

solar, y en espacios oscuros que la absorben: probablemente son los continentes y los mares. En los polos tiene manchas de un blanco más vivo que se extienden ó reducen en latitud, según que la época corresponde á la estación invernal de Marte ó á la de verano. Dedúcese de aquí con bastante verosimilitud que las manchas blancas y variables de las zonas polares son efecto de la acumulación de nieves y hielos. Finalmente, se ha podido observar otras manchas movibles y agrisadas que deben ser nubes flotantes en la atmósfera. Así pues, todo hace presumir que la constitución física de dicho planeta se asemeja mucho á la de la Tierra, y las personas de fértil imaginación llegan hasta pintar los paisajes del interesante

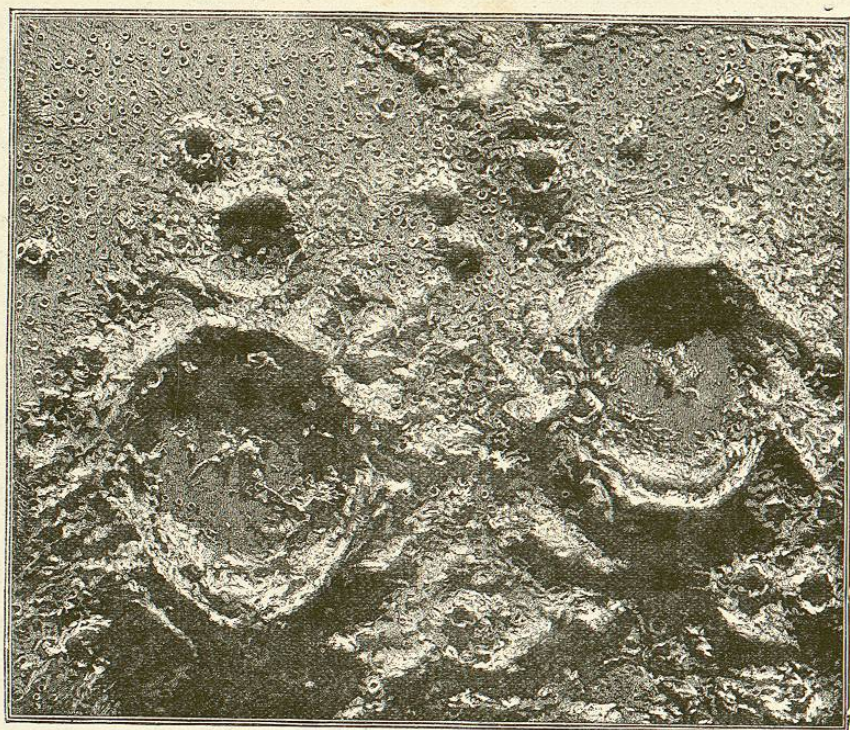


Fig. 2.—Cráteres lunares.

do contraste, del que es fácil formarse una idea, con el aspecto de los paisajes terrestres. La Luna carece de atmósfera, si no completa, al menos totalmente. Tampoco hay en su superficie agua ni líquido alguno evaporable; por lo cual tienen los paisajes lunares una crudeza de tonos que no se ve en otra parte, en ninguna zona de la Tierra, y que aparece claramente definida en todas las observaciones telescópicas, cualquiera que sea el poder óptico de los instrumentos. Como la Luna carece de ese velo luminoso que nos oculta las estrellas durante el día, hasta cuando el cielo está más sereno y

astro. Pero los fenómenos de la luz ¿no serán allí distintos de los que observamos en la Tierra? El color rojizo de los continentes que hace parecer de un gris verdoso el de los espacios que se tienen por mares, ¿no es indicio de una constitución especial en la envoltura gaseosa de Marte, y de propiedades puramente particulares por lo que respecta á los fenómenos luminosos que ocurren en dicha envoltura? Pueden hacerse toda clase de conjeturas sobre este asunto, y nos parece imposible que se prejuzgue el aspecto del cielo de Marte por comparación con el que se ve desde la Tierra.

Quizá sea esto más fácil por lo que se refiere á la Luna. Tal vez se pueda asegurar que ese aspecto presenta en nuestro satélite un marca-

despejado, el cielo de los días no se distingue allí del de las noches sino por la presencia del Sol, cuyo globo sin rayos, sin aureola, se destaca sobre un fondo absolutamente negro. Allí brillan siempre las estrellas, con un fulgor que debe permitir columbrar hasta las más pequeñas, y la Vía Láctea reluce con una limpieza, con un esplendor que no conocemos en la Tierra.

