

mentar ó disminuir á voluntad la fuerza que lanza la arena al aire, según se disminuya ó aumente la tensión de la misma membrana. En el primer caso, ésta ejecutará, bajo la influencia de un sonido de la misma intensidad, movimientos vibratorios mucho más extensos que cuando se estire mucho. De esto se puede deducir que la presión más ó menos grande ejercida por el martillo sobre el tímpano, y por el estribo sobre la membrana de la ventana oval, tiene por objeto impedir que estas membranas vibren demasiado bajo la influencia de sonidos intensísimos sin por esto privarlas de la facultad de vibrar cuando las hiere un sonido débil. La presión ejercida sobre la membrana de la ventana oval se comunica también á la membrana de la ventana redonda, por intermedio del líquido que llena el oído interno; de lo que resulta que, en circunstancias comunes, los huesecillos del oído, apoyándose en las dos membranas á que están fijados, impiden á las vibraciones sonoras que llegan al nervio acústico de ser bastante intensas para perjudicar este delicado órgano.

La pérdida del martillo, del yunque y del hueso lenticular debilita el oído, pero no lo destruye: la del estribo, al contrario, causa la sordera, pues hallándose este hueso adherido á la membrana de la ventana oval, determina su caída la rotura de este tabique, y el líquido contenido en el vestíbulo se pierde, no pudiendo ya el nervio acústico desempeñar sus funciones.

§ 229. Vemos pues, que todas las partes que componen el oído externo y el oído medio sirven para perfeccionar la audición, sin que no obstante sean absolutamente necesarias al ejercicio de dicho sentido; por eso desaparecen gradualmente á medida que uno se aleja del hombre y estudia la estructura del oído en los animales cada vez menos elevados en la serie de los seres. En las aves no existe pabellón de la oreja. En los reptiles, falta también el conducto auditivo externo: el tímpano es externo, y se simplifica la estructura de la caja. Finalmente, en la mayor parte de los peces, no hay vestigio de oído externo ni de oído medio, y el aparato del oído sólo se compone de un vestíbulo membranoso con tres conductos semicirculares encima, provisto por debajo de un saquito que parece representar el caracol, y suspendido en la parte lateral de la gran cavidad craneana.

En los animales aun más inferiores, sucede lo mismo en cuanto al caracol y á los conductos semicirculares, partes cuyas funciones no conocemos bien<sup>1</sup>; pero el vestíbulo membranoso es un órga-

<sup>1</sup>Según los experimentos de Flourens, parece que la destrucción de los conductos semicirculares no destruye el oído, pero sí lo vuelve confuso y doloroso.

no que jamás falta en el oído: donde quiera que exista aparato auditivo, se encuentra un saquito membranoso lleno de líquido en el cual se termina el nervio acústico, siendo este vestíbulo instrumento indispensable para el ejercicio del sentido del oído. En los moluscos, se halla también reducido el oído á una vesiculilla colocada de cada lado del cerebro, conteniendo un líquido en el cual se hallan suspendidos corpúsculos sólidos que oscilan sin cesar y que pueden compararse á las concreciones pétreas ú *otolitos* del oído interno de los peces. En la mayor parte de los insectos, no se encuentra ningún vestigio de instrumento especial del oído, aunque estos animales no parece que son insensibles á los sonidos. En fin, en los zoófitos y otros animales de los más inferiores, parece que falta completamente este sentido.

## SENTIDO DE LA VISTA.

§ 230. La vista es una facultad que nos hace sensibles á la acción de la luz, y que nos hace conocer, por intermedio de este agente, la forma de los cuerpos, su color, tamaño y posición.

El aparato encargado de esta función se compone, en el hombre y en los animales que más se acercan á él, del nervio del segundo par, del ojo y de las diversas partes destinadas á proteger este órgano y á moverlo.

§ 231. **Estructura del ojo.** — El *globo del ojo*, del cual trataremos desde luego, es una esfera hueca un poco dilatada por delante y llena de humores más ó menos fluidos. Su envoltura exterior se compone de dos partes bien distintas: una blanca, opaca y fibrosa, llamada *esclerótica* (fig. 99, s); otra transparente y semejante á una lámina de cuerno, que por esta razón se llama la *córnea* (c). Ésta ocupa la parte de delante del ojo y se encuentra como engastada en una abertura circular de la esclerótica. Su superficie externa es más convexa que la de esta última membrana; se parece á un cristal de reloj de bolsillo que se aplicase sobre una esfera hueca saliendo algo de su superficie.

