

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ДОНЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

на правах рукопису

УДК 538.945

РАДІЄВСЬКИЙ ОЛЕКСАНДР ВІКТОРОВИЧ

ФЛУКТУАЦІЇ ТА НЕЛІНІЙНІ ЗВУДЖЕННЯ
В АНІЗОТРОПНИХ НАДПРОВІДНИКАХ

01.04.02 - "Теоретична фізика"

А В Т О Р Е Ф Р А Т

дисертації на одбуття ученого ступеня
кандидата фізико-математичних наук

Донецьк - 1993

№ 27.118

Робота виконана в Донецькому фізико-технічному інституті
АН України

Науковий керівник: доктор фізико-математичних наук
ФІЛІППОВ О.В.

Офіційні опоненти: доктор фізико-математичних наук
СТЕФАНОВСЬКИЙ Є.П.

кандидат фізико-математичних наук
ФІНОХІН В.І.

Провідна організація: Інститут монокристалів АН України

Захист відбудеться "19" 05 1993 року о 15⁰⁰ год на
асіданні спеціалізованої ради в Донецькому державному
університеті (вул. Університетська, 24, ДонДУ, головний корпус)

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Донецького
державного університету.

Автореферат розповсюджено " " 1993 року

Вчений секретар
спеціалізованої ради
кандидат фізико-математичних наук
Зюбанов О.Є.

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00803028 (L)

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Відкриття ВТНП відновило інтерес до дослідження критичної поведінки надпровідників. Разом з тим, кількість публікацій (як теоретичних, так і експериментальних), у яких поведінка нових надпровідників досліджується безпосередньо від точки фазового переходу, до недавня порівняно мала, а їх результати у багатьох випадках суперечать один одному. Пов'язано це з виключною складністю нових сполук. Надпровідний стан у ВТНП виникає, як правило, в умовах близькості фазових переходів метал-діелектрик та антиферомагнетик-парамагнетик. Це спонукає до необхідності вивчення фізичних властивостей не тільки надпровідної, але й усіх сусідніх на фазовій діаграмі станів, кожен з яких може мати унікальні властивості.

Значна просторова анізотропія надпровідників та нормальних властивостей нових надпровідників також породжує складні теоретичні проблеми, які мають важливе значення як для розуміння природи надпровідності, так і для передбачення деяких властивостей цих матеріалів, істотних при їх можливому практичному застосуванні.

Добре відомо, що в складних анізотропних системах наявність впливу розвинених критичних флуктуацій може привести до істотних відхилень від передбачень теорії середнього поля, тому для адекватного опису речовини біля точки фазового переходу врахування впливу флуктуацій необхідне. На відміну від класичних надпровідників, більшість з яких ізотропна і має вузьку флуктуаційну зону (число $G_1 \sim 10^{-14}$), в нових надпровідниках флуктуаційні поправки можуть бути значимими. Оцінки ширини флуктуаційної зони у ВТНП дають величину 1-2 К (число $G_1 \sim 0.01$) і саме тому флуктуаційні ефекти можуть проявляти себе в експерименті.

Вищесказане робить актуальною тему дисертаційної роботи, присвяченої теоретичному вивченню флуктуаційних ефектів при фазових переходах у нових сильно просторово анізотропних надпровідниках.

Мета дисертації полягає в дослідженні флуктуаційних ефектів при фазових переходах у реальних фізичних системах та, зокрема, в анізотропних надпровідниках.

Для досягнення цієї мети були поставлені такі задачі:

1. Дослідити методом ренорм-групового аналізу функціоналі вільної енергії, які описують поведінку систем, що вивчаються, в критичній зоні.

2. Верифікувати передбачення РГ-аналізу відносно характеру фазових переходів шляхом обчислення ефективної вільної енергії флуктуаційної системи.

3. Дослідити еволюцію з температурою параметрів розкладу ефективної вільної енергії в критичній зоні та виявити можливість існування локалізованих нелінійних збуджень.

Основні результати, які виносяться на захис:

1. Вперше теоретично досліджено критичну поведінку La CuO у флуктуаційній зоні магнітного перетворення. Показано, що фазовий перехід до магнітоупорядкованого стану може відбуватися шляхом флуктуаційно індукованого переходу першого роду. Показана можливість утворення при такому переході аномально упорядкованих фаз.

2. Обчислено ефективну вільну енергію магнітної підсистеми La CuO в критичній зоні. Показано, що її залежність від параметру порядку та температури аналогічна подібній залежності при фазових переходах першого роду.

