



Localización de muchos cuerpos: estado actual y cuestiones abiertas

Investigadores presentan un extenso informe sobre la localización de muchos cuerpos (MBL), un fenómeno que impide que los sistemas cuánticos de muchos cuerpos alcancen el equilibrio, centrándose en los principales resultados numéricos y en las preguntas aun sin respuesta.

January 22, 2025

Cuando muchas partículas cuánticas evolucionan en el tiempo, típicamente terminan llegando a un estado de equilibrio mediante un proceso llamado termalización. Algo similar ocurre en muchos sistemas clásicos. Por ejemplo, si colocas un cubito de hielo en un termo con agua, el hielo se derrite y el estado final (de equilibrio) es simplemente agua más fría que antes.

En física clásica, los sistemas complejos eventualmente alcanzan el equilibrio (si se espera 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 comportamiento se debe a la localización de muchos cuerpos (MBL,

por sus siglas en inglés), un mecanismo que conserva las condiciones iniciales del sistema a lo largo del tiempo.

Sin embargo, hay una pregunta central que sigue sin obtener una respuesta clara: ¿por qué bajo que condiciones ocurre la MBL? Buscando consolidar el conocimiento recabado durante décadas, los investigadores del ICFO, el [Dr. Piotr Sierant](#) y el [Prof. ICREA Maciej Lewenstein](#), junto con colaboradores del [Centro Internacional de Física Teórica Abdus Salam](#), el [Instituto Jozef Stefan](#), la [Universidad de Liubliana](#) y [Uniwersytet Jagiellonski](#), han presentado una perspectiva general sobre cuál es la comprensión actual entorno al fenómeno de la MBL. La revisión, publicada en *Reports on Progress in Physics*, se centra en resultados numéricos recientes y destaca que cuestiones críticas aún restan abiertas en este campo.

El artículo también ofrece una descripción histórica concisa, describe las características clave de la MBL, analiza los experimentos recientes y sus desafíos pendientes, y caracteriza cualitativamente los retos asociados con las interpretaciones de los datos numéricos, que hasta el día de hoy siguen sin ser concluyentes.

Los investigadores destacan que el principal obstáculo en los experimentos numéricos radica en el rápido aumento de la complejidad computacional a medida que se incrementa tanto el número de partículas como el tiempo de simulación deseado. Para emular con precisión un sistema MBL relevante, ambos parámetros deben ser lo suficientemente grandes, lo que normalmente eleva la dificultad del problema a niveles que están por encima de las capacidades incluso de los superordenadores más avanzados. Esta limitación subraya el potencial de los ordenadores cuánticos que, como sugieren los autores, "podrían abrir un capítulo completamente nuevo en los estudios de la MBL".

Referencia:

Piotr Sierant et al 2025 Rep. Prog. Phys. 88 026502
DOI 10.1088/1361-6633/ad9756

Agradecimientos:

P.S., L.V., J.Z. acknowledge the workshop "Dynamical Foundation of Many-Body Quantum Chaos" at Institut Pascal (Orsay, France) at which foundations for several Sections of this review were laid. P.S. and L.V. acknowledge the program "Stability of Quantum Matter in and out of Equilibrium at Various Scales" (code: ICTS/SQMVS2024/01) at International Centre for Theoretical Sciences (Bengaluru, India) at which many useful discussions about ergodicity breaking phenomena took place. P.S acknowledges the school "Quantum localization and Glassy physics" at Institut d'etudes scientifiques de Cargese (Corsica, France) at which many useful conversations about MBL occurred.

The work of A.S. is funded under the National Recovery and Resilience Plan (NRRP), Mission 4 Component 2 Investment 1.3 funded by the European Union NextGenerationEU. National

Quantum Science and Technology Institute (NQSTI), PE0000023, Concession Decree No. 1564 of 11.10.2022 adopted by the Italian Ministry of Research, CUP J97G22000390007. L.V. acknowledges support by the Slovenian Research and Innovation Agency (ARIS), Research core funding numbers P1-0044, N1-0273, J1-50005, and N1-0369. The research of J.Z. was funded by National Science Centre (Poland) under grant No. OPUS18 2019/35/B/ST2/00034 and the OPUS call within the WEAVE programme 2021/43/I/ST3/01142. Support by Poland's high-performance Infrastructure PLGrid (HPC Centers: ACK Cyfronet AGH) via providing computer facilities within computational Grant No. PLG/2023/016370 is acknowledged. The research has been also supported by a grant from the Priority Research Area (DigiWorld) under the Strategic Programme Excellence Initiative at Jagiellonian University (J.Z.). P.S. and M.L. acknowledge support from ERC AdG NOQIA; MCIN/AEI (PGC2018-0910.13039/501100011033, CEX2019-000910-S/10.13039/50110 0011033, Plan National FIDEUA PID2019-106901GB-I00, Plan National STAMEENA PID2022-139099NB-I00 project funded by MCIN/AEI/10.13039/501100011033 and by the European Union NextGenerationEU/PRTR (PRTR-C17.11), FPI); QUANTERA MAQS PCI2019-111828 2); QUANTERA DYNAMITE PCI2022-132919 (QuantERA II Programme co-funded by European Union's Horizon 2020 program under Grant Agreement No 101017733), Ministry of Economic Affairs and Digital Transformation of the Spanish Government through the QUANTUM NIA project call - Quantum Spain project, and by the European Union through the Recovery, Transformation, and Resilience Plan - NextGenerationEU within the framework of the Digital Spain 2026 Agenda; Fundacio Cellex; Fundacio Mir-Puig; Generalitat de Catalunya (European Social Fund FEDER and CERCA program, AGAUR Grant No. 2021 SGR 01452, Quantum CAT U16-011424, co-funded by ERDF Operational Program of Catalonia 2014-2020); Barcelona Supercomputing Center MareNostrum (FI-2024-1-0043); EU Quantum Flashship (PASQuanS2.1, 101113690); EU Horizon 2020 FET-OPEN OPTologic (Grant No 899794); EU Horizon Europe Program (Grant Agreement 101080086- NeQST), ICFO Internal QuantumGaudii project; European Union's Horizon 2020 program under the Marie Skłodowska-Curie grant agreement No 847648; La Caixa Junior Leaders fellowships, La Caixa Foundation (ID 100010434): CF/BQ/PR23/11980043.