

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н.Ельцина»

Физико-технологический институт
Кафедра «технической физики»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе

С.Т. Князев

06 2018 г.



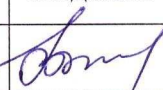
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ФИЗИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ РЕАКТОРОВ

Рекомендована учебно-методическим советом Физико-технологического института
для направлений подготовки и специальностей:

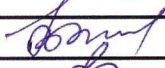
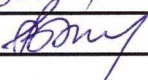
Код ОП	Направление/ Специальность	Направленность (профиль) программы магистратуры/ специализации	Номер учебного плана	Код дисциплины по учебному плану
14.05.01/02.01	Ядерные реакторы и материалы	Общий	5242	Б1.46

Екатеринбург, 2018

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:


№	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Кафедра	Подпись
1	Токманцев В.И.	к.ф.-.м.н.	доцент	технической физики	

Рабочая программа одобрена на заседании кафедр (учебно-методических советов):

№	Наименование кафедры (УМС)	Дата заседания	Номер протокола	ФИО зав. кафедрой (предс. УМС)	Подпись
1	Технической физики	26.04.2018	5	Токманцев В.И.	
2	Технической физики	26.04.2018	5	Токманцев В.И.	

Согласовано:

Начальник отдела проектирования образовательных
программ и организации учебного процесса


Р.Х Токарева

Председатель учебно-методического совета
Физико-технологического института

11.05.2018, протокол № 9


В.В.Зверев



2 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ

Физическая теория реакторов

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с Федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования

Код направления/ специальности	Название направления/ специальности	Реквизиты приказа Министерства образования и науки Российской Федерации об утверждении и вводе в действие ФГОС ВО	
		Дата	Номер приказа
14.05.01	Ядерные реакторы и материалы	03.09.2015	956

1.1. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование компетенций:

Общекультурные компетенции в соответствии с ФГОС ВО

ОК-4

способность использовать основы экономических знаний в различных сферах жизнедеятельности.

Общепрофессиональные компетенции в соответствии с ФГОС ВО

ОПК-2

готовность к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач профессиональной деятельности.

Профессиональные компетенции

Научно-исследовательская деятельность

ПК-5

способность оценить перспективы развития ядерной отрасли, использовать ее современные достижения и передовые технологии в научно-исследовательских работах;

ПК-7

способность оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения;

ПК-8

способность анализировать и оценивать эффективность систем учета, контроля ядерных материалов и безопасности ядерных установок.

Проектная деятельность

ПК-9

способность использовать информационные технологии при разработке новых установок, материалов и приборов, к сбору и анализу информационных исходных данных для проектирования приборов и установок;

ПК-10

готовность к расчету и проектированию деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования;

ПК-13

готовность к проведению предварительного технико-экономического обоснования проектных расчетов установок и приборов;

ПК-14

способность к подготовке исходных данных для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе экономического анализа;

ПК-15

способность провести расчет, концептуальную и проектную проработку современных физических установок, современных систем учета и контроля ядерных материалов, методов обеспечения их защищенности;

ПК-16

готовность применять методы оптимизации, анализа вариантов, поиска решения многокритериальных задач, учета неопределенностей при проектировании ядерных установок и систем учета, контроля.

Экспертная деятельность

ПК-19

способность к анализу технических и расчетно-теоретических разработок, к учету их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам.

Производственно-технологическая деятельность

ПК-20

готовность к организации рабочих мест, их техническому оснащению, размещению технологического оборудования;

ПК-21

способность к контролю за соблюдением технологической дисциплины и обслуживанию технологического оборудования;

ПК-22

готовность к эксплуатации современного физического оборудования и приборов, к освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новых материалов, приборов, установок и систем;

ПК-23

способность к наладке, настройке, регулировке и опытной проверке оборудования и (или) программных средств;

ПК-26

готовность разрабатывать способы применения ядерных установок, нейтронных пучков, методов экспериментальной физики в решении технических и технологических проблем;

ПК-29

способность эксплуатировать, проводить испытания и ремонт современных физических установок;

ПК-30

способность разрабатывать способы проведения ядерно-физических экспериментов и технологий применения современных электронных устройств для целей защиты ядерных материалов;

ПК-31

способность разрабатывать и применять информационные технологии для обеспечения безопасности ядерных установок и материалов.

