

con el de igual volúmen de agua destilada. Como el agua que se usó no tendrá exactamente la temperatura de $+ 4^{\circ}$ que se necesita, se introduce en aquella un termómetro, y se anota su indicación y con ella se hacen, por medio del cálculo, las correcciones de que se hizo mencion y que se hallan consignadas en cualquier tratado de física.

Caso de cuerpos solubles en el agua.

Si el cuerpo por estudiar es soluble en el agua, se usa entonces otro líquido en que no se disuelva, como alcohol, aceite, etc., y determinando el peso específico de este vehículo, con relacion al agua, se multiplica por el que correspondió al cuerpo respecto del líquido que se usó, y así se tiene el del mismo cuerpo con relacion al agua.

Otros métodos para determinar el peso específico.

Este método se llama, como se indicó ántes, de *volúmen constante*, y es ciertamente muy expedito; pero se puede llegar al mismo resultado con la balanza hidrostática y con el areómetro. No entramos en sus pormenores por no alargar éste escrito, y por ser métodos consignados con amplitud en el estudio de la física: el primero lo describimos como un ejemplo para recordar lo que se llama *peso específico de un cuerpo*.

Al hacer las descripciones de los minerales se verá siempre anotado como un dato de la mayor importancia, su peso específico ó densidad relativa.

CAPÍTULO VIII.

DOBLE REFRACCION, POLARIZACION, FOSFORESCENCIA Y FLUORESCENCIA.

Refraccion.

Llámase refraccion á la desviacion que sufren los rayos luminosos cuando pasan oblicuamente de un medio á otro; el ángulo que forma el rayo oblicuo con la normal al punto en que aquel toca, se llama ángulo de incidencia, y el que forma el radio refractado, con la prolongacion de la misma normal, es el ángulo

Ángulos de incidencia y de refraccion.

de refraccion. Se da el nombre de *índice de refraccion* á la relacion de los senos de los dos ángulos, y se expresan así:

$$n = \frac{\text{sen } i}{\text{sen } r}$$

Índice de refraccion.

El fenómeno, como acaba de describirse, se observa en los medios no cristalizados y se le llama *refraccion simple*, porque el rayo refractado no da lugar más que á una sola imágen. En el espato calcáreo, en el yeso y otras sustancias cristalizadas el rayo refractado se divide y produce dos imágenes; á este caso se le da el nombre de *doble refraccion*, cuyo fenómeno forma un carácter importante en el estudio de algunos minerales, y por esto lo consignamos entre los caracteres físicos que se utilizan en las determinaciones mineralógicas.

Distincion entre la simple y la doble refraccion.

Los cuerpos que presentan esta propiedad se llaman *birefringentes* y son los cristalizados en los sistemas del 2° á 6° , pues no se nota ese fenómeno en el sistema cúbico; en los otros se manifiesta en grados desiguales y más ó menos perceptibles. Debe advertirse que entre los cuerpos pertenecientes al primer sistema y algunos otros que no son cristalizados pueden adquirir la doble refraccion por medios mecánicos, como una desigual compresion, ó por el temple.

Cuerpos birefringentes.

La doble refraccion no se observa en todas las direcciones de un cristal, sino que hay una ó dos, segun las cuales no se percibe más que una sola imágen: á estas direcciones se les llama *ejes ópticos*, ó *ejes de doble refraccion*, siendo este nombre notoriamente impropio.

Ejes ópticos.

Se llaman cristales de un eje aquellos que sólo tienen una direccion en la cual no se bifurca la luz, y de dos ejes á los que tienen un par de aquellas direcciones. Brewster ha asentado la regla de que en los cristales de un eje, la direccion en que no se refracta la luz coincide con el eje de cristalización.

Cristales de uno ó dos ejes.

