

## LA EXPLORACION PARA DESCRIBIR EL CAMPO NUCLEAR CON LA UNIDAD DE UNA TEORIA

por el DR. WOLFGANG GENTNER

De la Universidad de Heidelberg

### I

La exploración fisiconuclear es mimada y típica criatura de nuestro siglo. Se ocupa de la investigación de ese misterioso centro de los átomos que llamamos núcleo atómico. Con la precipitación propia de la premura investigadora y la moderna pasión por formulaciones abreviadas, no se habla ya de investigación del núcleo del átomo, sino, apresuradamente, de investigación nuclear. Pero antes de referirme a los novísimos procedimientos de investigación en esta esfera de la física, quisiera aclarar algunos términos y conceptos en las observaciones históricas sobre este tema.

Antes de referirnos a su estructura interna y a sus partes constitutivas, debemos ocuparnos por lo pronto del átomo mismo y sus cualidades. Como lo "indivisible", el átomo tiene una larga historia. Con muchos otros principios fundamentales de la teoría natural, de muy moderno cariz, en el siglo V a. de J.C. expone Demócrito su hipótesis sobre la existencia de los átomos. "La naturaleza consta de átomos disparados en el vacío", nos dice. Naturalmente Demócrito no llegó a formular su hipótesis fundándose en observaciones del estilo de las hoy habituales. Se trataba, en él, de pura especulación. La existencia de átomos le pareció la solución más simple y apta para describir el eterno cambio de los fenómenos. Pero al gran Aristóteles no le gustó esta hipótesis de Demócrito porque no armonizaba con su sistema de las causas finales, del principio de la "entelequia", de acción predispuesta, y con su autoridad formidable, que, a quende la antigüedad, roza casi la modernidad, se encargó de que dicha hipótesis quedara totalmente desechada con otros muy razonables supuestos de las ciencias griegas de la naturaleza y cayera tristemente en un profundo letargo de dos milenios.

Los químicos fueron los primeros que imaginativamente volvieron a jugar con átomos. Hicieron de los átomos en el siglo XVI figurillas que muy ingenuamente imaginaron provistas de garfios y ganchitos. Se valieron, pues, de la misma imagen —griega en su origen— descrita por Lucrecio en su obra "De rerum natura".

Sólo cuando Newton estableció en 1683 la ley de la gravitación universal, se pudo pensar que también obran en los átomos determinadas fuerzas de atracción. Se les podía, pues, librar ya de sus ganchitos e imaginarlos como esferitas lisas sujetas a fuerzas de atracción de diversa naturaleza. Sobre el valor o no valor verdaderos

de la teoría de los átomos nada definitivo podía decirse, ciertamente, mientras faltaran pruebas empíricas de su existencia. Era lo que ocurría aún a comienzos de la pasada centuria, aunque ya entonces el químico inglés Dalton y el italiano conde Avogadro habían establecido sus leyes, que sólo en virtud de una *estructura de la materia en forma de partículas* parecían comprensibles. Pero justamente entre los físicos había aún fuertes personalidades —Oswald, por ejemplo— que con su positivista crítica de las hipótesis negaban a los átomos toda auténtica realidad. Todavía hace 70 años se decía que la atomística sería todo lo más una construcción auxiliar, “un armazón que podría desmontarse cuando la obra estuviese terminada”. No se soñaba siquiera con la posibilidad de ver átomos directamente alguna vez, con ayuda de un ultramicroscopio, por ejemplo. Para ello era la longitud de onda de la luz demasiado grande, o bien eran los átomos demasiado pequeños. Una onda lumínica pasa sobre un átomo como una onda marina sobre una guija. Hubo pues que buscar otras pruebas experimentales para los escépticos positivistas y fueron encontradas, con sorprendente abundancia, en los últimos años del siglo pasado.

El punto de partida de esta nueva época de la física fueron las prácticas con descargas de gases, la conducción eléctrica a través de gases rarificados. Los bellos fenómenos lumínicos habían traído consigo multitud de formas de los tubos de Geissler, que se exhibían como especial atracción. Con la descarga de gas descubrieron los físicos una multiplicidad de rayos de nueva condición, cuya oscura naturaleza provocó el más vivo interés.

El 15 de diciembre de 1892, un año antes de su temprana muerte, dice Heinrich Hertz a Helmholtz en una carta: “El Sr. Dr. Lenard, mi ayudante, ha hecho aquí en las últimas semanas un muy curioso descubrimiento. Obturó un tubo de Geissler con plaquitas de aluminio delgadísimas, y consiguió obtener plaquitas de este grosor totalmente herméticas, y tan finas, sin embargo, que las atraviesa una parte apreciable de los rayos catódicos emisores de fosforescencia. Con ello ha descubierto que estos rayos, una vez generados, se propagan también en el espacio que contiene aire, en diversos gases en diversa medida, con lo que se abre un campo de investigación totalmente nuevo, pues la generación de estos rayos puede separarse por completo de su observación”.

