

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

Одобрено
Ученым советом ИАТЭ НИЯУ МИФИ
Протокол от 25.08.2025 № 25.8

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ФИЗИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

название дисциплины

для студентов направления подготовки

**14.05.02 Атомные станции:
проектирование, эксплуатация и инжиниринг**

направление/профиль

Радиационная безопасность атомных станций

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2025 г.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель изучения дисциплины:

- Обучить студентов особенностям физической теории различных типов реакторов и методам проведения нейтронно-физических расчётов.

Задачи изучения дисциплины:

- Обучение студентов принципиальным основам цепной реакции деления, ее количественным характеристикам и происходящим изменениям в ядерном реакторе, требующим специальных решений при конструировании реактора.
- Дать представление об уравнениях переноса нейтронов и ценности нейтронов среды.
- Научить использовать уравнения кинетики для решения задач в области мощностей таких, которые практически не оказывают влияния на технологические параметры реактора (температуру, давление, положение стержней и т.п.) и для построения реактиметра.
- Формализовать обратные связи на основе коэффициентов реактивности и построение уравнений динамики на основе точечных уравнений кинетики.

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

Дисциплина реализуется в рамках части, формируемой участниками образовательных отношений, и относится к профессиональному модулю.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: «Дозиметрия и защита от излучений», «Инструментальные методы радиационного контроля», «Техника инженерной защиты».

Дисциплины и/или практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: выполнение научно-исследовательской работы, всех видов практики и выпускной квалификационной работы.

Дисциплина изучается на 5 курсе в 9 семестре.

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

В результате освоения ООП специалитета обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенций	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ПК-9	Способен анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты ЯЭУ с целью обеспечения их эффективной и безопасной работы	З-ПК-9 Знать правила и нормы в атомной энергетике, критерии эффективной и безопасной работы ЯЭУ; У-ПК-9 Уметь анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты ЯЭУ; В-ПК-9 Владеть методами анализа нейтронно-физических и технологических процессов в ЯЭУ;
ПК-10	Способен провести оценку	З-ПК-10 Знать критерии ядерной и радиационной

	ядерной и радиационной безопасности при эксплуатации и выводе из эксплуатации ядерных энергетических установок, а также при обращении с ядерным топливом и радиоактивными отходами	безопасности ЯЭУ; У-ПК-10 Уметь проводить оценки ядерной и радиационной безопасности ЯЭУ; В-ПК-10 Владеть методами оценки ядерной и радиационной безопасности при эксплуатации ЯЭУ, а также при обращении с ядерным топливом и радиоактивными отходами.
--	---	--

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Интеллектуальное воспитание	Создание условий, обеспечивающих формирование культуры умственного труда (B11)	Использование воспитательного потенциала дисциплин гуманитарного, естественнонаучного, общепрофессионального и профессионального модуля для формирования культуры умственного труда посредством вовлечения студентов в учебные исследовательские задания, курсовые работы и др.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (B17)	1. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за научно-технические достижения России, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок. 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.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (B18)	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
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)	1. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. 2. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед - 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
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих формирование навыков коммуникации, командной работы и лидерства (B20)	1. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих формирование способности и стремления следовать в профессии нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения (B21)	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.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих формирование творческого инженерного мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (B22)	2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление 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
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих формирование культуры информационной безопасности (B23)	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 уроне пользователям.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих формирование культуры ядерной и радиационной безопасности (B24)	Использование воспитательного потенциала блока профессиональных дисциплин для формирования чувства личной ответственности за соблюдение ядерной и радиационной безопасности, а также соблюдение государственных и коммерческих тайн
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих формирование профессиональной ответственности в области разработки, а также применения современных методов, приборов и систем для достижения устойчивого развития мирных ядерных технологий, направленных на улучшение труда и жизни человека (B25)	
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих формирование ответственной экологической позиции (B26)	

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:
Контактная работа обучающихся с преподавателем	
Аудиторные занятия (всего)	48
В том числе:	
лекции	16
практические занятия	32
(из них в форме практической подготовки)	(0)
лабораторные занятия	-

<i>(из них в форме практической подготовки)</i>	(0)
Промежуточная аттестация	
В том числе:	
<i>экзамен</i>	54
Самостоятельная работа обучающихся	
Самостоятельная работа обучающихся	42
Всего (часы):	144
Всего (зачетные единицы):	4