En las dos imágenes producidas en el fenómeno de que nos ocupamos, se observa que uno de los dos rayos refractados en que se divide el rayo incidente, sigue las leyes de la refraccion simple, llamándose por esto *rayo ordinario*, y el otro difiere al

El rayo extraordinario sigue las leyes de la refraccion simple.

grado de que la relacion de los senos de los ángulos no es constante como en el primer caso, y además, el plano del ángulo de incidencia no es el mismo que el de refraccion; por esta razon se da á dicho rayo el nombre de extraordinario.

Cristales positivos y negativos.

Quando el índice del rayo ordinario es más grande que el del extraordinario, se llama *crystal negativo* al que lo posee así, y en caso contrario se le da el nombre de *crystal positivo*.

Como ejemplos de cristales del primer género debemos citar los del espato calizo, esmeralda, mica, etc., y del segundo, el cuarzo y el jergon, entre otros.

Seccion principal.

Se llama seccion principal en los cristales de un eje, al plano que pasa por el eje óptico y termina perpendicularmente en una cara del cristal.

Si se examina un punto negro p. e. á través de un cristal de espato de Islanda, se verán dos imágenes; girando ó moviendo el cristal se notará que una de las imágenes permanece fija mientras que la otra gira al derredor de aquella; la primera es la imagen ordinaria, y la última la extraordinaria, cuyo plano se separa del de incidencia.

Como se ve, esta relacion entre la forma cristalina de los cuerpos y el fenómeno que nos ocupa, es de mucho interes en las investigaciones mineralógicas, y más aún tomando en cuenta el fenómeno de la polarizacion de la luz.

Polarizacion de la luz.

Se llama polarizacion á una modificacion que pueden sufrir los rayos luminosos y á consecuencia de la que no pueden volver á reflejarse ó refractarse en ciertas direcciones.

Polarizacion por reflexion y por refraccion.

La luz se puede polarizar por reflexion ó por refraccion; el ángulo bajo el cual se polariza la luz por reflexion, varía con la naturaleza de los cuerpos, y esta circunstancia puede servir en las determinaciones mineralógicas. Sobre un vidrio negro la luz se polariza bajo el ángulo de 35°25'; hé aquí otros ángulos de polarizacion:

Ángulos de polarizacion.

Yeso.....	33°15'
Cuarzo	32. 28
Magnesia hidratada.....	32. 35

Baritina....	31°31'
Topacio.....	31. 26
Espato calizo.....	31. 9
Espinela.....	29. 35
Jergon.....	27. 0
Azufre.....	26. 15
Diamante.....	22. 00

Propiedades del rayo polarizado.

El rayo polarizado sobre un vidrio negro, presenta las siguientes propiedades:

1ª El rayo no sufre ninguna reflexion cayendo sobre otra lámina de la sustancia de que se trata y bajo su ángulo de reflexion, si el plano de incidencia sobre la segunda lámina es perpendicular al plano de incidencia de la primera; bajo otras incidencias puede ser más ó ménos reflejado el rayo luminoso.

2ª Trasmitado á través de un prisma birefringente, no produce más que una imagen, si la seccion principal es paralela ó perpendicular al plano de incidencia, mientras que en cualquier otra posicion con relacion á este plano, da dos imágenes.

3ª El rayo luminoso no puede ser trasmitado á través de una lámina de turmalina, cuyo eje de cristalicacion es paralelo al plano de incidencia, y se trasmite tanto más fácilmente cuanto el eje de la turmalina se aproxima más á la direccion perpendicular á este plano.

La polarizacion por reflexion se observa en todos los cuerpos, aunque en grados y bajo ángulos diferentes.

Conocidas estas propiedades de la luz polarizada, veamos el uso que de ellas puede hacerse en las determinaciones cristalográficas, en las de refraccion y aun en el reconocimiento de algunos minerales.

Aplicaciones de la polarizacion en las determinaciones mineralógicas.