Á poca distancia y por detrás de la córnea, se encuentra, en el interior del ojo, un tabique membranoso (i) dispuesto transversalmente y fijado en el borde anterior de la esclerótica, al rededor de la córnea. Esta especie de diafragma, que varía de color en los diferentes individuos, se llama *iris* y presenta al medio una abertura circular llamada *pupila* (p). Distingúense en el tejido de este órgano fibras musculares que se dirigen irradiando del borde de la pupila hacia la esclerótica, y otras fibras de la misma



mentar ó disminuir á voluntad la fuerza que lanza la arena al aire, según se disminuya ó aumente la tensión de la misma membrana. En el primer caso, ésta ejecutará, bajo la influencia de un sonido de la misma intensidad, movimientos vibratorios mucho más extensos que cuando se estire mucho. De esto se puede deducir que la presión más ó menos grande ejercida por el martillo sobre el tímpano, y por el estribo sobre la membrana de la ventana oval, tiene por objeto impedir que estas membranas vibren demasiado bajo la influencia de sonidos intensísimos sin por esto privarlas de la facultad de vibrar cuando las hiere un sonido débil. La presión ejercida sobre la membrana de la ventana oval se comunica también á la membrana de la ventana redonda, por intermedio del líquido que llena el oído interno; de lo que resulta que, en circunstancias comunes, los huesecillos del oído, apoyándose en las dos membranas á que están fijados, impiden á las vibraciones sonoras que llegan al nervio acústico de ser bastante intensas para perjudicar este delicado órgano.

La pérdida del martillo, del yunque y del hueso lenticular debilita el oído, pero no lo destruye: la del estribo, al contrario, causa la sordera, pues hallándose este hueso adherido á la membrana de la ventana oval, determina su caída la rotura de este tabique, y el líquido contenido en el vestíbulo se pierde, no pudiendo ya el nervio acústico desempeñar sus funciones.

§ 229. Vemos pues, que todas las partes que componen el oído externo y el oído medio sirven para perfeccionar la audición, sin que no obstante sean absolutamente necesarias al ejercicio de dicho sentido; por eso desaparecen gradualmente á medida que uno se aleja del hombre y estudia la estructura del oído en los animales cada vez menos elevados en la serie de los seres. En las aves no existe pabellón de la oreja. En los reptiles, falta también el conducto auditivo externo: el tímpano es externo, y se simplifica la estructura de la caja. Finalmente, en la mayor parte de los peces, no hay vestigio de oído externo ni de oído medio, y el aparato del oído sólo se compone de un vestíbulo membranoso con tres conductos semicirculares encima, provisto por debajo de un saquito que parece representar el caracol, y suspendido en la parte lateral de la gran cavidad craneana.

En los animales aun más inferiores, sucede lo mismo en cuanto al caracol y á los conductos semicirculares, partes cuyas funciones no conocemos bien<sup>1</sup>; pero el vestíbulo membranoso es un órga-

<sup>1</sup>Según los experimentos de Flourens, parece que la destrucción de los conductos semicirculares no destruye el oído, pero sí lo vuelve confuso y doloroso.

no que jamás falta en el oído: donde quiera que exista aparato auditivo, se encuentra un saquito membranoso lleno de líquido en el cual se termina el nervio acústico, siendo este vestíbulo instrumento indispensable para el ejercicio del sentido del oído. En los moluscos, se halla también reducido el oído á una vesiculilla colocada de cada lado del cerebro, conteniendo un líquido en el cual se hallan suspendidos corpúsculos sólidos que oscilan sin cesar y que pueden compararse á las concreciones pétreas ú *otolitos* del oído interno de los peces. En la mayor parte de los insectos, no se encuentra ningún vestigio de instrumento especial del oído, aunque estos animales no parece que son insensibles á los sonidos. En fin, en los zoófitos y otros animales de los más inferiores, parece que falta completamente este sentido.

## SENTIDO DE LA VISTA.

§ 230. La vista es una facultad que nos hace sensibles á la acción de la luz, y que nos hace conocer, por intermedio de este agente, la forma de los cuerpos, su color, tamaño y posición.