Организационно-управленческая деятельность

ПК-37

способность осуществлять и анализировать исследовательскую и технологическую деятельность как объект управления;

ПК-38

способность на практике применять знание основных понятий в области интеллектуальной собственности, прав авторов, предприятия-работодателя, патентообладателя, основных положений патентного законодательства и авторского права Российской Федерации;

ПК-39

способность проводить поиск по источникам патентной информации, определять патентную чистоту разрабатываемых объектов, подготавливать первичные материалы к патентованию изобретений, официальной регистрации компьютерных программ и баз данных.

Профессионально-специализированные компетенции
Специализация N 1 "Ядерные реакторы"

ПСК-1.1.

способность проводить анализ данных о свойствах ядер для определения нейтронно-физических свойств материалов и их радиоактивности;

ПСК-1.2.

способность использовать и формировать современные библиотеки ядерных констант, теплофизических данных;

ПСК-1.3.

способность использовать современные методы информационных технологий для обеспечения надежности и безопасности ядерных установок;

ПСК-1.4.

способность использовать современные численные методы и профессиональные расчетные пакеты прикладных программ;

ПСК-1.5.

способность к выполнению работ по стандартизации и подготовке к сертификации компьютерных программных комплексов в области нейтронно-физического и теплогидравлического расчета ЯЭУ;

ПСК-1.6.

способность рассчитывать основные характеристики ядерных реакторов и энергетических установок;

ПСК-1.7.

способность проводить нейтронно-физический и теплогидравлический расчет ядерных установок;

ПСК-1.8.

способность применять современные экспериментальные методы измерений и обработки данных по ядерно-физическим и теплофизическим свойствам материалов; нейтронно-физических и теплогидравлических параметров ядерной установки;

ПСК-1.9.

способность выбирать критерии безопасной работы ядерной установки и оценивать риски при эксплуатации;

ПСК-1.10.

готовность к оценке ядерной и радиационной безопасности при проектировании ЯЭУ, а также средств и методов обеспечения безопасности ЯЭУ;

ПСК-1.11.

способность проводить критический анализ работы существующих ядерных установок и использовать его при проектировании перспективного оборудования;

ПСК-1.12.

готовность использовать современные средства автоматического регулирования, управления и защиты ядерных установок;

ПСК-1.13.

готовность проводить модернизацию существующих установок, разрабатывать и проектировать перспективные физико-энергетические установки;

ПСК-1.14.

способность совершенствовать методы физического и математического моделирования ядерно-физических установок;

ПСК-1.15.

готовность к проведению предварительного технико-экономического анализа разработок

текущих и перспективных ЯЭУ;

ПСК-1.16.

готовность разрабатывать методы применения импульсных и других источников нейтронного излучения, а также методы регистрации нейтронов.

Специализация № 2 "Ядерные материалы: учет, контроль и безопасное обращение"

ПСК-2.1.

способность разрабатывать и применять информационные технологии для обеспечения безопасности ядерных материалов;

ПСК-2.2.

способность использовать современные численные методы и профессиональные расчетные пакеты прикладных программ;

ПСК-2.3.

способность к созданию теоретических и математических моделей, описывающих системы учета, контроля ядерных материалов;

ПСК-2.4.

готовность разрабатывать и применять методы и методики оценки количественных характеристик ядерных материалов;

ПСК-2.5.

способность применять на практике процедуры учета и контроля ядерных материалов;

ПСК-2.6.

способность вырабатывать требования к точности измерений ядерных материалов, осуществлять контроль качества измерений ядерных материалов;

ПСК-2.7.

способность разрабатывать методы защищенности и контроля ядерных материалов и технологий;

ПСК-2.8.

способность оценить риск и определить меры безопасности для новых установок и технологий в области обеспечения безопасности ядерных материалов и ядерного нераспространения;

ПСК-2.9.

способность анализировать и оценивать эффективность систем учета, контроля и безопасности;

ПСК-2.10.

способность проводить расчет, концептуальную и проектную проработку современных систем учета и контроля ядерных материалов;

ПСК-2.11.

готовность применять методы оптимизации, анализа вариантов, учета неопределенностей при проектировании систем учета, контроля при анализе защищенности ядерного топливного цикла;

ПСК-2.12.

способность формулировать технические задания, использовать информационные технологии и пакеты прикладных программ при проектировании и расчете установок и систем учета, контроля ядерных материалов;

ПСК-2.13.