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)

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
		Аудиторные учебные занятия			СРО
		Лек	Сем/Пр	Лаб	
1.	Ядерный реактор как источник энергии и ионизирующего излучения	5	16		20
1.1.	Основные конструктивные особенности	1	2		4
1.2.	Особенности ЯР в привязке к компоновке АЭС	1	2		4
1.3	Ядерные реакции	1	4		4
1.4	Цепная реакция. Коэффициент размножения.	1	4		4
1.5	Ядерный реактор. Энерговыведение в активной зоне.	1	4		4
2.	Физические процессы, сопровождающие работу ядерного реактора	11	16		22
2.1.	Выгорание ядерного топлива	1	2		2
2.2.	Воспроизводство ядерного топлива	1	2		2
2.3	Зашлаковывание ядерного топлива	2	2		2
2.4	Стационарное и нестационарное отравление реактора ксеноном	2	2		2
2.5	Стационарное и нестационарное отравление самарием	2	2		2
2.6	Эффекты реактивности	2	4		2
2.7	Кампания реактора	1	2		2
	ВСЕГО	16	32		42

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

6.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	Ядерный реактор как источник энергии и ионизирующего излучения	
1.1.	Основные конструктивные особенности	Принцип работы АЭС на примере реакторной установки ВВЭР-1000. Основные технологические параметры и особенности внутриреакторной компоновки оборудования.
1.2.	Особенности ЯР в привязке к компоновке АЭС	Основное оборудование первого и второго контуров ядерного реактора на примере установки ВВЭР-1000. Особенности компоновки оборудования и пути увеличения характеристик показателей АЭС в целом.
1.3	Ядерные реакции	Типы взаимодействий нейтронов с ядрами среды. Обзор величин, описывающих ядерные реакции.
1.4	Цепная реакция. Коэффициент размножения.	Понятие цепной ядерной реакции. Необходимые условия существования самоподдерживающейся цепной реакции деления (СЦР). Спектр нейтронов в реакторе ВВЭР, РБМК и реакторов типа БН. Схема замедления и диффузии нейтронов. Геометрические и материальные параметры сред. Схемы размножения нейтронов.
1.5	Ядерный реактор. Энерговыведение в активной зоне.	Тепловой поток. Удельная топливная мощность. Удельная объемная мощность. Распределение энерговыведения по активной зоне. Эффективная добавка. Профилирование топлива.
2.	Физические процессы, сопровождающие работу ядерного реактора	
2.1.	Выгорание ядерного топлива	Ядерное топливо. Выгорание ядерного топлива. Удельное энерговыведение (удельная энергосвязка). Компония топлива.
2.2.	Воспроизводство ядерного топлива	Коэффициент воспроизводства. Коэффициент конверсии. Топливный цикл. Выгорание тяжелых ядер. Время удвоения топлива.
2.3	Зашлаковывание ядерного топлива	Обзор продуктов деления. Выделения осколков деления в группы «отравителей». Концентрация осколков деления. Особенности отравителей.
2.4	Стационарное и нестационарное отравление реактора ксеноном	Динамика установления стационарного отравления Хе. Зависимость стационарного отравления Хе от эксплуатационных характеристик ЯР. Нестационарное отравление реактора Хе при увеличении и снижении мощности ЯР. Время разотравления ЯР.
2.5	Стационарное и нестационарное отравление самарием	Динамика установления стационарного отравления Sm. Зависимость стационарного отравления Sm от эксплуатационных характеристик ЯР. Нестационарное отравление реактора Хе при увеличении и снижении мощности ЯР. Динамика отравления ЯР самарием.
2.6	Эффекты реактивности	Температурный коэффициент реактивности. Характерные зависимости температурных эффектов реактивности для различных типов ЯР. Нептуниевый и натриевой пустотный эффекты реактивности в реакторах БН.
2.7	Компания реактора	Номинальная мощность. Перегрузка активной зоны. Энергосвязка. Определение оставшегося энергозапаса.

