Asystent Dziekana d/s promocji Wydziału Fizyki UW: press.contact@fuw.edu.pl

Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

Pasteura 5, 02-093 Warszawa tel. +48 22 5532935 fax +48 22 5532999 email: dziekfiz@fuw.edu.pl WWW: www.fuw.edu.pl

Warszawa, 1 marca 2017

Kwantowe splątanie pomiędzy bilionem atomów a pojedynczym fotonem

Słynny paradoks Einsteina-Podolskiego-Rosena powraca po ponad 80 latach w nowej odsłonie. Naukowcy z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego wytworzyli wielowymiarowy stan splątany pomiędzy zbiorem atomów a pojedynczą cząstką światła – fotonem. Co więcej, wytworzone w laboratorium splątanie udało się przechować przez rekordowy czas kilku mikrosekund. Wyniki badań opublikowano w prestiżowym czasopiśmie fizycznym Optica.

W swojej słynnej pracy w Physical Review z 1935 r., A. Einstein, B. Podolsky i N. Rosen rozważali rozpad cząstki na dwie części, np. produkty promieniotwórczego rozpadu jądra atomowego. W tym eksperymencie myślowym kierunki lotu produktów rozpadu, a właściwie ich pędy, okazywały się być zawsze dokładnie przeciwne. Z punktu widzenia fizyki klasycznej nie byłoby w tym nic dziwnego, lecz stosując zasady powstałej w latach 1920. teorii kwantowej, Einstein i współpracownicy szybko doszli do paradoksu. Paradoks ten opiera się o tzw. zasadę nieoznaczoności Heisenberga, która zabrania zmierzenia jednocześnie położenia i pędu cząstki z nieograniczoną dokładnością. W eksperymencie myślowym Einsteina możemy jednak zmierzyć pęd jednej cząstki, poznając tym samym dokładnie przeciwny pęd drugiej z cząstek. Kiedy zmierzymy położenie tej drugiej cząstki, poznamy jednocześnie, a zarazem bardzo precyzyjnie, jej położenie i pęd, łamiąc tym samym zasadę nieoznaczoności Heisenberga.

Dziś wiemy jednak, że powyżej opisany eksperyment wcale nie jest, jak kiedyś sądzono, paradoksalny. Błędem Einsteina i współpracowników było stosowanie zasady nieoznaczoności do układu dwóch cząstek. Kiedy potraktować dwie cząstki jako całość, okazuje się, że zasada nieoznaczoności w swojej pierwotnej formie przestaje obowiązywać, w szczególności dla pary cząstek znajdujących się w stanie splątanym.

W Laboratorium Pamięci Kwantowych (Wydział Fizyki UW) po raz pierwszy udało się wytworzyć takie właśnie splątanie pomiędzy obiektem makroskopowym – grupą ok. biliona gorących atomów rubidu umieszczonych w szklanym cylindrze o długości 10 cm i średnicy 2.5 cm, a elementarną cząstką światła – pojedynczym fotonem. „W wyniku oddziaływania atomów z wiązką lasera dochodzi do rozproszenia pojedynczych fotonów, które rejestrujemy na czułej kamerze. Zarejestrowany foton dostarcza nam informacji o stanie biliona atomów w komórce. Atomy te możemy przechować, a następnie odtworzyć ich stan w dogodnym dla nas momencie” – podkreśla jeden z autorów artykułu, doktorant Michał Dąbrowski.

Wyniki eksperymentu potwierdzają, że atomy i pojedynczy foton są wspólnie w stanie splątanym. Rejestrując położenie i pęd fotonu na kamerze, zyskujemy tym samym informację o stanie atomów, bez wykonywania na nich jakichkolwiek pomiarów. W celu pomiaru stanu atomów,

oświetlamy je ponownie światłem lasera. W wyniku tego procesu emitowany jest kolejny foton, którego właściwości możemy mierzyć w laboratorium. „W naszym eksperymencie demonstrujemy pozorny paradoks w wersji, w jakiej został oryginalnie opisany w pracy Einsteina i współpracowników z 1935 roku. Dodajemy jednak etap, w którym foton przechowywany jest w atomowej pamięci kwantowej. Atomy przechowują foton pod postacią tzw. fali spinowej, czyli fali obejmującej wszystkie bilion atomów w komórce - taki stan jest niezwykle odporny na utratę pojedynczych atomów" – mówi doktorant Michał Parniak, również biorący udział w badaniach.