El aparato encargado de esta función se compone, en el hombre y en los animales que más se acercan á él, del nervio del segundo par, del ojo y de las diversas partes destinadas á proteger este órgano y á moverlo.

§ 231. **Estructura del ojo.** — El *globo del ojo*, del cual trataremos desde luego, es una esfera hueca un poco dilatada por delante y llena de humores más ó menos fluidos. Su envoltura exterior se compone de dos partes bien distintas: una blanca, opaca y fibrosa, llamada *esclerótica* (fig. 99, s); otra transparente y semejante á una lámina de cuerno, que por esta razón se llama la *córnea* (c). Ésta ocupa la parte de delante del ojo y se encuentra como engastada en una abertura circular de la esclerótica. Su superficie externa es más convexa que la de esta última membrana; se parece á un cristal de reloj de bolsillo que se aplicase sobre una esfera hueca saliendo algo de su superficie.

Á poca distancia y por detrás de la córnea, se encuentra, en el interior del ojo, un tabique membranoso (i) dispuesto transversalmente y fijado en el borde anterior de la esclerótica, al rededor de la córnea. Esta especie de diafragma, que varía de color en los diferentes individuos, se llama *iris* y presenta al medio una abertura circular llamada *pupila* (p). Distingúense en el tejido de este órgano fibras musculares que se dirigen irradiando del borde de la pupila hacia la esclerótica, y otras fibras de la misma



naturaleza que son circulares y que rodean esta abertura como un anillo. Cuando las primeras se contraen, la pupila se dilata, y disminuye cuando las últimas funcionan.

El espacio comprendido entre la córnea y el iris constituye la cámara anterior del ojo (*ca*): comunica por la abertura de la pupila con la cámara posterior, cavidad situada detrás del iris, y está llena, lo mismo que esta última cámara, de *humor acuoso*, líquido muy transparente y compuesto de agua con un poco de albúmina en disolución y pequeña cantidad de las sales que se encuentran en todas las secreciones de la economía animal. Créese formado este humor por una membrana que se encuentra detrás del

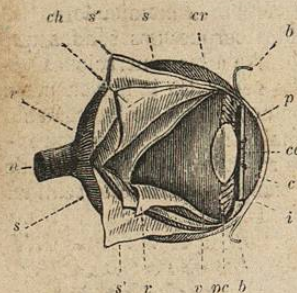


Fig. 99. — Globo del ojo<sup>1</sup>.

iris, y que presenta numerosos repliegues radiantes, llamados *procesos ciliares* (*pc*).

Casi inmediatamente detrás de la pupila, se encuentra una lente transparente llamada *crystalino* (*cr*): hállase contenida en una bolsa membranosa y diáfana (la *cápsula del cristalino*), y parece que es producto de una especie de secreción operada por ella, pues cuando se extrae del ojo de un animal vivo sin destruir su cápsula se ve que en seguida reemplaza un nuevo cristalino al anterior. Obsérvese también que este cuerpo se compone de numerosas capas concéntricas, cuya dureza va en aumento de la circunferencia hacia el centro, lo que se concilia perfectamente con lo que acabamos de decir sobre su modo de formación. En conclusión, cada una de estas capas se compone á su vez de fibras cuyos bordes parece que encajan unos en otros, presentando muy curiosa disposición (fig. 100).

Es esencial igualmente, el notar que la faz posterior del cristalino es mucho más convexa que la anterior.

<sup>1</sup> Interior del ojo: — *c*, córnea transparente; — *s*, esclerótica; — *s'*, porción de la esclerótica vuelta hacia fuera para dejar ver las membranas situadas debajo; — *ch*, coroides; — *r*, retina; — *n*, nervio óptico; — *ca*, cámara anterior del ojo, colocada entre la córnea y el iris y llena de humor acuoso; — *i*, iris; — *p*, pupila; — *cr*, cristalino, que se halla detrás de la pupila; — *pc*, procesos ciliares; — *v*, humor vítreo; — *bb*, porción de la conjuntiva que, después de cubrir la parte anterior del ojo, se separa para cubrir los párpados.

