

poder de penetración de los telescopios, han creído poder calcular la extinción que sufre la luz al propagarse por el espacio etéreo. W. Struve admite en sus *Estudios de astronomía estelar* "que la intensidad de la luz decrece en mayor proporción que la razón inversa de los cuadrados de las distancias; lo que equivale á decir que hay una pérdida de luz, una extinción en el paso de ésta por el espacio celeste.," Calcula dicha extinción en un centésimo próximamente de la intensidad para el trayecto de la luz al través de una distancia igual á la de las estrellas de primera magnitud.

La transparencia no es propiedad exclusiva del vacío de los espacios celestes, del aire y de los gases, pues la poseen también los líquidos y los sólidos, como el agua, el cristal y muchas sustancias cristalizadas. Al través del espesor de un cristal, de una tenue capa de agua se ven los objetos con gran limpieza; pero esta transparencia disminuye con rapidez á medida que el espesor aumenta; de incoloro que parece al principio el medio interpuesto entre la vista y los objetos, adquiere un color cada vez más oscuro, hasta que, siendo ya total la absorción de la luz, se acaba por no ver otra cosa sino el medio mismo. Así, por ejemplo, un disco blanco, sumergido en el mar enfrente de la costa de Civitavecchia, estando el agua perfectamente clara, desaparecía del todo á los 45 metros de profundidad cuando más (experimento de Cialdi). "El color del disco se volvía desde luego ligeramente verdoso, después tiraba al azul claro, matiz que se oscurecía conforme se iba bajando el aparato, hasta que, adquiriendo un color casi tan sombrío como el del agua, no fué ya posible distinguirlo del medio circundante.," Otros discos pintados de amarillo y de color de cieno marino, desaparecían en iguales circunstancias á 17 y 24 metros de profundidad.

La transparencia de los gases y del aire atmosférico cuando está bien puro, es mucho mayor. Desde una cumbre muy elevada, como la del monte Blanco, la vista se recrea en un inmenso panorama y distingue los objetos á distancia considerable. Según M. Martins, la porción de la superficie de la Tierra geoméricamente visible desde lo alto del monte Blanco es de 210 kilómetros; por consiguiente, si la transparencia del aire fuera absoluta, se podría ver desde dicha cumbre el golfo de Génova; pero "más allá de 100 kilómetros los objetos velados por la calima son confusos é indecisos. Hasta los 60 kilómetros todo es claro y discernible.," Es indudable que se podrían ver puntos luminosos durante la noche hasta el límite del círculo de visibilidad, y así debían opinar M. Martins y las personas que lo acompañaban, puesto que se habían propuesto cambiar señales con hogueras con la ciudad de Dijón, que es uno de los puntos de tan inmenso horizonte.

Además de los cuerpos transparentes ó diáfanos, tenemos los simplemente *translúcidos*, que dan paso á la luz sin que al través de ellos se distingan los objetos, como son el cristal raspado, el papel, el asta, el alabastro, y ciertos líquidos como la leche. Mojando el papel ó extendiendo sobre él una tenue capa de aceite, aumenta su translucidez que llega á convertirse en transparencia cuando el papel es bastante delgado. Los mineralogistas dan el nombre de *hidrofana* á una especie de ópalo (cuarzo resinita) que es blanco y casi opaco en su estado ordinario, pero que se vuelve translúcido si se le tiene algún tiempo metido en agua.

Hasta los cuerpos que parecen opacos en absoluto dejan pasar cierta cantidad de luz cuando se los reduce á hojas de muy poco espesor. Las piedras, la madera, los metales y otras muchísimas sustancias son opacas; sin embargo, si se pone entre los ojos y la luz del día una hoja de oro, por ejemplo—los batidores de oro las hacen tan delgadas que hay que sobreponer 10,000 para formar un milímetro de espesor,—se dis-

tingue un hermoso color azul verdoso que atestigua la transmisión de la luz, no al través de las grietas producidas por el batido, sino al través de la substancia misma del metal. Según los experimentos de M. A. Dupasquier, las hojas delgadas de plata, de oro verde (aleación de plata y oro), dan asimismo paso á una tenue luz, cuyo color es azulado, sucediendo lo propio con las hojas de cobre, siquiera sea menos regular la coloración azul oscura de la luz transmitida al través de estas hojas, lo cual consiste sin duda en las desigualdades del espesor del metal.

