa por la cual nosotros vemos la pupila negra. Este observador aplicó las leyes generales de la refracción y vió perfectamente que la retina se halla en el foco del aparato dióptrico, debiendo volver los rayos luminosos incidentes á su punto de origen. Para que nuestro ojo pueda apereibir este foco, necesitaria que fuese en el trayecto de los rayos emergentes. Veremos más adelante por el ingenio de Helmholtz cómo se llega á realizar simplemente esta experiencia.

§ 2.—EMMETROPÍA Y AMETROPÍA.

Antes de estudiar el mecanismo de los instrumentos empleados en oftalmología, interesa saber si el ojo que se examina es siempre idéntico. Sabemos que el ojo el más normal vé distintamente el infinito á una distancia próximamente á 15 centímetros. Pero los rayos luminosos que partan de estos dos distintos puntos, llegarán con mucha divergencia en el primero y paralelos en el segundo; no obstante darán siempre sobre la retina, cuya distancia no cambia, una imagen clara del objeto. Es necesario se efectue en el aparato refringente un fenómeno en virtud del cual estos rayos sean más refractados, cuando el

objeto está más próximo para que el foco conjugado caiga delante del foco principal y por lo tanto delante de la retina.

En otro capítulo veremos que la facultad que posee el ojo de *acomodarse* ó de *adaptarse* á las diversas distancias, es debido á la contraccion del músculo ciliar, contraccion que hace aumentar la curvatura de la cara anterior del cristalino y de acortar su distancia focal; á esta propiedad se llama *acomodacion*. (1)

En adelante cuanto digamos del ojo es para explicar tal ó cual distancia y la retina se halla en el foco conjugado de esta misma distancia. Si por medios artificiales proyectamos en el ojo, en el supuesto de que está inmóvil, rayos luminosos que tengan la misma divergencia que los que provienen del punto para el cual está acomodado, estos rayos formarán su foco sobre la retina y allí darán una pequeña imágen del objeto luminoso de donde parten, imágen tanto más pequeña cuanto el objeto sea mas pequeño ó mas alejado. Si proyectamos en este mismo ojo siempre inmóvil rayos paralelos, estos formarán su foco delante de la retina, se entrecruzarán divergiendo y encontraremos esta membrana siguiendo un círculo de difusion tanto mas estenso cuanto el entrecruzamiento se haya efectuado mas próximo del cristalino. Pero si nosotros proyectamos rayos luminosos mas divergentes que los primeros, su foco se efectuará por detrás de la retina y como el caso anterior seguirá á un círculo de difusion formado por los haces convergentes antes de reunirse en el foco.

Esta facultad de acomodacion para tal ó cual distancia, supone un punto de partida y un estado de reposo del órgano: y como una distancia finita hubiese sido muy arbitraria, se ha tomado por ojo tipo ó normal aquel que en estado de reposo reúne en foco sobre su retina, los rayos paralelos que vienen del

(1) No queremos insistir sobre la manera de efectuarse al cambio de curvatura de la cara anterior del cristalino. Muchas son las opiniones que se han dado y que pueden encontrarse ámpliamente detalladas en los tratados de oftalmología.

infinito. Donders llama á un ojo en estas condiciones, *emmetrope* (ἐμμετρος que tiene medida exacta); pero la naturaleza siempre fecunda y vária, no ha construido todos los ojos bajo un mismo tipo tan perfecto y sin que sepamos la razón, es lo cierto que hay otros ojos cuya potencia es tan escasa que no alcanza á muchos decímetros. Es verdad que en este caso, estos ojos pueden ver mejor de cerca que los emmetropes, pero no hay compensación bajo el punto de vista de la utilidad y de las necesidades diarias aunque la potencia de acomodación de estos ojos sea igual y aun superior la de los primeros.

Estos ojos se han llamado desde muy remotamente, *miopes* y para Donders *brachymetropes* (βραχύς, court, μέτρον, ὠψ). En tales ojos la retina se encuentra en el foco conjugado de un punto exterior tan aproximado, esto es, que el ojo es muy refringente ó que la retina esté más lejos; ó en otros términos, que el ojo esté más lejos en su eje ántero-posterior ó que estas dos condiciones subsistan á la vez. La primera es sin duda imposible de demostrar, y si el ojo se encontrase con sus dimensiones normales no sería difícil de demostrar. La segunda es un hecho anatómico adquirido hoy por la ciencia. Hasta estos últimos tiempos se ha creído que la miopía era producida por una convexidad exagerada de la córnea, exceptuando los casos de alteraciones patológicas de esta membrana. Donders ha encontrado un aplastamiento sensible sobre todo en los grados máximos de la miopía.

Cuando el eje ántero-posterior que es igual en el ojo emmetrope á 24 ^{mm} 37 por término medio, se han encontrado en gran número de ojos miopes medidos exactamente por Arlt y Donders, 26, 27, 28, 29, 30, 31, y hasta 33 ^{mm}. Como se vé esto es un aumento muy exagerado.

Por último existe una tercera variedad de ojos con los anteriores, que constituyen la clase de los ojos ametropes (α privatif μέτρος, ὠψ) que han sido llamados por Donders *hipermetropes* (ὑπέρ, mas allá μέτρος, ὠψ). En estos ojos, en el estado de

reposito los rayos convergentes solamente pueden formar su imagen sobre la retina, y como no existe en la naturaleza rayos parecidos, porque los menos divergentes son paralelos, es así que estos ojos no pueden percibir ningun objeto luminoso sin hacer

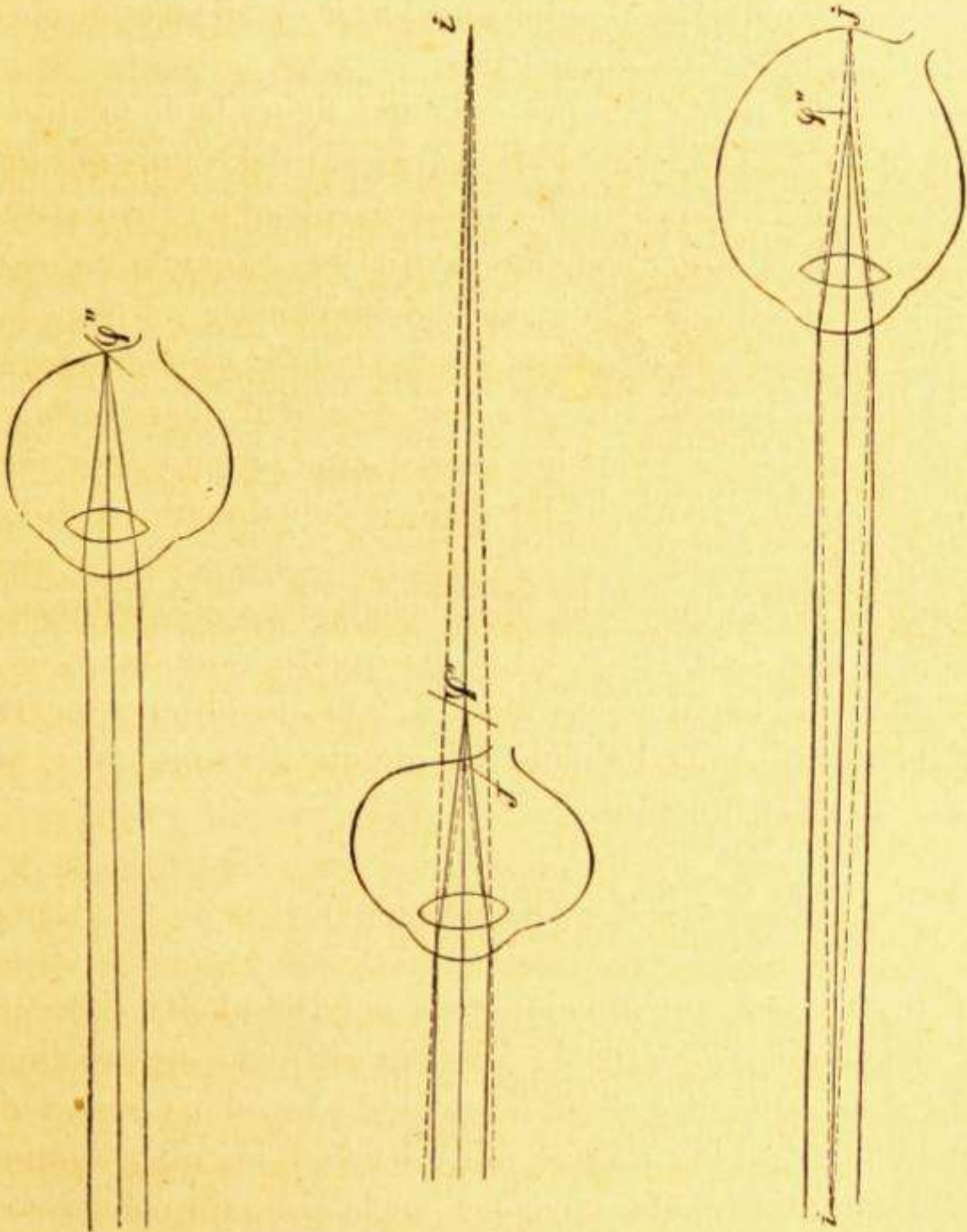


Fig. 46.—Ojo emmetrope. Fig. 47.—Ojo hipermetrope. Fig. 48.—Ojo miope.

esfuerzos de acomodacion, aun para los rayos paralelos. Las mismas causas que hemos dado para la miopía pueden darse

aquí, pero en sentido inverso y podremos decir que estos ojos son muy poco refringentes, ó muy *cortos* ó las dos cosas á la vez. En 12 ojos hipermetropes medidos por Donders, el de mayor longitud tuvo 21 ^{mm} 57 para el eje visual y el mas corto 19 ^{mm} 17 y el término medio fué de 20 ^{mm} 805. En estos ojos el eje transversal aventajará al antero-posterior, y además el ojo está acortado en todos sus diámetros.

Damos aquí unida la representacion figurada de las tres clases de ojo con la marcha de los rayos paralelos en cada uno.

Las consideraciones en que vamos á entrar nos han parecido indispensables porque podemos ocuparnos al momento sin estar obligados á dar á cada instante definiciones, y esplicaciones.

El exámen oftalmoscópico varia segun la conformacion de los ojos tan complicado es, que es difícil dar reglas generales aplicables á todos los casos: empezaremos por los casos mas sencillos para ir llegando gradualmente á los mas complicados.

Como ha dicho muy bien Mr. Sichel, hay en oftalmoscopia tres cosas que considerar: 1.º el ojo que se examina: 2.º el instrumento con el cual se examina: 3.º el ojo observador. Hasta aquí nosotros hemos hablado del ojo que examinamos, ahora veamos los instrumentos.

§ 3.—OFTALMOSCOPIOS.

El primer instrumento empleado por Helmholtz consistió en una simple placa de cristal: MN (fig. 49) con una inclinacion de 45º colocado entre el ojo observador A y el ojo observado B, recibiendo sobre la cara que mira hácia B los rayos luminosos ligeramente divergentes enviados por la lámpara colocada en el punto L.

Estos rayos reflejados por el espejo plano, caen divergentes en el ojo B que suponemos emmetrope y acomodado al infinito, llegando á la retina siguiendo el círculo de difusion DE que

la *ilumina* en esta region y tiende á formar su foco C al otro lado de la retina. Pero la parte iluminada DE juega á su vuelta un importante papel como foco luminoso y envia hácia el espejo rayos de los cuales algunos siguen la direccion que tomaron al entrar retrocediendo por reflexion al foco luminoso L.

Otros partiendo de un punto situado en el foco del aparato dióptrico salen paralelos, atraviesan la lámina del cristal y

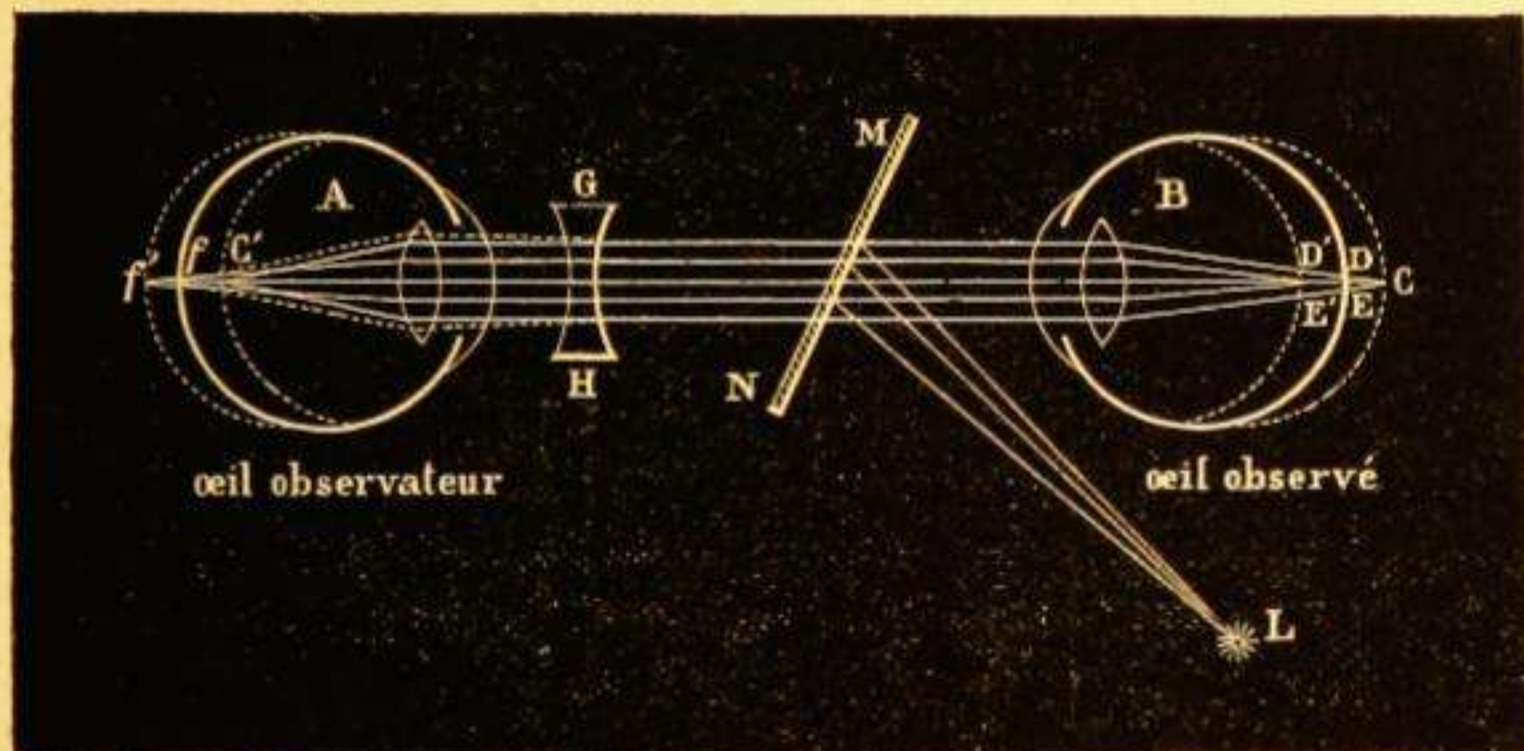


Fig. 49. Teoría del oftalmoscopio.

vienen á formar su foco sobre la retina del ojo del observador que percibe vagamente el círculo iluminado DE, pero la imagen se distingue poco.

Sin cambiar nada las disposiciones del aparato, supongamos el ojo B miope que lo representamos por las líneas quebradas externas. El objeto luminoso L formará sobre la retina en el punto C su imagen muy pequeña é invertida, pero de este punto partirán los rayos luminosos que saldrán del ojo convergentes; los unos volverán al punto luminoso de que partieron los otros atravesarán la placa de cristal y llegarán convergentes al ojo A donde formarán la imagen del punto C en C', por delante de la retina. Esta imagen no podrá ser percibida porque el ojo no está acomodado para los rayos paralelos, pero si es hipermetrope y que la retina esté en C' la imagen del punto

será claramente percibida. No obstante esta imágen podrá ser percibida si el ojo A se hace artificialmente hipermetrope por encontrarse interpuesta en el trayecto de los rayos luminosos incidentes y la lente divergente GH que neutraliza la convergencia y vuelve estos rayos paralelos, relacionando por consecuencia la imágen C' en f sobre la retina. En el supuesto que el ojo A se halla en el reposo de su acomodacion, la fuerza de la lente adicional GH nos indicará la convergencia de los rayos y el grado de miopía del ojo B.

Supongamos el tercer caso en que el ojo observado es hipermetrope (demostrado por la figura de las líneas punteadas) si no cambiara las disposiciones del aparato, ¿qué sucedería? Sus rayos divergentes que parten del foco luminoso reflejados por la placa de cristal, caerán divergentes en el ojo é irán siempre formando su foco en el punto C, pero antes de encontrarse atravesarán la retina siguiendo el círculo de difusion dando á su vuelta un foco luminoso, y enviará rayos hácia el espejo. Cualquiera de estos volverán á su origen L, mientras que los otros seguirán su marcha atravesando la placa MN y caerán divergentes en el ojo del observador, porque el pequeño círculo D'E' está situado de este lado del foco del aparato dióptrico. Estos rayos atravesarán la retina del ojo A é irán á formar su foco en f' . Si el ojo del observador está en reposo para la acomodacion, no percibirá la imágen D'E' y será preciso interponer una lente convergente que vuelva los rayos á su paralelismo y haga el foco f' en f .

La potencia de esta lente convergente indicará el grado de hipermetropía del ojo B.

Todo esto que acabamos de decir puede realizarse en la práctica hasta cierto punto, pero no puede creerse que con este aparato podemos precisar fácilmente lo que indicamos en la teoría. En efecto por este medio de exploracion, muy pocos rayos luminosos atraviesan la placa de cristal y nunca una imágen puede presentarse clara y bien iluminada.

Así es que Helmholtz no tardó en modificar su aparato, aunque en principio ya estaba resuelto, siéndole muy fácil multiplicar las consecuencias y las deducciones. Para lo cual en vez de una placa de cristal, superpuso tres de modo que pudiera aumentar la intensidad del reflector obteniendo así excelente resultado.

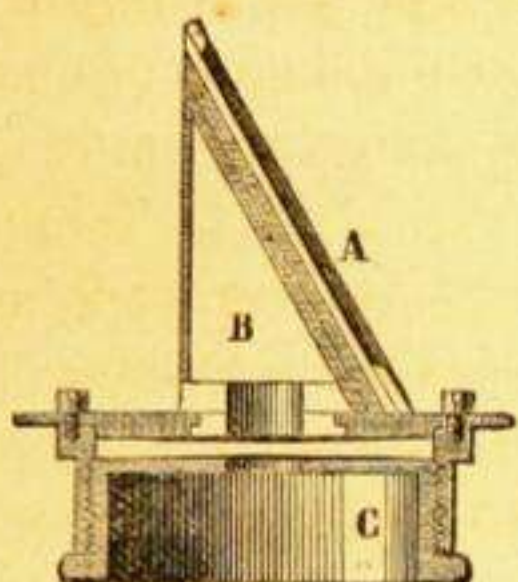


Fig. 50.

El aparato al cual da Helmholtz el nombre de *oftalmoscopio* (fig. 50 y 51) se compone de tres placas de cristal superpuestas (para aumentar la intensidad del reflector) y forma la hipotenusa A por una caja que tiene la forma de un prisma triangular rectangular, cerrado por todas partes y ennegrecido en su interior. La cara pequeña de esta caja forma con las placas un ángulo de $56'$ y provista de un agujero B, y adaptada al mango (fig. 51) de tal suerte que el prisma pueda girar al rededor del eje óptico del instrumento. El mango lleva en la proximidad del agujero citado una hendidura C destinada á recibir el ojo del observador. Entre esta última y el prisma puede interpo-

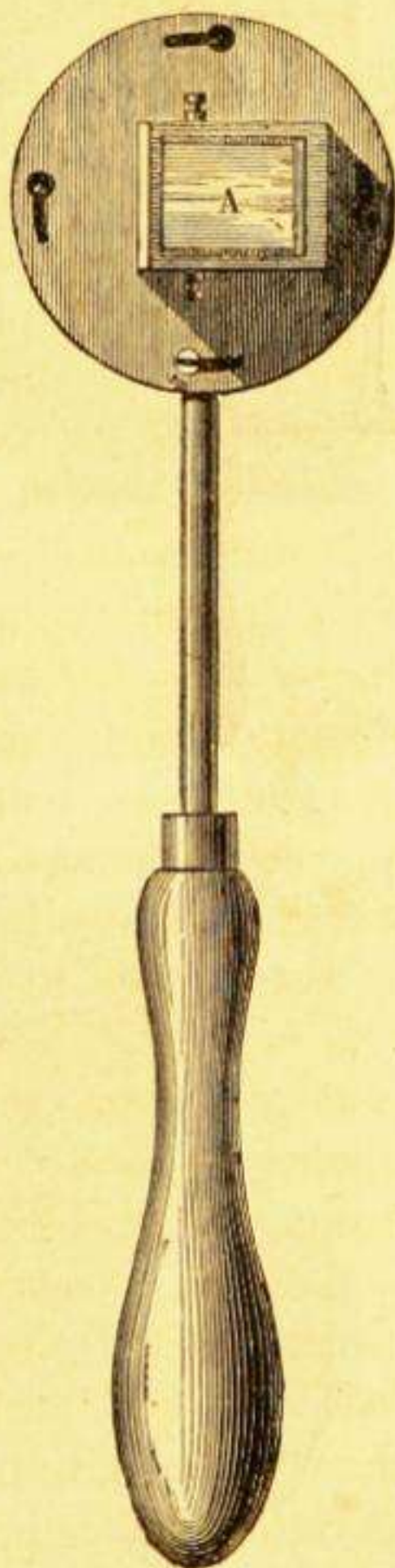


Fig. 51.—Oftalmoscopio de Helmholtz.

nerse una pantalla en la cual se colocan los cristales cóncavos ó convexos de diversos focos.

Para utilizar dicho instrumento se dispone una lámpara del lado de las placas de cristal y al través de las cuales el observador mira teniendo cuidado de tener lo mas próximo posible el ojo observado. La pupila afecta una coloracion roja é interponiendo cristales cóncavos se perciben los vasos de la retina. Algun tiempo despues Coccius emplea un espejo plano, provisto de un agujero en el centro, que puede ser muy bien de acero pulimentado ó de cristal azogado (fig. 52 y 53). Este instrumento dá excelente resultado y cuando Coccius le agregó lateralmente una lente convergente situada entre el espejo y la luz y con la cual podíamos variar á voluntad el foco, consiguiendo así por este medio el mas simple de todos los oftalmoscopios

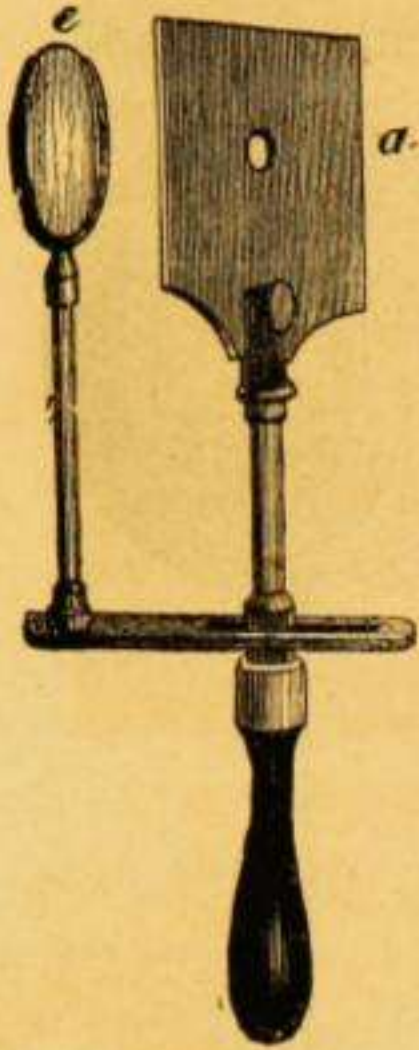


Fig. 52.

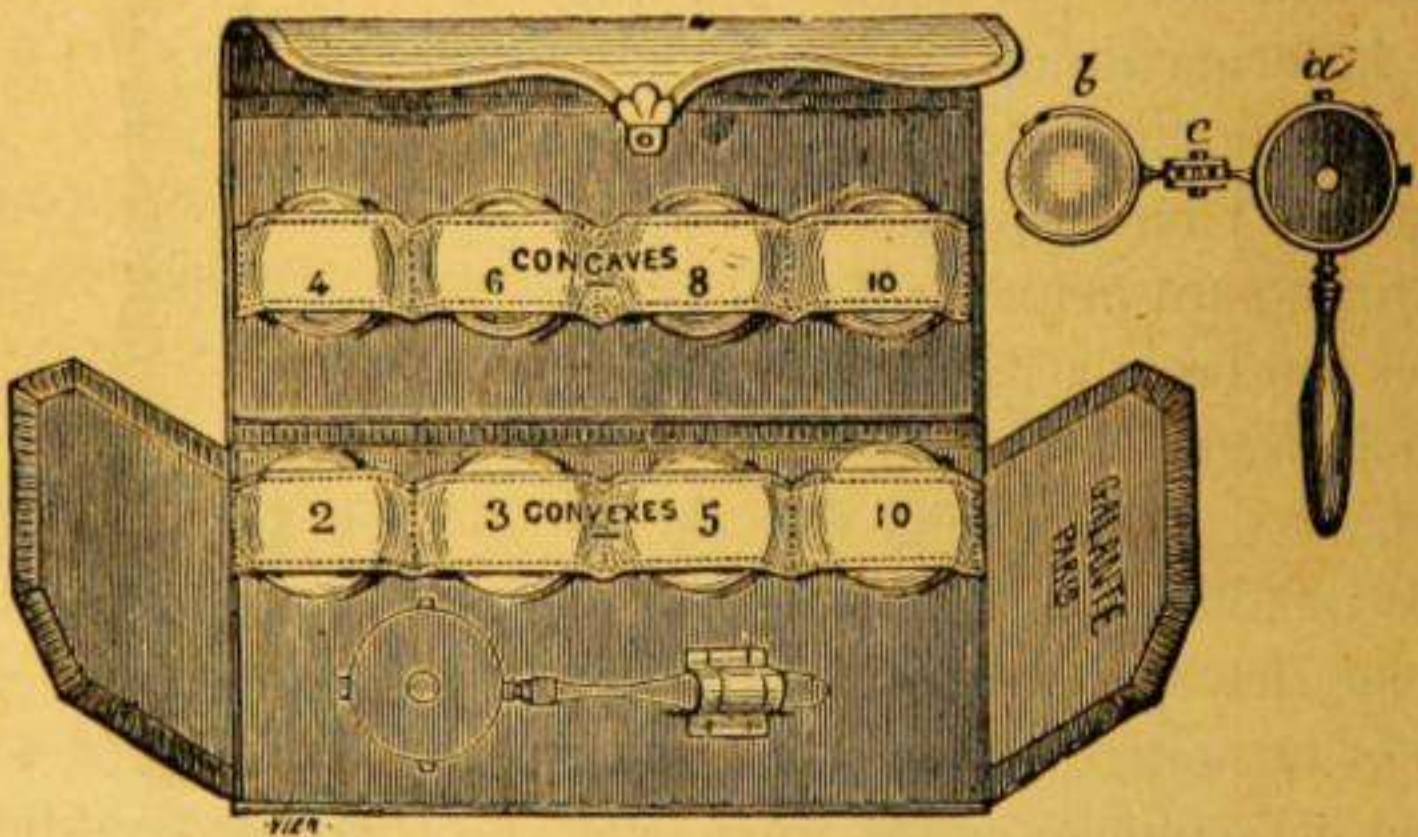


Fig. 53.—Oftalmoscopio de Coccius con las lentes accesorias.

hoy tenemos no son mas que plágios disimulados.

La figura 51 nos hace comprender fácilmente como los rayos luminosos parten del foco iluminado F , haciéndose con-

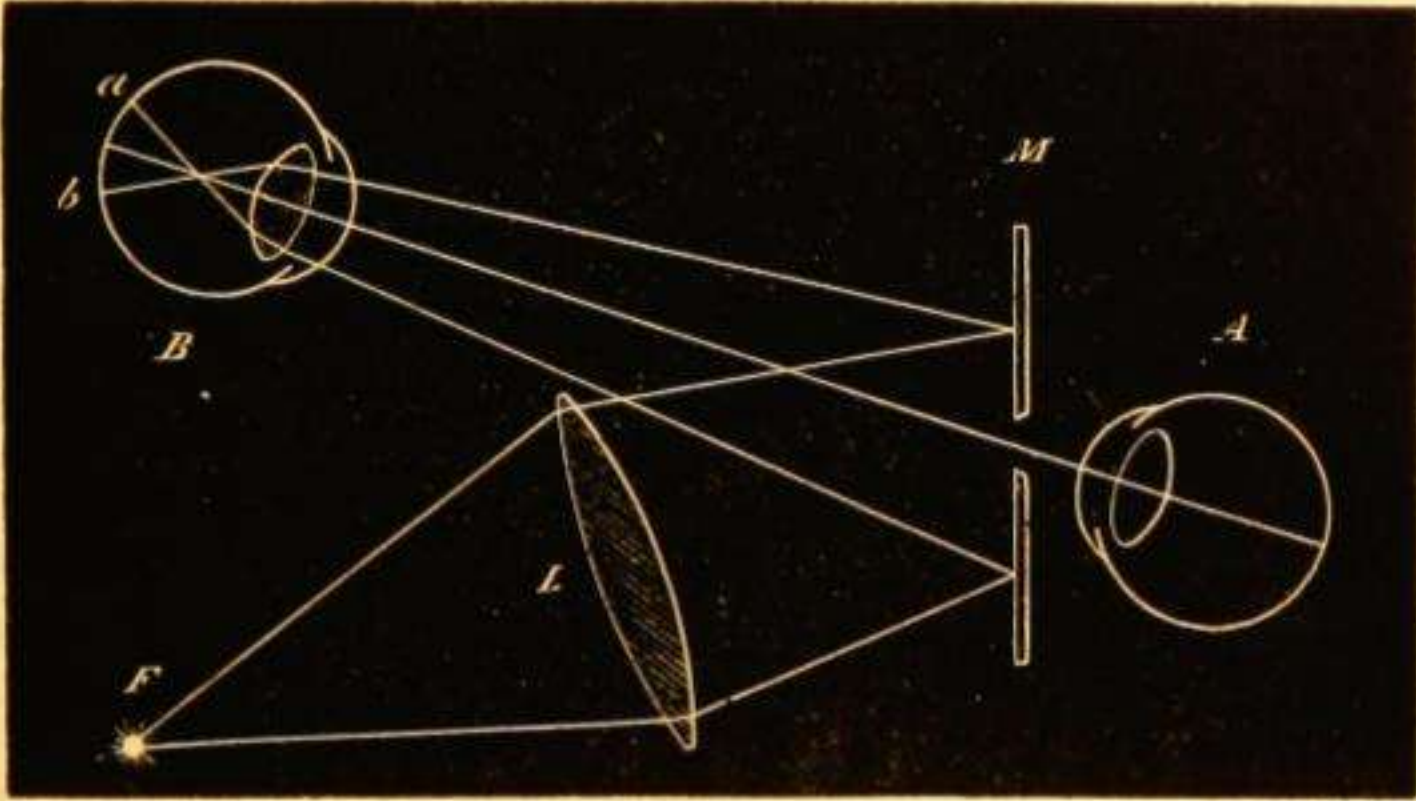


Fig. 54.—Teoría del oftalmoscopio de Coccius (Follin).

vergentes despues de atravesar, la lente L y á su reflejo en el ojo observado B por el espejo plano M detrás del cual se halla colocado el observador A .

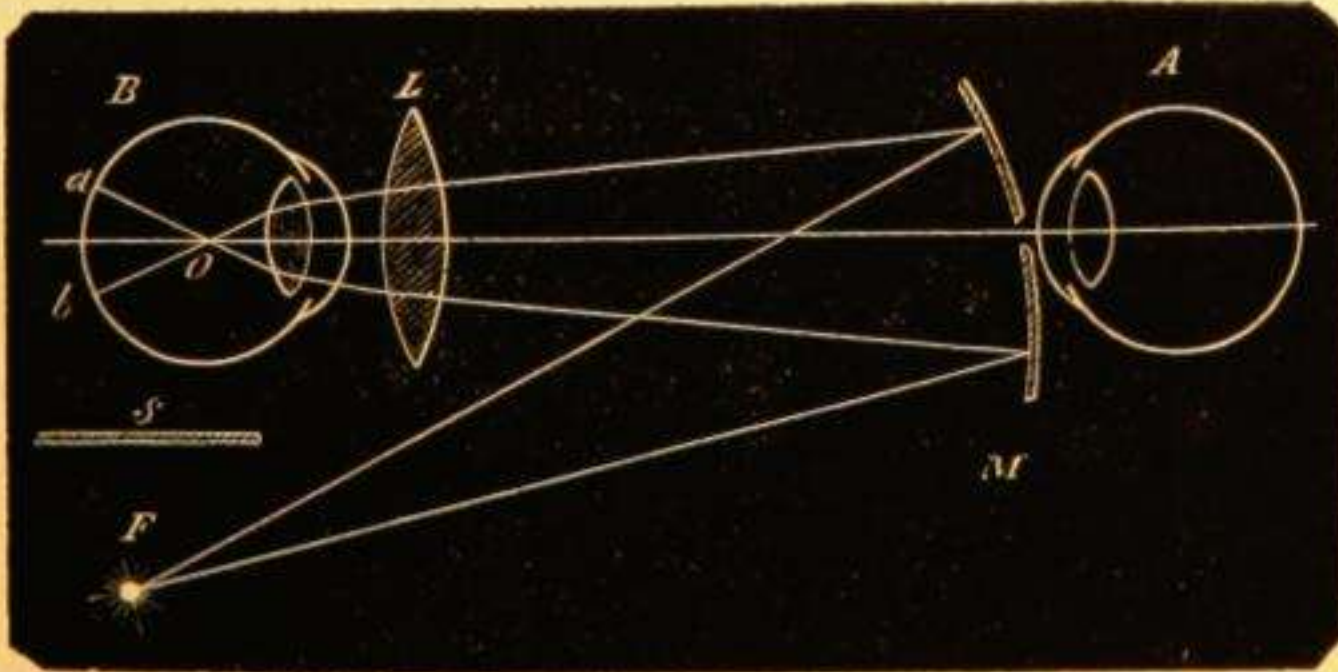


Fig. 55.—Teoría del oftalmoscopio cóncavo de Ruetz (Follin).

Los rayos incidentes convergentes se cruzan antes de llegar á la retina y la iluminan siguiendo un círculo de difusión ab despues de haberse hecho divergentes. Mas adelante veremos que esta es una excelente condicion para ver bien el fondo del ojo.

El efecto de convergencia que dá al espejo la lente, hizo que aquel se sustituyese por un espejo convexo que hacia el mismo efecto (fig. 55) y Ruede fué el primero en utilizar un oftalmoscopio semejante á un espejo, pero como vemos, este instrumento reemplaza solamente el espejo de Coccius armado de una sola lente que puede sustituirse por lentes convergentes ó divergentes

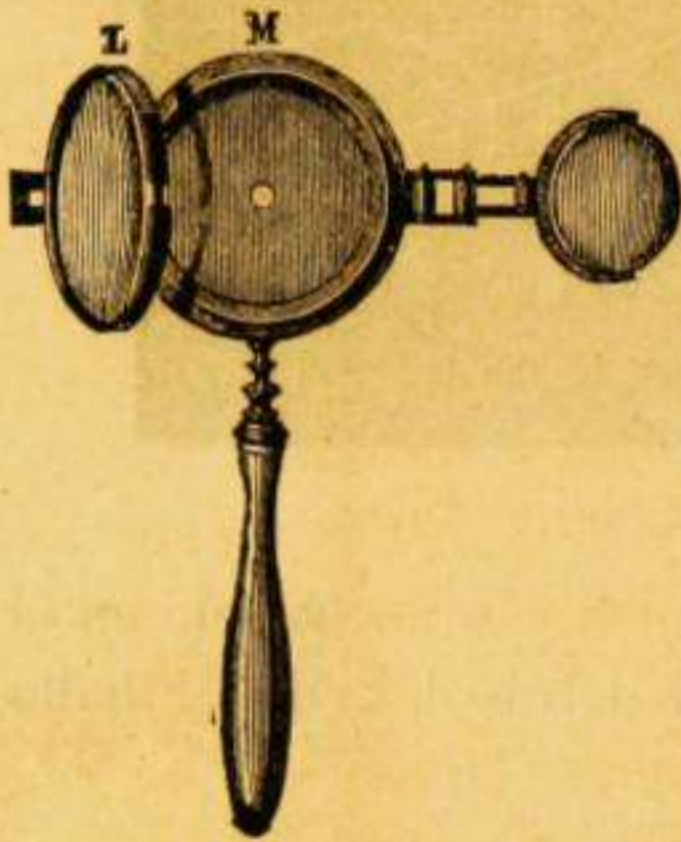


Fig. 56.

Detrás de la abertura central de estos dos espejos, se agregó mas tarde una armadura á la cual se podian colocar cristales cóncavos ó convexos para que el observador pueda cambiarlos á voluntad hasta que perciba la imágen perfectamente clara.

Mr. Zehender ha construido un oftalmoscopio compuesto de un espejo convexo de 68 centímetros de foco (fig. 56), armado lateralmente de una lente convexa de 9 centímetros de distancia focal y que se interpone entre el espejo y

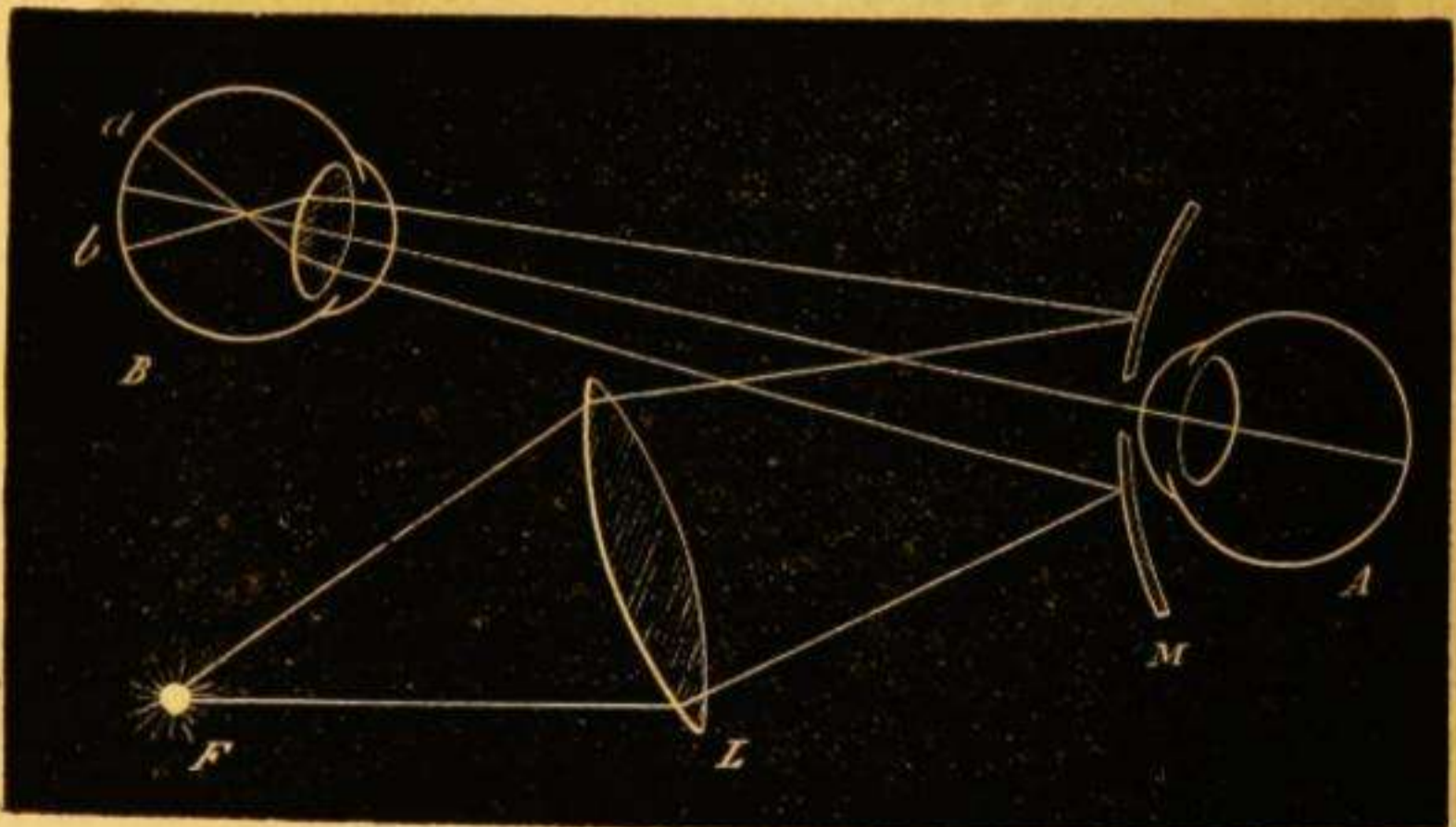


Fig. 57.—Teoria del oftalmoscopio convexo de Zehender (Follin).

la luz. El espejo solo dará rayos divergentes como todos los espejos convexos, pero la lente adicional tendrá una distancia focal mitad menor por efecto total del instrumento que dá rayos convergentes que despues de su refraccion en los medios del ojo, se reunen un poco mas acá de la retina, formando por esto un círculo de difusion (fig. 57).

Si este instrumento no tuviese mas cualidad que iluminar, no seria mejor que el anterior, pero presenta una ventaja particular que le hace muchas veces muy útil: atenúa la refraccion de la córnea y dá una iluminacion especial al fondo del ojo. En efecto como quiera que la lente que se usa dá origen por su grado de refringencia á una notable *aberracion de esfericidad*, la reunion de los rayos luminosos, en lugar de hacerlo sobre un solo plano, se efectúa en muchísimos planos sucesivos. Resultando de aquí que se ve el fondo del ojo muy distintamente en las partes centrales de la imágen de la luz y menos clara en las partes periféricas de ella.

Hasta aquí no nos hemos ocupado mas que de los instrumentos simples en que el espejo reflector es solo el diferente y que podemos clasificar en tres grupos; 1.º oftalmoscopio de espejo plano, 2.º de espejo cóncavo 3.º de espejo convexo. Pero esto no es suficiente; Eduardo de Jäger ha reunido en un mismo aparato los tres modelos de reflectores que pueden utilizarse alternativamente economizando mangos y haciendo el instrumento mas completo y mas portátil.

§ 4.—OFTALMOSCOPIOS FIJOS.

Además de estos instrumentos manuales, se han construido otros fijos, y para ello ha sido necesario adaptarles piés, correderas, cremalleras etc., etc. y hasta soportes para mantener inmóvil la cabeza del enfermo. Todas estas diversas piezas accesorias del aparato, varian segun el capricho ó el gusto de cada constructor y muchísimos de estos instrumentos bautiza-

dos con nombres propios, no difieren entre ellos mas que por cremalleras, tornillos ó la materia empleada para estas construcciones accesorias.

Estos oftalmoscopios *fijos* así llamados, no son de gran utilidad para la práctica en general si bien tienen gran aplicación para dibujar del natural el fondo del ojo ó para la demostración en la enseñanza clínica.

El tipo mas acabado de los oftalmoscopios fijos es el de Ruede (fig. 58), compuesto de un reflector cóncavo M, de diez pulgadas de foco, adaptado á un soporte sobre el cual se puede mover en sentido vertical y horizontal.

Delante de este espejo hay dos lentes convexas A y B (ó una sola cóncava).

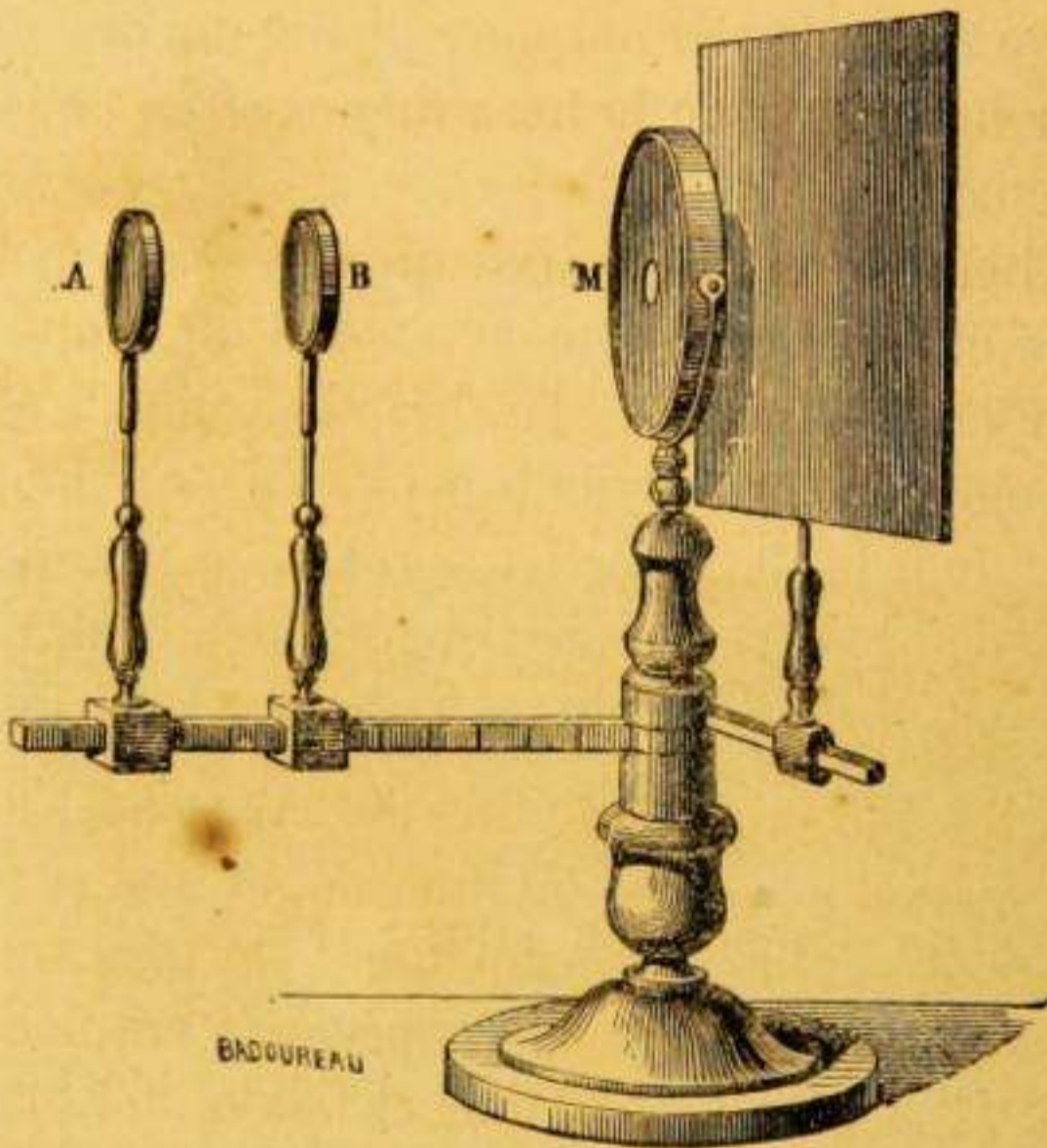


Fig. 58. — Oftalmoscopio fijo de Ruede.

La primera dá del fondo del ojo una imágen invertida que se amplia por la segunda, Mr. Hasner ha reunido la lente convexa y el espejo, fijándolos en las extremidades de dos tubos enchufados de modo que pueda alejarse ó aproximarse á voluntad; pero el defecto de este instrumento es

el exceso de su peso para exámenes prolongados.

Mr. Galezowski ha reemplazado los tubos de cobre de Hasner por tubos de caoutchouc endurecido y guarnecida la estre-

midad objetiva del instrumento de un rodete elástico (fig. 59) que se aplica sobre la órbita del enfermo, pudiendo formar así una cámara oscura al rededor del ojo sometido al exámen, lo que permite poder examinar en una habitacion con luz y aun en la misma cama del enfermo. Solo en los hospitales puede encontrar aplicacion este instrumento, pues en cualquier lugar podemos improvisar una cámara oscura.

Mr. Liebreich, se ha contentado con adicionar un pié al oftalmoscopio de Hasner para hacer un instrumento fijo.

Por último, Follin ha hecho algunas modificaciones consistentes sobre todo en la consolidacion del aparato y en la movilidad de la lente que puede separarse hácia adelante ó hácia atrás por medio de una cremallera, mientras que en el oftalmoscopio de Liebreich solo el espejo es movable.

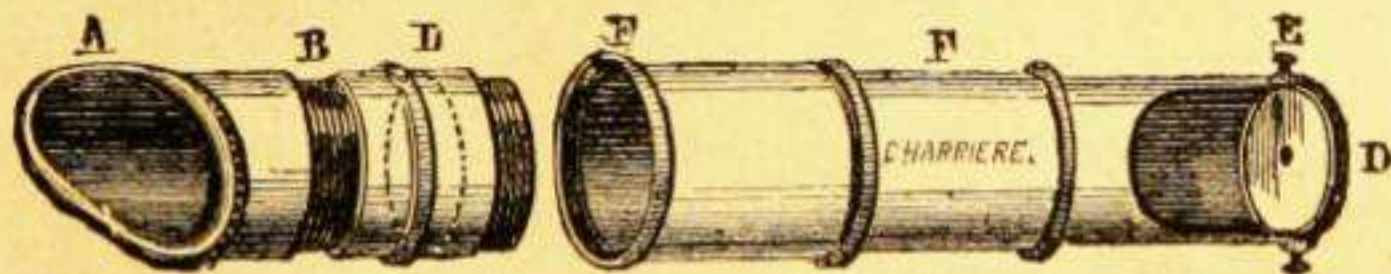


Fig. 59 —Oftalmoscopio de Galezowski.

La figura 60 representa el instrumento de Mr. Follin el cual es fácil de entender su mecanismo.

Todos estos instrumentos son buenos, porque en definitiva el efecto es siempre el mismo, pero entre el gran número de estos oftalmoscopios ha sido imaginado uno por A. Sichel, hijo, que merece especial mencion, es un oftalmoscopio que sirve á la vez para dos observadores simultáneamente. Este instrumento está basado en la refraccion total de los prismas empleados por primera vez por *Ubrich* para iluminar el fondo del ojo, y consiste simplemente en adicionar detrás del agujero de un espejo cóncavo ordinario, un pequeño prisma rectangular de cristal cuya hipotenusa P forma con la base aplicada contra el espejo, un ángulo de 45°. El prisma está encerrado en una

caja de cobre abierta solamente por la cara del prisma. El agujero del espejo es oval en su mayor diámetro horizontal, y el ángulo del prisma ocupa los dos tercios de su estension.

El foco luminoso está en *F* (fig. 61), el espejo *MR* ilumina el fondo del ojo observado *OM*, cuya imagen despues de haber

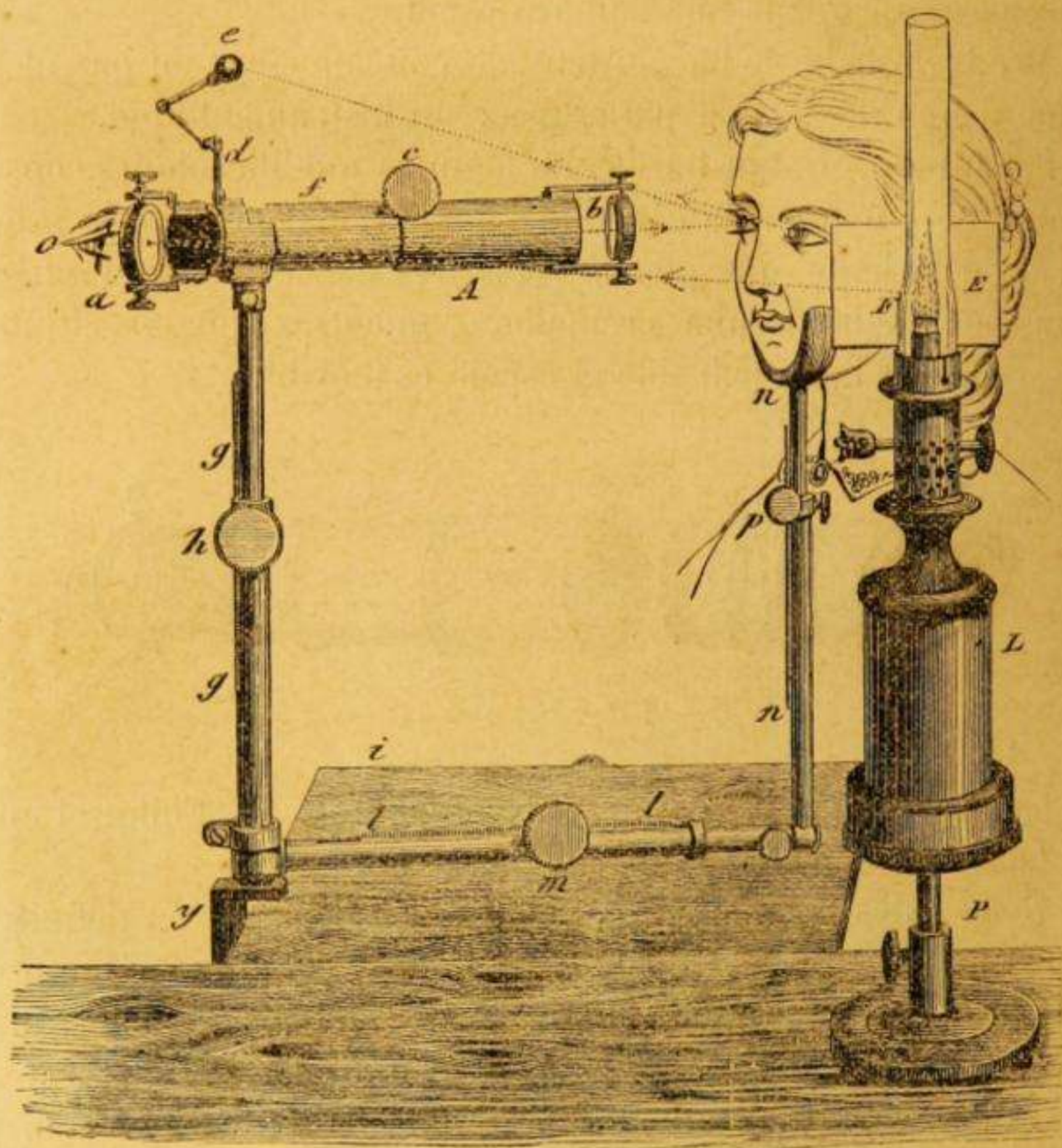


Fig. 60.—Oftalmoscopio fijo de Follin.

atravesado la lente convergente *VG* se forma en el punto *B*.

Esta imagen envia á su vuelta rayos divergentes de los cuales algunos pasan por detrás del prisma y viene á caer sobre la retina del primer observador *OP* que percibe desde luego la

imágen B. Los otros rayos reconcentrándose en el vértice del prisma provocan sobre la hipotenusa P la reflexion total y llegan al ojo del segundo observador OS que ve en B' la imágen virtual de B. La sola diferencia en la imágen percibida por el ojo OP, es que esta, como todas las imágenes, dadas para los espejos planos, son *transportadas*, es decir, que el lado derecho aparece en el izquierdo y *vice-versa*.

Este oftalmoscopio puede montarse muy fácilmente en un mango ó bien establecerlo de una manera fija sobre un pié unido á una cremallera para fijarlo en diversas partes y darle todas las posiciones que sean necesarias para su demostracion.

Todos los instrumentos que hemos visto hasta

aquí, son para la vision *monocular*, pero á Giraud-Teulon le cabe la gloria de haber construido un binocular fundado próximamente en los principios del estereóscopo.

Este oftalmoscopio, que representamos en las figuras 62 y 62 bis, es bastante complicado; no obstante, es fácil de comprender su teoría con el auxilio de la figura 63. Sea A un punto de

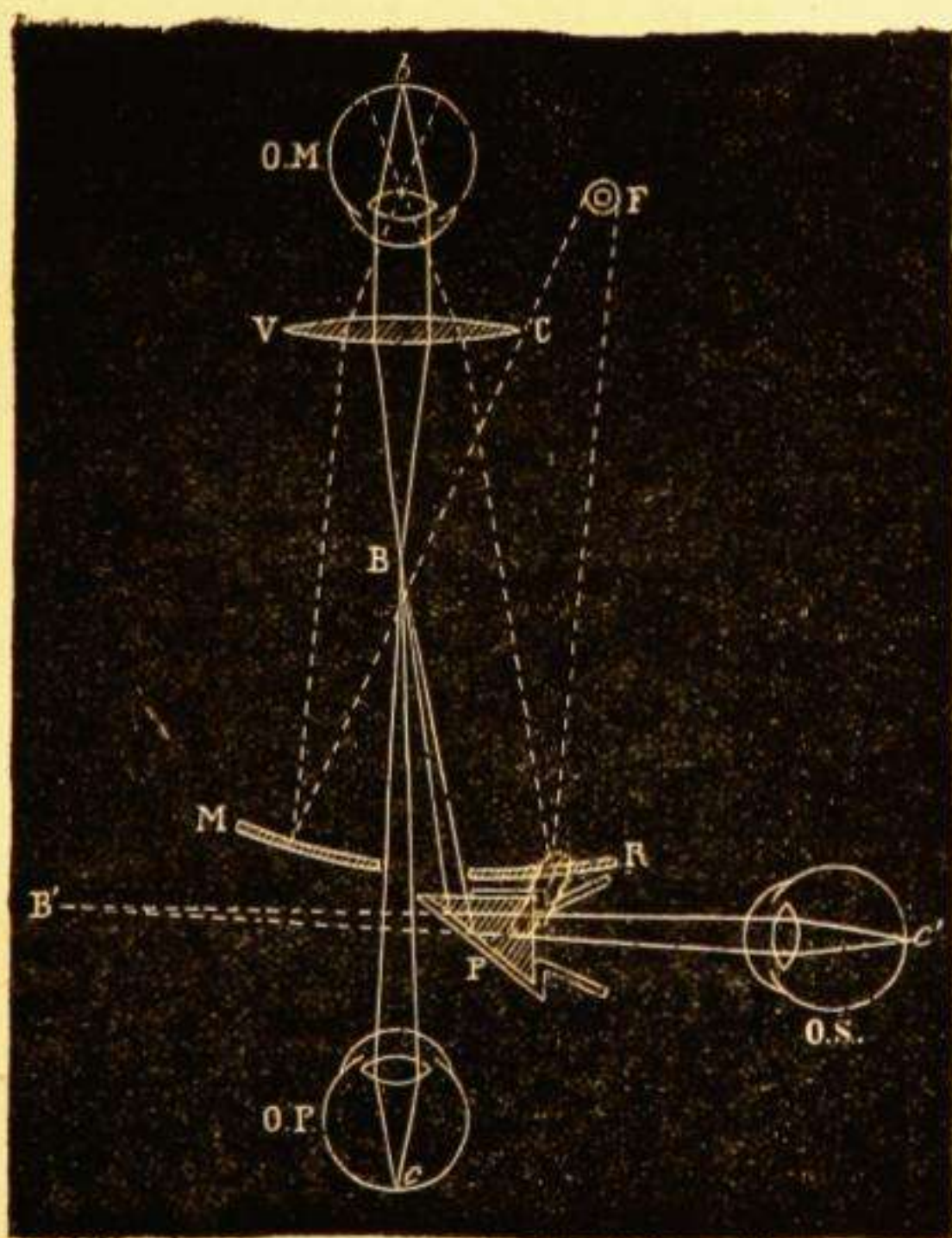


Fig. 61 —Oftalmoscopio para dos observadores de M. Sichel.

la imágen retiniana ab dada por la lente biconvexa C . El rayo AB cae sobre la cara NP del romboedro de cristal $MNPQ$. Que corta en dos el punto R , provocando la reflexion total, hiere la cara MQ provocando una nueva reflexion total y sale en la direccion CD , en donde hay un prisma que le dá la nueva direccion DE , de suerte que el ojo del observador, colocado en

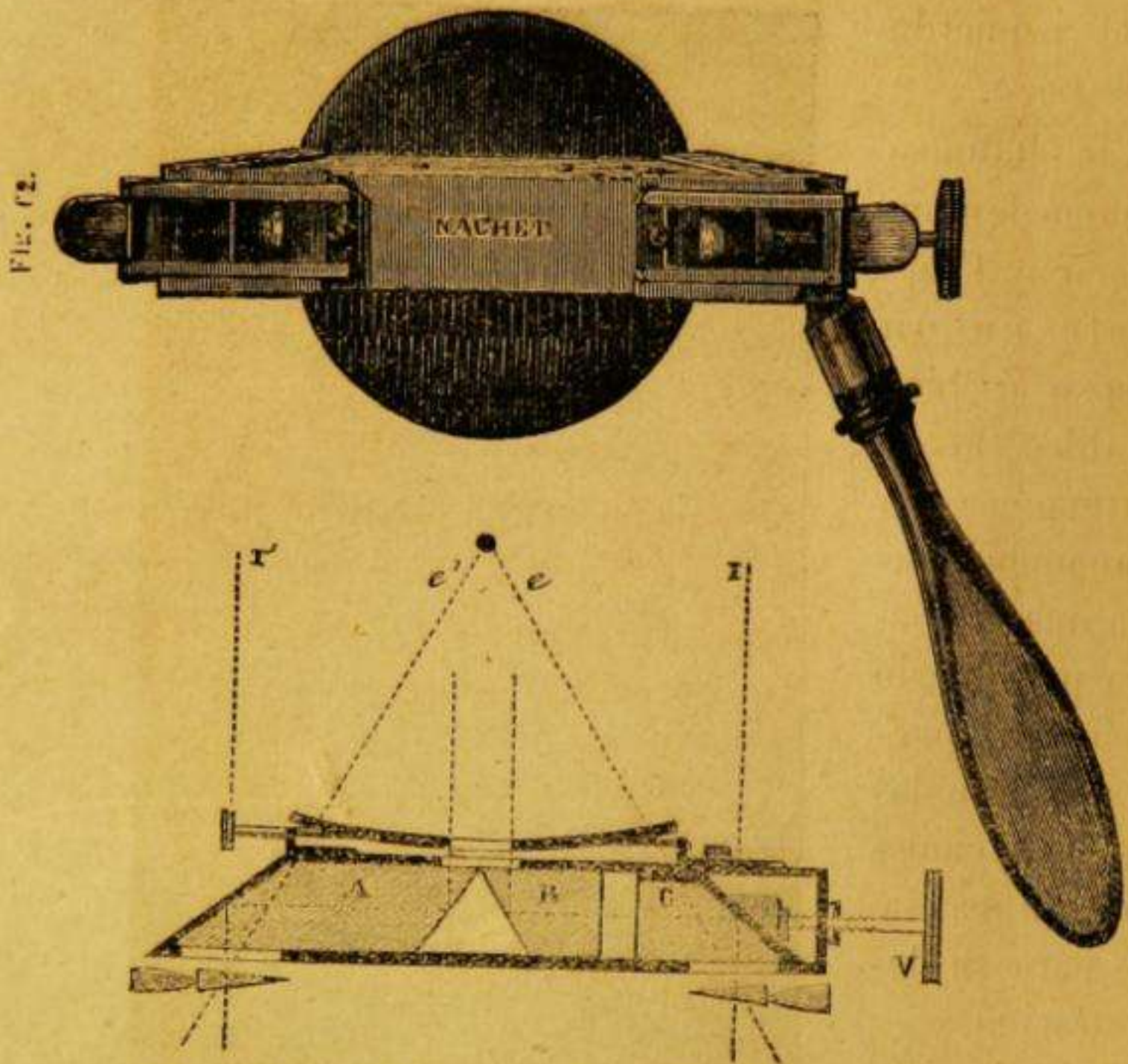


Fig. 62 bis.—Oftalmoscopio bi-ocular de Giraud-Teulon.

este punto, vé directamente el punto A , lo mismo que el rayo AB' que viene al otro ojo del observador con la direccion $D'E'$ ó AE' . La misma construccion se dá para cualquier otro punto de la imágen ab , que pongamos en exámen siendo siempre binocularmente. La mitad esterna del romboedro $MNPQ$, puede separarse ó aproximarse á voluntad, segun la separacion de los ojos del observador. El prisma DD' sirve para obtener la fu-

sion de las imágenes en una sola. Este instrumento tiene la ventaja de dar á la imagen del fondo del ojo cierto relieve; no se usa mucho porque es necesario reglamentarlo para cada ob-

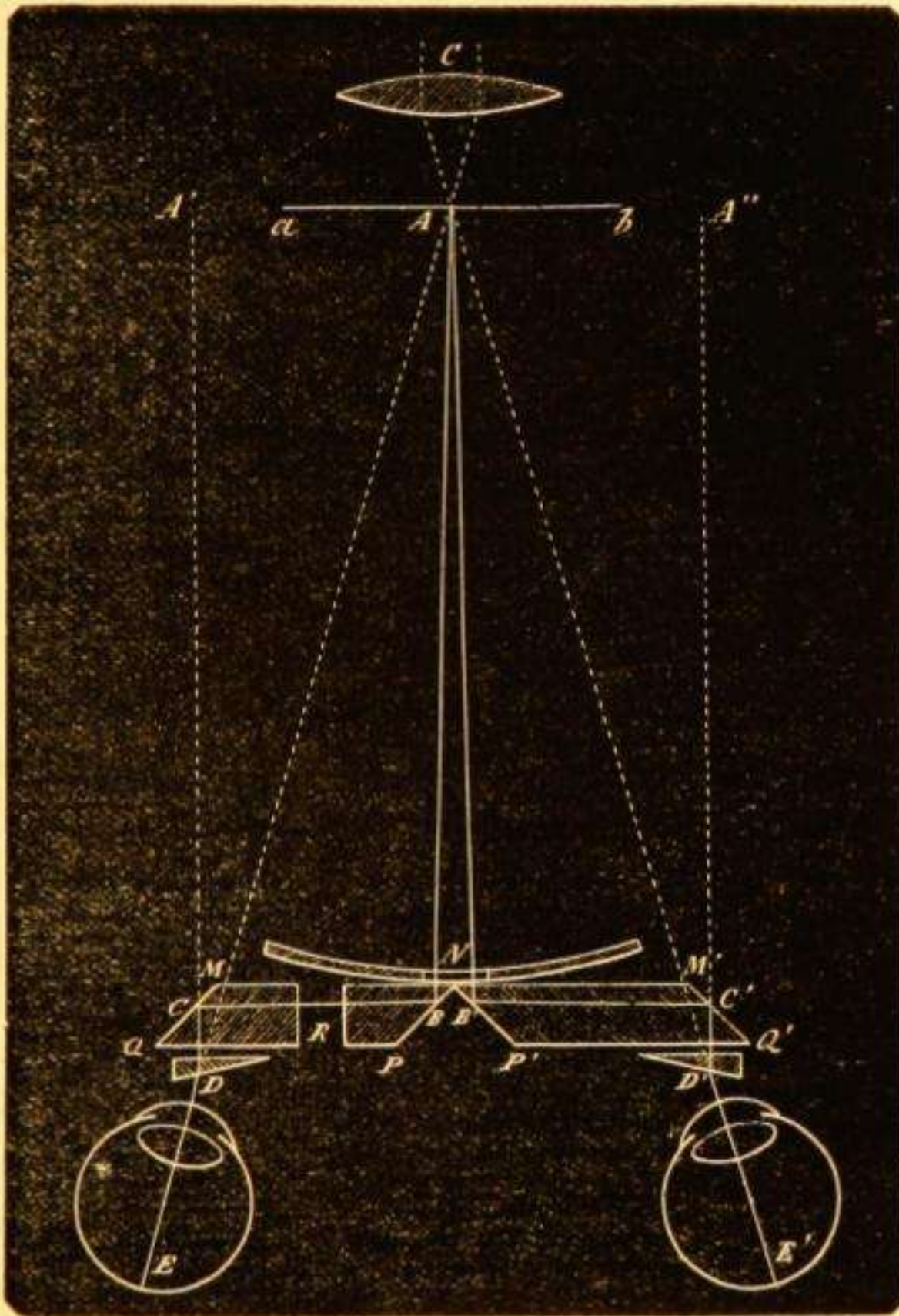


Fig. 63 —Marcha de los rayos luminosos en el oftalmoscopio binocular.

servador y su empleo exige cierto hábito. El atravesar los rayos luminosos muchos prismas, y el reflejarse muchas veces dan á la imagen cierta confusión y poca iluminación.

Oftalmoscopio de refracción. Si fuésemos á consignar los nombres de todos los autores de oftalmoscopios, sería necesaria-

rio muchísimas páginas, pues raros han sido los que se han dedicado á la oftalmología que no hayan ideado uno. Esta tendencia tan irresistible á las modificaciones llega hasta el punto de consistir hasta la insignificancia, de modificar el mango ó el estuche que lo contiene. No obstante, debemos ser justos y confesar que en estos últimos años á pesar de esta epidemia de inventar, se ha dado un gran impulso á la oftalmoscopia que ha conseguido no solo el dar á la imágen del fondo del ojo mas precision, sino hasta medir la ametropia del ojo observado. Estos oftalmoscopios llamados de *refraccion*, no son mas que una amplificacion de los que existian y que en lugar de cuatro ó cinco lentes cóncavas ó convexas, colocadas detrás del orificio del espejo se han adicionado un número mas considerable, representando las principales distancias focales empleadas en la fabricacion de las lentes. Con estos instrumentos, si conseguimos relajar completamente la acomodacion cosa muy difícil y que exige largos ejercicios ó bien si se ha paralizado por la atropina, podremos con los numerosos cristales empleados para ver distintamente la imágen, apreciar el grado de miopía ó de hipermetropía, del ojo observado. Si el ojo del observador es emmetrope, el cristal mas fuerte empleado, dará el grado de defecto ó el exceso de refraccion del ojo observado: si el observador es miope ó hipermetrope será necesario hacer la correccion necesaria de que hablaremos mas adelante. Entre tanto diremos que si la refraccion del ojo del observador es la misma que la del observado, se rebajará, y si por el contrario se aumentará.

Los oftalmoscopios de refraccion son hoy muy numerosos y bastante empleados; y por esta razon creemos útil su descripcion. Los numerosos modelos contruidos hasta el dia, son muy considerables y como no difieren gran cosa los unos de los otros mas que por detalles insignificantes, solo nos ocuparemos de los de Wecker, Landolt, Badal y por último el de M. E. Meyer construido por M. Roulot representado por el grabado 64. Por la simplificacion en la construccion y por su módico pre-

cio, puede reemplazar á todos los otros á pesar del defecto inherente á todo instrumento de este género, que son una ligera deformidad en la imágen retiniana, resultando de la oblicuidad de la lente empleada, que en apariencia da un cierto grado de astigmatismo; la dificultad de mantener bien limpia la lente que se recubre con facilidad de polvo y hace la imágen menos clara; el espesor del aparato que tiene por consecuencia una mayor longitud del canal que han de recorrer los rayos luminosos antes de penetrar en el ojo del observador, y como complemento, la inutilizacion de algunos de estos rayos y la disminucion de estension de la imágen oftalmoscópica. Hé aquí cómo M. E. Meyer describe su instrumento.

Este oftalmoscopio se compone de dos espejos reflectores (plano y cóncavo) y de dos discos superpuestos que contiene cada uno 6 lentes cóncavas y convexas mas una abertura. (fig. 64.) El diámetro de las lentes es de nueve milímetros los números indican su fuerza refringente en dióptrica (sistema métrico).

Los discos giran aisladamente bajo la presión del dedo índice aplicado á un lado determinado del instrumento. La rotacion á la derecha se hace apartando sucesivamente la série de cristales convexos, y á la izquierda

la de los cóncavos. A cada cambio de lugar se lee el número dado adicionando los cristales de la misma refraccion (desde

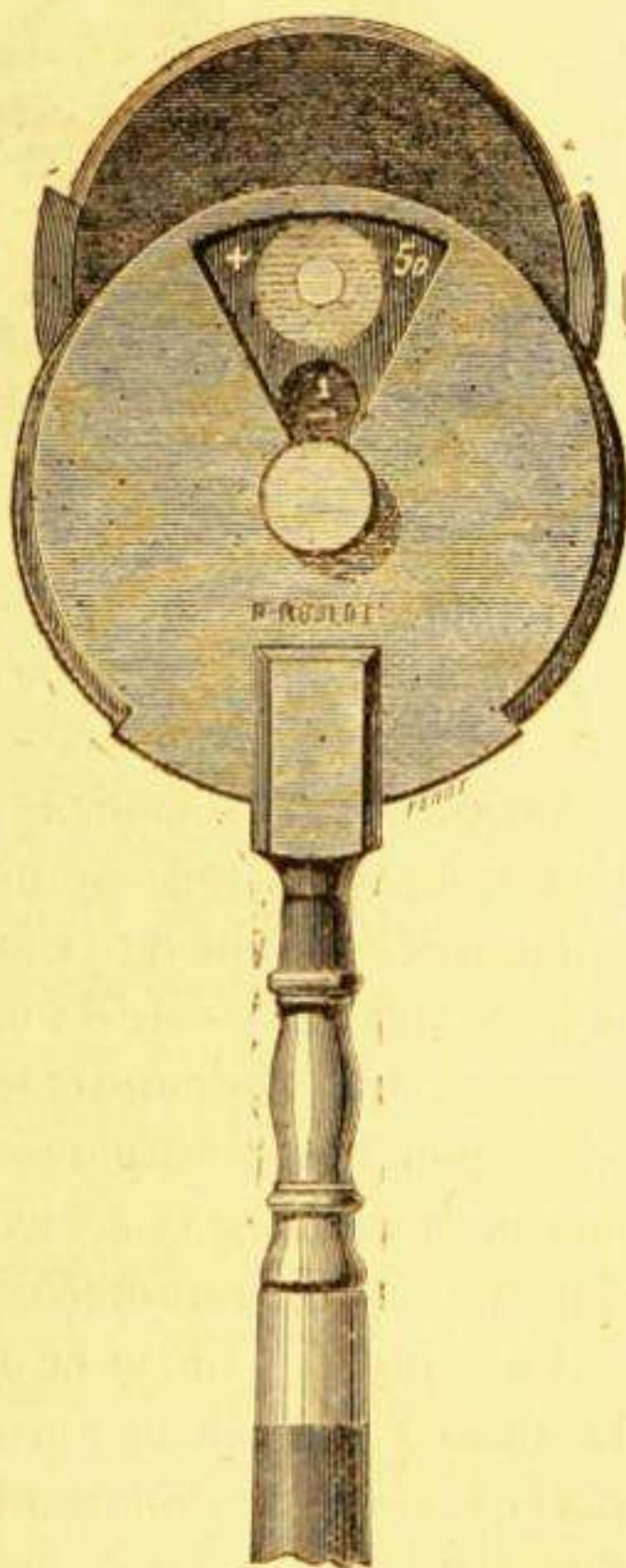


Fig. 64.—Oftalmoscopio de refraccion de E. Meyer.

3.50, de 7 á 10 y de 14 á 17 dióptricos) ó de refraccion opuesta ($+7-3=+4$; $+7-2=+5$ etc.; $+14-3=+11$ etc.) la figura representa $-1+0, 50$, ó sea $-0, 50$. Tambien se obtiene 42 números cóncavos y convexos de mas de media dióptrica hasta 17.

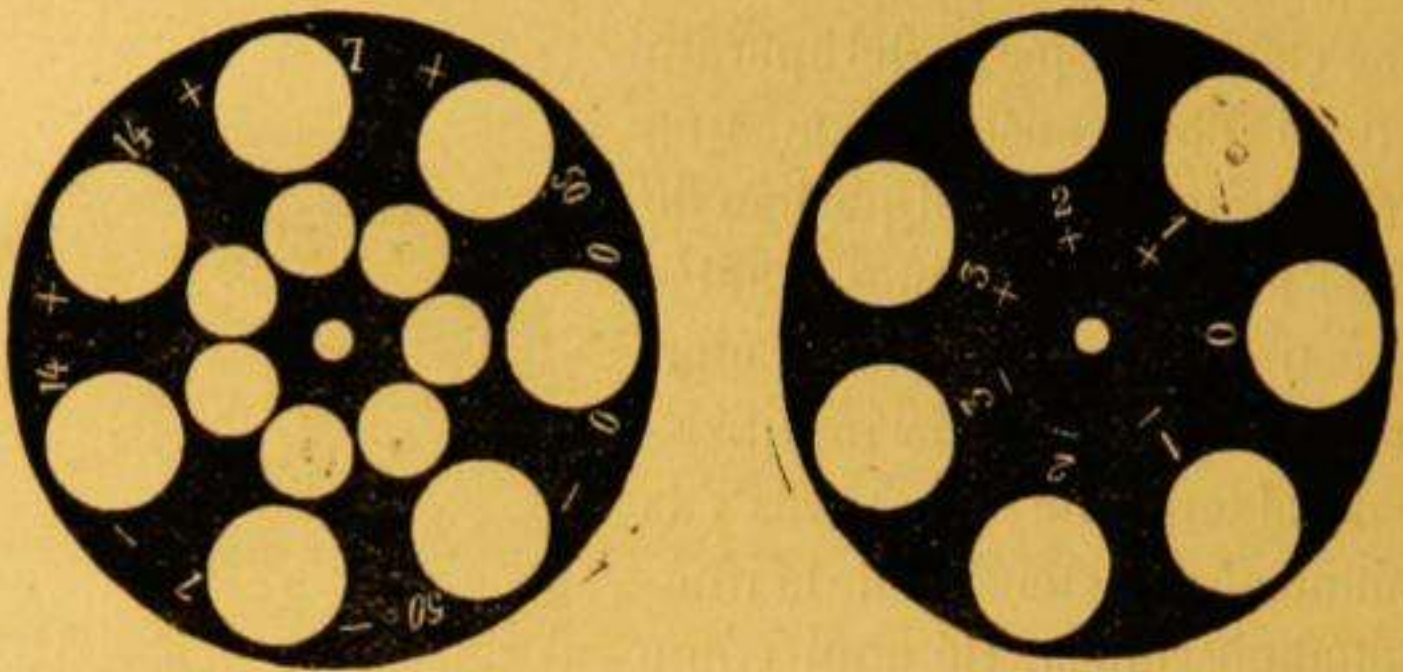


Fig. 64 lds.

0.50, 1, 1.50, 2, 2.50, 3, 3.50, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17.

Esta série de cristales representa desde el número 72 hasta el $2\frac{1}{4}$ de la antigua numeracion.

Para el exámen de la *imágen invertida*, nos servimos de espejos cóncavos y con la abertura O del disco: para la *imágen recta* y para la demostracion oftalmoscópica de la refraccion, se emplea el espejo plano haciendo girar los discos á la derecha para obtener la série de los números convexos, y á la izquierda para los números cóncavos.

Para el exámen de la *agudeza visual* se retira el espejo, y los discos puestos en movimiento obteniéndose al mismo tiempo la correccion de la *miopía* y de la *hipermetropía*. Por último, para determinar el astigmatismo colocamos en el anillo destinado á los espejos refractores una placa estenópica dividida de 0° á 180° . Esta placa y una lente $+16$ (antigua numeracion $2\frac{1}{4}$) se encuentra en el oftalmoscopio en un engaste sólido y portátil.

Con el oftalmoscopio este podemos determinar el número de una lente colocándola en el lugar del espejo y neutralizando con una de las combinaciones de discos.

Este ingenioso instrumento en su construcción sirve, como se vé, de oftalmoscopio y facómetro, presentando el inconveniente de tener dos discos superpuestos dejando un espacio muy grande entre el ojo del observador y la superficie reflejante del espejo.

Auto-oftalmoscopios.—Para completar este estudio, diremos algo sobre lo que conocemos con el nombre de *auto-oftalmoscopios*.

El nombre indica que sirve para observar uno mismo sus propios ojos; existen muchísimos modelos fundados sobre principios diferentes, pero es necesario decir, que ninguno de estos instrumentos han respondido completamente á las esperanzas que habian concebido sus inventores y aparte de su poca utilidad práctica, son muy difíciles de manejar y no dan mas que imágenes difusas.

No obstante por responder al deseo legítimo de los que quieran conocerle, describiremos el mas corriente. En los unos el observador vé el fondo del ojo observante, mientras que en los otros un ojo observa el fondo del otro.

Coccius indicó el primero que con el auxilio de un espejo plano perforado examina él mismo el fondo de su ojo. Es necesario para ello disponer el espejo de tal suerte que la superficie reflejante este hácia el ojo y lo mas cerca posible de él. Si hacemos desde luego caer la luz de una bujía al través de la abertura del espejo dará esta una posición tal, que los rayos reflejados no volverán todos por el orificio del espejo, pero en parte caerán sobre sus bordes; estos rayos (paralelos ó ligeramente convergentes) encontrarán el espejo bajo un ángulo tal que pueda ser percibido por el ojo observado.

Este medio muy imperfecto ha sido perfeccionado por este autor que ha construido el instrumento que representa la figu-

ra 65, que se compone de un pequeño tubo de anteojo ordinario de cinco pulgadas de largo y lleva en una de sus extremidades una lente biconvexa oscurecida en todo lo que indica la figura, de cuatro pulgadas de longitud focal. La otra extremidad del tubo está cerrada por un espejo plano en su centro con una abertura igual á las de los oftalmoscopios ordinarios. Para servirnos de este instrumento, se coloca una luz, en L y el observador

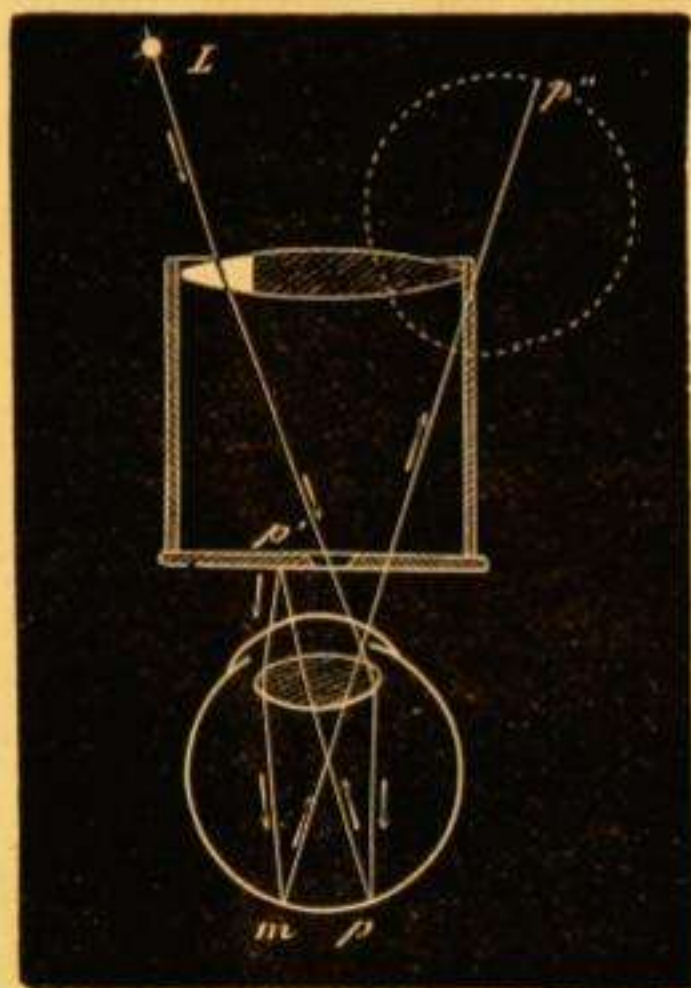


Fig. 65.

mira en el espejo plano la imagen de su ojo, que la hace iluminar del modo siguiente:

Los rayos luminosos atraviesan la lente que tiene cuatro pulgadas de foco, que se hacen muy convergentes, que se entrecruzan en poco tiempo despues de haber atravesado la abertura del espejo, penetrando en el ojo y formando un círculo de difusión sobre la retina del observador. Sea el punto p el círculo iluminado, los rayos luminosos que de él parten, atraviesan los medios del ojo y encuentran el espejo en p' que serán nuevamente refleja-

dos, atravesando aun los medios del ojo y vendrán á impresionar la retina en m . En este punto se dará una imagen del punto p que el ebservador verá en la direccion mp'' pasando por el centro óptico. Si p no continuase siendo un punto como lo hemos supuesto y fuese superficie, el observador verá esta parte de su propia retina y separando gradualmente su ojo, podrá estudiar sucesivamente los diversos detalles de esta membrana.

Para proceder á este exámen con ventaja, es necesario que la pupila esté dilatada, ya natural, ya artificialmente con la atropina, esto es poco práctico y su empleo es poco frecuente,

y se necesita cierto hábito para poder distinguir algunos detalles.

El auto-oftalmoscopio de Coccius no permite examinar mas que una pequeña estension de la retina, así que se ha propuesto remediar este defecto y Haymann ha ideado el que representa el grabado 66 descrito por Mr. Wecker en su obra. Este aparato sirve para examinar un ojo con el otro, y se compone de dos tubos A y B de una longitud de seis pulgadas que ajustan en una caja de madera de forma romboidal C. En la prolongacion del eje del tubo fijo A, se encuentra en el fondo de la caja, un espejo cóncavo, perforado de unos 30 centímetros de curvatura. En la extremidad del tubo movable B, en donde se ajusta la caja, hay un prisma triangular rectangular cuya hipotenusa mira hacia fuera; existe tambien en el tubo fijo, una lente destinada á iluminar y al exámen de la *imágen invertida*, lente que puede ajustarse exactamente con el auxilio de un tornillo. En el otro tubo se encuentra una lente análoga, y por último, la caja contiene una tercera lente detrás del prisma á la mitad de la distancia que separa aquella del espejo.

Si iluminamos el ojo con la luz de una bujía, se observará por el orificio del espejo y si se dá á aquella por medio de un tornillo una inclinacion tal que los rayos emergentes del fondo del ojo sean dirigidos sobre el prisma, llegarán necesariamente al otro ojo.

Los cristales convexos, anejos al prisma por delante y por

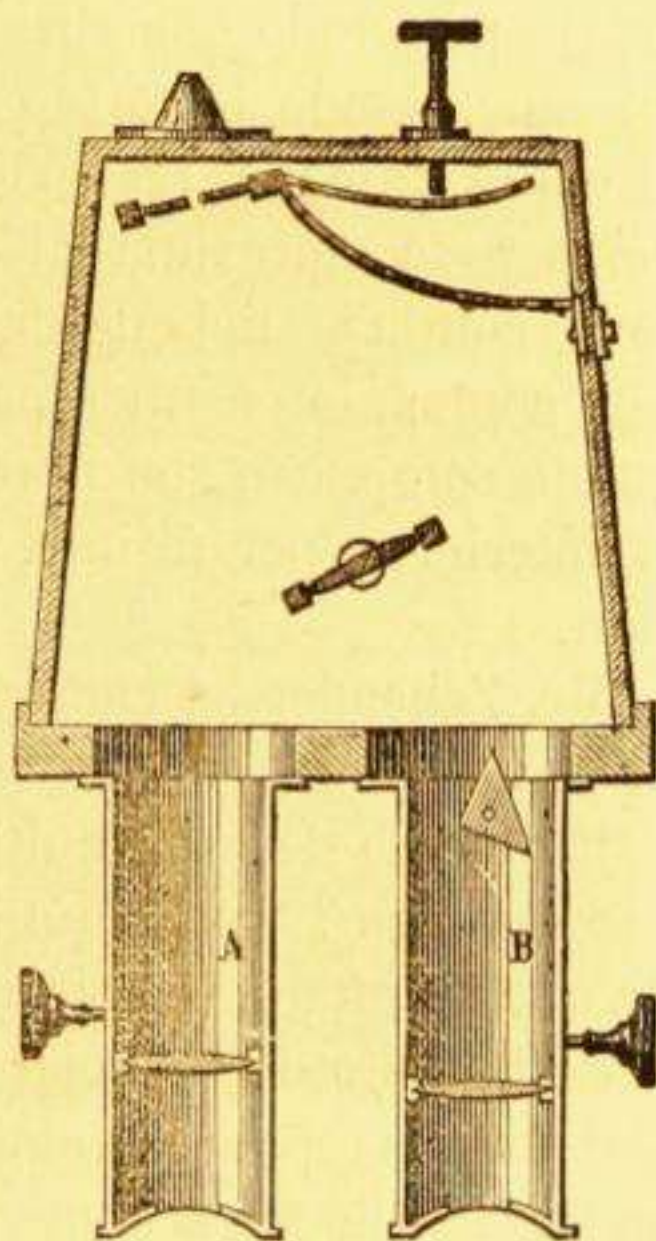


Fig. 66.—Auto-oftalmoscopio de Haymann.

detrás, no sirven mas que para ampliar la imágen. Aparte de determinados detalles, este aparato bien dispuesto, dá del fondo del ojo una imágen invertida bien clara y ampliada, toda vez que su diámetro es próximamente 30 milímetros.

Mr. Giraud-Teulon ha construido un aparato bastante análogo compuesto de dos espejos planos colocados en ángulo recto el uno contra el otro. Delante del ojo del observador hay un espejo perforado que envia la luz de una bujía sobre el espejo próximo, donde le corta en ángulo recto, llegando por último al ojo examinado. La imágen sigue su camino en sentido inverso y se aproxima al ojo observado por una lente convexa colocada delante de este ojo. Como este aparato no está contenido en un espacio cerrado, y como todas las piezas que le componen son movibles, es menos fácil de adaptar que el anterior, y por último, la imágen que dá tiene menos estension.

Mr. Zehender ha construido un aparato casi idéntico que el de Mr. Giraud-Teulon.

En medio de esta multiplicidad de instrumentos ¿cuáles debemos elegir? Seria inútil querer convencer á los inventores de que su oftalmoscopio no es el mejor. Cuando se ha adquirido el hábito de manejar alguno este es el mejor y no nos cansaremos de repetir sin embargo que el de *Coccius* debe figurar en primera línea y despues el cóncavo de *Ruete*, modificado ó no.

§ 5. — MODO DE USAR EL OFTALMOSCOPIO.

Hemos dicho anteriormente que en un exámen oftalmoscópico hay que considerar tres cosas: 1.º el foco luminoso, 2.º el instrumento y 3.º el ojo observado.

1.º *Foco luminoso*.—Podremos servirnos muy bien de la luz natural, recogiénola en la cámara oscura por un orificio practicado á voluntad, pero nunca tendrá gran ventaja sobre la luz artificial que es la que ordinariamente se usa, porque aquella

siempre tiene menos rayos amarillos y por lo tanto dá alguna palidez al fondo del ojo. (1) Tampoco podemos emplearla directamente á causa de los rayos caloríficos que concentrados en el interior del ojo pueden producir quemaduras ó un deslumbramiento insorpotable. La luz que mejor podemos usar es la dada por una lámpara Carcel ó moderador de doble corriente de aire, y de tubo cilíndrico.

Un mechero de gas de forma circular con un tubo ligeramente teñido de azul sobra y basta para los reconocimientos, y es inútil decir que la intensidad de la luz se puede obtener á voluntad del observador por medio de las llaves que tienen estos aparatos. El mechero de gas tiene siempre una superior ventaja á las lámparas, en particular para aquellos casos de exploracion de sensibilidad retiniana, del *campo visual* ó la *agudeza visual* ó en la percepcion de los colores donde se requiere una luz artificial muy intensa, para obtener excelente resultado, toda vez que esta intensidad puede producirse por medio de muchos mecheros de gas que se encienden á voluntad y su economía superan á las de las lámparas. Con esta iluminacion artificial, cuyas aplicaciones son hoy muy frecuentes puede seguirse la marcha del crecimiento ó decrecimiento de la funcion visual y formular un pronóstico acertado. Esto es por lo regular de una gran importancia sobre todo si la enfermedad depende de una causa cerebral ó de la médula como se observa en muchos casos.

La iluminacion así dipuesta, veamos cómo se procede al examen; cuando se adquiere cierto hábito es muy fácil; hé aquí el método. El observador y el enfermo están sentados el uno frente al otro de modo que ambos ojos se hallen en la misma línea horizontal (fig. 67). Aparte de los casos complicados nos valemós de un cojin duro movido á voluntad que permite ele-

(1) Otra causa es la descomposicion por la luz solar de la *púrpura retiniana*.

vase ó bajarse segun se desee, si bien siempre es preferible que el médico esté algo mas elevado que el enfermo.

§ 6.—EXÁMEN DE LA IMÁGEN RECTA.