Detrás del cristalino se encuentra una masa gelatinosa y diáfana muy abultada, que se parece á clara de huevo, envuelta en una membrana finísima, de la cual se dirigen hacia dentro nume-

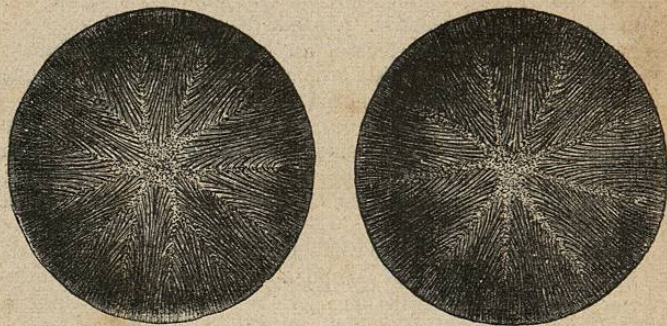


Fig. 100. — Cristalino del hombre<sup>1</sup>.

rosas laminillas formando tabiques ó células. Esta membrana se llama *hialoides*, y el humor que contiene *humor vítreo*.

Por todas partes, excepto hacia delante, donde se encuentra el cristalino y el iris, está rodeado el humor vítreo por una membrana blanda y blanquizca llamada *retina* (*r*), que no está separada de la esclerótica sino por otra membrana igualmente fina, que se llama *coroides* (*ch*). Esta última está formada principalmente por una red de vasos sanguíneos é impregnada de una materia negra que da al fondo del ojo el color oscuro que se ve á través de la pupila, y que falta en los individuos llamados albinos y en los animales de pelaje blanco.

El globo del ojo recibe muchos nervios: el más notable por su diámetro y funciones es el *nervio óptico* (*n*), que atraviesa la parte posterior de la esclerótica y se continúa en la retina. Esta membrana hasta parece que no es otra cosa que una dilatación del nervio óptico, cuyas fibras elementales forman en su superficie posterior una multitud de papilas cilíndricas muy unidas unas á otras y que, en el microscopio, presentan el aspecto de un mosaico. Los demás nervios del globo del ojo son excesivamente delgados: llámaseles *nervios ciliares*; nacen de un ganglio pequeño

<sup>1</sup> Cristalino del hombre, aumentado para enseñar la disposición de la fibras radiantes que componen esta lente



formado por la reunión de algunas ramificaciones de los nervios del tercero y quinto par y se distribuyen en el iris y en las partes próximas del interior del globo del ojo (fig. 85).

§ 232. **Mecanismo de la visión.** — Hemos dicho que por intermedio de la luz obran sobre nuestra vista los cuerpos que se hallan á nuestro alrededor. Los que emiten luz, el sol y los cuerpos en ignición, verbigracia, son visibles por sí mismos; pero los demás no poseen esta propiedad sino cuando la luz que cae sobre ellos la reflejan de forma que llegue hasta nosotros.

Este agente se mueve con una velocidad extrema: no puede obrar sobre nuestros sentidos sino hiriendo la retina, situada en el fondo del ojo; los cuerpos opacos la reflejan ó la absorben; pero los cuerpos transparentes, como el aire atmosférico y el agua, le dan fácil paso <sup>1</sup>.

Vese pues, que la primera condición para el ejercicio de la visión es la ausencia de todo cuerpo opaco entre los objetos exteriores y el fondo de nuestro ojo: por eso la córnea, que cubre la parte anterior de este órgano como un cristal de reloj, es completamente transparente, y la luz que la atraviesa y que pasa por la abertura de la pupila, llega fácilmente á la retina, pues no encuentra en su camino sino el cristalino, que es diáfano, y humores que igualmente lo son.

Pero en algunas enfermedades sucede de otro modo, y á la pérdida de transparencia sucede siempre la ceguera: en la afección conocida con el nombre de *catarata*, por ejemplo, el cristalino se vuelve opaco, oponiéndose así al paso de la luz; y cuando manchas blancas ó *nubes* se forman sobre la córnea, esta membrana se convierte igualmente en una especie de pantalla que impide á los rayos luminosos de penetrar en el ojo y que hace la visión imposible.

Las partes diáfanos del globo del ojo no sirven solamente para dar paso á la luz. Su principal función es la de cambiar la dirección de los rayos que penetran en este órgano, á fin de reunirlos en un punto cualquiera de la retina: en efecto, el interior del ojo se parece bastante exactamente al aparato de óptica conocido con el nombre de *cámara oscura*, y la imagen de los objetos que nosotros vemos se dibujan sobre la retina como sobre la pantalla colocada detrás del referido aparato <sup>2</sup>.

