

TEMA 5: SISTEMAS CRISTALINOS.

Simetría de las redes de Bravais. (fotocopia 14)

Las redes de Bravais contienen una simetría que es consecuencia de las matrices de la red (los vectores que forman las traslaciones y los ángulos que forman entre sí)

Red triclinica: tenemos tres traslaciones, con vectores distintos y los ángulos que se forman son distintos entre si y distintos de 90° . Tiene un elemento de simetría que es un centro de simetría. (un nudo). Por lo tanto, a cada red de Bravais le asignamos un grupo puntual de simetría. Triclinico: centro de inversión: grupo puntual $\bar{1}$

Red monoclinica: hay ángulos iguales entre si y dos ejes que forman entre si 90° y hace que en esta red aparezcan ejes binarios y planos de simetría. Un eje binario y un plano perpendicular a ese, por tanto se denota como: $2/m$. El monoclinico también tiene un centro de inversión.

Red rómbica: las tres traslaciones son distintas pero los ángulos son iguales a 90° . Aparecen tres ejes binarios y perpendicularmente tengo un plano de simetría además de un eje binario principal que es el que contiene dos planos de simetría, por lo tanto, a esta red le corresponde: $2/m \ 2/m \ 2/m$. Además tiene un centro de simetría.

Red tetragonal: tiene los tres ángulos iguales a 90° pero además las traslaciones son iguales entre si, lo que provoca que el eje principal, pase de un binario a un cuaternario y perpendicular a este, vamos a tener cuatro ejes binarios y cinco planos de simetría. La notación que se emplea es: $4/m \ 2/m \ 2/m$.

Red hexagonal: al haber plano de simetría senario da lugar a que la simetría sea igual a la anterior, pero el eje principal en vez de ser cuaternario es senario. La notación es $6/m \ 2/m \ 2/m$. Aparece un centro de inversión, por lo que perpendicular a cada plano hay un eje.

Red trigonal o romboédrica: ocurre que el eje principal, en lugar de ser senario es ternario. Será perpendicular a ejes binarios. En este caso la notación es: $3 \bar{2}/m$ trigonal o romboédrico.

Red cúbica: todas las traslaciones son iguales y los ángulos iguales a 90° , se habla de tres ejes principales que son los cuaternarios, coincidiendo con las traslaciones. Además hay otros planos de simetría a 45° entre las traslaciones a las que concurren los ejes ternarios de simetría.

La notación es $4/m \ 3 \bar{2}/m$ cúbica, más un centro de simetría.

La determinación de la simetría de las redes de Bravais nos permite agruparlas en sistemas cristalinos.

Sistema cristalino: conjunto de grupos puntuales compatibles con una determinada red de Bravais, es decir, un sistema cristalino se va a caracterizar por un sistema de ejes de referencia o por una determinada cruz axial que corresponde a una red de Bravais.

Cruz Axial: representación gráfica de los seis parámetros que caracterizan los ejes de simetría.

En función a esto podemos definir siete sistemas cristalinos.

Combinación de tres ejes de rotación simple.

La combinación de tres ejes de simetría inmediatos que pasan por un punto, está limitado por la condición de

Euler según la cual los ángulos internos del triángulo esférico que definen estos ejes y cada uno de esos ángulos es la $\frac{1}{2}$ de los ángulos de rotación de dichos ejes, además la simetría de esos tres ángulos está comprendida entre 180° y 540° .

Combinación de ejes de rotación simple con eje monario de inversión.

Centro de inversión.

Son los más sencillos de obtener. Hemos de tener en cuenta que cuando añadimos un centro a un eje de orden par nos va a aparecer un plano perpendicular a ese eje par. Y cuando el eje es impar; eje ternario más centro de inversión, obtenemos un eje ternario de inversión.

Combinación de ejes de rotación simple con ejes de inversión.

Eje binario de inversión es equivalente a un plano de simetría perpendicular a dicho eje.

La obtención es añadiendo a los ejes de rotación simple (se intercambian) por ejes de inversión.

Los 32 grupos puntuales de simetría: aquí incluimos las formas no isométricas.

Holoedrias: grupos puntuales de simetría, con simetría máxima.

Meroedrias: grupos puntuales fuera de la holoedría.

- hemiedría: tiene la mitad de los elementos de simetría de la holoedrica.

*paramórficas: combinación de un eje principal más un centro de inversión.

*enantiomórficos: combinación de eje principal más un eje binario perpendicular.

*hemifórmicas: combinación de el eje principal con un eje binario de inversión perpendicular.

*hemiedricas con eje de inversión: el eje principal es un eje de rotoinversión.

- Tetraoredria: una cuarta parte de los elementos de simetría de la holoedría, y sólo posee ejes de simetría.

Características simétricas.

Características comunes que aparecen en todos los grupos puntuales de simetría.

Si la simetría de un motivo es igual o superior a la de una red de Bravais el cristal tiene una simetría igual a la red de Bravais.