La lámpara ó mechero de gas, estará al nivel y al lado del ojo que se observa, á una distancia media de 50 á 60 centíme-

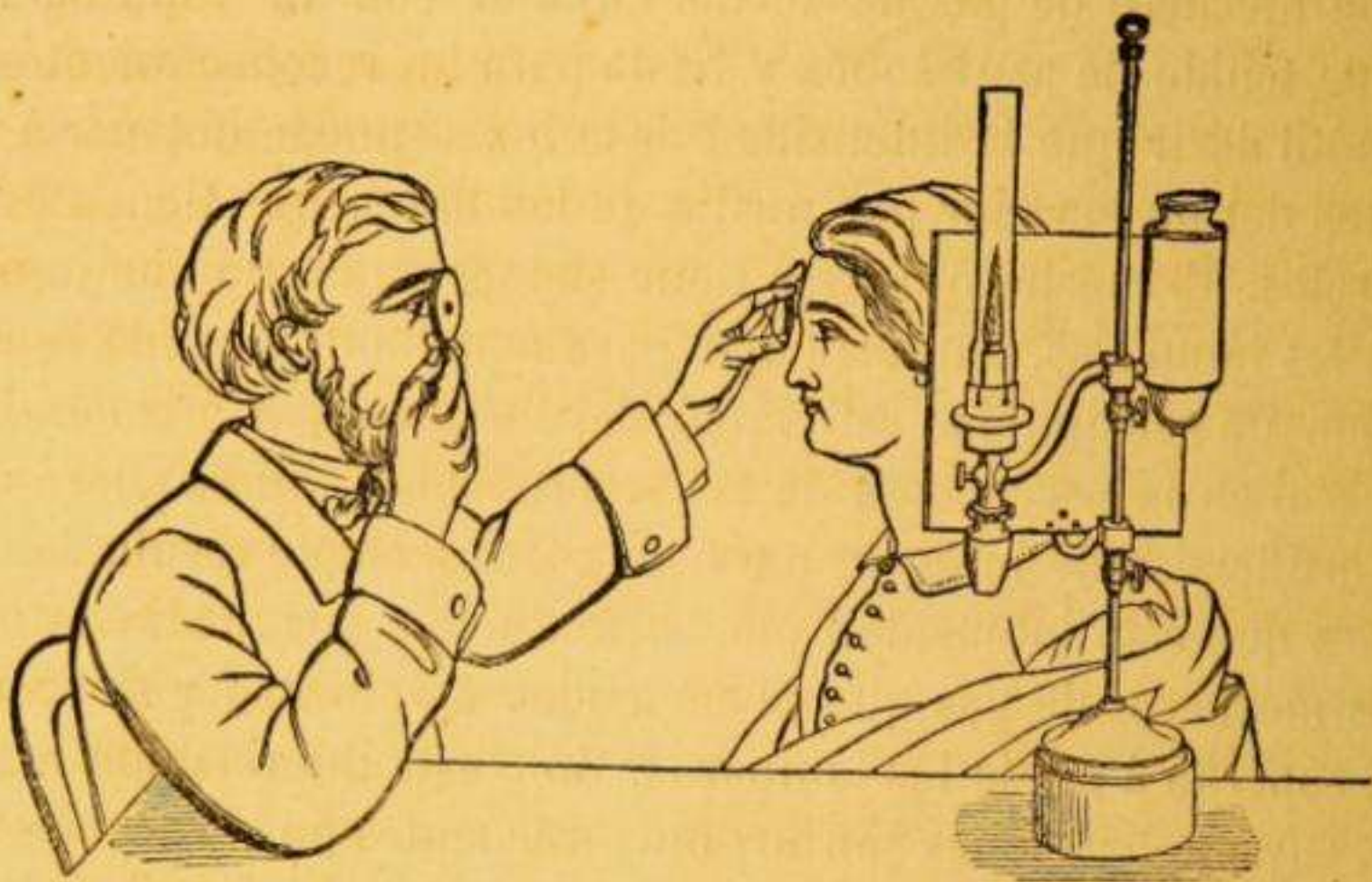


Fig. 67.—Exámen oftalmoscópico (Follin).

tros (fig. 67), conviene interponer una pantalla entre el foco luminoso y el ojo del enfermo, de modo que su rostro no reciba otra luz que la reflejada por el oftalmoscopio. Despues aconsejamos al enfermo se fije á lo lejos y en la direccion de la oreja derecha cuando se observe el ojo derecho y vice-versa.

Con el oftalmoscopio plano ó convexo, proyectamos en el ojo examinado un haz luminoso cuyo centro deberá coincidir con la pupila. En esta posicion del ojo, el haz luminoso cae sobre la pupila produciendo mucho menos deslumbramiento y haciendo contraer menos la pupila y acostumbrarse un poco á la luz sobre todo si es muy sensible.

Este primer exámen permite reconocer el grado de transparencia de la córnea y de los diversos medios del ojo, porque la menor opacidad se proyecta como mancha oscura en el fondo rojo del ojo. Con algun hábito adquirido por la práctica nos será fácil apreciar el grado de profundidad de estas opacidades. Haciendo mover el globo ocular durante el exámen, observaremos si estas manchas siguen al ojo y conservan sus relaciones al punto fijo del fondo de este órgano, ya en la pupila, ya en un vaso de la retina, ó bien si ha quedado estas manchas se desvian con relacion al punto fijo. Si el ojo do en reposo despues de los movimientos bruscos á derecha y á izquierda, abajo y arriba que se le han hecho dar y queda la opacidad sin experimentar movimiento, podemos suponer que esta existe en el cuerpo vítreo, y podemos distinguir, no obstante, otras que puedan existir simultáneamente. Despues de este primer exámen, que deberá ser hecho con la menos luz posible, toda la atencion se dirigirá hácia las membranas profundas; el enfermo continuará dirigiendo la mirada á lo lejos y en la direccion de la oreja del observador, ya derecha ó izquierda como hemos indicado mas arriba, y teniendo la iluminacion mas intensidad y á unos 20 ó 30 centímetros, se vé una imágen clara, ora de la papila, ora de los vasos ó de las dos cosas á la vez suponiendo entonces que se trate de una hipermetropía, ó de un grado exagerado de miopía. ¿Cómo se diagnostican estos dos estados tan opuestos de la refraccion?

En el primer caso, alejándose algunas pulgadas, los detalles conservan su claridad, pero lo que es muy característico es que la imágen sufre una desviacion *en sentido inverso del de la córnea* y en el mismo sentido que el ojo del observador. En el segundo caso alejándose, la imágen tambien aumenta en brillantes, però no se percibe mas que una parte muy limitada del fondo del ojo, y esta imágen se desvia *siguiendo el movimientos* de la córnea y en sentido contrario del movimiento del ojo del observador, no teniendo mas que una imágen in-

vertida esta imágen es *real* y de *mayor tamaño* que el objeto el cual está colocado algo por delante del foco del aparato dióptrico, pero cuando se halla entre este foco y el punto que corresponde al doble de la distancia focal, la imágen será siempre real é invertida pero igual al objeto.

En cuanto á la miopía *exagerada*, la imágen aérea será de mayor tamaño, pero al mismo tiempo muy distante, porque estará siempre en el foco conjugado, el que se aleja á medida que el objeto se aleja del foco principal. Desde luego el ojo del observador se encontrará colocado entre el enfermo y la imágen aérea, de suerte que no podrá verla y los rayos que deben formarla son convergentes y aun no se ha operado su entrecruzamiento.

En el primer caso, cuando el ojo observado es hipermetrope su efecto óptico es el de una lente, porque el objeto está colocado sobre la retina por detrás del foco principal posterior, y dá por consecuencia una imágen *virtual recta y ampliada*.

En el ojo emmetrope existe siempre un determinado grado de acomodacion que hace que la retina se halle colocada *un poco por detrás* del foco principal posterior del ojo; los rayos luminosos que de ella parten, son ligeramente convergentes y no pueden percibirse claramente á una *determinada distancia* mas que por un ojo hipermetrope, cuya acomodacion está en reposo.

Siempre es posible averiguar esto, toda vez que descansa en las teorías de las lentes. En un ojo explorado *de muy cerca cualquiera que sea el estado de refraccion* y que los ejes de los dos ojos, observado y del observador se confundan, puede, determinarse muy bien cualquier detalle de la retina recta y ampliada sin lente, con tal que esté bien iluminada toda vez que el cristalino observado hace el papel de una lente simple. Este exámen es el que constituye casi exclusivamente el que se llama hoy exámen de la imágen recta.

Segun la teoría, la cosa parece natural para el ojo hi-

permetrope. ¿Pero cómo explicarlo para el ojo emmetrope y sobre todo el miope?

Esto no puede ser más que *teóricamente* pues debe estar el objeto de observación colocado por delante del foco de las lentes convergentes para que dé una imagen *virtual* y *recta*, su propiedad como lente, ampliará la imagen conservando, su dirección, se extiende no solo hasta el foco, sino un poco más allá (á un sexto de esta distancia focal Giraud-Teulon) y puede verificarse sobre cualquiera lente *para los puntos del objeto observado situados en la dirección del eje*. La teoría física de las lentes no deben olvidarse; no fundándose en proporciones absolutas, sino solamente en aproximaciones. Las propiedades relativas á sus distancias focales, usúrnense las unas á las otras y en la práctica no tienen límites matemáticos.

En este caso la imagen recta y ampliada debe ser vista bastante cerca, no presentando más que un limitado campo de observación. Este método no es aplicado más que al estudio de los detalles.

Si tomamos la precaución conveniente, obtendremos una imagen clara, no limitándonos á examinar solamente la papila pues podemos aun explorar toda la extensión accesible de la retina, para lo cual haremos ejecutar al enfermo pequeños movimientos del ojo en diversos sentidos, á fin que todos los puntos de la retina envíen sucesivamente su imagen al observador. Hemos dicho que debe examinarse empezando por la papila, pero para los principiantes, no es muy fácil llegar á ella, y es necesario largo tiempo para poderse orientarse y llegar á verla. El medio empleado para conseguirlo es el seguir el primer vaso que encontremos, ya en su estremidad, ya en su ampliación de diámetros, y de este modo podremos muchas veces llegar á ella. También podemos seguir el vaso del lado donde forma un ángulo agudo con los ramos de que parten.

El proceder que hemos indicado para el exámen de la *imagen recta*, no es siempre fácil de emplear, sobre todo para los

principiantes y en los individuos miopes que presentan dificultades, principalmente cuando la miopía es mediana y el observador emmetrope ó miope al mismo tiempo. En este caso, la imágen *naturalmente invertida* del fondo del ojo, se forma por detrás del observador y los rayos convergentes que van á formarla no pueden reunirse sobre la retina de este, que tiene necesidad, por el contrario, de rayos divergentes ó á lo menos paralelos.

Un proceder aplicado á todos estos casos, consiste en modificar con el auxilio de una lente cóncava la marcha de los rayos luminosos que parten del ojo observado. En este proceder la lente bicóncava y el cristalino del observado, constituyen su sistema análogo á la lente de Galileo, como podemos ver por la figura construida (fig. 68).

Sea *ab* (fig. 68) una parte de la superficie retiniana de un ojo miope ó acomodado para un punto cerca, iluminado por un círculo de difusión, tendremos en *a'b'* una imágen real invertida y ampliada de esta superficie que se encuentra situada mas allá del foco posterior del ojo.

Si interponemos entre el ojo observado y esta imágen una lente biconvexa *cc* cuyo foco virtual principal caiga por delante de *a'b'* entonces los rayos luminosos, de convergentes que serian hácia *a'b'*, se hacen divergentes, y la imágen *a'b'* no se dará, *a''b''* pero al mismo tiempo estos rayos irán á formar una imágen virtual, en su prolongacion, y el ojo colocado detrás de la lente podrá fácilmente aperecibirla. Para que la imágen *a''b''*, se forme claramente, es necesario dos condiciones esenciales que llenar: es necesario como en la lente de Galileo, que el foco de la lente biconvexa *cc* se encuentre siempre delante del punto correspondiente á la imágen *a'b'*, y en segundo lugar deberá modificar la posicion de la lente bicóncava de manera que la imágen virtual *a''b''* se forme á la distancia de la vision distinta.

Nos servimos con bastante rareza de una lente bicóncava sostenida con la mano, del mismo modo que usamos la lente

biconvexa para el exámen de la imágen invertida. Habitualmente emplearemos cristales cóncavos que colocamos detrás del oftalmoscopio ajustados á una armadura, como en el oftalmoscopio de Follin modificado, ó en los oftalmoscopios de refraccion. Puede empezarse por emplear una lente—7 numeracion antigua ó —5^o moderna, que será cambiada segun el estado de la acomodacion.

Conociendo el estado de refraccion será fácil elegir la lente conveniente pudiendo cambiarla á voluntad.

Esto no es mas que un medio artificial que acabamos á describir para poder apre-

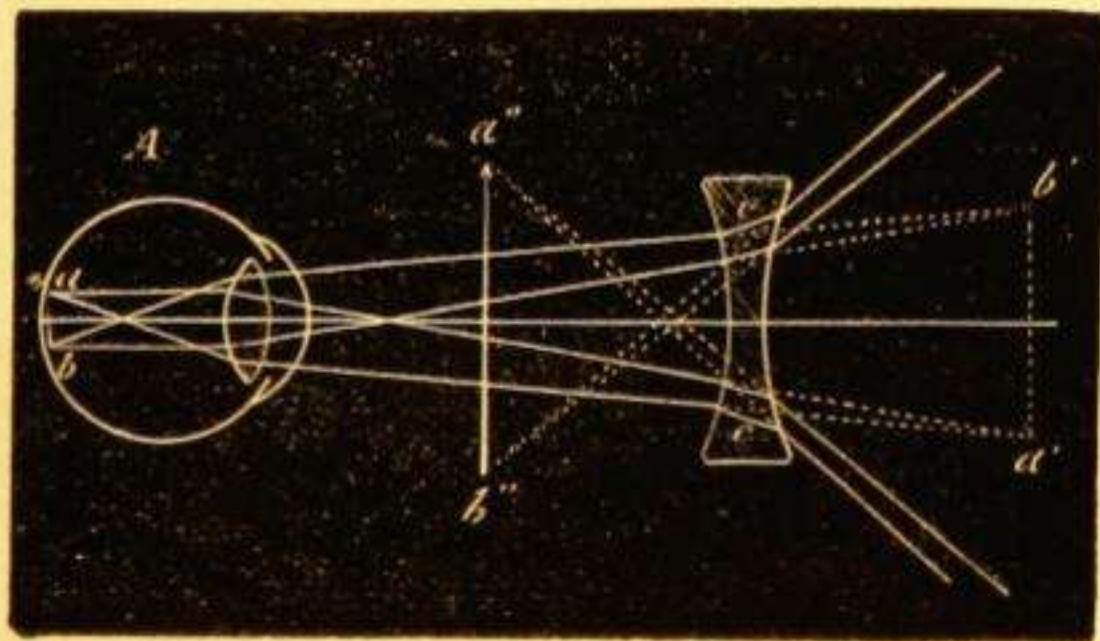


Fig. 68. — Exámen de la imágen recta mediante una lente biconcava (Follin).

ciar con claridad los detalles del fondo del ojo en la imágen recta á cierta distancia en los individuos emmetropes y los miopes.

§ 7. — EXÁMEN DE LA IMÁGEN INVERTIDA.

Por el exámen anterior hemos visto siempre la imágen recta de una imágen virtual del fondo del ojo. Cuando se trata de un ojo emmetrope acomodado para un punto un poco lejos la imágen es aun visible con tal que en este caso la retina sea el foco conjugado del punto de fijacion detrás del foco principal posterior del ojo. Si desde luego hemos podido ver aun una imágen virtual, es en virtud de la propiedad que poseen las lentes, y de que ya hemos hablado en el párrafo anterior que consiste, en que un objeto colocado en la proximidad y por de-

lante del foco principal, dá al mismo tiempo una imágen *virtual recta y ampliada* situada detrás de la lente del mismo lado que el objeto, y una imágen *real invertida y ampliada* situada por delante de la lente y en el foco conjugado del objeto. Cuando esta última imágen esté bastante lejos, nos colocamos en este caso entre ella y el ojo observado de modo de que no la veamos y solo percibamos la primera. Pero si colocamos una lente convexa de corto foco D (fig. 69) en el trayecto de los rayos luminosos que han de formar en $a'b'$ la imágen invertida de ab de manera que el centro óptico de esta lente coincida con el foco anterior del ojo, los rayos $c'b'$, ca' vendrán á los ejes

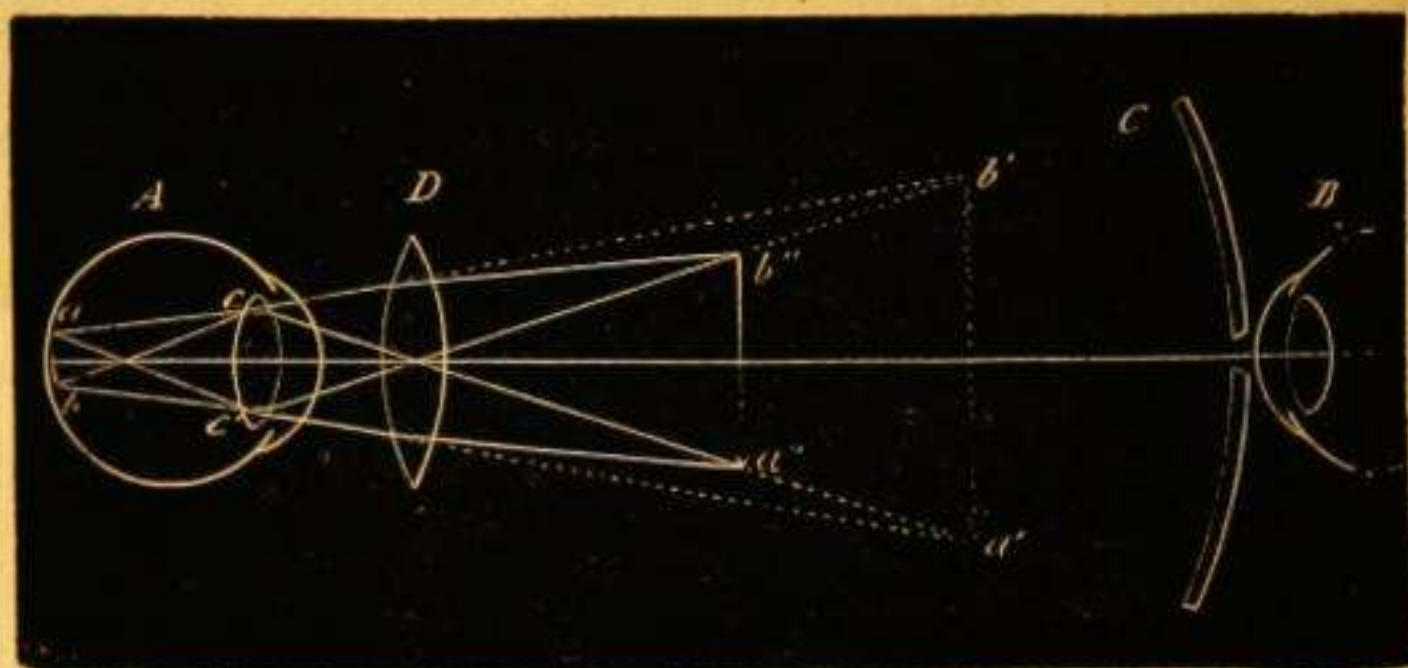


Fig. 69.—Exámen de la imágen invertida.

secundarios y no se desviarán mientras á que los rayos cb' , $c'a'$ se hacen mas convergentes por la lente positiva encontrando estos ejes bien pronto y el punto a' estará en a'' , el punto b' en b'' , por lo tanto, tendremos en $a''b''$ una imágen mas pequeña y por consecuencia mejor iluminada colocada entre el enfermo y el ojo del observador é invertida como lo seria la imágen $a'b'$ con relacion á ab .

Esta imágen será vista muy distintamente por este último segun la distancia de su vision distinta y si acomoda el ojo para esta distancia. Esto es lo que se ha llamado exámen de *imágen invertida*. Este medio de exploracion es mas fácil que

el anterior y dá del fondo del ojo una imágen que comprende una gran estension de la retina, lo que es de gran utilidad para darse inmediatamente una idea y deducir las relaciones de las lesiones con la papila y con las otras partes del ojo. En el exámen de la imágen recta, hemos visto que en los grados exagerados de miopía, vése directamente sin lente convergente la imágen invertida. Esto es muy fácil de comprender si nos fijamos en la figura anterior. Ya sabemos, despues de conocer la teoría de los focos conjugados, que mientras mas se aleja el objeto del foco, la imágen *conjugada* mas se acerca de la lente y mas pequeña se hace. El caso de que nos ocupamos, si suponemos que el grado de miopía es muy exagerado, para que la imágen aérea $a'b'$ venga á colocarse entre el ojo del observador y el ojo observado, la imágen será vista directamente; pero si empleamos la lente convergente, la imágen se hará mas pequeña y aun mas cerca del ojo observado, pero siempre invertida. Si por el contrario colocamos la lente entre el observador y la imágen, de modo que esta última se halle entre la lente y su foco principal, el cristalino obrará desde luego como una *lente* y dará de $a'b'$ una imágen *virtual ampliada y en el mismo sentido*, siempre invertida, con relacion á la imágen retiniana. En este caso solamente la lente biconvexa, será un cristal de *ampliacion*, pues para el primer caso siempre es de *diminucion*.

Por estas razones se comprende fácilmente que la posicion de la lente, no es facultativo y que su empleo no tiene analogía en el primer caso, con el segundo. En los casos en que la lente no es empleada mas que para aproximar la imágen aérea real, su fuerza refringente deberá variar con la refringencia del ojo observado, si este es emmetrope, los rayos emergentes serán paralelos y la imágen se formará en el foco de la lente; si el ojo es miope los rayos $L'RL'R'$ (fig. 70) serán ya convergentes y formarán su foco entre la lente y su foco principal, en f , y esta lente podrá ser de bastante longitud focal, sin que la

imágen se aleje mucho del ojo observado. Pero si este ojo es hipermetrope, los rayos $LRLR'$, serán divergentes, y si la lente no tiene fuerza suficiente, será impotente para hacerlos convergentes y no tendremos imágen real y solo podrá obtenerse algo cuando la imágen estuviera aun en F' : es decir todo lo mas

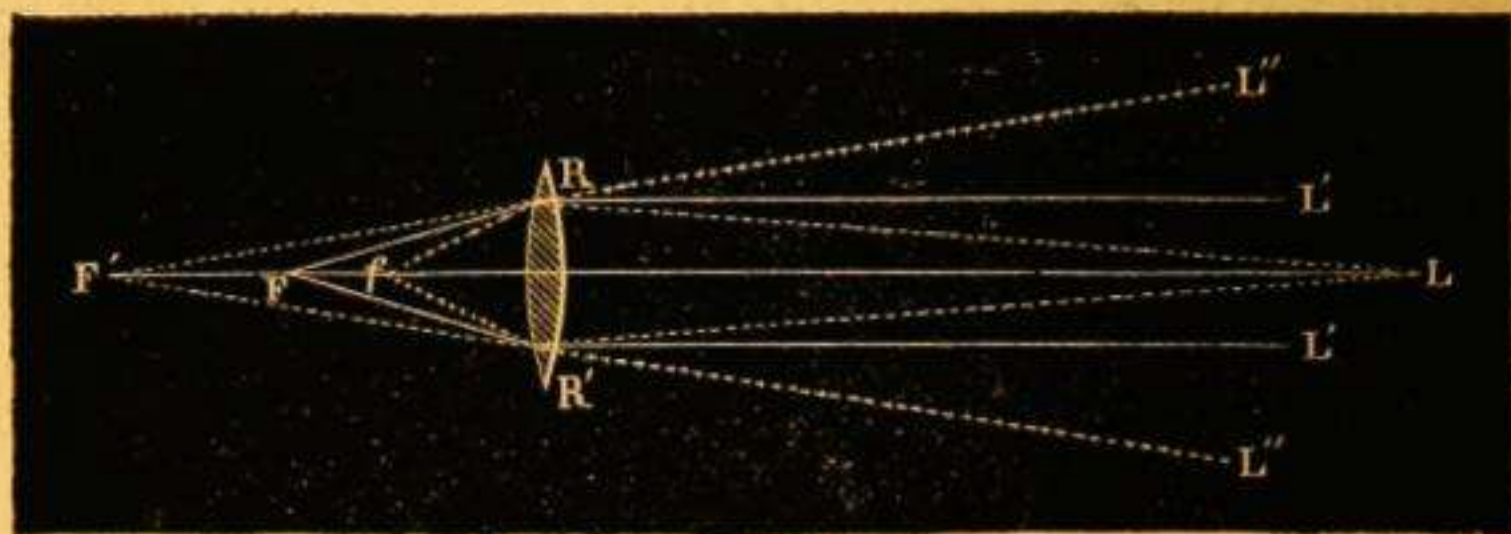


Fig. 70.—Dirección de los rayos luminosos emergentes del ojo emmetrope, miope ó hipermetrope.

lejo para poder ser bien observada. Resultan de estos hechos, que la distancia focal de la lente deberá variar con la refringencia del ojo observado y deberá ser tanto mas corta cuanto que el ojo sea mas hipermetrope. Las lentes de 6 á 10 centímetros de foco, podrán servir para todos los casos.

§ 8. —ILUMINACION DEL FONDO DEL OJO.

Ya somos conocedores de todos los instrumentos necesarios para el exámen oftalmoscópico del ojo; pero nos falta aun conocer ciertos detalles prácticos, sin los cuales todo exámen seria muy difícil é imperfecto. Por lo tanto ocupémonos ahora de la iluminación del fondo del ojo. Ya hemos hablado mas arriba de los medios que nos valemos para llevar la luz al punto de nuestra observacion, por lo tanto nosotros debemos procurar para esto obtener una refraccion regular de rayos incidentes y para ello tenemos muchísimos medios.

a. Podemos obtener los rayos incidentes *convergentes*, em-

pleando como reflector un espejo cóncavo ó bien uno plano armado de una lente convexa (Coccius) ó uno convexo armado de una lente convexa de foco mas corto (Zehender). Con estos diversos instrumentos, los rayos incidentes se reúnen por delante de la retina iluminándola en sentido divergente, siguiendo un círculo de difusión variable. El grado de convergencia de estos rayos luminosos y el tamaño de la pupila tiene una gran relacion con la *estension* de la superficie retiniana iluminada, estension que será tanto mayor cuanto los rayos sean mas convergentes y la dilatacion pupilar mayor. Se comprende sin gran dificultad que la potencia refringente del ojo A (fig. 71) siempre es la misma y los rayos convergentes del espejo MN se reúnen tanto mas próximo del cristalino, cuanto mas cerca esté el ojo de F'. No es menos evidente que mientras mas am-

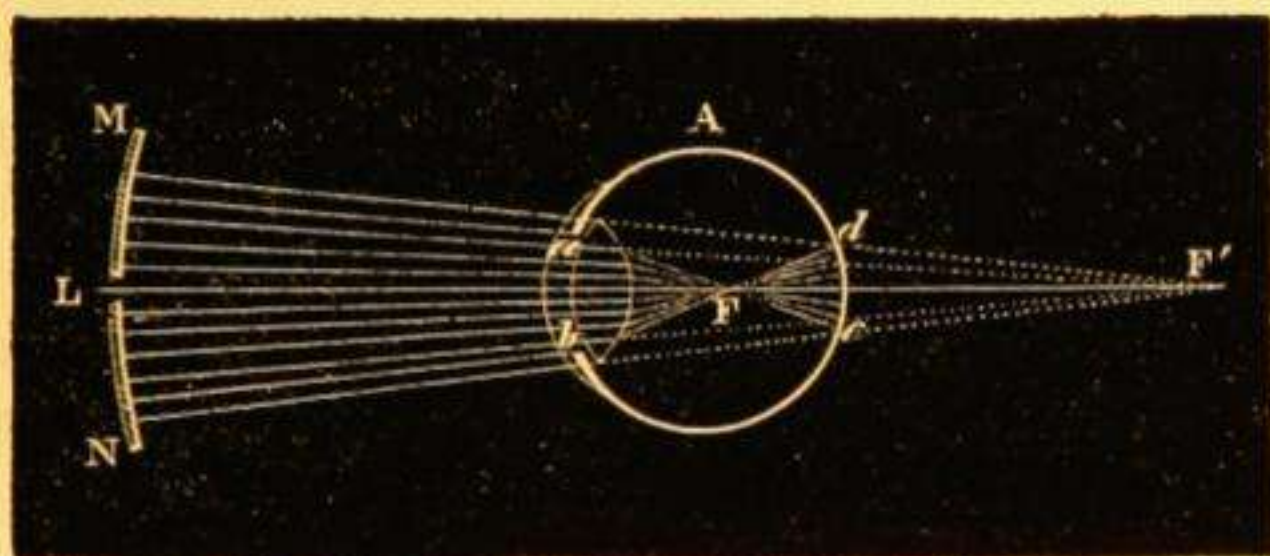


Fig. 71.—Iluminacion del fondo del ojo.

plitud tenga la pupila *ab* mas rayos marginales dejará pasar, y como son estos mismos rayos los que despues se entrecruzan en el punto F, formando el límite de la parte iluminada *dc*, siendo esta tanto mayor cuanto los rayos extremos estén mas separados, pero no siempre la convergencia de los rayos de iluminacion será ilimitada, porque es necesario siempre que el punto F' esté al otro lado del ojo observado, siendo el espejo mas cóncavo; los rayos emergentes serán convergentes, pero si la longitud focal disminuye al mismo tiempo será necesario colocarlo tanto mas próximo del ojo cuanto mas cóncavo sea.

Semejante posición es muy incómoda en la práctica, y se prefiere servirse de espejos cóncavos de una longitud focal de 30 á 40 centímetros. Aun más si hacemos el exámen de la imagen invertida, esta se encuentra tan cerca del ojo del observador que nos obliga para verla distintamente á hacer grandes esfuerzos de acomodación, al menos de ser uno miope.

Todo lo que decimos es aplicable al exámen de la *imagen recta*, por lo cual los rayos convergentes son casi los únicos empleados, es necesario decir entretanto que el empleo de los rayos *paralelos*, tienen en algunos casos una superior ventaja en ciertas miopías. Pueden obtenerse estos rayos paralelos, ya alejando suficientemente la luz que nos sirve para el exámen, ya empleando un haz luminoso natural recibido por un pequeño orificio de algunas pulgadas de diámetro practicado en un plano de la cámara oscura.

b. Los rayos *divergentes* son los más frecuentemente empleados en oftalmoscopia, porque dan grandes ventajas para el exámen de la imagen invertida que es el que más se usa. No queremos decir con esto que debe prescribirse por completo el exámen de la imagen recta. Los rayos se hacen divergentes muchísimas veces cuando la lámpara está colocada muy cerca del ojo observado y el reflector es plano, este espejo devolverá hácia el ojo los rayos tales, cual los hubiera recibido, es decir, *divergentes*. Podemos también servirnos de un espejo convexo ó de una lente cóncava azogada por una de sus caras, pero la mayor fuerza divergente de los rayos luminosos se obtiene colocando entre el espejo y el ojo observado, una lente convexa (exámen de la imagen invertida). Los rayos divergentes vienen de L (fig. 72) se vuelven paralelos ó ligeramente convergentes por el reflector cóncavo MN, y llegan así á la lente convexa R cuyo foco principal está en F. Si estos rayos son un poco convergentes como en la figura 72, formarán su foco más próximo de la lente en F' por ejemplo, y de allí partirán divergentes hácia el ojo observado. Si el foco anterior de este ojo

coincide con F' estos rayos caerán paralelos sobre la retina é iluminarán una parte $a'b'$ igual ó algo superior á la dimension de la pupila, si el punto F foco de la lente, está al otro lado del foco anterior del ojo, teniendo su foco conjugado en f y los rayos incidentes tomarán la direccion $cfdf$. Atraviesan la retina siguiendo un círculo de difusion tanto mas pequeño cuanto el punto f esté mas cerca del ojo y el punto F' mas lejano.

Pero si el foco F' está mas próximo del ojo que el foco anterior de este, si está en F'' , los rayos que de él partan tales cual $F''c, F''d$ saldrán del cristalino divergiendo hácia ca'', db'' é iluminarán una parte de la retina $a''b''$ mucho mayor que el diámetro de la pupila.

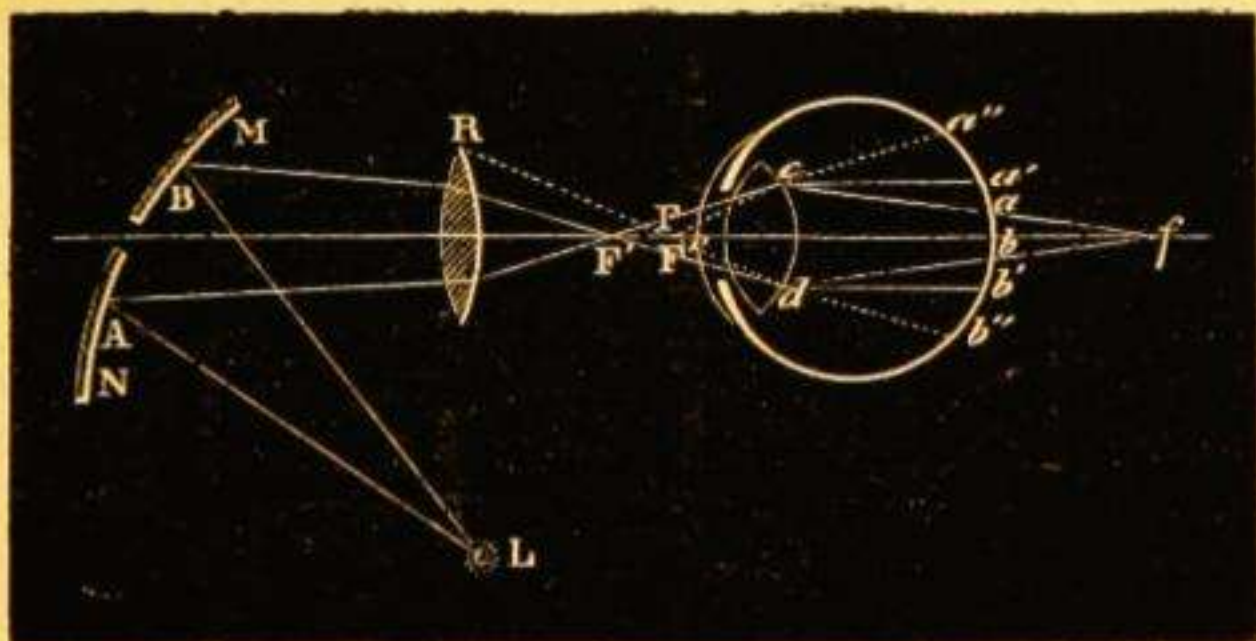


Fig. 72.

Por lo que antecede se vé, que si hacemos ejecutar á la lente R un movimiento de progresion adelante ó atrás, podrá hacerse variar la estension de la parte iluminada. La práctica y el hábito, indicarán en qué limites puede estenderse este movimiento que es generalmente bastante limitado.

La retina iluminada por rayos que caigan bajo diferentes incidencias, dan á su vuelta un centro luminoso, y cada uno de estos puntos envia hácia la pupila rayos que salen del ojo de diferentes modos, segun que este ojo sea emmétrico, miope ó hipermetrope. Ya hemos hablado de esto, no entraremos en mas detalles.

No obstante diremos que si el ojo le suponemos miope co-

mo en la figura 73, la imágen aérea $a'b'$ será trasladada á $a''b''$ por efecto de la lente convergente D , y *empequeñecida*, tanto mas cuanto que esta imágen se halla mas próxima del ojo observado. Si el ojo es emmetrope, los rayos emergentes serán paralelos y formarán su foco, y por consecuencia la imágen

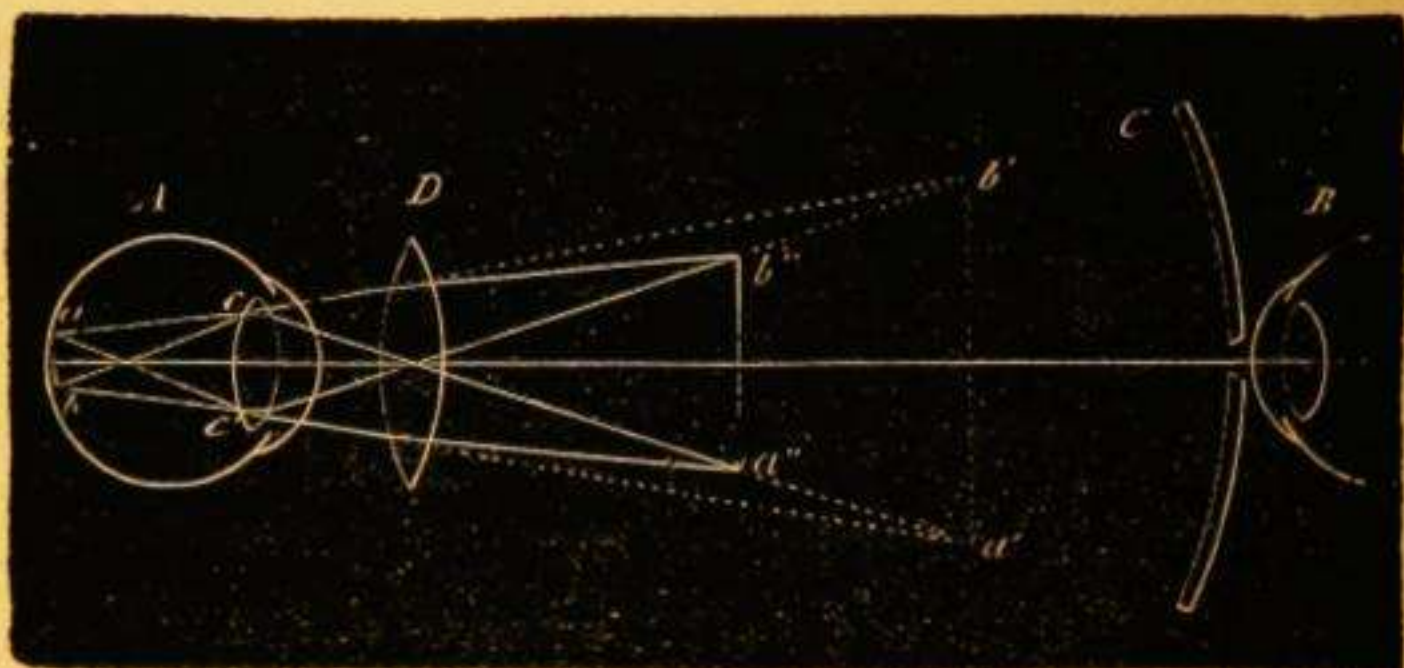


Fig 73.

retiniana en el foco anterior de la lente. Si el ojo es hipermetrope, los rayos emergentes serán divergentes y podrán formar un foco real, toda vez que la lente tiene una fuerza convergente superior á su divergencia. En todos los casos la imágen se forma mas allá del foco de la lente y es necesario tomar esta última tanto mas convexa, cuanto que la hipermetropía sea mas exagerada.

Por esta rápida esposicion vemos que el proceder de exámen de imágen invertida, se aplica á todos los casos, sea el ojo emmetrope ó ametropo y sea cual sea la distancia de su acomodacion. Este proceder, mucho mas fácil que el de imágen recta, es al que se dá la preferencia cuando no se tiene un gran hábito en el manejo del oftalmoscopio.

§ 9.—EXÁMEN DE LA IMÁGEN RETINIANA.

Despues de colocar la luz, el reflector y la lente, tal cual

lo hemos indicado, es necesario ver la imágen del fondo del ojo fácilmente y con claridad. Para llegar á un término favorable, es menester, aun en los casos fáciles, ajustarse á las reglas siguientes: el observador se colocará muy cerca del ojo del enfermo y dirigirá el reflector del espejo hácia su pupila que aparecerá mas ó menos roja, regular y clara, segun el estado de abertura iridiana y de los medios refringentes del ojo: concentrando por un instante la atención sobre esta imágen haráse ejecutar al enfermo diversos movimientos al ojo y notaráse con cuidado el resultado de este primer exámen que podrá variar de diversas maneras; sobre lo demás ya hemos hablado apropósito del exámen de la imágen recta. Despues de esto, iremos alejando lentamente su espejo, y teniéndolo siempre aplicado contra el árcade orbitario, y sin perder la imágen de vista, á fin de poder apreciar en esta segunda maniobra si ha habido algun cambio. Llegando á una distancia media de 30 á 50 centímetros, induciendo al enfermo á que dirija la mirada en la direccion de la oreja homónima del ojo examinado (1) y tomando una lente de 7 á 10 centímetros de foco con la otra mano, la que colocamos delante de la pupila del ojo observado, desde luego muy cerca de manera que el iris se encuentre del otro lado de su foco á una distancia un poco mayor correspondiente al punto, donde la imágen retiniana aparece clara. Este punto está situado á este lado de la lente, el ojo del observador no tiene ya necesidad de acomodarse para el infinito, pero sí para la distancia de la imágen que deberá estar á 30 centímetros próximamente si el observador es emmétrope: si es miope, se-

(1) Puede darse el caso que el enfermo padezca de estrabismo ó de parálisis de los músculos motores del ojo que le impida dirigir la mirada de la manera que le indicamos. Para el primer caso bastará con hacerle cerrar el ojo que no se observa para que este recobre la libertad en sus movimientos. Para el segundo es necesario colocar la cabeza de modo que la mirada sea en la direccion conveniente.

En los niños y en los individuos afectos de *nystagmus* nos vemos obligados á fijar el globo ocular con los dedos ó un instrumento para poder examinar convenientemente el fondo del ojo.

rá necesario se lo aproxime, y si es hipermetrope alejarla ó elegir lentes que corrija la ametropía, porque la imágen aérea ocupará desde luego una porcion determinada y fija del espacio situado en la proximidad del foco, anterior de la lente.

El observador tendrá, por lo tanto, una imágen que ocupará una gran estension de la retina y en el centro de esta aparecerá la *papila*, ó mejor dicho el *disco* del nervio óptico con los caractéres que le son propios.

Si se desea estudiar los detalles, cambiaremos la lente de foco corto por otro menos convexo. La mirada del enfermo estará dirigida como ya hemos dicho, la papila debe estar en el centro de la imágen oftalmoscópica y esta será el punto para determinar la situacion de las partes periféricas. Si deseamos ver la *mácula* haremos fijar al enfermo al centro del espejo reflector, pero este exámen será difícil si la pupila no está ámpliamente dilatada á causa de las imágenes que dan la luz de iluminacion y el espejo reflector que se refleja en la córnea y en las caras del cristalino. Si una parte periférica de la imágen está mas ó menos velada, será necesario para apercibirla obligar al enfermo á que mire al lado opuesto ó ejecutar uno un movimiento, pero del mismo lado de la parte que se examina. No debe olvidarse que en este caso siempre tenemos una imágen invertida y que cuando el enfermo hace girar la córnea á la derecha, el fondo del ojo vá á la izquierda y *vice versa*. En esta imágen todo lo que aparezca en alto será en realidad en bajo, lo de derecha á izquierda y lo mismo para todas direcciones.

Esto debe tenerse en cuenta para la situacion relativa de las partes, la ampliacion con que aparece, que por término medio es de 15 á 18 veces sirviendo todas estas dimensiones para poder formar una idea del tamaño natural, y se comprenderá tambien porque las partes muy próximas á la papila parecen muy separadas.

La lente, la córnea y el cristalino, no son solamente medios

refringentes: desgraciadamente estas partes presentan superficies que obrando sobre la luz de la lámpara como los espejos reflectores dan las imágenes correspondientes á cada una de ellas. Tambien la lente tiene una cara convexa y otra cóncava en relacion con la luz de la lámpara, dando una imagen virtual y una real de esta ó del espejo, siendo lo mismo para el cristalino; la córnea obra como espejo convexo. Por lo tanto tendremos en el trayecto del fondo del ojo un cierto número de imágenes brillantes ó reflejas, que obstaculizarán mucho cuando el enfermo mira al frente y la pupila esté poco dilatada.

Entre todos estos reflejos, los del cristalino son los menos visibles, y no sirven de obstáculo; los de la lente se evitan inclinándola lijeramente de un lado á otro; solamente el reflejo de la córnea es el que se coloca delante de las partes que se examinan y no pueden evitarse siendo tanto mas intenso cuanto la luz de la lámpara es mas radiante. Apesar de esto, y con una poca de práctica se puede hacer abstraccion de este reflejo.

Si deseamos ampliar la imagen invertida, nos valdremos de una *lente* que podemos colocar detrás del espejo, si su distancia focal es suficientemente amplia, M. Coccus ha construido un ocular que responde á esta exigencia y dá bastante ampliacion. Si el ojo examinado es muy miope y su imagen es naturalmente invertida aunque sea algunas pulgadas de distancia, se podrá ampliar directamente con la lente convexa que en vez de tenerla cerca del ojo, se colocará entre la imagen y el observador á fin de que obre como lente sobre esta imagen y no como lente convergente; para ello es necesario que el ojo observado sea muy miope.

Cuando examinamos un enfermo se debe empezar siempre por el ojo enfermo y despues el otro. Esto siempre es conveniente para no privarse de un elemento de comparacion útil en ciertos casos y siempre necesario no solo en oftalmología sino aun en medicina general, y apropósito, podemos citar numerosos ejemplos de error de diagnóstico en afecciones pul-

monares por no haber comparado un pulmon con otro, en el que se ha tomado el lado sano por el enfermo. M. Pajot, en su curso no deja nunca de advertir su importancia y cita ejemplos de obstetricia en los cuales no reconociendo un estado de embarazo, no es posible apreciar las modificaciones sufridas por el cuello del útero en tal ó cual período de preñez, ó cuando está en estado de vacuidad. No siempre los ojos están en el mismo grado de sufrimiento y los enfermos no suelen quejarse mas que de uno, pero puede haber muy bien en el otro un padecimiento grave incipiente que conocido por el médico puede corregirlo evitando de este modo las consiguientes consecuencias por lo regular tan funestas.

En los primeros pasos de la práctica oftalmológica convenirá examinar el mayor número de ojos sanos, con el fin de conocer el estado normal que presentan gran diferencia entre los individuos, para no confundir uno de estos estados normales con uno patológico. Para adquirir este conocimiento nos valemos de los grabados iluminados y sobre todo de mucha práctica con enfermos que son los medios mas escelentes.

§ 10.—RESULTADO DEL EXÁMEN OFTALMOSCÓPICO.—DE LOS MEDIOS REFRINGENTES.

Si deseamos preveer todos los casos que pueden presentarse en oftalmoscopia, seria necesario todo un volúmen que molestase al lector y de una utilidad problemática. Así que solo nos limitamos á señalar bajo la forma de resúmen las particularidades mas importantes relativas al exámen de cada parte del ojo en particular.

1.º La *córnea* sana no presenta nada de particular al oftalmoscopio, sino un reflejo brillante, que no es otra cosa que la imágen virtual del foco de iluminacion. Este reflejo es por lo tanto mas claro, mas pequeño y mejor limitado cuanto el reflector está un poco alejado de la *córnea* ó de la luz de ilumi-

nacion y tanto mas difuso y ampliado cuanto las condiciones que concurren son inversas á la anterior.

La iluminacion lateral, dá la transparencia perfecta y la regularidad de la curvadura de esta membrana.

En el estado patológico, la córnea presenta vasos opacidades mas ó menos acentuadas ó profundas; erupciones vesiculosas pustulosas ú otras cuerpos estraños; de forma color y tamaño estremadamente variable y por último, otras lesiones. El oftalmoscopio indicará la presencia de estas alteraciones, si se halla situado frente al orificio pupilar y si el fondo del ojo se haya bastante diáfano, para que la percepcion de la sombra dada por estas lesiones sea posible, pero este instrumento será impotente para acusar datos precisos, si no empezamos el exámen para la iluminacion lateral que es decisivo en determinados casos. Desde luego conociendo las lesiones, es fácil estudiarlas, compararlas al oftalmoscopio, y hasta se puede hacer entonces abstraccion del exámen de las partes profundas. Hemos visto que las capacidades circunseritas de la córnea producen sombras negras y limitadas en el fondo claro del ojo, separándose para relacionarse á un punto fijo de la retina con los movimientos del ojo del enfermo ó el del médico, pero si toda la estension de la córnea se halla deslustrada ó lijeramente alterada de una manera uniforme; el fondo del ojo aparecerá igualmente alterado y es necesario fijarse bien para no confundirla con la que dá la alteracion del cristalino, del humor vítreo ó la retina. En los casos en que estas enfermedades existen simultáneas, será difícil distinguir la parte exacta que corresponde á cada una de ellas y será necesario entonces hacer un estudio especial de los síntomas y del conmemorativo.

2.º *El humor acuoso* en el estado normal es siempre transparente é incoloro y no traduce su presencia por ningun signo, Cuando este líquido se altera, se mezcla con sangre ó con pus, la iluminacion lateral lo demuestra fielmente. Se comprende que el efecto oftalmoscópico es el mismo que el dado

para las alteraciones de la córnea de que ya hemos hablado y no dá ninguna utilidad.

3.º El *iris* debe ser examinado á la iluminacion lateral. Debe atenderse á su color, movilidad, estado de dilatacion, movimientos ó temblores, forma de la pupila, adherencias (sinquias) anteriores ó posteriores.

4.º *El cristalino* lente biconvexa trasparente, presenta dos caras que obran como espejos sobre la imágen proyectada de la llama de la luz de iluminacion: la cara anterior como espejo *convexo*, dá una imágen virtual y recta; la cara posterior como espejo *cóncavo*, dá una imágen real é invertida, pero estos reflejos son muy débiles. La iluminacion lateral, despues de la dilatacion de la pupila por la atropina hará conocer las opacidades del cristalino ó de su cápsula anterior ó posterior, así como los cambios de situacion que pueda haber experimentado (luxacion). En este último caso la parte del ecuador comprendido en la abertura pupilar aparecerá como una línea gris, y haciendo mover el ojo bruscamente, los movimientos del cristalino luxado, se harán mas visibles. La opacidad de esta lente, cualquiera que sea su forma, situacion y color, se verán claras y tal cual ellas son, con sus dimensiones y color real, permitiendo así precisar el diagnóstico. (1)

El exámen oftalmoscópico dá escelentes servicios y permite juzgar el grado de permeabilidad de las opacidades por la luz y del estado de la retina relativamente á la percepcion luminosa. Es verdad que en ciertas cataratas las alteraciones cristalinas no son nulas con relacion á la disminucion de la vista, pero embarazan, no obstante, lo suficiente para impedir, ver bien el fondo del ojo, y apreciar las lesiones que pueden allí existir.

(1) Hay que hacer una escepcion para las cataratas negras que son muy poco visibles á la iluminacion lateral y nulas al oftalmoscopio. La pupila aparece negra y es necesario tener cierto hábito y mucha atencion para distinguirlas.

Nunca debe operarse sino con mucha reserva y debe evitarse de hacer una operacion si el pronóstico no parece ser muy favorable; en ciertos glaucomas crónicos suelen ir acompañados con frecuencia de desprendimiento de la retina y cataratas, y como quiera que la ceguera se va desarrollando poco á poco, el enfermo por lo regular no consulta al médico hasta que estas últimas llegan á su límite y vela por completo la primera. En esta ú otras parecidas circunstancias, el médico debe razonar su diagnóstico y saber sacar partido de todos los síntomas propios de la enfermedad oculta á fin de no esponer al enfermo á una operacion inútil ó que mas tarde pueda exigirle responsabilidad.

Por último el aspecto estriado del cristalino en forma estrellada es muy frecuente, no solo en las personas de edad, sino tambien en las jóvenes; por lo tanto esta apariencia no debe inducirnos á error ni á suponer un principio de catarata, y lo señalamos para que no sea desconocido.

5.º *El cuerpo vítreo* no dá ningun reflejo pero es muy importante el examinarlo bien, bajo el punto de vista de su transparencia, consistencia, corpúsculos ó cristales (colesterina) que pueda accidentalmente contener. Si este humor se altera, y el fondo del ojo aparece opaco, será algunas veces bastante difícil saber exactamente en qué estado se encuentra la retina. El cuerpo vítreo puede hallarse coloreado en rojo ó en oscuro por una hemorragia é impedir la iluminacion de las membranas profundas del ojo.

Ya hemos visto lo que se puede obtener por la iluminacion lateral. Con el oftalmoscopio plano nos será útil y nos permitirá distinguir los corpúsculos flotantes mas ó menos finos y numerosos que dan al enfermo la sensacion de *moscas volantes*. Estos corpúsculos son muy acentuados cuando los enfermos ejecutan movimientos rápidos del ojo en diversos sentidos. La rapidez y estension del movimiento de estos corpúsculos dan una idea de reblandecimiento mas ó menos completo y estendido del humor vítreo.

Entre los pseudoplasmas que se observan en el cuerpo vítreo, debemos señalar, aunque en otro orden de hechos, el cisticerco. La presencia de este entozoario no es raro y la práctica tiene recogido un gran número de observaciones. No obstante el diagnóstico, no es siempre fácil, porque este animácululo está ordinariamente envuelto en masas opacas que le ocultan. Si conseguimos verle le distinguiremos bajo el aspecto de una vesícula blanca ó ligeramente anacarada, de contornos limpios provisto de una abertura muy visible de donde saca por intervalos, el cuello del animal y su cabeza esta provista de chupadores (de Græffe).

Los cuerpos extraños accidentalmente introducidos en el humor vítreo son por lo regular muy visibles, otras veces están envueltos como el cisticerco de masas opacas que afectan formas muy variadas.

Por último, se ha visto un vaso atravesando el vítreo, desde la papila al polo posterior del cristalino, y parece ser un vestigio de la arteria hialoidea que existe en el feto (Scemisch) ú otros vasos de nueva formacion emanado directamente de la retina (Coccius).

§ 11.—DEL FONDO DEL OJO.

El fondo del ojo está constituido por la retina, la coroide y la esclerótica; estas membranas están superpuestas la una á la otra pero no por eso dejan de ser visibles todas tres; están casi en el mismo foco del aparato refringente y juntas reflejan ó absorben cierta cantidad de rayos luminosos, cuya manera de ser influye en la imágen del fondo del ojo en su color y brillantez.

Este color es generalmente rojo, pudiendo ser desde el rosa mas claro hasta el rojo oscuro, mas ó menos grisáceo ó ennegrecido, principalmente en las personas morenas ó que habitan los países cálidos siendo muy variable segun los individuos que examinamos.

Estudiemos separadamente y por orden de justaposición cada una de estas membranas y empecemos por describir una parte que parece pertenecer á una de ellas y exige estudio especial, y es la *papila* del nervio óptico.

1.º DE LA PAPILA.

Se designa con este nombre, muy impropio por cierto, la entrada del nervio óptico en el ojo y se le llama así por haberse creído que este nervio hacia una eminencia y figuraba una *papila*. Bien pronto se reconoció que en vez de ser una expansión del nervio, era una depresión y aun conserva su primitivo nombre como tantos otros en anatomía que están en contradicción formal con los hechos ó los objetos que designan y que se conservan por rutina ó por deferencia á los nombres de célebres autores.

La papila representa un corte trasversal del nervio óptico y muestra las fibras nerviosas por su estremidad con los tabiques de tejido celular que separan los haces y que provienen de la vaina del nervio. Estas fibras nerviosas provistas como las otras de sus tres partes, se encorvan en ángulo recto, perdiendo su neurilema y haciéndose trasparente, forman las capas de fibras de la retina. La papila presenta en el adulto un diámetro de 1^{mm},5 ó 1^{mm},8 y es habitualmente redonda ú oval. La constitución anatómica de la papila, la dirección, la naturaleza de sus fibras nerviosas y la trama celular, son efectos de su transparencia: su espesor y su poca vascularización hacen que refleje mucho la luz y que se presente al oftalmoscopio como una mancha mas ó menos blanca, mas ó menos distinta y de la cual parten los vasos que se ramifican en la retina. La papila normal ofrece una pequeña depresión que se llama *porus opticus* y de la cual emergen los vasos centrales. Esta depresión está situada casi siempre un poco en el interior del centro del disco papilar, pero puede encontrarse sobre un punto cualquiera de la superficie y muy frecuentemente en el centro.

Los límites de esta obra no nos permiten entrar en consideraciones mas estensas sobre este punto que pertenece á la anatomía; no obstante no creemos inútil dar algunos detalles relativamente al aspecto variable que puede presentar la papila al oftalmoscopio, ya en el estado sano, ya en el patológico.

Distínguese en la papila normal (fig. 74) el filete nervioso y las envolturas que la rodean, que son: *a* anillo coroidiano: *b*

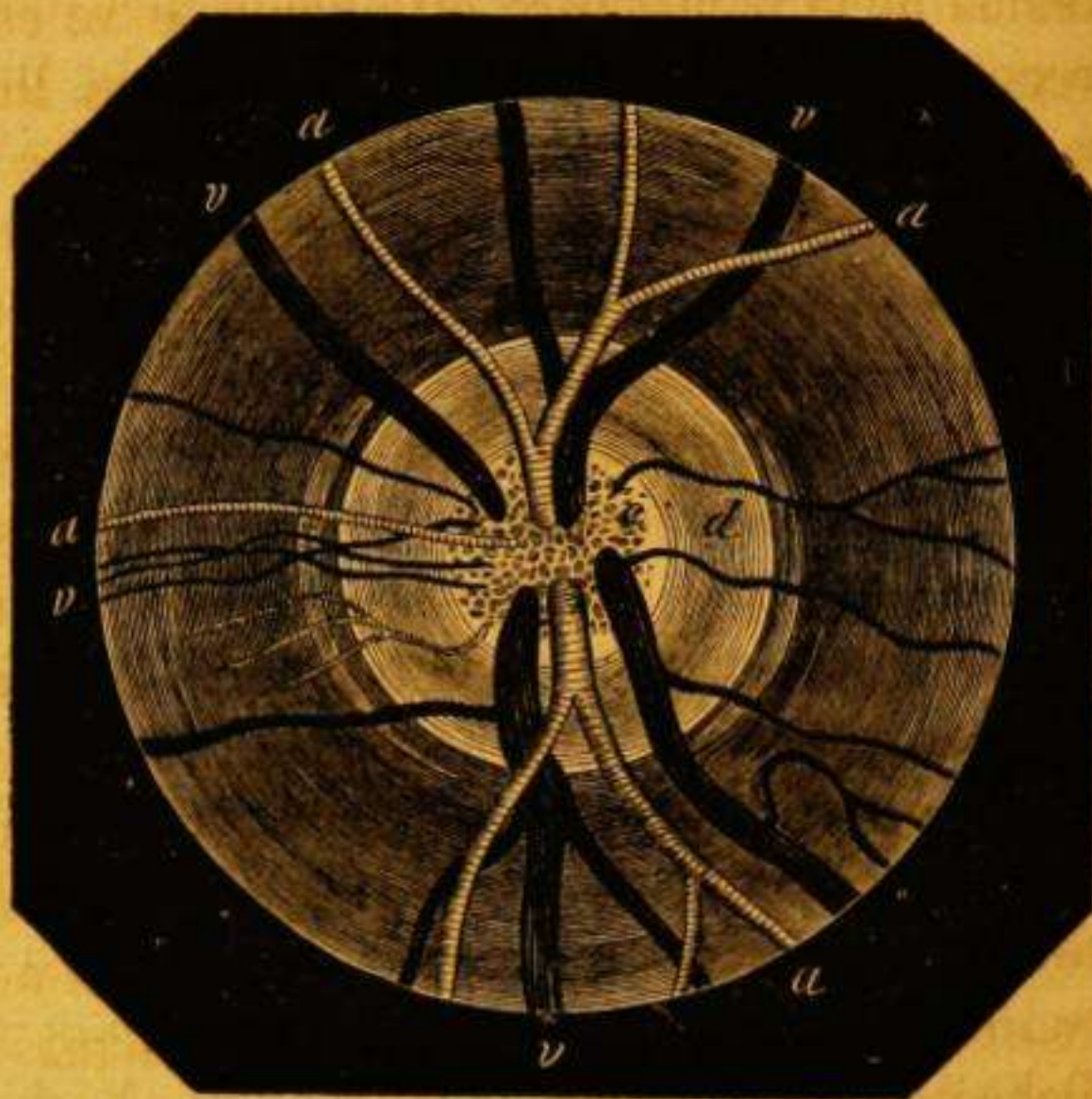


Fig. 74. — Papila normal con sus tres círculos concéntricos *a* arterias: *v* venas: *c* lámina cribada; *d* vaina del nervio óptico.

anillo esclerotical, c límite propio del nervio ó vaina celulosa.

a. El anillo coroidiano está formado por la porcion de la membrana coroidiana que rodea al nervio óptico. Las fibras de este último, son transparentes á su salida del nervio, dejando ver el color rojo de la coroide que como sabemos es estremamente vascular. El círculo coroidiano se hace luego claro y preciso, de un color uniforme siendo mas tarde, por el contrario punteado, grisáceo de un largo desigual y sembrado de mu-

cho pigmento dispuesto en forma de una pequeña media luna que ocupa sobre todo la capa esterna de la papila.

Se presentan casos aunque no escasos en que los filetes nerviosos á su salida del nervio óptico conservan su neurilema hasta cierta distancia y su opacidad dá lugar á una mancha blanca que parece continuar la papila y va desapareciendo poco á poco de una manera irregular. Si todas las fibras del nervio óptico conservasen su neurilema la mancha ocuparia toda la circunferencia de la papila pero esto como se ve es muy raro, por lo regular esto es una parte mas ó menos limitada de estas fibras, ó mejor dicho solo es algunos haces nerviosos los que presentan solo esta particularidad, y por lo tanto, la mancha no ocupa mas que la parte de la retina donde estas se distribuyen, pudiendo haber muchas manchas sobre la retina, regularmente dispuesta y de una estension variable. En una figura no puede representarse sino medianamente estos haces de fibras de doble contorno, ó dar una idea muy aproximada y es necesario haberlo visto en el vivo ó sobre un buen cromo para poderlo reconocer. Las fibras que presentan esta anomalía, se llaman de *doble contorno* en vista de los caractéres que presentan al microscopio. Cuando se ha visto una vez esta disposicion se puede formar una idea bastante clara para no poderla confundir con otra lesion como la atrofía coroidiana ó una retinitis, etc. Debemos advertir que las fibras de doble contorno no disminuye en ninguna manera la agudeza visual.

b. El anillo esclerotical está situado inmediatamente despues del círculo coroidiano y no aparece con claridad sino cuando la coroide se halla desprovista suficientemente de pigmento en la proximidad de la papila, y aun es necesario para percibirlo variar la iluminacion y concentrar la luz y fijar la atencion sobre el punto observado. Para este exámen el mejor instrumento es el oftalmoscopio plano de Coccius, provisto ó no de lente convexa.

c. El límite propio ó vaina celular del nervio óptico está muy poco marcado y solo se percibe con el uso de la iluminacion

simple bajo el aspecto de un contorno fino contiguo al círculo coroidiano ó muy próximo á su parte interna, un poco grisáceo perdiéndose insensiblemente hácia el centro de la papila. En el estado normal es poco visible pero se evidencia mucho en algunas afecciones del nervio óptico, como en la atrofia, etc. En este caso es posible distinguir sobre la papila una especie de ramo formado por el tejido celular perifascicular que se llama *lámina cribada* por ser estas aberturas, por donde salen los haces nerviosos del nervio óptico.

Hemos dicho mas arriba que los anatómicos modernos consideran la papila como una depresion porque la estudian en conjunto y de una manera general, pero si la estudiamos en detalles, veremos que la parte central de donde parten los vasos está mas profundamente escavada que el resto y tiene la forma de un pequeño infundibulum. La arteria central puede dividirse dicotómicamente á cierta profundidad en el nervio óptico y las dos ramas salen unidas del fondo del *porus ópticus* serpenteando contra sus paredes dirigiéndose una arriba y otra abajo. Pero á menudo la arteria central sale del infundibulum y no opera su division sino algo despues y lo mismo acontece con la vena. Estos vasos son muy dificiles de distinguir el uno del otro en el infundibulum por verse en la direccion del eje y casi ofrecen el mismo aspecto, pero á su salida presentan caracteres especiales que permiten distinguirlos bien; la vena es voluminosa, de una coloracion oscura y un poco flexuosa y de coloracion uniforme; la arteria ofrece caracteres contrarios es mas delgada, mas clara, casi rectilínea y presenta un doble contorno por lo regular muy marcado y que está formado por el espesor de la pared.

Entre el *porus ópticus* y el borde de la papila existe constantemente una especie de reborde saliente formado de fibras nerviosas, teniendo en cuenta que el *porus ópticus* y el borde de la papila están al mismo nivel, este reborde ocupa un plano un poco anterior. Resulta de este hecho que no se verá con la

misma claridad y al mismo tiempo estas dos partes porque la imágen de la una estará por delante de la otra. Es preciso decir no obstante, que estas teorías no se justifican en la práctica sino cuando la diferencia de nivel es muy marcado, lo que es muy raro al menos para la parte que nos ocupa en este momento, pero la diferencia del nivel de la papila con la retina, es muy evidente en la escavacion total glaucomatosa por hallarse toda la papila escavada profundamente.

2.º DE LA RETINA.

La retina es una membrana perfectamente trasparente é incolora en el estado normal. No obstante, en estos últimos tiempos un médico italiano, el Dr. Boll, de Roma, ha llamado la atención de los fisiólogos sobre un tinte rosáceo que presenta la cara anterior de esta membrana en el estado normal y que llama *púrpura retiniana*. Esta coloracion, indicada ya hace algun tiempo por otros autores, es debida indudablemente á la presencia de vasos capilares que se encuentran despues de la muerte, y pasaban sin importancia, pero hoy gracias á los trabajos de Boll y de Kuhn, se ha procurado fijar esta materia colorante en las piezas endurecidas y aun en las desecadas.

La naturaleza de esta obra no nos permite entrar á discutir sobre la fisiología de la púrpura retiniana. Las numerosas experiencias hechas de un año á esta parte, llevadas á cabo por los dos fisiólogos, han demostrado que la materia colorante de la retina posee una propiedad particular y es su reproduccion constante en la oscuridad y la de destruirse ó descomponerse bajo la influencia de la luz solar á la manera de placas daguerreotípicas. La retina conserva la imágen de los objetos luminosos que vienen á impresionarla, pero despues de la muerte del animal, puede examinarse muy fácilmente con una lente el ojo endurecido, por medio de una mezcla compuesta de cinco partes de alumbre, por 100 de agua destilada.

En 1867 nos vino de América una historia que apoya el fenómeno que acabamos de indicar. Se trataba de un hombre asesinado; sobre todo en la retina de este se encontró, según dicen, la imagen del asesino, imagen bastante clara y parecida para poderlo conocer.

Esto no es nuevo, pues observaciones de este género se publican diariamente: sobre todo observadas en los ojos de los bueyes sacrificados en los mataderos, en los cuales se vé momento despues en su retina retratada, las imágenes de las ventanas del establecimiento próximas al lugar del sacrificio. Que la historia americana sea verdadera ó falsa, siempre la impresion persistente de las imágenes de los objetos exteriores sobre la retina ha sido ya señalada, y por lo tanto, la voz de alerta está dada; así que lo que hace diez años era una ficcion inverosímil se encuentra hoy científicamente demostrada. (1)

Lo mismo acontece para las placas daguerreotípicas, los rayos rojos, amarillos y azules no tienen ninguna accion, mientras que el violeta y ultra-violeta del espectro, que se encuentran como se sabe los rayos químicos tienen una accion de descomposicion muy rápida.

A propósito del exámen oftalmoscópico hemos dicho que con a luz natural el fondo del ojo parece descolorido y que esto depende de que la luz solar contiene muchos menos rayos amarillos que la luz artificial. Independientemente de esto, es muy probable que la accion de descomposicion de la luz obra desde luego sobre la misma púrpura retiniana; esta destruccion hace aparecer á la retina mas pálida que con la luz artificial.

La mayor parte de los animales domésticos que hemos exa-

(1) Por nuestra parte no creemos mas la historia americana que la de bueyes sacrificados en los mataderos, y cualquiera que haya ensayado el reproducir la experiencia, terminará por opinar como nosotros. Es necesario para ello guardar precauciones para obtener una imagen visible sobre la retina ó un optógramo como le llaman hoy y mas aun para distinguirlo y conocerlo (véase para este asunto *Annales d'Oculistique Année, 1877 — 1878*).

minado á la iluminacion artificial, ofrecen una coloracion de la retina, á veces muy bella y muy clara. La retina del gato en particular presenta una magnífica coloracion violeta ó cargada de pintas en partes parecidas á un tapíz. La mayor parte de los pájaros y otros animales tienen igualmente la retina diversamente coloreada y esta particularidad es conocida hace tiempo.

Cualquiera que sea el oftalmoscopio, la retina sana es invisible, al menos no se traduce su presencia sino por sus vasos ó un ligero reflejo grisáceo, y esto solo en los ojos ricos en pigmento, como son los de las personas morenas ó los que habitan los países cálidos. Si por el contrario la coroide es poco pigmentosa la retina no se traduce mas que por sus vasos que se presentan muy rojos y muy claros. Hemos ya hablado de esta anomalía en la cual las fibras nerviosas conservan su neurilema y forman manchas brillantes irregulares ó triangulares, cuya base se encuentra hácia la papila. Para las alteraciones de esta membrana, recomendamos el estudio de las obras de patología.

Hay en la retina una region verdaderamente importante que se llama *macula lutea* y que está situada á la estremidad del eje antero posterior del ojo á 4 milímetros del disco del nervio óptico, aquella tiene un diámetro un poco mayor que el de la papila, y es de 2 milímetros, redonda ó un poco oval, presentando en su centro una lijera depresion en forma de canal. En este punto la retina se adelgazará, reduciéndose á su capa esterna (?) y no contiene mas que conos, lo que hizo creer á los antiguos que se hallaba perforada en este centro y que no debia servir para la vision toda vez que se consideró este punto el lugar mas perfecto de la vision; así que á la coroide en este punto es á la que se le atribuya esta funcion. La macula es casi siempre difícil de ver, sino presenta alteraciones y si la pupila no está ámpliamente dilatada, toda vez que su coloracion se confunde con el del resto del fondo del ojo. No obstan-

te, con cierto hábito se llega inmediatamente á determinar el lugar, tomando como punto de partida la papila y haciendo mirar al enfermo hácia el ojo del observador. Entonces se percibe un espacio completamente desprovisto de vasos retinianos, lijeramente oscuros y escalonados algunas veces de un pequeño círculo brillante y amarillento: y esta es la macula.

3.º LA COROIDE.

La coroide, membrana estremadamente vascular, dá al fondo del ojo su coloracion roja, color que es mas ó menos oscuro, segun que esta membrana esté mas ó menos cargada de pigmento. La coloracion puede variar desde el rosa pálido al rojo vivo. Por lo regular siempre se observa un tinte uniforme pero algunas veces y sobre todo en la periferia, se observa como una especie de mosaicos irregulares cuyos bordes están formados por vasos coroidianos y en cuyo centro encierran masas de pigmento irregularmente distribuidas. Los vasos de la coroide se distinguen de los de la retina, en que son mas profundos que estos, menos claros y carecen de doble contorno.

Son tambien mas justos, mas tortuosos; mas ricos en anastómosis y mas abundantes que los vasos de la retina sobre todo hácia el ecuador del ojo. La coroide puede ser asiento de un determinado número de lesiones que la práctica nos enseñará á reconocer.

4.º LA ESCLERÓTICA.

La esclerótica en nada se parece á la coroide: está completamente desnuda como aparece en los casos de estafilomas posteriores ó de atrofía coroidiana diseminada. Esta membrana presenta al observador un reflejo blanco nacar de aspecto tendinoso, cuya brillantez y claridad no tienen parecido con el resto de las imágenes del fondo del ojo y permiten distinguirla

fácilmente. Para darse una idea muy clara, bastará examinar el estafiloma que presentan siempre los miopes. *Observaciones.* A propósito del exámen de la papila hemos dicho que no se puede en ciertos casos, marcar los límites, con las partes circunvecinas y que esta escavacion tanto puede ser fisiológica como patológica. Sin embargo, el exámen ordinario y sobre todo por medio del oftalmoscopio binocular, puede segun el aspecto de los vasos, hacer un diagnóstico exacto; pero hay un medio fácil y á la vez muy exacto, que consiste simplemente en separar lateralmente y de una manera muy ligera la lente biconvexa cuando hacemos el exámen de la imagen invertida. Estos movimientos que se llaman *paralácticos* pueden ser ejecutados en cualquier sentido, pero siguiendo siempre el paralelaje, es decir, perpendicularmente al eje de la lente y nunca de delante atrás ó de atrás adelante. En este movimiento se verán las partes situadas en los niveles diferentes, moviéndose tambien con una velocidad y una estension diferente.

Tales son en resúmen las nociones mas indicadas para empezar el estudio del oftalmoscopio y sacar de este maravilloso medio de exploracion la mayor ventaja posible. Mucho mas hubiésemos podido decir, pero ampliaríamos los límites de esta obra, esponiéndonos tal vez á no ser comprendidos para los que empiezan estos estudios y que mas adelante, con mas conocimientos y un poco de práctica, pueden estudiar mejor las obras completas que tratan esta materia, escritas por hombres que honran á la ciencia y su opinion son verdaderas autoridades.

§ 12.—DEL OJO ARTIFICIAL.

Como siempre no tenemos á nuestra disposicion individuos que examinar al oftalmoscopio, se ha imaginado un medio bien ingenioso que lo supla: este es el empleo del ojo ortificial del que nos vamos á ocupar; con él tambien podemos examinar

todos los ojos de animales de que podemos disponer. Para estos ejercicios se requiere alguna práctica del instrumento que facilita mucho, para despues obrar en al hombre. Un medio ingenioso ó que reportará utilidad es el de servirse de ojos frescos de animales á los cuales se le inyecta la arteria central de la retina de la misma manera que se hace para el estudio de las arterias en general, colocándolos en agua fresca si no hemos de utilizarlos enseguida.



Fig. 75.—Oftalmofántoma.

Para examinar los ojos así preparados, es necesario montarlos sobre el oftalmofántoma (fig. 75) instrumento que se emplea igualmente con ventaja para ejercitarse á las operaciones que se practican en los ojos, y para sostener el ojo artificial de Mr. Perrin que es del que nos vamos á ocupar.

El ojo artificial, el mas conocido y uno de los mejores, es el de Mr. Perrin, que representa la fig. 76. Está formado de una esfera de cobre á la cual sobresale un segmento en lós dos polos opuestos. El segmento posterior lleva en su interior un dibujo figurando la retina del ojo normal y puede reemplazarse sucesivamente por una docena de otros, que representa cada una el dibujo de una afeccion diferente del fondo del ojo. Un simple resorte le mantiene en contacto con la esfera que reemplaza la envoltura ocular: C representa una de estas piezas aisladas.

El segmento anterior está reemplazado por una lente bi-con-

vexa figurando el cristalino y engastada en un pequeño tubo que se atornilla en la esfera y permite colocar el foco principal posterior de la lente, ya sobre el fondo del ojo de manera de obtener el ojo emmetrope, ó ya delante de la imágen que representa la retina que no atornillando el tubo mas que incompletamente dá un ojo mas ó menos miope. Esta lente B de la figura puede ser reemplazada por otra de un radio de curvatura un poco mayor, de modo que el foco se forme mas lejos del ojo, lo que dá un ojo hipermetrope, ó por una tercera lente con tal que una de sus caras sea cilíndrica, y simule el ojo astigmático. Un diafragma A mas ó menos grande reemplaza al iris. Este ojo está montado sobre un pié y puede elevarse á voluntad por medio del tubo D. La articulacion E sirve para inclinar el ojo en todos sentidos, por último una pantalla opaca F interpuesta entre el ojo y la lámpara de iluminacion.

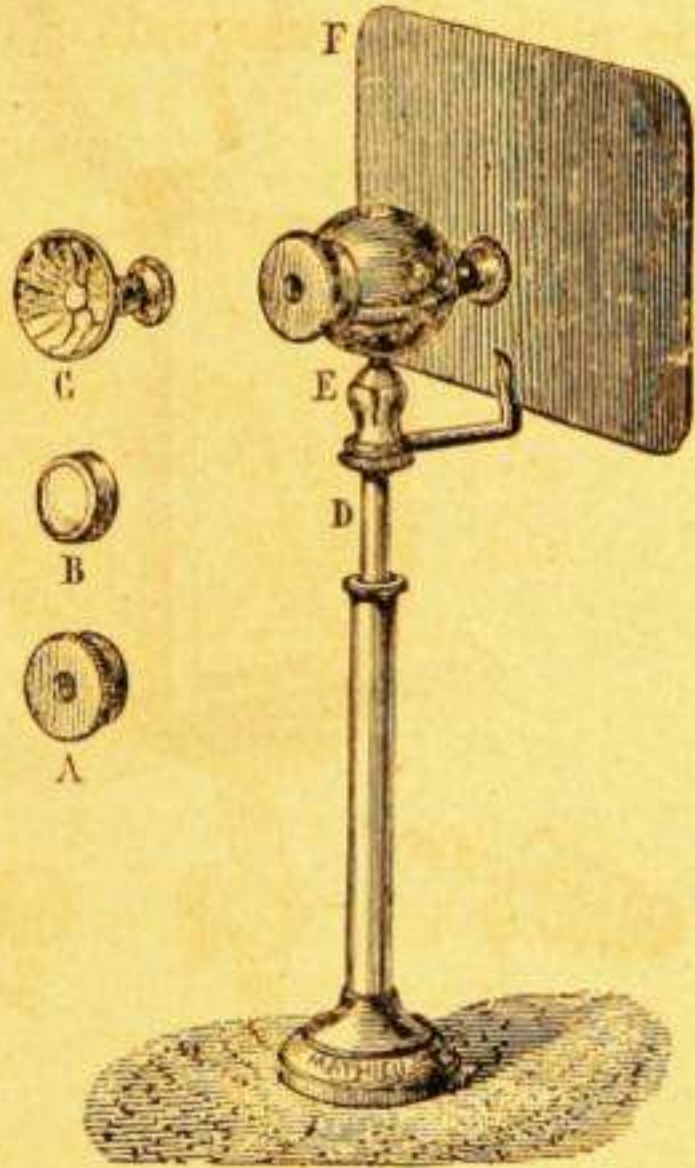


Fig. 76.--Ojo artificial de Mr. Perrin.

El exámen oftalmoscópico se hace de la misma manera que en el vivo, pudiendo observarse la imágen recta como la invertida y aprender á someter su acomodacion para poderse servir bien del oftalmoscopio de refraccion. Para notar bien la diferencia de imágen recta ó invertida, dimensiones y posicion, basta colocar en el fondo rojo del ojo un triángulo pequeño de papel blanco con el vértice dirigido arriba ó abajo para que nos sirva de guia en el exámen de las imágenes.

La única objecion que hemos hecho á todos los ojos artificiales que hemos visto, es la de dar las imágenes retinianas

muy grandes, pues con frecuencia la papila sola ó una parte solamente de esta es la que únicamente forma la imágen oftalmoscópica é impide á los principiantes darse una idea aproxi-

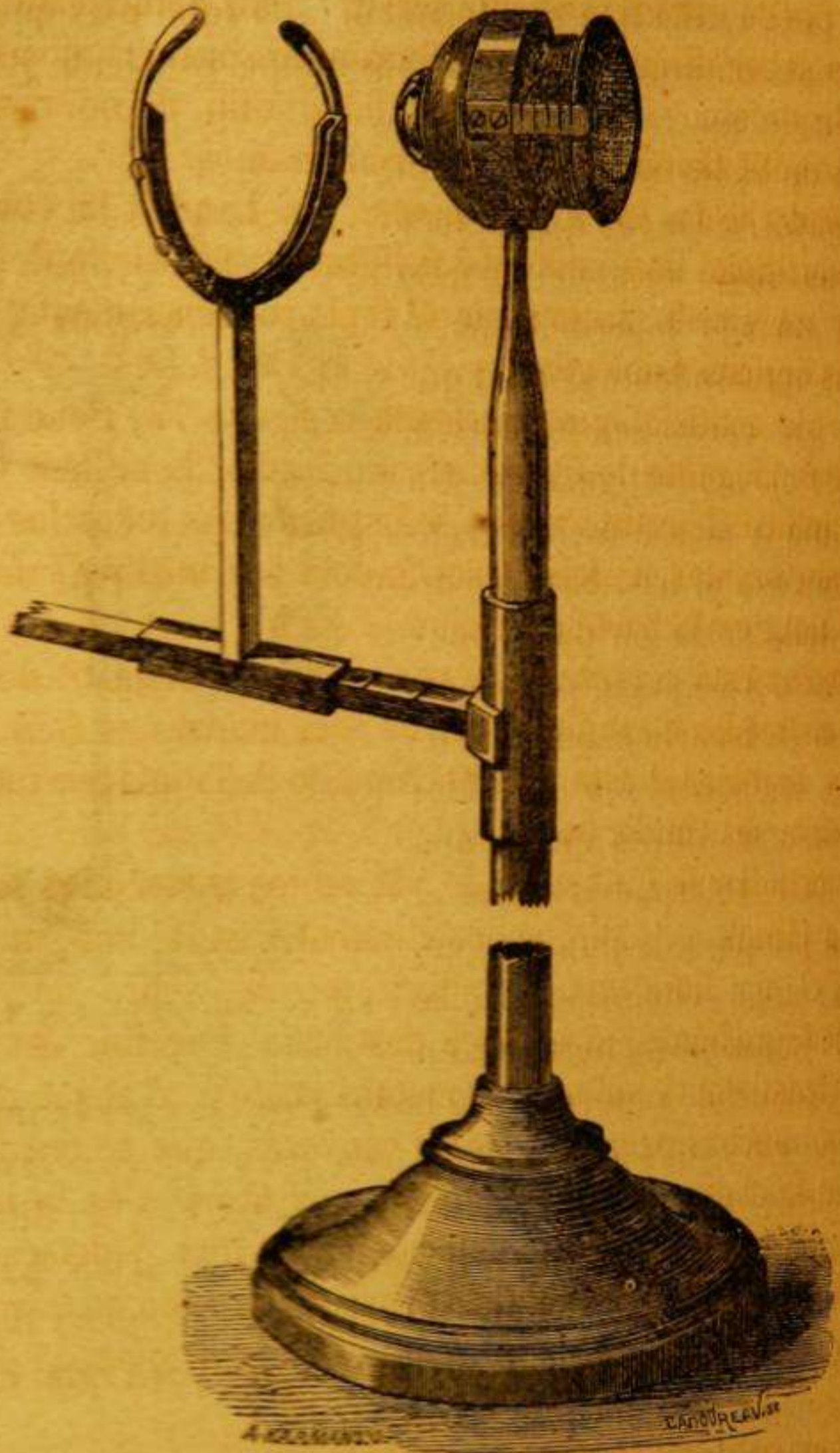


Fig. 77.—Ojo artificial de Mr. Landolt.

mada de la retina y de examinar los vasos en una gran estension. Es verdad que el ojo vivo presenta una refraccion mucho mas perfecta que el ojo artificial y que no es posible imitar, sino de una manera muy imperfecta. A pesar de todo el ojo artificial puede dar un escelente servicio á los principiantes y permitirles saber dirigir los rayos luminosos hácia el ojo, manejar el oftalmoscopio con cierta habilidad á fin de no cansar por largo é inútil tiempo el ojo que examinamos.

Apoyado en las ideas de Donders, Mr. Landolt ha construido un ojo artificial destinado y á facilitar á permitir la demostracion; y sobre todo á asegurar el registro experimental de los cálculos ópticos fisiológicos.

Este ojo artificial que representa la figura 77, tiene una superficie refringente de 5 milímetros de radio. Está lleno de agua ($\frac{4}{3}$ de índice de refraccion) y se le puede dar todos los grados de refraccion alargándolo ó acortándolo por medio de un tornillo que lleva en la parte posterior.

La retina está representada por un cristal deslustrado y graduado en medio de milímetros. De esta manera es fácil de observar y apreciar exactamente el tamaño de la imágen retiniana en las diversas condiciones del ojo.

Para estudiar la influencia de las lentes correctoras sobre la agudeza visual, es decir, sobre el tamaño de las imágenes retinianas, el ojo lleva una armadura movable sobre un vástago horizontal graduado, armadura destinada á recibir las lentes correctrices, que á voluntad podemos acercar ó alejar del ojo.

Una ó muchas pequeñas lentes convexas, que se puedan introducir en el ojo, permiten comparar el tamaño de la imágen retiniana, el estado de acomodacion para una y determinada distancia, cuando esté el ojo desprovisto de acomodacion, pero adaptado por medio de una lente convexa colocada delante de él.

Este ojo artificial puede igualmente servir para el exámen oftalmoscópico fijando desde luego sobre el cristal deslustrado

en un lado solo, en el esterno que forma el fondo del ojo, se colocan pequeñas imágenes pintadas sobre papel, representando los diversos estados del fondo del ojo normal y patológico. Si estas imágenes están pintadas sobre cristal ó papel transparente, puede iluminarse por detrás y pasarse al oftalmoscopio. La imagen puede ser recibida sobre una pantalla en ciertos estados de refraccion del ojo.

Este ojo artificial, al cual su autor ha adicionado últimamente algunas modificaciones, posee sobre los otros contruidos hasta el dia superiores ventajas. Reune, casi las condiciones del ojo vivo, porque los rayos luminosos siguiendo su camino en el segundo medio hasta la retina, no atraviesan ya solamente una lente convexa colocada en el aire.

Por esto, las imágenes que se observan sobre el fondo del ojo artificial, se acercarán á las que producen los mismos objetos sobre nuestro propio ojo, porque así la imagen oftalmoscópica del ojo artificial dá una ampliacion bastante análoga á la que dá el fondo del ojo humano, pudiendo servirse sin exigir cálculos á la solucion aproximada de las cuestiones relativas á la refraccion del ojo, sirviendo al mismo tiempo para los ejercicios oftalmoscópicos. Por último, su precio no es muy elevado con relacion al ojo de Mr. Perrin de que ya hemos hablado.

LIBRO III.

ACOMODACION.

CAPÍTULO PRIMERO.

§ 1.—DE LAS CONDICIONES DE LA VISION DISTINTA.

El acto de la vision se efectúa por medio de cuatro órganos dependientes del mismo aparato y que puede dividirse de la manera siguiente: *a*, órgano de *conduccion*; *b*, órgano de *repcion*; *c*, órgano de *trasmision*; *d*, órgano de *percepcion*. Para el primero comprende los medios transparentes del ojo, atravesados por la luz; para el segundo, la membrana sensible donde se forma la imágen de los objetos exteriores; para el tercero, el cordon nervioso que conduce la impresion de esta imágen: y para el cuarto, el órgano central que la percibe, la interpreta y la exterioriza.

El funcionamiento regular de todas estas partes, es necesario é indispensable y toda alteracion en la vision deben necesariamente relacionarse con la falta de armonía en la funcion de uno ó de muchos de estos órganos, que le está encomendado. Si no se forma imágen ó que esta imágen sea mas ó menos velada, podremos suponer que depende esto de opacidades de una cantidad cualquiera de los medios transparentes. Si la imágen está deforme ó no se dibuja en el lugar deseado, es decir, sobre la capa de los conos y de los bastoncillos de la retina, ya por delante, ya por detrás de esta membrana, supondremos

entonces que esto depende de una anomalía ó de una alteracion de la refraccion ó de la acomodacion; por último, si la imágen que se forma claramente en la retina no se percibe por el sensorium, será debido á lo que llamamos una *ambliopia* cuya causa puede ser de origen central ó periférico.

Hemos visto como por medio del oftalmoscopio y de la iluminacion oblicua, es posible darse cuenta del estado anatómico de las partes y sobre el poder refringente de los medios. Este instrumento bien manejado llegará en rigor á reemplazar todos los otros medios de exploracion. No obstante, como muchísimos de estos medios son de un empleo mas fácil nãpe na exactitud mas rigurosa, conviene siempre el usarlos para comprobar los resultados oftalmoscópicos.

Algunas veces nos vemos obligados á hacer el diagnóstico por *esclusion* en ciertos casos de ambliopías tóxicas, por ejemplo, cuando todos los medios de exploracion no son suficientes á revelar la existencia de ninguna lesion aparente y que la supresion de la causa ocasional produce la curacion ó la mejoría de la vision. Ocuparémonos en esta parte de la acomodacion y sus anomalías.

§ 2.—EXISTENCIA DE LA ACOMODACION.

Ya hemos visto en otro lugar de esta obra, que la reunion de los medios refringentes del ojo, pueden asimilarse á una lente convergente, en que el foco posterior se halla sobre la retina y el centro óptico en el cristalino todo lo mas cerca de la cara posterior. Un aparato dióptico parecido servirá perfectamente para ver los objetos alejados, pero será importante para reunir sobre la retina los rayos divergentes emanados de los objetos próximos si no poseen la facultad de *adaptarse* ó de *acomodarse* para las diversas distancias de nuestras necesidades diarias. Sábese que una vision normal distingue perfectamente los objetos de cierto volúmen muy lejos y los objetos

muy pequeños que están muy cercanos, pero que no pueden ver claramente á la vez los unos y los otros. Es necesario para ello que se opere en el ojo un cambio mecánico, toda vez que las leyes físicas son inmutables; cambio que permita al cristalino adaptarse adelante para que su foco posterior permanezca sobre la retina cuando los rayos son divergentes ó que obligan á la retina á retroceder ó aproximarse al cristalino, ó por último, permanecer inmóvil, lo que aumentará la potencia refringente de los medios, disminuyendo su radio de curvatura. Cada una de estas tres hipótesis pueden conducir á la solución del problema, como cada una también tiene sus partidarios, y según Képler, que fué el primero en provocar la discusión é intentó resolverla hasta nuestros días los físicos y fisiólogos más eminentes con sus investigaciones y estudios han emitido opiniones diversas en pro de cada teoría. No haremos aquí la historia, de estas discusiones y solo nos limitaremos á dar á conocer las que se consideran falsas y que se hallan plenamente demostradas. Está suficientemente demostrado que el cambio que experimenta el aparato dióptrico en la acomodación consiste en una *alteración de la forma del cristalino, y sobre todo de su cara anterior que se hace más convexa y se aproxima á la córnea.*

En 1805 Thomas Young excluyendo otras hipótesis, había admitido que las fibras cristalinas se contraían y daban á la lente una forma más abombada y por consiguiente un poder refringente superior; pero como no hay en este órgano ni en los adyacentes fibras musculares, hay que poner en duda tal contracción y la opinión de Young no tuvo un gran éxito á pesar de sus numerosas y hábiles experiencias.

Kramer en 1853 dió las conclusiones directas de los cambios de forma que experimentaba el cristalino en la visión de lejos y de cerca, y para la interpretación rigurosamente matemática de un fenómeno conocido después de algún tiempo, pudo demostrar que la opinión de Young era falsa en cuanto á la cues-

tion anatómica pero perfectamente verdadera relativamente al resultado. Helmholtz en su *Óptica fisiológica*, hace justicia al célebre físico inglés, sacando casi del olvido sus ingeniosas experiencias.

Purkinje en 1823 descubrió que un objeto luminoso colocado delante del ojo daba lugar á tres imágenes, de las cuales dos eran derechas y la otra invertida, producidas por reflexion sobre la córnea y las dos caras del cristalino, obrando las dos primeras como espejos convexos y la segunda como espejo cóncavo. Mas tarde, en 1837, Sanson habia dado á estas imágenes una gran importancia haciéndolas como signos para el diagnóstico de la catarata. Maximiliano Langenbek fué el primero en 1849 ideó aplicar el exámen de las imágenes reflejadas á la solución del problema de la acomodacion, solamente que sus experiencias no se hicieron en buenas condiciones, porque se examinaba la imagen sin ningun instrumento y bajo un ángulo desfavorable y habia de ser muy difícil asegurarse por un exámen tan imperfecto en una firme conviccion. No obstante anunció el hecho mas esencial que es, *que durante la acomodacion* para los objetos cercanos, la cara anterior del cristalino se hace mas convexa. Muchos años despues Donder repitió las experiencias de Langenbek, pero no obtuvo nada satisfactorio, atribuyéndolo á lo imperfecto de los instrumentos y á su falta de precision.

Durante este tiempo Kramer habia ya puesto en práctica estas ideas habiendo llegado á obtener resultados tan precisos y tan demostrados que en poco tiempo su opinion fué universalmente adoptada.

El aparato del cual se sirvió (fig. 78) era de un pequeño microscopio dando una pequeña ampliacion y fijo horizontalmente sobre un círculo graduado igualmente horizontal. La fuente de iluminacion estaba colocada lateralmente de manera de poder enviar rayos luminosos cuando el círculo graduado indicase exactamente la direccion.

Para repetir esta experiencia con las mejores condiciones de

éxito, necesitase colocar el radio del círculo graduado, que pasa por el 0° en el eje del radio visual y disponer sobre esta misma línea, dos ó mas puntos de fijacion de los cuales uno muy lejano, y el otro muy próximo del ojo del individuo observado.

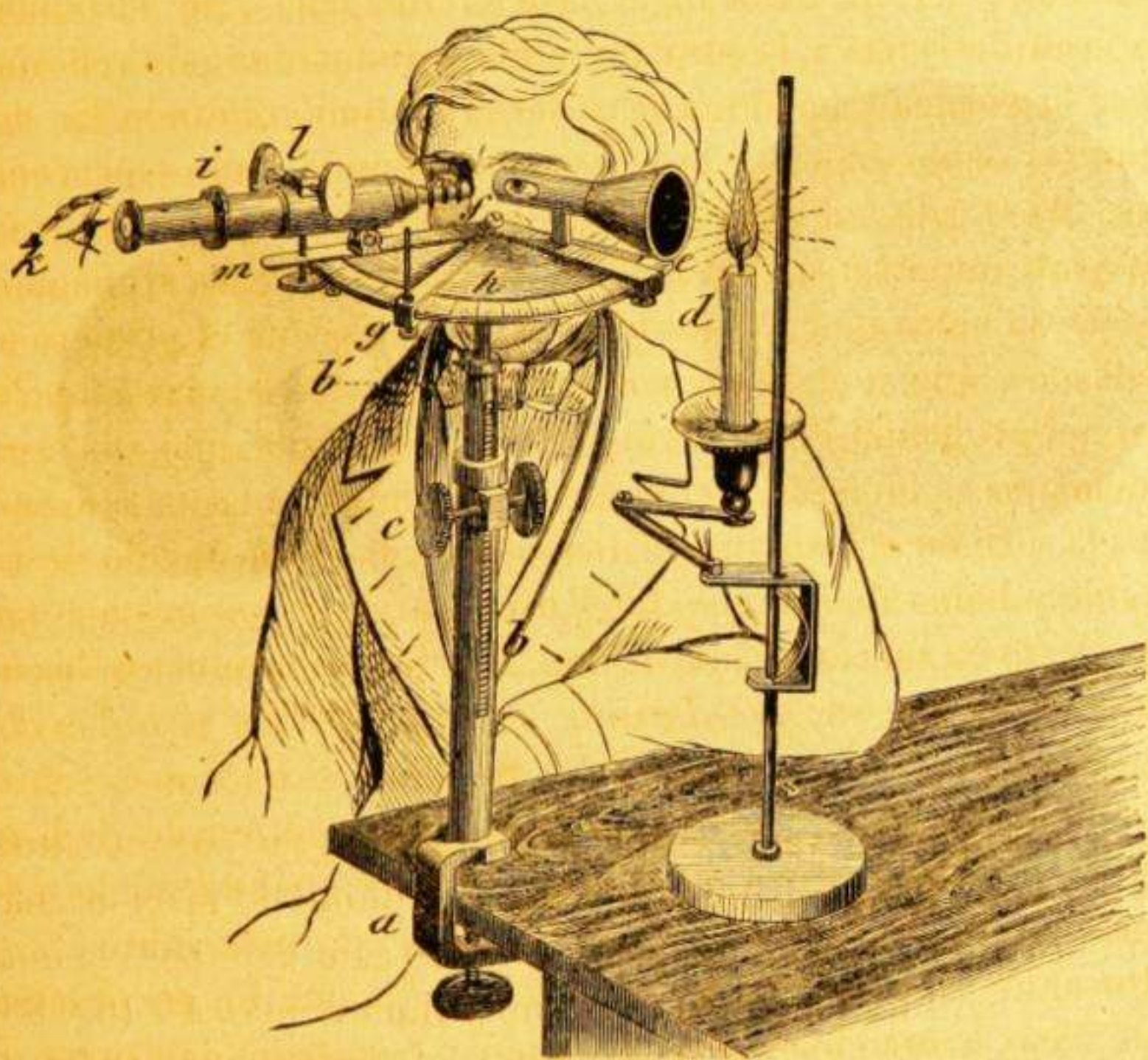


Fig. 78.—Aparato de Kramer para demostrar el cambio de forma del cristalino durante la acomodacion.