Eksperyment przeprowadzony przez grupę z Uniwersytetu Warszawskiego jest wyjątkowy pod jeszcze jednym względem. Stworzona dzięki grantom "PRELUDIUM" Narodowego Centrum Nauki oraz "Diamentowy Grant" MNiSW pamięć kwantowa pozwala przechowywać do 12 fotonów w postaci fal spinowych jednocześnie. Tak znaczna pojemność pamięci stwarza szansę na zastosowanie w dziedzinie kwantowego przetwarzania informacji. „Wielowymiarowe splątanie, którym dysponujemy jest przechowywane w naszym układzie przez kilka mikrosekund. Jest to ponad tysiąc razy dłużej niż dotychczas raportowane w literaturze czasy, a tym samym wystarczająco długo, aby mieć możliwość dokonywania manipulacji na atomach podczas procesu przechowywania" – tłumaczy dr hab. Wojciech Wasilewski, kierownik Laboratorium Pamięci Kwantowych.

Przestrzenno-pędowy stopień splątania, zademonstrowany w prestiżowym czasopiśmie *Optica*, może być z powodzeniem połączony z czasowym lub polaryzacyjnym stopniem swobody, umożliwiając generację tzw. hiper-splątania. Przeprowadzone badania mogą posłużyć do testowania podstaw mechaniki kwantowej – teorii, która już niejednokrotnie stawiała naukowcom kłopotliwe pytania, prowadzące niezmiennie do trwającego wciąż postępu technologicznego.

Fizyka i astronomia na Uniwersytecie Warszawskim pojawiły się w 1816 roku w ramach ówczesnego Wydziału Filozofii. W roku 1825 powstało Obserwatorium Astronomiczne. Obecnie w skład Wydziału Fizyki UW wchodzą Instytuty: Fizyki Doświadczalnej, Fizyki Teoretycznej, Geofizyki, Katedra Metod Matematycznych oraz Obserwatorium Astronomiczne. Badania pokrywają niemal wszystkie dziedziny współczesnej fizyki, w skalach od kwantowej do kosmologicznej. Kadra naukowo-dydaktyczna Wydziału składa się z ok. 200 nauczycieli akademickich, wśród których jest 88 pracowników z tytułem profesora. Na Wydziale Fizyki UW studiuje ok. 1000 studentów i ponad 170 doktorantów.

PUBLIKACJE NAUKOWE:

"Einstein-Podolsky-Rosen paradox in a hybrid bipartite system"
M. Dąbrowski, M. Parniak, W. Wasilewski
Optica **4**, 272-275 (2017); DOI: 10.1364/OPTICA.4.000272

KONTAKT:

dr hab. **Wojciech Wasilewski**
Instytut Fizyki Doświadczalnej Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego
tel. +48 22 5532630
email: wojciech.wasilewski@fuw.edu.pl

mgr **Michał Dąbrowski**
Instytut Fizyki Doświadczalnej Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego
tel. +48 22 5532629
email: michal.dabrowski@fuw.edu.pl

POWIĄZANE STRONY WWW:

http://www.fuw.edu.pl/
Strona Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego.

http://psi.fuw.edu.pl/
Strona Laboratorium Pamięci Kwantowych Instytutu Fizyki Doświadczalnej Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego.

http://www.fuw.edu.pl/informacje-prasowe.html
Serwis prasowy Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego.

MATERIAŁY GRAFICZNE:

FUW170301b_fot01s.jpg **HR:** http://www.fuw.edu.pl/press/images/2017/FUW170301b_fot01.jpg
Wizualizacja generacji splątania pomiędzy pojedynczym fotonem (niebieski) a wzbudzeniem atomowym wewnątrz szklanej komórki z pamięcią kwantową, potwierdzonej następnie w procesie detekcji kolejnego fotonu (czerwony). Przedstawiony układ pozwala na demonstrację oryginalnej wersji paradoksu Einsteina, Podolskiego i Rosena z wykorzystaniem położeń i pędów. (Źródło: FUW, Michał Dąbrowski)

FUW170301b_fot02s.jpg **HR:** http://www.fuw.edu.pl/press/images/2017/FUW170301b_fot02.jpg
Od prawej: Michał Parniak świecący zielonym laserem na szklaną komórkę z pamięcią kwantową, trzymaną przez Wojciecha Wasilewskiego. Michał Dąbrowski dokonuje jednoczesnego pomiaru położenia i pędu generowanych w pamięci fotonów. (Źródło: FUW, Mateusz Mazelanik)