

**Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования Московской области
«Международный университет природы, общества и человека «Дубна»
(Университет «Дубна»)
Факультет естественных и инженерных наук**

Кафедра теоретической физики

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

«Методы многочастичных систем в ядерной физике»

Магистерская программа 010700.68

«Теоретическая и математическая физика»

(код и наименование направления (специальности))

Дубна, 2011 г.

УМК разработан кандидатом физико-математических наук,
доцентом кафедры теоретической физики
Северюхиным Алексеем Павловичем _____

(подпись)

Протокол заседания кафедры теоретической физики

_____ от «_____» _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____ / Фурсаев Д.В. /
профессор (подпись)

СОГЛАСОВАНО

Проректор по учебной работе

доцент

«_____» _____ 20__ г.

_____ /Моржухина С. В./

(подпись)

Декан ФЕИН

доцент

«_____» _____ 20__ г.

_____ /Деникин А. С. /

(подпись)

Содержание

I. Пояснительная записка

II. Календарный план

III. Программа дисциплины

IV. Учебно-методические материалы

V. Материалы, устанавливающие содержание и порядок проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

I. Пояснительная записка

Теоретические методы многочастичных систем в ядерной физике являются основным средством исследования структуры атомных ядер. Кроме того, эти методы успешно применяются и в таких смежных дисциплинах, как ядерная астрофизика, атомная физика и физика конденсированных сред. Целью настоящего курса является ознакомление студентов с современными методами теоретической физики и примерами их применения для решения актуальных задач ядерной физики.

**Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования Московской области
«Международный университет природы, общества и человека «Дубна»
(университет «Дубна»)
Факультет естественных и инженерных наук
Кафедра теоретической физики**

УТВЕРЖДАЮ

проректор по учебной работе

_____ С.В. Моржухина

«_____» _____ 2011 г.

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Методы многочастичных систем в ядерной физике»

Магистерская программа 010700.68

«Теоретическая и математическая физика»

Форма обучения: очная

Уровень подготовки: магистр

Курс 5, семестр 9, А

г. Дубна, 2011 г.

Автор программы:
Северюхин Алексей Павлович,
доцент кафедры теоретической физики _____
(подпись)

Программа составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования и учебным планом магистерской программы «Теоретическая и математическая физика» **010700.68 ФИЗИКА.**

Программа рассмотрена на заседании кафедры теоретической физики

Протокол заседания _____ от « _____ » _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____ / Фурсаев Д.В. /
профессор (подпись)

Рецензент:

Трунин Михаил Рюрикович

(Фамилия, имя, отчество)

Доктор физико-математических наук

(ученая степень, звание)

Декан факультета общей и прикладной физики

(должность, кафедра или иное подразделение, организация)

Московского физико-технического института

СОГЛАСОВАНО

Декан ФЕИН _____ /Деникин А. С. /
доцент (подпись)

« _____ » _____ 20__ г.

Руководитель библиотечной системы _____ / Черепанова В.Г. /
(подпись) (ФИО)

1. Аннотация

Программа дисциплины «Методы многочастичных систем в ядерной физике» составлена в соответствии с разделом СДМ ГОС ВПО магистерской программы 510417 «Теоретическая и математическая физика». Дисциплина «Методы многочастичных систем в ядерной физике» входит в цикл специальных дисциплин магистерской подготовки (СДМ).

Требования ГОС ВПО

Состав и содержание дисциплины «Методы многочастичных систем в ядерной физике» определяется требованиями специализации магистра физики при реализации магистерской программы «Теоретическая и математическая физика».

Место курса в профессиональной подготовке магистров

Дисциплина «Методы многочастичных систем в ядерной физике» опирается на курсы: «Квантовая механика», «Статистическая физика», «Теория атомных ядер и ядерные модели». Эта дисциплина использует некоторые элементы теории групп, а также отдельные разделы курса «Физика фундаментальных взаимодействий». Знания, полученные при освоении дисциплины «Методы многочастичных систем в ядерной физике», необходимы при подготовке, выполнении и защите выпускной квалификационной работы и при решении научно-исследовательских задач в будущей профессиональной деятельности.

Формы работы студентов в ходе изучения дисциплины предусмотрены семинарские занятия, выполнение домашних работ. Отдельные темы теоретического курса прорабатываются студентами самостоятельно в соответствии с планом самостоятельной работы и конкретными заданиями преподавателя с учетом индивидуальных особенностей студентов.

