

Actualidades científicas: El sueño de Albert Einstein*

Antes de continuar con el sueño de Albert Einstein, tratemos de explicar lo que pretendía unificar.

Tipos de interacción

Como sabemos, no existe una razón obvia para que la naturaleza no sea tan complicada, por esta razón los físicos, conociendo los resultados de los últimos 50 años en la identificación de las propiedades de la materia y las interacciones que existen en el universo, han concluido que todos los cuerpos que existen en la naturaleza interactúan mutuamente mediante cuatro fuerzas fundamentales: la fuerza fuerte, la electromagnética, la débil y la gravitatoria. Esta última fue la que causó muchos problemas a Einstein.

Pero, ¿cómo podemos distinguir una fuerza de otra?, ¿qué es lo que caracteriza a cada una de las fuerzas?

Bien, para poder distinguir las fuerzas de interacción es necesario considerar que una fuerza de interacción está caracterizada por tres parámetros: por su intensidad, por su radio de acción y por su tiempo característico. Quizás estos términos no son muy familiares, sin embargo lo importante que debe recordarse es que sólo se necesitan tres parámetros para identificar a una fuerza de interacción.

Por *intensidad* de una fuerza se entiende la cantidad que determina la magnitud de la fuerza que existe entre dos cuerpos materiales. Así imaginemos la fuerza que se necesita para mantener nuestra luna alrededor de la tierra; otro ejemplo más sencillo, en el átomo de hidrógeno, que consiste de un núcleo y un electrón girando alrededor del núcleo, la intensidad de la fuerza es la necesaria para mantener al electrón girando alrededor del núcleo, y además caracteriza a la interacción.

* Continuación del artículo "Actualidades Científicas: En Busca de una Teoría Unificada del Universo", que aparece en la página 59 del primer número de esta revista.

El *radio de acción* es la distancia a partir de la cual se empieza a detectar la fuerza de interacción. Utilizando el ejemplo de nuestra luna, la luna se encuentra a una distancia de la tierra de tal manera que esta distancia le permite girar alrededor de la tierra, pero si le agregamos a esa distancia unos cuantos miles de kilómetros seguramente lo que pasaría es que la luna deje de sentir la fuerza gravitacional de la tierra y se escape de su órbita. Así, la distancia de la luna a la tierra sería el radio de acción de la interacción entre la luna y la tierra. Además, para aclarar un poco más este aspecto, seguramente ha observado en la televisión que cuando un paracaidista se lanza desde un avión, primero flota un tiempo determinado y hasta que está a determinada distancia de la tierra empieza a caer. Si pudiéramos medir esta distancia, ella sería el radio de acción entre la interacción del paracaidista y la tierra. Claro debe tenerse en cuenta que el paracaidista cae por la acción de la gravedad de la tierra, y por lo tanto estamos determinando el radio de acción de la fuerza gravitatoria.

Ahora imaginemos que el paracaidista de la televisión lleva un reloj en la mano, y empieza a medir el tiempo en el momento en que comienza a caer hasta el momento en que llega a la tierra. Si el paracaidista puede medir este tiempo, entonces podremos saber el tiempo en que sintió la fuerza de gravitación de la tierra. Así, el *tiempo característico* de la interacción es aquel en que dura la interacción.

Una vez conociendo lo anterior, es necesario hacer notar que en la mayoría de los libros de texto de física no se especifican los parámetros que caracterizan a las fuerzas de interacción de la naturaleza, ni tampoco en los cursos universitarios de física.

Como ya se mencionó, sólo existen en la naturaleza cuatro tipos de fuerzas de interacción, lo que no puedo explicar es por qué solamente son cuatro. Más adelante veremos que cada una de estas fuerzas de interacción está asociada con el mundo en que vivimos (aquí me refiero a la dimensión del espacio en que vivimos, que como

todos sabemos es de tres dimensiones. Einstein mencionó que esto era un castigo de dios).

