



Localització de molts cossos: estat actual i qüestions obertes

Investigadors presenten un extens informe sobre la localització de molts cossos (MBL), un fenomen que impedeix que els sistemes quàntics de molts cossos assoleixin l'equilibri, centrant-se en els principals resultats numèrics i en les preguntes encara sense resposta.

January 22, 2025

Quan moltes partícules quàntiques evolucionen en el temps, típicament acaben arribant a un estat d'equilibri mitjançant un procés anomenat termalització. Un procés semblant ocorre en molts sistemes clàssics. Per exemple, si col·loques un glaco de gel en un termo amb aigua, el gel es fon i l'estat final (d'equilibri) és simplement aigua més freda que abans.

En física clàssica, els sistemes complexos eventualment arriben a l'equilibri (si s'espera un temps suficient, el gel sempre s'acaba fonent). Tanmateix, certs sistemes quàntics de molt cossos desafien aquesta norma. Per a ells, la termalització no es produeix i el sistema roman fora de l'equilibri. Aquest comportament es deu a la localització de molts cossos (MBL, per les sigles en anglès), un mecanisme que conserva les condicions inicials del sistema al llarg

del temps

No obstant, hi ha una pregunta central que segueix sense obtenir una resposta clara: per què i sota quines condicions ocorre la MBL? Buscant consolidar el coneixement acumulat durant dècades, els investigadors de l'ICFO, el **Dr. Piotr Sierant** i el **Prof. ICREA Maciej Lewenstein**, juntament amb col·laboradors del [Centre Internacional de Física Teòrica Abdus Salam](#), [l'Institut Jozef Stefan](#), la [Universitat de Ljubljana](#) i [Uniwersytet Jagiellonski](#), han presentat una perspectiva general sobre quina és la comprensió actual entorn el fenomen de la MBL. La revisió, publicada a *Reports on Progress in Physics*, se centra en resultats numèrics recents i destaca quines qüestions crítiques encara resten obertes en aquest camp.

L'article també ofereix una descripció històrica concisa, descriu les característiques clau de la MBL, analitza els experiments recents i els seus desafiaments pendents, i caracteritza qualitativament els reptes associats amb les interpretacions de les dades numèriques, que fins avui segueixen sense ser concloents.

Els investigadors destaquen que el principal obstacle en els experiments numèrics rau en el ràpid augment de la complexitat computacional a mesura que s'incrementa tant el nombre de partícules com el temps de simulació desitjat. Per emular amb precisió un sistema MB rellevant, ambdós paràmetres han de ser prou grans, cosa que normalment eleva la dificultat del problema a nivells que estan per sobre de les capacitats fins i tot dels superordinadors més avançats. Aquesta limitació subratlla el potencial dels ordinadors quàntics que, com suggereixen els autors, "podrien obrir un capítol completament nou en els estudis de la MBL".

Referència:

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

Agraiments:

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 Cargèse (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 Flagship (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.