

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ
ИНСТИТУТ МОНОКРИСТАЛЛОВ

На правах рукописи

СЕГАЛ Ярослава Юрьевна

НЕСТАЦИОНАРНЫЕ ПРОЦЕССЫ
В НИЗКОРАЗМЕРНЫХ НИЗКОСИММЕТРИЧНЫХ
КВАНТОВЫХ МАГНИТНЫХ СИСТЕМАХ

С01.04.02 - Теоретическая физика)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Харьков - 1994

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00777305 (T)

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ
ИНСТИТУТ МОНОКРИСТАЛЛОВ

На правах рукописи

СЕГАЛ Ярослава Юрьевна

НЕСТАЦИОНАРНЫЕ ПРОЦЕССЫ
В НИЗКОРАЗМЕРНЫХ НИЗКОСИММЕТРИЧНЫХ
КВАНТОВЫХ МАГНИТНЫХ СИСТЕМАХ

(01.04.02 - Теоретическая физика)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Харьков - 1994

Диссертацией является рукопись.

Работа выполнена в Физико-техническом институте низких температур им. Б. И. Веркина НАН Украины, г. Харьков.

Научные руководители - доктор физико-математических наук,
профессор Цукерник Виктор Моисеевич,

доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник ФТИИТ НАН
Украины Звягин Андрей Анатольевич

Официальные оппоненты - доктор физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник ФТИИТ НАН
Украины Ковалев Александр Семенович,

кандидат физико-математических наук,
Заславский Олег Борисович

Ведущая организация - Харьковский физико-технический
институт.

Защита состоится "21" 12 1994 г. в 14⁰⁰ часов
на заседании Специализированного совета Д 02.11.01 при
Институте монокристаллов НАН Украины (310001, Харьков, пр.
Ленина, 60).

Замечания и отзывы по данной работе присылать по адресу:
310001, Харьков, пр. Ленина 60, Институт монокристаллов НАН
Украины.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института
монокристаллов НАН Украины.

Автореферат разослан "21" 11 1994 г.

Ученый секретарь Специализированного совета
кандидат технических наук Л. В. Дзюбенко

Дзюбенко

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

Актуальность темы. Низкоразмерные квантовые системы вызывают на протяжении ряда лет устойчивый интерес как физиков-теоретиков, так и экспериментаторов. Интерес этот вызван, в первую очередь, тем обстоятельством, что в низкоразмерных системах, в отличие от систем более высокой размерности, при определенных условиях проявляются существенно квантовые эффекты [1]. Исследование таких систем оказалось очень плодотворным, стимулируя развитие новых нетривиальных теоретических идей, которые могут быть использованы в других областях физики, и интересных экспериментальных методов.

Многие точные результаты, полученные для низкоразмерных квантовых систем, принципиально не могут быть получены в рамках традиционного квазиклассического описания. Кроме того, целый ряд интересных физических эффектов, наблюдаемых в таких системах, обязан своим существованием именно низкой размерности [2].

Второе обстоятельство, вызывающее повышенный интерес к низкоразмерным квантовым системам, - существование класса точно решаемых низкоразмерных квантовых моделей [3]. При изучении этих моделей были разработаны такие мощные методы теоретического исследования, как анзац Бете, квантовый метод обратной задачи, ренорм-групповой анализ и другие.

Существование точно решаемых моделей имеет принципиальное значение по двум причинам: во-первых, удается достаточно детально проследить поведение таких моделей в различных условиях и выявить квантовые особенности этого поведения; во-вторых, результаты исследования таких моделей можно использовать в качестве своеобразного полигона для проверки надежности и определения области применимости различных приближенных методов, а также описания моделей, не допускающих точного решения, с помощью теории возмущений.

В настоящее время открыто значительное количество спиновых систем, которые с большой степенью точности можно описывать с помощью одномерных квантовых моделей. Это, например, системы, в которых энергия обменного взаимодействия в одном направлении значительно превосходит энергию взаимодействия в других направлениях. При

температурах, превышающих энергию малых обменных взаимодействий (это энергии порядка нескольких кельвинов), т.е. трехмерного упорядочения, эти системы ведут себя как квазиодномерные магнетики [4]. Появилась возможность прямой экспериментальной проверки выводов теории и выявления связи между микроскопическими параметрами, определяющими вид гамилтониана, и макроскопическими характеристиками реальных магнетиков [5].