Практические/семинарские занятия

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	Ядерный реактор как источник энергии и ионизирующего излучения	
1.3	Ядерные реакции	Определение длин рассеяния, поглощения и переноса. Определение отношения масс тяжелых ядер. Оценка количества делений и радиационного захвата.
1.4	Цепная реакция. Коэффициент размножения.	Оценка вероятности столкновения нейтронов между собой в топливе. Определение плотности потока нейтронов. Оценка вероятности утечки нейтронов.
1.5	Ядерный реактор. Энерговыведение в активной зоне.	Определение коэффициента неравномерности энерговыведения по объему, радиусу и высоте активной зоны. Определение средней по объему активной зоне плотности потока нейтронов при различной загрузке ЯР топливом.
2.	Физические процессы, сопровождающие работу ядерного реактора	
2.1.	Выгорание ядерного топлива	Определение удельного и полного расхода топлива, глубины выгорания, удельный и полный расход топлива. Учет числа перегрузок АР топливом.
2.2.	Воспроизводство ядерного топлива	Оценка вклада каждого делящегося нуклида в энергоснабжение АЭС. Оценка наработки вторичных делящихся изотопов в ЯР.
2.3	Зашлаковывание ядерного топлива	Оценка скорости наработки шлаков с учетом и без учета наработки вторичных тяжелых изотопов.
2.4	Стационарное и нестационарное отравление реактора ксеноном	Оценка отравления ЯР ксеноном после выведения реактора на мощность. Оценка времени работы реактора на постоянном уровне мощности с учетом отравления ЯР ксеноном. Оценка возможности выведения ЯР на номинальный уровень мощности после внепланового останова.
2.5	Стационарное и нестационарное отравление самарием	Оценка отравления ЯР самарием после выведения реактора на мощность. Оценка времени работы реактора на постоянном уровне мощности с учетом отравления ЯР ксеноном. Понятие прометеевого провала.
2.6	Эффекты реактивности	Изменение запаса реактивности и динамических свойств ядерного реактора при проявлении различных эффектов реактивности.
2.7	Кампания реактора	Поиск путей повышения энергозапаса за счет изменения нейтронно-физических характеристик активной зоны ЯР.

Лабораторные занятия

Не предусмотрены

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

Для всех видов самостоятельной работы (проработки теоретического материала, подготовки к практическим занятиям и лабораторным работам, выполнения курсовой работы, подготовки к контрольным испытаниям текущего контроля успеваемости, подготовки к экзамену) обучающимся рекомендуется использовать:

- конспекты лекций;

- основную и дополнительную учебную литературу (см. раздел 9);
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», в том числе периодические издания Научной электронной библиотеки e-LIBRARY.ru (<http://elibrary.ru>);

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	Индикатор достижения компетенции	Наименование оценочного средства текущей и промежуточной аттестации
Текущая аттестация, 9 семестр			
1.	Раздел 1-2	3-ПК-9; У-ПК-9; В-ПК-9; 3-ПК-10; У-ПК-10; В-ПК-10	Контрольная работа 1
2.	Раздел 2	3-ПК-9; У-ПК-9; В-ПК-9; 3-ПК-10; У-ПК-10; В-ПК-10	Контрольная работа 2
Промежуточная аттестация, 9 семестр			
	Экзамен	3-ПК-9; У-ПК-9; В-ПК-9; 3-ПК-10; У-ПК-10; В-ПК-10	Экзаменационный билет

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
Текущая аттестация	1-16	36	60
Контрольная точка № 1	7-8	18	30
<i>Контрольная работа 1</i>	7	18	30
Контрольная точка № 2	15-16	18	30
<i>Контрольная работа 2</i>	15	18	30
Промежуточная аттестация	-	24	40
Экзамен	-		
<i>Экзаменационный билет</i>	-	24	40
ИТОГО по дисциплине		60	100

* 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, зачету или 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, зачету/экзамену и его суммарный балл составляет не менее 60.

Определение бонусов и штрафов

Бонусы: поощрительные баллы студент получает к своему рейтингу в конце семестра за присутствие на лекциях, практических и лабораторных занятиях и активную и регулярную работу на занятиях. Бонус (премиальные баллы) не может превышать 5 баллов.

Штрафы: за несвоевременную сдачу лабораторных работ и представление докладов оценка может быть снижена на 10% (за каждый вид текущего контроля).

Процедура оценивания знаний, умений, владений по дисциплине включает учет успешности по всем видам заявленных оценочных средств.

Практические работы выполняются индивидуально, отчетные материалы сдаются в электронном виде, допустимо использование электронной почты.

