

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Обнинский институт атомной энергетики –**

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)**

**ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

Утверждено на заседании  
Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ  
Протокол от 28.08.2023 № 23.8

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Теория переноса нейтронов

*название дисциплины*

для направления подготовки

14.03.02 Ядерные физика и технологии

*код и название направления подготовки*

образовательная программа

Инновационные ядерные технологии

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2024 г.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины – дать студентам умения и навыки необходимые для изучения дисциплин профессионального цикла, а также научить проводить и анализировать нейтронно-физические расчет в реакторе.

Задачи дисциплины – дать знания о законах протекания процессов взаимодействия нейтронов с ядрами среды и процессах диффузии, замедления и термализации нейтронов в средах.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ (далее – ОП) БАКАЛАВРИАТА

Дисциплина реализуется в рамках обязательной части и относится к профессиональному модулю.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: Дифференциальные и интегральные уравнения, Ядерная физика.

Дисциплины и/или практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: Физическая теория ядерных реакторов, Производственная практика: технологическая (проектно-технологическая) практика.

Дисциплина изучается на 3 курсе в 6 семестре.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения ОП бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код компетенций	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ПК-1	Способен использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области	З-ПК-1 – знать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области У-ПК-1 – уметь использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области В-ПК-1 – владеть современными компьютерными технологиями и методами использования информационных ресурсов в своей предметной области

ПК-2	Способен проводить математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований	З-ПК-2 – знать методы математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований У-ПК-2 – уметь использовать методы математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований В-ПК-2 – владеть навыками математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований
ПК-3	Способен проводить физические эксперименты по заданной методике, составлять описания проводимых исследований, отчетов, анализу результатов и подготовке научных публикаций	З-ПК-3 – знать основные физические законы и методы обработки данных У-ПК-3 – уметь работать по заданной методике, составлять описания проводимых исследований и отчеты, подготавливать материалы для научных публикаций В-ПК-3 – владеть навыками проведения физических экспериментов по заданной методике, основами компьютерных и информационных технологий, научной терминологией

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Интеллектуальное воспитание	Формирование культуры умственного труда (В11)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования культуры умственного труда посредством вовлечения студентов в учебные исследовательские задания, курсовые работы и др.
Профессиональное воспитание	Формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (В17)	1. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за научно-технические достижения России,

		<p>обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок.</p> <p>2. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности за результаты исследований и их последствия, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечение в реальные научно-исследовательские проекты.</p>
Профессиональное воспитание	<p>Формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (B18)</p>	<p>Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.</p>
Профессиональное воспитание	<p>Формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических решений, критического отношения к исследованиям ложнаучного толка (B19)</p>	<p>1. Использование воспитательного потенциала дисциплин, профессионального модуля для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские курсовые проекты.</li> </ul> <p>2. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.</p>
Профессиональное воспитание	<p>Формирование навыков коммуникации, командной работы и лидерства (B20)</p>	<p>1. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и</p>
	<p>Формирование</p>	

	<p>способности и стремления следовать в профессии нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения <b>(B21)</b></p>	<p>лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР.</p> <p>2. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепления рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.</li> </ul>
Профессиональное воспитание	<p>Формирование культуры информационной безопасности <b>(B23)</b></p>	<p>Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования базовых навыков информационной безопасности через изучение последствий халатного отношения к работе с информационными системами, базами данных (включая персональные данные), приемах и методах злоумышленников, потенциальном уровне пользователей.</p>
Профессиональное воспитание	<p>Формирование культуры ядерной и радиационной безопасности <b>(B24)</b></p>	<p>Использование воспитательного потенциала блока профессиональных дисциплин для формирования чувства личной ответственности за соблюдение ядерной и радиационной безопасности, а также соблюдение государственных и коммерческих тайн.</p>
Профессиональное воспитание	<p>Формирование профессиональной ответственности в области разработки, а также применения современных методов, приборов и систем для достижения</p>	