Por lo que hace al suelo lunar, á las raras y marcadas asperezas y escabrosidades de que está sembrado, y á los millares de cavidades que en él se divisan, el resplandor y la crudeza

de su luz cegarían al que pudiera observarlos de cerca; y apenas si los reflejos de las partes que reciben la luz del Sol aminoran las sombras negras de las que no están alumbradas por él. En un paisaje lunar no hay perspectiva aérea, y por consiguiente, tampoco esas transiciones, esos matices, esas gradaciones vaporosas, ni esas variaciones de colores que tanto atractivo prestan á los paisajes terrestres, aún en los climas más desolados de nuestro globo. La larga duración de los días y de las noches (por término medio veintinueve veces y media mayor que la de la Tierra) debe aumentar la monotonía del aspecto de esa Tierra ruinosa.

III

LAS PERCEPCIONES EXTERNAS, LA LUZ Y EL SENTIDO DE LA VISTA.

De cuantos agentes físicos impresionan nuestros sentidos y que, por su mediación, nos ponen en comunicación con el mundo exterior, no hay ninguno que tenga tanta importancia como la luz.

Sin la luz, ó lo que es igual, sin el órgano de la vista, sería forzosamente muy limitado el conocimiento que tendríamos de los cuerpos ó de los seres que componen el universo. Por el tacto solo, de cuyo sentido vienen en cierto modo á ser modificaciones ó variedades el olfato y el gusto, no estaríamos en relación sino con los objetos á los cuales podemos acercarnos hasta tocarlos. Verdad es que merced al oído podríamos percibir los movimientos íntimos de cuerpos extraños situados á alguna distancia, pero esta sensación sola nos serviría cuando más para juzgar de la dirección en que se hallan estos cuerpos, y aún así y todo no podríamos traspasar los límites, relativamente muy circunscritos, de la Tierra y su atmósfera.

Privados de la luz ó del sentido de la vista, ¿qué sabríamos de la forma, dimensiones, distancia y posición relativa de los cuerpos situados en dichos límites? ¿Qué idea podríamos formarnos de esas propiedades variadas por las cuales se diferencian entre sí, de su orden, de sus movimientos? Casi todo el inmenso terreno de las ciencias físicas y naturales estaría vedado para nosotros. Ni siquiera podemos imaginar la extraordinaria pequeñez del círculo

al cual se limitarían nuestros conocimientos, observando lo que les pasa á los ciegos de nacimiento; porque si bien es verdad que estos no conocen por sí mismos lo que es la luz y el color, en cambio, gracias á la educación, al lenguaje, al auxilio de las personas que ven y con las cuales viven, pueden adquirir y en realidad adquieren una porción de nociones de que su falta de vista les hubiera privado para siempre, si hubiesen estado solos.

Hay que confesar por otra parte que la vista sola, sin el socorro y exámen de los otros sentidos, nos proporcionaría nociones muy vagas del mundo exterior; pero gracias á la educación práctica que resulta de su concurso, adquirimos sucesivamente la idea de la existencia real de nuestro propio cuerpo, y luego la de los cuerpos extraños, de su forma, dimensiones y distancias. Juzgamos de su relieve por el claro-oscuro de su superficie, y la innumerable variedad de colores que esta superficie presenta nos ayuda á distinguirlos unos de otros y á recordar sus propiedades especiales.

Finalmente, la luz y el sentido de la vista son los que nos permiten conocer su estado de reposo y de movimiento; y como la mayor parte de los fenómenos cuyas leyes estudian las ciencias naturales y físicas consisten en movimientos, ya del conjunto de los cuerpos ó bien de sus partes, llegamos á averiguar cuáles son esas leyes observando la dirección, velocidades y períodos de dichos movimientos.

La simple vista basta para proporcionarnos esos medios preciosos de investigación científica; pero ¡cuánto más eficaces son cuando podemos añadirles el recurso de los instrumentos de óptica, basados precisamente en el conocimiento de las leyes de los fenómenos luminosos! Valiéndonos de estos instrumentos, podemos multiplicar en proporción enorme la potencia de nuestro órgano visual. Gracias al telescopio, se ha ampliado indefinidamente el campo de la astronomía, limitada en un principio á los astros visibles á la simple vista, y en el dominio del espacio infinito hemos conquistado regiones desconocidas del universo, pobladas de mundos innumerables relegados á distancias aterradoras. Concentrada en el foco de nuestros poderosos instrumentos, la débil luz radiada por esos astros, que se perdía por

decirlo así antes de llegar á impresionar nuestra retina, y hoy multiplicada por la superficie de los objetivos telescópicos, nos ha demostrado la existencia de cuerpos que la mente más osada apenas podía concebir. Del propio modo y gracias también al microscopio, ha aparecido ante nuestra asombrada vista el mundo de los infinitamente pequeños, y hemos podido penetrar el secreto de la constitución íntima de seres cuya existencia ni siquiera sospechábamos antes.