По окончании освоения дисциплины проводится промежуточная аттестация в виде зачета, что позволяет оценить совокупность приобретенных в процессе обучения компетенций. При выставлении итоговой оценки применяется балльно-рейтинговая система оценки результатов обучения. К сдаче зачета допускаются учащиеся, которые успешно преодолели оценочные мероприятия текущего контроля.

Зачет предназначен для оценки работы обучающегося в течение всего срока изучения дисциплины и призван выявить уровень, прочность и систематичность полученных обучающимся теоретических знаний и умений приводить примеры практического использования знаний, приобретения навыков самостоятельной работы, развития творческого мышления.

8.4. Шкала оценки образовательных достижений

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

<i>Сумма баллов</i>	<i>Оценка по 4-х балльной шкале</i>	<i>Оценка ECTS</i>	<i>Требования к уровню освоения учебной дисциплины</i>
90-100	5- «отлично»/ «зачтено»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, 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 студенту, 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 студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала
60-64		E	
0-59	2 - «неудовлетворительно»/ «не зачтено»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, 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. АЭС с реактором типа ВВЭР-1000. От физических основ эксплуатации до эволюции проекта: науч. издание / С. А. Андрущенко [и др.]. – М.: Логос, 2010.
2. Кузнецов И.А., Поплавский В.М. Безопасность АЭС с реакторами на быстрых нейтронах. Под общей редакцией члена-корреспондента АН РФ В.И. Рачкова. – М.: ИздАт, 2012. – 632 с.

б) дополнительная учебная литература:

1. Основы теории и методы расчета ядерных реакторов. Под редакцией Г.А. Батя. – М.: Энергоиздат, 1982.
2. Ганев И.Х. Физика ядерных реакторов. М.: Энергоатомиздат, 1992.
3. Фейнберг С.М., Шихов С.Б., Троянский В.Б. Теория ядерных реакторов. В 2-х томах. М.: Атомиздат, 1970.

4. Белл Д., Глестон С. Теория ядерных реакторов. М.: Атомиздат, 1974.
5. Марчук Г.И. Методы расчета ядерных реакторов. М.: Госатомиздат, 1961.
6. Вейнберг А., Вигнер Е. Физическая теория ядерных реакторов. ИЛ, 1961.

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

Электронные научные библиотеки и сайты:

1. E-learning for Nuclear Newcomers [Официальный сайт]. URL: <https://www.iaea.org/topics/infrastructure-development/e-learning-for-nuclear-newcomers> [Режим доступа: 20.05.2018].
2. Росатом - корпорация знаний [Официальный сайт]. — URL: <https://www.youtube.com/user/MirnyAtom> [Режим доступа: 20.05.2018].
3. Энциклопедия атома Росатом - корпорация знаний [Официальный сайт]. — URL: http://www.rosatom.ru/journalist/videogallery/enciklopediya_atoma/defDocument [Режим доступа: 20.05.2018].
4. Научная электронная библиотека [Официальный сайт]. — URL: <http://elibrary.ru/> [Режим доступа: 20.05.2018].
5. Журнал «Известия вузов. Ядерная энергетика» [Официальный сайт]. — URL: <http://journal.iate.obninsk.ru/> [Режим доступа: 20.05.2018].

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Для оптимальной организации работ по изучению дисциплины студентам следует придерживаться следующих рекомендаций.

В течение семестра студенты должны изучать теоретический материал в соответствии с программой курса, выполнять предложенные преподавателем задания для самостоятельной работы, готовиться к текущей и промежуточной аттестации, прорабатывая необходимый материал согласно перечню терминов, контрольных вопросов и списку рекомендованной литературы.

Студент должен вести конспект занятий - кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Во время самостоятельной проработки материала особое внимание следует уделять возникшим вопросам, непонятным терминам, спорным точкам зрения. Такие моменты следует выделить или выписать отдельно для дальнейшего обсуждения на семинарском занятии. В случае необходимости обращаться к преподавателю за консультацией.

Практические занятия требуют активного участия всех студентов в обсуждении вопросов, выносимых на семинар. Поэтому важно при подготовке к ним продумать вопросы, которые хотелось бы уточнить. Возможно расширение перечня рассматриваемых вопросов в рамках темы по желанию и предложению обучающихся.

