

Ա.Ի.Ալիխանյանի անվան ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

Անանիկյան Լև Ներսեսի

Մայինային էֆֆեկտներ քվանտային քրոմոդինամիկայում և
բազմամասնիկային փոխազդեցություններով ռեկորենար
ցանցերում

Ա.04.02 - "Տեսական ֆիզիկա" մասնագիտությամբ
ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական
ատրիճանի հայցման արեւախոսության

ՄԵՂՄԱԳԻՐ

Երևան 2007

ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. А.И. Алиханяна

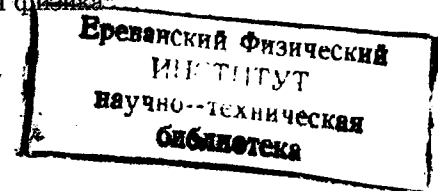
Ананikian Лев Нерсесович

Спиновые эффекты в квантовой хромодинамике и в
рекуррентных решетках с многочастичным
взаимодействием

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук по специальности
01.04.02-"Теоретическая физика"

Ереван 2007



Общая характеристика работы

Актуальность темы. Понятие спина было введено в атомную физику Уленбеком и Гаудсмитом в 1925 году для объяснения данных по энергетическим уровням атомов щелочных металлов [1].

В настоящее время спиновые характеристики являются мощным и изящным инструментом, играющим ключевую роль как в физике высоких энергий, так и в статистической механике. Спин является одним из основных свойств элементарных частиц, так как он определяет поведение соответствующих волновых функций при пространственно-временных преобразованиях.

Эксперименты с поляризованными пучками или эффекты, связанные со спином частиц в конечном состоянии, часто обеспечивают наиболее глубокое проникновение в свойства элементарных частиц и их взаимодействий. Например, наиболее точные значения угла Вайнберга, $\sin \theta_W$, были получены в эксперименте SLD в SLAC-е на основе измерения лево-правосторонней асимметрии в поляризованном e^+e^- рассеянии [2], а также из данных LEP по пространственной асимметрии в распадах b кварка (см. [3, 4]).

Интересно отметить, что понятие спина в статистической механике также появилось в 1925 году. Впервые спиновая модель во внешнем магнитном поле (в одномерном случае) была изучена Изингом [5] и с тех пор носит его имя. В 1944 Онсагер [6] впервые вычислил свободную энергию для двумерной модели Изинга. В настоящее время одним из наиболее популярных направлений в статистической физике является изучение критических явлений в спиновых системах. Нынешний уровень знаний о дву- и трехмерных равновесных спиновых системах, относящихся к широкому классу моделей Изинга, Гайзенберга и группы симметрии $O(N)$, подробно обсуждается в обзоре [7].

Хорошо известно, что квантовая теория поля (КТП) и статистическая механика (СМ) тесно связаны друг с другом. Во-первых, они похожи внешне: производящий функционал в евклидовой формулировке КТП имеет вид аналогичный статистической сумме соответствующей статистической модели. Сходство, однако, формальное, так как и в КТП, и в СМ мы имеем дело с бесконечным числом степеней свободы и в дальнейших вычислениях необходимо избавляться от сопутствующих расходимостей. Достаточное понимание связи между СМ и КТП было достигнуто только тогда, когда критическое поведение СМ-моделей было исследовано в терминах ренорм-группового (РГ) подхода [8, 9]. Используя теоретико-полевые методы, удалось объяснить универсаль-

Արեւախոսության թեման հասարակած է Ա.Ի.Ալիխանյանի անվան Երևանի ֆիզիկայի ինստիտուտում:
Գիրական ղեկավար

- ֆիզ.-մաթ. գիտ. թեկնածու
Ն.Յա. Իվանով (ԵրՖԻ)

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ

- ֆիզ.-մաթ. գիտ. դոկտոր,
պրոֆ. Գ.Ի. Զապարիձե (Անդրոնիկոզվիի
անվ. ֆիզիկայի ինստ., Թբիլիսի)
- ֆիզ.-մաթ. գիտ. դոկտոր
Ի.Գ.Ազնաուրյան (ԵրՖԻ)

Առաջարար կազմակերպություն՝ -Ն.Ն. Բոգոլյուբովի անվան Տեսական
ֆիզիկայի լաբորատորիա, ՄՏՄԻ, Դուբնա

Պաշտարանությունը կկայանա 2007թ. մարտի 27-ին ժամը 14.00-ին,
Ա.Ի.Ալիխանյանի անվան Երևանի ֆիզիկայի ինստիտուտում գործող ԲՈՎ-ի
024 մասնագիտական խորհրդի նիստում (375036, Երևան, Ալիխանյան Եղբայր-
ների փող. 2):

Արեւախոսությանը կարելի է ծանոթանալ Ա.Ի.Ալիխանյանի անվան Երևանի
ֆիզիկայի ինստիտուտի գրադարանում:

Սեղմագիրն առաքված է 2007թ. փետրվարի 27-ին.