3. Вивчено критичну поведінку надпровідників з анізотропним подвоєнням. Встановлено, що навіть при зникаючій слабкій локальній анізотропії перехід до надпровідності в цих системах відбувається шляхом флуктуаційно індукованого фазового переходу першого роду.

4. Досліджено еволюцію з температурою параметрів розкладу вільної енергії для флуктуючих анізотропної та $O(n)$ симетричної систем. Виявлена можливість виникнення у флуктуаційній зоні локалізованих нелінійних збуджень параметру порядку.

5. Досліджено вплив домішок на характер фазового переходу в анізотропній системі. Встановлено, що для систем з досить довіль-

ною анізотропією вплив домішок носить пороговий характер.

Вищеназвані результати одержано вперше, що й визначає наукову новизну роботи.

Наукова та практична значимість.

В дисертації передбачено і пояснено ряд нових ефектів:

пояснено флукуаційне індукування стрибкоподібного фазового переходу в магнітній системі La CuO, показано, що такий перехід може супроводжуватись утворенням аномально упорядкованих фаз; передбачено стрибкоподібний характер надпровідного фазового переходу до ВТНП та системах з важкими ферміонами; встановлено ізоморфізм критичної поведінки домішкової та чистої анізотропної системи і т.ін.

Апробація роботи

Матеріали дисертації доповідалися та обговорювалися на Всесоюзній конференції "Сучасні проблеми статистичної фізики" (Харків, 1991); Міжнародній конференції з сильно корельованих електронів (Алушта, 1991); Всесоюзній нараді в ВТНП (Харків, 1991); Конференції "Теорія нелінійних хвиль (Калінінград, 1991); Міжнародному симпозиумі з надпровідності та тунельних явищ (Донецьк, 1992) та були представлені на міжнародних конференціях з магнетизму (Pitsburg, 1991, Hauston, 1992)

Структура та обсяг дисертації

Дисертація складається з вступу, чотирьох глав, одного додатку, списку літератури з 111 назв, містить 17 рисунків та одну таблицю. Повний обсяг роботи становить 125 сторінок друкованого тексту.

ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ

У вступі та короткому огляді обґрунтовується вибір теми, її актуальність, наукове та практичне значення, розглядається зміст дисертації по главах. Паралельно вводяться основні поняття, необхідні при дальшому викладенні, наводиться короткий огляд літератури.

ГЛАВА 1. ФЛУКТУАЦІЙНО ІНДУКОВАНИЙ СТРИВКОПОДІВНИЙ ФАЗОВИЙ ПЕРЕХІД В МАГНІТНІЙ ПІДСИСТЕМІ La CuO

У розділах 1.1 - 1.2 наводиться стислий огляд експериментальних і теоретичних досліджень магнітних властивостей La CuO . Випикується функціонал Гінзбурга-Ландау (ГЛ), який будується з гамільтоніана Гейзенберга двох класичних систем взаємодіючих магнітних моментів. Показується, що з нехтуванням незначними орторомбічними викривленнями ґратки та врахуванням наявності в La CuO двох підсистем взаємодіючих CuO антиферромагнітних шарів, функціонал (ГЛ), що необхідно знайти, зводиться до дитетрагонального вигляду

$$H = \frac{1}{2} \int d^3r \left\{ \tau (\varphi^2 + \eta^2) + (\nabla\eta)^2 + (\nabla\varphi)^2 + \frac{1}{4} u_1 (\varphi_1^4 + \varphi_2^4 + \eta_1^4 + \eta_2^4) + \frac{1}{2} u_2 (\varphi_1^2 \varphi_2^2 + \eta_1^2 \eta_2^2) + \frac{1}{2} u_3 (\varphi_1^2 \eta_2^2 + \eta_1^2 \varphi_2^2 + \varphi_1^2 \eta_1^2 + \varphi_2^2 \eta_2^2) \right\}$$

де $u_2 \ll u_1, u_3$. (1.1)