Материал к занятиям можно подобрать в периодических изданиях научного и прикладного характера, выявляя тот, который имеет отношение к современным проблемам биологической и экологической информатики. Аналитический разбор подобных публикаций помогает пониманию и усвоению теоретического материала, формирует навыки использования различных подходов, решения стандартных задач, развивает способность к нестандартным решениям. Литературные источники, размещенные в сети интернет в свободном доступе, включены в электронный вариант УМКД и могут быть представлены студентам по запросу.

Самостоятельная работа студентов по дисциплине предполагает более глубокую проработку ими отдельных тем курса, определенных программой. Основными видами и формами самостоятельной работы студентов по данной дисциплине являются:

- проработка учебного (теоретического) материала
- подготовка к практическим занятиям, в том числе подготовка сообщений и докладов к семинарским занятиям;
- подготовка к контрольным испытаниям текущего контроля успеваемости;
- подготовка к зачету.

В процессе изучения данной дисциплины учитывается посещаемость занятий, оценивается активность студентов на семинарских занятиях, а также качество и своевременность подготовки теоретических материалов и практических заданий.

По окончании изучения дисциплины проводится зачет. При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, материалы семинарских занятий, рекомендуемую литературу и др.

Условием успешного освоения материала и сдачи текущего и промежуточного контроля является систематическая работа в соответствии с учебным планом, обязательное выполнение лабораторных работ в компьютерном классе; устное выступление перед группой на дискуссионную тему из предлагаемых тематик самостоятельной работы; творческий подход к выполнению зачетной работы.

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

- Использование электронных презентаций при проведении лекционных и практических занятий.
- Доступ к интернету, в том числе к сайтам ГПНТБ, ГРНТИ, научных библиотек и др.
- Проверка домашних заданий и консультирование посредством электронной почты.

12.2. Перечень программного обеспечения

- Программы для демонстрации и создания презентаций («Microsoft Power Point»).
- Для выполнения лабораторных работ требуются программы пакета Microsoft Office (Access, Excel, Word, Power Point, Acrobat Reader), Internet Explorer
- Для оформления письменных работ, презентаций к докладу, работы в электронных библиотечных системах необходимы программы пакета Microsoft Office (Excel, Word, Power Point, Acrobat Reader), Internet Explorer, или других аналогичных.

12.3. Перечень информационных справочных систем

Не требуется.

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

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации с современными средствами демонстрации (мультимедийное оборудование), а также помещения для самостоятельной работы студентов.

Для практических занятий необходим компьютерный класс.

14. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И (ИЛИ) МАТЕРИАЛЫ

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

Применяемые на лекционных занятиях

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

Самостоятельная работа студентов составляет значительную часть общей трудоемкости дисциплины, является важнейшим компонентом образовательного процесса. Она направлена на 1) получение углубленных знаний по изучаемым тематикам; 2) получение навыков самостоятельной работы с литературой, периодическими изданиями и интернет-ресурсами; 3) формирование умения обобщать и концентрировать полученные знания; 4) получение опыта подготовки и проведения докладов, дискуссий, использования современных технических средств.

Темы, изучаемые самостоятельно:

1. В чём измеряется возраст нейтронов?
2. Зачем в реактор вводится замедлитель?
3. На каком замедлителе потеря энергии наибольшая?
4. Какой замедлитель является наилучшим?
5. Чем отличается упругое и неупругое рассеяния?
6. Почему невозможна цепная реакция на ^{238}U ?
7. Чему равно сечение разбавления?
8. Запишите путь образования ^{239}Pu из ^{238}U .
9. Запишите путь образования ^{233}U из ^{232}Th .
10. Каково обогащение природного урана?
11. Назовите основные типы распадов.
12. Существует ли в природе плутоний?

14.3. Краткий терминологический словарь

Активность источника радиоактивного излучения - отношение общего числа распадов радиоактивных ядер в радиоактивном источнике ко времени распада.

Альфа-излучение: Корпускулярное излучение, состоящее из альфа-частиц, испускаемых в процессе ядерных превращений.

Беккерель (Бк) - единица активности радиоактивного вещества в СИ. 1 Бк равен активности такого радиоактивного вещества, в котором за время 1 с происходит один акт распада.

Бета-излучение: Корпускулярное излучение, состоящее из отрицательно заряженных электронов или позитронов, возникающее при радиоактивном распаде ядер.

