

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: Теория атомного ядра

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: 4 (бакалавриат)

семестр: осенний

Экзамен: 7 семестр

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

в т.ч.:

лекции: вариативная часть - 34 часа

семинарские занятия: вариативная часть - нет

лабораторные занятия: нет

самостоятельная работа: вариативная часть - 64 часов, 2 зач.ед.

ВСЕГО АУДИТОРНЫХ ЧАСОВ: 64

Программу составил д.ф.-м.н. Кузьмин В.А.

**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. :	__3__ зач. ед.
Лекции	__34__ часа
Семинарские занятия	__-__ часа
Лабораторные работы	__-__ часов
Индивидуальные занятия с преподавателем	__-__ часов
Самостоятельные занятия	__64__ часов
ВСЕГО	98 часов (3 зач. ед.)
Итоговая аттестация	Экзамен 7 семестр

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Цель курса — освоение студентами фундаментальных знаний в области современной физики атомного ядра, изучение основ квантовой механики многочастичных систем и приобретение базовых навыков самостоятельной научно-исследовательской работы.

Задачами данного курса являются:

формирование базовых знаний в области теоретической ядерной физики; обучение студентов современным методам теоретического описания структуры атомных и навыкам решения сопутствующих задач; формирование подходов к выполнению студентами исследований в области теоретической физики в рамках выпускных работ на степень бакалавра.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП БАКАЛАВРИАТА

Дисциплина “Теория атомного ядра” включает в себя разделы, которые могут быть отнесены к вариативной части профессионального цикла ООП М.1.

Дисциплина “Теория атомного ядра” базируется на материалах курсов, читаемых в рамках базовой и вариативной частей УЦ ООП Б.2 и Б.3 (математический анализ, теория функций комплексного переменного, дифференциальные уравнения, уравнения математической физики, статистическая физика, физика элементарных частиц), и относится к профессиональному циклу.

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Освоение дисциплины “Теория атомного ядра” направлено на формирование следующих общекультурных и профессиональных компетенций бакалавра:

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 представления результатов исследований (ПК-15).

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

В результате освоения дисциплины “Теория атомного ядра” обучающийся должен:

Знать:

— основные свойства операторов углового момента и их собственных функций; квантовомеханические правила сложения угловых моментов;

— следствия симметрии относительно поворотов системы координат;

понятие тензорных операторов; теорему Вигнера-Экарта и основные методы вычисления приведённых матричных элементов тензорных операторов;

— правила отбора по угловому моменту и чётности;

— представление вторичного квантования для систем тождественных частиц;

— приближения Хартри-Фока и Хартрее-Фока-Боголюбова, используемые при изучении среднего поля в ятомном ядре;

— метод приближённого вторичного квантования, приближение случайных фаз и приближение Тамма-Данкова, используемые при теоретическом изучении коллективного отклика ядра на внешнее поле;

— правила сумм и способы восстановления трансляционной инвариантности, нарушенной гамильтонианом нулевого приближения;

— основные понятия теории ядерных реакций.

Уметь:

— эффективно применять вышеуказанные знания на практике для решения фундаментальных и прикладных научных задач в области современной ядерной физики.

Владеть:

— правилами сложения угловых моментов в квантовой механике;

- методами вычисления приведённых матричных элементов и вероятностей переходов между состояниями атомного ядра;
- методом канонического преобразования при изучении многочастичных систем, содержащих тождественные фермионы или бозоны;
- способами использования правил сумм для анализа переходов, наблюдаемых в атомных ядрах;
- простейшими методами вычисления сечений ядерных реакций.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Структура преподавания дисциплины

Перечень разделов дисциплины и распределение времени по темам

№ темы и название	Количество часов
1. Операторы углового момента и их собственные функции.	4
2. Сложение двух угловых моментов. Коэффициенты Клебша-Гордона	4
3. Сложение трёх и более угловых моментов.	4
4. Матрицы конечных вращений.	4
5. Неприводимые тензорные операторы. Теорема Вигнера-Эккарта.	4
6. Основы квантовой механики многочастичных систем.	4
7. Физические основания оболочечной модели ядра.	4
8. Метод среднего поля. Приближение Хартри-Фока.	4
9. Метод канонического преобразования.	4
10. Одночастичные и коллективные возбуждения в атомных ядрах. Гигантские резонансы.	4
11. Методы описания коллективных возбуждений. Зависящий от времени метод Хартри-Фока-Боголюбова.	4
12. Уравнения приближения случайных фаз. Приближение Тамма-Данкова	4
13. Диагонализация квадратичных форм, построенных из бозонных операторов.	4
14. Силовая функция. Правила сумм. Вопросы самосогласованности.	4
15. Бозонные разложения. Модель взаимодействующих бозонов.	4

16. Горячие вопросы структуры ядра: ядерная физика в звездах и двойной бета-распад.	4
17. Горячие вопросы структуры ядра: ядерная физика в звездах и двойной бета-распад.	4
ВСЕГО (часов (зач.ед.))	68 часов (2 зач.ед.)

