

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1144094	Реакторное материаловедение

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Ядерные физика и технологии	Код ОП 1. 14.03.02/33.01
Направление подготовки 1. Ядерные физика и технологии	Код направления и уровня подготовки 1. 14.03.02

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Сутормина Мария Игоревна	кандидат физико- математических наук, нет	доцент	технической физики

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Реакторное материаловедение

1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль реализуется на 4 курсе и состоит из следующих дисциплин: «Физическая теория реакторов», «Материаловедение: материалы ядерных реакторов». Особое внимание при изучении данного модуля уделено явлениям переноса и фазовым превращениям в реакторных материалах. В рамках модуля осуществляется подготовка студентов к эксплуатации современного физического оборудования, к освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новых материалов, установок и систем. Задачи изучения дисциплин модуля: освоение студентами методов прогнозирования свойств реакторных материалов, подвергающихся воздействию различных видов реакторного излучения; приобретение знаний по влиянию дефектов реальных материалов на их механические свойства.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Основы ядерной физики	4
2	Статистическая физика	4
3	Физическая теория реакторов	7
4	Материаловедение: материалы ядерных реакторов	3
5	Ядерные технологии	3
ИТОГО по модулю:		21

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	Не предусмотрены
Постреквизиты и кореквизиты модуля	Не предусмотрены

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
---------------------------	--------------------------------	--

1	2	3
Материаловедение: материалы ядерных реакторов	ПК-6 - Способен эксплуатировать и обслуживать оборудование и трубопроводы, основных фондов реакторного отделения атомных электростанций	<p>З-3 - Описать эффекты влияния различных видов реакторного излучения на конструкционные материалы</p> <p>У-2 - Прогнозировать поведение конструкционных материалов реактора в процессе его эксплуатации</p> <p>П-2 - Применять методики оценки характеристик радиационных дефектов и основных механических характеристик реакторных материалов</p>
	ПК-7 - Способен получать и обрабатывать информацию о контролируемых параметрах, характеризующих радиационное состояние АЭС и окружающей среды при всех режимах работы АЭС, включая аварии, а также состояние АЭС при выводе из эксплуатации	<p>З-1 - Привести примеры методов расчета физических, математических моделей материалов и процессов</p> <p>У-1 - Идентифицировать различные виды физических, в том числе ионизирующих, излучений для получения информационных сигналов о свойствах исследуемых материалов и объектов</p> <p>П-1 - Создавать теоретические и математические модели, описывающие теплогидравлические процессы в ядерных реакторах, ускорителях, а также системах ядерной безопасности на производстве</p>
Основы ядерной физики	ПК-3 - Способен выполнять прикладные научные исследования в атомной отрасли по повышению эффективности и безопасности объектов использования атомной энергии	<p>З-1 - Перечислить основные законы и фундаментальные явления в области физики атомного ядра и частиц, конденсированного состояния вещества, радиоэкологии</p> <p>У-2 - Применять методы расчета характеристик ядерных энергетических систем</p> <p>П-2 - Понимать физико-химические основы технологических процессов, проводить экспериментальные и теоретические научные исследования, в т.ч. методами математического анализа и моделирования</p>
Статистическая физика	ПК-3 - Способен выполнять прикладные научные исследования в атомной отрасли по повышению эффективности и безопасности объектов	<p>З-1 - Перечислить основные законы и фундаментальные явления в области физики атомного ядра и частиц, конденсированного состояния вещества, радиоэкологии</p> <p>У-1 - Моделировать и прогнозировать физико-химические процессы ядерно-топливного цикла в рамках научно-</p>