Добре відомо, що в стандартному ренормгруповому підході (РГ) критична поведінка флукууючої системи однозначно визначається фазовим портретом рівнянь РГ. Для одержання цього фазового портрета в розділі 1.3 випикується відповідні рівняння РГ для параметрів функціонала ГЛ; знаходяться нерухомі точки РГ, інтеграли РГ; визначаються межі позитивної визначеності форми четвертого порядку функціоналу ГЛ(1.1); описується рівняння, яке задає фазовий портрет. В результаті аналітичного рішення останнього будується фазовий портрет системи рівнянь РГ і знаходяться сепаратриси - лінії на фазовому портреті, які розділяють області затравочних параметрів функціонала ГЛ (1.1), яким відповідає різна критична поведінка. Одержаний фазовий портрет має істотну особливість - зона затравочних параметрів, звідки фазові траєкторії можуть досягати стійкої нерухомої точки, становить незначну частину усього фазового портрету, а в решті випадків фазові траєкторії виходять за межі позитивної визначеності функціоналу ГЛ. Загальноприйняте на сьогодні трактування останнього факту зводиться до допущення про те, що в досліджуваній системі може відбутися флукуаційний зрив

безперервного фазового переходу (ФП) на стрибкоподібний. У межах РГ-аналізу це твердження, можна сказати, є лише ймовірною гіпотезою і потребує додаткових обґрунтувань.

Порівняння передбачень РГ та теорії середнього поля (розділ 1.4) показує, що якщо індукований флуктуаціями ФП першого роду можливий, то при певних умовах такий ФП буде супроводжуватись утворенням аномально упорядкованих фаз, які при виході з флуктуаційної зони (при подальшому зниженні температури) будуть переупорядковуватися до фаз, нормальних з точки зору теорії Ландау.

Для верифікації гіпотези про ФП першого роду в розділах 1.5 - 1.6 обчислюється ефективна вільна енергія $\mathcal{F}(\varphi)$ магнітної підсистеми La CuO .

У розділі 1.5 таке обчислення проводиться за допомогою добре відомого в квантовій теорії поля кільцевого наближення. Виявляється, що залежність одержаної вільної енергії від параметра порядку та температури якісно відповідає такій при ФП першого роду в теорії Ландау. Далі знаходяться спінодальні криві, відповідні їм критичні температури та стрибки параметра порядку.

Цілоком незалежно від РГ - аналізу обчислення ефективної вільної енергії проводиться в розділі 1.6 за допомогою точно вирішуваної моделі ФП. Застосування й цього методу обчислення дає в результаті залежність для $\mathcal{F}(\varphi)$ типову для ФП першого роду.

На підставі перерахованих фактів робиться висновок про те, що якщо затравочні параметри функціонала ГЛ знаходяться поза зоною тяжіння до стійкої нерухокої точки, то ФП до магнітоупорядкованого стану в системі буде проходити шляхом флуктуаційно індукованого стрибкоподібного ФП.

В реальній системі, взагалі, наявність домішок і дефектів може привести до згладжування ФП першого роду. Відповідне дослідження впливу немагнітних домішок в La CuO проводиться у розділі 1.7. З аналізу рівнянь РГ, які містять домішкову вершину, робиться висновок про те, що домішки малої концентрації не впливають на якісну поведінку системи (не спонукають до зміни роду ФП).

У даній главі розглядається критична поведінка надпровідників з s+d-подвоєнням. До таких надпровідників можна віднести недавно відкриті надпровідники з важкими ферміонами 1, очевидно, недавно відкриті ВТНП-надпровідники. У розділі 2.2 досліджується функціонал ГП, який містить усі варіанти четвертого порядку, розрізнені при одночасному s+d-подвоєнні. Він має вигляд

$$H = \frac{1}{2} \int d^3r \left\{ \tau_1 \vec{\eta} \vec{\eta}^* + \tau_2 |\sigma|^2 + c_1 (\vec{\eta} \vec{\eta}^*) + c_2 (\vec{\sigma} \vec{\sigma}^*) + (2.1) \right.$$

$$\left. + \left[\beta_1 (\vec{\eta} \vec{\eta}^*)^2 + \beta_2 |\vec{\eta}|^2 + \beta_3 (|\eta_x|^2 + |\eta_y|^2) + \gamma (|\sigma|^2)^2 + \rho |\sigma|^2 (\vec{\eta} \vec{\eta}^*) + \omega (\sigma^2 \vec{\eta}^2 + \text{к.с.}) \right] \right\}$$

Тут $\vec{\eta} = (\eta_x, \eta_y)$ - векторний параметр порядку, який відповідає d-подвоєнню, причому його компоненти $\eta_x = (\psi_x, \{\psi_x\})$ та $\eta_y = (\psi_y, \{\psi_y\})$ - комплексні, а $\sigma = (\sigma_x, \{\sigma_x\})$ - параметр порядку, який описує подвоєння s-типу. Мікроскопічний вивід функціоналу ГЛ обмежує отравочні значення вершин за різних інваріантів: $\beta_1 = 1; \beta_2 = 1/2; \beta_3 = 0; \gamma = 1; \rho = 4; \omega = 1$.

