

УДК 537.611; 538.915

Интернет-магазин

MATHESIS

<http://shop.rcd.ru>

- физика
- математика
- биология
- нефтегазовые технологии



Издание осуществлено при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований
по проекту №06-02-30029.

Изюмов Ю. А., Чашин Н. И., Алексеев Д. С.

Теория сильно коррелированных систем. Метод производящего функционала. — М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика»; Институт компьютерных исследований, 2006. — 384 с.

На основе единого подхода в книге дается изложение базовых моделей в теории сильно коррелированных систем: моделей Гейзенберга, Хаббарда, tJ-модели, sd-модели, модели двойного обмена и периодической модели Андерсона, используемых для описания физических явлений в переходных и редкоземельных металлах, их сплавах и соединениях.

Книга рассчитана не только на физиков-теоретиков, но и на более широкий круг читателей благодаря включению в каждую главу, посвященную электронной модели, большого обзора результатов теоретических исследований модели различными другими методами, используемыми в литературе.

ISBN 5-93972-502-3

© Ю. А. Изюмов, Н. И. Чашин, Д. С. Алексеев, 2006

© НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2006

<http://rcd.ru>

<http://ics.org.ru>

Оглавление

Предисловие	7
ГЛАВА 1. Введение	9
1.1. Базовые модели в теории спиновых и сильно коррелированных электронных систем	9
1.1.1. Основные группы базовых моделей	9
1.1.2. Гамильтонианы моделей	10
1.1.3. Методы исследования моделей	14
1.2. Метод производящего функционала для обычных ферми-систем	15
1.2.1. Введение производящего функционала	15
1.2.2. Уравнение движения для электронной функции Грина в вариационных производных по флуктуирующим полям	18
1.2.3. Итерации уравнений и диаграммное представление рядов	20
1.2.4. Бозонные функции Грина	22
1.2.5. Связь со стандартной теорией возмущений	27
1.3. Обобщение метода производящего функционала и теория возмущений вблизи атомного предела	29
1.3.1. Модели, описываемые в терминах X -операторов	29
1.3.2. Модели, описываемые в терминах спиновых операторов	32
1.3.3. Теория возмущения вблизи атомного предела	33
ГЛАВА 2. Модель Гейзенберга	36
2.1. Производящий функционал и спиновые функции Грина	36
2.1.1. Введение производящего функционала	36
2.1.2. Уравнение для функции Грина поперечных спиновых компонент	38
2.2. Динамика поперечных спиновых компонент	42
2.2.1. Вычисление собственно энергетической и концевой частей	42

2.2.2.	Затухание спиновых волн	44
2.3.	Диаграммная техника для спиновых операторов	46
2.3.1.	Теорема Вика для спиновых операторов	46
2.3.2.	Усреднение продольных компонент спинов	50
2.3.3.	Правила диаграммной техники	52
2.3.4.	Уравнение Ларкина	56
2.3.5.	Сравнение метода производящего функционала и диаграммной техники	59
2.4.	Динамика продольных спиновых компонент	59
2.4.1.	Суммирование петлевых диаграмм	62
2.4.2.	Выделение сингулярного вклада	66
2.4.3.	Продольные флуктуации за пределами гидродинами- ческого режима	67
2.5.	Модель Гейзенберга с одноионной анизотропией	69
2.5.1.	Введение X -операторов	69
2.5.2.	Уравнение для функции Грина поперечных компонент	71
ГЛАВА 3. Модель Хаббарда		75
3.1.	Предел бесконечного кулоновского взаимодействия U	75
3.1.1.	Гамильтониан модели в терминах X -операторов	75
3.1.2.	Электронная функция Грина в пределе $U = \infty$	76
3.1.3.	Итерации уравнений для электронной функции Грина	80
3.1.4.	Сравнение с диаграммной техникой для X -операторов	88
3.1.5.	Обобщенное приближение хаотических фаз	95
3.2.	Модель при конечном кулоновском взаимодействии	102
3.2.1.	Формализм X -операторов	102
3.2.2.	Уравнение движения для электронной функции Грина	104
3.2.3.	Итерации в уравнениях для собственно энергетиче- ской и концевой частей	110
3.2.4.	Приближение среднего поля	115
3.2.5.	Вычисление собственно энергетической и концевой частей электронной функции Грина	124
3.3.	Бозонные функции Грина	127
3.3.1.	Основные определения	127
3.3.2.	Функция Грина магнонов	128
3.3.3.	Функция Грина дублонов	132
3.4.	Динамические флуктуации в гидродинамическом режиме	137
3.4.1.	Дублоны	137
3.4.2.	Магноны	139
3.5.	Обзор теоретических исследований модели Хаббарда	140