	использования атомной энергии	<p>исследовательской и проектной деятельности</p> <p>П-2 - Понимать физико-химические основы технологических процессов, проводить экспериментальные и теоретические научные исследования, в т.ч. методами математического анализа и моделирования</p>
Физическая теория реакторов	ПК-3 - Способен выполнять прикладные научные исследования в атомной отрасли по повышению эффективности и безопасности объектов использования атомной энергии	<p>З-1 - Перечислить основные законы и фундаментальные явления в области физики атомного ядра и частиц, конденсированного состояния вещества, радиозащиты</p> <p>У-2 - Применять методы расчета характеристик ядерных энергетических систем</p> <p>П-2 - Понимать физико-химические основы технологических процессов, проводить экспериментальные и теоретические научные исследования, в т.ч. методами математического анализа и моделирования</p>
	ПК-5 - Способен организовать и провести работы, связанные с учетом ядерных материалов и обеспечением ядерной безопасности при хранении, использовании и транспортировке ядерного топлива на атомных станциях	<p>З-2 - Привести примеры методов теоретических оценок, расчетов и проектирования в области ядерной физики и ядерных технологий, основного технологического оборудования ядерно-физического комплекса и принципов его работы</p> <p>У-4 - Обосновывать методы решения задач анализа и расчета характеристик механических, электромагнитных и ядерных энергетических систем, использовать основные приемы обработки экспериментальных данных</p> <p>У-5 - Выполнять физическое и математическое моделирование конструкторских разработок и технических режимов</p> <p>П-3 - Предлагать приемы обработки экспериментальных данных, основные методы работы на ПЭВМ, в том числе методы работы с прикладными программными продуктами</p>
	ПК-6 - Способен эксплуатировать и обслуживать оборудование и	<p>З-1 - Изложить исторические предпосылки и современную картину мира на основе целостной системы естественно-научных</p>

	трубопроводы, основных фондов реакторного отделения атомных электростанций	<p>знаний о проблеме использования ядерной энергии</p> <p>У-1 - Проводить расчеты гомогенных реакторов простых геометрий</p> <p>П-1 - Демонстрировать владение базовыми моделями процессов и явлений, связанных с эксплуатацией ядерных энергетических установок</p>
Ядерные технологии	ПК-1 - Способен обеспечить контроль ядерной, радиационной, технической, пожарной безопасности и охраны труда в процессе эксплуатации атомной станции	<p>З-1 - Перечислить свойства и характеристики ионизирующих излучений</p> <p>З-2 - Привести примеры взаимодействия физических полей и частиц с веществом</p> <p>У-1 - Определять различные виды физических, в том числе ионизирующих, излучений для получения информационных сигналов о свойствах исследуемых материалов и объектов</p> <p>П-1 - Проводить инструментальный контроль объектов с соблюдением мер и правил радиационной безопасности</p>
	ПК-2 - Способен использовать методики измерений и обработки данных, связанных с контролем обеспечения ядерной, радиационной, технической и пожарной безопасности	<p>З-1 - Изложить типовые методики выполнения измерений, расчетов и технологических процессов</p> <p>З-2 - Описать назначение, принципы действия, параметры, алгоритмы работы измерительного оборудования и оборудования систем управления</p> <p>З-4 - Перечислить предельно допустимые нормы концентрации радиоактивных веществ, способы радиационной защиты персонала, дезактивации и очистки от загрязнений</p> <p>У-3 - Применять средства индивидуальной защиты органов дыхания и кожи, противорадиационные медицинские препараты</p> <p>П-1 - Проводить контроль физических и электрических величин с помощью методологии оценки погрешности измерительных приборов и устройств с датчиками-преобразователями</p>
	ПК-3 - Способен выполнять прикладные	З-2 - Перечислить экспериментальные, теоретические и компьютерные методы

<p>научные исследования в атомной отрасли по повышению эффективности и безопасности объектов использования атомной энергии</p>	<p>исследований в области физики атомного ядра и частиц, конденсированного состояния вещества, радиоэкологии</p> <p>У-1 - Моделировать и прогнозировать физико-химические процессы ядерно-топливного цикла в рамках научно-исследовательской и проектной деятельности</p> <p>П-1 - Планировать и организовать работу коллектива исполнителей по тестированию, обслуживанию и ремонту технологического оборудования, физико-технических установок и современных электронных устройств с обеспечением необходимыми материалами и инструментом и соблюдением требований безопасности</p>
<p>ПК-4 - Способен контролировать параметры содержания радиоактивных газов и аэрозолей в воздухе производственных помещений и в атмосферном воздухе</p>	<p>З-1 - Привести примеры областей применения сплошносредного описания</p> <p>У-1 - Определять возможность применения гидродинамического описания</p> <p>П-1 - Сопровождать системы контроля и автоматизированного управления ядерно-физическими установками</p>
<p>ПК-5 - Способен организовать и провести работы, связанные с учетом ядерных материалов и обеспечением ядерной безопасности при хранении, использовании и транспортировке ядерного топлива на атомных станциях</p>	<p>З-2 - Привести примеры методов теоретических оценок, расчетов и проектирования в области ядерной физики и ядерных технологий, основного технологического оборудования ядерно-физического комплекса и принципов его работы</p> <p>У-1 - Анализировать нормативные документы в области ядерной безопасности и ядерного нераспространения, в т.ч. для хранения, продажи, передачи ядерных материалов и технологий</p> <p>П-1 - Демонстрировать навыки создания нормативно-правовой базы для использования, продажи, передачи ядерных материалов и технологий</p>
<p>ПК-6 - Способен эксплуатировать и обслуживать оборудование и трубопроводы, основных фондов реакторного</p>	<p>З-1 - Изложить исторические предпосылки и современную картину мира на основе целостной системы естественно-научных знаний о проблеме использования ядерной энергии</p>