Окремо треба підкреслити малість параметра β_3 при тетрагонально симетричному інваріанті функціонала ГЛ $(|\eta_x|^2 + |\eta_y|^2)^2$.

У цьому ж розділі доводиться, що функціонал ГЛ (2.1) належить до класу універсальності моделі з взаємодіючими багатокомпонентними параметрами порядку. Для з'ясування характеру критичної поведінки зависаються рівняння РГ для вершин функціонала, знаходяться їх нерухомі точки. За допомогою комбінації чисельних і аналітичних методів провадиться аналіз стійкості нерухомих точок РГ, який показує, що вже в першому ϵ -наближенні стійкі нерухомі точки РГ відсутні. Отже, в системі, описуваній функціоналом ГЛ (2.1) ФП другого роду неможливий.

У розділі 2.3 досліджується окремий випадок функціонала ГЛ (2.1), який відповідає наявності в системі лише анізотропного

d-подвоєння ($\sigma = 0$) та враховує аномальну малість параметра β при тетрагонально симетричному інваріанті функціонала ГЛ. Доведено, що у цьому конкретному випадку стійка нерухома точка рівнянь РГ існує. І все ж зона затравочних параметрів, звідки фазові траєкторії можуть досягати цієї точки, займає лише частину всього, побудованого в аналітичному вигляді фазового портрету, і, отже, можна допустити, що за певних умов (які виконуються для надпровідника з d-подвоєнням) у системі будмо мати ФП першого роду.

Дане допущення верифікується через обчислення ефективної вільної енергії поблизу границь стійкості функціоналу ГЛ, яке дає залежність $\mathcal{F}(\varphi)$, типову для ФП першого роду. Знаходяться відповідні критичні температури та стрибки параметрів порядку на бінодалі, спінодалях перегріву та переохолодження.

У розділі 2.4 розглянуто ситуацію домішкового надпровідника з d-подвоєнням. З РГ-аналізу виходить, що передбачення про стрибкоподібний характер ФП зберігає свою силу і при наявності в системі домішок малої концентрації (тобто в межах застосування самої моделі "випадкова температура"). Таким чином, думка про ФП першого роду справедлива для реальної експериментальної ситуації, причому єдиною причиною, яка спонукає до зриву безперервного ФП на стрибкоподібний у надпровіднику з d-подвоєнням і залежується практично ізотропним функціоналом ($\beta \rightarrow 0$), виявляється багатокомпонентність параметру порядку. Необхідно відзначити, що такі значні флуктуаційні ефекти в ізотропних системах до тепер не були помічені.

ГЛАВА 3. ЕВОЛЮЦІЯ ПАРАМЕТРІВ РОЗКЛАДВЕННЯ ВІЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ АНІЗОТРОПНОЇ СИСТЕМИ В КРИТИЧНІЙ ОБЛАСТІ. ТОЧНО ВИРІШУВАНА МОДЕЛЬ

Мета даної глави полягає на тому, щоб продемонструвати, що коефіцієнти розкладу ефективної вільної енергії, розрахованої в рамках моделі, еволюціонують із зміною температури так, як це має місце в РГ. Розв'язання цієї задачі провадиться на прикладі системи з двома взаємодіючими полями (або для кубічно-(тетра)-анізотропної системи).

$$H = \frac{1}{2} \int d^d r \left\{ \sum_i [(\nabla \varphi_i)^2 + \tau \varphi_i^2 + \frac{1}{2} v (\varphi_i^2)^2] + \frac{1}{2} g (\varphi_1^2 + \varphi_2^2) \right\}.$$

Основне наближення використаної точно вирішуваної моделі полягає в редукції взаємодії флуктуацій, яка враховує лише флуктуації в прямих та протилежно направлених імпульсах та приводить до заміни в функціоналі ГЛ вигляду

$$\int d^d r \varphi_i^{2n}(r) \rightarrow v \left[\frac{1}{v} \int d^d r \varphi_i^{2n}(r) \right]^n; \text{ де } v - \text{об'єм системи.}$$

Статистична сума після такого перетворення може бути обчислена методом перевалу формально точно. У розділі 3.2 знаходяться відповідні коефіцієнти розкладу ефективної вільної енергії $\psi(\tau)$ та $g(\tau)$, які залежать від температури τ . Чисельно побудований фазовий портрет для усіх τ має якісно такий же вигляд, як і фазовий портрет функціонала ГЛ (3.1), побудований методом РГ. Істотним фактом при цьому є те, що фазовий портрет моделі має сепаратрису - $v=0$, яка відокремлює зони з ФП першого роду та ФП другого роду і збігається з аналогічною сепаратрисою в РГ. Тобто модель у цьому розумінні самоускоджена та її передбачення збігаються з передбаченнями РГ.

