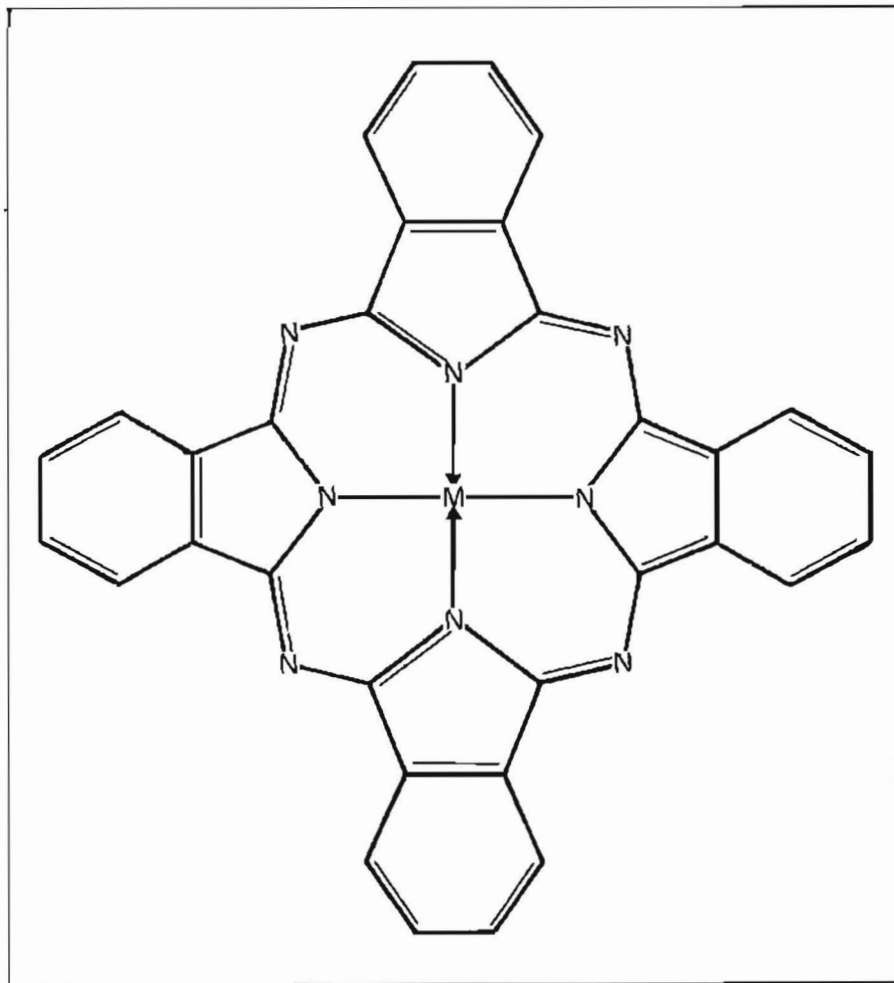


# Simetría ¿para qué?

MARIA EUGENIA MENDOZA / CRISTOBAL TABARES



Molécula de ftalocianina, la cual posee un eje de simetría  $C_2$  y dos planos verticales. El grupo puntual que le corresponde es  $C_{2h}$ .

Cuando se estudia la materia en cualquiera de sus formas, es necesario tener una interacción directa con ella mediante la realización de experimentos y además es también necesario poseer los conocimientos teóricos que permitan la interpretación de los mismos. Existe una tendencia a subestimar la importancia de la teoría, sin ver que ella puede permitirnos una mejor interpretación de nuestros experimentos, una mejor planificación e incluso anticiparnos al resultado, siendo esta última posibilidad no menos importante que las anteriores, ya que de no existir una correspondencia entre la teoría y la práctica, tenemos la evidencia de que en alguna de ellas existen deficiencias.

Después de esta breve introducción es claro que hablaremos de teoría. Se trata de una teoría con aplicaciones en diferentes ciencias tales como la Física, la Química y la Biología.

La simetría es un método de observación y descripción de leyes invariantes (leyes de conservación), que son modificaciones específicas de la ley que establece que la materia no puede ser creada ni destruida.

Shubnikov y Koptsik (1974) definen la simetría como "el grupo de automorfismos que conserva la totalidad cualitativa de los sistemas bajo consideración".