	отделения атомных электростанций	<p>У-1 - Проводить расчеты гомогенных реакторов простых геометрий</p> <p>П-2 - Применять методики оценки характеристик радиационных дефектов и основных механических характеристик реакторных материалов</p> <p>П-3 - Осуществлять управление технологическими процессами, участвовать в работах по их освоению и модернизации</p>
	ПК-7 - Способен получать и обрабатывать информацию о контролируемых параметрах, характеризующих радиационное состояние АЭС и окружающей среды при всех режимах работы АЭС, включая аварии, а также состояние АЭС при выводе из эксплуатации	<p>З-2 - Перечислить современные программные продукты, используемые для расчета и анализа результатов моделирования</p> <p>У-1 - Идентифицировать различные виды физических, в том числе ионизирующих, излучений для получения информационных сигналов о свойствах исследуемых материалов и объектов</p> <p>П-1 - Создавать теоретические и математические модели, описывающие теплогидравлические процессы в ядерных реакторах, ускорителях, а также системах ядерной безопасности на производстве</p>
	ПК-8 - Способен разрабатывать профилактические мероприятия по снижению радиационного воздействия на персонал АЭС	<p>З-1 - Привести примеры структурных схем современных приборов, физических установок и методик анализа веществ, построенных на использовании ионизирующих излучений</p> <p>У-1 - Обосновывать выбор дозиметров при работе с источниками</p> <p>У-2 - Правильно интерпретировать расчеты радиационных полей, создаваемых источниками ионизирующих излучений</p> <p>П-1 - Демонстрировать навыки поиска научно-технической информации в различных источниках, базах данных, справочниках</p> <p>П-2 - Проводить радиационный контроль в рабочих помещениях и определять формирование дозовых нагрузок персонала и населения</p>

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Основы ядерной физики

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Зенков Евгений Вячеславович	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	теоретической физики и прикладной математики

Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический

Протокол № 9 от 14.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- **Зенков Евгений Вячеславович, Доцент, теоретической физики и прикладной математики**

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Основные свойства атомных ядер	Размеры, масса и энергия связи. Спин. Измерение спинов ядер методом магнитного резонанса. Четность. Закон сохранения четности. Форма ядер и их электрические и магнитные моменты.
P2	Капельная модель ядра	Основные экспериментальные данные, лежащие в основе капельной модели. Формула Вайцеккера. Возбужденные ядра. Электрокапиллярные колебания ядерной жидкости. Оценка энергии первых возбужденных состояний. Условия устойчивости ядра.
P3	Оболочечная модель ядра	Магические числа. Ядерная жидкость в приближении среднего поля. Одночастичная модель. Вид самосогласованного потенциала. Энергетические уровни нуклонов в ядре. Характеристики состояний нуклонов. Ядерные оболочки. Пути усовершенствования оболочечной модели.
P4	Радиоактивность	Типы радиоактивного распада. Закон распада. Постоянная