	устойчивого развития мирных ядерных технологий, направленных на улучшение труда и жизни человека (B25)	
Профессиональное воспитание	Формирование ответственной позиции по применению ядерных технологий в свете сохранения окружающей среды для будущих поколений (B26)	

**Организация интерактивных мероприятий и реализация специализированных заданий с воспитательным и социальным акцентом:**

- Объединениях, а также летних школах Atomcamp и пр.
- Организация и проведение мероприятий, направленных на вовлечение студентов в научную, научно-исследовательскую деятельность с 1 курса, в том числе научного турнира ИАТЭ НИЯУ МИФИ и др.
- Организация и проведение научно-просветительских мероприятий, в том числе развитие физического, математического, химического, хирургического, судебно-медицинского кружков и др.
- Организация и проведение турниров по интеллектуальным играм
- Организация и проведение экскурсий, научно-практических конференций, форумов, круглых столов, вебинаров по проблемам ядерной и радиационной безопасности, экологии, а также вопросам технологического лидерства России в области ядерной энергетики.
- Организация научно-практических конференций, встреч с ведущими специалистами-практиками предприятий отрасли.
- Организация научно-практических конференций, круглых столов, встреч с учеными и ведущими специалистами отраслей реального сектора экономики; научно-проектной деятельности по вопросам технологического лидерства России.
- Поддержка и развитие клуба любителей интеллектуальной игры «Что? Где? Когда?»
- Поддержка и развитие Студенческого научного общества ИАТЭ НИЯУ МИФИ.
- Участие в Карьерном форуме «Старт карьеры».
- Участие в подготовке публикаций в международных и отечественных журналах.
- Участие в Программах научных стажировок, проводимых под эгидой ГК Росатома.
- Участие в студенческих олимпиадах и студенческих конкурсах («Открытые международные студенческие Интернет олимпиады», Всероссийская студенческая олимпиада и др.), конкурсах профессионального мастерства, в том числе по стандартам WorldSkills, студенческих научных обществах.
- Участие в студенческих олимпиадах, хакатонах и конкурсах научных проектов, творческих мероприятиях, конкурсах профессионального мастерства, в том числе по стандартам WorldSkills в областях цифрового инжиниринга, информационной безопасности и системного анализа.
- Участие во Всероссийских конкурсах студенческих работ.

**5. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Вид работы	Количество часов на вид работы:
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателем</b>	
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	80
В том числе:	
лекции	32
практические занятия	32
лабораторные занятия	16
<b>Промежуточная аттестация</b>	
В том числе:	
экзамен	36
<b>Самостоятельная работа обучающихся</b>	
<b>Самостоятельная работа обучающихся</b>	28
<b>Всего (часы):</b>	<b>144</b>
<b>Всего (зачетные единицы):</b>	<b>4</b>

## 6. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

### 6.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

Неделя	Наименование раздела / темы дисциплины	Виды учебной работы				
		Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО
1-5	1. Взаимодействие нейтронов с ядрами	10	10	-		8
1-2	1.1 Общие характеристики взаимодействия нейтронов с ядрами	4	4	-		4
3-5	1.2 Перенос нейтронов. Общая теория	6	6	-		4
6-10	2. Диффузия и замедление нейтронов	10	10	-		10
6-7	2.1 Диффузия нейтронов	4	4	-		5
8-10	2.2 Замедление нейтронов в бесконечных средах	6	6	-		5
11-16	3. Пространственное распределение нейтронов	12	12	16		10
11-13	3.1 Термализация нейтронов	6	6	8		5
14-16	3.2 Пространственное распределение замедляющихся нейтронов	6	6	8		5
	<b>Итого за 6 семестр:</b>	32	32	16		28

Прим.: Лек – лекции, Пр – практические занятия / семинары, Лаб – лабораторные занятия, Внеауд – внеаудиторная контактная работа, СРО – самостоятельная работа.