Como se ha visto, la posicion del eje de una lámina de turmalina influye terminantemente sobre la determinacion del fenómeno que nos ocupa; pues bien, si se colocan paralelamente dos láminas de esa sustancia, con tal que sean diáfanos y se hayan cortado paralelamente á su eje, dejarán pasar la luz; mas si se ponen en cruz, la luz se polarizará y el espacio de contac-

Análisis con las láminas de turmalina.

to de ambas láminas quedará oscuro. Ahora, si en ese espacio del cruzamiento de las láminas se pone un cristal de doble refraccion, al pasarlo el rayo polarizado se desviará de su camino, y no siendo perpendicular á la superficie de salida, no estará en la posicion conveniente para polarizarse, y la parte oscurecida volverá á iluminarse. Se podrá, pues, así conocer los cristales que poseen la doble refraccion.

Anillos coloridos.

En posiciones apropiadas los cristales refringentes presentan anillos coloridos y otros fenómenos ópticos que pueden observarse bien por medio de la tenaza ó estuche de turmalinas. Consta este pequeño aparato de dos turmalinas talladas paralelamente á su eje, y montadas cada una en discos negros de cobre los cuales se colocan en dos anillos metálicos, unidos por un alambre doblado formando pinza ó tenaza para poder dar diversas posiciones á las turmalinas.

Observando con este aparato, una de las turmalinas obra como polarizador y la otra como analizador; cuando el cristal que se examina se halla tallado en lámina delgada, se le ven con toda claridad una serie de anillos coloridos concéntricos separados por otros oscuros, cuyo fenómeno es muy perceptible con la luz de un solo color, y con la luz blanca se producen irizaciones: con láminas gruesas los anillos son ménos visibles y desaparecen del todo bajo un regular espesor.

Diferencias entre los anillos coloridos en los cristales de un eje y los de dos.

Lo que hay de muy particular en esta observacion por medio de la turmalina, es que en los cristales refringentes de un solo eje los anillos son circulares, y se hallan cortados por una cruz negra cuando los ejes de las turmalinas son perpendiculares entre sí; en el caso de que éstos sean paralelos, los anillos presentan colores complementarios, y la cruz es blanca. Fenómenos análogos se presentan con todos los cristales refringentes de un eje; ya veremos la particularidad que el cuarzo presenta sobre este particular.

Con los cristales de dos ejes, los anillos coloridos aparecen bajo la forma de curvas con dos centros, generalmente elipsoidales, y girando lentamente el cristal que se observa, las fajas negras parecen ramas parabólicas.

En fin, si se experimenta con una lámina de cristal de roca, tallada perpendicularmente á su eje de cristalización, sucederá que cuando es atravesada por un rayo de luz polarizada, este rayo se polariza aun á la emergencia, mas no en el mismo plano de polarización que ántes de su paso al través del cuarzo. El nuevo plano se encuentra, en algunos ejemplares de cristal de roca, á la izquierda, y en otros á la derecha del primero. Esta circunstancia es la que se llama polarización rotatoria del cuarzo, y que se observa muy bien en otras sustancias, como en el azúcar de caña disuelto en el agua, en la trementina, etc. Se llaman *dextrógiras* á las sustancias que giran á la derecha, y *levógiras* á las que lo verifican á la izquierda.

Polarización rotatoria.

Para la observacion de estos fenómenos, así como los anteriores referidos, sobre polarización de la luz, hay aparatos propios llamados polariscopios, y que se encuentran definidos con todos sus detalles en las obras de física. Para el objeto que nos hemos propuesto en esta obra, bastan las nociones citadas que indican la marcha que debe seguirse en la aplicacion de estos fenómenos de óptica á las investigaciones mineralógicas. Como ántes se expresó, el conocimiento del índice de refraccion, del ángulo de polarización y la determinacion de los cristales de uno ó dos ejes, serán recursos de gran valía para la clasificación de los sistemas cristalinos y aun de varias especies mineralógicas. Que se tengan p. e. fragmentos de minerales transparentes; se podrá ver desde luego cuáles son sus índices, y si presentan la refraccion comun ó la doble; si es la segunda, quedan por este hecho excluidos los cristales del sistema cúbico; despues se determinarán los ángulos de polarización, y se observará si los cristales son positivos ó negativos.