Reflexionemos sobre este enunciado: se establece que existen sistemas en los que se pueden realizar rotaciones, reflexiones, etc. (automorfismos) y permanecen invariantes: una vez realizada una operación el sistema es equivalente, es decir, indistinguible del inicial.

Dicho de otra manera, la teoría de simetría considera que todas las transformaciones de un sistema son aplicadas a un conjunto de elementos, estos y sus relaciones estructurales son conservados como un todo único.

La importancia del método radica en que con él se tiene la capacidad de revelar las invariantes de las transformaciones, es decir, aquello que se conserva en un cambio, y describir así la estructura interna del sistema.

Si se conoce la simetría de una molécula o el entorno de un átomo, se puede saber el número y clases de niveles de energía posibles, qué interacciones y transiciones pueden tener lugar entre ellos, predecir el número de vibraciones fundamentales, la estructura de los espectros infrarrojo y Raman (Cotton, 1963); la existencia de un momento dipolar eléctrico, la presencia de actividad óptica (Atkins, 1982). Las consideraciones de simetría en las teorías físicas son aplicables a dominios tan variados como la teoría de transiciones de fase, el estudio de inestabilidades hidrodinámicas, la teoría de bifurcaciones o el estudio de defectos en sistemas físicos y biológicos (Boccaro, 1981).

En el caso de los sólidos, la gran mayoría de los cuales son cristalinos

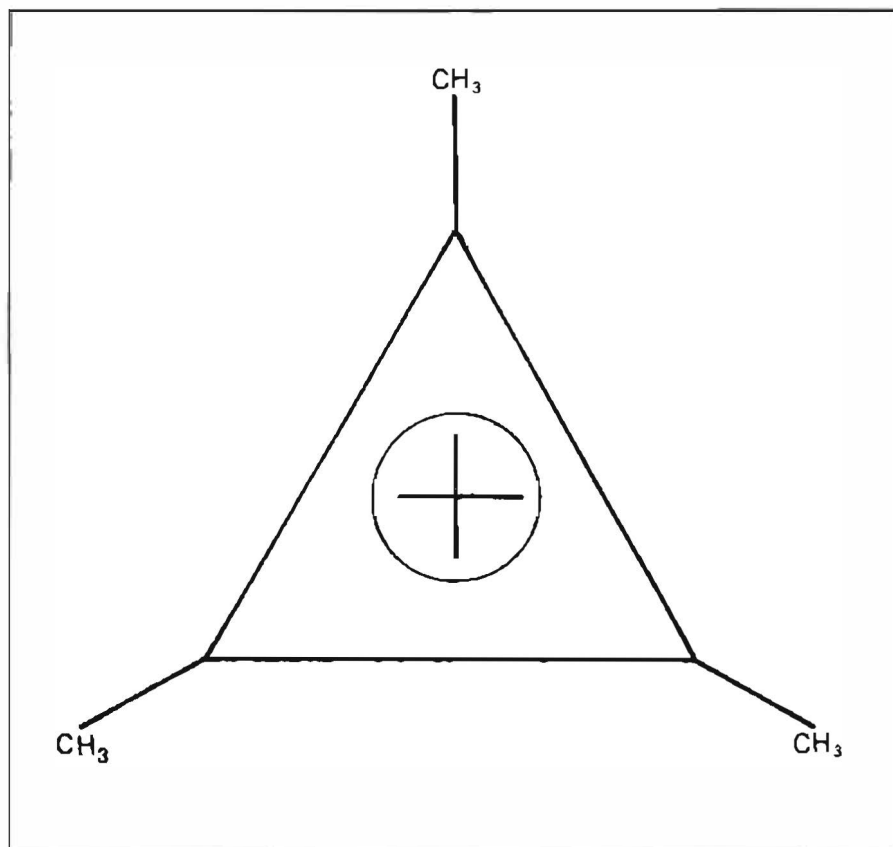
(es decir, los átomos que los constituyen están dispuestos en una forma regular) el conocimiento de los detalles de su arreglo atómico es de una gran importancia. Determinando la simetría de un monocristal es posible restringir las propiedades físicas que se pueden esperar de él, tales como la piezoelectricidad, la piroelectricidad, el carácter óptico, etc. Mediante la simetría, es también posible describir la estructura de los materiales; conociendo las posiciones de los átomos en el espacio podemos calcular las distancias y ángulos que existen entre ellos y de esta forma intentar explicarnos por qué presentan tal o cual propiedad.