### 6.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	<b>Взаимодействие нейтронов с ядрами</b>	
1.1.	Общие характеристики взаимодействия нейтронов с ядрами	<p>Общие характеристики взаимодействия нейтронов с ядрами. Поток нейтронов, микроскопические и макроскопические сечения, плотность ядер в среде разного химического состава. Скорости реакций.</p> <p>Обзор нейтронных сечений. Области энергий нейтронов - тепловая, промежуточная, быстрая. Классификация ядер по атомному весу.</p> <p>Зависимости нейтронных сечений основных реакторных материалов.</p>
1.2.	Перенос нейтронов. Общая теория	<p>Получение интегро-дифференциального уравнения переноса нейтронов в среде. Интегралы рассеяния и деления. Источники. Общие граничные условия.</p> <p>Уравнение переноса в интегральном виде. Вероятности пролета без столкновений. Эквивалентность двух форм уравнения переноса.</p>
2.	<b>Диффузия и замедление нейтронов</b>	
2.1.	Диффузия нейтронов	<p>Понятие о процессе диффузии в физике. Диффузия нейтронов. Параметры диффузии нейтронов - транспортное сечение, коэффициент диффузии. Условия применимости модели диффузии. Односторонние токи, суммарный ток. Вывод выражений для односторонних токов в среде, выражение суммарного тока. Закон Фика.</p> <p>Получение уравнения диффузии. Диффузионная длина. Граничные условия на границе раздела двух сред - непрерывность функций. Граничные условия на границе с вакуумом, экстраполированная длина.</p> <p>Уравнение диффузии в трех геометриях. Решение неоднородного уравнения для трех геометрий с источниками. Собственные функции однородного уравнения. Физический смысл длины диффузии.</p> <p>Среды с делением. Материальный параметр среды. Однородное уравнение диффузии для среды с делением. Общие решения уравнения в бесконечной среде и в конечном объеме.</p>

2.2.	Замедление нейтронов в бесконечных средах	<p>Рассеяние нейтронов в системе координат - лабораторной и центра инерции. Связи скоростей, углов рассеяния. Предельные случаи лобового и скользящего столкновений. Максимальная потеря энергии, ступенька рассеяния, альфа.</p> <p>Изотропное рассеяние. Получения соотношения для закона рассеяния, его смысл. Равновероятное статистическое распределение рассеянных нейтронов. Получение средней энергии нейтронов; средней потери энергии при рассеянии.</p> <p>Летаргия, шкала летаргии. Вывод уравнения замедления в бесконечной среде для водорода без поглощения, водорода с поглощением, любого ядра без поглощения и с поглощением. Спектры замедляющихся нейтронов. Спектр Ферми.</p> <p>Получение выражения для вероятности избежать поглощения при замедлении. Резонансный интеграл. Бесконечный резонансный интеграл и эффективный резонансный интеграл. Зависимость эффективного резонансного интеграла от разбавления основного поглотителя ядрами среды и от температуры.</p>
3.	<b>Пространственное распределение нейтронов</b>	
3.1.	Термализация нейтронов	<p>Термализация нейтронов. Тепловое равновесие в среде. Спектр Максвелла. Поглощение, упругое и неупругое рассеяние при термализации. Когерентное и некогерентное рассеяние. Изменение Спектра Максвелла - диффузионный разогрев спектра. Учет разогрева спектра через температуру нейтронного газа. Предельные случаи.</p> <p>Усреднение сечений в тепловой области энергий.</p>
3.2.	Пространственное распределение замедляющихся нейтронов	<p>Модель непрерывного замедления. Связь времени замедления и летаргии. Решение нестационарного уравнения диффузии. Приближение возраста нейтронов. Уравнения возраста в среде без поглощения. Диффузионно-возрастное приближение. Возможность измерения возраста.</p>

