

Bezbłędny test Bella

29 sierpnia 2015

Na Uniwersytecie w Delft przeprowadzono najbardziej rygorystyczny test splątania kwantowego. Może być on ostatecznym gwoździem do trumny modeli alternatywnych wobec standardowej mechaniki kwantowej, złą wiadomością dla hakerów przyszłości oraz dowodem, że Einstein się mylił. To historyczny moment – stwierdził Nicolas Gisin, fizyk kwantowy z Uniwersytetu w Genewie, który nie brał udziału w badaniach swoich holenderskich kolegów.

Jak pamiętamy, zgodnie z zasadami mechaniki kwantowej obiekt może znajdować się jednocześnie w różnych stanach. Może być np. jednocześnie w dwóch miejscach czy przyjmować jednocześnie różne wartości spinu. Co więcej, obiekty mogą być ze sobą powiązane – splątane – w ten sposób, że zmiana stanu jednego z nich skutkuje natychmiastową zmianą wszystkich z nim powiązanych. Ta właściwość niezwykle niepokoiła Einsteina. Nazwał on splątanie kwantowe „upiornym działaniem na odległość”.

Tym, co tak bardzo nie podobało się Einsteinowi była szybkość zmian zachodzących pomiędzy splątanymi obiektami. Zachodzą one bowiem natychmiast, a to oznacza, że naruszona zostaje zasada, iż nic nie może poruszać się szybciej niż prędkość światła. Tymczasem to, co powoduje tak szybką zmianę może poruszać się szybciej od światła. Einstein, by poradzić sobie ze splątaniem kwantowym, zaproponował teorię zmiennych ukrytych. Zakłada ona, że istnieją przyczyny powstawania zjawisk fizycznych, których nie można opisać za pomocą mechaniki kwantowej.

W latach 60. ubiegłego wieku irlandzki fizyk John Bell zaproponował eksperyment, który pozwoli na rozstrzygnięcie sporu pomiędzy teorią zmiennych ukrytych a splątaniem.

Pierwszy eksperyment Bella przeprowadził w 1981 roku zespół

Alaina Aspecta z francuskiego Instytutu Optyki w Palaiseau. Od tamtej pory przeprowadzono wiele podobnych eksperymentów, których wyniki zawsze wspierały istnienie splątania kwantowego. Wszystkie te eksperymenty posiadały jednak poważne niedociągnięcia, pozostawiając pole do interpretacji, których nie można było całkowicie odrzucić. W eksperymentach z użyciem splątanych fotonów istniał błąd detekcji. Polegał on na tym, że nie wszystkie fotony użyte w eksperymencie udało się wykrywać. Część z nich była tracona, więc eksperymentatorzy mogli tylko zakładać, że uzyskane wyniki są reprezentatywne dla całego zestawu. Z błędem detekcji próbowano sobie poradzić zastępując fotony łatwiejszymi do śledzenia atomami. Problem jednak w tym, że jest bardzo trudno odsunąć od siebie splątane atomy bez niszczenia stanu splątanego. W ten sposób powstaje błąd komunikacji, gdyż jeśli splątane atomy znajdują się zbyt blisko, można argumentować, że czynnik, który zmienił stan jednego z nich wpłynął bezpośrednio na zmianę atomów z nim splątanych. Nie ma tu zatem mowy o przekroczeniu prędkości światła.

Przed dwoma dniami w arXiv pojawił się artykuł opublikowany przez grupę pracującą pod kierunkiem Ronalda Hansona z Uniwersytetu w Delft. Artykuł nie został jeszcze poddany krytycznej ocenie innych naukowców, ale już wywołał spore poruszenie. Holendrzy informują bowiem o przeprowadzeniu pierwszego eksperymentu Bella, w którym poradzono sobie zarówno z błędem detekcji jak i komunikacji.

Uczeni z Delft wykorzystali technikę wymiany splątania, dzięki której mogli użyć zarówno światła, jak i materii. Swoją pracę rozpoczęli od dwóch niesplątanych elektronów w atomach diamentów znajdujących się w różnych laboratoriach na uniwersyteckim kampusie. Laboratoria dzieli 1300 metrów. Każdy z elektronów został splątany z fotonem, następnie fotony wysłano do trzeciej, wspólnej lokalizacji. Tam zostały splątane, co splątało również odpowiadające im elektrony. W ciągu 9 dni udało się splątać w ten sposób 245 par elektronów.

W ten sposób przekroczono określony przez Bella limit, poza którym istnienie splątania uznaje się za udowodnione. Jako, że badano łatwe do wykrycia elektrony, wyeliminowano błąd detekcji, a ponieważ były one oddalone od siebie na znaczną odległość, nie ma też mowy o błędzie komunikacji.

„To genialny, piękny eksperyment” – chwali kolegów Anton Zeilinger, fizyk kwantowy z Uniwersytetu Wiedeńskiego. „Nie zdziwię się, gdy za kilka lat któryś z autorów eksperymentu otrzyma Nagrodę Nobla. To niezwykle ekscytujące” – mówi Matthew Laifer, fizyk z kanadyjskiego Perimeter Institute. Laifer dodaje, że test Bella pozbawiony zwyczajowych błędów to niezwykle ważna informacja dla kwantowej kryptografii. Tylko bowiem w teorii podsłuchanie kwantowej komunikacji nie jest możliwe. Istnienie błędów, przede wszystkim błędu detekcji, powoduje, że wysoko zaawansowane techniki pozwalają na podsłuchanie takich danych. Teraz spełniony zostaje postulat Artura Ekerta, który w 1981 roku stwierdził, że zintegrowanie testu Bella z kwantową kryptografią daje pewność, iż komunikacja nie zostanie podsłuchana. Pod warunkiem jednak, że będzie to test pozbawiony błędów. W praktyce jednak wykorzystanie wymiany splątania będzie bardzo trudne. Przypomnijmy, że w ciągu 9 dni uzyskano 245 par elektronów. Tymczasem do praktycznej kwantowej komunikacji konieczne jest przetwarzanie kluczy szyfrujących z prędkością tysięcy kubitów na minutę.

Istnieje jeszcze jedna, właściwie filozoficzna, dziura w teście Bella. Otóż sam Bell stwierdził, że ukryte zmienne mogą tak manipulować osobami prowadzącymi eksperyment, że wybiorą one do pomiarów te, a nie inne cechy, przez co dojdą do fałszywego wniosku, iż teoria kwantowa jest prawdziwa. „Być może istnieje jakiś rodzaj superdeterminizmu, zgodnie z którym już podczas Wielkiego Wybuchu został wybrany sposób przeprowadzenia eksperymentu. Takiego założenia nigdy nie będziemy mogli obalić, więc sądzę, że nie powinniśmy zbytnio się tym przejmować” – mówi Leifer.

Autorstwo: Mariusz Błoński

Na podstawie: Nature.com

Źródło: KopalniaWiedzy.pl