3.5.1.	Расцепление уравнений движения	140
3.5.2.	Теория динамического среднего поля (предел бесконечной размерности пространства)	161
3.5.3.	Вариационные методы	178
3.5.4.	Метод вспомогательных бозонов	182
3.5.5.	Основные корреляционные эффекты	187
ГЛАВА 4. tJ-модель		192
4.1.	Электронная функция Грина	192
4.1.1.	Вывод гамильтониана tJ-модели	192
4.1.2.	Уравнение для электронной функции Грина	194
4.1.3.	Итерации уравнений	196
4.2.	Функция Грина магнонов	200
4.2.1.	Использование уравнения движения	200
4.3.	Обзор теоретических исследований tJ-модели	203
4.3.1.	tJ-модель — основная электронная модель ВТСП-соединений	203
4.3.2.	Дырка в антиферромагнитной матрице	205
4.3.3.	Магнитный полярон	212
4.3.4.	Спиновая жидкость	229
4.3.5.	Фазовая диаграмма	235
ГЛАВА 5. sd-модель		243
5.1.	Электронная функция Грина	243
5.1.1.	Производящий функционал модели	243
5.1.2.	Уравнение движения для электронной функции Грина	245
5.2.	Функция Грина магнонов	248
5.2.1.	Уравнение движения для магнонной функции Грина	248
5.2.2.	Спектр спиновых волн и затухание	251
5.3.	Сильная sd-обменная связь	255
5.3.1.	Диагонализация sd-обменного гамильтониана и введение X-операторов	255
5.3.2.	Уравнение движения для электронной функции Грина	259
5.3.3.	Предел $ J = \infty$	264
5.3.4.	Предел $S \rightarrow \infty$	270
5.4.	Модель двойного обмена	274
5.4.1.	Эффективный гамильтониан модели	274
5.4.2.	Электронная функция Грина	277
5.4.3.	Магнонная функция Грина	278

5.5.	Модель двойного обмена с классическим локализованным спином	281
5.5.1.	Вывод эффективного гамильтониана	281
5.5.2.	Метод динамического среднего поля для модели двойного обмена	284
5.6.	Обзор теоретических исследований sd-модели	292
5.6.1.	Кондо-резонанс в однопримесной sd-модели	292
5.6.2.	Решетка Кондо	295
5.6.3.	Скэйлинговый анализ магнитоупорядоченных кондо-систем	300
ГЛАВА 6.	Периодическая модель Андерсона	303
6.1.	Периодическая модель Андерсона в методе производящего функционала	303
6.1.1.	Гамильтониан и электронные функции Грина	303
6.1.2.	Введение X -операторов	305
6.1.3.	Уравнения движения для электронных функций Грина	307
6.2.	Периодическая модель Андерсона в пределе $U = \infty$	311
6.2.1.	Простейшие приближения для электронной функции Грина	311
6.2.2.	Структура квазичастичного спектра	314
6.3.	Спиновые флуктуации в гидродинамическом режиме	318
6.4.	Обзор теоретических исследований периодической модели Андерсона	320
6.4.1.	Тяжелые фермионы	320
6.4.2.	Однопримесная модель Андерсона	323
6.4.3.	Ранние аналитические исследования проблемы РАМ	330
6.4.4.	Теория динамического среднего поля	336
6.4.5.	Фазовая диаграмма модели	344
ГЛАВА 7.	Заключение	355
7.1.	Суть метода производящего функционала	355
7.2.	Общие черты моделей сильно коррелированных систем	360
Приложение	362	
Уравнение движения для произвольной функции Грина	362	
Литература	364	