

bia de lugar en el fondo de dicha membrana, y subsistiendo la persistencia de la impresion en cada uno de los puntos en que aquella se forma, resulta superposicion y por lo tanto confusion de las diversas partes del objeto. El ejemplo más sencillo de esta confusion es el de los rayos de una rueda en movimiento.

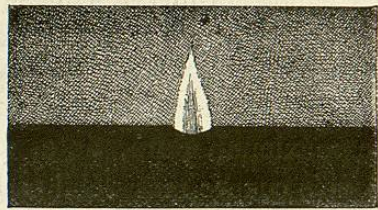


Fig. 185.—Irradiacion. Mella aparente de la arista de una regla

Pero cuando la luz que ilumina y permite ver al objeto en movimiento dura sólo un brevisimo espacio de tiempo, cuando le alumbrá por decirlo así instantáneamente de modo que el cambio de posicion del cuerpo sea imperceptible, entónces no se forma más que una imágen, y la persistencia de la impresion hace ver distintamente el cuerpo, el cual parece inmóvil, como si se hubiera detenido bruscamente en el preciso momento en que le ha dado el rayo luminoso. Este caso se observa en las tempestades nocturnas: la duracion del relámpago es entónces tan corta y su luz al propio tiempo tan viva, que se ve el paisaje con gran claridad, y un objeto en movimiento, por ejemplo, un tren de ferro-carril parece parado, por más que marche á todo vapor.

Un fenómeno singular, pero de fácil explicacion, es el que se observa cuando se hace girar sobre el mismo eje, con velocidades iguales aunque en sentido contrario, á dos ruedas del mismo número de rayos: entónces se ve una rueda inmóvil pero con los rayos duplicados. Esta apariencia tiene por causa la coincidencia de estos y la superposicion de las impresiones ocasionadas por cada uno de ellos. Si suponemos una de las ruedas en reposo, estas coincidencias serán á cada vuelta iguales en número á los rayos, pero dos veces más numerosas si las dos ruedas giran simultáneamente en opuesto sentido. En el caso de que su respectiva velocidad fuese diferente, se veria cómo cambiaban los puntos de coincidencia, y la rueda pareciera girar con lentitud.

Réstanos añadir algunas palabras sobre las

*imágenes accidentales*: ya hemos hecho mencion de las que se forman cuando cerramos bruscamente los ojos despues de mirar con fijeza un punto luminoso ó desviamos la vista para dirigirla á un punto oscuro; la imágen es entónces luminosa como el objeto, por cuya razon se la llama *positiva*. Pero si se contempla con atencion por espacio de bastante tiempo, como unos treinta ó cuarenta segundos segun la intensidad de la luz, un objeto luminoso, una ventana por la cual penetre la luz del día, y en seguida se vuelve la vista á una pared blanca ó al techo, entónces la imágen accidental que se forma es *negativa*; la vidriera aparece como una cruz blanca que se destaca sobre cristales oscuros.

Estas imágenes accidentales persisten á veces bastante tiempo, y se siguen viendo aunque se cierren los ojos. Segun ciertos fisiólogos, las ocasiona el estado de cansancio que han soportado los puntos de la retina en que la luz ha obrado con más fuerza, y por el contrario, aquellos en que se forma la imágen de las partes oscuras han sufrido ménos excitacion. Cuando se dirige la vista en seguida á otra superficie, la sensibilidad es menor en los primeros puntos que en los otros, la luz es en ellos ménos viva, resultando una imágen negativa del objeto primitivamente contemplado.

Esta explicacion es insuficiente: la que ha dado Plateau parece más satisfactoria y completa; en concepto de este físico, la retina impresionada no vuelve instantáneamente al estado de reposo, sino que oscila entre dos estados opuestos, entre dos impresiones contrarias que hacen que el negro suceda al blanco y á un color cualquiera ó complementario; pero en rigor todavía no sabemos en qué consisten estos estados opuestos de la retina,

Las imágenes accidentales, así las positivas como las negativas, cambian de posicion con el eje óptico, de suerte que su situacion aparente en el campo visual coincide siempre con el punto de la retina que ha recibido la impresion primera, con la mancha amarilla, si la vision ha sido directa y distinta.

En la segunda parte de la Luz, describiremos algunas interesantes aplicaciones del fenómeno de la persistencia de las impresiones luminosas.