<sup>1</sup> La luz que hiere un cuerpo transparente no lo atraviesa toda; una parte más ó menos grande es reflejada, y por esta propiedad desempeñan estos cuerpos más ó menos bien las veces de espejos.

<sup>2</sup> Para hacer comprender esta parte del estudio de la visión es indispensable recordar algunos principios de física.

La luz marcha ordinariamente siguiendo una línea recta, y los diferentes

§ 233. Cuando un haz de rayos luminosos hiere la córnea, ésta refleja una parte de él, mientras que el resto la atraviesa; la luz reflejada de este modo por la córnea es la que da su brillo á los ojos y que hace que uno pueda mirarse en ellos. Los rayos que penetran en esta lámina transparente pasan á un cuerpo mucho más denso que el aire: son, por consiguiente, refractados y acercados á la perpendicular ó al eje del haz con tanta más fuerza cuanto más convexa sea la superficie de la córnea; pues cuanto más convexa sea esta membrana, más agudo será el ángulo que forman los rayos divergentes que hieran su superficie.

Si, después de haber atravesado la córnea, encontrasen aire los rayos luminosos, se refractarían con tanta fuerza como á su

rayos que parten de un punto cualquiera se van separando entre sí cada vez más á medida que se adelantan en el espacio. Cuando estos rayos caen perpendicularmente sobre la superficie de un cuerpo transparente, atraviesan éste sin variar de dirección; pero cuando caen sobre él oblicuamente, se desvían siempre más ó menos de su dirección primitiva: Si el cuerpo en el cual penetran es más denso que aquel de donde salen, si pasan del aire al agua ó al cristal, verbigracia, forman un codo y se acercan á la perpendicular en el punto de inmersión; si, al contrario, pasan de un medio más denso á otro más raro, se separan de dicha perpendicular, y estas desviaciones son tanto mayores, cuanto más oblicuamente caigan sobre la superficie del cuerpo transparente.

Este fenómeno, que se conoce con el nombre de *refracción de la luz*, es fácil de comprobar. A causa de estos cambios en la dirección de los rayos luminosos, cuando pasan del agua al aire, sucede que un bastón derecho, introducido la mitad en el citado líquido, parece siempre como si tuviese un codo en el punto de inmersión. Y si se pone una moneda (figura 101, *a*) en el fondo de un vaso vacío, de modo que el borde de éste se eleve lo bastante para que impida al ojo del observador percibir dicho objeto, bastará, para volverlo visible, llenar el vaso de agua (*c*), pues entonces los rayos de luz que parten de la pieza, en lugar de seguir siempre la línea recta, serán refractados al pasar del agua al aire y se alejarán de la perpendicular: luego, cambiando así de dirección, los rayos (*d* ó *b*) que antes pasaban por encima del ojo del observador, vienen á herir á éste.

Hemos dicho que los rayos luminosos se acercan á la perpendicular en el punto de contacto, siempre que penetren oblicuamente en un cuerpo más denso que aquel de donde salen. De lo que resulta que la forma de estos cuerpos influye mucho en la marcha de la luz que los atraviesa: según sea la superficie convexa ó cóncava, se acercarán ó separarán los rayos entre sí.

Algunos ejemplos harán comprender fácilmente esta proposición. Supongamos que tres rayos divergentes, partidos del punto *a*, atraviesan el aire y vienen á herir una lente de superficie convexa, como la línea *bb*, (fig. 102),

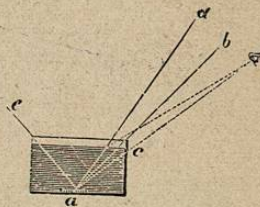


Fig. 101.



entrada en dicha membrana, pero en sentido contrario; volverían á tomar, por consiguiente, su dirección primitiva. Pero el humor acuoso que llena la cámara anterior del ojo tiene un poder refringente mucho mayor que el aire, de modo que al entrar en él los rayos se separan menos entre sí que lo que se habían acercado en su paso del aire á la córnea; la acción de estas partes vuelve, por consiguiente, menos divergentes estos rayos que antes de su entrada en el ojo, y hace que una cantidad más considerable de luz llegue á la abertura de la pupila.