Esto así dispuesto, se coloca el foco luminoso y el microscopio de manera á que el cambio de este objeto forme con el radio visual un ángulo de 30° . Si lo examinamos entonces veremos distintamente tres imágenes de la llama de distintos tamaños, dos rectas y una invertida (fig. 79) situadas en la misma línea horizontal. Si el individuo se fija á lo lejos, las tres imágenes tienen casi la misma distancia la una de la otra (fig. 79): *c* es

ia imagen reflejada por la córnea: *a* imagen reflejada por la cara anterior del cristalino, un poco mayor que la primera por ser esta superficie menos convexa: *k* imagen real reflejada por la cara posterior cóncava del cristalino ó si se quiere por la superficie anterior del cuerpo vítreo. De estas tres imágenes, la



Fig. 79.—Imágenes formadas por la córnea y el cristalino durante el estado de reposo del ojo.



Fig. 80.—Las mismas imágenes que la figura anterior, pero durante la acomodación para un objeto cercano.

primera está mucho más visible, las otras dos son poco acentuadas. Si entre tanto el individuo mira el punto de fijación colocado próximo á él, las imágenes *c* y *k* no cambian, pero la imagen *a* se hará más pequeña y se aproximará más á *c* (fig. 80). Es evidente que la cara anterior del cristalino que ha producido esta imagen se haya hecho más convexa y se aproxime más á la córnea.

El siguiente grabado, atribuido á Donders, dá muy bien cuenta del fenómeno y representa un corte horizontal imaginario del ojo sometido á la experiencia anterior. Supongamos que *L*, sea el cristalino de este ojo acomodado para la visión lejana; *C* la córnea; *Y*, un punto luminoso, *E* el ojo del observador ó microscopio del aparato Kramer.

El punto de fijación estará exactamente entre estos dos pun-

tos, el infinito sobre la prolongacion de la línea punteada que indica la direccion de la línea visual. Dirijamos un plano de proyeccion ideal *S* perpendicular á la línea de vision y sobre el cual el ojo *E* relacionará las tres imágenes de la llama *Y*. Es

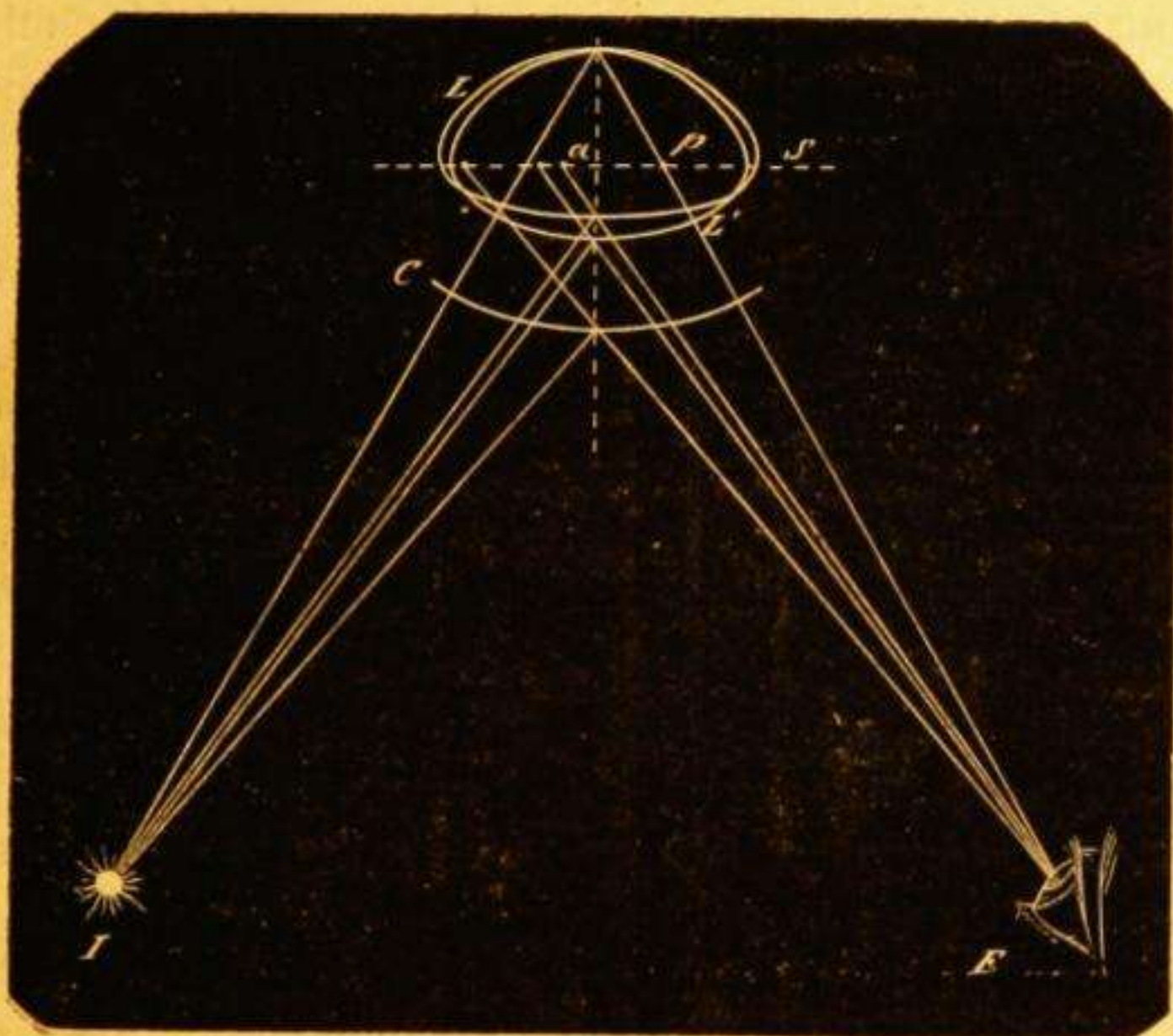


Fig. 81.—Figura esquemática de Ponders para explicar el cambio de la imagen producida por la superficie anterior del cristalino.

evidente que la imagen córnea parecerá en el punto *c* sobre la prolongacion del rayo reflejado por la córnea, la imagen dada por la cara anterior del cristalino aparecerá en *a* y por último la imagen dada por la cara posterior del cristalino ó anterior de humor vítreo aparecerá en *p*.

La posicion de estas tres imágenes corresponden á *c*, *a*, *k* de la figura 79. Si manteniendo el ojo fijo en un objeto muy próximo, la imagen córnea y la dada por la cara posterior del cristalino, no cambia de lugar, ni de dimension, pero la imagen media *a* se hace mas pequeña y se acerca mas á *c*. Es neces-

rio para esto que la cara anterior del cristalino sea mas convexa y tome la forma indicada por la línea L' . En estas condiciones, la figura esquemática 81, indica la direccion del nuevo rayo reflejado el que viene á proyectarse en a' sobre el plano S . Conocemos ya la demostracion de la figura 80, la imágen a' es tanto mas pequeña y mas próxima de c , cuanto el punto de fijacion está mas cerca. En la práctica para ver estas imágenes es necesario cuidar de dilatar la papila pero sin producir la parálisis de la acomodacion. (1)

Helmholtz con el auxilio de su oftalmómetro ha comprobado un cambio de $\frac{1}{1000}$ de milímetro en el radio de curvatura, habiendo calculado con gran precision el tamaño de la imágen reflejada por la superficie ocular obrando como espejo. Este experimentador ha observado que durante la acomodacion mas enérgica, el arco del radio de curvatura de la cara anterior del cristalino tiene por término medio de 3 á $3\frac{1}{2}$ milímetros y su proyeccion por delante, es decir el aumento de espesor, de $0^{mm},36$ á $0^{mm},44$. Por su parte Knapp ha probado por el cálculo que los cambios de forma que experimenta el cristalino son poco suficientes para darse cuenta de la amplitud de acomodacion en las diversas distancias.

§ 3.—DEL MECANISMO DE LA ACOMODACION.

Acabamos de ver que durante la acomodacion para los objetos próximos, el cristalino sufre una deformacion. Teniendo por lo tanto un movimiento de producto, pero si hay movimiento es preciso necesariamente que las fibras musculares que son las solas, den contractilidad. Seria muy estenso, y al mis-

(1) Es muy fácil producir artificialmente el fenómeno de las imágenes de Purkinje basta con colocar un cristal de reloj delante de una lente biconvexa y de manera que esta cara cóncava mire aquella, así que si colocamos una bujía delante de este sistema veremos claramente las tres imágenes.

mo tiempo inútil, enumerar con este objeto todas las opiniones que en el trascurso del tiempo se han dado por mas que hoy la cuestion del problema no está completamente resuelto, si bien por exclusion se han venido á reducir todas las hipótesis á una sola que es universalmente admitida, que es la contraccion del *músculo ciliar*. Antes que la histología demostrara en este órgano como en el iris la presencia de las fibras musculares lisas se habia admitido como causa eficiente la contraccion de los músculos motores del globo ocular, y sobre todo de los rectos internos, la dilatacion de los procesos ciliares etc. Pero la patología ha venido á invalidar estos resultados anatómicos dados por la hipótesis y reducir estas opiniones á la nada, por haberse observado en casos de parálisis completa de los músculos rectos ó de ausencia de estos músculos, la conservacion intacta de la acomodacion, pero lo contrario se ve con frecuencia.

Generalmente á la parálisis completa ó incompleta del nervio motor ocular comun acompañaase una parálisis mas ó menos completa de la acomodacion de ahí la comunicacion de origen de los nervios ciliares.

En el estado de reposo del ojo normal se acomoda para el infinito; este estado de relajacion de toda contraccion muscular, es el que molesta menos; la atropina, paralizando la acomodacion coloca el ojo en un estado que corresponde á la vision de lejos, es decir, en reposo. No hay ejemplo de parálisis que haya producido efecto de acomodacion y haya acercado el *punctum proximum* lo que pueba suficientemente que no hay músculo que sirva á la acomodacion para los objetos alejados ni fuerzas activas que sirvan para esta funcion. ¿Pero cómo esplicarnos que esta fuerza no tenga contra esto, como se observa generalmente para los otros músculos del organismo donde los estensores contravalancean los flexores ó los adductores que son antagonistas de los adductores? Aquí el mecanismo es bien simple y permite esplicarlo por caso parecido, el cristalino contenido en su cápsula posee una gran elasticidad: si una

presion cualquiera le deforma vuelve inmediatamente á su estado primitivo desde que cesa esta presion como si fuese un resorte continuamente colocado pero sumamente débil para obedecer á la menor contraccion del músculo de la acomodacion. Si existiera un órgano activo y voluntario para la vision de los objetos lejanos, es claro que la miopía no existiria ó si existia podria siempre disminuirse por la voluntad del miope. Pero sabemos que no es así y que los individuos que están afectados de esta enfermedad no pueden desgraciadamente á pesar de sus esfuerzos acortar su *punctum remotum*. En ciertas miopías accidentales producidas por un espasmo de acomodacion, la atropina, paralizando esta funcion, lleva bien pronto el ojo á su estado normal.

La accion simultánea de los músculos rectos internos, que acompañan la acomodacion para la vision de los objetos cercanos, consiste en la *convergencia* y no tiene lugar esto último mas que en la vision binocular. En efecto, en este caso, cada uno de los ojos dirige su eje visual hácia el objeto, y lo hace siempre á fin de evitar la diplopia: resulta de esto que si el objeto está colocado recto delante de los dos ojos, deberán converger instintivamente en idéntica proporcion. Colocada así, los dos músculos rectos internos están habituados para obedecer á una misma voluntad y se contraerán de igual manera.

Pero si colocamos el objeto lateralmente y mas próximo al músculo recto interno deberá contraerse para obtener la convergencia de los ejes ópticos, simultáneamente con el músculo recto externo del lado opuesto, porque si nosotros estuviésemos habituados á mirar así, resultaria una perturbacion en la sinergia muscular que nos provocaria casi inmediatamente una gran fatiga y hasta un vértigo. Lo mismo tiene que ser en el sentido oblicuo, arriba ó abajo para lo cual prestan este servicio los seis músculos simultáneamente.

Esta perturbacion en la *sinergia* muscular está fuera de las condiciones habituales y la sola causa de las fatigas son cuando

se prolonga la lectura con un solo ojo, colocando el libro lateralmente arriba ó abajo del lado del ojo cerrado ó del lado opuesto, lo que prueba que no es la contraccion de un solo músculo recto quien ocasiona prontamente la fatiga.

Por otra parte es muy evidente que la acomodacion es independiente de toda contraccion de los músculos extrínsecos del ojo, porque en ciertos casos de parálisis de estos músculos se ha observado permanecer intacta esta funcion. No obstante, en el estado normal todo esfuerzo de acomodacion es acompañado de un grado proporcional de convergencia lo cual puede por lo tanto variar como lo prueba la experiencia siguiente: si colocamos delante de uno de los ojos de un individuo que posee una potencia de acomodacion normal, y que mira algun objeto situado á algunos piés solamente, una lente biconvexa ó biconcava, de no gran potencia, este ojo podrá acomodarse suficientemente para ver el objeto designado tan claramente como antes aunque en este caso no tendria modificacion en la convergencia de los ejes ópticos.

Inversamente, si colocamos delante de un ojo normal mirando á un objeto situado á algunos piés, un prisma débil con la base vuelta á fuera, habrá desviacion de los rayos luminosos del lado de la base del prisma, las imágenes no se formarán ya sobre los puntos idénticos de la retina en cada uno de los ojos y se producirá la dipopia; pero bien pronto el ojo que se ha sometido á la accion del prisma, se desviará hácia fuera á fin de ver distintamente el objeto. Esta desviacion solo es para corregir la dipopia, por lo demás la acomodacion permanece lo mismo. Es necesario decir, no obstante, que esta independencia es siempre bastante limitada y no se manifiesta sino raramente y en relacion de las condiciones ópticas enumeradas mas arriba y que dan la dependencia necesaria.

A Bowman y Brueck se les debe el descubrimiento del músculo ciliar, ó mejor dicho, las fibras musculares que entran en la composicion de lo que hemos llamado anteriormente li-

gamento ciliar. Estas fibras celulares tienen una disposición bastante complicada sobre la cual aun no se han llegado á poner de acuerdo, no obstante la mayor parte de los autores admiten las fibras, radiadas y circulares al rededor del canal de Schlemm y de las cuales algunas van á perderse en el iris y la coroides. Seria muy largo discutir las diversas opiniones relativamente al modo de acción de estas fibras y al uso de los procesos ciliares, que segun Mr. Rouget hacian el papel de órganos erectiles con su acumulo de sangre durante la contracción del músculo ciliar, ejerciendo tambien cierta presión en el ecuador del cristalino el cual toma entonces una forma mas abombada.

Tambien al iris se le ha querido atribuir un papel activo en la acomodación, pero la patología ha venido á demostrar que en ciertos casos de sinequias anteriores totales, desprendimiento del iris, ausencia completa, la acomodación se ha conservado. Si la pupila se contrae durante la vision para los objetos próximos y estos están bien iluminados, es simplemente para oponerse á la entrada en el ojo los rayos luminosos demasiado numerosos ó excéntricos. Esta membrana; por lo tanto juega el mismo papel que los diafragmas que emplean los fotógrafos en sus objetivos para obtener imágenes claras y que son tanto mas pequeñas cuanto el objeto reproducido es mas brillante ó iluminado. Esto no es mas que una imperfección en la función del ojo que no tiene en la acomodación sino una utilidad, comparable á la de los músculos rectos internos en la convergencia binocular para evitar la diplopia.

§ 4.—INTRODUCCION DEL SISTEMA MÉTRICO EN OFTALMOLOGIA.— DIÓPTRICA.

Hasta estos últimos tiempos la pulgada era la unidad de longitud focal de las lentes, pero esta unidad era distinta para diversos países así que,

1	pulgada francesa tiene.	0 ^m ,	027
1	» prusiana	»	0 ^m ,	026
1	» inglesa	»	0 ^m ,	025
1	» austríaca	»	0 ^m ,	026
1	» española	»	0 ^m ,	023

De suerte que los cálculos de trasformacion de las diversas medidas creaban un obstáculo para favorecer las relaciones ópticas internacionales. Pero en el congreso oftalmológico de París de 1867, una comision compuesta de M M. Donders, Giraud-Teulon, Javal, Lever, Nagel, Becker, Quaglino, Scelberg-Wells, fué nombrada para estudiar la cuestion bajo este punto de vista, pero la cuestion no fué resuelta por mas que en el congreso de 1872 se propuso como unidad la lente de 240 milímetros y el único reparo que se puso á esta unidad fué, que esto no era ni métrico ni decimal.

Mas tarde en una sesion de la Sociedad oftalmológica de Heidelberg en 1874, M. Nagel defendió un proyecto con M. Monoyer que consistia en emplear la lente de un metro de foco como unidad, presentando una caja con lentes métricas. Hiciéronse numerosas y sérias objecciones tocando la ejecucion técnica de las lentes métricas y el proyecto no fué aceptado.

Mr. Giraud-Teulon propuso por unidad la lente de dos metros de foco, teniendo esta ventaja en oftalmología que con una unidad mas pequeña se tenia toda la potencia refringente de la lente tipo; se tenia una escala ascendiente compuesta de un gran número de unidades para llegar á un mismo tamaño, mientras que con la unidad de un metro para pasar por las mismas escalas, estabase obligado á tomar fracciones de unidad. No obstante las fracciones decimales son fáciles de adicionar, tanto es así que para adoptar el sistema métrico, vale mejor adoptar la unidad misma.

Esto fué lo acordado entre Giraud-Teulon y Donders y que

propusieron al congreso periódico internacional de ciencias médicas de Bruselas, en Setiembre de 1875.

Conviniendo por lo tanto en tomar por unidad la lente de un metro de foco y el llamarle *dióptrica métrica*, según la proposición de M. Monoyer, así fué que el núm. 1 ó lente que tiene un metro de foco corresponde al antiguo núm. 37 que no existe, ó al núm. 36 que no difiere gran cosa. El núm. 2 ó 2 dióptrica es doble del anterior y tiene 0^m,50 de foco ó próximamente 18 pulgadas, el núm. 3 es triple del núm. 1 y tiene $\frac{1}{3}$ de metro la longitud focal, ó sea 0^m, 333; pero por debajo de una dióptrica, es necesario tener un cierto número de lentes mas débiles, y lo mismo entre 1 dioptrica y 2; entre 2 y 3, entre 3 y 4 entre 4 y 5, entre 5 y 6. El salto hubiese sido muy sensible si no se hubiese intercalado otros números ó fracciones de dióptrica; por lo que se ha tomado cuartos dióptrica que sea, 0^d, 25 y que no se haya reducido los números inferiores á 1 dióptrica; 0^d, 25 0^d, 50 0^d, 75 y los números intermediarios 1^d, 25 1^d50 1^d75 y lo mismo para los números 2^d, 3^d, 4^d, 5^d, 6^d. A partir de 6 dióptrica las diferencias fraccionarias no son de gran utilidad y los números aumentan sucesivamente en una unidad.

Se comprende así que siendo la cuarta de una dióptrica de fuerza refringente de una lente de 4 metros de foco, esta cantidad era mas que suficiente para poder pasar de un número muy débil á otro.

Ejemplo de esto es, la lente 0^d, 25 tiene por longitud focal 4 metros, la lente 0^d, 50 tendrá aun 2 metros de foco y la 0^d75 1^m 33.

En definitiva la fracción de metro de longitud focal indicará el número de dióptricas.

$$\begin{array}{rcl} \frac{1}{2} \text{ metro} & = & 2 \text{ dióptricas.} \\ \frac{1}{3} \text{ »} & = & 3 \text{ »} \\ \frac{1}{6} \text{ »} & = & 6 \text{ »} \end{array}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{10} \text{ metro} &= 10 \text{ dióptricas.} \\ \frac{1}{20} \text{ »} &= 20 \text{ »} \end{aligned}$$

Conociendo el número de dióptricas de una lente, se hace muy fácil el evaluar la longitud focal en centímetros; basta dividir 100 por el número de dióptricas: si deseamos conocer la longitud en metros, se hará por 1 en lugar de 100 que podría dividirse según indica el problema:

$$\begin{aligned} \text{Si } 1^{\text{D}} &= 1^{\text{m}}, \\ x^{\text{D}} &= x \text{ veces menos ó } \frac{1}{x} \end{aligned}$$

Ejemplos:

$$0^{\text{D}},25 = \frac{1}{0,25} = \frac{100}{25} = 4 \text{ metros.}$$

$$3^{\text{D}} = \frac{1}{3} = 0^{\text{m}}, 333$$

$$1^{\text{D}},75 = \frac{1}{1,75} = 0^{\text{m}}, 75$$

$$10^{\text{D}} = \frac{1}{10} 0^{\text{m}}, 10$$

Inversamente si deseamos saber á cuántas dióptricas equivale una longitud dada, bastará con dividir 1^{D} por esta longitud. El mismo razonamiento sirve que para el anterior; si queremos saber cuántas dióptricas tiene $0^{\text{m}},44$ de longitud focal, diremos:

Si 100 centímetros valen 1^{D}

1 » vale cien veces mas ó 100^{D}

y 44 » valen 44 veces menos ó $\frac{100}{44} = 2^{\text{D}},25$

que viene á dividir 1 por $0^m,44$ ó en general por la longitud dada, así que:

$$3^m = \frac{1}{3} = 0^v, 333$$

$$0^m,4 = 4 \frac{1}{0,44} = 2^v \quad 25$$

de la misma manera

$$0^m,22 = \frac{1}{0,22} = 4^v,50$$

$$1^m,33 = \frac{1}{1,33} = 4^v,75$$

$$0^m,20 = \frac{1}{0,20} = 5^v,$$

Con la pulgada empleada como unidad, el número de la lente esplica sin duda su distancia focal (igual al número en pulgadas) y al mismo tiempo su potencia refringente, pero esta última expresion tiene una fraccion diferente para cada lente y es necesario adicionarle ó sustraerle estas fracciones al mismo denominador, ó empleando la regla ó cálculo que se encuentre en todas las cajas de lentes de ensayo, así el número $1, 1\frac{1}{4}, 2\frac{3}{4}, \frac{1}{4} x$ antiguo tienen por longitudes focales $1'', 1'' \frac{1}{4}, 2'' \frac{3}{4}, \frac{1}{4}''$, x'' y por fuerza refringente $\frac{1}{1}, \frac{1}{1\frac{1}{4}}, \frac{1}{2\frac{3}{4}}, \frac{1}{\frac{1}{4}}, \frac{1}{x}$. Con estas fracciones ordinarias no es fácil apreciar exactamente las diferencias de números, mientras que con las fracciones decimales nos podemos dar inmediatamente cuenta. (1)

En el nuevo sistema, se toma por unidad una longitud métrica; la medida de la fuerza refringente es métrica y simplifica considerablemente los cálculos. No obstante, si queremos pasar

(1) No será inútil decir que en los antiguos sistemas se designaba el pié por el signo ' la pulgada por '' y la línea por '''.

del nuevo sistema al antiguo ó *vice-versa*, la cosa es muy fácil. Veamos ahora como resolveríamos las cuestiones siguientes: *a*, cuantas pulgadas vale en dióptrica n ;—*b*, cuantas pulgadas vale en dióptrica n'

a. Para esto bástanos con saber la relacion de la pulgada con el metro, ó sea $1''$ vale $0^m.027$; multiplicando esta cantidad por el número de pulgadas, tendremos la distancia en metro, apliquemos un ejemplo á la cuestion *a*, cuantas 2^v50 tiene pulgadas; veamos segun hemos dicho:

$$2^v,50 = \frac{1}{2,50} = 0^m, 400$$

Pero si $0^m,027 = 1''$,

$$0^m,001 = \frac{1''}{27}$$

$$\text{y } 0^m,400 = \frac{1 \times 400}{27} = 14''$$

De lo que resulta que $2^v,50$ equivale á $14''$ ó $\frac{1}{11}$ antiguo.

b. Cuantas $6''\frac{1}{2}$ valen de dióptricas?

$$6''\frac{1}{2} = 0^m,027 \times 6,50 = 0^m,175.$$

Por lo tanto,

$$0^m,175 = \frac{1}{0,175} = \frac{1000}{175} = 5^v,71$$

Los cálculos así hechos, son para hacer las reducciones con exactitud, pero si deseamos por lo pronto la conversion, hay para ello un medio muy simple y muy fácil sobre todo para los números enteros. Esto consiste en dividir 36 por el número de pulgadas para tenerlo en dióptrica, y por el de dióptrica para tenerlo en pulgadas: ejemplo $3'' \frac{36}{3} = 12^v$, $4^v = \frac{36}{4} = 9''$ y así sucesivamente.

TABLA DE CONVERSION DE PULGADAS EN DIÓPTRICA Y RECÍ-
PROCAMENTE.

DIOPTRICAS métricas.	LONGITUD focal en metros.	LONGITUD focal en pulgadas.	PRESBIOPIA segun Mankenzie.	PRESBIOPIA segun Donders.
0,25	4	144		
0.50	2	72		
0.75	1.33	50		48 años.
1	1	36	40 años.	50 —
1.25	0.80	30	45 —	55 —
1.50	0.66	26	50 —	
1.75	0.57	22	55 —	58 —
2	0.50	18	58 —	60 —
2.25	0.44	16	60 —	
2.50	0.40	14	65 —	62 —
3	0.33	12	70 —	65 —
3.50	0.285	10 ¹ / ₂	75 —	70 —
4	0.25	9	80 —	75 —
4.50	0.222	8	85 —	78 —
5	0.20	7	90 —	80 —
5 50	0.18	6 ¹ / ₂	100 —	
6	0.16	6		
7	0.143	5 ¹ / ₂		
8	0.125	4 ³ / ₄		
9	0.111	4		
10	0.100	3 ³ / ₄		
11	0.090	3 ¹ / ₂		
12	0.083	3 ¹ / ₄		
13	0.077	3		
14	0.071	2 ³ / ₄		
15	0.066	2 ¹ / ₂		
16	0.062	2 ¹ / ₄		
18	0.055	2		
20	0.050	1 ³ / ₄		
22	0.045	1 ² / ₃		

§ 5.—AMPLITUD DE LA ACOMODACION.—PUNCTUM PRÓXIMUM Y PUNCTUM REMOTUM.

La amplitud de la acomodacion es la cantidad de refringencia que el ojo necesita para la vision clara de los objetos, lo mas próximo y necesario para apreciarlos distintamente: es como una segunda lente positiva que el cristalino agrega, no solo para las partes aproximadas, sino en su propia sustancia, por la disminucion de su radio de curvadura. Un ojo cualquiera en su estado de reposo absoluto, será acomodado para un punto del espacio, cuyo foco conjugado ó principal será la retina. Este punto puede tener muy bien una situacion extremadamente variable, y puede estar situado á algunas pulgadas ó algunos metros por delante del ojo, y entonces tendremos una *miopía* que será tanto mas débil, cuanto este punto se aleje mas. Se ha calculado que á partir de 6 ú 8 metros hasta el infinito, la diferencia de distancia focal, del foco conjugado es apenas igual al espesor de la retina. (1) Pero mas allá de 6 metros esta diferencia crece rápidamente y tanto mas cuanto esta se aproxima con ventaja al ojo. Este punto, el mas leja-

(1) Si designamos por F la distancia focal posterior del aparato dióptrico del ojo que podemos asimilar sin error sensible á una lente convergente de 22 milímetros de foco: por f la distancia de 5 metros ó 5000 milímetros á la cual colocamos el objeto: la fórmula de los focos conjugados nos da para la distancia del foco conjugado f'

$$f' = \frac{Ff}{f - F}$$

ó reemplazando las letras por valor numérico en el siguiente ejemplo:

$$f' = \frac{22 \times 5000}{5000 - 22} = \frac{110000}{4978} = 22 \text{ mm}, 097$$

que no difiere de 22 milímetros mas que 97 milésimas de milímetros, es decir, una cantidad menor que el espesor de la retina.

no de la vision distinta, si se halla situado en el infinito, envia al ojo rayos paralelos que forman su foco sobre la retina, si el ojo es *emmetrope*.

Si se halla situado de lado acá del infinito envia rayos divergentes que forman así su foco sobre la retina si el ojo es miope, mientras que los rayos paralelos vienen á cruzarse lo mas próximo del cristalino por delante de la retina. Si este punto está situado del lado allá del infinito, en el sentido matemático de esta palabra, los rayos que de él partan, serán menos divergentes que los rayos paralelos, y serán por lo tanto *convergentes* y formarán su foco sobre la retina de un ojo *hipermetrope*.

Este punto, el mas lejano de la vision distinta, cualquiera que sea su situacion se llama el *punctum remotum* y se designa en oftalmología por r y su distancia por R en dióptrica, ó bajo la forma de fraccion si se emplea la antigua numeracion de pulgadas por $\frac{1}{2}$ (1) que indica la fuerza de la lente necesaria para hacer paralelos los rayos que de él parten. (2)

En todos estos casos hemos supuesto el ojo en el estado anatómico correspondiente á su relajacion completa, pero si la

(1) La potencia de la lente espresada en dióptrica está en razon directa del número R ; teniendo así un valor absoluto, mientras que la potencia de esta misma lente espresada en pulgadas está en razon inversa del número de pulgadas que indica; su distancia focal debe ser espresada bajo forma fraccionada. Por ejemplo, una lente 4 dióptricas es dos veces mas fuerte que una de 2 dióptricas mientras que una lente de $\frac{1}{4}$ que tiene 4 pulgadas de foco es dos veces mas débil que la lente $\frac{1}{2}$ que no tiene mas que 2 pulgadas de foco.

(2) Si R es igual ∞ , la lente tendrá por distancia focal el infinito y será un cristal plano. Si R es igual á la distancia indicada por n' la longitud focal de la lente será tambien n . Si R es igual á una distancia mayor que el infinito, los rayos que vengan de este punto serán *convergentes*, es decir, de signos contrarios, serán espresados por $-n$; el foco de la lente tendrá tambien por valor $-n$ y será negativo ó virtual, siendo por lo tanto una lente divergente.

acomodacion activa interviene, si el cristalino disminuye de longitud focal, la retina permanecerá detrás del foco y se hará por lo tanto apta para recibir los rayos mas divergentes, es decir, que vengan de objetos mas cercanos. El límite de este trayecto de distancia focal, marcará tambien el límite del *punctum proximum* y por consiguiente la divergencia de los rayos perceptibles: no podrán tener ninguna relacion con el *punctum remotum* de tal suerte, que segun la intensidad de la acomodacion podrá hacer que el hipermétrope vea mas cerca que el miope, si dispone de una fuerza de acomodacion considerable y que el segundo se haya mas ó menos privado de ella.

Este punto, el mas próximo de la vision distinta, cuando la acomodacion tiene su máximo, lleva el nombre de *punctum proximum* y se designa por la letra *p* y en distancia del ojo por *P* ó se lo espresa por $\frac{1}{p}$ segun que se sirva de la anotacion en dióptrica ó en pulgadas.

El esfuerzo de la acomodacion corresponde á la lente positiva que el cristalino procura afectar, á esta amplitud de acomodacion se lo designa por la letra *A* ó la fraccion $\frac{1}{A}$. Conociendo dos de estas cantidades podemos siempre encontrar la tercera por la siguiente ecuacion de las cuales daremos mas adelante las demostraciones.

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{P} - \frac{1}{R}$$

ó en dióptrica

$$A = P - R$$

Por nuestra parte podemos asimilar una distancia cualquiera á una lente convexa que dé paralelos los rayos divergentes que de ella partan, ó que allí hagan converger los rayos paralelos que vengan del lado opuesto y cuanto esta distancia sea mayor, menos potencia deberá tener la lente. Pero la fuerza de una lente está en razon inversa de su longitud focal y para que

un rayo paralelo refractado llegue á ser 2, 3, 4, x veces mas convergente, es decir, que forme su foco á una distancia 2, 3, 4, x veces mas cerca de la lente, necesite que el radio de curvatura ó la distancia focal de esta lente, sea 2, 3, 4, x veces mas corto. Esto quiere decir que si una lente de un metro de foco está expresada por 1, la lente dos veces mas fuerte tendrá $\frac{1}{2}$ metro de distancia focal ó 0^m,50, y se expresará por 2: la lente tres veces mas fuerte tendrá $\frac{1}{3}$ ó 0^m,333 de distancia focal y se expresará por 3 y así sucesivamente los números crecientes en razon directa de la potencia de la lente.

Por la misma razon, una lente de 1 pulgada de distancia se espresa por 1, la que tendrá 3 pulgadas de foco, por $\frac{1}{3}$ la de 6 por $\frac{1}{6}$ y así sucesivamente la demostracion de estas fracciones en razon inversa de la potencia refringente de las lentes.

Estas fracciones ordinarias son siempre cantidades indefinidas pero son de una unidad y no indica una fraccion de esta unidad.

Volvamos entretanto á las aplicaciones de las fórmulas indicadas y supongamos que tenemos una lente L (fig. 82) que ha-

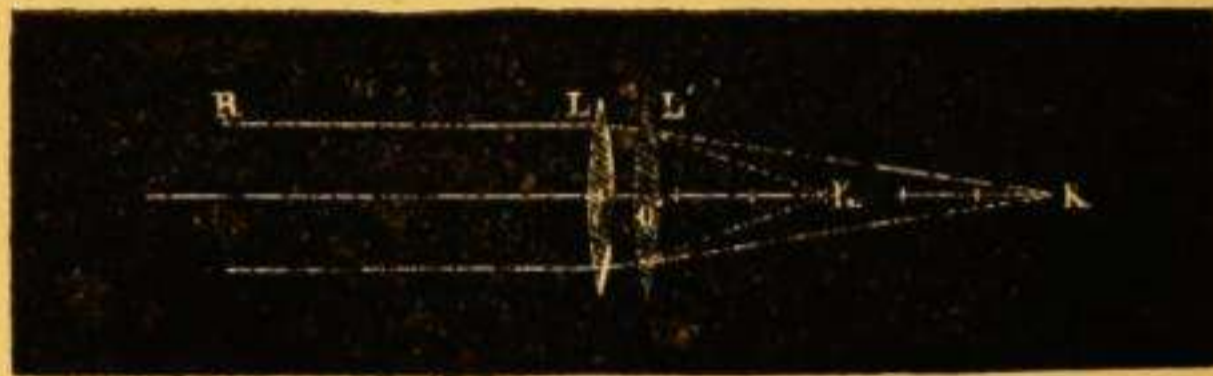


Fig. 82.

ce converger al punto K, un rayo paralelo R que viene del infinito y que hace paralelo un rayo divergente que viene de K que es lo mismo.

Si el punto K está á 6 metros de la lente, la fuerza refringente de esta se espresará por $\frac{1}{6}$ de dióptrica ó 0^d,166 porque la lente 6 veces mas fuerte, ó 6^d tendrá su foco á 1 metro de distancia, Entre tanto si nosotros queremos llevar el punto K á

K', situado á 3 metros de L, será necesario sustituir á la lente L otra que tenga dos veces mas fuerza y tiene por lo tanto $\frac{1}{3}$ de dióptrica ó $\frac{1}{6}$, igual á $0^d,333$. Pero si queremos dejar la lente L, es necesario agregar otra L' menos fuerte que $\frac{1}{3}$ y de la cantidad de $\frac{1}{6}$ porque la primera ha producido ya un $\frac{1}{6}$ de convergencia: esta vendrá á sustraer $\frac{1}{6}$ de $\frac{1}{3}$ que dá $\frac{1}{6}$ que en dióptrica $0^d,333 - 0^d,166 = 0^d,167$ que representa muy bien $\frac{1}{6}$ dióptrica.

El mismo cálculo se aplica á todos los otros cambios que deseemos operar en el punto K. Esta demostracion hace perfectamente comprensible la fórmula de acomodacion en la cual

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{P} - \frac{1}{R},$$

$\frac{1}{A}$ representa la lente adicional L'; $\frac{1}{P}$ la potencia refringente total del ojo acomodado: $\frac{1}{R}$ la potencia normal en el estado de reposo. En esta expresion si $\frac{1}{P}$ es constante, $\frac{1}{A}$ se hará tanto mayor cuanto $\frac{1}{R}$ se haga mas pequeña, es decir, que el punctum remotum esté mas lejano. Cuando este punto esté en el infinito $\frac{1}{R}$ será igual $\frac{1}{\infty}$ y tendremos

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{P} - \frac{1}{\infty} = \frac{1}{P}$$

ó en dióptrica

$$A = P - \infty = P$$

y el ojo será emmétrico.

Pero del lado allá del infinito $\frac{1}{R}$ se hará una cantidad negativa y para la hipermetropía será la siguiente fórmula.

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{P} - \left(-\frac{1}{R} \right) = \frac{1}{P} + \frac{1}{R}$$

ó en dióptrica

$$A = P - (-R) = P + R$$

Esto se comprende fácilmente, porque los rayos paralelos forman naturalmente su foco del lado allá de la retina y hacen para volver sobre esta retina un esfuerzo de acomodacion necesario para el grado de hipermetropía. Este esfuerzo de acomodacion, es necesario para percibir los rayos paralelos debiendo por lo tanto sujetarse á la convergencia que ejerce el ojo para volver sobre la retina los rayos divergentes despues del paralelismo hasta el *punctum proximum*.

En la figura anterior hemos contado la distancia á partir del centro óptico O y para que la lente adicional L' de $\frac{1}{6}$ de fuerza refringente lleve el punto K, á K', es necesario teóricamente que su centro óptico O' coincida con O: en una palabra, es necesario que á la lente L se le ajuste la lente L'. En la práctica esto no es posible porque no hay una lente de tan poco espesor, pero en el ojo no es lo mismo. Sabemos que el centro óptico de este órgano está situado en el cristalino y muy cerca de su cara posterior. En la acomodacion es la cara anterior de esta lente quien disminuye su radio de curvatura y que tiende á tener la misma convexidad que la cara posterior, en cuyo caso el centro óptico se relacionará con el centro del cristalino. Pero en la acomodacion al máximo el radio de curvatura de la cara anterior del cristalino disminuye apenas 2 milímetros, pero permanece siempre mas grande que el radio de la cara posterior y permaneciendo el centro óptico mas próximo de la cara posterior que de la anterior. En razon del poco espesor de la lente cristalina este punto varia bien poco y puede servirnos de punto de partida para contar las distancias P y R del punto mas próximo, p y del punto mas lejano r , de la vision distinta. Además reúne aun otra propiedad: todos los rayos luminosos que por allí pasan no sufren desviacion

continuando su marcha rectilínea en el ojo y salen siguiendo su dirección inicial: resulta de esto que es muy fácil construir la imagen retiniana. Conocida la distancia de este punto al objeto y á la retina, bastará conducir las líneas rectas de cada uno de los puntos del objeto hácia el centro óptico del ojo y su intercepcion con el plano de la retina, dará el tamaño y la forma de la imagen. (1)

Mas adelante nos ocuparemos con mas detalles de este asunto, que no hemos hecho mas que anotar de paso, y entre tanto daremos una esplicacion práctica sobre el empleo de la fórmula de amplitud de la acomodacion, en todos los casos sea el ojo emmétrico, miope ó hiperométrico.

Sea el primer caso ojo emmétrico, (fig. 83) en estado de reposo. Los rayos paralelos vienen de r ó del infinito viniendo á formar su foco sobre la retina en m naturalmente y por la

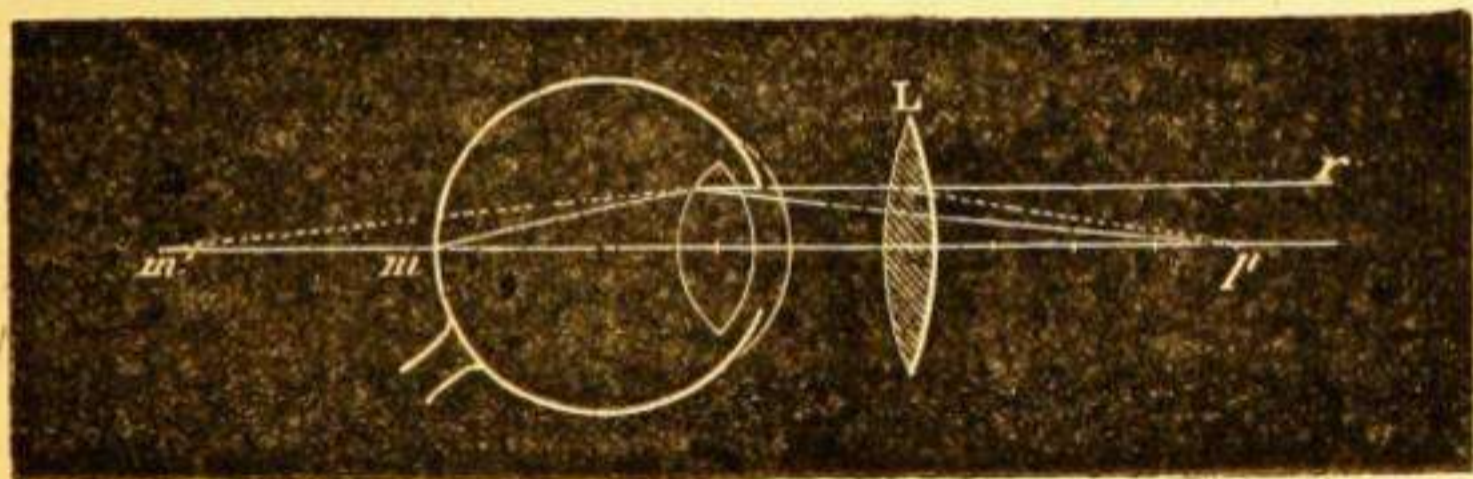


Fig. 83.

sola potencia de los medios refringentes. Supongamos un punto p situado á 5 pulgadas por delante de un ojo acomodado para el infinito. Los rayos que de él partan serán divergentes, y si el ojo permanece en reposo, irán á formar su foco á cierta distancia detrás de la retina en m' , que será el foco

(1) El carácter elemental de esta obra nos impide á dar las fórmulas exactas que sirven á la construcción de las imágenes dadas por un sistema convergente. Por lo tanto no hablamos aquí ni de los puntos principales ni de los puntos nodales y que admitimos simplemente un centro óptico.

conjado del punto p . Pero para que tales rayos formen su foco en m , bastará con colocar delante del ojo una lente de 5 pulgadas de foco ó la lente L , de 4 pulgadas de longitud focal, á 1 pulgada de la córnea y 4 pulgadas de p : esta lente dará paralelos los rayos divergentes viniendo de su foco p . Si el punto p estuviese á 10, 20, 50, x pulgadas, la lente adicional deberá tener por distancia focal 10, 20, 50, x pulgadas y si x es igual ∞ , el radio de curvatura de la lente será igual á ∞ , es decir, que esta será una lente plana ó neutra y por consiguiente sin ningún efecto convergente.

En todos estos casos el ojo continuará en reposo, porque los rayos incidentes que emergen de la lente adicional serán aun paralelos y se reunirán sobre la retina.

Si suprimimos las lentes adicionales y los rayos forman su foco en m , es que el ojo le hace experimentar un cambio de dirección tal cual si procedieran de r y por lo tanto será preciso suplir la lente convergente L y que haga su oficio. Pero este esfuerzo de acomodación será precisamente igual al producido como el de las lentes adicionales para las diversas distancias y se espresará por una fracción que tenga la distancia de p por denominador, porque sabemos que la fuerza de una lente es inversamente proporcional á su radio de curvatura.

Es convenido que la unidad puede ser una cantidad arbitraria, pero que debe ser siempre la misma para la longitud focal de la lente y para la distancia del punto p . Ejemplo: el punto p es de 12 pulgadas; la lente adicional ó el esfuerzo de acomodación será por lo tanto $\frac{1}{12}$, es decir, una longitud focal de 12 pulgadas ó 3^d. El punto p está á 12 centímetros ó 12 metros, la distancia focal de la lente adicional será igualmente de 12 centímetros, ó 12 metros. Este medio, estremadamente simple, sirve para calcular la amplitud de la acomodación. Si el ojo es emmétrico, estará en reposo para los rayos que vengan del in-

finito. En la fórmula precedente citada $\frac{1}{\infty}$ igualará á 0 y desde luego tendremos la amplitud de la acomodacion.

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{P}$$

Si el ojo es miope estará acomodado regularmente para los rayos divergentes que vengan de una cierta distancia que indicará precisamente el grado de miopía. Mas esta distancia será corta mientras la miopía sea mas exajerada. Desde el infinito hasta esta distancia, este ojo no tendrá por lo tanto necesidad de hacer esfuerzos en la acomodacion, así que nosotros no empezaremos á contar mas que desde este punto. Desde luego $\frac{1}{R}$ marcará al mismo tiempo que esta distancia, la divergencia naturalmente vencida por el ojo miope desde el infinito hasta este punto y que deberá descontarse de $\frac{1}{A}$: hé aquí la fórmula para el miope;

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{P} - \frac{1}{R}$$

la unidad de distancia para A P y R permanece siempre idéntica.

Si el ojo es hipermétrope, ya hemos dicho que es necesario agregarle á $\frac{1}{P}$ la cantidad del grado de hipermetropía, es decir, la fuerza de la lente negativa necesaria para llegar al paralelismo los rayos convergentes que forman naturalmente su foco sobre la retina ó los que vienen de ella, la fuerza de la lente que dá á los rayos paralelos la convergencia necesaria para la formacion de la imágen sobre la retina; en efecto, el hipermétrope para percibir los rayos paralelos, está ya obligado

á hacer un esfuerzo de acomodacion espresado por el grado de su hipermetropía. Su amplitud de acomodacion es por lo tanto

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{P} + \frac{1}{R}$$

ó en dióptrica

$$A = P + R$$

fórmula con la cual R ó $\frac{1}{R}$ espresa el grado de hipermetropía. Si esto es igual $\frac{1}{12}$ y que la unidad sea la pulgada, los rayos paralelos podrán ser percibidos debiendo tomar la direccion convergente que es dada por una lente de 12 pulgadas de foco ó de 3 dióptricas de fuerza. Esto será, por lo tanto, el efecto de esta lente que la acomodacion deberá tener para percibir los rayos paralelos, y aparte del paralelismo hasta el punto p la cantidad á agregar será la misma que hemos indicado para el ojo emmétrico.

En todo esto que precede, hemos supuesto nula la distancia de la lente adicional L al punto nodal K , para facilitar la demostracion; no obstante, en la práctica debe tenerse esto en cuenta.

En la figura 83 hemos visto que la lente L dá á los rayos que vienen de p distancia de 4 pulgadas *de la lente* una direccion paralela; pero en realidad el punto p está un poco mas alejado del punto nodal K , y de toda la distancia que separa este punto del centro óptico de la lente L , es decir, una pulgada próximamente. Se designa habitualmente por x esta cantidad. En el ejemplo anterior, el esfuerzo de la acomodacion que reemplaza á la lente $\frac{1}{4}$ ó 9^d no será en realidad mas que $\frac{1}{5}$ ó 7^d equivalente á una lente positiva de 5 pulgadas de foco, porque el punto p está á 5 pulgadas del ojo. Para el ojo miope, es todo lo contrario; el punctum remotum dado por la lente divergente se cuenta á partir de la lente. En realidad está mas lejos de toda la distancia que separa la lente del ojo, y R debe ser

aumentado en esta cantidad que la aumenta tanto como $\frac{1}{A}$.

§ 6.—DETERMINACION PRÁCTICA DEL PUNCTUM REMOTUM Y DEL PUNCTUM PROXIMUM.—OPTOMETRIA.

Ya conocemos la fórmula que dá la amplitud de la acomodacion, ahora nos falta saber cómo puede determinarse prácticamente la situacion de los puntos r y p , lo que no es muy difícil. Hemos visto que los esfuerzos de convergencia vienen acompañados siempre de un determinado grado de acomodacion: para determinar el *punctum remotum* nos fijaremos con ambos ojos en un objeto pequeño, colocado á una distancia próximamente de 5 ó 6 metros. En lugar de un objeto, tambien podemos emplear letras del alfabeto ó grupos de líneas negras verticales de un grosor de 3 á 5 milímetros y distante la una de la otra una cantidad igual á su espesor.

El ojo con una agudeza visual normal distingue muy claramente estas líneas. Cuando no las percibe bien nos valemos de una lente cóncava ó convexa y bastante débil, número 30 de la numeracion antigua ó del 1 métrico de la actual, procurando observar si son los dos ojos, ó cuál de ellos es el que produce la falta.

Conocido esto, aumentamos gradualmente la fuerza de estas lentes empezando por el mas *débil* de las lentes cóncavas y concluyendo por el mas *fuerte* de las convexas hasta tanto que el individuo vea bien. El cristal ó lente elegida indica el grado de la ametropía, y su distancia focal, la distancia del *punctum remotum*, haciendo siempre la correccion de x que mas arriba hemos indicado.

Si la vision no disminuye por las lentes cóncavas ó convexas y distingue perfectamente los pequeños caractéres y líneas, es que se trata de un emmétrope y el *punctum remotum* será de 5 á 6 metros ó al infinito.

Si la vision es clara y distinta á 6 metros y con el empleo

de cristales convexos continúa siendo tan excelente, es que se opera en un hipermetrope, y la lente mas fuerte que se emplee sin que su vision disminuya, nos dará el grado de la hipermetropía manifiesta. Mas adelante, cuando tratemos especialmente de estas anomalías, veremos las diversas especies que hay de hipermetropía.

Cuando los individuos ven claramente á la distancia de 5 ó 6 metros los caractéres cuyo tamaño corresponde á una buena agudeza visual podemos adelantarnos á decir que es emmetrope y ensayar siempre lentes convexas, porque en los jóvenes es fácil de dejar pasar desapercibido la hipermetropía mientras esta no llega á tener un grado exagerado.

Cuando la agudeza visual está disminuida el individuo no distingue á 5 ó 6 metros mas que caractéres de grueso tamaño ni tampoco lo verá con claridad con las lentes, es porque será emmetrope, pero si distingúe bien con lentes convexas le consideraremos hipermetrope.

Para determinar el *punctum proximum* se efectúa por diversos medios. El mas simple consiste en hacer leer caractéres de imprenta muy pequeños é irlo retirando poco á poco hasia tanto que pueda leerlo, siendo el *punctum proximum* igual hasta donde los distinga bien. Se ha construido para lo mismo instrumentos especiales muy diversos conocidos bajo el nombre de *optómetros*. El mas simple de todos es el *optómetro de hilos*, que se compone de una pequeña caja rectangular (fig. 84) sobre la cual hay estendidos hilos metálicos negros y finos y que se unen á un pequeño anillo que tiene en la estremidad una cinta dividida en centímetros por un lado y en dióptrica en el otro. Esta division empieza desde la caja y concluye en la otra estremidad que se enrolla en un pequeño tambor con un resorte fijo, si separamos la caja ó cuadro la cinta se desenrollará hasta su máximo, y si la aproximamos con el auxilio del resorte, se enrollará nuevamente ó hasta la distancia que deseemos lo que nos sirve para ampliar ó acortarla segun esta exija que

será la que marque el enfermo hasta ver las líneas claras y bien. El anverso de la cinta indica al mismo tiempo el número aproximado de la lente que corrige la presbiopía ó la hipermetropía que será el *punctum proximum* ó bien el número de dióptrica á la cual corresponde esta distancia.

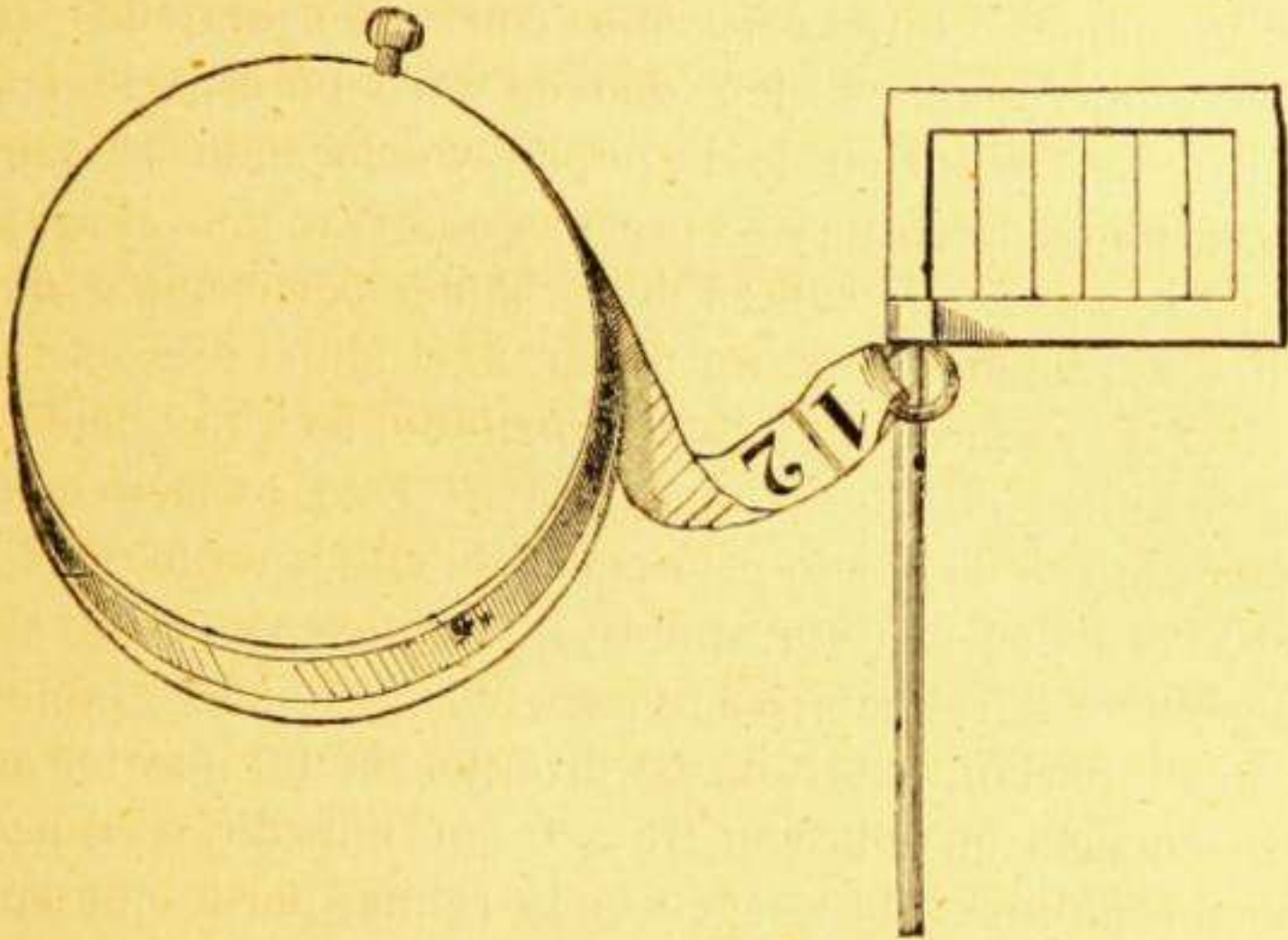


Fig. 84.

Este instrumento puede variarse sin que cambie el principio en que está fundado. Mr. Græfe reemplaza la cinta por una varilla de acero graduada, sobre la cual sale y se enrolla al cuadro y la otra estremidad termina por un boton que se coloca en la frente que se observa y se va desviando de la caja hasta que los hilos se vean con precision: se anota esta distancia y puede continuarse alejando hasta que los hilos se vean confusos; este segundo punto indicará el límite de lo que se llama *vision distinta*.

Mr. Hasner reemplaza el cuadro por una placa que contiene agujeros pequeños colocados á un milímetro de diámetro próximamente. Estos agujeros son percibidos con presion interin los

límites de la acomodación no han sido traspasados, pero una vez traspasados los agujeros, son confundidos los unos con los otros y no son vistos distintamente.

Si no queremos comprar uno de estos instrumentos podemos valernos de una experiencia bien antigua y simple que data de 1619 y debida á Scheiner y construir un optómetro excelente.

En un naípe ó tarjeta hacemos con una aguja, dos, tres ó muchos agujeros que disten uno de otro un espacio igual ó menor de la dimensión de la pupila y colocando el naípe lo mas próximo á la córnea se procura observar por el agujerito un objeto pequeño, la cabeza de un alfiler por ejemplo, que dá la sensación de una abertura única. Si el alfiler está mas aproximado del ojo que el punctum proximum se verán tantas cabezas de alfiler cuantos agujeros haya. Esto es fácil de comprender porque el objeto está colocado en el punto mas próximo de la visión distinta, punto que se encuentra en el foco conjugado de la retina; desde luego todos los haces luminosos que de allí partan, tendrán una divergencia tal que los agujeros se encuentren sobre su trayecto no impedirán en nada la formación de una sola imágen en la retina; por lo que en este punto no se ve mas que un solo alfiler. Pero si el objeto está colocado mas cerca del ojo que el foco conjugado de la retina, cuando el ojo está en su máximo de acomodación, resultará que la imágen del objeto se formará del lado de allá de esta membrana, pero los haces luminosos que partan del objeto se distribuyen por los agujeros y cada uno de ellos va á formar en el fondo del ojo un pequeño círculo de difusión que dá una imágen aislada y mas ó menos confusa de la cabeza del alfiler.

Cada una de estas impresiones aisladas serán, por lo tanto percibidas por la retina como si estuviesen en la prolongación del rayo que va de la imágen al centro óptico, y exteriorizada por el sensorium como una imágen distinta. Supongamos en la figura 85 un ojo acomodado para una distancia mas grande que la del objeto *a*. Los haces luminosos que partieran de es-

te punto pasarán por las dos aberturas b y c de la carta é irán á fusionarse en una sola imágen en d pero ellos se encontrarán en su trayecto la retina en i y i' , donde formarán un círculo pequeño de difusion dando origen á una imágen poco distinta. Segun acabamos de ver, sabemos que la retina reproduce en c' la imágen i' y en b' la imágen i sobre la prolongacion de los ejes ópticos secundarios $i'c'$, ib' , de lo que nos podemos convencer obturando alternativamente el agujero b ó el c : en

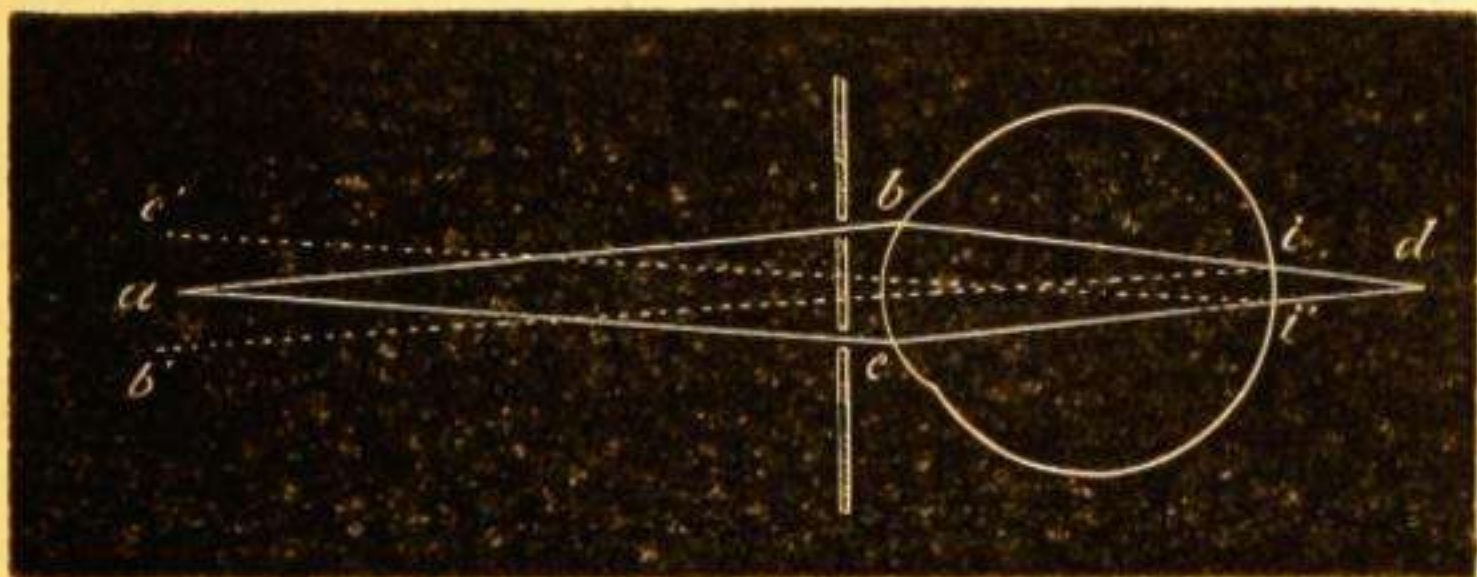


Fig. 85.

el primer caso estará la imágen b' situada en el mismo lado que desaparece y en el segundo será la imágen c' .

Si el individuo es miope ó si la miopía es artificial mediante

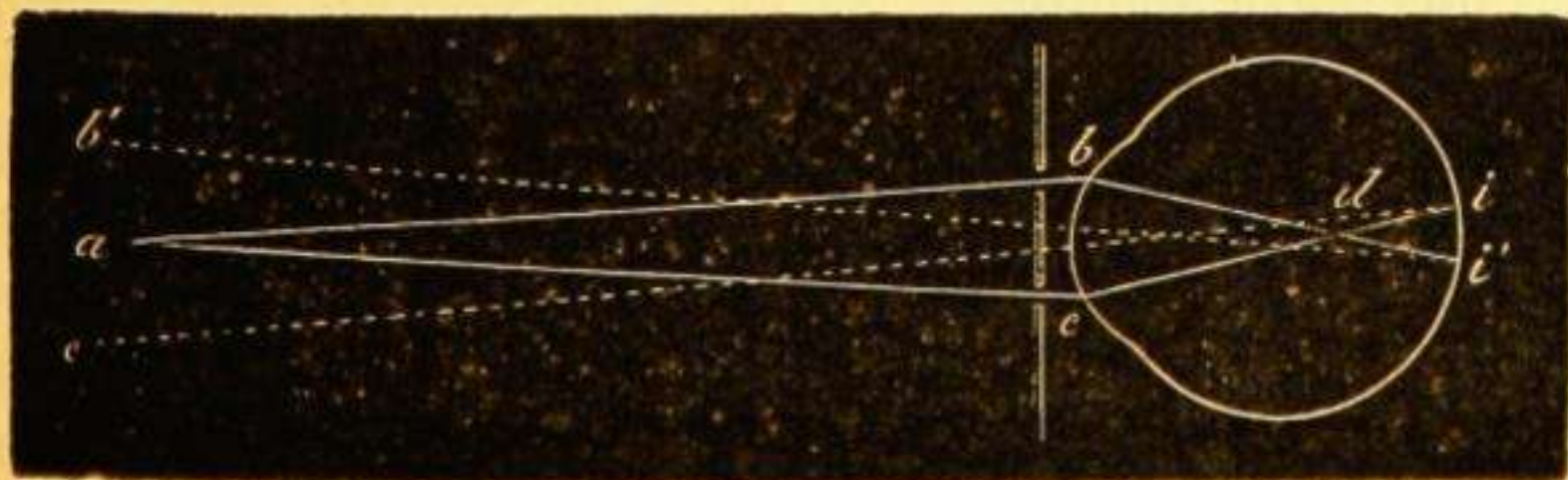


Fig. 86.

una lente convexa, su punctum remotum estará mas ó menos próximo al ojo. En este caso, si colocamos un objeto

a (fig. 86) mas allá de este punto, los haces luminosos que de él partan atravesarán, como los anteriores, los agujeros del naípe, pero formarán su imágen en *d*, mas acá de la retina de donde partirán divergiendo á atravesar esta membrana en *i* y *i'* donde se formarán imágenes difusas pero menos claras. Es necesario que sea así, porque en este estado de acomodacion del ojo el foco conjugado de la retina se encuentra entre la córnea y el punto *a*. Por consiguiente cualquier otro punto como *a* ó mas alejado formará su foco conjugado tanto mas acá de la retina, cuanto su distancia sea mas considerable. Resulta de todo esto que la retina estará impresionada por la imágen *i*, como si viniese de *c'* en la prolongacion del eje *ic'*; y por la imágen *i'* como si viniese de *b'* situada en la prolongacion del eje *i'b'*, así que cerrando la abertura *b* haremos desaparecer la imágen *b'*, y haciendo lo mismo con *c* desaparecerá la imágen *c'*.

Estas esperiencias pueden servirnos para determinar el punctum proximum y el remotum y por consiguiente la amplitud y la disminucion de la acomodacion, como vamos á ver.

Puede aun simplificarse la esperiencia mirando solamente la carta perforada y midiendo las mas pequeñas distancias á la cual los agujeros se perciben aun separadamente que dará el punctum proximum. La mayor distancia en los miopes nos dará el punctum remotum.

Hay que notar que si nos servimos de solo un ojo encontraremos el punctum proximum un poco mas alejado que lo es en realidad, pero si la convergencia interviene y el sujeto se fija en el objeto con los dos ojos, este punto se aproximará algo, lo que demostrará que el máximo de acomodacion no puede ser obtenido sino con el máximo de convergencia y recíprocamente.

M. de Græfe, ha dado un método muy ingenioso para medir la amplitud de la acomodacion y reconocer en poco tiempo si el ojo es emmétrope, miope ó hipermétrope: este consiste en

colocar al ojo que examinamos una lente biconvexa, de 6 pulgadas de foco, y relacionar el punto mas lejos y el mas cercano, con lo cual el individuo puede leer el n.º 1 de la escala tipográfica de Jægel. La relacion que existe entre estos puntos r' y p' es la misma que la que existe entre los verdaderos puntos r y p .

Supongamos, desde luego, que con la lente $6'' r' = 6''$ y $p' = 3''$: tendremos entonces

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{3} - \frac{1}{6} = \frac{1}{6},$$

en dióptrica,

$$A = 12^d,50 - 6^d,25 = 6^d,25,$$

en este caso el ojo es normal y la acomodacion bastante amplia. Pero si nos servimos siempre de una lente de 6'' de foco $r' = 4''$ y $p' = 3''$ tendremos una amplitud de acomodacion bien escasa:

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{3} - \frac{1}{4} = \frac{1}{12}$$

en dióptrica,

$$A = 12^d,50 - 9^d,25 = 3^d,25$$

y el ojo será miope porque no podrá recibir mas que los rayos divergentes que salgan de la lente de 6'' de foco y vengan de 4''.

Si por el contrario, el individuo lee con 8'', con la lente de 6'' de foco y al mismo tiempo con la de 4'' será hipermetrope,

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{4} - \frac{1}{6} + \left(\frac{1}{6} - \frac{1}{8} \right) = \frac{3}{24} = \frac{1}{8}$$

en dióptrica

$$A = 9^d,25 - 6^d,25 + (6^d,25 - 4^d,50) = 4^d,7$$

expresiones en las cuales ($\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{8}$) ó ($6^d,25$ — $4^d,50$) expresan el grado de hipermetropía. Apoyándose en las ideas dadas por de Græfe, M. Badal M. Perrin y otros han construido sus optómetros, que en definitiva no son mas que la ejecucion práctica del método de aquel eminente oftalmólogo.

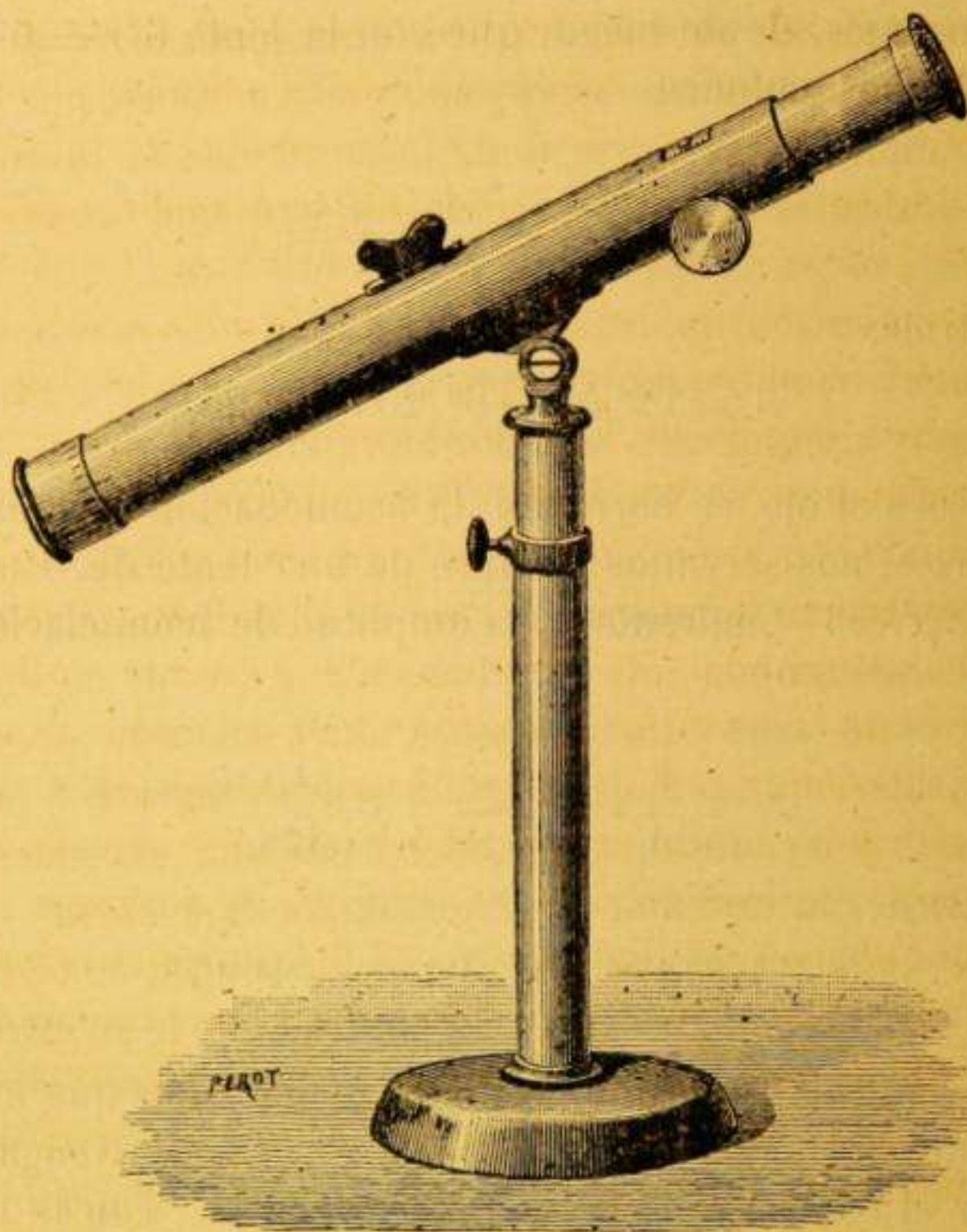


Fig. 87.—Optómetro del Dr. Badal.

En efecto, en los unos como en los otros se produce una miopía artificial bastante exajerada, por medio de una lente biconvexa que haga que el punto r esté á algunos centímetros del ojo en r' y como la longitud focal de la lente es conocida, la distancia á la cual podemos colocar un objeto para verle claramente, sea

mas cerca, sea mas lejos que esta distancia focal y sin que la acomodacion entre en juego, indicará, por medio de los mismos cálculos que hacemos siempre, el grado de miopía ó de hipermetropía del individuo, dándonos al mismo tiempo la distancia de su punctum remotum.

La parte original del instrumento de M. Badal, que representa la figura 87, consiste en que permite medir al mismo tiempo que la refraccion del ojo su agudeza visual por dar sobre la retina imágenes cuyo tamaño permanecerá invariable, á pesar de alejarse ó acortarse los objetos fijos con relacion al ojo.

No haremos aquí la demostracion teórica de este optómetro cuya construccion descansa sobre la aplicacion de fórmulas de óptica, muy simples que han sido desarrolladas por su autor y reproducidas por el Dr. Gard (*Thèse*, París, 1877) y solo diremos aquello mas indispensable para comprender su mecanismo, su manejo y podernos servir de él fácilmente. Este instrumento se compone de un tubo cilíndrico de cobre de 30 centímetros de largo próximamente, cuyo pié está provisto de una cremallera que permite adaptarlo exactamente á la altura del ojo: este tubo está unido al soporte por una articulacion que sirve para dar al instrumento diversas inclinaciones.

En este tubo va colocada una lente biconvexa, de 63 milímetros de foco, y dista igualmente 63 milímetros de su estremidad libre, que termina por un diafragma, destinado á recibir el ojo del individuo que se examina. En la otra estremidad, existe otro tubo mas pequeño, que puede entrar en el primero por medio de una cremallera y de un piñon, llevando en su estremidad libre una placa de cristal deslustrado, sobre la cual se coloca una escala tipográfica de Snellens en reduccion fotografica, calculada de tal manera que el tamaño de las imágenes de las letras sobre la retina, sea exactamente igual al de las imágenes dadas por las escalas ordinarias á la distancia que corresponde á su número. Una graduacion colocada sobre este tubo indica cada instante,

la distancia de la placa fotográfica para relacionarla con el foco de la lente que está en el tubo y el 0 de esta graduación corresponde á este mismo foco que como sabemos es de 63 milímetros.

Con estas dimensiones se obtiene este resultado, verdaderamente importante, cada vez que la placa de cristal se separa 4 milímetros, la refracción métrica varía regularmente en una unidad, ó sea $\frac{1}{4}$ de unidad (0^d25) por milímetro, lo que corresponde á la diferencia menor de dos lentes consecutivas de las nuevas cajas.

En estas condiciones, y con la longitud dada al instrumento se miden la refracción desde $+15^d$ hasta -20^d , que es lo que exige las necesidades de la práctica.

La placa de cristal, puede ser reemplazada por otra que contenga signos ó caracteres destinados al mismo objeto, ó bien, por una tercera con líneas para determinar el astigmatismo.

Empleo y uso del optómetro.—Este instrumento sirve para determinar el estado de refracción del ojo, emmetropía, miopía, hipermetropía y astigmatismo, amplitud de acomodación en la presbicia, las parálisis, la paresia, el espasmo, y por último, su agudeza visual. Su empleo es muy fácil: basta con colocarlo sobre una mesa frente á una ventana que ilumine bien ó con una buena lámpara, si la experiencia se hace en la cámara oscura. Aplicando el ojo contra el diafragma, se trata de descifrar los caracteres tipográficos ó las figuras de los naipes trazadas sobre la placa de cristal, puesta preventivamente en el cero de la graduación, es decir, á 0.063 milímetros del foco de la lente biconvexa.

Si las letras aparecen muy claras, y aunque se aleje ó acerque la placa de cristal, no aumenta la agudeza visual, el ojo es emmétrope. La última línea leída distintamente indicará la agudeza visual como en el exámen por el método de Donders, calculando la distancia siempre por unos 6 metros.

Para que los resultados obtenidos por el instrumento sean exactos, es necesario é indispensable, que fijemos el punctum remotum y que por consecuencia la acomodación esté en repo-

so, para lo cual, hay que tomar las siguientes precauciones:

1.^a Si el ojo observado es miope ó hipermétrope, es necesario, tanto en un caso como en el otro, precisar el punto mas lejano en el cual la vision permanece aun perfecta; para esto colocamos la placa mas allá de este punto, y la vamos aproximando lentamente de manera de llegar gradualmente á él.

2.^a Nunca mediremos la refraccion inmediatamente despues de haber medido la potencia de acomodacion. Porque en efecto, este último ejercicio deja con frecuencia tras de sí un espasmo del músculo ciliar.

Hemos supuesto el ojo emmétrope, pero si no lo fuese lo percibiríamos inmediatamente alejando ó acercando la placa por medio de la cremallera. En el primer caso, si la vision se disminuye es que el ojo es hipermétrope, porque los rayos emergentes de la lente se hacen convergentes y llegan tambien al ojo. En el segundo caso, el ojo es miope porque estos mismos rayos son divergentes atendiendo que ellos parten de un punto situado entre la lente y en foco principal. La cantidad por la cual es necesario alejar ó acercar la placa de cristal, se mide por las divisiones trazadas sobre el pequeño tubo é indica al mismo tiempo el valor de esta cantidad en pulgadas ó en dióptrica.

Si colocamos delante del ocular un diafragma armado de una lente estenopeica, y que la hacemos girar hasta que la vision sea lo mas clara posible, tendremos la direccion del meridiano principal de un ojo astigmático, direccion que se indica por una graduacion colocada en la circunferencia de la lente.

Una vez registrado este meridiano, será fácil de medir la refraccion, como anteriormente hemos dicho; así que la refraccion del meridiano le es perpendicular, con lo que tendremos inmediatamente el valor y la direccion del astigmatismo.

Si procuramos relajar completamente la acomodacion ó el ojo está bajo la accion de la atropina, el instrumento dará resultados escelentes, pero á poco que la acomodacion entre en

ejercicio no habrá ninguna certidumbre, y es porque al determinar la miopía es necesario tener cuidado de colocar la placa del lado allá del foco de la lente, ó en el foco, y no aproximarla sino muy lentamente á fin de que la acomodacion no inter venga. Para medir la hipermetropía se obrará de una manera opuesta, que es colocando la placa en el foco de la lente y se alejará hasta que la agudeza deje de aumentar.

Si deseamos medir la amplitud de la acomodacion, bastará el ojo emmétrico alejar la placa hasta que las letras dejen de ser vistas distintamente. La distancia de este punto al foco de la lente dará la medida de esta amplitud. Si el ojo es miope ó hipermétrope se contará esta distancia hasta el punto mas lejano donde la vision sea clara.

La simplicidad de este instrumento y la rapidez con que se hace el exámen optométrico son suficientes, á nuestro juicio, para recomendar su empleo á los prácticos. No nos dispensa de tener una caja de cristales de ensayo, pero dá inmediatamente una idea bastante aproximada de la ametropía, para que se pueda corregir sin titubear en los cristales.

§ 7.—ACORTAMIENTO DE LA ACOMODACION.

Hasta ahora no nos hemos ocupado mas que de la amplitud de la acomodacion, es decir, de la fuerza refringente que el ojo dispone para la disminucion del radio de curvatura de la cara anterior del .ric altsinoEsta amplitud está enlazada con la situacion respectiva de r y p y puede ser igual aunque estos dos puntos cambien de posicion. Un ejemplo nos lo hará comprender mejor y nos probará al mismo tiempo, que el punctum próximum tiene sobre todo una gran importancia. Sea el caso que un individuo ve distintamente desde lo infinito hasta 6 pulgadas ó $0^m,16$ que es igual á 6^d , y su amplitud de acomodacion será por lo tanto

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{6} - \frac{1}{\infty} = \frac{1}{6}$$

en dióptrica

$$A = 6^d - \infty = 6^d$$

En otro caso; 12" ó 0^m,32=3^d hasta 4" ó 0^m,11=9^d, es el dado para el miope.

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{4} - \frac{1}{12} = \frac{1}{6}$$

ó

$$A = 9^d - 3^d = 6^d$$

Para otro caso; 6" hasta 3", es aun mas miope que el anterior, pero su amplitud de acomodacion es igual: veámoslo

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{3} - \frac{1}{6} = \frac{1}{6}$$

ó

$$A = 12^d - 6^d = 6^d$$

Por último otro caso; desde 12' mas allá del ∞ hasta 12' del ojo.

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{12} + \frac{1}{12} = \frac{1}{6}$$

ó

$$A = 3^d + 3^d = 6^d$$

Aquí tenemos la hipermetropía, que es $\frac{1}{12}$ á la que hay que agregar $\frac{1}{p}$.

Hemos visto por algunos ejemplos, que el número de las posiciones ocupadas por p y r , pueden ser indefinidas, sin que la amplitud de la acomodación cambie. Nosotros podríamos demostrar de la misma manera que un hipermetrope puede ver mas cerca que un miope, si $\frac{1}{A}$ es bastante grande. Ejemplo de ello. Un sujeto que ve á 24" mas allá del infinito hasta 6" ó 0^m,16.

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{6} + \frac{1}{24} = \frac{5}{24}$$

ó en dióptrica

$$A = 6^d + 1^d,50 = 7^d,50$$

En otro individuo miope, tenga su punctum remotum á 72" del ojo ó 1^m,94, no dispone mas que de $\frac{2}{7}$, ó 3^d de acomodación.

$$\frac{1}{P} = \frac{2}{24} + \frac{1}{72} = \frac{7}{72} = 10''\frac{2}{7}$$

en dióptrica

$$P = 3^d + 0^d,50 = 3^d,50$$

y p está á $10''\frac{2}{7}$ del ojo ó 0^m,28.

Esta disminución de $\frac{1}{A}$ cuando sobreviene por efecto de la edad, lleva el nombre de *presbiopía* y hace que la miopía pueda tornarse presbicia teniendo necesidad de cristales convexos para la visión de cerca, cuando el grado de miopía es bastante débil y la acomodación bastante limitada. La amplitud de la acomodación es muy necesaria para una buena visión, sin embargo, en fuerzas iguales no dá los mismos resultados.

Después de lo que hemos dicho en la hipermetropía, toda la fuerza de acomodación destinada á percibir los rayos paralelos está enteramente perdida porque la naturaleza no nos ofrece rayos convergentes, y se traduce por un alejamiento del punctum proximum.

En la miopía, por el contrario, el acercamiento del punctum remotum entra por mucho, y $\frac{1}{A}$ permanece igual, acercándose á p que será á menudo inútil no solamente porque nuestras necesidades no se extienden mas allá de cierto límite, sino aun porque la vision binocular, para ejercerse á tan pequeña distancia, exige una convergencia considerable que son impotentes á producir los músculos rectos internos sin provocar bien pronto una gran fatiga. En este caso se reconoce en el individuo la vision binocular y para evitarle la diplopia que entraña un defecto de convergencia, desvia un ojo hácia fuera haciendo abstraccion de la imágen difusa que produce necesariamente en semejante caso en el ojo estrabismado. Sabemos en efecto, que la imágen es tanto menos clara cuanto que ella se produce sobre un punto mas lejano de la mácula, y hé aquí una de las causas frecuentes del estrabismo divergente.

La amplitud permanece la misma, el cambio de lugar de p y de r entrañan necesariamente un cambio de lugar en el cual se efectúa la acomodación, y á esto es lo que llamamos *acortamiento de la acomodación*. Esta disminucion ó acortamiento, será utilizado en general en la emmetropía y en las miopías débiles; pero en la hipermetropía y en las miopías fuertes una determinada longitud, próxima á r en el primer caso y de p en el segundo, se perderá y la vision será defectuosa en ambos casos; en la hipermetropía, el acortamiento de la acomodación está bastante distante del ojo y en la miopía es menor.

En la tabla adjunta debida á Donders, y que nosotros hemos

aumentado la conversion de las pulgadas en metros y en dióptrica, indica al mismo tiempo y de una manera muy simple, la amplitud y el acortamiento de la acomodacion como el estado de refraccion del ojo en determinado número de individuos.

El espacio comprendido entre dos líneas verticales consecutivas, corresponde siempre á $\frac{1}{100}$ antiguo de acomodacion ó á $1^{\circ},543$. Las cifras colocadas por encima de estas líneas indican su distancia del ojo, distancia que se extiende desde $2''$ hasta el ∞ y desde el ∞ hasta $3''$ mas allá.

Las líneas gruesas horizontales empiezan en el punctum proximum y terminan en el punctum remotum. El número de intervalos que estas atraviesan miden la amplitud de acomodacion, que es igual á la vez á $\frac{1}{100}$ ó $1^{\circ},543$, que hay de espacios claros é indican al mismo tiempo donde empieza y donde acaba la vision distinta, es decir, el acortamiento de la acomodacion y por consiguiente el estado de refraccion del ojo.

Tomemos la primera línea horizontal, que trata de una niña de 12 años cuya amplitud de acomodacion es considerable. Esta individuoa es emmétrope, porque r está ∞ ; pero estando p á $2''\frac{3}{4}$ del ojo, el *acortamiento* de la acomodacion se extiende desde el ∞ hasta $2''\frac{3}{4}$, y la acomodacion comprende 9 intervalos ó sea por todo $\frac{3}{4} = \frac{1}{4} \times 3$, ó 9 veces $1^{\circ},543 = 13^{\circ},88$ de $\frac{1}{100}$ de cada uno.

Los tres ejemplos siguientes son igualmente de emmétropes, pero su poder de acomodacion disminuye y no llega mas que á $\frac{1}{100}$ en los tres ó sea $1^{\circ},543$ ó $1^{\circ},50$. El quinto ejemplo es el de un miope, porque r está á $12''$, pero que posee un poder de acomodacion suficiente para ver distintamente hasta $2''\frac{3}{4}$ del ojo. Es claro que no usa siempre de toda su acomodacion por que no tiene necesidad de ver á $2''\frac{3}{4}$, y á $8''$ ó á $12''$ puede trabajar sin fatigarse. El sexto caso, que goza de $\frac{1}{6}$ ó $6^{\circ},71$ de acomodacion, tendria una vista mas mala que el séptimo, que no posee mas que una acomodacion igual á $\frac{1}{100}$ entrando su acortamiento entre $12''$ y $24''$ la distancia que necesita para las necesidades ordinarias.

Los otros ejemplos son de hipermétropes, puesto que r está mas allá del ∞ . El primero tendrá buena vista, atendiendo á

que puede ver hasta $4\frac{1}{8}$ " del ojo, mientras que su acomodación será bastante poderosa; los otros están menos favorecidos: en efecto, poniendo en juego toda su acomodación no llegarán á ver ni aun los rayos paralelos, y no viendo, pues, distintamente á ninguna distancia no podrá pasar sin lentes.

§ 8.º PUNTO Y LINEA DE ACOMODACION: DISTANCIA DE LA VISTA MEDIA.

Acabamos de ver que el ojo dotado de una buena vista y de un gran poder de acomodación, muy raramente se acerca los objetos unas de 8" ó 10": esta es, pues, la distancia que instintivamente elegimos, aun cuando nuestro *punctum proximum* es á 3 ó 4 pulgadas, para ver los objetos pequeños, los caracteres de un libro, por ejemplo. A esta distancia se puede leer ó trabajar consecutivamente algunas horas sin experimentar ninguna fatiga. A este punto se llama *distancia de la vista media*, pero no tiene una fijeza y una constancia invariable y oscila entre ciertos límites.

Para determinar este punto, basta colocar delante de la vista caracteres de imprenta bastante finos é instintivamente se colocarán á la distancia apetecida. Se ha ensayado precisar esta distancia por medio de los siguientes experimentos: el primero consiste en mirar por dos agujeros de alfiler, hechos en un naípe distantes uno del otro 3 milímetros, un objeto que se aleja del ojo hasta que aparece distintamente y único. Este punto será *la distancia media de la vista*. El segundo consiste en mirar un hilo tendido en la dirección del eje óptico y notar el punto donde el hilo aparece claro y simple. Mas acá y mas allá de este punto el hilo aparece de una manera confusa y afecta una forma cónica, como lo representa la figura 88. Este punto *b* no es solamente un punto es una línea que se extiende á cierta distancia de cada lado de *b*. Czermack

ha dado á este punto el nombre de *punto de acomodacion* y á la línea *abc* el de *línea de acomodacion*.



Fig. 88.

La esperiencia comprueba, como lo indicaba ya la teoría, que en estos dos procedimientos el punto donde el objeto ó el hilo parecen simple, corresponde á la distancia para la cual está acomodado el ojo y puede variar mucho modificando el esfuerzo de acomodacion: es, pues, un medio muy infiel é inútil. Puede servir únicamente para demostrar que el ojo, aunque acomodado para un punto, ve sin embargo distintamente un poco mas allá ó mas acá de este punto. Los cálculos de Listing demuestra que para una distancia tan corta, los círculos de difusion que se forman sobre la retina no son suficientemente grandes para alterar la claridad de la imágen. Por esta razon nosotros podemos ver claramente un poco mas acá ó mas allá del punctum proximum.

Esta facultad que posee el ojo de adaptarse á diversas distancias; pero independientemente de esta diversidad, puede aun esperimentarse en el mismo individuo modificaciones numerosas bajo la influencia de ciertos estados patológicos y determinar alteraciones visuales que se designan con el nombre de *alteraciones de la acomodacion*.

CAPÍTULO SEGUNDO.

PATOLOGÍA Y FISIOLÓGÍA DE LA ACOMODACION.

Midriáticos y Mióticos.

La acomodacion depende de una accion muscular y no de una construccion anatómica especial del ojo. Vamos á ocupar-

nos aquí de las afecciones propias de estos músculos en general, tales como la parálisis y el espasmo. Así como para el sistema muscular en general, hay agentes propios que escitan la contracción ó producen la parálisis, de la misma manera poseemos dos clases de medicamentos ó sustancias indispensables al oculista que son 1.º los *midriáticos*, que se relacionan con la parálisis; 2.º los *mióticos*, que se relacionan con el espasmo.

Nuestra esposicion seria muy incompleta si no nos ocupásemos mas que de los estados patológicos que se obtienen por la acción de estos medicamentos, sin darnos cuenta de la manera que estos se producen; así es que sin perfeccionar la terapéutica ni ampliar la fisiología, vamos á ocuparnos de ellos esponiendo las reglas á que debemos sujetarnos, pues en muchos casos tales como la edad, suelen producir cambios de amplitud de acomodacion, dando lugar á fenómenos parecidos á los que conocemos con el nombre de *presbiopia*.

Por esta razon trataremos de la influencia de los nervios en la acomodacion y en los movimientos del iris; de la acción de los *midriáticos* y de los *mióticos* sobre estos nervios, y por consecuencia, sobre el fenómeno de la acomodacion y el estado de la refraccion; de la patología propiamente dicha del músculo ciliar; parálisis ó parésia, espasmo ó contracción.

§ 1.—SISTEMA NERVIOSO CILIAR, SUS FUNCIONES.

El músculo ciliar y el iris están animados por los nervios ciliares que tienen su origen en el gánglio oftálmico, que como sabemos se halla situado en la parte esterna del nervio óptico. Este gánglio posee tres ramas; una corta y gruesa *motriz* que viene de la rama del motor ocular comun, que anima al pequeño oblicuo: una larga y delgada *sensitiva* que viene de la rama oftálmica; una *ganglionar* procedente de plexus carotidiano del gran simpático. De este gánglio parten 16 ó 20 ner-

vios que, bajo el nombre de nervios ciliares atraviesan la esclerótica al rededor y cerca del nervio óptico y se pierden en el músculo ciliar y en el iris. Una ó dos ramas llamadas nervios ciliares *largos*, procedentes del nervio oftálmico se distribuyen, segun algunos autores, de la misma manera que los nervios ciliares *cortos*, mientras que, segun Cl. Bernard van solamente al iris y á la córnea.

Los nervios ciliares procedentes del gánglio ciliar ó del oftálmico, al llegar al nivel del músculo ciliar, forman un rico plexus en este órgano. De allí parten algunas ramas que se dirijen á la circunferencia mayor del iris y forman un nuevo plexus; despues, reducidas á menor número estas ramas forman en el esfínter del iris un tercer plexus.

La influencia de cada una de las ramas del gánglio oftálmico ha sido estudiada detenidamente por Volkmann, E. Weber, Budge, Nuhn etc., obrando directamente sobre los nervios de donde emanan. La accion del nervio *motor ocular comun* sobre el músculo esfínter de la pupila es ya indiscutible, y no solamente en la parálisis de este nervio la pupila está dilatada, inmóvil, sino que aun más se contrae enérgicamente en los animales cuando este nervio es escitado en la base del cráneo. Es necesario decir, no obstante, que Volkmann y E. Weber han visto en algunos animales dilatarse la pupila despues de escitar el motor ocular comun en la base del cráneo, pero Mr. Budge ha demostrado que este fenómeno debe atribuirse á la irritacion concomitante de la rama del gran simpático que marcha en su proximidad, y que conserva por mas tiempo su escitabilidad. La patología, por otro lado, espera que llegará el dia en que la experimentacion demuestre que la parálisis del tercer par produce tambien una parálisis del esfínter del iris y de la acomodacion.

La influencia del gran simpático sobre los movimientos del iris ha sido descubierta en 1727 por Mr. Petit, quien encuentra la pupila mas reducida despues de la seccion del nervio vago

Budge y Waller han demostrado que los filetes del gran simpático que obran sobre la pupila tienen su origen en la médula espinal, pasando por los ramos anteriores de los dos últimos pares cervicales y seis primeros dorsales.

Un fenómeno constante es la dilatacion pupilar que sigue á la irritacion del cordon cervical del gran simpático.

Estos hechos parecen demostrar que las fibras radiadas del iris están animadas por la porcion ganglionar de los nervios ciliares y sirven de antagonistas á las fibras circulares. Hasta aquí ninguna esperiencia ha podido demostrar una influencia cualquiera del gran simpático sobre la acomodacion.

La influencia del nervio trigémimo está lejos de haberse dilucidado por completo, á pesar de las numerosas esperiencias que se han hecho con este objeto: lo que solamente se halla perfectamente demostrado es, que este nervio dá al iris y á la córnea su sensibilidad. No obstante la irritacion del tronco del quinto par, produce casi constantemente una contraccion de la pupila, que solo puede esplicarse este hecho por una accion refleja sobre el gánglio ciliar que trasmite á las fibras *motrices* la escitacion indirectamente recibida, por más que esta esplicacion está lejos de satisfacer.

§ 2.—ACCION DE LOS MIDRIÁTICOS.

