

Istnienie wspólnych zagadnień zarówno dla fizyki wysokich energii, jak i fizyki materii skondensowanej pozwala na lepsze rozumienie efektów towarzyszących spontanicznemu łamaniu symetrii, przemianom fazowym i innym podstawowym zjawiskom w przyrodzie, często o ważnych konsekwencjach dla praktycznych zastosowań z wykorzystaniem magnetyków, nadprzewodników czy materiałów niskowymiarowych. Obecnie jesteśmy świadkami przełomu, jaki się dokonuje w poszukiwaniu cząstki pozbawionej masy, a która istnienie przewidział Herman Weyl ponad 85 lat temu. Przez wiele lat uważano, że hipotetyczną, niezwykle ruchliwą cząstką Weyla jest neutrino. Dopiero w roku 1998 okazało się, że neutrino, choć bardzo lekkie, nie jest zupełnie pozbawione masy. Za to odkrycie, Takaaki Kajita i Arthur B. McDonald zostali uhonorowani nagrodą Nobla z fizyki w 2015 r. Zwykle nowych cząstek poszukuje się w coraz to potężniejszych akceleratorach, ale tym razem fermiony Weyla zostały po raz pierwszy zaobserwowane w ... 2015 roku w małym monokryształ o wcale nieskomplikowanej strukturze krystalicznej. Odkrycie to stało się możliwe dzięki współczesnym obliczeniom teoretycznym, które uwzględniając w opisie materii skondensowanej zarówno subtelne efekty kwantowe, jak i relatywistyczne wskazały na zadziwiające własności pewnych semimetali o nietrywialnej topologii. Semimetal Weyla charakteryzuje się strukturą pasmową, w której niezdegenerowane pasma o liniowej dyspersji posiadają punkty styczności w przestrzeni pędów. Z uwagi na nietrywialne własności topologiczne, fermiony Weyla są bardzo stabilne. Co więcej, fermiony Weyla są bardziej efektywnym nośnikiem ładunku niż elektrony, gdyż poruszają się z prędkością porównywalną z prędkością światła i nie ulegają rozproszeniu wstecznemu. Zdaniem naukowców z Princeton University – odkrywców niezwyklej własności monokryształu arsenku tantalitu – dzięki fermionom Weyla możliwe będzie skonstruowanie szybszych i bardziej efektywnych urządzeń elektronicznych. Co więcej, fizyka fermionów Weyla jest tak dziwna, że może pojawić się wiele ich zastosowań, których obecnie nawet nie potrafimy sobie wyobrazić.

Celem naukowym projektu *Efekt Nernsta i siła termoelektryczna w obecności krzywizny Berry'ego w topologicznych semimetalach Weyla* jest poszukiwanie eksperymentalnych dowodów na istnienie fermionów Weyla w układach trójwymiarowych, których chiralne własności są wynikiem sprzężenia ruchu orbitalnego elektronów z ich spinowym momentem magnetycznym. Badając wpływ silnych pól magnetycznych w zakresie ultra-niskich temperatur na własności termoelektryczne wybranych pniktodków metali przejściowych, planuje się, często po raz pierwszy w świecie, określenie wpływu nietrywialnej krzywizny Berry'ego na efekty Nernsta i Seebecka. Oczekuje się, że wyjątkowa czułość efektu Nernsta na zmianę pola magnetycznego pozwoli nie tylko na dogłębne zrozumienie ich struktury pasmowej, ale również odsłoni jej nieznane dotąd aspekty. Przypuszcza się, że dla topologicznych semimetali o małej powierzchni Fermiego możliwe będzie osiągnięcie limitu kwantowego. Określenie własności semimetalu Weyla, gdy wszystkie elektrony znajdują się na pierwszym poziomie Landaua, pozwoli wyjaśnić ważkie zagadnienie dotyczące stopnia degeneracji pasm o liniowej dyspersji. Innymi słowy przybliży nas do odpowiedzi na pytanie, czy do opisu niezwykle ruchliwych cząstek w istocie jest uprawnione stosowanie hamiltonianu Weyla. Istotnym aspektem związanym z analizą wpływu krzywizny Berry'ego na własności termoelektryczne trójwymiarowych układów o nietrywialnej topologii są badania porównawcze semimetali Weyla i Diraca. Wyniki pomiarów współczynników Nernsta i Seebecka w zakresie słabych pól magnetycznych i w granicy $T = 0$ będą analizowane w oparciu o istniejące modele teoretyczne, zgodnie z którymi należy oczekiwać jakościowo różnego anomalnego efektu Nernsta w semimetalach Weyla i Diraca.

Wszystkie eksperymenty planuje się wykonać w Laboratorium Ultra-Niskich Temperatur INTiBS PAN we Wrocławiu, wykorzystując dwie ^3He - ^4He chłodziarki rozcieńczalnikowe ($T_{\text{base}} = 75 \text{ mK} + B \leq 14.5/16 \text{ T}$; $T_{\text{base}} = 35 \text{ mK} + B \leq 7.7 \text{ T}$) umożliwiające m.in. pomiary siły termoelektrycznej, efektu Nernsta, oporu elektrycznego i efektu Halla.