способность разрабатывать способы проведения ядерно-физических экспериментов и технологий применения современных электронных устройств для целей защиты ядерных материалов.

Дополнительные компетенции, согласованные с работодателями

ДПК-3

умение составлять патентные и лицензионные паспорта заявок на изобретения и

промышленные образцы;

ДПК-4

умение проектировать и оптимизировать технологические процессы и оборудование;

ДПК-5

умение рассчитывать экономическую эффективность проектируемых изделий и технологических процессов;

ДПК-6

владение основами конструирования;

ДПК-7

способность планирования безаварийного проведения экспериментальных исследований вновь вводимых технологических регламентов и технических условий эксплуатации оборудования;

ДПК-8

способность ориентироваться в нестандартных и аварийных ситуациях;

ДПК-10

способность оценки пределов допустимых отклонений в регламентах технологических процессов и надежности состояния оборудования;

ДПК-12

умение управлять технологическими процессами;

ДПК-13

умение разрабатывать методы технического контроля и испытания продукции;

ДПК-14

умение составлять планы размещения оборудования, технического оснащения и организации рабочих мест, рассчитывать производственные мощности и загрузку оборудования;

ДПК-15

умение экономического планирования производства.

1.2. Содержание результатов обучения

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать основные понятия, связанные с нейтронной физикой и теорией ядерных реакторов, главные особенности поведения реакторов различных конструкций.

Уметь проводить расчеты гомогенных реакторов простых геометрий.

Владеть базовыми моделями процессов и явлений, связанных с эксплуатацией ядерных энергетических установок.

1.3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

1. Пререквизиты	<ul style="list-style-type: none">• Дифференциальное и интегральное исчисления;• Дифференциальные уравнения;• Атомная физика;• Ядерная и нейтронная физика;• Статистическая физика;
2. Кореквизиты*	<ul style="list-style-type: none">• Теория переноса нейтронов• Специальные материалы и защищенность ядерно-топливного цикла
3. Постреквизиты*	<ul style="list-style-type: none">• Основы учета, контроля и физической защиты ядерных реакторов и материалов• Динамика ядерных реакторов, критерии безопасности и оценка рисков

1.4. Объем (трудоемкость) дисциплины

№ п/п	Виды учебной работы, формы контроля	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)	
		Всего, час.	В т.ч. контактная работа (час.)*	8	9
1.	Аудиторные занятия, час.	102	102	68	34
2.	Лекции, час.	68	68	68	0
3.	Практические занятия, час.	34	34	0	34
4.	Лабораторные работы, час.	0	0	0	0
5.	Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации, час.	56	15.3	22	34
6.	Вид промежуточной аттестации	22	2.58	Экзамен, 18	Зачет, 4
7.	Общая трудоемкость по учебному плану, час.	180	119.9	108	72
8.	Общая трудоемкость по учебному плану, з.е.	5	-	3	2

*Контактная работа составляет:

в п/п 2,3,4 - количество часов, равное объему соответствующего вида занятий;

в п.5 – количество часов, равное сумме объема времени, выделенного преподавателю на консультации в группе (15% от объема аудиторных занятий) и объема времени, выделенного преподавателю на руководство курсовой работой/проектом одного студента, если она предусмотрена.

в п.6 – количество часов, равное сумме объема времени, выделенного преподавателю на проведение соответствующего вида промежуточной аттестации одного студента и объема времени, выделенного в рамках дисциплины на руководство проектом по модулю (если он предусмотрен) одного студента.

1.5. Краткое описание (аннотация) дисциплины

Цель преподавания курса заключается в освоении студентами основных понятий теории ядерных реакторов, процессов, происходящих в них и описания этих процессов уравнениями в диффузионном приближении. Задачи изучения дисциплины:

- приобретение знаний об основных характеристиках процессов взаимодействия нейтронов с ядрами среды, способах описания поведения нейтронного поля;
- изучение понятий, связанных с процессами замедления и диффузии нейтронов в среде делящимися ядрами;
- формирование представлений об энергетике процесса деления ядер, кинетике взаимодействия и явлениях, ограничивающих стационарный режим работы реактора;
- ознакомление с основами приближенного метода расчета реакторов простых геометрий гомогенного состава.

