Dynamiczny rozwój technologii informacyjnych oraz ciągła miniaturyzacja układów zbliżają nas nieuchronnie do granic stosowalności prawa Moore'a. Dalszy postęp związany jest z przekroczeniem granicy fizyki klasycznej i wejściem do świata kwantowego. Jest to bardzo piękne, ale zarazem trudne i odpowiedzialne wyzwanie stojące przed światem nauki.

Badając układy o coraz mniejszych rozmiarach i dochodząc do skali nanoskopowej, obserwowanych jest coraz więcej efektów wynikających z mechaniki kwantowej. Są to między innymi: kwantowanie ładunku i poziomów energetycznych, efekty interferencyjne bądź też zakaz Pauliego. Ten bogaty świat pełen fascynującej i często nieintuicyjnej fizyki, z jednej strony stawia przed nami pewne trudności poznawcze, ale z drugiej strony kusi wieloma nieodkrytymi do tej pory możliwościami. Poznanie tego świata jest niewątpliwie jednym z głównych zadań współczesnej fizyki.

Pod tym względem bardzo obiecującą klasą układów fizycznych, obecnie szeroko badanych zarówno teoretycznie i eksperymentalnie, są tzw. kropki kwantowe, nazywane także sztucznymi atomami. Są to układy pozwalające na przechowywanie, w ograniczonym obszarze i w kontrolowany sposób, bardzo małej ilości elektronów. Często są to układy technologicznie realizowane w materiałach półprzewodnikowych lub np. przy pomocy nanorurek węglowych. Ich istotną zaletą jest stosunkowo łatwa manipulacja parametrami takimi jak ich rozmiar, siły sprzężeń czy też napięcia bramkujące. Ponadto, w prowadzonych obecnie badaniach rozpatruje się coraz częściej układy wielu kropek kwantowych sprzężonych ze sobą w odpowiedniej konfiguracji położeń. Takie podejście umożliwia modelowanie i badanie prostych molekuł o złożonej strukturze elektronowej i pożądanych własnościach fizycznych.

Właśnie takie układy kropek kwantowych mają wiele potencjalnych zastosowań w szeroko pojętej nanoelektronice i w przetwarzaniu informacji kwantowej. Umożliwiają one również poznawanie fundamentalnych praw fizyki kwantowej i wynikających z nich efektów. W ramach projektu przeprowadzone zostaną teoretyczne badania zjawiska transportu w hybrydowych układach kropek kwantowych o trójkątnej geometrii. Przyłączone do nadprzewodnika, pozwalają generować nielokalne pary Coopera – czyli dwa splątane elektrony przestrzennie rozseparowane. Poszukiwania układów realizujących to zadanie są bardzo istotne z punktu widzenia informatyki kwantowej.

Głównym celem projektu jest wyznaczenie dla powyższych układów takich wielkości fizycznych jak prąd oraz jego fluktuacje, konduktancja różniczkowa oraz tunelowy magnetoopór; a następnie przeprowadzenie ich kompleksowej analizy. W konsekwencji pozwoli to na znalezienie optymalnych parametrów transportowych dla efektywnego rozdzielania par Coopera oraz zidentyfikowanie i zrozumienie nowych zjawisk pojawiających się w omawianym układzie. Należy dodać, że istnieją już eksperymenty potwierdzające możliwość obserwowania procesu rozdzielania par Coopera w układach kropek kwantowych, a mierzone wyniki doświadczalne są w dobrej w zgodzie z rozwiązaniami modeli teoretycznych. Jest to dodatkowy czynnik motywujący do dalszych badań w tym obszarze.

Układ trzech kropek kwantowych o trójkątnej geometrii umożliwia także badanie szeregu efektów interferencyjnych. Interesującym zbiorem takich efektów są tzw. *stany ciemne*. Są to kwantowe stany elektronowe, które na wskutek destruktywnej interferencji efektywnie odłączają układ od jednej z elektrod i powodują koherentne pułapkowanie elektronów. W charakterystykach transportowych efekt ten objawia się m. in. poprzez blokadę prądu, ujemną przewodność różniczkową oraz wzmocnienie fluktuacji. Współistnienie tego zjawiska z korelacjami nadprzewodzącymi jest jeszcze bardzo słabo poznane, dlatego dokładne zbadanie tego zagadnienia jest kolejnym ważnym celem niniejszego projektu.