Ocupándose de estos ensayos descubrió los rayos X Röntgen en 1895, provocando el asombro del mundo científico. Estos descubrimientos indujeron en París a Becquerel en 1896 al estudio de la fluorescencia de las sales de uranio y con ello al descubrimiento de la *radioactividad*, considerado hoy como la hora de nacimiento de la física nuclear.

Acaso convenga detenerse un instante en el término *radioactividad*, derivado del verbo latino *radio*, es decir: yo radio o irradio, yo despiro rayos. Se refiere, pues, a la actividad del irradiar que Becquerel comprobó en las sales de uranio. El prefijo “radio” —así como “irradiar”— se ha popularizado hoy en tal maraña de conceptos, que al no especializado le será difícil orientarse con el mejor deseo. Se habla de radiotécnica, o simplemente de la radio, por ejemplo, que científicamente nada tienen que ver con *radioactividad*. Los rayos que aquí se irradian

tienen cualidades completamente distintas. Se aconseja, pues, la mayor cautela ante las combinaciones de palabras con radio o rayos. En ambos casos sólo se alude a procesos, influjos, transportes de energía o partículas, que en línea recta se propagan en la materia o en el vacío. Desde el punto de vista de la física estos procesos pueden ser de naturaleza completamente distinta.

Pero volvamos a nuestra historia de los descubrimientos. Un año después, es decir, en 1897, consiguió en Cambridge Joseph John Thomson demostrar en forma definitiva que los rayos catódicos antes mencionados constan de un torrente de partículas con carga eléctrica que se mueven con gran velocidad. Estas partículas recibieron el nombre de "electrones".

Estaba claro: la estructura de partículas de la electricidad había sido descubierta, así como que estos "átomos" de la electricidad son una primaria parte constitutiva de la materia y que de ellos están constituidos de algún modo los átomos de los elementos.

Por estos años se inicia la nueva fase de los modelos atómicos. Los físicos empezaron a darle vueltas al problema de cómo estarán estructurados los átomos, una vez que era evidente que, como sus partes constitutivas, de alguna manera habría que meterle dentro los electrones. Además, los átomos no podían ya considerarse como las partículas elementales de la materia tras haberse comprobado que los átomos mismos constan de electrones y de algún vehículo de electricidad positiva. A partir de este momento, en los comienzos del presente siglo, se reserva el nombre átomo para las últimas partes constitutivas de los elementos en el sistema periódico —átomos del azogue, del oxígeno, etc.— mientras a los fundamentos constitutivos del átomo se les llama partículas elementales.

Este concepto de las partículas elementales se ha mantenido hasta hoy, pero la verdad es que si se nos pregunta en qué consisten realmente quedaremos un poco perplejos. En sus lecciones sobre física atómica de 1952, dice Fermi: "Puede afirmarse que en cada etapa del desarrollo científico llamamos elementales a aquellas partículas cuya estructura desconocemos y que consideramos formalmente como puntos". En esta formulación se omite, ciertamente, que conocemos muy bien, por ejemplo, el diámetro de las partículas elementales, que incluso podemos medirlo. Pero volveremos sobre esto más adelante.

Habíamos dicho que el descubrimiento de los electrones trajo consigo los primeros modelos de átomos, como el de J. J. Thomson, por ejemplo, al que hoy llamamos modelo del bartolillo. Este pastel sería como una nube con carga positiva y con el entonces ya conocido diámetro atómico de  $10^{-8}$  cm y en la que, para compensación de la carga, los electrones negativos van embutidos como las pasas en el pastel. Los ganchitos en los átomos de la imagen de Lucrecio, son, pues, reemplazados, a comienzos de nuestro siglo, por el campo electromagnético. Las fuerzas eléctricas de atracción y repulsión reemplazan a la imagen mecánica. Rige esto durante el primer cuarto de siglo.

Hoy sabemos que esta idea era tan ingenua como la antigua imagen. Las fuerzas electromagnéticas sólo bastan para explicar la unión de los átomos entre sí, como la consistencia de un pedazo de acero lo comprueba. No puede recurrirse a ellas en

lo que se refiere al mantenerse unidas las partículas elementales en el núcleo del átomo. Para ello fue necesario descubrir las nuevas fuerzas de atracción que llamamos *energías nucleares*. Ahora bien, evidentemente éstas tampoco son de naturaleza uniforme, como desde hace algunos años sabemos.