Մասնագիտական խորհրդի գիտ. քարտուղար,
ֆիզ.-մաթ. գիտ. թեկնածու, Ա.Ե. Ա.Գ.Սարգսյան

Тема диссертации утверждена в Ереванском физическом институте
имени А.И. Алиханяна.

Научный руководитель - кандидат физ.-мат. наук
Н.Я.Иванов (ЕрФИ)

Официальные оппоненты - доктор физ.-мат. наук, проф.
Г.И. Джапаридзе (Ин-т. Физики им.
Андроникошвили, Тбилиси)

- доктор физ.-мат. наук
И.Г.Азнаурян (ЕрФИ)

Ведущая организация - Лаборатория теоретической физики имени
Н.Н.Боголюбова, ОИЯИ, Дубна.

Защита диссертации состоится 27 марта 2007 года в 14.00 часов на за-
седании специализированного совета ВАК 024, действующего при Ере-
ванском физическом институте им. А.И. Алиханяна (375036, г. Ереван,
ул. Братьев Алиханян 2).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Ереванского фи-
зического института имени А.И. Алиханяна.

Автореферат разослан 27 февраля 2007г.

Ученый секретарь спец. совета, к.ф.м.н. Ա.Տ. Մարգարյան

ность (скейлинг) в критическом поведении многих стат-механических систем.

С другой стороны, РГ теория критических явлений дает возможность определить КТП в непертурбативной области. В частности, евклидова формулировка калибровочных теорий на решетке, предложенная Вильсоном [10, 11], позволяет определить квантовую хромодинамику (КХД) вне рамок теории возмущений. Полученная таким образом формулировка КХД представляет собой критический низкотемпературный предел соответствующей четырехмерной калибровочной решеточной модели (см. [12, 13, 14]). Формализм Вильсона обеспечил существенный прогресс в изучении КХД, так как позволил проводить непертурбативные вычисления используя методы статистической физики, в частности, метод Монте-Карло симуляций [15].

Настоящая диссертация посвящена изучению некоторых спиновых эффектов в квантовой хромодинамике и в рекуррентных решетках с многочастичным взаимодействием.

В рамках КХД рассматриваются азимутальные асимметрии в глубоко неупругом лепторождении тяжелых кварков. Исследования по лепторождению тяжелых ароматов играют важную роль в КХД, поскольку позволяют не только протестировать пертурбативный сектор теории, но и "прошупать" внутреннюю структуру адронов. Особое место в этих исследованиях занимает изучение спиновых эффектов. Как показано в работах [16, 17], предсказания основного механизма (фотон-глюонного слияния) для азимутальных асимметрий в фото- и лепторождении тяжелых ароматов значительно стабильнее (как параметрически, так и пертурбативно) соответствующих предсказаний для сечений рождения. В данной работе мы исследуем вклад внутреннего чарма в азимутальные распределения очарованных частиц. Показано, что учет внутренней чарма не нарушает пертурбативной стабильности предсказаний теории для азимутальной асимметрии.

Другим предметом наших исследований являются критические явления в спиновых решетках с многочастичным взаимодействием. Спиновые модели Изинга и Гейзенберга (как с парными, так и с многочастичными взаимодействиями) широко используются для изучения многих стат-физических систем, таких как твердый ^3He , бинарные сплавы, анизотропные магнетики (CeBi , EuSe) и др. Основным инструментом нашего подхода к решению задач в таких моделях является метод рекурсивных (иерархических) решеток. Преимущество рекурсивных решеток заключается в том, что они позволяют получить точные рекуррентные отображения для статистической суммы. Хорошо известно,

что модели с многочастичными взаимодействиями обладают сложными фазовыми диаграммами и необычными свойствами. Для изучения фазовых переходов в ферромагнитной модели Изинга, в 1952 году Ли и Янг [18, 19] предложили метод связанный с вычислением нулей статистической суммы в области комплексных значений магнитного поля. Они доказали, что нули статистической суммы распределены по единичной окружности с центром в нуле на комплексной плоскости магнитного поля. Впоследствии, этот метод был обобщен и нашел широкое применение в различных областях физики. Мы вычисляем нули Янга-Ли в модели Поттса с трехчастичным взаимодействием определенной на рекурсивной лестничной (зигзаг) решетке. Показано существование квази-фазовых переходов (типа спираль-клубок) в области значений параметров имеющих прикладное (биофизическое) значение.

