

CRISTALOGRAFÍA Y MINERALOGÍA

TEMA 1

INTRODUCCIÓN A LA CRISTALOGRAFÍA Y MINERALOGÍA

ÍNDICE

- 1.1 Concepto de Cristalografía
- 1.2 Concepto de Mineralogía
- 1.3 Antecedentes históricos
- Concepto de cristal y mineral
- 1.4 El estado cristalino
- 1.5 Propiedades de los sólidos en estado cristalino
- 1.6 Cristal
- 1.7 Monocristal
- 1.8 Agregado cristalino
- 1.9 Estructura cristalina

1.1 CONCEPTO DE CRISTALOGRAFÍA

- La Cristalografía es una ciencia que se ocupa del estudio de la materia cristalina, de las leyes que gobiernan su formación y de sus propiedades geométricas, químicas y físicas.

Esta ciencia se clasifica en:

- Cristalografía geométrica,
- Cristalografía química o Cristaloquímica
- Cristalografía física o Cristalofísica,

según que estudie a la materia cristalina desde un punto de vista geométrico, químico o físico.

- En la *Cristalografía geométrica* se estudia:
 - la morfología externa de los cristales y su simetría,
 - la geometría y simetría de las redes
- Cuando se trata a la materia cristalina desde un punto de vista macroscópico hay que considerarla como:
 - un medio homogéneo y continuo, anisótropo y simétrico.
 - Cuando se estudia la simetría interna hay que considerar a la materia cristalina como:
 - un medio homogéneo y discreto, además de anisótropo y simétrico.
- En la *Cristaloquímica* se estudia la disposición de los átomos en la materia cristalina; es decir, su estructura.
 - En este caso hay que introducir el concepto de cristal real, ya que hay que considerar sus imperfecciones, al contrario de como se consideraba en la Cristalografía geométrica.
- En la *Cristalofísica* se estudian las propiedades físicas de los cristales, intentando relacionarlas con la composición química y la estructura.
 - Propiedades importantes a considerar en esta parte son las que derivan de la interacción de la radiación X con la materia, ya que ellas permiten conocer la disposición de los átomos en la estructura, identificar fases cristalinas, etc.

1.2 CONCEPTO DE MINERALOGÍA

La Mineralogía es la ciencia de los minerales y como tal estudia, en estrecha relación mutua, su composición química, estructura cristalina, propiedades físicas y condiciones de su génesis, así como su importancia práctica.

La Mineralogía puede dividirse en:

- Mineralogía química

Se encarga del estudio de las propiedades químicas de los minerales.

- Mineralogía física

Estudia las propiedades físicas de los minerales como las propiedades mecánicas, ópticas, eléctricas, magnéticas, etc.

- Mineralogía determinativa

Se ocupa de describir las distintas técnicas de identificación y determinación de minerales.

- Mineralogía descriptiva

Se describen las propiedades cristalográficas, químicas y físicas, así como las asociaciones y yacimientos de los minerales.

- Mineralogénesis

Se ocupa del estudio de la génesis de los minerales y permite obtener datos de sumo interés para la prospección y valoración de los yacimientos minerales.

Mineralogía aplicada Se ocupa de describir las aplicaciones de los minerales en la industria, prospección y exploración, etc.

1.3 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

La Mineralogía nació como una ciencia eminentemente aplicada, dedicada al aprovechamiento de los yacimientos minerales útiles al hombre. Junto al estudio de su utilidad, se desarrolló, desde los primeros tiempos, el aspecto descriptivo de los nuevos minerales que se descubrían. De esta manera es como se presentan las primeras obras que tratan de los minerales. Entre ellas se pueden citar los textos de Aristóteles (Libro de las piedras, año 315 antes de J.C.), de Teofrasto (Naturalis historia, año 77 antes de J.C.), de Avicena (Tratado de las piedras, en el que se esboza una clasificación de los minerales) o de Alberto Magno (De Mineralibus et rebus metallis, año 1262).

Durante el Renacimiento las obras que tratan de los minerales lo hacen, más bien, desde el punto de vista metalúrgico y de su aprovechamiento industrial, como la obra De Re Metallica, de Agricola (1530) y Pirotechnia de Birunguccio (1535).

En la primera mitad del siglo XVIII se estudian los minerales como simples compuestos químicos de origen natural. En este sentido representan un gran progreso los trabajos de Wallerius y, sobre todo, de Cronstedt.

Las leyes de Rome de l'Isle y de Haiüy, sobre las características de la materia cristalina, permitieron perfeccionar ampliamente los métodos de determinación mineralógica.

Las determinaciones clásicas se basan en las propiedades físicas más manifiestas y observables sin necesidad de aparatos complicados; sin embargo, la utilización del microscopio de polarización permitió un gran avance en la técnica de determinación de los minerales.

La determinación de la composición química es muy importante en todos los estudios de Mineralogía, pero por sí sola es insuficiente para identificar los distintos minerales, ya que en muchos de ellos ciertos cationes son intercambiables (micas, cloritas, zeolitas, granates, etc.) o minerales distintos corresponden a compuestos de composición química idéntica (diamante y grafito, calcita y aragonito, etc.).