Una gran parte de la luz que llega al fondo de la cámara anterior del ojo encuentra el iris y es absorbida ó reflejada al exterior por este cuerpo; la que hiere la pupila penetra sola hasta el fondo del ojo, siendo la cantidad tanto más considerable, cuanto mayor sea la abertura. Así, cuando es débil la luz que hiere el ojo, se dilata la pupila, mientras que se contrae bajo la influen-

El rayo *ac* herirá perpendicularmente la dicha superficie y por consiguiente atravesará la lente sin experimentar desviación; pero el rayo *ad*, al herir oblicuamente la superficie, será refractado y acercado á la perpendicular tirada al punto de inmersión; ahora bien, esta perpendicular tendrá la dirección de la línea de puntos *e, y*, al acercarse, el rayo luminoso, en vez de

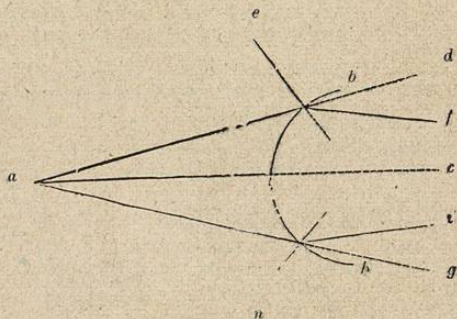


Fig. 102

seguir su dirección hacia el punto *d*, seguirá la línea *f*. Lo mismo sucederá al rayo *ag*, que al continuar su camino, se acercará á la perpendicular *h*, y se dirigirá hacia el punto *i*, en vez de dirigirse en línea recta hacia el punto *g*. Otros rayos que vinieran á herir la lente serían refractados de modo análogo; y por consiguiente, en lugar de continuar separándose entre sí, se acercarán y hasta podrán reunirse en un mismo punto, que se llama *foco* de la lente.

Si la superficie del cristal, en vez de convexa, es cóncava, los rayos luminosos no se acercarán al eje del haz, como en el caso precedente, sino que

cia de una luz viva; el iris, como se ve, es el regulador de la cantidad de luz que debe llegar hasta la retina, debiendo observarse que en los animales que persiguen su presa después de la puesta del sol es en los que es más dilatada la pupila.

Los rayos de luz que han atravesado la pupila hieren el cristalino, especie de lente diáfana que de nuevo cambia la dirección de ellos haciéndoles converger hacia un punto llamado foco, en el cual se reúnen. Ahora bien, este foco se encuentra precisamente en la superficie de la retina, y de este modo los rayos luminosos enviados al ojo de diversos puntos de un cuerpo colocado á distancia se reúnen sobre esta membrana nerviosa, de manera que reproducen en pequeño la imagen del objeto de donde emergen.

§ 234. Es fácil asegurarse por experimentos que del modo dicho se forman las imágenes en el fondo del ojo: basta tomar un ojo de conejo ó de paloma, cuya esclerótica es casi transparente, ó, mejor aún, ojos de animales albinos, y poner delante

al contrario se separarán aún más. El rayo *ad* (fig. 103), por ejemplo, deberá acercarse de la perpendicular en el punto de contacto, la cual tendrá la di-

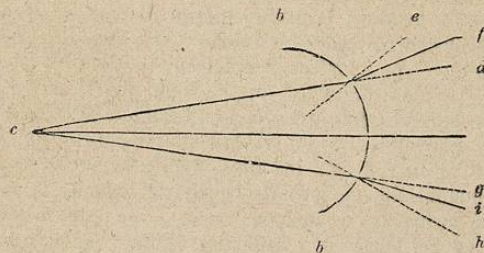


Fig. 103.

rección de la línea de puntos *e, y*, desviándose así, este rayo tomará la dirección de la línea *f*. El rayo *ag* se acercará igualmente á la perpendicular *h*, de modo que tome la dirección de la línea *i*.

La desviación que los rayos luminosos experimentan al atravesar del modo indicado las lentes convexas ó cóncavas es tanto mayor, cuanto más grande sea la curvatura de la superficie de estos cuerpos; la simple inspección de las figuras de las cuales acabamos de servirnos bastará para hacer comprender que así debe de ser, pues cuanto mayor sea la curvatura de la superficie que hieran los rayos divergentes, más se alejarán de la dirección de estos mismos rayos las perpendiculares en el punto de inmersión.

La física nos enseña también que los cuerpos transparentes refractan la luz con tanta más fuerza cuanto más densos son (esto es, que teniendo un mismo volumen, tengan mayor peso) y se hallen formados de materias más combustibles