Особую роль в теории фазовых переходов и критических явлений играет кубическая (или $O(N)$) симметрия [20]. Начиная с 70-х годов модели с кубической симметрией широко применяются для объяснения природы фазовых переходов в различных минералах. Интерес к моделям с кубической симметрией связан с тем, что, являясь классическим приближением квантовой модели Гайзенберга, они позволяют получить точные решения для некоторых типов решеток. В настоящей работе изучается $O(N)$ -симметричная модель на решетке Бете с учетом дипольных и квадрупольных парных взаимодействий. Показано существование трех различных фаз и сложной системы фазовых переходов (обоих типов), зависящей от размерности рассматриваемого гиперкуба, N .

В настоящей работе изучаются также магнитные свойства твердого ^3He при близких к нулю температурах в решеточных моделях с учетом многочастичных обменных взаимодействий. Исследование физических свойств твердого гелия ^3He играет важную роль в изучении спиновых систем. Слой ^3He , нанесенный на графитовую поверхность, является хорошим примером двумерной квантовой спиновой системы [21, 22]. Первый атомный слой образует треугольную систему со спином $1/2$, в следующих слоях одна из связей исчезает и образуется решетка кагоме [23]. Во многих экспериментальных [24] и теоретических [25] работах было показано, что в таких системах преобладает связь между более чем двумя спинами и имеет место переход системы от ферромагнитного к антиферромагнитному состоянию. В последнее время особое внимание уделяется изучению плат намагниченности для спиновых систем в сильном магнитном поле при близких к нулю температурах, так как, по существу, это макроскопическое квантовое явление [26]. Как известно,

плато намагниченности не связано с насыщением. Значение намагниченности, при котором появляется плато, рационально по отношению к значению насыщения [27]. В нашей диссертации доказано существование плато намагниченности в спиновых моделях с многочастичным взаимодействием определенных на рекурсивных решетках.

Целью диссертационной работы является исследование некоторых спиновых эффектов в квантовой хромодинамике и в рекуррентных решетках с многочастичным взаимодействием, а именно:

1. Исследовать комплексные нули статистической суммы (нули Янга-Ли) в модели Потса на зигзаг решетке. Рассмотреть данную модель как приближение макромолекул с учетом неклассической водородной связи ($C_\alpha - H \cdots O$).
2. Исследовать магнитные свойства твердого ${}^3\text{He}$ при близких к нулю температурах с учетом двух-, трех-, четырех-, пяти- и шестичастичных обменных взаимодействий на рекурсивных решетках.
3. Используя метод динамических систем, исследовать фазовые переходы на решетке Бете в $O(N)$ симметричной модели.
4. Подсчитать азимутальную зависимость вклада тяжелого кварка в глубоко неупругое рассеяние лептона на нуклоне в следующем за лидирующем порядке теории возмущений.

Научная новизна.

Впервые динамическим методом рекуррентных отображений получены одномерные и многомерные рациональные соотношения для статистической суммы в моделях Изинга, Поттса и $O(N)$. При помощи этих отображений, были получены плато намагниченности, удвоения и нули Янга-Ли.

Впервые продемонстрирована тесная связь азимутальных распределений в рождении тяжелых кварков с ресуммированием массовых (коллинеарных) логарифмов в сечениях рождения этих кварков.

Практическая и теоретическая ценность. Показано, что динамический метод рекуррентных отображений позволяет исследовать критическое поведение многих физических систем, таких как твердый

${}^3\text{He}$, бинарные сплавы, анизотропные магнетики (CeBi, EuSe) и др. Полученные результаты могут быть использованы в экспериментальных исследованиях плато намагниченности проводимых в лабораториях Insubria (Como, Italy) и SPEC (Saclay, France).

Предложен новый способ разделения вкладов механизмов слияния фотона с глюоном и внутреннего чарма, основанный на анализе азимутальной асимметрии в лепторождении очарованных частиц. Азимутальная зависимость в лепторождении чарма может быть измерена в текущем эксперименте COMPASS в CERN, а также в предстоящих исследованиях на коллайдерах eRHIC и LHeC в BNL и CERN соответственно.

Основные положения, выносимые на защиту.