Así pues, la transparencia, la translucidez y la opacidad son propiedades puramente relativas, y desde el éter interestelar, que posee en el más alto grado la transparencia, hasta los metales más opacos, sólo median diferencias de gradación. La extraordinaria pequeñez de los objetos cuya estructura interna estudian los micrógrafos—infusorios, microfitos,—es la que explica su transparencia.

Por lo demás, aquí nos limitamos á enumerar los cuerpos que disfrutaban en diferente grado de la propiedad de dar paso á la luz al través de su espesor. Más adelante veremos las explicaciones que se han propuesto para dar cuenta de esta propiedad, y cómo se la supone enlazada con la estructura molecular de los medios.

## CAPITULO II

### PROPAGACIÓN RECTILÍNEA DE LA LUZ

#### I

##### PROPAGACIÓN DE LA LUZ EN LOS MEDIOS HOMOGÉNEOS

Consideremos un manantial luminoso cualquiera, primitivo ó secundario. Supongamos que entre los diversos puntos de este manantial, situado á una distancia indeterminada de la vista, hay un medio perfectamente transparente y homogéneo. El observador verá con igual limpieza todos los puntos de dicho foco.

Ahora, supongamos que en la línea recta que va desde el ojo á uno de esos puntos se pone una pantalla, es decir, un cuerpo opaco; y al instante se hará invisible el punto correspondiente del foco. Este caso práctico es, salvo las excepciones que más adelante exponaremos, un caso general cuya ley se enuncia diciendo que *la luz se propaga en línea recta en los medios homogéneos*.

Quizá no haya existido jamás la perfecta homogeneidad que esta ley supone. Se la considera tal en los espacios celestes, allá donde existe el vacío de materia ponderable, en una palabra, en el éter; pero es una hipótesis de imposible comprobación. En la superficie de la Tierra, en los medios atmosféricos, la homogeneidad es muy limitada: exige que la densidad del aire sea en todas partes la misma, como sucede tal vez con las capas de aire inmediatas á la superficie del suelo, cuando la temperatura es ostensiblemente igual en todos sus puntos, y no se toma en consideración más que una ligera zona horizontal de esas capas. Lo propio acontece también con respecto á una masa homogénea de cristal transparente, de agua pura, etc., si el punto luminoso está situado en la superficie del medio y el observador en un punto de la superficie opuesta.

En estos casos sencillísimos, pero difíciles de realizar rigurosamente, se puede con-

siderar como una *línea recta* la *trayectoria* seguida por la luz en el interior del medio homogéneo. Compruébase aproximadamente esta ley del modo siguiente:

Entre el objeto luminoso, la llama de una bujía por ejemplo, y el ojo, se interpone una serie de pantallas opacas, cada una de ellas con una pequeña abertura en medio.

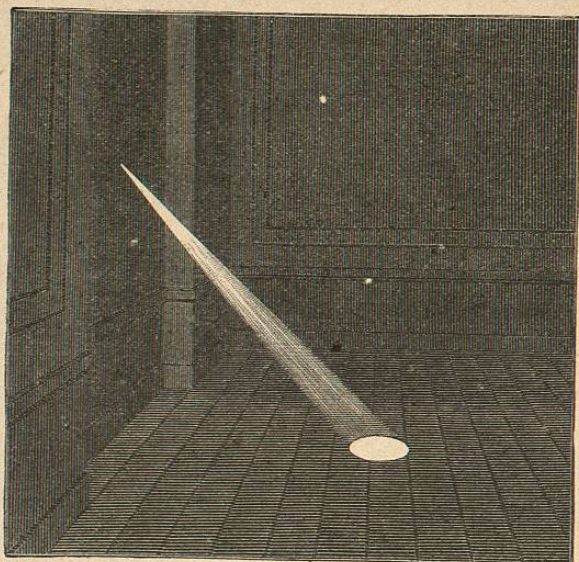


Fig. 408.—Propagación de la luz en línea recta. Haz de rayos solares en la cámara oscura

Si el punto luminoso, las aberturas de las pantallas y el ojo del observador están en línea recta, la luz es visible. Pero si entonces se cambia la colocación de la bujía, de alguna de las pantallas ó del observador, éste dejará de ver la luz.

