

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение**  
**«Московский физико-технический институт (государственный университет)»**  
**МФТИ**

**«УТВЕРЖДАЮ»**  
**Проректор по учебной и методической работе**  
\_\_\_\_\_ **Д.А. Зубцов**  
« » \_\_\_\_\_ **20** г.

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

**по дисциплине: Теория ядерных реакций**

**по направлению: 010900 «Прикладные математика и физика»**

**профиль подготовки**

**магистерская программа: 010915 «Физика высоких энергий»**

**факультет: ФОПФ**

**кафедра: Фундаментальных и прикладных проблем физики микромира**

**курс: 5**

**квалификация: магистр**

**Семестр, формы промежуточной аттестации:**

**1 (Осенний) – Экзамен**

**Аудиторных часов: 34 всего, в том числе:**

лекции: 34 час.

практические (семинарские) занятия: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

**Самостоятельная работа: 34 час., в том числе:**  
**задания, курсовые работы: 12 час.**

**Подготовка к экзамену: 30 час.**

**Всего часов: 110, всего зач. ед.: 3**

**Программу составил: к.ф.-м.н. Шнейдман Т.М.**

**Программа обсуждена на заседании кафедры**  
**14 октября 2014 г.**

**СОГЛАСОВАНО:**

**Заведующий кафедрой**

**Казаков Д.И.**

**Декан ФОПФ**

**Трунин М.Р.**

**Начальник учебного управления**

**Гарайшина И.Р.**

## **1. Цели и задачи**

### **Цель дисциплины**

Атомное ядро состоит из конечного числа нейтронов и протонов, связанных вместе ядерными силами, переносчиками которых являются различные мезоны.

Последовательной и полной микроскопической теории, описывающей такие системы, в настоящее время не существует. Поэтому для теоретического исследования структуры атомных ядер и ядерных реакций, в которых она проявляется, используется ряд моделей, каждая из которых предназначена для изучения определенного круга явлений и основана на некоторых физических допущениях. В дисциплине «Теория ядерных реакций» рассматриваются наиболее часто используемые модели (модель жидкой капли, оболочечная модель, коллективные модели и т.д.). Особое внимание уделено теоретическому описанию синтеза сверхтяжелых элементов и предсказания их свойств.

### **Задачи дисциплины**

- формирование базовых знаний в области теории атомного ядра и ядерных реакций;
- обучение студентов современным методам теоретического описания атомного ядра с помощью ряда моделей и навыкам решения сопутствующих задач;

## **2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы магистратуры**

Дисциплина «Теория ядерных реакций» включает в себя разделы, которые могут быть отнесены к вариативной части общенаучного цикла ООП М.1.

Дисциплина «Теория ядерных реакций» базируется на материалах курсов, читаемых в рамках базовой и вариативной частей УЦ ООП Б.2 и Б.3 (Квантовая механика, Статистическая физика, Квантовая теория поля), и относится к общенаучному циклу.

## **3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Освоение дисциплины «Теория ядерных реакций» направлено на формирование следующих общекультурных и профессиональных компетенций магистра:

а) общекультурные (ОК):

- компетенция самообразования и самоорганизации (ОК-1);
- компетенция получения знаний и использования новой информации (ОК-3);
- компетенция креативности (ОК-5);

б) профессиональные (ПК):

- компетенция профессионального пользования информацией (ПК-1);
- компетенция профессиональной аналитической деятельности (ПК-2);
- компетенция количественного описания явлений и процессов (ПК-11);;

**В результате освоения дисциплины «Теория ядерных реакций» обучающийся должен:**

**знать:**

- свойства и области применимости основных моделей, используемых для теоретического описания атомных ядер
- основные методы получения сверхтяжелых элементов;

**уметь:**

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

**владеть:**

- техникой расчета свойств атомных ядер в рамках основных ядерных моделей;

**4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№ п/п	Тема (раздел) дисциплины	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу				
		Лекции	Практич. (семинар.) задания.	Лаборат. работы	Задания, курсовые работы	Самост. работа.
1.	Введение	2	0	0	0	2
2.	Коллективные возбуждения в ядрах	2	0	0	0	2
3.	Поверхностные колебания относительно сферически-симметричной формы ядра.	2	0	0	2	2
4.	Обобщенная модель ядра.	2	0	0	0	2
5.	Деформированные ядра	2	0	0	0	2
6.	Колебания в модели жидкой капли	2	0	0	0	2
7.	Моменты инерции ядра в модели принудительного вращения	2	0	0	2	2
8.	Октупольное движение в ядрах.	2	0	0	0	2

9.	Плотность уровней возбужденных атомных ядер.	2	0	0	2	2
10.	Модель ферми-газа.	2	0	0	0	2
11.	Статистическое описание реакций, проходящих через стадию составного ядра.	2	0	0	2	2
12.	Модель испарения Вайскопфа	2	0	0	0	2
13.	Модель испарения Хаузера-Фешбаха	2	0	0	2	2
14.	Описание механизмов девозбуждения ядер в современных статистических моделях.	2	0	0	0	2
15.	Модели слияния тяжелых ядер.	2	0	0	2	2
16.	Получение сверхтяжелых элементов.	2	0	0	0	2
17.	Экзотические ядерные состояния.	2	0	0	0	2
Итого часов		34	0	0	12	34
Общая трудоемкость		80 час., 3 зач.ед.				

