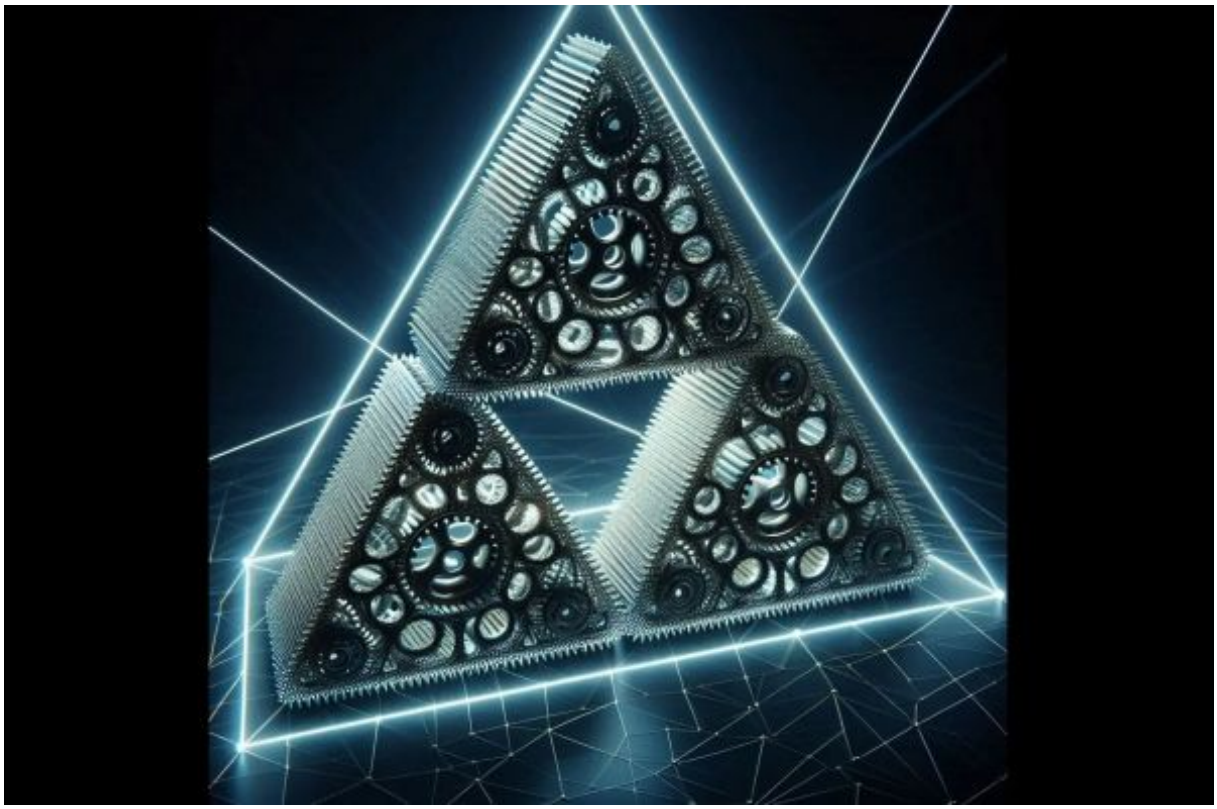


Presenten com els simuladors quantics poden explorar fenomens que altrament serien inaccessibles

Un Col·loqui a Reviews of Modern Physics ofereix una introduccio al camp de la simulacio quantica de geometries exotiques sense un equivalent en el mon real. La revisio destaca les oportunitats uniques que ofereixen diverses plataformes i analitza els nous fenomens fisics que es poden abordar amb elles.

March 31, 2025

Molts problemes importants en la fisica, especialment en ambits com la fisica de baixes temperatures i la fisica de molts cossos, romanen poc compresos a causa de la immensa complexitat de la mecanica quantica subjacent. Per afrontar aquests desafiaments, els cientifics recorren a la simulacio quantica, una tecnica que permet manipular i observar el comportament d'un sistema quantic ben controlat al laboratori per tal d'estudiar sistemes quantics que d'una altra manera serien inaccessibles.

La simulacio quantica va neixer amb l'objectiu d'abordar sistemes d'interes en el mon real,

com ara materials electronics, superconductors i molecules complexes. Tanmateix, els fisics aviat es van adonar que els simuladors quantics podien anar mes enlla de la mera imitacio de sistemes existents. Aixo va obrir una nova linia de recerca: utilitzar simuladors quantics per explorar sistemes sense equivalent en el mon real. Conceptes que podrien semblar extrets de la ciencia-ficcio, com la materia quantica sintetica, espais de dimensions superiors que condueixen a una "realitat quantica augmentada" o forats negres analogics, es van convertir en objecte d'estudi cientific.

Recentment, un equip d'investigadors liderat per en Tobias Grass del Donostia International Physics Center a San Sebastian, amb la participacio del **Prof. ICREA del ICFO Maciej Lewenstein**, aixi com investigadors d'ETH Zurich, Universite de Lyon i TU Dortmund University, ha publicat un Col·loqui a Reviews of Modern Physics, on presenten una visio integral d'aquests simuladors quantics exotics. En aquest treball, abasten diverses plataformes, en particular aquelles basades en atoms, electrons i fotons, destacant-ne tant les fortaleses com les limitacions. L'article tambe analitza com aquestes plataformes poden permetre als cientifics investigar fenomens en una amplia gamma de camps, des de la fisica de la materia condensada fins a la cosmologia.