Вид занятий: ЛЕКЦИИ

№ п.п.	Темы	Трудоёмкость в зач. ед. (количество часов)
1	Операторы углового момента и их собственные функции.	2
2	Сложение двух угловых моментов. Коэффициенты Клебша-Гордона.	2
3	Сложение трёх и более угловых моментов.	2
4	Матрицы конечных вращений.	2
5	Неприводимые тензорные операторы. Теорема Вигнера-Эккарта.	2
6	Основы квантовой механики многочастичных систем.	2
7	Физические основания оболочечной модели ядра.	2
8	Метод среднего поля. Приближение Хартри-Фока.	2
9	Метод канонического преобразования.	2
10	Одночастичные и коллективные возбуждения в атомных ядрах. Гигантские резонансы.	2
11	Методы описания коллективных возбуждений. Зависящий от времени метод Хартри-Фока-Боголюбова.	2
12	Уравнения приближения случайных фаз. Приближение Тамма-Данкова	2
13	Диагонализация квадратичных форм, построенных из бозонных операторов.	2
14	Силовая функция. Правила сумм. Вопросы самосогласованности.	2
15	Бозонные разложения. Модель взаимодействующих бозонов.	2
16	Горячие вопросы структуры ядра: ядерная физика в звездах и двойной бета-распад.	2

17	Основные понятия теории ядерных реакций.	2
ВСЕГО (зач. ед. (часов))		1 зач. ед. (34 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.	34
2	Подготовка к экзамену	30
ВСЕГО (зач. ед. (часов))		64 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		Операторы углового момента и их собственные функции.	Алгебраические свойства операторов углового момента и их собственных функций. Допустимые значения полного момента и его проекции. Вычисление собственных функций.	2	2
2		Сложение двух угловых моментов. Коэффициенты Клебша-Гордона.	Волновые функции системы, состоящей из двух подсистем с определёнными полными моментами и их	2	2

			проекциями. Проекционные операторы. Метод вычисления коэффициентов Клебша-Гордона; вычисление коэффициентов Кл.-Г. в простейших случаях.		
3		Сложение трёх и более угловых моментов.	Схемы сложение трёх и более угловых моментов. Коэффициенты пересвязки. Основные свойства $6j$ - и $9j$ -символов.	2	2
4		Матрицы конечных вращений.	Преобразование функций и операторов при вращении системы координат. Операторы бесконечно-малых преобразований. Вычисление матрицы преобразования при конечных вращениях.	2	2
5		Неприводимые тензорные операторы. Теорема Вигнера-Эккарта.	Два определения тензорных операторов. Примеры. Теорема Вигнера-Эккарта. Правила отбора.	2	2
6		Основы квантовой механики многочастичных систем.	Тожественные частицы в квантовой механике. Статистики Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака. Представление вторичного квантования.	2	2
7		Физические основания оболочечной модели ядра.	Нуклон-нуклонные взаимодействия при низких энергиях. Спины и магнитные моменты ядер. Энергии связи. Замкнутые оболочки. Спин-орбитальное взаимодействие. Теория возмущений.	2	2
8		Метод среднего поля. Приближение Хартри-Фока.	Вычисление среднего поля методом Хартрее-Фока. Одночастичные энергии. Энергия связи и энергия	2	2

			отделения нуклона.		
9		Метод канонического преобразования.	Ядра с незаполненными оболочками. Важность притягивающего взаимодействия между нуклонами. Теорема Крамерса. Преобразование Боголюбова. Принцип компенсации опасных диаграмм.	2	2
10		Одночастичные и коллективные возбуждения в атомных ядрах.	Гигантские резонансы. Примеры одночастичных переходов. Электромагнитные и слабые взаимодействия в ядрах. Гигантские резонансы. Сферические и деформированные ядра.	2	2
11		Методы описания коллективных возбуждений. Зависящий от времени метод Хартри-Фока-Боголюбова.	Изменения формы поверхности ядра. Коллективные координаты. Понятие о гигантских резонансах. Отклик ядра на внешнее поле. Зависящий от времени вариационный принцип Хартрее-Фока.	2	2
12		Уравнения приближения случайных фаз. Приближение Тамма-Данкова.	Устойчивость основного состояния в методе Хартрее-Фока. Спектральные свойства решений обобщённой задачи на собственные значения. Операторы фононов. Вычисление энергий возбуждения и матричных элементов одночастичных операторов перехода.	2	2
13		Диагонализация квадратичных форм, построенных из бозонных операторов.	Квазибозонное приближение. Каноническое преобразование для бозонных операторов рождения и уничтожения. Диагонализация гамильтониана.	2	2