Se designa con el nombre de *midriáticos* las sustancias que instiladas en el ojo, ó introducidas directamente en el organismo por las vias digestivas ó por inyeccion intravenosas ó subcutáneas, gozan de la propiedad de dilatar la pupila. Esta accion de ciertas plantas es conocida por los antiguos; la belladona, que es la mas activa de entre ellas, es mencionada por primera vez por Van-Swieten. Mas tarde Reimar, Mellin, Ray, Loder y otros, estudian la accion de esta planta y Loder se sirve de una infusion para la estraccion de la catarata. A pesar de esto, Carlos Himly descubre la accion midriática

del beleño al principio de este siglo y generaliza el empleo de los midriáticos en oftalmología. Después de numerosos trabajos publicados han sido estudiados diversos medicamentos relativos á esta acción particular, ya sobre el hombre ó sobre los animales. El Dr. Leblanc en 1875, ha hecho un resúmen muy completo, y marca algunas particularidades interesantes sobre la relación que existe entre las modificaciones que imprimen á la pupila y en las enfermedades sobre la acción medicamentosa ó tolerancia, como al mismo tiempo las indicaciones de su empleo.

Ciertas sustancias tienen sobre la pupila una acción diametralmente opuesta según á la dosis que se emplea. El midriático por excelencia es la belladona ó su alcaloide la atropina, que es muy poco soluble en el agua, pero combinada con los ácidos es todo lo contrario. El sulfato neutro es la sal que por su solubilidad es la que más se emplea.

Al fin de este artículo hablaremos de dos midriáticos recientemente descubiertos, el *gelsemium* y la *dubosina* que parecen destinados á auxiliar poderosamente á los oftalmólogos.

Las dosis casi infinitesimales de atropina son suficientes para producir la midriasis, obteniendo Follin con algunas gotas de solución 50,000^e que próximamente dá de 8 á 10 milionésimas de centigramos de sulfato de atropina que se supone se ha absorbido. Esto contraria algo la doctrina homeopática en que la acción de la sustancia disminuye á medida que la dosis se fracciona. La solución general que se emplea para dilatar simplemente la pupila es de 1000^e: si el medicamento está destinado á ejercer una acción rápida ó á obrar como calmante ó sobre el músculo ciliar, debe hacerse uso de una solución de 200^e ó 100^e. En ciertos casos en que la solución no obra inmediatamente ó lo hace con lentitud, es necesario aplicar en el fondo del saco conjuntivo algunos miligramos de sulfato neutro ó de atropina natural. (1)

(1) Se dan casos aun no muy frecuentes de individuos refractarios á la acción de la atropina á pesar de aplicarse esta en estado natural.

Si á la instalacion de colirio de atropina persiste el dolor, es que el medicamento carece de buenas cualidades. No obstante, despues de algunos dias ó semanas del empleo de una buena preparacion, suele presentarse un estado particular que se conoce con el nombre de *atropinismo* que se caracteriza por una inflamacion particular de la conjuntiva. Una particularidad singular de estos individuos es que habiendo soportado por algun tiempo la atropina, lleguen al atropinismo, pero si la enfermedad recidiva y hay que recurrir á este midriático, á las primeras aplicaciones del medicamento sobreviene el atropinismo y hay que suprimir inmediatamente la medicacion. Esto no es debido, como se creia en un principio, á una saturacion del medicamento sino á una idiosincracia particular de ciertos individuos.

La atropina, cualquiera que sea el grado de la disolucion, obra en la mayor parte de los animales, pero en el hombre, el perro y el gato se hace muy sensible, mientras que en el conejo y los roedores es casi impotente, no solo la belladona, de la que suelen alimentarse, sino de la mayor parte de las solanáceas virosas. Su primer efecto es dilatar la pupila para seguir á una relajacion y á la parálisis de la acomodacion, así que despues de una instilacion de la solucion $\frac{1}{2000}$, la dilatacion pupilar empieza á notarse en el hombre en los primeros 15 ó 20 minutos, llegando casi á su máximo á los 25 ó 30; entonces la pupila queda casi inmóvil, pero á la influencia de una luz intensa, y en dos ó tres dias puede conseguirse recobre su primitivo estado.

La acomodacion empieza á disminuir un poco al principio de la dilatacion pupilar, continuando interin no pasa su accion pero mejorándose cada vez que esta se va contrayendo por mas que no recobre su integridad hasta pasados los 10 ó 12 dias.

La propiedad de los midriáticos, lo mas importante para nosotros es la influencia que ejerce sobre la acomodacion. Cualquiera que sea la manera de obrar sobre el iris, ya paralizando simplemente las fibras circulares, ó bien escitando las ra-

diadas animadas por el gran simpático, lo cierto es, que ejerce una acción paralizante sobre la acomodación haciendo retroceder al punctum próximum hasta encontrarse con el punctum remotum, que permanece invariable si antes no ha existido un cierto grado de espasmo ó de contracción del músculo ciliar. Si el emmetrope y el míope no ven por el empleo de la atropina, acortar su punctum remotum á pesar de grandes esfuerzos de voluntad por no existir potencia activa de acomodación *negativa*, si así podemos espresarnos, y que la contracción ciliar no tiene por antagonismo mas que la elasticidad natural de la cápsula del cristalino que permite á este órgano volver á un estado siempre idéntico y pasivo desde que toda compresión activa cesa. Si en los hipermétropes algunos ambliopes, astigmáticos y miopes, el punctum remotum se aleja despues del empleo de la atropina, es porque existe siempre en estos individuos cierto grado de acomodación.

Cuando un ojo está bajo la acción de la atropina los objetos parecen verse mas claros, lo que es fácil de comprender toda vez que la amplitud pupilar deja pasar mas rayos luminosos. En otros individuos este exceso de luz obra por simpatía en el iris del otro ojo que se contrae, y aumenta aun mas la diferencia de iluminación. De esto resulta que las dos imágenes retinianas sean muy desiguales y la vision binocular es confusa, en cuyo caso es necesario cerrar el ojo atropinado, si deseamos tener una vision clara.

Cualquiera que sea el estado de la refracción despues del empleo de la atropina el enfermo se queja de diplopia monocular y no hay lente correctora que pueda dar una imagen clara. Este inconveniente es un obstáculo que se opondria al reconocimiento exacto de la agudeza visual y del grado de ametropia, si no tuviésemos un medio simple de obviarlo, que consiste en colocar delante del ojo un diafragma opaco provisto de una abertura de 3 ó 4 milímetros que es próximamente el tamaño de la pupila media.

A pesar de los estudios hechos, no es bien conocida la manera de obrar de la atropina sobre el iris y el músculo ciliar, pero se sabe que esta sustancia pasa á la cámara anterior, donde su presencia ha sido demostrada por la siguiente experiencia.

Después de instilar en el ojo de un animal algunas gotas de una solución de atropina y de haber sobrevenido la dilatación, se lava cuidadosamente con una corriente de agua; después, y con el auxilio de una cánula capilar, se extrae de la cámara anterior una cantidad de humor acuoso que cuidadosamente, y de la misma manera, le trasportamos á la cámara anterior del ojo de otro animal que no haya estado sometido á la acción del midriático; dando por resultado una dilatación análoga á la del primero. Esta experiencia que es concluyente no prueba que el midriático no obre más que cuando este está en contacto con el iris, porque el humor acuoso de un animal, en el cual la midriasis ha sido producida por el uso interno del medicamento, permanece sin efecto sobre otro animal. No obstante sabemos que la atropina obra sobre un ojo aislado lo mismo que en el que está en la cabeza de un animal que ha sido decapitado.

En estos últimos tiempos Tweedy (*Lancet y France médicale* n.º 72.—1877) ha hecho un estudio especial sobre el *Gelsemium sempervirens* ó jazmin silvestre, é indica las propiedades especiales de esta planta sobre el iris y sobre la acomodación. El principio activo de esta planta es un alcaloide llamado por Robbins *gelsemina*, y forma con los ácidos sales solubles muy venenosas (1)

El gelsemium tiene sobre la atropina la ventaja de dilatar inmediatamente la pupila y de no obrar tan pronto sobre la acomodación. Conocemos ya que la acción de la atropina dura bastante tiempo y paraliza más que suficiente á la acomodación, impidiendo, por lo tanto, que los enfermos recobren una

(1) Véase *Journál de pharmacie et Chimie*, 1877.

vision clara hasta pasados algunos dias. El gelsemium, por el contrario, permite poder leer ó trabajar á doce pulgadas de distancia despues de 10 ó 15 horas de su empleo aunque la pupila permanezca dilatada y en menos de 30 horas la acomodacion se restablece, alterándose muchísimo menos la vision bajo la accion del gelsemium que bajo la influencia de la atropina.

Este medicamento se emplea en colirios en el estado de clorhidrato de la misma manera que la atropina. Hé aquí la fórmula que puede satisfacer á todos los casos,

Clorhidrato de gelsemium.	0,50
Agua destilada.	30 grams.

D. para colirios.

ACCION DE LOS MIÓTICOS.

Hay cierto número de sustancias que poseen la propiedad de contraer la pupila y tales son *Semen santonicum* el *Daphne mezereum*, el *Nicotiana tabacum*, el *Aconitum napellus*, el *Secale cornutum* y los extractos y alcoloides que se derivan de estas plantas.

Mr. de Graefe ha encontrado que la morfina en inyecciones sub-cutáneas es apta no solamente á estrechar la pupila sino tambien á aumentar la refraccion. Pero todos estos agentes poseen propiedades irritantes que hacen proscribir su empleo y solo despues de unos treinta años de conocer las propiedades mióticas del haba de Calabar (*Physostigma venenosum*) de la familia de las leguminosas papilionaceas, que es la que parece exenta de estos inconvenientes siendo el Dr. Daniell (1846), y mas tarde Chrystison (1855), quienes estudiaron su accion en general. Mr. Van Hasselt (1857), reconoció que la miosis es el síntoma principal de su accion general, pero

Thomas Fraser (1) descubrió que la aplicación local del haba del Calabar contraía la pupila, y en el siguiente año Argyll Robertson demuestra la influencia de esta sustancia sobre la acomodación y la introduce como medicamento nuevo en oftalmología. Después Bowman, Soelberg-Wells, de Graefe, Rosenthal, Donders y otros han enriquecido la ciencia con nuevos estudios muy precisos sobre las diversas preparaciones del haba del Calabar cuyo principio activo es un alcaloide conocido con el nombre de *eserina*.

Las preparaciones más empleadas son el extracto etéreo, formulado de la manera siguiente:

Extracto etéreo de haba del Calabar.	0'05 cent.
Agua destilada.	30 gr.

S.

el papelcalabarino (según el método de M. Streatfichs) ó bien la solución siguiente:

Sulfato neutro de eserina.	0'01 cent.
Agua destilada.	10 gr.

S.

que es conservado en un tarro oscuro al abrigo de la luz si queremos evitar que el líquido se coloree de rojo; lo que le hace perder algo de su acción.

Desde que se instila algunas gotas de una preparación de haba del Calabar en el fondo del saco conjuntival, sobreviene inmediatamente una irritación que dura algunos minutos, manifestándose después una ligera contracción espasmódica del párpado inferior siguiendo la contracción pupilar y casi al mismo tiempo un espasmo de la acomodación.

La retracción pupilar puede alcanzar su máximo á los 30 ó 40 minutos, pero cuando la pupila ha sido dilatada con an-

(1) Th. Fraser *Dissert, inaug.*, Edimburg 31 Julio 1862.

terioridad por la atropina, permanece 3 ó 4 horas en este estado y empieza á disminuir poco á poco hasta que desaparece por completo en dos ó tres días.

Durante el efecto del miótico la influencia de la luz no es abolida por completo. La pupila puede reducirse de á 1, 1', milímetro de diámetro y presenta con frecuencia contornos angulosos y contracciones espasmódicas.

El músculo ciliar se afecta de la misma manera que el iris y provoca una contraccion que entraña un espasmo de la acomodacion, que se conoce por el cambio del *punctum remotissimum* y del *punctum proximum*; este último sobre todo, afecta menos convergencia, aunque el primero vuelva á su distancia normal. En una palabra, lo que se produce es una miopía artificial poco apreciada, porque la pupila estando muy limitada, los círculos de difusion formados sobre la retina, por los puntos luminosos situados fuera del campo de acomodacion, son muy pequeños y permiten aun la vision de los objetos y esto seria lo mismo en el caso de que faltase el iris.

Cuando el espasmo empieza á disminuir, la acomodacion entra en juego al menor impulso de la voluntad y produce algunas veces dolor que puede persistir durante muchísimas horas, si la dosis del medicamento es algo elevada.

A dosis pequeñas el haba del Calabar empieza á obrar como la atropina sobre el iris que puede contraerse sin que la acomodacion sufra notablemente. Como la atropina, esta sustancia no obra igualmente en todos los animales; en el perro y en el gato es muy sensible, no siendo lo mismo para el conejo, los pájaros, los anfibios y los pescados. En otros, cualesquiera que sea la dosis empleada no se llegará á conseguir nunca la inmovilidad absoluta de la pupila.

Eu cuanto á modo de accion, si bien no está plenamente demostrado, es idéntico al de la atropina porque obra directamente sobre los nervios ciliares, produciendo una escitacion tetaniforme de los nervios que se estienden al esfínter de la

pupila y al músculo de la acomodacion, lo que no es admisible porque el haba del Calabar tiene una accion paralizante sobre todos los nervios motores, ó bien paralizando el dilatador.

Antagonismo de la atropina y del haba del Calabar.—Estas dos sustancias tienen una accion diametralmente opuesta. Si se las instila al mismo tiempo el miótico comienza á hacer sentir sus efectos por un ligero grado de estrechamiento pupilar y bien pronto la accion de la atropina se manifiesta mas enérgicamente que la de la primera, y la dilatacion de la pupila empieza á indicarse. Si se instila el miótico durante los efectos de una dosis debilitada de atropina, la pupila permanece contraida temporalmente y aumenta la refraccion del ojo. Si por el contrario, la aplicacion de la atropina sucede á la del haba del Calabar la dilatacion pupilar se presentará de nuevo aunque con alguna mas lentitud y al mismo tiempo que la relajacion parcial de la acomodacion. Mr. de Græfe ha visto un caso en que el haba del Calabar ha permanecido completamete sin efecto sobre una midriasis de origen cerebral. Este mismo autor ha utilizado la contraccion artificial de la pupila para facilitar la operacion de la iridectomia en el glaucoma y ha aconsejado el empleo, de esta sustancia alternando con la atropina para romper las sinequias ó impedir su formacion.

Recientemente se han descubierto las propiedades mióticas de una sustancia que se llama *policarpina*. Este es un alcaloide contenido en el *jaborandi*, que, como sabemos, es un poderoso sudorífico importado á Francia por el Dr. Coutin, de Rio Janeiro. Las esperiencias obtenidas hasta el dia no nos permiten pronunciarnos aun sobre la utilidad y las ventajas de este medicamento, pero parece no obstante que sus propiedades mióticas son iguales ó muy parecidas á las de la *eserina*, no produce ninguna irritacion local y obra inmediatamente sobre la acomodacion que se encuentra tetanizada á los pocos minutos de su empleo.

§ 4.—PARÁLISIS Y PARÉSIA MORBOSAS DE LA ACOMODACION.

El gánglio oftálmico recibe su rama motriz del motor ocular comun y toda alteracion de este nervio podrá sentirse sobre los nervios ciliares siguiendo la contraccion del músculo ciliar y del esfínter de la pupila, al mismo tiempo que sobre los músculos extrínsecos del ojo animado por el tercer par. Sabemos que en un haz nervioso los diversos tubos que le constituyen, no se anastomosan y que cada uno de ellos se dirige directamente á la parte que deben innervar. Puede por lo tanto admitirse teóricamente; sin que la demostracion anatómica ó histológica, sea posible que cada nervio ciliar motor sea la continuacion de un haz del motor ocular comun y como tal tenga en el tronco principal del nervio un lugar determinado. Si todo el ramo del gánglio está paralizado ó destruido, seguirá una parálisis del músculo ciliar y del esfínter pupilar, pero si una parte de este ramo es el solo paralizado ó alterado, podrá ser que corresponda á los nervios que vienen al iris ó bien al músculo ciliar, en el primer caso tendremos una parálisis del iris mientras que en el segundo será parálisis del músculo ciliar y de la acomodacion. Una alteracion mas central del tercer par podrá dar origen á las mismas consecuencias segun que esta obre sobre los orígenes de los unos ó de los otros nervios. Tambien la totalidad ó una parte solamente de la parálisis ó destruccion del motor ocular comun puede entrañar la parálisis del músculo intrínseco animado por estos haces y á pesar de todo permanecer intacta la acomodacion. Imaginemos entretanto una lesion cualquiera sobre uno de los ramos del motor ocular comun, y comprenderemos fácilmente la parálisis del músculo correspondiente.

La observacion viene á confirmar plenamente estas hipótesis en todas las variedades de parálisis parciales del tercer par que han sido observadas; así que todos los músculos animados por

este nervio, comprendiendo el músculo ciliar y el esfínter del iris pueden ser paralizados: la enfermedad puede no atacar mas que al pequeño oblicuo, al elevador del párpado superior, al recto superior, al inferior, al interno ó bien simultáneamente. Se han observado casos de parálisis de la acomodacion coincidiendo con la del recto externo; esto nada tiene de particular porque la parálisis puede obrar al mismo tiempo sobre dos nervios diferentes que por su proximidad pueden experimentar las mismas influencias patológicas. Obsérvase con frecuencia la parálisis de la acomodacion aislada y es raro no encontrarla cuando el tercer par está afectado.

Todo lo que acabamos de decir acerca de la parálisis puede aplicarse á la *parésia*, que no es mas que un estado menos avanzado de la enfermedad y que se traduce por síntomas menos claros y acentuados.

La parálisis de la acomodacion puede carecer de síntomas objetivos pero en el caso contrario puede manifestarse por una dilatacion y una inmovilidad de la pupila que, puede tambien inducir á error porque suele existir con una acomodacion casi normal. Son pocos los síntomas objetivos mientras que los subjetivos son mas importantes y se manifiestan por un cambio en el estado de la refraccion del ojo y por diplopia si los músculos motores del ojo son atacados al mismo tiempo.

Todo lo que hemos dicho á propósito de la midriasis artificial puede aplicarse aquí y por lo tanto no lo repetiremos, pero es necesario saber que en las parálisis patológicas, la dilatacion de la pupila nunca alcanza al grado que con el empleo de la atropina y es por lo tanto, su inmovilidad la que entra en la via del diagnóstico. La vision sigue la influencia del estado de refraccion del ojo cuando el *punctum proximum* se aleja. Si el individuo es emmétrope, la vision de lejos no experimentará alteracion alguna, pero será imposible para los objetos próximos. Si es hipermétrope acusará una alteracion para los objetos lejanos y mas fuerte aun para los próximos.

Si el individuo es ligeramente miope el caso será idénticamente que para el emmétrope, pero si es muy miope el punctum remotum coincidirá con el punctum proximum y podrá estar muy próximo del ojo y molestará poco al enfermo para la vision á esta distancia pero acá y allá la vision clara será casi imposible. Cualquiera que sea el estado de la refraccion del ojo, la vision de los objetos situados acá del punctum remotum será siempre mejorada por lentes convexas cuya fuerza deberá ser tanto mas grande cuanto el objeto esté mas próximo. Esta lente que reemplaza el esfuerzo de acomodacion no servirá mas que para una misma distancia ó para puntos muy próximos y será necesario tantas lentes cuanta distancia disten los objetos del ojo.

Para determinar la lente necesaria para ver á una distancia dada es menester aplicar la fórmula de la amplitud de la acomodacion:

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{P} - \frac{1}{R}$$

en la cual $\frac{1}{A}$ designará la lente deseada:

En la parálisis de la acomodacion existe aun un fenómeno constante la *micropsia* vision de objetos muy pequeños que no lo son en realidad.

La etiología de la parálisis de la acomodacion es muy variada: puede ser por causas de reumatismo ó *à frigore*, sifilíticas, cerebral ó bien ser el resultado de la debilidad general que acompaña á la convalecencia de enfermedades graves, como la fiebre tifoidea la pleuresia, la pneumonia, etc.. Una causa bastante frecuente de la parálisis ó de la paresia de la acomodacion es la *difteria*. En estos casos la afeccion es generalmente doble en los niños y tiene un diagnóstico halagüeño, en treinta casos observados por Donders la curacion ha sido completa.

El tratamiento general será indicado por la etiología y por los síntomas generales concomitantes. El tratamiento *óptico*, consistirá en el empleo de la *eserina* para corregir la dilatación pupilar y activar un poco la función suspendida y las lentes como correspondientes de la forma y manera que la hemos indicado más arriba. Empezando por lentes que reemplacen por completo la acomodación y se irán disminuyendo sus fuerzas á medida que la parálisis vaya descendiendo sin que jamás se llegue con esta disminución á la fatiga ni reemplazar indistintamente las lentes convexas por otras menos fuertes.

§ 5.—ESPASMO DE LA ACOMODACION.

A propósito de los mióticos, hemos hablado del espasmo de la acomodación producido por estos agentes, este estado puede demostrarse por la experimentación y ofrece síntomas, si no idénticos en todos los casos, al menos muy análogos en la mayor parte. La *enfermedad*, aunque una en la esencia, puede presentar grados diversos, pero siempre característicos por un acortamiento del *punctum remotum* y por una disminución de la amplitud de la acomodación, mientras que en la parálisis de esta función el *punctum primum* se aleja hasta coincidir con el *punctum remotum*, aquí es el *punctum remotum* el que se aproxima hasta confundirse con el *punctum primum*. Es indudable que en este caso el ojo está acomodado patológicamente para rayos muy divergentes, y el músculo ciliar tetanizado, no dá á la visión más que un acortamiento estremadamente estrecho y por lo tanto hay más *acortamiento* de acomodación existiendo una *amplitud* máxima, que no puede considerarse como una función del *punctum remotum*, que no existe, y por lo tanto es nula; así, que corresponde á una fuerte miopía con pérdida del poder de acomodación. Es cierto que en determinados casos pronunciados son raros y los que se observan los más frecuentes se aproximan al punto *r*. El estado de re-

fraccion del ojo tiene una gran influencia en la situacion de este punto, si el ojo es hipermétrope y el espasmo poco pronunciado, el punctum remotum puede ser relacionado con el infinito y en este caso las lentes convexas no alivian la vision á distancia. Si el ojo es emmétrope, tendrá siempre un grado de miopía accidental que podrá ser corregida por lentes cóncavas apropiadas. Si el ojo es miope, la miopía habrá aumentado y necesitará el empleo de lentes cóncavas mas fuertes que servirán para ver á distancia.

Las observaciones de miopía constantes y temporales indicadas por los autores antiguos, deben ser consideradas como espasmos de la acomodacion, porque en nuestros dias vemos que estas enfermedades son relativamente bastante frecuentes. No obstante, es muy probable que estas miopías aparentes sean debidas á una ambliopía. Para nosotros, y á pesar de nuestra escasa práctica, hemos observado mas de veinte enfermos que han presentado los principales síntomas objetivos de la miopía y que han sido emmétropes ó hipermétropes; tanto es así que algunos han leído á 4 ó 5 pulgadas los finos caractéres que á una distancia mas grande no distinguen.

De Græfe ha explicado científicamente este fenómeno probando que el grandor de la imágen retiniana crecia con mas intensidad que los círculos de difusion. Es por lo cual el enfermo acerca los objetos para ver las imágenes mayores, sacrificando un poco la claridad. En todos estos casos hay una disminucion de la agudeza visual, de ambliopía y la determinacion sola del punctum remotum nos aclarará sobre el estado de refraccion del ojo.

El espasmo de la acomodacion es sobre todo frecuente en los hipermétropes á causa de la tension continuada en la cual se encuentra el músculo ciliar, pero puede encontrarse tambien en los emmétropes y aun en los miopes á la continuacion de los trabajos sostenidos y sobre todo con la insuficiencia de iluminacion. Puede presentarse de una manera temporal des-

pues de las irritaciones oculares causadas por la introduccion en el ojo de pequeños cuerpos estraños, polvos, etc., pudiendo ser un síntoma reflejo de neurósis del nervio facial y oftálmico. (de Græfe.)

Los ejemplos de espasmos completos son muy raros, y los observados con mas frecuencia son debidos á una irritabilidad excesiva del músculo ciliar cuya contraccion se manifiesta al menor impulso de la voluntad. (Donders.)

El que el ojo esté adaptado á una distancia mas pequeña que la normal, depende del grado de fuerza empleada y los objetos parecen ampliarse. (macropsia.)

Con frecuencia la acomodacion conserva una amplitud bastante grande, pero es dolorosa y la vision bien pronto viene acompañada de dolores periorbitarios insoportables y de cefalalgias. Siempre que el enfermo acuse estos síntomas sin que lesion aparente lo esplique empezaremos por aplicar la atropina, cuyo empleo algunas veces será continuado por algun tiempo antes que el músculo ciliar sea relajado bajo la influencia del midriático.

El tratamiento del espasmo de la acomodacion consiste en el reposo absoluto del ojo, en la administracion de la atropina en colirio durante un tiempo mas ó menos largo, que será á lo menos por un mes, y por último el uso contínuo de lentes apropiadas para el estado de refraccion.

LIBRO IV.

OPTOMETRIA.

CAPÍTULO PRIMERO.

Ametropía en general.—Agudeza visual.—Campo visual.—Percepcion y Proyeccion luminosa.—Cromatopsia y Acromatopsia ó Daltonismo.

§ 1.—DETERMINACION PRÁCTICA DE LA AMETROPÍA.

Hemos visto que con el oftalmoscopio podemos darnos cuenta con exactitud del estado de refraccion del ojo, conociendo y midiendo todas sus anomalías. Pero si es fácil con este instrumento el diagnosticar una miopía ó una hipermetropía, es necesario decir tambien que son pocos á pesar de su habilidad y gran práctica, los que llegan á medir estas anomalías con exactitud, para poderse dispensar otro medio mas exacto.

Pasaremos en silencio el empleo del oftalmoscopio llamado de *refraccion* y reasumiremos sucintamente sobre el oftalmoscopio corriente, toda vez que ya nos hemos ocupado con alguna estension en su lugar.

A. Exámen al oftalmoscopio.—Si se coloca á una corta distancia, 20 ó 30 centímetros y el observador tiene una refraccion normal, se verá la imágen del fondo del ojo muy clara si el individuo es hipermétrope ó exageradamente miope y se

aleja la imágen permanecerá distinta en los dos casos, pero si se trata de un miope esta imágen será muy grande é *invertida*, lo que se comprueba de dos maneras, si hacemos mirar al enfermo á derecha ó á izquierda, arriba ó abajo, la *imágen seguirá el movimiento de la córnea*, y como el fondo del ojo se separa en sentido inverso, tendremos por lo tanto una imágen invertida. La segunda manera consiste en desviar el ojo del observador mientras el ojo del observado permanece inmóvil. Este segundo proceder es menos preferible al primero, porque el enfermo no mira siempre á la direccion indicada, sobre todo cuando se trata de los niños. Si el ojo observado es miope, la imágen se separa en *sentido inverso del observador*; si es hipermétrope *en el mismo sentido*.

En la hipermetropía la imágen del fondo del ojo es *mas pequeña y recta*. Si el ojo del observador se aleja, la parte visible conserva su estension, mientras que disminuye mucho si el ojo es miope. Si el enfermo ejecuta movimientos con el ojo, la imágen se separa en *sentido inverso de la córnea* que es en el mismo del objeto, pero si es el observador quien se separa, la imágen *seguirá sus movimientos*.

La distancia á la cual se vé clara la imágen invertida nos dará una idea del grado de miopía porque en efecto esta imágen aérea puede ser bien vista á la distancia media de la vision distinta: esta distancia será de 20 á 25 centímetros próximamente para un ojo emmétrope y que goce de buena acomodacion, que restando esta distancia de la cantidad que separa el ojo observador del ojo observado, la resta indicará *aproximadamente* el grado de miopía. No siempre estos medios dan resultados muy precisos, atendiendo á que están subordinados al estado de la acomodacion del individuo, salvo en los casos en que el ojo observado está bajo la accion de la atropina que dá una poca de mas exactitud.

Se ha ensayado, no obstante, dar á este proceder mas precision y Schmit-Rimpler ha indicado que para medir la refrac-

cion un método que llama proceder de mesuración de la refracción ocular por la imagen invertida. Pero este método no dá grandes resultados y exige una disposición especial de aparatos especiales.

El fondo del ojo emmétrope normal presenta á cierta distancia una coloración uniforme, roja, blaquécina ó rosácea al nivel de la papila, pero los vasos y los otros detalles no son mas que medianamente visibles al observador y no relaja completamente su acomodación.

Observación. Desde que el enfermo dice que vé mejor los objetos mas pequeños, no debe concluirse porque desde luego se puede asegurar es miope sabemos que el hipermétrope se halla á menudo en este caso porque la imagen retiniana se amplía mas pronto que los círculos de difusión y lo mismo sucede con el emmétrope. Mas adelante nos ocuparemos de estos con respecto á la miopía y la hipermetropía.

B. Proceder de Donders.—El exámen oftalmoscópico no debe nunca olvidarse; una vez practicado se sabe cómo se halla el estado del ojo y á menudo se sacan conclusiones muy importantes para las prescripciones de lentes por mas que esto no sea suficiente. Tambien deben utilizarse las escalas tipográficas (1) de Snellen ú otros autores, ya iluminadas por la luz natural, ya por una artificial, que es mucho mas preferible, atendiendo á que puede darse su intensidad á voluntad, dando siempre una intensidad igual; lo que no es posible con la luz solar que está subordinada á la hora del dia, etc.

Conviene por lo tanto una *unidad luminosa* á fin de poder establecer relaciones exactas entre muchos exámenes sucesivos. **M. Javal** tan conocido por sus investigaciones fotométricas, ha

(1) Las escalas tipográficas están formadas de letras ó palabras cuyo tamaño decrecen de una manera regular, pero de tal suerte que cada letra debe formar sobre la retina un arco de 5' estando colocado á la distancia única por su número. En las antiguas escalas las distancias están marcadas por piés y pulgadas, y en las modernas por metros y centímetros.

realizado este desideratum, haciendo construir un mechero de gas, en el cual la llama conserva una intensidad igual, cualquiera que sea la presión, sirviéndose para ello de un pequeño gasómetro muy simple é ingenioso que regulariza de una manera uniforme la salida del gas.

La llave lleva una aguja que se coloca sobre un arco de círculo graduado y permite dar á voluntad una iluminación variada desde una bugía métrica hasta 25.

Algunas veces se examina la refracción de los dos ojos á la vez cuando no hay motivos para suponer una diferencia, pero siempre es conveniente determinar el estado de cada uno en particular y ver en seguida si la visión binocular es influida por lentes apropiadas para el estado de cada ojo, para el caso que haya una refracción diferente. Al mismo tiempo conviene corregir exactamente la ametropía de cada ojo, cualquiera que sea la visión binocular; otras veces puede evitarse si la refracción es del mismo origen. Si los dos ojos son miopes ó hipermetropes y por lo tanto es cuestión de anisometropía.

Es práctica general el comenzar el exámen siempre por el ojo izquierdo: obrando así es mas fácil de conseguir el resultado del exámen; para esto empezaremos por obturar el ojo derecho con la mano, procurando no ejercer presión sobre el ojo que podría muy bien influir para el exámen subsiguiente ó valerse para ello de un cristal deslustrado ó pantalla negra en forma de lente; hecho esto hacemos que el enfermo lea en alta voz las letras de la escala empezando por las mas gruesas hasta que las vea sin dificultad. En este momento se le colocan delante del ojo y á la distancia ordinaria lentes débiles del n.º 42, ó 48 antigua numeración ó sean $O^D,50$ ó $O^D,75$ métrica, cóncava ó convexa y se le observa si la visión se mejora, ó si las letras leídas parecen mas distintas ó si la lectura puede hacerse con letras mas pequeñas. Conocida la lente que produzca el alivio ensayándose sucesivamente todas las lentes de la série, empezando por los números mas cóncavos ó mas convexos y

llegando á las lentes *convexas mas fuertes*, con los cuales el enfermo vea distintamente ó con las lentes cóncavas mas débiles.

Es necesario repetir muchas veces la prueba para convencerse de si en efecto acusa siempre la misma vision con la misma lente. Con los cristales cóncavos, sobre todo, si el sujeto no está bajo la accion de la atropina, nos hallamos espuestos á tomar un número demasiado fuerte, que haciendo obrar sobre la acomodacion pueda someter fácilmente cierto grado de divergencia, sin darnos cuenta de ello y creernos que se trata de una miopía mas fuerte de lo que realmente es. No nos cansaremos en insistir y recomendar colocar delante del ojo muchísimas veces la misma lente como tambien dos lentes diferentes y no cambiar de número hasta no estar convencidos que el débil no conviene.

En los grados fuertes de hipermetropía, sobre todo en los jóvenes, y cuando la agudeza visual está disminuida viéndose con frecuencia que el enfermo tiene el aspecto de una persona muy miope, por aproximar considerablemente los ojos, los objetos pequeños para verlos mejor, (esto sabemos ya por qué es) pero un detalle muy simple viene á esplicarlo y á sacarnos de dudas, pues si se le pregunta si ve bien desde lejos, contesta afirmativamente.

Hemos visto que por medio del oftalmoscopio puede reconocerse la miopía y medir aproximadamente sus grados. Pero este medio exige determinado hábito y habilidad, además el enfermo, y sobre todo si es joven, no relaja por completo la acomodacion aumentando las causas de error.

Todas estas dificultades desaparecen con el proceder de Donders y la determinacion de la ametropia, puede hacerse por la persona menos versada en la ciencia oftalmológica con precision rigurosa.

Colocado el individuo delante de las escalas tipográficas y teniendo el ojo derecho cerrado, acusará inmediatamente una

disminucion notable por el empleo de lentes cóncavas bastante débiles, pero aumentando progresivamente la fuerza de estos, hasta que la agudeza aumente, se retirará la lente débil que diese la misma agudeza haciendo repetir este exámen por muchos sucesivos y alternativos y el número de la lente indicará el grado de la miopía y la distancia del punctum remotum: si este es el 24 de la numeracion antigua, la miopía será igual á $\frac{1}{4}$, y el punto *r* está á 24", si es á 4^o métrico, la miopía será 4_D y el punctum remotum esta á $\frac{1}{4}$ de metro ó 0,^m25.

La determinacion se hará de la misma manera para el ojo derecho, mas las dos lentes correctoras serán puestas en los armazones de ensayo y se le examinará la vision binocular que será siempre mejor que cada ojo en particular.

En todo esto que precede, hemos supuesto que el individuo sabe leer, pero si no fuese así, en vez de letras nos servimos de otros signos conocidos, tales como círculos, cuadrados, triángulos, etc. Las escalas geométricas de Boettcher, las internacionales de Burchard ó de Snellen se hallan construidas con estos detalles. Despues del exámen de la refraccion del ojo será de gran utilidad medir la amplitud de acomodacion para lo cual dedicamos un capítulo especial.

§ 2.—EXÁMEN DE LA AGUDEZA VISUAL CENTRAL.

Todas las escalas tipográficas de que hemos hablado están calculadas de tal suerte que los caractéres dan en la retina una imágen de igual tamaño si se le coloca á la distancia que indica la numeracion. El CC debe ser leído á 200 piés, el L á 50, el XX á 20 si la vision es normal. En la escala métrica es la misma cosa, si bien la distancia es por metros. Despues de leído el último número por el enfermo á la distancia á que ha sido colocado, nos será fácil conocer la agudeza visual. Si nos servimos de la escala de Snellen antigua, el enfermo leerá el número XX á 20 piés sin que las lentes cóncavas ó convexas

alivien ó mejoren la vision será emmétrope y su agudeza estará representada por $\frac{10}{200} = 1$; si no lee mas que el número XXX, su agudeza será $\frac{10}{30}$, si no su agudeza será $\frac{10}{100}$ pero si el número CC no puede leerse mas que á 15 ó 10 piés la agudeza será $\frac{10}{150}$ ó $\frac{10}{100}$. Para las escalas métricas es el mismo principio y las distancias se cuentan por metros. Algunas veces se designan por S, inicial de la palabra alemana, que quiere decir, vista, la agudeza visual, mientras otros lo hacen por V, (visus) que tiene la ventaja de relacionarse mejor por proceder de un idioma universal y clásico. Si D indica la distancia á la cual se lee el n.º N., tendremos la fórmula $V = \frac{D}{N}$

Una observacion muy importante, y que parece muy insignificante, es que la agudeza visual *absoluta* debe medirse con lentes correctoras muy exactas. Si se desea establecer una comparacion entre la agudeza visual con diferentes lentes, se tendrá una *agudeza relativa*, despues de la cual es necesario siempre agregar las palabras *sin correccion con tal ó tal lente con ó sin atropina*.

Si el ojo observado es emmétrope se debe siempre encontrar con la misma agudeza para todas las distancias; si el n.º C es leído á 100 piés, el n.º XX deberá estar á 20 piés, el n.º X á 10 piés etc, y toda interposicion de lentes débiles positivas ó negativas darán una vision mas escasa. Si la agudeza está disminuida cuando el individuo no lea el n.º XX mas que á 10 piés, no lo leerá mas que el X á 5, y así sucesivamente para otras distancias, en tanto que su acomodacion no le permita verlo mas cerca. Con el empleo de lentes convexas que reemplazan la acomodacion necesaria para ver á distancias mas próximas la agudeza será igual $\frac{1}{2}$.

Si el individuo es hipermétrope no podrá leer sin lentes el número L mas que á 20 piés; se empezarán por ensayar lentes convexas empezando por las débiles y continuando poco á poco con otras mas fuertes, llegando á aumentar la agudeza á cierto

grado desde donde empezará á disminuir cuando las lentes empleadas sean mas fuertes. El último número leído con la lente mas fuerte de las convexas dan el grado de agudeza visual, el número de la lente el estado de hipermetropia. Esta agudeza se conserva igual para distancias mas cercanas y para caracteres mas finos con el uso de las mismas lentes, si el ojo posee buena acomodacion, ó con las lentes calculadas segun la distancia, si el ojo está bajo la accion de la atropina ó la insuficiencia de acomodacion. Segun estos diversos ensayos los relativos al astigmatismo, serán objeto de un capítulo especial, pero entre tanto solo nos ocuparemos de las cuestiones siguientes: 1.^a La vision periférica.—2.^a La sensibilidad retiniana en general.—3.^a La percepcion de los colores.

§ 3.—EXÁMEN DE LA VISION PERIFÉRICA.—CAMPO VISUAL.

La vision central puede ser muy buena y á pesar de esto, la vision bastante defectuosa, esto es cuando la vision periférica es imperfecta ó muy reducida, en una palabra, cuando el *campo visual* es poco estenso. Se llama campo visual la estension exterior de espacio en que los diversos puntos son impresionados simultáneamente en la retina. En esta estension hay un punto particular llamado *punto de fijacion*, hácia el cual se dirige el eje visual y viene á formar su imágen sobre la parte de la retina que tiene mas esquisita sensibilidad sobre la *macula lutea*. Al mismo tiempo que este punto es visto mas distintamente todos los puntos circunvecinos vienen á impresionar la region de la retina situada al rededor de la macula y forman allí tambien imágenes bastante claras persistiéndose menos cuanto mas se aproximan á la region periférica. Esta nocion aunque algo imperfecta de los objetos próximos del punto de fijacion algo alejado, es un socorro poderoso para conducirnos y evacuar nuestras ocupaciones. Para darse una idea de esto, es necesario colocar un tubo de carton de la longitud de algunas

pulgadas y entonces se comprenderá la dificultad que se experimenta para conducirnos.

No entraremos aquí en discusiones poco prácticas á que han dado lugar, á propósito de la vision periférica, y nos ocuparemos solamente de determinar su situacion y su forma.

Las líneas de direccion de los objetos exteriores pasan todas por el punto nodal posterior situada, como ya sabemos, en el cristalino lo mas próximo á la cara posterior siguiendo á la parte de la retina impresionada teniendo la misma forma que el espacio exterior percibido ó invirtiendo la proposicion, la parte impresionable de la retina dá al espacio exterior percibido, una forma idéntica y proposicional en estension; aunque el iris puede contraerse no influye gran cosa en modificar la forma de la superficie retiniana impresionable. Esto se demuestra de una manera geométrica y es muy elemental para que nos entretengamos en esplicarlo. Siendo la papila redonda y no habiendo ningun obstáculo al rededor del globo ocular, la retina se hace sensible en una region circular al rededor de la macula y el campo visual tambien será circular. Pero fuera del ojo están las pestañas y la nariz que son obstáculos para que el campo visual sea circular, lo que se traduce en el ojo normal por un estrechamiento concéntrico correspondiente y proporcional á estas eminencias. Como esta imágen es invertida de lo que resulta del fondo del ojo, tendremos que la parte mayor corresponderá al lado derecho de la macula. Por la misma razon una afeccion de la retina que á hace esta membrana insensible abajo ó afuera se traducirá por un defecto del campo visual arriba y afuera y lo mismo para los demás puntos de la retina. Una parte limitada é insensible de esta membrana se traducirá en el campo visual por una laguna ó *escotoma*, escotoma, tanto mas estenso cuanto sea proyectado sobre un plano mas lejano. La mancha de Mariotte, que todo el mundo conoce, dá lugar á esperiencias que muy debatidas y que no es mas que un escotoma fisiológico. Despues de esta esposicion que es necesaria para

comprenderlo, veamos ahora cuál es la estension del campo visual normal y cómo puede determinarse.

Cuando no se desea mas que conocerlo de una manera aproximada, nos contentamos con colocar al individuo delante del observador á unos dos piés de distancia, haciéndole cerrar un ojo, recomendándole fijar con el otro la mano del observador, que tiene colocada sobre el pecho casi á la misma altura del ojo en observacion. Si la vision central existe, esta mano será vista mas ó menos claramente segun el estado de la vision. Entonces el observador hace variar la otra mano en diversas distancias de la primera, y en todos sentidos anotando los puntos donde percibe el enfermo, mirando siempre la mano que permanece fija hasta que deja de percibir la otra.

Este exámen poco preciso, es suficiente para apreciar un estrechamiento inmediato, pero si se desea inscribir este campo visual para compararlo con otro tomado en época diferente, es necesario entonces emplear diversos instrumentos conocidos bajo el nombre de *perímetros* ó *campímetros*, y cuyo número es casi tan grande como el de los oftalmoscopios.

Teóricamente es necesario para tomar el campo visual, que el ojo observado fuese colocado en el centro de una esfera, ó al menos en una media esfera y le fijase en el centro de la superficie convexa. Los puntos de cada meridiano donde se encontrará la vista de un objeto brillante, daria por su reunion el contorno ó el *plano* del campo visual, plano que puede dibujarse ó *proyectarse* sobre una cartulina. Este proceder poco práctico no es empleado y se suple por el empleo del *perímetro*. En casi todos estos instrumentos se hace girar al rededor del punto de fijacion como centro un semi-meridiano graduado en grados y la rotacion completa enjendra una superficie semi-esférica. Una aguja colocada en un cuadrante divididos en espacios de 5 en 5 grados indica á cada instante la posicion del meridiano movable sobre la superficie interior en la cual colocamos un objeto brillante que el enfermo debe ver al

mismo tiempo del punto de fijacion y cuya distancia á este punto está medida por la graduacion trazada sobre el meridiano. Si anotamos la medida de esta distancia podemos inmediatamente trazar el plano del campo visual. La mayor parte de estos aparatos complicados y costosos son poco empleados, pero en rigor no hay necesidad de tanta exactitud. Los *campímetros* ó superficies planas sobre las cuales el enfermo proyecta su campo visual, son de un uso mas general, y el mas simple y mejor en nuestro concepto, consiste en una tabla ennegrecida de 1^m30, de longitud, en cuyo centro hay un punto blanco de tres centímetros. Al rededor de este punto como centro se trazan círculos concéntricos que disten de 5 en 5 grados del cuadro elevado sobre el punto blanco y distante 0^m30 de este mismo. Estos círculos representan las proyecciones cónicas sobre un plano tangente al polo de la esfera de 0^m,30 de radio de las paralelas tiradas de 5 en 5 grados á partir del polo ó la intercepcion de este plano con las esferas concéntricas llevadas á la estremidad de los rayos que parten del mismo punto situado á 0^m,30 del cuadro, forma entre ellos ángulos de 5°, que se prolongan hasta dar con el cuadro. Tambien se traza sobre este cuadro las proyecciones métricas de los meridianos de 15 en 15 grados, segun lo demuestra el dibujo de la figura 89, que representa la mayor parte, pero que por falta de espacio está algo defectuosa, que será muy fácil el suplirlo ampliando lo que falta. El dibujo está sujeto á una escala de $\frac{1}{10}$ próximamente.

Para construir las tablas campimétricas es necesario hacerlo en fondo negro ó colores sumamente sombríos tales como el azul oscuro, el marron, el rojo, etc. El punto de fijacion O que es al mismo tiempo el centro de los círculos concéntricos, estará pintado de blanco, teniendo 3 centímetros de diámetro que estará colocado en el centro y un poco al lado para que el campo visual no pase de 75° del lado nasal, mientras que

afuera esté á 90° . Los límites superiores ó inferiores son tambien próximamente de 75° en el estado normal.

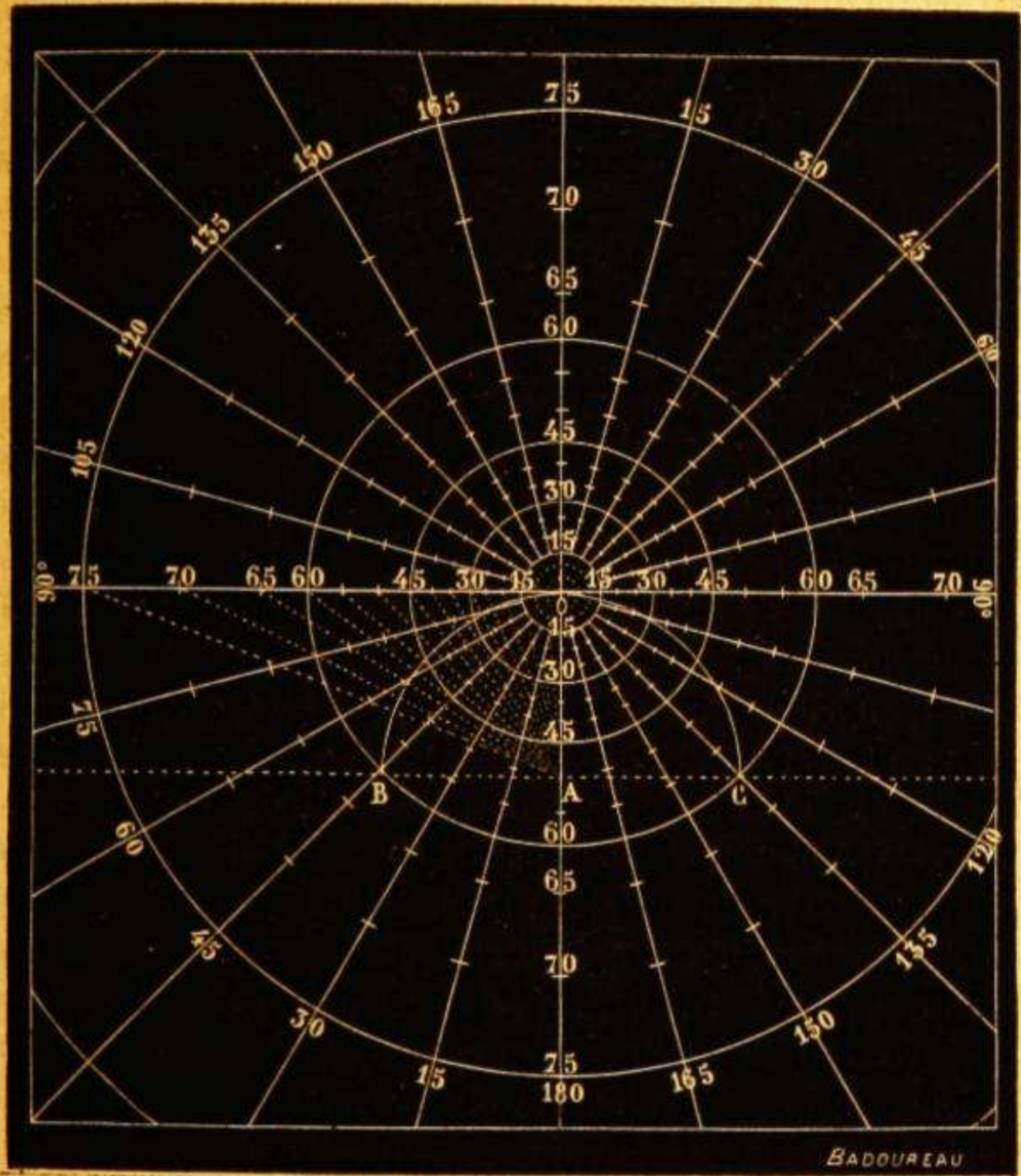


Fig. 89.

Para ejecutar los trazos indicados basta con describir del punto A como centro, y con un radio de 0^m30 , el arco de círculo BOC que se divide con relacion en partes distintas de 5 en 5 grados. Los rádios se trazan pasando por los puntos de division y se prolonga hasta la línea $90^\circ-90^\circ$ tangente a la estremidad del radio AO. Despues trazar los otros rádios

partiendo del centro O indicado sobre la figura y formando entre ellos ángulos de 15° , prolongándolos hasta el borde de la tabla. Esto hecho, del punto O como centro no hay mas que trazar los círculos pasando por los puntos de intercepcion con la tangente $90^\circ - 90^\circ$ de los ródios del arco BOC prolongado. Puede hacerse como está indicado en la figura, no trazar mas líneas que los grados 15, 30, 45, 60, 65, 75 y las líneas intermediarias por puntos separados. De este modo se ve mas fácilmente sobre qué paralela se encuentra sin tener necesidad de mirar la graduacion y para contar mas fácilmente desde el centro los círculos y multiplicar este número por 15.

En la ejecucion se supone que la parte punteada BOC se hará con el lapiz dibujándola en el cuadro. Las dimensiones de que podemos disponer para la figura no nos ha permitido el dibujarla entera, pero es muy fácil el poderla completar sobre un plano mayor.

Para tomar el campo visual por medio de estos cuadros será preciso sentar al enfermo frente al punto blanco O que debe encontrarse al nivel del ojo y á $0^m,30$ de distancia. Si tomamos el campo visual del ojo izquierdo, el derecho estará cubierto con la mano derecha del enfermo y la mirada permanecerá inmóvil dirigida hácia el punto de fijacion O ; el cuadro estará dispuesto como en la figura, de manera de ver el lado esterno en la mayor estension posible, por ser el lado en que la vision se estiende mas. Si examinamos el ojo derecho debe cambiarse el cuadro al lado contrario á fin que el ojo derecho se encuentre en la misma posicion que el izquierdo. Para obtener mas exactitud en los resultados conviene fijar el menton del enfermo sobre un apoyo distante de $0^m,30$ del cuadro y á cuya altura permita ver el ojo observado y el punto de fijacion sobre la misma línea horizontal.

Todo así dispuesto el observador toma una bola blanca fija en la estremidad de un mango negro y á la distancia de $0^m,30$ lo presenta sobre el campo meridiano empezando por el borde

del cuadro avanzando lentamente hácia el centro, haciéndolo ejecutar á la bola algunos pequeños movimientos de oscilacion. Desde que la bola es percibida por el enfermo, se traza con el lapiz un punto correspondiente á aquella recta y se continuará haciéndola avanzar para ver si existen lagunas y si la vision se conserva clara hasta el centro. Cuando se hubiese procedido así para cada meridiano, se hace descansar al enfermo un instante y se repite el exámen alternativamente. Algunas veces en el segundo exámen no coincide con el primero, porque el enfermo ha cambiado el punto de fijacion, pero si el límite del superior del campo visual ha montado y el inferior tambien, el campo visual no ha cambiado y conserva la misma estension. Si el escotoma (1) es central el punto de fijacion no será visto y la bola no aparecerá mas que á cierta distancia del punto blanco; sobre los límites si el enfermo es inteligente verá desaparecer la bola poco á poco y no tendrá mas que la mitad ó la cuarta parte visible. Desde luego es muy fácil indicar rigurosamente los límites del escotoma.

Cuando todos los puntos meridianos están marcados, se unirán por una línea contínua que indicará los límites, la forma y estension del campo visual: si se desea conservar la observacion, bastará con transcribirlo dibujándolo reduciéndolo segun la escala que se elija.

Si deseamos limitar bien exactamente con escotoma central ó vision central á fin de estudiar su marcha creciente ó decreciente, se procura construir en una escala mayor la parte central de la figura de observacion, de manera de poder apreciar de un modo sensible las diferencias bien minuciosas que puedan existir entre estos dos exámenes sucesivos.

En ciertos casos será conveniente tomar tambien el campo visual en la cámara oscura y con una iluminacion artificial que á voluntad se le pueda dar la intensidad teniendo tambien

(1) Se llama así á la parte del campo visual que no es percibida por la retina.

este término de comparacion, medio muy importante para el pronóstico.

Cuando el individuo es muy miope la determinacion del campo visual ofrece por lo regular muchas dificultades y estamos obligados á servirnos de una bola mas grande. La correccion de la miopía por lentes apropiadas, no tendrá realmente utilidad mas que para los objetos lejanos del centro de fijacion, porque los rayos luminosos vienen de una region mas excéntrica ó no atraviesan la lente ó lo hace tan oblicuamente que son irregularmente refractos y no forman imágen clara sobre la retina. Todos los rayos que dán las lentes para ver de lejos, se sabe bien que á pesar de la correccion de la ametropía el campo visual corregido está relativamente estrechado y no se estiende por delante de una determinada distancia del punto de fijacion. De esta manera estas personas no tienen nunca un campo panorámico bien estendido, y están obligadas á dirigir la mirada en todos sentidos para ver claramente las diversas partes.

En el cuadro del campímetro la graduacion se hace á partir de los 75°.

Hemos visto que en esta direccion al campo visual alcanza casi á los 90° y solo con este instrumento se podrá apreciar desde el principio un estrechamiento, pero aparte de esto, es necesario, aunque en este caso podemos presentar la bola por delante del cuadro y en la direccion del lado temporal del ojo sometido al exámen. Por lo demás es muy raro que pensemos en comprobar cuando el estrechamiento empieza por fuera.

§ 4.—DE LA SENSIBILIDAD RETINIANA EN GENERAL.—DE LA PERCEPCION Y DE LA PROYECCION LUMINOSA.

Todo lo que acabamos de decir se relaciona con el exámen del campo visual, pero hay numerosos casos en que la vision no existe; pero es necesario, no obstante hacerlo constar y medir la sensibilidad de la retina; sobre todo cuando existe

una catarata y que el enfermo nos demanda la operacion. Si no hemos asistido en su principio al enfermo y no tenemos ningun antecedente no debemos operarlo sin saber antes si podemos dar vista ó no. En efecto, la catarata puede no haberse producido despues de haberse perdido la vista por efecto de otra enfermedad como un glaucoma, atrofia del nervio óptico, una coroiditis, un desprendimiento de la retina etc. y como los conmemorativos pueden ser muy insuficientes ó inciertos, una operacion hecha en estas condiciones es poco á propósito para dar crédito á un profesor. Estando el fondo del ojo inaccesible á nuestros medios de exploracion; por el exámen de la percepcion y de la proyeccion luminosa y por el estudio de los fosfenas podemos venir en conocimiento del estado de la vision.

Cualquiera que sea la clase de catarata el enfermo deberá siempre distinguir la luz de la oscuridad y ver la claridad de una bugía colocada á 4 ó 5 piés de distancia en la cámara oscura. Para hacer esta determinacion se coloca al enfermo en la oscuridad ó se le hace cubrir con su mano el ojo que vamos á examinar; despues de esto le hacemos fijarse en una bugía, una lámpara ó mechero de gas colocado á algunos piés de distancia. Si dice apercibir la claridad se interpone la mano entre el ojo y el foco luminoso y el enfermo debe inmediatamente decir que nada ve tantas veces como la mano sea interpuesta. Se repite muchas veces esta esperiencia hasta que estemos plenamente convencidos que el enfermo distingue la luz de la oscuridad. Por los mismos medios podemos explorar la sensibilidad cuantitativa de la percepcion luminosa, y basta para esto con alejar la bugía ó luz empleada y ver si el enfermo reconoce estas modificaciones.

La proyeccion luminosa se reconoce de la manera siguiente: el enfermo continúa fijándose en la primera luz y se le hace pasar en el mismo plano, y sin advertírselo, una segunda luz alejándola algunos decímetros de la primera y deberá advertir que ve dos iluminaciones á un mismo tiempo. La luz será

sucesivamente alejada ó aproximada de la primera á derecha y á izquierda, arriba y abajo y en cada cambio el enfermo deberá siempre indicar la variacion que experimenta. Si el exámen es satisfactorio se puede deducir que la sensibilidad central y periférica de la retina es perfecta y la operacion podrá hacerse en excelentes condiciones; en el caso contrario se deberá guiar por el conjunto de síntomas y del conmemorativo sobre la conservacion de los fosfenas y proceder entonces como aconsejen estos. Es evidente que en este exámen deberá tenerse en cuenta el estado objetivo del ojo y si por ejemplo, el cristalino está aun en parte transparente y el enfermo acusa una gran disminucion de la vista ó de la percepcion luminosa, será necesario antes de decidirse á operar, inquirir si no existe alguna otra afeccion concomitante.

Para apreciar el estado de la retina nos valemos de los *fosfenas*. Este medio es muy bueno y debe ser empleado en union con los que acabamos de indicar y sobre todo cuando los primeros dan un resultado negativo. Todo el mundo sabe que se designa bajo el nombre de fosfenas, las luces que aparecen súbitamente cuando una parte cualquiera del globo ocular es comprimida. Estas luces afectan las mismas formas del objeto que comprime y se muestran en una direccion diametralmente opuesta á la parte comprimida; si se comprime la parte media y superior del globo, el fosfena aparecerá hácia la parte contraria; si se comprime abajo, el fosfena resulta arriba y así sucesivamente.

Esta relacion invariable entre la presion de los fosfenas y la parte comprimida nos proporciona un buen medio de asegurar el grado de certeza de la contestacion del enfermo. No nos estenderemos mas sobre los fosfenas si bien recomendamos para su estudio la notable obra de M. Serres (d'Uzes). Con el solo signo de los fosfenas dado por un individuo poco inteligente, no debe procederse á la operacion, sobre todo si estos signos son dudosos.

§ 5.—DE LA ACROMATOPSIA Ó PERCEPCION DE LOS COLORES.—
DEL DALTONISMO Ó ACROMATOPSIA.

La *acromatopsia*, como lo indica su etimología, es la percepción de los colores en general. Se han escrito muchos volúmenes para explicar de qué manera puede tener lugar esta percepción; se han inventado teorías mas ó menos ingeniosas, pero hasta ahora á pesar de los admirables descubrimientos de Young, Dalton, Arago, Tyndall, Marc, Schultze, Helmholtz, etc., carecen de utilidad para la práctica. Se sabe perfectamente, segun las esperiencias de interferencia la longitud de ondas de diversos colores y nos importa poco el saber por ejemplo, que la longitud de la onda de un rayo rojo es de 620 millonésimas de milímetro y que el número de las oscilaciones de un átomo de aire bajo la influencia de este color se eleva á 498,000,000 segun Fraunhofer mientras que este mismo átomo de aire en un millonésimo de segundo torna 1,655,342,000,000 veces sobre el mismo segun M. Huart. Este solo ejemplo es suficiente para mostrar que nos alejaríamos mucho de nuestro objeto si pretendiésemos abordar este estudio, que se ha hecho hoy una ciencia inmensa y de la cual no se puede ni aun reasumir, así que nuestros lectores que deseen mas ámplias reseñas consulten la bibliografía que dá Wecker en su *Traité des maladies des yeux*.

Poco nos importa la manera cómo se forma sobre la retina la impresion especial de los diversos colores: sabemos que un ojo normal percibe distintamente no solo todos los colores, sino aun una multitud de tonos y medias tintas. Esto es lo mismo para el sentido de la vista que para los demás: las disposiciones naturales son variables segun los individuos, la facultad se perfecciona por el ejercicio y el hábito y es por lo que se han observado tantas diferencias individuales. Se dice que Rameau, el célebre compositor habia distinguido hasta 12

y 17 armonías en la voz humana y el físico Seebeck distinguía el uno del otro dos diapasones en la cual uno daba 1200 vibraciones por segundo y el otro 1201. La misma diferencia se hace sentir para la vista. Ciertas personas ven los colores ó medias tintas que otros menos ejercitados no sospechan, y por lo mismo debemos admitir para la agudeza visual una cantidad por encima de la normal, pudiendo admitir una acromatopsia más que normal pero muy arbitraria y por lo tanto solamente sobre la percepción de los tonos ó medias tintas. Para esto se han construido *tablas cromáticas* y las más célebres son las de Mr. Chevreul, ilustrado director de los Gobilins, que permiten apreciar el grado extremo de la percepción de los colores.

En la práctica oftalmológica nos servimos de una quincena de pequeños cartones que representan los principales colores y que el enfermo debe reconocer claramente, si es que se trata de un cromatismo normal. Si existe alguna duda para algunos colores, se les enseñará al través de pequeñas aberturas hechas en una cartulina y si el color no es reconocido, hay que suponer desde luego el principio de una *acromatopsia*.

Esta enfermedad puede elegir un color y para cada uno de ellos se han creado nombres nuevos que no nos parece del caso el reproducirlos. Se ha dado el nombre de acromatopsia tomada del griego, para designar la ceguera de todos los colores. No obstante, no creemos que esta palabra debe emplearse y debe buscarse otra más exacta y que espresé mejor, teniendo un carácter más genérico.

Algunos autores han preferido la espresion de discromatopsia (dificultad de ver los colores) por ser más general que la primera, pero veremos también que esta palabra no será posible aplicarla á cierto número de casos, por ejemplo, á la ausencia de percepción de los colores. Designaremos, pues la enfermedad que nos ocupa con la palabra acromatopsia permitiéndonos un calificativo para espresar claramente nuestro pensamien-

to. Acromatopsia, para el azul rojo, violado etc., en vez de las expresiones duras de *akianoblepsia*, *anerithroblepsia* etc. Es necesario cuidar de no confundir ciertos colores con otros y casi siempre estos colores no son percibidos, por lo tanto, no debemos emplear la palabra cromatoseudopsia, pero que será inútil por entrar en la que nosotros hemos adoptado.

Para acabar pronto con la discusion de estas palabras aceptamos el nombre de *Daltonismo* que tiene la ventaja de no indicar nada, pues solo es el recuerdo del ilustrado Dalton que estuvo afectado de este padecimiento, siendo por lo tanto la espresion mas aceptada y generalmente conocida y empleada. Por lo tanto se dirá acromatopsia absoluta ó completa, ó daltonismo completo ó absoluto cuando el enfermo no distingá ningun color, no obstante pueda distinguir los *tonos* y ver los objetos como en fotografía. Se dice acromatapsia parcial para tal ó cual color cuando este color no sea percibido y le confunda con otro. De este modo podremos perfectamente entendernos sin estar obligados á crear palabras nuevas que no salen de los libros y que son mucho mas duras que la enfermedad que pretenden ó quieren designar.

El daltonismo, sea total ó parcial puede ser congénito ó sobrevenir á una edad mas ó menos avanzada. En el primer caso será mucho mas difícil precisarlo porque el enfermo no haya visto nunca ciertos colores y no tendrá idea de él, mientras que el que se hace acromatopso á cierta edad conservará el recuerdo y verá perfectamente que no le encuentra en ninguna parte. La etiología del daltonismo es muy variable, si es congénita la vista de los objetos está siempre perfectamente conservada y la agudeza visual es por lo regular normal, lo que hace escluir la idea de una alteracion patológica de la retina ó de los otros elementos del ojo, que nunca ha comprobado la autopsia: si es accidental puede sobrevenir á la impresion de ciertas sustancias durante ciertas enfermedades, ya generales ó locales. Esto exige alguna esplicacion, entre estas sustancias hay

que señalar la santonina que á menudo hace ver los objetos coloreados de amarillo.

Entre las enfermedades generales hay que anotar la *ictericia* cuando se presenta súbitamente, pero esto no es un verdadero daltonismo y así lo creemos, pensando que esta coloracion amarilla es simplemente producida por la presencia en los medios refringentes y en las membranas transparentes del ojo de materias colorantes del sémen-contra y de la bilis, cuya presencia se ha podido demostrar haciendo el mismo efecto que vesículas amarillas.

Las enfermedades locales de la retina ó del nervio óptico son las que dan la verdadera acromatopsia, tales como la ambliopía tóxica, la atrofia progresiva de los nervios ópticos, ya se relacione con la atoxia locomotriz, ya con el glaucoma. A menudo estos síntomas están muy manifiestos, si bien los otros (disminucion de la agudeza, estrechamiento del campo visual etc.) están poco manifiestos, que no son constantes ni siguen la marcha de los otros.

El daltonismo congénito es casi siempre hereditario y mucho mas frecuente en el hombre que en la mujer.

El diagnóstico se hará, como ya lo hemos dicho, haciendo reconocer al enfermo, una série de pequeños cartones coloreados que se le presentan sucesivamente á dos á dos y por último al través de una pequeña abertura practicada en una cartulina blanca. Esto será suficiente para la práctica. Para estudiar la cuestion de una manera profunda es necesario segun M. Goubert (tesis del doctorado. París 1867) emplear el espectroscopo, del cual las indicaciones son tan precisas á causa de las *líneas oscuras* que tienen en la imágen una posicion fija y perfectamente determinada. El exámen deberá igualmente ser hecho á la luz del dia ó á la artificial, teniendo siempre en cuenta las modificaciones que esta última puede tener, para el ojo normal en la percepcion de ciertos colores. Por último, la acromatopsia congénita existe constantemente en los dos ojos

mientras que el daltomatismo sintomático de una lesión ocular no existe mas que del lado afecto.

El *pronóstico* es mucho mas grave en el último caso que en el primero, porque depende de la afección concomitante contra la cual son importantes, por lo regular, los recursos del arte, mientras que en el otro, como ya lo hemos visto, la visión puede restablecerse.

El daltonismo congénito hasta nuestros tiempos era considerado incurable, hoy la terapéutica ha dado un gran paso y MM. Delbœuf Spring han demostrado que por medio de lentes coloreadas se ha podido conseguir que los enfermos distingan ciertos colores ó al menos el no confundirlos con otros. En 1837 Seeberk habia ya insistido sobre el empleo de lentes coloreadas. Estas pueden estar formadas de dos discos entre los cuales se superpone una placa de gelatina fuchsinada (Jabal) que es simplemente una lente roja; el daltonismo adquirido ó sintomático debe ser tratado de la misma manera. En los casos de intoxicación alcohólica ó nicotínica lo hemos visto ceder con frecuencia á la suspensión de las causas ocasionales (tabaco, alcohol). Por último, bajo el punto de vista práctico debemos señalar la importancia que tiene el conocimiento de esta afección para aquellos, cuyas ocupaciones necesitan conocer las señales por los colores, como son los marinos, los empleados de los ferro-carriles ó los que se sirven de colores como los pintores, tintoreros, etc.

CAPÍTULO SEGUNDO.

DIVERSAS CLASES DE LENTES Y SU INFLUENCIA EN LA VISION.

Consideraciones generales.

Seria difícil y casi imposible de condensar en un capítulo todo lo que se ha dicho sobre lentes. En el curso de nuestra obra hemos hablado ya de lentes y algunas veces hemos dado detalles con bastante estension sobre su empleo. Para completar lo que ya hemos dicho nos detendremos en algunas consideraciones generales, por mas que en el siguiente capítulo espondremos sus ventajas é indicaremos su utilidad y su aplicacion en cada caso particular de ametropía.

Las lentes se dividen en tres grandes clases: 1.º lentes *sin focos ó neutras*: 2.º lentes *de foco ó lenticulares* esféricas ó cilíndricas: 3.º lentes *prismáticas* con ó sin foco.

§ 1. — LENTES NEUTRAS Ó CONSERVAS.

Estas lentes están destinadas á preservar el ojo del contacto de los cuerpos estraños ó á garantizarle de una luz demasiada intensa: por mas que llevan el nombre de *conservas* nosotros no nos ocuparemos de ellas mas que bajo el punto de vista óptico ó en relacion directa con una enfermedad ocular pues los demás objetos no tienen interés científico.

Las conservas están teñidas en azul, verde ó negro. Cada color tiene sus partidarios y sus enemigos, y mientras unos ensalzan las propiedades *terapéuticas* del azul (Boehm,) otros prefieren el verde ó el negro; seria muy aventurado pronunciarse sobre dichos colores, tanto mas cuanto que creemos que estos no han sido ensayados comparativamente en el mismo sujeto,

pudiendo ser relativo su valor en la clase de afecciones y en el estado del ojo enfermo, si bien nosotros preferimos los cristales llamados *ahumados*. Bajo su influencia, los objetos no se colorean de una manera artificial, y parecen envueltos en una sombra que el ojo puede distinguir sin fatiga. Cualquiera que sea el color empleado, hay siempre un cierto número de tintas de las cuales las mas claras están destinadas á disminuir lijera-mente la intensidad de la luz ó á reemplazar las tintas mas oscuras empleadas primitivamente, á fin de que la supresion que resulte de la impresion sea menos sensible. Los colores oscuros no deben ser empleados sin una absoluta necesidad, porque absorven mucho el calor y queda el ojo muy sensible cuando se suprime su empleo. En todos los casos no debe emplearse mas que en el medio del dia ó para una luz artificial muy intensa.

Las conservas tienen formas muy varias y ya son redondas, ovales, planas, abombadas, etc. Los cristales planos convienen para los tintes lijeros, por no proteger mas que la vision central y mas vale que sean grandes que pequeños. Los cristales abombados convienen para los colores mas oscuros, sobre todo cuando va á impedir que la luz penetre periféricamente al rededor de la lente, pero su fabricacion en grande hace que sea generalmente defectuosa en este sentido, que presenta casi todo un *foco* y para ver bien es necesario que sean tallados y perfectamente *periscópicos*, y esto le hace subir el precio.

Hay otro género de lentes que podemos colocar en una tercera clase y que hemos enumerado al principio y que se emplea ya como lentes neutras ó ya con las lentes lenticulares ó cilíndricas, que se llaman *estenopéicas*. Este aparato consiste en un pequeño orificio cuadrado hecho en una placa de cristal deslustrado ó ennegrecido sea en una placa metálica ó en una lente cuyas caras están cubiertas de una capa de barniz negro. En este último caso se comprende que solo se utilizará la parte de lente que está desprovista de barniz.

Estos aparatos tan simples dan algunas veces excelentes servicios en los casos, como por ejemplo, manchas de la córnea, miopía muy fuertes ó de deformidades de la córnea ó del iris despues de operaciones ó enfermedades. Tienen por objeto esencial el no dejar llegar sobre la retina mas que rayos luminosos regularmente refractados, que solo dan imágenes claras y para seguir su forma y subordinada al estado de la córnea ó de la pupila.

Para determinar que género de abertura es mas favorable para la vista, se coloca en la lente de ensayo un diafragma armado de un orificio que le permite al enfermo el hacerle girar hasta que la vista sea sensiblemente mejorada, lo que se hace constar fácilmente con las escalas tipográficas; si el orificio no produce ningun efecto ventajoso se hará pasar sucesivamente por delante de la pupila otro diafragma armado de otra abertura circular ú oval de diámetro variable y se verá si por este medio puede llegarse á corregir y aumentar la agudeza visual. Cuando la mejora es producida por la abertura circular ú oval se dejará en la posicion que ha sido registrada mas favorable y se colocarán las lentes convexas ó cóncavas que se usan para ensayar la ametropía ordinaria. Pero si ningun cristal mejora la vision procuraremos colocar en el orificio, ó bien sobre la lente, un pedazo de tela ó papel negro en el cual trazaremos un orificio de la misma forma y en la misma direccion que el del diafragma empleado, y así se podrá para el mismo uso reemplazar el tafetan ó el papel negro por una capa de barniz del mismo color.

El principio de las lentes estenopéicas es muy simple y consiste, como lo hemos dicho ya, en no dejar llegar al ojo mas que rayos luminosos que atraviesan partes transparentes y regularmente refringentes y en eliminar todos aquellos que sean difusos por superficies irregulares ó semi-transparentes ó de medios provistos de opacidades. Estos últimos en efecto producirán al rededor de la macula, donde se forma la imagen distinta una

claridad mas ó menos uniforme que velará la precision de esta imágen.

En los casos de miopía muy fuerte las lentes correctoras tienen el inconveniente de hacer parecer los objetos mucho mas pequeños, y por poco que la agudeza visual sea disminuida, la vision de lejos es muy imperfecta. La pupila ámpliamente dilatada deja pasar á la retina rayos demasiado es-céntricos para poder tener una imágen bien clara. En estas condiciones el agujero estenopéico tiende á estrechar la pupila y puede hasta cierto punto reemplazar las lentes cóncavas con gran ventaja para hacer ver los objetos mucho mayores y para seguir mas distintamente todos sus accidentes, cualquiera que sea el estado de refraccion del ojo: si miramos al través de una pequeña abertura, puede verse distintamente mas acá del punctum proximum y mas allá del punctum remotum; si el ojo es miope á consecuencia de la disminucion de los círculos de difusion, una pequeña iluminacion de los objetos, seria insuficiente.

Ya hemos visto en otro lugar de esta obra que el empleo del agujero *estenopéico* es indispensable para determinar la agudeza visual de la mayor parte de los individuos que se hallan bajo la accion de la atropina y que no debe olvidarse si deseamos determinarlo exactamente.

El inconveniente de estos aparatos es el estrechamiento considerable del campo visual y de producir una gran pérdida de luz, pérdida tanto mayor cuanto el orificio es mas estrecho y mas lejano del ojo.

El principio del aparato estenopéico no es aplicable á las lentes destinadas á servir diariamente, toda vez que el campo visual es muy limitado; en cambio para la lectura dá excelente resultado. Mas adelante veremos, á propósito del astigmatismo, como se emplea la lente estenopéica para determinar y medir esta anomalía de la refraccion.

§ 2.—DE LAS LENTES LENTICULARES ESFÉRICAS, CILÍNDRICAS
Ó ESFERO-CILÍNDRICAS.—FAKÓMETRO.

Todas las lentes esféricas convexas ó cóncavas pueden ser empleadas, pero los cristales plano-convexos y plano-cóncavos han sido escludidos y no quedan mas que los bi-convexos ó bi-cóncavos y los meniscos convergentes ó divergentes. No obstante si se le reemplaza la cara plana del plano-convexo ó del plano-cóncavo por una cara cilíndrica, se tiene el cristal *esfero-cilíndrico*, y si se le reemplaza la cara esférica por una cilíndrica tendremos el cristal cilíndrico simple ó *plano-cilíndrico*; y por último si las dos caras son cilíndricas será bi-cilíndrico. Estos tres últimos son muy empleados en el dia.

Las lentes obran sobre los rayos que vienen á caer sobre el ojo de dos maneras: 1.º haciéndolos converger, 2.º haciéndolos diverger. Hay dos especies de lentes: *a. convergentes*; *b. divergentes*; obrando las unas y las otras sobre los límites de la vision distinta.

a. Lentes convergentes ó convexas.—Vamos á ocuparnos de las lentes esféricas; sabemos que las lentes terminan por dos caras convexas de igual rádio; que gozan de la propiedad de hacer converger un poco hácia el centro de curvatura los rayos que caen paralelamente al eje. Cualquiera que sea la direccion de los rayos incidentes, estas lentes harán siempre experimentar una desviacion igualmente relativa á su direccion primitiva y cualquiera que sea la cara que reciba estos rayos. Estas son por lo tanto, las lentes mas simples, lentes bi-convexas. Si una de la cara de la lente es convexa y la otra cóncava, pero de un rádio de curvatura mas grande, la lente será aun convergente y es el *menisco convergente* ó lente *periscópica*. Estas lentes que se emplean bastante, tienen la ventaja, como lo ha demostrado Wollaston, de alterar menos las imágenes cuando el observador mira oblicuamente á pesar del ángulo que se hace con

el eje de las lentes; para las lentes débiles este inconveniente no tiene gran importancia, pero para las fuertes el peso mas considerable de los periscópicos los hace retroceder, así, que no conviene emplear mas que los números medios por mas que son un poco mas caro que los otros.

Se hacen, no obstante, lentes convergentes de *doble foco*, que tienen la mitad superior y la mitad inferior á una distancia focal diferente. Es así que en un menisco la cara cóncava pertenece á dos esferas de rádios diferentes. La parte superior de la lente sirve para la vision de lejos y la mitad inferior para la vision de cerca (fig. 90) se puede tener á la vez una lente cóncava de la parte superior y convexo en la inferior

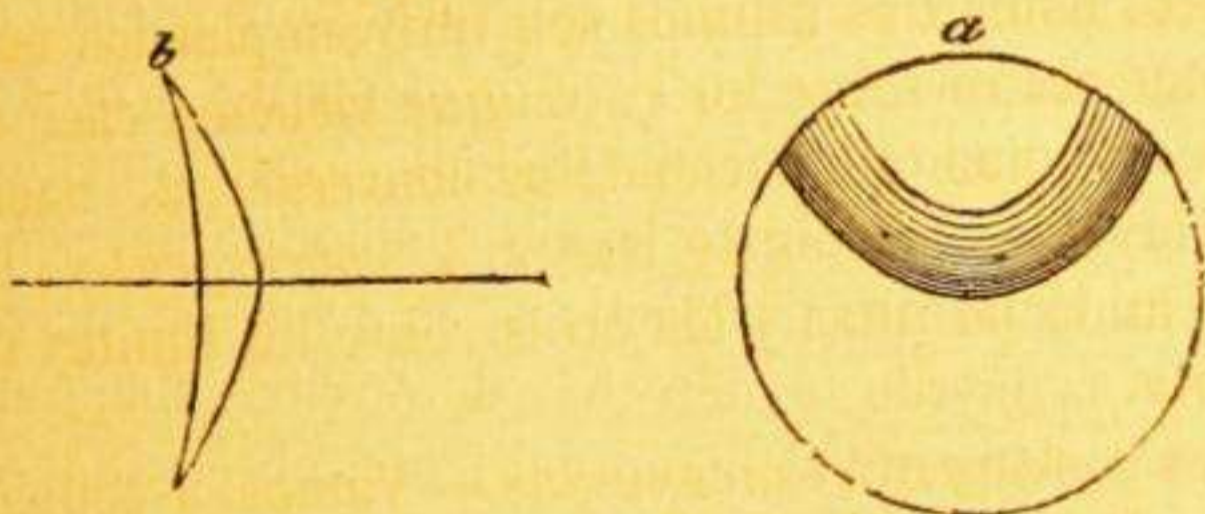


fig. 90.

conveniente en los casos de miopía débiles con presbiopía. Se sabe que Franklin tenia una miopía $\frac{1}{20}$ y un débil poder de acomodacion y se hizo construir lentes compuestas de dos mitades de lentes, la superior cóncava al través de la cual miraba á las distancias lejanas para corregir su miopía, y el inferior convexo que le servia para la escritura. Estos cristales así dispuestos llevan el nombre de lentes de Franklin y pueden ser reemplazados por lentes de doble foco. Para hacerlos completos puede obtenerse por una lente convergente que hace el mismo efecto que una lente esférica superponiendo dos cilíndricos con los ejes cruzados teniendo un foco igual al del cristal esférico ó tallando dos caras de las lentes de manera de obtener la

misma combinacion que la de arriba. Estas lentes llevan el nombre de *lentes de Chamblant*.

b. Lentes divergentes ó convergentes.—Las lentes divergentes se hacen de la misma manera que las anteriores sustituyendo á las lentes ó las superficies convexas, ó las superficies cóncavas, por lo tanto creemos inútil repetir lo dicho anteriormente.

Manera de distinguir una lente convexa de una cóncava y de medir el foco.—Este es muy sencillo y muy sabido, encontrándose en todos los tratados de física. Para distinguir una lente convexa de una cóncava, sobra con apreciar el foco que es mucho mas corto y además el tacto tambien lo aprecia, pues las lentes convexas son mas gruesas en el centro que en los bordes y las cóncavas son al contrario. En cuanto á su distancia focal es necesario recurrir á otros medios y hé aquí cómo se consigue: teniendo colocada la lente verticalmente miraremos al través suyo un objeto lejano, pudiendo hacerle ejecutar á la lente movimientos paralácticos, es decir de derecha á izquierda, de izquierda á derecha, de arriba abajo etc., pero siempre paralelamente al plano del lente, observándose que la imágen en que sentido se separa del objeto lejano.

Si es una lente convexa la imágen será en *sentido inverso* de la lente (1) si es cóncava se separará en el mismo sentido, pero si es una lente convexa la imágen es menos clara y amplia, á menos que su foco no caiga por delante del ojo del observador en cuyo caso esta imágen es *real mas pequeña* que el objeto é *invertida*; si es una lente cóncava la imágen es siempre *distinta, recta y mas pequeña* que el objeto, tanto mas pequeña cuanto que su distancia focal sea mas corta. Con un poco de hábito se puede apreciar próximamente el núme-

(1) Si el ojo está colocado de manera que la imágen del objeto esté entre este ojo y la lente con los lentes de corto foco, por ejemplo, aquel seguirá el movimiento de la lente convexa y su separacion en el mismo sentido que este último como para las lentes cóncavas, pero la imágen estará invertida mientras que esta es siempre *recta* con las lentes cóncavas.

ro de una lente con solo examinarla simplemente, es decir, si la tal lente es mas fuerte ó mas débil que otra aun cuando la diferencia sea muy pequeña. Para medir la distancia focal de una lente convexa, basta con recibir sobre una pantalla la imágen clara que dará un objeto alejado y de medir la distancia de esta imágen de la lente. Este proceder muy bueno para los focos cortos, es poco práctico para las lentes débiles si no tenemos á mano una caja de ensayo.

Por este proceder no se puede medir el foco de una lente cóncava que no dé mas que imágenes virtuales. Si tenemos una caja de ensayo, despues de haber reconocido si la lente es positiva ó negativa se le superpone una lente no correctora y se le imprimen movimientos paralácticos. Si la imágen se mueve en el mismo sentido, se cambia por otra mas fuerte y se empieza nuevamente hasta que la imágen permanece inmóvil á pesar de los movimientos de la lente. Entonces la lente estará completamente neutralizada y formará con la adición una lente de cara paralela y el número de esta última indicará la distancia focal del primero que estará bien entendida por el número contrario. Si se emplea una lente mas fuerte que la lente que examinamos, la imágen se alejará en sentido inverso de esta lente y será necesario recurrir á un número mas débil hasta obtener la neutralización que á menudo no es muy completa porque es raro que las lentes del comercio tengan exactamente la distancia focal que indica su número. El número que neutraliza mejor y si es mas refringente que el otro, será por lo tanto mas *fuerte*, si es menos, entonces será mas débil. Ejemplo: si tenemos una lente convexa núm. $8\frac{3}{4}$ numeracion antigua, que no existe en las cajas de ensayo y que le superponemos por una cóncava de núm. 8, la neutralización no será tan buena como si empleásemos el número 9 que es mas débil. El núm. $8\frac{3}{4}$, en efecto, acerca mas que el 9 del 8 y diremos que es un 9 *fuerte*. Pero si ensayamos con lentes métricas cuya numeracion crece proporcionalmente, es claro que la lente convexa $8^{\text{D}},75$ eutralizaria

mejor el n.º 9 que el n.º 8. Este proceder es mas largo de explicar que de ejecutar. Pero si queremos tener una numeracion rigurosa se puede emplear diversos instrumentos llamados *fakómetro*.

Fakómetro.—El mas conocido de estos instrumentos es el de Snellen, pero su considerable volúmen, lo complicado de su mecanismo, lo elevado de su precio, hace que no se use mucho en la práctica y á mas que solo sirve para medir las lentes convexas.

En estos últimos tiempos Mr. Badal ha hecho construir uno que es el representado en nuestro grabado (fig. 91) cuyo simple mecanismo y precision etc. le hacen recomendable

Este instrumento permite determinar en algunos segundos, y de una manera rigurosa y matemática la distancia focal de una lente cualquiera y su valor en pulgadas ó dióptricas y cualquiera que sea la refraccion del ojo observado.

Se compone de un tubo de cobre de 30 centímetros de longitud cerrado por su estremidad posterior por un diafragma con un orificio en el centro de 2 centímetros que es donde se aplica la lente que vamos á ensayar.

En el primero hay una lente biconvexa de 10 centímetros de longitud focal que dista del porta-objetos una distancia igual.

Esta lente es movable al rededor de una articulacion exterior de tal suerte, que á voluntad puede quitarse un otro tubo ennegrecido en el interior que está enchufado lleva una placa de cristal deslucido como el primero que sirve de pantalla, este tubo puede deslizarse para ampliarse ó acortarse á voluntad, lleva una graduacion que indica en centímetros y pulgadas las longitudes focales de las lentes y tambien su potencia refringente en dióptrica. Las líneas que cor-



Fig. 91.

responde á dióptrica están separadas por un espacio que es igual á la potencia de la distancia focal de la lente que encierra el instrumento. Por ejemplo, si esta lente tiene $0^m,10$ de foco el espacio en cuestion es igual á $(0^m,10)^2=0^m,01$.

Las sub-divisiones corresponden á las $\frac{1}{2}$ dióptricas y $\frac{1}{4}$ dióptrica.

Veámos ahora cómo se procede para conocer el número de una lente.

La lente se mantiene en el lugar designado contra la estremidad posterior del instrumento, el observador dirige el fakómetro hácia un objeto lejano y hace deslizar el tubo enchufado, primero hácia delante ó atrás segun que la imágen recibida por la pantalla parezca mas clara en un sentido ó en otro, buscando el punto mas preciso como si fuésemos á manejar un aparato fotográfico. En este momento el número de la lente examinada es dado por la cifra marcada y corresponde á la estremidad anterior del primer tubo.

El observador no debe nunca preocuparse de la distancia que le separa del ojo de la estremidad anterior del instrumento y debe colocarse en un punto donde vea mejor segun que sea miope, hipermetrópe ó presbiope, no hay necesidad de usar lentes si está acostumbrado á usarlas para la vision de cerca.

Observacion. La lente móvil del instrumento debe estar colocada en el tubo para todas las lentes negativas que se ensayan y para todas las lentes positivas de distancia focal superior á la suya. Y por el contrario para todas las lentes positivas de distancia focal inferior á la suya.

Si el instrumento ha sido construido con una lente de 10 dióptricas, sabemos que las solas lentes por las cuales se ha suprido su empleo son para las $+10$ á $+20$ dióptricas. Así construido el instrumento que ha de servir para medir las lentes negativas cuya potencia refringente será superior á 10 dióptricas, no será mas que un artificio que no dará resultado; para esto se coloca contra la lente concava que se mide una lente

biconvexa de 10 diópticas y las dos lentes estarán fijas bajo el porta-objeto. Es evidente que añadiendo la escala una cifra de 10 diópticas de graduacion para tener la potencia refrigente del cristal examinado. En este caso es verdad que hay un pequeño error á causa del espesor de la lente asociada, y la distancia focal encontrada varía un poco segun que se coloque la lente positiva delante ó detrás de la lente cóncava. pero este error es insignificante.

Si se opera de noche ó en la oscuridad y no tenemos mas que objeto lejano como punto de fijacion, es muy fácil que en el primer caso servirse de este instrumento. Para esto hay dos medios; el primero consiste en recibir sobre la pantalla la imágen de una bujía colocada exactamente á 1 metro de distancia de la lente examinada. Los rayos luminosos tienen desde luego una divergencia igual á 1 dióptica y es fácil agregar esta cantidad á la cifra obtenida si se trata de una lente convexa y restarla si es cóncava.

El segundo medio consiste simplemente en colocar cerca de una bujía distante algunos metros de una lente hácia la cual se dirigirá el instrumento de modo que pueda recibirse sobre la pantalla la imágen reflejada de la bujía. En este caso la distancia del objeto de fijacion podrá ser considerada como doble y si la lente tiene un foco mediano ó corto el resultado será el mismo que con los rayos paralelos. Si nos servimos del fakómetro de Snellen, no podremos medir mas que las lentes positivas; para ver las lentes negativas correspondientes se *unen* con las primeras y cuando se obtiene la neutralizacion resulta un número igual del signo contrario.

Todos estos detalles son de gran importancia sobre todo para el oculista que debe saber al menos tanto como el óptico. En las cajas de ensayo se encuentra á menudo un instrumento que se llama *pinza de turmalina* y que sirve para reconocer si las lentes de las cajas es *cristal artificial* ó *cristal de roca* y si este último está tallado *por el eje* del cristal ó mas ó menos

oblicuamente lo que le hace perder de valor. Si se interponen entre las láminas de turmalina una lente cualquiera de *flint* de *crown* ó de otra sustancia fundida y se mira al través, no veremos nada, pero si por el contrario es una lente de *crystal de roca* observaremos en medio de esta una cruz erizada ó un pequeño espectro mas ó menos circular y cuya forma indica si la lente ha sido *tallada por el eje* ó no.

Lentes cilíndricas y esfero-cilíndricas. Las lentes cilíndricas tienen, como lo indica su nombre, caras talladas como un cilindro. Lo mismo que la lente esférica bi-conveja es producida por la intercepcion de dos esferas, así los

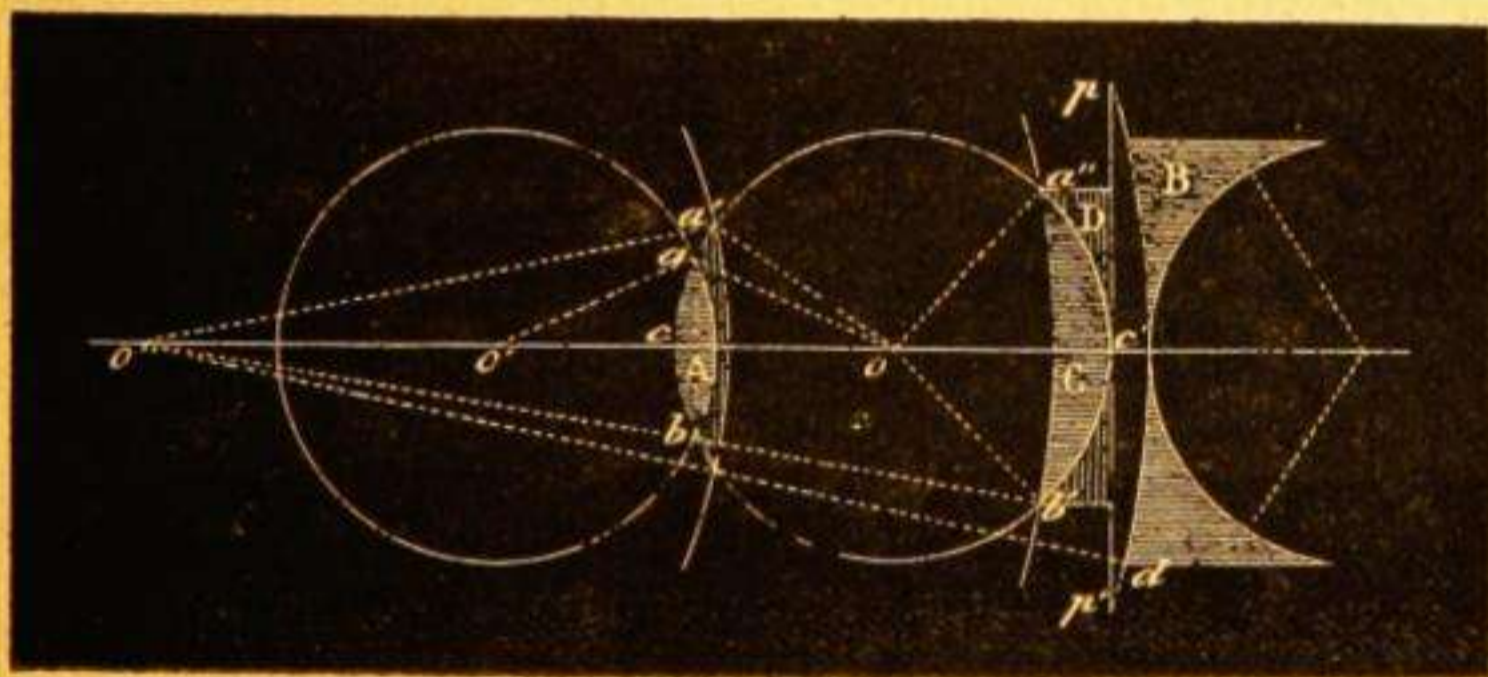


Fig. 92.

crisales bi-cilíndricos es producto de la interposicion de dos cilindros $o a, o' a''$ (fig. 92) cuyos ejes son paralelos. Si estas lentes estuviesen divididas en dos por el plano medio con el punto de intercepcion de las dos superficies, tendríamos dos lentes plano-cilíndricas de lo que resultaria que cada una tendria la mitad de la fuerza convergente de la lente *bi-cilíndrica*, si las superficies cilíndricas son de radio diferente como $o a' o'' a'$, las superficies cilíndricas tendrian cada una un poder refringente ó convergente proporcional. Pero si los dos cilindros son de radio diferente de suerte que la superficie $a'' c' b'$ del pequeño cilindro $o a''$ no llega á la

cara del gran cilindro $o'' b'$ estas dos superficies limitarán el menisco cilíndrico C indicado por las líneas horizontales cuando sean convergentes porque la superficie convexa pertenecerá á un cilindro del diámetro mas pequeño de la superficie cóncava y será por lo tanto un cilindro *periscópico*. La figura anterior representa un corte perpendicular del eje del cilindro y ofrece todas las variantes de las lentes cilíndricas convergentes ó divergentes. La lente D , representada por las líneas verticales y limitada por un lado por la superficie cóncava $a'' c' b'$, y por el otro por el plano $p p'$, es cilíndrico el *plano cóncavo*: si en vez del plano $p p'$ tuviéramos la superficie convexa del gran cilindro $o' d$ de un rayo mas grande que $o a''$ el espacio comprendido entre las dos superficies seria un menisco cilíndrico cóncavo ó divergente.

El resultado de la construcción de las lentes cilíndricas es que los rayos luminosos paralelos caen siguiendo un plano perpendicular al eje del cilindro, encontrando una superficie esférica serán refractados como por la cara de una lente esférica de igual radio é irán á converger sobre un plano paralelo al eje del cilindro. Aquí el foco en vez de ser un punto será una línea paralela al eje del cilindro. Los rayos luminosos paralelos que caen sobre el cilindro seguirán el plano del eje ó paralelamente á este plano, encontrando por el contrario dos superficies paralelas y no se refractarán. Se vé por lo tanto la acción particular de lentes parecidas porque no refractan los rayos incidentes sino en un plano no paralelo del eje.

