

Fases ergódicas y no-ergódicas en sistemas cuánticos de muchos cuerpos

Objetivo del proyecto

El proyecto persigue el estudio de fases ergódicas y no-ergódicas en sistemas cuánticos de muchos cuerpos, a través del análisis de propiedades espectrales y estructurales de los estados del sistema, y mediante simulaciones dinámicas. Los tres objetivos fundamentales son los siguientes.

-Caracterización de caos cuántico en sistemas de bosones con interacción: Diagrama de fases del sistema y estudio de observables que puedan medirse experimentalmente.

-Resolver el papel de la (in)distinguidad de los bosones en la aparición de la fase ergódica: Efectos cuánticos de interferencia de muchas partículas.

-Análisis de la fase ergódica en modelos efectivos de grafos aleatorios, que simulan la estructura de un espacio de Fock de muchas partículas.

Participantes del proyecto

Universidad de Salamanca, www.usal.es

Quantum Optics and Statistics, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Germany. <https://quantum.uni-freiburg.de/>

SCAYLE, Supercomputación Castilla y León, www.scayle.es

numéricamente - de manera exacta - el espectro y los estados cuánticos estacionarios en espacios de Hilbert con dimensiones hasta 2.6×10^6 , y de simular la dinámica de estados fuera del equilibrio en espacios de Hilbert con tamaños del orden de 10^9 .

Periodo de ejecución

2021 a 2025.

Financiación del proyecto

Programa Estatal de I+D+i Orientado a los Retos de la Sociedad. Modalidad de proyectos de «Generación de Conocimiento» y «Retos Investigación», de la convocatoria 2020.

Ministerio de Ciencia e Innovación. Agencia Estatal de Investigación. MCIN/AEI (10.13039/501100011033).

Funciones de SCAYLE

El estudio de sistemas cuánticos de muchos cuerpos requiere de simulaciones numéricas muy exigentes, dado que el espacio de configuración de los sistemas considerados crece exponencialmente con el número de partículas. Las instalaciones de computación del alto rendimiento de SCAYLE, que soportan el uso de software de última generación y un cálculo masivo en paralelo, nos permiten calcular

Líder del proyecto

GRUPO DE SISTEMAS CUÁNTICOS,
Departamento de Física Fundamental,
Universidad de Salamanca. <https://diarium.usal.es/argon/>

El Grupo está dedicado al estudio de las propiedades fundamental de sistemas cuánticos, con objeto de establecer el conocimiento esencial que subyace al desarrollo de futuras tecnologías cuánticas. Mediante el uso de simulaciones numéricas de alto rendimiento y técnicas analíticas, investigamos cuestiones relacionadas con la complejidad de estados cuánticos, la aparición de caos cuántico, la dinámica en sistemas cuánticos de muchos cuerpos, procesos de interferencia de muchas partículas, y el diseño de plataformas de computación cuántica.



Referencia PID2020-114830GB-I00

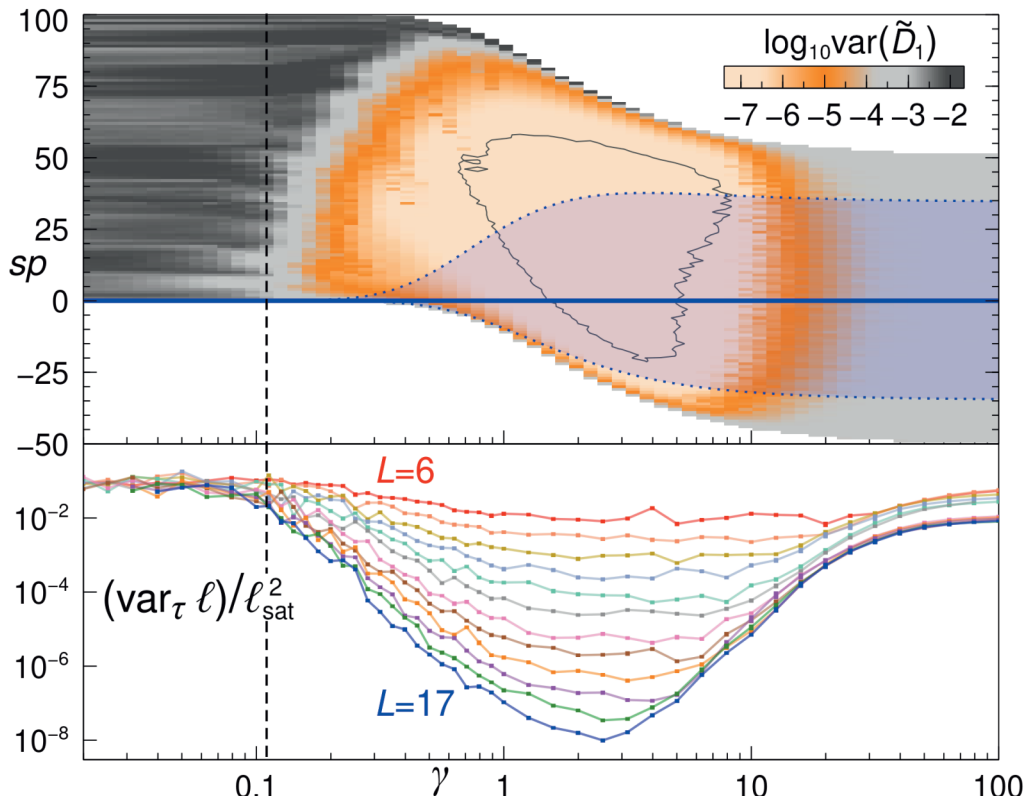
Justificación del proyecto

La complejidad de un sistemas cuántico de muchos cuerpos es el resultado de la interacción y los procesos de interferencia entre las partículas. La presencia de interacciones permite, en principio, la redistribución de energía en el sistema, y por tanto que el sistema alcance un equilibrio en el tiempo. En concreto, esto implicaría que un sistema cuántico de muchos cuerpos, aislado, con un número suficientemente grande de partículas siempre termalizaría como consecuencia de su propia evolución interna.

Recientemente, estudios experimentos han demostrado que la intuición arriba descrita es incorrecta: los sistemas interactuantes presenta con frecuencia fases no ergódicas. La importancia de comprender en profundidad esta fenomenología va más allá de una motivación puramente académica.

En el régimen no ergódico, la información de una configuración inicial del sistema permanece (y puede ser recuperada de manera eficiente) durante un periodo de tiempo largo (y experimentalmente relevante). De ahí el potencial de dichas fases para el almacenamiento y manipulación de información cuántica. En general, el diseño y control de la dinámica en sistemas cuánticos con interacciones es un pilar básico para el desarrollo de futuras tecnologías cuánticas.

En este proyecto abordamos la caracterización de no ergodicidad y caos (entendido como el mecanismo que posibilita un comportamiento ergódico) en sistemas cuánticos de muchos cuerpos, mediante técnica numéricas de vanguardia, que son aplicadas para obtener medidas espectrales y dinámicas, y para comprender en detalle la estructura de los autoestados de muchas partículas.



Comparativa entre la identificación de la fase caótica (panel superior) en un sistema Bose-Hubbard en función de la energía (eje vertical) y la intensidad de interacción (eje horizontal), utilizando propiedades espectrales, y las fluctuaciones temporales de un observable dinámico (panel inferior).