14		Силовая функция. Правила сумм. Вопросы самосогласованности.	Дипольное правило сумм. Вычисление энергетически-взвешенных моментов в задаче приближения случайных фаз. Восстановление трансляционной инвариантности в ПСФ.	2	2
15		Бозонные разложения. Модель взаимодействующих бозонов.	Трудности описания переходных ядер. Бозонные разложения произведений фермионных операторов. Физические основы модели взаимодействующих бозонов.	2	2
16		Горячие вопросы структуры ядра: ядерная физика в звездах и двойной бета-распад. Происхождение элементов во вселенной.	Взаимодействие нейтрино с атомными ядрами. Двойной бета-распад.	2	2
17		Основные понятия теории ядерных реакций.	Статистическая модель ядерных реакций. Метод R-матрицы. Прямые ядерные реакции. Реакции слияния, реакции передачи нуклонов. Синтез сверхтяжёлых элементов.	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
3	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 7-ом семестре.

Построить собственные функции операторов проекции углового момента и полного углового момента. Вычислить возможные значения полного момента и его проекции.

Получить выражение для вычисления коэффициентов Клебша-Гордона методом проекционных операторов. Вывести правила сложения двух угловых моментов.

Связь между операторами углового момента системы и ее поведением при поворотах системы координат. Определение матриц конечных вращений. Вычислить матрицу конечных вращений, используя связь между ортогональным преобразованием трёхмерных векторов и унитарным преобразованием двумерных квадратных матриц. Различие в преобразовании волновых функций систем с целым и с полуцелым полными угловыми моментами при повороте системы координат.

Докажите эквивалентность двух определений тензорных операторов. Укажите примеры тензорных операторов.

Докажите теорему Вигнера-Эккарта и с её помощью получите правила отбора по угловому моменту для переходов в квантово-механических системах, инвариантных относительно поворота системы координат.

Свойства волновых функций, описывающих тождественные частицы в квантовой механике. Принцип запрета Паули. Операторы рождения и уничтожения бозе- и ферми- частиц.

Волновые функции и операторы в представлении вторичного квантования.

Вычислить среднее поле ядра по методу Хартрее-Фока. Энергия связи. Смысл одночастичных энергий.

Преобразование Боголюбова и принцип компенсации опасных диаграмм. Вычисление коэффициентов преобразование Боголюбова с помощью вариационного принципа.

Вывести уравнения зависящего от времени приближения Хартрее-Фока.

Показать, что из условия устойчивости основного состояния, вычисленного по методу Хартрее-Фока, следует вещественность корней уравнения приближения случайных фаз.

Диагонализация гамильтониана, состоящего из парных произведений бозонных операторов рождения и уничтожения, с помощью канонического преобразования (метод приближённого вторичного квантования).

Получить выражения для вычисления энергетически взвешенных моментов

силовой функции, вычисленной в приближении случайных фаз. Показать, что в ПСФ выполняется дипольное правило сумм.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Необходимое оборудование для лекций и практических занятий:

компьютер с операционной системой и проектор.

Необходимое программное обеспечение:

Adobe Acrobat Reader.

Обеспечение самостоятельной работы:

доступ к библиотеке и базам данных по журналам Ядерная физика, Теоретическая и математическая физика, Физика элементарных частиц и атомного ядра, Успехи физических наук, Reviews of Modern Physics, Nuclear Physics A, Physics Letters B, Physics Reports, Physical Review C.

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

Соловьев В. Г. Теория сложных ядер. — М.: Наука, 1971.

Бор О., Моттelson Б. Структура атомного ядра. Том 1. Одночастичное движение. — М.: Мир, 1971.

Соловьев В. Г. Теория ядра. Модели ядер. — М.: Энергоиздат, 1981.

Мигдал А. Б. Теория конечных ферми-систем и свойства атомных ядер. — 2-е изд. М.: Наука, 1983.