3 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела	Раздел дисциплины	Содержание*
-------------	-------------------	-------------

P1	Введение. Основные понятия теории ядерных реакторов	<p>Производство энергии. Источники энергии. Запасы органического топлива, ресурсы по реакциям деления и синтеза. Перспективы развития ядерной энергетики.</p> <p>Определение и простейшая реализация ядерного реактора. Вероятность избежать утечки. Типичные реакции ($U + n$), выход и энергия нейтронов, эффективный коэффициент размножения, режимы реактора. Условия работы реактора, деление и конвертирование ядер изотопов урана и тория. Коэффициент воспроизводства. Классификация реакторов: по энергии нейтронов, по назначению, по ядерному горючему, по структуре активной зоны, по теплоносителю, по отражателю, по замедлителю. Схема реактора.</p>
P2	Ядерные процессы в реакторах. Нейтронные поперечные сечения. Нейтронные реакции	<p>Механизм ядерных реакций, каналы реакций, ядерные уровни энергий, спектры для ядер различной массы, ширина уровня. Резонансное поглощение, формула Брэйта-Вигнера для зависимости сечений взаимодействия от энергии нейтронов. Неупругое рассеяние, резонансное и потенциальное упругое рассеяние. Замедление нейтронов, тепловое равновесие, требование к материалу замедлителя.</p> <p>Определение сечения, плотность тока нейтронов. Полное сечение; сечения: упругого и неупругого рассеяния, поглощения, деления, увода, полное замедления, интегральное радиационного захвата (индексы сечений: total, scattering, elastic, inelastic, absorption, fracture, capture, radiation). Ослабление тока нейтронов, макросечения взаимодействия, аддитивность, длина свободного пробега.</p> <p>Выход реакций. Поток нейтронов. Основные свойства реакций деления, осколки деления. Мгновенные и запаздывающие нейтроны. Спектр нейтронов деления. Схема типичного распада с запаздывающими нейтронами (Kr^{87}). Механизм деления ядер, критическая энергия и энергия связи, пороговая энергия деления. Продукты деления. Баланс освобождающейся энергии. Условия стационарной реакции деления. Цепная реакция деления (ЦР). Коэффициент размножения K_{∞} реактора бесконечных размеров. Коэффициент размножения на быстрых нейтронах (БН). Вероятность избежать резонансного захвата. Коэффициент теплового использования. Формула четырех сомножителей. Обогащение топлива для поддержания ЦР. Примеры сечений для C^{12}, B^{10}, U^{235}, U^{238}. Возможность расширенного воспроизводства делящихся изотопов. Бридеры. Коэффициент воспроизводства для различных типов реакторов.</p>
P3	Модели рассеяния и спектры нейтронов.	Утечка нейтронов. Схема баланса нейтронов в реакторе на тепловых нейтронах (ТН) конечных

	<p>Диффузия нейтронов</p>	<p>размеров. Действие запаздывающих нейтронов. Распределение нейтронов в реакторе. Граничное условие. Замедление в бесконечных средах, основные процессы. Упругое рассеяние. Вероятность приобретения энергии в некотором интервале dE. Средний косинус угла рассеяния. Логарифмический декремент энергии. Коэффициент замедления. Летаргия. Энергетический спектр замедляемых нейтронов. Замедление в водороде без поглощения. Спектр Ферми. Плотность замедления. Замедление без поглощения в неводородных средах, модель непрерывного замедления. Примеры реальных спектров в реакторах на ТН и БН. Замедление в бесконечных средах при наличии поглощения, вероятность избежать резонансного захвата в водородных средах и средах с массовыми числами $A > 1$. Эффективный резонансный интеграл. Эффект Доплера, уширение пиков макросечений.</p> <p>Плотность тока нейтронов. Закон Фика. Коэффициент диффузии, транспортное сечение рассеяния. Уравнение диффузии. Граничные условия, экстраполированная граница. Точечный источник в бесконечной среде. Бесконечный плоский источник. Длина диффузии. Альбеда, таблица значений для H_2O, D_2O, Be, C. Реактор без отражателя в одноструйном приближении. Материальный и геометрический параметры. Теория возраста. Уравнение диффузии с учетом замедления, уравнение возраста. Точечный источник БН в бесконечной среде. Физический смысл возраста. Время диффузии и время замедления. Гомогенный реактор без отражателя на ТН. Система уравнений диффузии и возраста. Собственные значения и собственные функции. Волновое уравнение. Условие критичности (B_G и B_M). Вероятность избежать утечки. Геометрические параметры шаровидного и цилиндрического реакторов.</p>
<p>P4</p>	<p>Критический размер и управление реактором. Изменение состава горючего и реактивности</p>	<p>Оценка критических размеров ядерных реакторов. Большие реакторы. Площадь миграции. Экспериментальное определение критических размеров. Гомогенный реактор с отражателем, свойства отражателя, распределение нейтронов в реакторе с отражателем и его критические размеры (решение для пластины). Эффективная добавка отражателя. Временной режим реактора без отражателя на ТН. Период реактора. Уравнение диффузии с учетом запаздывающих нейтронов. Реактивность. Анализ решения. Малые и большие реактивности. Вес. Управление реактором. Нарушение нейтронного баланса. Классификация регулирующих стержней (компенсирующие, РР, АР, АЗ). Вес стержня в цилиндрическом реакторе при слабом возмущении,</p>

