

Odkrycie w 2007 roku pierwszego trójwymiarowego izolatora topologicznego dało impuls do niezwykle dynamicznego rozwoju nowej gałęzi fizyki zwanej fizyką materii topologicznej. Zaawansowane badania eksperymentalne i teoretyczne rozmaitych stanów topologicznych prowadzone są obecnie przez niezliczoną liczbę fizyków i chemików, materiałoznawców i inżynierów w niemal każdym znaczącym ośrodku naukowym na świecie. Przedmiotem zainteresowania są przede wszystkim izolatory i semimetale, w których nietrywialne stany elektronowe chronione są przez różne więzy topologiczne.

Zasadniczo, niemal wszystkie zbadane dotąd materiały topologiczne mają charakter niemagnetyczny. **Niniejszy projekt ma na celu odkrycie nowych faz topologicznych, w których magnetyzm będzie istotnie wpływał na własności transportowe uwarunkowane nietrywialną topologią.** Wykorzystując nasze doświadczenie oraz wiedzę zdobyte podczas wcześniejszych prac nad niemagnetycznymi izolatorami i semimetalami topologicznymi, chcemy **połączyć nowoczesną metodologię badań eksperymentalnych z zaawansowanymi obliczeniami teoretycznymi z pierwszych zasad**, w celu wypracowania procedury jednoznacznej identyfikacji nowych emergentnych stanów kwantowych, takich jak faza izolatora topologicznego wyższego rzędu, stany aksjonowe, mieszane fazy fermionowe, itd., których istnienie w trójwymiarowych materiałach topologicznych zostało niedawno przewidziane na drodze rozważań teoretycznych.

Ze względu na pionierski charakter podejmowanych zadań badawczych ich rzeczywisty przebieg warunkowany będzie tak osiąganymi rezultatami jak i bieżącymi doniesieniami literaturowymi. Badania eksperymentalne obejmą syntezę wysokiej jakości monokryształów, pomiary własności strukturalnych, magnetycznych, i transportowych w warunkach multikrytycznych (niskie temperatury, silne pola magnetyczne, wysokie ciśnienia), jak też pomiary spektroskopowe (fotoemisja z rozdzielczością kątową, spektroskopia rotacji mionów, spektroskopia moessbauerowska). Jako materiały, od badania których planujemy rozpocząć realizację projektu, wybraliśmy rodzinę związków europu o składzie chemicznym EuM_2X_2 , gdzie M oznacza metal p-elektronowy ($M = \text{Zn}, \text{Cd}, \text{In}, \text{Sn}$), natomiast X reprezentuje metaloid z V grupy układu okresowego ($X = \text{P}, \text{As}, \text{Sb}$). Niektóre z tych faz zostały niedawno wytypowane przez fizyków teoretyków jako wzorcowi kandydaci do wystąpienia fazy izolatora topologicznego wyższego rzędu, współistniejącej ze stanami aksjonowymi. Co niezwykle intrygujące, pierwsze eksperymentalne doniesienia literaturowe na temat tych materiałów, jak też nasze własne wyniki wstępne wydają się potwierdzać te przewidywania. Innym materiałem, który zamierzamy zbadać zaraz po rozpoczęciu realizacji projektu jest związek EuMg_2Bi_2 , który jest podejrzewany o współistnienie stanów Diraca różnorodnego typu i pochodzenia. Warto zaznaczyć, że wybór wymienionych wyżej materiałów jest podyktowany nie tylko wynikami analiz teoretycznych, ale też faktem, iż wszystkie uzyskać można w postaci stosunkowo dużych, stabilnych, stechiometrycznych monokryształów, a ich struktura krystaliczna jest wyjątkowo korzystna do obliczeń technikami DFT i modelowania specyficznego dla materii topologicznej. Nie bez znaczenia jest fakt, iż Eu^{2+} posiada bardzo duży moment magnetyczny z zerowym wkładem orbitalnym, co znacząco upraszcza interpretację wyników pomiarowych.

Spodziewanym rezultatem projektu będzie zainicjowanie nowych oryginalnych ścieżek badawczych w obszarze fizyki materii topologicznej. Zbadanie i dogłębne zrozumienie funkcji jaką magnetyzm może pełnić w układach z nietrywialną strukturą elektronową, a w szczególności zidentyfikowanie anomalnych własności transportowych, specyficznych dla magnetycznych izolatorów i semimetali topologicznych, będzie miało nie tylko ogromną **wartość poznawczą**, ale też potencjalne znaczenie dla możliwości ich **zastosowań praktycznych** w charakterze elementów pamięci, sensorów, przełączników magnetycznych i innych urządzeń spintronicznych, czy też układów użytecznych w informatyce kwantowej.