En todo lo que precede, no consideramos la luz sino con relación á su importancia intelectual ó científica. Si de aquí pasáramos á ocuparnos del cometido que desempeña en la economía de la naturaleza, en la influencia que ejerce en nuestra existencia misma, en la de los seres organizados ó vivientes, veríamos que este agente físico no tan sólo es útil, sino también indispensable, condición necesaria de la vida, por lo ménos en la superficie del globo que habitamos. Y en efecto, sin la luz los vegetales no podrían desarrollarse, y por consiguiente no podría existir la vida animal, íntimamente ligada á la existencia de los vegetales mismos. En un capítulo especial estudiaremos la acción de la luz sobre los seres organizados, y esta verdad, de la que nos limitaremos á hacer ligerísima mención aquí, aparecerá entonces con toda su importancia. Por último, si dejásemos de percibir la luz, aún cuando esta continuara ejerciendo en la naturaleza su benéfica influencia, si el hombre estuviera privado del sentido de la vista, ¿quién no comprende que su existencia estaría, si no absolutamente amenazada, por lo ménos muy comprometida? No sería la ciencia únicamente la que entonces sufriría notable menoscabo, sino también todo cuanto constituye nuestra superioridad sobre los demás animales. Por lo demás, ¿qué supondría la luz para nosotros si careciésemos del órgano mediante el cual percibimos sus variadas manifestaciones?

La luz es para el hombre, lo propio que el sonido, un fenómeno á la vez exterior é interior.

Todo foco luminoso—el Sol, por ejemplo,—lo es también de un movimiento vibratorio que conmueve el éter en todos sentidos, propagándose luego con extraordinaria rapidez en forma de ondulaciones de diferentes amplitudes

y períodos. Este movimiento atraviesa ciertos medios, tropieza con los cuerpos, se refleja parcialmente en ellos, queda absorbido también en parte, se rompe y se fracciona de diversos modos produciendo los más variados efectos; aquí, elevación de temperatura; allí, combinaciones y descomposiciones químicas, etc. Todo esto es el lado exterior del fenómeno, la forma bajo la cual existe, abstracción hecha del hombre ó de cualquier otro ser capaz de experimentar la sensación de la luz. Ahora bien, si en el trayecto de estas radiaciones se encuentra el órgano visual del hombre ó de cualquier otro ser viviente, al punto se comunica la conmoción por la retina á los nervios ópticos, excitando en ellos la sensación de la luz con todas sus modificaciones de brillo y de colores. Tal es el fenómeno interior que depende de nuestra organización, de nuestra sensibilidad, y así lo prueba el que de las radiaciones emanadas de un foco, tan sólo las que tienen cierta rapidez en sus períodos producen la sensación luminosa. Las ondas ménos rápidas y más largas dan origen á fenómenos caloríficos, sin que haya luz, sucediendo lo propio con las más rápidas y cortas, cuya acción se manifiesta únicamente en forma de fenómenos químicos.

Consideradas en sí mismas las ondas caloríficas, las luminosas y las químicas, no difieren sin embargo de naturaleza; unas y otras son movimientos vibratorios emanados de las mismas fuentes y producidos por la propia causa; su duración, la rapidez con que se suceden son los únicos elementos que establecen entre ellas alguna diferencia. Todas se confunden en el seno del éter, del medio eminentemente elástico en que se propagan, y solamente parecen como separadas al tropezar con cuerpos, ya sean inorgánicos ó inertes, ya organizados ó vivientes, minerales, vegetales ó animales, sólidos, líquidos ó gases, ó al penetrar en sus sustancias. Entonces es cuando se trasforman esos movimientos vibratorios, y cuando los unos se manifiestan como calor, los otros como actividad química y los otros en forma de luz.

