

Відгук

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Лаванова Геннадія Юрійовича

«Термодинамічний опис фазових переходів в сильно негейзенбергівських магнетиках з одноіонною анізотропією»,

яка представлена на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.11 – магнетизм

Термодинаміка магнітних фазових переходів активно вивчається науковцями вже не одне десятиріччя. Але, не зважаючи на це, тут все ще залишається певне коло невирішених питань, як фундаментального, так і прикладного характеру. Сьогодні фундаментальні дослідження в цій області стимулюються різноманітними практичними потребами, важливими з точки зору стабільності та ефективності роботи пристроїв, що функціонують на основі достатньо великого магнітокалоричного ефекту. Дисертаційна робота Лаванова Г.Ю. присвячена теоретичному опису негейзенбергівських магнетиків з одноіонною анізотропією у яких спостерігається стрибкоподібне намагнічування при фазових переходах, що супроводжується значним магнітокалоричним ефектом.

Дисертація складається з вступу, шести розділів, висновків (до кожного розділу), списку використаних джерел (до кожного розділу). Повний обсяг дисертації – 134 сторінки, та 53 рисунки.

Метою дисертаційної роботи є теоретичний опис термодинаміки магнітних фазових переходів, магнітного впорядкування, побудова та аналіз фазових H-T діаграм станів та дослідження поведінки магнітокалоричного ефекту у негейзенбергівських магнетиках з одноіонною анізотропією в умовах конкуренцій взаємодій та одноіонної анізотропії.

Результати отримані у дисертації базуються на використанні чисельних та аналітичних розв'язків рівняння станів, отриманих з застосуванням

нерівноважної вільної енергії для різних магнітних моделей. Традиційно для опису таких систем застосовувалась теорія фазових переходів Ландау яка, як показано в дисертації, приводить лише до якісної відповідності моделі поведінці системи. Особливістю застосування обраного автором підходу дозволяє більш детально виявити причини та механізми виникнення фазових переходів у негеїзенбергівських магнетиках з одноіонною анізотропією.

Мета, методи дослідження, і деякі характеристики дисертації сформульовані у *вступі*. Аналіз літератури, проблеми і важливі визначення наведені у *першому* розділі.

У *другому* розділі досліджується вплив одноіонної легкоплощинної анізотропії на температурну поведінку ізінгівського двохпідграткового антиферомагнетика за відсутності магнітного поля. Показано, що зміна параметра одноіонної анізотропії змінює не лише рід, а й тип фазового переходу, що ілюструється на фазовій D-T діаграмі.

У *третьому* розділі розглядається двохпідгратковий ізінгівський антиферомагнетик у якому зовнішнє магнітне поле може спричиняти метамагнітний, або ізоструктурний фазовий перехід. Проаналізована поведінка магнітної ентропії (магнітокалоричний ефект) системи для обох видів фазових переходів.

У *четвертому* розділі проаналізовані стани і фазові перетворення ван – Флеківського парамагнетика з одноіонною анізотропією при $T=0$, що було здійснене за допомогою мінімізації функції Лагранжа, яка була записана як функціонал від параметрів хвильової функції основного стану іонів (з додатковою умовою нормування). Для кінцевих температур опис станів і магнітних квантових фазових переходів (індуковані магнітним полем), які супроводжуються магнітокалоричним ефектом, здійснювався в спосіб, аналогічний застосованому у розглянутих вище розділах. Спираючись на чисельні розрахунки, автором побудовано та проаналізовано фазові H-T діаграми станів.

У *п'ятому* розділі побудовано фазову Н-Т діаграму станів негейзенбергівського феромагнетика з обмінними взаємодіями другого та четвертого порядку по спіну. Встановлено зв'язок величини стрибка ентропії в точці фазового переходу від внеску величини негейзенбергівського обміну в обмінне поле.

І, нарешті, у *шостому* розділі описано індуковану магнітним полем послідовність фазових переходів, які відображені на побудованій фазовій Н-Т діаграмі станів. Перший – це ізоструктурний фазовий перехід між двома антиферомагнітними станами з різним значенням спінів підґраток, а другий – перехід з антиферомагнітного до феромагнітного стану. Розглянуто магнітокалоричний ефект для цих переходів.

Результати отримані в дисертації добре узгоджуються з експериментами інших авторів, що і забезпечує достовірність результатів дисертації.

Спираючись на вищесказане можна відзначити *основні результати*:

1. Встановлено механізм магнітного впорядкування у ізінгівському антиферомагнетика з одноіонною анізотропією легкоплосинного типу, у якому впорядкування відбувається завдяки фазовим переходам 1-го роду типу порядок-безпорядок, або типу зміщення.

2. Показано, що для двохпідґраткового ізінгівського антиферомагнетика зовнішнє магнітне поле може індукувати ізоструктурний магнітний фазовий перехід, при якому магнітокалоричний ефект може бути гігантським.

3. Відзначено, що у ван - Флеківському ізінгівському парамагнетика магнітне поле при $T \neq 0$ індукує фазовий перехід першого роду типу зміщення з синглетного до феромагнітного стану, і це супроводжується значним магнітокалоричним ефектом.

4. Побудовано фазову Н-Т діаграму негейзенбергівського ізотропного феромагнетика та встановлено вплив магнітного поля на величину стрибка

ентропії при фазовому переході 1-го роду між парамагнітним та феромагнітним станами.

5. Побудовано фазову Н-Т діаграму для ізінгівського двохпідграткового антиферомагнетика з легкоплощинною анізотропією з двома фазовими переходами першого роду: з антиферомагнітної фази до проміжного стану, в якому спіни одної з підграток перебувають у ван-Флеківському парамагнітному стані, та фазовий перехід першого роду з проміжного стану до феромагнітного.

В цілому, робота справляє позитивне враження. Дисертація добре написана і оформлена, хоча є і недоліки. Серед *зауважень* до роботи відзначу наступні:

1. Хотілося б побачити більш глибокий аналіз використання моделі Ізінга чи ізінгоподібних моделей в сучасній літературі.

2. В розділах 4 та 5 при намагнічуванні магнітним полем також спостерігаються стрибки величини намагніченості. Чи можна такі переходи визначати як метамагнітні?

3. Чим можна пояснити слабку температурну залежність критичного поля фазових переходів першого роду у ізінгівських антиферомагнетиках?

4. Чому зменшується величина температури Нееля антиферомагнетика в розділі 6? Чи є це наслідком розрахунків, що були зроблені у розділі 2?

5. Нажаль, в роботі присутні друкарські помилки та неузгоджені відмінки в деяких реченнях.

Втім, ці питання і зауваження ніяк не зменшують високої оцінки роботи і не знижують її наукової цінності.

Дисертаційна робота Лаванова Г. Ю. оформлена відповідно до вимог щодо кандидатських дисертацій. Текст автореферату повністю відображає основний зміст дисертації. Матеріали дисертаційної роботи Лаванова Г. Ю., її висновки та результати своєчасно та повною мірою опубліковані в наукових журналах та представлені на наукових конференціях.

Вважаю, що дисертаційна робота «Термодинамічний опис фазових переходів в сильно негеїзенбергівських магнетиках з одноіонною анізотропією» цілком задовольняє вимогам до кандидатських дисертацій, а Лаванов Г.Ю. заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.11 – магнетизм.

Доктор фіз.-мат. наук, професор,
професор кафедри загальної та
експериментальної фізики
Національного технічного університету
України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського»



С.О. Решетняк