



# Las fuerzas de la naturaleza (II)

**A**DEMÁS de las muy conocidas fuerzas gravitatoria y electromagnética, en los años treinta del siglo pasado la Física hubo de incorporar dos nuevas fuerzas para explicar fenómenos de los que las anteriores no eran capaces de dar cuenta: la Fuerza Fuerte (para explicar la cohesión de los núcleos atómicos) y Débil (para explicar la radiactividad beta).

Puede parecer que un tipo de fuerzas que sólo actúa a escalas nucleares (la décima parte de una billonésima de metro) es un ejercicio académico sin consecuencias a escala humana o del universo. Lejos de ser así estas fuerzas están, hasta donde podemos vislumbrar, en la explicación de cómo producen energía las estrellas, de cómo y por qué explota una estrella hasta ser una supernova o en el origen mismo del Universo físico. Merecen por tanto nuestra atención y nuestro conocimiento.

## La fuerza débil

La necesidad de introducir esta fuerza surge del hecho de que el neutrón, descubierto por Chadwick en 1932, al contrario que el protón, no es una partícula estable. Si está aislado se desintegra, al cabo de aproximadamente un cuarto de hora, en un proceso que se denomina desintegración beta. Inicialmente, con los datos experimentales de la época, se pensó que la desintegración se hacía produciéndose un protón y un electrón, partículas que tienen cargas iguales y opuestas, de modo que en el proceso se conservaba, de acuerdo con las leyes del electromagnetismo, la carga eléctrica. De ser así, como la masa del neutrón es algo mayor que la suma de las masas del protón y el electrón, la diferencia de masas se debería convertir en energía cinética (en la velocidad en definitiva de las partículas emitidas) según la ley de Einstein de la masa por la velocidad al cuadrado. Un análisis cuidadoso de los resultados mostraba sin embargo la energía no era la esperada.

Durante un tiempo los físicos estuvieron considerando la posibilidad de que los procesos elementales (aislados) pudieran violar las leyes de conservación de la energía y del momento que se aceptaban como inmutables. En contra de esa idea, W. Pauli, en 1930, y posteriormente Enrico Fermi, sugirieron una interpretación alternativa. Concretamente, Pauli hizo la hipótesis de que en la desintegración del neutrón estaba presente una tercera partícula, bautizada con el nombre de "neutrino", que transportaría la energía que

faltaba.

La partícula en cuestión, el neutrino, debería tener una masa prácticamente nula, además de no estar cargada. Bien, se pensará, si no tiene masa y no tiene carga, ¿qué es, o qué es lo que le da carácter de partícula? La respuesta es que tiene una propiedad peculiar de los objetos cuánticos denominada "spin", además de poder transportar energía. La extraña predicción tardó en ser confirmada pero finalmente, en 1957 fue detectado, el neutrino.

La fuerza débil está presente en un número relativamente reducido de fenómenos, pero estos son los responsables de la producción de la energía en las estrellas, y la explicación actual del proceso de las explosiones de supernovas es que en un momento de la vida de ciertas estrellas, es la emisión de neutrinos la que literalmente expulsa las capas exteriores de una estrella para formar uno de los más impresionantes fenómenos de la Astronomía.

Esta fuerza afecta, como se ha visto, al neutrón y a otras partículas descubiertas posteriormente (piones, muones y las llamadas partículas extrañas). Los neutrinos (hay varias clases de ellos organizados en parejas) están siempre presentes entre los productos finales de la desintegración. En la teoría de Fermi de ésta fuerza se la describe, no como una interacción que actúe a distancia, sino que se limita a cambiar la identidad de una partícula, tal como hemos visto con el neutrón. Que esto pueda ser así nos llevará, más adelante a explicar algo de Mecánica Cuántica y de las llamadas Teorías Cuánticas de Campos. Digamos por último que es una interacción lenta, muy lenta a su escala. La desintegración beta más rápida necesita del orden de una centésima de segundo, lo que es mucho tiempo en un núcleo en el que se desarrollan procesos en tiempos millones de billones de veces más rápidos. La teoría vigente de esta interacción se la debemos a Steven Weinberg.

## La fuerza fuerte

¿Por qué existen los núcleos atómicos? Los protones que hay en ellos al tener cargas eléctricas iguales se repelen y tienden a separarse. Por otra parte, no hay fuerzas eléctricas que atraigan a los neutrones entre sí (pues son eléctricamente neutros), o a estos con los protones. Así pues ha de existir, necesariamente, una nueva fuerza que mantenga protones y neutrones unidos cuando se mueven dentro del volumen nuclear, es decir, a cortas distancias del orden de

un fermi (una diezbillonésima de metro). Esta nueva fuerza es debida a una nueva interacción (llamada Interacción Fuerte) de carácter esencialmente diferente de la electromagnética, y que debe cumplir varias condiciones:

a) en promedio tiene que ser atractiva, pues los núcleos existen;

b) es mucho más intensa que la electromagnética, dado que, por la razón anterior, compensa y supera la repulsión eléctrica entre protones;

c) es de alcance mucho más corto que la electromagnética (es decir, su acción llega a distancias muy inferiores a las de ésta). En efecto, las fuerzas totales entre dos o más núcleos atómicos pertenecientes a átomos distintos (por ejemplo, dentro de una misma molécula), y cuyas distancias relativas son del orden de un Angstrom (una cienmilionésima de metro) se reducen, con enorme aproximación, a las debidas exclusivamente a su repulsión eléctrica.

