

Nadprzewodniki i podobne do nich w wielu aspektach materiały nadciekłe to niezwykle stany materii, w których własności mikroświata ukazują się w skali makroskopowej. W tym przypadku przepływ czy to nośników ładunku czy też samej cieczy odbywa się bez żadnych strat energii. Dzięki temu zjawisku raz rozpoczęty ruch może trwać w nieskończoność. Materiały te od lat obiecują wiele potencjalnych zastosowań – jak choćby bezstratny przesył energii elektrycznej – ograniczanych jednak przez ekstremalnie niskie temperatury, w jakich wszystkie znane nam substancje z tej klasy wykazują te własności.

Jedną z najintensywniej studiowanych struktur pojawiających się w nadprzewodnikach są wiry. Posiadają one własności takie jak wiry w zwykłych płynach (takich jak wiry na wodzie, tornada czy cyklony), ale także wykazują inne, jak na przykład kwantyzacja momentu pędu. Jednak to co interesuje mnie w ramach tego projektu to szczególna cecha pewnej klasy wirów. O ile zazwyczaj centrum wiru jest puste, to w szczególnych klasach nadprzewodników (zwanym nadprzewodnikami topologicznymi) w samym oku cyklonu możemy znaleźć bardzo ciekawe wzbudzenie tzw. kwazicząstkę Majorany. Takie wiry (zwane wirami Majorany) występują parami i zachowują połączenie nawet, jeśli rozdziela je znaczny dystans. Poza tym wykazują jeszcze jedną niezwykłą właściwość: gdy zmieniać je miejscami, to w przeciwieństwie do innych klas cząstek, w funkcji falowej je opisującej można znaleźć zakodowane nie tylko to, czy były zamieniane, ale też w jakiej kolejności się to działo. Ta cecha powoduje, że uważane są one potencjalnie za jeden z podstawowych elementów potrzebnych do skonstruowania odpornych na błędy komputerów kwantowych.

Dziedzina badań jest stosunkowo młoda, ale rozwijała się dynamicznie przez ostatnie dziesięć lat. Mimo istnienia licznych prac teoretycznych, propozycji eksperymentalnej realizacji, a także potwierdzonych obserwacji w kilku eksperymentach, wiele zagadnień jest cały czas otwartych. Celem moich badań jest teoretyczne zbadanie dynamiki wirów Majorany i innych wzbudzeń podobnego typu. W szczególności zbadanie tego, jak reagują, gdy działa na nie zewnętrzna siła albo jak w układach z wieloma takimi wirami oddziałują one ze sobą. Istotnym pytaniem jest też, na ile są one stabilne w obecności nieporządku, szumu czy innych tego rodzaju zaburzeń występujących w rzeczywistych układach fizycznych.

Moje badania powinny pomóc nam lepiej zrozumieć, jakiego rodzaju zachowania możemy się spodziewać po wirach Majorany. Możemy również lepiej poznać prawa fizyki ukryte za tymi fascynującymi strukturami, wiedza ta może być również przydatna w próbach budowy komputera kwantowego w tej klasie układów.