*Практические/семинарские занятия*

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	<b>Взаимодействие нейтронов с ядрами</b>	
1.1.	Общие характеристики взаимодействия нейтронов с ядрами	<p>Микроскопические и макроскопические сечения взаимодействия. Плотность ядер в среде разного химического состава. Поток нейтронов. Скорости реакций. Энерговыделение при делении.</p>
1.2.	Перенос нейтронов. Общая теория	<p>Длина свободного пробега. Транспортное микроскопическое сечение. Рассеяние нейтронов.</p> <p>Сечение разбавления. Число быстрых нейтронов, образующихся при одном поглощении теплового нейтрона в топливе.</p>
2.	<b>Диффузия и замедление нейтронов</b>	
2.1.	Диффузия нейтронов	<p>Ток нейтронов. Закон Фика. Коэффициент диффузии. Длина диффузии. Время диффузии нейтронов. Материальный параметр среды. Геометрический параметр. Коэффициент использования тепловых нейтронов.</p>

2.2.	Замедление нейтронов в бесконечных средах	Возраст нейтронов. Время замедления нейтронов. Замедляющая способность. Коэффициент замедления. Среднелогарифмическая потеря энергии нейтронов за одно столкновение. Число соударения требуемых для замедления нейтронов до нужной энергии. Время жизни нейтронов. Вероятность избежать резонансного захвата в процессе замедления.
3.	<b>Пространственное распределение нейтронов</b>	
3.1.	Термализация нейтронов	Температура нейтронного газа. Усреднение сечений в тепловой области энергий.
3.2.	Пространственное распределение замедляющихся нейтронов	Коэффициент использования тепловых нейтронов. Вероятность избежать утечки в процессе диффузии. Вероятность избежать утечки в процессе замедления нейтронов. Условие критичности реактора.

### Лабораторные занятия

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Название лабораторной работы
2.	<b>Диффузия и замедление нейтронов</b>	
2.1.	Диффузия нейтронов	Изучение диффузии тепловых нейтронов в воде
2.2.	Замедление нейтронов в бесконечных средах	Исследование замедления нейтронов в воде

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Методические указания по организации самостоятельной работы по дисциплине «Теория переноса нейтронов», реквизиты одобрения и утверждения отделением ЯФиТ ИАТЭ НИЯУ МИФИ

## 8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 8.1. Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части) / и ее формулировка	Наименование оценочного средства
<b>Текущий контроль</b>			
1.	Общие характеристики взаимодействия нейтронов с ядрами	ПК-1, ПК-2, ПК-3	Контрольная работа №1 Лабораторная работа №1
2.	Перенос нейтронов. Общая теория	ПК-1, ПК-2, ПК-3	
3.	Диффузия нейтронов	ПК-1, ПК-2, ПК-3	
4.	Замедление нейтронов в бесконечных средах		
5.	Термализация нейтронов	ПК-1, ПК-2, ПК-3	Контрольная работа №2 Лабораторная работа №2
6.	Пространственное распределение замедляющихся нейтронов	ПК-1, ПК-2, ПК-3	
<b>Промежуточный контроль</b>			

Экзамен	ПК-1, ПК-2, ПК-3	Экзаменационный билет
Всего:		

## 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине.

Оценочные средства приведены в Приложении «Фонд оценочных средств».

## 8.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

- Итоговая аттестация по дисциплине является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков обучающихся по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестации.
- Текущая аттестация в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающихся.
- Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.
- Текущая аттестация осуществляется два раза в семестр:
  - контрольная точка № 1 (КТ № 1) – выставляется в электронную ведомость не позднее 8 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 1 по 8 неделю учебного семестра.
  - контрольная точка № 2 (КТ № 2) – выставляется в электронную ведомость не позднее 16 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 9 по 16 неделю учебного семестра.
- Результаты текущей и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Этап рейтинговой системы / Оценочное средство	Неделя	Балл	
		Минимум	Максимум
<b>Текущая аттестация</b>	<b>1-16</b>	<b>36 - 60% от максимума</b>	<b>60</b>
<b>Контрольная точка № 1</b>	<b>7-8</b>	<b>18</b>	<b>30</b>
<i>Теоретический вопрос № 1.1</i>	<b>7-8</b>	6	10
<i>Практическая задача № 1.2</i>	<b>7-8</b>	6	10
<i>Практическая задача № 1.3</i>	<b>7-8</b>	6	10
<b>Контрольная точка № 2</b>	<b>15-16</b>	<b>18</b>	<b>30</b>
<i>Теоретический вопрос № 2.1</i>	<b>15-16</b>	6	10
<i>Практическая задача № 2.2</i>	<b>15-16</b>	6	10
<i>Практическая задача № 2.3</i>	<b>15-16</b>	6	10
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>-</b>	<b>24</b>	<b>40</b>
Экзамен	-		

