

# Lección 12: Simetría y asimetría

## Resumen

De la Antigüedad procede la idea de que el mundo forma el cosmos como un entero bien ordenado. El orden se basa en reglas matemáticas fundamentadas en la simetría. Estas ideas no sólo se asocian a una cierta estética, sino que también representan la seguridad y la estabilidad en un universo fluctuante, caótico y con numerosos aspectos complejos. Esto también invita a utilizar representaciones simétricas en las leyes de la naturaleza, aunque no resulten del todo precisas. Por encima de todo, hay que señalar que, a medida que aumenta la simetría, la multiplicidad de fenómenos se reduce cada vez más y evoluciona hacia un mundo esférico y gris.

## Tabla de contenidos

- Folio 2: Sistemas cristalinos
- Folio 3: El sistema de cristales cúbicos
- Folio 4: El sistema de cristales tetragonales
- Folio 5: El sistema de cristales trigonales
- Folio 6: El sistema de cristales hexagonales
- Folio 7: El sistema de cristales ortorrómbicos
- Folio 8: El sistema de cristales monoclinicos
- Folio 9: El sistema de cristales triclinicos
- Folio 10: ¿Sirven de algo las vistas simétricas?
- Folio 11: Falta de simetría
- Folio 12-13: Asimetría (1-2)

# Sistemas cristalinos

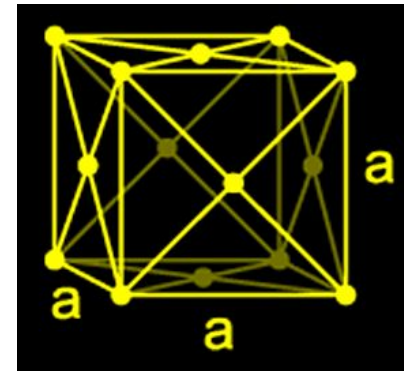
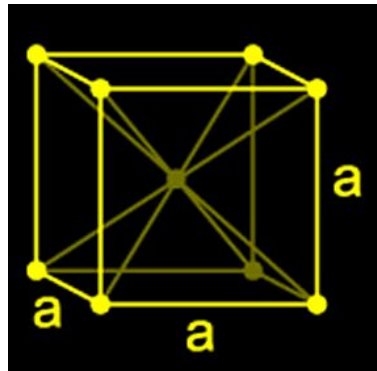
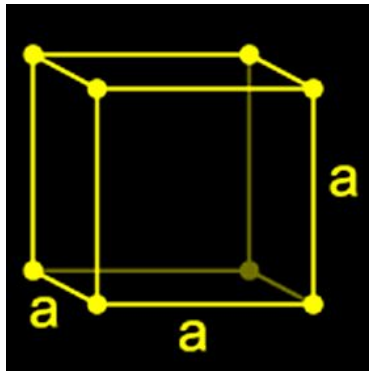
Los minerales cristalizan en las formas más diversas. Aunque su composición es homogénea, es anisótropa, ya que existen diferentes velocidades de propagación de la luz en distintas direcciones.



El aspecto más sencillo para caracterizar cristales son sus superficies visibles. Dichas superficies pueden transformarse entre sí mediante operaciones de mayor o menor simetría, como planos de espejo y rotaciones. Si se define un sistema de coordenadas adaptado para los distintos poliedros cristalinos existentes (ejes de la red), los que tienen un sistema de coordenadas similar se combinan en un sistema cristalino. Quedan así 7 sistemas en los que pueden dividirse todas las formas de cristalización. Los 7 sistemas cristalinos se muestran con su sistema de coordenadas apropiado y los ángulos de eje correspondientes. El orden es de mayor a menor número de operaciones de simetría.