Второй закон фотоэффекта. Максимальная кинетическая энергия, вырываемых светом электронов, возрастает линейно с частотой и не зависит от интенсивности.

Гамма-излучение: Фотонное излучение, возникающее в процессе ядерных превращений или при аннигиляции частиц.

Граничная энергия бета-излучения: Наибольшая энергия бета частиц в непрерывном спектре бета-излучения данного радионуклида.

Закон радиоактивного распада - закон, по которому находят число не распавшихся атомов: $N = N_0 \cdot 2^{-t/T}$.

Запирающее напряжение (U_3) - напряжение, при котором величина фотоэлектрического тока равна нулю.

Изотопы — разновидности атомов (и ядер) какого-либо химического элемента, которые имеют одинаковый атомный (порядковый) номер, но при этом разные массовые числа.

Ионизирующее излучение: Излучение, взаимодействие которого со средой приводит к образованию ионов разных знаков.

Камера Вильсона - прибор для наблюдения следов движущихся с большой скоростью микрочастиц (электронов, протонов, α -частиц и др.). Создана в 1912 г. английским физиком Вильсоном.

Косвенно ионизирующее излучение: Излучение, состоящее из незаряженных частиц, взаимодействие которых со средой приводит к возникновению заряженных частиц, способных непосредственно вызвать ионизацию.

Коэффициент размножения нейтронов (k) - равен отношению числа нейтронов в одном каком-либо поколении цепной реакции к породившему их числу нейтронов предшествующего поколения: $k = N_i/N_{i-1}$

Критическая масса (m_k) - наименьшая масса ядерного горючего (урана, плутония), при которой осуществляется цепная ядерная реакция.

Кюри (Ки) - внесистемная единица активности радиоактивного вещества. $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$.

Массовое число (A) - общее число нуклонов (протонов и нейтронов) в атомном ядре; одна из основных характеристик атомного ядра.

Нейтрон - электрически нейтральная элементарная частица с массой покоя $1,68 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,00867 \text{ а.е.м.}$ В свободном состоянии неустойчив.

Непосредственно ионизирующее излучение: Излучение, состоящее из заряженных частиц, кинетическая энергия которых достаточна для ионизации при столкновении с атомами вещества.

Нуклоны - общее название для протонов и нейтронов, т. е. частиц, из которых состоит ядро.

Первый закон фотоэффекта. Количество электронов, вырываемых с поверхности металла за 1 с, прямо пропорционально поглощенной энергии световой волны.

Период полураспада (T) - интервал времени, в течение которого распадется половина первоначального количества ядер.

Поглощенная доза излучения - отношение поглощенной энергии E ионизирующего излучения к массе его облучаемого вещества.

Постулаты Бора - основные допущения, введенные без доказательства Н. Бором, которые положены в основу квантовой теории атома.

Правило смещения: при α -распаде ядро теряет положительный заряд $2e$, и его масса убывает приблизительно на 4 а.е.м.; при β -распаде заряд ядра увеличивается на $1e$, а масса не изменяется.

Протон - стабильная элементарная частица с положительным элементарным электрическим зарядом с массой покоя $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,00728 \text{ а.е.м.}$

Радиоактивность - способность некоторых атомных ядер самопроизвольно превращаться в другие ядра, испуская при этом различные частицы.

Радиоактивные семейства (ряды) - генетически связанные последовательным радиоактивным распадом цепочки (ряды) ядер естественного происхождения.

Радиоактивный элемент — химический элемент все изотопы которого радиоактивны. На практике этим термином часто называют всякий элемент, в природной смеси которого присутствует хотя бы один радиоактивный изотоп, то есть если элемент проявляет радиоактивность в природе[1]. Кроме того, радиоактивными являются все синтезированные на сегодняшний день искусственные элементы, так как все их изотопы радиоактивны.

Радионуклидный источник: Радиоактивное вещество в определенном конструктивном оформлении - на подложке, в капсуле, ампуле, кювете.

Радиохимия — изучает химию радиоактивных веществ, законы их физико-химического поведения, химию ядерных превращений и сопутствующие им физико-химические процессы.

Разделение изотопов — технологический процесс изменения изотопного состава вещества, состоящего из смеси различных изотопов одного химического элемента. Из одной смеси изотопов на выходе процесса получают две смеси: одна с повышенным содержанием требуемого изотопа (обогащенная смесь), другая с пониженным (обедненная смесь).