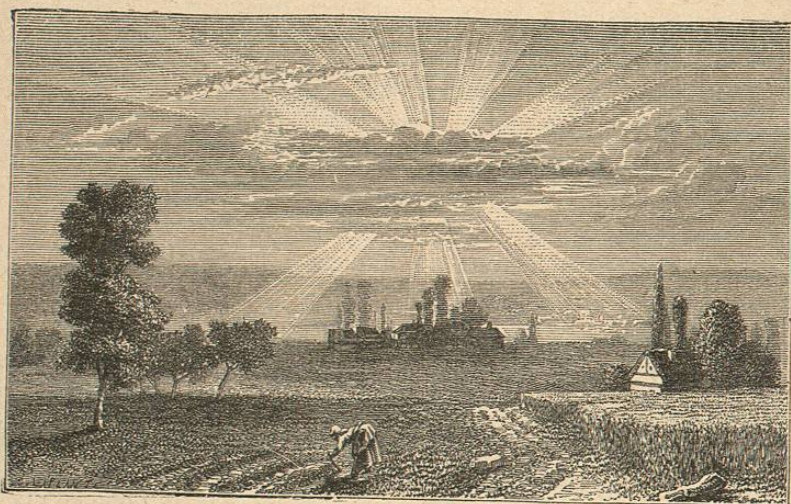


Fig. 409.—Propagación rectilínea de la luz. Los rayos solares en la atmósfera

Se puede hacer la misma prueba en sentido inverso con hebras de seda ó alambres muy finos, situados paralelamente entre sí y en un mismo plano; todo punto luminoso puesto en la prolongación de esta dirección quedará eclipsado ó invisible; pero si se le desvía á uno ú otro lado, la luz llegará al punto al ojo y será visible. Esto tiene aplicación lo mismo á la luz emanada de un objeto no luminoso por sí propio, que á la

de un foco propiamente dicho. Por esta razón la luz del día no se puede ver al través de un tubo largo y estrecho si este tubo no es rectilíneo, ó por lo menos si su curvatura es tanta que no pueda atravesarla una línea recta sin tocar sus paredes.

Encerrémonos en una habitación perfectamente cerrada y oscura, y no dejemos pasar la luz del sol sino por un agujerito practicado en el postigo del balcón. Al punto veremos un cono luminoso que marca en el aire el paso de la luz (fig. 408) y nos convenceremos de que los contornos de este cono son perfectamente rectilíneos. En este caso, no es el aire lo que vemos, sino las partículas de polvo ó de humo que se hallan en suspensión en él, y que al recibir la luz se hacen visibles sobre el fondo obscuro de la habitación.

Se puede comprobar también la propagación de la luz en línea recta cuando el Sol, oculto por un grupo de nubes, hace pasar sus rayos entre los intersticios de éstas. Entonces se ven proyectarse en la atmósfera rastros más ó menos luminosos (fig. 409) que presentan visiblemente una dirección rectilínea. Pero muy pronto veremos que, estando la atmósfera compuesta de capas de densidades variables, la luz que las atraviesa sucesivamente no lo hace ya en línea recta. Para que este movimiento sea rectilíneo en la superficie misma de la Tierra, se requiere que el medio transparente sea perfectamente homogéneo, según hemos dicho, ya lo forme el aire, un gas cualquiera, ya el agua, el cristal, etc.

Tenemos, pues, un primer principio, que se formula de este modo: *La luz se propaga en línea recta en un medio homogéneo.*

## II

### PRINCIPIO DE LA TEORÍA DE LAS SOMBRAS

En esta ley está basada la teoría geométrica de las sombras. Entremos en algunos detalles acerca de este asunto.