# El sistema de cristales cúbicos

## El sistema de cristales cúbicos

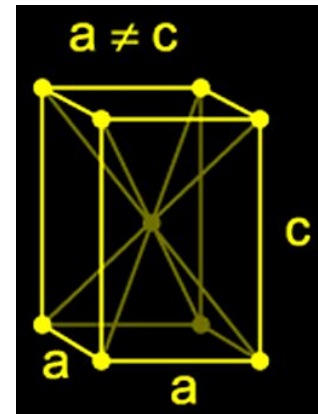
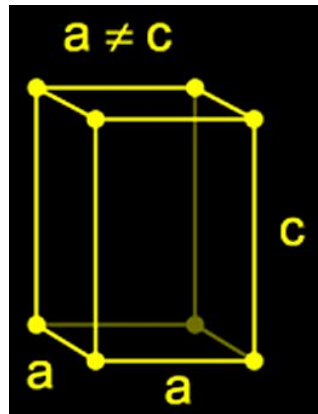


Los 3 ejes de la red tienen la misma longitud y se cruzan formando ángulos rectos. Existen 3 tipos: la red cúbica simple, la red cúbica centrada en el centro y la red cúbica centrada en la cara. El elipsoide de Fresnel (superficie del rayo de las velocidades de propagación de la luz) se reduce a una esfera. Los cristales son ópticamente isótropos. Distintos cortes de un cristal son indistinguibles. Los cristales cúbicos no tienen eje óptico, por lo que siempre aparecen oscuros entre polarizadores cruzados.

Algunos ejemplos son: diamante, sal común, pirita

# El sistema de cristales tetragonales

El sistema de cristales tetragonales

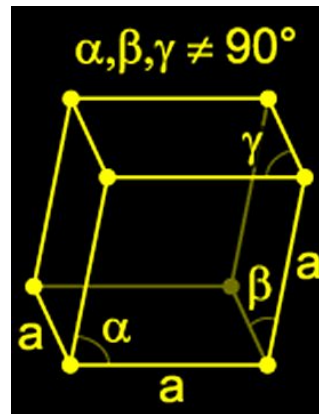


Dos de los ejes tienen la misma longitud, el tercero es más largo o más corto. Los tres ángulos que forman son ángulos rectos. Existen 2 tipos: la red tetragonal simple y la red tetragonal centrada en el centro. La superficie de los rayos (Fresnel) es un elipsoide rotacional. Los cristales de este sistema son ópticamente uniaxiales.

Algunos ejemplos son: rutilo, circón, cristobalita

# El sistema de cristales trigonales

El sistema de cristales trigonales



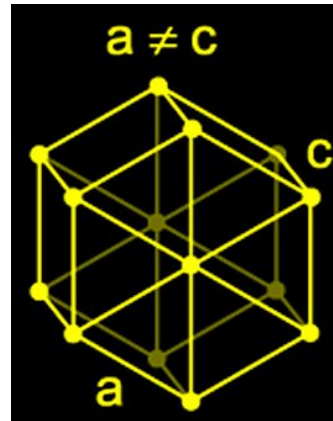
Los 3 ejes de la red tienen la misma longitud. Los ángulos entre los ejes son iguales, pero no rectos:  $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$

La superficie de los rayos (Fresnel) es un elipsoide rotacional. Los cristales de este sistema son ópticamente uniaxiales.

