

Nobel za kwantowe manipulacje

Tegoroczną Nagrodą Nobla z fizyki podzielili się Serge Haroche i David J. Wineland za *przełomowe metody doświadczalne umożliwiające mierzenie pojedynczych układów kwantowych oraz manipulowanie nimi*.

Osiągnięcia świeżo upieczonych noblistów rzeczywiście robią wrażenie, ale wybór laureatów, jak zwykle, jest trochę kontrowersyjny. Zajmują się oni dziedziną, która niezwykle intensywnie rozwija się w ciągu ostatnich 20–30 lat. Na szczęście, to nie my musimy podejmować decyzje, kogo uhonorować, a kogo pominąć. Co więcej, u bukmacherów najwyżej obstawiano Petera Higgsa i spółkę, ale, jak widać, odkrycie nowej cząstki będzie musiało poczekać na noblowskie laury co najmniej rok.

W krótkich wywiadach telefonicznych sami nobliści zwrócili uwagę na to, że są przedstawicielami dużo większej grupy badaczy, dokonujących przełomowych odkryć w uprawianej przez nich dziedzinie (Wineland), oraz że traktują tę nagrodę jako uhonorowanie całych zespołów z nimi współpracujących (Haroche). Laureaci przyjaźnią się, na dodatek obaj urodzili się w 1944 roku.

W swoich badaniach zajmują się wzajemnym wpływem pojedynczych atomów (jonów) i pojedynczych fotonów. Są jednak przedstawicielami komplementarnych nurtów. Wineland więzi pojedyncze jony, aby je badać i wpływać na nie za pomocą fotonów, natomiast Haroche więzi pojedyncze fotony, a bada je za pomocą pojedynczych, specjalnie spreparowanych atomów. Wydaje się również, że trochę inną mają pierwotną motywację. Wineland dąży do otrzymania jak najdokładniejszego zegara atomowego, a Haroche bardziej interesuje się samym procesem dekoherencji kwantowej. Są to jednak tylko niuanse, bo obydwaj prowadzą badania jak najbardziej podstawowe.

Jednym z kluczowych osiągnięć grupy Winelanda było wykazanie możliwości przekazania splątania stanów wibracyjnych (tzw. zewnętrznych) jonu w pułapce na splątanie stanów wzbudzenia (tzw. wewnętrznych) i *vice versa*. Operacje te są dokonywane przy użyciu odpowiednio dobranej sekwencji odpowiednio dostrojonych pulsów laserowych. Pozwala to, między innymi, na przekazanie splątania wewnętrznych stanów wzbudzenia

jednego jonu na wewnętrzne stany wzbudzenia drugiego poprzez sprzężenie stanów wibracyjnych. A ponieważ każdy stan splątany można traktować jako zapis informacji kwantowej (qubit), więc prowadzi to do budowy prostych komputerów kwantowych. Nie wiadomo, czy jony w pułapkach pozwolą na zbudowanie (w dającej się przewidzieć przyszłości) komputerów kwantowych o znaczeniu praktycznym, jest to jednak skuteczna droga do najbardziej precyzyjnych zegarów. Udało się polepszyć ich dokładność o dwa rzędy wielkości (głównie dzięki przejściu z zakresu mikrofalowego do optycznego). Pozwoliło to np. na stwierdzenie efektów relatywistycznych związanych z ruchem z prędkościami rzędu metrów na sekundę czy też ze zmianą wysokości (czyli natężenia pola grawitacyjnego) zaledwie o kilkadziesiąt centymetrów!

Z kolei grupa Haroche'a nie poprzestała na uwięzieniu pojedynczych mikrofalowych fotonów we wnęce utworzonej z nadprzewodzących ultrazimnych sferycznych luster. Kluczowym pomysłem było manipulowanie stanem fotonów poprzez przerzucanie przez wnękę nanoskopijnych „frisbee”, którymi są bardzo mocno wzbudzone tzw. rydbergowskie atomy, np. z główną liczbą kwantową elektronu walencyjnego atomu rubidu $n = 50$, poboczną $l = 49$ (maksymalny moment pędu) oraz magnetyczną $|m| = 49$ (maksymalny rzut momentu pędu). Atomy te mają rozmiary dwa rzędy wielkości większe niż atomy niewzbudzone. Przechodząc przez wnękę, wprowadzają istniejący tam foton w stan splątania kwantowego. Kolejny atom może posłużyć do odczytania informacji. Badając korelacje między stanami pierwszego i drugiego atomu, uzyskano unikalne wyniki dotyczące procesu dekoherencji kwantowej.

Oba podejścia do manipulacji pojedynczymi stanami kwantowymi są często (również przez samych noblistów) porównywane do słynnego myślowego eksperymentu z kotem Schrödingera.

Badane układy nie są jeszcze wielkości kotów, ale stanowią istotny krok w kierunku mezoskopowych splątanych układów kwantowych, które mogą mieć bardzo konkretne praktyczne zastosowania. Alfred Nobel byłby zadowolony.

Piotr ZALEWSKI

Turniej Młodych Fizyków

Rozpoczął się Turniej Młodych Fizyków 2013. Zawody dla uczniów szkół ponadgimnazjalnych, o charakterze komplementarnym wobec Olimpiady Fizycznej. W Turnieju uczestniczą pięcioosobowe drużyny. Najlepsi mają szansę wyjazdu na Turniej Międzynarodowy, który odbędzie się latem w Tajpej na Tajwanie. Szczegółowe informacje o Turnieju Młodych Fizyków są dostępne na stronie internetowej <http://tmf.org.pl>. Ewentualne zapytania można kierować pod adresem tmf@ifpan.edu.pl.

Przykładowe problemy do opracowania (termin nadsyłania prac – 25 stycznia 2013 r.):

Elastyczna przestrzeń. Oddziaływania między ciężkimi kulami umieszczonymi na naprężonej, poziomej membranie są często stosowane dla zilustrowania oddziaływań grawitacyjnych. Zbadaj taki układ. Czy jest możliwe zdefiniowanie w nim pozornej „stałej grawitacyjnej” oraz jej pomiar?

Odbijająca się piłka. Upuszczona piłeczka pingpongowa odbija się od podłoża, na które pada. Charakter tego zjawiska zmienia się, gdy w piłeczce znajduje się ciecz. Zbadaj, jak charakter zderzeń zależy od ilości cieczy wewnątrz piłki oraz innych istotnych parametrów.

Karuzela Helmholtza. Zamocuj bombki choinkowe do karuzeli o małych oporach w taki sposób, aby otwory bombek były skierowane stycznie do okręgu, po którym się poruszają. Gdy urządzenie to znajdzie się w zasięgu dźwięku o odpowiedniej częstotliwości i natężeniu, karuzela zacznie się obracać. Wyjaśnij to zjawisko i zbadaj parametry, przy których osiągnięta jest maksymalna prędkość obrotowa karuzeli.

Miodowa spirala. Cienki pionowo lejący się strumień lepkiej cieczy, jak np. miodu, często skręca się w spiralę. Zbadaj i wyjaśnij to zjawisko.