Cuando se mira á alguna distancia un cuerpo muy luminoso que se destaca sobre fondo oscuro ó negro, parece que la imágen invade en parte este fondo, de lo cual es fácil cerciorarse por un experimento muy sencillo. Se dibujan dos figuras iguales, por ejemplo, dos cuadrados, ó dos círculos (fig. 184), uno negro sobre fondo blanco, y otro blanco sobre fondo negro, y se los coloca muy próximos haciendo que les dé una luz viva. El círculo blanco parecerá más

grande que el negro. Dáse á este fenómeno el nombre de *irradiacion*.

Preséntase bajo variadas apariencias. Si ponemos delante de la llama de una vela (fig. 185) una regla negra que corte la imágen de la llama, veremos cómo desborda ésta de la arista de la regla, formando en ella una muesca ó mella luminosa. Cuando la Luna se halla entre la conjuncion y el cuarto creciente, y su parte luminosa tiene la forma de una hoz, y el resto del

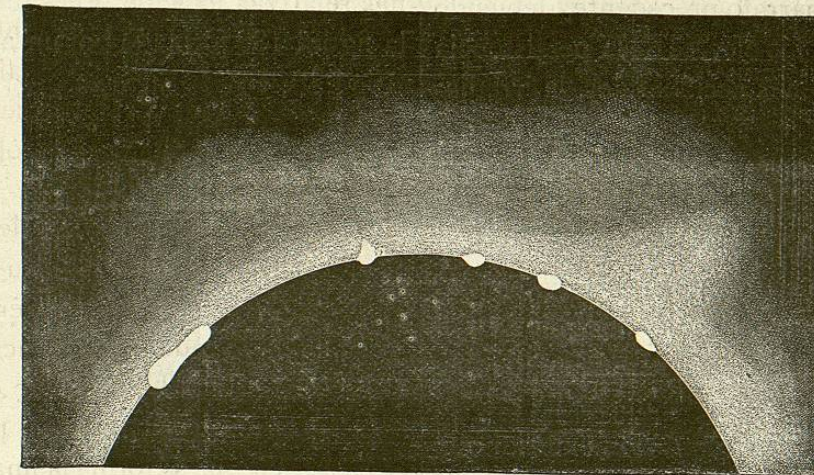


Fig. 186.—Las protuberancias solares durante un eclipse total de sol (eclipse del 22 diciembre 1870)

disco es visible merced á la luz cenicienta, parece que los dos segmentos lunares no pertenecen al mismo círculo, pues el contorno de la parte iluminada rebasa el de la opaca. Durante los eclipses totales de Sol, en el momento en que el disco lunar vela enteramente la luz deslumbradora del astro, se perciben masas luminosas rojizas designadas por los astrónomos con el nombre de *protuberancias*; descansan por su base en el contorno oscuro de la Luna, pero tambien lo rebasan, como se ve en la figura 186. El efecto es enteramente semejante al de la irradiacion.

Este fenómeno es tambien el que hace que nos parezcan cortadas las líneas de separacion de un tablero de damas ó de un conjunto de cuadrados ó de rectángulos alternativamente blancos ó negros (fig. 187), y el que da tambien á una reunion de círculos tangentes el aspecto de una serie de figuras exagonales (fig. 192).

Pero ¿cuál es la causa de la irradiacion? Unos, y entre ellos Plateau, la atribuyen á una continuacion de la impresion de la retina más allá del contorno de una imágen intensa. Otros, como Trouessart, suponen que se forman imágenes múltiples que se sobreponen en parte unas á

otras. Ambas teorías consideran la irradiacion como un fenómeno subjetivo inherente á la sensibilidad de la retina, ó á ciertos accidentes que se encuentran en los medios del ojo. Ocurre sin embargo una dificultad, y es que algunos de los fenómenos en cuestion (como la irradiacion de las protuberancias en los eclipses) se han obtenido objetivamente y se ven en la fotografía. Seria pues forzoso admitir que los objetivos y las placas sensibilizadas usados por los

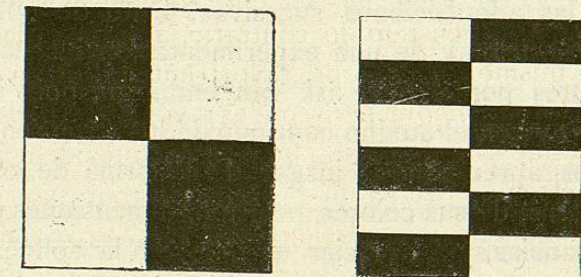


Fig. 187.—Efectos de irradiacion

fotógrafos tienen una propiedad ó disposicion precisamente análoga á las que se supone que existen en nuestros órganos (1).