На защиту выносятся следующие результаты по исследованию спиновых стат-физических систем:

1. Наше исследование нулей Янга-Ли для макромолекул в модели Потса на зигзаг решетке позволяет различить два качественно различных типа поведения степени спиральности как функции температуры [1, 2].
2. Для трех типов рекурсивных решеток (квадратная [3], треугольная [4], шестиугольная [4, 5]) получены одномерные рекуррентные соотношения для статистической суммы и намагниченности.
3. Построены кривые намагниченности ${}^3\text{He}$ имеющие плато при значениях $m = 0$, $m = 1/2$, $m = 1/3$ и $m = 2/3$. Продемонстрировано существование бифуркаций и удвоений при определенных значениях констант обменного взаимодействия и температуры [3, 4, 5].
4. На решетке Бете в $O(N)$ симметричной модели, используя метод динамических систем, получено двумерное рекуррентное соотношение для статистической суммы [6].
5. На решетке Бете в ферромагнитном случае показано существование трех различных фаз и сложной системы фазовых переходов (обоих типов), зависящей от размерности рассматриваемого гиперкуба, N [6].

Результаты по изучению спиновых эффектов в КХД формулируются следующим образом:

6. Получено, что в отличие от основного механизма слияния фотона с глюоном, вклад внутреннего чарма практически не зависит от $\cos 2\varphi$ [7].
7. В отличие от сечений рождения, азимутальная асимметрия практически не чувствительна к радиационным поправкам, что говорит о ее пертурбативной стабильности [8].

Апробация работы. Основные результаты диссертации докладывались диссертантом на международных конференциях "IX International Conference on Symmetry Methods in Physics" (Yerevan, Armenia 2001), "XI Regional Conference" (Tehran, Iran 2004), "Selected Topics in Theoretical Physics" (Tbilisi, Georgia 2005); на республиканской конференции молодых ученых "Физика-2003", а так же на семинарах в Ереванском Физическом Институте.

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 8 научных работ, список которых приводится в конце автореферата.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 127 страницах, состоит из введения, 4 глав, заключения и списка цитированной литературы, включающего 209 наименований.

Содержание работы

Во введении (Глава 1) обоснована актуальность темы и сделан краткий обзор по проблемам, затронутым в диссертации. Изложены практическая ценность и краткое описание работы.

Во второй главе описаны преимущества рекурсивных решеток. Получены одномерные и многомерные отображения для статистической суммы в моделях Изинга и Поттса. Построены языки Арнольда для этих моделей. Используя метод динамических отображений на зигзаг решетке в модели Поттса, рассмотрены фазовые переходы (спираль-клубок) для макромолекул. Исследование свойств макромолекул про-

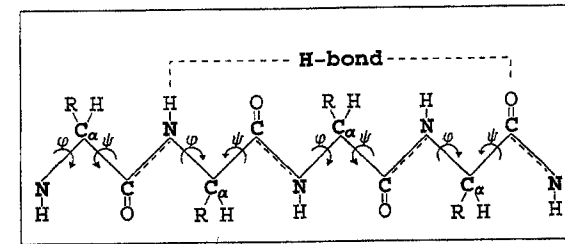


Рис. 1: Основа молекулы полипептида или белка.

водились в рамках модели основанной на следующем гамильтониане:

$$H = -J \sum_{\Delta^i} \delta(s_{i-1}, 0) \delta(s_i, 0) \delta(s_{i+1}, 0) \quad (1)$$

$$-K \sum_{\Delta^i} [1 - \delta(s_{i-1}, 0) \delta(s_i, 0) \delta(s_{i+1}, 0)]$$

$$-K_1 \sum_i \delta(s_i, 0),$$

где J - энергия классической водородной связи, K - энергия взаимодействия макромолекулы с растворителем, а K_1 описывает неклассические водородные связи аминокислот (см. Рис. 1).

В этой модели построены комплексные нули статистической суммы (нули Янга-Ли). Получены два качественно различных поведения степени спиральности (см. Рис.2).

Результаты этой главы опубликованы в работах [1, 2].

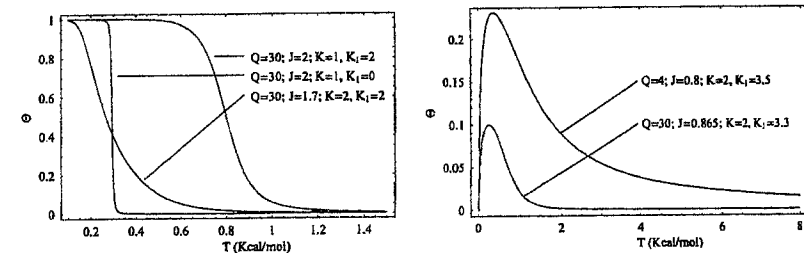


Рис. 2: Зависимость спиральности Θ макромолекулы от температуры T .

