

Nuevo marco teorico para describir como ciertos sistemas cuanticos evitan el equilibrio

Investigadores establecen una descripcion teorica robusta de la localizacion de muchos cuerpos (MBL, por sus siglas en ingles), un fenomeno que impide que sistemas cuanticos de muchos cuerpos alcancen el equilibrio. Este avance permite comprender y demostrar la MBL en una gama mas amplia de sistemas cuanticos de muchos cuerpos.

November 18, 2024

Cuando muchas particulas cuanticas evolucionan en el tiempo, tipicamente terminan alcanzando un estado de equilibrio a traves de un proceso llamado termalizacion. Algo similar ocurre en muchos sistemas clasicos. Por ejemplo, si colocas un cubo de hielo en un termo con agua, el hielo se derrite y el estado final (de equilibrio) es simplemente agua mas fria que antes.

En la fisica clasica, los sistemas complejos eventualmente alcanzan el equilibrio (si esperas lo

suficiente, el hielo siempre se derrite). Sin embargo, ciertos sistemas cuanticos de muchos cuerpos desafian esta norma. Para ellos, la termalizacion no ocurre y el sistema permanece fuera del equilibrio. Este es el caso de una amplia clase de sistemas fuertemente desordenados, donde caracteristicas como las interacciones entre particulas o las energias individuales exhiben cierto grado de aleatoriedad. Este comportamiento se debe a la localizacion de muchos cuerpos (MBL), un mecanismo que preserva las condiciones iniciales del sistema a lo largo del tiempo.

Las integrales locales del movimiento (LIOMs, por sus siglas en ingles) constituyen un marco teorico utilizado de manera generalizada para estudiar la MBL. No obstante, un reciente articulo publicado en Physical Reviews Letters y liderado por la Uniwersytet Jagiellonski, con la colaboracion de los investigadores de ICFO, el **Dr. Piotr Sierant** y el **Prof. ICREA Maciej Lewenstein**, muestra que las LIOMs son insuficientes para describir el comportamiento de una amplia clase de sistemas, en particular aquellos con tipos mas complejos de desorden. Ellos proponen un nuevo marco teorico, el grupo de renormalizacion en espacio real para estados excitados (RSRG-X, por sus siglas en ingles), que puede explicar la MBL en una mayor cantidad de sistemas cuanticos de muchos cuerpos.

El equipo sabia que las LIOMs pueden capturar el comportamiento de la MBL cuando el desorden del sistema afecta propiedades individuales de las particulas (desorden localizado). Sin embargo, sospechaban que las LIOMs no podian describir sistemas donde la aleatoriedad influye en las interacciones entre particulas (desorden de enlace).

Para probar esta hipotesis, los investigadores aplicaron el RSRG-X a una cadena desordenada por enlaces de particulas con espin (es decir, particulas que se comportan como pequenos imanes). Los resultados mostraron que, efectivamente, **el RSRG-X proporciona una descripcion teorica de la MBL en estos sistemas, donde las LIOMs ni siquiera existen**. Su marco teorico revela nuevas caracteristicas de la MBL en sistemas cuanticos de muchos cuerpos, incluyendo unos niveles energeticos con separaciones anomalamente pequenas, la aparicion de estructuras de entrelazamiento no triviales y la presencia de cantidades observables que permiten la demostracion experimental del fenomeno. La descripcion obtenida resulto ser cualitativamente precisa y, de esta manera, los investigadores demostraron la validez del procedimiento.

i¿½Hemos proporcionado un marco aplicable a una gama mas amplia de sistemas y, gracias a ello, hemos mostrado que la fisica de la MBL es mas rica de lo que se pensabai¿½, explic el Dr. Piotr Sierant. Ademas, el enfoque novedoso tiene implicaciones que pueden ser prob das en experimentos, por ejemplo, con gases de atomos ultrafrios o qubits superconductores El Dr. Sierant anade: i¿½Los atomos de Rydberg son solo una plataforma, entre otras m chas, donde los sistemas que tenemos en mente se podrian realizar. Eso es muy conve iente porque, como teoricos, nos encantaria ver nuestro marco implementado en un escenar o del mundo re

Referencia:
Adith Sai Aramthottil, Piotr Sierant, Maciej Lewenstein, and Jakub Zakrzewski, Phys. Rev. Lett. 133, 196302.
DOI: https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.133.196302

Agradecimientos:
The work of A.S.A. has been realized within the Opus grant 2019/35/B/ST2/00034, financed by National Science Centre (Poland). P.S. acknowledges support from: ERC AdG NOQIA; MICIN/AEI (PGC2018-0910.13039/501100011033, CEX2019-000910-S/10.13039/501100011033, Plan National FIDEUA PID2019-106901GB-I00, FPI; MICIIN with funding from European Union NextGenerationEU (PRTR-C17.I1): QUANTERA MAQS PCI2019-111828-2); MCIN/AEI/10.13039/501100011033 and by the i¿½European Union NextGeneration EU/PRT " QUANTERA DYNAMITE PCI2022-132919 within the QuantERA II Programme that has receiv d funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme und r Grant Agreement No 101017733Proyectos de I+D+I i¿½Retos Colaboracioni¿½ USPIN RTC2019-007196-7); Fundacio Cellex; Fundacio Mir-Puig; Generalitat de Catalunya (Eu opean Social Fund FEDER and CERCA program, AGAUR Grant No. 2021 SGR 01452, Quan umCAT U16-011424, co-funded by ERDF Operational Program of Catalonia 2014-2020); Bar elona Supercomputing Center MareNostrum (FI-2024-1-0043); EU (PASQuanS2.1, 10111369); EU Horizon 2020 FET-OPEN OPTOlogic (Grant No 899794); EU Horizon Europe Program Grant Agreement 101080086- NeQST), ICFO Internal i¿½QuantumGaudii¿½ project European Union's Horizon 2020 research and innovation program under the Marie-Sk?odo ska-Curie grant agreement No 101029393 (STREDCH) and No 847648 (i¿½La Caixai¿½ unior Leaders fellowship ID100010434: LCF/BQ/PI19/11690013, LCF/BQ/PI20/11760031, LCF/BQ/ R20/11770012, LCF/BQ/PR21/11840013). E.P. is supported by i¿½Ayuda (PRE2021-098926 financiada por MCIN/AEI/ 10.13039/501100011033 y por el FSE+". The work of J.Z. w s funded by the National Science Centre, Poland, project 2021/03/Y/ST2/00186 within the QuantERA II Programme that has received funding from the European Union Horizon 2 20 research and innovation programme under Grant agreement No 101017733. A partia support by the Strategic Programme Excellence Initiative at Jagiellonian University is acknowledged.