Экзаменационный вопрос № 3.1	-	12	20
Экзаменационный вопрос № 3.2	-	12	20
<b>ИТОГО по дисциплине</b>		<b>60</b>	<b>100</b>

Минимальное количество баллов за оценочное средство – это количество баллов, набранное обучающимся, при котором оценочное средство засчитывается, в противном случае обучающийся должен ликвидировать появившуюся академическую задолженность по текущей или промежуточной аттестации. Минимальное количество баллов за текущую аттестацию, в т.ч. отдельное оценочное средство в ее составе, и промежуточную аттестацию составляет 60% от соответствующих максимальных баллов.

Студент считается аттестованным по разделу, экзамену, если он набрал не менее 60% от максимального балла, предусмотренного рабочей программой.

Студент может быть аттестован по дисциплине, если он аттестован по каждому разделу, экзамену и его суммарный балл составляет не менее 60.

*Штрафы: за несвоевременную сдачу (указать вид работ) максимальная оценка может быть снижена на 10 %, но не ниже минимального балла за оценочное средство*

#### 8.4. Шкала оценки образовательных достижений

Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет сумму баллов, заработанных обучающимся при выполнении заданий в рамках текущей и промежуточной аттестации.

Сумма баллов	Оценка по 4-х балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоения учебной дисциплины
90-100	5- «отлично»/ «зачтено»	A	Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы
85-89	4 - «хорошо»/ «зачтено»	B	Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 - «удовлетворительно»/ «зачтено»	D	Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической
60-64		E	

			последовательности в изложении программного материала
0-59	2 - «неудовлетворительно»/ «не зачтено»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине

## 9. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### а) основная учебная литература:

1. Баранник, А.А. Лекции по курсу "Теория переноса нейтрона" [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / А. А. Баранник. - Москва: НИЯУ МИФИ, 2012. - (Учебная книга инженера-физика).
2. Савандер, В.И. Физическая теория ядерных реакторов [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / В. И. Савандер, М. А. Увакин. - Москва: НИЯУ МИФИ. Ч.2: Теория возмущений и медленные нестационарные процессы. - [Б. м.], 2013.
3. Савандер, В.И. Физическая теория ядерных реакторов [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / В. И. Савандер, М. А. Увакин. - Москва: МИФИ. Ч.1 : Однородная размножающая среда и теория гетерогенных структур: учебное пособие для вузов. - [Б. м.], 2007.
4. Крючков, Э.Ф. Теория переноса нейтронов [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / Э. Ф. Крючков, Л. Н. Юрова. - Москва: МИФИ, 2007.
5. Владимиров В.И. Физика ядерных реакторов. Практические задачи по их эксплуатации. Изд. 5-е, переработанное и доп. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 480 с.

### б) дополнительная учебная литература:

1. Белл Д., Глестон С. Теория ядерных реакторов. М., Атомиздат, 1974.
2. Основы теории и методов расчета ядерных реакторов. Под ред. Г.А.Батя М.: Энергоатомиздат, 1989г.
3. Коробейников В.В., Клинов Д.А. Введение в нейтронно-физический расчет реаторов: учебное пособие / В.В. Коробейников, Д.А. Клинов - Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2011.