Polariscopios.

Fosforescencia es la propiedad que presentan algunos cuerpos de emitir luz, espontáneamente ó sometidos á ciertas causas.

Fosforescencia.

Los casos de fosforescencia son los siguientes: espontánea, por elevacion de temperatura, por efectos mecánicos, por electricidad y por insolacion.

Casos de fosforescencia.

La primera se observa en algunos vegetales y animales, como en los hongos y en insectos alumbradores. La fosforescencia por

elevacion de temperatura se nota muy bien en algunos diamantes y en el espató fluor, calentándose á 300 ó 400 grados. La fosforescencia por efectos mecánicos, como son la percusion y el frotamiento, se observa en varias sustancias, como frotando uno contra otro dos cristales de cuarzo. El fenómeno físico de que nos ocupamos puede tambien ocasionarse por medio de la electricidad, y en fin, por insolacion, cuyo caso es el más importante en los estudios mineralógicos: este fenómeno se observa exponiendo al sol algunas sustancias, y observándolas despues en la oscuridad, donde aparecen luminosas. Entre los cuerpos más notables por este efecto deben citarse los sulfuros de calcio, estroncio y bariú, algunos diamantes, el espató fluor, la aragonita, el calcite, el fosfato de cal y otros compuestos, especialmente de los alcalino terrosos.

Fluorescencia. Se llama fluorescencia á una produccion instantánea de luz que se observa en el espató fluor, en algunas sales de quinina y en otros compuestos; distínguese este fenómeno del anterior, en que el efecto luminoso cesa con la causa que lo produce.

CAPÍTULO IX.

DIVERSAS PROPIEDADES FISICAS.—CARACTERES ORGANOLEPTICOS.

Habiendo citado con algunos detalles las propiedades físicas más importantes, reunimos en este capítulo las descripciones de algunas otras que pueden enumerarse con más brevedad.

Electricidad y magnetismo. *Electricidad y magnetismo.* En tiempos anteriores se dió alguna importancia á la propiedad que presentan los minerales de electrizarse bajo la influencia de ciertas circunstancias; mas es ésta una propiedad tan general, y además variable en sus modos de manifestarse, aun en una misma sustancia, que en la

actualidad no se estima la electrizacion de las especies minerales como uno de sus caracteres distintivos, y por lo mismo basta advertir que las especies mineralógicas pueden electrizarse por los medios conocidos al efecto en los tratados de física. Las propiedades magnéticas se observan en la magnetita y otros cuerpos ferruginosos, y pocas veces hay que poner de manifiesto esta propiedad para reconocer una sustancia; así al probar la dureza del hierro magnético, se verá que el polvo arrancado se pega á la navaja, y tambien se podrá observar que el mismo compuesto ejerce una accion muy notable sobre la aguja imantada. Para probar estas propiedades magnéticas se usa generalmente una de esas agujas, colocada sobre una punta de manera que pueda girar con libertad; en esta posicion se le va acercando el cuerpo que se quiere experimentar, y se notará si atrae ó repele á la aguja. Tanto las propiedades eléctricas, como las magnéticas, cuando sean notables en ciertos cuerpos, se designarán entre los caracteres especiales que les correspondan.

Olor, sabor, aspereza y untuosidad al tacto. Estos caracteres comprendidos entre los llamados organolépticos, pueden estimarse como diferenciales en algunos minerales; así, respecto al olor, servirá para reconocer á los betunes, á las calizas y otras sustancias que contengan azufre ó ciertos compuestos sulfurados ú orgánicos en descomposicion. El sabor del sulfato de hierro, del carbonato y sulfato de sosa, de la sal comun, del salitre, etc., es un dato muy apreciable al reconocer esas sustancias. La untuosidad que se nota en el talco y otros compuestos magnesianos, es un aviso para caminar ya en determinada via al hacer una determinacion mineralógica; lo mismo puede utilizarse el efecto contrario, es decir, la aspereza que presenta p. e. el trípoli y el ruido particular que hace cuando se le frota entre los dedos; la propiedad de las arcillas y otras sustancias ávidas de humedad que se pegan á la lengua, es otro carácter de importancia en ese sentido.

