

Nadprzewodnictwo w układach ciężkofermionowych jest jednym z najbardziej intrygujących, wciąż nierozwiązanych problemów współczesnej fizyki materii skondensowanej. Dzieje się tak ze względu na szczególny charakter stanu nadprzewodzącego, którego nie udaje się opisać w języku konwencjonalnej teorii nadprzewodnictwa, jak również z uwagi na różnorodność niezwyklej własności fizycznych obserwowanych w stanie normalnym. Mikroskopowym źródłem tych anomalnych zachowań są silne oddziaływania elektronowe w układach metalicznych zawierających zlokalizowane momenty magnetyczne. W ostatnich latach dokonał się znaczący postęp w opisie makroskopowych konsekwencji konkurencji, współistnienia lub też współdziałania nadprzewodnictwa i magnetyzmu. Tym niemniej, wciąż brak jest spójnej, uniwersalnej teorii niekonwencjonalnego nadprzewodnictwa powodowanego fluktuacjami magnetycznymi, a coraz bogatsza baza danych doświadczalnych przyczynia się do formułowania coraz to nowych wyzwań naukowych w tej dziedzinie.

Przed kilkoma tygodniami podniesiony został w przedmiotowej literaturze problem wzajemnej relacji nadprzewodnictwa i dalekozasięgowego uporządkowania antyferromagnetycznego w materiałach ciężkofermionowych, których sieci krystaliczne zawierają więcej niż jedną nierównoważną pozycję dla zlokalizowanych momentów magnetycznych. W wyniku ich oddziaływania ze spinami elektronów przewodnictwa może pojawić się sytuacja, w której porządek magnetyczny związany będzie tylko z jedną z podsieci, natomiast druga będzie posiadała słabo spolaryzowany, ciężkofermionowy stan podstawowy, a krytyczne fluktuacje magnetyczne doprowadzą do utworzenia się kondensatu nadprzewodzącego.

W niniejszym projekcie zamierzamy zbadać intrygującą hipotezę o możliwości współistnienia dwóch porządków kooperatywnych w tym samym materiale, z których każdy przypisany jest do odrębnego układu elektronowego w przestrzeni odwrotnej, lecz jednak sprzężonych ze sobą silnymi oddziaływaniami. Scenariusz ten jest nowym spojrzeniem na wzajemną relację między magnetyzmem i nadprzewodnictwem, która może realizować się w niektórych układach z silnymi korelacjami elektronowymi.

W projekcie zaplanowano kompleksowe badania własności magnetycznych, transportowych i cieplnych bardzo ważnej merytorycznie klasy nadprzewodników ciężkofermionowych na bazie ceru o ogólnej formule chemicznej  $Ce_nT_mIn_{3n+2m}$ , gdzie T jest *d*-elektronowym metalem przejściowym. Wytypowane do badań materiały są bardzo słabo poznane lub też zupełnie dotąd nieznanne, a uzyskiwane wyniki eksperymentalne interpretowane będą w odniesieniu do bardzo bogatej bazy danych literaturowych dla innych, dokładnie już zbadanych związków z tej samej rodziny. Pomiarów fizycznych prowadzone będą na próbkach monokrystalicznych, w szerokim zakresie temperatur, pól magnetycznych i ciśnień hydrostatycznych, z wykorzystaniem bardzo wielu nowoczesnych technik badawczych, w tym spektroskopowych, dostępnych w laboratoriach rodzimego instytutu, bądź też u współpracowników krajowych oraz licznych partnerów zagranicznych. Działaniom tym towarzyszyć będą obliczenia struktur elektronowych z zasad pierwszych i modelowanie teoretyczne, realizowane przy współpracy naukowej z ekspertami w przedmiotowej dziedzinie.

Oczekuje się, że realizacja projektu nie tylko przyczyni się do istotnego poszerzenia wiedzy na temat ciężkofermionowych nadprzewodników typu  $Ce_nT_mIn_{3n+2m}$ , ale też przyczyni się do pełniejszego zrozumienia fundamentalnych mechanizmów odpowiedzialnych za współistnienie magnetyzmu i nadprzewodnictwa w innych układach z silnie skorelowanymi elektronami. Spodziewać się można, iż przypisanie dwóch nominalnie antagonistycznych zjawisk kooperatywnych odrębnym podsieciom Kondo, których jednoczesne występowanie może mieć charakter konkurencji, ale też wzajemnego wzmacniania się oddziaływań, doprowadzi do sformułowania wniosków o charakterze uniwersalnym. Tym samym, wyniki projektu mogą przyczynić się do zbudowania nowej teorii nadprzewodnictwa, obejmującej swoim zakresem nadprzewodnictwo niekonwencjonalne, pojawiające się na granicy niestabilności magnetycznej, obserwowane nie tylko w nadprzewodnikach ciężkofermionowych, ale też w miedzianach, pniktydkach i chalcogenidkach żelaza, czy też w nadprzewodnikach organicznych.