		распада и период полураспада. Вычисление констант α -, β - и γ -распада. Радиоактивные семейства элементов
P5	Ядерные реакции	Дифференциальное и полное сечение процесса. Лабораторная система координат и система центра инерции. Амплитуда рассеяния. Парциальные сечения. Матрица рассеяния и эффективные сечения процессов. Фазовые сдвиги. Зависимость сечений от энергии. Медленные нейтроны. Формула Брейта-Вигнера. Механизмы ядерных реакций. Составное ядро. Законы сохранения в ядерных реакциях.
P6	Прохождение ядерных частиц через вещество	Механизм взаимодействия ядерных частиц с веществом. Ионизирующее действие ядерных излучений и наведенная радиоактивность.
P7	Ядерная астрофизика	Источники энергии звезд. Термоядерные реакции. Цикл Бете. Эволюция звезд. Нейтринная астрономия. Элементарные частицы и космология.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология самостоятельной работы	ПК-3 - Способен выполнять прикладные научные исследования в атомной отрасли по повышению эффективности и безопасности объектов использования атомной энергии	П-2 - Понимать физико-химические основы технологических процессов, проводить экспериментальные и теоретические научные исследования, в т.ч. методами математического анализа и моделирования

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основы ядерной физики

Электронные ресурсы (издания)

1. Сивухин, Д. В.; Общий курс физики : учебное пособие.; Физматлит, Москва; 2005; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82978> (Электронное издание)
2. Евсина, Е. М.; Оптика. Теоретическая механика. Основы атомной и ядерной физики : учебно-методическое пособие к практическим занятиям по физике.; Астраханский инженерно-строительный институт, ЭБС АСВ, Астрахань; 2011; <http://www.iprbookshop.ru/17060.html> (Электронное издание)
3. Широков, Ю. М., Мамонтова, Н. А.; Ядерная физика : учебное пособие.; Наука, Москва; 1980; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=450094> (Электронное издание)
4. Ракобольская, И. В., Петухов, В. А.; Ядерная физика; Московский университет, Москва; 1971; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483311> (Электронное издание)
5. Шефер, К., К.; Теоретическая физика: пер. с англ. : учебное пособие. 1. Общая механика. Механика твердого тела; ОНТИ НКТП СССР, Москва, Ленинград; 1934; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=210876> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Мухин, К. Н., Алферов, Ж. И.; Экспериментальная ядерная физика : учебник : [в 3 т.]. Т. 1. Физика атомного ядра; Лань, Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар; 2008 (18 экз.)
2. Мухин, К. Н., Алферов, Ж. И.; Экспериментальная ядерная физика : учебник : [в 3 т.]. Т. 2. Физика ядерных реакций; Лань, Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар; 2008 (12 экз.)
3. Мухин, К. Н., Алферов, Ж. И.; Экспериментальная ядерная физика : учебник : [в 3 т.]. Т. 3. Физика элементарных частиц; Лань, Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар; 2008 (22 экз.)
4. Савельев, И. В.; Курс общей физики : Учеб. пособие для вузов: В 3 т. Т. 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц; Наука, Москва; 1987 (23 экз.)
5. Абрамов, А. И., Казанский, Ю. А., Матусевич, Е.; Основы экспериментальных методов ядерной физики : Учеб. пособие.; Энергоатомиздат, Москва; 1985 (16 экз.)
6. Цитович, А. П.; Ядерная электроника : Учеб. пособие для физ. и инж.-физ. специальностей вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1984 (46 экз.)
7. Радченко, В. И., Рябухин, О. В., Петров, В. Л.; Ядерная физика : учебное пособие. Ч. 1. ; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2007 (49 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. <http://window.edu.ru/library> Электронная библиотека Федерального портала по российскому образованию.
2. <http://www.fcpro.ru/> Федеральная целевая программа развития образования на 2006–2010 годы.
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

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основы ядерной физики

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Периферийное устройство Персональные компьютеры по количеству обучающихся	Mathematica 8 Network (конкурентная лицензия)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Статистическая физика

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Мелких Алексей Вениаминович	д.ф.-м.н., доцент	профессор	технической физики

Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический

Протокол № 9 от 14.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Мелких Алексей Вениаминович, профессор, технической физики

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Основные положения классической статистической физики	Фазовое пространство. Фазовая плотность вероятности. Уравнения Лагранжа. Временные и фазовые средние. Уравнение Лиувилля. Теорема Лиувилля. Аналогия движения фазовых точек и несжимаемой жидкости. Сохранение фазового объема. Распределения Гиббса и Максвелла-Больцмана. Первое начало термодинамики с точки зрения статфизики. Статистическое определение энтропии. Основной алгоритм СФ. Статистическое обоснование третьего начала термодинамики. Энтропия – мера упорядоченности физической системы. Теорема о равнораспределении. Поступательные, колебательные и вращательные степени свободы.
P2	Идеальные системы	Расчет уравнения состояния, энтропии, свободной энергии и теплоемкости идеального газа. Парадокс Гиббса в

