

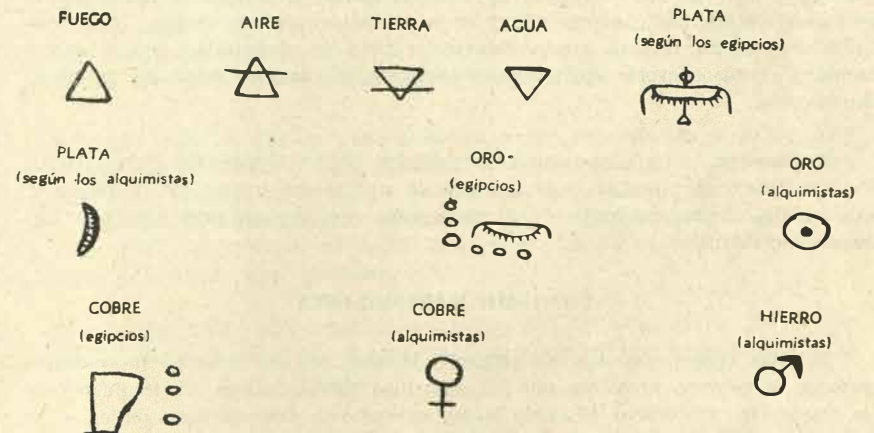
DIVULGACION
CIENTIFICA

HISTORIA DEL ATOMISMO

Por FERRUCCIO LOLLÍ

En las más antiguas filosofías, había surgido la teoría de que el Universo derivaba de la acción de dos **contrarios**, como el sol y la luna, o el principio masculino y femenino. Los filósofos griegos transformaron esta tesis en la de las propiedades positivas y negativas, divisibles en dos opuestos. Así se llegó a los cuatro contrarios de las doctrinas de Aristóteles: el calor y el frío, la sequedad y la humedad, que originan los cuatro elementos: el aire, el agua, la tierra y el fuego. La idea se desarrolló en conceptos metafísicos: como dos contrarios engendran un elemento, los cuatro determinan un quinto, que, según Aristóteles, era el **éter**, según los neoplatónicos **el verbo**, según los escolásticos **la quinta esencia**. Estas teorías pasaron, más o menos transformadas, a las concepciones alquimistas medioevales, en que se perseguía la quimera de la transmutación de los metales en oro.

Los metales, además, independientemente de sus transformaciones, estaban puestos, según los griegos y los romanos, bajo la influencia de un cuerpo celestial o de una divinidad. Para la curiosidad del lector quiero hacer ver unos símbolos que se usaban en la antigüedad:



La historia de la atomística comienza en el siglo XVII, en el cual, aun cuando no había sido resuelto científicamente el problema atómico, se ob-

servaron resultados halagadores, de tal suerte que la podemos considerar como una época de transición y de empuje.

La teoría atómica, más que a la física, ha interesado a la química, si se piensa en las leyes básicas de las proporciones fijas de Proust y de las proporciones múltiples de Dalton, el fundador de la teoría atómica.

Pero el 1.600, aunque, como dije, sea un siglo de transición, es rico de estudios que se pueden subdividir en: "atomismo metafísico", "atomismo naturalista", "atomismo físico".

ATOMISMO METAFÍSICO

La doctrina atomística de Gassendi merece particular atención, sin entrar en los pormenores de la obra de este filósofo, cuyo empirismo conserva muchos elementos del pensamiento de la Edad Media, a tal punto que fue considerado como sostenedor de un atomismo teológico.

La atomística de Gassendi se basa sobre los principios del naturalismo griego, es decir, que nada se puede crear de la nada, y que la materia, objeto de la sensación, es un complejo de elementos sólidos e indivisibles. La división de la materia no puede llegar al infinito: físicamente debe existir un límite. Las últimas partículas, o sea los átomos, deben tener una extensión. Entre los átomos debe existir el vacío. Átomos y espacios vacíos constituyen, según Gassendi, como según los atomistas griegos, los principios fundamentales de la materia.

El admitía que los átomos difieren entre sí por el tamaño, la forma y el peso: además de ser indivisibles son idénticos e impenetrables, tienen movimiento, y la velocidad con que se mueven puede aumentar o disminuir a consecuencia de los choques. Cuando la materia está en reposo, la fuerza impulsiva de los átomos queda estorbada, pero no destruida; por lo tanto también en los cuerpos, aparentemente quietos, los átomos están en continuo movimiento.

