

Interferencja dwóch atomów

Od początku XVIII wieku interferencja uważana jest przez kolejne pokolenia wyedukowanych za dowód na falową naturę światła. Mechanika kwantowa spłynęła po nich jak po gęsi, skutkując powstaniem potworka *dualizmu korpuskularno-falowego*. Paszтет ten jest aktualnie serwowany w dawkach o różnej toksyczności w standardowym procesie edukacji.

Wynika z tego przeświadczenie współczesnego wyedukowanego o zachodzeniu interferencji światła dzięki wzajemnemu wzmacnianiu lub wygaszaniu fotonów podążających do celu różnymi drogami.

Na szczęście wnikliwi Czytelnicy *Delty* mają świadomość, że, zgodnie z mechaniką kwantową, to istnienie różnych możliwych dróg dla pojedynczego fotonu odpowiada za tego typu efekty. Zostały przecież przeprowadzone doświadczenia, w których obraz interferencyjny powstaje właśnie poprzez rejestrację pojedynczych fotonów.

Kwantowe zjawisko interferencji nie ogranicza się do światła. Odpowiednik dwuszczelinowego doświadczenia Younga został już przeprowadzony dla tak masywnych pojedynczych obiektów jak cząsteczki fulerenu (nanoskopowa piłka „grochowa”, o szkielecie z sześćdziesięciu atomów węgla znajdujących się w wierzchołkach dwudziestościanu ściętego).

Interferencja par (i większej liczby) obiektów jest jednak możliwa pod warunkiem zaaranżowania podziału czegoś między tymi obiektami w sposób uniemożliwiający rozróżnienie, co któremu obiektowi się dostało. Najprościej jest, gdy obiekty są nierozróżnialne. Wtedy tym czymś, co jest dzielone, może być droga, którą obiekty podążają.

Trzy dekady temu taki eksperyment dla fotonów przeprowadzili Hong, Ou i Mandel. Para nierozróżnialnych kwantów rozlatuje się w dwóch kierunkach. Następnie każdy z fotonów odbija się od odpowiednio ustawionych luster, po czym kwanty te padają na lustro półprzepuszczalne. Każdy z fotonów z równym prawdopodobieństwem przechodzi albo odbija się od tego lustra. Są cztery możliwości. W pierwszych dwóch kwanty albo oba przechodzą, albo oba się odbijają, trafiając do różnych detektorów. W pozostałych dwóch przypadkach jeden przechodzi, a drugi się odbija (lub na odwrót), trafiając do tego samego (jednego z dwóch) detektora. Jednak na skutek interferencji fotony zawsze kierują się do tego samego detektora (interferencja konstruktywna), nigdy do dwóch różnych (interferencja destruktywna).

Oczywiście, efekt występuje o tyle, o ile fotony docierają do lustra półprzepuszczalnego jednocześnie. W eksperymencie obserwuje się zanik rejestracji fotonów w różnych detektorach w miarę dostrajania tej jednoczesności.

W pracy [1] opublikowano wyniki analogicznego eksperymentu wykonanego dla atomów ^4He . Para atomów jest wybijana z kondensatu Bosego–Einsteina w górę, z różnymi prędkościami (12,1 cm/s oraz 7 cm/s), wzdłuż osi głównej elipsoidalnego kondensatu poprzez oddziaływanie z przemieszczającą się siecią optyczną. Następnie pułapka optyczna utrzymująca kondensat oraz ta dodatkowa sieć są wyłączane, a atomy zaczynają spadać swobodnie w kierunku detektora.

Po 500 mikrosekundach od wybicia włączana jest druga sieć optyczna, od której atomy odbijają się (dyfrakcja Bragga) w taki sposób, że po około 500 mikrosekundach znajdują się w tym samym miejscu. Wtedy ta druga sieć włączana jest jeszcze raz na połowę poprzedniego czasu, realizując funkcję lustra półprzepuszczalnego. W ten sposób atomy poruszają się po różnych trajektoriach aż do momentu, w którym z równym prawdopodobieństwem mogą pozostać na swojej trajektorii lub przeskoczyć na drugą. Synchronizację można regulować poprzez dobór okresu między realizacją odbicia od kryształu optycznego (sieci optycznej) oraz realizacją lustra półprzepuszczalnego za pomocą tego kryształu.

Zgodnie z oczekiwaniami obserwowany jest zanik częstości zliczeń rozdzielonych w czasie (odpowiednik dwóch detektorów w oryginalnym eksperymencie HOM z fotonami) dla optymalnego dostrojenia.

Wynik nie jest zaskoczeniem. Jest natomiast w jawnej sprzeczności z niekwantową intuicją (zbiorem przesądów przyswajanych w procesie standardowej edukacji).

Za swoje główne osiągnięcie autorzy uznają realizację dwuatomowego źródła. Wskazują, że wyrazistość tego typu interferencji może być użyta do oceny jakości takich źródeł. Mogą one doprowadzić do podobnego rozwoju w szeroko pojętej dziedzinie przetwarzania informacji kwantowej, do jakiego doprowadziły źródła dwufotonowe.

Piotr ZALEWSKI

[1] R. Lopes, A. Imanaliev, A. Aspect, M. Cheneau, D. Boiron oraz C.I. Westbrook, *Atomic Hong–Ou–Mandel experiment*, *Nature*, 2015, 520(7545):66; DOI: 10.1038/nature14331.