ГЛАВА 4. НЕЛІНІЙНІ ЗБУДЖЕННЯ В КРИТИЧНІЙ ЗОНІ

В критичній зоні при ФП під впливом флуктуацій відбувається трансформація параметрів функціоналу ГЛ, яка спонукає до зміни в ефективній вільній енергії. У деяких випадках флуктуаційні перенормування параметрів функціоналу ГЛ бувають настільки значимими, що змінюють рід переходу (ефект флуктуаційного зриву безперервного ФП на стрибкоподібний). У розділах 4.2 - 4.4 доводиться, що взаємодія флуктуацій у будь-якому випадку спонукає до виникнення в системі специфічних локалізованих нелінійних збуджень параметра порядку.

У розділі 4.2 за допомогою точно вирішуваної моделі ФП знаходиться формула для ефективної енергії $\psi(\varphi) O(n)$ -симетричної системи. Доводиться, що в розкладі ефективної вільної енергії моделі необхідно утримувати (як мінімум) інваріант φ^2 , але за-

лежність $\mathcal{F}(\varphi)$ від φ при цьому залишається монотонною і відповідає безперервному ФП. Далі $\mathcal{F}(\varphi)$ розглядається як локальна (що враховує перенормування короткохвильовими флуктуаціями) частина ефективного гамільтоніана (розділ 4.3)

$$H_{\text{eff}} = \int dr \left[\frac{1}{2} (\nabla\varphi)^2 + \mathcal{F}_{\text{eff}}(\varphi) \right].$$

Розв'язком відповідних рівнянь Вйлера-Лагранжа $\delta H_{\text{eff}} / \delta \varphi = 0$, які описують розподіл неоднорідного параметру порядку $\varphi(r)$, одержуємо локалізовані збудження. Ці збудження можна вивчати як "довготривалі" мезоскопічні флуктуації упорядкованої фази на фоні парафази.

У розділі 4.4 властивості нелінійних збуджень у критичній області вивчаються на конкретному прикладі надпровідника з векторним параметром порядку (стрибкоподібний ФП). Показано, що умови для таких збуджень існують не тільки поблизу границь стійкості функціонала ГЛ, але й у межах досить широкої області параметрів. У точно вирішуваному одномірному випадку одержані збудження мають стандартний двонопоподібний профіль $\varphi(r)$. Досліджуються кінетичні властивості даних збуджень. Доводиться, що розвиток в системі велетенських флуктуацій можна інтерпретувати як відбиття в стандартній техніці зникнення фазових траєкторій в РГ. Саме такі збудження спонукають кінець кінцем до зриву безперервного ФП на стрибкоподібний.

ДОДАТОК

У додатку розглядається задача про вплив випадково розподілених домішок, які не порушують симетрію на характер ФП в системі з досить довільною анізотропією. Показано, що при подібному виборі змінних, система рівнянь РГ розщеплюється на дві підсистеми рівнянь: та, що не містить домішкової вершини й та, що збігається з останньою для "чистої" речовини, та рівняння для домішкової вершини. Зроблено висновок про те, що наявність домішок малої концентрації не впливає на характер ФП, і, отже, при збільшенні концентрації такий вплив буде мати дороговий харак-

теру. Даний висновок РГ збігається з висновком методу реплік, який оснований на симетрійному аналізі.

У кінці дисертації подано основні результати роботи, сформульовані у наступних висновках:

1. Досліджено функціонал ГЛ, який описує систему з дитетрагональною симетрією, і, зокрема, магнітну підсистему ВТНП-сполуки La CuO . Знайдено, що зона притягання до стійкої нерухо-³мої точки рівнянь РГ становить незначну частину усього фазового портрета. Зроблено припущення про можливість в досліджуваній системі флукуаційно індукованого (слабкого) переходу першого роду. Показано, що такий перехід за певних умов супроводжується утворенням фаз аномально упорядкованих з точки зору теорії Ландау.