		<p>классической физике.</p> <p>Распределение атомов газа в пространстве квантовых состояний. Распределения Ферми и Бозе.</p> <p>Вырожденный электронный газ в металлах. Уравнение состояния электронного газа. Теплоемкость электронного газа.</p> <p>Вырожденный Бозе-газ. Уравнение состояния вырожденного Бозе-газа. Конденсация Бозе-Эйнштейна.</p> <p>Экспериментальное наблюдение явления Бозе-Эйнштейновской конденсации.</p> <p>Излучение абсолютно черного тела. Термодинамические параметры черного излучения. Уравнение состояния для излучения.</p> <p>Статистический вывод закона Стефана-Больцмана.</p> <p>Связь квантовых и классических распределений Гиббса.</p> <p>Парадокс Гиббса с точки зрения квантовой механики.</p> <p>Расчет статистических сумм и термодинамических параметров для вращательных степеней свободы.</p> <p>Вращательная теплоемкость.</p> <p>Расчет статистических сумм и термодинамических параметров для колебательных степеней свободы.</p> <p>Колебательная теплоемкость.</p> <p>Связь флуктуаций и энтропии. Распределение Гаусса.</p> <p>Флуктуации аддитивной величины, объема и энергии.</p>
РЗ	Неидеальные системы	<p>Неидеальные газы. Силы взаимодействия между молекулами. Вириальное уравнение состояния.</p> <p>Формула Ван-дер-Ваальса. Вывод формулы Ван-дер-Ваальса. Приведенное уравнение состояния.</p> <p>Формула Дебая. Термодинамические функции равновесной плазмы.</p> <p>Поведение системы вблизи критической точки. Критические индексы.</p> <p>Условия равновесия фаз. Бинодаль и спинодаль. Перегрев и переохлаждение.</p> <p>Кинетика фазовых переходов первого рода и проблема роста</p>

		квазикристаллов. Кинетика распада метастабильных состояний. Стекла. Мозаики Пенроуза.
Р4	Неравновесные системы	<p>Уравнения баланса тепла и числа частиц. Локальное равновесие. Диффузия и теплопроводность.</p> <p>Броуновское движение. Уравнение Ланжевена.</p> <p>Уравнение Фоккера-Планка. Формула Эйнштейна. Времена релаксации.</p> <p>Уравнение баланса энтропии. Производство энтропии.</p> <p>Плотность производства энтропии.</p> <p>Основные положения линейной неравновесной термодинамики. Соотношения взаимности Онсагера.</p> <p>Теорема Пригожина. Принцип Кюри.</p> <p>Перекрестные явления в газах. Термодиффузия. Тепловое скольжение. Радиометрический эффект.</p> <p>Явления переноса в ультраразреженных газах. Перенос импульса и тепла. Рассеяние фотонов на поверхности.</p> <p>Диффузия газа в асимметричной мембране. Расчет потока частиц при наличии источника тепла. Интерпретация принципа Кюри для данного случая.</p> <p>Уравнение Мастера. Диффузия тяжелого газа в легком.</p> <p>Уравнение Паули. Вывод уравнения Фоккера-Планка из уравнения мастера.</p> <p>Причины необратимости в макросистемах. Парадоксы Пуанкаре-Цермелло и Лошмидта. Перемешивание и неустойчивость.</p>

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология самостоятельной работы	ПК-3 - Способен выполнять прикладные научные исследования в атомной отрасли по	П-2 - Понимать физико-химические основы технологических процессов,

			повышению эффективности и безопасности объектов использования атомной энергии	проводить экспериментальные и теоретические научные исследования, в т.ч. методами математического анализа и моделирования
--	--	--	---	---

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Статистическая физика

Электронные ресурсы (издания)

