

TEMAS DE FÍSICA

Física de Altas Energías y Física Nuclear

Del átomo al quark (1903-2003) **Carlos Sánchez del Río**

Cuando, hace ahora cien años, se fundó la Sociedad Española de Física y Química muy pocos científicos se daban cuenta de la nueva física que estaba naciendo y ninguno pudo sospechar las novedades tanto fácticas como conceptuales que traería el siglo XX. Y eso a pesar de que fue justamente en 1903 cuando Ernest Rutherford y Frederick Soddy llegaron a la conclusión de que la emisión radioactiva α o β por un átomo lleva consigo una transmutación del mismo, es decir, su conversión en un elemento químico distinto.

Durante el siglo XIX se había construido el majestuoso edificio que constituye la física clásica; a partir de descubrimientos insospechados y experimentos ingeniosos se había conseguido una descripción muy precisa, mediante ecuaciones diferenciales, de casi todos los fenómenos de percepción inmediata. La teoría de la relatividad creada por Albert Einstein en 1905 completó la obra admirable de aquel siglo.

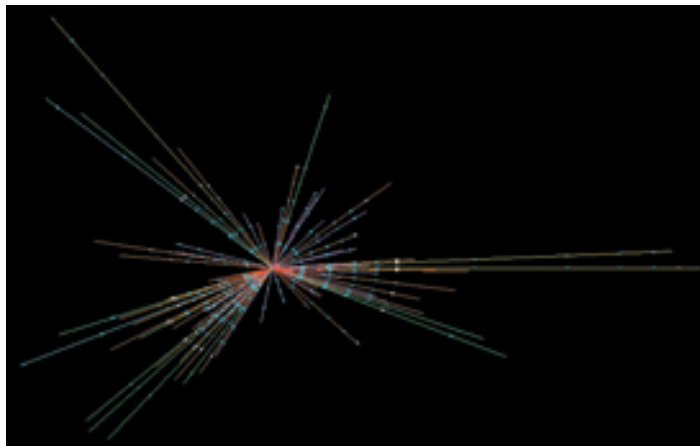
El estudio de la materia durante la misma centuria siguió un camino diferente. Superados los prejuicios de los alquimistas por la obra de Antoine-Laurent Lavoisier en 1789 y establecida la hipótesis atómica por John Dalton en 1803, la química avanzó espectacularmente empleando su propia metodología que ignoraba la estructura interna de los átomos e incluso la necesidad de conocerla.

El foso que existía entre la ciencia que se ocupaba de los fenómenos (la física) y la ciencia que trataba de la materia (la química) se quebró al paso de los siglos XIX al XX como consecuencia de muchos experimentos de física (espectros luminosos, descargas eléctricas en gases, etc.) que culminaron en tres descubrimientos de la mayor importancia: los rayos X por Wilhelm Conrad Röntgen en 1895, la radioactividad por Antoine Henry Becquerel en 1896 y el electrón por Joseph John Thomson en 1897. La identificación del electrón, partícula más ligera que los átomos, era indicio de que formaba parte de éstos. Pero el instrumento para descubrir la estructura de los átomos fue el estudio de las radiaciones emitidas en los procesos radioactivos.

El descubrimiento de los núcleos atómicos en 1911, por el ya citado Rutherford, fue consecuencia de experimentos consistentes en hacer incidir partículas α procedentes de una desintegración radioactiva sobre los átomos contenidos en un pan de oro. El mismo método fue empleado a lo largo de todo el siglo para averiguar la estructura de los núcleos y de las partículas subnucleares.

Conocida la composición de los átomos y de las moléculas (núcleos y electrones sometidos a fuerzas eléctricas) resultó imposible su tratamiento teórico a partir de la mecánica y la electrodinámica clásicas. Añadiendo ideas cuánticas introducidas por Max Planck en 1900 consiguió Niels Bohr en 1913 un modelo del átomo del hidrógeno tan exitoso como incoherente. Ni los demás átomos, ni menos las moléculas, se podían estudiar con el mismo modelo, a pesar de los éxitos parciales conseguidos, y empezó entonces una larga travesía en el desierto de las ideas nuevas que duró más de diez años.