Боголюбов Н. Н. О принципе компенсации и методе самосогласованного поля. 1959. Успехи физических наук. Т. 67. н. 5. 549.

Давыдов А. С. Теория атомного ядра. — М.: ГИФМЛ, 1958.
Айзенберг И., Грайнер В. Механизмы возбуждения ядра. — М.: Атомиздат, 1973.
Айзенберг И., Грайнер В. Модели ядер. Коллективные и одночастичные явления. — М.: Атомиздат, 1975.
Айзенберг И., Грайнер В. Микроскопическая теория ядра. — М.: Атомиздат, 1976.
Варшалович Д. А., Москалев А. Н., Херсонский В. К. Квантовая теория углового момента. — Л.: Наука, 1975.
Ситенко А. Г. Теория ядерных реакций. — М.: Энергоатомиздат. 1983.
Теоретический практикум по ядерной и атомной физике. Под общей редакцией Балашова В. В. — М.: Энергоатомиздат, 1984.
Эрикссон Т., Вайзе В. Пионы и ядра. — М.: Наука, 1991.
Свиридов Д. Т., Смирнов Ю. Ф. Теория оптических спектров ионов переходных металлов, глава I — М.: Наука, 1977.
Электронные ресурсы, включая доступ к базам данных:

Информационные ресурсы: Доступные через интернет журналы Ядерная физика, Теоретическая и математическая физика, Физика элементарных частиц и атомного ядра, Успехи физических наук, Reviews of Modern Physics, Nuclear Physics A, Physics Letters B, Physics Reports, Physical Review C.

Программу составил
д.ф.-м.н. В. А. Кузьмин

“ ” 2012 г.

ОБЪЁМ УЧЕБНОЙ НАГРУЗКИ И ВИДЫ ОТЧЁТНОСТИ

Вариативная часть, в т.ч. :	<u> 3 </u> зач. ед.
Лекции	<u> 34 </u> часа
Семинарские занятия	<u> - </u> часа
Лабораторные работы	<u> - </u> часов
Индивидуальные занятия с преподавателем	<u> - </u> часов
Самостоятельные занятия	<u> 64 </u> часов
ВСЕГО	98 часов (3 зач. ед.)
Итоговая аттестация	Экзамен 9 семестр

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Цель курса - освоение студентами фундаментальных знаний в области современной математической физики, изучение основ теории точно решаемых одно-мерных квантово-механических моделей и двумерной статистической, а также приобретение базовых навыков самостоятельной научно-исследовательской работы.

Задачами данного курса являются:

- формирование базовых знаний в области современной математической и теоретической физики;
- обучение студентов современным методам теоретического описания различных моделей допускающих точное решение на классическом и квантовом уровнях и навыкам решения соответствующих задач;
- формирование подходов к выполнению студентами исследований в области математической и теоретической физики в рамках выпускных работ на степень магистра.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП МАГИСТРАТУРЫ

Дисциплина «**Квантовые интегрируемые системы**» включает в себя разделы, которые могут быть отнесены к вариативной части профессионального цикла ООП

М.1.

Дисциплина «**Квантовые интегрируемые системы**» базируется на материалах курсов, читаемых в рамках базовой и вариативной частей УЦ ООП Б.2 и Б.3 (Математический анализ, Дифференциальные уравнения, Теория функций комплексного переменного, Уравнения математической физики, Квантовая теория поля, Квантовая теория калибровочных полей), и относится к профессиональному циклу.

КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «**Квантовые интегрируемые системы**» 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 «Квантовые интегрируемые системы» обучающийся должен:

1. Знать:

- метод решения двумерной модели Изинга (МИ);
- Термодинамический предел и доказательство существования критической точки и фазового перехода в МИ;
- высоко- и низкотемпературное разложения статистической суммы МИ;
- параметры порядка и беспорядка в МИ;
- МИ как модель свободных фермионов;
- формулировку МИ как вершинной модели;
- б-вершинную модель льда на квадратной решетке;
- модель одномерной спиновой цепочки Гейзенберга;
- координатный анзац Бете;
- алгебраический анзац Бете и уравнение Янга-Бакстера для матриц монодромии;
- метод получения уравнений Бете в точно-решаемых моделях;
- решение обратной задачи – восстановление локальных операторов из данных монодромии;
- функциональный анзац Бете для квантово-механической цепочки Тоды;

- координатный Q-оператор Бакстера.

2. Уметь:

- эффективно применять вышеуказанные знания на практике для решения фундаментальных и прикладных научных задач в области современной математической и теоретической физики.