Algunos ejemplos son: cuarzo, turmalina, corindón

# El sistema de cristales hexagonales

El sistema de cristales hexagonales

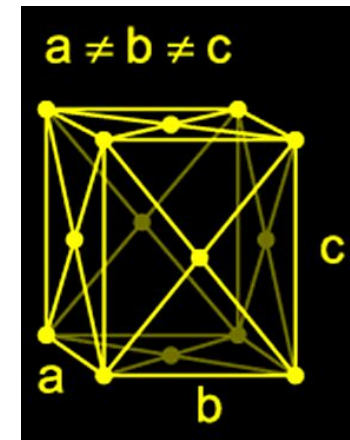
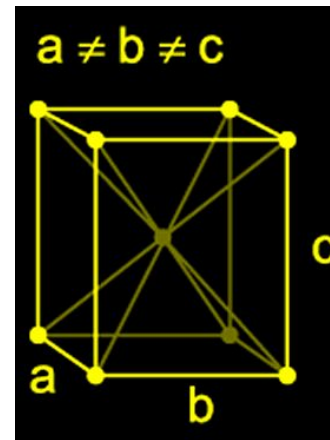
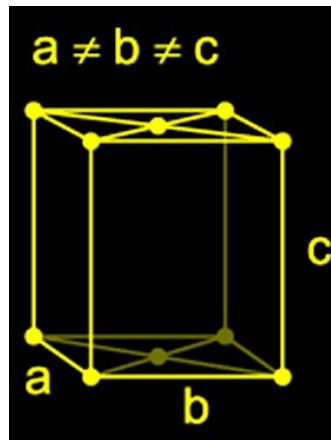
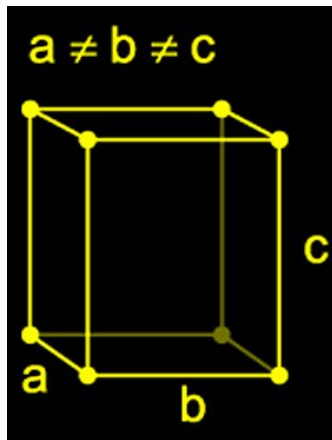


Los 3 ejes de igual longitud se encuentran en un plano y forman entre sí un ángulo de  $120^\circ$ . El eje perpendicular al plano es más largo o más corto. La superficie de los rayos (Fresnel) es un elipsoide rotacional. Los cristales de este sistema son ópticamente uniaxiales.

Algunos ejemplos son: apatita, wurtzita, nefelina

# El sistema de cristales ortorrómbicos

El sistema de cristales ortorrómbicos

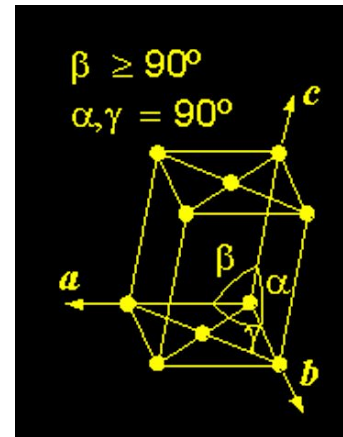
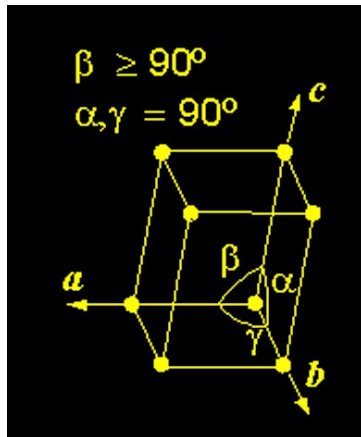


Los 3 ejes de la red tienen longitudes diferentes y forman entre sí 3 ángulos rectos. El sistema cristalino incluye 4 tipos de red: ortorrómbica simple, ortorrómbica centrada en la base, ortorrómbica centrada en el centro, ortorrómbica centrada en la cara. La superficie de los rayos (Fresnel) es un elipsoide. Los ejes principales  $c_a, c_b, c_c$  del elipsoide son paralelos a los ejes  $a, b, c$  del cristal. Los cristales ortorrómbicos tienen dos ejes ópticos.

Algunos ejemplos son: topacio, anhidrita, epsomita

# El sistema de cristales monoclónicos

## El sistema de cristales monoclónicos



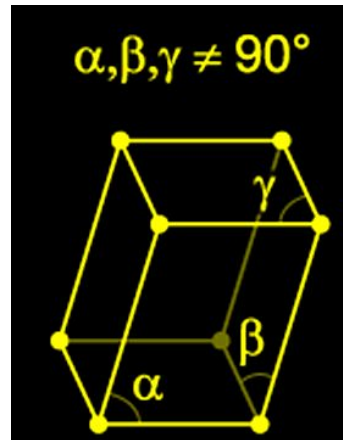
Los 3 ejes de la red tienen longitudes diferentes. Un eje es perpendicular al plano formado por los otros dos, que forman ángulos diferentes de  $90^\circ$ . Se distingue entre dos redes cristalinas: monoclínica simple y monoclínica centrada. La superficie de los rayos (Fresnel) es un elipsoide. Uno de los tres ejes principales  $c_a, c_b, c_c$  del elipsoide está orientado paralelamente al eje cristalográfico  $b$ . Los cristales monoclónicos tienen dos ejes ópticos.