El estudio teórico correcto de los átomos se consiguió mediante la mecánica cuántica formulada por Werner Heisenberg en 1925 y por Erwin Schrödinger al año siguiente. De hecho la ecuación diferencial que se conoce con el nombre de este último ha sido la clave que nos ha permitido comprender los átomos, las moléculas, los átomos y los núcleos atómicos. Por otra parte el principio de indeterminación sugerido por el primero es la base de la interpretación de una teoría, por desgracia, tan poco intuitiva como la mecánica cuántica.



El descubrimiento del neutrón por James Chadwick en 1932 develó el misterio de la estructura de los núcleos atómicos que están compuestos de protones (núcleos de hidrógeno) y neutrones enlazados por fuerzas muy intensas específicamente nucleares. El estudio de estas fuerzas durante décadas sólo permitió una descripción parcial de las mismas. En cambio, el conocimiento empírico de los núcleos atómicos progresó de tal manera que se pudo construir la primera bomba atómica en 1945 y las centrales nucleares para la producción competitiva de energía eléctrica pocos años después.

Desde antes de mediados del siglo XX había razones para pensar que los protones y los neutrones no son partículas elementales en el sentido en el que podemos aplicar este adjetivo a los electrones. El descubrimiento, por otra parte, de un gran número de partículas de vida efímera en la radiación cósmica complicó de tal manera el estudio de la estructura de las entidades subnucleares que ha hecho falta medio siglo para aclarar la situación. El motivo de tan aparente ineficacia de la investigación dedicada a este tema es doble. Por una parte los experimentos, conceptualmente análogos a los que se usaron para descubrir los núcleos a principios de siglo, exigen aceleradores de energías muy elevadas y tanto estas máquinas como los detectores para analizar los resultados de los experimentos son técnicamente muy difíciles y consecuentemente muy costosos; de hecho ha llevado más tiempo desarrollar las técnicas que efectuar las medidas. Por otra parte la interpretación correcta de los resultados requiere el uso de la mecánica cuántica relativista, disciplina muy difícil cuyos cálculos son sumamente complicados.

A pesar de estas dificultades, ya en 1964 sugirió Murray Gell-Mann que los protones y los neutrones están formados por partículas más fundamentales que denominó quarks. Estos quarks serían de dos tipos (u y d) con cargas eléctricas iguales a $+2/3$ y $-1/3$ de la carga eléctrica elemental; la composición del protón sería (uud) y la del neutrón (udd). La sugerencia resultó acertadísima pero las investigaciones posteriores mostraron que el conjunto de las partículas que consideramos elementales actualmente es mayor del previsto. El electrón está acompañado por otras cinco entidades que llamamos leptones. Por otra parte los quarks no son dos sino seis. Todas estas partículas son fermiones y tienen sus antipartículas correspondientes.

Parece por tanto que toda la realidad material es consecuencia de las interacciones entre estas partículas fundamentales. Estas interacciones se consideran mediadas por otras partículas de carácter distinto (bosones); el fundamento de esta descripción es que la interacción más sencilla es una colisión con intercambio no instantáneo de energía y momento que se puede interpretar como intercambio de una partícula virtual. Por lo que sabemos actualmente existen tres clases de interacciones: electromagnética, fuerte (que describe las intensas fuerzas nucleares) y débil (responsable de la radioactividad y otros procesos). Las partículas mediadoras son respectivamente, el fotón, los gluones (que son ocho) y los tres bosones pesados.

La breve reseña precedente justifica nuestra confianza en que conocemos ya bastante bien las leyes fundamentales de la física. Ello no implica, sin embargo, que su aplicación a todos los fenómenos materiales sea obvia. De hecho no lo es.

Carlos Sánchez del Río