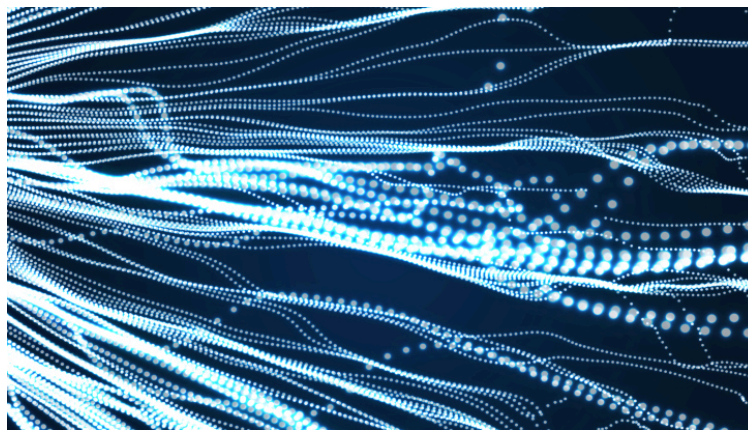


Divulga UAB

Revista de difusió de la recerca de la
Universitat Autònoma de Barcelona

02/12/2025

Nou mètode eficient per simular teories fonamentals de la física de partícules



Un treball teòric del grup d'òptica, línia quàntica i atòmica, del Departament de Física habilita la simulació eficient de les teories de gauge, responsables de les interaccions entre les partícules fonamentals, mitjançant ordinadors quàntics.

istcok/StudioM1

La física de partícules, així com molts fenòmens rellevants de la matèria condensada, es descriu amb les anomenades teories de gauge, caracteritzades per la presència de simetries locals no abelianes. Algunes d'aquestes teories, com la cromodinàmica quàntica —la teoria de les interaccions fortes que explica l'existència i les propietats dels hadrons com els protons i els neutrons— són fortament acoblades i s'han d'estudiar numèricament mitjançant la *lattice gauge theory*, un enfocament on l'espai-temps es descriu mitjançant una xarxa de valors discrets i emprant, per exemple, el mètode Montecarlo (una eina matemàtica utilitzada àmpliament per resoldre problemes complexos). No obstant això, aquesta eina presenta algunes limitacions, com l'anomenat problema del signe i l'autocorrelació.

Amb el desenvolupament de les tecnologies quàntiques, investigadors d'arreu del món estan plantejant fer servir ordinadors quàntics i algorismes d'inspiració quàntica per complementar el Monte Carlo i poder aclarir el mecanisme de confinament dels quarks, els constituents dels protons i dels neutrons, i de les col·lisions entre hadrons, que produeixen l'anomenat plasma de quarks i gluons.

Tot i els primers resultats prometedors en models en una dimensió espacial, la presència de simetries locals no abelianes ha estat fins ara un obstacle formidable, fins i tot per plantejar l'estudi de models en dues i tres dimensions espacials, com la cromodinàmica, amb ordinadors i mètodes quàntics. Encara que ja existeixen aproximacions que permeten superar aquestes dificultats en determinats règims, per poder connectar les simulacions realitzades a la xarxa amb el món real, que és continu, és essencial disposar de mètodes que funcionin en tot l'espectre de valors de la constant d'acoblament.

El nostre treball presenta un mètode que permet superar aquest obstacle i simular les teories de la física d'altres energies en tots els règims d'acoblament. La proposta es basa, d'una banda, en la reformulació de la teoria de gauge directament en termes dels estats invariants sota la simetria local i, d'altra banda, en una representació òptima d'aquests estats que minimitza els recursos computacionals necessaris per a la simulació.

La proposta ha estat aplicada amb èxit a una teoria de gauge no abeliana coneguda com a teoria de gauge $SU(2)$. Els resultats numèrics mostren que, amb un nombre molt reduït de recursos, com els disponibles en els ordinadors quàntics actuals, és possible obtenir informació física rellevant amb una gran precisió.

El nostre treball teòric, elaborat pels investigadors Pierpaolo Fontana i Marc Miranda Ríaza sota la supervisió d'Alessio Celi, ha estat recentment reconegut amb la seva publicació a *Physical Review X*, una revista científica multidisciplinària amb revisió per parells que recull estudis d'alt impacte, perquè habilita l'estudi dels hadrons amb ordinadors quàntics.

Alessio Celi

Departament de Física
Universitat Autònoma de Barcelona

Referències

Pierpaolo Fontana, Marc Miranda-Ríaza and Alessio Celi. **Efficient Finite-Resource Formulation of Non-Abelian Lattice Gauge Theories beyond One Dimension** *Phys. Rev. X* 15, 031065 – Published 9 September, 2025 DOI: <https://doi.org/10.1103/k9p6-c649>

[View low-bandwidth version](#)