

Montaje de láser en la Universidad de Berkeley para comprobar con gran precisión la relatividad general. / DAMON ENGLISH / UC BERKELEY

Dos átomos para Einstein

Asombrosa detección del minúsculo efecto de la gravedad en la luz

ENRIQUE ÁLVAREZ
Madrid

Tres físicos han medido recientemente con una precisión 10.000 veces mayor que la medida precedente un pequeño efecto sobre la longitud de onda de la luz predicho por Einstein. El primer firmante del artículo es Holger Müller, un joven físico de la Universidad de Berkeley; el segundo firmante es Achim Peters, que trabaja en la Universidad Humboldt de Berlín, y el tercero es nada menos que Steven Chu, también de Berkeley, pero que ahora es ministro de Energía del Gobierno de Obama en Estados Unidos. Chu, que compartió el Premio Nobel de Física de 1997 con Cohen-Tannoudji y Phillips por "desarrollar métodos para enfriar y atrapar átomos usando láser" es el líder del grupo en el que se formaron los dos primeros autores de este trabajo.

Dos años después del descubrimiento de la relatividad especial, Einstein tuvo lo que él mismo consideraba "la idea más feliz de su vida", el llamado principio de equivalencia. Este principio postula que todas las leyes de la física son exactamente las mismas localmente en un sistema en caída libre en un campo gravitatorio, como el constituido por la estación espacial internacional, que en un sistema sobre el que no actuase gravitación alguna.

Con esta idea, Einstein inicia el camino que le llevó, en 1915, a formular las ecuaciones de la teoría relativista de la gravitación, la relatividad general. Estos ocho años constituyen una de

las aventuras intelectuales más fascinantes de la historia del pensamiento humano.

La teoría de la gravitación entonces aceptada era la ley de la gravitación universal descubierta por Isaac Newton en otro de los saltos conceptuales más importantes de la ciencia, al darse cuenta de que la misma fuerza que hacía que se cayesen las manzanas de los árboles es la que era responsable de las órbitas de los planetas alrededor del Sol. En la teoría de Newton la fuente de la gravitación es la masa.

Pero la teoría de Newton es una teoría de acción a distancia; cualquier cambio en la posición de la fuente produce efectos en el mismo instante de tiempo absoluto en todos los puntos del universo. Esto es incompatible con el postulado básico de la relatividad especial de que la velocidad de la luz es la velocidad máxima



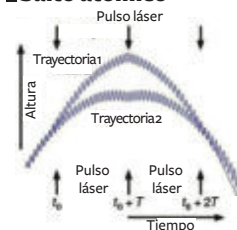
Holger Müller, / UC BERKELEY

de propagación de las interacciones y, además, esa velocidad no depende del sistema de referencia que se considere, siempre que no haya aceleraciones involucradas. Por ello, Einstein se puso a la tarea de construir una teoría

relativista de la gravitación. Ya en 1907, es decir, desde que concibió el principio de equivalencia, Einstein se dio cuenta de que su idea implicaba que los campos gravitatorios también deberían afectar a la luz. Después de todo, el propio Einstein fue la primera persona que entendió que la luz está compuesta de unos cuantos de energía, los fotones, y que la energía de cada cuanto es inversamente proporcional a la longitud de onda de la luz correspondiente. Cuanto más pequeña es la longitud de onda, más grande es la energía de los fotones asociados.

Ahora bien, dada la equivalencia de masa y energía, Einstein sabía que la fuente de la gravitación no podía ser sólo la masa, sino que tenía que ser la energía, toda forma de energía. Es sabido que un cohete necesita energía para salir de un campo gravitatorio. En el caso del cohete, esa

Salto atómico



Dos átomos, inicialmente en un cierto estado cuántico son separados en altura gracias a la acción de un láser para volverlos a juntar posteriormente para medir la diferencia de la longitud de onda asociada cuánticamente a cada uno de los dos. Esta diferencia es debida a los distintos efectos gravitatorios sobre los dos átomos.

Fuente: Nature. EL PAÍS

energía está proporcionada por los motores. Pues bien, lo mismo es cierto para los fotones. También los fotones pierden energía cuando salen de un campo gravitatorio; su energía al salir es más pequeña de la que tenían previamente, y dada la proporcionalidad inversa con la longitud de onda de la que hablábamos hace un momento, esto quiere decir que la longitud de onda ha aumentado, o sea, que la luz se ha corrido hacia el rojo (en el espectro del arco iris, el rojo tiene la longitud de onda más grande, y el azul violeta la más pequeña).

Los tres físicos de los que hablábamos al principio han sido capaces de detectar la diferencia de longitud de onda debido a una separación en altura de dos átomos de una décima de milímetro, lo que origina una pequeña diferencia de atracción gravitatoria. Müller ha dicho que si fueran capaces de separar los dos átomos un metro, serían capaces de detectar ondas gravitatorias (que es una de las más importantes predicciones de la relatividad general todavía sin verificar).

Una vez más, la precisión alcanzada en el experimento es asombrosa: cualquier hipotética desviación de la teoría de Einstein en este aspecto ha de ser más pequeña que una parte en cien millones. El avance en los experimentos de precisión es sumamente importante para tener una idea de qué sorpresas puede depararnos la gravitación en un futuro más o menos próximo.

Enrique Álvarez es catedrático de Física Teórica en la Universidad Autónoma de Madrid y en el Instituto de Física Teórica UAM/CSIC.