Si la simetría del motivo es inferior a la red de Bravais, el cristal tendrá una simetría inferior a la misma red de Bravais.

Los ejes de rotación helicoidal y simple del mismo orden, tienen el mismo ángulo de rotación. Son isogonales.

Grupos Espaciales.

En el sistema monoclinico encontramos tres grupos puntuales: 2 m $2/m$. Para obtenerlo tenemos que sustituir

estos elementos de simetría por elementos con traslaciones.

1º Una letra que signifique la notación de Bravais. Es decir, añado traslaciones de Bravais.

2º Sustituyo elementos de simetría por elementos de simetría con traslaciones (ejes binarios helicoidales y planos de deslizamiento)

En el sistema monoclínico tenemos:

Para obtener el resto sustituyo estos elementos por elementos de simetría con traslaciones y son:

Estos son los grupos puntuales del monoclínico.

En total son 230 grupos espaciales.

Formas Cristalinas.

El aspecto externo de un cristal depende parcialmente de la celdilla unidad y su colocación. (depende del crecimiento), es decir, el apilamiento interno.

Por ejemplo, la pirita tiene forma cúbica. Si el crecimiento no ha sido el adecuado entonces aparece deformado.

Otro ejemplo es la olivina donde la celdilla unidad tiene dimensiones distintas, y puede aparecer una escalera, si retrocede una celdilla y esa cara se llama h.

Además dependerá de la temperatura y la presión.

Definición: es un conjunto de caras equivalentes por simetría, el número y el aspecto de esas caras depende de la posición que ocupe respecto a los elementos de simetría.

Las caras tienen un determinado grado de libertad determinada por los elementos de simetría independientes. Por ejemplo: en un octaedro el eje ternario no me va a permitir obtener más caras iguales pero el eje cuaternario sí.

Como es un conjunto de caras equivalentes por simetría, a partir de una cara y un eje cuaternario obtengo el resto de caras, además necesito un plano de simetría. (eje me da las caras de arriba y el plano las de abajo)

Por eso en el caso por ejemplo, del prisma o pinacoide a partir de una cara podemos obtener el resto pero no las bases. Estas son las formas complejas.

La notación será la de la cara pero entre corchetes.

La combinación de formas simples tienen que estar en el mismo grupo puntual. Encontramos dos tipos de formas:

- abiertas: prisma y pinacoide. No delimitan en el espacio totalmente.
- Cerradas: octaedro, son las que aparecen en la Naturaleza. Si delimitan totalmente en el espacio.

La combinación de formas abiertas da formas cerradas.

Existen formas denominadas primarias, fundamentales, generadoras o primordiales que son:

- Pedión: Una sola cara que es asimétrica, significa que el sistema triclinico en la clase primera.
- Pinacoides: son dos caras simétricas respecto de un centro de simetría.
- Domo: conjunto de dos caras no paralelas y que son simétricas respecto a un

plano de simetría.

- Esfenoide: dos caras no paralelas simétricas respecto a un eje binario.
- Prisma: conjunto de caras que se encuentran en una zona y que se repiten por un eje de simetría, que coincide con el eje de la zona, y pueden ser: rómbicos, hexagonal, tetragonal, dihexagonal, etc.
- Pirámide o helipiramide: conjunto de caras con aristas comunes que coinciden en un punto y se repiten por un eje de simetría.

La forma dominante es aquella que se ve más en un cristal y el resto son formas subordinadas. (fotocopia 18)

La combinación entre formas pueden ser entre abiertas y cerradas, pero también entre simples. En un sistema hay una forma de la que se genera el resto y se denomina forma generadora ó primordial.

También se le puede denominar dependiendo del emplazamiento de las aristas y vértices; por ejemplo:

–Truncamiento: cuando se sustituye un vértice o arista por una cara, simétrico o asimétrico.

–Biselamiento: cuando se sustituye una arista por dos caras paralelas a ellas.

–Apuntamiento: es la sustitución de las caras de un determinado vértice por otra, se puede hacer en un número igual de caras ó en un número doble.

A veces la simetría de la forma es inferior a la simetría de la figura considerándolo cristalmográfico. Esto se produce por la aparición de estrías. Las estrías de dos caras adyacentes son perpendiculares (Ej. :pirita). Estas estrías se producen por el desarrollo del cristal.

Existe un método más fácil (cuando no aparecen estrías) mediante el cual se hace evidente la simetría y consiste en añadir al cristal unas gotas de ácido que producen en las caras unas figuras denominadas fosas de corrosión y se puede ver la simetría de las caras. Este método es más antiguo y se llama método de Daniels

Llamamos multiplicidad a un número que resulta de multiplicar los ordenes de los elementos de simetría independientes en un grupo puntual de simetría.

Ej:

Tengo un eje cuaternario, ternario y binario además de un plano de simetría, aquí la multiplicidad máxima es de 48, es decir, una cara llamada generadora se va a repetir en este grupo puntual 48 veces.