Наряду с изучением термодинамических свойств низкоразмерных квантовых систем немалый интерес, особенно в связи с возможностью проведения соответствующих экспериментов, представляет теоретическое исследование поведения таких систем в нестационарных условиях. В частности, при экспериментальном изучении структуры магнетиков широко используются резонансные методы [6]. Многие резонансные процессы допускают точное теоретическое рассмотрение в спиновых системах низкой размерности, поэтому их исследование представляется особенно важным. Кроме того, ряд интересных нелинейных свойств, проявляемых низкоразмерными магнитными системами в нестационарных условиях, связан с конечностью величины узельного спина. В связи с этим возникает необходимость теоретического описания магнитных систем низкой размерности, позволяющего точно учесть конечность величины спина в узле. Такой точный квантовомеханический учет конечности величины узельного спина оказывается особенно важным при теоретическом описании магнитного резонанса в низкоразмерных спиновых системах [7, 8].

В последние годы интерес к низкоразмерным квантовым магнитным системам значительно усилился в связи с гипотезой Халдейна о различиях в спектрах элементарных возбуждений одномерных антиферромагнитных гейзенберговских цепочек с целой и полуцелой величиной узельного спина [9]. Гипотеза Халдейна предполагает, что указанные цепочки с полуцелой величиной спина в узле имеют по крайней мере одну бесщелевую моду, а все ветви элементарных возбуждений цепочек с целым узельным спином являются щелевыми. Гипотеза Халдейна привела к появлению большого числа теоретических и экспериментальных работ, посвященных исследованию спектра одномерных антиферромагнитных гейзенберговских цепочек с узельным

спином $S = 1$.

Поскольку точное решение для изотропной антиферромагнитной цепочки Гейзенберга со спином $S = 1$ получить так и не удалось, а различные приближенные методы дают противоречивые результаты (в частности, существует значительное число работ как подтверждающих, так и опровергающих гипотезу Халдейна), эта задача продолжает оставаться объектом повышенного внимания теоретиков. Кроме того, большой интерес представляет изучение поведения антиферромагнитных цепочек с узельным спином $S = 1$ во внешнем магнитном поле и анализ их резонансных свойств.

Цель исследования, проведенного в диссертационной работе, - теоретическое изучение термодинамических и нестационарных, в том числе высокочастотных, свойств низкоразмерных квантовых магнитных систем.

Научная новизна работы определяется результатами, входящими в основные положения, выносимые на защиту:

1. Показано, что учет влияния нерезонансных членов взаимодействия магнитной системы с переменным магнитным полем произвольной амплитуды при продольной накачке приводит к существенному ограничению уровня параметрической неустойчивости системы.

2. Детально изучено поведение одномерного магнетика при включении (выключении) магнитного поля. Обнаружены интересные особенности отклика системы на изменение поля. Показано, что рассматриваемая система является незргодичной.

3. Изучено явление продольной накачки в двухосной двухподрешеточной одномерной спиновой X-Y цепочке. Показано, что система является параметрически устойчивой при любых амплитудах поля накачки. Исследованы различные резонансные процессы, для которых получены аналитические выражения для парных корреляторов и средней поглощаемой системой мощности. Построены частотно-полевые зависимости резонансных процессов.

4. Теоретически исследованы кинетические и динамические свойства одномерных антиферромагнитных цепочек Гейзенберга с узельным спином $S = 1$. Получен энергетический спектр цепочек

в постоянном внешнем магнитном поле. Определено значение магнитного поля, при котором происходит фазовый переход II рода в "спин-флип" фазу. Изучено влияние сильной одноионной магнитной анизотропии типа "легкая плоскость" на существование квазиантиферромагнитной фазы в слабых магнитных полях. Рассмотрено явление продольной накачки в слабо двухосной системе. Показано, что в системе не возникает параметрическая неустойчивость. Получены и проанализированы формулы для средней мощности, поглощаемой системой спинов при различных резонансных процессах. Показано, что форма линий поглощения не лоренцовская. Построены частотно-полевые зависимости основных резонансных процессов, качественно совпадающие с имеющимися экспериментальными данными.