## 10. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» (ДАЛЕЕ - СЕТЬ «ИНТЕРНЕТ»), НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: [Электронный ресурс] URL: <http://elibrary.ru> (Дата обращения: 10.05.2024).
2. Электронно-библиотечная система издательство "Лань": [Электронный ресурс] URL: [www.e.lanbook.com](http://www.e.lanbook.com) (Дата обращения: 10.05.2024).
3. Электронно-библиотечная система НИЯУ МИФИ": [Электронный ресурс] URL: [www.library.mephi.ru](http://www.library.mephi.ru) (Дата обращения: 10.05.2024).

4. E-learning for Nuclear Newcomers [Электронный ресурс] URL: <https://www.iaea.org/topics/infrastructure-development/e-learning-for-nuclear-newcomers> (Дата обращения: 10.05.2024).
5. Росатом [Электронный ресурс] URL: <http://www.rosatom.ru> (Дата обращения: 10.05.2024).

## 11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.
Практические занятия	При подготовке к практическим занятиям повторить основные понятий и формулы по темам домашнего задания. Решая упражнения и задачи, предварительно понять, какой теоретический материал нужно изучить. Решить типовую задачу из данной темы на доске с преподавателем. Написать план решения задач, попробовать на его основе решить 1-2 аналогичные задачи самостоятельно. При возникновении трудностей с решением или пониманием сформулировать и задать вопросы преподавателю
Лабораторные занятия	При подготовке к лабораторным работам следует ознакомиться с основами программирования в среде FORTRAN90. При защите лабораторных работ важно детально разбираться в теоретических основах применяемых для решения конкретных дифференциальных уравнений.
Контрольная работа	При подготовке к контрольной работе необходимо проработать конспект лекций. Самостоятельно решить типовые задачи из каждой темы. При решении задач необходимо комментировать свои действия и не забывать о содержании интерпретации.
Подготовка к экзамену	При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, задачи практических занятий, рекомендуемую литературу и интернет источники. Вместо «заучивания» материала важно добиться понимания изучаемой дисциплины.

## 12. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ)

Использование информационных технологий при осуществлении образовательного процесса по дисциплине осуществляется в соответствии с утвержденным Положением об Электронной информационно-образовательной среде ИАТЭ НИЯУ МИФИ.

Электронная система управления обучением (LMS) используется для реализации образовательных программ при очном, дистанционном и смешанном режиме обучения. Система реализует следующие основные функции:

- 1) Создание и управление классами,
- 2) Создание курсов,
- 3) Организация записи учащихся на курс,
- 4) Предоставление доступа к учебным материалам для учащихся,
- 5) Публикация заданий для учеников,
- 6) Оценка заданий учащихся, проведение тестов и отслеживание прогресса обучения,
- 7) Организация взаимодействия участников образовательного процесса.

Система интегрируется с дополнительными сервисами, обеспечивающими возможность использования таких функций как рабочий календарь, видео связь, многопользовательское редактирование документов, создание форм опросников, интерактивная доска для рисования. Авторизация пользователей в системе осуществляется посредством корпоративных аккаунтов, привязанных к домену oiate.ru.

### **12.1. Перечень информационных технологий**

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационные технологии:

- проведение лекций и практических занятий с использованием слайд-презентаций;
- использование текстового редактора Microsoft Word;
- использование табличного редактора Microsoft Excel.

### **12.2. Перечень программного обеспечения**

1. Текстовый редактор Microsoft Word;
2. Табличный редактор Microsoft Excel;
3. Редактор презентаций Microsoft PowerPoint;
5. Браузеры: Google Chrome, Internet Explorer, Yandex, Mozilla Firefox, Opera.