Algunos ejemplos son: yeso, bicarbonato sódico, criolita



# El sistema de cristales triclínicos

## El sistema de cristales triclínicos



Los 3 ejes del cristal tienen longitudes diferentes y forman ángulos distintos de  $90^\circ$ . Los cristales triclínicos no tienen ni ejes de simetría ni planos de espejo. La superficie de los rayos (Fresnel) es un elipsoide. Los ejes principales  $c_a, c_b, c_c$  no tienen relación con los ejes cristalográficos. Los cristales triclínicos tienen dos ejes ópticos.

Algunos ejemplos son: sulfato de cobre, feldespato sódico, rodonita (=silicato de manganeso)

# ¿Sirven de algo las vistas simétricas?

Si se comparan las propiedades ópticas con los sistemas cristalinos correspondientes, se observa que la variedad y también la complejidad de los fenómenos aumentan con la reducción de la simetría. Así, un cristal del sistema cúbico con cualquier número de elementos simétricos se comporta como un medio isótropo. En cambio, en un sistema cristalino triclínico, ni siquiera la posición del elipsoide del rayo de Fresnel puede reconocerse a partir de la forma de las caras del cristal.

Otros ejemplos de las lecciones muestran ciertas similitudes, pero cada vez se aprecian más diferencias cuanto más se profundiza en los detalles.

Así queda la cuestión si la naturaleza como tal prefiere el camino de un pequeño número de simetrías o si está fundamentalmente estructurada de forma asimétrica. Si esto último es cierto, las analogías simples pueden facilitar el acceso a un sistema desconocido, pero conviene ser escéptico para no equivocarse en el camino.

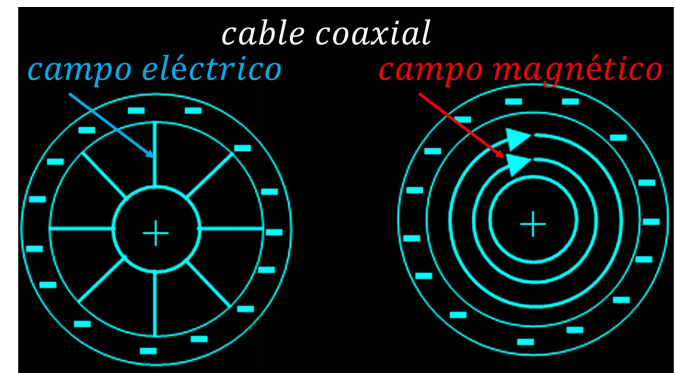
# Falta de simetría

A continuación, se presentan algunas ideas sobre similitudes, pero también sobre las asimetrías al examinarlas más cercana.

Los campos eléctricos y magnéticos transmiten fuerzas y energías. Pueden cambiarse en el espacio y en el tiempo y también están interrelacionados. Cuando un campo magnético se colapsa, se crea un campo eléctrico a su alrededor y lo contrario también es válido.

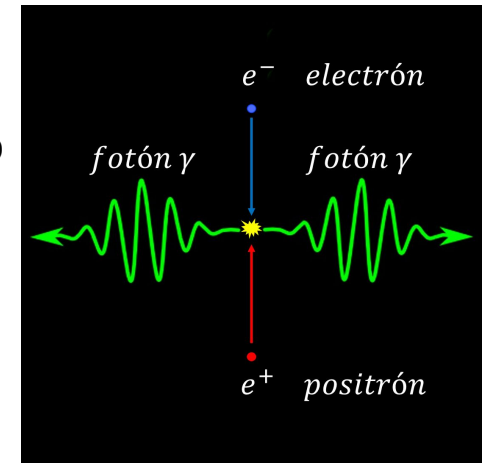
Incluso las ecuaciones de Maxwell contienen similitudes. Sin embargo, existen profundas diferencias en las causas de la formación de campos. La diferencia más evidente es la existencia de monopolos eléctricos, pero la no existencia de monopolos magnéticos.

