



## **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 cuánticos de muchos cuerpos desafían esta norma. Para ellos, la termalización no ocurre y el sistema permanece fuera del equilibrio. Este es el caso de una amplia clase de sistemas fuertemente desordenados, donde características como las interacciones entre partículas o las energías individuales exhiben cierto grado de aleatoriedad. Este comportamiento se debe a la localización 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 inglés) constituyen un marco teórico utilizado de manera generalizada para estudiar la MBL. No obstante, un reciente artículo publicado en *Physical Reviews Letters* y liderado por la [Uniuersytet Jagiellonski](#), con la colaboración 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 más complejos de desorden. Ellos proponen un nuevo marco teórico, el grupo de renormalización en espacio real para estados excitados (RSRG-X, por sus siglas en inglés), que puede explicar la MBL en una mayor cantidad de sistemas cuánticos de muchos cuerpos.

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

Para probar esta hipótesis, los investigadores aplicaron el RSRG-X a una cadena desordenada por enlaces de partículas con espín (es decir, partículas que se comportan como pequeños imanes). Los resultados mostraron que, efectivamente, **el RSRG-X proporciona una descripción teórica de la MBL en estos sistemas, donde las LIOMs ni siquiera existen**. Su marco teórico revela nuevas características de la MBL en sistemas cuánticos de muchos cuerpos, incluyendo unos niveles energéticos con separaciones anormalmente pequeñas, la aparición de estructuras de entrelazamiento no triviales y la presencia de cantidades observables que permiten la demostración experimental del fenómeno. La descripción obtenida resultó ser cualitativamente precisa y, de esta manera, los investigadores demostraron la validez del procedimiento.

¡½Hemos proporcionado un marco aplicable a una gama más amplia de sistemas y, gracias a ello, hemos mostrado que la física de la MBL es más rica de lo que se pensaba¡½, explica el Dr. Piotr Sierant. Además, el enfoque novedoso tiene implicaciones que pueden ser probadas en experimentos, por ejemplo, con gases de átomos ultrafríos o qubits superconductores. El Dr. Sierant añade: ¡½Los átomos de Rydberg son solo una plataforma, entre otras muchas, donde los sistemas que tenemos en mente se podrían realizar. Eso es muy conveniente porque, como teóricos, nos encantaría ver nuestro marco implementado en un escenario del mundo real.

**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  $\frac{1}{2}$ European Union NextGeneration EU/PRT

" QUANTERA DYNAMITE PCI2022-132919 within the QuantERA II Programme that has received

funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under

Grant Agreement No 101017733 Proyectos de I+D+I  $\frac{1}{2}$  Retos Colaboracion  $\frac{1}{2}$

USPIN RTC2019-007196-7); Fundacio Cellex; Fundacio Mir-Puig; Generalitat de Catalunya (Eu

ropean 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

celona 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  $\frac{1}{2}$  QuantumGaudii  $\frac{1}{2}$  project

European Union's Horizon 2020 research and innovation program under the Marie-Skłodowska-Curie

grant agreement No 101029393 (STREDCH) and No 847648 ( $\frac{1}{2}$ La Caixa  $\frac{1}{2}$

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  $\frac{1}{2}$  Ayuda (PRE2021-098926

financiada por MCIN/AEI/ 10.13039/501100011033 y por el FSE+ ". The work of J.Z. w

as 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

020 research and innovation programme under Grant agreement No 101017733. A partial

support by the Strategic Programme Excellence Initiative at Jagiellonian University is acknowledged.