

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Московский физико-технический институт (государственный университет)»
МФТИ**

Кафедра «Фундаментальных и прикладных проблем физики микромира»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

_____ **О.А. Горшков**

_____ **2012 г.**

РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

**по дисциплине: Фазовые переходы и критические явления
по направлению: 010900 «Прикладные математика и физика»
магистерская программа: 010912 – «Теоретические проблемы физики
элементарных частиц»**

факультет: ФОПФ

кафедра: Фундаментальных и прикладных проблем физики микромира

курс: 5 (магистратура)

семестр: весенний

Экзамен: 10 семестр

Трудоёмкость в зач. ед.: вариативная – 3 зач.ед.

в т.ч.:

лекции: вариативная часть - 32 часа

семинарские занятия: нет

лабораторные занятия: нет

**самостоятельная работа: вариативная часть - 32 часа + 30 часов на подготовку
к экзамену, 2 зач.ед.**

ВСЕГО АУДИТОРНЫХ ЧАСОВ: 32

Программу составил д.ф.-м.н. Бранков Й.Г.

**Программа обсуждена на заседании кафедры «Фундаментальных и прикладных
проблем физики микромира»**

« ____ » _____ 2012 г.

Заведующий кафедрой

д.ф.-м.н., профессор Казаков Д.И.

ОБЪЁМ УЧЕБНОЙ НАГРУЗКИ И ВИДЫ ОТЧЁТНОСТИ

Вариативная часть, в т.ч. :	<u> 3 </u> зач. ед.
Лекции	<u> 32 </u> часа
Семинарские занятия	нет
Лабораторные работы	нет
Индивидуальные занятия с преподавателем	нет
Самостоятельные занятия	<u> 62 </u> часа
ВСЕГО	94 часов (3 зач. ед.)
Итоговая аттестация	Экзамен 10 семестр

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Цель курса - освоение студентами фундаментальных знаний в области современной теории фазовых переходов и критических явлений, основанной на точных результатах для модельных систем и на применении методов ренормализационной группы и конформной теории поля. Будут представлены теории термодинамического и конечноразмерного подобия, статистико-механического эффекта Казимира.

Задачами данного курса являются:

- формирование базовых знаний в области статистической физики классических и квантовых систем многих, сильно взаимодействующих частиц.
- обучение студентов современным методам теоретического описания фазовых переходов и критического состояния вещества;
- формирование подходов к выполнению студентами исследований в области статистической физики в рамках выпускных работ на степень магистра.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП МАГИСТРАТУРЫ

Дисциплина «**Фазовые переходы и критические явления**» включает в себя разделы, которые могут быть отнесены к вариативной части профессионального цикла ООП М.1.

Дисциплина «**Фазовые переходы и критические явления**» базируется на материалах курсов, читаемых в рамках базовой и вариативной частей УЦ ООП Б.2 и Б.3 (Математический анализ, Теория вероятностей, Теория функций комплексного переменного, Теоретическая физика, Термодинамика и Статистическая физика), и относится к профессиональному циклу.

КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «**Фазовые переходы и критические явления**» направлено на формирование следующих общекультурных и профессиональных компетенций магистра:

а) общекультурные (ОК):

- компетенция самообразования и самоорганизации (ОК-1);
- компетенция профессиональной мобильности (ОК-2);

- компетенция получения знаний и использования новой информации (ОК-3);
- компетенция системного аналитического мышления (ОК-4);
- компетенция креативности (ОК-5).

б) профессиональные (ПК):

- компетенция профессионального использования информации (ПК-1);
- компетенция профессиональной аналитической деятельности (ПК-2);
- компетенция креативности в научно-исследовательской и инновационной деятельности (ПК-3);
- компетенция профессионального владения информационно-коммуникационными технологиями (ПК-4);
- компетенция презентации своей деятельности (ПК-6);
- компетенция самостоятельных исследований (ПК-10);
- компетенция обобщения и презентации результатов исследований (ПК-15).

3. КОНКРЕТНЫЕ ЗНАНИЯ, УМЕНИЯ И НАВЫКИ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины «Фазовые переходы и критические явления» обучающийся должен:

1. Знать:

- феноменологию фазовых переходов;
- определение параметра дальнего порядка в микроскопической теории;
- определение критических показателей при фазовом переходе второго рода;
- основы подхода ренормализационной группы к критическим явлениям;
- масштабные преобразования корреляционных функций;
- гипотезы универсальности и скейлинга;
- особенности перехода от решеточных к континуальным моделям;
- определения и свойства группы конформных преобразований;
- конформные преобразования метрического тензора;
- определение тензора напряжений и его свойства;
- коммутационные соотношения алгебры Вирасоро;
- определение образующих алгебры Вирасоро через действие тензора напряжений;
- определение и свойства первичных полей;
- структуру операторной алгебры локальных полей;
- разложения операторных произведений и их свойства;
- конформное тождество Уорда.
- условие существования минимальных конформных теорий поля и их свойства;
- первичные поля для двумерной модели Изинга в скейлинговом пределе;
- эффекты конечных размеров на свободную энергию системы.