В третьей главе рассмотрена модель Гайзенберга на рекурсивных решетках с мультиспиновым взаимодействием в сильном внешнем магнитном поле как приближение двумерной решетки кагоме, а также рекурсивная шестиугольная решетка как приближение треугольной решетки для твердого ${}^3\text{He}$. Модель Гайзенберга в сильном внешнем магнитном поле можно приблизить моделью Изинга. Квантовый обменный гамильтониан может быть записан в следующем виде:

$$\mathcal{H}_{ex} = J_2 \sum_{\text{pairs}} (P_2 + P_2^{-1}) - J_3 \sum_{\text{triangles}} (P_3 + P_3^{-1}) + J_4 \sum_{\text{rectangles}} (P_4 + P_4^{-1}) - \dots, \quad (2)$$

где J_n описывает n -частичные взаимодействия, а P_n - оператор перестановок n частиц.

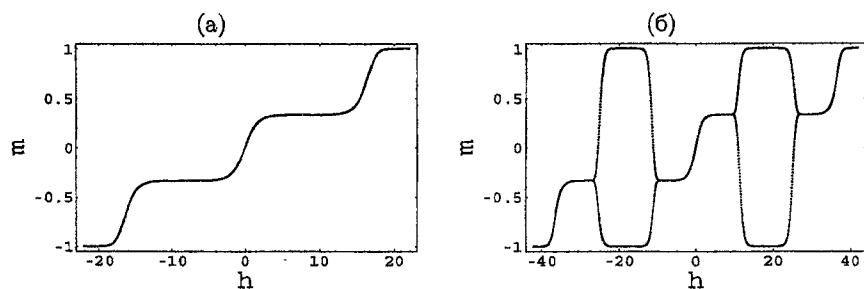


Рис. 3: Зависимость намагниченности m от внешнего поля h на решетке Хусими, при $T = 1mK$: $J = 8mK$ (а) и $J = 18mK$ (б); $J = \frac{J_2 - J_3}{2}$.

Используя динамический метод, получены рекуррентные соотношения для статистической суммы. Построены графики зависимости намагниченности от внешнего поля при разных константах обменного взаимодействия и температурах. Получены магнитные плато, бифуркации и удвоения (например, см. Рис.3).

Результаты этой главы опубликованы в работах [3, 4, 5].

В четвертой главе выведена система рекуррентных отображений на решетке Бете в модели с $O(N)$ симметрией. При выводе были учтены эффекты, связанные с взаимодействием квадрупольного типа. В ферромагнитном случае установлено существование трех различных фаз и сложной системы фазовых переходов обоих типов. Построены

кривые намагниченности и фазовые диаграммы для различных значений координационного числа q (см. Рис.4).

Результаты этой главы опубликованы в работе [6].

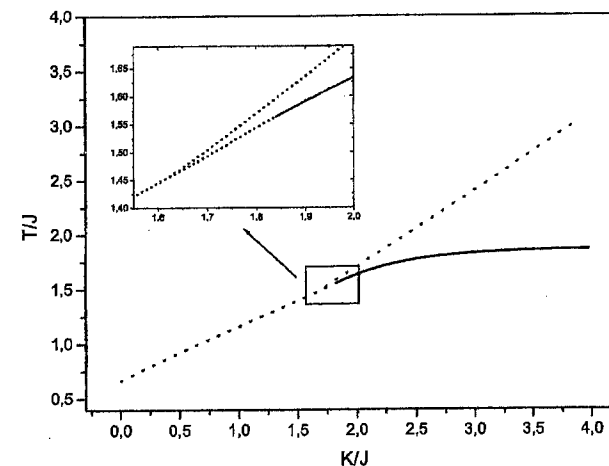


Рис. 4: Фазовая диаграмма, при $Q = 3$ и $q = 3$. Сплошная линия соответствует фазовому переходу второго рода, точечная - фазовому переходу первого рода.