Апробация работы. Материалы диссертационной работы неоднократно докладывались на семинарах ФТИНТ АН Украины, а также на VII Международном научном семинаре "Физика магнитных явлений" (Донецк, 1994).

Структура и объем работы. Работа состоит из 120 стр. и включает в себя введение, четыре главы, заключение, список литературы из 103 наименований и 14 рисунков.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснован выбор темы диссертационной работы и сформулированы цели исследования, а также содержится краткий обзор диссертационной работы, включающий в себя ее основные результаты.

В первой главе изучается взаимодействие магнитоупорядоченной системы с переменным магнитным полем при низких температурах.

С помощью спин-волнового приближения магнетик описывается как система бозевских возбуждений - магнонов, а взаимодействие с переменным магнитным полем, ориентированным вдоль постоянного магнитного поля, - как параметрическое воздействие на магнонную систему (продольная накачка).

Рассматриваемая система описывается гамильтонианом

$$H = \sum_{k^+} ((A_k + 2\mu h_t) a_k^+ a_k + \frac{1}{2} (B_k a_k a_{-k} + \text{к.с.})), \quad (1)$$

где a_k^+, a_k - бозевские операторы рождения и уничтожения в пространстве квазиимпульсов; μ - магнетон Бора; $h_t = h_0(1 - \cos(\omega t))$ - переменное магнитное поле с амплитудой h_0 и частотой ω .

Произведен учет влияния нерезонансных членов взаимодействия переменного поля с магнонной системой на уровень ее параметрической неустойчивости (экспоненциальный со временем рост магнонных амплитуд).

Показано, что в отличие от результатов обычно используемого резонансного приближения, инкремент возрастания магнонных амплитуд системы оказывается ограниченной функцией амплитуды поля накачки. Это означает, что учет достаточно большого, но конечного линейного затухания, обусловленного контактом системы с термостатом, например, фононной подсистемой, делает систему параметрически устойчивой при любых амплитудах поля накачки.

Во второй главе теоретически исследуется поведение одномерного магнетика при включении (выключении) магнитного поля, ориентированного определенным образом. В качестве объектов изучения выбраны одноосная двухподрешеточная и двухосная одноподрешеточная X-Y цепочки с узельным спином $S = 1/2$. Магнитное поле ориентировано вдоль оси Z.

Системы описываются гамильтонианами:

$$H = -J_1 \sum_n \left(S_{n1}^x S_{nz}^x + S_{n1}^y S_{nz}^y \right) - J_2 \sum_n \left(S_{nz}^x S_{n+1,1}^x + S_{nz}^y S_{n+1,1}^y \right) - \mu_1 H(t) \sum_n S_{n1}^z - \mu_2 H(t) \sum_n S_{nz}^z;$$

$$H = -J_x \sum_n S_n^x S_{n+1}^x - J_y \sum_n S_n^y S_{n+1}^y - \mu H(t) \sum_n S_n^z,$$

где J_1 и J_2 - константы обменного взаимодействия внутри элементарной ячейки и между ячейками соответственно, S_{nj} - оператор спина j-ой подрешетки в n-ой элементарной ячейке, μ - магнетон j-ой подрешетки; J_x, J_y - константы обменного взаимодействия ($J_x \neq J_y$), S_n - оператор спина n-го атома цепочки, μ - магнетон и $H(t)$ - магнитное поле, зависящее от времени по закону:

$$H(t) = \begin{cases} H_1, & t \leq 0 \\ H_2, & t > 0 \end{cases}$$

Роли начального и конечного значений магнитного поля различны: начальное поле формирует матрицу плотности системы, находящейся в термостате; при изменении значения магнитного поля система отключается от термостата, так что конечное значение магнитного поля влияет только на динамику системы.

