

POPULARNONAUKOWE STRESZCZENIE PROJEKTU (W JEZYKU POLSKIM)

(Należy podać cel projektu, opisać jakie badania realizowane będą w projekcie oraz podać powody podjęcia danej tematyki badawczej - maksymalnie jedna strona zdefiniowanego maszynopisu)

Niniejszy projekt poświęcony jest badaniom własności nanostruktur wykonanych z połączenia materiałów półprzewodnikowych i nadprzewodnikowych. Hybrydy takie pozwalają na uzyskanie unikatowej fazy materii – nadprzewodnictwa topologicznego (odkrycie topologicznych faz materii uhonorowane zostało Nagrodą Nobla w 2016 roku). W fazie tej, występują przewidziane na początku ubiegłego wieku, egzotyczne kwazicząstki będące swoimi własnymi antycząstkami – fermiony Majorany. Pojawiają się one jako stany o zerowej energii na krańcach półprzewodnika skontaktowanego z nadprzewodnikiem i są chronione przed wpływem otoczenia przez przerwę nadprzewodzącą, tworząc topologiczny nośnik informacji kwantowej. Powoduje to, że hybrydy nadprzewodnikowe pozwalają na implementację odpornych na błędy obliczeń kwantowych. Ponadto, stanowią one unikalne narzędzie do badania fascynującej fizyki nad- i pół-przewodników w skali nano.

Nanostruktury hybrydowe wykonywane są poprzez łączenie mezoskopowych półprzewodników – takich jak nanodrutu – z nadprzewodnikami. Dopiero w tym roku udało się uzyskać struktury o bogatszej geometrii – przez tworzenie krzyżujących się nanodrutów. Dzięki temu stało się możliwe badanie złącz wieloterminalnych i kwantowych pętli. Stworzyło to bezprecedensową możliwość wykorzystania efektów interferencyjnych i nielokalnych do badania topologicznego nadprzewodnictwa. Projekt ten stanowi bezpośrednią odpowiedź na ten rozwój i podejmuje zadanie teoretycznego opisu takich nanostruktur w celu zainspirowania i opisu nadchodzących eksperymentów.

Wyjaśnimy, jak interferencja kwantowa w pierścieniu kwantowym – dobrze znana w postaci efektu Aharonova-Bohma w strukturach półprzewodnikowych – może zostać wykorzystana do badania własności topologicznych hybrydowych nanostruktur, stanowiąc komplementarną metodę pomiaru stanów związanych Majorany. Zbadamy również interferencję kwazicząstek – kombinacji elektronu i dziury – w złączu Josephsona zdefiniowanego na pierścieniu kwantowym, która pozwoli na realizację nadprzewodnikowego odpowiednika optycznego interferometru na pojedynczej i podwójnej szczelinie. Ponadto opracowane zostaną narzędzia do analizy odpowiedzi prądowej złącz Josephsona, znoszące ograniczenia obecnych modeli, które wciąż opierają się na metodach opracowanych dla konwencjonalnych złącz metalicznych i nie pozwalających na zrozumienie pełnego spektrum efektów obecnych w złączach hybrydowych.

Pomyślna realizacja projektu zapewniona będzie przez użycie najnowszych metod obliczeniowych do obliczeń transportu kwantowego. W wyniku badań przedstawimy odpowiedź prądową/konduktancję nanostruktur hybrydowych – wielkości, które mogą być bezpośrednio mierzone i porównane z wynikami eksperymentalnymi. Opis fizyki nadprzewodzących nanostruktur hybrydowych wniesiony przez projekt, nie tylko zaspokoi potrzebę wyjaśnienia fundamentalnych praw fizyki ciała stałego w nanoskali, ale także będzie miał wkład do prac nad odpornym na błędy komputerem kwantowym, wykorzystującym nie-Abelowską naturę kwazicząstek Majorany.