

## POPULARNONAUKOWE STRESZCZENIE PROJEKTU (W JĘZYKU POLSKIM)

Nadprzewodnictwo – fascynujący stan materii, w którym prąd elektryczny może płynąć bez strat (zerowy opór) zostało odkryte ponad 100 lat temu. Najważniejsze osiągnięcia w badaniach eksperymentalnych jak i opisie teoretycznym nadprzewodnictwa uhonorowano wieloma Nagrodami Nobla. Niestety, zastosowanie nadprzewodnictwa w technice jest poważnie ograniczone koniecznością stosowania kosztownego ciekłego helu jako chłodziwa niemniej w powszechnym użyciu są już nadprzewodnikowe elektromagnesy do wytwarzania silnych pól magnetycznych w laboratoriach naukowych i w diagnostyce medycznej (obrazowanie przy pomocy rezonansu magnetycznego) a także wykorzystujące nadprzewodnictwo bardzo czułe urządzenia pomiarowe (SQUID).

Nadprzewodnictwo i magnetyzm – dwa kwantowe zjawiska manifestujące się w skali makroskopowej należą do najważniejszych zagadnień współczesnej fizyki ciała stałego. Przez długi czas uważano, że nadprzewodnictwo i dalekiego zasięgu porządek magnetyczny to zjawiska wykluczające się jednakże w nielicznych przypadkach zaobserwowano współistnienie nadprzewodnictwa z uporządkowaniem antyferromagnetycznym i również, chociaż rzadziej, ferromagnetycznym.

Ogromne zainteresowanie wzbudziła odkryta ostatnio grupa nadprzewodników zawierających żelazo jako jeden z głównych składników. W tych związkach żelazo ( $\text{Fe}^{2+}$ ) porządkuje się antyferromagnetycznie w postaci fal gęstości spinowej (SDW) zaś nadprzewodnictwo ujawnia się gdy porządek SDW zostaje zniszczony wskutek domieszkowania chemicznego lub pod działaniem wysokiego ciśnienia. Wśród nadprzewodników żelazowych szczególnie ciekawe, unikalne właściwości posiada związek  $\text{EuFe}_2\text{As}_2$ . W tym połączeniu oprócz porządku SDW żelaza ( $T_{\text{DSW}}=198\text{ K}$ ), dodatkowo jony europu  $\text{Eu}^{2+}$  porządkują się antyferromagnetycznie w temperaturze  $T_{\text{N}}=19\text{ K}$ , co więcej, chemiczne domieszkowanie prowadzi do wystąpienia również nadprzewodnictwa. Przykładowo,  $\text{EuFe}_2\text{As}_2$  domieszkowanym fosforem lub rutenem stwierdzono współistnienie nadprzewodnictwa i ferromagnetycznego uporządkowania  $\text{Eu}^{2+}$  zaproponowano również występowanie spontanicznych worteksów. Tak więc,  $\text{EuFe}_2\text{As}_2$  okazuje się być idealnym układem do badania wzajemnych relacji między nadprzewodnictwem i magnetyzmem.

Z nielicznych doniesień literaturowych wynika intrygujący fakt, że częściowe zastąpienie żelaza nikiem w  $\text{EuFe}_2\text{As}_2$  chociaż powoduje zniszczenie porządku SDW to jednak nie prowadzi do wystąpienia nadprzewodnictwa. Paradoksalnie, wyjaśnienie przyczyn takiego zachowania mogłoby wnieść znaczący wkład do wiedzy o nadprzewodnictwie i magnetyzmie całej grupy nadprzewodników żelazowych.

Ostatnio doniesiono, że stąpienie w  $\text{EuFe}_2\text{As}_2$  połowy Eu jonami o dużym promieniu jak  $\text{Rb}^+$  czy  $\text{Cs}^+$  prowadzi do separacji Eu i Rb (lub Cs) na oddzielnych płaszczyznach w strukturze krystalicznej. Tak otrzymane związki  $\text{EuRbFe}_4\text{As}_4$  i  $\text{EuCsFe}_4\text{As}_4$  wykazują nadprzewodnictwo i uporządkowanie ferromagnetyczne  $\text{Eu}^{2+}$ .

Celem proponowanego Projektu jest zbadanie współistnienia nadprzewodnictwa z uporządkowaniem magnetycznym w wybranych nadprzewodnikach żelazowych zawierających europ mianowicie  $\text{EuFe}_{2-x}\text{Ni}_x\text{As}_2$ ,  $\text{EuRbFe}_4\text{As}_4$  i  $\text{EuCsFe}_4\text{As}_4$ . Planujemy wyhodowanie serii monokryształów wymienionych związków oraz systematyczne zbadanie ich właściwości magnetycznych oraz transportu elektronowego w niskich temperaturach i zewnętrznym polu magnetycznym zarówno pod normalnym jak również pod wysokim ciśnieniem. Badania doświadczalne zostaną uzupełnione obliczeniami z zasad pierwszej struktury elektronowej wymienionych materiałów.

Wyniki przeprowadzonych badań i obliczeń wniosą znaczący wkład w zrozumienie właściwości nadprzewodników żelazowych. Mamy nadzieję wyjaśnić przyczynę braku nadprzewodnictwa w  $\text{EuFe}_2\text{As}_2$  domieszkowanym nikiem. Uzyskane po raz pierwszy monokryształy  $\text{EuRbFe}_4\text{As}_4$  i  $\text{EuCsFe}_4\text{As}_4$  umożliwią poznanie ich anizotropowych właściwości magnetycznych oraz wzajemnych relacji uporządkowania magnetycznego i nadprzewodnictwa.