Algo menos espectacular, pero muy común, es un cambio en las propiedades simétricas. Un ejemplo es un material ferromagnético. Por encima de la temperatura de Curie, el sistema es de simetría rotacional; por debajo, la magnetización se produce en una dirección específica.



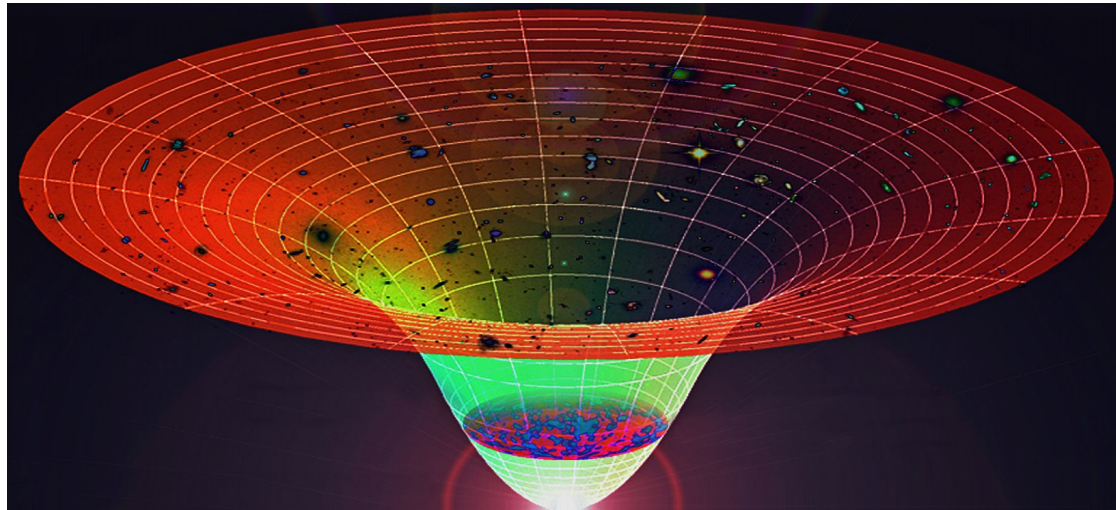
# Asimetría (1)

En relación con la antimateria, se puede hablar directamente de asimetría. Todas las observaciones realizadas hasta ahora muestran sólo materia normal en el cosmos. Debe de ser el resto de un pequeño desequilibrio al origen del universo. Este desequilibrio entre materia y antimateria es uno de los requisitos para la estabilidad del universo y, por tanto, también para la vida en la Tierra. Con un equilibrio exacto, la materia y la antimateria se habrían convertido completamente en radiación en el curso del enfriamiento del universo. El término antimateria fue utilizado por primera vez por Arthur Schuster en 1898. Su idea era que la antimateria tenía que comportarse exactamente al revés, es decir, negativamente, en el campo de gravitación de la materia normal. Actualmente se están investigando las propiedades de la antigravitación de la antimateria. Es necesario analizar los posibles efectos gravitatorios entre materia y antimateria, y entre antimateria y antimateria.



# Asimetría (2)

Sin embargo, la realización de estos estudios es difícil considerando que cuando ambas se encuentran se aniquilan, además de las dificultades actuales para capturar y contener la antimateria.



Las simplificaciones, unificaciones, similitudes y simetrías fueron y son extremadamente útiles para comprender las leyes de la naturaleza. Sin embargo, demasiada simetría reduciría extremadamente la diversidad de los fenómenos, por lo que hay que entender que la naturaleza se basó en la asimetría desde su origen.