

**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:

\_\_\_\_\_  
(Фамилия, имя, отчество)

\_\_\_\_\_  
(ученая степень, звание)

\_\_\_\_\_  
(должность, кафедра или иное подразделение, организация)

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** выражать 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 Гамма-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 Тамма-Данкова. Спектр возбуждений в модели Липкина.
7. Приближение случайных фаз. Теоремы Гаулесса. 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