Получены формулы, описывающие зависимость полного магнитного момента системы вдоль оси Z от времени, магнитного поля и температуры.

Обнаружены интересные особенности поведения спиновых цепочек при различных значениях магнитного поля.

Показано, что при рассматриваемом режиме проявляется неэргодичность X - Y модели: хотя намагниченность системы вдоль оси Z и стремится с течением времени к определенному пределу, это предельное значение отличается от термодинамически равновесного, соответствующего конечному значению магнитного поля.

Интересной чертой двухосной X - Y модели с одной подрешеткой является скачок динамической восприимчивости при определенном значении магнитного поля при отличных от нуля температурах.

Проанализировано влияние характера происхождения щели в спектре элементарных возбуждений на поведение системы в нестационарных условиях.

Третья глава диссертационной работы посвящена изучению явления продольной накачки в двухосной двухподрешеточной одномерной X - Y модели.

Гамильтониан изучаемой системы в переменном магнитном поле, коллинеарном постоянному с частотой ω и амплитудой h_0 имеет вид:

$$H = H_0 + H_1,$$

$$H_1 = \sum_n [\mu_1 h_0 \cos(\omega t) s_{n,1}^z + \mu_2 h_0 \cos(\omega t) s_{n,2}^z],$$

$$H_0 = - \sum_n \{ J_{1x} \sigma_{n,1}^x \sigma_{n,2}^x + J_{1y} \sigma_{n,1}^y \sigma_{n,2}^y + J_{2x} \sigma_{n,2}^x \sigma_{n+1,1}^x + J_{1y} \sigma_{n,2}^y \sigma_{n+1,1}^y + \mu_1 H \sigma_{n,1}^z + \mu_2 H \sigma_{n,2}^z \}.$$

где $\sigma_{n,i}^{x,y,z}$ - оператор проекции спина i -й подрешетки в n -я ячейке; $J_{1x,y}$ - константы анизотропного обменного взаимодействия внутри ячеек; $J_{2x,y}$ - константы анизотропного обменного взаимодействия между ячейками; $\mu_{1,2}$ - магнетоны подрешеток и H - постоянное магнитное поле.

Амплитуда поля накачки считается малой величиной по сравнению с энергетическими параметрами системы (обменными константами и величиной постоянного магнитного поля), что позволяет использовать резонансное приближение.

С помощью двухподрешеточного преобразования Йордана - Вигнера и обобщенного $u-v$ преобразования Боголюбова найден энергетический спектр невозмущенного гамильтониана, содержащий две ветви элементарных возбуждений.

Показано, что в зависимости от соотношения обменных констант и частоты переменного магнитного поля накачки возможно несколько вариантов поведения системы: могут независимо идти резонансные процессы типа распада фотона накачки на два магнона из верхней ветви спектра элементарных возбуждений системы, на два магнона из нижней ветви спектра, на магнон из нижней и магнон из верхней ветви спектра и процесс распада фотона накачки и магнона из нижней ветви спектра с рождением магнона из верхней ветви спектра; кроме того, если энергетические зоны перекрываются, то соответствующие резонансные процессы идут одновременно. Проанализированы условия, при которых возникает перекрытие энергетических зон.

Введено линейное затухание (предполагается, что спиновая система находится в термостате, образованном фононной подсистемой) и для всех резонансных процессов получены формулы, описывающие мощность внешнего поля накачки, поглощаемую системой спинов, и парные корреляторы возбуждений спиновой цепочки.

Показано, что система является параметрически устойчивой при любых амплитудах поля накачки (средняя поглощаемая системой мощность является ограниченной функцией амплитуды переменного поля).

Для слабо двухосной системы изучена форма линий поглощения и построены частотно-полевые зависимости всех резонансных процессов.

В четвертой главе теоретически изучены статические и динамические свойства одномерных антиферромагнитных цепочек с узельным спином $S = 1$.

В первом разделе четвертой главы исследовано поведение легкоплоскостной цепочки во внешнем магнитном поле.