3. Владеть:

- техникой вычисления высокотемпературного и низкотемпературного разложения статистических сумм в МИ;
- техникой вычисления стасуммы МИ из теории представлений алгебры Клиффорда;
- методом координатного анзаца Бете;
- методом алгебраического анзаца Бете;
- методом функционального анзаца Бете или методом разделения переменных;
- техникой построения собственных векторов квантовых интегралов движения;
- техникой получения уравнений Бете;
- техникой построения координатного Q-оператора Бакстера.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Структура преподавания дисциплины

Перечень разделов дисциплины и распределение времени по темам

№ темы и название	Количество часов
1. Введение. Формулировка модели Изинга	4
2. Температурные разложения статсуммы МИ	4
3. Дуальность в МИ и параметр беспорядка	4
4. Модель Изинга и свободные фермионы	4
5. Решение МИ по методу Б.Кауфман 1	4
6. Решение МИ по методу Б.Кауфман 2	4
7. Модель Изинга как вершинная модель	4
8. Модель льда на квадратной решетке и уравнения Янга-Бакстера	4
9. Связь модели льда и одномерной XXZ спиновой цепочки	4
10. Координатный анзац Бете	4
11. Алгебраический анзац Бете	4
12. Уравнение Бете и построение собственных векторов	4
13. Решение обратной задачи	4
14. Интегрируемость цепочки Тоды	4
15. Функциональный Бете анзац	4
16. Метод разделения переменных	4
17. Координатный Q-оператор Бакстера	4
ВСЕГО (часов (зач.ед.))	68 часов (2 зач.ед.)

ВИД ЗАНЯТИЙ: ЛЕКЦИИ

№ п.п.	Темы	Трудоёмкость в зач. ед. (количество часов)
1	Введение. Формулировка модели Изинга	2
2	Температурные разложения статсуммы МИ	2
3	Дуальность в МИ и параметр беспорядка	2
4	Модель Изинга и свободные фермионы	2
5	Решение МИ по методу Б.Кауфман 1	2
6	Решение МИ по методу Б.Кауфман 2	2
7	Модель Изинга как вершинная модель	2
8	Модель льда на квадратной решетке и уравнения Янга-Бакстера	2
9	Связь модели льда и одномерной ХХZ спиновой цепочки	2
10	Координатный анзац Бете	2
11	Алгебраический анзац Бете	2
12	Уравнение Бете и построение собственных векторов	2
13	Решение обратной задачи	2
14	Интегрируемость цепочки Тоды	2
15	Функциональный Бете анзац	2
16	Метод разделения переменных	
17	Координатный Q-оператор Бакстера	2
ВСЕГО (зач. ед. (часов))		1 зач. ед. (34 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.	34
2	Подготовка к экзамену	30
ВСЕГО (зач. ед. (часов))		64 часов (2 зач.ед.)

Содержание дисциплины**Развёрнутые темы и вопросы по разделам**

№ п/п	Название	Разделы и темы лекционных занятий	Содержание	Объем	
				Аудиторная работа	Самостоятельная работа (зачетные)

	мо- ду- лей			(зачетные единицы / часы)	единицы / часы)
1		Введение. Формулировка модели Изинга	Введение в предмет. Определение точно- решаемой модели. Примеры интегрируемых моделей статистической физики и квантовой механики. Понятие термодинамического предела и определение фазовых переходов второго рода. Одномерная модель Изинга.	2	2
2		Температурное разложение статсуммы МИ	Исходная и дуальная решетка в МИ. Дуальность Крамерса-Ванье. Нахождение точки фазового перехода и критической температуры.	2	2
3		Дуальность в МИ и параметр беспорядка	Дуальная спиновая переменная и параметр беспорядка. Фермионы на решетке, как нелокальные объекты.	2	2
4		Модель Изинга и свободные фермионы	Система разностных уравнений на фермионные поля. Термодинамический предел и двумерное уравнение Дирака в критической точки.	2	2
5		Решение модели Изинга по методу Б.Кауфман 1	Трансфер-матрица модели Изинга. Выражение трансфер-матрицы через локальные операторы.	2	2
6		Решение модели изинга по методу Б.Кауфман 2	Алгебра Клиффорда и элементы теории представлений. Нахождение собственных значений трансфер-матрицы и термодинамический предел.	2	2
7		Модель Изинга как вершинная модель	Понятия больцмановского веса вершины и запись статистической суммы через произведения весов.	2	2
8		Модель льда на квадратной решетке и уравнения Янга- Бакстера	Определение вершинной модели. Условие интегрируемости модели. Уравнения Янга-Бакстера.	2	2
9		9. Связь модели льда и одномерной XXZ спиновой цепочки	Уравнение Янга-Бакстера для модели льда.	2	2