Самостоятельная работа выполняется студентами в соответствии с рабочей программой дисциплины в течение семестра и предусматривает изучение конспектов лекций, рекомендованной литературы, а также подготовку к семинарским занятиям и выполнение домашних работ.

Виды текущего контроля – проверка домашних заданий и опросы во время семинарских занятий. Текущий контроль проводится, чтобы установить степень усвоения студентами лекционного материала, а также проверить их уровень овладения методами теории многих тел в ядерной физике.

Форма промежуточного контроля

Зачет (семестр 9), экзамен (семестр 10).

2. Цели и задачи дисциплины

Целью настоящего курса является ознакомление студентов с современными методами теоретической физики и примерами их применения для решения актуальных задач ядерной физики. **Задача** курса - научить использовать теоретические методы многочастичных систем в таких дисциплинах, как ядерная астрофизика, атомная физика и физика конденсированных сред.

3. Требования к уровню освоения содержания дисциплины (знания, умения, навыки)

В результате изучения курса «Методы многочастичных систем в ядерной физике» студенты должны **усвоить** формализм вторичного квантования, **уметь** выразить физические операторы

через операторы рождения и уничтожения, работать в квазичастичном представлении; **уметь** выводить из вариационного принципа уравнения Хартри-Фока-Боголюбова и приближения случайных фаз; **знать** технику бозонных разложений и особенности метода функций Грина для много-частичных систем; **понимать** и **знать** условия применимости приближенных методов; **знать** примеры использования изученных методов для описания одно-частичных и коллективных мод ядерных возбуждений.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр	Семестр
		9	10
Общая трудоемкость дисциплины	170	80	80
Аудиторные занятия	90	51	51
Лекции (Л)	68	34	26
Семинары (С)	34	17	13
Самостоятельная работа (СР)	80	55	25
Промежуточная аттестация		экзамен	зачет

5. Разделы дисциплины

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины, содержание	Л	С	СР
	<i>Семестр 9</i>			
1	Предварительные сведения о вторичном квантовании и гамильтониане ядра.	4	2	10
2.	Теория Хартри-Фока-Боголюбова.	16	8	25
3.	Коллективные возбуждения в пределе малых амплитуд.	14	7	20
	<i>Семестр 10</i>			
4.	Коллективные координаты в последовательной микроскопической теории	8	5	5
5.	Метод функций Грина в конечных ферми-системах.	4	2	5
6.	Методы построения бозонных представлений фермионных операторов.	6	4	5
7.	Квазиклассические методы в ядерной физике.	4	1	5
8.	Слабое взаимодействие в физике ядра и астрофизике	4	1	5

Содержание разделов дисциплины

I.

Пространство Фока: операторы рождения и уничтожения. Операторы в представлении вторичного квантования. Теорема Вика. Применение оболочечной модели к проблеме многих тел. Симметрии (пространственно-временные, изотопическая). Электромагнитные переходы.

II.

Вариационный принцип. Метод Хартри-Фока. Энергетический функционал и уравнения Хартри – Фока с эффективным взаимодействием зависящим от плотности. Экспериментальные факты свидетельствующие о парных корреляциях в атомных ядрах. Уравнения теории Бардина-Купера-Шриффера. Теория Хартри-Фока-Боголюбова. Влияние парных корреляций на физические наблюдаемые.

III.

Вибрационные возбуждения. Метод Тамма-Данкова. Приближение случайных фаз. Коллективные колебания при наличии сил спаривания. Правила сумм. Теоремы Таулесса. Теория линейного отклика. Метод силовых функций. Ангармонические эффекты в спектрах ядерных возбуждений. Фрагментация однофононных состояний.

IV.

Зависящий от времени метод Хартри-Фока. Адиабатическая теория коллективных движений с произвольной амплитудой. Метод генерирующей координаты. Модель Бора-Моттельсона. Коллективный гамильтониан. Методы восстановления нарушенных симметрий. Проектирование до и после варьирования. Модель принудительного вращения.

V.

Аналитические свойства одно-частичной функции Грина. Диаграммы Фейнмана. Суммирование диаграмм. Уравнение Дайсона. Вершинная часть. Вывод уравнений Хартри-Фока–Боголюбова через формализм функций Грина. Функции Грина в конечных системах.

VI.

Бозонные разложения и алгебраические методы. Метод Холстейна-Примакова. Бозонные разложения Беляева-Зелевинского и Марумори. Сравнение бозонных разложений. SU(6)-симметрия и модель взаимодействующих бозонов. Связь между методом генерирующей координаты и бозонными разложениями.