La refracción ó mejor dicho la desviación llegará al máximo en los planos perpendiculares al eje y disminuirá cada vez mas que este plano se haga mas oblicuo, hasta ser nulo cuando los rayos caigan paralelamente al eje. En efecto, la sección del lente cilíndrico perpendicular al eje es una porción de círculo ó circunferencia del mismo radio que el del cilindro, mientras que las otras secciones oblicuas serán partes de elipses al eje tanto mayores ó la curvatura mas débil que estas sec-

ciones se acerquen al eje del cilindro, en cuyo caso el eje de la elipse será infinito y la desviación nula.

Los cilindros de que acabamos de hablar son convergentes ó positivos. Si deseamos obtener los cilíndricos divergentes ó negativos bastará con colocar los cilindros tangiblemente ó á una cierta distancia el uno del otro y siempre con los ejes paralelos. El espacio comprendido entre estos dos cilindros será lo que se llama un cilindro *bi-cóncavo*. Si el cilindro es tangente ó paralelo al plano, el espacio que lo separa formará un *plano, cilíndrico-cóncavo*: por último si dos cilindros desiguales de radio se colocan el uno con el otro de manera que la superficie externa del pequeño esté en contacto con la superficie interna del mayor, ó á cierta distancia, el espacio comprendido entre estas dos superficies nos dará un menisco cilíndrico divergente. Si hemos hablado de todos estos cilindros es solo por demostrar la analogía con las lentes esféricas; en la práctica no se emplean mas que los planos cilíndricos convexos y cóncavos ó los esfero-cilíndricos. No obstante, tendrán ventaja bajo el punto de vista económico el emplear las lentes bi-cilíndricas que pueden fabricarse en grande escala y dar mejor resultado que los esfero-cilíndricos que darían el mismo resultado. Es inútil el decir que las lentes cilíndricas cóncavas ó divergentes no obran como las cilíndricas convergentes, que sobre el radio que les atraviesa en un plano no paralelo al eje, solamente son divergentes estos radios cuando convergen como estos últimos. Las lentes esfero-cilíndricas pueden tener dos caras positivas ó negativas ó bien una positiva y otra negativa. A propósito del astigmatismo, veremos cuáles son las reglas que presiden á estas combinaciones.

Dada una lente cilíndrica es necesario que el médico sepa si está bien tallada ó bien montada. Si el cilindro es simple ó plano cilíndrico, bastará con ver si el número es contrario y con el eje paralelo neutralizar el primero y tendremos una lente de caras paralelas, esto se podrá conseguir fácilmente imprimiéndolo

dole movimientos *paralácticos* y sobre todo por movimientos de *rotacion* en el plano del paralelaje. En efecto, si se hace girar así á un cilindro, la imágen de los objetos exteriores se deformará sucesivamente en un sentido ó en otro, lo que no tiene lugar por las lentes esféricas y con mas razon por las lentes planas. Si una de las caras de la lente es cilíndrica y la otra esférica, se procede de la misma manera neutralizando desde luego la cara cilíndrica como procederíamos con el cilindro de signo contrario; pero cuando los movimientos de rotacion paralácticos no dan mas deformidad de la imágen ni cambio alguno superpondremos una lente esférica de número contrario hasta neutralizar el primero obteniendo el efecto de una lente plana como para las lentes esféricas ordinarias.

El eje de los cristales cilíndricos está generalmente indicado por una pequeña marca tallada con el diamante pero si esta marca no existe es necesario saber al menos encontrar este eje y poder reconocer si el cilindro ha sido montado como indica la prescripcion. Esto no es muy difícil, basta para ello, mirar al través de la lente un objeto vertical ú horizontal una línea ó una cruz, haciendo tornar la lente *hasta que* la imágen esté bien sobre la misma línea del objeto. Cuando se hace ejecutar á la lente movimientos paralácticos en el sentido perpendicular ó longitudinal del objeto, si la imágen permanece en el mismo lugar que este último, el eje del cilindro es perpendicular á la direccion del objeto; en el caso contrario el eje del cilindro está en la misma direccion que el objeto. En los dos casos la imágen se separa como en una lente esférica ordinaria, es decir en el mismo sentido que la lente si es cóncava y en sentido inverso si es convexa.

El eje así reconocido se indicará por una línea marcada con un diamante. Otro medio hay para encontrar el eje de un cilindro, y consiste en aplicar exactamente sobre la cara ci-

límpida la arista rectilínea de un objeto cualquiera. Siguiendo el eje el objeto se aplicará exactamente sobre la lente en toda su estension; perpendicularmente al eje ú oblicuamente y no tocará mas que en un punto si es convexo y en dos sobre los bordes si es cóncavo. Este mismo medio servirá para reconocer inmediatamente la cara esférica que en ningun sentido no se aplicará en toda su estension sobre la superficie rectilínea. Es conveniente, como se hace generalmente, trazar el eje del cilindro sobre la cara cilíndrica.

§ 3.—DE LAS LENTES PRISMÁTICAS.

Hemos visto al hablar de la accion de los prismas en general que estos aparatos desvian hácia la base los rayos incidentes y hacen ver por consecuencia los objetos del lado del vértice (fig. 93). Es así que un rayo luminoso *i a* ha seguido la marcha *i a b c* y el ojo colocado en *o* relacionará el punto *i* sobre la prolongacion de *c b*, es decir, en *j*. Los prismas de los gabinetes de física no se emplean generalmente para desviar los rayos luminosos, pero sirven para descomponer y refractar cada rayo coloreado siguiendo su grado de refrangibilidad para producir lo que se llama el espectro,

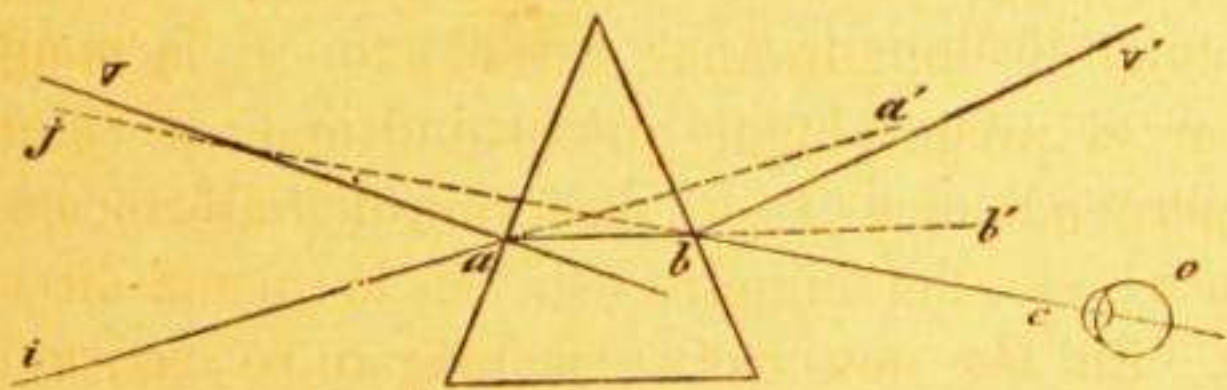


Fig. 93.

A los que tienen un ángulo muy grande (próximamente de 60°) y son de *flint-glass* que gozan de un gran poder dispércivo. En oftalmología, al contrario, no buscamos mas que la desviacion de los rayos luminosos y evitamos todo lo que pueda descom-

poner; es por lo que empleamos los prismas de *crown-glass* y de un ángulo muy pequeño (2° á 24°). Estos prismas no sirven para las lentes cuyos ángulos no deben pasar de 6° á 8° á causa de su peso y de su dispersion luminosa, que producen los números mas elevados. Estos últimos sirven únicamente para evaluar las desviaciones del eje visual y medir el grado de estrabismo ó de insuficiencia muscular.

En la posicion de desviacion mínima, los ángulos de desviacion por los números, los mas débiles son sensiblemente iguales á la mitad del ángulo de refraccion del prisma, de donde resulta que una desviacion efectiva de 6° del eje visual de un ojo no estará corregida mas que por un prisma de 12° colocado delante del ojo, la base vuelta del lado opuesto á la desviacion de la córnea ó por dos prismas de 6° colocados cada uno delante del ojo. Será siempre conveniente el repartir así el efecto prismático sobre los dos ojos.

El empleo de las lentes prismaticas no es muy frecuente; no obstante, conviene en ciertos casos de paresia muscular ó insuficiencia del recto interno. En esta última afeccion la convergencia para las distancias cercanas es casi imposible ó exige grandes esfuerzos musculares que no se hace sin peligro como acontece en los miopes donde se vé con esto aumentar la tension ocular que aumenta el estafiloma con la miopía.

Pero si empleamos lentes cóncavas que alejen un poco el punctum proximum, y que á esta distancia la convergencia es difícil ó imposible, se deberá buscar y remediarle por las lentes prismáticas.

Para comprobar esta insuficiencia de convergencia para tal ó cual distancia, se hará fijar un objeto colocado á esta distancia y se cubrirá alternativamente uno ú otro ojo con la mano ó mejor con un cristal deslustrado, que permita seguir los movimientos del ojo obturado. Si en el momento descubrimos el ojo y permanece inmóvil y se dirige hácia el objeto no hay insuficiencia; si por el contrario se desvia hácia

fuera y ejecuta un ligero movimiento adelante para fijar el objeto, hay insuficiencia, y el grado será determinado aproximadamente por la estension del movimiento del ojo.

No todas las veces hay que exajerar el resultado de este examen, ni prescribir el prisma sin necesidad, porque muy á menudo hemos podido apreciar por este medio una insuficiencia que parezca muy exajerada y que no molesta gran cosa al enfermo. Esto no será sino cuando esto acuse síntomas propios de esta afeccion (fatiga para la lectura, escritura ó trabajo á corta distancia, dolores oculares ó sub-orbitarios, diplopia, etc.,) que se deberán corregir. El mejor medio será el investigar el prisma necesario. Empezaremos por poner delante un simple prisma de 2° de base interna, el enfermo no debe servirse de lentes de foco y se le hará leer durante un cierto tiempo pequeños caractéres. Si la fatiga sobreviene en el movimiento y las letras se confunden, entonces es necesario recurrir á otro prisma de 3° en vez de primero, procurando siempre que la base esté colocada en la parte interna.

Si el enfermo usa lentes de focos se agregarán los prismas á la montura de ensayo y se procederá de la misma manera que antes. Cuando hayamos encontrado el prisma conveniente se hará tallar una lente prismática cuyas caras tendrán la misma convexidad que las lentes empleadas ordinariamente. Si el efecto prismático necesitase ser débil y la insuficiencia fuese poco pronunciada bastará para obtenerlo decentrar simplemente las lentes convexas ó cóncavas, es decir, colocar los centros mas próximo que el entre cruzamiento de los ejes ópticos, si se trata de lentes convexas ó mas lejanas si se trata de lentes cóncavas. Se comprende fácilmente que en el primer caso la mitad esterna de la lente convexa, al través de la cual pasan los rayos luminosos, representa un prisma de base interna, mientras que en el segundo caso esta es la mitad interna.

La insuficiencia muscular no corregida puede entrañar un

estrabismo divergente, porque la vision de cerca no se hace mas que con un ojo y el otro se desvia mas y mas hácia fuera para que su imágen retiniana sea menos clara y tenga menos percepcion que la otra. Como la insuficiencia es frecuente en los miopes, esto nos explica porque se encuentra con frecuencia en ellos el estrabismo divergente.

El medio empírico que acabamos de describir para buscar los prismas mas convenientes que permitan sin fatiga la vision binocular, es á nuestro juicio el mejor, pero para aquellos que no satisfaga, indicamos otro medio de exploracion que de Græfe ha sido el primero en emplear, se coloca delante del ojo un prisma de 10 ó 12 grados de base superior ó inferior enseñando un punto negro colocado en medio de una línea vertical (fig. 94) á la distancia de 25 á 30 centímetros, si la con-

vergencia de los dos ojos es escelente, el enfermo verá dos puntos negros superpuestos sobre la misma línea vertical el uno real y el otro del lado del vértice del prisma.

Si por el contrario hay insuficiencia, sea del recto externo ó del recto interno, la imágen formada por el prisma, estará á derecha ó á izquierda del otro lado y siempre á una altura desigual. Si es la insuficiencia del recto interno, habrá estrabismo externo y diplopia *cruzada*; si la insuficiencia es del recto externo habrá estrabismo interno y diplopia *homónima*, es decir, que la imágen prismática estará del mismo lado

Fig. 94. que el ojo provisto del prisma.

Si por delante del primer prisma se coloca un segundo con la base tornada del lado del músculo insuficiente, entonces las dos imágenes se aproximará lateralmente y se superpondrán si el segundo prisma neutraliza la insuficiencia: muscular. El grado de este prisma indicará el de la insuficiencia si la diplopia es muy fuerte cambiará de sentido y se *cruzará* si es homónima y *vice-versa*.

Para terminar diremos que este medio rara vez dá resultados sobre los cuales se puede contar en la práctica y que no sirve mas que como comprobante de lo que hemos indicado en primer lugar. Si se prescribe un prisma igual al que produce la superposicion de las imágenes, nos esponemos á graves errores.

Se han construido un cierto número de instrumentos destinados á medir la insuficiencia y por consiguiente la desviacion angular de la línea visual, ó si se quiere el ángulo que forman las dos líneas visuales cuando se mira á lo lejos lo que dá inmediatamente el grado del prisma corrector. Uno de estos instrumentos imaginados por M. Wecker es muy simple y se compone de dos prismas iguales engastados el uno en el otro en un anillo; uno de ellos está fijo y el otro puede ejecutar movimientos de rotacion que le permiten ampliar la potencia al primero ó disminuirla.

Cuando las dos bases están la una sobre la otra, el efecto de los dos prismas se suman; cuando la base de uno está sobre el vértice del otro forman un cristal plano y su potencia se anula. Un muelle que hace tornar al mismo tiempo el prisma, indica á cada instante sobre una graduacion el valor del ángulo total. Este aparato nos parece de un empleo bastante fácil y de una precision suficiente, pero es necesario siempre comprobar el resultado con la práctica, es decir, colocar lentes parecidas en armadura de ensayo y hacer leer al enfermo durante algun tiempo, si las lentes son para ver de cerca.

Esto no es suficiente, pero si ampliáramos mas, nos saldríamos de los límites que nos hemos impuesto. Pero indicaremos todos los medios necesarios para reconocer una lente prismática, porque puede presentárenos un enfermo con análogas lentes y debemos prevenirle sobre su oportunidad, ya por la exactitud, ya sobre su construccion. Para comprobar si la lente es prismática basta con mirar á través con un ojo un objeto lejano que se puede ver al mismo tiempo por debajo ó por encima

de la lente y despues de neutralizarla relativamente con su foco. Si la lente es prismática las dos imágenes del objeto no estarán en la misma línea. La direccion de la imagen prismática nos dará la del vértice.

Entre tanto para medir el grado del prisma colocaremos delante de él, en la base del lado del vértice, un prisma de la caja de ensayo para comprobar las dos imágenes en la misma línea. El ángulo de este segundo prisma será igual al del prisma resultando por consiguiente, una lente neutra ó de caras paralelas.

§ 4.—OBSERVACIONES PRÁCTICAS SOBRE LA CONSTRUCCION Y ARMADURA DE LAS LENTES.

En el párrafo anterior hemos descrito lijeramente la construccion de las *lentes*; sin duda esto es lo mas esencial del aparato, pero no se debe creer que la disposicion de la armadura de estas lentes carecen de importancia. La regla general es que los ejes de las lentes sean paralelos y coincidan con la línea visual. Pero esta regla sufre numerosas escepciones y hemos visto ya en muchos casos que es conveniente *descentrar* la lente para obtener un efecto prismático.

Esto se aplica sobre todo á las lentes destinadas á ver de cerca y cuando se desea disminuir la convergencia en aquellos casos de insuficiencia de los músculos rectos internos. A propósito de esto se puede decir, que salvo bien pocas escepciones las lentes convexas deben ser *descentrados por delante* y las cóncavas *hácia fuera*. Con muy poca rareza las mismas lentes son empleadas para ver de cerca ó de lejos, pero en el caso en que esto existiese las lentes así descentradas no tendrán ningun defecto si no es gran cosa. Por la misma razon las lentes descentradas en sentido inverso, como se vé en las montadas en armazon de *quevedos*, para lentes cóncavas puede tener un gran inconveniente. En efecto, en esta montura se observan

diferencias debidas al espesor de la nariz del individuo que es distinta por lo regular pero en todos los casos es insuficiente para las lentes convexas, pero no es lo mismo para las lentes cóncavas, cuyo eje en parecidos casos, deberá ser colocado muy afuera del centro del anillo del armazon, y será tanto peor (con lentes cóncavas) cuanto que las lentes sean mas inclinadas. Por otro lado estas mismas condiciones desfavorables para las lentes cóncavas llegan á ser necesarias para las convexas. Es útil que en toda prescripcion de lentes, el médico indique la abertura de los ejes á fin que el óptico pueda guiar al cliente en la elección del armazon.

Hemos dicho que los ejes de la lentes deben estar en el mismo plano que la línea visual, es decir, paralelo, á menos de circunstancias especiales (desviacion del ojo), y á la cual es muy difícil de remediar en la práctica, si no por los prismas así, que atendiendo este caso, las dos líneas visuales no están en el mismo plano. En los casos ordinarios las líneas visuales están en el mismo plano, pero estas cambian de direcciones segun que al mirar se haga en sentido recto á un objeto cercano y colocado mas bajo que los ojos, como sucede en casi todas las ocupaciones como escritura, lectura, trabajos manuales finos, bordados, costura, etc. Es necesario para poner en práctica esta regla, que el plano de las lentes se incline adelante, y como estas son fijas, solo por una inclinacion de la cabeza es como se consigue este resultado.

Pero en tal posicion declive, á partir de la fatiga que esto ocasiona, será muy peligrosa para los casos de miopía á causa de la congestion que se produce en los vasos sanguíneos de la cabeza, de lo que resulta, como regla práctica, es que debe darse á las lentes las inclinaciones que estas exijan.

Estas inclinaciones no es la sola ventaja que deben tener las gafas bien construidas, pues aparte del paralelismo de los ejes ópticos de los ojos y de las lentes debemos aun considerar la distancia y la direccion de estos ejes. Espliquemos esto: cuando

la mirada es horizontal para que los ejes de las lentes coincidan con las líneas visuales es necesario que estas lentes estén bastante elevadas relativamente al eje horizontal de la armazon y tanto mas elevadas cuanto este eje esté colocado en la parte mas declive, y como es regla que las lentes estén muy próximas á los ojos, resulta que los ópticos suelen montar las lentes en armazones en \sphericalangle en las cuales el eje horizontal del armazon pasa por los centros de la lente.

Para la vision de cerca, al contrario, y cuando esta se ejerce sobre objetos colocados mas bajos que los ojos, el plano de las líneas visuales está muy inclinado y si la cabeza permanece recta este plano pasará por debajo del eje horizontal de las lentes ó por debajo de él con una montura en \sphericalangle . Pero pudiendo sostener la cabeza recta se obvian todos los inconvenientes que hemos indicado y se emplean las monturas en \sphericalangle en las cuales el eje horizontal de las lentes se encuentra por debajo del punto de apoyo del armazon y en el plano de las líneas visuales. Se comprende que en ciertos casos de paresia de los músculos rectos superiores ó inferiores se podrá descentrar las lentes abajo ó arriba, pero estos casos son estremadamente raros; pero si se presenta se tratan con mas ventajas por la posicion conveniente de la cabeza ó de los objetos.

En la vision de lejos, las líneas visuales son paralelas y el plano de las lentes deben ser perpendiculares á estas líneas. En la vision de cerca por el contrario, las líneas visuales son convergentes tanto mas cuanto los objetos fijos estén mas cercanos. Para que este objeto no sea visto oblicuamente á través de las lentes, lo que altera la limpieza de la imágen, se comprenderá que estas lentes deberán siempre permanecer perpendiculares á las líneas de la vision, es decir, que su plano deba converger hácia la cara del lado de la nariz. Esta inclinacion se puede suplir con el empleo de lentes periscópicas, que la reemplazan en parte pero obran como lentes fuertes, las periscópicas tienen mucho espesor y son algo pesadas y por lo

tanto bastante incómodas. No hay otro medio en este caso que emplear la inclinacion de las lentes. Con frecuencia vemos jóvenes que encorvan la montura de sus gafas y darle instintivamente á las lentes inclinaciones favorables. Los ópticos olvidan por lo general esta condicion y montan siempre las lentes en un mismo plano, que deben servir para ver de lejos ó de cerca. En algunos casos por el contrario, los enfermos prefieren ver oblicuamente á través de sus gafas y las encorvan en sentido favorable, sea hácia delante, sea hácia fuera; en el astigmatismo, por ejemplo, para obtener ciertos efectos cilíndricos. En las lentes débiles esta inclinacion es inútil.

Las lentes cilíndricas tienen un eje que debe ser invariablemente colocado en una direccion fija y determinada para relacionarse con el meridiano de la córnea, siendo difíciles de montar en armazon de *quevedos* hay pocos ópticos que se tomen el trabajo de hacer esto de una manera precisa; no obstante, cuando el enfermo tiene el hábito de colocarse sus quevedos, siempre de la misma manera se puede sin mucha dificultad emplear con utilidad las lentes cilíndricas por mas que es mejor una montura de gafas.

Diremos de paso que las lentes cilíndricas no son realmente eficaces, mientras que su eje permanezca en un mismo meridiano del ojo para lo cual estará calculado, y si la vision se inclina de un lado ó de otro no paralelamente ó perpendicular á estos ejes sin que la cabeza acompañe estos movimientos, no hay ya coincidencia y el cilindro podrá ser mas perjudicial que útil, atendiéndose que su efecto podrá agregarse al astigmatismo normal del ojo.

Por esta razon es porque se ve generalmente á los astigmáticos provistos ó no de lentes correctoras ó inclinar la cabeza á cierto grado para ver las imágenes mas claras cuando la mirada se dirige á un plano oblicuo con relacion al eje de las lentes ó á la direccion de la abertura palpebral. Esto es lo que

tiene lugar en los aparatos estenopéicos como ya lo veremos en el capítulo del astigmatismo.

La materia de que se fabrican las lentes tienen gran importancia, y como ya lo hemos dicho no lo repetiremos. El crown-glass ofrece un poder dispersivo muy poco considerable y conviene perfectamente para la confeccion de las lentes *fuertes* cóncavas ó convexas, tanto por su construccion quanto por su precio. El flint-glass, y sobre todo el cristal de roca, son mucho mas duros que el crown-glass pero tiene el inconveniente de costar mas caro y de tener un poder dispersivo considerable que no permite su empleo en la construccion de lentes de largo foco.

Una de las grandes ventajas de las lentes de cristal de roca, es el conservarse limpias á pesar de la humedad de la atmósfera y de no condensar los vapores de agua en su superficie, como las otras lentes.

Cualquier fabricante guiado mas bien por la idea del lucro y de la novedad, que por el estudio científico hacen construir lentes *acromáticas*, pero esta innovacion costosa é inútil carece de ventaja aun para los focos cortos donde el crown-glass está mas que justificado. En cuanto á los cristales de largo foco pueden ser contruidos en cristal de roca, sin que la dispersion de color se oponga á ello. El ojo permanece sin acromatizarse hácia fuera de la adaptacion exacta, y por consecuencia las lentes tienen aun menos necesidad de ser.

Hasta aquí las lentes de corto foco cóncavas, convexas ó esfero-cilíndricas presentaban un sério inconveniente que es el peso. Uno de nuestros mas hábiles constructores bien conocido en el campo de la oftalmología, Mr. Roulot, de París, ha adquirido un completo triunfo venciendo esta dificultad pudiendo fabricar lentes de una ó dos pulgadas de foco mas ligeras que los números mas débiles, sobre todo para las lentes cóncavas teniendo el mismo tamaño. El medio empleado es bien simple, para estos últimos, Mr. Roulot toma una lente plana del tama-

ño de una lente ordinaria que talla á mano *una* cara solamente, dándole la curvatura deseada, curvatura que deberá tener un radio dos veces mas corto que el de una lente biconcava ordinaria para producir el mismo efecto divergente. Las lentes en las gafas son por lo regular ovals y la parte esférica que sirve para el cruzamiento producirá una escavacion en el borde circular y una vez tallada presenta en su centro una cavidad de 25 á 30 milímetros de diámetro y en sus dos estremidades, una parte en forma de cruzamiento donde la lente es plana. Se conserva sobre los bordes el espesor de las lentes débiles ordinarias, pudiéndonos convencer que la parte cóncava es mas que suficiente y no disminuye absolutamente nada la estension del campo visual, corregido por las lentes ordinarias. Estas lentes así talladas tienen el mismo aspecto que tendria una lente plana cóncava la cual se hubiera usado sobre una superficie plana la cara esférica hasta producir un adelgazamiento suficiente, pero parece que la fabricacion por el proceder de Mr. Roulot es de una ejecucion mas fácil y mas económica que las que hemos indicado.

Para fabricar las lentes convexas de operados de cataratas se toma una lente plano-convexa de 3 centímetros de diámetro de un radio de curvatura igual á la mitad de la lente biconvexa ordinaria y se termina por un borde bien tallado. Esta media lente se coloca exactamente con el auxilio del Bálsamo del Canadá sobre una de las caras de una lente plana á la cual puede darse la forma y las dimensiones del anillo de una armazon de gafas. Si se desea fabricar por este mismo proceder una lente esfero-cilíndrica, cóncava ó convexa ó cóncavo-convexa bastará con ahuecar la cara plana del cilindro cóncavo ó convexo de la misma manera que lo hemos indicado para las lentes esféricas. Si nos estendemos algo sobre estas lentes es porque su empleo está muy generalizado y creemos que en una obra de la naturaleza de la nuestra debe tender á popularizar su uso. Para ser justo debemos decir que si la fabricacion

de las lentes cóncavas, por este proceder no presentan ventajas, no es lo mismo para las lentes convexas en que las lentes esféricas se desprenden con bastante frecuencia.

§ 5.—INFLUENCIA DE LAS LENTES SOBRE LA VISION.

No nos ocuparemos aquí mas que de las lentes esféricas, reservándonos decir algunas palabras sobre las lentes cilíndricas cuando nos ocupemos del astigmatismo y supondremos igualmente que los ejes de las lentes coinciden con las líneas visuales.

Las consecuencias inmediatas mas importantes de la posicion delante de un ojo de una lente positiva ó negativa son los siguientes:

1.º Los límites mas lejanos y mas cercanos de la vision distinta P y R están sujetos á modificaciones.

2.º La amplitud de la acomodacion cambia.

3.º El acortamiento de la acomodacion cambia de posicion y de estension.

4.º El grandor de la imágen formada sobre la retina no es siempre la misma.

1.º Los límites mas próximos y mas lejanos P y R son susceptibles de modificarse.

Si nos acordamos del capítulo de la acomodacion veremos que esta proposicion se halla desarrollada bajo una forma explícita. A propósito de estos diversos estados de la refraccion, hipermetropía, miopía, emmetropia; ó de acomodacion, presbiopía, espasmos ó parálisis, nos vemos obligados á tocar aun esta cuestion; pero los detalles que hemos dado nos dispensa de insistir mas.

Supongamos para mayor claridad que el ojo es un simple aparato convergente. Si es emmétrico los rayos paralelos que vienen del infinito se reunirán naturalmente sobre la retina. Si en el trayecto de estos rayos luminosos colocamos una lente convergente L, (fig. 95) los rayos paralelos Ra, R'a' serán con-

vergentes tomando la dirección ak' $a'k'$ al salir y formarán su foco en k' por delante de la retina y no se percibirán. Lo mismo será para todos los puntos colocados desde el infinito hasta el punto f , foco de la lente L que se cruzará cada vez mas cerca de la retina y por ser cada vez menos convergente y no habrá mas que los rayos fa , fa' los que siendo paralelos de la lente seguirán la marcha de los rayos primitivos Ra $R'a'$ que se reunirán en k sobre la retina. Supongamos ahora una miopía en la cual la distancia f indicará el grado; pero la distancia focal de esta lente será grande interin r se aproxime al ojo pero esta distancia focal será corta interin r se acerque y la miopía sea mas fuerte. La lente positiva trasportará á f el punto r , el mas

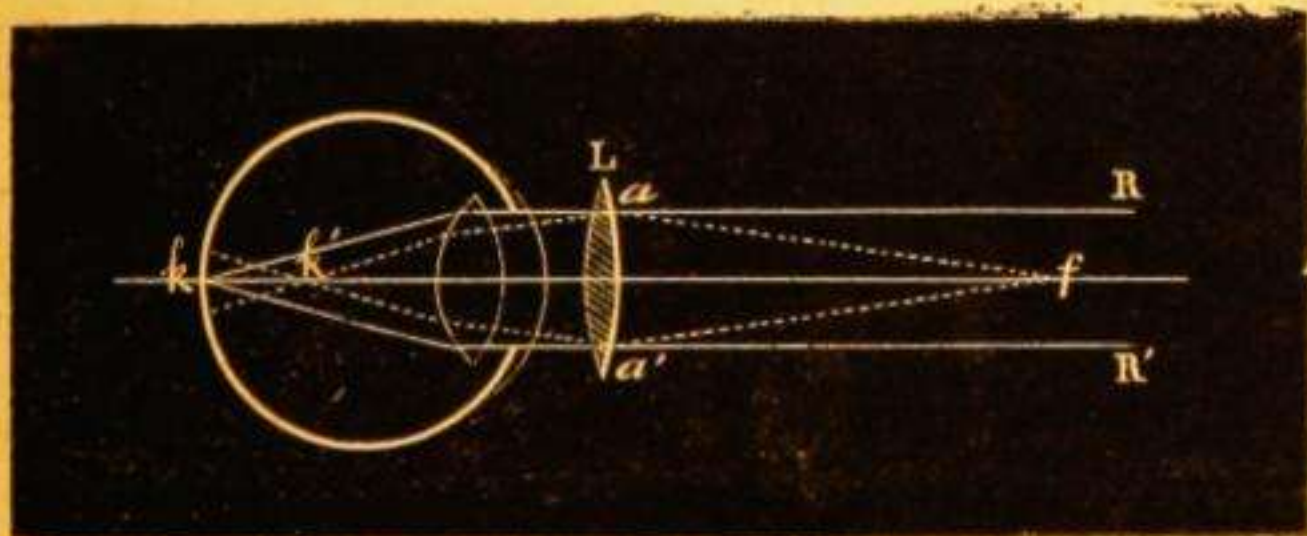


Fig. 95.

lejano de la vision distinta. Si el ojo es miope, la lente positiva no servirá mas que para aumentar el grado de la miopía y acercar aun el punto r . Si el ojo fuese hipermetrope tendria su punctum remotum de allá del infinito y si la lente adicional diera á los rayos paralelos la convergencia necesaria para que estos rayos viniesen á formar su foco sobre la retina: estas lentes corregirán la hipermetropía y llevarian al punto r al infinito. Cualquiera que sea el estado de la refraccion del ojo las lentes positivas acercarán siempre el punto r y tanto mas cuanto mas fuertes sean. Entre tanto si hacemos intervenir la acomodacion, esta será como si una nueva lente positiva la adaptásemos á la primera. Pero como la acomodacion estará

conservada con su misma potencia se comprenderá que acercará tanto mas el punto p cuanto el punto r sea mejor visto y ésta sea mas enérgica. Cualquiera que sea el estado de la refracción del ojo, si la acomodación queda lo mismo la lente L tendrá el poder de acercar el punto p .

Si deseamos saber como el punto p y r habian sido aproximados, nos será bien fácil, conociendo la distancia focal de la lente y la posición de p y de r ante la interposición de esta.

Si la acomodación no funciona, la fórmula es tan simple como la de Donders.

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{P} - \frac{1}{R}$$

que nos servirá para calcular la posición de r que será r' . En efecto $\frac{1}{A}$ puede designar la fuerza de la lente adicional que transporta el punto r al punto r' sea por ejemplo $R = \infty$, $A = 12''$ ó 3^D . En la fórmula indicada $\frac{1}{P}$ hácese $\frac{1}{R'}$ y tendremos

$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{R} + \frac{1}{A}$$

por consiguiente

$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{12} = \frac{1}{12} = 12''$$

ó en dióptricas $R' = \infty + 3^D = 3^D = 0^m 33^D$.

El punto r ha sido transportado á $12''$, es decir, al foco de la lente adicional L , así lo indica la esplicación dada al principio de este párrafo, los rayos emanados de $12''$ tienen una divergencia espresada por $\frac{1}{12}$, ó 3^D , y necesita evidentemente una lente convergente de la misma fuerza para restablecer el

paralelismo. Todos los rayos que por el contrario partiesen de un punto mas lejano que f serán convergentes de la lente L y formarán su foco por delante de la retina. El ojo que es emétrope, r no estará mas que á 12" con la lente $1/_{12}$.

¿Y si el ojo es miope? El punto r estará á 24" ó 1^o50, por ejemplo, tenemos despues de la interposicion de la lente $1/_{12}$

$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{24} + \frac{1}{12} = \frac{1}{8} = 8''$$

en dióptrica $R' = 1^{\text{D}}50 + 3^{\text{D}} = 4^{\text{D}}50 = 0^{\text{m}}22^{\text{e}}$.

Aquí el punto r' se aproximará mas al ojo que la distancia focal de la lente L que es siempre de 12". De otra manera cuando los rayos partan de 24" tendrán una divergencia expresada $1/_{24}$: si el ojo miope percibe estos rayos, es necesario que no sean paralelos, pero con $1/_{24}$ de divergencia, la lente convergente $1/_{12}$ tendrá no solo el efecto de hacer paralelos los rayos que vienen de 24", sino aun los dados por $1/_{24}$ de convergencia: la miopía será aumentada en $1/_{12}$ y r en lugar de estar 24 pulgadas estará $1/_{12}$ mas cerca, es decir 8"

$$\left(\frac{1}{24} + \frac{1}{12} = \frac{1}{8} \right)$$

Es el ojo hiperométrico: ¿el punto r está 24" mas allá del infinito? esta es la misma cosa y r nos será revelado por la misma fórmula

$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{24} + \frac{1}{12} = \frac{1}{24} = 24''$$

En este caso el foco de la lente no coincide ya con r' pero se aleja á cierta distancia. En efecto, un ojo no percibe solo los rayos paralelos sino aquellos que tienen $1/_{24}$ de convergencia; la lente $1/_{12}$ empleará desde el principio la mitad de su fuer-

za $\frac{1}{2}$, para dar rayos paralelos que vienen de $24''$ ó mas allá del ∞ y la otra mitad para dar á estos rayos $\frac{1}{12}$ de convergencia, r' dará por lo tanto á $24''$ de distancia del ojo. En efecto, los rayos parten de este punto teniendo $\frac{1}{2}$ de *divergencia* pero atravesando la lente de $\frac{1}{12}$ que es igual á dos veces $\frac{1}{24}$; estos rayos adquirirán evidentemente $\frac{1}{24}$ de *convergencia* y estarán en las condiciones necesarias para poder ser percibido.

Hasta aquí hemos supuesto el ojo en estado *estático*, es decir, en reposo y por consecuencia no hemos hablado mas que del aproximamiento de r por medio de una lente adicional: pero si la acomodacion interviene, las condiciones del problema no cambian y á los resultados anteriores bastará aumentar la fuerza de la lente positiva que representa esta acomodacion para ver la distancia de p , y esto siempre por medio de la misma fórmula que continuaremos empleando á causa de su simplicidad y del carácter elemental de esta obra.

En el primer ejemplo indicado, el punto r llega á $12''$ con las lentes positivas de $\frac{1}{12}$: pero si adicionamos una fuerza de acomodacion espresada aun por $\frac{1}{12}$ ó 3^D , p se hará p' y tendremos

$$\frac{1}{P'} = \frac{1}{12} + \frac{1}{12} = \frac{1}{6} = 6''$$

en dióptrica

$$\frac{1}{P'} = 3^D + 3^D = 6^D = 0^m, 16$$

y el ojo verá distintamente entre p' y r' , es decir entre $6''$ y $12''$.

En el segundo ejemplo, r se hace $8''$ porque el ojo es miope, si este ojo dispone aun de $\frac{1}{12}$ de acomodacion tendremos

$$\frac{1}{P'} = \frac{1}{8} + \frac{1}{12} = \frac{5}{24} = \frac{1}{4\frac{4}{5}} = 4'' \frac{4}{5}$$

y el ojo verá distintamente entre 8" y 4" $\frac{4}{5}$. En el tercer ejemplo, r se hace 24"; con $\frac{1}{12}$ de acomodacion, p' estará á 8 pulgadas y por lo tanto.

$$\frac{1}{p'} = \frac{1}{24} + \frac{1}{12} = \frac{3}{24} = \frac{1}{8} = 8''$$

Veamos ahora para las lentes convexas (1) lo que hemos dicho de las lentes cóncavas resulta claramente y lo espondremos en la siguiente explicacion.

Sea A (fig. 96) un ojo emmétrpe en el cual un rayo R viene del infinito haciendo converger sobre la retina en el punto g .

Si colocamos sobre el trayecto de este rayo una lente divergente L, cuyo foco virtual está en f , el rayo R será refractado y tomará la direccion fa , saldrá divergente, y si la acomodacion no interviene irá á formar su foco afuera de la retina, en g' por ejemplo y no será percibido. Todo otro rayo luminoso que parta de un punto situado entre el infinito y el ojo serán aun mas divergentes á su salida de la lente é irá á formar su foco á mas distancia por detrás de la retina, distancia tanto mas grande cuanto que estos rayos partan de un punto mas cercano del ojo.

No habrá necesidad de que los rayos, vengan de un punto mas lejano que del infinito, es decir, que converjan pudiendo formar su imágen sobre la retina. Si el ojo es hipermétrope, la fuerza de la lente cóncava indicará el grado de esta hipermetropía. A ninguna distancia este ojo verá claro sin el auxilio de su acomodacion, su punctum remotum se alejará á 24" por delante del infinito si superponemos la lente cóncava de 24" de foco.

(1) Estos resultados teóricos no son siempre exactos en la práctica, como lo veremos muchas veces á causa de la convergencia de los ejes visuales que en la vision de cerca, juegan un papel muy importante.

Si el ojo es miope recibirá naturalmente los rayos divergentes que vengan de f , sea de 24" ¿qué sucederá por la interposición de la lentes? Los rayos que vengan del infinito tendrán al salir de la lente, la misma dirección que los que vienen de 24" sin lente, porque el foco virtual de ésta, está en f teniendo por lo tanto la divergencia necesaria para formar su foco sobre la

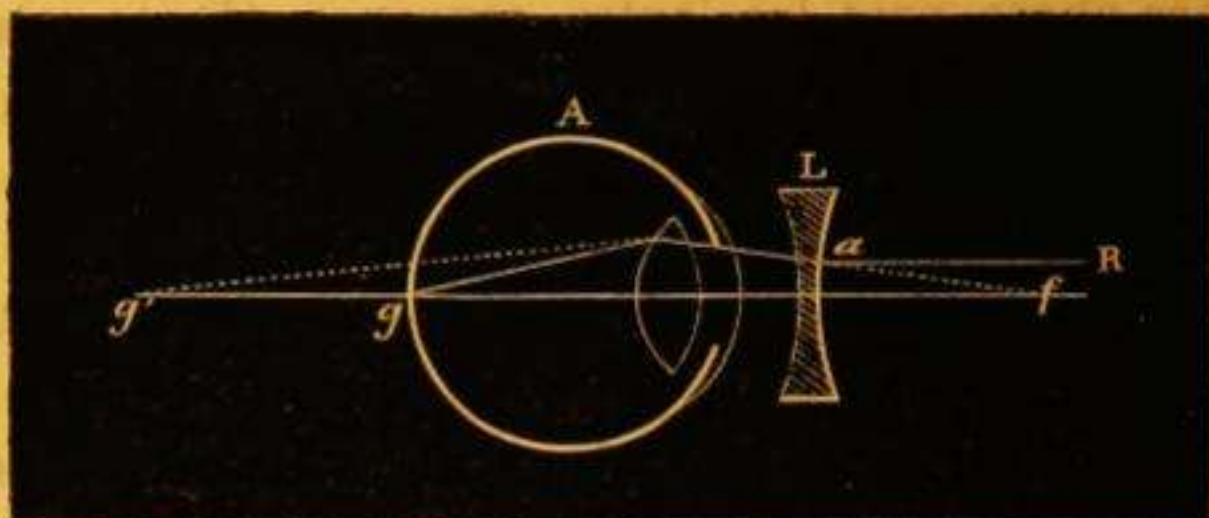


fig. 96.

retina y serán percibidos por el ojo miope. La lente cóncava hará por lo tanto emmétrope al ojo miope trasportando al infinito el punto r que estaba antes á de 24": este punto se aleja por lo tanto.

Se demostrará de la misma manera cuando un ojo hipermétrope se haga mas hipermétrope por una lente cóncava y tendrá su punctum remotum aun mas lejano del infinito de toda cantidad espresada por la fuerza de la lente divergente.

Supongamos siempre la lente cóncava colocada delante del ojo, sin acomodacion no tenemos mas que el punctum remotum; si la acomodacion intervencion esta equivale al empleo de una lente convexa de la misma fuerza colocada en el trayecto de los rayos hechos divergentes por la lente cóncava. La primera obrará por lo tanto menos sobre estos rayos y tanto menos cuanto fuerza tenga y la segunda tenga mas y por consecuencia el punctum proximum se acercará tanto menos. Traducido por ejemplo, tendremos, un ojo emmétrope delante del cual hemos colocado una lente cóncava de 24" de foco dando así

una hipermetropía de $\frac{1}{24}$ y su punctum remotum se hallará transportado á 24" mas allá del infinito. Si este ojo posee $\frac{1}{24}$ de acomodacion, esto neutralizará la hipermetropía, y el ojo verá de nuevo el infinito hasta 24" mas allá. El punto p no estará en el infinito interin esté en 24" el ojo si no hemos empleado lente cóncava y ejercerá toda su acomodacion, un ojo tal verá despues 24" hasta el infinito. Si en el ejemplo empleamos una acomodacion espresada por $\frac{1}{12}$ ó dos veces mas fuerte, el punto p será llevado á p' , es decir á 24" del ojo, porque la mitad de $\frac{1}{12}$ sea $\frac{1}{24}$ será empleada á neutralizar la lente negativa y la otra mitad permitirá percibir los rayos que partan de 24", cuya divergencia será exactamente corregida por el poder convergente del resto de la acomodacion. En este caso como se vé $\frac{1}{12}$ de acomodacion no llevará mas que á 24" el punto p el cual será 12' sin el uso de lente cóncava. Por lo tanto es mas lejano y así lo hemos dicho al comenzar.

En todo otro caso cuando el ojo es miope ó hipermétrope, la demostracion es la misma y conduce al mismo resultado y será inútil el insistir mas.

2.º *La amplitud de la acomodacion puede cambiar.*

Para desarrollar bien esta proposicion no entraremos en detalles que no son del carácter de esta obra, así, que con decir que la amplitud de la acomodacion aumenta por el uso de las lentes negativas, y disminuye por las positivas, bastará. Si no se trata mas que de la acomodacion *absoluta*, es decir, monocular, se comprende que el empleo de las lentes positivas ó negativas no tendrá ninguna influencia en la amplitud, pero en la acomodacion *binocular* ó bien *relativa* ya será otra cosa: esta es la convergencia que tiene lugar hasta cierto punto como se sabe por la contraccion del músculo ciliar.

El miope para mirar á una distancia muy cercana está obligado á converger mucho, acomodándose poco; si por medio de lentes cóncavas apropiadas relacionando el infinito ó solamente un poco mas lejos por delante de su punctum remo-

tum y puede utilizarse la acomodacion que se reserva, que no puede emplearse á causa del exceso de convergencia del cual habia habido necesidad y que los músculos rectos internos están impulsados á producir. Se puede decir que *en las miopias muy fuertes la dificultad de mantener la vision binocular no proviene del esfuerzo de acomodacion, sino de lá dificultad de la convergencia.*

El hipermétrope, por el contrario, acomoda siempre para la misma línea visual paralela y su acomodacion es ya el límite de tension que su convergencia modera, atendiendo que muy cerca el foco, los objetos caerán por delante de la retina. Hay el hábito ó la necesidad de contraer el músculo ciliar sin que la acomodacion esté completamente relajada, y por una convergencia creciente debe siempre poner en juego de un modo desproporcionado una gran parte de su potencia de acomodacion.

Si por medio de lentes convexas convenientes nos acercamos al punto r , el punto p sufrirá una desviación análoga. Desde luego el ojo no tendrá necesidad de acomodarse para los rayos paralelos, y con bastante fuerza de convergencia, gracias á las lentes y al hábito de acomodar, nos veremos obligados á guardar reserva en cierta parte de su amplitud de acomodacion.

Mas lejos segun Donders, un ojo provisto de lente que corrija exactaraente su ametropía no puede asimilarse á un ojo emmétrope, el uso prolongado de lentes de correccion que desvian la amplitud relativa de la acomodacion. El miope como el hipermétrope tenderán gradualmente á acercarse á la ametropía.

3.º *El acortamiento de la acomodacion cambia de posicion y de estension.*

Despues de lo que hemos dicho en el primer articulo de este párrafo sobre el cambio de posicion de p y de r por el empleo de lentes correctoras seria inútil insistir sobre este

cambio de acortamiento de la acomodacion. Es evidente que las lentes negativas se estendieron considerablemente porque ellas permitian al individuo miope ver desde algunas pulgadas hasta el infinito y si se pierde algunos centímetros en espacio donde es inútil ver á causa de su gran aproximacion á los ojos gana millones de metros sobre un campo de observacion de mas gran utilidad. El hipermetrope con las lentes convexas pierde la facultad de percibir los rayos convergentes (facultad perfectamente inútil porque tales rayos no existen en la naturaleza) y adquirir la facilidad de ver mas cerca allí precisamente donde se encuentra su necesidad y sus ocupaciones habituales. Este es, pues, el mayor beneficio que proporcionan estas lentes, tomemos un ejemplo: un individuo con una miopía $\frac{1}{6}$ y una potencia de acomodacion $\frac{1}{6}$ verá $3''$ ($\frac{1}{6} + \frac{1}{6} = \frac{1}{3} = 3''$) hasta $6''$. El acortamiento de la acomodacion será por lo tanto $6'' - 3'' = 3''$ de estension. Coloquémosle delante de los ojos y á $\frac{1}{2}$ pulgada de distancia lentes de $-\frac{1}{6}$, $\frac{1}{2}$, verá el punto r trasportado al infinito y p , á $6\frac{1}{2}$ próximamente, por consecuencia su rayo de acomodacion llegar al $\infty - 6''\frac{1}{2} = \infty$ y $\frac{1}{A} = \frac{1}{6} + \frac{1}{2}$. Hé aquí un ojo cuya amplitud de acomodacion permanece así lo mismo y cuyo acortamiento de acomodacion $R - P$ se hace infinitamente mas considerable. (1)

Un hipermetrope con $H = \frac{1}{8}$ y $\frac{1}{A} = \frac{1}{6} + \frac{1}{2}$ ve desde el infinito hasta 24 pulgadas ($\frac{1}{6} - \frac{1}{8} = \frac{1}{24}$) y á través de lentes de $8\frac{1}{2}$ colocada á $\frac{1}{2}$ pulgada del ojo llegan á ver el infinito hasta una distancia de 6 pulgadas aun sin que la amplitud de acomodacion sea notablemente cambiada.

(1) Una miopía real de $\frac{1}{6}$ será corregida por lentes cóncavas de 6 pulgadas de foco si este último puede ser colocado contra la córnea, pero como es necesario al menos media pulgada de espacio es necesario, por lo tanto emplear lentes un poco mas fuertes, es decir, de $5''\frac{1}{2}$. Es por esta razon que el punctum proximun no llega á $6''$ del ojo, pero la acomodacion se encuentra disminuida de toda diferencia entre $\frac{1}{5\frac{1}{2}}$ y $\frac{1}{6}$ es decir, $\frac{1}{66}$

Por el contrario un individuo presbita que con una amplitud de acomodacion de $\frac{1}{24}$, tiene un horizonte de acomodacion que se estiende desde el infinito hasta una distancia de 24" del ojo, pierde una gran parte de esta estension sirviéndose de lentes de $\frac{1}{24}$. Su horizonte de acomodacion se reduce á $24'' - 12'' = 12''$ bien que su amplitud de acomodacion permanezca poco mas la misma ó que la lente convexa es fuerte, el horizonte será mas estrecho atendiendo á que el punctum remotum estará siempre de la distancia focal de las lentes.

La tabla siguiente que reproducimos á propósito del tratamiento de la presbiopia, indica en la 3.^a columna el acortamiento de la acomodacion, es decir, la estension y la posicion de la vision distinta cuando la presbiopia está corregida por lentes convexas apropiadas.

EDAD.	NÚMERO de las lentes.	DISTANCIA de la vision distinta con lentes correctoras.
De 48 años.	60	De 60 pulgadas á 10 pulgadas.
50 »	40	40 » 10 »
55 »	30	30 » 10 »
60 »	18	18 » 12 »
65 »	13	13 » 11 »
70 »	10	10 » 10 »
75 »	9	9 » 9 »
80 »	7	7 » 7 »

Estos ejemplos son suficientes para deducir como regla general, que *las lentes correctoras aumentan el horizonte de aco-*

modacion cuando estas acercan el punto r de ∞ y por el contrario disminuye cuando aleja r , de ∞ (Donders).

4.º *El tamaño de la imágen retiniana no es la misma.*— Para conocer esta diferencia de tamaño de un mismo objeto le colocamos á la misma distancia y visto con ó sin lentes se puede emplear el cálculo ó la esperiencia. Veamos este último medio. Si una persona emmétrope coloca delante de sus ojos lentes positivas ó negativas débiles de $+12$ ó -12 por ejemplo, podrá hasta cierto punto distinguir con bastante claridad un objeto colocado á $8''$ de su ojo. Un miope podrá hacerlo tambien para un objeto mas cercano y un hipermétrope para un objeto mas lejano. En todos los casos será fácil el convencerse que las lentes positivas agrandan los objetos mientras que las negativas los achican; este último fenómeno esplica tambien por qué los miopes empleando lentes muy fuertes ven los objetos muy pequeños y prefieren generalmente lentes que no corrijan completamente su ametropia sino que les permita ver los pequeños objetos mas grandes.

La demostracion matemática de esta proposicion es bastante simple. La relacion que existe entre la imágen retiniana JJ' ó β (fig. 97) y el objeto ii' ó B depende de la posicion del punto nodal k . Mas este se haya por delante de la retina mas que β que se hace grande para relacionarse con B ; pero si se vá mas atrás de β hácese mas pequeño.

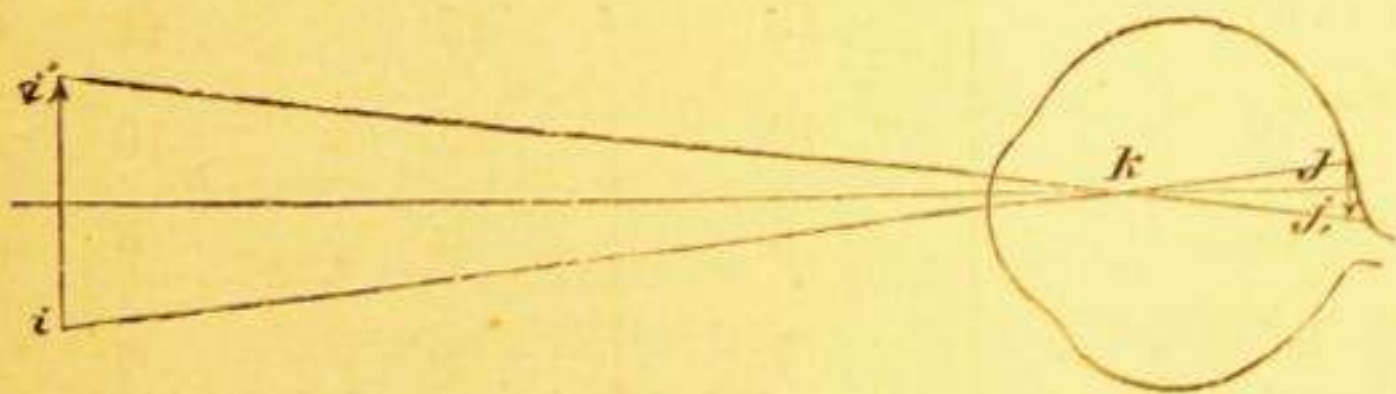


Fig. 97.

Esto que hace el ojo en la acomodacion variando la forma del cristalino, cambia muy poco el lugar del punto nodal el

que se encontrará situado en el interior del cristalino. Pero si colocamos delante del ojo una lente, el punto k se trasportará por delante si esta es positiva y hácia atrás si es negativa. El valor de este cambio puede calcularse fácilmente. Hé aquí por qué la imágen formada sobre la retina es siempre mas grande cuando se vé el objeto á través de una lente positiva sin hacer esfuerzo de acomodacion, que cuando se vé clara sin lente, es necesario esforzar la acomodacion. Por el contrario es mas pequeño con un esfuerzo poderoso de acomodacion viéndose distintamente el objeto á través de una lente negativa.

LIBRO V.

ANOMALÍAS DE LA REFRACCION Y DE LA ACOMODACION.

CAPÍTULO PRIMERO.

HIPERMETROPÍA (H).

En el trascurso de esta obra hemos hablado varias veces de las anomalías de la refraccion y de la acomodacion de una manera ligera para hacernos comprender en algunos puntos, si bien nos reservamos hacerlo con mas detalles en cada uno de los capítulos que habíamos de dedicar á cada una de estas anomalías, indicando con exactitud el empleo de las lentes en estos diversos estados de la vista, segun su empleo metódico ó irracional.

§ 1.º. — DEFINICION. — HISTORIA. — ETIOLOGÍA. — DIVISION. — SÍNTOMAS DE LA HIPERMETROPÍA.

A. Definicion.—Hemos dicho que la hipermetropía es un estado de la refraccion del ojo tal que en estado de reposo los rayos paralelos incidentes forman su foco por delante de la retina en el punto mas ó menos lejano y reconcentrándose en esta membrana siguiendo los *circulos de difusion*. Para que esto sea así dos causas pueden dar origen á este fenómeno; ó bien los medios del ojo no son bastantes refringentes, ó bien la retina está mas cerca del cristalino y el ojo es mas corto en el diámetro antero-posterior. No nos ocuparemos aquí

mas que de esta última causa; la primera es estremadamente rara si en el caso donde la parte esencialmente refringente, el cristalino ha desaparecido accidentalmente ó no ejerce ya influencia sobre los rayos luminosos incidentes. Este estado al cual Donders ha dado el nombre de *afaquia*, será objeto de un párrafo especial.

B. Historia.—La hipermetropía mencionada por Janin y Ware es muy frecuente y hasta estos últimos tiempos ha sido descuidada y tratada empíricamente por muchísimos médicos que no tenían conocimientos de las lentes convexas y por lo tanto no prescribían su empleo. Desde que este error ha desaparecido la hipermetropía ha podido ser tratada eficazmente y curada si se llega á tiempo, y su existencia ó su persistencia no es hoy en la mayoría de los casos, mas que una debilidad insignificante ó nula con el empleo de las lentes convenientes.

C. Etiología.—Bajo el punto de vista dióptrico la hipermetropía está constituida, como hemos visto, por formarse el foco de los rayos paralelos por delante de la retina y por consecuencia estos rayos tienen necesidad de cierto grado artificial de convergencia para que su foco se encuentre sobre la capa de los bastoncillos y de los conos de la membrana sensible. Como la naturaleza no dá rayos convergentes, estos no podrán conseguirse sino por medio de lentes convexas ó de la acomodacion que los rayos paralelos ó divergentes tomen la direccion conveniente. Bajo el punto de vista *anatómico* la hipermetropía puede ser causada por todo aquello que disminuya la longitud del eje óptico, tal cual es, el aplastamiento de la córnea ocasionada por una ulceracion central, el desprendimiento de la retina ó bien por construccion especial del ojo que puede llamarse *estructura hipermetrópica*. Hay hipermetropías *adquiridas* ó accidentales é hipermetropías *constitucionales* ó *hereditarias*. El ojo hipermétrope por construccion es un *ojo pequeño*; todas sus dimensiones son menores que las del ojo emmétrope y mientras en esto último una seccion siguiendo la

línea visual tiene la forma de un círculo ligeramente abombado por delante al nivel de la córnea en el ojo hipermetrope, por el contrario, una seccion parecida tiene la forma de una elipse cuyo eje visual es el eje pequeño.

El ojo hipermetrope es un ojo *imperfectamente desarrollado*, algunas veces complicado de astigmatismo y dotado de una agudeza, algunas veces inferior que la normal. En la hipermetropía hereditaria, no es raro encontrar la misma anomalía en personas de una misma familia.

La disminucion de la longitud del eje óptico entraña rápidamente un grado fuerte de hipermetropía como indica la siguiente tabla dada por Donders que es fácil de repetir por el cálculo:

Disminucion del eje óptico de	mm.	D.
0.5	$H = 1 : 21.43 =$	1.73
—	1. $H = 1 : 10.34 =$	3.58
—	1.5 $H = 1 : 6.64 =$	5.58
—	2. $H = 1 : 4.30 =$	7.35
—	3. $H = 1 : 2.95 =$	12.65

En una série de 12 ojos hipermetros medidos con precision este autor ha encontrado un acortamiento del eje visual; mas este eje corta la parte interna de la córnea á una gran distancia del centro de esta membrana. El ángulo formado por este eje y el eje óptico $l'Ka$ (fig. 98) ha recibido el nombre de ángulo α y no se eleva á menos de $7^{\circ}55$ en el plano horizontal: puede estenderse hasta 9° y á $11,^{\circ}3$ mientras que en el ojo normal no adquiere 5° por término medio; cuando el ojo es miope puede desaparecer completamente ó ser negativo, es decir, se forma del lado esterno del eje óptico. Por esta razon en los hipermetros se manifiesta un estrabismo divergente aparente interin que en los miopes este estrabismo es convergente.

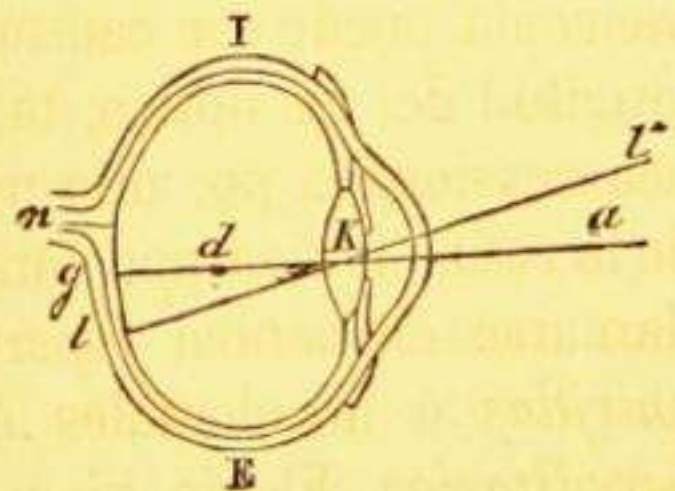


Fig. 98.

Si el exámen objetivo del ojo puede hacernos suponer la hipermetropía, los síntomas funcionales y el exámen subjetivo nos será mas claro. Hay, no obstante, muchos casos que atender, la edad, el grado de ametropía que deben tomarse en consideracion.

D. Division.—Si el individuo es jóven y dotado de una gran potencia de acomodacion podrá aunque sea una hipermetropía fuerte, reunir sobre su retina el foco de los rayos paralelos y solo los rayos muy divergentes serán los únicos que le causen en poco tiempo fatiga que le obligue á quejarse de su division cuando le aplique á la lectura ó á escribir ó hacer un trabajo cualquiera que exija cierto acercamiento del objeto al ojo, y si desde luego procuramos hacerle leer las escalas tipográficas podrá hacerse sin ninguna dificultad pero colocádo delante del ojo una lente convexa débil n.º 30 ó de 1 dióptrica métrica con lo que se conseguirá vea bien ó mejor. Si aumentamos progresivamente la fuerza de la lente podremos así llegar á hacer soportar un número mas ó menos fuerte que se verá bien ó mejor que sin lentes, lo que tendrá lugar si es emmétrope y aun menos si es miope, se llega á un punto en que una lente convexa mas fuerte es menos buena, pero si paralizamos su acomodacion con el auxilio de algunas gotas de una solucion de atropina, podrá soportar una lente mas fuerte que la primera. De qué proviene esto? es bien sencillo; el hábito de acomodarse para los rayos paralelos que tienen los niños es casi esclusivo para los jóvenes y se observa que no pueden á pesar de sus esfuerzos relajar completamente su acomodacion lo que se consigue por el empleo de la atropina y la hipermetropia puede soportar lentes mas fuertes. Hay por lo tanto dos cuestiones bien distintas que resolver en la hipermetropía; la primera, medida por el número mas fuerte de la lente convexa con lo cual habrá podido leer á 20 piés el n.º XX de Snellen si su agudeza es igual 1, esto es la hipermetropia *manifiesta* (*Hm*) la segunda medida por la lente convexa lo que

agregar á la primera la parálisis de la acomodacion para ver á una vision clara el n.º XX á 20 piés, esto es la hipermetropía *latente*. (*Hl.*)

La suma de estas dos unidades constituye lo que se llama hipermetropía *total* (*Ht*) Pongamos un ejemplo: si la vision es clara á la distancia de 20 piés debida á una lente convexa número 12 ó 3^o tendremos:

$$Hm = \frac{1}{12} \text{ ó } 3^{\text{o}}$$

que representa la hipermetropía manifiesta. Si despues de la parálisis de la acomodacion es preciso agregar á esta lente un número + $\frac{1}{8}$ tendremos para la hipermetropía latente:

$$Hl = \frac{1}{8} \text{ ó } 5^{\text{o}}$$

de lo que resultará la hipermetropía total:

$$Ht = Hm + Hl = \frac{1}{12} + \frac{1}{8} = \frac{5}{24} = \frac{1}{4\frac{4}{5}} = 8^{\text{o}}$$

Resulta de esto que en la primera edad un grado débil de hipermetropía es latente y pasa desapercibida si no se paraliza la acomodacion con el auxilio de la atropina. Pues el poder de la acomodacion es tan potente que sobra para poder ver á todas las distancias y los niños no experimentan ninguna alteracion, pero hemos visto y cuando tratemos de la presbiopía nos convenceremos, que con el progreso de la edad á partir de los diez años el punctum proximum se aleja con bastante rapidez por la disminucion del poder de acomodacion: para estudiar la *Hl* será conveniente disminuir la vision á distancia por medio de las lentes convexas. Siempre que el individuo sea jóven la *Hm* será muy débil relativamente á la *Hl* y no se presentará

mas que $\frac{1}{3}$ ó $\frac{1}{4}$: pero mas tarde hácia á los 25 años será mas de la mitad de H' que es mas manifiesta y el punctum proximum se alejará obligando al enfermo á trabajar sin lentes sobre todo si sus ocupaciones han de ser en objetos delicados. Por último á los cuarenta años la hipermetropía *adquirida*, (la que hemos visto sobrevenir por la edad) se suma á la que ya existe y la de $\frac{3}{4}$ de H' se hace mas manifiesta. Mas tarde á los 65 ó 70 años la hipermetropía se hace por completo manifiesta. Una hipermetropía débil ó mediana puede empezar por ser latente y haciéndose poco á poco manifiesta. Los grados fuertes por el contrario que se presentan en los niños se manifiestan por la vision de cerca.

Bajo el punto de vista de su intensidad y por consiguiente de sus efectos se divide la hipermetropía en *absoluta*, *relativa* y *facultativa*.

La hipermetropía es absoluta cuando á pesar de todos los efectos de acomodacion del individuo no pueden reunir sobre la retina los rayos paralelos. Es necesario para esto que H esceda de $\frac{1}{A}$ como ya hemos visto; que en los 12 años será $\frac{1}{A} = \frac{1}{2} \frac{2}{3}$; en los 25, $\frac{1}{4}$, ó en dióptrica, 13,83 á los 12 años 9,25 á lo 25. Es necesario para estas edades una hipermetropía mas fuerte que estas cantidades para que sea absoluta. Mas adelante cuando $\frac{1}{A}$ no llega á $\frac{1}{9}$ ó $\frac{1}{11}$ á los 45 años esto no es raro. Tal hipermetropía es estremadamente conocida por que el individuo que está afecta do no vé distaitement ni de cerca ni de lejos, apesar de sus esfuerzos de acomodacion. Esto nos hace decir el beneficio que reportan las lentes que permiten ver distintamente y sin fatiga á casi todas las distancias.

La hipermetropía relativa es debido á la convergencia y sabemos que la acomodacion cuanto mas fuerte sea los ejes visuales, se dirigirán mejor hácia un objeto mas cercano tal

cual $\frac{1}{A}$ es $> H$. La hipermetropía no será absoluta, pero el individuo podrá ver á 16" convergiendo á una distancia de 12" de tal suerte que la vision binocular no será clara á ninguna distancia cercana.

Mas tarde cuando $\frac{1}{A}$ sea igual ó mas pequeña que H , esta se hará absoluta y la vision monocular no será clara á ninguna distancia.

La hipermetropía *facultativa* existe cuando el objeto puede ser distintamente visto á ∞ con y sin lentes convexas, es por lo tanto la mas inofensiva de las tres. Cuando el individuo puede ver al infinito, hace un esfuerzo en que no dispone de toda su potencia de acomodacion. Cuando se le dá una lente convexa su acomodacion se relaja y vé tambien con las lentes como sin ellas lo que no tendria lugar si fuese enimétrope porque toda interposicion de lentes convexas producirian una miopía artificial.

En la hipermetropía facultativa la vision binocular puede no ganar cuanto que $\frac{1}{A}$ sea considerable; pero mas tarde esta hipermetropía puede hacerse relativa y absoluta cuanto $\frac{1}{A}$ sea suficientemente disminuida.

E. Síntomas.—Los síntomas de la hipermetropía son bastante característicos y casi siempre los mismos. Objetivamente están constituidos por una pequeñez del globo ocular cuyo diámetro antero-posterior parece mas corto que en el estado normal, lo que se apercibe haciendo fijar al enfermo fuertemente por delante y deprimiendo el ángulo externo de los párpados. Si no existe complicacion no hay anomalías, etc.: los movimientos del ojo tienen su estension y su regularidad habitual la vision su rectitud siendo la hipermetropía poca en los jóvenes, pero la existencia del estrabismo pondrá al médico en el camino del diagnóstico.

Si no existiesen estos signos es evidente que jamás seríamos

llamados á consultarnos. Esto nos hará apereibirnos á lo primero de la enfermedad que en este caso no habrá necesidad de ningun tratamiento, porque todo ello será inútil. Pero si existe todo el cortejo de síntomas del cual constituye lo que hoy llamamos *astenopia* y que los antiguos conocian hace largo tiempo bajo el nombre de *ambliopia presbítica hebetudo visus*, *kopiopia*, etc.

Sin entrar en largas consideraciones diremos que la *astenopia* consiste en un dolor que se presenta por encima del ojo ó de la órbita de los individuos que están atentos durante algun tiempo sobre los objetos finos y próximos, como los caracteres de un libro, dibujo, etc. La interrupcion de la lectura ó del trabajo se hace necesaria á intervalos mas ó menos largos, un largo reposo como el del domingo permite á los ojos ver sin fatiga el lunes, mientras que el sábado, sobre todo con la luz artificial ó insuficiente, el trabajo es apenas posible durante algunos instantes; á menudo resulta que de los esfuerzos que hace el ojo para ver mejor se inyecta mas ó menos la conjuntiva, hay lagrimeo, etc.

Si la vista no se ejerce mas que á cierta distancia y sobre los objetos voluminosos, los síntomas anteriores desaparecen en gran parte, teniendo una gran analogía con los que presenta los presbitas que se esfuerzan al leer ó al trabajar de cerca sin lentes. Si en este estado ensayamos la lectura de los caracteres de las escalas tipográficas, nos aperebiremos que la vision se mejora por las lentes convexas y que la agudeza visual se ha disminuido lijeramente. La lente mas fuerte con la cual el enfermo vé mejor indicará el grado de hipermetropía. Por último los síntomas oftalmoscópicos han sido descritos y por lo tanto no lo repetimos.

§ 2.—TRATAMIENTO DE LA HIPERMETROPÍA.

Todos los síntomas nerviosos de la hipermetropía dependen

de un vicio de la refraccion, que deberá corregirse por medio de lentes convexas cuya eleccion deberá hacerse segun las reglas siguientes:

Si el individuo es jóven y la hipermetropía es relativa ó absoluta, será bueno, en la mayoría de los casos, el administrar durante dos ó tres semanas algunas gotas de un colirio de $\frac{1}{2000}$ de sulfato neutro de atropina para determinar exactamente la *Ht*. En el estado latente daremos lentes para corregir la *Hm*, mas $\frac{1}{4}$ ó $\frac{1}{3}$ de la *Ht*.

Supongamos antes de administrar la atropina que tenemos un *Hm* = $\frac{1}{12}$ ó 3^D , y despues del empleo de la atropina *Ht* = $\frac{1}{4}$ ó 10^D y nos resultará:

$$\frac{1}{12} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{12} \times \frac{1}{16} = \frac{1}{7}$$

en dióptrica.

$$3^D \times \frac{10^D}{4} = 5^D 50$$

Si el niño es muy jóven y sobre todo afectado de estrabismo convergente y parálisis, su acomodacion por el empleo de la atropina determinará su refraccion por medio del oftalmoscopio y exigirá lentes que convergen un $\frac{1}{3}$ ó $\frac{1}{2}$ de *Ht* los enfermos llevarán constantemente estas lentes para ver de lejos como de cerca. Durante los primeros dias estas lentes fatigan algunas veces un poco, porque el ojo no está habituado á relajar su acomodacion, pero no tarda en experimentar una mejoría considerable en el estado de la vista, permitiéndole trabajar sin fatiga.

Si el individuo es de cierta edad nos contentaremos con facilitarle lentes un poco mas fuertes que *Hm*. Pero al cabo de algun tiempo se lamenta de los efectos de la astenopia y hay

que aumentar un poco la potencia de la lente dejándose guiar por el efecto producido por estas lentes despues de algunos dias de uso.

Cuando el individuo es jóven ó de edad tanto cuanto la astenopía sea poco intensa y no exista mas que para la vision de los objetos cercanos, la mayor parte de los autores aconsejan el no usar lentes para la vision de lejos, que no exige mas que un pequeño esfuerzo de acomodacion y no pueda tener ninguna influencia funesta. En este caso, el empleo de lentes correctoras de una manera constante hace que el enfermo se habitúe gradualmente á no ver de lejos sin lentes, lo que no deja de ser un inconveniente. Cuando la hipermetropía es facultativa y los enfermos no se quejan mas que para ver á distancia, creemos conveniente restringir el uso de la lente para la vision de cerca solamente, si bien no debemos tampoco dudar en hacerla llevar constantemente cuando los individuos se fatigan y no distinguen bien los objetos cuando miran á distancia.

Para la hipermetropía relativa ó absoluta no se puede pasar sin lente á menos de sacrificar la vision binocular tanto para ver de lejos como de cerca. Pero en todos los casos, no se deberá aproximar el punto p porque un ojo con una gran convergencia no hace un esfuerzo de acomodacion muy enérgico. Si esto sucediera se empezará por dar lentes un poco débiles y no se sustituirán por otras mas fuertes hasta que la tension acomodatriz extraordinaria haya en parte disminuido ó desaparecido. Se recomendará al mismo tiempo al enfermo el no acercarse mucho á los libros ó á los trabajos á que se dedica.

Si el poder de acomodacion es débil, sea por los progresos de la edad ó por otra causa, se deberá recomendar dos pares de gafas, una con lentes para ver de lejos que corrija la Hm y para ver de cerca que reemplace la parte deficiente de $\frac{1}{A}$. No debe olvidarse en este último caso el recomendar lentes convexas un poco fuertes.

En todo lo que precede hemos supuesto que la misma anomalía y los mismos grados existe en ambos ojos. No es raro de encontrar diferencia en ambos ojos y presentar cada uno una anomalía diametralmente opuesta. Esto es lo que llama se *anisometropía*. A pesar de nuestro deseo de ser breves y lo elemental posible, no podemos privarnos de consagrar á esta anomalía un capítulo, y para no hacer repeticiones inútiles suspendemos toda descripción hasta hacerlo en su lugar de una manera precisa.

§ 3.—HIPERMETROPÍA POR AUSENCIA Ó LUXACION DEL CRISTALINO.
(AFAKIA.)—TRATAMIENTO.

La palabra afakia (falta de lente) ha sido introducida por Donders en oftalmología y se designa no solo á la ausencia del cristalino, sino para aquellos en que este no toma parte en el sistema dióptrico. La afakia puede ser producida por causas bien distintas; las principales son: ausencia congénita del cristalino, (?) luxacion traumática del humor vítreo ó sub-conjuntival, luxacion en la operacion de la catarata por abatimiento; reabsorcion del cristalino despues de la discision, accidental ó voluntaria, espulsion accidental del cristalino despues de una herida; extraccion por la operacion de la catarata.

El ojo privado del cristalino tiene una potencia refringente considerablemente menor y si este ojo era antes emmétrope, se hace hipermétrope por toda la fuerza convergente que tenia el cristalino. Resulta de numerosas esperiencias, que á cada paso se repiten, que administrando lentes de cataratas á un individuo operado por extraccion, hay que pensar en medirle la refraccion, resultando que es preciso suplir la convergencia del cristalino ausente por lentes de 3" ó 10^o en general, á fin de que el foco de los rayos paralelos se hagan sobre la retina. El cristalino representa en el estado fisiológico una lente ideal excesivamente delgado de 3" de distancia focal, colocada inme-

diatamente por delante de la córnea. El ojo que está privado de lente forma un sistema dióptrico convergente estremadamente simple.

Despues la medida la curvatura de la córnea que ha sido hecha con gran precision y el conocimiento del coeficiente de refraccion de humor acuoso y vítreo, Donders ha podido demostrar que el ojo desprovisto de cristalino y con una curvatura regular de la córnea, deberá tener el eje visual una longitud $30^{\text{mm}}58$ á fin de reunir en un foco sobre la retina los rayos paralelos. Este eje casi sin escepcion es mucho mas corto; el ojo afákico debe ser en general hipermétrope en alto grado y serán tanto mas desventajosos cuanto lo haya sido antes de la operacion. Pero si antes de la operacion el ojo fuese miope la miopía disminuirá en cuanto la fuerza de convergencia del cristalino, es decir, $\frac{1}{3}$ próximamente á 12^{D} de lo que resulta que si la miopía es muy fuerte y llega á $\frac{1}{3}$, despues de la salida del cristalino, el ojo verá al infinito sin lentes, es decir, infinitamente mejor que antes de haber tenido la catarata. Si la miopía es superior de $\frac{1}{3}$ podrá llegar el caso en que el enfermo necesite lentes *cóncavas* para ver de lejos. (1) Estos casos son muy raros porque un grado tal de miopía debe haber entrañado desórdenes del fondo del ojo tales, que la operacion de la catarata se hace de un pronóstico muy desfavorable y por lo regular es seguido de resultados nulos.

Siempre los grados medios de miopía dan muy escelentes resultados, y las lentes convexas necesarias para la vision de lejos son bastante débiles. Donders ha visto en un anciano despues de la operacion de la catarata, que lentes de $\frac{1}{8}$ han sido suficientes y en otro caso, una mujer de 36 años pudo despues de la operacion y sin auxilio de ninguna lente ver mucho mejor y á grandes distancias y leia con lentes de $\frac{1}{16}$. Conocemos

(1) Recuerdo haber visto dos casos en que la miopía era de 22^{D} es decir $1/1 \frac{1}{2}$

una maestra de piano operada de catarata que lee la música con lentes de $\frac{1}{12}$ ó 3^o.

Por el contrario si el individuo era hipermetrope antes de la operacion, necesitará despues de la estraccion de la catarata, lentes mas fuertes que para un emmetrope.

En la afakia, el ojo está reducido á un aparato lenticular inerte. Ha perdido la facultad de acomodar para las diversas distancias y exige lentes diferentes para cada una de ellas. Algunos autores distinguidos han sostenido y aun se sostiene hoy mismo que despues de la operacion aun se conserva acomodacion. Esta opinion ha sido combatida por Donders que ha demostrado de la manera mas precisa que en la afakia no existe la menor cantidad de acomodacion. Debe advertirse que si la pupila se estrecha, el ojo no tendrá mas papel que el de una cámara oscura y podrá dar á la retina la imágen clara de un objeto colocado á diversas distancias. Pero si la pupila se amplia y la iridectomia se ha hecho en la parte inferior, el párpado será impotente para estrechar la abertura pupilar (siendo todo lo contrario cuando ha sido practicada en la parte superior) formándose sobre la retina largos círculos de difusion, que hacen á la vision menos distinta aun con el empleo de lentes convenientemente elegidas. En este caso, el agujero de la lente estenopéica podrá dar un gran servicio al menos para la vision de cerca.

Los síntomas de la afakia son algunas veces poco acusados al primer exámen del ojo, por mas que siempre se observa una profundidad insólita de la cámara anterior y á una alteracion del iris que acompaña á los movimientos de la cabeza y de los ojos. Si á la iluminacion lateral se apela, veremos el reflejo de la cápsula del cristalino ó las fibras ó las sustancias corticales.

Las imágenes de Purkinge, formadas por el cristalino, da por su ausencia un pobre resultado; por último, el grado de hipermetropía sobrevenido despues de un golpe ó una herida del

ojo, la abolición del poder de acomodación son tan característico que no cabe duda después de una observación atenta.

Tratamiento de la afakia.—El tratamiento de la afakia no consiste en otra cosa que el de restituir artificialmente al ojo la fuerza refringente que ha desaparecido por la falta del cristalino. Aunque se ha hablado de la reproducción de este órgano, no está perfectamente sancionado y solo por medio de las lentes es como se puede remediar el estado de la visión. Pero hemos dicho que el ojo afáxico está reducido á un aparato convergente inerte y se necesitarán tantos pares de gafas como puntos en el espacio necesita desde el infinito hasta 6 á 8 pulgadas del ojo? afortunadamente no es así. Sabemos que una distancia de 5 ó 6 metros puede ser considerada como el infinito y las lentes que sirven para esta distancia sirven para todos los puntos mas lejanos. Para los puntos situados mas allá de 5 metros, estas lentes servirán aun, empleando una maniobra de la que hablaremos inmediatamente. No obstante, será preferible tener un segundo par de gafas para leer y trabajar de cerca de una manera continua. Veamos como se determinan estas lentes.

Colocado el enfermo delante de las escalas tipográficas bien iluminadas, sea por luz artificial ó natural, recubre el ojo sano ora con la mano, ora con una pantalla opaca y colocamos delante del ojo afáxico una lente positiva bastante fuerte n.º 8 antiguo ó 5^o, métrica si la visión mejora poco se aumenta sucesivamente la fuerza de la lente hasta que el individuo no acusa mas mejora. La lente mas fuerte con la cual vea mas distintamente, será la que conviene para la visión de lejos. Tendremos buen cuidado para ello colocar estas lentes lo mas cerca del ojo, se anotará desde luego la agudeza visual y si esta es suficientemente buena procederemos inmediatamente á elegir las lentes para la visión de cerca. Esta elección podrá hacerse por dos procedimientos, por el cálculo ó por el ensayo directo. Pueden emplearse el primero y comprobarlo con el

segundo. Este cálculo se hace aun por medio de la fórmula de las lentes ó de la acomodacion.

$$\frac{1}{A.} = \frac{1}{P.} - \frac{1}{R.}$$

La acomodacion, aquí es la lente convexa que hay que agregar al ojo para reducir el punto r en p . Con $\frac{1}{R.}$, el ojo vé al infinito que es como si fuese emmétrico: pero para ver á la distancia P debe emplear un esfuerzo de acomodacion igual á $\frac{1}{p.}$ y como esta última funcion no existe, la reemplazamos por una lente equivalente. Como la primera lente $\frac{1}{R.}$ representa la hipermetropía del individuo, estará delante del ojo para poder ver el infinito, y para ver á la distancia P deberá emplearse desde luego $\frac{1}{R.}$ mas agregándole $\frac{1}{p.}$ y tendremos, como en la fórmula de la acomodacion de la hipermetropía.

$$\frac{1}{A.} = \frac{1}{P.} \left(- \frac{1}{R.} \right) = \frac{1}{P.} + \frac{1}{R.}$$

Presentemos un ejemplo; un operado de catarata ve el infinito con lente $\frac{1}{3}$ ó 12^D , ¿con qué lente verá á $12'$ ó $0^m 32^D$? Para ver á $12''$ deberá agregarse á el ojo, ya provisto de una lente $\frac{1}{3}$, una fuerza convergente espresada por $\frac{1}{4}$, ó sea

$$\frac{1}{3} + \frac{1}{12} = \frac{5}{12} = \frac{1}{2 \frac{2}{5}}$$

en dióptrica

$$12^D + 3^D = 15^D.$$

y lo mismo para toda otra distancia. Por el contrario, si se conoce la lente con la cual ve á 12" determinaremos la que hará ver al infinito descontando de esta lente todo lo que sea preciso haberle agregado para ver á 12", es decir, $\frac{1}{12}$, tendremos que

$$R. \quad \frac{1}{2^{2/5}} - \frac{1}{12} = \frac{1}{3}$$

en dióptrica.

$$R = 15^D - 3^D = 12^D.$$

Puede presentarse el caso de no tener á mano una lente convexa (lo que puede determinarse por la distancia focal) y estar obligado á calcular con qué lente verá al infinito á una distancia dada. Esto es bien fácil; supongamos que con una lente $\frac{1}{2}$ el enfermo lee á 6", tendremos que agregar á la lente que hace ver al infinito una lente que espese la divergencia ó la acomodacion para 6" es decir, á $\frac{1}{6}$ y bastará con descontar $\frac{1}{6}$ de la lente $\frac{1}{2}$ para dar la solucion

$$\frac{1}{2} - \frac{1}{6} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3}$$

que traducido á dióptrica dará

$$18^D - 6^D = 12^D.$$

Pongamos otro caso: el individuo ve á 6" con $\frac{1}{2}$, ¿qué lente necesitará para ver á 12"?

$$\left(\frac{1}{2} - \frac{1}{6}\right) + \frac{1}{12} = \frac{1}{2} - \frac{1}{12} = \frac{5}{12} = \frac{1}{2^{2/5}}$$

expresion en la cual $(\frac{1}{2} - \frac{1}{6})$ representa la fuerza de la lente que

sirve para el infinito, y $\frac{1}{12}$ la acomodacion que será necesaria para ver á 12", que hay que sumar á $(\frac{1}{2} - \frac{1}{6})$

Si queremos hacer esta determinacion en dióptrica tendremos.

$$(18^D - 6^D) + 3^D = 15^D.$$

Hemos dicho, al comenzar este párrafo, que con dos pares de gafas el enfermo afákico puede ver á todas las distancias, á partir del infinito, hasta el punto que den sus lentes mas fuertes, y no obstante vemos que para cada distancia tenemos necesidad de una lente distinta. Si los industriales no fabrican mas que lentes crecientes de $\frac{1}{4}$ de pulgada en los focos fuertes y de $\frac{1}{2}$ á 1" en los débiles en muchas pulgadas ¿cómo resolveremos este problema? En el estado normal la acomodacion se encarga de adaptar el ojo para las distancias deseadas y sin que tengamos conciencia de ello, pero aquí es la mano la que hace esta funcion como lo veremos en el siguiente artículo.

En todo esto que precede hemos descuidado la distancia de las lentes del ojo distancia que se designa habitualmente por x . En los largos focos esta distancia, que puede evaluarse á $\frac{1}{2}$ pulgada, es casi descuidada, pero en los focos cortos tiene una importancia considerable y son tan precisas las variaciones de su longitud, que permitirán al ojo afákico ver á diversas distancias con las mismas lentes.

En la figura 99 las lentes A. B. C. D. etc., tienen todos sus

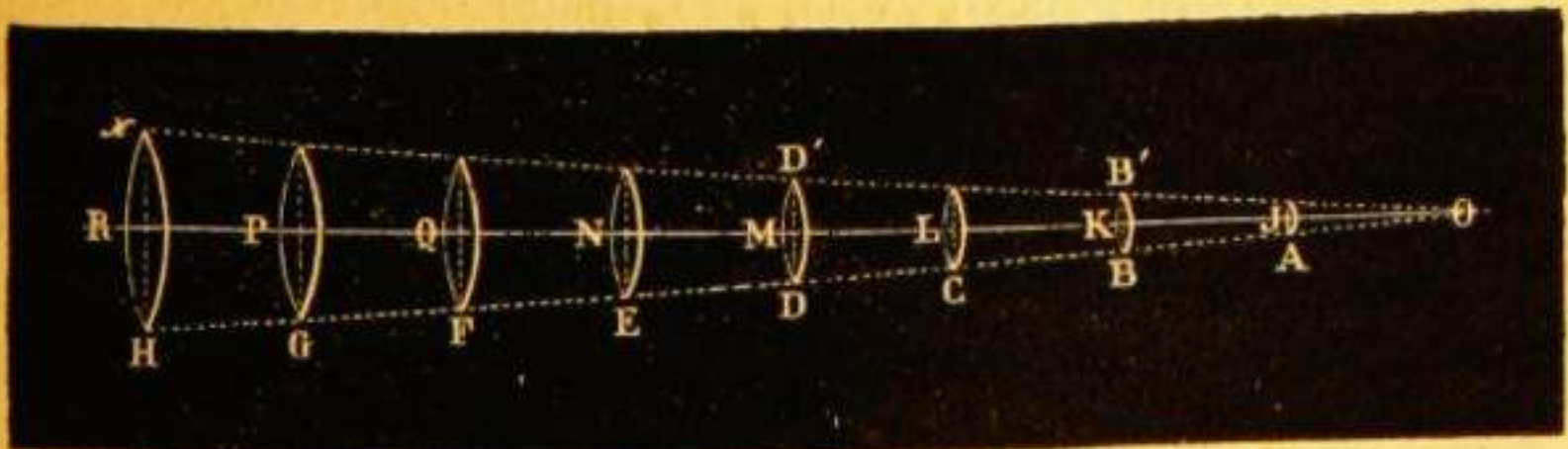


Fig. 99.

focos en O: si suponemos las distancias OJ, OK, OL, etc.,

iguales á 1, 2, 3, pulgadas veremos que una lente C, por ejemplo, colocada en L, obra de la misma manera sobre los rayos luminosos paralelos que otra lente B'B colocada en K, que otra A colocada en J que otra Hx colocada en R todas en efecto, dán á estos rayos paralelos una direccion tal que ellos vienen á formar su foco en O; y no obstante, la fuerza de estas lentes representada por su distancia focal es al comenzar por A sucesivamente decrece:

$$\frac{1}{1} \quad \frac{1}{2} \quad \frac{1}{3} \quad \frac{1}{4} \quad \frac{1}{5} \quad \frac{1}{6} \quad \frac{1}{7} \quad \frac{1}{8} \quad \frac{1}{9}$$

Resulta de esto que una lente $\frac{1}{2}$ colocada á 2" de O, hará el mismo efecto que una lente $\frac{1}{1}$ colocada á 1", que una lente $\frac{1}{3}$ colocada á 3", que una lente $\frac{1}{n}$ colocada á N". Si suponemos la retina en el punto O, y aplicamos este principio á las lentes, veremos que su distancia mas grande del ojo tendrá por consiguiente, poder reemplazar estas lentes por otras de focos mas largos y proporcionales á esta distancia. Desde luego su efecto convergente aumentará y podrá servir para rayos divergentes, es decir, que vengan de puntos mas ó menos cercanos. Es verdad que en la práctica el límite de su separacion no escede de 1", pero si su foco es muy corto, esta pequeña separacion será suficiente para aumentar considerablemente la potencia y le permite servirse para la vision de los objetos cercanos, así que vamos á demostrarlo con algunos ejemplos. En efecto, en la posicion ordinaria de las lentes estas están próximamente á $\frac{1}{2}$ pulgada del ojo. Si su foco no es de algunas pulgadas resulta que el objeto podrá venir desde el infinito hasta doble de la distancia focal de la lente sin que el foco hubiese acortado mas de algunas pulgadas, y del foco *principal* que viene hacerse foco *conjugado*.

Se comprende que interin la lente sea mas convexa, menos

habrá que acortar para que su efecto convergente sea mas considerable y que pueda servir para distancias mas cercanas.

En el caso que nos ocupamos, el foco debe permanecer á una distancia siempre igual sobre la retina, pero la lente cuando se aleja del ojo, ajustará con el foco principal y el punto donde este último se forma, debe permanecer invariable, haciéndose el foco conjugado en otro punto situado allá del infinito.

En la fórmula de los focos conjugados vemos alejarse muy débilmente la imágen del foco principal corresponderá á un aproximamiento considerable del objeto. (1)

Si designamos por x' este alejamiento focal ó de la lente, que es la misma cosa, que p' , de la fórmula abajo indicada, resulta-

(1) Sea f' la distancia focal principal de una lente; p la distancia del objeto, y p' la de la imágen; todas estas distancias están comprendidas á partir del centro óptico de la lente y hé aquí la fórmula:

$$\frac{1}{p'} = \frac{1}{f} - \frac{1}{p}$$

Si $p = \infty$, $\frac{1}{p} = 0$.

Por lo tanto $p' = f$ y la imágen está en el foco principal.

Pero si p , en vez de estar en el infinito está á una distancia finita espresada por $100f$, es decir, si el objeto está colocado á 100 veces de la distancia focal principal.

$$\frac{1}{p'} = \frac{1}{f} - \frac{1}{100f} = \frac{99}{100f}$$

ó $p' = \frac{100}{99}f$

Por consecuencia para un aproximamiento del objeto desde el infinito hasta $100f$, el foco no retrocederá mas que de $1/99$ de la distancia focal.

rá $f+x'$; y será la incógnita p y tendremos la siguiente fórmula:

$$\frac{1}{f+x'} = \frac{1}{f} - \frac{1}{y}$$

de lo que resulta

$$\frac{1}{y} = \frac{1}{f} - \frac{1}{f+x'}$$

Apliquemos ahora esta fórmula á algunos ejemplos numéricos.

Una persona para ver á distancia tiene necesidad de lentes de $1/3 \frac{1}{2}$ colocadas á $\frac{1}{2}$ pulgada del ojo; estas lentes estando colocadas á $\frac{1}{2}$ pulgada mas lejos; esta separacion ó x' igualará $\frac{1}{2}$ y tendremos

$$\frac{1}{y} = \frac{1}{3 \frac{1}{2}} - \frac{1}{3 \frac{1}{2} + \frac{1}{2}} = \frac{1}{3 \frac{1}{2}} - \frac{1}{4} = \frac{2}{7} - \frac{1}{4} = \frac{1}{28''}$$

es decir, que el individuo verá á $28''$ por delante de sus lentes ó sea á $29''$ de sus ojos que en dióptrica.

$$y = 10^{\text{D}}58 - 9^{\text{D}}25 = 1^{\text{D}}33 = 0^{\text{m}}75 \text{ (1)}.$$

Si las lentes se alejan de $1''$ de su posicion inicial la distancia de p será

$$\frac{1}{y} = \frac{1}{3 \frac{1}{2}} - \frac{1}{3 \frac{1}{2} + 1} = \frac{1}{3 \frac{1}{2}} - \frac{1}{4 \frac{1}{2}} = \frac{2}{7} - \frac{2}{9} = \frac{4}{63} = 15'' \frac{3}{4}$$

es decir, que el individuo tiene el punto mas cercano de la vi-

(1) La trasformacion de las pulgadas en dióptrica dan á menudo un número fraccionario y no empleamos generalmente el número mas que entero salvo los casos en que las fracciones tienen cierto valor.

sion distinta á $15'' \frac{3}{4}$ de sus lentes ó á $17'' \frac{1}{4}$ del ojo, puesto que las lentes están alejadas por lo regular á $1 \frac{1}{2}''$.

La trasformacion en dióptrica será:

$$y = 10^{\text{D}}58 - 8^{\text{D}}23 = 2^{\text{D}}35 = 0^{\text{m}},42$$

Si las lentes de $\frac{1}{3}$ colocadas á $\frac{1}{2}$ pulgada del ojo, son necesarias para la vision distinta, colocaremosla á $1''$ de esta distancia dando la misma fórmula,

$$\frac{1}{y} = \frac{1}{3} - \frac{1}{3\frac{1}{2}} = \frac{1}{3} - \frac{2}{7} = \frac{1}{21}$$

y este punto estará á $21'' + 1''$ ó sea $22''$ del ojo; colocando estas mismas lentes á $1 \frac{1}{2}''$ del ojo, el punto de la vision distinta será el de $13 \frac{1}{2}''$ y á esta distancia se podrá leer fácilmente caracteres medios, si la agudeza visual es bastante buena.

Las esplicaciones algo estensas que hemos dado sobre este asunto son algo elementales dado el carácter de nuestra obra, pero la fórmula de los focos conjugados y de los virtuales de las lentes biconvexas son tan sencillas, y sus esplicaciones tan prácticas, que no podemos por menos de dedicarle dos párrafos especiales y si bien omitimos detalles, dando las conclusiones para poder entrar á discutir sobre los problemas matemáticos.

§ 4.º—INFLUENCIA DEL ALEJAMIENTO Y ACORTAMIENTO DE LAS LENTES CONVEXAS DEL OJO SOBRE LA VISION.

Se dice en los tratados que *alejando las lentes convexas del ojo aumenta su poder y que acercándola la disminuye*, y el ejemplo que acabamos de esponer viene en apoyo de esta asercion. Pero si la cosa es incontestable é inconteste cuando se trata de rayos paralelos ¿es lo mismo para los divergentes,

es decir, los que parten de una distancia infinita? Hasta aquí esta cuestión había sido descuidada por los oftalmólogos si bien que fuese por una demostración de física elemental, es lo cierto que los autores se habían abstenido de hablar de ello. En una memoria titulada *Sull' influenza del' allontanamento delle lenti positive dall' occhio* publicada en los *Annali di ottalmologia* en Diciembre de 1877, el Dr. Levi ha llamado la atención sobre este asunto y determina el caso en el cual deja de ser. Hemos de decir nuevamente que estas investigaciones no han sido llevadas á la práctica mas que de una manera débil. Mas adelante veremos por qué razón, y trataremos de explicar esto que parece una paradoja con respecto al autor citado, y el por qué los hechos están en contradicción formal con la teoría.

