

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Крупницької Олесі Михайлівни

„Фрустровані квантові антиферромагнетики Гайзенберга. Поблизу парадигми локалізованих магنونів”, представлену на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.02 – теоретична фізика

Запропонована Ленцом майже 100 років досить спрощена, але нетривіальна модель і вперше (1925 р.), для одномірного випадку застосована Ізінгом, відразу отримала визнання. Така модель приваблива тим, що дозволяє отримати точний розв'язок, але – найголовніше – описати магнітні властивості, що спостерігаються експериментально. Подальші звернення до такої моделі мали і мають намір дослідити фізичні властивості більш реальних магнітних структур. Саме така ціль переслідувалася даною дисертаційною роботою. Оскільки реалізація таких намірів забезпечує глибше розуміння явищ в магнітних структурах, які мають або можуть мати практичне застосування, то тема дисертаційної роботи є, безумовно, актуальною.

Робота є теоретичним дослідженням низькотемпературних властивостей фрустрованих квантових антиферромагнетиків з майже бездисперсійною магنونною зоною. Вона викладена на 98 ст. і містить 5 основних розділів.

У 1-му розділі приведений огляд літератури по спорідненій темі.

В подальших розділах використовуються стандартна процедура статистичного підходу - розрахунки статистичної суми, в далі на її основі – термодинамічні характеристики – намагніченість, ентропію, теплоємність. В 2-му розділі проведений аналіз застосовності подібного підходу при використанні незалежних магنونів. Встановлено, що запропонований підхід добре працює, коли магنونів мало. Приведені результати, зокрема, для намагніченості деформованого ромбічного ланцюжка і проведений аналіз її чутливості до наближень при діагоналізації.

У 3-му розділі з метою встановлення ефектів малих відхилень від наближення строго локалізованих магنونів використана операторна модель теорії збурень. Якщо при цьому використовувалася ізотропна модель Гайзенберга, то в 4-му розділі розглядається більш загальний випадок, а саме, коли обмінні взаємодії Гайзенберга анізотропні. Проаналізований випадок деформованого ромбічного спінового ланцюжка при двох орієнтаціях прикладеного магнітного поля. В 5-му розділі розглядається той самий ланцюжок з тією відмінністю, що лише на вертикальному зв'язку взаємодія типу Гайзенберга, тоді на всіх інших – взаємодії

Серед найважливіших результатів я б виділив такі:

- Створення моделі для опису фізичних характеристик фрустрованих систем при низьких температурах та високих значеннях магнітних полів;
- Аналіз фізичних характеристик фрустрованих систем з їх моделюванням як в рамках ізотропної моделі, так і у випадку анізотропного характеру обмінної взаємодії при різних орієнтаціях магнітного поля;
- Узагальнення результатів точного розв'язку для спінів- $\frac{1}{2}$  геометрично фрустрованого ромбічного ланцюжка Ізінга-Гайзенберга шляхом врахування у взаємодіях Ізінга ще і взаємодії планарного типу.

Приведу деякі зауваження до роботи:

1. Причиною дисперсності в системах є трансляційна симетрія в них, яка має місце і в об'єктах, що досліджуються в роботі. Твердження на ст.16, що “в реальних об'єктах можна очікувати відхилення від умов, які забезпечують строгу локалізацію”, на мою думку, більш виправданим є твердження “в реальних об'єктах не виключена умова реалізації строгої локалізації”. Виникає питання чи при врахуванні, наприклад, взаємодій наступних за найближчими сусідами буде достатньо приведених умов для бездисперсності? Тому звернення дисертанта до розгляду, хай навіть наближено, ефектів дисперсності цілком доречно та обгрунтоване. З іншого боку, незрозуміло чому, зокрема, для фрустрованого ромбічного ланцюжка не використати було його відомі енергетичні стани (як корені Кардано) з довільними константами обмінної взаємодії для розрахунків статусми?
2. Дисертант, зрозуміло, не відповідає за експериментальні роботи, на які посилається, проте повинен переконати читача у винятковій потребі таких експериментальних робіт, проведених в надзвичайних умовах (магнітні поля аж до 70 Т, температури  $\sim 1$ К). Тому зверну увагу на таку технічну в роботі опіску. В підписі до рис.1.5 дисертації йдеться про інтервал зміни магнітного поля 1..50 Т, тоді як на самому рисунку такий інтервал 1..60 Т, тобто на 10 Т більший. Таким, здавалося б, незначним зауваженням я хотів би акцентувати на те, з якими полями ми працюємо, як непросто їх реалізувати. Так, отримання полів вже  $\sim 25$  Т потребує спеціального механічного утримання звичайної котушки для уникнення вибуху.
3. Перехід від сумування до інтегрування по  $k$  (застосований у формулі (2.19) дисертації, але описаний лише далі, на ст.28 ) потребує  $N \gg 1$  ( $N$  – основна область кристалу), тоді

як в роботі розглядаються об'єкти скінчених розмірів. Як/чи при цьому проявляється така розмірність?

4. Незрозумілий намір провести розклад по  $\frac{1}{L}$  у формулі (9) автореферату.
5. На жаль, читати роботу непросто, оскільки вона, очевидно, розрахована виключно на фахівців з подібної тематики. Ілюстрацією такого твердження може служити, наприклад, формула (1) автореферату, де змісту позначень у ній або зовсім нема, або їх потрібно шукати в інших місцях. В переважній більшості в підписах до двовірних рисунків намагніченості, питомі теплоємності подаються як функції двох змінних  $m(T, h)$ ,  $c(T, h)$ , хоч йдеться про залежність по одній змінній при фіксованій іншій і випадали б записи  $m(h)|_T$ ,  $c(T)|_h$ .

Проте зроблені зауваження ніяким чином не можуть в цілому вплинути на загальне позитивне враження від роботи. Вона написана на високому науковому рівні. Достовірність отриманих результатів визначається застосуванням добре апробованих теоретичних підходів, достатньою апробацією у вигляді наукових публікацій в авторитетних журналах та виступами на конференціях. Автореферат дисертації повністю відбиває її суть і результати. Підсумовуючи можна твердити, що за об'ємом, актуальністю тематики, рівнем досліджень, отриманими результатами і висновками, які з них випливають, робота повністю відповідає вимогам, що висуваються до кандидатських дисертацій, а її автор, Крупницька Олеся Михайлівна, заслуговує присудження їй наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.02 – теоретична фізика

Офіційний опонент

Доктор фізико-математичних наук

Професор Національного університету

“Львівська політехніка”

Лукіянець Б.А.

Підпис проф. Лукіянца Б.А. засвідчую

Вчений секретар



Брилинський Р.Б.