

completamente el método de cálculo. Así, la teoría de gauge no abeliana de la interacción electrodébil adquiere una maquinaria teórica completamente sólida que hace posible, como había ocurrido con la electrodinámica cuántica 20 años antes, realizar el cálculo de magnitudes físicas medibles.

La teoría de la interacción electrodébil había predicho desde el comienzo la existencia de dos nuevas partículas W y Z. Sólo a partir de los trabajos de los Premios Nobel del presente año se han podido realizar predicciones precisas de los valores de las propiedades de dichas partículas. Estos valores han sido medidos recientemente en el acelerador LEP (Large Energy Particles) del CERN, comprobándose que coinciden exactamente con las predicciones de la teoría.

Una cantidad predicha utilizando la maquinaria teórica de t'Hooft y Veltman es la masa del *quark top*, el más pesado de los dos quark incluidos en la tercera familia del Modelo Estándar. Este quark ha sido observado por primera vez el año 1995 en el laboratorio Fermilab (USA) y el valor medido de su masa coincide con el predicho por la teoría.

Aparte de los trabajos directamente relacionados con la interacción electrodébil, t'Hooft y Veltman han continuado realizando aportaciones notables en el conocimiento de la naturaleza, aunque siguiendo caminos separados. T'Hooft se orientó hacia las interacciones fuertes, y en la actualidad se interesa especialmente por la relatividad general. Veltman ha seguido trabajando en el dominio de las partículas elementales, y podemos citar sus trabajos sobre la existencia o no del campo de Higgs, que es un ingrediente esencial de la interacción electrodébil. Así mismo, ha mantenido una estrecha relación con la Universidad Española, más concretamente, ha sido Profesor Extraordinario adscrito al Departamento de Física Teórica de la Universidad Autónoma de Madrid.

BIBLIOGRAFÍA

- M. Veltman, *Nuclear Physics B7* (1968) 637.
 G.'t Hooft, *Nuclear Physics B35* (1971) 167.
 G.'t Hooft and M.Veltman, *Nuclear Physics B44* (1972) 189; *B50* (1972) 318.
 G.'t Hooft, *Teorías de Gauge de las fuerzas entre las partículas elementales* en *Partículas Elementales: Quarks, leptones y unificación de las fuerzas*. Libros de Investigación y Ciencia - Scientific American, pp.188-206, Ed. Prensa Científica (1984).
 K. Moriyasu, *An Elementary Primer for Gauge Theory*, Word Scientific Publishing (1983).
 Martinus J.G. Veltman, *The Higgs Boson*, *Scientific American*, p. 88 (1986).
 G.'t Hooft, *In Search for the Ultimate Building Blocks*, Cambridge University Press (1997).
 Francisco J. Ynduráin, *Revista Española de Física*, Vol. 13, N.º5, p. 2 (1999).
 Enrique Álvarez, *Revista Española de Física*, Vol. 13, N.º5, p. 5 (1999).

Miguel Giménez Murria
 Depto. de Física de los Materiales

Premio Nobel de Química 1999

El Premio Nobel de Química del año 1999 ha recaído sobre el investigador Ahmed H. Zewail del *California Institute of Technology*, por desarrollar una nueva técnica que permite extraer información sobre la dinámica de las reacciones químicas.



Ahmed H. Zewail.

de desarrollar una nueva técnica que permite extraer información sobre la dinámica de las reacciones químicas.

Ahmed H. Zewail, de 53 años, es egipcio y posee la doble nacionalidad egipcia-estadounidense. Ocupa la cátedra Linus Pauling de Química y es Profesor de Física en el *California Institute of Technology* y Director del *NSF Laboratory for Molecular Sciences (LMS)*. Recibió sus grados de B.S. y M.S. en la Universidad de Alejandría, y después de doctorarse (Ph.D.) en la Universidad de Pennsylvania, comenzó a trabajar en la Universidad de California. A lo largo de su vida profesional ha recibido numerosos premios y condecoraciones, que vienen resumidas en la página Web dedicada a su biografía: [<http://www.its.caltech/%Efmto/zewal.html>].

Según palabras del propio Dr. Zewail, sus trabajos de investigación permiten "comprender en sus aspectos fundamentales la forma en que los átomos se comportan en una reacción química". Se considera a este investigador como el impulsor de la llamada espectroscopía de femtosegundos, mediante la cual se estudian los estados transitorios de las reacciones químicas.