Sostenedor de un atomismo espiritual fue Ralph Cudworth, quien partía de una teoría corpuscular para explicar la naturaleza íntima de la materia, que resulta de un conjunto de átomos, cuyo movimiento está regulado por fuerzas espirituales.

ATOMISMO NATURALISTA

Es una concepción que ha llamado la atención de muchos pensadores, quienes se dejaron arrastrar por las doctrinas yatroquímicas, particularmente de Paracelso. En efecto, el sabio Basso extendió la concepción atómica a la formación de los compuestos por unión de los elementos, y a la descomposición de dichos compuestos en los mismos elementos, bajo el influjo de

causas físicas determinadas. Basso no estaba de acuerdo con la teoría aristotélica del mixto, ni creía en la transmutación de los elementos, pero no pudo aclarar las propiedades de las partículas elementales. El admitía que los átomos tienen naturaleza distinta: cuando existen en un estado de división tan grande que no se pueden percibir, constituyen las partículas de primer orden; pero, según el modo de unirse, pueden formar partículas de segundo, tercer orden, etc., perceptibles por los sentidos. Así pueden originarse las "partículas de fuego" que resultan de la unión de átomos aptos para formar el fuego. De modo que, aunque no varíen los átomos primarios, las partículas de segundo y de tercer orden pueden pasar del uno al otro, produciendo un mayor o menor cambio, según el diferente grado de combinación.

Sennert admitía la existencia de cuatro especies de átomos elementales: "igneae, aerae, eaqueae y terrae" (fuego, aire, agua y tierra): estos átomos tienen propiedades características según la especie; así, los átomos de fuego son mucho más pequeños que los de tierra, aunque ninguno de los dos se puede ver. Sennert atribuía los cambios de la calidad de los cuerpos al particular movimiento de los átomos, y extendía esta opinión a todos los estados de agregación de la materia.

Indudablemente, Sennert tuvo una gran importancia en la historia de la atomística del siglo XVII, talvez por el carácter experimental de su pensamiento. Con él la química comienza a adquirir una cierta autonomía respecto a la medicina. (Los estudiosos recuerdan a Sennert, por haber él preconizado el uso del colchico en el tratamiento de enfermedades reumáticas: en efecto hoy día se usa con resultados halagadores).

ATOMISMO FÍSICO

La física elaboró siempre una concepción corpuscular, que tiene un notable interés en el estudio de la atomística, por haber planteado el problema de la constitución discontinua de la materia. Fue éste un estudio que se presentó frecuentemente en la historia de la filosofía, y se consideraba como uno de los más interesantes problemas de la teoría del conocimiento.

Mientras que los físicos han dado un valor cuantitativo a tales partículas en épocas recientes (por ejemplo, el peso absoluto de las moléculas con base en el número de Avogadro, los cuantos de acción de Plank), los químicos sintieron la necesidad de dar un peso al átomo, ya desde el principio del siglo XIX con Dalton, es decir, después de la concepción moderna de elemento introducida por Lavoisier...

En el siglo XVII, se encuentra un grupo de atomistas, entre los cuales sobresale Boyle, que se puede llamar "corpuscularista", por la explicación de los estados físicos de la materia.

David von Goorle fue un gran partidario de la teoría atómica. En su libro "Exercitationes philosophiae" no se aleja del espiritualismo, ya que

admite la posibilidad de la creación de la nada. Goorle no atribuía a los átomos una forma determinada: los cuerpos homogéneos constan de átomos parecidos, los heterogéneos de átomos diferentes. Interpretaba la expansión de los cuerpos, como el alejamiento de los átomos entre los cuales habría una substancia etérea, mientras que, en la condensación, esta substancia sería expulsada dando a los átomos la posibilidad de acercarse. Por lo tanto Goorle atribuía los cambios que se observan en los cuerpos a la separación y a la unión de los átomos. En los cuerpos él distinguía tres especies de cualidades: 1) unas cualidades reales o especies, 2) unas propiedades de los cuerpos a consecuencia de la agregación de los átomos, 3) unas propiedades peculiares de los átomos.