		<p>влияние стержня на утечку.</p> <p>Изменение изотопического состава ядерного горючего. Отравление реактора продуктами деления. Стационарная плотность ядер Xe^{135}. Величина отравления. Накопление ксенона после останова реактора. Иодная яма. Зашлаковывание, потери в шлаках, коэффициент выгорания, группы шлаков. Последовательное поглощение нейтронов ($\text{Sm} \rightarrow \text{Eu}$), сумма потерь в шлаках. Изменение реактивности при выгорании горючего и его воспроизводстве. КВ для природного состава урана. Глубина выгорания топлива. Условия осуществления ядерного взрыва. Нейтронная бомба. Температурный коэффициент реактивности. Изменение реактивности по мере выгорания топлива. Теория возмущений в эффективном одnogрупповом приближении. Коэффициент квадратичного усреднения. Эффективность регулятора от глубины погружения.</p>
P5	Гетерогенные ядерные реакторы	<p>Особенности гетерогенных систем. Главные эффекты размещения урана в виде блоков (блок-эффекты). Вычисление коэффициента размножения для гетерогенных систем: коэффициент теплового использования, коэффициент проигрыша, коэффициент размножения на БН, вероятность избежать резонансного захвата. Особенности реактора на БН. Энергонапряженность: (ВВЭР, ВВРК, ГГР, РБМК, БН, жидкотопливные). Тепловыделение. Действие облучения на материалы реактора. Радиационный рост урана. Распухание урана при облучении. Коэффициенты радиационного роста и распухания. Структурирование топлива для снижения указанных эффектов. Топливо ядерных реакторов. Расширенное воспроизводство, время удвоения. Электро-ядерный бридинг. Переработка ТВЭЛов (химический способ, электрохимический – хлоридный и фторидный). Флюенс. Плутониевое накопление.</p>

4 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ (по формам обучения)

3.1. Распределение для изучаемой дисциплины аудиторной нагрузки и контрольных мероприятий по разделам для очной формы обучения

5 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1. Лабораторный практикум

Не предусмотрен.

4.2. Практические занятия

Код раздела, темы	Тема занятия	Время на проведение занятия (час.)
P2	Нейтронные поперечные сечения. Нейтронные реакции	10
P3	Спектры нейтронов. Диффузия нейтронов	10
P4	Критический размер и управление реактором	10
P5	Гетерогенные ядерные реакторы	4

Всего: 34

4.3. Самостоятельная работа студентов

4.3.1. Примерный перечень тем домашних работ

Не предусмотрено.

4.3.2. Примерный перечень тем графических работ

Не предусмотрено.

4.3.3. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

Не предусмотрено.

4.3.4. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

Не предусмотрено.

4.3.5. Примерный перечень тем расчетных работ (программных продуктов)

Не предусмотрено.

4.3.6. Примерный перечень тем расчетно-графических работ

Не предусмотрено.

4.3.7. Примерная тематика курсового проекта (работы) (индивидуального или группового)

Тема работы:

Расчет критических параметров гомогенного реактора методом Шихова-Новожилова.

Состав активной зоны:

графит и уран с отношением чисел ядер $^{235}\text{U}/(^{235}\text{U}+^{238}\text{U})=0.15$.

Состав отражателя: торий.