### **12.3. Перечень информационных справочных систем**

Доступ к электронным библиотечным ресурсам и электронной библиотечной системе (ЭБС) осуществляется посредством специальных разделов на официальном сайте ИАТЭ НИЯУ МИФИ. Обеспечен доступ к электронным каталогам библиотеки ИАТЭ НИЯУ МИФИ, а также электронным образовательным ресурсам (ЭИОС), сформированным на основании прямых договоров с правообладателями учебной и учебно-методической литературы, методических пособий:

- 1) Информационные ресурсы Сети Консультант Плюс, [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru) (информация нормативно-правового характера на основе современных компьютерных и телекоммуникационных технологий);
- 2) Электронно-библиотечная система НИЯУ МИФИ, [http://libcatalog.mephi.ru/cgi/irbis64r/cgiirbis\\_64.exe?C21COM=F&I21DBN=BOOK&Z21ID=&P21DBN=BOOK](http://libcatalog.mephi.ru/cgi/irbis64r/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=BOOK&Z21ID=&P21DBN=BOOK);
- 3) ЭБС «Издательства Лань», <https://e.lanbook.com/>;
- 4) Электронно-библиотечная система BOOK.ru, [www.book.ru](http://www.book.ru);
- 5) Базы данных «Электронно-библиотечная система elibrary» (ЭБС elibrary);
- 6) Базовая версия ЭБС IPRbooks, [www.iprbooks.ru](http://www.iprbooks.ru);
- 7) Базы данных «Электронная библиотека технического ВУЗа» [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru);
- 8) Электронно-библиотечная система «Айбукс.ру/ibooks.ru»,
- 9) <http://ibooks.ru/home.php?routine=bookshelf>
- 10) Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ», <http://urait.ru/>.

## **13. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Учебная аудитория на 30 мест с мультимедийным оборудованием, программное обеспечение для компьютерных презентаций. Доска.

Лабораторные занятия: Лаборатория кафедры Ядерная физика

## 14. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И (ИЛИ) МАТЕРИАЛЫ

### 14.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Применяемые на лекционных занятиях

- Технология концентрированного обучения (лекция-беседа, привлечение внимания студентов к наиболее важным вопросам темы, содержание и темп изложения учебного материала определяется с учетом особенностей студентов).
- Технология активного обучения (визуальная лекция с разбором конкретных ситуаций).

Применяемые на практических занятиях.

- Технология активного обучения (визуальный семинар с разбором конкретных задач).
- Технология интерактивного обучения (мозговой штурм: группа получает задание, далее предполагается высказывать как можно большее количество вариантов решения, затем из общего числа высказанных идей отбираются наиболее удачные, которые могут быть использованы на практике).

№ пп	Наименование темы дисциплины	Вид занятий (лекция, семинары, практические занятия)	Количество ак. ч.	Наименование активных и интерактивных форм проведения занятий
1.	Общие характеристики взаимодействия нейтронов с ядрами	Лекция/ практические занятия	8	лекция-беседа, визуальная лекция с разбором конкретных ситуаций, визуальный семинар с разбором конкретных задач, мозговой штурм
2.	Перенос нейтронов. Общая теория	Лекция/ практические занятия	12	лекция-беседа, визуальная лекция с разбором конкретных ситуаций, визуальный семинар с разбором конкретных задач, мозговой штурм
3.	Диффузия нейтронов	Лекция/ практические занятия	8	лекция-беседа, визуальная лекция с разбором конкретных ситуаций, визуальный семинар с разбором конкретных задач, мозговой штурм
4.	Замедление нейтронов в бесконечных средах	Лекция/ практические занятия	12	лекция-беседа, визуальная лекция с разбором конкретных ситуаций, визуальный семинар с разбором конкретных задач, мозговой штурм
5.	Термализация нейтронов	Лекция/ практические занятия	12	лекция-беседа, визуальная лекция с разбором конкретных ситуаций, визуальный семинар с разбором конкретных задач, мозговой штурм

6.	Пространственное распределение замедляющихся нейтронов	Лекция/ практические занятия	12	лекция-беседа, визуальная лекция с разбором конкретных ситуаций, визуальный семинар с разбором конкретных задач, мозговой штурм
----	--	---------------------------------	----	---

