

Dynamika nagłego tłumienia materiałów topologicznych: dynamiczne przemiany fazowe i splątanie kwantowe

Układy kwantowe w porównaniu ze znanymi na codzień układami klasycznymi mają wiele dziwnych właściwości, spośród których najbardziej znanymi są dualizm korpuskularno - falowy i teleportacja kwantowa będąca rezultatem splątania kwantowego. Niemniej jednak także sposób ewolucji układów kwantowych w czasie może prowadzić do powstania nowych i interesujących zjawisk fizycznych. Tutaj skupiamy się na niektórych takich dynamicznych zjawiskach, a mianowicie na kwantowym tłumieniu oraz na kryształach czasowych. Celem tego projektu jest zrozumienie, w jaki sposób takie nagłe lub okresowe zmiany w układzie kwantowym prowadzą do powstania nowych faz materii. Zbadamy właściwości tych dynamicznych stanów, szukając nowych rodzajów dynamicznych faz i sposobów, w jakie można je eksperymentalnie zrealizować i zaobserwować.

Szczególnym rodzajem układów kwantowych, które będziemy rozpatrywać, są tak zwane izolatory topologiczne. Są to materiały, które nie przewodzą prądu w swojej objętości, lecz posiadają właściwości przewodzące na swoich krawędziach lub powierzchniach. Prądy brzegowe i powierzchniowe są przenoszone przez specjalne chronione stany, które ze względu na swoją topologię nie są łatwe do zniszczenia, co oznacza, iż prądy te są bardzo odporne na zaburzenia i inne zakłócenia. Zrozumienie roli, jaką stany krawędziowe i powierzchniowe odgrywają w dynamice materiałów topologicznych, jest jednym z głównych celów tego projektu.

Nagła zmiana układu kwantowego (ang. *quenching*) sprawia, iż materiał ten jest daleki od stanu swojej równowagi termicznej, co z kolei może prowadzić do zjawisk przejściowych, takich jak nowe przemiany fazowe zachodzące podczas dynamiki układu. W ramach projektu zostanie szczegółowo zbadane, w jaki sposób prądy brzegowe i powierzchniowe modyfikują dynamiczne przejścia fazowe. Te dynamiczne przemiany różnią się bowiem zasadniczo od standardowych przejść fazowych oddzielających różne stany materii. Znanym przykładem przejścia fazowego jest wrzenie wody, podczas którego zmienia się ona z cieczy w parę w miarę wzrostu temperatury. Dynamiczna przemiana fazowa jest jednak fundamentalnie innym rodzajem przejścia, które występuje w funkcji czasu a nie funkcji temperatury lub innego parametru.

Splątanie to z kolei kwantowa właściwość dalekiego zasięgu, która pozwala na teleportację kwantową i przyczynia się do Einsteinowskiego “upiornego działania na odległość”. Podczas ewolucji czasowej splątanie to rośnie i zmienia się, a szczególną rolę w całym procesie odgrywają prądy powierzchniowe i brzegowe. Naszym celem jest dokładne zbadanie, jak powstaje to splątanie w trakcie ewolucji czasowej.

Dzięki tym badaniom uzyskamy dogłębne zrozumienie sposobu, w jaki materiały topologiczne zmieniają się w wyniku ekspozycji na zakłócenia. To z kolei pozwoli na identyfikację potencjalnych nowych faz materii, do formowania których może dochodzić podczas ewolucji czasowej takiego układu kwantowego. Mamy szansę zrozumienia roli, jaką w tworzeniu tych nowych faz odgrywają specjalne prądy krawędziowe i powierzchniowe oraz określenia ich roli w rozwoju korelacji i uwikłania w ewoluujących układach kwantowych.