			Гамильтониан Гайзенберга спиновой цепочки XXZ.		
10		Координатный анзац Бете	Координатный анзац Бете для спиновой цепочки XXZ. Уравнение Бете как условие, определяющее собственные вектора XXZ гамильтониана.	2	2
11		Алгебраический анзац Бете	Понятия элементарного L-оператора, матрицы монодромии и трансфер матрицы квантовой интегрируемой модели. Коммутационные соотношения на элементы матрицы монодромии.	2	2
12		Уравнение Бете	Нахождение уравнений Бете, как условий на собственные вектора трансфер матрицы.	2	2
13		Решение обратной задачи	Связь между локальными операторами и элементами матрицы монодромии.	2	2
14		Интегрируемость цепочки Тоды	Гамильтониан и полный набор интегралов движения для квантово-механической цепочки Тоды.	2	2
15		Функциональный Бете анзац	Построение решений вспомогательной задачи на примере цепочки Тоды.	2	2
16		Метод разделения переменных	Получение уравнений Бакстера, как ядра интегрального преобразования, связывающего решения вспомогательной задачи и задачи нахождения собственных функций гамильтонианов цепочки Тоды	2	2
17		Координатный Q-оператор Бакстера	Индуктивное построение и свойства координатного Q-оператора для квантово-механической цепочки Тоды	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
3	Самостоятельная	Изучение теоретического	Повышение степени понимания

	работа студента	курса и решение задач	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 8-ом семестре:

1. Дуальность в модели Изинга.
2. Параметры порядка и беспорядка в МИ.
3. Фермионы на решетке и получение разностных уравнений.
4. Скэйлинговый предел в критической точке.
5. Уравнения движения для майорановского фермиона.
6. Решение двумерной МИ на основе представления алгебры Клиффорда.
7. Объяснение фазового перехода в модели Изинга на основе ее решения по методу Б.Кауфман.
8. Вершинные модели и модель льда.
9. Уравнение Янга-Бакстера, как условие интегрируемости модели.
10. Модель спиновой цепочки Гайзенберга XXZ и ее связь с моделью льда.
11. Координатный анзац Бете для модели Гайзенберга.
12. Получение уравнений Бете в координатном анзаце Бете.
13. Алгебраический анзац Бете в модели Гайзенберга.
14. Коммутационные соотношения на элементы матрицы монодромии.
15. Решение обратной задачи: выражения локальных операторов через элементы матрицы монодромии.
16. Периодическая цепочка Тоды.
17. Основные шаги функционального анзаца Бете на примере решения цепочки Тоды.
18. Явное решение вспомогательной задачи для двух-узельной решетки.
19. Построение общего решения вспомогательной задачи.
20. Координатный Q-оператор Бакстера.
21. Разделение переменных в функциональном анзаце Бете.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Необходимое оборудование для лекций и практических занятий:

компьютер и мультимедийное оборудование (проектор)

Необходимое программное обеспечение:

Adobe Acrobat Reader

Обеспечение самостоятельной работы:

доступ к архиву препринтов <http://arXiv.org>, библиотеке и базам данных по журналам Теоретическая и математическая физика, Communication in Mathematical Physics, Journal of High Energy Physics, Lecture Notes in Physics, Nuclear Physics B, Physics Letters B, Physics Reports, Physical Review D, 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. А. А. Белавин, А. Г. Кулаков, Р. А. Усманов. Лекции по теоретической физике. М.:МЦНМО, 2001 г.
2. Р. Бэкстер. Точно решаемые модели статистической физики. М.:Мир, 1985 г.
3. L.D.Faddeev. How algebraic Bethe ansatz works for integrable model. arXiv:hep-th/9605187
4. A.Silantyev. Transition function for the Toda chain model. arXiv:nlin/0603017

Электронные ресурсы, включая доступ к базам данных:

Информационные ресурсы: Доступные через интернет журналы по математической и теоретической физике (Теоретическая и математическая физика, Communication in Mathematical Physics, Journal of High Energy Physics, Lecture Notes in Physics, Nuclear Physics B, Physics Letters B, Physics Reports, Reviews of Modern Physics).

Программу составил
д.ф.-м.н. Пакуляк С.З.

«_____»_____2012 г.