

Opponensi vélemény Tóth Boglárka „Spectroscopic studies in magnetoelectric and spiral antiferromagnets” című doktori értekezéséről

A dolgozat témája időszerű, a disszertáció alapjául szolgáló három publikáció nivós folyóiratokban jelent meg (1 D1-es, 2 Q1-es besorolású), és bár a legutolsó publikáció óta még csak alig fél év telt el, már érkezett rá független hivatkozás, melyek azt mutatják, hogy a kutatási téma releváns és érdeklődésre tart számot. Az elért eredmények kiemelkedőnek mondhatók, melyben a Jelöltnek meghatározó szerepe volt. Ezt támasztja alá, hogy a dolgozat alapjául szolgáló közleményekben Jelölt elsőszerzős. Megemlíteném továbbá, hogy Jelöltnek további egy Q1-es közleménye jelent meg, melynek tartalmával a dolgozat nem foglalkozik.

Jelölt modern spektroszkópai technikákkal, valamint neutron diffrakcióval vizsgált magnetoelektromos és antiferromágneses anyagokat (BiFeO_3 , MnSc_2S_4 , LiCoPO_4) a látható spektrumtól a mikrohullámokig. Eredményeit értelmezte elméleti modelleken keresztül, az egyes kimért rezonanciákat azonosította az elméletben meghatározott módusokkal. Ezenkívül megépített egy egyszerű, alacsony hőmérsékleten is működő szkennelő mikroszkópiás elrendezést, amellyel megfigyelte LiCoPO_4 antiferromágneses tartományait, amelyek a nulltérbeli hűtés során alakultak ki a mágneses rendezettségi hőmérséklet (TN) átlépésekor.

A színvonalas dolgozat 120 oldalas, arányos felépítésű, melynek végén található a saját közlemények mellett a 226 elemű irodalomjegyzék, ami széles tárgyi tudásról ad tanúbizonyságot. Az angol nyelvű disszertáció gördülékeny, könnyen olvasható, a struktúrája jól felépített, elírást/elütést én csupán három helyen találtam (31. oldal, (3.11)-es egyenlet alatt „it” helyett „is” szerepel; 37. oldal utolsó előtti mondatában véletlenül kétszer írt „the the”, 68. oldal 4. bekezdésének első mondatában véletlenül egybeíródott „of BiFeO_3 ”).

A tartalomjegyzéket, majd egy 3 oldalas bevezetőt (1. fejezet) követően egy 8 oldalas elméleti háttér foglalja össze a dolgozatban szereplő anyagok megértéséhez szükséges ismereteket a 2. fejezetben, majd a 18 oldalas 3. fejezet mutatja be a mérési módszereket kitérve a spektroszkópai- és a neutron diffrakciós alapokra. A 43. oldaltól a 93. oldalig a 4., 5. és 6. fejezetek fejtik ki a téziseket alátámasztó mérési eredményeket anyagok szerint csoportosítva.

A 4. fejezetből kiemelendő, hogy Szerző a LiCoPO_4 antiferromágneses doménjeinek vizsgálata során sikeresen kimutatta, hogy a két domén között akár 34%-os elnyelési különbség is lehet 1597 nm-es hullámhosszon. Ezt a nagy különbséget a Co^{2+} ionok kristálytér-gerjesztésével magyarázta. Ez az eredmény hasznos lehet például optikai diódák vagy szigetelők fejlesztésében. Szerző az abszorpciós eltérést felhasználta a domének leképezésére, amit az általa épített alacsony hőmérsékletű szkennelő mikroszkóppal valósított meg.

Az 5. fejezetből kiemelendő, hogy Szerző a BiFeO_3 anyagon végzett munkája során elsősorban a magas hőmérsékleten stabilis transzverzális konikus fázist vizsgálta. Neutron-szórási mérések

segítségével kimutatta, hogy ebben a tartományban egy mágneses tér hatására kialakuló modulált szerkezet jelenik meg, ahol a modulációs vektor párhuzamos az alkalmazott térrel — ellentétben a cikloidális fázissal. Ezeket az eredményeket mágneses mérésekkel összevetve sikerült igazolni a korábban javasolt transzverzális konikus fázis létét. Ezt követően feltérképezte az ebben a fázisban megjelenő spin-gerjesztéseket, és legalább öt különálló módot azonosított, melyek közül kettő átvezet a CAFM (canted antiferromagnetic) fázis gerjesztéseibe. Kiemelkedő megfigyelés volt az irányfüggő dikroizmus egyes módusok esetén, amely közvetlenül a magnetoelektromos csatolás következménye. Kollégáival együttműködve sikeresen modellezték ezen módusok mágneses térfüggését, és meghatározták a mikroszkopikus kölcsönhatások paramétereit.