В пятой главе изучаются спиновые эффекты в лепторождении тяжелых кварков в рамках КХД. Рассмотрена азимутальная асимметрия в глубоко неупругом рассеянии в качестве пробника внутреннего чарма в протоне. Исследуются вклады двух партонных процессов: рассеяния фотона на кварке и слияния фотона с глюоном. Подсчитаны части сечения зависящие от азимута в следующем за лидирующим порядке теории возмущений. Принимая во внимание эффекты связанные с массой мишени, сечение γ^*Q рассеяния может быть записано в следующем виде:

$$\frac{d^3 \hat{\sigma}_{TQ}}{dz dQ^2 d\varphi} = \frac{\alpha_{em} y^2 \sqrt{1+4\lambda z^2}}{(2\pi)^2 z Q^2 (1-\hat{\epsilon})} \left[\hat{\sigma}_{2,Q}(z, \lambda) - (1-\hat{\epsilon}) \hat{\sigma}_{L,Q}(z, \lambda) + \hat{\epsilon} \hat{\sigma}_{A,Q}(z, \lambda) \cos 2\varphi + 2\sqrt{\hat{\epsilon}(1+\hat{\epsilon})} \hat{\sigma}_{T,Q}(z, \lambda) \cos \varphi \right], \quad (3)$$

где величина $\hat{\epsilon}$ описывает степень поляризации виртуального фотона.

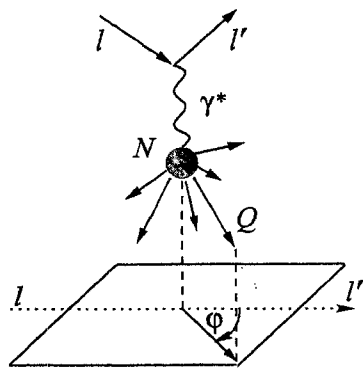


Рис. 5: Определение азимутального угла φ в системе покоя мишени.

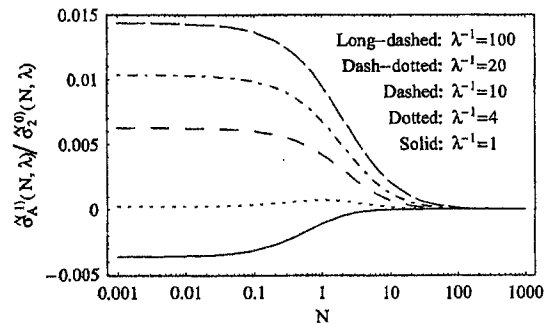


Рис. 6: Отношение $\hat{\sigma}_A^{(1)}(N, \lambda) / \hat{\sigma}_2^{(0)}(N, \lambda)$ при некоторых значениях λ . Верхний индекс n у величин $\hat{\sigma}_i^{(n)}$ ($i = 2, A$) указывает на порядок теории возмущений.

Показано, что в отличие от основного механизма слияния фотона с глюоном, механизм внутреннего чарма практически не зависит от $\cos 2\varphi$. На Рис. 6 приведено отношение $\hat{\sigma}_A^{(1)}(N, \lambda) / \hat{\sigma}_2^{(0)}(N, \lambda)$ для некоторых значений переменной λ ($\lambda = m^2/Q^2$), где величины $\hat{\sigma}_i(N, \lambda)$ представляют собой меллиновские образы соответствующих сечений:

$$\hat{\sigma}_i(N, \lambda) = \int_0^1 \hat{\sigma}_i(z, \lambda) z^{N-1} dz, \quad (i = 2, L, A, I). \quad (4)$$

Как видно из Рис. 6, $\cos 2\varphi$ асимметрия не превышает 1.5% при всех значениях λ .

Также показано, что в отличие от сечения рождения, азимутальная асимметрия практически не чувствительна к радиационным поправкам, что говорит о ее пертурбативной стабильности.

Результаты этой главы опубликованы в работах [7, 8].

В заключении представлены основные результаты работы:

1. Используя рекуррентные отображения для статистической суммы, исследованы нули Янга-Ли для макромолекул в модели Поттса на рекурсивной зигзаг решетке, получены два качественно различных поведения степени спиральности [1, 2].
2. Используя метод динамических систем с многочастичным обменным взаимодействием на квадратной [3], Хусими [4] и шестиугольной [4, 5] рекурсивных решетках, получена зависимость намагниченности от внешнего магнитного поля.
3. Построены кривые намагниченности ^3He с плато (в $m = 0, m = 1/2, m = 1/3$ и $m = 2/3$), бифуркациями и удвоениями [3, 4, 5].
4. На решетке Бете в $O(N)$ симметричной модели, получены точные рекуррентные соотношения для статистической суммы [6].
5. На решетке Бете в ферромагнитном случае показано существование трех различных фаз и сложной системы фазовых переходов (обоих типов), зависящей от размерности рассматриваемого гиперкуба [6].
6. Получено, что в отличие от основного механизма слияния фотона с глюоном, вклад внутреннего чарма практически не зависит от $\cos 2\varphi$ [7].
7. В отличие от сечений рождения, азимутальная асимметрия практически не чувствительна к радиационным поправкам, что говорит о ее пертурбативной стабильности [8].

