



## **Generando estados correlacionados de Bell de muchos cuerpos en redes ópticas**

**Investigadores del ICFO, la Universidad de Varsovia y el Instituto de Física de la Academia de Ciencias de Polonia muestran como generar estados correlacionados de Bell de muchos cuerpos utilizando gases cuánticos ultra fríos en redes ópticas.**

January 02, 2023

---

Las correlaciones cuánticas son un aspecto fundamental de la mecánica cuántica. Son las correlaciones en los resultados de las mediciones realizadas en dos o más partículas de un sistema cuántico, que pueden exhibir comportamientos extraños y contraintuitivos, no presentes en los sistemas clásicos.

El fenómeno del entrelazamiento es un ejemplo claro de correlaciones cuánticas. El entrelazamiento describe la correlación entre dos o más partículas, una propiedad que la física clásica no puede explicar. Por ejemplo, si dos partículas están entrelazadas, el resultado de medir el estado de una partícula puede usarse para predecir el estado de la otra,

incluso si las partículas están separadas por grandes distancias. Las correlaciones de campana son otro ejemplo, y se refieren a las correlaciones entre los resultados de las mediciones realizadas en dos o más partículas, que ninguna teoría local de variables ocultas puede explicar. Estas correlaciones se utilizan a menudo para demostrar la naturaleza no clásica de la mecánica cuántica y las limitaciones de las teorías clásicas.

Las correlaciones cuánticas son un elemento clave en el desarrollo de las tecnologías cuánticas, que aprovechan las propiedades únicas de los sistemas cuánticos para realizar tareas que no son posibles con las tecnologías clásicas, como por ejemplo la teletransportación cuántica, la criptografía cuántica y la computación cuántica. Hay sin embargo algunas preguntas abiertas en la ciencia de la información cuántica, como por ejemplo la generación de estados correlacionados de Bell de muchos cuerpos, especialmente los implementados durante el procedimiento del protocolo llamado One-Axis Twisting (OAT).

En un estudio internacional publicado en *Physical Review Letters*, los investigadores del ICFO el Dr. Marcin Płodzien - también miembro de NAWA Bekker 2020 - y el Prof. ICREA Maciej Lewenstein, en colaboración con el Prof. Jan Chwedenczuk de la Universidad de Varsovia y la Prof. Emilia Witkowska del Instituto de Física de la Academia de Ciencias de Polonia, han demostrado que los estados de muchos cuerpos cuánticos correlacionados masivamente podrían generarse a través de bosones ultra fríos, en experimentos de redes ópticas, utilizando el protocolo de torsión de un eje (OAT), conocido por generar estados de espín comprimido.

### **Estados de espín comprimidos**

Mientras que el entrelazamiento muestra cuán correlacionadas pueden estar las partículas, la compresión de espín es un fenómeno que ocurre en un sistema de partículas con un estado cuántico compartido, como un grupo de átomos o iones. Se trata de disminuir al máximo la incertidumbre en la medida de una de las variables observables, o  $1/2$  espín  $1/2$ , a expensas de aumentar la incertidumbre en la medida de las demás variables involucradas. Uno de los métodos más conocidos para generar estados entrelazados comprimidos es el protocolo de torsión de un eje (OAT por las siglas en inglés). Se puede implementar utilizando varios sistemas ultra fríos que interactúan a través de colisiones o interacciones átomo-luz. Hasta ahora, se entendía que crea estados entrelazados de muchos cuerpos y correlaciones de Bell de dos cuerpos. Pero en su trabajo, los investigadores han demostrado que la torsión de un eje también es un recurso viable para poderosas correlaciones de Bell de muchos cuerpos. En el artículo el equipo presenta un estudio analítico sistemático de la creación de estados correlacionados con Bell de muchos cuerpos, durante la dinámica de torsión de un eje en sistemas bosónicos de dos componentes. También proporcionan el momento crítico en el que surgen estas correlaciones de Bell de muchos cuerpos, junto con una fórmula simple pero poderosa

ara caracterizar la profundidad de las correlaciones de Bell y el entrelazamiento. Estos hallazgos se aplican luego para clasificar la generación de correlaciones de Bell de muchos cuerpos en sistemas de bosones de dos componentes cargados en una red óptica unidimensional. Los resultados obtenidos en este estudio muestran que tales correlaciones se pueden crear con la tecnología actual. Esto es muy importante desde el punto de vista de las posibles aplicaciones, ya que se sabe que las correlaciones de Bell aumentan la precisión de los sensores cuánticos o mejoran la seguridad de los protocolos de criptografía cuántica. Los aspectos fundamentales de la creación de estos estados no-clásicos de muchos cuerpos son relevantes, especialmente sobre en el contexto del reciente premio Nobel, que fue otorgado por los estudios pioneros de tales fenómenos.