

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЯТШ

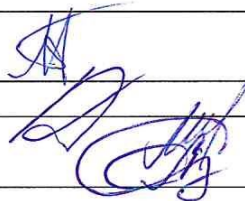
Долматов О.Ю.

« 25 » 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2019 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

ФИЗИКА ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА

Направление подготовки/ специальность	14.04.02 Ядерные физика и технологии		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Nuclear Science and Technology / Ядерные физика и технологии		
Специализация	Nuclear Power Engineering / Ядерные реакторы и энергетические установки		
Уровень образования	высшее образование - магистратура		
Курс	1	семестр	2
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	16	
	Практические занятия	16	
	Лабораторные занятия	16	
	ВСЕГО	48	
Самостоятельная работа, ч		60	
ИТОГО, ч		108	

Вид промежуточной аттестации	Экзамен	Обеспечивающее подразделение	ОЯТЦ ИЯТШ
Зав. кафедрой-руководитель ОЯТЦ на правах кафедры			А.Г. Горюнов
Руководитель ООП			В.В. Верхотурова
Преподаватель			М.С. Кузнецов А.О. Семенов

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5.4 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	И.УК(У)-4.3	Организует обсуждение результатов исследовательской и проектной деятельности на различных публичных мероприятиях на иностранном языке (английском), выбирая подходящий формат	УК(У)-4.3В1	Владеет полученными знаниями по иностранному языку (английскому) на достаточном уровне в своей будущей профессиональной деятельности
				УК(У)-4.3У1	Умеет воспринимать на слух аутентичные аудио- и видео материалы, связанные с направлением подготовки
				УК(У)-4.3З1	Знает основы структурирования доклада и подготовки презентаций на иностранном языке (английском), принятых в международной среде
ПК(У)-5	Способен использовать фундаментальные законы в области физики атомного ядра и частиц, ядерных реакторов, конденсированного состояния вещества, экологии в объеме, достаточном для самостоятельного комбинирования и синтеза реальных идей, творческого самовыражения	И.ПК(У)-5.1	Использует теоретические знания и умения в области физики атомного ядра и частиц, ядерных реакторов, конденсированного состояния вещества, экологии для самостоятельного комбинирования и синтеза реальных идей, творческого самовыражения	ПК(У)-5.1В2	Владеет опытом расчета распределений нейтронов, удельного энерговыделения в ядерных реакторах различной формы и типа, эффективности стержней управления и защиты
				ПК(У)-5.1У2	Уметь рассчитывать функции распределения нейтронов, коэффициент неравномерности потоков в ядерном реакторе
				ПК(У)-5.1З2	Знает закономерности формирования пространственно-энергетического распределения нейтронов и удельного энерговыделения в активной зоне ядерного реактора
ПК(У)-10	Способен формулировать технические задания, использовать информационные технологии, стандартные средства автоматизации проектирования и пакеты прикладных программ при проектировании и расчете физических установок, материалов и приборов, использовать знания методов анализа эколого-экономической эффективности при проектировании и реализации проектов	И.ПК(У)-10.4	Проектирует ядерные установки на основе применения методов оптимизации, анализа вариантов, поиска решения многокритериальных задач и учета неопределенностей	ПК(У)-10.4В2	Владеет опытом проведения поисковых исследований оптимальной конструкции ядерного реактора с учетом его материальных и геометрических особенностей, целевого назначения и особенностей эксплуатации
				ПК(У)-10.4У2	Умеет рассчитывать основные нейтронно-физические характеристики ядерных реакторов Знает методы расчета и моделирования нейтронного цикла в ядерном реакторе, эффективного коэффициента размножения нейтронов, условия критичности, основы теории решетки
				ПК(У)-10.4З2	Знает методы расчета и моделирования нейтронного цикла в ядерном реакторе, эффективного коэффициента размножения нейтронов, условия критичности, основы теории решетки

