

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

КУРНОСОВА Володимира Самуїловича «Спектроскопія багатопіддраткових антиферромагнетиків із сильною взаємодією магнітних, електронних та ґраткових збуджень», що подана на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук зі спеціальності 01.04.11 – магнетизм

Актуальність теми. Стрімкий розвиток обчислювальної та вимірювальної техніки дає можливість вирішувати все складніші фізичні задачі, включаючи такі, вирішення яких раніше було утрудненим або неможливим. У фізиці магнетизму до подібних задач належить розуміння та опис властивостей багатопіддраткових магнітних систем, у яких спектр енергій магнітних збуджень перекривається з діапазоном енергій ґраткових та електронних збуджень. Особливістю таких систем є притаманна їм різноманітність фазових станів, а також чутливість фазово-неоднорідних середовищ до дії різноманітних факторів як технологічного походження, так і зовнішніх впливів. Все це часто приводить до появи цікавих і нетривіальних ефектів, але суттєво утруднює інтерпретацію отриманих даних та прогнозування поведінки системи при зміні зовнішніх параметрів. Тому дисертаційна робота В.С. Курносова, яка спрямована на встановлення фундаментальних зв'язків між структурними особливостями багатопіддраткових антиферромагнетиків та формуванням їх магнітних, електронних і коливальних станів за допомогою спектроскопії розсіяння і поглинання електромагнітних хвиль, є **актуальною** і своєчасною.

Актуальність досліджень, які представлені в дисертаційній роботі, підтверджується також тим, що вони виконані в рамках тематичного плану фундаментальних досліджень відділу магнетизму Фізико-технічного інституту низьких температур ім. Б.І. Веркіна НАН України, зокрема, в рамках таких тем: «Статичні і динамічні властивості магнітоконцентрованих систем» (номер державного реєстру 0196U002953, термін виконання 1996-2000 рр.), «Низькотемпературні магнітні, оптичні і резонансні властивості сполук з сильною взаємодією магнітної, електричної і іонної підсистем» (номер державної реєстрації 0100U006266, термін виконання 2001-2003 рр.), «Низькотемпературні властивості магнітоконцентрованих фероїкових твердотільних систем» (номер державної реєстрації 0104U003035, термін виконання 2004-2006 рр.), «Низькотемпературні властивості мультифероїків та структурованих і металоорганічних магнетиків» (номер державної реєстрації 0107U000940, термін виконання 2007-2011 рр.), «Низькотемпературні магнітні та оптичні властивості фероїків» (номер державної реєстрації 0112U002636, термін виконання 2012-2016 рр.), «Фізичні властивості магнітоконцентрованих сполук і штучних структур з конкуруючими взаємодіями» (номер державної реєстрації 0117U002288, термін виконання 2017-2021 рр.), «Новітні магнітні системи з сильним зв'язком між електричними, магнітними і структурними властивостями та шляхи керування їх функціональними можливостями» (номер державної реєстрації 0118U100342, термін виконання 2018-2019 рр.).

Структура роботи. Дисертаційна робота В.С. Курносова складається з анотації, вступу, семи оригінальних розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

У **першому розділі** «Нетривіальні раманівські та люмінесцентні процеси в ланцюжкових квазіодновимірних антиферромагнетиках $\text{CsFeCl}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ та $\text{CsMnCl}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ » спостережено та ґрунтовно пояснено ефекти, що виникають в названих кристалах завдяки взаємодії ґраткової, спінової та електронної підсистем в різних комбінаціях їх статичних і динамічних проявів.

У **другому розділі** «Особливості формування спектрів коливальних та спінових збуджень квазіодновимірного холдейнівського антиферромагнетика $\text{SrNi}_2\text{V}_2\text{O}_8$ » розглянуто прояв ефекту псевдосиметрії у формуванні раманівського розсіяння на фонах, а також спостережено магнітні збудження двох типів, що відповідають холдейнівському щілинному та антиферромагнітно впорядкованому станам речовини.

Третій розділ «Вплив зарядового впорядкування на збудження ґраткової та магнітної природи в квазідвовимірних перовськітоподібних структурах» містить результати досліджень перовськітоподібних сполук квазідвовимірного типу, в яких наявність різновалентних станів одного й того ж парамагнітного іона створює ще один ступінь свободи – зарядовий. Вивчено наслідки зарядового впорядкування на коливальну та спінову підсистему.

Четвертий розділ «Літєві ортофосфати – двовимірні антиферромагнетики та лінійні магнітоелектрики: дослідження непружного розсіяння світла» присвячено вивченню особливостей коливального спектра, включаючи акустичні моди, та виявленню ефектів електрон-фононної взаємодії.

П'ятий розділ «Купрати з фрустрованою магнітною структурою» присвячено дослідженню квазідвовимірних та тривимірних кристалів з парамагнітним іоном Cu^{2+} та геометричною фрустрацією в схемах обмінних зв'язків. Виявлено та пояснено механізми, що забезпечують зв'язок спінової та ґраткової підсистем, та відображаються в аномальній поведінці відповідних мод в раманівських спектрах.

У **шостому розділі** «Фероборати Tb, Gd, Sm та Nd. Особливості динаміки ґратки, електронні стани рідкісноземельних іонів» представлено всебічні температурні та польові дослідження спектрів поглинання світла в далекому інфрачервоному та видимому діапазонах довжин хвиль в кристалах сімейства $\text{ReFe}_3(\text{BO}_3)_4$ ($\text{Re} = \text{Y}, \text{La-Nd}, \text{Sm-Ho}$).

Сьомий розділ «Магнетизм квазіодновимірних антиферромагнетиків з елементами геометричної фрустрації» присвячено дослідженням спінової динаміки кристалів, в яких антиферромагнітно взаємодіючі іони формують трикутні структури, тобто виконуються умови геометричної фрустрації. З'ясовано особливості формування спектрів спінових хвиль, що характеризуються присутністю плоских практично бездисперсних гілок.