2. Обчислено вільну енергію магнітної підсистеми La CuO у кільцевому наближенні. Проведено незалежний від РГ-підходу³ розрахунок вільної енергії в межах точно вирішуваної моделі. Розглянуто вплив немагнітних домішок на характер фазового переходу в магнітній підсистемі La CuO . Показано, що наявність таких домішок малої концентрації не змінює⁴ характер фазового переходу.

3. Розглянута критична поведінка надпровідників із змішаним $s-d$ -подвоєнням та з d -подвоєнням. Показано, що вона відповідає класу універсальності моделі з взаємодіючими багатокомпонентними параметрами порядку. Встановлено, що навіть при зникаючій слабкій локальній анізотропії в таких системах перехід до надпровідності має відбуватися шляхом флукуаційно індукованого фазового переходу першого роду.

4. В межах точно вирішуваної моделі фазових переходів досліджено еволюцію з температурою коефіцієнтів розкладу вільної енергії анізотропної системи. Показано, що коефіцієнти форми четвертого порядку змінюються з температурою в критичній області, утворюючи фазовий портрет, якісно аналогічний відповідному портрету, одержаному методом РГ.

5. В рамках точно вирішуваної моделі фазових переходів досліджено зміну вільної енергії під впливом флукуацій в $O(n)$ -симетричній системі. Показано, що не дивлячись на монотонний характер залежності вільної енергії від параметру порядку, в кри-

тичній зоні властивості системи описуються на основі моделі ψ^6 . Виявлено можливість існування в системі нелінійних збуджень параметру порядку. Показано, що аналогічні нелінійні збудження розвиваються поблизу границь стійкості. Ці збудження обговорюються як імовірна фізична причина флукуційно індукованого переходу першого роду.

Основні результати дисертації опубліковані в статтях:

1. Иванченко Ю.М., Филиппов А.Э., Радиевский А.В. Фазовый переход первого рода в сверхпроводниках с векторным параметром порядка. // СФХТ -1991, 4, №3. с.494-500.
2. Филиппов А.Э., Радиевский А.В. Переход к сверхпроводимости в примесной ВТСП - системе. // СФХТ. -1991, 4, №10. с. 1864 -1869.
3. Ivanchenco Yu., Lisyanski A.A, Filippov A.E., Radievsky A.V. Developed fluctuations and localized excitations in high- T and heavy fermion systems. // ФНТ- 1991, 17, №9, с. 1146-1148
4. Иванченко Ю.М., Филиппов А.Э., Радиевский А.В. Нелинейные возбуждения в сверхпроводнике с векторным параметром порядка. // ФНТ -1992, 18, №9.с.957-961.
5. Радиевский А.В., Филиппов А.Э. Эволюция параметров разложения свободной энергии в критической области. Точно решаемая модель. // ТМФ -1991, 88, №3, с. 442-448.
6. Иванченко Ю.М., Филиппов А.Э., Радиевский А.В. Нелинейные возбуждения в критической области. // УФЖ. -1993, 38, №4, с.609-617.
7. Филиппов А.Э., Радиевский А.В. Влияние критических флукуций на фазовый переход в сверхпроводнике со смешанным спариванием. // УФЖ. -1993, 38, №2, с.281-286.
8. Ivanchenco -Yu.M., Filippov A.E., Radievsky A.V. Nonlinear excitations in critical region. // Jornal of Statistical Phys. 1993, Vol.71, June.p.
9. Radievsky A.V., Filippov A.E. Treshold impurity effect on phase transitions in anisotropic systems. // Phase

Transitions, 1993, , p.

10. Иванченко Ю.М., Филиппов А.Э., Радиевский А.В. Флуктуационно индуцированный скачкообразный фазовый переход в магнитной подсистеме La CuO . // ФНТ, 1993, 19, №6, с.
11. Филиппов А.Э., Радиевский А.В. Критическое поведение дитетрагональных систем. // Вопросы атомной науки и техники. Серия: ядерно-физические исследования (теория и эксперимент). 1992, вып 3/24, стр.194 -201

а також у препринті

Иванченко Ю.М., Филиппов А.Э., Радиевский А.В. Флуктуационно индуцированный скачкообразный фазовый переход в магнитной подсистеме La CuO . // Препринт ДонФТИ- 92-6, 1992, Донецк, - 41 с.

811 58 2A

Подписано к печати 29.03.93. Объем 1 п. л.
Тираж 100 экз. Заказ № 1047

Донецкий физико-технический институт АН Украины
340114, Донецк-114, ул. П. Люксембург, 72

Роталпринт ИЗП АН Украины
340048, Донецк-48, ул. Университетская, 77

404846

AB 27.118

AB 27.118