

Nou marc teoric per descriure com certs sistemes quantics eviten l?equilibri

Investigadors estableixen una descripcio teorica robusta de la localitzacio de molts cossos (MBL, per les seves sigles en angles), un fenomen que impedeix que sistemes quantics de molts cossos arribin a l'equilibri. Aquest avanc permet comprendre i demostrar la MBL en una gamma mes amplia de sistemes quantics de molts cossos.

November 18, 2024

Quan moltes particules quantiques evolucionen al llarg del temps, tipicament acaben assolint un estat d'equilibri mitjancant un proces anomenat termalitzacio. Un fenomen similar te lloc en molts sistemes classics. Per exemple, si poses un glaco dins un termo amb aigua, el glaco es fon i l'estat final (d'equilibri) es simplement aigua mes freda que abans.
En fisica classica, els sistemes complexos eventualment arriben a l'equilibri (si esperes prou temps, el glaco sempre es fon). Tanmateix, certs sistemes quantics de molts cossos desafien

aquesta norma. Per a ells, la termalitzacio no es produeix i el sistema es mante fora d'equilibri. Aquest es el cas d'una amplia classe de sistemes fortament desordenats, on caracteristiques com les interaccions entre particules o les energies individuals mostren un cert grau d'aleatorietat. Aquest comportament es deu a la localitzacio de molts cossos (MBL), un mecanisme que preserva les condicions inicials del sistema al llarg del temps.
Les integrals locals del moviment (LIOMs, per les seves sigles en angles) constitueixen un marc teoric ampliament utilitzat per estudiar la MBL. No obstant aixo, un article recent publicat a Physical Reviews Letters i liderat per la Uniwersytet Jagiellonski, amb la col·laboracio dels investigadors de l'ICFO, el **Dr. Piotr Sierant** i el **Prof. ICREA Maciej Lewenstein**, mostra que les LIOMs son insuficients per descriure el comportament d'una amplia classe de sistemes, en particular aquells amb tipus mes complexos de desordre. Ells proposen un nou marc teoric, el grup de renormalitzacio en espai real per a estats excitats (RSRG-X, per les seves sigles en angles), que pot explicar la MBL en un major nombre de sistemes quantics de molts cossos.
L'equip sabia que les LIOMs poden capturar el comportament de la MBL quan el desordre del sistema afecta propietats individuals de les particules (desordre localitzat). Tanmateix, sospitaven que les LIOMs no podien descriure sistemes on l'aleatorietat influeix en les interaccions entre particules (desordre d'enllac).
Per provar aquesta hipotesi, els investigadors van aplicar el RSRG-X a una cadena desordenada per enllacos de particules amb espin (es a dir, particules que es comporten com petits imants). Els resultats van mostrar que, efectivament, **el RSRG-X proporciona una descripcio teorica de la MBL en aquests sistemes, on les LIOMs ni tan sols existeixen**. El seu marc teoric revela noves caracteristiques de la MBL en sistemes quantics de molts cossos, incloent-hi uns nivells energetics amb separacions anomalament petites, l'aparicio d'estructures d'entrellacament no trivials i la presencia de quantitats observables que permeten la demostracio experimental del fenomen. La descripcio obtinguda va resultar qualitativament precisa i, d'aquesta manera, els investigadors van demostrar la validesa del procediment.
i¿½Hem proporcionat un marc aplicable a una gamma mes amplia de sistemes i, gracies a aixo, hem mostrat que la fisica de la MBL es mes rica del que es pensavai¿½, explica el Dr. Piotr Sierant. A mes, l'enfocament innovador te implicacions que poden ser provade en experiments, per exemple, amb gasos d'atoms ultrafreds o qubits superconductors. El Dr. Sierant afegeix: i¿½Els atoms de Rydberg son nomes una plataforma, entre moltes altr s, on els sistemes que tenim en ment es podrien realitzar. Aixo es molt convenient perque, com a teorics, ens encantaria veure el nostre marc implementat en un escenari del mon 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

Agraiments:
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.