



SIMETRÍAS EN LA TABLA PERIÓDICA DE LOS ELEMENTOS

Julián Félix

felix@fisica.ugto.mx

Laboratorio de Partículas Elementales, Departamento de Física. División de Ciencias e Ingenierías, Campus León. Universidad de Guanajuato.

Resumen. Con el término simetría expresamos ideas de equilibrio, de simplicidad, de cantidades conservadas, de periodicidad, de invarianza, de belleza, de profundidad. Éstas son muy fructíferas y hondas al describir sistemas físicos.

Parte del mundo material se construye con tres bloques que calificamos básicos: el protón, el neutrón, y el electrón -cada uno de ellos es un misterio para la ciencia actual, hay propiedades no del todo entendidas en estos días-. Adicionalmente hay simetrías, y asimetrías, diferentes en los arreglos y patrones que se forman con los constituyentes anteriores, los átomos, los elementos. Las propiedades se repiten en grupos de átomos. Los arreglos siguen un patrón bien definido, y periódico.

Las simetrías que aparecen en los elementos químicos son múltiples, algunas explícitas, otras implícitas; algunas son un misterio para la ciencia actual, hay mucho entender y explicar; y se expresan en la tabla periódica de los elementos químicos. No todas están de relieve o son explícitas, algunas son muy sutiles.

A pesar de la simplicidad, la profundidad, etc. expresadas en las diferentes simetrías que aparecen en la tabla periódica de los elementos, hay mucho por investigar. En este ensayo exploro algunas de estas simetrías, y dejo abiertas muchas interrogantes.

Palabras claves: Tabla, periódica, elementos, átomos, simetría

Abstract. By the term symmetry we express ideas like equilibrium, simplicity, conserved quantities, periodicity, invariance, beauty, profundity. These ideas are very deep and fruitful to describe physical systems.

Part of the material world is constructed with three blocks which we call basic: proton, neutron, and electron -each one of these is a mystery for contemporary science, they have physical properties not completely understood at these days-. Additionally, there are different symmetries, and asymmetries, in the arrays and patterns present at the before mentioned blocks, atoms, elements. The properties are repetitively present at the groups of atoms. The arrays follow well defined and periodic pattern.

The symmetries which appear at the chemical elements are numerous, some are explicit, other implicit; some are a mystery for these-days science, there is so much to understand and explain; those are expressed in the periodic table of the chemical elements. No all of them are highlighted or are explicit, some of them are subtle.

In spite of the simplicity, deepness, etc. expressed in the different symmetries that appear in the periodic table of the elements, there are so much to investigate. In this essay I explore some of those symmetries, and leave many questions without answers.



Introducción

El concepto de simetría para estudiar y describir la naturaleza es muy profundo. Se emplea en todas las ciencias naturales y exactas. En la física, para describir la naturaleza, es magnífico, hondo, simple, y bello. En las matemáticas está englobado y tratado en la teoría de grupos.

En un sistema físico, si al aplicarle una operación éste queda invariante, no distinguible del anterior, decimos que el sistema físico es simétrico, o que el sistema presenta una simetría. Por ejemplo, si rotamos un cilindro sobre su eje coaxial, paralelo a su cara curva, el cilindro no cambia. Decimos que el cilindro es simétrico con respecto a rotaciones axiales, a cualquier valor del ángulo de rotación, hay simetría una continua. Si tomamos un paralelepípedo de base triangular, y lo rotamos a lo largo de un eje central paralelo a una de sus caras y perpendicular a la base triangular por el centro geométrico del triángulo, no tenemos invarianza del sistema a cualquier ángulo rotado, sólo a ángulos de 120 grados; decimos que el sistema es invariante ante rotaciones discretas de 120 grados, y que hay una simetría del sistema asociada a esta invarianza.

Por cada simetría en un sistema físico existe una cantidad física conservada en el sistema físico. Este resultado se conoce como teorema de Noether. Es uno de los resultados más bellos, simples, y profundos en la física. En el conocimiento del mundo físico. El origen de los principios de conservación, de las cantidades conservadas, por ejemplo, la energía, es la simetría o invarianza del sistema físico ante determinada operación, traslación temporal, es decir la simetría correspondiente; el sistema físico no cambia ante traslaciones temporales, entonces se conserva la energía del sistema.

Estas ideas físicas, descritas hermosamente en el lenguaje matemático las podemos aplicar al estudio de la Tabla Periódica de los Elementos, y calar muy hondo en el entendimiento de las formas y relaciones que se presentan en ésta, y generar una serie de interrogantes. El estudio y los ejemplos ofrecidos y discutidos no son exhaustivos.

La Tabla Periódica

En la tabla periódica de los elementos todos los elementos están ordenados en forma creciente, de acuerdo a su número atómico, es decir, de acuerdo al número de protones que cada átomo contiene; este número es igual al número de electrones que cada átomo contiene. El átomo es eléctricamente neutro a nivel macroscópico. Cada tipo de átomo tiene neutrones que igualan o superan al número de protones; si el número de neutrones iguala o supera al número de protones se dice que se tiene un isótopo del elemento. Por ejemplo, el Carbón tiene 6 protones en su núcleo y seis neutrones; y átomos de Carbón con siete protones y con ocho protones son posibles, se tienen tres isótopos del Carbón.