Наукова і практична цінність отриманих результатів. Досягнуте в роботі розуміння фізичних чинників, що забезпечують взаємозв'язок різних ступенів свободи магнітних кристалічних сполук, є важливою складовою у розвитку фізики складних багатопідґраткових магнетиків та мультифероїків. Модельні розрахунки, виконані в дисертаційній роботі, дозволяють передбачити напрямки зміни властивостей під дією зовнішніх факторів. Деякі із сполук, що вивчалися в роботі, виходячи з їх унікальних властивостей, можуть знайти застосування в сучасних технологіях, зокрема, в пристроях магноніки.

Достовірність результатів, отриманих в дисертаційній роботі, впливає з добре відомих та апробованих спектроскопічних методик, що використовувалися в експериментальних дослідженнях. Автором запропоновано послідовну і

несуперечливу інтерпретацію експериментальних даних, яка узгоджується з результатами модельних розрахунків, а також із відомими із літератури даними, отриманими іншими дослідниками. Узгодженість результатів з даними, отриманими іншими методами та відомими теоретичними моделями, підтверджує їх **обґрунтованість**.

Новизна та актуальність одержаних в дисертації результатів не викликає сумніву. Вони пройшли апробацію на багатьох міжнародних і вітчизняних конференціях та повністю опубліковані у 20 статтях у провідних фахових наукових журналах, 3 статтях у закордонних фахових періодичних виданнях в якості матеріалів міжнародних конференцій, 1 електронному препринті та 13 тезах доповідей на міжнародних та вітчизняних конференціях. Автореферат повністю відображає зміст дисертації та її основні положення.

До найбільш цікавих, з моєї точки зору, можна віднести такі результати:

– вперше теоретично встановлено та експериментально підтверджено, що зигзагоподібність структури спінових ланцюжків забезпечує виникнення динамічної поляризованості, що уможливорює спостереження двомагنونних смуг розсіяння світла в квазіодновимірних антиферомагнетиках;

– вперше запропоновано метод опису кореляцій між інтенсивностями ліній полярних фононів в спектрах інфрачервоного поглинання та раманівського розсіяння світла, що враховує псевдосиметрію лігандного оточення іона, який задіяно в коливальних модах нецентросиметричних кристалів. Розроблений підхід вперше використано для пояснення фононних спектрів в феромагнетику Cu_2OSeO_3 , і зроблено висновок, що скорельовані зміни інтенсивностей смуг при магнітному впорядкуванні пов'язані з динамічним магнітоелектричним ефектом;

– вперше показано, що в квазіодновимірних геометрично фрустрованих антиферомагнетиках з трикутними структурними кластерами можуть формуватися практично недиспергуючі плоскі та слабкодиспергуючі моди, що відокремлені від низькочастотної частини спектра спінових хвиль широкою щілиною, існування яких робить такі структури перспективними для розробки пристроїв магنونіки.

Зауваження до тексту дисертації.

1. У деяких випадках (див, наприклад, розділи 3, 4, 6) автор не надає повного опису умов виготовлення і деталей характеристизації зразків, що досліджуються в роботі.

2. Підрозділ 3.2.5 містить детальні розрахунки спектральної форми двомагنونної смуги, що спостерігається в раманівському спектрі квазідвовимірного заміщеного лантан-стронцієвого нікелату. На мою думку, було б доцільніше їх повністю винести до додатку В, де знаходиться частина цих розрахунків.

3. У підрозділі 7.1.4, розглядаючи межі стійкості спінової щілини, автор посилається на теоретичні роботи, які оперують зі спіном $S=1/2$ в Δ -ланцюжку з трикутними ланками, в той час як у сполуці $\text{Fe}_2\text{O}(\text{SeO}_3)_2$, що обговорюється, спіні іонів заліза дорівнює $5/2$. Автор не наводить пояснення адекватності використаного ним підходу до аналізу процесів у $\text{Fe}_2\text{O}(\text{SeO}_3)_2$.

Однак, зазначені зауваження не знижують загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи і не зменшують достовірність отриманих результатів.

Робота є завершеною науковою працею, яка виконана на високому рівні. У ній вирішено важливу проблему у фізиці магнетизму, а саме: встановлено фундаментальні зв'язки між структурними особливостями багатопідграткових антиферомагнетиків та формуванням їх магнітних, електронних і коливальних станів за допомогою спектроскопії розсіяння та поглинання світла в далекому інфрачервоному та видимому діапазонах частот.

Вважаю, що за актуальністю вибраного напрямку роботи, обсягом досліджень, рівнем і кількістю наукових публікацій, новизною та науковим значенням результатів дисертаційна робота В.С. Курносова «Спектроскопія багатопідграткових антиферомагнетиків із сильною взаємодією магнітних, електронних та ґраткових збуджень» повністю відповідає всім вимогам МОН України щодо докторських дисертацій, зокрема, пунктам 9, 10 та 12 «Порядку присудження наукових ступенів», а автор роботи, Володимир Самуїлович Курносов заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора фізико-математичних наук зі спеціальності 01.04.11 – магнетизм.

Офіційний опонент:

доктор фізико-математичних наук,
професор, завідувач відділу фізики плівок
Інституту магнетизму НАН України та МОН України

О.І. Товстоліткін

Підпис

доктора фізико-математичних наук,
професора, завідувача відділу фізики плівок
Інституту магнетизму НАН України та МОН України
Товстоліткіна Олександра Івановича

засвідчую:

Вчений секретар
Інституту магнетизму НАН України та МОН України
канд. фіз.-мат. наук



А.О. Хребтов