A las primeras pertenecían unas especies visibles como la luz y la oscuridad, y otras invisibles como el calor y el frío: el calor debía ser un movimiento hacia la periferia, el frío hacia el centro; el primero deriva del sol, el otro de un movimiento del aire.

A las segundas debían pertenecer la dureza, la densidad, la fluidez, etc. En la tercera especie consideraba la humedad, la invisibilidad, la transparencia, etc.: estas propiedades, decía, pertenecen a los átomos, ya que las características de los cuerpos dependen de las propiedades de aquéllos.

TEORIA CORPUSCULAR DE BOYLE

Robert Boyle, cuyos estudios fueron de suma importancia en el desarrollo de la física y de la química, nació en Irlanda en 1626. Aumentó en mayor grado su cultura con sus viajes a Francia, a Suiza y a Italia. Se estableció en Oxford donde dedicó toda su inteligencia a los estudios de las ciencias naturales, particularmente de la física y de la química, de tal suerte que se puede considerar como el más grande de los físicos neumáticos por su ley que pone en relación el volumen de un gas con la presión. El comprendió la importancia de la química, y admitió que esta ciencia podía ser autónoma, y no una dependencia de la medicina, como era considerada hasta aquel entonces. En sus "Preliminary discourse" afirmaba:

"Hasta ahora los químicos se han dejado guiar por principios limitados lejos de concepciones más elevadas. Ellos creen que su única tarea es la de preparar medicamentos y transmutar metales. Yo he querido considerar la química desde un punto de vista completamente distinto, no como haría un médico y un alquimista, sino un filósofo. Estoy ampliando un plan de filosofía química, que, como espero, será completado con mis observaciones".

Además de admitir la discontinuidad de la materia, y por consiguiente la existencia de los átomos, Boyle consideró la idea de "elemento químico" después de haber criticado severamente los elementos aristotélicos y alquimistas. Pudo, así, afirmar que los elementos son los constituyentes indiscomponibles de los cuerpos, y previó la existencia de otros elementos que, en aquel entonces, no se conocían.

Boyle aceptó la antigua teoría según la cual hay una materia universal, impenetrable, común a todos los cuerpos que se originarían de ella por causas varias. La materia tendría tres propiedades fundamentales: tamaño, forma y movimiento (o reposo), que explicarían la formación y la existencia de los cuerpos. Si se piensa el universo reducido a un solo cuerpo, por ejemplo a un pedazo de piedra, no puede existir físicamente, sino por **accidentes**, los cuales pueden ser **primarios y secundarios**. Los accidentes secundarios son una consecuencia de la división originaria de la materia debida a los movimientos de los corpúsculos. Hay unos que no se pueden percibir directamente por medio de los sentidos, y constituirían los **principios inmediatos**, que pueden unirse entre sí para formar los compuestos químicos.

Las diversas especies de los cuerpos proceden de la forma y del movimiento de los corpúsculos: a los movimientos se agregan las fuerzas de atracción entre los átomos. La teoría corpuscular de Boyle, tenía la enorme falta de no considerar el factor peso atómico (solamente la solución de este importante problema comienza con Dalton en el siglo XIX), y de no extender con criterio científico el concepto de elemento; sin embargo su obra tuvo un gran influjo sobre sus contemporáneos.

Con Boyle se puede considerar terminada la atomística del siglo XVII. Si el problema químico de la determinación del peso atómico, no fue todavía puesto en un plan científico, la noción de elemento da un nuevo empuje a la química: solamente Lavoisier podrá darle una concepción nueva, para que la química se desarrolle como ciencia autónoma.

* * *

Es un problema del mayor interés estudiar si la obra de Galileo pertenece a las ciencias naturales o a la filosofía. Indudablemente puede ser también reconocido como filósofo si se sigue la teoría positiva que considera las ciencias naturales como filosofía, o si se sigue la tesis idealista que, partiendo de la idea de una filosofía de la naturaleza, considera que los problemas científicos deben ser estudiados también desde el punto de vista filosófico.