2. Уметь:

- эффективно применять вышеуказанные знания на практике для решения фундаментальных и прикладных научных задач в области современной статистической физики - теории фазовых переходов и критических явлений.

3. Владеть:

- методом масштабных преобразований в реальном пространстве;
- техникой вычисления основных критических показателей;

- методом ренормализационной группы в реальном пространстве;
- методом перехода от решеточной к континуальной теории;
- техникой конформных преобразований корреляционных функций;
- техникой преобразования классического действия при произвольном преобразовании координат;

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Структура преподавания дисциплины

Перечень разделов дисциплины и распределение времени по темам

№ темы и название	Количество часов
1. Введение.	4
2. Теория фазовых переходов.	12
3. Теория конечномерного подобия.	4
4. Критический эффект Казимира.	4
5. Метод ренормализационной группы в теории фазовых переходов.	8
6. Конформная теория поля для описания критического состояния.	32
ВСЕГО (часов (зач.ед.))	64 часа

ВИД ЗАНЯТИЙ: ЛЕКЦИИ

№ п.п.	Темы	Трудоёмкость в зач. ед. (количество часов)
1	Введение.	2
2	Фазовые переходы.	2
3	Критические показатели.	2
4	Теория Ли и Янга.	2
5	Теория конечномерного подобия.	2
6	Критический эффект Казимира.	2
7	Метод ренормализационной группы (часть I).	2
8	Метод ренормализационной группы (часть II).	2
9	Конформные преобразования.	2
10	Тензор напряжений.	2
11	Алгебра Вирасоро.	2
12	Структура операторной алгебры локальных полей.	2

13	Разложения операторных произведений.	2
14	Конформное тождество Уорда.	2
15	Минимальные конформные теории поля.	2
16	Первичные поля для двумерной модели Изинга.	2
ВСЕГО (зач. ед. (часов))		1 зач. ед. (32 часа)

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ:

№ п.п.	Темы	Трудоёмкость в зач. ед. (количество часов)
1	Изучение теоретического курса Выполняется самостоятельно каждым студентом по итогам каждой из лекций. Результаты контролируются преподавателем на лекционных занятиях. Используются конспекты лекций, учебное пособие, а также рекомендованная учебная литература.	32
2	Подготовка к экзамену	30
ВСЕГО (зач. ед. (часов))		62 часов (2 зач.ед.)

Содержание дисциплины

Развёрнутые темы и вопросы по разделам

№ п/п	Название модулей	Разделы и темы лекционных занятий	Содержание	Объем	
				Аудиторная работа (зачетные единицы / часы)	Самостоятельная работа (зачетные единицы / часы)
1		Введение.	Корреляционные функции равновесных систем. Связь корреляционных функций с макроскопическими характеристиками системы. Цепочка уравнений Боголюбова.	2	2
2		Фазовые переходы.	Термодинамические фазы и переходы между ними. Метод квазисредних и его обобщения. Классификация сингулярностей термодинамических функций.	2	2
3		Критические показатели.	Выбор параметра дальнего порядка. Критические показатели и соотношения между ними.	2	2

4		Теория Ли и Янга.	Распределение нулей статистической суммы для моделей типа Изинга в плоскости комплексного поля. Электростатическая аналогия.	2	2
5		Теория конечномерного подобия.	Эффекты конечных размеров в окрестности критической точки. Феноменологическая теория конечномерного подобия.	2	2
6		Критический эффект Казимира.	Асимптотика плотности свободной энергии для слоя конечной толщины в окрестности критической точки. Эффект Казимира для скалярного и векторного параметра порядка.	2	2
7		Метод ренормализационной группы (часть I).	Основы метода ренормализационной группы – масштабные преобразования Каданова и их применение к одномерной модели Изинга.	2	2
8		Метод ренормализационной группы (часть II).	Общая формулировка метода ренормализационной группы для исследования критических явлений. Поток критических траекторий в неподвижную точку. Классификация переменных. Гипотезы универсальности и скейлинга.	2	2
9		Конформные преобразования.	Преобразование метрического тензора. Определение конформной группы. Конформные преобразования в пространстве с размерностью больше двух.	2	2
10		Тензор напряжений.	Определение тензора напряжений и его свойства.	2	2
11		Алгебра Вирасоро.	Определение образующих алгебры Вирасоро через действие тензора напряжений на локальные поля. Коммутационные соотношения алгебры. Центральный заряд.	2	2

12	Структура операторной алгебры локальных полей.	Определение и свойства первичных полей. Конформные блоки, конформные веса вторичных полей, выбор базиса. Структура операторной алгебры локальных полей.	2	2
13	Разложения операторных произведений.	Разложения операторных произведений и их свойства. Сингулярное поведение структурных констант.	2	2
14	Конформное тождество Уорда.	Преобразование корреляционных функций первичных полей при бесконечно малом преобразовании координат. Конформное тождество Уорда.	2	2
15	Минимальные конформные теории поля	Условие существования минимальных конформных теорий поля и их свойства. Спектр Каца. Параметризация центрального заряда и конформных весов.	2	2
16	Первичные поля для двумерной модели Изинга.	Модель Изинга как минимальная модель $M(3/4)$. Её первичные поля, их конформные веса и физическая интерпретация. Поведение парных корреляционных функций для этих полей.	2	2