Содержание работы:

1. Произвести «вручную» расчет критического размера и критической массы сферического реактора без отражателя по 9-групповой системе констант в нулевом приближении.
2. С помощью программы MSN проанализировать зависимость критического размера, критической массы и КВ от отношения числа ядер С к числу ядер горючего ($^{235}\text{U}+^{238}\text{U}$) в единице объема.
3. Написать отчет с кратким изложением теории метода и результатов расчета. На листах формата А1 изобразить:
 - 3.1. гистограммы потоков и ценностей в активной зоне, вычисленные по 9-групповым константам;
 - 3.2. для этого же состава гистограммы потоков и ценностей в активной зоне и отражателе, вычисленные по программе MSN;
 - 3.3. графики зависимостей, рассчитанных согласно п.2 задания.

4.3.8. *Примерный перечень тем контрольных работ*

Не предусмотрено.

4.3.9. *Примерная тематика коллоквиумов*

Не предусмотрено.

4.3.10. *Перевод иноязычной литературы*

Не предусмотрено.

5. СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ МЕТОДОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

Код раздела, темы дисциплины	Активные и интерактивные методы обучения	Формы учебных занятий и виды учебной работы										
		Лекция	Практич., семинар, занятие	Лабораторное занятие	Н/и семинар, семинар-конференция, коллоквиум	Домашняя работа	Графическая работа	Реферат, эссе, творч. работа	Расчетная работа (программный продукт)	Расчетно-графич. работа	Курс. проект (работа)	Контрольная работа
P1	Методы активного обучения											
	Обучение на основе опыта (кейс-анализ, case-study)	x										
P2	Методы активного обучения											
	Проектная работа	x										
P3	Методы активного обучения											
	Обучение на основе опыта (кейс-анализ, case-study)	x										
P4	Методы активного обучения											
	Обучение на основе опыта (кейс-анализ, case-study)	x										
P5	Методы активного обучения											
	Обучение на основе опыта (кейс-анализ, case-study)	x										

6 ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ В РАМКАХ БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЫ

6.1. **Весовой коэффициент значимости модуля (дисциплины) в рамках учебного плана – k дисц.**

1.0

В том числе, коэффициент значимости курсовых работ/проектов – k курс = 1.0.

6.2. **Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине**

1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 1,0		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Посещение лекций	8, 1-18 уч.нед.	100
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0,4		

Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0,6		
2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 1,0		
Текущая аттестация на практических занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Посещение практических занятий</i>	9, 1-18 уч.нед.	100
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 0,4		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – зачёт		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – 0,6		
3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – не предусмотрено		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
	–	–
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям – нет		
Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям – нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – нет		

6.3. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта (перечислить возможные контрольно-оценочные мероприятия во время выполнения курсовой работы)	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Поиск и анализ источников</i>	9, 1-4 уч.нед.	25
<i>Проектирование</i>	9, 5-14 уч.нед.	50
<i>Формирование содержания курсовой работы</i>	9, 15-18 уч.нед.	25
Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта – к тек.курс.= 0.4		
Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта – защиты – к пром.курс.= 0.6		

6.4. Коэффициент значимости семестровых результатов освоения модуля (дисциплины)

Порядковый номер семестра (по учебному плану), в котором осваивается модуль (дисциплина)	Коэффициент значимости результатов освоения модуля в семестре – к сем. п
<i>Семестр 8</i>	<i>к сем. 8 = 1.0</i>
<i>Семестр 9</i>	<i>к сем. 9 = 1.0</i>

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

1. Физическое материаловедение : в 7 томах : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению "Ядерная физика и технологии" / Нац. исслед. ядер. ун-т "МИФИ" ; под ред. Б. А. Калина .— Изд. 2-е , перераб. — Москва: НИЯУ МИФИ, 2012 .— ISBN 978-5-7262-1793-2. Т. 7: Ядерные топливные материалы / [В. Г. Баранов и др.] .— 2012 .— 640 с. : ил. — Библиогр.: с. 633 (17 назв.) .— Предм. указ.: с. 634-640 .— ISBN 978-5-7262-1818-2. 20 экз