Para utilizar cada una de las fuerzas de interacción, necesitamos primero explicar o determinar qué fenómeno se desea describir. Es decir, si queremos describir por qué la luna gira alrededor de la tierra, necesitamos utilizar la fuerza gravitatoria o la interacción gravitacional. Pero si se desea explicar por qué los electrones giran alrededor del núcleo atómico, entonces utilizamos las fuerzas débil, o fuerte. Y si desea saber por qué dos cargas eléctricas del mismo signo se repelen, tendrá que utilizar la fuerza electromagnética.

Con esta última consideración, explicaremos de manera breve cada una de las interacciones con sus respectivos parámetros.

Interacción gravitacional

La gravitacional fue la primera de las fuerzas de la naturaleza que se reconoció y la primera en tener un modelo matemático que la describía: fue Newton en sus *Principia*, en 1687, quien propuso la siguiente ley: la fuerza gravitatoria actúa universalmente entre cualquier par de cuerpos materiales. Las mediciones actuales dan los siguientes valores de los parámetros característicos de la interacción gravitacional:

Intensidad	Radio de acción	Tiempo característico
$\approx 1 \times 10^{-10}$	Infinito (muy grande)	No se sabe

La intensidad de la interacción gravitacional es muy pequeña comparada con la fuerza que se necesita para mantener a un electrón girando alrededor del núcleo atómico, por lo tanto no podemos utilizar la interacción gravitacional para describir al microuniverso. Por esta razón el radio de acción de la fuerza gravitacional es muy grande y esta interacción se utiliza para describir al macrouniverso; es decir, la fuerza gravitacional se utiliza para describir los movimientos terrestres y los astronómicos, en este caso la fuerza gravitacional es muy intensa y su tiempo característico es infinito. De

esta manera, si desea saber por qué los planetas giran alrededor del sol tendrá que utilizar el modelo matemático creado por Isaac Newton.

Interacción electromagnética

Ésta fue la segunda de las fuerzas fundamentales de la naturaleza que se reconoció, y realmente fue la primera en que se realiza una unificación de teorías. Es decir, para los físicos del siglo XVII no existía relación aparente entre la electricidad estática y las fuerzas magnéticas.

Pero, ¿qué significa esto; qué relación existe entre la electricidad generada al peinarse el cabello y la fuerza magnética sobre la brújula y la luz emitida por la bujía o por el sol. Fue James Clerk Maxwell quien dio respuesta a estas preguntas, demostrando un siglo más tarde que todos estos fenómenos se relacionan mediante un conjunto de ecuaciones diferenciales, que se conocen hoy como ecuaciones de Maxwell para el campo electromagnético. Éste fue el modelo matemático que se creó para describir la fuerza electromagnética. Los valores de sus parámetros característicos son los siguientes:

Intensidad	Radio de acción	Tiempo característico
» 1/37	Infinito (muy grande)	» 1×10^{-16} seg

De la tabla anterior podemos deducir que la intensidad de la interacción electromagnética es mayor que la gravitacional. Esta fuerza es la responsable de la interacción entre los electrones y fotones (estas partículas forman la luz). Debe recordarse que su radio de acción y su tiempo característico es infinito en relación a las dimensiones nucleares o las dimensiones del átomo. La fuerza electromagnética es la más popular y conocida de todas y es la responsable de explicar los fenómenos eléctricos y magnéticos.

Interacción débil

A finales del siglo XIX los físicos pensaban que todas las manifestaciones de la gravitación (los fenómenos gravitatorios en su conjunto) y el electromagnetismo podían

describirse por las leyes de Newton y de Maxwell, en consecuencia tenían que analizarse estas dos teorías para explicar todo el universo. Pero como siempre, existe un pero. Cuando Einstein propuso que la velocidad de la luz no depende del movimiento del observador (primer principio de la relatividad especial) todo cambió, y con estas dos teorías ya no se pudieron explicar los fenómenos relacionados con el micromundo; por ejemplo, el modelo atómico. Fue necesario crear dos teorías más, o mejor dicho, dos modelos matemáticos que pudieran explicar el microuniverso; la relatividad especial y la mecánica cuántica.