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 1 (Осенний)

##### 1 Введение

Отсутствие полной последовательной теории ядерных реакций. Теоретическое описание атомного ядра с помощью набора моделей.

##### 2 Коллективные возбуждения в ядрах

Различные типы коллективных возбуждений в ядрах. Энергетические спектры, отвечающие различным видам коллективных возбуждений. Приведенные вероятности мультипольных переходов между возбужденными состояниями.

##### 3 Поверхностные колебания относительно сферически-симметричной формы ядра.

Поверхностные колебания относительно сферически-симметричной формы ядра. Пятимерный гармонический осциллятор. Энергетически-взвешенное квадрупольное правило сумм.

4      Обобщенная модель ядра.

Обобщенная модель ядра.

5      Деформированные ядра

Вращательные и колебательные возбуждения деформированных ядер. Параметры квадрупольной деформации -  $\beta$  и  $\gamma$ . Гамильтониан вращательно-колебательной модели в переменных  $\beta$  и  $\gamma$  и углах Эйлера (гамильтониан Бора).

6      Колебания в модели жидкой капли

Расчет массового коэффициента и коэффициента жесткости для колебаний вблизи сферически-симметричной формы ядра в модели жидкой капли.

7      Моменты инерции ядра в модели принудительного вращения

Моменты инерции ядра в модели принудительного вращения. Формула Иглиса.

8      Октупольное движение в ядрах.

Октупольное движение в ядрах. Кластерные модели для описания октупольных мод в ядрах. Низколежащие полосы отрицательной четности в тяжелых ядрах.

9      Плотность уровней возбужденных атомных ядер.

Плотность уровней возбужденных атомных ядер.

10     Модель ферми-газа.

Модель ферми-газа. Учет углового момента.

11     Статистическое описание реакций, проходящих через стадию составного ядра.

Статистическое описание реакций, проходящих через стадию составного ядра.

12     Модель испарения Вайскопфа

Модель испарения Вайскопфа

13     Модель испарения Хаузера-Фешбаха

Модель испарения Хаузера-Фешбаха

14     Описание механизмов девозбуждения ядер в современных статистических моделях.

Описание механизмов девозбуждения ядер в современных статистических моделях. Учет коллективных и оболочечных эффектов.

15     Модели слияния тяжелых ядер.

Модели слияния тяжелых ядер. Адиабатические и диабатические подходы. Методы расчета вероятности полного слияния. Квазиделение.

16 Получение сверхтяжелых элементов.

Получение сверхтяжелых элементов. Реакции холодного, горячего и неполного слияния.

17 Экзотические ядерные состояния.

Супердеформированные экзотические ядерные состояния. Гипердеформированные экзотические ядерные состояния.

#### **5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Необходимое оборудование для лекций и практических занятий: компьютер и мультимедийное оборудование (проектор)

Необходимое программное обеспечение: Adobe Reader

Обеспечение самостоятельной работы: доступ к электронной версии журнала Nucl. Phys

#### **6. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Основная литература:

1. Соловьев В. Г. Теория ядра. Модели ядер. - М.: Энергоиздат, 1981.
2. Мигдал А. Б. Теория конечных ферми-систем и свойства атомных ядер. - 2-е. изд. М.: Наука, 1983.
3. Ситенко А. Г. Теория ядерных реакций. - М.: Энергоатомиздат. 1983.

#### **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

-

#### **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Информационные ресурсы: Доступные через интернет страницы электронные версии журнала Nucl. Phys.

#### **9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

-

#### **10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

-

## **11. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по итогам обучения**

Перечень контрольных вопросов для сдачи экзамена в 1-ом семестре:

- Различные типы коллективных возбуждений в ядрах.
- Энергетически-взвешенное квадрупольное правило сумм.
- Обобщенная модель ядра.
- Вращательно-колебательной модель
- Капельная модель ядра
- Октупольное движение в ядрах
- Модель ферми-газа.
- Испарительные модели
- Статистические модели
- Модели слияния тяжелых ядер.
- Получение сверхтяжелых элементов.
- Супер- и гипердеформированные экзотические ядра.