Система описывается гамильтонианом:

$$H = \sum_k (J (S_n^x S_{n+1}^x + S_n^y S_{n+1}^y) + J_z S_n^z S_{n+1}^z - 2h S_n^z),$$

где S_n^a - оператор a -й проекции спина в n -ом узле ($S = 1$), $-J \leq J_z \leq J$ и J - константы обменного взаимодействия, $h \geq 0$ - внешнее магнитное поле.

Используется представление узельного спина $S = 1$ двумя наборами ферми-операторов с определенным ограничением на их средние, связанное с конкретной величиной истинного спина в узле.

В фермиевском представлении гамильтониан содержит члены второго, четвертого и шестого порядка по ферми-операторам и сводится к квадратичному в приближении среднего поля, причем все аномальные парные корреляторы полагаются равными нулю.

В основном состоянии получено решение уравнений самосогласования. Определено магнитное поле спин-флипа и показано, что в точке фазового перехода магнитная восприимчивость имеет корневую особенность по полю.

Показано, что в отсутствие одноионной магнитной анизотропии в основном состоянии системы нет фазы с равной нулю намагниченностью в ненулевом внешнем магнитном поле, в отличие от двухподрешеточной цепочки спинов $S = 1/2$. Это является следствием учета величины узельного спина. При сильной одноионной магнитной анизотропии типа "легкая плоскость" возможно существование такой фазы. Определена область значений магнитного поля, в которой эта фаза может существовать.

Во втором разделе четвертой главы изучается влияние переменного магнитного поля, коллинеарного постоянному, на антиферромагнитную спиновую цепочку со слабо двухосной

магнитной анизотропией.

Система описывается гамильтонианом:

$$H = H_0 + h_0 \cos(\omega t) \sum_n S_n^z,$$

$$H_0 = \sum_n (J(S_n^x S_{n+1}^x + S_n^y S_{n+1}^y) + J_z S_n^z S_{n+1}^z - 2HS_n^z) + \\ + E(CS_n^x)^2 + (CS_n^y)^2 + D \sum_n (CS_n^z)^2,$$

где введены следующие обозначения: E - константа двухосной одноионной анизотропии, D - константа одноионной магнитной анизотропии типа "легкая плоскость", h_0 и ω - амплитуда и частота поля накачки, эффективный магнетон полагаем равным единице.

Амплитуда поля накачки считается малой величиной и исследование проводится с использованием резонансного приближения.

Энергетический спектр цепочки найден по теории возмущений, причем в качестве невозмущенной рассматривалась одноосная цепочка.

Произведен учет легкоплоскостной магнитной анизотропии.

Проанализированы различные резонансные процессы, для которых получены формулы для парных корреляторов и средней поглощаемой системой мощности. Поглощаемая спиновой цепочкой мощность конечна при любых амплитудах поля накачки.

Получены частотно-полевые зависимости основных резонансных процессов. В "антиферромагнитной фазе" результаты нашего рассмотрения качественно соответствуют имеющимся экспериментальным данным.

В заключении сформулированы основные результаты, полученные в диссертационной работе:

1. Теоретически изучено влияние нерезонансных членов взаимодействия переменного магнитного поля с магнитной системой на уровень параметрической неустойчивости при продольной накачке. Показано, что инкремент возрастания магнитных амплитуд системы является ограниченной функцией амплитуды поля накачки. Параметрическое возбуждение системы происходит беспороговым образом. Достаточно большое, но

конечное линейное затухание делает магнитную систему параметрически устойчивой при любых амплитудах поля накачки.

2. Исследовано поведение одномерной одноосной двухподрешеточной и одномерной двухосной одноподрешеточной X - Y цепочек с узельным спином $S = 1/2$ при включении (выключении) магнитного поля, ориентированного вдоль оси Z . Получены формулы, описывающие зависимость проекции полного магнитного момента системы на ось Z от времени, магнитного поля и температуры. Обнаружены интересные особенности отклика рассматриваемых моделей на изменение магнитного поля. Показано, что при рассматриваемом режиме проявляется незргодичность X - Y модели: установившееся значение намагниченности зависит от начального значения магнитного поля и отличается от термодинамически равновесного, соответствующего конечному значению поля.