Con estos modelos, a principios del siglo XX, se descubrieron dos nuevas fuerzas fundamentales de la naturaleza: la fuerza débil y la fuerza fuerte.

La fuerza débil es la responsable de la desintegración beta de los elementos radiactivos; es decir, explican el comportamiento de los elementos radiactivos o la radiactividad. Ésta no se había descubierto porque sólo existe en un pequeño rango de distancias subatómicas, como lo indican sus valores característicos:

Intensidad	Radio de acción	Tiempo característico
» 1×10^{-9}	» 1×10^{-20} m	» 1×10^{-13} seg

Como se puede observar, el radio de acción es muy pequeño y el tiempo característico es también muy pequeño, por lo tanto esta fuerza sólo existe en el microuniverso.

Interacción fuerte

La interacción fuerte, al igual que la débil, fue descubierta apenas en este siglo y es la responsable de que existan ligados los protones y neutrones en el núcleo atómico. Es decir, antes se pensaba que los átomos estaban formados por un núcleo atómico y electrones girando a su alrededor. Actualmente se sabe que también el núcleo atómico está formado por partículas llamadas protones y neutrones, y éstas a su vez están formadas por partículas llamadas quarks (cada una de éstas se explicarán en otro artículo

sobre partículas elementales). La fuerza responsable de que estas partículas estén en el núcleo atómico y no se escapen de él, es la fuerza fuerte, cuyos valores característicos son los siguientes:

Intensidad	Radio de acción	Tiempo característico
0.1 - 1.0	$\gg 1 \times 10^{-14}$ m	1×10^{-23} seg

Como puede observarse, esta fuerza es más intensa a pequeñas distancias y su tiempo de duración es el más pequeño de todas las fuerzas de interacción, por lo tanto es muy difícil detectarla.


Finalmente, para concluir este artículo, y a pesar de que las cuatro fuerzas tienen propiedades diferentes, la diferencia esencial entre ellas es la fuerza efectiva a pequeñas distancias, por lo tanto, la fuerza fuerte es la más intensa de todas ellas y la más corta en el tiempo. Así pues, es natural que se trate de buscar una teoría más profunda en la que tuvieran un origen más común y general, y no sólo a pequeñas distancias.

En esto radicaba el sueño de Einstein, en crear un modelo matemático que explicara el origen de las cuatro fuerzas fundamentales de la naturaleza; pero como todavía no se tenía un buen conocimiento de las fuerzas débiles y fuertes, y no pudo conocer todos los modelos matemáticos (que serán analizados en otros artículos) que se

conocen actualmente, Einstein murió intentando crear una sola teoría que explicara el origen de la fuerza gravitacional y electromagnética. Si Albert Einstein hubiera vivido un poco más de tiempo, quizá hubiera podido explicar el origen del universo y realizado su sueño...

Y le recuerdo, la naturaleza no tiene por qué ser complicada.

Bibliografía básica

1. LOVETT CLINE, Barbara. *Los creadores de la nueva física: los físicos y la teoría cuántica*, Fondo de Cultura Económica, México, 1992, 238 pp.
2. MENCHACA ROCHA, Arturo. *El discreto encanto de las partículas elementales*, México, Fondo de Cultura Económica-SEP-CONACYT, Col. La Ciencia desde México, 1988, 130 pp.
3. YNDURAIN, Francisco José. "Teorías Unificadas de las Interacciones Fundamentales", en *Investigación y Ciencia*, núm. 8, marzo, 1978, México, pp. 6-15.
4. PARKER, Barry. *Einstein's Dream*, Boston, Little, Brown and Company, 1986, 221 pp.
5. NAUMOB, A. Y. *Física del núcleo atómico y partículas elementales*, URSS, Editorial Moscú, 1984, 390 pp. 

Juan Carlos Mendoza Santos