El nacimiento de la Cristalografía como ciencia se considera en el momento en que Stensen presenta la constancia de los ángulos diedros de las caras de los cristales de cuarzo, aunque fuera Rome de l'Isle el que generalizara posteriormente sus descubrimientos.

El descubrimiento de los elementos y las posibilidades de los análisis químicos dieron pie a una de las grandes controversias en el mundo de la Cristalografía: la que afectó al polimorfismo del carbonato cálcico. Otro problema fue el del isomorfismo. La configuración de los procesos que explicase estos fenómenos ha sido de gran importancia en la Cristalografía y Mineralogía.

A la ciencia rusa se debe importantes progresos en el dominio de la Cristalografía, personalmente a Federov, por su obra "Simetría de los sistemas regulares de las figuras" (1890).

Otro aporte importante de Federov a la ciencia es el referente al estudio microscópico de los minerales.

Los descubrimientos del físico M. Laue, en 1912, sobre la difracción de los rayos X al pasar por un cristal y las investigaciones posteriores en este campo, llevados a cabo por el físico ruso G. Wulff, los Bragg (padre e hijo), Pauling y otros, permitieron comprobar con toda claridad la estrecha relación que existe entre la estructura cristalina de los minerales, su composición química y propiedades físicas. Gracias a estos progresos nació la Cristalografía, ciencia que estudia las leyes de la disposición espacial de los átomos o iones en los cristales y la relación existente entre la estructura cristalina de los minerales y sus propiedades químicas y físicas.

Son también de suma importancia las realizaciones en el dominio de la Química Física y, en particular, en la teoría de las fases y de los equilibrios de los sistemas fisico-químicos. En este campo se debe mucho a Gibbs, autor de la teoría de las fases.

1.4 ESTADO CRISTALINO

Es el estado de equilibrio termodinámico de un sólido que bajo unas condiciones termodinámicas (P y T) y con una composición determinada le corresponde una determinada estructura cristalina.

1.5 PROPIEDADES DE LOS SÓLIDOS EN ESTADO CRISTALINO

La principal propiedad es la

- Periodicidad,
de la que se derivan otras características macroscópicas que son la: homogeneidad, anisotropía y simetría.
- Homogeneidad
Desde el punto de vista macroscópico, significa invariabilidad de una propiedad F medida en un punto x, en relación a su medida en otro punto $x + x'$, es decir,

$$F(x) = F(x + x')$$

Ecuación 1

De la condición de homogeneidad se obtiene, a nivel macroscópico,

la constancia de la composición química y estado de fase a través de todo el volumen de la sustancia en estado cristalino.

El concepto de homogeneidad hace que

se pueda considerar a una sustancia en estado cristalino como un continuo.

Este concepto es muy importante en Cristalografía ya que se pueden dar descripciones fenomenológicas de muchas propiedades físicas de los cristales sin hacer referencia a su estructura atómica discreta. Cuando se consideran las propiedades físicas de los cristales a nivel macroscópico, se trata con distancias considerablemente

mayores que el espaciado interplanar y con volúmenes que exceden con mucho el de la celda unidad.

- Anisotropía

Existen ciertas propiedades de los cristales que son independientes de la dirección en la que se miden; se dice que son propiedades escalares, como el peso específico, la capacidad calorífica, etc.

Existen otras propiedades que dependen de la dirección en la que se miden; de algunas se dice que son propiedades vectoriales y de otras, tensoriales, como la conductividad térmica, la constante dieléctrica, el índice de refracción, etc.

Si la descripción de una propiedad es independiente de cualquier orientación, se dice que la sustancia es isótropa respecto a esa propiedad.

Si una propiedad es dependiente de la orientación, se dice que la sustancia es anisótropa para dicha propiedad.

En cualquier caso, una sustancia en estado cristalino siempre será anisótropa para alguna propiedad, como puede ser la diferente disposición de los átomos a lo largo de distintas direcciones (anisotropía estructural).

- Simetría

Es la propiedad que hace que un objeto no se distinga de su posición original después de haberle aplicado una transformación.

Teniendo en cuenta estas características, a nivel macroscópico, podemos definir a una sustancia en estado cristalino como un medio

homogéneo continuo, anisótropo y simétrico.

Sin embargo, como se verá más adelante,

una sustancia en estado cristalino no es un ente estático,

ya que los átomos vibran y lo hacen en mayor grado cuando aumenta la temperatura.

Esto afecta a sus propiedades físicas.

muestra defectos y variaciones locales de su composición y también una desviación de la estructura respecto de la ideal.

Estas imperfecciones no se consideran cuando se trata al medio cristalino desde un punto de vista macroscópico.

Habrán sustancias cuyas propiedades sean poco sensibles a defectos estructurales y puedan ser descritos utilizando un modelo de cristal ideal; en otras habrá que considerar su estructura real, ya que presentarán propiedades que dependerán en mayor o menor extensión de los defectos estructurales.