7.1.2. Дополнительная литература

1. Климов, А. Н. Ядерная физика и ядерные реакторы : Учеб. для инж.-физ. спец. вузов .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Энергоатомиздат, 1985 .— 350 с. — допущено в качестве учебника .— 1.20. 22 экз
2. Бать, Г. А. Исследовательские ядерные реакторы : Учеб. пособие / Г. А. Бать, А. С. Коченев, Л. П. Кабанов .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Энергоатомиздат, 1985 .— 278 с. — допущено в качестве учебного пособия .— 1.00. 11 экз
3. Дементьев, Б. А. Кинетика и регулирование ядерных реакторов : Учеб. пособие для вузов / Б. А. Дементьев .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Энергоатомиздат, 1986 .— 271 с. — допущено в качестве учебного пособия .— 1.00. 13 экз

7.1.3. Методические разработки

1. **Купряжкин, А. Я.** Компьютерное моделирование процессов массопереноса в реакторных материалах / Купряжкин А.Я. — УМК .— 2007 .— .— в корпоративной сети УрФУ .— <URL:http://study.urfu.ru/view/Aid_view.aspx?AidId=6372>.

2. **Купряжкин, А. Я.** Физическое и математическое моделирование / Купряжкин А.Я., Некрасов К.А. — УМК .— 2008 .— Отличительные характеристики ЭОР: Направленность на высокоскоростное (на два порядка превышающее производительность обычных процессоров) моделирование реакторных материалов на ПЭВМ с помощью графических процессоров, использование опыта и оригинальных разработок авторов, являющихся ведущими специалистами в области программирования с помощью графических процессоров, моделирования процессов массопереноса в реакторных материалах. Аналоги ЭОР такого вида отсутствуют. — в корпоративной сети УрФУ .— <URL:http://study.urfu.ru/view/Aid_view.aspx?AidId=8254>.

7.2. Программное обеспечение

NVIDIA CUDA версии 2.0 и выше, Microsoft Visual C++ Express версии 2005 и выше, Microsoft Visual C# Express версии 2005 и выше.

Программа MSN для применения метода Шихова-Новожилова.

7.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», информационно-справочные и поисковые системы

- 1.
2. <http://window.edu.ru/library> Электронная библиотека Федерального портала по российскому образованию.
3. <http://www.bibliorossica.com>. Тестовый доступ к ресурсам библиотеки «БиблиоРоссика» от американского издательства Academic Studies Press (Бостон, США).
4. <http://lib2.urfu.ru/rus/news/> Зональная научная библиотека УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина.
5. <http://www.informika.ru/projects/infotech/window/> Федеральный портал «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»
6. <http://www.valley.ru/-nicr/listrum.htm> Список библиотек, доступных в Интернет и входящих в проект «Либнет».
7. <http://elementy.ru/law/vuz.htm> Научно-популярный проект «Элементы»
8. <http://atomicexpert.com> Журнал «Атомный эксперт», электронный ресурс
- 9.

7.4. Электронные образовательные ресурсы

не используются

7.5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Для преподавателя:

Особое внимание обращать на физический смысл вводимых понятий, особенно на сечения взаимодействия и связанные с ними качественные особенности поведения реактора при наличии или отсутствия замедлителя (в зависимости от типа реактора). Тщательнее анализировать решения уравнений диффузии для конкретных форм реактора.

Для студентов:

Повторить разделы математических дисциплин, связанных с изучением интегро-дифференциальных уравнений. Хорошо знать на память примеры спектров деления, захвата и рассеяния для основных реакторных материалов. При защите курсовой работы знать качественные особенности гистограмм потоков и ценностей в обеих зонах реактора.

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

8.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ В РАМКАХ БРС

В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений студентов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания, как и при проведении промежуточной аттестации по модулю, опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
Знания	Студент демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Студент демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
Умения	Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из	Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных	Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений

	числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	(технологий)
Личностные качества	Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

8.2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ

При проведении независимого тестового контроля как формы промежуточной аттестации применяется методика оценивания результатов, предлагаемая разработчиками тестов. Процентные показатели результатов независимого тестового контроля переводятся в баллы промежуточной аттестации по 100-балльной шкале в БРС:

- в случае балльной оценки по тесту (блокам, частям теста) переводится процент набранных баллов от общего числа возможных баллов по тесту;
- при отсутствии балльной оценки по тесту переводится процент верно выполненных заданий теста, от общего числа заданий.

8.3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.3.1. Примерные задания для проведения мини-контрольных в рамках учебных занятий

Не предусмотрено.

8.3.2. Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий

Не предусмотрено.

8.3.3. Примерные контрольные кейсы

Не предусмотрено.