Elasticidad y flexibilidad. La primera de estas propiedades consiste en la facultad que tienen algunos cuerpos de volver á su forma ó volúmen primitivos, cuando cesa de influenciarlos la

Olor, sabor, aspereza y untuosidad al tacto.

Elasticidad y flexibilidad.

causa que los deformaba, y por el contrario, la flexibilidad sólo permite que el cuerpo se doble, quedando con este accidente despues de separada la accion que le obligó á tomar nueva forma. Ambas propiedades pueden observarse en varias sustancias minerales; así p. e. las láminas de mica pueden doblarse y al soltarlas vuelven á su forma primitiva; circunstancia que no sucede con las láminas de yeso, con el amianto, el asbesto, etc., que sólo son flexibles.

CAPÍTULO X.

DESCRIPCION DE LOS MINERALES.

Utilizacion de los caracteres estudiados.

Llegamos ya al momento de utilizar los caracteres que hemos estudiado para poder describir los minerales, del mismo modo que se aprenden las letras para formar despues las sílabas y las palabras.

Modos de distinguir los objetos en general.

Los objetos, aun en los usos vulgares, se describen y determinan por la enumeracion de sus caracteres; algunos de éstos son comunes á varios objetos, pero sea por la combinacion de dos ó más de aquellos, ó por la particularidad de alguno, podemos distinguir ó especificar los cuerpos. Así, p. e., dirémos que se tienen veinte ó más libros de la medida llamada cuarto mayor; dirémos para describirlos: tienen 800 páginas con sus bordes teñidos de azul; pasta á la holandesa, etc., etc. Despues, describiendo uno á uno esos libros, habiendo ya citado los caracteres que llamaremos generales, dirémos: este libro tiene pasta verde, el otro azul; una es de color uniforme, otra manchada, etc.

Especificacion de un objeto en particular.

Del mismo modo se describen muchos cuerpos, y en el caso de los minerales usaremos la fórmula ó método siguiente:

- 1º Figura.
- 2º Crucero.
- 3º Color.
- 4º Lustre.
- 5º Trasparencia.
- 6º Textura.
- 7º Dureza.
- 8º Densidad y casos particulares.
- 9º Caracteres químicos.
10. Yacimiento.
11. Aplicaciones.

Supongamos que se trata de describir un cristal de carbonato de cal; se dirá: Ejemplo de una descripcion.

Figura cristalizada: La forma es un romboedro, y por tanto pertenece al 4º sistema cristalino; las dimensiones del cristal son.....

Cruceros: Tres, fáciles que conducen á romboedros.

Color: Comun blanco, ligeramente agrisado.

Lustre: Comun por calidad, lustroso por intensidad, comparable al del vidrio é inclinándose al de cera.

Trasparencia: Perfecta en láminas delgadas; en algun espesor es trasluciente.

Textura: Hojosa, ligeramente conchoide.

Dureza: De tres grados; es dócil; el polvo es mate y de color blanco agrisado; iguales caracteres presenta la parte frotada.

Densidad: De 2 á 3.

Casos particulares: Posee la doble refraccion.

Caracteres químicos: Hace efervescencia con los ácidos: es infusible al soplete, y por el calor de la flama se hace frágil y cáustico; con el agua se calienta vivamente, combinándose con ella.

Clasificacion: Es espato calizo ó carbonato de cal, por su cristalicacion romboédrica, cruceros fáciles que conducen á romboedros; trasparencia; dureza de 2; densidad de 2 á 3, y porque hace efervescencia por los ácidos y es infusible al soplete, etc., etc.

Fórmula para la descripcion de los minerales.