VII.

Квазиклассическое приближение, стационарная теория. Метод Томаса-Ферми. Парные корреляции в квазиклассическом приближении.

VIII.

Спин-изоспиновые возбуждения в ядрах и их фундаментальная роль во многих астрофизических процессах. Связь слабых ядерных процессов с нуклеосинтезом элементов и динамикой коллапса массивных звезд. Моделирование нуклеосинтеза во вселенной.

Практические занятия (семинары)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)
<i>Семестр 9</i>		
1	1	Формулировка двухуровневой модели Липкина-Мешкова-Глика. Построение точного решения
2	2	Расчет энергии основного состояния в рамках метода Хартри – Фока на примере модели Липкина

3	2	Специфика построения теории, связанная с использованием взаимодействия, зависящего от плотности
4	2	Волновые функции в теории Бардина-Купера-Шриффера. Квазичастичные возбужденные состояния.
5	3	Спектр возбуждений в модели Липкина. Метод Тамма-Данкова.
6	3	Расчет энергии нижайшего возбужденного состояния в приближении случайных фаз на примере модели Липкина.
7	3	Корреляционная энергия в приближении случайных фаз.
8	1, 2, 3	Контрольная работа «Вибрационные возбуждения в пределе малых амплитуд»
<i>Семестр 10</i>		
9	3	Расчет энергии второго возбужденного состояния в модели Липкина.
10	3	Модельно независимое правило сумм для дипольных возбуждений.
11	4	Применение метода генерирующей координаты на примере модели Липкина.
12	4	Корреляционная энергия в рамках метода генерирующей координаты.
13	1, 2	Построение эффективного нуклон-нуклонного взаимодействия Скирма.
14	2	Уравнения Хартри –Фока с использованием взаимодействия Скирма.

6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Боголюбов Н.Н. Собрание научных трудов: В 12 т. Т.8 : Статистическая механика: Теория неидеального Бозе-газа, сверхтекучести и сверхпроводимости 1946-1992. РАН. - М.: Наука, 2007.

А.А. Абрикосов, Л.П. Горьков, И.Е. Дзялошинский. Методы квантовой теории поля в статистической физике М.: Физматгиз, 1962.

В.В. Воронов, А.П. Северюхин. Методы теории многих тел в ядерной физике. <http://theor.jinr.ru/~sever/nucltheory.ppt> [электронный конспект лекций, прилагается на диске]

Интернет ресурс

P. Ring, P. Schuck. The Nuclear Many Body Problem. М.: Springer, 2004. <http://books.google.ru/>

Статья в периодическом издании

A.P. Severyukhin, M. Bender, P.-H. Heenen. Beyond mean field study of excited states: Analysis within the Lipkin model. Phys. Rev. V.C74.-2006.- P.024311-1-7.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Н. Марч, У. Янг, С. Сампантхар. Проблема многих тел в квантовой механике. М.: Мир, 1969.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Оверхед, мультимедийный проектор

8. Формы контроля и оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Вопросы к экзамену по курсу «Методы многочастичных систем в ядерной физике»

1. Вторичное квантование и представление операторов. Теорема Вика.
2. Вариационный принцип. Метод Хартри-Фока.
3. Построение эффективного нуклон-нуклонного взаимодействия. Энергетический функционал и уравнения Хартри-Фока с взаимодействием Скирма.
4. Расчет энергии основного состояния в рамках метода Хартри – Фока на примере модели Липкина.
5. Парные корреляции в атомных ядрах. Уравнения теории Бардина-Купера-Шриффера.
6. Вибрационные возбуждения. Метод Гамма-Данкова. Спектр возбуждений в модели Липкина.
7. Приближение случайных фаз. Теоремы Таулесса. Корреляционная энергия.
8. Коллективные колебания при наличии сил спаривания.
9. Вибрационные возбуждения в приближении случайных фаз на примере модели Липкина.
10. Правила сумм. Модельно независимое правило сумм для дипольных возбуждений.
11. Теория линейного отклика.
12. Метод генерирующей координаты. Применение метода на примере модели Липкина.
13. Методы восстановления нарушенных симметрий. Проектирование до и после варьирования.
14. Метод бозонных разложений и модель взаимодействующих бозонов.
15. Функции Грина и уравнение Дайсона. Уравнение Хартри-Фока-Боголюбова в методе функций Грина

IV. Учебно-методические материалы

Методические указания преподавателю

Теоретические методы многочастичных систем в ядерной физике являются основным средством исследования структуры атомных ядер. Кроме того, эти методы успешно применяются и в таких смежных дисциплинах, как ядерная астрофизика, атомная физика и физика конденсированных сред. Целью настоящего курса является ознакомление студентов с современными методами теоретической физики и примерами их применения для решения актуальных задач ядерной физики.