1.6 CRISTAL

Se define como un sólido en estado cristalino que bajo determinadas condiciones de formación aparece con la forma de un poliedro, es decir, limitado por caras cristalinas.

Ejemplos: En la Figura 1.1 se puede apreciar un cristal de granate presentando caras (superficies planas limitando el cristal) en forma de rombo.



FIGURA 1.1

1.7 MONOCRISTAL

Se define como cristal único.

Ejemplo: Cada uno de los cristales de granate espesartita de la imagen inferior constituye un monocrystal porque está constituido por un único cristal.

1.8 AGREGADO CRISTALINO

Se define como un grupo de cristalitos (cristales de tamaño pequeño) que crecen juntos. Pueden aparecer con diversas formas.

Ejemplos de agregados: En la Figura 1.2 (izquierda) puede apreciarse un agregado radial de cristales de wavellita, en la del centro un agregado botroidal y en la figura de la derecha una geoda de cuarzo amatista.

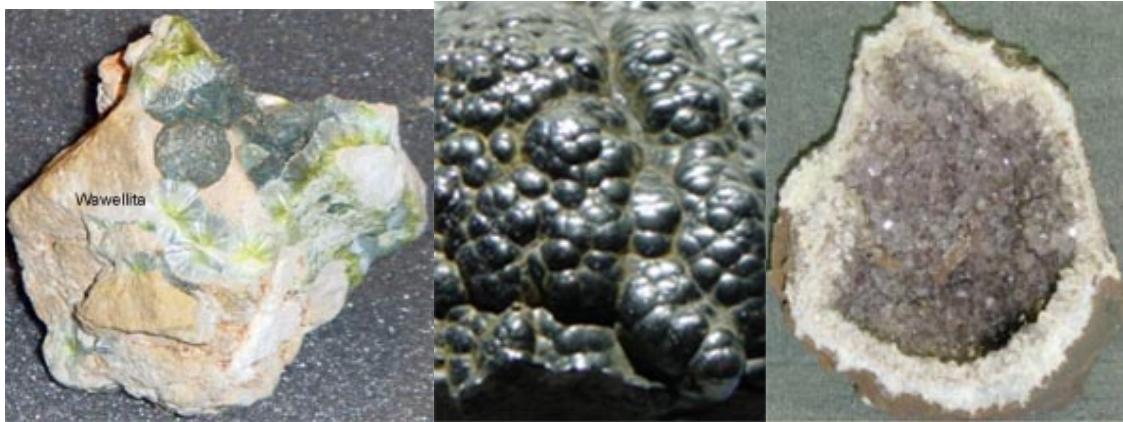


FIGURA 1.2

1.9 ESTRUCTURA CRISTALINA

- Es la disposición periódica y ordenada en el espacio de tres dimensiones de los constituyentes atómicos de un sólido en estado cristalino.
- Ejemplo: El cristal de halita (Figura 1.3 derecha) está constituido por iones cloro e iones sodio dispuestos en el espacio (Figura 1.3 izquierda).

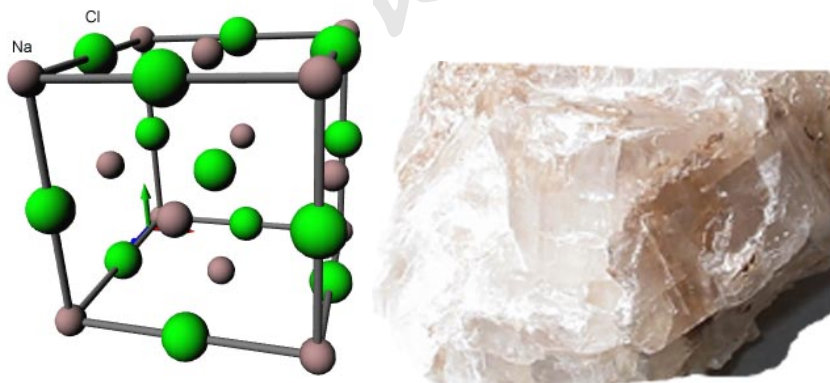


FIGURA 1.3.- Cristal de halita (derecha) y estructura cristalina (izquierda)

1.10 CONCEPTO DE MINERAL

- En la actualidad, minerales son los componentes de las rocas y menas que se distinguen por su composición química y propiedades físicas.

- Desde el punto de vista genético, los minerales son combinaciones químicas naturales, es decir, productos naturales resultantes de los distintos procesos físico-químicos que actúan en la corteza terrestre.
 - La mayoría de estos productos se hallan en forma de minerales en:
 - estado sólido
 - dotados de determinadas propiedades químicas y físicas
 - en estrecha relación mutua con la estructura cristalina de la sustancia que los constituye.
 - estables en determinados rangos de presión y de temperatura.

La mayoría de los minerales se encuentran en estado cristalino.

Celina Marcos P. Ponce