

Układy Silnie Skorelowane w ujęciu Kwantowych Sieci Tensorowych.

Pozostajemy wszyscy pod silnym wrażeniem zademonstrowanej niedawno wyższości algorytmu kwantowego nad najpotężniejszymi komputerami klasycznymi. Paradoksalnie to wyzwanie uświadamia jednak jak jeszcze daleko jest obecna technologia od zapowiadanej uniwersalnej informatyki kwantowej, która miałaby między innymi zrewolucjonizować obliczenia kwantowo mechaniczne. Istnieje jednak klasa trudnych problemów, których rozwiązanie nie wymaga komputerów kwantowych, ponieważ - przy umiarkowanym kwantowym splątaniu ograniczonym przez tzw. prawo powierzchniowe - w zasadzie mogą być one rozwiązane przy pomocy sieci tensorowych na dobrze nam znanych i solidnych komputerach klasycznych. Należą do nich silnie skorelowane dwuwymiarowe układy fazy skondensowanej, takie jak słynny model Hubbarda nadprzewodnictwa wysokotemperaturowego. Niektóre z tych materiałów posiadają uporządkowane topologicznie stany podstawowe, których wzbudzenia to aniony, czyli kwazicząstki niebędące ani bozonami ani fermionami. Aniony mogłyby posłużyć do fizycznej implementacji obliczeń kwantowych w sposób niemal całkowicie odporny na zakłócenia. Identyfikacja materiałów o tych własnościach jest wysoce nietrywialna ze względu na nielokalny charakter uporządkowania topologicznego, a jest to ta sama nielokalność, która ma chronić informację kwantową przed zniszczeniem.

Podczas gdy społeczność kwantowych sieci tensorowych była zajęta głównie uzyskiwaniem coraz dokładniejszego opisu stanów podstawowych coraz bardziej wymagających układów silnie skorelowanych, my - zachęceni ich sukcesami - zaproponowaliśmy algorytm służący obliczaniu stanów termicznych tychże układów, któ-

ry staje się nieodzownym narzędziem, gdy chodzi o faktyczne porównania z eksperymentem. Jest on wolny od fermionowego problemu znaku, który nagminnie trapi tradycyjne metody takie jak kwantowe Monte Carlo. Po pomyślnym zaliczeniu testów na realistycznych modelach, nasze podejście dojrzało do zastosowań w opisie rzeczywistych materiałów topologicznych, silnie sfrustrowanych magnetyków, czy hipotetycznych modeli nadprzewodnictwa wysokotemperaturowego, czyli zjawiska o ogromnych potencjalnych zastosowaniach, które jednak ciągle pozostaje słabo zrozumiane od strony teoretycznej. Dojrzało na tyle byśmy dalej mogli postępować ręką w rękę z eksperymentatorami.

Dzięki swojej odporności na lokalne zakłócenia, nieabelowe stany topologiczne (gdzie zamiana dwu kwazicząstek nie tylko zmienia fazę funkcji falowej ale także tożsamość samych kwazicząstek) mogą służyć jako fizyczna podstawa informatyki kwantowej odpornej na błędy. Z tego powodu poświęca się im mnóstwo uwagi w teorii kwantowej informacji. Zainspirowały one również intensywne poszukiwania materiałów topologicznych, wśród których najbardziej obiecujące wydają się obecnie ruteniany. Kwantowe sieci tensorowe mogą zostać użyte do wyznaczenia stanów podstawowych tych materiałów, ale - ze względu na ich nielokalność - stwierdzenie czy dany stan podstawowy reprezentowany przez sieć tensorową jest topologiczny pozostaje nietrywialnym zadaniem. Dlatego zamierzamy poszukiwać nowych, coraz bardziej efektywnych algorytmów służących do tego celu. Posłużą one do wyselekcjonowania idealnych materiałów na doskonałe komputery kwantowe.