

POPULARNONAUKOWE STRESZCZENIE PROJEKTU

Badania układów hallowskich w 2D zostały zapoczątkowane w latach 80. XX wieku odkryciami całkowitego kwantowego efektu Halla (1981, nagroda Nobla 1985) i ułamkowego kwantowego efektu Halla (1982, nagroda Nobla 1998). Odmienne kwantowanie w płaskich układach w silnym polu magnetycznym uznane zostało za jeden z najważniejszych i niewyjaśnionych w pełni obszarów współczesnej fizyki fazy skondensowanej. Pojawianie się nowych cząstek, anyonów i złożonych fermionów obok zwykłych bozonów i fermionów w układach dostępnych eksperymentalnie jest niecodzienną sytuacją wskazującą na tajemnicze mechanizmy kwantowej rzeczywistości. Odkrycie grafenu (nagroda Nobla 2010) mocno wpłynęło na intensyfikację tych badań w idealnie płaskiej i efektywnie 'relatywistycznej' strukturze nowego materiału. Ostatnio, w wyniku postępów w technikach eksperymentalnych, zaobserwowano w grafenie jednowarstwowym i dwuwarstwowym serie stanów ułamkowych kwantowego efektu Halla wykraczające poza przewidywania konwencjonalnego modelu tzw. złożonych fermionów, stosowanego do wyjaśniania kwantowego efektu Halla. Wskazuje to na potrzebę rozwoju teorii w tym zakresie.

W projekcie proponuje się rozwinięcie nowego podejścia teoretycznego do wyjaśnienia kwantowej fizyki płaskich układów hallowskich przy pomocy naturalnego dla tych układów topologicznego sformułowania. To właśnie wyjątkowa topologia płaskich układów wielocząstkowych w polu magnetycznym i oddziaływanie naładowanych cząstek powodują egzotyczne kwantowe efekty nie występujące w wyższych wymiarach przestrzennych. Proponowana metoda uogólnia poprzedni model złożonych fermionów i wyjaśnia wszystkie ostatnio zaobserwowane w grafenie osobliwości.

Lepsze poznanie fizyki hallowskiej w 2D ma duże znaczenie, gdyż kwantowe efekty Halla nie są tylko specyficznymi materiałowymi własnościami ale są raczej klasą uniwersalności dla dwuwymiarowych oddziałujących skwantowanych wielocząstkowych układów. Ułamkowy i całkowity kwantowe efekty Halla poza konwencjonalnymi półprzewodnikowymi 2DEG i grafenem napotykane są również w badaniach ułamkowych topologicznych izolatorów Cherna czy płaskich sieci optycznych. Istotność pełniejszego zrozumienia tych specyficznych kwantowych zachowań motywowana jest też poszukiwaniami topologicznego bezdekoherencyjnego komputera kwantowego przy wykorzystaniu tzw. nieabelowych anyonów – niecodziennych kwantowych bytów w 2D.