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии:

№ п/п	Вид занятия	Форма проведения занятий	Цель
1	Лекция	Изложение теоретического материала	Получение теоретических знаний по дисциплине
2	Самостоятельная работа студента	Изучение теоретического курса и решение задач	Повышение степени понимания материала и выработка профессиональных навыков

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Контрольно-измерительные материалы:

Перечень контрольных вопросов для сдачи экзамена в 10-ом семестре:

1. Корреляционные функции равновесных систем.
2. Понятие о предельных гиббсовских состояний для решеточных систем типа Изинга.
3. Ближний и дальний порядок. Метод квазисредних и его обобщения.
4. Фазовые переходы: критичность, универсальность и скейлинг.
5. Распределение нулей статистической суммы в комплексной плоскости (теория Ли и Янга).
6. Эффекты конечных размеров системы на фазовых переходах второго рода.
7. Теория конечноразмерного подобия в окрестности критической точки.
8. Критический эффект Казимира для систем с геометрией слоя.
9. Метод ренормализационной группы в координатном пространстве.
10. Общая формулировка метода ренормализационной группы.
11. Определение конформной группы.
12. Преобразование метрического тензора при бесконечно малом преобразовании координат.
13. Конформные преобразования на комплексной плоскости.
14. Определение тензора напряжений и его свойства.
15. Коммутационные соотношения алгебры Вирасоро.
16. Определение образующих алгебры Вирасоро через действие тензора напряжений на локальные поля
17. Определение и свойства первичных полей.
18. Структура операторной алгебры локальных полей.
19. Разложения операторных произведений и их свойства.
20. Преобразование корреляционных функций первичных полей при бесконечно малом преобразовании координат.
21. Конформное тождество Уорда.
22. Условие существования минимальных конформных теорий поля и их свойства.
23. Первичные поля для модели Изинга.
24. Эффекты конечных размеров на свободную энергию системы.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Необходимое оборудование для лекций и практических занятий:

Черная доска, компьютер и проектор

Необходимое программное обеспечение:

Adobe Acrobat Reader

Обеспечение самостоятельной работы:

Доступ к библиотеке и базам данных по журналам Теоретическая и Математическая Физика, Журнал Экспериментальной и Теоретической Физики, Успехи Физических Наук, European Physical Journal B, Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment, Journal of Statistical Physics, Lecture Notes in Physics, Physical Review Letters, Physics Reports, Physical Review E, Reviews of Modern Physics.

8. НАИМЕНОВАНИЕ ВОЗМОЖНЫХ ТЕМ КУРСОВЫХ РАБОТ учебным планом не предусмотрено

9. ТЕМАТИКА И ФОРМЫ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ РАБОТЫ
учебным планом не предусмотрено

10. ТЕМАТИКА ИТОГОВЫХ РАБОТ
учебным планом не предусмотрено

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Боголюбов Н.Н., Боголюбов Н.Н. (мл.). *Введение в квантовую статистическую механику*. «Наука», Москва, 1984.
2. Квасников И.А. *Термодинамика и статистическая физика. Т. 2: Теория равновесных систем. Статистическая физика*. «УРСС», Москва, 2002.
3. Ма Ш. *Современная теория критических явлений*. «Мир», Москва, 1980.
4. Фишер М. *Теория сингулярностей в критической точке*. В сборнике: Ф. Дайсон, Э. Монтролл, М. Кац, М. Фишер. *Устойчивость и фазовые переходы*. «Мир», Москва, 1973.
5. Синай Я.Г. *Теория фазовых переходов*. «Наука», Москва, 1980.
6. Бэкстер Р. *Точно решаемые модели в статистической механике*. «Мир», Москва, 1985.
7. Pathria R. K. *Statistical Mechanics*. (Butterworth-Heinemann, Oxford, 1st edition 1972, 2d edition 1996).
8. Fisher M. E. *Renormalization group theory: Its basis and formulation in statistical physics*, Rev. Mod. Phys., Vol. 70, No. 2, p. 653 (1998).
9. Cardy J. L. *Conformal Invariance*, in: Phase Transitions and Critical Phenomena, Vol. 11, p. 55, edited by Domb C. and Lebowitz J. L. (Academic, New York, 1987).

Электронные ресурсы, включая доступ к базам данных:

Информационные ресурсы: Доступные через интернет журналы по теоретической и математической физике (Теоретическая и математическая физика, Успехи физических наук, European Physical Journal B, Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment, Journal of Statistical Physics, Lecture Notes in Physics, Physical Review Letters, Physics Reports, Physical Review E, Reviews of Modern Physics), а также учебное пособие разработанное для данного курса.

Программу составил
д.ф.-м.н. Бранков Й.Г.

«31» августа 2012 г.