Vese pues, por esta primera exposición, que la sensación de la luz y de los colores no es otra cosa sino esa propiedad particular que tienen los nervios ópticos de ser impresionados por radiaciones de cierta intensidad, emanados de

lo que se llama una fuente ó foco luminoso. Es una propiedad puramente peculiar del hombre, y, en cierto grado que ignoramos, de los animales. También es posible que ciertos seres vivientes perciban como luz ondas que son para nosotros exclusivamente caloríficas, ú otras ondas que nos producen un efecto exclusivamente químico.

IV

LOS MANANTIALES DE LUZ Y LOS MEDIOS ÓPTICOS

Para que percibamos la sensación de la luz se requieren dos condiciones; la primera que, á una distancia que puede variar hasta lo infinito, haya un *manantial luminoso*, es decir un cuerpo cuyo estado físico ó químico sea tal que de sus moléculas partan vibraciones especiales capaces de agitar progresivamente el éter hasta llegar á nuestra retina, en la cual el fenómeno, de exterior que era en un principio, se convierte en interior. La segunda condición consiste en que el medio que separa del ojo el manantial luminoso sea á propósito para transmitir las ondas de luz emanadas de éste.

Entremos en algunos detalles preliminares acerca de ambos puntos.

Los manantiales luminosos *propriadamente dichos* ó *directos* son los cuerpos en que nace el movimiento luminoso. Por lo regular, la elevada temperatura á que están sometidos es la que produce su incandescencia: más adelante veremos que á los 500 ó 600 grados los cuerpos se vuelven luminosos ó visibles en la oscuridad. También produce á menudo la incandescencia un fenómeno químico, la combustión, y en especial la de los gases. Pero en ciertos casos puede haber luz sin que se desarrolle calor perceptible, como sucede con los cuerpos fosforescentes.

Un cuerpo que no es luminoso por sí mismo, pero que recibe en su superficie la luz de un foco, se torna visible al alumbrarlo éste, de suerte que á su vez se convierte en manantial de luz, siendo entonces foco ó manantial *indirecto* ó *secundario*. Al paso que el Sol y las estrellas son focos luminosos *propriadamente dichos*, la Luna y los planetas lo son secundarios, puesto que no hacen sino enviar al espacio parte de la luz que

reciben del Sol. Cuando la Luna es visible, entre el cuarto menguante y el novilunio, en forma de creciente, más ó ménos delgado, se ve distintamente al lado del menisco luminoso, todo el resto del disco, dándose el nombre de luz cenicienta al resplandor de aspecto fosforescente de que hablamos. Este resplandor procede de la parte iluminada de la Tierra que desempeña en las noches de nuestro satélite el papel que éste último desempeña en las noches terrestres; es una *tierra llena* análoga en todo á nuestro plenilunio. Así pues, la luz cenicienta es la luz solar doblemente reflejada de la Tierra á la Luna y de ésta á aquélla. A cada paso podemos observar fenómenos semejantes: cualquier objeto alumbrado por un foco directo alumbrá á su vez los objetos inmediatos que á su vez reflejan esta luz convirtiéndose aunque en grado cada vez más débil, en focos luminosos.

También se podrían dividir los manantiales de luz en naturales y artificiales, subdividiéndose además los primeros en permanentes y transitorios ó accidentales. El Sol es para nuestro mundo un manantial luminoso permanente; los bólidos, las estrellas fugaces, las auroras boreales son focos naturales accidentales. Por lo que atañe á las fuentes artificiales de luz, comprenden todas las que producimos en la superficie de la Tierra valiéndonos de medios industriales.

Hablemos ahora de la segunda condición necesaria para la percepción de la luz, de los medios ópticos.

Consideremos un foco de luz, primitivo ó secundario, por ejemplo, la llama de una bujía. Entre esta llama y el ojo que experimenta la sensación luminosa media cierta distancia, y por lo tanto un medio ó una serie de medios á propósito para dar paso á la luz emanada del foco. El ojo mismo está constituido por medios de este género, que estudiaremos en el capítulo consagrado á la visión.

Esta propiedad de dar paso á la luz, desde un foco al ojo, ha hecho dar á los medios de que hablamos el nombre de *transparentes*, y también el de *traslúcidos*, cuyo último calificativo indica un grado menor de la propiedad de que se trata.

Por el contrario, la interposición de otros

cuerpos ó medios entre el ojo y el foco puede ser un obstáculo para la percepción de la luz: tales son los cuerpos ó medios *opacos*. Así sucederá con la bujía en cuestión si desde la habitación en que estamos y en la que es visible para nosotros porque entre ella y nuestros ojos no hay más medio que el aire, la trasladamos á una estancia contigua, ó la tapamos con una pantalla. En uno ú otro caso se torna completamente invisible: las paredes del cuarto, la pantalla de cartón ó madera, constituyen el medio opaco que intercepta la luz, ó que no es propio para su trasmisión.