Los oftalmólogos fundaban sus proposiciones matemáticas invariables atendiendo á que el ojo le consideramos como un aparato *mecánico* destinado á formar sobre la retina una imagen clara de los objetos exteriores, y un aparato *orgánico* ó que permite al individuo percibir esta imagen. Hemos visto ya que una imagen menos clara y mas grande, es mejor percibida que otra mas clara y mucho mas pequeña, y esto nos explica cierto número de fenómenos que las reglas matemáticas no pueden explicarlo y que la luz de una sana fisiología es la sola que puede aclararlo. Es justo, no obstante, consignar que á Mr. Levi se le debe el haber llamado la atención sobre esta cuestión y que deben fijarse los oftalmólogos en nuevas investigaciones para deducir hechos positivos.

Cuando el ojo se halla privado del cristalino es necesario reemplazarle por una lente convexa de no escasa potencia, es decir, de un foco bastante corto para que los rayos paralelos lleguen á formar su foco sobre la retina. En este caso si el ojo es emmétrope antes de operarse necesita generalmente una lente de $3\frac{1}{2}$ ó de $9\frac{1}{4}$ milímetros de foco colocada 13 milímetros de la córnea. Si los medios del ojo no tuviesen ninguna potencia refringente, los rayos paralelos atravesarán esta lente

é irán á formar su foco á 94 milímetros por detrás de la lente; y sabemos que el diámetro antero-posterior del ojo es de 27 milímetros próximamente. Si á esta cantidad agregamos 13 milímetros para la distancia de la lente, y si la imágen de los objetos lejanos se forman sobre esta membrana, el medio del ojo tendrá una potencia refringente igual á la que es necesaria para disminuir el foco de la lente de 94 á 40 milímetros, teniendo siempre en cuenta la distancia que separa la córnea de la lente. El ojo afáxico está desprovisto de acomodación, su potencia refringente permanecerá siempre lo mismo faltando siempre el efecto de convergencia de la lente de $3'' \frac{1}{2}$ que hará que la imágen de un objeto se forme sobre la retina; que los rayos partiendo del objeto lleguen siempre con la misma convergencia cualquiera que sea la distancia de este último.

Hemos visto en la nota anterior que el transporte del objeto desde el infinito hasta 100 veces la distancia focal de la lente, no hace retroceder el foco conjugado de este objeto mas que de $\frac{1}{99}$ de longitud focal de la lente: los rayos viniendo de este punto pueden por lo tanto ser considerados como paralelos. Pero para las distancias mas y mas cercanas el alargamiento del foco conjugado se hace mas y mas considerable. Por último, cuando el objeto se encuentra al doble de la distancia focal de la lente su foco conjugado está á la misma distancia del lado opuesto.

Si el objeto continúa en su acercamiento del foco anterior tendrá un foco conjugado á distancias mas considerables y en relacion inversa á lo que hemos visto antes y que ha dado su nombre á los focos conjugados (palabra que significa, union de uno con otro) así que el objeto alejado del foco de $\frac{1}{99}$ de la distancia focal de la lente tendrá un foco conjugado del otro lado á 100 veces esta misma longitud focal. La diferencia es cada vez menor á medida que el objeto se aproxime al punto situado al doble de la distancia focal de la lente.

Estos ejemplos numéricos son suficientes para satisfacer esta proposición.

Supongamos que un ojo afáxico A (fig. 100) tiene necesidad de rayos convergentes tales como para formar un foco en el punto f'' , situado detrás del ojo á 6 centímetros de la córnea. Sabemos que los rayos paralelos convergerán hácia este punto si atraviesan una lente de 6 centímetros de radio de curvatura aplicado en F inmediatamente contra la córnea.

Si colocamos la lente en B, á 2 centímetros de la córnea, cuya longitud focal debe ser aumentada en 2 centímetros y su fuerza se disminuirá otro tanto para lo cual no importa la distancia con tal que los rayos incidentales sean siempre paralelos. Esto como se ve es elemental.

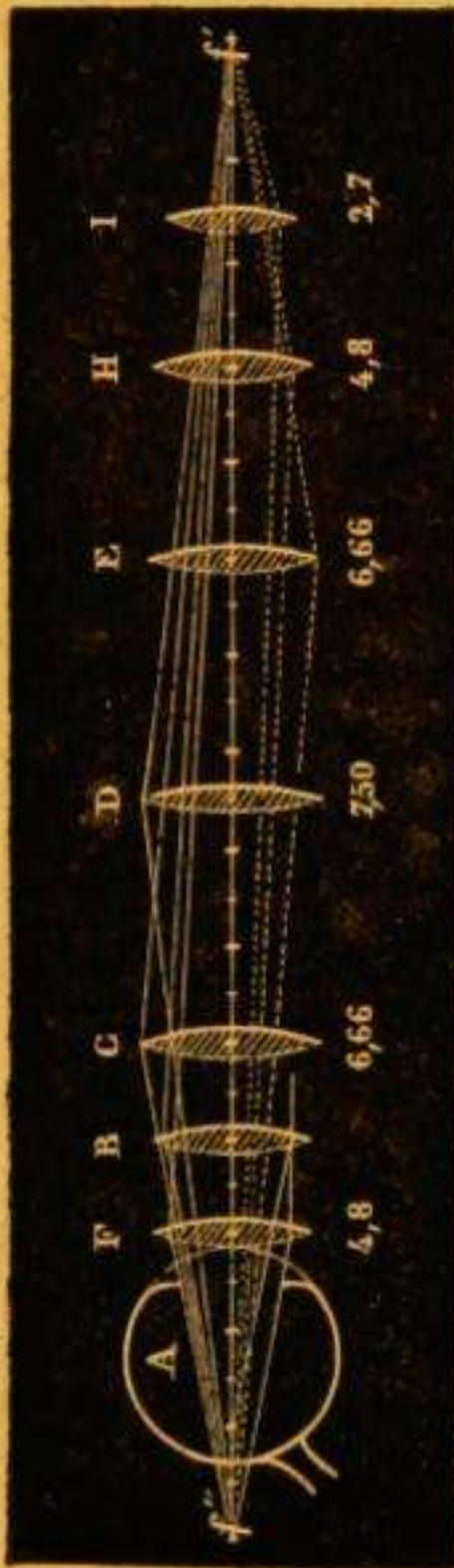


Fig. 100.

Pero si el objeto en lugar de estar colocado en el infinito esta en f' , á 30 centímetros de f'' ¿qué se efectuará? Este objeto enviará rayos divergentes que se hacen así despues de su refraccion al través de una lente que se dirige hácia f'' , por tener la incidencia necesaria á la formacion de la imágen sobre la retina.

Si queremos colocar esta lente contra la córnea como f' , es decir, á 24 centímetros del ojo, la lente hará el efecto de una de 24 centímetros de foco, 40 , 16 de potencia para hacer paralelos los rayos que vengan de este punto, mas aun 16,66 de potencia convergente, correspondiendo á una lente de 6 centímetros de foco porque f'' está

á 6 centímetros de F , para dar á estos rayos la direccion de Ff'' ; es decir, que la fuerza total de la lente será en fracciones ordinarias espresadas por centímetros y no por pulgadas.

$$\frac{1}{6} + \frac{1}{24} = \frac{5}{24} = \frac{1}{4,8}$$

en dióptrica

$$4^D,16 + 16^D,66 = 20^D,82$$

y su distancia focal 4. cent, 8 en lugar de 6 centímetros que hemos indicado para los rayos paralelos. Esto es bien simple para elegir la lente que colocamos en F' y que tenga sus focos conjugados en f' y f'' . Atendiendo á F la logitud focal de la lente buscada, f' la distancia Ff' ; f'' , la distancia Ff'' . La relacion conocida $\frac{1}{F} = \frac{1}{f'} + \frac{1}{f''}$ que existe para los focos conjugados entre los valores $F, f'; f''$ dános la fórmula:

$$(1) F = \frac{f' f''}{f' + f''} \quad (2) f' = \frac{F f''}{f'' - F} \quad (3) f'' = \frac{F f'}{f' - F}$$

Reemplacemos la fórmula (1) las letras por su valor en el ejemplo que hemos elegido y tendremos:

$$F = \frac{24 \times 6}{24 + 6} = \frac{144}{30} = 4,8$$

igual valor al que hemos encontrado inmediatamente para la lente F y por un simple método aritmético.

La distancia del ojo del objeto siendo siempre la misma, veamos qué lentes son necesarias si se les coloca á distancia mayor del ojo.

Supongamos desde luego esta lente en C , á 10 centímetros

de f' , y por consiguiente, á 20 centímetros de f' , porque $f'f'' = 30$ centímetros.

Su longitud focal será:

$$F = \frac{20 \times 10}{20 + 10} = \frac{200}{30} = 6,66$$

es decir que la lente será menos fuerte que cuando estaba en F.

Alejémosla ahora colocándola en D en medio de $f'f''$, es decir, á 15 centímetros de f' y de f'' .

Sabemos que su longitud focal es igual á la cuarta parte de la longitud $f'f''$ como lo indica el cálculo:

$$F = \frac{15 \times 15}{15 + 15} = \frac{225}{30} = 7,50$$

y esta lente será mas débil que la anterior. Es claro que la misma demostración podrá hacerse para todos los puntos comprendidos entre F y D y que la longitud focal de las lentes colocadas en estos puntos irá progresivamente creciendo desde F hasta D. A mas de este último punto que corresponde á la longitud focal máxima de la lente tienen por focos conjugados los puntos f' y f'' y el minimum de refringencia necesaria.

Si continuamos alejando la lente el objeto se encontrará colocado entre su foco y el doble de su distancia focal, y por lo tanto la cosa cambia completamente.

Coloquémosla en E, á 10 centímetros de f' y cuyo valor será:

$$F = \frac{10 \times 20}{10 + 20} = \frac{200}{30} = 6,66$$

Continuemos alejándola y coloquémosla en H á 6 centímetros de f' y será:

$$F = \frac{6 \times 24}{6 + 24} = \frac{144}{30} = 4,8$$

Mas alejándonos del ojo, su fuerza deberá ser mayor y si la colocamos en 1 á 3 centímetros de f' tendremos:

$$F = \frac{3 \times 27}{3 + 27} = \frac{81}{30} = 2,7$$

y el punto f' estará siempre á una distancia menor del doble de la longitud focal de la lente.

De todas estas demostraciones resultan las siguientes leyes que son fáciles de demostrar experimentalmente por medio de una lente convexa, una bujía y una pantalla.

1.^o Ley. *Dado un objeto y su imágen colocada en los focos conjugados de una lente bi-convexa, esta deberá ser menos fuerte á medida que se acerque al medio de la distancia que separa el objeto de su imágen, es decir, tanto cuanto el objeto esté á una distancia superior al doble de la distancia focal de la lente (F, B, C, D, de la fig. 101.) Por consiguiente el efecto convergente de una lente de un foco dado aumentará á medida que se aleje esta del ojo, y el objeto permanecerá mas allá del doble de la distancia focal.*

2.^o Ley. *Todas las veces que un objeto esté colocado entre el foco principal y el doble de la distancia focal de una lente bi-convexa el alejamiento de esta última del foco conjugado del objeto, DISMINUIRÁ la potencia y esta lente deberá ser tanto mas fuerte cuanto mas se aproximará del objeto; esta ley es inversa á la anterior.*

§ 5.^o—DISCUSION DE LA FÓRMULA DE LOS FOCOS CONJUGADOS.—
APLICACIONES PRÁCTICAS.

La demostracion matemática general de las leyes anteriores

es elemental: en la fórmula de los focos conjugados $F = \frac{f' f''}{f' + f''}$ el denominador $f' + f''$ queda siempre el mismo cualquiera que sea la posición de la lente mientras que $f' f''$, numerador de la fracción cambiará con cada posición y se sabe que el producto máximo de estas dos cantidades $f' f''$ tiene lugar cuando f' es igual á f'' así que f' es mayor ó mas pequeña que f'' su producto será inferior al primero y tanto mas pequeño cuanto que una de estas cantidades le supere con ventaja, el producto mínimo tendrá efecto cuando f' ó f'' igualará á 1. Es evidente que cuando f' sea igual á f'' la lente estará igual distancia del foco y de la imagen, y se sabe que su longitud focal es igual á $\frac{f' + f''}{4}$. El denominador de la fórmula espresada es constante el numerador será el máximo cuando $f' = f''$ y el cociente ó F , será el máximo tambien é igualará á $\frac{f'^2}{4} = \frac{f'}{2}$. Pero entonces la lente tendrá la longitud focal máxima y será por consecuencia la mas débil posible que tuviesen sus focos conjugados en f' y f'' .

Estando colocado á doble distancia mas acá ó mas allá de este punto el numerador, será mas débil y por consiguiente la cantidad mas pequeña cuando la lente es mas fuerte. Por consiguiente alejada la lente del medio de $f' + f''$ hácia el objeto ó hácia la imagen tendrá por efecto el exigir una longitud focal mas corta y una fuerza convergente mayor.

Siempre es necesario decir que en la práctica y con poco que la acomodación se conserve el alejamiento ó acortamiento de las lentes para ver de cerca no tiene importancia, porque los individuos suplen para el alejamiento ó para el acortamiento con la cabeza ó el objeto que está á una distancia absolutamente fija é invariable.

En cuanto el acercamiento de la lente al ojo para aumentar la fuerza entonces el objeto está entre el foco y el doble de la distancia focal del lente, son pocos los que lo utilizan,

En efecto supongamos un alto grado de presbiopía ó de hipermetropía en que la vision de cerca el objeto está habitualmente comprendida entre 12" ó 32 centímetros, y 8" ó 21 centímetros. Es necesario para utilizar esta propiedad de las lentes que se haga uso de lentes comprendidas entre los números 6 y 11 antiguos para ver á 12", y 4 y 7 para ver á 8", que traducidos á dióptricas dá para el primero 6^D,17 á 3^D,36 y para el segundo 9^D,26 á 5^D,28. Si existe alguna acomodacion suplirá el acercamiento de la lente porque ya la hemos demostrado por un ejemplo numérico y se comprenderán con poco esfuerzo.

Supongamos que un individuo se sirve de un lente de 5^D, ó de 20 centímetros de distancia focal aplicado á 3 centímetros de la córnea para ver á 32 centímetros, distancia que no exige mas que 3^D de acomodacion. La hipermetropía será igual á la distancia del foco conjugado ó á 2^D próximamente porque

$$f' = \frac{20 \times 32}{32 - 20} = \frac{640}{12} = 53^{\text{cent}}, 33$$

ó mas sencillo 5^D 3^D 2^D.

Veamos qué aumento de fuerza experimenta la lente si se le acerca 3 centímetros de la córnea. Esta viene á ganar alguna distancia focal que tendrá la lente que colocamos en este punto que tendria sus focos conjugados en el mismo punto que la anterior y su longitud focal nos es dada por

$$F = \frac{(32+3) \cdot (53,33-3)}{(32+3) + (53,33-3)} = 26^{\text{cents}}, 64$$

La diferencia de longitud focal de las dos lentes colocadas la una contra la córnea y la otra á 3 cents. de esta membrana, no es por lo tanto mas que de 64 milímetros que en dióptrica es:

$$\frac{100}{20} - \frac{100}{20,64} = 0^{\text{D}}16,$$

poco mas que $\frac{1}{6}$ de dióptrica que es una cantidad casi insignificante.

Supongamos que la acomodacion está abolida, el círculo de difusion que formará la imágen sobre la retina será tan pequeña que en nada alterará la claridad de la vision. Tendremos siempre que recurrir á alejar un poco el objeto ó el ojo para reemplazarlo por un $\frac{1}{6}$ de dióptrica de acomodacion.

Si en lugar de emplear un lente de 5^D, nos servimos de uno de 3^D,36 para ver á 32 cents. de la lente y la acercamos en seguida á 3 cents. del ojo se encontrará á 35 centímetros del objeto y no aumentará mas que 0^D,27 que es un poco mas de $\frac{1}{6}$ dióptrica y se demostrará por el mismo cálculo que el anterior.

Todo lo que acabamos de decir es relativo á la formacion de la imágen la mas clara posible pero si nos valemos del auxilio del cálculo ó de la esperiencia para medir esta imágen veremos que esta distancia aumenta considerablemente por una débil disminucion de claridad lo que la hace mas apta para ser percibida. Cualquiera que sea la situacion del objeto el alejamiento de la lente del ojo tendrá por efecto de la relacion con la córnea el punto nodal posterior y por consiguiente el ampliar la imágen retiniana. Hé aquí por qué los individuos en general prefieren tener sus lentes convexas alejadas cuando estas son insuficientes á riesgo de disminuir la claridad de las imágenes por aumentar las dimensiones. Esta es la única razon que podemos invocar como argumento poderoso en favor del desacuerdo que existe entre la teoría y la práctica, desacuerdo que segun Mr. Levi exige esplicacion.

Las deduciones prácticas que sacamos de las propiedades de los focos conjugados y de las leyes anteriormente enunciadas son

las siguientes: 1.º todas las veces que se ensayen lentes fuertes principalmente en operados de cataratas para ver objetos situados en el infinito ó á una distancia superior ó doble de la distancia focal de estas lentes, si el alejamiento de las lentes del ojo mejora la vision, los lentes no son suficientemente fuertes: si por el contrario se es la aproximacion al ojo la que produce este efecto, son muy fuertes: 2.º dada una lente para ver á cierta distancia, siempre superior al doble de su longitud focal, el alejamiento de la lente del ojo permitirá ver á mas corta distancia. 3.º Cuando se emplean lentes convexas fuertes en los altos grados de hipermetropía ó de presbiopía para ver de cerca, si el objeto está situado entre el foco y el doble de la distancia focal, el acercamiento del lente del ojo aumentará su fuerza y por consiguiente la claridad de la imágen podrá aventajar siendo reemplazada por el alejamiento del objeto del ojo ó por el de la lente que aumentará la dimension de esta imágen.

Un último caso hay que observar y es el mas frecuente cuando el objeto se halla situado entre la lente y el foco principal. Esto ocurre todas las veces en que para ver á una distancia f' se emplean lentes de un foco superior á f como en la hipermetropía y la presbiopía poco avanzada.

Entonces la lente convergente juega el papel de tal y dá imágenes virtuales rectas y ampliadas. Si tiene una falsa idea de la lente porque dá rayos emergentes divergentes y se cree que en este caso la lente pierde sus propiedades convergentes. Cualquiera que sea el punto en que el objeto se coloque para relacionarlo con la lente aunque sea al infinito ó lo mas cerca de la lente, las propiedades convergentes de esta quedan siempre las mismas solamente si la divergencia de los rayos incidentes es mas grande que la fuerza de convergencia de la lente, los rayos emergentes conservarán aun una divergencia igual á la diferencia de estas dos cantidades. Este punto de óptica muy importante, puede ser demostrado fácilmente por geométrica que

tiene la ventaja de dar el fenómeno visible por decirlo así á medida que se hace la demostracion.

Si á una lente L . (fig. 101) cuyo eje principal es xy y que tiene su foco principal en F . Sabemos que además de las propiedades de las lentes bi-convexas los rayos luminosos parten de F saliendo paralelos al eje principal y que el rayo FD , por ejemplo en vez de seguir la direccion Dc que es la prolongacion toma la direccion Df ; será por lo tanto desviado de la cantidad medida para el ángulo cDf , que espresa la fuerza convergente de la lente; pero este ángulo es igual al ángulo DFO , por que fD es paralelo al eje xy , que puede tomarse indistintamente uno por otro. Tomemos entre tanto un punto C . entre la lente y su foco principal. El rayo CD si no es refractado toma la direccion Dd y su ángulo de divergencia (1) DCO será igual al ángulo dDf . Para que el rayo refractado Dd tome la direccion Df y salga paralelo es necesario que la lente tenga su foco en C , es decir, que su distancia focal fuese mas corta. Como la convergencia es proporcional á la curvatura, así que el rayo refractado viniendo de C no seguirá el paralelismo y tomará la direccion Dc . Será por lo tanto divergente en la canti-

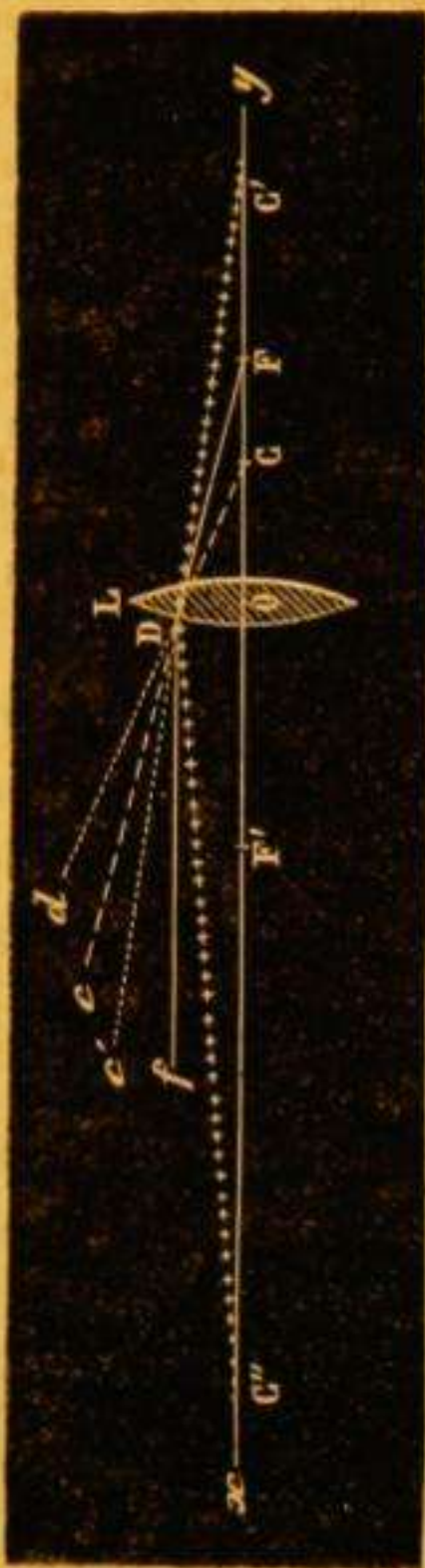


Fig. 101. (2)

(1) Esta espresion de *ángulo de divergencia* empleada aquí no puede ser bien exacta pero tiene la ventaja de simplificar mucho las demostraciones en todo no alterando en nada la verdad matemática.

(2) Esta figura deja mucho que desear con respecto á la exactitud.

dad medida por el ángulo $c D f$ ó $D F C$ y su prolongacion cortará el eje principal en F . Para que esto tenga lugar es necesario que el punto C este en medio de $O F$. En efecto, el triángulo $C D F$ puede ser considerado como isóceles porque $C D$ difiere bien poco de $C O$ é igual por lo tanto á $C F$. Los ángulos opuestos á estos lados son tambien iguales. $C D F = D F C$: pero $D F C = c D f$, y $C D F = d D c$ como opuesto: por el vértice, por lo que $d D c = c D f$ y el ángulo de divergencia es igual á $d D f$ disminuido del ángulo $c D f$ que expresa la potencia convergente de la lente L , ó bien tiene la mitad de $d D f$. Esto demuestra que una lente bi-convexa tiene la misma propiedad convergente sobre los rayos que parten de su foco y sobre los cuales vienen del medio de la distancia focal.

La misma cosa tiene lugar para todos los puntos situados entre la lente y el foco, mas el punto C se relacionará en F mas pequeño será el ángulo de divergencia por que tendremos siempre que descontar una cantidad invariable $c D f$ del ángulo de divergencia de los rayos que parten del punto C . Por el contrario mientras mas este punto se aproxime á la lente, mas su ángulo de divergencia será mayor y mas el rayo $c D$ se separará de $D f$, pero siempre en una cantidad igual á la diferencia de los dos ángulos.

Por último si el punto C está situado entre el foco F y el infinito, en C' por ejemplo, el ángulo de divergencia $D C' F$ es mas pequeño que el ángulo convergente $c D f$ de la lente desde luego este hará sufrir al rayo $C' c'$ una desviacion hácia el eje $x y$ que traspasará el paralelismo de la cantidad $f D C''$ igual á la diferencia de $c D f$ con $c' D f$. El rayo refractado será entre tanto convergente tanto mas cuanto que C' se relacione con ventaja con el infinito, caso en el cual el rayo incidente será paralelo á el eje y vendrá á formar su foco en el segundo foco principal de la lente en F'' .

La potencia convergente de la lente bi-convexa está en razon

inversa de su distancia focal, si el foco está en C por ejemplo distante de la lente 4 pulgadas ó 11 cents. podemos espresar la fuerza de esta lente por $\frac{1}{4}$ ó 9^D por que la lente de un foco doble será de 8" ó 22^D teniendo por espresion $\frac{1}{8}$ que es la mitad de $\frac{1}{4}$ ó 4^D,50, que son la mitad de 9^D y así sucesivamente. Si el objeto está colocado en C á 4 pulgadas de una lente L de 8 pulgadas de radio de curvatura sabemos que el radio CD prolongado hácia el eje despues de salir de la lente encuentra esta en F siendo por lo tanto allí donde se forma la imágen virtual del punto C, lo que quiere decir que el resto del rayo c D toma una divergencia que será corregida por otra lente que tenga por longitud focal OF ó $\frac{1}{8}$, es decir igual á la primera cuya espresion matemática es la siguiente:

$$\frac{1}{4} = \frac{1}{8} + \frac{1}{8}$$

de igual manera se designa por F la distancia focal de la lente empleada, f' la distancia del objeto y f'' la distancia de la imágen virtual (bien sea la longitud focal de la lente á la que habrá de agregarle para tener el paralelismo de los rayos emergentes:)

$$\frac{1}{f''} = \frac{1}{f'} - \frac{1}{F}$$

que no es otra cosa que la fórmula de la acomodacion en la cual $\frac{1}{f''}$ representa $\frac{1}{A}$, y $\frac{1}{f'}$ representa $\frac{1}{P'}$, y $\frac{1}{F}$ representa $\frac{1}{R}$ ó la potencia refringente del ojo que reemplazamos aquí por una lente. De esta relacion sacamos algebraicamente las tres siguientes fómulas:

$$(1) F = \frac{f' f''}{f'' - f'} \quad (2) f' = \frac{F f''}{f'' + F} \quad (3) f'' = \frac{F f'}{F - f'}$$

que dá el valor de una de las tres cantidades F f' f'' y que nos puede servir para todos los cálculos relativos á los focos virtuales de las lentes bi-convexas.

Para los focos reales la distancia de la lente al ojo tiene una gran importancia porque influye sobre la direccion de los rayos emergentes y sobre la reunion de estos últimos á una distancia mas ó menos grande de la retina, de suerte que, el lente y el objeto permanecido fijos, el movimiento del ojo adelante ó atrás bastará para aproximar ó alejar de la retina el foco conjugado del objeto y para seguir su imágen.

Para los focos virtuales el lente y el objeto permanecen fijos, la imágen virtual se formará siempre á la misma distancia de la lente, y el ojo se alejará mas, pero tendrá menos necesidad de acomodacion para ver el objeto aunque sea para las mas grandes distancias; pero si se acercase la imágen virtual se acercará y exigirá para ser vista mas fuerza de acomodacion, será por lo tanto inútil alejar las lentes de los ojos ó mejor dicho, alejarlas del ojo, que permanecerán á una distancia constante del objeto, por que esto disminuirá la estension del campo visual corregido por lentes y que la imágen virtual no aparece mas que á 3 ó 4 centímetros mas lejana, que es insignificante y de ninguna importancia. Pero si el ojo permaneciere fijo el lente se aproximará ó se desviará del objeto pero en pequeña cantidad pudiendo tener una diferencia muy notable sobre el alejamiento de la imágen virtual.

Sea por ejemplo un objeto colocado á 8" de una lente cuya longitud focal es de 16".

Sabemos que la imégen virtual estará á 16" y exige para ser vista distintamente $\frac{1}{16}$ de acomodacion: si trasportamos el objeto á 16", es decir, al foco de la lente, su imagen estará ya en el infinito, los rayos que partan de el caerán paralelamente sobre el ojo y este último no tendrá necesidad de acomodarse. Si en lugar de colocar el objeto ó 16" de la lente le colocamos á 12" la acomodacion necesitará para verle distintamente

(siempre con el ojo emmétrico) estar sujeta á las siguientes fórmulas:

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{12} - \frac{1}{16} = \frac{1}{48}$$

es decir que la imágen virtual esta á 48" de la lente y no exigirá mas que $\frac{1}{48}$ de acomodacion. La fórmula $f'' = \frac{F_d f'}{F - f'}$ dará evidentemente el mismo resultado

$$f'' = \frac{16 \times 12}{16 - 12} = \frac{192}{4} = 48$$

Un alejamiento del objeto de 4" tiene por lo tanto suficiente para alejar la imágen virtual de 16" á 48". Si el objeto está colocado mas próximo del lente que 8" la diferencia entre la distancia del objeto y la de su imágen virtual será mucho menos sensible: sea por ejemplo á 6" y tendremos:

$$f'' = \frac{16 \times 6}{16 - 6} = \frac{96}{10} = 9''6$$

y la imágen virtual no está mas que á 9" 6, lo que exige un esfuerzo de acomodacion igual á $\frac{1}{9.6}$ Mas el objeto se acercará á la lente, y la diferencia de distancia del objeto y de su imágen virtual hácese débil.

Por la misma razon, si una lente de una longitud focal F hace ver á un objeto alejado de la lente una distancia f' , en f'' , es decir, mas lejos y cuando se quiera alejar del ojo esta lente á una distancia d para que la imágen virtual permanezca á la misma distancia del ojo, será necesario que la longitud focal del lente sea:

$$F = \frac{(f' - d)(f'' - d)}{(f'' - d) - (f' - d)} = \frac{(f' - d)(f'' - d)}{f'' - f'}$$

y como en el primer caso resulta

$$F = \frac{f' f''}{f'' - f'}$$

y es bien evidente que el numerador de la segunda fraccion es mas pequeño que el de la primera, porque á sus dos factores se le ha disminuido d , y por consiguiente su cociente es mas pequeño que el primero. Por lo tanto la lente debe ser mas fuerte para que la imágen virtual permanezca á la misma distancia y si no se cambia la lente y nos contentamos con alejar la imágen virtual, se alejará tambien y hará que el objeto tuviese la dimension suficiente para ser distinguida claramente. Pero como ya lo hemos dicho y demostrado con ejemplos numéricos, será siempre inútil el alejar del ojo la lente biconvexa; si hay necesidad de producir el mismo efecto será preferible el alejar la cabeza del objeto y si este es pequeño será necesario tomar una lente mas fuerte. Para probar nuestra asercion pongamos un ejemplo.

Un individuo con un lente + 16 ve un objeto distante á 6" como si tuviese lugar que ocupa su imágen virtual, es decir á 9" 6 porque

$$f'' = \frac{16 \times 6}{16 - 6} = \frac{96}{10} = 9" 6$$

Entre tanto este individuo se sirve de una lente + 20 y tiene siempre la imágen virtual á 9" 6 y deberá colocar el objeto á la distancia dada por la fórmula

$$f' = \frac{20 \times 9.6}{20 + 9.6} = 6," 48$$

es decir á 6," 48 de la lente y necesitamos emplear $\frac{1}{9.6}$ de aco-

modacion para ver el objeto distintamente; entre tanto estará obligado á emplear,

$$\frac{1}{9.6} + \left(\frac{1}{16} - \frac{1}{20} \right) = \frac{1}{8.57}$$

es decir, una cantidad mas fuerte de la diferencia de las dos lentes $\frac{1}{16}$ y $\frac{1}{20}$ y que deberá fundirse por su acomodacion, y las dimensiones del objeto no permitirá verlo á una gran distancia.

Siempre la diferencia entre $\frac{1}{1.6}$ y $\frac{1}{20}$ no llega á $\frac{1}{80}$ y se conoce que esta cantidad es muy pequeña para ejercer una influencia determinada en la vision.

Resulta de largas esperiencias, de las cuales ya nos hemos ocupado, que solamente la afakia ó la hipermetropía, en un alto grado ó la presbiopia en las mismas condiciones podrán aceptar las propiedades de las lentes convexas relativas á su acercamiento ó si su alejamiento del ojo que hemos mencionado, pero esto será sobre todo en la afakia, empleando un fuerte número convexo que podrá guiar en gran parte para el alejamiento de las gafas del ojo para ver distintamente á diversas distancias. Este individuo no tendrá por tanto necesidad mas que de dos pares de gafas, uno para ver á 10" y otro para el infinito. En alejando las segundas verá hasta 15 ó 20 pulgadas y aproximando las primeras verá igualmente hasta esta distancia inferior á 8", lo que será suficiente para sus necesidades. Deberá habituarse á adoptar sus lentes para diferentes distancias y reemplazar por este medio la acomodacion que ha desaparecido.

Cuando se proceda á determinar las lentes despues de la operacion de la catarata, es necesario el cambiarlas á cada instante y basta con acercarlas ó alejarlas un poco del ojo para saber inmediatamente si convienen ó no. Nunca debe olvidarse que

el alejamiento de la lente del ojo aumenta las dimensiones de la imágen retiniana y puede llegarse á preferir un cristal mas débil que el que conviene al estado refringente del ojo. Con los enfermos inteligentes se llega bien pronto á determinar exactamente si la agudeza visual es buena y si no hay complicaciones, el astigmatismo por ejemplo tan frecuentemente observado, En este caso se asocia á la lente esférica una cilíndrica, como mas adelante lo indicaremos al ocuparnos del astigmatismo.

El disponer que las lentes sean muy grandes y redondas no tiene razon de ser y si el cliente las desea ovales, como las lentes ordinarias, el óptico no debe oponerse á ello, pero en la montura de las lentes debe observarse las reglas dadas ya en párrafo especial y tener cuidado de relacionar los ejes de las lentes destinadas á ver de cerca, es decir, á descentrar si hay insuficiencia muscular. En ciertos astigmatismos una posicion inclinada de la lente basta para mejorar la vision. En este caso el médico ó el enfermo estará casi siempre obligado á operar el mismo la curvatura de la montura á menos que esto último no indique exactamente al óptico la posicion mas favorable.

CAPÍTULO II.

MIOPIA (M)

§ 1. — ETIOLOGÍA. — SÍNTOMAS. — DIVISION.

La palabra miopía no indica absolutamente nada relativo á la enfermedad que nos ocupa. No obstante la espresion es totalmente conocida y empleada, que seria casi imposible destituir la del lenguaje médico. A pesar de esto encontramos en las clasificaciones de Donders las palabras *emmetropía* é *hipermetropía*, tan aceptables mientras que *braquimetropía*, que designa perfectamente lo que se entiende por miopía, ha sido completamente desechada por los autores y aun por Donders. El movimiento de los párpados no es un signo irrecusable de la miopía y solo no permite hacer el diagnóstico sin invocar otras pruebas. No obstante para conformarnos con el hábito de otros autores y atendiendo que la miopía es tomada sin ventaja de su etiología, continuaremos empleando esta palabra como sinónima de *braquimetropía* y opuesta á *hipermetropía*.

a. *Etiología.*—Sin prejuizar nada decimos que la miopía es un estado del ojo tal que los rayos que vienen del infinito se reúnen por delante de la retina. Como para la hipermetropía se le puede atribuir esto á una longitud muy considerable del eje óptico ó á una gran curvatura de las superficies refringentes: en el primer caso tendremos una miopía *axile* y de *curvatura* en el segundo. Si no hay ningun estado morboso que corregir en la córnea que pueda producir la miopía de curvatura en el ojo emmétrico, lo que es muy largo de corregir, las medidas exactas practicadas por Donders han demostrado que general-

mente los miopes tienen la córnea menos convexa que los emmétropes. Este autor asegura que la córnea está aplastada especialmente en las miopías de un alto grado. En 34 ojos tomados indistintamente y dividido en tres clases de las cuales la 1.^a comprende los grados de miopía de $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{6}$ á $\frac{1}{4}$: la 2.^a de $\frac{1}{4}$ á $\frac{1}{10}$: la 3.^a de $\frac{1}{10}$ á $\frac{1}{80}$ este autor ha encontrado.

En la 1. ^a clase el radio en la línea visual	P ^o =	7 ^m m,93
En la 2. ^a	—	P ^o = 7 ^m m,82
En la 3. ^a	—	P ^o = 7 ^m m,86
En los emmétropes el término medio	P ^o =	7 ^m m,78

En los altos grados de miopía el radio de curvatura de la córnea es por lo regular el mas de 8^{mm}.

Al cristalino tambien se le ha atribuido la miopía por una gran convexidad de sus caras; pero de la misma manera que hay diferencias individuales en los emmétropes así las hay tambien en los miopes y segun Percy y Reveille-Parice (*Higiene ocular*, página 32) y otros observadores tendrán estos últimos una disminucion de curvatura.

La miopía depende casi siempre de una longitud exagerada del eje antero-posterior del ojo indicado ya por Boerhaave en 1746 reconocido por Scarpa á fines del último siglo, admitido hoy sin discusion por todo el mundo.

Segun Donders en cinco ojos miopes medidos por él, encuentra las siguientes dimensiones:

eje visual.	eje horizontal.	eje vertical.
mm.	mm.	mm.
33.0	26.8	25.6
31.7	26.0	24.7
31.0	26.5	26.0
30.0	27.5	25.4
28.5	24.3	24.0

mientras que en el ojo emmétrlope estos diámetros son poco

mas de 24 á 26 milímetros. El ojo miope presenta á menudo al rededor de la papila lo que se llama estafiloma posterior (figura 102 C).

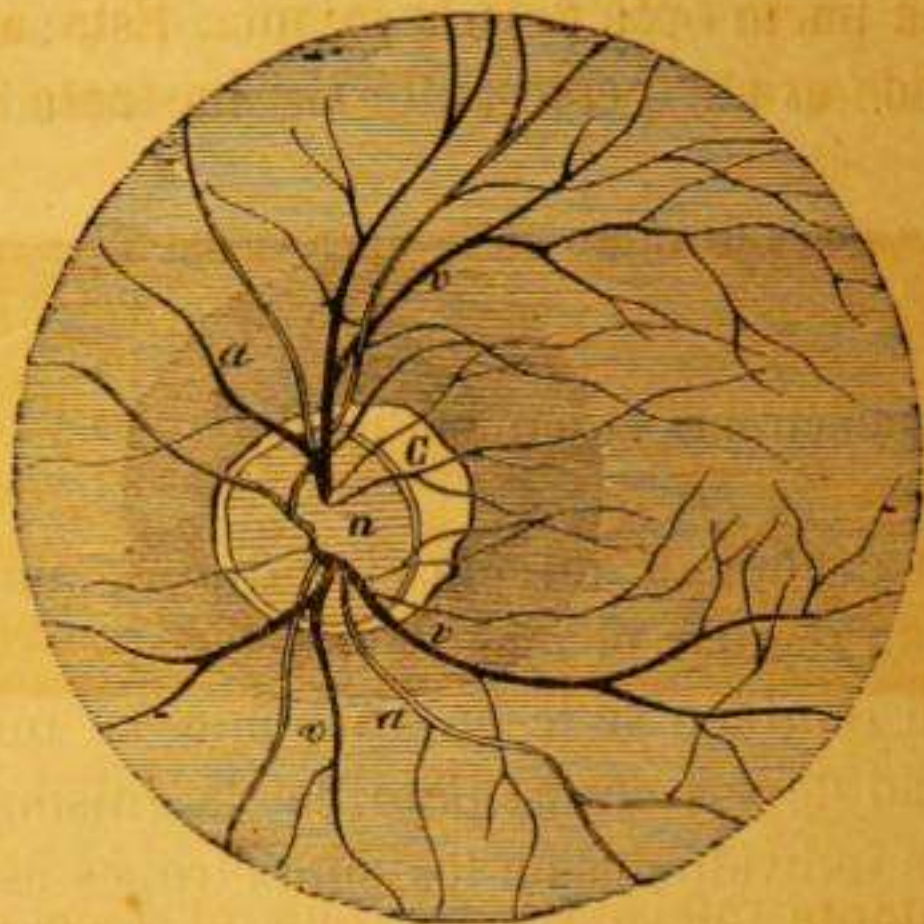


Fig. 102.

Esto es una depresion blanca situada generalmente por fuera de la papila mas ó menos estensa y pudiendo adquirir con el tiempo las formas mas variadas y dimensiones considerables. Es casi siempre dentellada en los bordes y presenta en este punto algunas manchas de pigmento. Esta depresion puede extenderse en todo el rededor del nervio óptico, que toma entonces una coloracion rosácea. El estafiloma es blanco por ser producido por una atrofia de la coróides que permite ver por transparencia la membrana esclerotical recubierta solamente por la retina y los vestigios de la coroides. El adelgazamiento de la envoltura ocular en este punto favorece la distension y es así que se produce la miopía progresiva con la estension del estafiloma. Es raro que el estafiloma falte en los miopes, aun en los grados débiles y como es muy fácil verlo al oftalmoscopio, llegamos bien pronto al diagnóstico y puede esplicarse cierto núme-

ro de fenómenos y de síntomas, coroiditis, moscas volantes, cuerpos flotantes, disminucion de la agudeza visual (sobre todo cuando la afeccion invade la mácula) scotoma, etc.

Despues de esta digresion anatómica ó anátomo-patológica, entremos en la parte óptica de la miopía. Esta anomalía de la refraccion puede existir pero sin lesion bastante con que la re-

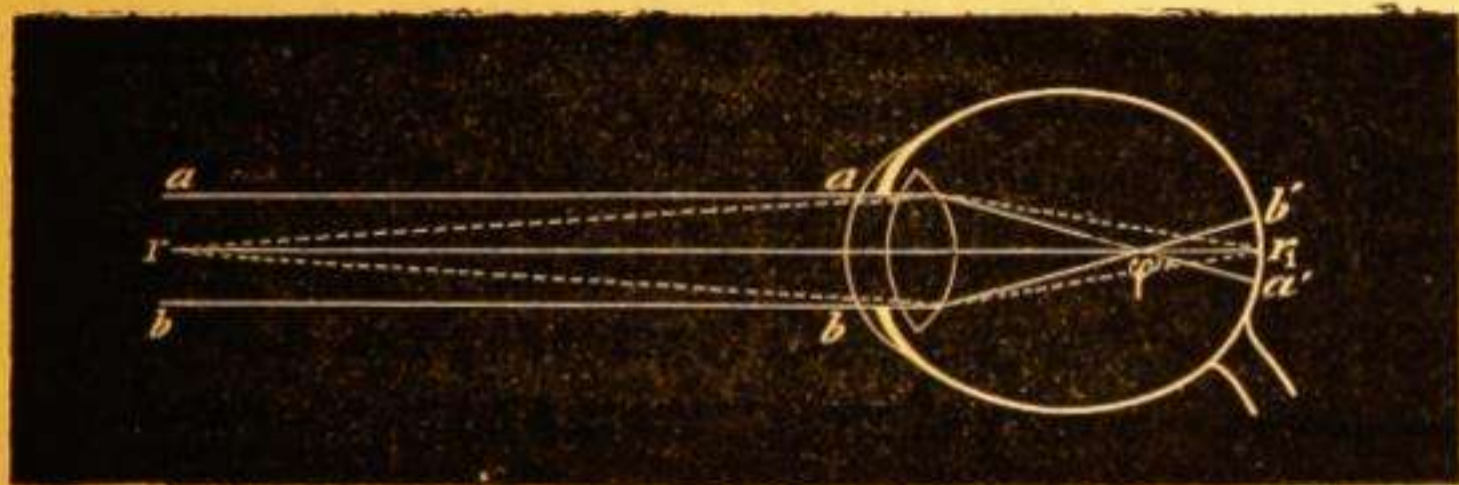


Fig. 103

tina esté bastante alejada para que el foco de los rayos paralelos incidentes caigan por delante y que estos rayos despues de un entrecruzamiento encuentren esta membrana siguiendo los círculos de difusion. El ojo tiene una forma ovoide y un gran diámetro antero-posterior y si supusiésemos que los medios tuviesen una refringencia tal cual estos debian, como en el ojo emmétrico, reuniria los focos de los rayos paralelos incidentes sobre la superficie interna de una esfera cuyo diámetro seria igual al diámetro transversal ó vertical de la figura 103; se comprende que en el caso actual estos rayos $a a$, $b b$, deben cruzarse en un punto cualquiera ϕ'' por ejemplo situado en el cuerpo vítreo y de allí parten divergentes formando sobre la retina la imágen difusa $a' b'$ constituida por círculos de difusion. Para que estos rayos formen su foco sobre la retina en r_1 , es necesario hacerlos divergentes por una lente cóncava antes de llegar á la córnea ó que partan de un punto r , foco conjugado de r_1 , como lo indican las líneas punteadas. La teoría matemática está en esto perfectamente de acuerdo

con los resultados fisiológicos, así que se puede preveer las lentes cóncavas conveniente para percibir los rayos que vengan del infinito. A mas existe un punto r , situado á una distancia variable del ojo que envia rayos divergentes claramente percibidos por el ojo miope sin el auxilio de lentes cóncavas. Para los rayos mas divergentes, es decir, que partan del punto mas próximo, la acomodacion interviene y permite aun á estos rayos venir á formar su foco sobre la retina, todo como con el ojo emmétrpe y segun la fuerza de contraccion del músculo ciliar.

Como no existe fuerza activa destinada á disminuir la refraccion del ojo en el caso de emmetropía el órgano en su estado de reposo absoluto percibe naturalmente los rayos paralelos y todo esfuerzo de acomodacion no tiende mas que á aproximar el punto de la vision distinta. Lo mismo ocurre en la miopía. En este caso el ojo en el estado de reposo ó en el estado *pasivo* es adoptado para los rayos divergentes que vengan de un punto más ó menos lejano del ojo, segun el grado de la miopia, y toda intervencion de la acomodacion no sirve mas que para aproximar con ventaja este punto.

b. Síntomas.—Los síntomas objetivos de la miopía son numerosos y variables: el exámen directo de la forma del globo cuando este se mira hácia adelante, el continuo cerrar y guiñar de los párpados, el exámen oftalmoscópico; la presencia del estafiloma, etc., son dignos de estudiar, pero no son signos ciertos y absolutos, sobre todo para el que no tiene un gran hábito al oftalmoscopio. El exámen subjetivo es el mas preciso, pero es necesario mucha atencion para no cometer errores en ciertos casos. Así el hipermétrope vé algunas veces mejor, de cerca que á una cierta distancia de los objetos finos ó de la escritura y en este caso no es posible establecer la miopía. En el espasmo de la acomodacion en los emmetropes ó hipermetropes, la vision de los objetos lejanos se mejora por las lentes cóncavas. Algunos ejemplos bastan para demostrar que no de-

be emplearse un exámen superficial é imperfecto para establecer un diagnóstico: no nos cansaremos de decir que tampoco debe esto exagerar las dificultades y que en raros casos será donde no pueden inmediatamente ser fijados.

En la miopía la regla es que los objetos cercanos se vean distintamente mientras que á distancia la vision es por el contrario confusa. Desde que las letras de un tamaño doble no se distinguen á una distancia doble, estamos en general autorizados á declararle M. La prueba por las lentes cóncavas fuertes es irrecusable pero es necesario elegir estas lentas convenientemente y es evidente que una miopía débil verá mucho menos sin lentes que con lentes muy fuertes, mientras que una miopía fuerte no mejorará con lentes débiles.

El constante parpadear tan característico de la fisonomía de los miopes, no tiene otro objeto que el de disminuir los círculos de difusion formados por los rayos luminosos que atraviesan las partes periféricas del cristalino que vienen de objetos alejados. Esto produce el efecto de un orificio estenopéico y nosotros lo haremos como si empleásemos lentes de esta clase con la cual ciertos enfermos se encuentran muy bien: en algunos casos de miopía muy fuertes se suele complicar con lesiones del fondo del ojo que no permiten usar lentes correctoras para la vision de cerca.

c. Division.— La miopía es una afeccion muy comun y se encuentra en todas las edades desde la mas débil $\frac{1}{36}$ en que los mismos enfermos lo ignoran, hasta aquellos que necesitan lente de $-\frac{1}{2}$ ó $-\frac{1}{1}$ $\frac{1}{2}$ para neutralizarla. Habitualmente se llama miopía *débil* aquella que no pasa de $\frac{1}{15}$ ó $\frac{1}{16}$ ó 2^o50; miopía *media* la comprendida entre $\frac{1}{15}$ y $\frac{1}{6}$ ó 2^o50 y 6^o.; miopía *fuerte* la que se eleva de $\frac{1}{6}$ ó 6^o. Segun Donders *todo ojo miope es un ojo enfermo* y lo que hay es una simple anomalía de la refraccion. El carácter óptico lo hace depender de esto: el carácter anatómico es una distension del ojo con alargamiento del eje óptico que depende de la distension morbosa de las mem-

branas envolventes. La lesión podrá curar siempre y entonces la miopía no aumentará y permanecerá *estacionaria*; podrá sobrevenir de tiempo en tiempo algunos procesos inflamatorios que producirán algunas veces aumento en la distensión de las membranas y dar lugar á una miopía *periódicamente progresiva*; por último la enfermedad, del fondo del ojo puede persistir ó agravarse, con otras causas, como la aplicación de la vista en objetos pequeños ó insuficientemente iluminados, la posición de la cabeza y del tronco que produce un éxtasis venoso en los vasos del ojo y de las partes superiores del cuerpo; el aumento de la presión intra-ocular, la miopía se hace *absolutamente progresiva*. La primera especie de miopía no es más que una ligera molestia porque exige el uso de lentes correctoras y no influye casi nada sobre la agudeza visual. Con la edad suele disminuir un poco por el cambio de refringencia del cristalino. No se puede creer como antes y como muchas personas extrañas á la medicina, que la miopía se corrige cuando el punctum proximum se aleja del ojo. Ya lo hemos explicado lo bastante para no volver de nuevo á hacerlo si bien la posición del punctum remotum indica el grado de la miopía, y el punctum proximum no indica más que la potencia á la amplitud de acomodación. Esta disminuye con la edad y es tal su naturaleza que p se aleja, entonces el miope puede hacerse presbita. Por ejemplo un individuo atacado de $M = \frac{1}{16}$ verá hasta 8" en tanto que su acomodación será igual ó superior á $\frac{1}{16}$ ($\frac{1}{16} + \frac{1}{16} = \frac{1}{8}$) pero desde que esto no existe, el punto p se alejará y necesitará lentes convexas para acercarse á 8". En el artículo de la presbiopía trataremos más extensamente esta cuestión.

La miopía absolutamente progresiva tiene un pronóstico muy grave porque conduce muy pronto á la ceguera, se complica con la coroiditis, alteraciones del cuerpo vítreo, hemorragias retinianas, desprendimiento de la retina, etc. Lo que aumenta aun la gravedad del pronóstico es el género de vida del enfer-

mo, si trabaja por largo tiempo y sin reposo, con la cabeza inclinada, si se sirve de lentes no apropiadas, etc.

Es cierto que la miopía se encuentra en los habitantes de las ciudades mas que en los de los pueblos. En los individuos dedicados á los estudios ó á trabajos delicados ó á industrias, etc., obsérvase *à priori* en estos individuos un ojo de construcción miópica. Si los primeros los casos son mas numerosos ó mas acentuados es debido á la naturaleza de sus ocupaciones ó á que estos casos son mejor observados que los segundos, que rara vez consultan al médico por su afección. La herencia juega un gran papel en la etiología de la miopía y como esta sea muy fuerte por lo regular es congénita, por mas que lo mas frecuente es la hereditaria. Es raro que un miope no haya tenido parientes ó ascendientes miopes y si el padre y la madre lo son, los hijos raramente suelen librarse de ella.

A pesar del aumento de tensión ocular en el glaucoma es muy raro que esta afección produzca la miopía. El glaucoma en efecto, es raro en la miopía y se ve casi siempre en los individuos emmétropes ó hiperométropes (Donders). Pero existe otra causa que tiende á una distensión total ó parcial del globo ocular y que se designa bajo en nombre de *bufthalmos* de *queratocono* ó *queratoglobos*. La conicidad de la córnea resulta á menudo de procesos ulcerativos de esta membrana que ofrece menos resistencia á la presión intra-ocular á causa de su delgadez, se distiende cada vez mas y termina por constituir lo que se llama el estafiloma *pelúcido* de la córnea, que es mas ó menos trasparente. Otra causa de cambio de curvatura de la córnea consiste en ciertas alteraciones de nutrición bastante mal definida y que se manifiestan generalmente poco despues de nacer ó en los primeros años de la vida. Véase sobrevenir la miopía en la escloro-coroiditis anterior con ó sin lesión de la córnea.

Las *moscas volantes* (*miedopsia*) ocasionada por corpúsculos opacos ó membranas organizadas flotan en el cuerpo vítreo mas ó menos reblandecido acompañan casi siempre los fuertes

grados de miopía. La terapéutica es por lo regular impotente para hacerla desaparecer.

§ 2. — DETERMINACION DE LA MIOPIA.

La miopía estando reconocida hay que conocer sus grados, que será importante tambien saber si hay complicidad, medida del campo visual y agudeza visual y examinar si no hay *escotoma* sobre todo central ocasionado por una lesion coroidiana ó retino-coroidiana situado al nivel de la mácula. Examine-mos desde luego la determinacion pura y simple del grado de la miopía y daremos enseguida algunas reglas despues de los resultados que nos ha dado la práctica y la clínica para el empleo de las lentes neutralizantes.

Para proceder á elegir las lentes será bueno, segun el consejo de Donders, hacer leer al enfermo caractéres medios y comenzar por la vision de lejos con lentes cuyo número indica próximamente la distancia de su *punctum remotum*. Por ejemplo, si el individuo no puede leer el n.º 1 ó 2 de la escala métrica de Snellen á mas de 6" ó 16 centímetros empezaremos por hacer leer á 20 piés con el n.º — $\frac{1}{6}$ antiguo ó —6^D y es muy raro que la vista no mejore inmediatamente la mayor parte de los caractéres de la escala serán leidos con facilidad y la miopía será demostrada. Pero esto no es suficiente si se efectúa con el primer cristal y bueno sera comprobarlo.

Hemos visto muchas veces que hacen jugar su acomodacion, pero involuntariamente el miope está expuesto á tomar una lente muy fuerte que podrá ser una eleccion desgraciada y es necesario siempre dar *lentes cóncavas lo mas debil posible con tal que el enfermo vea bien*. ¿Cómo se llega á este resultado? empleando la atropina para paralizar la acomodacion lo que no es muy difícil, pero el medio no es muy práctico y hasta puede ser peligroso y debemos guardarnos de administrar este medicamento sobre todo en las personas de edad sin necesidad ab-

solata y se han visto muchas veces resultar un ataque de glaucoma agudo. Por otro lado sin atropina el individuo está siempre dispuesto á acomodar desde que se les dan lentes un poco fuertes pero no obstante si mirase de lejos, lo que es bien fácil de conocer, la acomodacion llega tambien á una determinacion exacta; una vez los lentes colocados en la montura de ensayo ponemos por delante de los lentes convexos débiles $\frac{1}{48}$ ó $\frac{1}{36}$ antiguo y se le dice al enfermo si lee bien los caractéres pequeños del carton de la escala, si manifiesta mejoría con las lentes primeramente elegidas que eran algo mas fuertes y se les cambia por otra mas débil, empezaremos la misma manobra hasta que el enfermo afirme ver bien. Para comprobar la certeza de sus contestaciones, bueno será reemplazar la lente positiva por otra un poco mas fuerte ó mas débil ó bien por el mismo anotando el efecto que espresa. Si las contestaciones son conformes el primer resultado podrá ser un poco seguro que las lentes estén bien escogidas. Si se emplea para esta determinacion el optómetro de M. Badal ya hemos visto cómo debe hacerse para evitar errores. Cuando se trata de un fuerte grado de miopía, la lente positiva adicional deberá ser un poco mas fuerte á fin de evitar molestias inútiles; se podrá tambien en el caso donde la primer lente cóncava no sea bastante fuerte agregar una otra lente negativa progresivamente creciente. Cuando las respuestas del enfermo son indecisas se podrá aun hasta cierto punto juzgar de la bondad de los lentes elegidos acercando ó alejando las lentes á los ojos; contrariamente á lo que sucede para las lentes convexas *el alejamiento disminuye la fuerza mientras que el acercamiento lo aumenta*. Pero si el acercamiento de la lente produce la mejoría no se podrá decir por esto que es débil, mientras que si su alejamiento es favorable podemos decir ciertamente que es muy fuerte. En efecto, en el primer caso en que el enfermo preere tenerlas cerca del ojo, contrayendo la acomodacion por-

que se obtiene una imágen retiniana mas grande: en el segundo caso por el contrario la imágen retiniana es mas pequeña.

En cierto grado de espasmo coincidente con la miopía, lo que es muy frecuente en los altos grados de esta afeccion, nos veremos expuestos á apreciar estos altos grados como Mr. Ausid es necesario en estos casos completar el exámen, ver si no hay contraccion de la pupila (miosis) y cual es la amplitud de la acomodacion. Con todos los procedimientos que dejamos señalados es bien difícil cometer un error, pero si la agudeza visual está muy disminuida se podrá dudar, porque el enfermo podrá preferir una lente convexa que aumente el grandor de la imágen á espensas de la claridad. La amplitud de la pupila tiene una gran influencia, pero cuando esta disminuye de su amplitud, producirá menos trastorno en las imperfectas acomodaciones, pero será muy difícil el medir el grado de miopía, sobre todo si la agudeza está muy disminuida. En este caso, para evitar á cada instante errores, se recomienda al enfermo abrir ligeramente los ojos á fin que la pupila no se contraiga por el aproximamiento de los párpados y que los círculos de difusion puedan producirse libremente interin la ametropía no se corrije.

Hé aquí cómo se determina por el proceder de Donders, el número de lentes destinadas á ver de léjos, es decir el grado de miopía. Vamos á permitirnos el dar algunas explicaciones respecto á la accion de las lentes cóncavas á fin que se pueda comprender perfectamente bien la manera de determinar las lentes para ver á tal ó cual distancia.

Supongamos en la figura 104 el punto f se vea claramente sin necesidad de lentes y todos los puntos mas lejanos confusamente. Esto probará que los rayos incidentes fr , fr' deben para formar su foco sobre la retina tener una divergencia tal cual si fuese f . ¿Entre tanto si colocamos entre el ojo y el punto f una lente bicóncava tal que su foco principal virtual esté en

f ; que sucederá? Los rayos divergentes á partir de f saldrán de la lente aun con mas divergencia abordando así al ojo é irán á formar su foco mas allá de la retina si la acomodacion no es bastante enérgica para hacerles converger sobre esta membra-

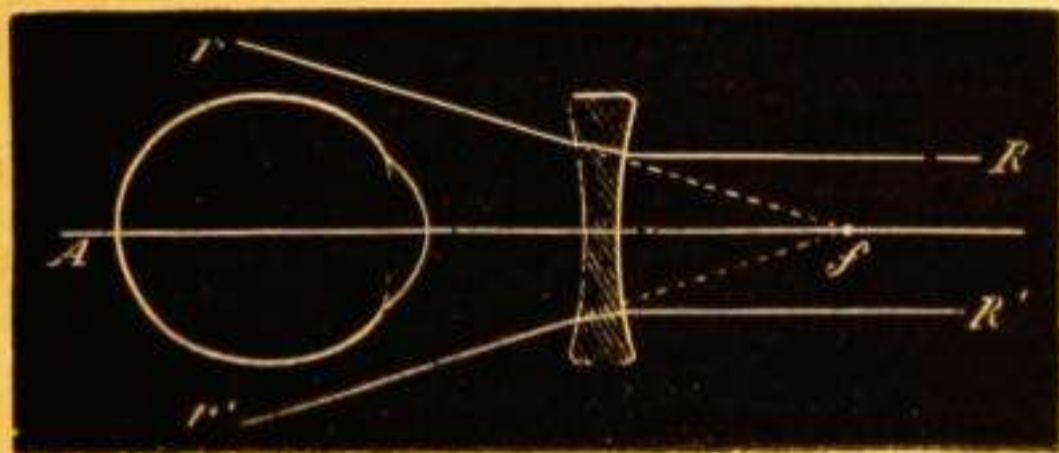


Fig. 104

na. Si la lente permanece en el mismo sitio y el punto f se aleja poco á poco, los rayos que de él partan irán siendo cada vez menos divergentes y la acomodacion obrará cada vez menos á fin de reunir los focos de estos rayos sobre la retina. Por último cuando el punto f está en el infinito, en R ó R' , estos rayos saldrán de la lente siguiendo la direccion fr fr' y semejarán venir del punto f y por consecuencia tendrá la direccion deseada para llegar á formar su imágen sobre la retina, desde luego debe interponerse sobre el trayecto de los rayos paralelos una lente tal que su foco virtual esté en f , punto de la vision distinta sin lentes, para que los rayos que vengan del infinito sean claramente percibidos y esta lente corrija la miopía. Pero cuando el punto f esté próximo del ojo la lente divergente deberá ser mas fuerte cuando la miopía sea mas fuerte. El punto f no es en absoluto un punto matemático: los rayos luminosos que vengan de un punto mas próximo serán facilmente percibidos por medio de un débil esfuerzo de acomodacion, pero los que vengan de un poco mas lejos formarán sobre la retina pequeños círculos de difusion que no alterarán mucho la claridad

de las imágenes, porque el miope tiene el hábito de ver así; pero estas variaciones de distancia de mas allá del punto f son muy pequeñas y para ver aunque sea un poco lejano son necesarias lentes apropiadas y tanto mas fuertes cuanto f se aleje con ventaja. Del mismo modo para las lentes convexas, el enfermo tendrá aun que resolver, si llevan lentes que corrijen completamente su miopía, alejará sus lentes del ojo para ver á la distancia mas próxima para este medio es el mas inútil ó insuficiente. En este caso es verdad la potencia de las lentes disminuye porque el foco virtual se aleja del ojo y que los rayos luminosos viniendo del objeto mas próximo no tiene necesidad de sufrir una divergencia tan grande como cuando los rayos paralelos tienen ya determinado grado. Al contrario si las lentes son insuficientes, el enfermo verá á mayor distancia aproximándolos mas á sus ojos. En regla general, *la lente que corrige completamente la miopia, es decir, que permita percibir sin esfuerzo alguno los rayos paralelos, deberán tener su foco virtual en el punto mas lejano de la vision distinta* y si r designa este punto, tendremos en pulgadas:

$$M = \frac{1}{r}$$

en dióptrica $M = r$

porque la lente correctora deberá tener por longitud focal la distancia del punto r . No obstante, en la práctica la lente no puede ponerse en el ojo sin alejarlo á una cierta distancia, próximamente una media pulgada, así que su longitud focal debe ser disminuida de esta misma cantidad para neutralizar la miopía. Si por ejemplo la lente neutralizante — $\frac{1}{12} r$ está á 12" por delante de la lente y por consecuencia á 12" $\frac{1}{2}$ del ojo. La miopía en este caso no corresponde á la fuerza de la lente $\frac{1}{12}$ pero si con $\frac{1}{2}$ pulgada al menos es decir $\frac{1}{12} \frac{1}{2}$ ($\frac{1}{12}$ es $> \frac{1}{12} \frac{1}{2}$). Esto confirma aun lo que hemos dicho mas arriba sobre el

efecto del alejamiento de las lentes cóncavas, porque vemos que para corregir una miopía $\frac{1}{12}$, 5 ó $\frac{1}{12} \frac{1}{2}$ necesitamos una lente de $\frac{1}{12}$ colocada á $\frac{1}{2}$ pulgada del ojo.

Cuando la lente es débil, la distancia x del lente al ojo es insignificante y no hay necesidad de tenerlo en cuenta, es así; que $-\frac{1}{20} - \frac{1}{30}$ no difieren de $-\frac{1}{20} \frac{1}{2}$ de $-\frac{1}{30} \frac{1}{2}$ mas que de una cantidad insignificante ($\frac{1}{820}$ en el primer caso y $\frac{1}{1830}$ en el segundo) pero una diferencia de $\frac{1}{2}$ pulgada tiene ya una gran importancia cuando se trata de lentes fuertes, porque las lentes de $-\frac{1}{2}$ pueden indicar una miopía de $-\frac{1}{2}$ 5 ó de $\frac{1}{3}$ segun que esté á distancia de $\frac{1}{2}$ pulgada ó 1" del ojo. En este caso una desviacion aun muy débil de la lente altera la claridad de la vision ó mejora y permite encontrar rápidamente la lente neutralizadora.

La miopía está corregida por una distancia y un cálculo bien simple. Es necesario determinar la lente completamente neutralizadora para la vision de lejos y descontar la fraccion teniendo por denominador la distancia con la cual puede ver. Así por ejemplo un miope afectado de $M = \frac{1}{6}$ puede ver á 24" para un trabajo especial, tal cual la pintura, la música. Es necesario que los rayos vengan de 24" afectando venir de 6". Con un lente $-\frac{1}{6}$ son los rayos que vengan del infinito que parecen venir de 6" pero los rayos que vienen de 24" tienen ya una divergencia de $\frac{1}{24}$ y necesitan retraer el lente $-\frac{1}{6}$. Por lo tanto tendremos $\frac{1}{8}$ ($\frac{1}{6} - \frac{1}{24} = \frac{1}{8}$). Si el individuo puede ver á 12" será necesario $\frac{1}{12}$: ($\frac{1}{6} - \frac{1}{12} = \frac{1}{12}$). En dióptrica el cálculo mental es muy fácil pudiendo hacerse la reduccion de las distancias dióptricas con una poca de habilidad se consigue fácilmente. Por ejemplo, un individuo ve al infinito con -5^D sabemos que 5^D representan una longitud de $\frac{1}{5}$ de metro, sea 0^m20. ¿Con qué número verá á 0^m50? 50 centímetros ó $\frac{1}{2}$ metro representa 2^D , descontemos 2 dióptricas de 5^D y tendremos 3^D . Con ciertas longitudes tales cual 10, 20, 25, 33, 50 centímetros que representa $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$ metro y por consiguiente

10, 5, 4, 3, 2 dióptricas, el cálculo mental es fácil, es algo menos para los números intermediarios sin presentar por esto dificultades serias por bastar con un cálculo aproximado.

Las personas jóvenes que gozan de buena amplitud de acomodación pueden fácilmente con lentes completamente neutralizadas ver á diversas distancias, pero no es lo mismo para las personas de edad avanzada que están obligadas por la naturaleza de sus ocupaciones á ver alternativamente de lejos y de cerca, se le dará, si no hay gran peligro para el ojo, lentes adaptables á la distancia frecuentemente empleada y un quevedo de lentes cóncavas ó convexas; segun que distancia excepcionalmente empleada es mas grande ó mas corta que la primera. Si el individuo emplea al mismo tiempo las lentes y los quevedos, el efecto es total y será el de una lente que representa poco mas ó menos la suma algebraica.

Si las lentes están destinadas á ver á 12" y que el individuo tiene $m = 1/6$ contendrán lentes $-1/12$ si de tiempo en tiempo desea ver á lo lejos, colocará por delante de un binóculo de $-1/12$ tambien y el efecto total será próximamente de $-1/6$ ($-(1/12 + 1/12) = -1/6$). Con lentes métricos será la misma cosa con $M = 6^D$ si el individuo desea ver á 33 centímetros necesitará lentes de 3^D próximamente y para ver al infinito otros pares de gafas con lentes de 3^D . (1)

(1) Esta adición no es absoluta en la práctica y debe tenerse en cuenta el error cuando las lentes son fuertes, así en los casos indicados $1/12 + 1/12$ igual $1/6$ pero en la práctica las lentes están á $1/2$ pulgada de la córnea de suerte que $x = 1/2$ pulgada y la miopía corregida no es mas que de $1/6$ ó $1/4$. Si se desea aun mayor exactitud es necesario tener en cuenta la distancia de los quevedos á las gafas. En nuestro ejemplo $1/12$ colocado á $1/2$ de pulgada por delante de las gafas no deben contarse en el cálculo mas que por $1/12 \cdot 1/2$ así combinado con $1/12$ es lo que representa la fuerza de las lentes y daría

$$\frac{1}{12} + \frac{1}{12 \cdot 1/2} = \frac{1}{12} \times \frac{4}{40} = \frac{97}{588} = \frac{1}{6,06}$$

que no difiere mucho del $1/6$ que decíamos obtener para la suma de las dos lentes. Se ve por este ejemplo que el presente cálculo no tiene razon de ser cuando $m > 1/6$.

Si el individuo lleva constantemente las lentes de $-1/6$ ó 6^D está obligado de tiempo en tiempo á mirar á $12''$ ó 33 centímetros y deberá disminuir el efecto de sus lentes de $1/12$ ó 3^D , por medio de su acomodacion ó por la superposicion de un quevedo armado de lentes positivas $+ 1/12$ ó $+ 3^D$.

No nos detendremos mas sobre esto, pues es bien fácil el calcular y resolver este problema, sea por el sistema métrico ó por la numeracion antigua de pulgadas, ya mentalmente ya por las reglas del cálculo.

En las cajas de lentes de ensayo los números mas fuertes son habitualmente el $-1/1 1/2$ y el $-1/1 3/4$ con los cuales solo puede neutralizarse $M = 1/2 1/3$ ó $1/2$, no obstante de encontrar algunas veces grados aun mas elevados de miopía. Para determinarlas basta con colocar en la montura de ensayo el número $-1/2$ y de ahí superponer otra lente cóncava mas ó menos fuerte segun las reglas que hemos dado.

§ 3.—HIGIENE Y TRATAMIENTO PROPIAMENTE DICHO DE LA MIOPIA.

La miopía depende de una construccion especial del ojo que no puede corregirse por ningun medio y los cirujanos que manifiestan haber obtenido resultado con la tenotomía del músculo motor del ojo han sido en casos de hipermetropía ó en simple espasmo de la acomodacion. La tenotomía hubiese no obstante sido aplicada ventajosamente, si hubiese sido empleada en ciertos casos de miopía, no para curarla, sino para impedir ciertos grados de progreso. Cuando el ojo está muy duro y el estafiloma posterior muy extenso la desviacion hácia atrás de las inserciones musculares podrian disminuir por la presion intra-ocular. Resta saber si despues de la operacion el globo ocular está menos sostenido por las *ligaduras* musculares y no se distiende con poca fuerza. La experiencia decidirá del valor de este proceder. La tenotomía del recto externo solo ha sido practicada para facilitar la convergencia que debe tener tanto

mas enérgica cuanto la miopía es mas exajerada y por lo cual la insuficiencia ocasiona la pérdida de la vision binocular y el estrabismo divergente. Esta operacion bastante inofensiva puede ser empleada cuando la indicacion esté realmente manifiesta por mas que los casos son bien raros.

La paracentesis de la cámara anterior ha sido propuesta para disminuir la curvatura de la córnea y por consiguiente la miopía, pero este medio lejos de tener una inmunidad completa asociado ó no á la compresion metódica del ojo, no es mas que un auxilio muy débil cuando la córnea está intacta pudiendo tener consecuencias funestas. Sabemos que en los casos de miopía con estafiloma posterior ó congénito la córnea está menos abombada que en el ojo emmétrico.

Veamos el efecto producido por la operacion de la catarata en los individuos muy miopes despues de la salida del cristalino habiendo podido ver de lejos hasta cierta distancia sin lentes, los operadores han estado casi dispuestos á hacer esta operacion en el cristalino sano para disminuir un tanto la refringencia del ojo. Donders refiere que un individuo le pidió esta operacion.

Seria prematuro el formular indicaciones sobre la oportunidad de un tratamiento que podria estar indicado en ciertos casos de miopía $\frac{1}{3}$ y por encima con integridad de las membranas profundas y la agudeza visual y disminucion considerable de la acomodacion. A parte de lo raro del caso es necesario aun que la operacion de la catarata fuese mas exenta de daño. En efecto razones poderosas deben oponerse para sacrificar el poder de acomodacion y exponer al enfermo á una operacion tan grave y sobre la cual no puede asegurarse el éxito á pesar del estado del ojo, habilidad del operador y cuidados consecutivos.

Aun se ha propuesto para curar la miopía el uso de cierto *pupitre* que su autor Berthold llama *miopodiortoticon* que obliga al enfermo á permanecer á una determinada distancia, distancia que puede graduarse á voluntad.

Este instrumento es poco práctico y los ensayos que se han hecho no han dado resultado satisfactorio y han caído en el olvido.

La miopía está por encima de los recursos del arte en cuanto á la curacion, quédanos el atenuar lo mas posible sus efectos y hacerla compatible con las necesidades de la vida previniendo su desarrollo, evitando se produzcan complicaciones secundarias.

Los medios que emplearemos para ello consistirán en la observacion de las reglas higiénicas especiales y en el uso de lentes cóncavas apropiadas.

El miope deberá evitarse todo aquello que puede favorecer el desarrollo ulterior del estafiloma. Entre estas causas hemos visto que la aplicacion sobre los objetos finos, los esfuerzos de convergencia exagerada ó de acomodacion, el aproximamiento exagerado del libro ó del trabajo, la posicion inclinada de la cabeza, los escesos de todo género, la aplicacion de la vista por largo tiempo sosteniendo una iluminacion insuficiente, etc., es por lo tanto contra estas causas por lo que debemos empezar el empleo de preceptos higiénicos.

Si se trata de un niño podemos indicar á su familia los peligros que hay que evitar aconsejándole la eleccion de profesion ó clase de trabajo y oponernos con esto al progreso del estafiloma. El niño debe cuanto posible le sea evitar el fijar su atencion sobre objetos pequeños exigiendo un acercamiento de mas de 30 ó 40 centímetros y de objetos de grandes dimensiones para sus ocupaciones diarias, interrumpir frecuentemente sus trabajos y dirigir la vista á lo lejos para reparar la acomodacion. Esto puede obtenerse fácilmente recomendándole mucha atencion y perseverancia pues los jóvenes miopes tienen una preferencia marcada por los pequeños objetos y los pequeños caracteres de imprenta y si lo aproximan para procurarse las grandes imágenes retinianas.

Se evitará la posición inclinada de la cabeza por medio de un pupitre algo elevado y tenido bastante lejos para que los niños no puedan acercarse sus libros mas que lo necesario para su esfuerzo de convergencia.

Estos son los elementos que juegan principal papel en la progresión de la miopía y la producción del estafiloma posterior á su distensión.

La influencia perniciosa de la posición inclinada de la cabeza ha sido muy bien esplicada por Donders. «Esta última (posición inclinada) congestiona necesariamente el ojo, el aflujo de sangre se produce bajo la influencia de la gravitación con una presión mas elevada y así durante el reflujo de la sangre las venas soportan una presión mayor.

La presión de la sangre aumenta, la tensión de los medios del ojo aumenta tambien los síntomas de irritación concomitantes de la hiperemia que acompañan de ordinario la miopía progresiva en los jóvenes deberán ser atribuidos en la mayor parte á lo que hemos indicado y expuesto.»

Todas estas prescripciones relativas á los niños convendrá tenerlas presente para los individuos de mas edad en los cuales la miopía es mas ó menos avanzada, si bien se comprende que muchos no podrán ponerse en práctica por haberse, disminuido la agudeza visual, la profesión está ya elegida y las lesiones profundas del ojo pueden ya existir. No obstante puede conseguirse. Deberá igualmente evitarse todo aquello que pueda acelerar los movimientos del corazón y congestionar la cabeza, como son las emociones fuertes, las carreras á caballo, la constipación y el enfriamiento de los piés. Bajo la influencia de estas causas no es raro ver sobrevenir hemorragias ó desprendimientos de la retina que vienen agravar singularmente la situación.

La segunda indicación que debemos llenar en el tratamiento de la miopía consiste en la elección razonada de los medios ópticos puestos á nuestra disposición.

Hemos visto al comenzar este artículo con qué facilidad se determinan las lentes correctoras y cómo deben prescribirse, por lo tanto nada debemos añadir. Pero la prescripción de las lentes para los miopes es de gran interés. Si el emmétrope y los hipermétropes pueden emplear casi siempre sin peligro lentes mal elegidas, los miopes por el contrario corren un gran peligro por su empleo intempestivo ó irracional y es mucho mejor no emplearlas sobre todo en aquellos casos que acompañan alguna complicación. Sería muy largo y fastidioso enumerar todos los casos que pueden presentarse y el formularles un tratamiento particular, así, que daremos las reglas generales é indicaciones terapéuticas en las cuales la mayor parte de los casos prácticos entran.

¿Conviene siempre neutralizar la miopía por lentes cóncavas?

¿Hay circunstancias que prohíben parcial ó totalmente esta neutralización?

Para ello daremos el resúmen de las indicaciones que ha dado el sábio profesor de Utrecht.

Para la primera cuestion parece bien sencillo. ¿Qué mas natural en apariencia que dar á un miope lentes que reduzcan el infinito á su punctum remotum y ponerlos en los casos de la emmetropía? Si en sí la miopía neutralizada, el ojo tiene el punctum remotum cual el emmétrope, hay una gran diferencia de límites relativos de acomodacion para cada grado de convergencia y la agudeza de la vision es generalmente defectuosa. Estas solas diferencias serán suficientes para retraer las indicaciones de una perfecta neutralización de la miopía, pero encontraremos aun otras razones para defenderla de una manera positiva. La indicacion de una manera completa no existe:

1º. *Cuando nos servimos de lentes solamente para la vision á distancia*, y usamos un antejo recto. Miramos á una gran distancia y la acomodacion se encuentra en reposo y su empleo no puede tener peligro. Pero cuando nos servimos

de los mismos lentes para distancias muy cortas como leer, escribir, mirar grabados, pequeños objetos, etc., se presenta la escepcion.

2º. *Cuando la miopía es lijera relativamente á la amplitud de acomodacion y el ojo sano además.* En este caso podemos servirnos de cristales neutralizantes bajo forma de lentes y los llevan para leer y para escribir. Cuando las personas débilmente miopes se habitúan á llevar desde jóvenes lentes neutralizadoras, sus ojos son un todo parecidos al de los emmétropes y la miopía es menos progresiva. Encuéntrense muchas personas que toman lentes $-\frac{1}{10}$ en su juventud y continúan sirviéndose de ellos hasta los cuarenta y cinco años y solamente en esta época ó mas tarde es cuando tienen que recurrir á lentes un poco mas fuertes para ver de lejos á causa del estrechamiento de la pupila que aumenta la claridad de las imágenes. Mas tarde hasta pueden trabajar sin necesidad del auxilio de las lentes.

A fin de obtener todas las ventajas de estas lentes, los miopes deberán servirse de ellas pronto. Si la miopía no comprende mas que una cuarta parte de amplitud de acomodacion, puede neutralizarse inmediatamente en totalidad. Si es superior es preciso empezar por cristales débiles y á seis meses reemplazarlos por cristales mas fuertes. Si al primero damos lentes muy fuertes la acomodacion no es suficiente para acercar el punctum próximum para las necesidades ordinarias y el enfermo experimentará cierta dificultad (astenopía) para aquellas cosas acercadas como sucede en la presbiopía. Hemos visto que el uso de las lentes separa el curso de la acomodacion de modo que ocupa poco á poco la misma posicion que la del ojo emmétrope. El punctum remotum binocular se acerca del ojo mientras que el remotum absoluto no lo hace. La miopía así neutralizada es menos progresiva porque se evita la gran convergencia. Pero si la tendencia á esta última es tan grande que se produce aun en la miopía neutralizada, el uso de las lentes es peligrosísimo y

debe ser interrumpida desde que la miopía indica manifestar progresion. En estos casos es necesario defender durante cierto tiempo de los trabajos minuciosos y no permitir lentes cóncavas mas que para la vision de lejos.

Muchas circunstancias prohiben la completa neutralizacion de la miopía.—a. El grado de la miopía.—En los grados débiles hasta $\frac{1}{20}$ ó $\frac{1}{15}$ antiguo ó sea 2 ó 3 dióptrica, los enfermos pueden estar dispensados de neutralizar ó no su ametropía. Pero en los grados mas elevados de $\frac{1}{15}$ á $\frac{1}{6}$ es decir, de 3 á 6 dióptrica ya hemos dicho lo que hay que hacer. Con $\frac{1}{6}$ por encima la neutralizacion perfecta es imposible para los trabajos finos ó de cerca, porque la agudeza es casi siempre disminuida y las imágenes retinianas hácese mas pequeñas para percibirse con mas claridad. Entonces conviene no neutralizar más que una débil parte de la miopía llevar por ejemplo r á 12 ó 16 pulgadas y permitir al enfermo el llevar lentes. Con el empleo de estas lentes quedará como una miopía de $\frac{1}{12}$ ó $\frac{1}{16}$ que podrá neutralizarse cuando desee mirar de lejos superponiendo á sus lentes un binóculo de $\frac{1}{12}$ ó $\frac{1}{16}$ que no molestará sensiblemente la vision de los objetos alejados apesar de su disminucion.

b.—La amplitud de acomodacion.—Hemos dicho que interin la amplitud no esté muy disminuida y el grado de miopía esté muy débil, es decir en la niñez, se podrá ventajosamente neutralizar completamente la miopía. Pero en una edad un poco mas avanzada sobre todo si el individuo no ha hecho uso de lentes; las lentes neutralizantes son á veces insoportables para la vision de cerca aun con $M = \frac{1}{10}$. La conducta que hay que observar en estos casos será la de dar lentes correctoras para ver de lejos y lentes de $\frac{1}{20}$ ó 2^o que llevan r á 20 ó 24 pulgadas para la vision de cerca. Si al fin de algunos meses las lentes pueden ser un poco mas fuertes y toleradas sin causar astenopía, se podrán sostener sin peligro.

c.—La agudeza de la vision.—La agudeza de la vision influ

ye mucho sobre la eleccion de las lentes. En los altos grados de miopía esta agudeza es casi siempre mucho mas disminuida y como las lentes neutralizan achican tanto mas las imágenes cuanto ellos son mas fuertes, la vision de los pequeños objetos es imposible ó muy defectuosa. Para remediarlo, es decir, para aumentar el ángulo visual, los enfermos acercan mucho estos objetos, de donde la convergencia y es una nueva causa de aumento de la presion intra-ocular y la extension del estafiloma. El enfermo se encuentra colocado entre dos alternativas casi siempre peligrosas y el médico se ve en la triste necesidad de prohibir al enfermo los trabajos minuciosos. Los casos mas favorables son aquellos donde la vision binocular no existe y en que el individuo no se sirve mas que de un ojo. Desde luego la convergencia no es necesaria y se le puede permitir el uso de lentes que retraen un poco, el punctum proximum. Con estos cristales y auxiliado de un lente, los objetos aun los mas finos pueden ser vistos á gran distancia y el enfermo puede trabajar aunque poco. Para la vision monocular con miopía fuerte y disminucion de la agudeza visual, Stenheil, de Munich ha imaginado los canos que llevan su nombre y que pueden dar excelente servicio. Esto consiste en un simple cono de cristal de una pulgada de largo cuya base es convexa y la superficie opuesta cóncava de radio mas corto que la superficie convexa y su accion es análoga á la lente de Galileo, los rayos paralelos se refractan en la superficie convexa, hechos convergentes en el lente toma á su salida por la superficie cóncava una direccion divergente, que les permite reunirse sobre la retina de un ojo miope proporcionalmente á la superficie cóncava del lente. La ampliacion aumenta por los conos destinados á los individuos fuertemente miopes. Lentes que neutralizan imperfectamente, colocadas en una montura estenopéica apropiada que limita los círculos de difusion, responden á veces mejor de lo que se desea.

d. — La edad y la naturaleza de las ocupaciones del indivi-

duo exige serias indicaciones como ya lo hemos dicho. En la edad avanzada debe inquietarnos más el presente que el porvenir y cuando la miopía es débil y la agudeza visual disminuye se deben dar lentes convexas que acerquen r' (punctum remotum relativo de la vision distinta) á 6" pero estas lentes deben estar muy bajas de manera que no sirvan para la vision á distancia. La naturaleza de las ocupaciones influye mucho sobre la posibilidad de la neutralizacion más ó menos completa de la miopía si el individuo no está habituado á llevar las lentes, En este caso la extension de la acomodacion tiene un acortamiento propio de los miopes y en circunstancias dadas obliga á mirar binocularmente á una distancia mayor y no pueden servirse de lentes neutralizantes llevando r por medio de lentes á distancia exacta, con lo cual el enfermo vea claramente. Cuando hay una disminucion de la agudeza visual, esto es muy importante. Las personas así afectadas están sometidas á ver distintamente pequeños caractéres á 3 ó 4 pulgadas de distancia y de no poder leer con las mismas lentes los caractéres gruesos á 15 ó 18 pulgadas. Esto depende de la disminucion del ángulo visual, en estos casos es cuatro ó cinco veces más pequeños.

Astenopia muscular.—Los altos grados de miopía exigen una convergencia considerable y los músculos rectos internos son á veces impotentes resultando por ello la astenopia muscular, poco á poco uno de los dos ojos se desvia hácia fuera en la vision de cerca para evitar una convergencia muy fuerte y por consiguiente muy penosa y para que su imágen retiniana sea menos distinta. Por último el estrabismo relativo ó temporal puede hacerse absoluto ó permanente. Para impedir este estrabismo ó corregirlo se debe alejar un poco la vision distinta y si esto no es suficiente emplear prismas que hagan desviar hácia su base los rayos incidentes supliendo así la divilidad muscular. Cuando el efecto prismático es poco intenso hemos visto en el párrafo que trata de las lentes prismáticas, que basta

con descentrar las lentes cóncavas *hacia fuera* (lo contrario de lo que dice Donders) para la vision de cerca, de tal suerte que el enfermo vea á través la mitad interna de sus lentes que hacen el papel de prisma ó vértice externo y desvia por consiguiente los rayos incidentes del lado nasal, es decir *hacia la mácula* permaneciendo por delante por defecto de contraccion del músculo interno.

Como regla general para el empleo de los prismas en la vision de cerca, *es necesario siempre tornar la base del lado de la insuficiencia*. Para la vision de lejos es otra cosa. Obra inversamente excitando débilmente una contraccion del músculo recto interno, que puede aumentar poco á poco la energía y hacer desaparecer la insuficiencia. Para la vision de cerca una cosa parecida exigirá de la parte del músculo un exceso de contraccion que será importante á producir y aumentar por el contrario la astenopía y el estrabismo divergente.

CAPÍTULO III.

ASTIGMATISMO (AS)

§ 1.—DEFINICION.—ETIOLOGÍA.

a. Definicion.—Hemos dicho que por la construccion anatómica y sin la intervencion de la acomodacion, ciertos ojos (emmétropes) reunen sobre la capa externa de su retina la imágen clara de los objetos exteriores comprendidos entre determinados centímetros hasta el infinito: Otros como los hipermétropes poco refringentes, relativamente á la distancia de la retina, no pueden reunir sobre esta membrana ni dar una imágen clara cuando los rayos se hacen convergentes interin los rayos paralelos ó divergentes llegan á formar su foco mas allá de la retina y no se detienen en esta membrana mas que por un esfuerzo de acomodacion ó por lentes convergentes; otros ojos, los miopes, muy refringentes por el contrario relativamente á su longitud reunen por delante de la retina las imágenes claras de los objetos exteriores y estas imágenes se relacionan con la capa de los conos y bastoncillos por medio de lentes esféricas cóncavas que den á todos los rayos incidentes idéntico grado de divergencia: por último otros son astigmáticos y por ningun concepto, sea con el auxilio de su acomodacion, con el de lentes esféricas, cóncavas ó convexas, pueden reunir sobre su retina los focos de los rayos incidentes á fin de dar una imágen clara. En efecto mientras que ciertos rayos caen sobre la retina otros caen por delante ó por detrás, aunque su direccion inicial sea la misma que la de los primeros. Este no puede tener mas que una refraccion desigual segun los diferentes meridianos del ojo y como vamos á ver es lo que constituye el

astigmatismo. En rigor todos los ojos presentan esta anomalía que consiste en que los focos de los diversos rayos incidentes no están contenidos en el mismo plano; si afectan este defecto que hemos visto inherente á las lentes homogéneas es lo que llama *aberracion de esfericidad* y *aberracion de cromicidad*. Es cierto que aparecen imperfecciones muy parecidas al principio cuando el ojo está sustraído á su influencia cuando funciona regular y normalmente y este defecto no afecta en nada á la claridad de la vision. La aberracion de esfericidad que se manifiesta en los individuos sometidos á la accion de la atropina ó que tiene una dilatacion pupilar anormal, se corrije por la contraccion mediana del diafragma iridiano de modo que el foco incidente tenga lugar en una línea perpendicular á la retina y por lo tanto una parte estará fuera de la membrana sensible que será un punto ó si se quiere una mancha de dispersion tan pequeña que en nada altere la vision. La aberracion cromática es insensible sino en determinadas afecciones del ojo.

b. Etiologia.—Cuando el órgano es emmétrope, miope ó hipermétrope podrá siempre presentar en un meridiano un exceso ó un defecto de refraccion, de tal suerte que los rayos homocéntricos que caen en la direccion de este meridiano se reunan mas que en los otros en el primer caso y mas tarde en el segundo. Los diversos focos estarán por lo tanto situados en diversos planos y cada uno de ellos pasarán á la retina y no recibirá una misma imágen.

Este vicio de refraccion puede ser producido por una refrangibilidad desigual de los diferentes meridianos del cristalino: esto es lo que Donders ha llamado astigmatismo *irregular* que segun su autor produce la poliopia monocular contra la cual el arte es impotente, pero generalmente el astigmatismo es ocasionado por una irregularidad de curvatura de la córnea ó del cristalino siendo aquella lo más frecuente. Esto requiere cierta esplicacion que vamos á dar segun las investigaciones de Helmholt. Cuando la córnea no es una calota esférica como se

habia creido hasta hoy, una calota elipsoidal ó como se dice en geometría una calota de un *elipsoide de revolucion*. Para los que no recuerden bien las nociones de geometría del espacio diremos con Mr. Javal (1) que se llama así al sólido que en revolucion dá todo cuerpo que puede construirse en su redor; como son un peon, un huevo, etc. Un huevo, es un sólido de revolucion de forma particular y en efecto cortando por su plano que pasa el eje, este sólido tiene por seccion elipses idénticas. Todo sólido de revolucion que se corta por el plano que pasa el eje tiene por seccion una elipse que lleva el nombre de *elipsoide de revolucion*.

Este autor continúa con las ingeniosas comparaciones siguientes: no es mucho mas difícil figurarse una elipsoide que no sea debido á una revolucion.

En efecto, si la mayor parte de las cúpulas de los monumentos públicos son elipsoides de revolucion, es porque el espacio que tienen que cubrir es circular; para nuestra esplicacion nos proponemos construir una cúpula *cuya base sea una elipse*, si el perfil de nuestra cúpula es elíptico, su superficie es un elipsoide que entonces no es debido á una revolucion y á la cual damos el nombre de elipsoide de tres ejes desiguales. En idénticas superficies los planos secantes perpendiculares al eje cortan las elipses y no los círculos como en las superficies de revolucion. Esto lo indica fácilmente la fig. 105 destinada á representar esquemáticamente una córnea astigmática. Sea la elipsoide de tres ejes desiguales AD FBCGE cuyos planos se-

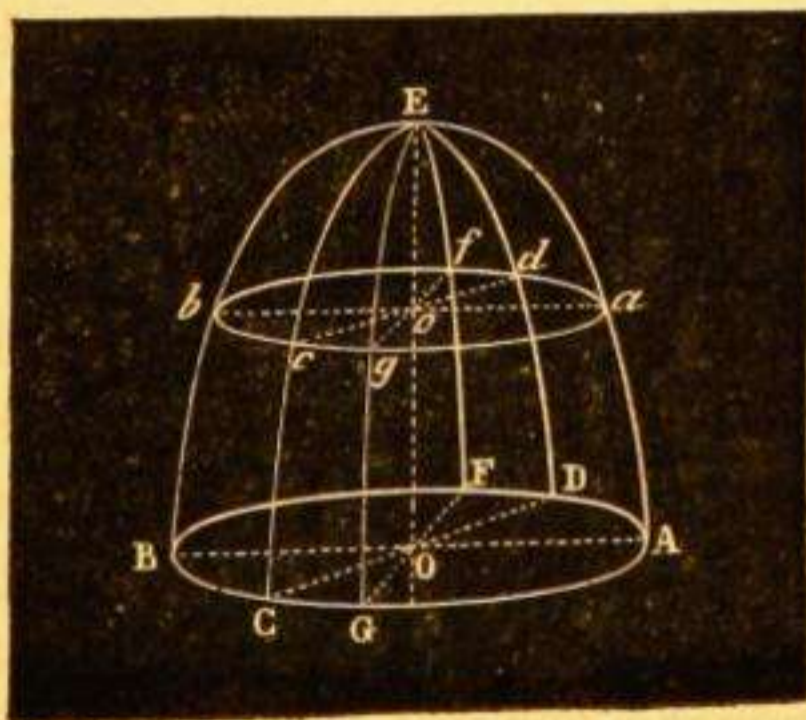


Fig. 105.

(1) Tratado de enfermedades de los ojos por Weker, artículo del astigmatismo.

cantes ADFBCG *adfbcg* perpendiculares al eje EO son elipses. Si entretanto tenemos un plano AEB pasando por el gran eje AB de la elipse de seccion, este plano determinará una semi-elipse AEB cuyo pequeño eje será AB y el eje semi-grande será EO.

Tenemos un segundo plano perpendicular al primero y pasando por el eje EO determinaremos otra semi-elipse cuyo medio eje mayor es siempre EO y el menor FG. Cualquiera otro plano DEC mas ó menos oblicuo con relacion á AEB tendrá por eje pequeño DC y este eje irá creciendo ó disminuyendo segun que se aproxime á GF ó AB por consecuencia la elipse AEB será el *minimum* de curvatura y la elipse FEG el *máximum* y las otras intermediarias, curvaturas intermediarias tambien.

Esta introduccion de geometría elemental nos viene á prestar un buen servicio, no solo para comprender la formacion ó la causa del astigmatismo sino tambien para explicarnos el tratamiento y definir las variedades. Sabemos que una superficie curva es tanto más refringente cuando el radio de curvatura es más pequeño. Si el cristalino está regularmente limitado por caras esféricas, obrará del mismo modo sobre todos los rayos homocéntricos que le atraviesen, pero si estos últimos son ya diversamente convergentes, continuarán su marcha como antes y formarán sus focos sobre diversos planos. La córnea limitando por delante el humor acuoso, se concibe que la direccion consecutiva de los rayos homocéntricos que hayan atravesado dependerán de la forma de esta membrana.

Refiriéndonos á nuestro grabado anterior si es una *elipsoide de revolucion* todas las secciones meridianas pasarán por el eje que serán porciones de elipses absolutamente parecidas y todos los rayos luminosos homocéntricos que caerán sobre la córnea no será obstáculo para que cualquier meridiano encuentre una superficie convexa parecida sufriendo la misma refraccion y continuará convergiendo hácia el mismo centro.