Por ejemplo, Mooser y Pearson (1956) propusieron una relación mediante la cual puede predecirse un comportamiento semiconductor, ésta relación requiere, entre otras cosas, el número de enlaces anión-anión por anión y catión-catión por catión, datos que proporciona el conocimiento de la estructura.

Para los superconductores, Matthias y colaboradores (1965) describieron varios criterios cristalquímicos útiles para encontrar superconductores con altas temperaturas de transición y altos campos críticos.

Un ejemplo más conocido de la relación estructura-propiedades lo constituye el carbono, elemento que cristaliza en dos estructuras diferentes: diamante y grafito. El diamante tiene una alta resistividad eléctrica, mientras que el grafito es un semimetal anisotrópico, cuya conductividad es mayor en direcciones paralelas a las capas de grafito.

Hemos visto algunas de las aplicaciones que actualmente tiene la simetría en la ciencia, sin embargo el concepto no es nuevo, en Europa el primero en formalizar los principios de simetría y los números fue Pitágoras (582-500 a.n.e.). Más tarde Theaetetus (415-369 a.n.e.) llegó a establecer la existencia de solo cinco sólidos regulares. La extensión de éstas ideas con las propiedades de la materia surge en esta misma escuela, sin embargo es Platón quien la divulga en el diálogo "Timeo", en donde ofrece explicaciones para diferentes transformaciones tales como la fusión, la solidificación, la corrosión, etc. Las ideas de Platón ejercieron una gran influencia en la Edad Media y aún más tarde. Dalton sugiere que los átomos de oxígeno deban ser tetraedros regulares. Wollaston propone que para caracterizar un compuesto, además de conocer los números relativos de los átomos combinados, es necesario adquirir una concepción



Catión Trimetilciclopropeno. Molécula que presenta los ejes de simetría  $C_3$  y tres  $C_2$ , además de tres planos verticales y un plano horizontal, por lo que el grupo puntual al que le corresponde es el  $D_{3h}$ .

geométrica de su arreglo relativo en tres dimensiones. Más tarde son Pasteur, Le Bel, Van't Hoff y Werner quienes prosiguen ésta idea (Gorman, 1961). En 1894, Pierre Curie publica un artículo fundamental sobre la simetría de los fenómenos físicos, donde enuncia lo que actualmente se conoce como el principio de Curie: "cuando ciertas causas producen ciertos efectos, los elementos de simetría de las causas deben encontrarse en los efectos producidos. Cuando ciertos efectos revelan una cierta asimetría, esta asimetría debe encontrarse en las causas que les dieron origen".

Finalizaremos diciendo que todo aquel que se interese en el tema puede iniciarse en los aspectos cualitativos del mismo, para lo cual recomendamos la lectura de la referencia (Weyl, 1952) y para una mejor comprensión es necesario familiarizarse con la teoría de grupos, que es la discusión cuantitativa de la simetría. Esta teoría proporciona una excelente reflexión del movimiento de la materia, representado este como la unidad dialéctica de los momentos de cambio y de conservación.

En cada proceso material hay que buscar las leyes que lo gobiernan, sus

interrelaciones y las cantidades que se conservan.

Quienes han desarrollado este conocimiento nos han legado una representación del orden, la simetría y la belleza que prevalecen en toda la naturaleza.

#### Bibliografía

- Atkins, P. W. (1982) "Physical Chemistry", 2nd. ed., Oxford University Press.
- Boccaro, N. (1981) "Symmetries and broken symmetries", IDSET-Paris.
- Cotton, F. A. (1977) "La teoría de grupos aplicada a la Química", 2a ed. Limusa.
- Gorman, M. (1961) *J. Chem. Ed.*, 38, 2, 99 - 101.
- Matthias, B.T., Geballe, T.H., Compton, V. B. (1965) *Rev. Mod. Phys.*, 35, 1.
- Mooser, E. M., Pearson, W. B. (1956) *J. Electron.*, 1, 1.
- Shubnikov, A. V., Koptsik, V. A. (1974) "Symmetry in science and art" Plenum Press.
- Weyl, H. (1952) "Symmetry", Princeton University Press.