ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

на дисертацію Єршова Костянтина Васильовича

" Магнітні властивості викривлених низьковимірних систем",
поданої на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук
за спеціальністю 01.04.02 – теоретична фізика

Дисертаційна робота Єршова К.В. присвячена *актуальним проблемам* вивчення неоднорідних розподілів намагніченості у тривимірних викривлених структурах із складною геометрією. Дослідження магнітних вихорів триває вже півсторіччя і протягом цього часу було зроблено низку важливих відкриттів для планарних систем. В останні роки у зв'язку з розвитком експериментальних методів виникла можливість вивчати магнітні вихори у наноструктурах з викривленими поверхнями. Наявність нетривіальної геометрії призводить до якісно нових ефектів, які не спостерігаються у плоских структурах. Задачі, що розглянуто в дисертаційній роботі мають як фундаментальне, так і прикладне значення. Теоретичні дослідження К.В. Єршова можуть знайти практичне застосування при розробці нових типів виготовлення енергонезалежних елементів пам'яті та інших приладів спінтроніки з використанням магнітних доменних стінок та магнітних вихорів. Для розробки реальних приладів принципово важливо враховувати ефекти, що сприченені кривиною магнетика.

Робота складається з вступу та чотирьох основних розділів.

В першому розділі проаналізовано сучасний стан досліджень в області, якій присвячено дисертацію. Зокрема розглянуто фундаментальні магнітні взаємодії, що характерні для феромагнетиків, і проаналізовано динамічні рівняння для намагніченості. В цьому розділі розглянуто основні ефекти до яких може призвести кривина для магнетиків різної форми.

У другому розділі досліджуються статичні та динамічні властивості поперечної доменної стінки у викривленому магнітному нанодроті. При цьому кривина змінюється уздовж дроту. Знайдено стаціонарний розв'язок у формі доменної стінки. Показано, що, на відміну від прямолінійних дротів, у викривлених нанодротах, орієнтація поперечної компоненти намагніченості

доменної стінки напрямлена за чи проти вектора нормалі в залежності від топологічного заряду стінки. При цьому локальний згин дроту виступає в якості притягаючого потенціалу. Аналітично знайдено вирази для частоти власних коливань та ефективного коефіцієнта релаксації для доменної стінки на локальному згині нанодроту. Аналітичні розрахунки підтверджено за допомогою чисельних моделювань.

У третьому розділі вивчено вплив кривини та кручення на статичні та динамічні властивості намагніченості у тривимірній спіралі. Аналітично знайдено рівноважні розподіли намагніченості та спектри магнонів для різних типів анізотропії. Встановлено, що для магнетика з легко-тангенціальною анізотропією неможливий строго тангенціальний розподіл, а спектр магнонів зазнає лінійного зсуву внаслідок наявності кручення. В рамках цього розділу також досліджено вплив кривини та кручення на динаміку поперечної доменної стінки під дією спін-поляризованого струму та ефективного поля Рашби. Показано, що знак рухливості доменної стінки визначається знаком добутку топологічного заряду доменної стінки та геометричної кіральності.

В четвертому розділі чисельними методами досліджувався вплив кривини на процес перемикання кіральності магнітного вихору у сферичних оболонках з різними кутами зрізу. Для півсферичних оболонок знайдено область контрольованого перемикання хіральності вихору в залежності від амплітуди та ширини магнітного імпульсу. Вивчено фізичний механізм перемикання кіральності магнітного вихору.

Дисертаційна робота є завершеним та цілісним науковим дослідженням, яке вирішує низку актуальних наукових проблем в області фізики магнетизму. Проте, дисертаційна робота не позбавлена певних *недоліків*.

1. В другому розділі дисертаційної роботи знайдено частоти власних коливань для доменної стінки на локальному згині нанодроту. В цьому розділі слід було б принаймні обговорити можливість параметричного резонансу під час коливання доменної стінки на локальному згині магнітного дроту за наявності пружних коливань самого дроту.

2. Отсаній розділ дисертації не містить аналітичний розрахунків для аналізу процесу перемикання кіральності магнітного вихору. Аналітичні наближенні оцінки могли б не лише слугувати перевіркою отриманих чисельних результатів, але і сприяти глибшому розумінню фізичної природи дослідженого процесу.

3. В тексті дисертаційної роботи не наведено умови за яких утворюються вихор-антивохрові пари в процесі перемикання кіральності вихору. Відсутність такого аналізу породжує питання щодо можливості спостереження генерації вихор-антивихрових пар в реальних експериментальних умовах.

Зроблені зауваження *не знижують* загальну *позитивну* оцінку дисертаційної роботи та високу якість дослідження і не впливають на достовірність і новизну результатів. Дисертаційна робота Єршова К.В. являє собою оригінальне і актуальне дослідження, яке виконане на високому науковому рівні.

Результати дисертації Єршова К.В. добре та достатньо широко апробовані і опубліковані в престижних наукових журналах. Я не маю сумніву, що дисертація К.В. Єршова цілком відповідає вимогам МОН України, а її автор заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.02 – теоретична фізика.

Офіційний опонент,
доцент кафедри квантової теорії поля
фізичного факультету Київського національного
університету імені Тараса Шевченка
доктор фізико-математичних наук О.І. Якименко

Підпис доцента кафедри квантової теорії поля
Київського національного університету
імені Тараса Шевченка,
Якименка Олександра Іллича
засвідчую:

12.04.2017