3. Изучено явление продольной накачки в двухосной двухподрешеточной одномерной X - Y цепочке. Проанализированы различные варианты поведения системы в зависимости от ее энергетических параметров и частоты поля накачки. В резонансном приближении получены формулы для парных корреляторов элементарных возбуждений и средней поглощаемой системой мощности для всех возможных резонансных процессов. Показано, что система является параметрически устойчивой при любых амплитудах поля накачки. Для системы со слабой двухосностью построены резонансные частотно-полевые зависимости и изучена форма линий поглощения.

4. Теоретически исследованы статические и высокочастотные свойства одномерных антиферромагнитных гейзенберговских цепочек с узельным спином $S = 1$. Изучен энергетический спектр цепочек в присутствии постоянного внешнего магнитного поля. Определено значение магнитного поля, при котором происходит фазовый переход II рода (поле "спин-флипа") и показано, что в точке фазового перехода магнитная восприимчивость системы имеет в основном состоянии корневую особенность по магнитному полю. Изучено влияние легкплоскостной магнитной анизотропии на существование "антиферромагнитной фазы" при отличном от нуля значении магнитного поля. Рассмотрено явление продольной накачки в слабодвухосной одномерной антиферромагнитной цепочке спинов 1. Показано, что в системе не возникает параметрическая

неустойчивость. Получены и проанализированы формулы для средней мощности, поглощаемой системой спинов при различных резонансных процессах. Показано, что форма линий поглощения не лоренцовская. Построены частотно-полевые зависимости основных резонансных процессов, качественно совпадающие с имеющимися экспериментальными данными.

Публикации. Материалы, вошедшие в диссертационную работу, опубликованы в следующих пяти статьях:

1. Звягин А. А., Сегал Я. Ю., Цукерник В. М. Влияние нерезонансного взаимодействия переменного магнитного поля с магнотной системой на уровень параметрической неустойчивости. ФНТ 18, 983 (1992).

2. Звягин А. А., Сегал Я. Ю., Цукерник В. М. Эффект насыщения при продольной накачке в двухосной двухподрешеточной спиновой цепочке. ФНТ 18, 1348 (1991).

3. Звягин А. А., Сегал Я. Ю., Цукерник В. М. Переходный режим и установившаяся намагниченность в одномерном магнетике при включении магнитного поля. ФНТ 19, 387 (1993).

4. Звягин А. А., Сегал Я. Ю., Цукерник В. М. К теории спиновой антиферромагнитной цепочки с узельным спином $S = 1$. ФНТ 19, 995 (1993).

5. Звягин А. А., Сегал Я. Ю. Продольная накачка в двухосной двухподрешеточной спиновой цепочке с узельным спином $S = 1$. ФНТ 19, 1328 (1993).

Конкретный вклад диссертанта в разработку научных результатов, выносимых на защиту, заключается в том, что им выполнены:

- решения системы уравнений движения для магнотных амплитуд при продольной накачке переменным магнитным полем произвольной амплитуды;

- получены и исследованы теоретически и графически выражения для установившейся добавки к намагниченности двухосной одноподрешеточной и одноосной двухподрешеточной одномерных спиновых X-Y моделей при включении (выключении) магнитного поля; проанализировано влияние характера возникновения щели в спектре элементарных возбуждений на поведение системы в

нестационарных условиях;

-проанализированы различные типы резонансных процессов в двухосной двухподрешеточной спиновой X-Y модели при продольной накачке переменным магнитным полем; обсуждены условия, при которых резонансные процессы могут идти одновременно; получены аналитические формулы для парных корреляторов и средней поглощаемой мощности; показано, что система является параметрически устойчивой; изучена форма линий поглощения и построены резонансные частотно-полевые зависимости;

-получены выражения для энергетических спектров одноосной и двухосной одномерных антиферромагнитных цепочек с узельным спином $S = 1$; найдено значение магнитного поля, при котором происходит переход в "спин-флип" фазу; обсуждено влияние сильной одноионной легкоплоскостной магнитной анизотропии на появление квазиантиферромагнитной фазы;

