

Przechwytywanie korelacji kwantowych z polarytonów

Rozejrzyj się po pokoju, w którym się znajdujesz: ile widzisz urządzeń elektronicznych? Z pewnością nie jest trudno je znaleźć. Być może nawet te słowa czytasz na takim urządzeniu. Niezależnie od marki, rozmiaru i przeznaczenia, jedno je łączy. W każdym z nich znajduje się tak zwany mikroczip bądź procesor, który umożliwia ich działanie. W radiu procesor przekształca informację odebraną przez antenę w wibracje głośnika, co sprawia, że możemy słuchać wiadomości lub piosenek. W aparacie cyfrowym mikroczip przekształca światło odebrane przez czujnik w zero-jedynkowe serie, które następnie informują piksele, jakie kolory wyświetlić. Współcześnie używane procesory zbudowane są z małych elektronicznych przełączników zwanych tranzystorami, które przekształcają zera w jedynki i na odwrót. W miarę jak buduje się coraz mniejsze urządzenia elektroniczne z coraz większą mocą obliczeniową, rozmiar tranzystorów maleje. Już wkrótce jednak dotrzemy do punktu, gdy tranzystory będą składały się jedynie z jednego atomu. Wówczas nie będziemy już w stanie bardziej ich zmniejszyć.

Ograniczenie wynikające z atomowych tranzystorów nie oznacza wcale ograniczenia mocy obliczeniowej, którą może uzyskać urządzenie. Oznacza ono jednak, że musimy zmienić sposób, w jaki myślimy o komputerach. We wczesnych latach osiemdziesiątych dwudziestego wieku, laureat Nagrody Nobla Richard Feynman zasugerował, że aby odzwierciedlić nasz świat z coraz większą dokładnością, potrzebowalibyśmy komputera kwantowego, czyli komputera, który korzysta z praw mechaniki kwantowej dla przetwarzania danych. Łatwo powiedzieć! Jednak po niemalże czterdziestu latach badań jesteśmy świadkami postępów w realizacji marzeń o komputerze kwantowym: oddział badawczy Google'a w 2019 a w 2020 roku grupa chińskich naukowców niezależnie od siebie pokazali, że ich procesory, odpowiednio Sycamore i Jiuzhang, osiągnęły tak zwaną supremację kwantową. To znaczy, że te procesory kwantowe były w stanie zrealizować zadanie, które najlepszemu klasycznemu komputerowi, czyli takiemu, który bazuje na współcześnie używanych technologiach, zajęłoby aż dwa i pół biliona lat, to znaczy jedną piątą wieku wszechświata.

Jiuzhang jest obecnie najbardziej zaawansowanym procesorem kwantowym. Składa się z 76 kubitów, czyli bitów kwantowych, które są jednostkami informacji kwantowej. Używa światła dla kodowania i przekazywania danych. Promienie światła jednak nie oddziałują na siebie, ale interferują i dlatego też manipulacja światłem wymaga skomplikowanych ustawień optycznych. Stanie się to problemem, w miarę jak liczba kubitów będzie rosła. Rozwiązaniem może być zastąpienie nośników informacji kwantowej i użycie polarytonów zamiast fotonów (cząstek, z których składa się światło). Można powiedzieć, że polarytony to oddziałujące fotony, ponieważ powstają w wyniku połączenia fotonu z naładowaną cząstką i mogą być manipulowane siłami elektrostatycznymi. Polarytony wykazują i utrzymują zachowanie kwantowe i dlatego też warto zbadać ich potencjał dla obliczeń kwantowych. Projekt badawczy CAMEL stawia sobie za cel systematyczne zbadanie stanów kwantowych, w których mogą znajdować się polarytony, zgłębienie zjawisk kwantowych wykazywanych przez nie, a także mechanizmów, przez które można zapisywać na polarytonach informację kwantową i wreszcie odpowiedź na pytanie, na ile polarytony sprawdzają się jako budulec następnej generacji komputerów kwantowych.

Sześć kroków pozwoli osiągnąć cel projektu CAMEL. Pierwszy polega na analizie stanów kwantowych, w które wchodzi polarytony. Będzie on możliwy za sprawą symulacji scenariuszy, w jakich próbka polarytonów absorbuje światło emitowane przez obiekt kwantowy. Na skutek tego pobudzenia polarytony będą emitowały światło o pewnej strukturze; zachowanie światła będzie zależało od ich koloru. W drugim kroku kompleksowo opisujemy więc strukturę światła emitowanego przez polarytony. Następnie, w trzecim kroku projektu CAMEL, ustalimy mechanizmy służące zakodowaniu informacji kwantowej na polarytonie oraz określimy, jak najlepiej to zrobić. Czwarty krok będzie służył ocenie, na ile polarytony mogą przekazywać informację kwantową. Transmisja informacji kwantowej zachodzi, gdy polarytony poruszają się między miejscem, gdzie informacja jest zakodowana a miejscem, gdzie zostaje odebrana. Należy więc użyć uogólnionego równania Schrödingera, które pozwoli na odpowiednie opisanie podróży grupy kilku polarytonów niosących informację kwantową. Piąty krok polegać będzie na znalezieniu mechanizmów, przez które kwantowy stan polarytonów może być modyfikowany bez zniszczenia zakodowanej na nich informacji. Szósty krok wreszcie to uspołnienie wyników oraz ocena możliwości wykonywania operacji kwantowych przez polarytony i ich zastosowania jako platformy dla komputerów kwantowych.

CAMEL dostarczy istotnych wyników dla fizyki kwantowej, które następnie będą mogły być wykorzystane dla rozwoju technologii kwantowych. Uogólnione równanie Schrödingera będzie miało zastosowanie w całej fizyce kwantowej, opisując każdy rodzaj oddziałującej cząsteczki poruszającej się w środowisku, w którym energia może się rozpraszać. Ponadto, owocem projektu będzie wykaz zawierający informacje na temat: stanów kwantowych, w których znajdują się polarytony, właściwości światła emitowanego przez polarytony i mechanizmów służących do zapisu, transmisji oraz manipulacji informacją kwantową za sprawą polarytonów.