8.3.4. Перечень примерных вопросов для зачета

1. Основные параметры ядерных реакций (ν , η , ρ , ϵ , f). Условие незатухающей ядерной реакции.
2. Резонансное поглощение нейтронов. Формула Брейта-Вигнера.
3. Поперечные сечения взаимодействия нейтронов с ядрами. Макросечения взаимодействия. Ослабление потока нейтронов в веществе.
4. Коэффициент воспроизводства. Классификация реакторов (энергии нейтронов, назначение, обогащение, теплоноситель, отражатель, замедлитель).
5. Спектр нейтронов деления. Мгновенные и запаздывающие нейтроны. Продукты деления. Энергия, выделяющаяся при делении ядра.
6. Выход нейтронных реакций. Нейтронный поток.
7. Коэффициент размножения реактора бесконечных размеров. Формула 4-х сомножителей.
8. Упругое рассеяние нейтронов. Замедление в водороде без поглощения.
9. Блок-эффекты в гетерогенных реакторах.
10. Модель непрерывного замедления. Замедление нейтронов в неводородных средах без поглощения.

11. Температурный коэффициент реактивности.
12. Логарифмический декремент энергии. Летаргия.
13. Классификация поглощающих стержней. Реактивность (вес) стержня в цилиндрическом реакторе.
14. Замедление в водороде без поглощения. Плотность столкновений. Спектр Ферми.
15. Уравнение диффузии с учетом запаздывающих нейтронов. Связь между периодом реактора и реактивностью.
16. Плотность замедления. Замедление без поглощения в неводородных средах.
17. Критические размеры гомогенного реактора с отражателем. Эффективная добавка отражателя.
18. Теория возраста нейтронов.
19. Характерные времена замедления и диффузии нейтронов в реакторе.

8.3.5. Перечень примерных вопросов для экзамена

1. Основные параметры ядерных реакций (ν , η , ρ , ϵ , f). Условие незатухающей ядерной реакции.
2. Резонансное поглощение нейтронов. Формула Брейта-Вигнера.
3. Поперечные сечения взаимодействия нейтронов с ядрами. Макросечения взаимодействия. Ослабление потока нейтронов в веществе.
4. Коэффициент воспроизводства. Классификация реакторов (энергии нейтронов, назначение, обогащение, теплоноситель, отражатель, замедлитель).
5. Спектр нейтронов деления. Мгновенные и запаздывающие нейтроны. Продукты деления. Энергия, выделяющаяся при делении ядра.
6. Выход нейтронных реакций. Нейтронный поток.
7. Коэффициент размножения реактора бесконечных размеров. Формула 4-х сомножителей.
8. Упругое рассеяние нейтронов. Замедление в водороде без поглощения.
9. Блок-эффекты в гетерогенных реакторах.
10. Модель непрерывного замедления. Замедление нейтронов в неводородных средах без поглощения.
11. Температурный коэффициент реактивности.
12. Логарифмический декремент энергии. Летаргия.
13. Классификация поглощающих стержней. Реактивность (вес) стержня в цилиндрическом реакторе.
14. Замедление в водороде без поглощения. Плотность столкновений. Спектр Ферми.
15. Уравнение диффузии с учетом запаздывающих нейтронов. Связь между периодом реактора и реактивностью.
16. Плотность замедления. Замедление без поглощения в неводородных средах.
17. Критические размеры гомогенного реактора с отражателем. Эффективная добавка отражателя.
18. Теория возраста нейтронов.
19. Характерные времена замедления и диффузии нейтронов в реакторе.

8.3.6. Ресурсы АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ для проведения тестового контроля в рамках текущей и промежуточной аттестации

Не используются.

8.3.7. Ресурсы ФЭПО для проведения независимого тестового контроля

Не используются.

8.3.8. Интернет-тренажеры

Не используются.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Сведения об оснащенности дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

Лекционные и практические занятия проводятся в аудитории, оснащенной проектором с использованием мобильного компьютера (Ф112). Практические занятия также проводятся в компьютерном классе (Ф114) с установленным программным обеспечением п.9.3 и числом рабочих мест соответствующим числу студентов в группе (один компьютер на двух обучающихся).

**9. ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ В РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ
ДИСЦИПЛИНЫ**

Номер листа изменений	Номер протокола заседания кафедры	Дата заседания кафедры	Всего листов в документе	Подпись ответственного за внесение изменений