Литература

- [1] S.A. Goudschmidt, G.H. Uhlenbeck, *Spinning electrons and the structure of spectra*, *Nature* **117**, 264 (1926).
- [2] S. Schael *et al.*, *Precision electroweak measurements on the Z resonance*, *Phys. Rept.* **427**, 257 (2006).
- [3] J. Ellis, *Polarization puts a New Spin on Physics*, hep-ph/0701049.
- [4] J. Erler, *Low energy tests of the standard model with spin degrees of freedom*, hep-ph/0612030.
- [5] E. Ising, *Beitrag zur theorie des ferromagnetismus*, *Z. Physik* **31**, 253 (1925).
- [6] L. Onsager, *Crystal statistics I. A two-dimensional model with an order disorder transition*, *Phys. Rev.* **65**, 117 (1944).
- [7] A. Pelissetto and E. Vicari, *Critical phenomena and renormalization-group theory*, *Phys. Rep.* **368**, 549 (2002).
- [8] K.G. Wilson, *Renormalization group and critical phenomena. 1. Renormalization group and the Kadanoff scaling picture*, *Phys. Rev.* **B4**, 3174 (1971).
- [9] K.G. Wilson, J. Kogut, *The renormalization group and the ϵ expansion*, *Phys. Rep.* **12** (1974) 75.
- [10] K.G. Wilson, *Confinement Of Quarks*, *Phys. Rev.* **D10**, 2445 (1974).
- [11] K.G. Wilson, *Quarks and strings on a lattice*, in: A. Zichichi (Ed.), *New Phenomena in Subnuclear Physics*, Plenum Press, New York, 1975.
- [12] J. Zinn-Justin, *Quantum Field Theory and Critical Phenomena*, 3rd Edition, Clarendon Press, Oxford, 1996.
- [13] M. Creutz, *Quarks, Gluons and Lattices*, Cambridge University Press, Cambridge, 1983.
- [14] I. Montvay, G. Münster, *Quantum Fields on a Lattice*, Cambridge University Press, Cambridge, 1994.
- [15] M. Creutz, L. Jacobs, C. Rebbi, *Monte Carlo computations in lattice gauge theories*, *Phys. Rep.* **95**, 201 (1983).
- [16] N. Ya. Ivanov, *Perturbative stability of the QCD predictions for single spin asymmetry in heavy quark photoproduction*, *Nucl. Phys. B* **615**, 266 (2001).
- [17] N. Ya. Ivanov, *Azimuthal asymmetries in heavy quark leptonproduction as a test of pQCD*, *Nucl. Phys. B* **666**, 88 (2003).
- [18] C. N. Yang and T. D. Lee, *Statistical Theory of Equations of State and Phase Transitions. I. Theory of Condensation*, *Phys. Rev.* **87**, 404 1952.
- [19] T. D. Lee and C. N. Yang, *Statistical Theory of Equations of State and Phase Transitions. II. Lattice Gas and Ising Model*, *Phys. Rev.* **87**, 410 1952.
- [20] B. Nienhuis, E. K. Riedel, and M. Schick, *Critical behavior of the n-component cubic model and the Ashkin-Teller fixed line*, *Phys. Rev. B* **27**, 5625 (1983).
- [21] M. Roger, J. H. Hetherington, J. M. Delrieu, *Magnetism in solid ^3He* , *Rev. Mod. Phys.* **55**, 1 (1983).
- [22] H. Franco, R. Rapp and H. Godfrin, *Nuclear Ferromagnetism of Two-Dimensional ^3He* , *Phys. Rev. Lett.* **57**, 1161 (1986).
- [23] R. A. Gayer, *^3He films and the Ruderman-Kittel-Kasuya-Yosida interaction*, *Phys. Rev. Lett.* **64**, 1919 (1990).
- [24] K. Ishida, M. Morishita, K. Yawata and H. Fukuyama, *Low Temperature Heat-Capacity Anomalies in Two-Dimensional Solid ^3He* , *Phys. Rev. Lett.* **79**, 3451 (1997).
- [25] M. Roger, *Multiple exchange in ^3He and in the Wigner solid*, *Phys. Rev. B* **30**, 6432 (1984).
- [26] T. Momoi, H. Sakamoto, and K. Kubo, *Magnetization plateau in a two-dimensional multiple-spin exchange model*, *Phys. Rev. B* **59**, 9491 (1999).
- [27] M. Oshikava, M. Yamanaka, and I. Affleck, *Magnetization Plateaus in Spin Chains: "Haldane Gap" for Half-Integer Spins*, *Phys. Rev. Lett.* **78**, 1984 (1997).

