

Aktualności (nie tylko) fizyczne

Kolekcjonowanie leży w naszej naturze. Choć (na szczęście) tylko dla nielicznych staje się sensem życia, to każdy coś zbiera. Jedni znaczki, drudzy oceny w szkole. Jedni puste butelki, inni referencje do swoich publikacji. Czy coś zbieramy, najłatwiej poznać po tym, że co jakiś czas oglądamy naszą kolekcję. I tu zaczyna się kłopot. Do najcenniejszych należą zbiory eksponatów łatwo ulegających zniszczeniu. Drogocenne przedmioty bywają zabezpieczane przed zwiedzającymi. Czasami wręcz uniemożliwiają cieszenie się nimi. Często zmuszeni jesteśmy oglądać arcydzieła zza pancernych szyb lub wręcz zadowalać się makietami. Obcowanie z kolekcją zamienia się w wątpliwą przyjemność czytania spisu inwentarzowego. Są jednak obiekty tak ulotne, że giną przy każdej próbie kontaktu. Klasycznym przykładem mogą być arcydzieła sztuki kulinarnej. Żeby ich doświadczyć, trzeba je zjeść!

Oprócz klasycznych, są też przykłady kwantowe. Na przykład fotony. Kolekcjonowanie pojedynczych fotonów wydaje się beznadziejne, gdyż przekonać się o ich obecności można dopiero po ich zaabsorbowaniu, czyli zniszczeniu. Nie jest to jednak ograniczenie fundamentalne. Prawa mechaniki kwantowej zezwalają na tzw. QND, czyli nieniszczący pomiar kwantowy (quantum non-demolition measurement). W tym przypadku mierzony stan kwantowy zachowuje się jak katalizator – sam nie ulegając zmianie wywołuje wykrywalną zmianę otoczenia. W przypadku fotonu można by jednocześnie „mieć ciastko i je zjeść”, choć, jak się za chwilę przekonamy, chodzi tu bardziej o wywołanie „kwantowej ślinki” niż „zaspokajanie kwantowego łakomstwa”.

O szczegółach jednego z najnowszych osiągnięć w dziedzinie QND można przeczytać w *Nature* [1] i na świetnie przygotowanych stronach WWW [2]. Doniesienie dotyczy pierwszego nieniszczącego pomiaru pojedynczego fotonu. Centralnym elementem zestawu doświadczalnego jest nadprzewodząca wnęka rezonansowa – miejsce ekspozycji fotonu. Aby przekonać się o jego obecności, przez wnękę przepuszcza się pojedyncze atomy rubidu wzbudzone do rydbergowskiego stanu kołowego o głównej liczbie kwantowej $n = 50$. (Chodzi tu o bardzo silnie wzbudzone atomy z maksymalnym momentem pędu, dla których orbital elektronu walencyjnego jest cienkim torusem o dużym promieniu. Rydbergowskie stany kołowe charakteryzują się długimi czasami życia i silnym sprzężeniem do mikrofalowych fotonów umożliwiającymi przejście pomiędzy stanami o kolejnych głównych liczbach kwantowych.)

Parametry eksperymentu odpowiadają zachodzeniu tzw. cyklu Rabiego polegającego na rezonansowym oddziaływaniu atomu z wnęką. Układ ten oscyluje pomiędzy stanami o $n = 50$ i jednym fotonie a $n = 51$ i brakiem fotonu we wnęcie. Czas oddziaływania można tak dobrać, żeby atom o $n = 50$ zaabsorbował foton, a następnie go wyemitował. W ten sposób wnęka pozostaje w nie zmienionym stanie, co jest podstawą pomiaru QND. Atom rubidu, pełniący tu rolę próbniaka, też wylatuje z wnęki w tym samym stanie, ale ze zmianą fazy o π , jeżeli we wnęcie jest foton, albo bez zmiany fazy, gdy fotonu nie ma. Zmiana fazy jest mierzona, co pozwala na stwierdzenie, czy we wnęcie ukrywa się „ciastko”.

Metoda polega na wykorzystaniu interferencji ramseyowskiej. Nazwijmy atom o głównej liczbie kwantowej $n = 50$ *głodnym*, o $n + 1$ *najedzonym*, a o $n - 1$ *śpiącym*. Początkowo *głodny atom*, tak przed wejściem do centralnej części wnęki, jak i po wyjściu z niej, przechodzi przez strefy Ramseya, w których napotyka falę mikrofalową dostrojoną do przejścia pomiędzy stanem *głodnym* i *śpiącym*. Atom *głodny* staje się najpierw superpozycją *głodnego* + *śpiącego*. Następnie jego *głodna* część zmienia fazę, jeżeli we wnęcie jest foton (przechodząc cykl Rabiego *głodny* → *najedzony* → - *głodny*). Na końcu *głodna* część ponownie zamienia się na superpozycję *głodnej* + *śpiącej*, natomiast część *śpiąca* na superpozycję *śpiącej* - *głodnej*. Pamiętając o czynniku normalizacyjnym $1/\sqrt{2}$, łatwo sprawdzić, że jeżeli we wnęcie jest foton, to na końcu otrzymamy w ten sposób atom *głodny* (i to z zaostrozonym apetytem), a jeżeli nie ma, to *śpiący* (wiadomo przecież, że jak nie ma co jeść, to najlepiej głód przespać), co rozpoznać łatwo.

Eksperyment ten to nie tylko sprawdzanie podstaw mechaniki kulinarnej, tzn. kwantowej, czy propozycja dla ekscentrycznych kolekcjonerów. Zbudowany układ może być wykorzystany jako pamięć kwantowa albo tzw. kwantowa bramka fazowa [2], otwierając kolejne drzwi na drodze do kwantowych komputerów.

Piotr ZALEWSKI

[1] *Seeing a single photon without destroying it*, G. Nougues, A. Rauschenbeutel, S. Osnaghi, M. Brune, J.M. Raimond, S. Haroche, *Nature* 400(15/07/1999)239

[2] <http://www.lkb.ens.fr/recherche/qedcav/english/englishframes.html>