Segons els autors, una possibilitat fascinant es l'us de simuladors quantics per crear materia quantica sintetica amb geometries exotiques que condueixen a fenomens de localitzacio. En aquest escenari, la funcio d'ona d'una particula o grup de particules, que normalment s'estendria en una area espacial amplia, es localitza a causa de la propia geometria, que indueix el confinament. Aquesta materia quantica sintetica tambe pot albergar fases topologiques, estats exotics de la materia definits per patrons d'entrellacament en lloc de la disposicio i mobilitat atomica, essent doncs un sistema ideal per a estudiar detalladament mitjancant simuladors quantics. Aquests simuladors tambe poden utilitzar-se per explorar models cosmologics que involucren espais-temps corbats i fins i tot per simular la fisica dels forats negres, com l'efecte Unruh i la radiacio de Hawking. Aquests fenomens son increiblement debils i dificils d'observar amb tecniques astronomiques, pero els simuladors quantics podrien fer-los detectables al laboratori.

De cara al futur, els investigadors assenyalen: i¿½Ateses les dificultats per simular aques
s sistemes de manera classica, els simuladors quantics poden desenvolupar tot el s
u potencial, obrint la porta a qüestions fonamentals de la fisica quantica de molts cossos.
La nostra revisio mostra que s'han establert les bases per a futures exploracions del
on interactuant de fractals, quasicristalls, espais corbats i de dimensions superiorsi

Referencia:

Tobias Grass, Dario Bercioux, Utso Bhattacharya, Maciej Lewenstein, Hai Son Nguyen, and Christof Weitenberg, Colloquium: Synthetic quantum matter in nonstandard geometries, Rev. Mod. Phys. 97, 011001 (2025).

DOI: https://doi.org/10.1103/RevModPhys.97.011001

Caption:
La figura mostra la concepcio artistica d'una geometria fractal coneguda com a junta de Sierpinski. Aquesta geometria fractal sorgeix a traves d'una construccio autosimilar de triangles cada cop mes petits. Tal com s'analitza en el Col·loqui, els simuladors quantic moderns poden generar sinteticament aquest tipus d'estructures i explorar la interacci entre la mecanica quantica i geometries exotiques, donant lloc a caracteristique innovadores com la localitzacio no estandard i propietats topologiques. Creat amb Microsof AI image generator, per en Tobias Grass

Agraiments:
T. G. and D. B. acknowledge fruitful discussions with Geza Giedke. D. B. acknowledges the support of the Spanish MICINN-AEI through Project No. PID2020-120614GB-I00 (ENACT), the Transnational Common Laboratory Quantum ChemPhys, and the Department of Education of the Basque Government through Project No. PIBA_2023_1_0007 (STRAINER). T. G. and D. B. acknowledge the financial support received from the IKUR Strategy under the collaboration agreement between the Ikerbasque Foundation and DIPC on behalf of the Department of Education of the Basque Government, and by the Gipuzkoa Provincial Council within Project No. QUAN-000021-01. T. G. acknowledges funding from the Department of Education of the Basque Government through Project No. PIBA_2023_1_0021 (TENINT) and from the Agencia Estatal de Investigacion (AEI) through Proyectos de Generacion de Conocimiento No. PID2022-142308NA-I00 (EXQUSMI). This work has been produced with the support of a 2023 Leonardo Grant for Researchers in Physics from the BBVA Foundation. H. S. N. is funded by the French National Research Agency (ANR) under the project README (Project No. ANR-22-CE09-0036-01). The work of C.W. is funded by the Cluster of Excellence i¿½CU : Advanced Imaging of Matteri¿½ of the Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)-EXC 056 -Project No. 390715994 and the European Research Council (ERC) under the Euro ean Union's Horizon 2020 research and innovation program under Grant Agreement No. 802 01. U. B. is also grateful for the financial support of the IBM Quantum Researcher Program. M L. acknowledges ERC AdG NOQIA; MCIN/AEI [PGC2018-0910.13039/501100011 33, CEX2019-000910-S/10.13039/501100011033, Plan National FIDEUA PID2019-106901GB- 00, and the Plan National STAMEENA PID2022-139099NB-I00 project funde by MCIN/AEI/10.13039/501100011033 and by the i¿½European Union NextGenerationEU/PRTRi¿½ (PRTR-C17.I1), FPI]; QuantERA MAQS (G ant No. PCI2019-111828-2); QuantERA DYNAMITE (Grant No. PCI2022-132919; Qua tERA II Programme, cofunded by the European Union's Horizon 2020 program und r Grant Agreement No. 101017733), the Ministry of Economic Affairs and Digital Transformatio of the Spanish Government through the QUANTUM ENIA project call-Quantum Spain proj

ct, and the European Union through the Recovery, Transformation, and Re
ilience Plan-NextGenerationEU within the framework of the Digital Spain 2026 Agenda; undacio Cellex; Fundacio Mir-Puig; Generalitat de Catalunya (European Social Fund FEDER a d CERCA program, AGAUR Grant No. 2021 SGR 01452, and QuantumCAT Grant No. U16 011424, cofunded by the ERDF Operational Program of Catalonia 2014-2020); B rcelona Supercomputing Center MareNostrum (FI-2023-1-0013);EUQuantumFlagship (PASQ anS2.1, 101113690);EU Horizon 2020 FET-OPEN OPTOlogic (Grant No. 899794); EU Horizo Europe Program (Grant Agreement No. 101080086-NeQST); the ICFO Internal i¿½Quant mGaudii¿½ project; the European Union's Horizon 2020 program under the Marie Sk?o owska-Curie Grant Agreement No. 847648; and i¿½La Caixa,i¿½ Junior Leaders fellowships, i¿½La Caixa,i¿½ Foundation (ID No. 100010434): CF/BQ/PR23/11980043.