Por consiguiente, no todos los medios son adecuados para la trasmisión de la luz, siendo menester para percibirla que haya cuerpos transparentes, traslúcidos. Pero cuando media esta condición, cuando aparece un foco luminoso, la impresión de la luz es instantánea como sólo esté separado del ojo por un medio traslúcido ó transparente. A lo ménos, así nos lo parece en las observaciones ó experimentos que podemos hacer espontáneamente en la superficie de la Tierra. Así también, si la luz llega á desaparecer, no podemos determinar ningún intervalo de tiempo apreciable entre el instante de su desaparición efectiva y aquel en que cesa la sensación luminosa. Sin embargo, por una parte se prueba en realidad, y más adelante veremos cómo, que la sensación luminosa no desaparece instantáneamente, lo cual depende de cierta duración de la impresión en la retina, y por otra parte, que la luz se propaga sucesivamente en el espacio, es decir, invierte un tiempo que puede medirse en recorrer la distancia comprendida entre el ojo y el foco. Al decir que la luz se propaga, nos valemos pues de una expresión conforme con la realidad de las cosas. Pero prescindiremos desde luego de la duración de esta propagación, la cual es tan rápida que puede considerársela como si estuviera dotada de una velocidad infinita en la mayor parte de los experimentos de que se valen los físicos para el estudio de la propagación de la luz.

Digamos algunas palabras sobre los medios considerados con relación á la propagación de la luz. Los hemos dividido en medios transparentes ó traslúcidos y en medios opacos.

La transparencia y la opacidad no son jamás absolutas.

Para que un cuerpo pueda pertenecer á la primera clase, no tan sólo se requiere que dé paso á la luz, sino que al través de él se vean con cierta limpieza los objetos luminosos ó alumbrados. Pero si la forma y los contornos de estos objetos dejan de ser perceptibles sin que la luz se extinga completamente, el medio ó el cuerpo es simplemente *traslúcido*.

El medio dotado de la mayor transparencia que conocemos es el *vacío*; y al decir el *vacío*, entendemos con todos los físicos, no el vacío absoluto, que es puramente una hipótesis, sino un espacio tan completamente privado de materia ponderable como sea posible. Tal es, en un grado puramente relativo, el vacío obtenido con la máquina neumática, el de la cámara barométrica, y más aún, el espacio interplanetario ó intersidéreo. La luz que recibimos del Sol, de las estrellas, de las nebulas, prueba suficientemente que no necesita, como el sonido, de un medio ponderable para propagarse por más que ántes de llegar á nuestros ojos haya tenido que atravesar en último término el espesor de nuestra atmósfera. La transparencia del aire, aunque evidente, es infinitamente menor que la del éter, y cualquiera puede comprobar la disminución de brillo de los objetos luminosos conforme va creciendo el espesor de las capas atmosféricas (1).

Por lo demás, tampoco parece ser absoluta la transparencia del aire. Basándose algunos astrónomos en la distribución de las estrellas de diferentes magnitudes y en el 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 esta por el espacio celeste.» Calcula dicha extinción en un centésimo próximamente de la intensidad por el trayecto de la luz al través de una distancia igual á la de las estrellas de primera magnitud.

(1) Es posible, mejor dicho es probable, que la absorción de la luz, que tan rápidamente crece cerca del horizonte, no dependa solamente del aumento de espesor y densidad de las capas del aire, sino también de los corpúsculos en suspensión, de moléculas acuosas, polvillo, etc., mucho más numerosos cerca del suelo que á cierta altura en la atmósfera.

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 geométricamente 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 Dijon, que es uno de los puntos de tan inmenso horizonte.

Además de los cuerpos transparentes ó diáfanos, tenemos los simplemente *traslúcidos*, 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 traslucidez 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 resinosa) que es blanco y casi opaco en su estado ordinario, pero que se vuelve traslúcido 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 distingue un hermoso color azul verdoso que atestigua la trasmisión de la luz, no al través de las grietas producidas por el batido, sino al través de la sustancia 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 ménos 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 traslucidez 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 micrografos,—infusorios, microfitos,—es la que explica su transparencia.

Por lo demás, aquí nos limitamos á enumerar los cuerpos que disfrutan 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.