

## Posudek školitele na doktorské studium Mgr. Zdeňka Švindrycha

Doktorské studium Zdeňka Švindrycha bylo zaměřeno na měření vlastností velmi kvalitních vzorků magnetitu ve slabých magnetických a elektrických polích. Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) je oxid přechodového kovu. Podle některých teoretiků by přechod „kov-izolátor“ v magnetitu, známý jako Verweyův přechod, mohl mít souvislost s vysokoteplotní supravodivostí kuprátů. Protože se naše laboratoř dlouhodobě zabývá studiem supravodivých materiálů, včetně vysokoteplotních supravodičů, přivedla nás tato domněnka ke studiu vybraných vlastností magnetitu. Fyzikální vlastnosti magnetitu jsou velmi citlivé na stechiometrii vzorků. Studované vzorky syntetického magnetitu, které patří mezi nejkvalitnější na světě, byly získány z laboratoří vedených V.A.M. Braberssem (Eindhoven University of Technology, Eindhoven, The Netherlands) a J.M. Honigem (Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA).

Zdeněk Švindrych pečlivě provedl a vyhodnotil řadu magnetických a elektrických měření vzorků magnetitu při teplotách v okolí Verweyova přechodu a nižších. Magnetická měření byla udělána na nekomerčním skvidovém magnetometru, který umožňuje kontinuální měření změny spontánního magnetického momentu a střídavé magnetické susceptibility s teplotou. Také elektrická a dielektrická měření byla provedena v tomto magnetometru, pomocí sondy navržené a vyrobené k tomuto účelu. Elektromagnetické stínění magnetometru umožňuje měření ve slabých polích a studovat tak slabě excitovaný základní stav. Zdeněk Švindrych sestavil aparaturu umožňující kromě měření komplexní střídavé elektrické vodivosti i náročná měření stejnosměrné elektrické vodivosti při nízkých teplotách, kdy je vodivost vzorků velmi malá. Pro řízení experimentu počítačem a zpracování dat napsal potřebné programy. Tato měření potom pečlivě vyhodnotil.

K nejdůležitějším výsledkům práce Zdeňka Švindrycha patří:

- Podrobné změření teplotní závislosti změny střídavé magnetické susceptibility v okolí Verweyova přechodu, které jasně ukazuje hysterezi (0,5 K při 123 K) mezi susceptibilitou změřenou při chlazení a ohřívání i při velmi malé rychlosti změny teploty vzorku. To potvrzuje fázový přechod 1. druhu. Přitom spontánní magnetický moment vzorku pod a nad přechodem je stejný (nulový), i když jeho variace během přechodu ukazuje, že dochází k reorganizaci magnetických momentů.
- Teplotní závislost nízkofrekvenční střídavé magnetické susceptibility ve slabém poli v rozmezí 30 až 60 K je dobře popsána Debyeovým modelem s jednou relaxační dobou a Arrheniovskou teplotní závislostí.
- Podle dostupných informací bylo poprvé pozorováno, že nízkoteplotní anomálie střídavé magnetické susceptibility při teplotě pod 30 K souvisí s historií stejnosměrného magnetického pole a teploty vzorku a že může být excitovaná dostatečně velkou změnou stejnosměrného pole.
- Podle dostupných informací měření stejnosměrné elektrické vodivosti poprvé ukázala, že transport elektrického náboje při teplotách pod Verweyovým přechodem se děje přeskokovým mechanismem, známým jako Mottova vodivost, až do heliových teplot.
- Teplotní závislost nízkofrekvenční střídavé elektrické vodivosti podobně jako střídavou susceptibilitu popisuje Debyeův model s Arrheniovskou teplotní závislostí relaxační doby. I když se aktivační energie a relaxační kmitočty obou jevů příliš neliší, společný původ nejspíše nemají.

- Pozorované obrovské hodnoty dielektrické funkce vzorků nezávisí na typu elektrod a ukazují tak spíše na heterogenní nanostrukturu, podobně jako nelineární stejnosměrné proudově-napěťové charakteristiky vzorků.

Zdeněk Švindrych prokázal, že je zručný experimentátor, který umí navrhnout, připravit, provést a vyhodnotit náročná měření magnetických a elektrických vlastností vzorků. Pro srovnání s měřeními na monokrystalech magnetitu provedenými v jiných laboratořích a s jejich interpretací prostudoval a použil dostupnou literaturu. Jeho práce přinesla původní vědecké výsledky, získané na základě mezinárodní spolupráce. Nejdůležitější výsledky byly publikovány v impaktovaných mezinárodních časopisech. Zdeněk Švindrych tak ukázal, že je schopen samostatné vědecké činnosti.

Na základě výše uvedeného doporučuji předkládanou práci Zdeňka Švindrycha „Low-field excitations in magnetite“ uznat za doktorskou práci.

V Praze dne 15. srpna 2013

RNDr. Zdeněk Janů, CSc.