Consideremos uno ó muchos cuerpos opacos situados en un medio transparente ú homogéneo, en presencia de un punto luminoso ó de un manantial de luz de reducidas dimensiones. Estos cuerpos estarán iluminados ó *alumbrados* en todos los puntos de su superficie que pueden enlazarse con el foco por medio de líneas rectas no interrumpidas. Los otros puntos no reciben luz directamente: son invisibles, están en la obscuridad ó á la *sombra*. Si se traza mentalmente desde el foco un cono tangente á la superficie de cada uno de estos cuerpos, todos los puntos del espacio situados respectivamente detrás de ellos y en el interior del cono estarán privados asimismo de luz. Dase el nombre de *cono de sombra* al conjunto de la prolongación oscura del cono de que hablamos y que se proyecta hasta lo infinito. Una pantalla opaca situada en el cono de sombra de modo que sobresalga de sus contornos, aparecerá oscurecida en toda la extensión de la sección, é iluminada en todos sus demás puntos. La línea de separación de la luz y de la *sombra proyectada* en la pantalla estará en este caso perfectamente limitada, como la que limita la parte alumbrada y la oscura del cuerpo opaco. Una simple consideración geométrica, fácilmente comprobada por la experiencia, demuestra que las dimensiones de la sombra proyectada aumentan con la distancia á que se ponga la pantalla, y además que á igualdad de distancia serán tanto mayores cuanto más cerca del foco luminoso esté el cuerpo opaco.

Supongamos ahora que, como suele acontecer en la práctica, el foco tenga dimen-

siones finitas, apreciables. En este caso, la superficie del cuerpo opaco y el espacio que lo rodea se componen de tres partes distintas: una cuyos puntos están á la vez alumbrados por toda la superficie luminosa, otra que no recibe rayo alguno, y la tercera, intermedia entre las otras dos, sólo recibe una fracción mayor ó menor de la luz total. Así pues, en la superficie del cuerpo hay, además de la sombra de éste y del cono de sombra proyectado en el espacio, una porción menos iluminada que se llama *penumbra*, y

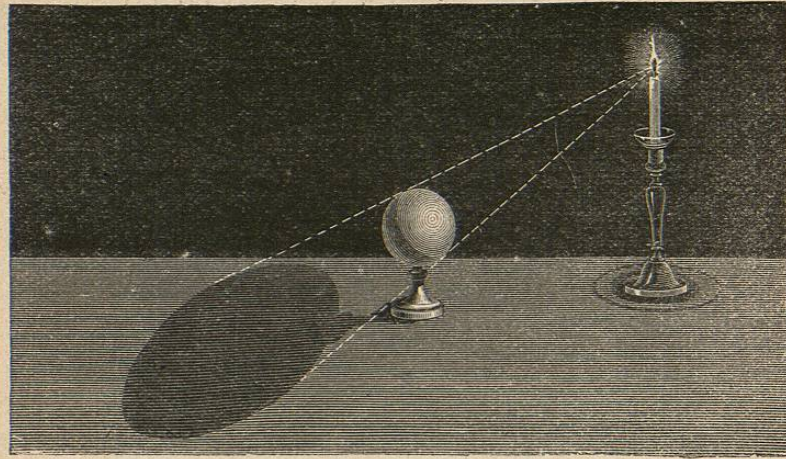


Fig. 410.—Cono de sombra de un cuerpo opaco

en el espacio un *cono de penumbra* que se proyecta también hasta lo infinito. El examen de la figura 411 da fácilmente á comprender por qué el cono de sombra está limitado cuando el foco luminoso tiene mayores dimensiones que el cuerpo opaco, al paso que