Рентгеновское излучение: Фотонное излучение, состоящее из тормозного и характеристического излучений.

Спектральный анализ - метод исследования химического состава вещества по его спектру излучения или поглощения.

Спектроскоп, спектрограф - оптические приборы для исследования спектров излучения и поглощения.

Средняя энергия бета-частиц: Средняя энергия бета-частицы на один акт распада данного нуклида, определяемая по энергетическому спектру бета-частиц.

Термоядерные реакции - ядерные реакции между легкими атомными ядрами, протекающие при очень высоких температурах.

Тормозное излучение: Фотонное излучение с непрерывным энергетическим спектром, возникающее при уменьшении кинетической энергии заряженных частиц.

Третий закон фотоэффекта. Для каждого вещества существует "красная граница" - минимальная частота $\nu_{\text{кр}}$ (максимальная длина волны), при которой фотоэффект еще наблюдается.

Фон (ионизирующего излучения): Ионизирующее излучение, состоящее из естественного радиационного фона и ионизирующего излучения посторонних источников излучения.

Фотон - квант поля электромагнитного излучения, электрически нейтральная элементарная частица с нулевой массой покоя.

Фотонное излучение: Электромагнитное косвенно ионизирующее излучение.

Фотоэффект - явление испускания электронов веществом под действием света.

Характеристическое излучение: Фотонное излучение с дискретным энергетическим спектром, возникающее при изменении энергетического состояния электронов атома.

Цепная реакция деления - самоподдерживающаяся реакция деления тяжелых ядер, в которой непрерывно воспроизводятся нейтроны, делящие все новые и новые ядра.

Энергетический выход ядерной реакции - разность энергий покоя ядер и частиц до реакции и после реакции.

Энергия излучения; R : Энергия частиц, испущенная, переданная или полученная частицами, исключая энергию покоя, единица: Дж.

Энергия передачи; ϵ_i : Энергия, сообщенная веществу при одном акте взаимодействия частицы с веществом, равная разности энергии падающей частицы $\epsilon_{\text{вх}}$, исключая энергию покоя, и суммы энергий всех ионизирующих частиц, покидающих локальную область взаимодействия $\epsilon_{\text{вых}}$, плюс изменение энергий покоя Q ядер и всех элементарных частиц при любых превращениях, имевших место при данном взаимодействии

Энергия связи атомного ядра ($E_{св}$) - характеризует интенсивность взаимодействия нуклонов в ядре и равна той максимальной энергии, которую необходимо затратить, чтобы разделить ядро на отдельные невзаимодействующие нуклоны без сообщения им кинетической энергии.

Эффективная энергия фотонного излучения: Энергия фотонов моноэнергетического фотонного излучения, относительное ослабление которого в поглотителе определенного состава и определенной толщины соответствует энергии фотонов рассматриваемого немонаэнергетического фотонного излучения.

Ядерная (планетарная) модель атома - в центре расположено положительное заряженное ядро (диаметр порядка 10^{-15} м); вокруг ядра, подобно планетам солнечной системы, движатся электроны по круговым орбитам.

Ядерная реакция - реакция превращения атомных ядер в результате взаимодействия друг с другом или какими-либо элементарными частицами.

Ядерная реакция деления - реакция деления атомных ядер тяжелых элементов под действием нейтронов.

Ядерные силы - силы, действующие между нуклонами в атомных ядрах и определяющие строение и свойства ядер. Они короткодействующие, их радиус действия 10^{-15} м.

Ядерный реактор - устройство, в котором осуществляется управляемая цепная реакция деления ядер.

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 также, сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Оценка знаний студентов 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 студент 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 также использование на лекциях

звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь.

Оценка знаний студентов на семинарских 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 студент может воспользоваться кратким конспектом лекции.

При невозможности посещения практического занятия студент 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 студент 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:

_____ **Д.С. Самохин,**
доцент отделения ЯФиТ(О) НИЯУ МИФИ,
кандидат технических наук

Рецензент:

_____ **В.В. Коробейников,** д.ф.-м.н., профессор ОЯФиТ
профессор отделения ЯФиТ(О) НИЯУ МИФИ,
доктор физико-математических наук