En el "Saggiatore" Galileo escribía:

"La filosofía está escrita en este grandísimo libro (yo entiendo el Universo), que está abierto delante de nuestros ojos, pero no se puede entender si antes no se comprende su idioma, y no se conocen los caracteres en los cuales está escrito. Está escrito en lengua matemática, y los caracteres son triángulos, círculos y otras figuras geométricas, que, si no se conocen, es imposible entender cualquier cosa: es como si estuviéramos en un oscuro laberinto".

Excluyendo cualquier explicación teológica de los fenómenos naturales, Galileo basa el método experimental sobre el análisis del fenómeno natural por medio de relaciones cuantitativas.

El Renacimiento nos muestra cuatro corrientes que tienen suma importancia para el adelanto de la cultura: la artística, la humanística, la filosófica, y la **nueva ciencia** (la del movimiento), cuyo adelanto es obra de Galileo, quien tuvo el gran mérito de haber hallado el camino exacto para adaptar los datos experimentales con el pensamiento matemático. En efecto, toda la mecánica debe su desarrollo al método experimental que él ideó en el estudio del movimiento.

El pensamiento atomístico de Galileo tiene gran interés, ya que admitía que la materia estaba constituida de partículas indivisibles. El sabio pisano, guiado seguramente por su intuición matemática, se puso en un plano perfectamente científico, afirmando el principio de la no divisibilidad de la materia hasta el infinito. El problema de la constitución atómica de la materia es estudiado, por Galileo, como físico, y no como filósofo; y si hubiera tenido más conocimientos de los fenómenos químicos, la historia de la química recordaría su nombre entre los precursores de Dalton, el verdadero fundador del atomismo científico.

Galileo fue también un relativista, aunque su relatividad era muy diferente de la de Einstein. Da una lejana idea la página del "Saggiatore", que con "I Discorsi" y "I Dialoghi" constituyen la gran obra literario-científica de Galileo. Escribía el gran sabio:

"Yo voy moviendo una mano, a veces sobre una estatua de mármol, a veces sobre un hombre vivo. Aun cuando el movimiento sea siempre el mismo, ya que la mano es igual sobre uno y otro cuerpo, el efecto es diferente: porque el cuerpo viviente siente lo que la estatua no percibe; por ejemplo, la cosquilla. Pero este fenómeno no depende de la mano, sino del cuerpo que recibe su acción. Un cuerpo sólido es material: movido sobre mi persona, me produce la sensación que nosotros llamamos tacto; la cual, principalmente, tiene asiento en las palmas de las manos y en las yemas de los dedos, mediante los cuales podemos percibir pequeñas diferencias de áspero y liso, de blando y de duro: y de estas sensaciones unas nos gustan más, otras menos, según la diferencia de los cuerpos tangibles. De estos cuerpos, unos van continuamente transformándose en partículas mínimas de las cuales algunas, más pesadas que el aire, bajan, y otras, más livianas, suben, de tal suerte que se engendran dos otros sentidos: el gusto y el olfato. En efecto las mínimas que bajan, recibidas sobre la parte superior de la lengua determinan los sabores, buenos o desagradables; mientras que las partículas que suben, entrando por las fosas nasales, dan la sensación de perfume o de hedor, según el caso. Quedan, además, los elementos del aire con respecto a los sonidos, que llegan a nuestro oído de las partes altas y de las partes bajas, de la derecha y de la izquierda: los sonidos son percibidos por nosotros, cuando un frecuente movimiento del aire mueve el tímpano de nuestro oído. Pero yo creo que en los cuerpos exteriores no existen sino tamaño, movimiento, figura, por lo tanto la impresión del tacto, del olor, del sabor, del sonido, dependen de nosotros; y, fuera de nosotros, son solamente nombres. Creo que el calor sea debido a una multitud de corpúsculos mínimos, que, encontrando

nuestro cuerpo, penetran en él, determinando la sensación del calor que puede ser agradable o molesto, según la cantidad de partículas que penetran en nuestro cuerpo".

Estos pocos renglones traducidos del "Saggiatore", nos ponen de relieve la mentalidad de Galileo, que se puede resumir:

- 1) Afirmación de la subjetividad de las calidades sensibles,
- 2) El conocimiento científico se basa en la observación, ayudándonos de aparatos que agudizan los sentidos,
- 3) El conocimiento científico se basa en el experimento.