Para el lego podría parecer que precisamente en la física los teóricos son la corona de la creación al bosquejar la imagen del mundo adecuada y acosar así más de cerca al misterio. En cierto modo esto es exacto. Mas quisiera hacer ver a continuación cómo justamente la fantasía y el primer atisbo de un experimento acarrearon el impulso para ideas sobre el átomo completamente nuevas y revolucionarias. Aquí fue Ernest Rutherford, sin duda, el más grande de los maestros. Su fenomenal destreza de experimentador, combinada con una certerísima intuición para lo esencial, suministraron los fundamentos de lo que trajo consigo el vuelco de la imagen clásica del mundo a comienzos de la centuria. Por esto mismo deberemos detenernos a considerar los procedimientos experimentales de Rutherford, ya que, hasta ahora mismo, han mantenido su validez en sus rasgos esenciales.

Poco después del descubrimiento de la radioactividad se consagró totalmente a su investigación, determinando su ritmo en la esfera del mundo de la ciencia. Fue el primero en reconocer en su naturaleza los distintos tipos de rayos, a los que llamó rayos *alfa*, *beta* y *gama*. Por medio de ensayos genialmente sencillos pudo demostrarse que estos rayos alfa constan de átomos de helio en raudo movimiento y se prestan estupendamente como sonda en la búsqueda de la *estructura de la materia*. En forma semejante a como habían procedido Hertz y Lenard con los rayos catódicos, hizo Rutherford que sus discípulos Geiger y Marsden investigaran el paso de estos rayos alfa a través de delgadas hojas metálicas. El paso, imperturbado casi, de los átomos de helio a través de hojas de metal, evidenció por lo pronto el *enorme vacío* en la estructura de la materia. Incluso en un metal sólo una ínfima fracción del espacio podía estar ocupada por la materia. Además de este importantísimo hallazgo sobre la concentración de la materia en ínfimos puntos, observó Rutherford que al atravesar la materia algunos rayos alfa son *desviados*. Una partícula sobre 8000 en flujo hubo de ser dispersada en retroceso incluso bajo un ángulo  $>90^\circ$ .

Este hallazgo parecía no compadecerse con una distribución uniforme de la carga eléctrica en el interior del átomo. En vista de ello Rutherford propuso un nuevo modelo de átomo con un campo eléctrico de enorme fuerza en forma de punto en el *centro del átomo*. Es el modelo de átomo generalmente conocido hoy con el nombre de Rutherford-Bohr.

Geiger, entonces un mozo, que trabajaba con Rutherford y fue más tarde profesor en Tübingen y en Berlín, cuenta de aquella época lo siguiente: "Un día de 1911 entró Rutherford en mi habitación, de muy buen humor al parecer, y me dijo que estaba ya seguro de qué catadura tenía el átomo y de cómo podían explicarse las fuertes desviaciones de los rayos alfa. Desde aquel mismo día me entregué a la tarea de comprobar por Rutherford la supuesta relación entre el número de las partículas dispersadas y el ángulo de desviación". Entonces no había otro recurso que observar pacientemente con bien descansados ojos, como diminuto rayo lu-

mínico, cada partícula alfa sobre una pantalla. Esto nunca pudo soportarlo Rutherford mismo mucho tiempo.

Así nació, hace 50 años, nuestro conocimiento del núcleo atómico, pues de pronto se reveló a Rutherford que sólo con una máxima concentración de carga positiva y de masa podía lograrse una tan fuerte desviación. Los rayos alfa tenían que describir órbitas hiperbólicas en el átomo, en torno a un núcleo. Era la misma mecánica que se manifiesta en la determinación de la órbita de un cometa en su pasaje cerca del sol. De modo semejante a lo que ocurre en el sistema solar debería el núcleo atómico contener casi toda la masa del sistema y ser 100.000 veces más pequeño que el átomo.

Me he detenido tanto tiempo en estos ensayos porque hasta hoy día, en este método de investigación no ha cambiado nada. Rutherford se encontraba con recursos limitados, pues entonces, como sondas, sólo disponía de los raudos átomos de helio de la familia del radium y el torio. Habría que esperar a que se desarrollara la técnica de los tubos al vacío y de los generadores de alta tensión. Para, valiéndose de otros átomos como sondas, investigar, no sólo la magnitud, sino la estructura interior del núcleo atómico, fue necesario acelerar artificialmente los átomos con una tensión de muchos millones de voltios. A esto se llegó sólo por el año treinta. Por entonces fueron especialmente contruídos los primeros aceleradores en círculo, que eluden la aplicación de una tensión muy alta recorriendo las partículas la misma tensión varias veces en una órbita circular en el campo magnético.

