

"Hyperfine interactions in magnetic iron oxides with nonmagnetic substitutions"

Uchazečka: Olena Gamaliy


Disertační práce byla vypracována na Katedře nízkých teplot Matematicko-fyzikální fakulty University Karlovy. Školitekou uchazečky byla paní docentka Helena Štěpánková, CSc. Předmětem disertace bylo studium vlivu substitucí diamagnetickými kationty na velikost a anizotropii hyperjemného pole na jádrech ^{57}Fe užitím nukleární magnetické rezonance (NMR) magnetických oxidů s granátovou resp. spinelovou strukturou. Jejich reprezentaty jsou železito-yttritý granát, resp. magnetit.

Téma disertace je aktuální z hlediska základního výzkumu i aplikací. Versatilita granátové struktury (zřejmě nejsložitější kubická prostorová grupa) umožňuje zabudování poloviny prvků Mendělejevovy tabulky. V této práci je pozornost věnována diamagnetickým substitucím, z nichž zřejmě nejsložitější i nejzajímavější je substituce Bi. Elektronové struktury kationtů obsažených v této skupině granátů se (před započtením symetrie kyslíkových mnohostěnů) vyznačují sférickou symetrií (s výjimkou případu substituce kationty Ca^{2+}). Nejdéle známý magnetický materiál magnetit je zajímavý nejen pro fyziku, ale i pro biologii. Kationty železa obsahuje jako trojmocné i dvojmocné (tj. s nenulovým orbitálním momentem). Studium těchto dvou tříd magnetických oxidů přispívá k obecnému pochopení fyziky magneticky uspořádaných oxidů (např. mechanismu výměnných interakcí, přenosu náboje mezi Fe^{3+} a Fe^{2+} nebo Fe^{3+} a Fe^{4+}). Železité granáty nacházejí praktické uplatnění v oboru mikrovlnných komunikací, zkoumá se jejich využití jako nového materiálu pro magnetooptický záznam, senzory mikrovlnných polí, mikrovlnné rezonátory s vysokým činitelem jakosti v obvodech mikrovlnných oscilátorů, mikrovlnné filtry, frekvenčně selektivní omezovače mikrovlnného výkonu, nereciproké prvky v mikrovlnné technice a integrované optoelektronice, vysokofrekvenční modulátory optických svazků, ap. Cílem disertace je studium hyperjemných interakcí a zjištění jejich vztahu k pozorovaným fyzikálním vlastnostem těchto magnetických oxidů. Metoda NMR může v principu identifikovat krystalografickou polohu, kterou vybraný kationt obsazuje a určit jeho valenci, případně stupeň kovalence jeho vazby. V principu může podat informace o velikosti supravýměnných interakcí a o jejich teplotní závislosti.

Po úvodní kapitole následuje kapitola věnovaná NMR v magneticky uspořádaných materiálech. Třetí kapitolu tvoří přehled o struktuře, fyzikálních vlastnostech a NMR ve studovaných materiálech. Má část zaměřenou na dvoupodmřížkové granáty a část zaměřenou na magnetit, čistý i s diamagnetickou substitucí. Zpracování je pečlivé a podrobné. Zdůrazňuje přístupy založené na symetrii. Vyznačuje mnohá úskalí spojená se studiem těchto materiálů, mimo jiné i omezení čistě iontových modelů. Experimentální výsledky disertace a jejich diskuse jsou obsaženy v kapitole čtvrté. Pátá kapitola je shrnutím disertace.

Náměty k diskusi a dotazy. (1) Ze srovnávací studie magnetických vlastností plyne zvýšení Curieovy teploty v $\text{Bi}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ vůči $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$. To je zřejmě způsobeno zesílením dominantní supravýměnné interakce $a-d$. Interpretace by měla obsahovat sdělení, zda toto zesílení bylo potvrzeno měřeními NMR. (2) V souvislosti s interpretací NMR v magnetitu substitutovaném Al a Ga se uvádějí rozdílné preference těchto kationtů pro obsazování krystalografických poloh. Tento předpoklad by měl obsahovat srovnání s výsledky měření magnetizace substituovaných magnetitů. Jak je při takto nízkých koncentracích diamagnetických iontů ovlivněna Curieova teplota a jaká je role krystalografických poruch a nečistot? V kapitole třetí se uvádí řada možných vysvětlení pro chování magnetitů v oblasti Verweyova přechodu. Ke kterému z vysvětlení se uchazečka přiklání na základě výsledků vlastních měření NMR? Bylo by možné z výsledků získat informace o teplotních závislostech magnetických momentů podmřížek a na jejich základě získat parametry molekulárních polí vhodných pro výpočet teplotních závislostí magnetizace? (3) Obecný dotaz. Potvrdily výsledky získané v této disertaci naše představy o fyzikálních vlastnostech studovaných materiálů? Případně v jakém směru tyto představy

rozšířily? (4) Při obhajobě by bylo vhodné uvést podíl uchazečky na zdokonalení metodiky NMR v laboratoři a podíl na publikacích uveřejněných se spoluautory.

Přínos disertace spočívá zejména v původních výsledcích (1) studia granátu $\text{Bi}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ (2) studia diamagneticky substituovaného magnetitu, které mohou vézt ke zdokonalení interpretace anomálií pozorovaných i v samotném magnetitu bez příměsí. 

Závěr. Domnívám se, že předložená práce splňuje požadavky kladené na disertační práci absolventky postgraduálního studia ve fyzikálním oboru F-3, Fyzika kondensovaných látek a materiálový výzkum. Práce přináší výsledky publikované v recenovaných časopisech, na nichž se uchazečka podílí jako členka vědeckého týmu s mezinárodní pověstí. Uchazečka prokázala předpoklady k samostatné vědecké práci. Doporučuji, aby na základě úspěšné obhajoby této disertace byl uchazečce udělen titul **doktor**.

V Praze, dne 10. listopadu 2006

