

Przeszło sto lat temu świat opanowała swoista rewolucja kwantowa. Zgodnie z teorią kwantów, pojedyncze atomy nie mogłyby być traktowane jako mikroskopijne kulki bilardowe. Co jest zaskakujące, zachowanie pojedynczych cząstek bardziej przypomina zachowanie fal. Atomy są zdolne do dyfrakcji i interferencji – tak jak fale na tafli wody. Teoria kwantów od czasów jej powstania odniosła olbrzymie sukcesy przyczyniając się do rozwoju nowych gałęzi nauki i technologii. Dlaczego więc nie widzimy gołym okiem kwantowych efektów w naszym codziennym życiu? Atomy w naszym otoczeniu znajdują się w ciągłym ruchu, nieustannie się zderzają i rozpraszają – kwantowa indywidualność pojedynczych atomów jest ukryta pod płaszczem efektów termicznych (w jednym litrze powietrza znajdują się ogromna liczba 10 000 000 000 000 000 000 000 cząstek!). Dopiero w temperaturach bliskich zera bezwzględnego (kiedy efekty termiczne są minimalne) do głosu może dojść kwantowa natura cząstek. Rozrzedzony, schłodzony do ekstremalnie niskich temperatur gaz może tworzyć kolektywny, makroskopowy stan kwantowych fal materii.

Celem projektu jest analiza zjawiska lokalizacji Andersona fal materii w wymiarach fraktalnych. Fraktal to samopodobny obiekt o ułamkowym wymiarze (lewy obrazek). Wymiar ułamkowy obiektu, przyjmijmy 1.585 (tak jak na przykładowym obrazku), oznacza, że obiekt na pewno nie jest jednowymiarowy, ale jednocześnie nie ma zbyt ubogą strukturę na pełne dwa wymiary przestrzenne. Czym natomiast jest lokalizacja Andersona? Wyobraźmy sobie cząstkę kwantową poruszającą się na sieci (prawy rysunek). Jak się okazuje, taka cząstka nie ma dobrze określonego położenia – jako fala może być równomiernie rozmyta po całym obszarze. Załóżmy teraz, że sieć, w której porusza się cząstka kwantowa jest odrobinę nieregularna, t.j. że dodaliśmy do niej lekki nieporządek. Okazuje się, że sytuacja zmienia się diametralnie. W jednym wymiarze już nieskończenie mała amplituda nieporządku prowadzi do zaniku transportu w układzie – cząstki stają się silnie zlokalizowane. Efekt ten nazywamy lokalizacją Andersona.

Badania nad ultrazimną materią kwantową pozwalają nie tylko na głębsze zrozumienie nowoczesnej mechaniki kwantowej, ale także umożliwiają symulacje zjawisk obecnych w najróżniejszych dziedzinach fizyki. W szczególności ci, lokalizacja Andersona, mimo że została oryginalnie zaproponowana do opisu elektronów w metalach, nie może zostać bezpośrednio zaobserwowana w ciele stałym z powodu silnych oddziaływań między elektronami. Z drugiej strony, efekty związane z lokalizacją Andersona są szeroko badane w ultrazimnych gazach kwantowych, co doprowadziło do eksperymentalnej obserwacji lokalizacji fal materii. W projekcie chcemy dogłębnie zbadać i zrozumieć efekty związane z lokalizacją Andersona w wymiarach fraktalnych oraz z niestandardowym rodzajem nieporządku, które nawiązuje do samej geometrii układu.