Quiero también poner en conocimiento del lector, otra página de "I Dialoghi" que revela la fuerza del pensamiento de Galileo, unida a una gran modestia: "Muchas veces he pensado cuán grande es la agudeza del ingenio humano, y mientras yo hablo de todos los maravillosos inventos de los hombres, en las artes y la literatura, reflexiono sobre mis conocimientos que son tan escasos, y me desespero considerándome un pobre infeliz. Si miro una estatua, si admiro un cuadro de Tiziano o de Raffaello, si escucho una pieza musical, si veo una obra arquitectónica, me asombro y me pregunto, cómo puede existir mente humana capaz de poner a la luz del mundo tales bellezas".

* * *

La relatividad eisteiniana no es la de Galileo, sino una nueva imagen física del mundo. El desarrollo de la teoría de Eistein ha conducido a una nueva visión del mundo físico, introduciendo nuevos principios que interesan la astronomía, la mecánica racional, y otras ramas del conocimiento. La teoría de la relatividad, considera los movimientos, como movimientos de masa y de energía con respecto a otras masas y otras energías: no existen por lo tanto movimientos absolutos. Generalizando se observa que los movimientos de los cuerpos y de las energías son relativos a otros cuerpos y a otras energías.

El ideador de la teoría de los cuantitas, Plank, escribía en "El conocimiento del mundo físico": "La teoría de la relatividad que al principio parecía determinar un desbarajuste en las ideas tradicionales de espacio y de tiempo, se ha revelado como un perfeccionamiento en el edificio de la física clásica. Para hacer comprender, en pocas palabras, el contenido positivo de la teoría de la relatividad, se puede definir como la fusión del espacio y del tiempo en un concepto unitario. No en el sentido de que espacio y tiempo sean cosas parecidas, sino de la misma manera según que un número real y un número imaginario, se juntan en el único concepto de número complejo".

Plank ideó la teoría según la cual la materia que irradia en el espacio ondas de diferente longitud, no emite la energía radiante en forma continua,

sino que emite una determinada cantidad de energía o un múltiplo de este valor por cada partícula que vibra en un átomo. A esta cantidad fue dado el nombre de CUANTA de energía. Por lo tanto un CUANTA sería con respecto a la energía, como un átomo con respecto a la materia: sería la porción mínima de energía que puede subsistir; de modo que toda cantidad de energía radiante debe ser un múltiplo de energía elemental, ya que está hecha de un grandísimo número de cuantas.

Por cada radiación existe un CUANTA característico. Einstein ha llamado **fotones** a estos cuantas o átomos de luz; cada uno de estos fotones arrastraría consigo una onda, de modo que al fotón corresponde el cuanta, mientras que la longitud de onda caracteriza la frecuencia.

Sobre la teoría de los cuantas se basó Bohr para idear la estructura del átomo, modificando el modelo de Rutherford, cuyos estudios son una consecuencia de los experimentos de Becquerel, Curie, etc.

Becquerel tuvo la idea de experimentar con sales fluorescentes, para observar si se hubiera podido obtener rayos parecidos a los Röntgen.

Una substancia se dice fluorescente, cuando expuesta a una o más radiaciones, como por ejemplo las solares, las absorbe, emitiendo, luego, otras de longitud de onda diferente. En 1896 Becquerel experimentó con las sales de uranio, exponiéndolas a la luz solar, y observando si, puestas sobre una caja cubierta de una hoja de aluminio, habrían impresionado una placa fotográfica colocada en la caja misma. El resultado fue positivo. Quiere decir que había emisión de rayos, parecidos a los rayos X, por la fluorescencia de las sales de uranio. Pero Becquerel observó posteriormente, con gran asombro, que las sales de Uranio, aunque no se expusieran a la acción de la luz solar, tenían la propiedad de emitir rayos, capaces de atravesar una lámina de aluminio. Dedujo Becquerel, que el uranio, independientemente de cualquier excitación exterior, emite radiaciones: es decir, es radioactivo.

Siguieron otros experimentos a este de Becquerel, hasta que Madame Curie, pudo separar de un mineral de uranio, la pechblenda, un elemento enormemente radioactivo, al cual dio el nombre de radio. Su separación de la pechblenda fue larga y trabajosa, si se piensa en que, a partir de cinco toneladas de mineral, se puede obtener un gramo de radio. Obtenido y estudiado este elemento se pueden conocer las radiaciones por él emanadas, que son de tres especies: rayos **alfa** formados por átomos de helium, rayos **beta** formados por electrones, o sea corpúsculos mínimos cargados de electricidad, y rayos **gamma**, que tienen naturaleza parecida a los rayos Röntgen.