La teoría física inicial para la interacción fuerte es debida al físico japonés H. Yukawa quien en 1935 propuso que, en analogía con la interacción electromagnética, la interacción fuerte era debida al intercambio de una nueva partícula entre nucleones (término que designa indistintamente a protones y neutrones). Esa nueva e hipotética partícula recibió el nombre de "mesón de Yukawa". La analogía indicaba que la razón que explica el corto alcance de la fuerza era que el mediador de la interacción (el mesón) debería tener una masa netamente diferente de cero, ya que la razón última del alcance infinito de la fuerza electromagnética es que la partícula que se intercambia en ella es el fotón, que tiene masa nula. Intuitivamente es claro que si el mediador es pesado no puede llegar muy lejos. Las estimaciones indicaban que, para que el alcance fuera el correcto, el mediador tener doscientas veces la masa del electrón. Tras diversas vicisitudes se pudo identificar el mesón de Yukawa con las partículas denominadas "piones", que por cierto aparecen en dos versiones de cargas eléctricas opuestas y posteriormente apareció un tercer pión de carga nula.

Hoy se acepta que la hipótesis de Yukawa, aunque correcta en muchos sentidos, tiene limitaciones, y se dispone de una teoría más fundamental para estas interacciones, denominada Cromodinámica Cuántica, en la que aparecen los famosos "quarks". Pero esto requiere para su explicación un espacio del que hoy no disponemos.

Luis Vega  
Universidad de La Laguna

# Steven Weinberg

**N**ACIDO en Nueva York en 1933, se doctoró en Física en la Universidad de Cornell donde tuvo entre sus compañeros de clase a Sheldon Glasgow, otro grande de la Física de nuestros días. Recibió el premio Nobel de Física en 1979 junto con su compatriota John Ward y el paquistaní, que trabajaba en Trieste, Abdus Salam, por sus trabajos en la unificación de las interacciones fundamentales de la naturaleza, y en particular por su contribución a la unificación de las interacciones débil y electromagnética en un nuevo esquema denominado interacción electrodébil. En la actualidad trabaja en la Universidad de Texas.

Weinberg es un muy conocido divulgador de la ciencia. En su libro "Los tres primeros minutos del universo" (1989), da cuenta del estado de la comprensión de la Física del origen del Universo a partir de nuestro conocimiento de las interacciones fundamentales de la naturaleza.

En el "El sueño de una teoría final" (1992) describe los avances de la Ciencia en el intento de disponer de una teoría que, de alguna manera, englobe las diferentes partes básicas

de las interacciones materiales, una teoría en la que todas las preguntas fundamentales hallarían respuesta, sin requerir una explicación en términos de otros principios más profundos; algo que, sin embargo, parece ser incompatible según él con la existencia de un Dios. "A veces nos hemos sentido [en Física] como Sigfrido después de probar la sangre del dragón, cuando descubrió que podía entender el lenguaje de los pájaros."

"Plantando cara" de reciente aparición es un duro alegato contra las pseudociencias, el mal uso de la ciencia y de la mala ciencia, y su difusión en las sociedades actuales.

Extraordinario polemista, es el representante más notable de los denominados "reduccionistas", posición intelectual que resalta la importancia de lo más fundamental como explicación de lo que es menos esencial y por tanto de una cierta jerarquía entre las diferentes Ciencias. El lo explicaba así: "si usted pregunta por qué las cosas son como son y si cuando se le da una explicación en términos de algún principio científico, usted pregunta por qué dicho principio es verdadero y si, como un niño

maleducado, sigue preguntando ¿por qué?, ¿por qué?, entonces, más tarde o más temprano, alguien le llamará reduccionista."

Sus trabajos en unificación de las fuerzas de la naturaleza le han hecho acreedor de gran prestigio, que él ha tenido la capacidad de conducir hacia la explicación de estas teorías complejas en términos comprensibles para el gran público.

En la Universidad de La Laguna impartió la conferencia magistral con ocasión de la inauguración de los observatorios del IAC. De aquella visita se recuerda, además del interés de la conferencia, su obsesión por su propia seguridad (temía ser objeto de ataques terroristas por parte de palestinos), lo que generó algún que otro problema de protocolo y organización. En cualquier caso, un problema pequeño comparado con el que se generó en la ceremonia de recepción del premio Nobel por parte de su compañero galardonado A. Salam, al presentarse con sus dos esposas (es musulmán), a quienes el rígido protocolo de la academia sueca no encontró forma de acomodar en el estrado.



FOTO CEDIDA