(1) Segun M. Le Roux, el fenómeno de la irradiacion es «especial del campo de la vision indistinta; aumenta á medida de la distancia que hay á la *fovea centralis*; para esta porcion de la retina no existen los fenómenos de irradiacion, tal cual los describen los autores; para ella no hay otra irradiacion que la que procede de lo penetrante de la

## III

## ILUSIONES DE ÓPTICA

Hay ocasiones en que los ojos, aún los más sanos y normales, ven los objetos muy diferentes de como son en sí; dándose el nombre de *ilusiones de óptica* á las falsas apariencias que entónces presentan las imágenes.

Segun esta definicion, podríamos considerar como ilusiones de óptica muchos de los fenómenos descritos en el párrafo precedente, debiendo hallarse en tal caso los efectos de la persistencia luminosa, las imágenes accidentales, la irradiacion, etc. Lo difícil es saber distinguir perfectamente lo que depende de la sensacion misma y lo que sólo es cuestion de apreciacion. Puede suceder, como en efecto sucede, que ciertas sensaciones visuales no correspondan á objetos reales; por ejemplo, una sacudida, un golpe en el globo del ojo producen una sensacion de luz, aunque no haya delante ningun objeto luminoso. En otros casos, hay una impresion exterior que determina perfectamente la sensacion, y la imagen pintada en la retina es la que debe ser en un ojo normalmente conformado; sin embargo formamos un concepto erróneo, una apreciacion falsa, cuya causa debemos indagar en cada caso, lo cual no siempre es fácil.

Ante todo, ¿qué debe entenderse por estas palabras; *ver las cosas como son en sí?*

El sentido de la vista, como los demás sentidos, exige una educacion prévia, que casi todos le procuramos instintivamente, en una época de la vida en que somos incapaces de darnos cuenta de las adquisiciones sucesivas, fruto de una observacion y de una experimentacion inconsistentes por decirlo así. Sin embargo, poco á poco y con el auxilio continuo de los otros sentidos, aprendemos á juzgar de la forma de los objetos, de sus colores, posicion, dimensiones y distancias, y á apreciar el relieve ó la solidez de cada uno de ellos. Cuando esta educacion ha llegado á ser todo lo completa y perfecta posible, y si por otra parte no tenemos ningun defecto de conformacion en el órgano visual, en la sensibilidad de la retina, cosa más rara de

vista; para el campo de la vision indistinta, la irradiacion es tambien asunto de perspicacia de la vista, explicándose fisiológicamente por la separacion progresiva de los elementos sensibles de la retina cuando se aleja de la *fovea centralis*, punto de su máximum de concentracion.

lo que se cree, entónces decimos que vemos los objetos tales como son en realidad. Sin embargo, aún en esta hipótesis pueden presentarse los objetos de tal modo que nuestro juicio no se conforme con esta realidad, y que la sensacion nos parezca distinta de lo que debiera ser, como se puede comprobar fácilmente.

Por ejemplo, al ver algunas líneas rectas trazadas geoméricamente, solemos reconocer al punto sus direcciones verdaderas, sus posiciones relativas exactas. Pues bien, examinando la figura 188 formada por un ancho trazo negro

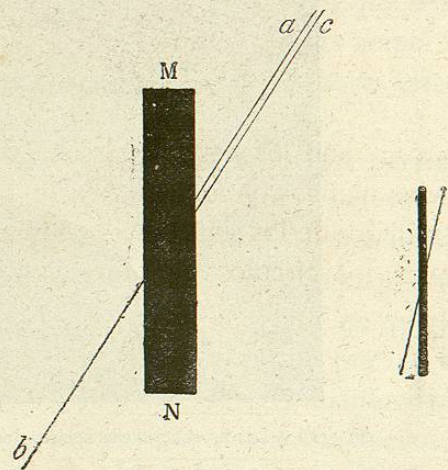


Fig. 188.—Ilusion de óptica

y dos líneas paralelas más finas *a* y *b*, que lo cortan en ángulo agudo, la vista cree que la línea *b* se prolonga en la direccion de la línea *c*, lo cual no es así, como se puede comprobar fácilmente. Este error de apreciacion respecto de la direccion de las líneas no es menor aunque se dé menos espesor al trazo negro atravesado por la línea delgada.

Otra clase de ilusion es la de la fig. 189: si se trazan sobre dos líneas paralelas otras líneas oblicuas dirigidas á cada lado en sentido contrario, bastará esta disposicion para que no conozcamos el paralelismo de las primeras: sino que parece que convergen en una direccion opuesta á aquella en que irian á reunirse las oblicuas que las encuentran. En la figura 191, la ilusion es tanto más marcada cuanto que se reunen en ella los efectos anteriores. Las bandas negras verticales parecen alternativamente convergentes y divergentes: además, los trazos que las cortan, aun cuando atraviesan las bandas en línea recta, no se hallan en apariencia en sus respectivas prolongaciones, y el efecto es el de la ilusion de óptica representada en la figura 188.