От слушателей курса требуется знание линейной алгебры, математического анализа, обыкновенных дифференциальных уравнений, теории функций комплексного переменного и квантовой механики. Эта дисциплина использует некоторые элементы теории уравнений в частных производных и функционального анализа, а также отдельные разделы теории линейных операторов в банаховых и гильбертовых пространствах.

Используемые методы преподавания: лекционные и практические занятия. Содержание занятий определяется календарным планом. Контроль проводится в виде опросов на лекции и сдачи всеми без исключения студентами домашних задач. В материалы еженедельных устных опросов студентов включаются и темы, предложенные преподавателем для самостоятельной подготовки. Для контроля усвоения данной дисциплины учебным планом предусмотрен экзамен в девятом семестре.

Методические указания студентам.

Рабочей программой курса «Методы многочастичных систем в ядерной физике» предусмотрена самостоятельная работа. Ее необходимо распределить на весь семестр, периодически возвращаясь к пройденному материалу. По каждой из тем для самостоятельного изучения, приведенных в рабочей программе дисциплины, следует сначала прочитать рекомендованную литературу и при необходимости составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме и для освоения последующих разделов курса.

Для расширения знаний по дисциплине рекомендуется использовать обучающие программы и Интернет-ресурсы: проводить поиск в различных системах, сайтах, рекомендованных преподавателем на лекционных занятиях.

Правила выполнения и оформления домашних работ:

В процессе самостоятельного изучения курса «Методы многочастичных систем в ядерной физике» каждый студент должен выполнить домашние работы с защитой у преподавателя. Эти работы позволяют определить степень усвоения студентом учебного материала и предусматривают:

Самостоятельную работу с учебной литературой.

Самостоятельный вывод одной или нескольких формул (уравнений, соотношений) из указанной преподавателем научной статьи и книги.

При выполнении работ студент должен придерживаться следующих требований:

Работу рекомендуется выполнять в отдельной тетради. На титульном листе указать номер группы, Ф.И.О. студента. Поставить дату, тему работы.

Перед изложением решения необходимо написать полный текст задачи. Для возможных замечаний преподавателя нужно оставить поля.

Работа должна быть выполнена аккуратно, почерк не должен вызывать затруднений при

прочтении работы. Каждый этап вычислений рекомендуется пронумеровать и дать к нему пояснение.

Если студент получил неудовлетворительную оценку, то работа возвращается для исправления и доработки, после чего снова должна быть представлена на проверку. Студенты, не выполнившие домашние, проверочные работы, не допускаются к зачетной сессии.

V. Материалы, устанавливающие содержание и порядок проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Вопросы к экзамену по курсу «Методы многочастичных систем в ядерной физике»

16. Вторичное квантование и представление операторов. Теорема Вика.
17. Вариационный принцип. Метод Хартри-Фока.
18. Построение эффективного нуклон-нуклонного взаимодействия. Энергетический функционал и уравнения Хартри-Фока с взаимодействием Скирма.
19. Расчет энергии основного состояния в рамках метода Хартри – Фока на примере модели Липкина.
20. Парные корреляции в атомных ядрах. Уравнения теории Бардина-Купера-Шриффера.
21. Вибрационные возбуждения. Метод Гамма-Данкова. Спектр возбуждений в модели Липкина.
22. Приближение случайных фаз. Теоремы Таулесса. Корреляционная энергия.
23. Коллективные колебания при наличии сил спаривания.
24. Вибрационные возбуждения в приближении случайных фаз на примере модели Липкина.
25. Правила сумм. Модельно независимое правило сумм для дипольных возбуждений.
26. Теория линейного отклика.
27. Метод генерирующей координаты. Применение метода на примере модели Липкина.
28. Методы восстановления нарушенных симметрий. Проектирование до и после варьирования.
29. Метод бозонных разложений и модель взаимодействующих бозонов.
30. Функции Грина и уравнение Дайсона. Уравнение Хартри-Фока-Боголюбова в методе функций Грина