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД 1	Применять знания математического аппарата для описания и исследования основных процессов взаимодействия и распространения нейтронов в ядерных реакторах.	И.УК(У)-4.3 И.ПК(У)-5.1 И.ПК(У)-10.4
РД 2	Анализировать зависимости нейтронно-физических характеристик ядерного реактора от параметров, определяющих состав, структуру и физическое состояние активной зоны.	И.УК(У)-4.3 И.ПК(У)-5.1 И.ПК(У)-10.4
РД 3	Применять экспериментальные методы определения критических параметров ядерных реакторов с корректной обработкой и интерпретацией полученных данных.	И.УК(У)-4.3 И.ПК(У)-5.1 И.ПК(У)-10.4

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел 1. Взаимодействия нейтронов с веществом	РД1	Лекции	2
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	0
		Самостоятельная работа	10
Раздел 2. Диффузия моноэнергетических нейтронов	РД1	Лекции	2
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	10
Раздел 3. Замедление нейтронов в бесконечных средах	РД1	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	10
Раздел 4. Пространственно-энергетическое распределение нейтронов	РД 1 РД 2	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	10
Раздел 5. Теория критических размеров	РД 1 РД 2 РД 3	Лекции	4
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	10
Раздел 6. Теория решетки	РД 1 РД 2 РД 3	Лекции	4
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	0
		Самостоятельная работа	10

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Взаимодействия нейтронов с веществом

Свойства нейтронов. Микро– и макроскопические сечения взаимодействия нейтронов с ядрами. Классификация ядерных реакций под действием нейтронов. Взаимодействие быстрых, резонансных и тепловых нейтронов с ядрами. распределение резонансных и тепловых нейтронов по энергиям. Эффект Доплера.

Темы лекционных занятий:

1. Свойства нейтронов. Взаимодействие нейтронов с ядрами. Дифференциальные и интегральные параметры нейтронных полей. Методы описания пространственно – энергетических распределений нейтронов. Особенности уравнений переноса. Интегральное уравнение.

Темы практических занятий:

1. Свойства нейтронов; взаимодействие быстрых и резонансных нейтронов с ядрами, взаимодействие тепловых нейтронов с ядрами
2. Параметры нейтронных полей и скорость взаимодействия нейтронов с ядрами

Раздел 2. Диффузия моноэнергетических нейтронов

Понятие о диффузии нейтронов. Плотность потока нейтронов. Скорость взаимодействия. Характерные длины пробега нейтронов. Плотность тока нейтронов. Уравнение диффузии. Граничные условия на границах двух сред и среды с вакуумом. Условия применимости диффузионного приближения. Интегральное уравнение для потока моноэнергетических нейтронов. Скорость взаимодействия в случае немоноэнергетических нейтронов. Длина диффузии. Время диффузии нейтрона в среде.

Темы лекционных занятий:

2. Общая характеристика диффузионных процессов. Основные понятия диффузионного приближения и соотношения между ними. Транспортные диффузионные параметры. Уравнение диффузии нейтронов. Условие применимости уравнения диффузии. Граничные условия. Длина диффузии.

Темы практических занятий:

3. Основные параметры теории диффузии. Решение уравнения диффузии. Граничные условия
4. Расчет диффузионных параметров реакторных материалов.

Названия лабораторных работ:

1. Определение коэффициента диффузионного отражения тепловых нейтронов от парафина.

Раздел 3. Замедление нейтронов в бесконечных средах

Рассеяние в лабораторной системе координат. Ступенька замедления. Закон рассеяния. Средняя логарифмическая потеря энергии при одном столкновении. Понятие летаргии. Энергетическое распределение замедляющихся нейтронов в бесконечных однородных средах. Замедление на водороде без поглощения и с поглощением. Вероятность избежать поглощения при замедлении. Замедление на тяжелых рассеивателях без поглощения и с поглощением. Эффективный резонансный интеграл поглощения.

Темы лекционных занятий:

3. Модель замедления. Закон рассеяния нейтронов. Потери энергии при рассеянии. Эффективный резонансный интеграл.

Темы практических занятий:

5. Параметры замедления нейтронов.