No es fácil de averiguar la razon de estas apariencias. Se ha apelado á la irradiacion, y luégo á los movimientos involuntarios del ojo; segun Helmholtz, fijando la vista en un punto determinado del dibujo, las ilusiones desaparecen, lo cual será exacto sin duda para el eminente físico, pero no para otras vistas.

Donde la irradiacion desempeña seguramente un papel, es en el modo cómo se ve una serie de círculos tangentes, ya se destaquen estos círculos en blanco sobre fondo negro ó ya suceda lo contrario. En ambos casos, se cree ver exágonos y no círculos, y tan pronto son los círculos blancos los que parece destruir los espa-

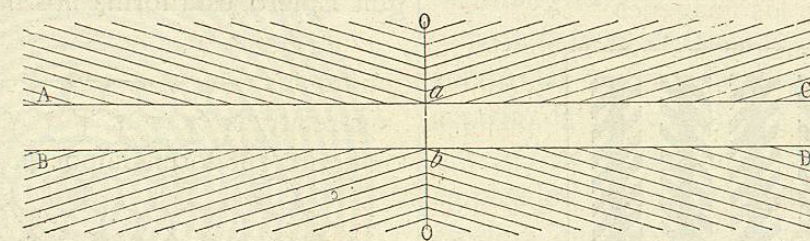


Fig. 189.—Ilusion de óptica: aparente divergencia de líneas paralelas

cios negros, como los negros parece estrechar los espacios blancos, y como el efecto se produce al rededor de los seis puntos de tangencia, resulta para los círculos una forma aparente-

mente exagonal. M. A. Nacet se refiere á esta ilusion en el periódico *La Natureza*, diciendo que ha inducido á error á los naturalistas que observaban con el microscopio las estrías de

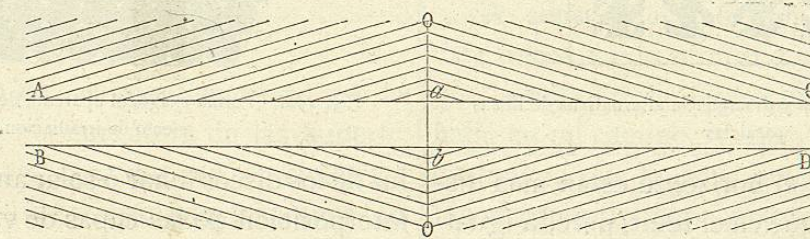


Fig. 190.—Aparente divergencia de líneas paralelas

ciertas diatomeas, creyendo ver exágonos donde en realidad no había más que círculos ó más bien hemisferios.

De las ilusiones ópticas que se refieren á la direccion de las líneas, á la forma de las figuras, se puede pasar á las que conciernen á las dimensiones de los objetos. Una línea dividida parece por lo regular más larga que una línea igual en la que la vista no tenga ningun punto de referencia. En esto consiste que, si se mira un cuadrado formado de líneas equidistantes, toma el aspecto de un rectángulo cuya mayor dimension es la que tiene divisiones. Un objeto dividido por líneas horizontales parece perder parte de su altura; en cambio, parece más elevado si está dividido por líneas verticales. Un haz de columnitas delgadas parecerá más alto que una sola columna que tuviese la misma altura y tambien la misma anchura que el haz. Esta es una de las causas por las cuales parecen las naves de las iglesias góticas de mayor elevacion: una bóveda de la misma altu-

ra, en un edificio de arquitectura romana ó griega, parecería mucho más baja (1).

La lenta y progresiva educacion del sentido de la vista nos permite juzgar con una exactitud que, á decir verdad varía segun los individuos, de las distancias reales y relativas de los objetos y de sus dimensiones verdaderas, que por lo comun referimos á las distancias presu- midas. Más adelante veremos que esta apreciacion de las distancias se enlaza con otra impresion llamada *impresion del relieve*, la cual depende de la vision simultánea de los dos ojos. Al describir los instrumentos conocidos con el nombre de *estereóscopos*, trataremos de este asunto. Pero no terminaremos este artículo sin recordar una ilusion que todos hemos padecido; la que hace que los objetos celestes nos parezcan más grandes en el horizonte que en el zenit

(1) Refiriéndonos á otra clase de consideraciones estéticas, añadiremos que los vestidos rayados horizontalmente sientan mejor á las personas altas y delgadas; las telas rayadas verticalmente son más á propósito para las bajas y gruesas.