Работы автора по теме диссертации

- [1] N. S. Ananikian and L.N. Ananikyan, ed. by S Rahvar, N Sadooghi and F Shojai, *Arnold Tongues in One-, and Multi-Dimensional Mappings of Physical Systems*, World Scientific; Singapore, pp. 21-26 (2005).
- [2] N. Ananikian, L. Ananikyan, and R.Artuso, *Multi-dimensional Mapping and Folding Properties for Non-classical Helix-stabilizing*, Phys. Lett. **A360**, pp. 615-618 (2007).
- [3] T.A. Arakelyan V.R Ohanyan, L.N. Ananikyan, N.S. Ananikian, and M.Roger, *Multisite-interaction Ising model approach to the solid ^3He system on a triangular lattice*, Phys. Rev. **B67**, 024424 pp.1-13 (2003).
- [4] L.N. Ananikyan, *Magnetic Properties of ^3He on the recursive lattices*, Proceedings of National Academy of Sciences of Armenia, Physics, 42, pp.17-23 (2007).
- [5] L.N. Ananikyan, *The hexagonal recursive approximation with multisite-interaction Ising model for the solid and fluid ^3He system*, Int. J. Mod. Phys. **B21**, pp. 1-18 (2007).
- [6] V.R. Ohanyan, L.N. Ananikyan, N.S. Ananikyan, *An exact solution on the ferromagnetic face-cubic spin model on Bethe lattice*, Physica **A377**, pp. 501-513 (2007).
- [7] L. N. Ananikyan and N. Ya. Ivanov, *Azimuthal dependence of the heavy quark initiated contributions to DIS*, Phys. Rev. **D75**, 014010 pp. 1-9 (2007).
- [8] L. N. Ananikyan and N. Ya. Ivanov, *Azimuthal asymmetries in DIS as a probe of intrinsic charm content of the proton*, Nucl. Phys. **B762**, pp. 256-283 (2007).

ԱՄՓՈՓՈՒՐ

Ներգրված են որոշ սպինային էֆեկտներ քվանտային քրոմոդինամիկայում և բազմամասնիկային փոխազդեցություններով ռեկուրենտ ցանցերում: Աշխատանքում սրացված հիմնական արդյունքները հետևյալն են.

1. Ներագրվելով զիգագառն ռեկուրենտ ցանցի վրա Յանգ-Լիի գրոները Պոլսի մոդելի մեջ՝ մակրոմոլեկուլների համար սրացված են երկու որակապես փարբեր վարբեր պարույրության աստիճանի համար:

2. Կիրառելով բազմամասնիկային փոխազդեցություններով դինամիկ համակարգերի մեթոդը՝ ^3He -ի համար՝ երեք փիլի ռեկուրսիվ ցանցերի վրա սրացված են միաչափ ռեկուրենտ առնչություններ վիճակագրական գումարի համար:

3. Տարբեր ջերմաստիճանների և փոխազդեցության հաստատունների համար կառուցված են մագնիսացման կորեր, որտեղ առկա են մագնիսացման հարթակներ, բիֆուրկացիոն կետեր և կրկնապարկումներ:

4. Կիրառելով բազմամասնիկային փոխազդեցություններով դինամիկ համակարգերի մեթոդը՝ Բեյրե ցանցի վրա $O(N)$ սիմետրիայով մոդելում սրացված է երկչափ ռեկուրենտ առնչություն վիճակագրական գումարի համար:

5. Ֆերմոնազնիսական դեպքում Բեյրե ցանցի վրա հայրնաբերված են համակարգի թերմոդինամիկական փարբեր փուլեր ռեկուրենտ առնչությունների փարբեր փիլի ֆիքսված կետերում:

6. Ապացուցվել է, որ ի փարբերություն ֆոպոնի և գլյուոնի միաձուլման հիմնական մեխանիզմի, ներքին չարմի ներդրումը գործնականում կախված չէ $\cos 2\varphi$ -ից, որտեղ φ -ին ազիմուտալ անկյունն է:

7. Ապացուցվել է, որ ի փարբերություն ծնման կրկնաբերի, ազիմուտալ ափսնարրիան էապես զգայուն չէ ռադիացիոն ուղղումների նկարմամբ: