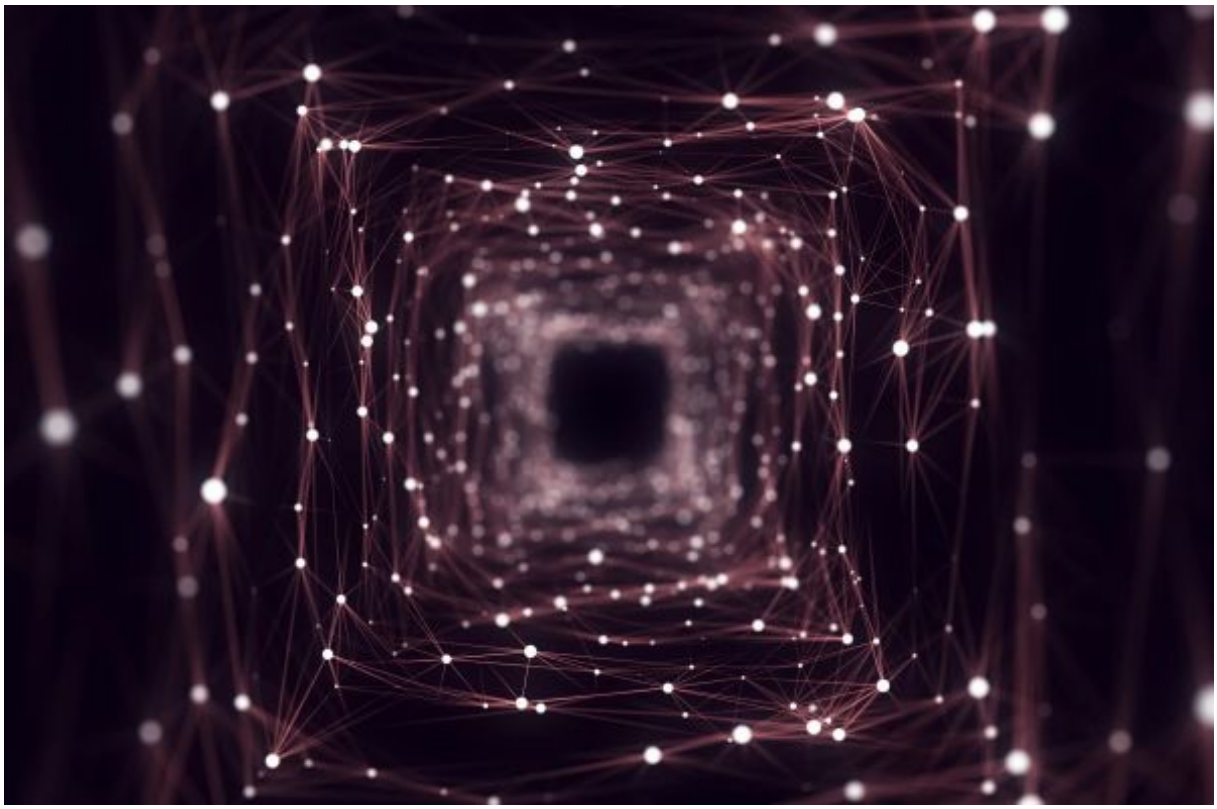

Localizacion de muchos cuerpos: estado actual y cuestiones abiertas

Investigadores presentan un extenso informe sobre la localizacion de muchos cuerpos (MBL), un fenomeno que impide que los sistemas cuanticos de muchos cuerpos alcancen el equilibrio, centrandose en los principales resultados numericos y en las preguntas aun sin respuesta.

January 22, 2025

Cuando muchas particulas cuanticas evolucionan en el tiempo, tipicamente terminan llegando a un estado de equilibrio mediante un proceso llamado termalizacion. Algo similar ocurre en muchos sistemas clasicos. 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 mas fria que antes.

En fisica clasica, los sistemas complejos eventualmente alcanzan el equilibrio (si se espera 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 comportamiento se debe a la localizacion de muchos cuerpos (MBL,

por sus siglas en ingles), 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 que bajo que condiciones ocurre la MBL? Buscando consolidar el conocimiento recabado durant decadas, los investigadores del ICFO, el**Dr. Piotr Sierant** y el **Prof. ICREA Maciej Lewenstein**, junto con colaboradores del Centro Internacional de Fisica Teorica Abdus Salam, el Instituto Jozef Stefan, la Universidad de Liubliana y Uniwersytet Jagiellonski, han presentado una perspectiva general sobre cual es la comprension actual entorno al fenomeno de la MBL. La revision, publicada en Reports on Progress in Physics, se centra en resultados numericos recientes y destaca que cuestiones criticas aun restan abiertas en este campo.

El articulo tambien ofrece una descripcion historica concisa, describe las caracteristicas clave de la MBL, analiza los experimentos recientes y sus desafios pendientes, y caracteriza cualitativamente los retos asociados con las interpretaciones de los datos numericos, que hasta el dia de hoy siguen sin ser concluyentes.

Los investigadores destacan que el principal obstaculo en los experimentos numericos radica en el rapido aumento de la complejidad computacional a medida que se incrementa tanto el numero de particulas como el tiempo de simulacion deseado. Para emular con precision un sistema MBL relevante, ambos parametros deben ser lo suficientemente grandes, lo que normalmente eleva la dificultad del problema a niveles que estan por encima de las capacidades incluso de los superordenadores mas avanzados. Esta limitacion subraya el potencial de los ordenadores cuanticos que, como sugieren los autores, "podrian abrir un capitulo 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 Institute 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), PE00000023, 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 i¿½European Uni n NextGenerationEU/PRTRi¿½ (PRTR-C17.I1), FPI); QUANTERA MAQS PCI2019-111828 2); QUANTERA DYNAMITE PCI2022-132919 (QuantERA II Programme co-funded by Euro ean Union's Horizon 2020 program under Grant Agreement No 101017733), Ministry of Econ mic Affairs and Digital Transformation of the Spanish Government through the QUANTUM NIA project call - Quantum Spain project, and by the European Union through the Recov ry, Transformation, and Resilience Plan - NextGenerationEU within the framework of the Dig tal Spain 2026 Agenda; Fundacio Cellex; Fundacio Mir-Puig; Generalitat de Catalunya (Euro ean Social Fund FEDER and CERCA program, AGAUR Grant No. 2021 SGR 01452, Quantu CAT U16-011424, co-funded by ERDF Operational Program of Catalonia 2014-2020); Barc lona Supercomputing Center MareNostrum (FI-2024-1-0043); EU Quantum Fla ship (PASQuanS2.1, 101113690); EU Horizon 2020 FET-OPEN OPTOlogic (Grant No 899794 ; EU Horizon Europe Program (Grant Agreement 101080086- NeQST), ICFO Int rnal i¿½QuantumGaudii¿½ project; European Union's Horizon 2020 program under he Marie Sk?odowska-Curie grant agreement No 847648; i¿½La Caixai¿½ Junior Leaders fellowships, i¿½La Caixai¿½ Foundation (ID 100010434): CF/BQ/PR23/11980043.