Hasta comienzos del año treinta la investigación sobre el núcleo atómico estaba casi totalmente en manos de los escasos laboratorios del mundo que disponían de fuertes preparados radioactivos. Entonces se aprendió el difícil arte de producir poderosos preparados alfa con una solución de Ra-D, por ejemplo, con la que incluso fue posible hender el núcleo del átomo, como Rutherford pudo observarlo por vez primera en 1919 en el nitrógeno. El viejo sueño de los alquimistas de la trasmutación de los elementos, Hg en oro, por ejemplo, pareció cumplirse. También la primera partícula elemental nueva, el neutrón, fue descubierta en 1930 por el bombardeo de berilo con rayos alfa naturales.

Desde comienzos del siglo se conocían el electrón y el protón, es decir, el núcleo del átomo de hidrógeno, como las dos únicas partículas elementales. Con el descubrimiento del neutrón pudieron imaginarse los núcleos atómicos como un conglomerado de neutrones y protones. Supuso esto la gran ventaja de poder desterrar con seguridad los electrones del núcleo atómico y señalar su lugar exclusivamente en la envoltura del átomo. Con ello se atribuyó a los electrones la misión de compensar hacia afuera, con su carga negativa, la carga positiva del pesado núcleo atómico, haciendo así aparecer neutral hacia afuera al átomo.

Si se plantea la cuestión de cuáles son las fuerzas que sostienen al mundo, podría argumentarse así: la fuerza reguladora de la mecánica celeste es la gravitación, respectivamente la *atracción de las masas*, descubierta por Newton. En la esfera atómica esta atracción de las masas no puede desempeñar ningún papel, pues ni de la manera más remota es suficiente para explicar las fuerzas atómicas y moleculares. Las fuerzas de la aglomeración atómica son de naturaleza puramente *electro-*

*magnética*. El campo electro magnético o energía Coulomb se atribuye el cometido de los ganchitos de Lucrecio entre los átomos y sirve también de sustentáculo dentro del átomo mismo. Ahora bien, como aglutinante del conglomerado de las partículas elementales en el núcleo atómico era presumible una tercera y nueva fuerza, ya que no entraba en cuenta ninguna de las conocidas. Se la llamó *energía nuclear*. Con los ensayos macroscópicos no ha sido posible averiguar sus leyes y cualidades, pues obra sólo a muy corta distancia y sólo se hace presente en el compacto atadido del núcleo atómico. Sólo con muy poderosos rayos alfa es posible acosar al núcleo de modo que hace sentir su presencia en una anomalía de la dispersión Rutherford.

La exploración de esta rara energía nuclear sigue siendo hasta hoy el objeto de la investigación fundamental en el terreno de la física nuclear. Han llegado a conocerse, ciertamente, gran número de cualidades y leyes de este campo extrañísimo, mas parecemos estar aún lejos de lo que aquí constituye la finalidad: poder describir el campo nuclear con la unidad de una teoría.

(CONTINUARA)

*Próximo artículo: "La imagen actual de la física atómica"*

## b r e v e s   c i e n t í f i c a s

### ALEMANIA FEDERAL

#### 50 años de interferencias Röntgen

Ochocientos físicos de todo el mundo se han reunido en Múnich, para conmemorar el descubrimiento de las interferencias Röntgen. Auspiciaron la conferencia la Universidad de Múnich, la Academia Bávara de Ciencias, la Unión Internacional de Cristalografía y la Sección de Cristalografía de la Sociedad Mineralógica Alemana. Los físicos conmemoraron el descubrimiento de las interferencias por parte de Max von Laue, Walter Friedrich y Paul Knipping en 1912, en el Instituto de Física Teórica de la Universidad de Múnich. Max von Laue tuvo la idea de hacer pasar los rayos X por cristales. El reconocimiento de las estructuras se ha convertido en una importante rama de la física y de la química, y la determinación de las estructuras cristalinas de las sustancias orgánicas e inorgánicas ha hecho considerables progresos desde 1912. En 54 países se dedican hoy 3.500 cristalógrafos al estudio de los problemas estructurales.

### URSS

#### Ayuda técnica y nuevo uso de la energía nuclear

Se ha anunciado la cooperación soviética en la construcción de la mayor central hidroeléctrica del mundo, proyectada por la República Popular China, y que se realizará en un lugar de la ladera norte del Himalaya, donde el río Tsang-po atraviesa esa cordillera y forma un gigantesco bucle, con una diferencia de altitudes de hasta 2 mil metros. El plan comprende la perforación de una montaña de 7.700 metros de altura, por varias galerías a través de las cuales caería el agua desde una gran presa situada en las inmediaciones de la ciudad de Gyala. El río continúa luego su curso y entra en la India, donde se le conoce con el nombre de Brahmaputra. La obra estará a cargo de ingenieros rusos que emplearán energía nuclear para perforar los túneles.

(Pasa a la pág. 47)