Названия лабораторных работ:

2. Распределение плотностей тока и потока тепловых нейтронов в замедляющей среде с использованием газонаполненного детектора

Раздел 4. Пространственно-энергетическое распределение нейтронов

Модель непрерывного замедления. Уравнение возраста. Уравнение замедления в возрастном приближении. Возраст нейтронов. Площадь миграции нейтронов. Многогрупповое приближение. Групповые диффузионные уравнения. Термализация нейтронов. Температура нейтронного газа.

Темы лекционных занятий:

4. Уравнение возраста. Уравнение замедления в возрастном приближении. Возраст нейтронов.

Темы практических занятий:

6. Подготовка многогрупповых констант. Решение многогрупповых уравнений.

Названия лабораторных работ:

3. Определение длины диффузии нейтронов в графите

Раздел 5. Теория критических размеров

Физическая классификация ядерных реакторов. Коэффициент размножения. Возможные представления цикла размножения нейтронов. Эффективный коэффициент размножения. Гомогенный реактор без отражателя. Уравнение реактора в диффузионно-возрастном приближении. Материальный параметр. Условие критичности реактора в диффузионно-возрастном приближении. Одногрупповое приближение. Геометрический параметр и распределение потока нейтронов по объему реактора. Гомогенный реактор с отражателем в одногрупповом и двухгрупповом приближении. Эффективная добавка. Многозонный реактор. Условие критичности двухзонного реактора с отражателем в одногрупповом приближении.

Темы лекционных занятий:

5. Эффективный коэффициент размножения в диффузионно-возрастном приближении. Анализ условия критичности. Материальный и геометрический параметры.
6. Расчет в одногрупповом диффузионном приближении реакторов различной формы. Роль отражателя. Реакторы различной формы в одногрупповом диффузионном приближении с отражателем. Эффективная добавка за счет отражателя.

Темы практических занятий:

7. Расчет параметров гомогенного реактора. Коэффициент неравномерности нейтронного потока в гомогенном реакторе с отражателем и без него.

Названия лабораторных работ:

4. Метод экспоненциальной призмы

Раздел 6. Теория решеток

Физические особенности гетерогенного реактора. Классификация реакторных решеток. Основные предположения в теории решетки. Расчет коэффициентов формулы

четырёх сомножителей в разреженных и тесных решетках. Расчет длин диффузии и замедления в различных решетках. Зависимость материального параметра от отношения объемов замедлителя и топлива. Выбор оптимального варианта решетки.

Темы лекционных занятий:

7. Преимущества и недостатки гетерогенных систем. Типы решеток и их экспериментальное изучение. Коэффициент использования тепловых нейтронов.
8. Вероятность избежать резонансного захвата. Размножение на быстрых нейтронах. Расчет гетерогенного реактора методом гомогенизации. Выбор оптимальных параметров при расчете реактора. Экспериментальное определение критических параметров.

Темы практических занятий:

8. Особенности расчета параметров гетерогенных ядерных реакторов

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Выполнение домашних заданий, расчетно-графических работ и домашних контрольных работ;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература:

1. Marguet, S. The Physics of Nuclear Reactors / S. Marguet. — Cham : Springer International Publishing AG, 2017. — 1445 p. — Текст: электронный // SpringerLink. — URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-59560-3> (дата обращения: 20.09.2020). — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.
2. Yoshiaki, O. Nuclear Reactor Design / O. Yoshiaki. - New York : Springer, 2014. - 337 p. - Текст: электронный // SpringerLink. — URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-4-431-54898-0> (дата обращения: 20.09.2020). — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.
3. Oka Y. Nuclear Reactor Design / Y. Oka. — Tokyo : Springer, 2014. — 327 p. — Текст: электронный // SpringerLink. — URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-4-431-54898-0> (дата обращения: 20.09.2020). — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

Дополнительная литература:

1. Shimjith, S. R. Modeling and control of a large nuclear reactor / S. R. Shimjith, A. P. Tiwari, B. Bandyopadhyay. — New York : Springer, 2010. — 327 p. - Текст: электронный // SpringerLink. — URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-30589-4> (дата обращения: 20.09.2020). — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>.
2. Электронно-библиотечная система «Юрайт» - <https://urait.ru/>.
3. Росатом, Госкорпорация (полный цикл в сфере атомной энергетики и промышленности, Москва) <http://www.rosatom.ru/>
4. Концерн Росэнергоатом, ОАО (компания, эксплуатирующая АЭС России, Москва) <http://www.rosenergoatom.ru/>
5. The official website of the engineering division of Rosatom State Corporation: <https://www.ase-ec.ru/en/products-and-services/design-of-npp/>
6. Институт атомной энергии <http://www.iae.kz/index.php/ru/the-community>
7. Информационно-аналитический портал для специалистов атомной отрасли) <http://www.nuclear.ru/>
8. The International Atomic Energy Agency <https://www.iaea.org/>
9. Электронный курс на платформе LMS Moodle: “Nuclear Reactor Physics Basics” <https://ru.coursera.org/learn/nuclear-reactor-physics-basics>
10. Электронный курс на платформе LMS Moodle: “Neutron Science and Reactor Physics” <https://ocw.mit.edu/courses/nuclear-engineering/22-05-neutron-science-and-reactor-physics-fall-2009/index.htm>
11. Reactor Physics <https://www.reactor-physics.com/>

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

1. 7-Zip;
2. Adobe Acrobat Reader DC;
3. Adobe Flash Player;
4. Amazon Corretto JRE 8;
5. Cisco Webex Meetings;
6. Far Manager;
7. Google Chrome;
8. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic;
9. Notepad++;
10. WinDjView;
11. Zoom Zoom;
12. Design Science MathType 6.9 Lite;
13. Document Foundation LibreOffice;
14. Mozilla Firefox ESR;
15. Tracker Software PDF-XChange Viewer;
16. Zoom Zoom

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего	Доска аудиторная настенная - 2 шт.; Тумба подкатная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 48 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.

	контроля и промежуточной аттестации 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2, 340	
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2, 248	Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Шкаф для документов - 10 шт.; Тумба подкатная - 5 шт.; Комплект учебной мебели на 30 посадочных мест; Компьютер - 2 шт.; Принтер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.
3.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2, 248Б	Комплект учебной мебели на 6 посадочных мест, Компьютер - 1 шт. Источник питания НУ-3003 - 2 шт.; Источник нейтрона излучения Плутоний-Бериллиевый тип ИБН-10 - 1 шт.; Блок БВ-22 - 1 шт.; Комплекс для проведения лабораторных работ по детектированию нейтронов - 1 шт.; Комплекс СКС-07П-ГЗ - 1 шт.; Дозиметр-радиометр МКС-АТ1117М - 1 шт.; Частотомер АСН-1300 - 1 шт.; Блок БНВЗ-09 - 1 шт.; Корпус активной зоны - 1 шт.; Рефрактометр ИРФ-22 - 1 шт.; Прибор ПСО 2-4 - 1 шт.; Мультиметр APPA109NUSB - 1 шт.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы «Nuclear Science and Technology», специализация «Nuclear Power Engineering» по направлению 14.04.02 Ядерная физика и технологии (приема 2019 г., очная форма обучения).

Разработчик:

Должность	ФИО
Доцент ОЯТЦ ИЯТШ	Кузнецов М.С.

Программа одобрена на заседании Отделения ядерно-топливного цикла ИЯТШ (протокол от «28» июня 2019 г. № 16).

Зав. кафедрой-руководитель ОЯТЦ
на правах кафедры, д.т.н, профессор


подпись /Горюнов А.Г./

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании ОЯТЦ (протокол)
2020/2021 учебный год	1. Изменено содержание разделов рабочей программы дисциплины: - обновлено учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины, в том числе ссылки на ЭБС; - обновлён состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем.	От 25.06.2020 г. № 28-д
	2. Скорректированы разделы «Цели освоения дисциплины», «Планируемые результаты обучения по дисциплине».	