Después del descubrimiento del radio, fue observado que de él se emite una substancia gaseosa, llamada emanación o radón, que, según las determinaciones de Rutherford, tiene peso atómico 222, mientras que el del radio es 226. Este gas ocupa todo el espacio del recipiente en que se halla el radio; entonces sobre las paredes de la vasija, se deposita una capa invisible de

productos sólidos, también radioactivos, engendrados por la emanación. Además, se observó que en casi cuatro días, la emanación se reduce a la mitad, y aparece el espectro siempre más intenso del helium procedente de las partículas que emite. Este hecho hizo comprender, por mérito de la interpretación de Rutherford y Soddy, en qué consiste el fenómeno de la radioactividad.

En los primeros experimentos de la radioactividad no se había observado ninguna variación, ni cualitativa, ni cuantitativa, del radio. Este hecho determinó la idea de que estaba errado el principio fundamental de la conservación de la energía. Pero, cuando se observó la desaparición de la emanación, Rutherford y Soddy admitieron que la producción de la energía se debe a la desaparición de la materia. Los dos sabios llegaron a la siguiente conclusión: "Los elementos, cuyos átomos emanan espontáneamente rayos, se desintegran, originando nuevos átomos, por eliminación de partículas **alfa** y **beta**".

Se observó, por lo tanto, que el fenómeno no depende de linflujo de agentes físicos o químicos exteriores, sino que la desintegración depende de agentes radioactivos. Mediante un cálculo, que en este artículo no se puede demostrar, se determinó la **vida media**, es decir el tiempo que gasta cada cuerpo radioactivo para **semitransformarse**: la vida media del uranio es de 500 millones de años, la del radio de 1.580 años, la de la emanación del actinio 3,92 segundos.

Con base en este estudio, Rutherford y Soddy, con genial intuición, afirmaron que el átomo, por lo menos el de los elementos radioactivos, es capaz de romperse, desintegrándose en otros átomos y en partículas eléctricas. Significa esto, que los elementos radioactivos que se descomponen, no son homogéneos. Tienen una estructura. Están hechos de partículas.

Todos los elementos, se ha concluido, tienen esta característica de heterogeneidad. Pero se puede observar que llegados a la desintegración radioactiva, las substancias no originan solamente partes constituidas de ordinaria materia, sino partículas cargadas de electricidad. Ahora, cuando de las soluciones se obtienen sus constituyentes, éstos son de ordinaria materia: cuando las especies químicas compuestas se descomponen en sus elementos, éstos son de ordinaria materia; pero cuando los elementos se descomponen radioactivamente, aparecen partículas que tienen propiedades especiales, y, por lo tanto, no son más ordinaria materia.

* * *

Rutherford y Soddy fueron los primeros en afirmar la desintegración atómica; había pasado solamente un siglo desde que Dalton, también en Inglaterra, había emitido la hipótesis atómica, que todavía hoy se sigue en

los estudios, ya que los 92 elementos se consideran siempre como piedras fundamentales de los edificios químicos.

Con Rutherford comienza una nueva era atómica, que nos da nombres como EINSTEIN, PLANK, BOHR, FERMI, y muchos más, quienes, con sus maravillosos trabajos, en que la física y la química se fusionan en sublime conjunto, nos llevaron a las trascendentales aplicaciones de la energía atómica

FERRUCCIO LOLLI.

Profesor de Química y Física
en el Claustro de Bachillerato.

BIBLIOGRAFIA

Michele GIUA. Ed. Chiantore. Torino. "Epistemología".

Guareschi. Ed. Utet. Torino. "Valencia y atomismo".

Hegel. Ed. Laterza. "Enciclopedia delle scienze filosofiche".

Galileo. "Opere".

Selmi. Ed. Pomba. Torino. "Compendio storico della chimica".

Umberto Sborgi. Ed. Scientifica. Milano. "Chimica generale".

ANTOLOGIA POETICA