Cuando la cara se encuentra por ejemplo sobre un eje cuaternario, como es el eje del cubo no se repite esta cara por lo que la multiplicidad será 48 dividido entre...

Cuando vamos a nombrarlo, debemos añadir si es positivo o negativo, superior o inferior dependiendo de en que parte del eje estén. También se les pueden llamar de primera, segunda... especie, dependiendo de donde esté la cara generadora.

Agregados Cristalinos.

Cuando se produce la cristalización se forman numerosos cristales, durante el crecimiento, el cual estará condicionado por el espacio que le dejen los demás.

Al final obtenemos un conjunto de cristales que es lo que denominamos agregado cristalino. Si su crecimiento se produce sin seguir ninguna ley, sin relaciones geométricas, entonces tenemos agregados irregulares, por el contrario, si crecen siguiendo un principio tenemos agregados regulares.

Los agregados irregulares son dos tipos de asociaciones:

–Drusas: cuando los cristales están recubriendo una superficie.

–Geoda: cuando recubren una cavidad.

Los agregados regulares los clasificamos en dos grandes grupos:

- Homogéneos. Constituidos por cristales de la misma especie. Pueden gozar de ciertas relaciones geométricas entre los elementos cristalográficos, y esto es lo que nos permite hacer la siguiente clasificación:

Paralelos o holoaxicos: también llamados triaxicos, hay tres direcciones que tienen en común. Es una agrupación de cristales donde todos sus elementos son paralelos. Es decir, sus tres direcciones son paralelas. Es tanto, que se les puede considerar como un solo cristal, puesto que contienen la continuidad del edificio. Ejemplos: cuarzo, además de otros minerales como el crecimiento de cubos paralelos en los ejes ternarios, aristas o formando octaedros o figuras planas. En las detríticas se forman según los vértices produciendo un retardo en el crecimiento de las caras y aristas. El desarrollo esquelético, se desarrollan las aristas. Un buen ejemplo son los cristales de la nieve.

Biaxicos o maclas: podemos ver simples y complejas, son la asociación de dos o más cristales que tienen dos direcciones en común. Aquellos que lo forman son simétricos respecto a un plano, ocurre que uno de ellos se genera a partir del otro cortando por la mitad y girando un cierto ángulo. Cuando coinciden con rotación, con una dirección en común a ambos se dice que la asociación presenta un *eje de macla*, esta dirección, puede ser un eje de simetría de cada uno de los cristales pero el orden del eje de las maclas no coincide con el orden del eje de simetría de un cristal considerándolo independiente. En otras asociaciones existe un punto interior a partir del cual son simétricos los elementos llamándose *centro de maclas* y cuando aparecen dos elementos plano y eje estos son perpendiculares.

Ley de maclas: es el centro, eje o plano de simetría. Es la relación que liga los individuos de la macla. Para denominar una macla, se hace dependiendo de esta ley, dando por ejemplo la dirección o el plano. Otra forma de denominarlo es aludiendo al mineral que lo forma o la localidad donde se encontró o la forma que presenta.

Tipos de maclas; clasificación dependiendo del número de individuos que lo forman:

Simple: constituidos por dos individuos.

–de contacto o yuxtaposición: los individuos están separados por una superficie plana, que es un plano de macla. Ej: feldespato, yeso...

–de penetración: quienes lo forman tienen una superficie de unión irregular y queda definido por un eje de macla. Ej: Calcita.

Caso particular→ de cruzamiento: quedan materialmente cruzados. Ej: fluorita, estaurolita.

–de complemento: cuando se combinan dos hemiedros que tienen la simetría de la holodrica.

Compuestas: formadas por más de dos individuos. Se forman por la misma ley de maclas. Un tipo de macla múltiple es la polisintética, donde los individuos se colocan paralelos unos a otros. Son maclas características de los feldespatos, si cruzamos los nicols, observamos unas rayas blancas y oscuras que indican que la orientación de los distintos cristales de las maclas es indiferente.

Uniaxiales: Son individuos cristalinos que tienen en común una sola dirección. Y son:

–Uniplanares: los individuos cristalinos se disponen de tal forma que comparten una arista.

–Unizonales: que tienen en común una sola cara. Ej: cuarzo.

Hay un caso particular, es el caso de los cristales mismáticos, a simple vista vemos sólo un cristal, pero al microscopio se ve una sucesión de cristales de la misma especie compleja.

- Heterogéneos: constituidos por cristales de distinta especie.

Alomorfos: cuando se presenta una asociación de dos formas cristalinas distintas, pueden ser de igual composición química pero distinta forma. Ej: pirita, cristaliza en el sistema cúbico y marcasita que cristaliza en el sistema rómbico, ambas se asocian.

Epitaxias: especies minerales de distinta composición química que se asocian de forma orientada.