

"Topologia i fizyka: od kwantowego efektu Halla do fal planetarnych"

Dr hab. Magdalena Margańska-Łyżniak

Institute for Theoretical Physics, University of Regensburg, Germany

W 1982 roku, rok po odkryciu kwantowego efektu Halla, Thouless, Kohmoto, Nightingale i de Nijs wprowadzili do fizyki pojęcie niezmiennika topologicznego struktury pasmowej. Matematycznie topologia to nauka o takich własnościach obiektów, które nie zmieniają się pod wpływem przekształceń ciągłych (Topologia to nauka o obiektach z gumy. - M. Szopa). W fizyce topologiczne właściwości struktur pasmowych to takie, które nie zmieniają się gdy układ poddajemy ewolucji adiabatycznej - na przykład powolnym zmianom pola magnetycznego. Jak się okazało, skwantowane przewodnictwo Halla to nic innego jak skwantowany niezmiennik topologiczny przestrzeni stanów kwantowych. W układach nieoddziałujących można pokazać, że jeśli niezmiennik przyjmuje niezerowe wartości, to na granicy między dwiema różnymi fazami topologicznymi powstają stany brzegowe, odporne na lokalne zaburzenia. Ta topologiczna ochrona jest jednym z głównych powodów, dla których fizyka topologiczna tak żywo się rozwija w ostatnich latach.

W tym wykładzie przyjrzymy się znaczeniu fizycznemu stanów brzegowych, a co za tym idzie nietrywialnej topologii, w trzech różnych układach. W kwantowym efekcie Halla stany brzegowe tworzą jednowymiarowe kanały, którymi ładunek elektryczny płynie bez rozproszeń i tylko w jednym kierunku. Nietrywialna topologia objawia się tu jako skwantowane wartości przewodnictwa. W topologicznych nadprzewodnikach stany brzegowe mają naturę Majorany - cząstki są swoimi własnymi antycząstkami - a ich statystyka nie jest ani fermionowa, ani bozonowa. Dzięki temu, że jeden stan rezyduje na obu końcach nadprzewodnika, takie stany Majorany są także odporne na lokalne zakłócenia i mogą posłużyć do zbudowania topologicznych qubitów.

Wreszcie zakończymy na przykładzie z fizyki jak najbardziej klasycznej, gdzie zmieniający się na równiku znak siły Coriolisa dzieli Ziemię na dwie fazy topologiczne, jedną na półkuli północnej i drugą na południowej. Na ich styku obserwujemy - jakże by inaczej - powstanie tak zwanych fal Kelvina, rozchodzących się tylko w jednym kierunku, o częstości niższej niż te występujące w spektrum zwykłych fal grawitacyjnych.