

## Streszczenie

W niniejszej rozprawie opisano syntezę i badania właściwości fizycznych kilku związków zbudowanych z klastrów endohedralnych. Ich własności fizyczne zostały opisane po raz pierwszy za pomocą pomiarów podatności magnetycznej, ciepła właściwego i transportu elektrycznego.

Pierwsza część pracy opisuje budowę związków endohedralnych, syntezę materiałów wykonanych podczas badań oraz wzory, modele i metody wykorzystane do opisu właściwości fizycznych zbadanych związków. Opis teoretyczny przedstawiony na początku pracy jest wykorzystany w kolejnych rozdziałach jako przykłady zależności i relacji występujących pomiędzy mierzonymi czynnikami. Zachowanie przykładowych związków przyjęte było jako swoisty „punk referencyjny” dla dalszej analizy. Kolejne rozdziały zawierają opisy własności fizycznych związków:  $RuAl_6$ ,  $Zr_5Al_4$ ,  $Os_4Al_{13}$ ,  $PdGa_5$ ,  $M_2Al_9$  (gdzie  $M = Co, Rh, Ir$ ),  $MCo_2Al_9$  (gdzie  $M = Sr, Ba, Eu$ ) oraz  $RE_3Ni_5Al_{19}$  (gdzie  $RE = Y, Nd, Sm, Gd, Tb, Dy, Ho$  i  $Er$ ).

Badane materiały uwzględniały nadprzewodniki:  $RuAl_6$ ,  $Zr_5Al_4$ ,  $Os_4Al_{13}$  oraz  $PdGa_5$ , których temperatury krytyczne wyniosły odpowiednio  $T_c = 1.21$  K, 1.82 K, 5.29 K i 1.60 K. Po raz pierwszy zostały ustalone ich właściwości i parametry stanu nadprzewodzącego. Związki zawierające glin okazały się być nadprzewodnikami typu II, podczas gdy związek z galem jest nadprzewodnikiem pośrednim między typem I a II. Reguły Matthiasa posłużyły jako odniesienie w celu próby ustalenia pochodzenia nadprzewodnictwa w otrzymanych próbkach. Badania pomogły rozszerzyć diagram endohedralnych nadprzewodników i ustalić rolę struktury w przewidywaniu stanu nadprzewodnictwa. Otrzymane temperatury krytyczne zostały porównane ze znanymi informacjami na temat galowych związków endohedralnych i dały przesłanki do stworzenia podobnego diagramu dla endohedralnych nadprzewodników z glinem.

Dodatkowo w pracy zostały przedstawione właściwości fizyczne innych serii związków, które posiadają ciekawe własności. Związki z rodziny  $M_2Al_9$  (gdzie  $M = Co, Rh, Ir$ ) po raz pierwszy zostały opisane jako materiały charakteryzujące się dużym, nienasycającym się magnetooporem. Jego wartości sięgają 270%, 830% oraz 210% odpowiednio dla  $Co_2Al_9$ ,  $Rh_2Al_9$  i  $Ir_2Al_9$  w najniższej temperaturze ( $T = 1.9$  K).

Synteza oraz badania serii związków  $MCo_2Al_9$  (gdzie  $M = Sr, Ba, Eu$ ) pozwoliły odkryć złożone, schodkowe zachowanie własności magnetycznych  $M(H)$   $EuCo_2Al_9$  poniżej  $T = 3.5$  K. Zjawisko to jest obserwowane w przypadku przyłożenia pola magnetycznego wzdłuż osi  $c$  kryształu, podczas gdy w płaszczyźnie  $(ab)$  widoczny jest tylko jeden punkt nasycenia  $M(H)$ . Zachowanie to zostało opisane wykorzystując model najbliższych sąsiadów Isinga. Według niego spiny najbliższych sąsiadów jonu  $Eu^{2+}$  są sprzężone ferromagnetycznie wzdłuż osi  $c$ , podczas gdy w płaszczyźnie  $ab$  (gdzie obecna jest trójkątna sieć jonów) występuje frustracja geometryczna.

Na koniec opisano syntezę i własności fizyczne rodziny związków  $RE_3Ni_5Al_{19}$  (gdzie  $RE = Y, Nd, Sm, Gd, Tb, Dy, Ho$  i  $Er$ ). Przeprowadzone badania ujawniły złożone własności magnetyczne tych związków, z widocznymi nawet trzema przemianami dla  $RE = Sm, Gd, Tb$  i  $Dy$ . Jedyne w  $Y_3Ni_5Al_{19}$  nie znaleziono przemian magnetycznych. Najwyższa temperatura przemiany występująca w cieple właściwym została narysowana w funkcji czynnika de-Gennesa. Wszystkie próbki oprócz  $Gd_3Ni_5Al_{19}$  zachowały skalowanie de-Gennesa. To zjawisko jest najprawdopodobniej związane z brakiem wkładu orbitalnego do całkowitego momentu magnetycznego w jonie  $Gd^{3+}$  ( $S=7/2, L=0$ ).

Badania właściwości fizycznych związków zawierających klastry endohedralne są istotne do ustalenia empirycznych zasad tworzenia nowych materiałów o pożądanych właściwościach. Odkrycie uniwersalnego „przepisu” syntezy nadprzewodnika byłoby pierwszym krokiem do stworzenia takich metod. Zaprezentowane badania doprowadziły do syntezy i zbadania własności nowych materiałów oraz opisanie właściwości fizycznych znanych układów. Otrzymane wyniki mogą pozwolić na stworzenie diagramu glinowych endohedralnych nadprzewodników i pomóc ustalić, dlaczego pewne materiały są nadprzewodnikami, podczas gdy inne posiadają inne interesujące własności fizyczne.