-изучены различные резонансные процессы при продольной накачке переменным магнитным полем в двухосной одномерной антиферромагнитной цепочке с узельным спином $S = 1$; получены формулы для средней поглощаемой мощности; построены частотно-полевые зависимости резонансных процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mattis D.S. The theory of magnetism II: Thermodynamics and Statistical mechanics. Springer, 1985.
2. Bednorz J. G., Muller K. A. Possible high- T_c superconductivity in the Ba-La-Cu-O system. Z. Phys. B64, 189 (1986).
3. Бэкстер Р. Точно решаемые модели в статистической физике. М.: Мир, 1985.
4. Folinsbee J. T., Harrison J. P., McColl D. B., Taylor D. R. Specific heat, electric susceptibility and thermal conductivity of praseodimium ethyl sulphate: a one-dimensional electric dipolar XY system. J. Phys. C10, 743 (1977).
5. Пикин С. А., Цукерник В. М. О термодинамике линейных цепочек спинов в поперечном магнитном поле. ЖЭТФ 60, 1377 (1960).
6. Schlomann E., Green J., Milano V. Recent Developments in

Ferromagnetic Resonance at High Power Levels. J. Appl. Phys. 31, 386S (1960).

7. Клейнер В. З., Михайлов О. С., Цукерник В. М. Высокочастотные свойства одномерной спиновой системы с анизотропным взаимодействием. ФНТ 3, 762 (1977).

8. Клейнер В. З., Цукерник В. М. Нелинейные высокочастотные свойства одномерной спиновой системы с двумя подрешетками. ФММ 37, 231 (1974).

9. Haldane F. D. M. Nonlinear Field Theory of Large - Spin Heisenberg Antiferromagnets: Semiclassically Quantized Solitons of the One - Dimensional Easy - Axis Neel State. Phys. Rev. Lett. 50, 1153 (1983).

Segal Ya.Yu. Nonstationary processes in low-dimensional low-symmetrical quantum magnetic systems.

Thesis to the competition of the candidate's degree of physical and mathematical sciences on speciality 01.04.02 - theoretical physics.

Institute For Single Crystals, Kharkov, 1994.

5 scientific works which contain the theoretical research of the behaviour of quantum magnetic systems of the low dimension in nonstationary conditions are defended. The influence of a high frequency magnetic field on a magnon system is investigated. The response of a one-dimensional magnet to a step-like variation of the magnetic field is considered. The phenomenon of a longitudinal pumping in the biaxial two-sublattice one-dimensional spin chain is studied theoretically. The kinetic and dynamic characteristics of one-dimensional antiferromagnetic chains with site spin $S = 1$ are investigated.

Сегал Я.Ю. Нестационарні процеси в низьковимірних низькосиметричних квантових магнітних системах.

Дисертація на здобуття вченого ступеню кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.02 - Теоретична фізика.

Харківський ін-т Монокристалів, Харків, 1994.

Захищається 5 наукових робіт, які містять теоретичні дослідження поведінки квантових магнітних систем низькою вимірності у нестационарних умовах.

Вивчено вплив змінного магнітного поля на магнонну систему при поздовжньому накачуванні. Розібрано поведінку одновимірного магнетика при відкненні (вимиканні) магнітного поля. Теоретично досліджено явище поздовжнього накачування у двовісьному двохпідгратковому одновимірному спіновому ланцюжці. Одержані кінетичні та динамічні характеристики одновимірних антиферомагнітних ланцюжків з вузельним спіном $S = 1$.

Ключові слова:

спіновий ланцюжок, магнітне поле, поздовжнє накачування.

Подписано к печати 15.11.94 г.
Формат 60x84 1/16. Уч.-изд. л. 1,0.
Тираж 100. Зак. 31. Бесплатно.

Ротапринт Института монокристаллов
Харьков, пр. Ленина, 60
30-70-97

5507

AB 31.393

AB 31.393