Cuando los átomos o moléculas intervienen en reacciones químicas, se mueven de forma muy rápida, de tal forma que no se puede observar el proceso que tiene lugar. Imaginemos que mediante una cámara de alta velocidad se filma este proceso, y con posterioridad se analiza la película a cámara lenta (similar a las cámaras de cine de alta velocidad). El trabajo del Dr. Zewail ha consistido en desarrollar esta supuesta cámara para poder observar ciertas reacciones químicas que se producen en un tiempo muy corto. No obstante, estas reacciones no se producen de forma inmediata: los reactantes se unen formando especies intermedias, hasta llegar al producto final de la reacción. Durante este proceso, se rompen los enlaces químicos y se originan otros, pudiendo observar esta evolución mediante el uso de la espectroscopía de femtosegundos.

En este tipo de espectroscopía los reactantes se mezclan en una cámara de vacío. Con un láser ultrarrápido, se originan dos pulsos de muy corta duración (de unos cuantos femtosegundos de duración: un femtosegundo (fs) son 10^{-15} segundos. Para hacernos una idea de la escala en la que nos estamos moviendo, se puede decir que un femtosegundo es a un segundo como un segundo es a 32 millones de años). El pulso primario de gran potencia, inicia la reacción y con posterioridad llega un segundo pulso, más débil, a una determinada longitud de onda que sirve para analizar lo que está sucediendo. La emisión de luz producida por los reactantes, como consecuencia de la acción de este segundo pulso, lleva la información espectral necesaria para reconstruir lo que está sucediendo. Variando el intervalo de tiempo entre los dos pulsos, es posible ver la rapidez con que una molécula se transforma en los productos de reacción. El espectro obtenido es como la huella dactilar de la molécula estudiada.

Este área de la Química Física se ha bautizado como Femtoquímica, y

a través de ella se han podido comprender los mecanismos mediante los cuales unas reacciones químicas se producen y otras no, y por qué las velocidades de las reacciones químicas, así como sus rendimientos, dependen de la temperatura. En otras palabras, a través de la información extraída de la "película" vista a cámara lenta se puede adquirir nueva información sobre la dinámica de las reacciones químicas antes imposible de visualizar y estudiar.

En la primera serie de experimentos el Dr. Zewail estudió la reacción de desintegración unimolecular del cianuro de yodo: $ICN \rightarrow I + CN$, en un átomo de yodo y un radical cianuro. En 1987 Zewail y su equipo investigador publican un artículo en la revista *Journal of Chemical Physics* titulado "Real-time femtosecond probing of transition states in chemical reactions", señalando que han podido observar un estado de transición correspondiente al enlace I-C justamente cuando se produce la ruptura del mismo: la reacción tiene lugar en un tiempo de 200 femtosegundos.

Inspirados por los trabajos del Dr. Zewail, diversos investigadores han estudiado numerosos procesos utilizando la espectroscopía de femtosegundos en gases, líquidos, sólidos y *clusters*, en polímeros (para desarrollar nuevos materiales de uso electrónico) y en sistemas biológicos. Con el desarrollo de la Femtoquímica se ha cambiado fundamentalmente el punto de vista del estudio de las reacciones químicas: se ha pasado de hablar de fenómenos descritos de forma vaga en términos de "activación" y "estado de transición", a poder ver los movimientos de átomos individuales en el momento en que éstos se están produciendo, permitiendo comprender y predecir importantes procesos.

Una descripción más detallada de esta técnica y sus aplicaciones la podemos encontrar en el artículo del Profesor Bengt Nordén, que se encuentra en la siguiente dirección de Internet: [<http://www.nobel.se/announcement-99/chemback99.pdf>].

Jesús Senén Durand Alegría
Depto. de Ciencias Analíticas

EFEMÉRIDES

En Física

HACE 200 AÑOS

Alessandro Volta completa la primera batería eléctrica, que mostrará un año más tarde a Napoleón, siendo recompensado por éste con un título de conde y un nombramiento de senador del reino de Lombardía (a la caída del emperador, se retirará a una cátedra en la universidad de Padua). Con este descubrimiento ponía fin a la controversia entre los adherentes, como Alexander von Humboldt, a la electricidad como fenómeno de origen animal (recuérdese el famoso experimento de su amigo Galvani con el anca de rana) y aquellos que ligaban la electricidad a los metales, entre los que se encon-



Ballet: "Apoteosis de la Electricidad" en Frankfurt-am-Maim (1891), en el que se rinde tributo a Volta y a Galvani.