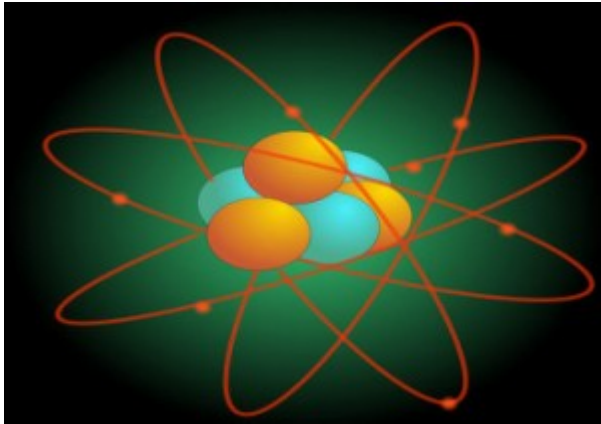


Los átomos de tipo bosón y los de tipo fermión pueden mezclarse



Eneko Malatsetxebarria, doctor en física por la Universidad del País Vasco (UPV/EHU), en España, ha investigado a nivel teórico algunos efectos cuánticos que se dan en átomos a muy baja temperatura.

Por un lado, ha descubierto que los átomos de tipo bosón y los de tipo fermión pueden mezclarse de determinada manera y ha deducido cómo influirían los fermiones en los bosones en ese caso.

Los experimentos que se llevan a cabo con los átomos fríos son muy importantes para entender la física cuántica. De hecho, dan opción de observar directamente los efectos cuánticos, señala la UPV.

Precisamente por eso, a los átomos fríos se les denomina simuladores cuánticos. Según Malatsetxebarria, “es una herramienta muy poderosa para entender el comportamiento de la materia condensada. No es como antes, que los efectos cuánticos eran algo que sucedía en una caja negra; ahora somos capaces de manipular los átomos casi como queremos, y observar los efectos cuánticos”.

En cualquier caso, los experimentos con átomos fríos son complicados. Hay que enfriar átomos de gas alcalinos hasta cerca del cero absoluto ($-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$), y para ello se necesitan equipamientos y técnicas muy complejas que dispongan de láser

y trampas magnéticas. Y eso resulta muy costoso. “En todo el mundo habrá como máximo 30 laboratorios que hacen esos experimentos al más alto nivel”, añade el investigador.

Es por eso que en este campo resulta de vital importancia hacer investigaciones teóricas. Sirviéndose de las herramientas teóricas de la física cuántica, se pueden investigar campos que van más allá de los obstáculos técnicos de los experimentos, y así entender los efectos especiales que surgen de la interacción de los átomos. Este ha sido el campo de trabajo de Malatsetxebarria, y de Miguel Angel Cazalilla, director de su tesis. Han estado en relación con grupos experimentales de Alemania y Japón, y basándose en trabajos de esos investigadores, han hecho propuestas para nuevos experimentos.

En primer lugar han determinado en qué condiciones pueden mezclarse los átomos bosónicos y los fermiónicos. Se puede decir que cuando se tienen en cuenta los efectos cuánticos las partículas elementales son de dos tipos: bosones y fermiones. Al estar los átomos compuestos de esas partículas, en combinaciones distintas, serán también de uno u otro tipo, bosónicos o fermiónicos, y en consecuencia tendrán distinto comportamiento cuántico. Hasta ahora se han hecho muy pocos experimentos mezclando bosones y fermiones.

“A veces son como el agua y el aceite, y no se mezclan; otras veces, la fuerza de atracción es demasiado grande, y el sistema se colapsa”, señala Malatsetxebarria. En un artículo, publicado en *Physical Review*, demostró en qué condiciones se pueden mezclar.

En el sistema que analizó en dicha publicación, los bosones se encuentran en una única dimensión, como una fila de canicas; mientras que los fermiones lo hacen en tres dimensiones, a modo de nube. La elección de esa geometría no es aleatoria. Al pasar de una a tres dimensiones, la interacción entre los átomos es cualitativamente distinta también a nivel cuántico,

razón por la que también los grupos experimentales han reconocido su importancia al investigar dichos sistemas.

El siguiente paso fue investigar el efecto que pudieran tener los fermiones sobre los bosones. Si representamos los bosones que se encuentran en una única dimensión a modo de canicas dentro de una nube, pueden suceder dos cosas. En un caso, las canicas no podrán moverse. Como mucho vibrarán un poco, golpearán a la que se encuentra al lado, y continuarán en el mismo lugar. Es el estado aislante. “Es lo que sucede con la electricidad: si los electrones se mueven, tienes corriente; si no se pueden mover, tienes un aislante. Aquí tenemos lo mismo, pero con átomos”, señala Malatsetxebarria.

Pero también puede suceder algo que va contra la intuición: “es posible que los átomos salten; entonces surge una especie de fluido. En ese estado, no tenemos átomos sueltos unos al lado de otros, sino una masa que fluye. A ese estado le denominamos superfluidez”, añade.

Puede haber esos dos estados en una única dimensión. Y experimentalmente, ajustando los láser, también se puede pasar de un estado a otro. Los investigadores de la UPV/EHU han analizado precisamente esa fase de transición. “Queríamos saber si al añadir fermiones la fase del límite iba hacia un lado o hacia el otro”, explica Malatsetxebarria.

Hasta ahora se ha utilizado el método de la teoría del campo medio para analizar estos sistemas; pero los investigadores de la UPV/EHU vieron que no era suficiente para conseguir resultados fiables.

Según Malatsetxebarria, “por ejemplo, en dos artículos que investigaban el efecto de los fermiones sobre los bosones, utilizando ese método obtuvieron resultados opuestos”. “Nosotros utilizamos otra técnica, más compleja, con mucha base matemática: la teoría de los grupos de renormalización. Y observamos que el efecto principal de los fermiones era que

aumentaban el estado superfluido”.

Es lo que sucede cuando los fermiones se encuentran en tres dimensiones y los bosones en una. En opinión de Malatsetxebarria, sucedería algo similar al screening o apantallamiento de los electrones en los sólidos. “En estado sólido, es posible que haya un electrón entre los núcleos de los átomos. Al ser los electrones de carga negativa y los núcleos de positiva, los electrones debilitan la interacción entre ambos núcleos. Aquí sucede algo parecido, tenemos interacción entre bosones, y la nube de fermiones la debilita; luego aumenta la fluidez”. señala.

Fuente: [noticiasdelaciencia](#)