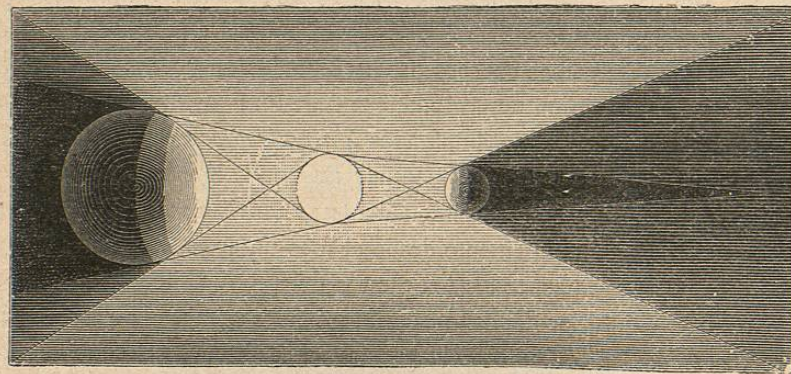
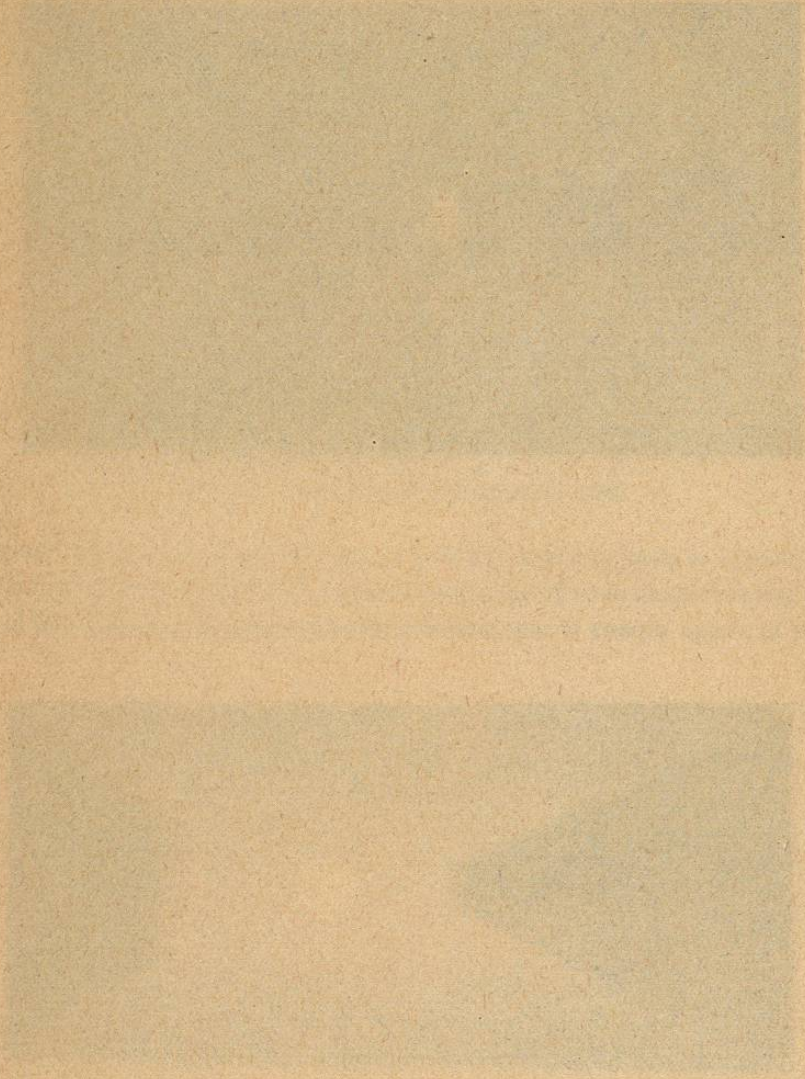


Fig. 411.—Conos de sombra y de penumbra

es infinito cuando estas dimensiones son menores: la sombra adquiriría la forma cilíndrica en el caso particularísimo en que el foco y el cuerpo opaco fuesen de iguales dimensiones y su posición y forma semejantes.

Estas son otras tantas consecuencias de la ley de propagación rectilínea de la luz en los medios homogéneos, y la experiencia demuestra cuán cierta es esta ley, al menos aproximadamente; mas conviene penetrarse de que no es susceptible de comprobaciones prácticas rigurosas; pues, en efecto, en la mayoría de los casos, las penumbras de los focos de luz de dimensiones finitas presentan más allá de los contornos de la sombra



EL MUNDO FÍSICO

ECLIPSE DE SOL POR LA TIERRA. — VISTA IDEAL DESDE LA LUNA

MONTANER & SIMÓN