Pero en el astigmatismo depende la curvatura asimétrica de la

córnea los diversos meridianos tienen curvatura diferente y por consiguiente, una refracción diferente también: los más convexos serán más refringentes y vice-versa. Pero entre todos estos meridianos habrá siempre dos situados perpendicularmente el uno en relación del otro que serán uno el más refringente de todos ó el más convexo, será FEG y el menos AEB que son los llamados *meridianos principales*. La dirección de sus planos pueden ser variables como lo veremos más adelante pero es muy frecuente sean uno vertical y el otro horizontal.

Si el astigmatismo depende generalmente de una asimetría de la córnea lo que no es siempre y la curvatura de esta membrana está perfectamente regular, dependerá entonces del cristalino si el astigmatismo existe que es el caso de Tomás Young, quien descubrió el astigmatismo en su propio ojo, al principio de este siglo (1) publicando sobre esta anomalía una memoria considerada aun como clásica, Young tuvo la torpeza de generalizar esto, diciendo que el astigmatismo depende siempre de una asimetría de la curvatura del cristalino como él había demostrado en su ojo.

Si la curvatura de la córnea es igualmente asimétrica, el astigmatismo que produce podrá agregarse al del cristalino si está en el mismo meridiano y de la misma naturaleza, ó le neutralizará mas ó menos si está en un meridiano perpendicular al primero y de signo contrario.

En cuanto á la causa que produce la diferencia de curvatura en los diversos meridianos de la córnea es casi siempre imposible el determinarlo. Estando el globo ocular como suspendido en la órbita, no puede ser la tensión de los músculos rectos internos y externos ó superior ó inferior los que producen un aplastamiento de la córnea en el sentido vertical ú horizontal. Para explicar el astigmatismo oblicuo, será necesario el concurso del recto superior ó inferior con uno interno ó uno externo.

La causa que parece más racionalmente admitida es la indi-

(1) Philosophical transactions, for 1801 p. 43.

cada por nuestro amigo el Dr. Prouff, que consiste en una irregularidad del espesor de la córnea según los diversos meridianos. Desde luego la presión intra-ocular produce una distensión mayor en el meridiano más delgado y por consiguiente un aumento de curvatura. Convendría que un número considerable de ojos astigmáticos comprobara esta hipótesis tan sencilla y seductora.

§ 2.—CLASIFICACION.

Dadas las anteriores explicaciones la clasificación de las diversas formas del astigmatismo no será muy difícil: 1.º supongamos que el meridiano AEB (fig. 105) tiene una curvatura tal que es necesaria para que el ojo sea emmétrope: desde luego es necesario que todos los rayos luminosos que penetren en el ojo sigan este meridiano é irán á formar un foco sobre la retina, mientras que los rayos que entren según la dirección del meridiano FEG el más convexo formará sus focos más pronto, es decir, delante de esta membrana; el ojo será por lo tanto emmétrope, siguiendo la dirección AEB mientras que era miope en todas las otras direcciones y la miopía tendrá su máximo en el meridiano FEG. El grado de miopía de este meridiano nos dará la medida del astigmatismo que designaremos bajo el nombre de *astigmatismo simple miópico (asm)*. Si por el contrario es el meridiano FEG ó el más convexo que es emmétrope el otro será necesariamente hipermétrope y tendremos un astigmatismo simple hipermetrópico (*Ash*). El grado de hipermetropía será el mismo que el del astigmatismo.

2.º Supongamos que los dos meridianos principales sean miopes, ó que uno sea más que el otro, resultará que la lente esférica cóncava que corrija al uno, no lo hará al otro: la diferencia de refracción de estos dos meridianos darán el grado de astigmatismo que en este caso será un *astigmatismo compuesto miópico*. En el astigmatismo simple miópico ó hi-

permetrónico basta con conocer el valor del astigmatismo para saber el estado refringente del ojo; pero aquí estos dos meridianos principales son miopes, y es necesario que averigüe el grado de miopía de cada uno de ellos para conocer el estado de refracción del ojo y el valor del astigmatismo. Si este ojo tiene en el meridiano vertical por ejemplo $M = \frac{1}{12} = 3^D$ y en el horizontal $M = \frac{1}{6} = 6^D$ tendrá un $\frac{1}{12}$ ó 3^D de miopía general, mas $\frac{1}{12}$ 3^D de más en el meridiano horizontal, es decir; miopía general $\frac{1}{12}$ ó 3^D más astigmatismo vertical $\frac{1}{12}$ ó 3^D lo que se designa más simplemente por la fórmula siguiente:

$$M \frac{1}{12} + A sm \frac{1}{12}$$

en dióptrica

$$M 3^D + asm 3^D$$

Para siempre diremos que la dirección del astigmatismo debe también ser indicada. Para ello se relaciona esta dirección sobre un semi-círculo dividido en grados y de tal suerte que el O sea un punto convenido en una de las dos extremidades del diámetro horizontal ó vertical y como quiera que todos no estamos de acuerdo en este punto conviene indicar por una línea la dirección aproximada del astigmatismo al mismo tiempo que el número del grado; de suerte que sea fácil de ver donde se hace partir el O y escríbese

$$m 3^D + A sm 90 \text{ ó } | 3^D$$

se sabrá que el O está á la derecha ó á la izquierda del diámetro horizontal. El astigmatismo será vertical ú horizontal cuando el O está á la derecha ó á la izquierda, pero si esta anomalía existe en una dirección intermedia necesario averiguar con exactitud de donde parte la graduación y bueno será que en uno de los congresos internacionales se acuerde y convenga en una graduación uniforme y que todos la adoptemos.

Entremos en el astigmatismo compuesto.

Si el meridiano más convexo, es decir, el FEG es hipermetrope el AEB será mayor y tendremos por lo tanto un *astigmatismo compuesto hipermetrópico*. Sea $H = \frac{1}{24} = 1^{\text{D}}50$ en el meridiano vertical y $H = \frac{1}{12} = 3^{\text{D}}$ para el meridiano horizontal. Tendremos $\frac{1}{24}$ ó $1^{\text{D}}50$ de hipermetropía en todos los meridianos y más aun $\frac{1}{24}$ ($\frac{1}{24} + \frac{1}{24} = \frac{1}{12}$) para el meridiano horizontal que será el grado del astigmatismo

$$H \frac{1}{24} + ash \ 0^{\circ} \frac{1}{24} -$$

en dióptrica

$$H \ 1^{\text{D}}50 + ash \ 0^{\circ} \ 3^{\text{D}} -$$

Cuando la línea, es horizontal es preferible llevarla hasta el fin para no confundirla con el signo *menos*.

3.º En el astigmatismo compuesto la refracción de los dos meridianos principales tienen el mismo signo siendo los dos miopes ó hipermetropes. Pero si uno de ellos es miope y el otro hipermetrope, entonces tendremos la tercera especie que lleva el nombre de *astigmatismo mixto* que puede afectar dos variedades; en el primer caso el grado de miopía es mayor que el de la hipermetropía y el astigmatismo es llamado *astigmatismo miópico hipermetrópico asmh* ó *amh*. En el segundo caso, es todo lo contrario y se designa la anomalía por *astigmatismo hipermetrópico miópico*. Cuando el grado del astigmatismo mixto está expresado por la suma de las cifras que sirven para anotar la ametropía en cada meridiano principal nos da un ojo $M = \frac{1}{12}$ ó 3^{D} en el sentido vertical y con $H = \frac{1}{24}$ ó $1^{\text{D}}50$ en el horizontal y la fórmula que sirve para designar el estado de este ojo.

$$Amh \frac{1}{8} = M \frac{1}{12} \ | \ + \ H \frac{1}{24} -$$

en dióptrica

$$Amh \ 4^{\text{D}}50 = M \ 3^{\text{D}} \ | \ + \ H \ 1^{\text{D}}, \ 50 -$$

§ 3.—HISTORIA.—SÍNTOMAS.

a. Historia.—No tenemos más conocimientos de la historia del astigmatismo que las introducidas en la ciencia por el doctor Whewell y segun la etimología de la palabra significa que los ojos afectados de esta anomalía la imágen de un punto luminoso no se percibe bien en un punto. En la práctica se dá esta expresion en sentidos bien distintos. En efecto, ningun ojo es perfectamente acromático ni exento de aberracion de esfericidad y por consiguiente un punto luminoso no dará rigurosamente un punto para una imágen pero todo esto es imperceptible ó desatendido para la vision ordinaria y la expresion del astigmatismo debe ser reservada á los casos donde las superficies refringentes afecten la forma de un elipsoide de tres ejes desiguales. Una observacion hay que hacer y Young habia ya hablado de ella y es que el astigmatismo puede ser causado por la oblicuidad del cristalino y corregida por una lente esférica colocada oblicuamente delante del ojo.

Diez años despues de la publicacion de la memoria de Young y sin tener conocimiento, Gerson en una tésis escrita en latin (1) atribuia á la deformidad de la córnea el origen del astigmatismo y apoyaba su opinion sobre medidas exactas.

Se conoce que en los casos de astigmatismo fuertes, la deformidad de la córnea es por lo regular bastante pronunciada para poderla apreciar á simple vista mirándola por refraccion.

Mas adelante Kohirausch en 1839, Senff en 1846 estudiaron la cuestion, y por último Helmholtz, en 1854 construyó el admirable instrumento, al cual dió el nombre de *oftalmómetro* que permite medir la curvatura de las superficies refrin-

(1) De forma corneæ oculi etc. Gættingæ, 1810.

gentes del ojo con una exactitud casi matemática por medio de las imágenes reflejadas por esta superficie. Gracias á este instrumento las investigaciones se multiplican y Knapp que trabajaba en el laboratorio de Helmholtz comunica sus resultados al Congreso de Heidelberg en 1859. Donders por su parte publica en 1862 la importante memoria que todo el mundo conoce y despues Knapp, Javal Middelburg, etc., enriquecen la ciencia con nuevos descubrimientos y aplicaciones útiles sobre las cuales ya nos ocuparemos en el tratamiento.

b. Síntomas.—Los síntomas del astigmatismo pueden dividirse: *a* síntomas objetivos: *B* síntomas funcionales.

a.—*Síntomas objetivos.*—Estos son menos positivos que los otros, pero tienen no obstante, un gran valor para exigir un detenido estudio. Cuando el astigmatismo depende de una asimetría de curvatura de la córnea (que es la generalidad de los casos) que es bastante pronunciada, y un objeto luminoso ó simplemente iluminado presentado delante del ojo, dá una imágen córnea deforme: si el objeto está cuadrado, la imágen será mas ó menos rectangular y el alargamiento tendrá lugar siguiendo al meridiano menos convexo, si el objeto es redondo su imágen será oval y el eje mayor seguirá el meridiano menos convexo. El exámen al oftalmoscopio tambien puede demostrar el astigmatismo. En efecto la papila del nervio óptico es redonda en la mayoría de los casos y si se examina con la lente, su imágen debe ser igualmente redonda, si el ojo es esférico ó forma superficies refringentes de una curvatura regular é igual en todos los meridianos. Si la papila aparece oval, es que habia una diferencia de refringencia en los diversos meridianos del ojo ó que tal es su forma. Otra cosa que puede inducirnos á error y que debe tenerse en cuenta, es que una papila puede parecer redonda y á pesar de esto, el ojo ser astigmático. Ya hemos dado esta explicacion y esta apariencia de la papila en los astigmáticos que fué observada en 1861 por Knapp en el Congreso de Heidelberg. La teoría, le enseñamos y

la práctica lo confirma cuando á la iluminacion de la lente, la imágen circular de la papila afectada en los astigmáticos una forma elíptica cuyo gran diámetro corresponde á la direccion del meridiano *máximum* de curvatura, es decir, el más convexo y el pequeño al *mínimum* de curvatura (Teoría de la lente).

Lo contrario tiene lugar para la imágen invertida, pero en este caso es necesario tener en cuenta la posicion de la lente, porque si se inclina á un lado ó al otro se dá á la papila una forma oval aun en los emmétropes y será tanto mas pronunciada cuanto más se incline. Esta indicacion servirá para hacer la exploracion con todo rigor.

Hay otro medio más cierto y es al oftalmoscopio observando los vasos de la retina en un astigmático. En un ojo normal se ve igualmente los vasos que salen en diversas direcciones de la superficie del nervio óptico con idéntica claridad. En un ojo astigmático, se observará que para ver distintamente unos vasos despues de otros que afecten diferentes direcciones, es necesario modificar la acomodacion de su propio ojo, es decir, adaptar á la direccion de los rayos emanados de estos vasos y atravesando meridianos más ó menos refringentes.

Así que no se verá claramente los vasos *verticales* sino cuando los rayos que emanan en divergencia en un plano *horizontal* se reunan sobre la retina del observador ó si el ojo observado es hipermetrope en el meridiano horizontal, los rayos situados en este plano continuarán, divergiendo por fuera del ojo, de tal suerte que el observador emmetrope deberá hacer un esfuerzo de acomodacion para obtener la reunion sobre su retina. Por el contrario si el meridiano vertical es emmetrope los rayos emanados de los vasos horizontales serán paralelos al salir del ojo y hará que la acomodacion, permanezca en reposo para que pueda ver á distancia. En el exámen del fondo del ojo por la imágen invertida, las modificaciones son menos considerables y la direccion del eje de la lente colocada por delante del ojo tiene una gran influencia. En efecto, su indicacion

produce un efecto cilíndrico que puede corregir la diferencia de refracción y es raro no se vean obligados á inclinar un poco la lente á fin de desviar lateralmente las imágenes del punto de origen de la iluminación y del orificio del oftalmoscopio, producidas por reflexión sobre la superficie de la córnea de la lente ó del espejo y permite ver bien el fondo del ojo con una extensión bastante grande.

B.—Síntomas funcionales.—Las alteraciones funcionales están ligadas de una manera tan íntima al diagnóstico que sería inútil el enumerarlo todo; y estaríamos expuestos á las repeticiones. No obstante diremos que la asimetría de la córnea ocasiona sobre la retina la producción de imágenes deformes y poco claras porque los focos de ciertas partes estén por delante de esta membrana ó por detrás mientras que otros están sobre la retina, pero nunca se encuentra ni los unos ni los otros á la misma vez. Resulta de esto que los objetos no aparecen al astigmático tal cual ellos son y que ven ciertas líneas mejor que otras, lo que produce un alteración de la vista tanto mas pronunciada cuanto que el astigmatismo es más fuerte.

El empleo de lentes esféricas no produce un gran alivio al menos que el astigmatismo no sea mixto y si un meridiano es emmétrope y que el astigmatismo sea débil, la vista podrá ser mejorada y se comprende que en este caso es necesario corregir el meridiano hipermétrope para ver de cerca, la miopía para ver de lejos. En todos los casos cuando el individuo lleva ó no lentes esféricas, la agudeza visual será casi siempre mas ó menos disminuida.

Si el astigmático no emplea mas que su meridiano favorable aumentará singularmente la claridad de las imágenes retinianas, una abertura *estenópico* colocado en la dirección de este meridiano llenará todos estos puntos; pero generalmente el individuo para ello valiéndose de ciertos artificios á veces muy curiosos que dan á su cara una expresión característica

que permiten algunas veces hacer el diagnóstico á distancia. Es así que el astigmático se sirve de sus párpados como de un aparato estenopéico aproximándolo más ó ménos é inclinando la cabeza de manera de poder colocar su meridiano ocular menos amétrope en la direccion de la abertura palpebral. Si la direccion de este meridiano no es la misma que en los dos lados, el individuo cierra un ojo ó lo desvía, pero cuando el meridiano más favorable para la vision es vertical ó se aproxima á la vertical, la fisonomía del enfermo es muy particular, cierra el ojo y se vale del reborde nasal para ocultar el meridiano horizontal y torna la cabeza del lado del ojo abierto. Por último, ciertos astigmáticos ejercen una traccion sobre la piel del ángulo externo del ojo, traccion que no solamente estrecha la abertura palpebral sino que le dá aun la direccion deseada. Otros neutralizan su astigmatismo ejerciendo una lijera presion sobre un punto dado del globo ocular á través del párpado. Hemos repetido muchas veces la experiencia y creemos que todos los emmétropes pueden producir en un ojo un astigmatismo artificial ejerciendo una presion sobre un punto de su superficie. Supongamos un astigmático simple miópico igual á 1^o y en el sentido horizontal; procuramos corregirlo perfectamente deprimiendo ligeramente con la punta del dedo el globo del ojo casi en el reborde de la órbita y en la parte media sea abajo ó arriba mientras que una presion ejercida en la extremidad del diámetro transversal sea adelante, sea hácia fuera exagera el astigmatismo ya existente. Siempre por este medio se consigue muy buenos servicios porque confunde un poco la vista pero demuestra que el astigmatismo es producido por una diferencia de curvatura en los meridianos del ojo: en efecto, la ametropía cambia de direccion segun los puntos comprimidos y podrá ser producido sucesivamente en todos los meridianos.

Una cuestion que llama la atencion de los autores, y que hemos dado la explicacion en el capítulo de la hipermetropía, es que ciertos astigmáticos hipermétropes, lo mismo que algu-

nos hipermétropes, tienen el hábito de acercar mucho á sus ojos los pequeños objetos sobre los cuales ellos llevarán su atención como los caracteres del libro en la lectura, por ejemplo, dándose así el aspecto de personas fuertemente miopes. Sabemos que, según las explicaciones dadas por Græfe en este caso la ampliación de la imagen retiniana aumenta más pronto que los círculos de difusión y el enfermo prefiere imágenes más grandes aunque sean menos claras.

Los caracteres de imprenta sobre todo, los romanos, están formados de líneas verticales y horizontales estos serán vistos más ó menos bien según que el meridiano más favorable sea colocado en la dirección de unas ó de otras de estas líneas y es por esto que á la misma distancia el individuo reconocerá estos caracteres y no otros aunque sean del mismo grandor y que estos últimos podrían ser distinguidos claramente con cierta inclinación de la cabeza.

Por consiguiente la deformidad de las imágenes retinianas los objetos podrán parecer al astigmático bajo una forma que ellos no tienen: es así que un cuadrado parecerá ser un rectángulo; una figura redonda, una oval, y recíprocamente, si el gran diámetro está colocado en el sentido del meridiano más refringente.

Otro síntoma que acompaña los altos grados del astigmatismo es el fenómeno de la dispersión de los colores que Helmholtz (*óptica fisiológica*) ha estudiado y que indica la existencia de la miopía ó de la hipermetropía. La aberración de cromática del ojo se hace, desde luego sentir.

Los colores del espectro no están ya dispuestos de la misma manera; los objetos presentan sobre sus bordes colores que no vemos. Sería muy largo el entrar en detalles de estos fenómenos y basta con decir solamente que ellos son producidos por la desigualdad de refracción de los rayos coloreados al través de los meridianos cuyo poder refringente es distinto. Cuando ciertos rayos están reunidos sobre la retina, otros aun

no han llegado ó se han hecho divergentes, lo que produce y se concibe una transposicion en el órden de los colores.

Es necesario conocer estos fenómenos que interesan bajo el punto de vista científico y que son de mediano interés en la práctica.

§ 4.—DETERMINACION DEL ASTIGMATISMO.—ASTIGMÓMETROS.

Los síntomas que acabamos de enumerar pueden servir para el diagnóstico, es decir, indicar cuando el individuo es astigmático; pero esto no es suficiente porque el diagnóstico tiene otro objeto que es el de servir para el tratamiento y como este último es puramente óptico necesitaráse que conozcamos perfectamente la direccion de los meridianos principales, es decir, el máximo y mínimo de curvatura, porque el estado de refraccion en cada uno de estos meridianos y por consiguiente la *especie* y el grado del astigmatismo.

Con los síntomas anteriormente indicados nos harán suponer la presencia de un astigmatismo, entonces hacemos fijar al enfermo en un cuadro sobre el cual se dispongan líneas negras que partan de un centro comun (fig. 106) y que haya entre ellas ángulos de 15° . Este cuadro bien iluminado debe colocarse á la mayor distancia posible de la vision distinta, distancia que será variable con la longitud de las líneas y el estado de la refraccion de los ojos. Si el individuo es emmétrope ó hipermétrope, las líneas tendrán cerca de dos milímetros de longitud y el carton estará colocado á 5 ó 6 metros, si es miope el carton estará colocado á una distancia tal que sea vista distintamente sin correccion de la miopía y sin acomodacion. Si el individuo astigmático es inteligente acusará inmediatamente una diferencia de claridad en las diversas líneas de la figura estrellada; una sola de estas líneas ó tres todo lo más, parecerán mucho mas negras que las otras, y la del medio será aun un poco más negra que sus compañeras. Si el individuo inclina

la cabeza á derecha ó á izquierda no será lo mismo, pues las de la derecha ó izquierda segun el lado que se incline la cabeza, serán las que aparecerán más negras.

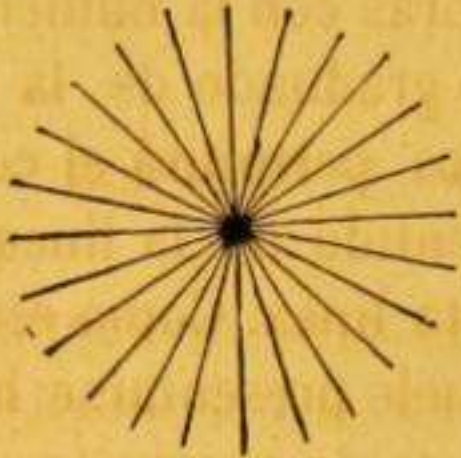


Fig. 106

Esta sola experiencia basta para demostrar la presencia del astigmatismo y si el individuo tiene la cabeza bien derecha, la direccion de la línea que se vea más negra indicará tambien la direccion ó el plano de un meridiano principal: la línea perpendicular á este estará en el plano del otro meridiano principal.

Conocido esto nos bastará para colocar una abertura estenopéica en las monturas de ensayo delante del ojo en experiencia (interin, el otro está obturado con un disco opaco) de tal suerte que su direccion coincida con la de la línea negra vista distintamente.

Esto será fácil gracias al círculo graduado que lleva la montura y siempre será necesario llamar la atencion para no cometer error alguno porque la division no es siempre contada en el mismo sentido y para no equivocarse, convendrá una vez para siempre, admitir en todos los casos un punto de partida ó el mismo punto de la figura estrellada del carton de que nos estamos sirviendo.

El medio cuadrante que figura en las nuevas escalas tipográficas de Snellen, nos parece poco práctico y muy mal concebido: un cuadrante de reloj ordinario nos pareceria más preferible. En efecto todo el mundo conoce la hora en estos cuadrantes á veces sin saber leer ni estar obligado á ver la numeracion; de suerte que la persona menos inteligente, nos dirá de seguida á qué hora corresponde la línea que se ve más claramente, y como sabemos que el intervalo comprendido entre cada hora es de $\frac{1}{12}$ de circunferencia, es decir 30° y el de cada media hora 15° , es fácil el encontrar instantáneamente el tamaño del ángu-

lo que hacemos partir desde las XII para mayor comodidad, así que colocaremos el 0° en las XII: á la I 30° á las II 60° á las III 90° á las IV 120° , y así sucesivamente hasta las VI, porque la línea de las VII es la prolongacion de la I, etc.

Indicaremos igualmente las medias horas con la numeracion correspondiente. De esta manera el arco graduado de la montura de ensayo dividido de 5 en 5 grados permitirá el colocar el eje de la lente exactamente en el sentido de la línea vista más distintamente ó perpendicular á esta línea. Como este último caso es el que con más frecuencia suele presentarse; hemos hecho dividir el círculo de nuestra montura de ensayo (que más adelante describiremos) de manera que los mismos grados del arco ó círculo representen la direccion perpendicular á la línea llevándola al mismo grado. No hay por lo tanto cálculo que hacer: si es la línea de la I, la que aparece negra esta representa

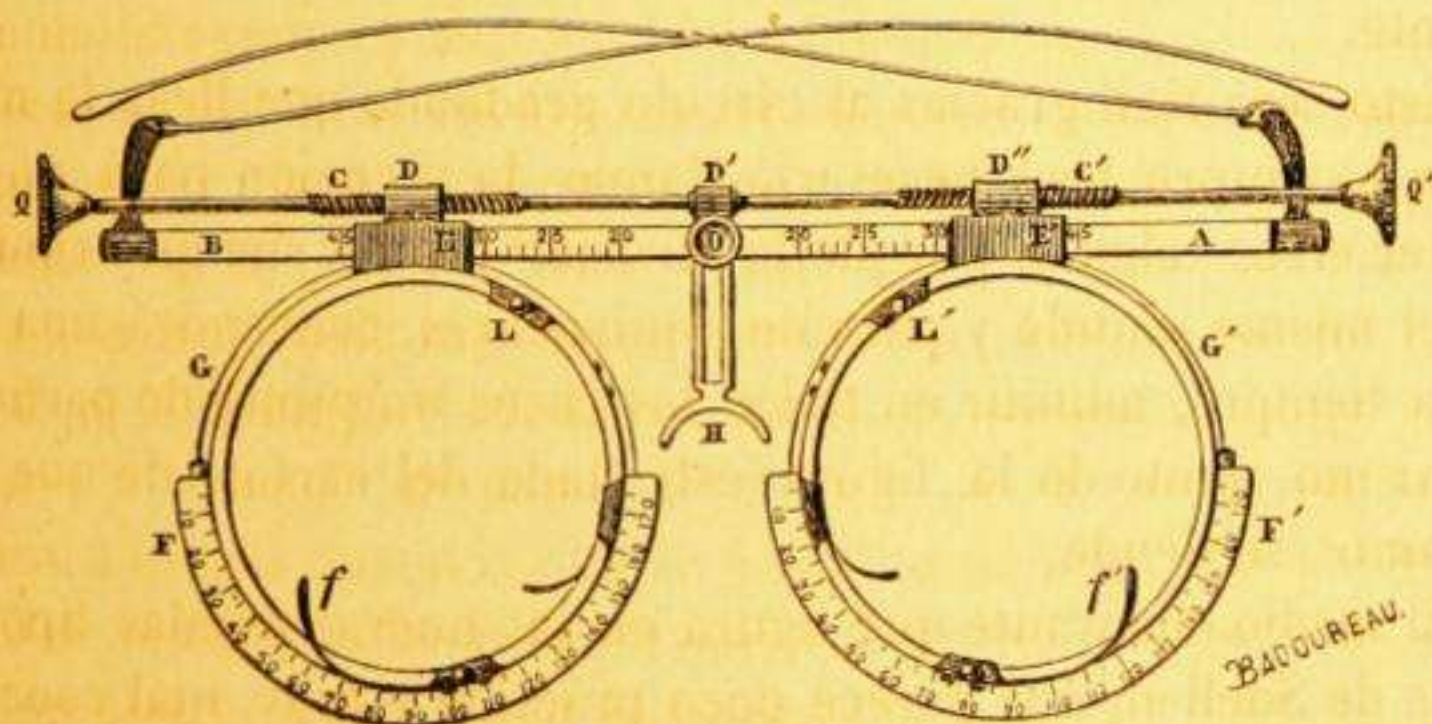


Fig. 107.—Porta lentes del Dr. Armaignac. (1)

30° sobre la montura y colocaremos el eje de la lente cilíndrica sobre 30° : si es la línea de las VIII colocaremos el eje en los 60° porque esta línea es prolongacion de la línea de la II.

(1) Esta figura representa el primer aparato que hemos construido, despues le hemos modificado colocándole un círculo graduado en la parte superior de la armadura á fin de poder tener los cálculos de las lentes con más precision.

Si nos valemos de las lentes estenopeicas para medir sucesivamente el astigmatismo en cada meridiano principal, la direccion del orificio tambien será perpendicular á la direccion de la línea vista, lo más distantemente para poder medir la refraccion del meridiano del ojo, que ve distintamente la línea negra. Sabemos, en efecto, que este es el meridiano del ojo perpendicular á una línea que vea esta línea con claridad; el orificio colocado en esta direccion impide que el ojo vea por el meridiano paralelo á la línea: desde luego todos los rayos luminosos parten de este cuadrante penetrando en el ojo por los puntos que tiene la misma refraccion y forman sobre la retina una imágen clara de todas las líneas del cuadrante.

Es inútil el agregar que si se quiere tener la direccion perpendicular de una línea del cuadrante es necesario agregar entonces 90° á la cifra indicada por el arco de la montura de ensayo: si esta cifra es inferior á 90° se descontará esta cantidad si la cifra es superior. Las monturas de ensayo que existen en el nomercio tienen todas más ó ménos gran número de inconvenientes estas son generalmente dificultades para hacer tornar el lente cilíndrico ó no permitir cubrir á voluntad los lentes de ensayo ó el inclinarlo, estos son más complicados teniendo un peso que les hace incómodos cuando el exámen se prolonga por cierto tiempo y se trata de personas delicadas.

Debido á estos diversos inconvenientes hemos hecho construir á Mr. Roulot el instrumento que representa el grabado 107 cuyo mecanismo bien sencillo permite el darse en el instante una idea completa de su funcion. Los dos anillos GG' llevan un vástago prendido en su interior y puede cambiar fácilmente de manera de poder presentar todos los puntos de su circunferencia de las divisiones de 5 á 5 grados trazadas sobre un semi-círculo graduado FF' y sujeto al anillo porta-lente, sirviendo para contener ya una lente esférica, ya una lente estenopeica ó diafragmas. El vástago girando contiene el lente cilíndrico, en la determinacion del astigmatismo y permite dar al eje de este últi-

mo todas las inclinaciones posibles. La rotacion se hace muy fácilmente por medio de dos pequeños botones LL' colocados sobre las pequeñas pinzas del vástago y la graduacion indica á cada instante la posicion del eje del cilindro. Un pequeño resorte ff' mantiene la lente en el vástago y le impide á salir.

Los anillos porta-lentes están sujetos á las conteras EE' que se deslizan sobre una barra AB dividida en milímetros y llevan un pequeño boton DD'' atravesado por un tornillo CC'. Este último atraviesa tambien el boton fijo D' y presenta en cada lado un pequeño remache que impide separarse de un lado ó del otro. Como se ve en la figura el paso del tornillo está dirigido en sentido inverso de los dos lados, de tal suerte que el movimiento de rotacion que le imprime por medio del boton terminal QQ' tiene por efecto acercar ó alejar en el mismo tiempo y en la misma cantidad las dos conteras EE'. La division en milímetros de la barilla AB permite á cada momento el ver la distancia que separa los centros de las lentes de donde se empieza á contar las distancias y anotar fácilmente el abra para ordenar las armaduras. Hemos visto ya en esta obra como la

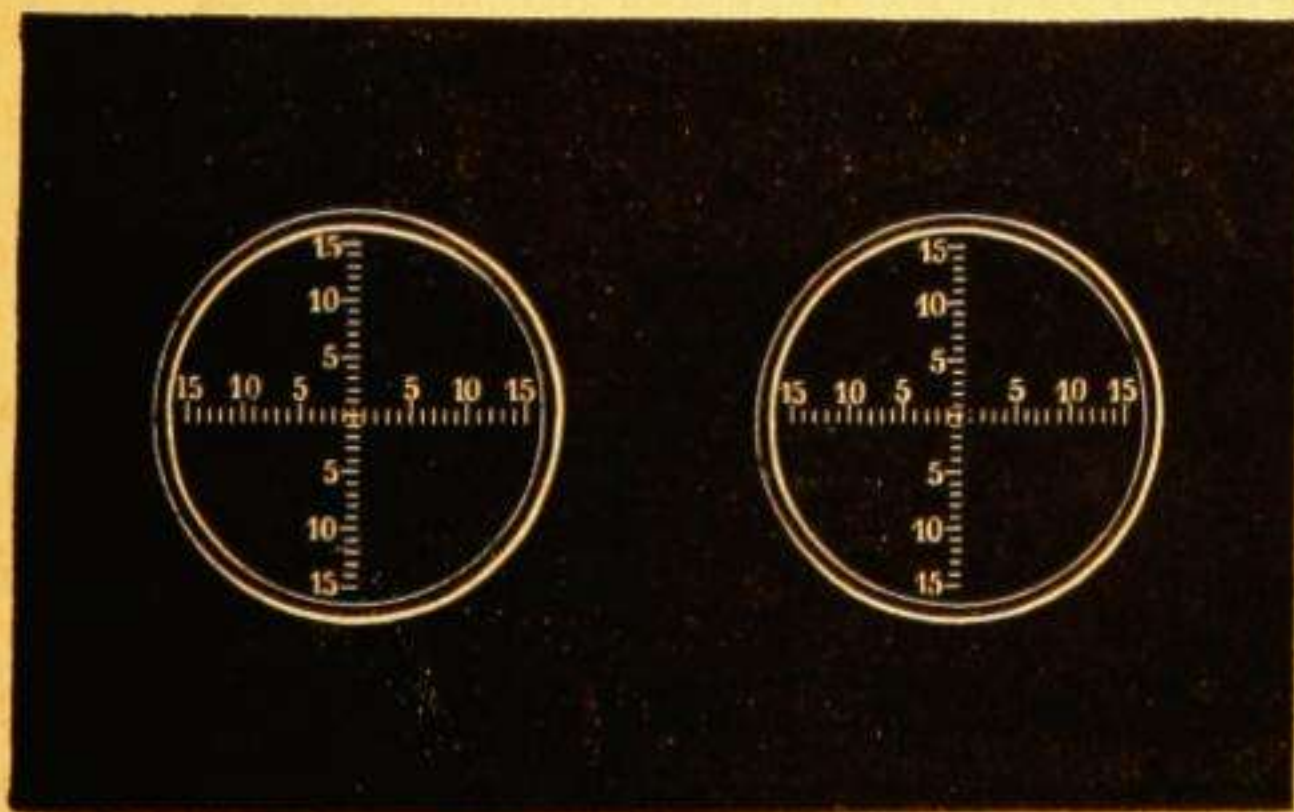


Fig. 108.

observacion de estas distancias tiene gran importancia en determinados casos.

Por último las ramas de las armaduras están fijas de una manera invariable á las dos extremidades de un tornillo que atraviesa rozando dulcemente el vástago AB. Esta disposición permite de dar al plano de las lentes la inclinación que se desea y tal que es necesario para la lectura, la escritura ó los diversos trabajos manuales. El pequeño puente H puede acercarse ó alejarse de la rama graduada y estar fija en una posición cualquiera por un pequeño tornillo de presión y así se tiene el eje horizontal de las lentes á la altura que se desea.

Este instrumento, tal cual acabamos de describirlo es muy ligero y se presta á todas las exigencias de la práctica permitiendo hacer una ordenación de lentes en las cuales figuran todos los elementos de construcción relativos á las lentes y monturas.

Introduciendo en los anillos dos lentes divididas en milímetros, como la que representa la figura 108, se tiene un *estrabómetro*, bastando con colocar la línea vertical, donde está el O por delante del centro de la pupila del ojo no dividida, mirando directamente adelante. Llegándose fácilmente á este resultado haciendo girar el tornillo CC' en cantidad suficiente, etcétera. No hay necesidad más que mirar á la otra lente á que división corresponde el centro de la pupila para tener inmediatamente la medida del estrabismo, divergente ó convergente. Si hay una desviación hácia arriba, la graduación vertical servirá para indicarlo. Puede completarse los resultados haciendo fijar alternativamente con un ojo ó con el otro y midiendo la división sobre este que no se fija. De la misma manera puede evaluarse la adducción y la abducción máxima de cada ojo, sea en la visión monocular, sea en la mirada asociada.

La división en milímetros de las placas de lentes son arbitrarias y no representa más que una cantidad relativa á la distancia del ojo. La desviación angular, en efecto, es la sola positiva y que puede medir el estrabismo. Por esta razón con el *estrabómetro* ordinario, que representa la curva del globo ocular,

dada con divisiones iguales entre ella; tanto la medida en grados y su empleo es muy cómodo y muy riguroso y la division es bien fácil. Una superficie plana por el contrario sobre la cual se proyectaran los rayos de una esfera tangente, deberá tener divisiones tanto mayores cuanto ellas sean más alejadas del punto de contacto y será fácil calcularlo matemática ó gráficamente.

Con nuestro instrumento es necesario tener una tabla de correccion muy fácil de construir para transformar en distancias angulares las longitudes dadas en milímetros.

Hemos querido en esta exposición demostrar solamente que nuestras armaduras porta-lentes pueden tambien servir de estrabómetro binocular, pero que no podrán ser reemplazados completamente estos últimos que dan indicaciones más exactas.

Cuando nos servimos de nuestra armadura ó de otra, la abertura estenopéica está colocada delante del ojo del individuo y podrá tener diversos resultados: ó bien todas las líneas aparecerán debilitadas ó por el contrario todas negras. En este último caso ensayamos aun girando un poco la abertura á derecha ó á izquierda en algunos grados y se anotará si las líneas se ven más distintamente ó si aparecen más pálidas. Generalmente el individuo se colocará la abertura en la direccion más favorable y tendremos la costumbre de dejarlo hacer dos ó tres veces para apreciarlo con exactitud. Entonces tomamos una lente convexa débil n.º 30 ó 42, numeracion antigua, ó 1^D métrica y la colocamos por delante de la abertura: si la vision permanece bien ó mejora, sabemos entonces que este meridiano es hipermétrope y medimos entonces el grado de la manera que se hace en la hipermetropía general, empezando por una lente convexa *la más fuerte* con la cual el individuo ve bien. El número de esta lente nos dará el grado de hipermetropía de este meridiano, hipermetropía que será *total ó manifiesta* segun que se emplee ó no la atropina sobre todo en los jóvenes, que

es necesaria para tener una determinacion exacta. Si las lentes convexas no mejoran la vision, se ensayarán las lentes cóncavas, si estas últimas producen el mismo efecto negativo concluiremos por conocer que este meridiano es emmétrope: en el caso contrario se buscará la lente *más débil* con la cual la vision se hará tambien más clara y su fuerza nos dará el grado de miopía de este meridiano.

Colocada entonces la abertura perpendicular á la direccion primitiva procedemos del mismo modo que anteriormente y tenemos tambien el estado de refraccion de los dos meridianos principales, lo que nos es suficiente para encontrar por el cálculo las lentes correctoras de la ametropía, así que lo veremos muy pronto al ocuparnos del tratamiento.

Al principio de este artículo nos hemos tenido que extender demasiado sobre la clasificacion tan natural, que Donders hace del astigmatismo y hemos visto que el grado se expresa por la diferencia de refraccion de los dos meridianos principales. Cuando se trata del astigmatismo simple, miópico, ó hipermetrópico bastará con colocar la abertura en la direccion del meridiano miope ó hipermétrope y determinar inmediatamente la lente que corrija este meridiano, pero si se trata de astigmatismo compuesto cualquiera que sea miópico ó hipermetrópico cualquier práctico que tenga hábito de determinar desde el principio la miopía ó la hipermetropía *general*, es decir, la que se corrige por las lentes esféricas, que procuran la mejor agudeza visual para el astigmatismo. Pero se comprenderá fácilmente que este método no puede dar resultados tan precisos como el anterior, porque si se trata del astigmatismo compuesto miópico ó hipermetrópico, la lente esférica corregirá uno de los meridianos y el enfermo no encontrará diferencia sensible con las lentes fuertes diferentes sino del mismo signo y corregirán cada meridiano principal.

Para no citar más que un ejemplo de nuestra práctica, diremos, que recientemente hemos visto un niño muy inteligente

afectado de astigmatismo compuesto hipermetrópico que veia muy bien de lejos con $+2^{\text{D}}50$ que con $5^{\text{D}}50$ como con los números intermediarios, pero ménos bien con los números más débiles que $2^{\text{D}}50$ ó más fuertes que $5^{\text{D}}50$.

La determinacion por medio de la abertura estenopéica nos dá un excelente resultado; sus dos meridianos principales tienen respectivamente la hipermetropía manifiesta el uno de $2^{\text{D}}50$ y el otro $5^{\text{D}}50$. El astigmatismo era por lo tanto igual á 3^{D} . Pero mientras que con cada meridiano principal corregia el individuo, no tiene más que $\frac{6}{10}$ de agudeza visual con los dos á la vez esta agudeza se hacia normal ó $\frac{6}{8}$.

Si se trata del astigmatismo compuesto miópico y que se empieza por determinar la miopía general, es decir, la del meridiano ménos miope, necesítase muchas precauciones y bastante inteligencia de parte del enfermo para elegir una lente cóncava más débil que corrija el meridiano ménos miope. Si se corrige el más miope el otro resultará hipermétrope y exigirá un cilindro convexo y será todo lo contrario para el astigmatismo hipermetrópico compuesto. Expliquémoslo por un ejemplo.

1. Supongamos el primer caso en el cual el meridiano vertical tenga por ejemplo: -4^{D} ó $-\frac{1}{2}$ de miopía y el meridiano horizontal -6^{D} ó $-\frac{1}{6}$: con una lente -4^{D} esférica el individuo verá al infinito, con su meridiano vertical con -6^{D} verá también al infinito, con su meridiano horizontal porque el otro habrá adquirido 2^{D} ($6^{\text{D}} - 4^{\text{D}} = 2^{\text{D}}$) de hipermetropía. Si se desea corregir el astigmatismo que es igual 2^{D} es necesario que la primera lente sea un cilindro cóncavo -2^{D} que no obre más que sobre el meridiano horizontal, y con la segunda lente un cilindro positivo ó convexo $+2^{\text{D}}$ que no obra más que sobre el meridiano vertical, al cual corregirá por su fuerza convergente las dos dióptricas de divergencia que la lente -6^{D} nos habrá dado.

2.º En un caso de astigmatismo hipermetrópico compuesto encontramos.

Meridiano vertical..... =1/14 ó 2^d50.

Meridiano horizontal..... =1/10 ó 3^d50.

Con una lente esférica +2^d50 el meridiano vertical está corregido, pero el meridiano horizontal tiene aun 1^d (3^d50—2^d50 =1^d) de hipermetropía y es necesario un cilindro convexo de 1^d que no obre más que sobre este meridiano. Con una lente esférica +3^d50, el meridiano horizontal será corregido, pero el meridiano vertical era miope por haber adquirido 1^d de convergencia y para neutralizar el astigmatismo es necesario un cilindro cóncavo que no obrare más que sobre el meridiano vertical y su fuerza será de 1 .

Estos ejemplos demostrarán aun que el astigmatismo compuesto puede ser corregido perfectamente con un cilindro cóncavo como con un cilindro convexo, variando la naturaleza de la lente esférica. Más adelante encontraremos algunas explicaciones útiles de este principio en los altos grados del astigmatismo ó hipermetropía, despues de la operacion de la catarata.

Otro método que se aproxima mucho al anterior y que es debido á Becker consiste en hacer elegir al enfermo entre un gran número de líneas diversamente orientadas, cual es la que percibe mejor y entonces elegir las lentes esféricas que las detalla con más claridad sobre todo las perpendiculares.

Este método tiene la ventaja de la gran sencillez pero como el anterior tiene el inconveniente de exigir demasiado tiempo.

Thomas Young, poco tiempo despues de haber descubierto el astigmatismo en su ojo, encontró un medio muy sencillo y á la vez muy ingenioso para medirlo, sirviéndose de su optómetro de hilos, relajando por completo su acomodacion y observó las dobles imágenes del hilo que se cruzaban á 7 pulgadas del ojo cuando el instrumento le tenia en posicion hori-

zontal y á 10" lo contrario cuando le tenia verticalmente y concluye por esto en decir que la diferencia de refraccion de su meridiano vertical y del horizontal eran de $\frac{1}{3}$, en pulgadas inglesas ó $\frac{1}{10}$, en pulgadas de París ($\frac{1}{7} - \frac{1}{10} = \frac{1}{70}$).

Se puede reproducir la experiencia de Young de diversas maneras y gran número de optómetros están fundados sobre este principio. El número de estos instrumentos en la actualidad son muy numerosos, lo que prueba que todos tienen inconvenientes y ninguno ha llegado á la perfeccion. El más simple y el mejor de todos es á nuestro juicio el de un autor inglés cuyo nombre ignoramos, pero que se compone de una regla simple de madera dividida en centímetros y en pulgadas, fija horizontalmente sobre un pié: en el 0 de graduación está fija una lente biconvexa vertical de 12" de foco y que pueda moverse á voluntad; sobre la regla graduada se desliza un pequeño cuadrante de reloj como el que representa la figura 106 ó 110 en una corredera circular provisto de hilos finos que se cruzan perpendicularmente y colocados en una ranura semi-circular graduada, en la cual puede girar fácilmente.

La funcion del aparato es muy sencilla. Si el individuo es muy miope se eleva la lente biconvexa y el cuadrante bastante lejos de modo que todas las líneas aparezcan difusas y se aproximan poco á poco hasta que una de las líneas aparezca bien detallada. La distancia de la corredera medida sobre la regla indica el punctum remotum ó el grado de miopía del meridiano ménos miope, el cual es perpendicular á la línea que se ve claramente. El individuo continúa relajando lo más posible su acomodacion; si no está bajo la accion de la atropina se acerca la corredera hasta que la línea perpendicular á la anterior sea vista bien y se anota la nueva distancia de la corredera que indicará el grado de miopía del meridiano más miope, que es el perpendicular al anterior.

La diferencia de estas dos distancias indica el grado del astigmatismo: si la línea vertical está vista distintamente á 12" ó

$33^D=3^D$, y la línea horizontal á $6''$ ó $16^D=6^D$, el astigmatismo es igual á $\frac{1}{12}$ ($\frac{1}{6}-\frac{1}{12}=\frac{1}{12}$ ó $6^D-3^D=3^D$). Para comprobar este resultado se puede reemplazar el cuadrante por la esfera de los hilos paralelos teniendo cuidado de colocar estos últimos en los mismos meridianos que las líneas vistas distintamente lo que será fácil debido á la graduacion que lleva la ranura. Si la primera determinacion ha sido bien hecha los hilos paralelos á las líneas del cuadrante visto distintamente, aparecerán con claridad á la misma distancia y si se emplea dos correderas con los hilos paralelos y que se les coloca respectivamente á la distancia y á la posicion donde los hilos son vistos claramente el ojo los verá distintamente y al mismo tiempo.

Si el ojo es emmétrope ó hipermétrope ó débilmente miope, se reemplaza la lente biconvexa de $\frac{1}{12}$ de modo de producir una miopía artificial igual á la de $\frac{1}{12}$ ó 3^D y se alejará la corredera armada del cuadrante horario hasta que una sola línea aparezca bien negra; si alejando el cuadrante todas las líneas se presentan difusas, estas serán en la primera posicion del cuadrante que indicará la hipermetropía del meridiano más hipermetrópico y que será perpendicular á la direccion de la línea *negra*. Esta hipermetropía tendrá por medida la diferencia entre $\frac{1}{12}$ y la distancia de la corredera bajo forma fraccionada. Si á $12''$ de distancia, es decir, el foco de la lente, estas líneas perpendiculares á la primera que se ven claramente y que esta línea sea menos distinta más cerca ó más lejos, esto probará que se trata de un astigmatismo simple hipermetrópico. Si esta misma línea está vista con más claridad un poco más lejos que $12''$, esta distancia indicará el grado de hipermetropía del meridiano más hipermétrope en el estrechamiento bien extenso de $\frac{1}{12}$ y tendremos un astigmatismo compuesto hipermetrópico. La medida de la hipermetropía se efectúa por el mismo procedimiento que ya hemos visto indicar á de Græfe para obtener indicaciones en dióptrica y bastará con reducir las distancias métricas á dióptricas.

Si á 12" una línea es vista claramente y más lejos se hacen nebulosas, pero que más cerca las que son perpendiculares á la primera aparecen negras, se determinará por un astigmatismo simple miópico, cuyo valor será dado por la diferencia entre $\frac{1}{12}$ y la fracción que tendrá por denominador la distancia inferior de 12". En este caso la línea negra que será vista á la menor distancia será perpendicular al meridiano miópico.

El astigmatismo mixto será revelado por este hecho que con la lente de 12" de foco, una línea será vista distintamente más lejos de 12" y la línea perpendicular á la anterior, á una distancia menor de 12". La ametropía de cada uno de estos meridianos se calculará de la misma manera que hemos indicado anteriormente y de ahí se deducirá el astigmatismo que será igual á la diferencia de las dos cantidades. Vemos por las explicaciones que acabamos de dar que el manejo de este aparato es muy sencillo y dá resultados exactos, pero desgraciadamente no es así para realizar los problemas con exactitud y es necesario como en el método de Donders ó de Becker, paralizar la acomodación con la atropina y que los enfermos sean muy inteligentes. Siempre este proceder tiene la ventaja de exigir poco tiempo y un aparato poco costoso.

Entre los números optómetros que han precedido al anterior vamos á ocuparnos de la *lente astigmática* de Stokes, muy ingeniosa, y en verdad muy infiel en sus resultados, y muy poco empleada en el día. Se compone de dos lentes plano-cilíndricas una de $+\frac{1}{10}$ y otra de $-\frac{1}{10}$: girando la una sobre la otra se aplican por su superficie plana, hállanse engastadas en anillos circulares y uno de ellos está graduado y el otro lleva su índice colocado en la extremidad del eje de una de las dos lentes. La rotación de estas lentes produce todos los grados de astigmatismo ó de efecto cilíndrico desde el 0° cuando los dos ejes son paralelos y hasta $\frac{1}{3}$ cuando estos están perpendiculares. Para evitar el cálculo de este astigmatismo coodiente á

un número dado de grados de rotacion, se tiene marcada esta transformacion sobre la montura de las lentes. No nos ocupamos de las ventajas de este instrumento porque no lo estudiamos mas que bajo el punto de vista histórico, y solo nos detendremos á describir el *optómetro binocular* que Mr. E. Javal ha hecho construir en 1864 y que gracias á las modificaciones introducidas por su autor en estos últimos tiempos, ha realizado su empleo que es pronto y exacto y no exige por parte del enfermo grados superiores de inteligencia.

El modo de emplear este instrumento está bien descrito en la obra que Mr. Gavarret presentó á la Academia y que vamos á extractar.

El aparato de Mr. E. Javal, representado por la fig. 109 es propiamente hablando un *optómetro binocular*. El enfermo mira con ambos ojos y á través de dos lentes biconvexas de 5 pulgadas de distancia focal, un carton sobre el cual están trazadas dos cuadrantes horarios idénticos: la separacion de los centros de los cuadrantes es el mismo que el del centro de las lentes y el de los ojos. El ojo izquierdo no puede ver más que el cuadrante izquierdo y ojo derecho el derecho.

Agregamos que del centro del cuadrante, colocando frente al ojo sometido á la exploracion parten rayos negros indicando las horas y las medias, el ángulo comprendido entre dos radios sucesivos es por lo tanto de 15° (fig. 110).

Se coloca desde luego el carton en el foco del aparato lenticular: el enfermo fusiona las dos imágenes y los ejes de los dos ojos se hacen indispensablemente paralelos; la fijeza de la posicion relativa de los ejes ópticos inmoviliza suficientemente el estado de la acomodacion de los ojos.

Así dispuesto, y con el auxilio de un boton metálico colocado en la parte lateral del aparato, se aleja tanto cuanto posible sea el carton objetivo; las imágenes están confusas si bien permanecen fusionadas. Pero aproximando gradualmente el carton objetivo hasta que el enfermo prevenido diga: *Los rayos*

en forma de estrella del horario tienen una coloracion gris y confusa salvo uno que veo claramente.

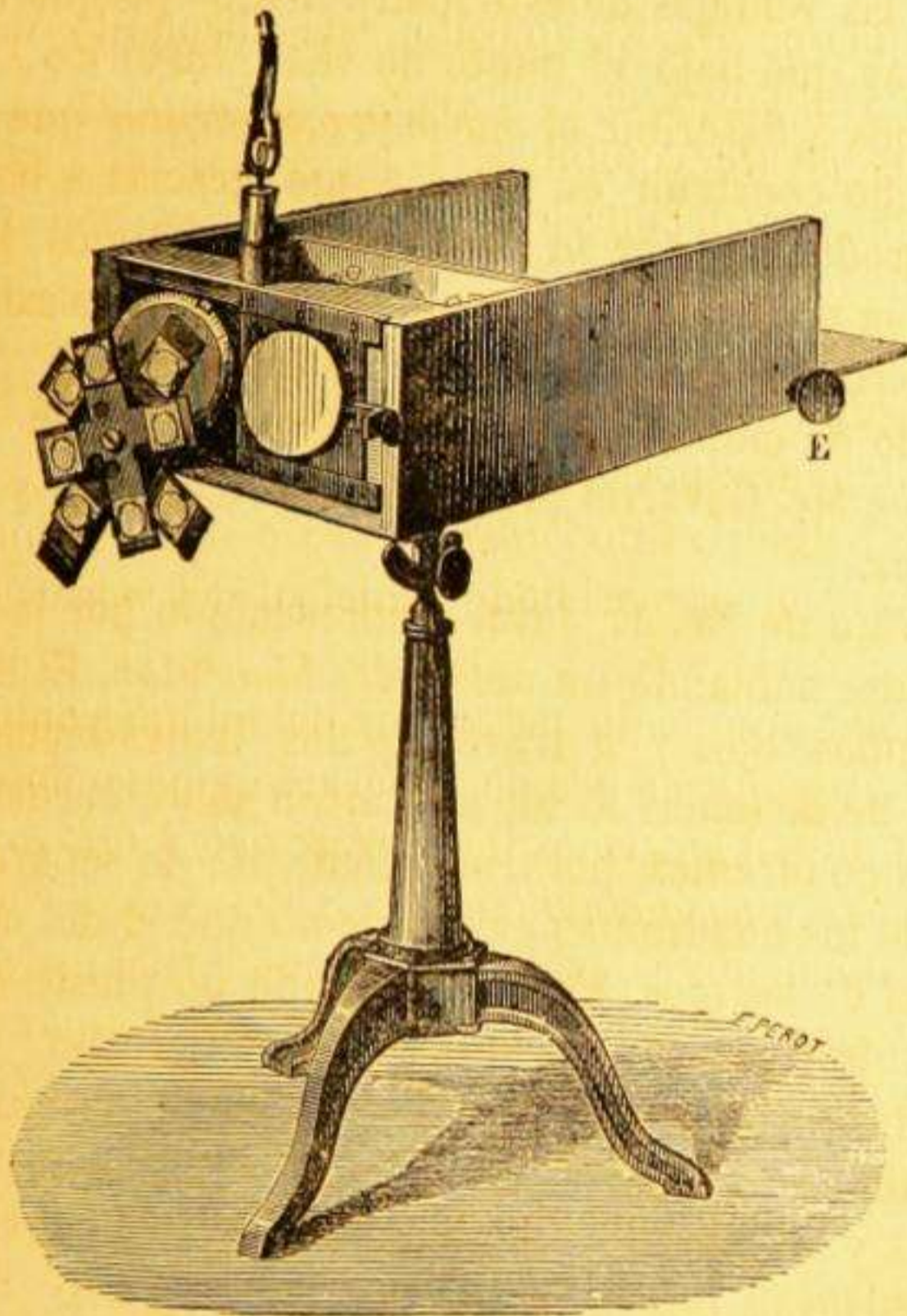


Fig. 109.

Esta contestacion indica.

- 1.º Que el ojo observado es astigmático.
- 2.º Que la imágen del carton objetivo está en el foco del meridiano principal al *mínimum* de curvatura.
- 3.º Que el meridiano principal que está al *máximum* de curvatura está en el plano del radio horizontal, *solo* visto claramente y el meridiano principal *mínimum* de curvatura en un plano perpendicular al anterior.

Esto así dispuesto, se hace pasar por delante del ojo que se examina una série de lentes cilíndricas *divergentes* de creciente potencia desde $\frac{1}{10}$ hasta $\frac{1}{5}$: esta série contiene 30 combinaciones diferentes. El aparato está dispuesto de manera para el momento en que cada una de estas *veinte* combinaciones pasen por delante del ojo, el eje de la lente cilíndrica *divergente* está en el plano del meridiano principal al *mínimum* de curvatura: por lo tanto, la lente cilíndrica no *cambia* el foco de este meridiano y retrocede al foco del meridiano principal del *máximum* de curvatura.

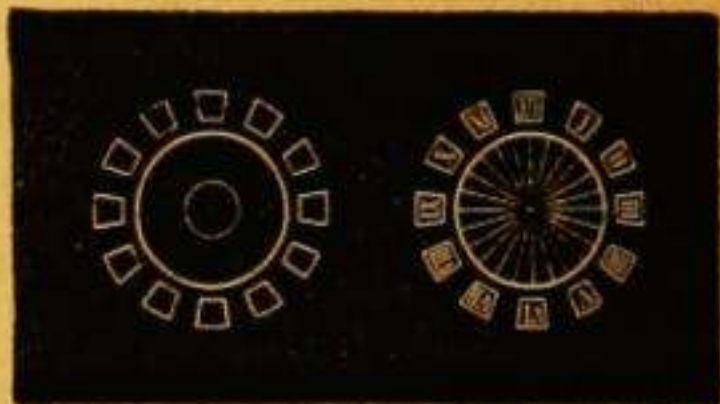


Fig. 110.

Hácese sucesivamente pasar por delante del ojo examinado las diversas combinaciones de la série, empezando por la más débil hasta que el enfermo diga: *Veo todos los radios de la estrella con la misma claridad.*

En este momento es evidente que el foco del meridiano principal en el *máximum* de curvatura ha retrocedido hasta coincidir con el foco no *cambiado* del meridiano principal que se halla en el *mínimum* de curvatura, el exámen ha terminado, y el profesor adquiere todos los datos necesarios para corregir el astigmatismo, en efecto:

- 1.º Se sabe que el ojo examinado es astigmático.
- 2.º Se conoce el ángulo que tienen con el horizontal los dos meridianos principales.
- 3.º Se determina la orientación del eje y el número de la lente *cilíndrica divergente* suficiente y necesaria para hacer coincidir los focos de los dos meridianos principales.

Cuando una determinación ha sido hecha para los dos ojos no hay más que montar las dos lentes cilíndricas correctrices teniendo cuidado de dar á sus ejes la inclinación y orientación

indicada por el exámen optométrico y estamos seguros con ello de haber corregido completamente el astigmatismo.

La determinacion optométrica del astigmatismo por medio del aparato de Mr. E. Javal exige mucho menos tiempo y una rapidez en la ejecucion más fácil de ver que de explicar, reuniendo la ventaja de una gran exactitud, de un manejo fácil para el médico como para el enfermo, muy diferente al método de Donders que exige de uno y otro una verdadera paciencia y sobre todo mucho tiempo.

§ 5.—TRATAMIENTO DEL ASTIGMATISMO.

Despues de los largos detalles que hemos dado á propósito de las lentes cilíndricas y de las causas del astigmatismo no hacemos más que algunas indicaciones prácticas para hacer comprender fácilmente como puede corregirse esta anomalía. La distancia focal de una lente plana cilíndrica es igual al doble del radio de curvatura del cilindro en el cual ha sido tallado, es decir, de la circunferencia ó del círculo que forma la base deduciendo el cilindro. Se sabe que toda seccion del cilindro perpendicular al eje dá un círculo siempre idéntico, cualquiera que sea el punto de seccion mientras que toda seccion oblicua con relacion á este eje da una elipse cuyo menor eje es siempre igual al diámetro del cilindro pero el menor eje se hace tanto mayor cuanto él se aproxima al eje del cilindro y si la coincidencia tiene lugar, este eje llegará al infinito. Resulta de ahí que la curvatura *máximum* de una superficie cilíndrica tiene lugar en el plano perpendicular al eje: y la curva *mínimum* ó nula, en el plano paralelo al eje, casos en los cuales los rayos luminosos reconcentran dos superficies paralelas y no se desvian. La distancia focal de una lente cilíndrica será por lo tanto variable con los diversos meridianos y su *máximum* corresponderá al que tenga el más pequeño radio de curvatura, es decir, al meridiano perpendicular al eje á esta distancia que hemos

convenido anteriormente para la distancia focal ó designacion de la lente cilíndrica. Así que se dirá que la lente cilíndrica $+1/8$ ó $-1/8$ significará que el radio del cilindro en el cual hubiese sido tallado el primero tendrá 8 pulgadas y que la superficie es convexa, mientras que el segundo es cóncava y de la misma curvatura (1). El primero hace converger á 8" todos los rayos paralelos que caigan sobre su superficie en un plano perpendicular al eje: el segundo dará á estos mismos rayos una divergencia tal que aparente venir de un punto situado á 8" de la lente y que será el foco *virtual* del cilindro.

Tales lentes no obran de una manera uniforme sobre todos los meridianos del ojo: su máximum de efecto corresponde al plano perpendicular al eje que el cilindro sea cóncavo ó convexo, y el mínimum al plano del eje: la potencia refringente varia con la oblicuidad de estos planos y hácese nulo cuando el plano es paralelo al eje.

Esto nos explica porque un meridiano del ojo siendo emmétrico, esté siempre en la direccion de este meridiano que debe colocar el eje del cilindro para corregir el astigmatismo, se podrá demostrar geométricamente que en el astigmatismo regular si el meridiano principal se corrige por lentes cilíndricas, los otros meridianos lo serán igualmente. Esto así admitido vemos que la correccion del astigmatismo se reduce á la correccion del meridiano principal, lo que simplifica mucho la cuestion. Si el astigmatismo es *simple miópico*, el cilindro divergente estará colocado de tal suerte que su plano perpendicular al eje corresponderá al meridiano más miope del ojo y que su eje estará en la direccion del meridiano emmétrico, el efecto divergente de la lente disminuirá con la oblicuidad de los planos refringentes hasta hacerse nulo, por lo mismo el miope seguirá una marcha decreciente á medida que

(1) No hay que olvidar que tal lente debe ser *bi cilíndrica* de ejes paralelos para dar semejante resultado: si es plano-cilíndrica debe tener una curvatura más grande, es decir, un radio dos veces más pequeño como para las lentes esféricas.

el meridiano considerado sea más próximo al plano del eje y tanto más cuanto todos los meridianos se encuentren corregidos. Será absolutamente lo mismo para los casos de astigmatismo *simple hipermetrópico* en que el eje del cilindro corrector convergente está colocado en el plano del meridiano emmétrico del ojo. En un caso como en el otro, el ojo se hará emmétrico en todos sus meridianos.

Si se trata de astigmatismo *compuesto miópico* se podrá corregir la anomalía de dos maneras sea dándole al meridiano menos miópico tanta miopía como el otro por medio de un cilindro convexo ó convergente ó sea disminuyendo la miopía del meridiano más miope, de manera que se haga igual al del meridiano menos miope y esto por medio de un cilindro divergente. El astigmatismo puede corregirse de dos maneras, en el primer caso dependerá de la posición de la lente cilíndrica en una miopía general en todos los meridianos, igual al del meridiano primitivamente más miope, interin que en el segundo caso, en la miopía general, será igual al del meridiano primitivamente menos miope. El empleo de la lente cilíndrica convergente solo cuando corrija al astigmatismo será mal soportada por el enfermo atendiendo que aumentaría la miopía y privaría el tener recurso en los medios que emplean con anterioridad, y por lo cual ya hemos hablado, para ver con su meridiano menos miópico. La lente cilíndrica cóncava aun sola será útil al contrario, porque el enfermo no tendrá necesidad de recurrir á estos artificios para ver con tal ó cual meridiano de su ojo, y con todos los meridianos verá tambien como con el primitivo menos miope atendiendo que los otros se harán iguales.

Explicuemos esto con un ejemplo. Sea un ojo afectado de astigmatismo compuesto miópico en el cual el meridiano *vertical* tiene $\frac{1}{6}$ ó 6^o de miopía y el meridiano horizontal $\frac{1}{4}$ ó 9^o. Si nosotros colocamos delante del ojo una lente cilíndrica convexa de $\frac{1}{12}$ ó 3^o con el eje horizontal corregiremos el astigmatismo que es igual á $\frac{1}{12}$ ($\frac{1}{4} - \frac{1}{6} = \frac{1}{12}$) ó 3^o ($9^{\circ} - 6^{\circ} = 3^{\circ}$). En

efecto, el meridiano horizontal del ojo, cuya miopía es $\frac{1}{4}$ no es influenciado por la lente cilíndrica que tiene su eje en este sentido y permanece lo mismo que antes, pero el meridiano vertical que no tiene más que $\frac{1}{6}$ de miopía no alcanza $\frac{1}{12}$ más por la acción de la lente convexa y hácese desde luego semejante al meridiano horizontal, es decir, que tiene también $\frac{1}{4}$ de miopía: por consecuencia como hemos ya dicho todos los otros meridianos tienen también la misma refracción y el individuo posee una miopía general de $\frac{1}{4}$ que se corrige por una lente esférica— $\frac{1}{4}$ ó— 9^{D} (1) tiene por lo tanto perdida la ventaja de no ver más que á $\frac{1}{6}$ de miopía en un meridiano de su ojo y en corregir su astigmatismo adquiriendo una miopía de $\frac{1}{4}$ que exigirá para ser neutralizada una lente esférica bastante fuerte.

Pero si en lugar de una lente cilíndrica *convexa* de *eje horizontal* empleamos un cilindro *cóncavo*— $\frac{1}{12}$ de *eje vertical*, ¿qué ocurrirá? El meridiano vertical del ojo conservará la misma miopía que será $\frac{1}{6}$ ó 6^{D} interin que el meridiano horizontal se corregirá en parte por la lente cóncava— $\frac{1}{12}$ y haciéndose $\frac{1}{4} - \frac{1}{12} = \frac{1}{6}$, es decir igual al meridiano vertical. El astigmatismo será aun corregido y el enfermo tendrá la ventaja de no tener más que una miopía $\frac{1}{6}$ en todos sus meridianos, miopía que exigirá el empleo de una lente esférica— $\frac{1}{6}$ ó 6^{D} , es decir, menos fuerte que $\frac{1}{4}$ ó 9^{D} que necesita desde luego con el cilindro convexo. Se ve pues que el astigmatismo puede ser corregido también con un cilindro positivo como con un cilindro negativo, pero que no es indiferente al punto de vista práctico de emplear uno ú otro.

La misma demostración se aplicará al astigmatismo compuesto *hipermetrópico* y veremos que podemos emplear un cilindro *convexo* corrector del astigmatismo y cuyo eje está en el meridiano, *menos* hipermetrópe, para obtener un efecto útil y

(1) La transformación de las fracciones ordinarias en dióptricas dá para esto una pequeña fracción que hemos omitido á causa de su poca importancia.

no tener necesidad más que de una lente esférica igual á la ametropía del meridiano menos hipermetrope.

Cuando el astigmatismo es muy poco considerable, la distincion no es muy importante pero en los grados fuertes el empleo de las lentes, tal como hemos indicado es de toda necesidad.

En resúmen, de lo que hemos dicho resultan las conclusiones siguientes:

1.^a En el astigmatismo simple miópico colocar el eje del cilindro cóncavo corrector en el sentido del meridiano emmetrope.

2.^a En el astigmatismo simple hipermetrope colocar el eje del cilindro convexo en el mismo sentido que la anterior. En los dos casos, la otra cara de la lente será plana y girará hacia fuera para las lentes cóncavas como para las lentes convexas.

3.^a En el astigmatismo compuesto miópico ó hipermetrope colocar siempre el eje en el sentido del meridiano menos amétrope: emplear un cilindro cóncavo en el primer caso y una convexo en el segundo: tallar la otra cara de la lente como una lente esférica, cuyo número será igual á la ametropía del meridiano menos amétrope y del mismo signo, y colocar hacia el ojo la cara cilíndrica.

§ 6.—TRASFORMACION DE LAS LENTES ESFERO-CILÍNDRICAS EN BICILÍNDRICAS Y RECÍPROCAMENTE.

Otro medio de corregir el astigmatismo consiste en el empleo de lentes llamadas *bi-cilíndricas*, es decir talladas en cilindros sobre sus dos caras.

Estas lentes pueden corregir, no solamente todas las formas de astigmatismo sino aun las otras anomalías de la refraccion ó de la acomodacion, la miopía, la hipermetropía y la presbicia.

Observemos en efecto que si superponemos dos lentes cilín-

dricas positivas de 12 pulgadas de foco, por ejemplo y con los ejes paralelos obtendremos un efecto cilíndrico $+ \frac{1}{6}$ ($\frac{1}{12} + \frac{1}{12} = \frac{1}{6}$) en el sentido perpendicular al eje. Si los dos cilindros son cóncavos del mismo foco é igualmente colocados obtendremos un efecto cilíndrico $- \frac{1}{6}$. Pero si los ejes están cruzados no será lo mismo y según las combinaciones obtendremos lentes que tengan un efecto esférico, (lentes á la Chamblant) ó un efecto esfero-cilíndrico. En los primeros casos necesitase emplear cilindros del mismo signo y de la misma fuerza, así que $ci + \frac{1}{8}$ de ejes cruzados producirá el mismo efecto que $esf + \frac{1}{8}$: $ci - \frac{1}{8}$ siempre de ejes cruzados que son equivalentes á $esf - \frac{1}{8}$.

Si en lugar de ser iguales y del mismo signo, los cilindros cruzados son desiguales ó de signos contrarios podrán producir todos los efectos esfero-cilíndricos que se deseen y en el astigmatismo mixto sobre todo, darán excelentes servicios, porque irán á corregir cada meridiano principal por el cilindro neutralizante. Sin duda puede obtenerse el mismo efecto por medio de lentes esfero-cilíndricas pero esto es más pesado y difícil de hacer y menos exacto. Un ejemplo nos hace comprender esta diferencia. Supongamos un ojo con un astigmatismo mixto hipermetrópico en el cual el

meridiano vertical H = 8^D
 meridiano horizontal M = 4^D

Si empleamos una lente esférica convexa + 8^D corregiremos bien el meridiano vertical pero daremos al meridiano horizontal 8^D de miopía más y tendremos necesidad de un cilindro cóncavo - 12^D ($8^D + 4^D = 12^D$) de eje vertical.

Si empleamos una lente esférico cóncava - 4^D corregiremos bien el diámetro horizontal, pero nos dará para el meridiano vertical 4^D de hipermetropía y tendremos para corregir el astigmatismo que emplear un cilindro + 12^D de eje horizontal.

Con una lente bi-cilíndrica + 8^D y - 8^D de ejes cruzados ob-

tendremos fácilmente el mismo efecto y tendremos que colocar los ejes de cada cilindro ó de cada cara cilíndrica perpendicular al meridiano que deba corregir.

Todos los casos de astigmatismo que hemos visto, pueden ser corregidos por lentes bi-cilíndricas cuando ellas son consideradas á un grado cualquiera de la miopía ó de la hipermetropía. Mr. Javal á quien se debe una importante Memoria sobre el astigmatismo inserta en el *Tratado de las enfermedades de los ojos* de M. Wecker, se ocupa con extencion de la cuestion de las lentes bi-cilíndricas y ha dado una tabla muy ingeniosa para convertir lentes esfero-cilíndricas en bi-cilíndricas y recíprocamente, pero esta tabla es muy difícil de comprender, y como este artículo se destina sobre todo á la *especialidad*, es necesario siempre conocer esta conversion por el cálculo. Con la numeracion antigua es algo más estensa pero con la dióptica es extremadamente fácil.

Obrando por razonamiento no se puede olvidar la manera de proceder y por medio de algunos ejemplos haremos comprender la manera de proceder en todos los casos que puedan presentarse. Es evidente que el astigmatismo simple miópico ó hipermetrópico exija una lente plano-cilíndrica no tiene necesidad de ninguna explicacion. Siempre que exista en un presbita, retrocederemos á los casos del astigmatismo compuesto hipermetrópico ó mixto y la transformacion es la misma.

Cualquiera que sea el procedimiento porque se haya determinado el astigmatismo, es necesario siempre conocer el estado de refraccion de los meridianos principales para poder corregir cada uno de ellos por el cilindro correspondiente ó bien si se le conoce el estado de estos meridianos y que se desea emplear una lente esfero-cilíndrica, necesitase aun saber proceder para esta sustitucion. Tomemos el primer caso y supongamos que tenemos en un ojo atacado de astigmatismo compuesto hipermetrópico.

$$\begin{aligned} \text{Hipermetropía general.....} &= \frac{1}{6} \text{ ó } 6^{\text{D}} \\ \text{Astigmatismo hipermetrópico...} &= \frac{1}{12} \text{ ó } 3^{\text{D}} \end{aligned}$$

y que este astigmatismo existe en el meridiano vertical.
Escribiremos la fórmula:

$$H \frac{1}{6} + ash. 0^{\circ} + \frac{1}{12}.$$

en dióptrica.

$$H 6^{\text{D}} + ash. 0^{\circ} 3^{\text{D}}.$$

Qué es lo que esto significa? El razonamiento es absolutamente el mismo en estas dos fórmulas y tomamos la última como la más simple.

La hipermetropía general, es decir, en el meridiano menos hipermétrope tiene por valor 6^{D} y la hipermetropía del meridiano horizontal tiene 3^{D} de más, es decir, 9^{D} de hipermetropía y tenemos:

$$\begin{aligned} \text{Meridiano vertical.....} &H = 6^{\text{D}} \\ \text{Meridiano horizontal.....} &H = 9^{\text{D}} \end{aligned}$$

La lente correctora esfero-cilíndrica será en este caso:

$$csf. + 6^{\text{D}} + ci. 90 + 3^{\text{D}}.$$

el eje deberá estar colocado siempre en el meridiano sobre el cual no debe obrar el cilindro.

La lente bi-cilíndrica tendrá evidentemente cada una de sus caras tallada de manera de neutralizar cada uno de los meridianos y se formulará.

$$ci. 0^{\circ} + 6^D \subset ci. 90^{\circ} + 9^D$$

Inversamente, si deseáramos transformar un esfero-cilindro en una lente bi-cilíndrica da lo siguiente:

$$0^{\circ} + 4 \subset 90^{\circ} + 6^D.$$

hacemos el razonamiento siguiente.

El meridiano vertical tiene 4^D de hipermetropía y el horizontal 6^D . Si empleamos una lente esférica $+ 4^D$ corregiremos el meridiano vertical pero permanecerá aun 2^D de hipermetropía para el meridiano horizontal que hemos corregido con un cilindro de 2^D de eje vertical y formularemos la lente de la manera siguiente:

$$esf. + 4^D + ci. 90^{\circ} + 2^D.$$

Hemos visto como se puede reemplazar el cilindro convexo por el cóncavo y recíprocamente, así como la lente esférica positiva por una lente negativa. La práctica y el hábito indicarán los casos ó estas transformaciones con ventaja, pues seria muy extenso el dar reglas para ello.

El astigmatismo compuesto miópico dará lugar al mismo razonamiento que el anterior. Citemos un ejemplo: un ojo está corregido por la combinacion siguiente:

$$esf. - \frac{1}{8} \subset ci. 90^{\circ} - \frac{1}{12}$$

Esto significa que el meridiano vertical tiene $\frac{1}{8}$ de miopía y el horizontal $\frac{1}{12}$ ó más, es decir $\frac{1}{8} + \frac{1}{12}$ lo que es igual $\frac{1}{4} \frac{4}{5}$.

Desde luego

Meridiano vertical.....	M. =	$\frac{1}{8}$.
Meridiano horizontal.....	M. =	$\frac{1}{4} \frac{4}{5}$.

y la lente bi-cilíndrica correctora será:

$$ci. \quad 0^{\circ} - \frac{1}{8} \quad \subset \quad ci. \quad 90^{\circ} - \frac{1}{4 \frac{4}{5}}$$

Sabemos cómo se hace la transformación de las lentes bi-cilíndricas en lentes esfero-cilíndricas y recíprocamente. Veamos entre tanto en qué caso conviene mejor emplear los cilindros cóncavos y estos, en los cuales los convexos son preferibles porque sabemos que los unos como los otros podrían corregir el astigmatismo.

Como el empleo de las lentes cilíndricas se extiende cada día más, nos vemos obligados de extendernos un poco más que hubiésemos querido y el lector nos perdonará si nos hemos extendido un poco más. De otra manera nos hubiese sido muy difícil hacernos comprender y exponer claramente las cosas un poco menos fácil que hemos visto hasta aquí y que no puede saberse de una manera incompleta.

§ 7.—DE LOS CASOS PARTICULARES DONDE LAS LENTES CILÍNDRICAS CONVEXAS DEBEN SER EMPLEADAS CON PREFERENCIA Á LOS CILINDROS CÓNCAVOS Y RECÍPROCAMENTE.

Algunos autores con el fin de disminuir un poco el peso de las lentes esfero-cilíndricas han aconsejado en ciertos casos el empleo de cilindros convexos con preferencia á los cilindros cóncavos, porque esto permitía disminuir la curvatura de la cara esférica. «Esto conviene, dice Javal, para las lentes de los operados de cataratas. Supongamos que después de la operación se tiene $90^{\circ} - 16 + 4 \frac{1}{2}$ y que deseamos emplear el cilin-

dro $+ 16$ en lugar de $- 16$. Este cilindro debe ser colocado en ángulo recto sobre la posición que ocupan el cilindro cóncavo: en efecto, si en lugar de aumentar en $\frac{1}{16}$ la hipermetropía de un meridiano disminuimos en $\frac{1}{16}$ el del meridiano que es perpendicular, tendremos aun que corregir el astigmatismo: en cuanto á las lentes esféricas, es necesario disminuir las de $\frac{1}{16}$. En efecto: por el cambio del cilindro tendremos: 1.º agregado $\frac{1}{16}$ en uno de los meridianos por supresión del cilindro $- \frac{1}{16}$ 2.º agregando $\frac{1}{16}$ al meridiano perpendicular, por adición del cilindro $+ \frac{1}{16}$. Por lo tanto hemos aumentado en $\frac{1}{16}$ la refracción de todos los meridianos y resta hacer el cálculo de $\frac{1}{4} \frac{1}{2}, - \frac{1}{16}$ lo que dá $\frac{1}{6} \frac{1}{4}$ próximamente y prescribimos el esférico $+ 6$ ó $+ 6 \frac{1}{2}$ que es sensiblemente menos convexo que $4 \frac{1}{2}$ empleado anteriormente. Convenido con hacer la sustitución debe colocar la lente cilíndrica convexa en ángulo recto de la posición que ocupa el cilindro cóncavo.

Si tal sustitución tiene ventaja bajo el punto de vista de la corrección no lo es lo mismo para el peso de la lente que persiste el mismo en los dos casos como podremos darnos cuenta por la experiencia. En efecto, para no repetir más ejemplos que el anterior, si la cara esférica hácese un poco menos convexa ($\frac{1}{6} \frac{1}{4}$ en lugar de $\frac{1}{4} \frac{1}{2}$) de otro lado la cara cilíndrica en lugar de ser *cóncava* hácese *convexa*. La lente ha disminuido de espesor en los bordes, pero aumenta en el centro y su volúmen permanece *casi* el mismo. Hemos dicho que el peso de una lente esfero-cilíndrica depende del cuidado y de la habilidad con que se talla, y se escoje para ello un trozo de cristal más ó menos espeso. Si el cristal es muy grueso el obrero estará obligado á emplear á adelgazarlo al mínimam y usar un tiempo bastante largo para confeccionar la lente, lo que disminuye su beneficio, así que lo más frecuente es dar las curvaturas exigidas sin alterar su espesor y nos vemos obligados muchas veces á recomendar lentes esfero-cilíndricas con el mismo foco y encontramos algunas veces con lentes de distinto espesor.

Esto es por lo tanto una cuestion de fabricacion y que depende del óptico y no del médico.

En el astigmatismo mixto hemos dicho que se debe emplear las lentes bi-cilíndricas de ejes cruzados y por lo tanto cada una corregirá el meridiano principal perpendicular á su eje.

§ 8 — DETERMINACION Y EMPLEO DE LAS LENTES CILÍNDRICAS PARA LA VISION DE CERCA Y Á DIVERSAS DISTANCIAS.

Todo lo que hemos dicho hasta aquí de las lentes destinadas á corregir el astigmatismo, es tambien para los otros vicios de refraccion que pueden existir simultáneamente, se aplicará á la vision de lejos ó á gran número de individuos atacados de esta afeccion que tenga necesidad de lentes para ver de cerca, leer, escribir ó trabajar y es necesario que sepamos la transformacion que debemos hacer á sus lentes. Empecemos por el caso más sencillo: un individuo con astigmatismo simple hipermetrópico igual á 3^{D} tiene en razon de edad 2_{D} de prebiopía. Este defecto de acomodacion entraña otro de refracion igual á 2_{D} en todos los meridianos, que será corregido por una lente esférica convexa de 2^{D} agregado al plano-cilíndrico $+ 3$. Bastará con solo superponer un binóculo con lentes esféricas $+ 2^{\text{D}}$ á las lentes cilíndricas para corregir la presbicia ó bien el hacer tallar la cara plana del cilindro en esférico convexa $+ 2^{\text{D}}$. Otro caso: el de un individuo con astigmatismo simple miópico $-1/12$ ó -3^{D} , ve bien de lejos con los plano-cilíndricos cóncavos de $-1/12$ ¿qué lentes necesitará para leer á $12''$? Si su acomodacion es suficiente no tendrá necesidad de cambiar de lentes porque acomodando al agregar $1/12$ de refraccion en todos los meridianos, y el ojo hácese emmétrope por el cilindro que permanece tal cual es. Pero si este mismo individuo quiere leer á $6''$ y no tiene más que $1/12$ de acomodacion le faltará $1/6 - 1/12 = 1/12$ y estará obligado á superponer á sus lentes un binóculo con len-

tes $+ \frac{1}{12}$ ó 3^D ó hacer tallar la cara plana de sus cilindros en esférico convexa $+ \frac{1}{12}$.

Tenemos un astigmático hipermetrope presbita con

$$H \frac{1}{16} + Ash. \frac{1}{10} + Pr. \frac{1}{24} \quad (1).$$

en dióptrica

$$H = 2^D, 25 + Ash. 3^D 50 + Pr. 1^D 50.$$

déjase el cilindro como estaba antes y se le agrega á la cara esférica el grado de prebiopia, de suerte que la lente se haga:

$$ci. \frac{1}{10} esf. + \frac{1}{9 \frac{3}{5}} \left(\frac{1}{16} + \frac{1}{24} = \frac{1}{9 \frac{3}{5}} \right)$$

en dióptrica.

$$ci. 3^D. 50 esf. + 3^D 75 (2.25 + 1.50 = 3.75)$$

Si se trata de un astigmatismo compuesto miópico $m - 6^D + asm. - 3^D$ y que se desea hacer leer al individuo á $12'$ ó $0^m 32$ deberemos siempre dejar el cilindro intacto pero la cara esférica cóncava estará disminuida en $\frac{1}{12}$ ó 3^D y la lente se hará

$$ci. - 3 esf. - 3^D.$$

En lugar de ser $\frac{1}{6}$ si la miopía general está $\frac{1}{12}$ se suprimirá la cara esférica y se empleará el plano cilíndrico $- 3^D$ si se desea hacer ver al mismo individuo á $24''$ ó $0^m 64$, se agregará al cilindro una lente esférica cóncava $\frac{1}{24}$ ó $1^D 50$ ($\frac{1}{12} - \frac{1}{24}$)

(1) *P. r.* Significa presbiopia.

$= \frac{1}{24}$) y así sucesivamente como si se tratara de una miopía simple.

En la hipermetropía con estrechamiento de la acomodación ó con presbiopía, hemos visto que es necesario dejar intacta la notación del cilindro y aumentar la convexidad de la cara esférica según la distancia á la cual se hace ver al enfermo. En efecto, cualquiera que sea el esfuerzo de acomodación ó la lente convexa agregada á la diferencia entre los dos meridianos principales, permanecerá siempre la misma y deberá siempre ser corregida por una lente cilíndrica del mismo valor.

En la afaquia donde la acomodación no existe, es necesario para todas las distancias (á menos en casos extremos raros donde existía antes de la operación una miopía $\frac{1}{3}$ ó más) lentes convexas tanto más fuertes cuanto la distancia fuese más corta y si se emplea un cilindro cóncavo se podrá siempre hacer sustitución de un cilindro convexo como lo hemos indicado anteriormente. En los casos extraordinarios donde para la visión de lejos uno de los meridianos hubiese necesidad de lentes cóncavas se dejará siempre el cilindro positivo y se hace tallar la cara esférica de tal suerte que su concavidad corregirá la miopía del meridiano más convergente. Sea por ejemplo un ojo operado de catarata que después de la operación presenta el estado de refracción siguiente:

Meridiano vertical..... M — $\frac{1}{24}$ ó — 1^o50.
 Meridiano horizontal..... H + $\frac{1}{24}$ ó + 1^o50.

Esto como se vé es un astigmatismo mixto, pero como no existe acomodación, es por medio de las lentes apropiadas por lo que nos prometemos que este ojo vea á diversas distancias: hagamos constar desde luego que su astigmatismo es igual á $\frac{1}{12}$ ($\frac{1}{24} + \frac{1}{24} = \frac{1}{12}$) Para mejor facilidad convendrá siempre el buscar desde luego las lentes necesarias para ver á el in-

finito. Para las distancias más próximas bastará aumentar la convexidad de la cara esférica proporcionalmente á la distancia que ya hemos visto. En el ejemplo ya citado, el meridiano vertical cuyo punctum remotum está á 24" tendrá necesidad para ver á el infinito de una lente $-\frac{1}{24}$ y el meridiano horizontal necesitará $+\frac{1}{24}$ porque tiene una hipermetropía expresada por $\frac{1}{24}$.

La lente correctora será un bicilindro $+\frac{1}{24} - \frac{1}{24}$ con la posición siguiente:

$$90^{\circ} \mid +\frac{1}{24} \quad 0^{\circ} \quad -\frac{1}{24} \quad -$$

ó el esfero-cilindro

$$90^{\circ} \quad +\frac{1}{12} \text{ esf.} \quad -\frac{1}{24}$$

que tendrá el mismo efecto, porque la cara esférica cóncava corregirá la miopía del meridiano vertical y quitará al cilindro que obrará sobre el meridiano horizontal $\frac{1}{24}$ de convergencia, no restará más que $\frac{1}{24}$ y la lente producirá el efecto demandado, porque tendrá $\frac{1}{24}$ de convergencia en un meridiano y $\frac{1}{24}$ de divergencia en el otro.

Queremos que este ojo vea á 12" ? debemos agregar $\frac{1}{12}$ á la cara esférica de la lente esfero-cilíndrica destinada á ver al infinito y esta lente se hará

$$90^{\circ} \mid +\frac{1}{12} \text{ esf.} \quad +\frac{1}{24} \quad (1)$$

(1) En todos los ejemplos que van á seguir está convenido que 90° designará la dirección vertical y 0° la dirección horizontal. En las prescripciones de las lentes á fin de evitar todo lo que no sea bien entendido conviene indicar por una línea la dirección del eje del cilindro como en este ejemplo. Es inútil decir que esta dirección será siempre con relación á la cara externa de las lentes, es decir, del mismo lado en que se encuentra la graduación en la montura de ensayo, siempre si el eje de los cilindros es vertical ú horizontal, se comprende, que será inútil la línea pues el eje tiene la misma dirección, cualquiera que sea la cara de las lentes que se consideren.

por que la cara esférica convexa dará al meridiano vertical $\frac{1}{24}$ de convergencia que es suficiente á causa de la miopía $-\frac{1}{24}$ que posee: $(-\frac{1}{24} + \frac{1}{12} = +\frac{1}{24})$ y al meridiano horizontal $\frac{1}{24}$ igualmente que si se agregase el efecto del cilindro $\frac{1}{12}$ y producirá $\frac{1}{8}$ que es necesario para ver á $12''$ á causa $\frac{1}{24}$ de hipermetropía que existe en este meridiano.

El cálculo en dióptrica será aun más sencillo: $12''$ corresponde á $0^m 32$; es decir, 3^D : $\frac{1}{24}$ corresponde á 1^D50 y la refracción que hay que agregar al ojo para ver á 32 centímetros será pues $+3^D$ en todos los meridianos: la lente correctora será:

$$90^\circ + 3^D \text{ esf.} + 1^D50$$

Queremos que el ojo vea á $24''$? debemos entonces agregar á cada uno de sus meridianos $+\frac{1}{24}$ y resultará:

$$\text{Meridiano vertical.....} - \frac{1}{24} + \frac{1}{24} = 0$$

$$\text{Meridiano horizontal...} + \frac{1}{24} + \frac{1}{24} = \frac{1}{12}$$

Tendremos pues una lente que no obra sobre el meridiano vertical y que dá al meridiano horizontal $\frac{1}{12}$ de convergencia. Esta será una lente plano-cilíndrica convexa $+\frac{1}{12}$ de eje vertical de $\frac{1}{12}$ de foco y lo designaremos por la fórmula siguiente:

$$90^\circ + \frac{1}{12}$$

Si nos fuésemos á ocupar de todos los casos que pueden presentarse, entonces tendríamos necesidad de ocupar muchas páginas y lo que hemos dicho es suficiente para comprender todas las variedades del astigmatismo. Siempre la corrección podrá ser un poco embarazosa y sobre esto no creemos inútil en

llamar la atención, porque lo que vamos á decir servirá de ejemplo para otros casos más ó ménos análogos.

Supongamos un astigmatismo compuesto miópico en el cual el

$$\begin{array}{l} \text{Meridiano vertical.....} = - \frac{1}{20} \text{ ó } 1^{\text{D}}75 \\ \text{Meridiano horizontal.....} = - \frac{1}{10} \text{ ó } 3^{\text{D}}50 \end{array}$$

y donde la acomodación es nula ó limitadísima. ¿Con qué lentes verá este ojo á diversas distancias? Sin duda hemos visto que el astigmatismo permanece siempre el mismo y es necesario desde luego calcular la lente que hace ver al infinito, después de agregar una lente convexa que tenga por foco la distancia á la cual se desea hacer ver. Pero si no se quiere llevar dos pares de gafas, ni complicar inútilmente las lentes cuál será la combinación más sencilla?

En el ejemplo citado es necesario para ver al infinito una lente cóncava $-\frac{1}{20}$ ó $-1^{\text{D}}75$, para el meridiano vertical y una lente $-\frac{1}{10}$ ó $-3^{\text{D}}50$ para el meridiano horizontal, la lente biconvexa correctora será por lo tanto

$$90^{\circ} - \frac{1}{10} \subset 0^{\circ} - \frac{1}{20}$$

de ejes cruzados ó el esfero-cilindro

$$90^{\circ} - \frac{1}{20} \text{ esf.} - \frac{1}{20}$$

en diópticas

$$90^{\circ} - 1^{\text{D}}75 \text{ esf.} - 1^{\text{D}}75$$

y el razonamiento nos explica que una lente tal, posee en cada meridiano principal la divergencia necesaria para ver al infinito.

Si entre tanto este ojo quiere ver á 20", es necesario agregar á la lente anterior un esfero-convexo $+ \frac{1}{20}$ que aumentará la misma cantidad de refraccion de todos los meridianos y tendremos:

$$90^{\circ} - \frac{1}{20} \text{ esf.} - \frac{1}{20} + \frac{1}{20}$$

y las dos lentes esféricas la misma fuerza y de signo contrario se neutralizan y quedará

$$90^{\circ} - \frac{1}{20}$$

es decir, una lente plana cóncava cilíndrica de $\frac{1}{20}$ de foco de eje vertical, y no será de otra manera porque el meridiano vertical tendrá $\frac{1}{20}$ de miopía y no tiene necesidad de lentes para ver á 20". Basta con corregir el meridiano horizontal por un cilindro cóncavo de ejes verticales y el efecto divergente necesario es bien $\frac{1}{20}$ porque el cálculo ordinario de la miopía nos dá para ver á 20" con una miopía $\frac{1}{10}$.

$$\frac{1}{10} - \frac{1}{20} = \frac{1}{20}$$

Una lente plano-cilíndrica tal, es muy fácil de tallar.

Este ojo ¿puede ver á 10"? el mismo cálculo que el anterior nos dá para la lente necesaria la fórmula siguiente:

$$0^{\circ} + \frac{1}{20}$$

porque basta agregar $\frac{1}{20}$ de refraccion al meridiano vertical, porque el meridiano horizontal con $= M \frac{1}{10}$ tiene su punctum remotum á 10" y no tiene necesidad de lente para ver á

esta distancia. Para lo demás tendremos el mismo resultado por el cálculo ordinario. Si á la lente $90^{\circ} - \frac{1}{20} \text{ C} - \frac{1}{20}$ servirá para ver al infinito agregaremos el esférico convexo $\frac{1}{10}$ destinado á hacer ver á $10''$ tendremos

$$\begin{aligned} 90^{\circ} - \frac{1}{20} \text{ C} \text{ esf.} - \frac{1}{20} + \frac{1}{10} &= 90^{\circ} - \frac{1}{20} \text{ C} \text{ esf.} + \frac{1}{20} \\ &= 0^{\circ} + \frac{1}{20} \end{aligned}$$

en dióptrica:

$$\begin{aligned} 90^{\circ} - 1^{\text{D}}75 \text{ C} \text{ esf.} - 1^{\text{D}}75 + 3^{\text{D}}50 &= 90^{\circ} - 1^{\text{D}}75 \\ &\text{C} \text{ esf.} + 1^{\text{D}}75 = 0^{\circ} + 1^{\text{D}}75 \end{aligned}$$

Para ver á otra distancia, á $5''$ por ejemplo, el cálculo será siempre el mismo y dará

$$\begin{aligned} 90^{\circ} - \frac{1}{20} \text{ C} \text{ esf.} - \frac{1}{20} + \frac{1}{5} &= 90^{\circ} - \frac{1}{20} \text{ C} \text{ esf.} + \frac{3}{20} \\ &= 0^{\circ} + \frac{1}{20} \text{ C} \text{ esf.} \frac{1}{10} \end{aligned}$$

en dióptrica:

$$\begin{aligned} 90^{\circ} - 1^{\text{D}}75 \text{ C} \text{ esf.} - 1^{\text{D}}75 + 7^{\text{D}} &= 90^{\circ} - 1^{\text{D}}75 \text{ C} \text{ esf.} \\ + 5^{\text{D}}25 &= 0^{\circ} + 1^{\text{D}}75 \text{ C} \text{ esf.} + 3^{\text{D}}50 \end{aligned}$$

Si queremos transformar esta última lente en un bi-cilindro, se busca la refracción de los dos meridianos principales que tendrá por valor

$$\begin{aligned} \text{Meridiano vertical} &= 3^{\text{D}}50 + 1^{\text{D}}75 = 5^{\text{D}}25 \\ \text{Meridiano horizontal} &= 3^{\text{D}}50 \end{aligned}$$

y la lente bicilíndrica correctora será:

$$0^{\circ} + 5^{\text{D}}25 \subset 90^{\circ} + 3^{\text{D}}50$$

La cara de la lente más curva será generalmente dirigida con ventaja del lado del ojo, en la montura de las lentes esfero-cilíndricas. A curvatura igual, esta será la cara cilíndrica sobre todo si es cóncava. Por lo demás no existe en este asunto acuerdo perfecto entre los autores y la cuestión exige nuevas investigaciones clínicas.