A 6. fejezetből kiemelendő, hogy Szerző az anyag rendezettségi fázisaiban jelen lévő mágneses gerjesztések után kutatott, különös tekintettel az antiferromágneses szkirmionokra, mivel korábbi rugalmas és rugalmatlan neutronszerkezetes kísérletek, valamint Monte Carlo szimulációk eredményei alapján MnSc_2S_4 -ban töredékes antiferromágneses szkirmionrácsot feltételeztek. Bár további spinrezonanciák hiányát tapasztalta, ez az eredmény is fontos információkat hordoz a spinparaméterekre vonatkozóan.

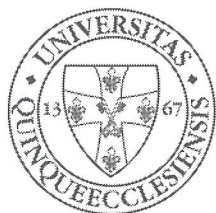
Ezt követi a 7. fejezetben egy két oldalas összefoglaló, amely a tézispontokat is tartalmazza. A 95. oldalon szerepelnek Szerző publikációi, végül a dolgozat az irodalomjegyzékkel zárul.

Megjegyzések:

- 21. oldal, 3.1.1-es alfejezet első bekezdésében a bevezető nem követ egy egyértelmű és logikus sorrendet. Átugrik a rácsok általános használatáról, a monokromátor szükségességére, majd visszatér a diszperzív elemekhez, mielőtt részleteznék a rácsokat. Ez kissé zavaró az olvasó számára
- 29. oldal, 3.1.2-es alfejezetben a főszövegben felcseréli a 3.6-os ábrán lévő Faraday és Voigt elrendezéseket
- Javíthatta volna az 5.2-es ábrához tartozó képaláírást, ha a kapcsolódó publikációhoz hasonlóan megadja, hogy mit jelentenek az egyes szimbólumok (háromszög, csillag)
- Különösen hasznos és szemléletes az 5.16-os ábra, amelyet jól kiegészíthetett volna egy táblázat, melyben kigyűjtve vannak az egyes módusok és paramétereik.
- A 6.6-os ábra (b) része kicsit elcsúszott

Kérdések:

1. A 4.4-es ábrához kapcsolódóan kérem Jelöltet mondja el, hogyan győződött meg róla, hogy a minta a fókusz síkban van, továbbá, hogy milyen vastagságú minták vizsgálhatóak az elrendezéssel?
2. Az 5.3-as fejezetben foglalkozik Jelölt BiFeO_3 THz-es abszorpciós spektrumával, ugyanazzal a mérőműszerrel, amivel megvizsgálta MnSc_2S_4 spektrumát is a 6.2-es fejezetben. Utóbbi helyen leírja, hogy bár 0.1-től 3 THz-ig vették fel a spektrumokat, csak 0.6 THz-ig ábrázolja az eredményeket, mert e fölött nincs mágnesestér-függő spin gerjesztés. Bár 5.3-ban Szerző nem adja meg a vizsgált spektrális tartományt, azonban 5.12-ről leolvasható, hogy az 0.1-től 1 THz-ig tartott. Kérdésem, BiFeO_3 esetén mi volt az oka, hogy a magasabb frekvencia tartományt nem vizsgálták?



3. A 6.2-es fejezetben mérései alapján megállapítja, hogy a mágneses szuszceptibilitás értéke, $\chi_0^m = 2.5 \cdot 10^{-3}$, ami egy nagyságrenddel eltér egy korábban publikált értéktől, amire magyarázatként felveti, hogy további rezonanciák lehetnek 50 és 100 GHz között. A 3.1.2-es fejezetben írja, hogy a THz-es spektroszkóp mérési tartománya 75 GHz-től indul, miért nem ettől az alsó határtól indították a méréseket?
4. 6.2.1-ben írja Szerző, hogy a spektrum "hullámossága" a mintában történő reflexiókból származik. Hogyan lehetett volna elérni, hogy a reflexiók ne jelenjenek meg a spektrumban, vagy kevésbé zavarják meg a mérést?

A tézisekben foglalt eredményeket új tudományos eredményeknek fogadom el. Az őket alátámasztó három referált nemzetközi publikáció, véleményem szerint, megfelelő és elégséges alapját képezi a doktori fokozat megszerzésének. A bemutatott eredmények alapján, sikeres védést követően a doktori (PhD) fokozat odaítélését indokoltnak és megalapozottnak tartom.

Pécs, 2025.04.30.



Dr. Polónyi Gyula Ákos

