

Mechanika kwantowa przewiduje wiele nieintuicyjnych, z punktu widzenia fizyki klasycznej, efektów. Aby je zaobserwować należy jednak dany układ fizyczny przygotować w bardzo precyzyjny sposób, a następnie w równie precyzyjny sposób go kontrolować. Najmniejsze oddziaływanie danego układu z jego otoczeniem („z resztą świata”) prowadzi do stopniowego zaniku prawdziwie kwantowo-mechanicznych własności, takich jak istnienie superpozycji stanów kwantowych (tzn. takich stanów, w których nie można danemu układowi przypisać dobrze zdefiniowanych klasycznych własności). Ten proces tak zwanej dekoherencji sprawia, iż w życiu codziennym, w którym mamy do czynienia z makroskopowymi obiektami silnie oddziałującymi ze swoim otoczeniem (n.p. światłem, które na nie pada, i dzięki któremu je widzimy), nie stykamy się z prawdziwie kwantowymi stanami obiektów. Dekoherencja utrudnia również zbudowanie komputerów kwantowych, które mogłyby wykorzystywać prawa mechaniki kwantowej do rozwiązania problemów, z którymi dobrze nam znane komputery klasyczne nie mogą sobie poradzić.

Można jednak dekoherencję traktować nie jako przeszkodę, ale jako pomocne narzędzie wykorzystujące niezwykłą czułość kwantowych układów na zewnętrzne bodźce. Małe i przestrzennie zlokalizowane układy, na przykład elektrony uwięzione w półprzewodnikowych kropkach kwantowych, mogą być wykorzystywane do charakteryzowania zaburzeń pochodzących z ich otoczenia (to znaczy tak zwanego „szumu środowiskowego”) z rozdzielczością przestrzenną rzędu nanometrów. Prowadzone w ostatnich latach prace doświadczalne pokazały, iż spiny (momenty magnetyczne) pojedynczych elektronów w półprzewodnikach mogą być wykorzystywane jako niezwykle precyzyjne czujniki fluktuacji lokalnych pól magnetycznych.

Celem naszego projektu jest teoretyczne zrozumienie tego, jak wiele informacji na temat środowiska danego kwantowego nano-układu można uzyskać poprzez jego manipulację i odczyt. Obecnie stosowane metody takiej „spektroskopii szumu środowiskowego” opierają się na wielu założeniach, których zakres stosowalności nie jest w pełni zrozumiany. Chcemy, aby nasze badania teoretyczne dały pełen obraz dekoherencji w układach stosowanych obecnie jako kwantowe nano-sensory, i pomogły w interpretacji istniejących oraz przyszłych pomiarów.