El tratamiento del astigmatismo no conviene sino cuando la anomalía llega á cierto grado y sobre el valor del cual se está lejos de entender porque ello depende de las ocupaciones del individuo: si se trata de un individuo poco ilustrado á quien una vision mediana puede sufrir por sus ocupaciones habituales, la correccion no solamente del astigmatismo sino para otras anomalías de la refraccion á menos que no llegue á un grado muy exajerado, será todo inútil. Para el hombre cuya vision no se ejerce habitualmente sobre objetos finos ó delicados, como se vé un gran número de profesiones, la correccion del astigmatismo no es de gran importancia; pero en los grabadores, los relojeros, los geómetras, los astrónomos, los micrógrafos y en aquellos cuyas ocupaciones de leer y escribir en gran parte de diario, el empleo de lentes da muy excelentes servicios. La agudeza de la vision normal tiene dada las dimensiones de los pequeños objetos de lo cual nos servimos habitualmente sin ayuda de ningun instrumento amplificador, pero no debe creerse que la vision en un solo ojo normal sea más mala que la que se ejerce con los dos ojos atacados de vicios de refraccion ó de acomodacion. Conocemos por nuestra parte hábiles músicos, un oficial superior distinguido y muchísimos artistas que habian sido privados de un ojo desde niños han podido no obstante continuar todos sus estudios, que otras personas se han visto obligadas á interrumpir, dejar sus ocupaciones ó cambiar

de oficio porque sus dos ojos estaban afectados de un vicio de refraccion, á menudo bastante considerable y la hipermetropía complicada ó no en el astigmatismo se encuentra en primer rango. Esto es un exceso de precaucion por parte de la naturaleza que nos ha dado dos ojos y una potencia visual relativamente bastante grande á fin de que en casos de accidentes ó enfermedad la vision descansará aun fácilmente. Por otra parte queda que observar que esta es una ley general fisiológica que todos los órganos importantes, cuando la funcion no es de una manera inmediata absolutamente indispensable á la vida, existen en doble ó pueden ser suplidos por otros en los límites compatibles con la existencia.

La correccion exacta del astigmatismo no puede estar subordinada á ciertas circunstancias especiales. Mr. Javal refiere que un amigo suyo astrónomo del observatorio, experimentó una mejoría notable de la vision con lentes cilíndricas de 60' de foco, interin que el aun padeciendo un astigmatismo igual á $\frac{1}{25}$, habia tenido que interrumpir sus estudios á los veinte y un años de edad á causa de una conjuntivitis y una astenopía inopinada desarrollada por el defecto de usar lentes correctoras, hasta que un cirujano le hizo observar que poseia un astigmatismo $\frac{1}{18}$ sobre un ojo y $\frac{1}{11}$ sobre el otro, encontrando tal satisfaccion en su vision que no hace nada sin las lentes correctoras que sin ellas no puede ver ni de cerca ni de lejos. El mismo Young que poseia un astigmatismo igual á $\frac{1}{25}$, declara no haber sido jamás incomodado. No obstante creemos que es bueno corregir esta anomalía toda vez que ataca cierto grado cuando el individuo tiene necesidad para sus ocupaciones de una gran aplicacion de la vista y que las lentes cilíndricas procurarán un aumento notable de la agudeza visual ó hace desaparecer en todo ó en parte la astenopía, será por lo tanto muy importante el asegurarse de la mejoría producida por las lentes cilíndricas que algunas veces es nula ó incensible, pudiendo en otros casos *decupler* la agudeza así que Mr. Javal ha observado

un caso en el cual esta anomalía no atañe más que $\frac{1}{18}$. Algunas veces esto no será sino después de algún tiempo del uso que las lentes cilíndricas manifestarán sus buenos efectos: siendo á menudo lo mismo para todas las otras clases de lentes.

La influencia de la iluminación es de una gran importancia y un individuo que viese muy bien sin lentes con una luz intensa, aun afectado de astigmatismo, se fatigará muy pronto sin lentes con una iluminación débil, y verá descender considerablemente su agudeza en proporción con la intensidad de la luz.

Observaciones.—En todo este artículo hemos supuesto para mayor comodidad en las esplicaciones que los meridianos principales, son uno el *vertical* y otro el *horizontal*. En la práctica es muy raro que sea exactamente así y estos meridianos son casi siempre más ó ménos inclinados. En todos los casos esto no cambia en nada las prescripciones de las lentes y es claro que bastara con agregar 90° al ángulo encontrado para un meridiano para ver el meridiano perpendicular al primero ó reducir á 90° si este ángulo es superior al ángulo recto: el meridiano perpendicular á 15° será 105° el meridiano perpendicular á 125° será 35° , etc.

Donders habia creído observar que en general el meridiano vertical del ojo tenia un radio de curvatura más corto que el meridiano horizontal y que por consecuencia la línea vertical del cuadrante era lo que á distancia permanecía por más largo tiempo más clara que las otras y esta regla la creían tan general que cuando por el contrario tenia lugar, decia que el astigmatismo era *contrario á la regla*. Siempre el resultado de un gran número de observaciones ha hecho que Mr. Javal y por nosotros mismos, que esta regla carece de exactitud y que la línea que permanece clara, es por lo regular la horizontal mejor que la vertical ó la oblicua.

CAPÍTULO IV.

ANISOMETROPÍA Ó DIFERENCIA
DE REFRACCION EN LOS DOS OJOS.

§ 1.—DEFINICION. — VISION DE LOS ANISOMETROPES.

La ley de simetría que rige las dos mitades derecha é izquierda del cuerpo hace que los ojos de un individuo sean generalmente iguales ó parecidos: si uno es emmétrope ó amétrope, el otro lo es tambien y con frecuencia del mismo grado: la construccion anatómica no hace excepcion y casi siempre se observa en los dos ojos las mismas particularidades, no solo en cuanto al conjunto del órgano, sino aun en sus detalles. Es así que si un ojo es algo saliente ó voluminoso, ó vice versa, el compañero afecta el mismo defecto: el color del iris, la disposicion de los vasos sub-conjuntivales ó del fondo del ojo, la pigmentacion de la coroides, etc., no ofrecen diferencia apreciable.

Las mismas lesiones, sobre todo aquellas que se relacionen con las alteraciones tróficas, se presentan á menudo con una simetría precisa, y sin entrar en el dominio de la patología, diremos que las cataratas conjénitas, las queratitis parenquimatosas, el queratoconus ó queratoglobus, los terigions, etc., existen casi constantemente en ambos lados.

Como consecuencia de la construccion simétrica de los dos ojos es evidente que los vicios de refraccion causados por estas anomalías deben existir simultáneamente y esto es lo que sucede.

Si un ojo es miope el otro debe serlo tambien, y si es hiper-

métrope el otro debe también serlo y la afección varía poco en cuanto á los grados. El astigmatismo no obstante es á menudo unilateral pero casi siempre es hipermetrópico ó miópico según que el otro ojo sea hipermétrope ó miope y coexiste al mismo tiempo con una asimetría de los huesos de la cara.

Todo lo que acabamos de decir se relaciona con las lesiones congénitas, y es claro que cada una de estas afecciones ó de estas anomalías pueden ser consecuencia del traumatismo ó de otra enfermedad y por consiguiente no altera en nada la ley de la simetría.

Pero esta ley, como todas las leyes fisiológicas, presentan bastantes excepciones y bajo el punto de vista de la refracción debemos señalarlas en este artículo.

Obsérvanse todas las combinaciones de la refracción imaginables: un ojo puede ser emmétrope, en tanto que el otro puede ser miope ó hipermétrope ó astigmático, la hipermetropía ó la miopía puede existir en grados diferentes en ambos ojos; por último un ojo puede ser miope y el otro hipermétrope.

De la vision en la anisometropía.—La refracción es desigual en los dos ojos y puede ser la vision de tres maneras: 1.º binocularmente, 2.º alternativamente con un ojo ó con el otro, 3.º con exclusion constante de un ojo.

Examinemos separadamente cada una de estas anomalías.

1.º *Vision binocular.* — Se ha negado por largo tiempo la vision simultánea con los dos ojos, aunque su estado de refracción y su agudeza fuese la misma.

Con poderosas razones no se ha creído la vision binocular con dos ojos desiguales. Se pensaba que en un caso como en otro, con tal que los dos ejes visuales fuesen dirigidos hácia el objeto, este seria visto alternativamente tanto por un ojo como por el otro. Esta asercion, sostenida por naturalistas y físicos eminentes, ha sido refutada despues de largo tiempo y

los excelentes trabajos de Giraud-Teulon sobre la vision binocular han acabado de demostrar sobradamente la falsedad. Sin duda no debemos decir que la vision binocular tenga lugar siempre forzosamente pero es posible por hábito, en efecto vemos á menudo individuos atacados de cataratas, de glaucoma crónico simple, de desprendimiento de la retina ó cualquiera otra enfermedad, que le hace perder poco á poco la vista de un ojo interin el otro permanece bien y que no se aperciben hasta cierto tiempo ó al menos cuando el ojo enfermo ha llegado á un estado de ceguera completa. Ciertamente estos casos son muy raros pero existen.

Se ha dicho que la vision binocular era indispensable para dar la sensacion del relieve. Pero á pesar de la autoridad y la competencia de los autores que han sostenido esta asercion, persistimos en creer que la sensacion del *relieve* de los objetos es perfectamente obtenida por un solo ojo tambien y que si falta el otro experimentamos ciertas dificultades para apreciar exactamente la direccion y la distancia, lo que indica simplemente un defecto de hábito y es que en la vision binocular ordinaria, la imágen única que resulta de la fusion de las dos imágenes, percibidas una por cada ojo es precisamente en una situacion intermediaria á las otras dos. Se puede con facilidad reproducir este fenómeno fijándose con los dos ojos en un objeto próximo. Si se pasa la mano alternativamente por delante de un ojo y por delante del otro se verá cada vez el objeto huir del lado del ojo obturado y ocupar una posicion mediante la cual está fija binocularmente. Todo el mundo sabe que para tener la sensacion del relieve de un cuadro bien hecho y en el cual las sombras y las medias tintas son exactas, basta con mirarlo con un ojo cerrado ó con los dos colocando los ejes paralelos y acomodando para el infinito.

Cuando se tiene el hábito de emplear la vision binocular, la agudeza disminuye un poco si se cierra un ojo, sobre todo el derecho, (á causa de la gran frecuencia de la vision mono-

cular con este ojo), y esto se observa no solamente cuando los ojos son iguales, sino aun en aquellos casos en que las dos imágenes retinianas no son perfectamente idénticas y el enfermo prefiere á menudo ver con los dos ojos á excluir la imagen menos clara. La simetría absoluta de las partes donde se forma la imagen del tamaño de esta, no es indispensable y la sensibilidad retiniana puede hacerse bastante grande por fuera de la mácula para permitir la vision binocular en ciertos casos de estrabismo y causar la diplopia en el ojo desviado. El ejercicio y el hábito tienen por lo tanto aquí una gran influencia; lo mismo es para la asimetría de las imágenes retinianas que resultan de una notable diferencia de refraccion en los dos ojos y la experiencia prueba que en un caso como en el otro las imágenes no idénticas ó asimétricas de las dos retinas pueden ayudarse entre sí de tal suerte que no solamente la apreciacion de la solidez y de la distancia de los objetos sea más correcta, sino que tambien la agudeza visual esté aumentada facilitando la escritura y la lectura. Esto prueba tambien que una imagen difusa no dificulta mucho á la otra; es raro que un ojo afectado de catarata se desvie y como lo hemos dicho ya, es posible que una catarata se desarrolle sobre un ojo sin que el individuo se aperciba por lo pronto.

Para asegurarse que la vision binocular existe realmente es necesario emplear los medios de que nos ocuparemos al tratar de la amaurosis y de la ambliopía simulada. siempre será preciso el tomar grandes precauciones para creer que es así, si los dos ojos entran en fijacion al mismo tiempo. Para asegurarse basta con cubrir alternativamente los dos ojos y haciéndolo fijar en un objeto. Cualquiera que sea el ojo que se cubra, el que quede al descubierto deberá continuar fijándose al objeto sin experimentar desviacion; mientras que el cubierto debe conservar su posicion primitiva y se encontrará su fijacion desde que cese la aclaracion. Si despues del examen quedase duda se coloca delante de uno de los ojos un prisma débil que tenga el ángulo colocado hácia dentro, esto dá

lugar cuando la vision es binocular, a una diplopia, vencida bien pronto por un movimiento de adduccion manifiesta.

Cuando existe una diferencia de refraccion de los dos ojos, generalmente una parte del campo de la acomodacion es comun y el *punctum proximum* de uno está menos alejado que el *punctum remotum* del otro. Resulta de ahí que mientras más la parte comun se extiende mayores son los límites del campo de la vision binocular posible; de aquí y de ahí uno de los dos ojos es siempre el excluido de la vision. La integridad y la amplitud de la acomodacion de los dos ojos pueden permanecer normal y son, se comprende, de un gran recurso para aumentar la extension del campo de la vision binocular. Nunca las dos imágenes retinianas son iguales en extension ó en claridad porque la tension acomodativa es siempre sinérgica de los dos lados, y no se reparte en cada ojo proporcionalmente á la distancia del objeto como creia Buffon y como la teoría y la lógica pretenderia indicar.

Una experiencia bien sencilla lo ha demostrado: que un emétrope coloque delante de uno de sus ojos una lente débil positiva ó negativa y que mire un objeto ocultándose alternativamente un ojo, se observará desde luego un solo ojo de imagen clara, y es que obligado á hacer, para acomodarse á la distancia del objeto el mas pequeño esfuerzo de acomodacion. Con una lente negativa este será el ojo que quede sin lente para la vision de lejos como para de cerca: con una lente positiva será el ojo provisto de lente para la vision de cerca, porque el efecto convergente de esta lente disminuirá considerablemente el esfuerzo de acomodacion para ver á esta distancia. Esto prueba que el ojo provisto de la lente es extremadamente acomodado, esto es que la imagen del objeto hácese difusa si se cubre este ojo mientras que el otro permanece claro si se cubre el otro. En todos los casos donde hay una diferencia de refraccion en los dos ojos, uno de ellos acomoda por lo tanto exactamente y busca á obtener una imagen clara con detrimento de la otra antes que recibir por una

tension media de la acomodacion , imágenes con la mitad de claridad sobre los dos ojos. Entretanto es necesario decir que estas experiencias no son concluyentes si se les aplica á un individuo en el cual existe una verdadera diferencia de refraccion en los dos ojos y la anisometropía artificial como las otras anomalías, la miopía la hipermetropía, el astigmatismo, se comprueba bien como en la anisometropía natural. Como ha dicho Mr. Javal, $\frac{1}{24}$ de astigmatismo posee normalmente mucho menos que el grado de ametropía comunicada á un emmétrope, á quien presta sus lentes cilíndricas $\frac{1}{24}$. El hábito juega aquí un gran papel y se sucede á menudo como veremos un poco mas lejos, que ciertos anisometropes, siendo mucho menos cuando se produce sobre sus dos retinas imágenes claras por medio de lentes correctoras exactas ó bien llegando en tiempo más ó ménos largo para habituarse á estas lentes.

La anisometropía con conservacion de la vision binocular, no produce habitualmente desviacion , pero esto no impide á que sobrevenga.

Si el individuo se sirve habitualmente del ojo miope y el otro es hipermétrope, este último se desviará generalmente hácia fuera como sucede para un ojo atacado de ceguera. Pero el estrabismo divergente ampliando el campo visual del lado de la divergencia, hará perder al ojo desviado con menos rapidez su agudeza, porque este órgano estará sin cesar impresionado por imágenes que por su excentricidad no lleguen al otro ojo. Si el ojo está desviado hácia adentro por el contrario, la casi totalidad ó la totalidad de su campo visual es comun con el otro ojo y deja de ser impresionado, perdiendo poco á poco su agudeza haciéndose ambliope por defecto del uso y cesa completamente de ser útil para la vision binocular.

2.º *Vision alterna.* En ciertos casos donde la diferencia de refraccion de los dos ojos permite al uno ver de lejos y al otro ver de cerca, la vision binocular no puede tener lugar y existe en general un determinado grado de desviacion. Esta alterna-

cion hace que el individuo se sirva tanto de un ojo como del otro, segun las distancias del objeto y que su agudeza permanezca normal de los dos lados.

Este estado particular explica como determinadas personas pueden pasarse sin lentes en edad avanzada y ver no obstante perfectamente de lejos y de cerca simulando así una amplitud de acomodacion extremadamente extensa y que parece extraordinario si no estuviésemos prevenidos. Es así que un amigo de Donders se jactaba en ver exactamente á distancia y de no ceder á persona alguna respecto á ver de cerca. Al exámen todo se explicó; el ojo derecho que era emmétrópe interin el izquierdo era $M = \frac{1}{5} \frac{1}{2}$. En la tésis del doctorado de Mr. Gard (París 1877) encontramos una observacion de un médico militar que teniendo un ojo miope el otro era hipermétrope.

3.° *Vision monocular.* Los casos en los cuales la vision está abolida de un lado por un estado morbosos no entra en el órden de la anisometropía y no debemos ocuparnos aquí de esto, pero cuando existe una desviacion tal que el ojo esté dirigido con exageracion á fuera ó á dentro, el otro puede continuar sus funciones y el individuo hace abstraccion completa de la imágen que se producirá, pero el ojo continúa siendo impresionado por los objetos situados de este lado y la facultad visual puede conservarse de una manera bastante satisfactoria aun que no se ejercite el ojo desviado. Si por el contrario la desviacion tiene lugar hácia dentro, el campo visual está estrechado y el del ojo desviado coincidiendo en gran parte con el del otro, resulta una confusion que hace que el individuo descuide psíquicamente las impresiones recibidas sobre el ojo desviado y venga la ambliopía de este lado por falta de uso, como ya lo hemos dicho.

La diferencia de refraccion de los dos ojos puede ser *adquirida* y resultar por ejemplo de una operacion de catarata. Es muy importante saber lo que puede ocurrir en semejantes casos. No empleando la acomodacion en el ojo privado del cris-

talino, no tendrá vision clara este ojo más que á las distancias correspondientes á las lentes empleadas, y en este caso el punto nodal está considerablemente separado debiendo resultar una diferencia notable en el grandor de las imágenes retinianas. Esta grave cuestion ha sido estudiada por de Graefe que ha buscado como se efectúa el acto de la vision cuando existe una afaquia unilateral, con el fin de saber si conviene operar la catarata sobre un ojo estando aun el otro sano. La contestacion es, «tomando todo en consideracion la operacion de la catarata hecha en un ojo solamente presenta importantes ventajas y está por consecuencia indicada cuando se espera un éxito seguro.» Todo el mundo hoy acepta esta opinion del sábio oftalmólogo aleman, y no existe persona alguna que no deje de operar un solo ojo aun con el temor de producir la anisometropía. En este caso, sin duda es poco probable que la vision binocular sea restablecida, pero el ojo operado puede perfectamente servir solo, y sobre todo proteger al otro contra los riesgos de accidentes exteriores, ampliando el campo visual. Semejante estado no da lugar más que muy rara vez á las alteraciones de la vision y no es nunca una causa de estrabismo. Es necesario en todo tiempo, antes de habituar al enfermo al uso de lentes correctoras, hacerlo de manera que no produzca molestias, sobre todo si la pupila es ancha en el ojo operado y la iluminacion intensa; por que entonces se han de producir círculos bastantes extensos de difusion.

§ 2.º ACCIDENTES QUE SON LA CONSECUENCIA DE ANISOMETROPÍA.

Los inconvenientes de la anisometropía serán relativos y estarán subordinados á la forma y al grado de la anomalía. Si los sujetos no experimentan más que una dificultad, poco molesta ó nula, habrá en ellos una disminucion más ó ménos notable de la agudeza visual y si la vision es alterna ó monocular el ojo perderá en parte la facultad de las sensaciones de

relieve y de distancia para los objetos aproximados, pero será solo temporalmente.

Hemos visto á propósito de la hipermetropía que los esfuerzos continuados de acomodacion producen una congestion peligrosa, no solamente sobre las membranas profundas del ojo sino sobre las partes externas, la conjuntiva, los párpados que son á menudo al asiento de inflamaciones crónicas rebeldes á todo tratamiento. En esta misma circunstancia los enfermos acusan frecuentemente dolores y tirantez teniendo por sitio de eleccion la órbita ó el nivel de las cejas.

En la afeccion que nos ocupamos sucede siempre lo mismo y Mr. Badal ha llamado la atencion sobre la frecuencia de las enfermedades de los párpados ó de las vias lagrimales, tales como el chalacio, la blefaritis ciliar, la epífora, el tumor lagrimal, etc., en los individuos afectados de anisometropía. La relacion de estas enfermedades con las anomalías de la refraccion pueden explicarse por las alteraciones producidas en el juego del órgano sobre los músculos motores ó ciliares, por la congestion de las membranas profundas á que da origen y la propagacion de estas congestiones á las partes externas que molestándolas en su funcionamiento regular, no tardan en inflamarse y en producir los accidentes que acabamos de apuntar.

§ 3.º TRATAMIENTO DE LA ANISOMETROPÍA.

Los medios que hay que emplear en los casos en que la refraccion es diferente en los dos ojos, son sobre todo medios ópticos, ya solos, ya combinados en algunos casos con la tenotomía. El tratamiento varia con la manera de ser de la vision y difiere mucho segun que el individuo posea ó no la vision binocular. En el primer caso sobre todo si la vision se ejerce con los dos ojos á todas distancias, debemos emplazar todos nuestros esfuerzos en conservarla y extenderla cuanto posible sea sobre su mayor campo.

El objeto del tratamiento óptico es mejorar la *agudeza* y no el corregir matemáticamente la refracción, y la práctica nos enseña que muchas veces debe alejarse de las reglas indicadas por la teoría. Siendo la refracción desigual en cada ojo, entonces basta con equilibrarla corrigiéndola exactamente para tener una visión binocular mejor, pero esto no sucede casi nunca así pues que en la cuestión existe un nuevo factor el cual tenemos que contar que es el hábito. Si la acomodación está intacta é igual en ambos ojos debe ejercerse sinérgicamente para todas las distancias, permaneciendo constante la diferencia de claridad de las dos imágenes retinianas. El individuo se habitúa á ver así: el ojo con el cual ve con menos claridad está subordinado al otro, y su imagen tiene menos importancia que la del otro á la cual sirve como *ayudante*. Si mejoramos la visión del ojo mejor dejando subsistir entre las dos imágenes la misma diferencia, es decir, si mejoramos la visión en la misma cantidad en ambos ojos, la armonía primitiva subsistirá y el individuo no tendrá que tomar ningun hábito nuevo.

Si por el contrario procuramos hacer las dos imágenes, lo más claras posible rompemos al instante esta armonía, y los ojos tienen entonces necesidad de una educación nueva para ver binocularmente fusionando las dos imágenes retinianas. Esto sucede rara vez porque los enfermos pueden tener poca perseverancia y esto no es más que para los casos donde la segunda corrección procuraría una agudeza mejor que la primera á la que se debe dar la preferencia.

Donders dice que no debemos dejarnos seducir de la teoría y porque los ojos sean diferentes, no se sigue de aquí que se deben aplicar lentes diferentes. La visión binocular difiere de la monocular y exige una gran atención en las relaciones de las dos imágenes retinianas que basta á menudo el menor peligro para impedir que tenga lugar como se ha visto en la simple paresia muscular que entraña una desviación en apariencia insignificante y hace producir la diplopía.

Ordinariamente es el ojo el que necesita para la correccion la lente más débil que produzca la mayor agudeza y así que esta última es de donde debemos partir para la eleccion de las lentes. Si la diferencia de refraccion es débil, bastará en la mayoría de los casos con elegir la lente correctora de la misma manera que para la hipermetropía ó la miopía en general teniendo en cuenta la fuerza de la acomodacion y las diversas condiciones generales de que ya hemos hablado á propósito de estas anomalías.

En cuanto al otro ojo, desde que lo hemos presentado no alteramos sus relaciones de vision con el primero, con esto llégase si se da una lente exacta correctora y ensáyase desde luego con lentes idénticas. Para aumentar un poco la fuerza de la lente colócase delante del ojo el más amétrope y se ve si una correccion más exacta entraña mejor agudeza. Si esto no tiene lugar este medio debe ser abandonado y es lo que ocurre generalmente. En algunos casos cuando la diferencia de refraccion es débil y no pasa de $\frac{1}{48}$ ó $\frac{1}{36}$ ($0^{\text{D}} 75$ ó 1^{D}) pueden encontrarse mejor empleo con lentes diferentes y corregir cada ametropía del ojo correspondiente: pero cuando la diferencia de refraccion es mucho mayor es pocas veces posible el empleo de dos lentes cuya diferencia pasa de 1^{D} á $1^{\text{D}} 50$.

Lo que acabamos de decir hasta aquí es aplicable á los casos en los cuales el mismo vicio de refraccion existe en los dos ojos en grados diferentes cuando los dos son miopes ó hipermétropes ó bien uno es emmétrope y presbita y el otro miope ó hipermétrope y cuando la vision binocular está conservada en gran extension.

Si se trata de un ojo emmétrope se coloca delante de él una lente cóncava débil y delante del otro una convexa igualmente débil, y experimentará desde luego una alteracion en la vision; pero que al cabo de cierto tiempo de ejercicio se habituara fácilmente y la vision binocular no desaparecerá á pesar de los diversos grados que se produzcan en las dos imágenes retina-

nas. Si la diferencia de tamaño pasa de ciertos límites se producirá la diplopía y las dos imágenes no se fusionarán. En la anisometropía natural, cuando un ojo es miope y el otro emmétrope ó hipermétrope la diferencia de tamaño de las imágenes debe poder llegar más lejos que en la anisometropía artificial sin producir imágenes dobles, á causa del hábito y es por esto por lo que vemos individuos que poseen la vision binocular, á pesar de una diferencia muy notable en la refraccion de los dos ojos.

Sabemos que las lentes cóncavas achican las imágenes porque llevan hácia atrás el centro óptico del aparato refringente mientras las lentes convexas obran en sentido inverso por el desplazamiento hácia adelante del centro óptico. Si corregimos la miopía de un lado y la hipermetropía del otro, un ojo recibirá imágenes pequeñas y el otro imágenes grandes. La diferencia de tamaño será tanto más considerable cuanto las lentes empleadas sea más fuerte.

Tal cambio de tamaño y claridad de las imágenes afectará desagradablemente al individuo la primera vez que use lentes exactamente correctoras. No obstante podrá pronto habituarse fácilmente y tanto mejor cuanto su agudeza visual sea mejorada.

Para disminuir la diferencia de tamaño de las imágenes retinianas en los casos de anisometropía se ha tenido la idea de emplear lentes fuertemente periscópicas y calculadas de tal suerte que el punto nodal se encontrase en cada lado á igual distancia de la retina de manera de producir imágenes iguales; «pero este método es muy delicado y de poco éxito en la práctica» segun dice Donders.

En los casos donde una lijera desviacion de los ejes ópticos, ó hay un verdadero estrabismo, puede ensayarse las lentes *decentradas* ó prismáticas ó bien hacer la estrabotomía ó el adelantamiento muscular. En este caso si no se puede restablecer la funcion de la vision binocular la operacion será aun útil para

la armonía de la mirada y la regularidad en la expresión que, para ciertas personas puede ser de gran importancia. Además un ojo exajeradamente desviado hácia dentro puede acarrear la ambliopía por defecto del uso.

El tratamiento de la anisometropía con vision binocular ó alternante no ofrece nada de particular: cada ojo háse de corregir del modo indicado para la anomalía afectada y despues se siguen las reglas generales que hemos dado con anterioridad.

CAPÍTULO V.

ANOMALÍAS DE LA ACOMODACION.

De la presbiopía ó presbicia.

INTRODUCCION.

Las anomalías de la acomodacion son generalmente descritas por los autores en el mismo capítulo de las parálisis, la paresia, el espasmo de esta funcion y con las anomalías de la refraccion, pero hemos creido preferible colocar estos diversos estados patológicos entre las *enfermedades* de la acomodacion, de la cual nos hemos ocupado en el libro III capítulo II y bajo el nombre de anomalías no describiremos más que la *presbicia ó presbiopía* que depende del estado anatómico del ojo, ya porque este último no vea bien de lejos, porque es muy largo (miopía) ó de cerca y aun de lejos porque es muy corto (hipermetropía;) de aquí que el presbita no ve de cerca porque su acomodacion no tiene bastante potencia en virtud de causas puramente anatómicas, como tiene lugar para las anomalías de la refraccion de que ya hemos hablado.

§ 1.º ETIOLOGÍA, MARCHA, SÍNTOMAS DE LA PRESBIOPIA.

a. Etiología.—La influencia de la edad sobre la vision es muy sensible, mucho más de lo que uno cree siempre y está caracterizada por la disminucion de la agudeza visual, por el alargamiento del punto más próximo de la vision distinta y por la disminucion de la extension del campo de acomodacion, así

EDAD.	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
en pulgadas.	Distancia del punctum proximum.	$2\frac{2}{3}$	$3\frac{1}{8}$	$3\frac{9}{13}$	$4\frac{8}{11}$	$5\frac{1}{3}$	$6\frac{6}{7}$	9	12	16	24	48	72	∞	72
	Amplitud de acomodacion.	$\frac{1}{2\frac{2}{3}}$	$\frac{1}{3\frac{1}{8}}$	$\frac{1}{3\frac{9}{13}}$	$\frac{1}{4\frac{8}{11}}$	$\frac{1}{5\frac{1}{3}}$	$\frac{1}{6\frac{6}{7}}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{24}$	$\frac{1}{48}$	$\frac{1}{72}$	$\frac{1}{\infty}$	$\frac{1}{72}$
en dióptrica. metros.	Distancia del punctum proximum.	0.072	0.084	0.099	0.127	0.144	0.185	0.243	0.324	0.648	0.972	1.296	1.944	∞	1.944
	Amplitud de acomodacion.	13.88	11.90	10.10	7.87	6.91	5.40	4.31	3.36	2.62	1.92	1.54	1.50	1.15	1.15
Agudeza visual.	$\frac{22}{20}$	$\frac{22}{20}$	$\frac{22}{20}$	$\frac{22}{20}$	$\frac{22}{20}$	$\frac{20}{20}$	$\frac{18}{20}$	$\frac{18}{20}$	$\frac{18}{20}$	$\frac{17}{20}$	$\frac{16}{20}$	$\frac{14}{20}$	$\frac{13}{20}$	$\frac{12}{20}$	$\frac{11}{20}$

resulta de un número de observaciones hechas por Donders en que para el ojo enmétrico el punctum proximum, la amplitud de acomodación y la agudeza visual varían con la edad desde diez años hasta los ochenta, como indica el cuadro.

Se ve que el punctum proximum que estaba á $2'' \frac{2}{3}$ del ojo á la edad de diez años se encuentra á $3'' \frac{1}{8}$, á los quince años; á $3'' \frac{9}{13}$ ó $0^m 099$, á los veinte años; á $9''$ ó $0^m 24$, á los cuarenta; á $24''$ ó $0^m 64$, á los cincuenta y cinco; á $72''$ ó $1^m 94$ á los setenta años: por último á los setenta y cinco ya corresponde á una parálisis de la acomodación si el punctum remotum no se halla alejado y el ojo no se hace hipermetrope. Pero este grado de hipermetropía es muy débil, pues según Donders no empieza á acentuarse hasta los ochenta años con $\frac{1}{24}$ ó $\frac{1}{10}$, es decir, $1^D 50$ ó $3^D 50$ hace que con el punctum proximum en el infinito exista aun cierto grado de acomodación. Según el mismo autor esta hipermetropía empezará á manifestarse desde los treinta y cinco años; no obstante nos parece muy difícil el resolver esta cuestión experimentalmente á pesar de las razones y la autoridad del célebre profesor de Utrecht, y no es difícil el admitir el principio de la hipermetropía en edad tan poco avanzada. Los grados de esta anomalía son tan insignificantes que es necesario no solamente enfermos muy inteligentes para hacerlo notar, sino que se hubiera podido comprobar en ellos que en su juventud eran perfectamente emmétricos. Por otra parte el ojo debe tratarse por la atropina para determinar el punctum remotum, cuando no puede hacerse con el ojo normal y la parálisis del músculo ciliar debe tener por consecuencia la supresión de la fuerza tónica de este músculo que existe normalmente y por consiguiente una tendencia á romper el equilibrio entre la fuerza elástica de la capsula del cristalino y la tensión ciliar.

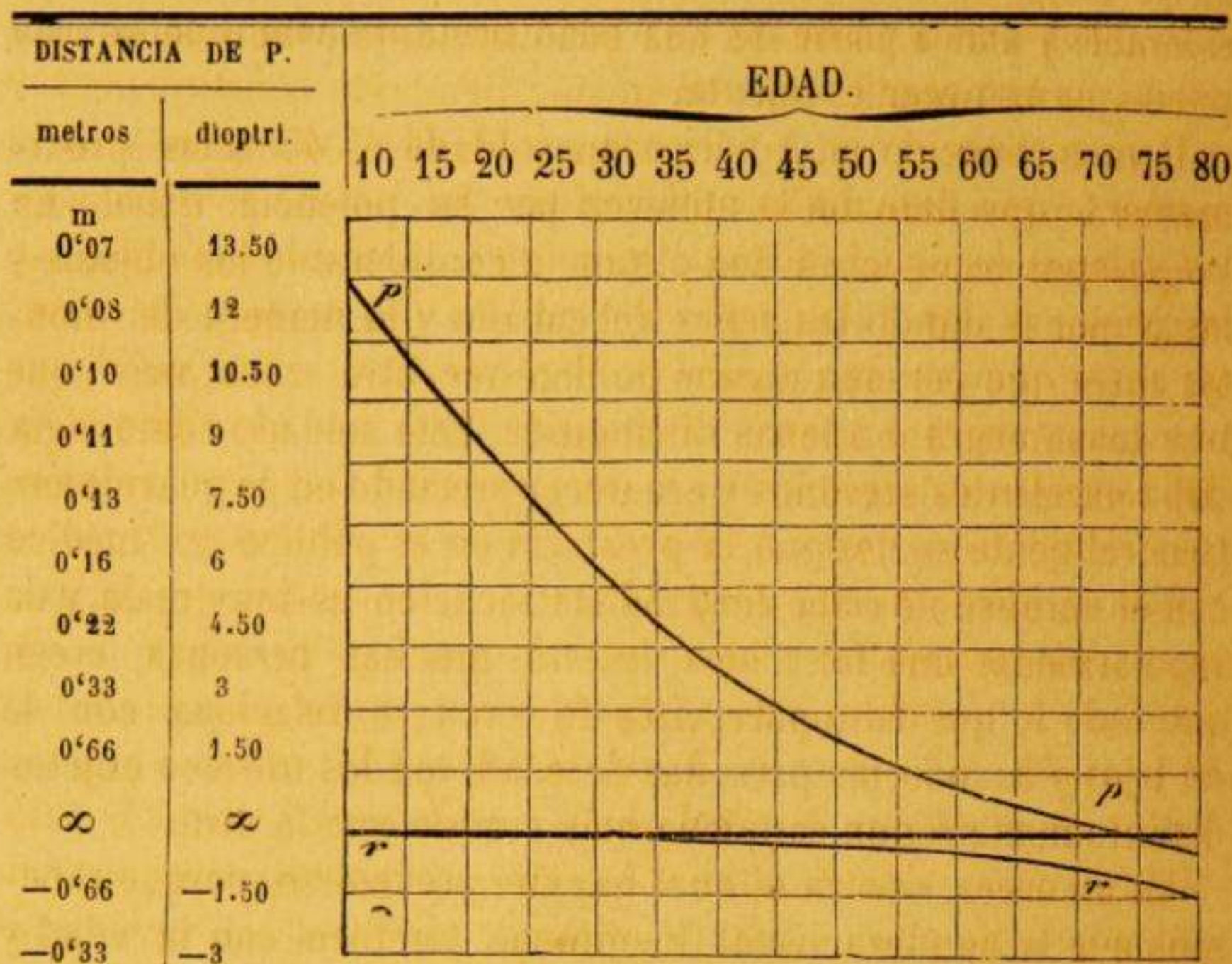
Con esto no se consigue una disminución del foco del sistema dióptrico, y si una determinada hipermetropía. En edad más avanzada, si la hipermetropía es muy frecuente puede atri-

buirse á los cambios sobrevenidos en la constitucion anatómica del ojo. No obstante se sabe que en la vejez, el cristalino se dirige hácia delante como el iris, esto hace disminuir la cámara anterior y una parecida desviacion hace producir todos los efectos de la miopía. Pero al mismo tiempo la constitucion íntima de la lente cambia, las capas periféricas hácese más densas y presentan menos diferencias con el núcleo. Thomas Young habia ya anunciado que ha sido plenamente demostrado por Senff Listing y otros en que una lente de la misma forma que el cristalino y de una densidad uniforme igual á la del núcleo tendria una distancia focal superior á la de otra lente cuya densidad iria decreciendo del centro á la periferia.

Este aumento de densidad de las capas corticales del cristalino está demostrado, dice Donders, por este hecho, que las imágenes reflejadas por la superficies anteriores y posteriores del cristalino hácese más distintas con la edad, distincion que es tanto más pronunciada cuanto las diferencias entre el coeficiente de refraccion de las capas externas del cristalino y del humor acuoso por una parte y del cuerpo vitreo por otra, son mayores. Los cambios que sobrevienen así en cierta edad, en la cápsula del cristalino deben sin duda tener una importancia en la formacion de las imágenes reflejadas. Las investigaciones anatómicas confirman estas experiencias y al mostrar el cristalino un poco aplastado indica la causa del aumento de su distancia focal.

b. Marcha.—El diagrama siguiente tomado del tratado de enfermedades de los ojos de Wecker, demuestra de una manera satisfactoria la marcha que sigue la amplitud de la acomodacion desde los diez años de edad hasta los ochenta. La curva *p p* indica á la vez la posicion del *punctum proximum* en las diferentes edades y la extencion de la acomodacion con el otro límite que está dado por la línea del *punctum remotum r r*.

La longitud de las líneas verticales comprendidas entre las dos líneas $p p r r$ representan esta extension de la acomodacion y



$$A = 13.8 \quad 11.7 \quad 10 \quad 8.5 \quad 7 \quad 5.3 \quad 4.6 \quad 3 \quad 2.5 \quad 2 \quad 1.7 \quad 1.5$$

Fig. 111.

comprende un determinado número de intervalos horizontales cuyo estrechamiento es de $\frac{1}{24}$ numeracion antigua ó de $1^{\text{D}}54$. Basta con multiplicar por $\frac{1}{24}$ ó $1^{\text{D}}54$ el número de espacios comprendidos entre las dos líneas gruesas curvas para tener en pulgadas ó en dióptrica la amplitud de la acomodacion correspondiente á cada edad. El cálculo ha sido hecho y en la parte inferior del cuadro se puede ver la amplitud de acomodacion que corresponde á cada edad.

La agudeza visual disminuye tambien gradualmente con la edad, puede verse en el cuadro anterior que esta agudeza siendo $\frac{22}{20}$ hasta los treinta años y declina á $\frac{18}{20}$ á los cuaren-

ta $\frac{12}{20}$ para los setenta y cinco y á $\frac{11}{20}$ para los ochenta, esto es la mitad del valor que corresponde á la juventud.

No basta disimular cuando existe diferencia individual considerable y aun á pesar de una edad bastante avanzada la vista puede permanecer excelente.

Hemos conocido en América un soldado de 45 años próximamente que llamaba la atención por su potencia visual. En las *pampas* reconocía á una distancia considerable los objetos y las personas dando las señas del caballo y la manera de montar antes que persona alguna pudiese ver otra cosa más que una masa negra ó apenas distinguida. Este soldado como vigía daba excelentes servicios y era muy apreciado en la guarnición. Generalmente se designa la presbicia en el público no médico con el nombre de *vista larga*. Esta locucion es muy mala y da regularmente una falsa idea interin muchas personas creen que todo lo que falta para vista de cerca se relaciona con la de lejos y cuando las personas de edad ven los mismos objetos distintamente á una distancia más grande que la otra.

Es un error, contra el cual hay que prevenirse, porque sabemos que la agudeza visual disminuye tambien con la edad y cuando una persona de edad nos dice para hacer elogio de su vista que distingue claramente tal ó cual objeto á tal distancia, debemos terminar sencillamente con que su agudeza no se ha disminuido y veremos que no pasa de los límites de una excelente vision ordinaria. Si la misma persona ve distintamente de cerca y de lejos, es que existe en ella un grado débil de miopía.

La vista larga es, pues, más bien corta, ó más corta pues que su alcance se extienda entre dos puntos menos lejanos que antes el uno del otro. En la miopía es más manifiesta porque el *punctum remotum* queda fijo ó casi fijo mientras que el *punctum proximum* se aleja. El individuo atacado de miopía débil tendrá necesidad en cierta edad de lentes convexas para atraer su *punctum proximum* á 8 pulgadas, cuando su acomodacion no

baste ya será también presbita pero no tendrá de ninguna manera una *vista larga*.

Cualquiera que sea el estado de la refracción del ojo, su poder de acomodación disminuye y el punto *r* se aleja tanto más cuanto el individuo es más hipermetrope y tanto menos cuanto es más miope.

Se comprende fácilmente que si la miopía iguala á $\frac{1}{15}$ ó $\frac{1}{12}$, 2^o ó 3^o es decir que el *punctum remotum* está á 15 ó 12 pulgadas, 30 ó 40 centímetros, la abolición completa de la acomodación no tendrá otro efecto que el de retroceder á esta distancia el punto más cercano de la visión distinta, pero á poca que quede amplitud de acomodación el sujeto verá sin embargo á una distancia bastante poco alejada. Si la miopía es de $\frac{1}{8}$ ó 5^o y aun más, no habrá propiamente hablando presbiopía, al menos que todo poder de acomodación hubiese desaparecido, porque el *punctum proximum* no estará más de 8" del ojo, distancia á partir de la cual se cuenta la presbiopía. El individuo no tendrá necesidad de lentes convexas para ver de cerca y las lentes cóncavas para ver más allá de 8" serán determinadas para cada distancia de la manera que hemos indicado en el artículo de la *miopía*. En la afaquia en los casos de parálisis completa de la acomodación son rarísimos y la paresia es la que se observa más generalmente.

Con una disminución notable de su acomodación un individuo atacado de miopía débil no reclama nunca lentes para ver de cerca y como sobreviene en la vejez un ligero grado de hipermetropía el *punctum remotum* se aleja un poco y por consiguiente la visión se extiende un poco más lejos.

Como regla general puede decirse que la presbiopía en los miopes está disminuida en la cantidad que representa su miopía,

La figura 112 nos demuestra que á partir de diez años la amplitud de acomodación disminuye gradualmente sin detenerse. Es imposible el fijar un límite preciso á la presbiopía aun

recurriendo á la etimología de la palabra porque si se hace empezar este estado en el momento donde el ojo es *viejo* las dificultades serán las mismas toda vez que la palabra *viejo* no es más que relativa y por otro concepto las personas de una misma edad pueden gozar de vision bien diferente. En el ojo no hay razon para establecer una distincion entre el ojo presbita y el que no lo es. Es necesario fijar un límite artificial de convenion y decir que hasta aquí la acomodaciones normal y á partir de aquí es decir de la normal es donde se empieza á medir la amplitud.

Hemos visto que para una misma amplitud de acomodacion el *punctum proximum* y por consiguiente la distancia media de la vision distinta, va á una distancia muy variable segun el estado de refraccion del ojo. Es por lo tanto el mayor *acortamiento* de la acomodacion que debe servir de regla para medir la presbicia ó si se quiere mejor la situacion del *punctum proximum*. Siempre para ver una cantidad constante y aplicable á todos los casos, se ha tomado para cada edad en el emmétrpe la cantidad de acomodacion que le falta para traer á 8" el *punctum proximum* y se le ha llamado *presbicia* ó *presbiopia* esta cantidad ó este defecto de acomodacion. Esta determinacion ha sido hecha tomando el término medio de un gran número de observaciones. La experiencia tiene demostrado que la *presbicia* sigue la misma marcha á pesar de los estados diferentes de la refraccion (exceptuamos los estados patológicos característicos) bastara por lo tanto para un caso cualquiera de ametropía con presbiopía agregando aquí la ametropía con los signos que le corresponden y que es como se sabe positivo para la hipermetropía y negativo para la miopía. Insistiremos sobre este punto á propósito del tratamiento de la presbiopía, pero se comprenderá ya que en este caso el hipermétrope deberá llevar más tarde lentes convexas que el emmétrpe y con más razon que el miope.

Las condiciones sociales de la vida nos obligan á relacionar-

nos con los objetos los cuales sus distancias están en proporción con la agudeza visual y la distancia de la visión distinta del ojo normal. Es así que los caracteres de imprenta tienen un tamaño medio que varía muy poco tanto para el libro como para los periódicos. Se observa la misma regla para la producción de las artes ó de la industria que debe ser visto ó ejecutado sin auxilio de instrumentos amplificadores. En tanto que el ojo puede ver claramente estos objetos á una distancia de 8 pulgadas ó 21 centímetros, los detalles aun los más finos no deben escapar, porque estos darán sobre la retina una imagen suficientemente grande, pero desde que esta distancia aumenta la imagen retiniana disminuye y llega un momento donde no puede ser percibida. Por esta razón es que los miopes buscan los pequeños caracteres de imprenta, los pequeños objetos por poderlos aproximar suficientemente para tener aun grandes imágenes retinianas que son más claras por entrañarle así la convergencia y el estrechamiento de la pupila y por consiguiente la disminución de extensión de los círculos de difusión que forman estas imágenes.

Hemos visto el estado de las cosas que hemos invocado para explicar los cambios de refracción del ojo presbita; veamos entretanto que es lo mejor y más importante para la disminución de la amplitud de acomodación, que constituye propiamente hablando la presbiopía y lo que es una consecuencia de la edad.

La disminución del poder de acomodación es atribuida á una disminución de energía del músculo de Brücke porque la actividad funcional lejos de debilitar un músculo acrece, por el contrario su potencia ó al ménos la sostiene igual y la debilidad se adquiere cuando no funciona. Desde luego hay que hacer excepción para el músculo ciliar sobre todo en una época donde el sistema muscular está más en acción. Más tarde puede en rigor admitir esta hipótesis por un determinado grado de debilidad separadamente de todos los órganos, pero lo que

es más importante aun son los cambios de curvatura y la misma contraccion muscular no es suficiente para producir idéntico efecto.

Síntomas.—La presbicia no empieza sino poco á poco. El primer síntoma que se presenta está caracterizado por una fatiga que sobreviene con rapidez cuando el individuo quiere leer, por la tarde los caractéres finos, sobre todo cuando la acomodacion se encuentra fatigada durante el dia por el mucho trabajo. Busca más claridad á fin de estrechar su pupila y aleja un poco más el libro, pero bien pronto á esta distancia los caractéres finos no pueden ser leidos y necesita imperiosamente el uso de lentes. Estos mismos caractéres pueden no obstante ser leidos aun á la luz del dia, pero desde el momento que pasa algun tiempo esto se hace imposible y este síntoma sirve como de base para el diagnóstico. Una série de fenómenos sucesivos podran servir para aclararlo en los jóvenes á la edad de los treinta y cinco años, porque pueden ser tambien signos de la astenopía ó de la ambliopía, por consecuencia de la hipermetropía, del astigmatismo de la insuficiencia muscular ó de otro estado anormal ó patológico de la refraccion ó de la acomodacion. Algunas veces tambien la necesidad de lentes no se hace sentir sino mucho tiempo despues aun para los emmétropes y hay en este caso grandes diferencias individuales. Hasta la edad de cuarenta y cinco años es por lo regular cuando empieza la presbiopía en los individuos emmétropes. En los miopes y los hipermétropes no es lo mismo y lo que hemos dicho en el capítulo anterior nos dispensa insistir más aquí.

§ 2.—TRATAMIENTO DE LA PRESBIOPIA.

Se ha tomado como límite inicial de la presbiopía la distancia de 8" ó 21 centímetros para el *punctum proximum*: esto no quiere decir que el uso de lentes sea indispensable ni útil cuando el punto *p* está á esta distancia ó esté muy alejado atendien-

do que esto no es excepcional el que apliquemos nuestra atención también para cerca. Siempre será conveniente tener una distancia determinada que sirva de punto de partida para la presbiopía que nos sirve para fijar el grado y el poder que necesita la corrección desde 8" al punto p . En las circunstancias de la vida para leer, escribir, dibujar etc., tenemos los objetos á unas 12" ó 0^m 32^c de los ojos, pero es claro que si nuestro *punctum proximum* está en este punto estaremos obligados á emplear constantemente toda nuestra amplitud de acomodación y no tardaremos en fatigarnos. Es por esto por lo que nosotros llevamos p á 8", para leer á 12" solamente y á 6" para nuestras ocupaciones según estas obligan. El tratamiento de la presbiopía no tiene otro objeto. Veamos ahora el determinar el grado de esta anomalía de la acomodación é indicaremos en seguida lo que conviene corregir en la práctica.

Hemos dicho más arriba que el esfuerzo de acomodación necesariamente puede llevar el punto p . á p' siendo equivalente á una lente positiva expresada por la diferencia de acomodación para los puntos p y p' . Esto es por lo tanto una fracción resultante de la sustracción de otras dos fracciones que tengan por denominador las distancias p y p' y por numerador la unidad, no es otra cosa que la fórmula de la amplitud de la acomodación modificada.

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{P} - \frac{1}{P'}$$

En la cual p' ó $\frac{1}{P'}$ es la distancia á la cual quiere verse, es decir á 8" ó $\frac{1}{8}$; p ó $\frac{1}{P}$ la distancia á la cual se ve: y $\frac{1}{A}$ la amplitud de acomodación ó sobre todo el esfuerzo de acomodación que será necesario para ver á 8", los rayos que partan de p ; esfuerzo muscular que aquí es reemplazado por la lente $\frac{1}{A}$ y que

representa el grado de presbiopía. Si llamamos n la distancia á la cual se ve tendremos para la presbiopía

$$Pr = \frac{1}{8} - \frac{1}{n}$$

Si $n = 16''$ ó 16 cent. la lente correctora será :

$$\frac{1}{8} - \frac{1}{16} = \frac{1}{16}$$

es decir, una lente convexa desde 16'' ó de 16 cént. de foco, sea 2^o, 31 ó 6^o, segun que $\frac{1}{16}$ representa las pulgadas ó centímetros. Si $n = 16''$ la lente correctora será

$$\frac{1}{8} - \frac{1}{12} = \frac{1}{24}$$

quiere decir una lente convexa de 24'' de foco.

En dióptrica, 8'' corresponde á 216 milímetros sea $1000/216 = 4^o62$, y si n se expresa en milímetros tendremos para la distancia á la cual el individuo ve $\frac{1000}{n}$. La sustraccion de estas dos relaciones darán en dióptrica el grado de presbiopia. En el primer ejemplo indicado en que $n = 16''$ ó 432^{mm}, se tendrá.

$$Pr = \frac{1000}{216} - \frac{1000}{432} = 2^o31$$

En el segundo ejemplo, $n = 12''$ ó 324^{mm} tendremos.

$$Pr = \frac{1000}{216} - \frac{1000}{324} = 2^o54$$

Esta determinación de la presbiopia tal cual la hemos acabado de indicar es exacta, pero en la práctica se presentan casos en loscuales nos vemos obligados á llevar á 8'' ó más aca el

punctum proximum mientras que en otros la distancia de 12 ó 14 pulgadas es suficiente, esto varia con la naturaleza de las ocupaciones y la amplitud de la acomodacion. No es esto todo. El estado emmétrico, miope ó hipermetrope del ojo presbita es de gran importancia y se puede decir que á pesar de la influencia de la edad casi igual en todos los individuos bueno será dar una tabla fija de presbiopes conveniente á todo el mundo. Para el ojo emmétrico se ha buscado empíricamente el número de las lentes convexas que convienen á las diferentes edades y si se consulta las obras de los autores se encontrara grandes diferencias. La tabla siguiente dará una idea aproximada.

PRESBIOPIA SEGUN LAS DIFERENTES EDADES.

SEGUN MACKENZIE.			SEGUN DONDERS.		
EDAD.	LONGITUD FOCAL DE LAS LENTES.		EDAD.	LONGITUD FOCAL DE LAS LENTES.	
	Pulgadas.	Dióptrica.		Pulgadas.	Dióptrica.
40 años.	36	1	48 años.	60	0.50
45 —	30	1.25	50 —	40	0.75
50 —	24	1.50	55 —	30	1.25
55 —	20	1.75	58 —	22	1.75
58 —	18	2	60 —	18	2
60 —	16	2.25	62 —	14	2.50
65 —	14	2.50	65 —	13	2.75
70 —	12	3	70 —	10	3.50
75 —	10	3.50	75 —	9	4
80 —	9	4	78 —	8	4.50
85 —	8	4.50	80 —	7	5
90 —	7	5			
100 —	6	6			

No obstante se vé que la diferencia no existe más que para los números débiles y que á partir de 60 á 65 años las dos tablas son muy parecidas. Conocido el grado de la ametropía basta con agregar el valor á los números precedentes, si se trata de hipermetropía ó de estrechamiento, si es cuestion de miopía: pero todo esto no dá más que una aproximacion y no es raro que esto se pueda sostener. Por otro concepto la investigacion del grado de hipermetropía está tan distante como la de la presbiopía y no ofrece muchas ventajas en los casos ordinarios.

El medio práctico con el cual las influencias de ametropía, de convergencia, de accion binocular, etc., se encuentran neutralizadas, se consigue fácilmente; se empieza por números débiles con algunas lentes en que el individuo ve distintamente y sin fatiga á la distancia ordinaria de sus ocupaciones características, con relacion con los objetos de su trabajo: si el individuo no hace más que leer y escribir, se empezará por ensayar los números 5 ó 6 de Jaeger ó los números 0^m80 ó 1 de la escala de Snellen, si ejerce su vision para objetos finos como son los relojeros, grabadores, etc., se pondrá los números 1 ó 2 de Jaeger ó 0^m50 de Snellen. Es necesario buscar en otros casos en qué extension de letras son estas vistas claramente, es decir, medir el poder de acomodacion. En efecto, con una misma amplitud, el objeto será visto distintamente tanto más cerca cuanto que la lente convexa sea más fuerte, pero esto será en detrimento de una distancia más larga y es de gran interés el no alejar el punto de la vision distinta y permitir que el ojo vea aun los pequeños objetos á una gran distancia. Esto será determinado en los emmétropes por el número de la lente, porque se sabe que los rayos luminosos parten de su foco llegando paralelos al ojo mientras que aquellos que vienen de un punto más lejano serán convergentes y la acomodacion se encargará de formar en la retina los focos del punto situado más ó ménos de acá segun que sea más ó ménos enér-

gica. Pero esta función disminuye energía con la edad y llega un momento donde el objeto no será visto más allá de la distancia de las lentes. Por lo demás, las lentes convexas conducen una miopía artificial cuyos grados están expresados por el número; es evidente que esta distancia hará el *punctum remotum* del ojo armado de lente y la acomodación empezará á ejercerse á partir de esta distancia.

La tabla siguiente indica la amplitud de acomodación en las diferentes edades, y por consiguiente, la distancia del *punctum proximum* absoluto, así como los números de las lentes necesarias para ver sin fatiga á doce ó catorce pulgadas, pero permite no obstante el ver á ocho ó diez pulgadas empleando toda la acomodación. Si se desea encontrar una lente necesaria para ver á una distancia más cerca se hará el cálculo que ya hemos indicado.

EDAD.	NÚMERO de lentes correctoras.		CAMPO DE LA ACOMODACION con lentes correctoras.		Amplitud de acomodación y distancia de p. en las diferentes edades.	
	En pulgadas.	En dióptrica.	En pulgadas.	En metros.	En pulgadas.	En Dióptrica
48 años	60	0.50	de 60 á 10	de 1.62 á 0.27	1/12	3
50 —	40	0.75	— 40—10	— 1.08 —0.27	1/13	2.75
54 —	30	1.25	— 30—10	— 0.81 —0.27	1/15	2.50
60 —	22	1.50	— 22—10	— 0.60 —0.27	1/18	2
65 —	13	2.75	— 13—10	— 0.36 —0.27	1/48	0.75
70 —	11	3.50	— 11—10	— 0.30 —0.27	1/96	0.25
75 —	9	4	— 10—9	— 0.24 —0.24	0	0
78 —	8	4.50	— 8—8	— 0.21 —0.21	0	0
80 —	7	5	— 7—7	— 0.21 —0.21	0	0
90 —	7	5	— 7—7	— 0.21 —0.21	0	0

Si la agudeza visual esta disminuida ó la pequeñez de los objetos obligan acercárselos para ver con claridad, es necesario emplear lentes convexas más fuertes; para el caso opuesto, hácese todo lo contrario. Resulta del exámen de la tabla indicada que las lentes convexas amenazan una miopía artificial medida por el número de lentes correspondiente á cada edad, los miopes de este grado y con su acomodacion normal no tendrá necesidad de lentes hasta la edad que corresponde á este número, así, que un individuo afecto de $M=1/60$ no tendrá necesidad de lentes hasta los 48 años: otro caso como $M=1/18$ no lo necesitará hasta los 60 y $M=1/10$ hasta los 70. Pero si la acomodacion está disminuida ó estos individuos trabajan en objetos finos ó delicados, necesitarán emplear lentes convexas un poco más fuertes.

Una debilidad del organismo resultado de una enfermedad ó de una caquexia, un principio de catarata, un glaucoma simple son otras tantas causas de presbiopía prematura, y todas las veces que un individuo relativamente jóven se queje de no poder ver de cerca deberá fijar su atencion sobre las causas que acabamos de apuntar y examinar su ojo bajo este punto de vista.

Es inútil el indicar que las lentes empleadas en la presbiopía no sirven para ver de lejos. Sus ejes estarán dirigidos paralelamente á las líneas visuales en la vision de cerca, es decir, convergentes por delante é inclinadas hacia abajo. La reparacion de los centros de las lentes será muy poco considerable de manera que la línea visual no atraviesa más que la mitad externa de la lente. Esta última condicion es muy importante y todas las personas que se sirven de lentes parecidas saben apreciarla. Todas las monturas en \approx destinadas á llevar lentes convexas para ver de cerca deberán tener los anillos muy próximos, pero puede esto remediarse muy fácilmente descen-trando las lentes por delante así como lo hemos indicado ya en otra ocasion análoga al hablar de las monturas. Cuando la agu-

deza visual está muy disminuida, cuando las letras ó los detalles finos se escapan á la vision, las lentes convexas son á veces insuficientes y conviene desde luego servirse de una lente solo para leer (*reading-glasses*) que aumenta el ángulo visual y comunica á los rayos que vienen de determinado punto una direccion tal que parecen venir de punto más lejano. Así los miopes no pueden servirse de estas lentes sino cuando tienen que aproximarse objetos mas acá del punctum remotum, la imágen virtual se aleja al mismo tiempo que acorta la distancia que separa el objeto de la lente. Cuando esta distancia es igual á la distancia focal de este último los rayos parecen venir del infinito y el ojo debe relajar completamente su acomodacion.

Las lentes destinadas á ver durante un tiempo dado ciertos detalles, como objetos de arte, por ejemplo, pueden ser redondas acromáticas ó no y de 15 ó 20 centímetros de foco. Las lentes empleadas para la lectura son con frecuencia cortadas en forma de rectángulos cuya gran base es paralela á las líneas de escritura; pero estos instrumentos desde que tienen que servir para ciertas dimensiones, tiene el inconveniente de formar imágenes periféricas á causa de su aberracion de esfericidad. Es preferible entonces el sustituirle con lentes convexas bicilíndricas de la misma forma y por lo tanto los ejes están colocados perpendicularmente el uno al otro. La accion dióptrica de estas lentes es casi igual á la de las lentes esféricas pero presentan más ventaja que el campo de la vision distinta es más extenso y en una direccion perpendicular al eje de la superficie que mira al ojo, de suerte que tomando hácia el libro la cara de la lente cuando el eje es horizontal, se tendrá para leer una imágen clara, extensa en este sentido, sobre un espacio bien amplio que abarcará un gran número de renglones. Se ha creído y aun se cree que el empleo de las lentes convexas muy fuertes, fatiga inútilmente los ojos. Esta creencia popular hacen que retarden el uso de las lentes para lo cual no hay fundamento sino por el contrario peligro pues esta fatiga ó moles-

tia moderada é inútil de la acomodacion, puede traer consecuencias fatales. Cualquiera que sea la edad del individuo (sea hipermetrope, por ejemplo) debe emplear lentes positivas desde que la necesidad se haga sentir para distinguir con claridad y al mismo tiempo bastante largo para ver las letras y los pequeños objetos á una distancia de 20 ó 30 centímetros. Las personas que se quejan empiezan por poco y no encuentran lentes bastante fuertes más adelante y solo su acomodacion por medio de lentes convenientes es como puede mejorarse, no tienen nunca necesidad de lentes fuertes como los otros y tendrán la ventaja de ver siempre distintamente.

De cómo obran las lentes convexas en la presbiopia lo creemos inútil de repetir despues las explicaciones que en otro lugar hemos dado. Bastando con decir que acercando el punctum remotum se produce una miopia artificial que obra sobre el punctum proximum. La accion convergente reemplaza el déficit de acomodacion del ojo presbiope y separa el *acortamiento* por parte del individuo.

Si este es emmetrope, verá sin lentes desde el infinito hasta su punctum proximum absoluto p y despues el foco de sus lentes hasta su punctum próximo relativo p' con lentes. Así que en la última tabla se observa que á los cuarenta y ocho años la amplitud de acomodacion es igual $\frac{1}{12}$ ó 3^{D} . El individuo vé por lo tanto distintamente sin lentes desde ∞ hasta $12''$ de su ojo ó $0^{\text{m}}32$. Si se sirve de lentes de $\frac{1}{60}$ ó $0^{\text{D}}50$ su punctum remotum relativo p' será á $60''$ ó $1^{\text{m}}62$ y empleando toda su acomodacion, es decir, $\frac{1}{12}$ ó 3^{D} y verá hasta $10''$ porque

$$\frac{1}{12} + \frac{1}{60} - \frac{1}{10} = 10''$$

ó en dióptrica

$$3^{\text{D}} + 0^{\text{D}}50 = 3^{\text{D}}50 = 0^{\text{m}}28$$

El mismo razonamiento y el mismo cálculo se aplicará para los otros casos, pero lo repetiremos, la presbiopia presenta grandes diferencias individuales y en la mayor parte de los casos, tanto á causas de las ocupaciones especiales de los individuos como la ametropía que pueden existir simultáneamente, entonces el número necesario no es el dado por la tabla y conviene siempre examinar desde luego el estado de refraccion más la distancia á la cual el individuo puede leer ó trabajar sin fatiga con lentes. Es necesario siempre empezar por números muy débiles á fin que la acomodacion no pierda su energía por falta de uso.

A partir de los 70 ó 75 años por el punctum proximum está en el infinito, pero se desarrolla una ligera hipermetropía igual precisamente al grado de potencia de acomodacion que subsiste aun y que es empleada desde luego para percibir rayos paralelos.

Por esta razon es que á partir de esta edad son necesarias las lentes de foco de 7 á 8 pulgadas y que reemplazan casi por completo el esfuerzo de acomodacion necesario para ver á esta distancia. Como existe una ligera hipermetropía los rayos luminosos parten de puntos poco lejanos del foco de las lentes, sea de acá sea de allá, y forman sobre la retina pequeños círculos de difusion que en nada alteran la sensibilidad ni la claridad de las imágenes, la vision distinta existe aun en una extension de algunos centímetros, como lo hemos indicado en la tabla.

APÉNDICE

DE LA AMAUROSIS Y DE LA AMBLIOPÍA SIMULADA.

Después de describir los defectos de refracción y las anomalías á que puede atender el arte con socorros útiles nos es indispensable el dar algunas nociones sobre la simulación en determinadas afecciones, tanto más cuanto que no es necesario ser médico y aun menos especialista para conocer el engaño, sucede á menudo que individuos afectan padecer tal ó cual afección á fin de librarse del servicio de las armas ó para abusar y entrar en los hospitales públicos.

Otras veces son obreros víctimas de un accidente en los talleres ó en los caminos de hierro que apelan á este recurso para exigir una indemnización ó pensión, etc. Tan injusto como cruel es cuando estas justas reclamaciones no son atendidas, como infame es cuando se pretende por un impostor y la ciencia es la que tiene que resolver estos casos tan graves de simulación.

Pueden presentarse diferentes casos: 1.º El individuo puede quejarse de una disminución de la vista ó de abolición de la función visual de ambos lados; 2.º Estos síntomas no pueden ser más que para un solo ojo: Examinemos cada caso en particular.

En todos los casos es necesario empezar por examinar los ojos á la iluminación oblicua á fin de asegurarse que no existe nada en la córnea ó en el cristalino que pudiera interceptar los rayos luminosos. Después de esto se procederá al examen oftalmoscópico. Si estos dos medios de investigación dan un resultado negativo y el enfermo tiene interés en engañarnos deberemos tener una gran reserva para indicarlo, sobre todo si

el conmemorativo no nos hace creer ó suponer una ambliopía tóxica *sine materia* como se observa á menudo en aquellos que hacen abusos del tabaco ó de los alcohólicos. Es raro, que el individuo acuse una ceguera completa. En este caso hay muchos medios de reconocerlo si esto es así, el primero que es de un empleo vulgar consiste en aproximar fuertemente la mano al ojo del individuo como si quisiéramos pegarle, si vé, hará involuntariamente un movimiento de oclusion de los párpados como para defenderse del golpe. No obstante con el ejercicio puede llegarse á conservar una inamovilidad absoluta en los párpados de modo que este medio es á menudo imperfecto é insuficiente y tiene siempre algun valor siquiera por su sencillez.

El medio segundo consiste en proyectar sobre el ojo del individuo encerrado en la cámara oscura, la luz de una lámpara por medio de una lente convergente de dos ó tres pulgadas de foco: si el iris se contrae, la sensibilidad retiniana se conserva y la vision no está abolida por completo: si la pupila permanece dilatada fuerza es asegurarse no sea que hayan hecho uso de la atropina y en el caso de no haberla usado y convencido de ello puede creerse que en efecto existe la ceguera.

Si el individuo no se queja más que de una disminucion de la agudeza visual y el exámen á la luz oblicua ó con el oftalmoscopio nada revela es preciso interrogarse á cuál de las intoxicaciones pertenecen para al exámen del estado de la refraccion sea por medio del oftalmoscopio de refraccion si se tiene bastante hábito para ello ó por medio de la lente de ensayo ó del optómetro del Dr. Badal.

Si ninguna lente mejora la vision y el oftalmoscopio acusa que el ojo es emmétrope es casi imposible el decir si la ambliopía es real ó simulada, pero en todos los casos no debemos partirnos de ligero y reservar nuestro juicio.

2.º El enfermo se queja de no ver más que de una manera imperfecta ó de solo un ojo y el otro es totalmente ciego. Pa-

ra esto tenemos dos medios de comprobarlo si bien es muy raro descubrir inmediatamente la verdad. Si el individuo acusa una ambliopía que no mejora por el empleo de lentes cóncavas ó convexas ó cilíndricas y que no explica ninguna lesión aparente externa ó interna (manchas en la córnea, alteraciones del humor acuoso del cristalino ó del cuerpo vítreo, hemorragias retinianas, atrofia del nervio óptico, retinitis, etc.), se colocará un carton blanco de estereoscopio sobre el cual se dispondrá á 3 centímetros próximamente de las líneas verticales dos letras ó pequeños pedazos de papel de diferentes colores de 1 centímetro de longitud tal cual lo indican las figuras siguientes. El carton n.º 1 (fig 113) deberá dar en el estereóscopo, si la vision binocular existe, el aspecto que representa el n.º 2 las dos letras estarán superpuestas más ó ménos exactamente segun el grado de convergencia del individuo; si este dice que no ve más que una letra se le obligará á indicarla, pues si el individuo se queja de ambliopía del ojo derecho y dice ver solamente la letra B quedará denunciado con solo este hecho, pero si dice que ve la A se le hará una contra-prueba retirándole el carton y colocándose-lo del lado contrario, es decir, la letra A á la derecha y arriba la B á izquierda y abajo. La vision de las dos imágenes en el estereóscopo dará la misma disposicion que la anterior y si el enfermo persiste en su primera afirmacion la simulacion se-

rá descubierta atendiendo á que con el ojo derecho no puede ver la letra A. Esta experiencia dará siempre una seguridad absoluta, pero puede variarse reemplazando el carton anterior por otro sobre el cual estarán dispuestos á 2 centímetros del centro peque-

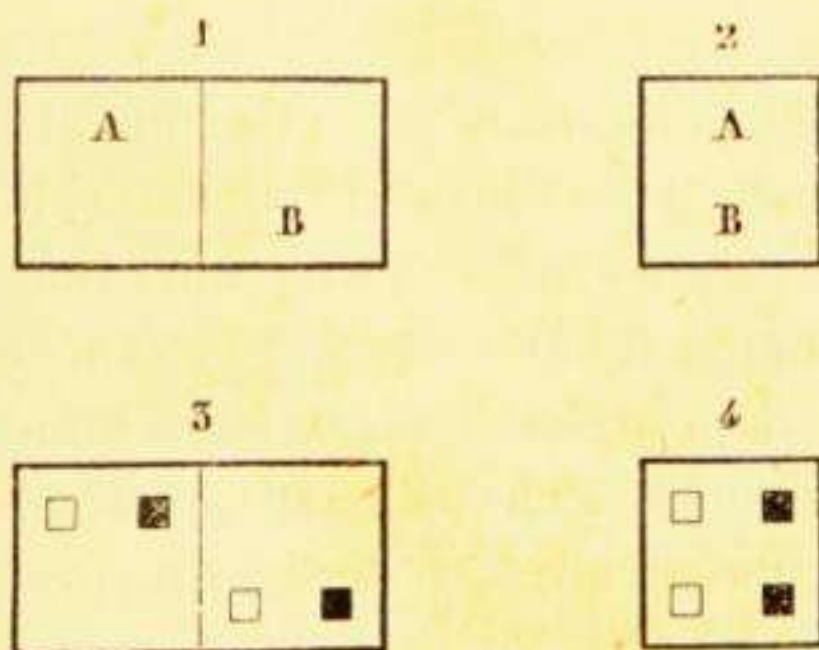


Fig. 113.

ños cuadrados de papel como indica el n.º 3 (fig. 113) los cua-

dros blancos de la figura son de rojos y los negros azules.

La imágen estereoscópica será la representada por el n.º 4 para la vision binocular, mientras que el n.º 3 será para el caso que el individuo vea con el ojo derecho ó izquierdo. Como nada indica la exploracion, es muy natural que diga que ve dos puntos superpuestos, dos rojos si se queja del ojo derecho y dos azules si del izquierdo. Tal contestacion basta para descubrir la simulacion atendiendo que con un solo ojo no puede ver dos puntos de un mismo color. Si responde de una manera exacta se puede variar la experiencia como la anterior cambiando la posicion de los pequeños cuadros coloreados de manera que dé siempre la misma imágen dispuesto tal cual lo indica la fig. 114, n.ºs 1 y 3.

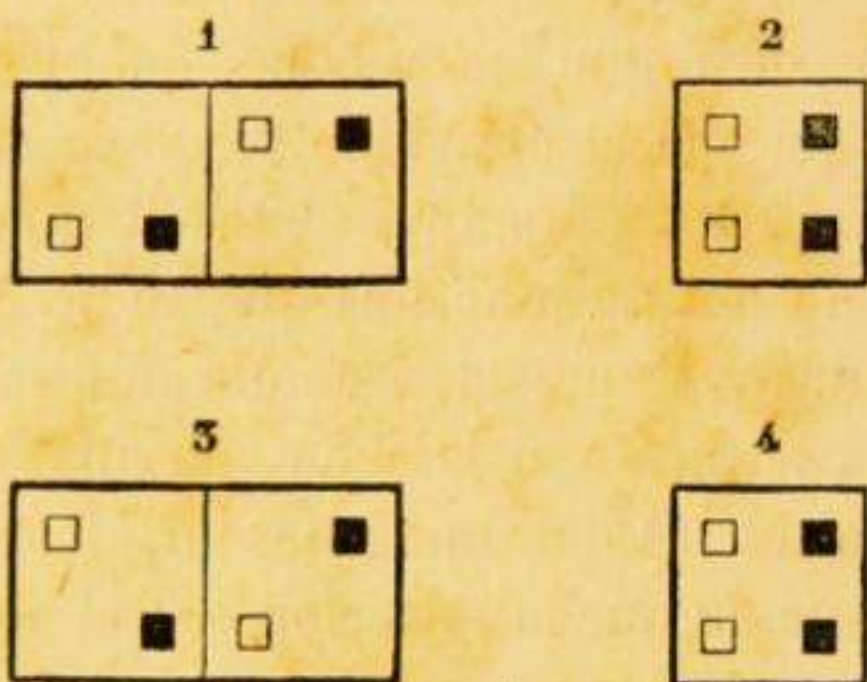


Fig. 114.

Las experiencias que acabamos de señalar tienen sobre todas las otras, la ventaja de una gran sencillez al mismo tiempo que una certeza absoluta. El estereóscopo que se fabrica hoy á bajo precio se encuentra en todas partes y nada es más fácil que el hacerse de los cartones. El estereóscopo puede servir aun

para descubrir de otra manera la amaurosis monolateral y basta para ello dos planos cortados uno rojo y otro azul por ejemplo sobre la misma línea horizontal en medio de un carton blanco de estereóscopo y á 2 centímetros de distancia el uno del otro, si la vision binocular existe, el individuo vé por la seccion, pero la de la derecha parecerá á izquierda é inversamente. Si por el contrario la vision está abolida en uno de los lados, el individuo no verá más que un plano dividido. En el caso de simulacion se le obligará á decir qué es lo que ve á la izquierda, si cierra el ojo derecho y recíprocamente y la falsedad será fácilmente descubierta.

Otro proceder igualmente sencillo para descubrir la ambliopía monocular, consiste en presentar inopinadamente al enfermo, delante del ojo sano en el cual se habrá colocado un prisma de 10° con la base mirando arriba ó abajo un carton sobre el cual se representa la figura 115, teniendo cuidado de advertirle que el exámen no tiene más objeto que el de medir la fuerza del ojo sano. De esta manera el individuo está más predisuesto á decir realmente lo que ve. Si la vision binocular existe el individuo verá dos puntos dispuestos sobre la misma línea vertical si dijera no ver más que una, se colocará en la montura de un lado una lente roja oscura y en el otro un prisma de 10 ó 12 grados con la base invertida y hácia fuera y se le hará fijar en una bujía encendida á una distancia de un metro. Si la funcion binocular existe el individuo verá dos bujías una roja y otra blanca si no causa más que la presencia de una que será casi siempre y la del lado del ojo sano que cree ver con este ojo, pero aquí la diplopia crece y será indudable el error y tal contestacion descubrirá tambien el engaño.



Fig. 115.

Será bueno agregar siempre que á una disminucion muy sensible de la agudeza visual de un lado es muy difícil de demostrar y que el médico estará lo más frecuente obligado á creer algo al enfermo á menos que sus contestaciones contradictorias, no hayan inspirado dudas suficientes justificadas, así para los casos de ambliopía monolateral parcial, las experiencias que acabamos de indicar son poco satisfactorias, pero tenemos á nuestra disposicion otro medio más sencillo que consiste en el empleo de las escalas de colores de Stilling que están construidas para poder servir para ello, sobre un fondo negro están representadas dos letras parecidas á la de la escala tipográfica de Snellen, etc., pero teñidas de rojo ó verde. La tabla se ilumina de modo que no reciba reflejo sobre el fondo negro si por ejemplo se hace uso

de la letra roja para el ojo sano con una lente teñida de verde toda percepción de las letras rojas será imposible con este ojo. Cuando el individuo continúa leyendo la tabla no procura hacerlo más que con este ojo que pretende ambliope y los caracteres más finos de que sea capaz de descifrar dará exactamente la medida de la agudeza visual del ojo ambliope y esto sin que el simulador dude del modo que lo hacemos para sorprenderlo.

Si la vision está abolida de un solo ojo esto será mucho más fácil de demostrar y en este caso, la experiencia con el estereoscopio será decisiva. No obstante hay otro medio que conviene conocer y que vamos á exponer. En primer lugar, la experiencia con el prisma de la manera que hemos expuesto con la proyeccion sobre el ojo amaurótico con un haz luminoso y estando el otro oculto con la mano. Si la pupila se contrae es que la retina está sensible y si no se contrae es que el ojo no ve ó que el sujeto está sometido á la atropina. Para distinguir si es así, se proyectará sobre el ojo supuesto de ceguera un haz luminoso y se examinará lo que pasa en el otro, garantizado de la luz por una pantalla ó por la mano. Si el primero vé, la excitacion luminosa de la retina provocará por simpatía, la contraccion del iris del segundo á pesar de la inmovilidad de la pupila del primero y la falta será así descubierta, si por el contrario, la pupila del segundo queda inmóvil, tendrá lugar ó hará creer la ceguera absoluta del primero.

Debemos decir que en un gran número de casos, la pupila puede ser inmovilizada sin que por ello la vision sea abolida y sin que se hayan administrado midriáticos.

Otro medio nos queda para reconocer la amaurosis monolateral simulada, esto es, el empleo del espejo del Dr. Flees modificado ó no. Este aparato tal cual se construye habitualmente se compone de una pequeña caja cuadrada ó rectangular de 12 centímetros de longitud por 3 de espesor y cuya figura 116 representa el corte horizontal. La pared anterior A B está provista de dos orificios O, O' distantes 6 centí-

metros unos de otros y por los cuales mira el individuo en experiencia. La pared posterior C D lleva en su parte media dos pequeños espejos planos $m n$, $m' n'$ formando ángulo entre ellos

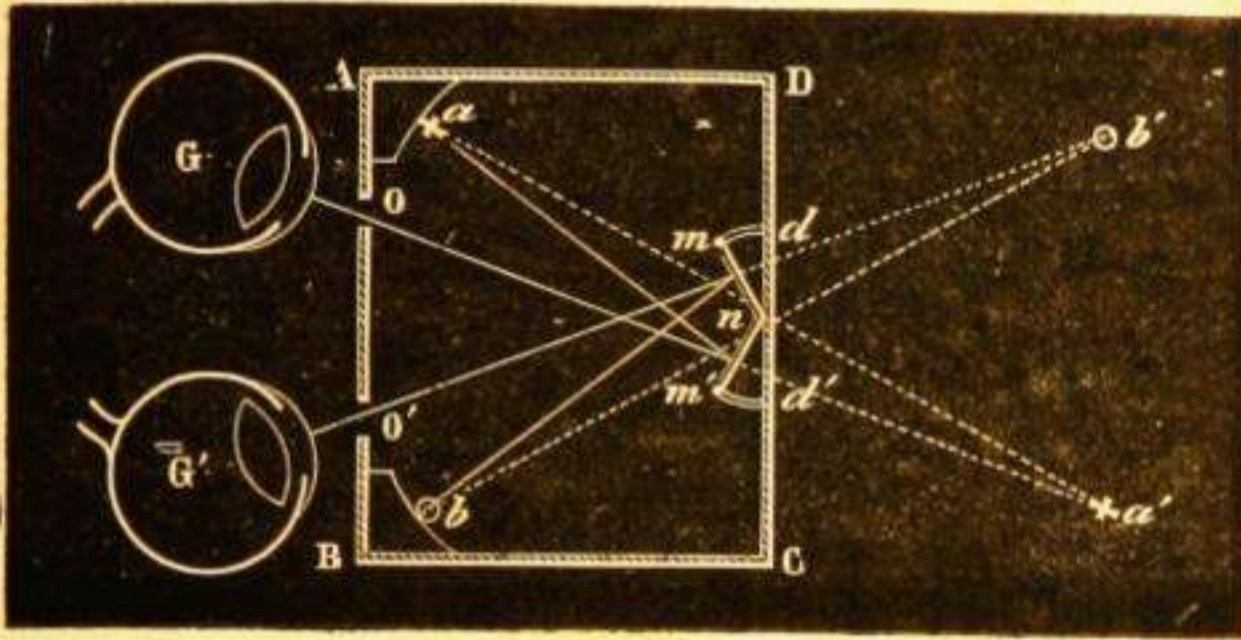


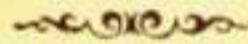
Fig. 116.

de 120° y sobre los cuales vienen á reflejar las imágenes de una pequeña cruz a y un circulito b dibujado en blanco sobre el plano interno de la caja en los ángulos cortados A y B, en el interior está ennegrecida y la cubierta armada de un cristal deslustrado. Si el observador aplica sus ojos á las aberturas O y O' ¿qué verá? La imagen de la cruz a se reflejará sobre el espejo $m' n$ é irá al ojo G siguiendo la dirección $n O$, de suerte que la imagen virtual de a se reproducirá en a'' como lo indica la construcción. La imagen del círculo b seguirá igualmente la reflexión sobre el espejo $m n$ y dará en b' la imagen virtual del punto b . El individuo creerá ver la cruz que está á la derecha con el ojo derecho y el círculo á izquierda con el ojo izquierdo de suerte que si pretende no ver con el ojo izquierdo dirá que no vé el círculo, si desea simular la amaurosis del ojo izquierdo acusará solamente la presencia de la cruz y en ambos casos la simulación será absolutamente demostrada.

Puede llegar el caso de que el individuo conozca el aparato. Para ello y á fin de evitar error modificamos el instrumento de la manera siguiente: colocamos los espejos en una armadura

móvil de cobre de suerte que pueda girar al rededor del punto n , es decir, perpendicularmente al espesor de la caja y segun la direccion del angulo $m n m'$. Los espejos pueden moverse de $m a d$ y de $m' a d'$ por medio de pequeños botones fijo en uno de sus angulos externos el cual pasa por la ranura $m d m' d'$, practicada sobre la cubierta y fondo de la caja. Si el espejo $m n$ permanece inclinado á 30° sobre el fondo $C D$ se hace mover el segundo de modo de acercarse á d' , la imágen del círculo b vendrá siempre á pintarse en el ojo G' pero la imágen de a no será percibida por el ojo G , é irá á pintarse en el ojo G' que percibirá las dos imágenes y ninguna si el ojo es amaurotico, de suerte que si el individuo responde desde luego que no ve más que una imágen, ya sea el círculo, ya la cruz, la simulacion será manifiesta. Puede repetirse la misma experien-
cia para el ojo izquierdo. Mas los movimientos combinados de los dos espejos producen efectos totalmente variados que es imposible de saber cuales son las imágenes percibidas por un ojo ó por otro si no se cierra uno de ellos. Este aparato así modificado permite de un modo absoluto conocer si existe ó no la amaurosis. En sus aplicaciones como en los diversos aparatos que anteriormente hemos descrito es necesario asegurarse que el enfermo mira bien con los dos ojos pues si cerrase por un momento el que dice es amaurotico debe percibirse del caso y nos sorprenderia. Es necesario tambien que la vision binocular exista porque en el estrabismo por ejemplo, estaríamos expuesto al mismo caso anterior pues haciendo abstraccion de las imágenes percibidas del ojo reconocido y hará incurrir al médico en el error. Por lo demás estos casos son raros, pues los enfermos de estrabismo casi nunca tienen necesidad de simular una amaurosis.

ÍNDICE.



	PÁG.
Introduccion.	IX

LIBRO PRIMERO.

PROLEGÓMENOS.

CAPÍTULO I.	§	1.—De la luz.	1
	§	2.—De la propagacion de la luz.. . . .	4
	§	3.—De la reflexion de la luz.—Espejos.	5
	§	4.—Espejos planos.	6
	§	5.—Espejos esféricos.	11
	§	6.—Efectos de los espejos esféricos convexos.	12
	§	7.—Efectos de los espejos esféricos cóncavos.	13
	§	8.—Efectos de los espejos no esféricos cóncavos y convexos.	20
CAPÍTULO II.	§	1.—Refraccion de la luz.	23
	§	2.—Leyes de la refraccion.	25
	§	3.—Refraccion á través de medios de superficies paralelas.	28
	§	4.—Refraccion á través de medios de caras no paralelas.	29
	§	5.—Descomposicion de la luz por los prismas.	31
CAPÍTULO III.	§	1.—De las lentes.	32
	§	2.—Lentes biconvexas.—Ejes.—Focos.. . . .	34
	§	3.—Formacion de las imágenes en las lentes biconvexas.	40
	§	4.—Lentes bi-cóncavas.—Focos.	44
	§	5.—Formacion de imágenes en las lentes bi-cóncavas.. . . .	45
	§	6.—De las lentes elipsoidales y cilindricas positivas y negativas.—Imágenes que dan.	47
	§	7.—Lente de Galileo.	53

LIBRO SEGUNDO.

CAPÍTULO I.	§ 1.—Anatomia y fisiología comparada del ojo.	55
	§ 2.—Del ojo humano.	59
	§ 3.—Marcha de los rayos luminoso en el ojo.. . . .	63
	§ 4.—Construccion de las imágenes retinianas.—Vision de los objetos.	67
CAPÍTULO II.	§ 1.—Oftalmoscopia.	72
	§ 2.—Emmetropía y Ametropía.	74
	§ 3.—Oftalmoscopios.	78
	§ 4.—Oftalmoscopios fijos.	85
	§ 5.—Modo de usar el oftalmoscopio.	98
	§ 6.—Exámen de la imagen recta.	100
	§ 7.—Exámen de la imagen invertida.	105
	§ 8.—Iluminacion del fondo del ojo.	108
	§ 9.—Exámen de la imagen retiniana.	112
	§ 10.—Resultados del exámen oftalmoscopio de los medios refringentes.	116
	§ 11.—Del fondo del ojo.	120
	1.º De la papila.	121
2.º De la retina.	125	
3.º La coroide.	128	
4.º La esclerótica.	128	
§ 12.—Del ojo artificial.	129	

LIBRO TERCERO.

ACOMODACION.

CAPÍTULO I.	§ 1.—De las condiciones de la vision directa.. . . .	135
	§ 2.—Existencia de la acomodacion.	136
	§ 3.—Del mecanismo de la acomodacion.	142
	§ 4.—Introduccion del sistema métrico en oftalmología.—Dióptrica.	146
	§ 5.—Amplitud de acomodacion. Punctum próximum y punctum remotum.	153
	§ 6.—Determinacion práctica del punctum próximum y del punctum remotum.—Optometria.	163
	§ 7.—Acortamiento de la acomodacion.	174

§ 8.—Punto y línea de acomodacion: distancia de la vista media.	181
CAPÍTULO II.— <i>Patología y fisiología de la acomodacion Midriáticos y Mióticos.</i>	
§ 1.—Sistema nervioso ciliar.—Sus funciones.	182
§ 2.—Accion de los midriáticos.	183
§ 3.—Accion de los mióticos.	185
§ 4.—Parálisis y paresia morbosas de la acomodacion.	190

LIBRO CUARTO.

OPTOMETRIA.

CAPÍTULO I.	
§ 1.—Determinacion práctica de la ametropía.	200
§ 2.—Exámen de la agudeza visual central.	205
§ 3.—Exámen de la vision periférica. Campo visual.	207
§ 4.—De la sensibilidad retiniana en general.—De la percepcion y de la proyeccion luminosa.	214
§ 5.—De la acromatopsia ó percepcion de los colores.—Del daltonismo ó acromatocopsia.	217
CAPÍTULO II.— <i>De las diversas clases de lentes y su influencia en la vision.</i>	
Consideraciones generales.	222
§ 1.—Lentes neutras ó conservas.	222
§ 2.—De las lentes lenticulares esféricas, cilindricas ó esfero-cilíndricas.—Facómetro.	226
§ 3.—De las lentes prismáticas.	237
§ 4.—Observaciones prácticas sobre la construccion y armadura de las lentes.	242
§ 5.—Influencia de las lentes sobre la vision.. . . .	248

LIBRO QUINTO.

ANOMALIAS DE LA REFRACCION Y DE LA ACOMODACION.

CAPÍTULO I.—*Hipermetropía.*

§ 1.—Definicion. — Historia. — Etiologia. — Division. — Síntomas de la hipermetropía.	261
§ 2.—Tratamiento de la hipermetropía.	268

§ 3.—Hipermetropía por ausencias ó luxacion del cristalino (Afakia).—Tratamiento.. . . .	271
§ 4.—Influencia del alejamiento y acortamiento de las lentes convexas del ojo sobre la vista. . . .	281
§ 5.—Discusion de la fórmula de los focos conjugados.—Aplicaciones prácticas.	287
CAPÍTULO II.—Miopia.	
§ 1.—Etiologia.—Síntomas.—Division.	300
§ 2.—Determinacion de la miopía.	308
§ 3.—Higiene y tratamiento propiamente dicho de la miopía.	315
CAPÍTULO III.—Astigmatismo.	
§ 1.—Definicion.—Etiologia.	325
§ 2.—Clasificacion.	330
§ 3.—Historia.—Síntomas.	333
§ 4.—Astigmómetros.	339
§ 5.—Tratamiento del astigmatismo.	355
§ 6.—Trasformacion de las lentes esfero cilíndricas en bicilíndricas y recíprocamente.	359
§ 7.—De los casos particulares donde las lentes cilíndricas convexas deben ser empleadas con preferencia á los cilindros cóncavos y recíprocamente.	364
§ 8.—Determinacion y empleo de las lentes cilíndricas para la vision de cerca y á diversas distancias.	366
CAPÍTULO IV.—Anisometropía ó diferencia de refraccion en los ojos.	
§ 1.—Definicion.—Vision de los anisometropes.	377
§ 2.—Accidentes que son consecuencia de anisometropía.	384
§ 3.—Tratamiento de la anisometropía.	385
CAPÍTULO V.—Anomalías de la acomodacion.	
De la presbiopia ó presbicia.—Introduccion.	390
§ 1.—Etiología marcha, síntomas de la presbiopia.	390
§ 2.—Tratamiento de la presbiopia.	399
Apéndice.—De la amaurosis y de la ambliopía simulada.	409

LA ANDALUCÍA MÉDICA.

REVISTA

MÉDICO-QUIRÚRGICA-FOTOGRAFICA Y DE CIENCIAS ACCESORIAS.

Y CON UNA REVISTA ESPECIAL DE ELECTROTERAPIA.

DIRECTOR

DR. D. RODOLFO DEL CASTILLO.

Se publica una vez al mes en cuaderno tamaño cuarto francés, con 40 páginas y grabados.

PRECIOS DE SUSCRICION.—En España un año, 22 rs.—Ultramar y Extranjero, un año, 32 rs.

Redaccion y Administracion, Arco Real, 5 Córdoba.

Esta publicacion, la más económica de las que ven la luz en España, regala á sus abonados todos los años una obra moderna de medicina, cuyo costo es próximamente el de la suscripcion. En el año 1881—VI de su publicacion—ha dado *La cirugía antiséptica de Lister* del Dr. Lucas Championnière, ilustrada con numerosos grabados.

Para los suscritores del año 1882 regalaremos un ejemplar de la obra, Estudio sobre la nutricion del ojo y sobre el empleo Terapéutico de la electricidad en algunas afecciones oculares, por el Dr. A. Boucheron.

Lecciones clínicas de Oftalmología, dadas en el Hospital de Burdeos por el Dr. G. Sous, vertidas al castellano por el Dr. D. Rodolfo del Castillo y Quartiellerz.—Esta obra contiene XVI lecciones.—Precio: 3 pesetas en toda España.

Tratado elemental de Oftalmoscopia optometría y refraccion ocular regida conforme al sistema métrico y con equivalencia á la pulgada de París por el Dr. D. En-

rique Armagnac vertida al castellano por el *Dr. D. Rodolfo del Castillo y Quartiellerz*. Esta obra consta de 500 páginas en un tomo 4.º español con 116 grabados intercalados en el texto.—Precio 6 pesetas en toda España.—La edicion francesa cuesta 7 francos 50 céntimos.

Apuntes de un viaje á Italia por el *Dr. D. Rodolfo del Castillo y Quartiellerz* con un prólogo del *Dr. D. Angel Pulido Fernandez*, un tomo 4.º español, 3 pesetas en toda España.

La cirujia antiséptica de Lister, por el *Dr. Justo Lucas Championnière*, médico del hospital Cochin, de la Maternidad y director del *Journal de médecine et de chirurgie pratiques*, etc., vertida al castellano de la segunda edicion francesa, por *D. Genaro La-Calle y Cantero*, Redactor de *La Andalucía Médica*, etc.

Esta obra consta de un tomo en 4.º español, con grabados intercalados en el texto.—Precio, 5 pesetas, y hállase de venta en Madrid, librería de *D. Carlos Bailly-Bailliere*, plaza Santa Ana, número 10.—En Córdoba, librería del *Diario*, calle San Fernando, número 34.—En Cádiz, librería gaditana de *D. José Vides*.

A los suscritores á LA ANDALUCÍA MÉDICA por un año, se les reparte gratis, por ser este uno de los regalos anuales que hace esta publicacion á sus abonados.

En la farmacia del *Dr. D. Manuel Marin*, Córdoba, Tendillas, 12, pueden encontrar los profesores todo el material para la cura de Lister.

De la Hemeralopia. Etiología, marcha, duracion, terminacion, diagnóstico, pronóstico y tratamiento, por el doctor

D. Rodolfo del Castillo y Quartiellerz.—Un folleto en 4.º español.—Precio: 2 pesetas en toda España.

De las heridas del ojo, por el Dr. F. de Arlt, vertido al castellano por el Dr. D. Rodolfo del Castillo y Quartiellerz.—Un tomo en 4.º español.—Precio: 4 pesetas en toda España.

Del protóxido de ázoe, como anestésico en las enfermedades oculares, por el Dr. D. Rodolfo del Castillo y Quartiellerz.—Un tomo en 4.º español con grabados intercalados en el texto.—Precio: 2 pesetas en toda España.

NOTA.—Todas las obras anunciadas hállanse de venta en Córdoba, librería del *Diario*; en Madrid, librería de D. Carlos Bailly-Bailliere.

Los suscritores á *La Andalucía Médica* pueden adquirirla con la baja del 50 por 100, franca de porte.



UNIVERSIDAD DE CADIZ



3740336168