**14.2. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки)**

Темы для самостоятельного занятия:

1. Основы нейтронной физики.
2. Основы уравнений переноса нейтронов.
3. Физические основы диффузии нейтронов.
4. Физические основы замедления нейтронов.
5. Теория возраста нейтронов.
6. Термализация нейтронов.
7. Многогрупповое приближение в теории переноса нейтронов.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите основные реакции нейтрона с ядром.
2. Дайте определение микросечения.
3. В каких единицах измеряются микросечения?
4. Как связаны микросечение и макросечение одного нуклида?
5. Как связаны макросечение и длина свободного пробега?
6. Сколько энергии выделяется в акте деления?
7. Сколько нейтронов выделяется в акте деления (примерно)?
8. В каких единицах измеряется плотность потока нейтронов?
9. Какова средняя энергия нейтронов деления?
10. Чему равна тепловая точка (в электрон-вольтах)?

**15. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. № АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации обучающихся с ОВЗ с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений.

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом индивидуальных психофизических особенностей, а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида.

Для лиц с нарушением слуха возможно предоставление информации визуально (краткий конспект лекций, основная и дополнительная литература), на лекционных и практических занятиях допускается присутствие ассистента, а так же, сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Оценка знаний обучающихся на практических занятиях осуществляется на основе письменных конспектов ответов на вопросы, письменно выполненных практических заданий. Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т.д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.).

С учетом состояния здоровья просмотр кинофильма с последующим анализом может быть проведен дома (например, при необходимости дополнительной звукоусиливающей аппаратуры (наушники)). В таком случае обучающийся предоставляет письменный анализ, соответствующий предъявляемым требованиям.

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости, время подготовки на зачете может быть увеличено.

Для **лиц с нарушением зрения** допускается аудиальное предоставление информации (например, с использованием программ-синтезаторов речи), а так же использование на лекциях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь.

Оценка знаний обучающихся на практических занятиях осуществляется в устной форме (как ответы на вопросы, так и практические задания). При необходимости анализа фильма может быть заменен описанием ситуации межэтнического взаимодействия (на основе опыта респондента, художественной литературы и т.д.), позволяющим оценить степень сформированности навыков владения методами анализа и выявления специфики функционирования и развития психики, позволяющими учитывать влияние этнических факторов. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

**Лица с нарушениями опорно-двигательного аппарата** не нуждаются в особых формах предоставления учебных материалов. Однако, с учетом состояния здоровья часть занятий может быть реализована дистанционно (при помощи сети «Интернет»). Так, при невозможности посещения лекционного занятия обучающийся может воспользоваться кратким конспектом лекции.

При невозможности посещения практического занятия обучающийся должен предоставить письменный конспект ответов на вопросы, письменно выполненное практическое задание.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т.д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.).

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата проводится на общих основаниях, при необходимости процедура зачета может быть реализована дистанционно (например, при помощи программы Skype).

Для этого по договоренности с преподавателем обучающийся в определенное время выходит на связь для проведения процедуры зачета. В таком случае зачет сдается в виде собеседования по вопросам (см. формы проведения промежуточной аттестации для лиц с нарушениями зрения). Вопрос и практическое задание выбираются самим преподавателем.

Примечание: Фонды оценочных средств, включающие типовые задания и методы оценки, критерии оценивания, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины обучающимися с ОВЗ могут входить в состав РПД на правах отдельного документа.

#### **Программу составил (а) (и):**

В.В. Коробейников, профессор отделения ЯФиТ, д.ф.-м.н., профессор  
А.М. Терехова, старший преподаватель отделения ЯФиТ

#### **Рецензент (ы):**

Ю.А. Казанский, профессор отделения ЯФиТ, д.т.н., профессор  
О.Б. Дугинов, к.т.н., старший научный сотрудник ООО ЭНИМЦ "Моделирующие системы"