La tabla periódica de los elementos se arregla en periodos, que corresponden a los renglones -del 1 al 7-, y en grupos -del 1 al 18-, que corresponden a las columnas. En cada periodo y en cada grupo se tienen propiedades físicas de los átomos que se repiten, en decir,



se tienen ciertas simetrías e invarianzas. Éstas son algunos: valores parecidos en electronegatividad, en afinidad electrónica, en radios medios, en color, en conductividad eléctrica y térmica, etc. Estas periodicidades, simetrías, en los átomos quedan visualmente manifiestas si se grafica determinada propiedad atómica, por ejemplo, radio medio o electronegatividad u otra, como función del número atómico.

Los átomos correspondientes al mismo grupo tienen el mismo número de electrones en la capa más externa, es decir, el mismo número de electrones de valencia -en el grupo 13 están el Aluminio y el Indio, ambos tienen en su capa más externa p un electrón, aunque en diferente nivel de energía-; El Aluminio y el Indio tienen propiedades físicas análogas: la energía de ionización del Aluminio es 5.98 electrón Voltio (eV), y la del Indio es 5.78 eV, por mencionar un ejemplo.

Los átomos correspondientes al mismo período, renglones, tienen los electrones arreglados en los mismos orbitales; por ejemplo, el Hidrógeno y el Helio están en el primer renglón o período, el electrón del Hidrógeno está exactamente en el mismo orbital que los dos electrones del Helio, y en el nivel correspondiente 1 de energía. Un nuevo período se forma con átomos que tienen electrones en el siguiente orbital; por ejemplo, el Potasio, el Calcio, el Hierro, y otros están en el período 4; todos sus electrones empiezan a poblar la misma capa electrónica, que es la siguiente a la completamente poblada en los átomos del período anterior, el período 3. El período 3 termina con el Argón. Tiene la capa más externa de electrones completamente llena, de ahí sus propiedades físicas: no se combinan con otros elementos, son químicamente neutros, y en condiciones normales de temperatura y presión están en estado gaseoso. Y todos los períodos terminan con un elemento que tiene las capas electrónicas completamente pobladas de electrones.

La configuración electrónica y nucleónica de los átomos, y todas las combinaciones posibles entre átomos, y todo fenómeno físico que se presenta o pueda presentarse a nivel atómico y nuclear, y como consecuencia las propiedades físicas de los átomos, son descritos muy bien, hasta donde se ha estudiado, por la mecánica cuántica, un logro intelectual de la primera cuarta parte del Siglo XX. El enlace de un protón y un electrón, para formar un átomo de Hidrógeno y su espectro de energías y la configuración electrónica en diferentes niveles, son un ejemplo básico de un sistema descrito por la mecánica cuántica. En general, todas las propiedades de los átomos, de los períodos, y de los grupos de la tabla periódica son descritos por la mecánica cuántica.

En la tabla periódica, el Hidrógeno es el más liviano, y simple, de todos los elementos; contiene un protón y un electrón, unidos por la fuerza electrostática de atracción entre la carga eléctrica del protón y la carga eléctrica del electrón. Aquí ya hay varias simetrías implícitas: un electrón es indistinguible de otro electrón, si intercambiamos un electrón por otro electrón el sistema permanece sin variaciones; un protón es indistinguible de otro protón, si intercambiamos un protón por otro protón el sistema queda sin alteraciones; si la carga del electrón se intercambia por la carga del protón, el sistema queda inalterado; si



conjugamos la carga eléctrica del protón y la del electrón el sistema queda inalterado. ¿A qué simetrías corresponden, y por consiguiente a qué cantidades físicas conservadas?

Si los átomos se rotan un ángulo determinado, alrededor de un eje determinado que pase por el núcleo del átomo, el átomo queda invariante. Los átomos son invariantes ante ciertas rotaciones axiales. El momento angular del sistema -núcleo y electrones- se conserva. Si se trasladan en el espacio, quedan invariantes. Si se trasladan en el tiempo, quedan invariantes. ¿Bajo qué transformaciones los núcleos atómicos, y las interacciones que ahí ocurren, permanecen invariantes, y por consiguiente los átomos?

¿Cuántos átomos estables es posible formar con protones, neutrones y electrones? ¿Qué simetrías y principios de conservación se deben cumplir?

El estado físico de un electrón, en el átomo, es descrito usando cuatro cantidades: n , número cuántico que representa el nivel de energía del sistema núcleo-electrón; l , momento angular orbital; ml , proyección de l sobre un eje coordenado; ms , espín del electrón. No se observa que en un átomo dos electrones tengan los cuatro números cuánticos iguales; cada electrón está en un estado cuántico diferente; no se observa que haya dos en el mismo estado cuántico. ¿Cuál es el origen de este principio? ¿Qué simetría subyace en este principio? ¿Qué cantidad física se conserva?

Conclusiones

Las simetrías, o invariancias ante determinadas operaciones, de los sistemas físicos son el origen de los principios de conservación. Son fructíferas para describir las propiedades de los átomos y en general de la tabla periódica de los elementos. Hay muchas simetrías por explorar, y propiedades de los átomos por describir, en la tabla periódica de los elementos.