1. Сивухин, Д. В.; Общий курс физики : учебное пособие.; Физматлит, Москва; 2005; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82978> (Электронное издание)
2. Алтунин, К. К.; Статистическая физика и термодинамика : учебно-методическое пособие.; Директ-Медиа, Москва; 2014; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=240555> (Электронное издание)
3. Краснопевцев, Е. А.; Спецглавы физики: статистическая физика равновесных систем : учебное пособие.; Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск; 2014; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436229> (Электронное издание)
4. Михельсон, В. А.; Физика Молекулярная физика. Термодинамика; Объединенное научно-техническое издательство (Ленинград), Москва, Ленинград; 1938; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=105169> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Ландау, Л. Д.; Теоретическая физика: В 10 т. : Учеб. пособие для физ. спец. ун-тов. Т. 9. Статистическая физика. Ч. 2. Теория конденсированного состояния; Наука, Москва; 1978 (13 экз.)
2. Мелких, А. В., Повзнер, А. А., Сидоренко, Ф. А.; Основы статистической физики : учебное пособие. Ч. 1. ; УрФУ, Екатеринбург; 2011 (25 экз.)
3. Мелких, А. В., Повзнер, А. А., Сидоренко, Ф. А.; Физика нелинейных явлений : учеб. пособие.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2006 (25 экз.)
4. Мелких, А. В., Повзнер, А. А., Шумихина, К. А., Сидоренко, Ф. А.; Молекулярная физика : учеб. пособие.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2006 (25 экз.)
5. Мелких, А. В., Повзнер, А. А., Шумихина, К. А., Сидоренко, Ф. А.; Основы термодинамики и статистической физики : учебное пособие.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2009 (25 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. <http://window.edu.ru/library> Электронная библиотека Федерального портала по российскому образованию.
2. <http://www.intuit.ru/> - Национальный открытый университет.
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

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Статистическая физика

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

		Периферийное устройство	
--	--	-------------------------	--

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Физическая теория реакторов

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Некрасов Кирилл Александрович	к.ф.-м.н.	доцент	технической физики

Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический

Протокол № 9 от 14.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Некрасов Кирилл Александрович, доцент, технической физики

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение. Основные понятия теории ядерных реакторов	Производство энергии. Источники энергии. Запасы органического топлива, ресурсы по реакциям деления и синтеза. Перспективы развития ядерной энергетики. 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.
P2	Ядерные процессы в реакторах. Нейтронные	Механизм ядерных реакций, каналы реакций, ядерные уровни энергий, спектры для ядер различной

	<p>поперечные сечения. Нейтронные реакции</p>	<p>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).</p> <p>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}, V^{10}, U^{235}, U^{238}.</p> <p>. Возможность расширенного воспроизводства делящихся изотопов. Бридеры. Коэффициент воспроизводства для различных типов реакторов.</p>
<p>РЗ</p>	<p>Модели рассеяния и спектры нейтронов. Диффузия нейтронов</p>	<p>Утечка нейтронов. Схема баланса нейтронов в реакторе на тепловых нейтронах (ТН) конечных размеров. Действие запаздывающих нейтронов.</p>

		<p>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. 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 однокрупном 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.</p> <p>Гомогенный реактор с отражателем, свойства отражателя, распределение нейтронов в реакторе с отражателем и его критические размеры (решение для пластины). Эффективная добавка отражателя.</p> <p>Временной режим реактора без отражателя на ТН.</p> <p>Период реактора. Уравнение диффузии с учетом запаздывающих нейтронов. Реактивность. Анализ решения. Малые и большие реактивности. Вес.</p> <p>Управление реактором. Нарушение нейтронного баланса. Классификация регулирующих стержней (компенсирующие, РР, АР, АЗ). Вес стержня в цилиндрическом реакторе при слабом возмущении, влияние стержня на утечку.</p> <p>Изменение изотопического состава ядерного горючего. Отравление реактора продуктами деления.</p> <p>Стационарная плотность ядер ^{135}Xe. Величина отравления. Накопление ксенона после останова реактора.</p> <p>Иодная яма. Зашлаковывание, потери в шлаках, коэффициент выгорания, группы шлаков.</p> <p>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.</p> <p>Коэффициент квадратичного усреднения.</p> <p>Эффективность регулятора от глубины погружения.</p>
<p>P5</p>	<p>Гетерогенные ядерные реакторы</p>	<p>Особенности гетерогенных систем. Главные эффекты размещения урана в виде блоков (блокэффекты). Вычисление коэффициента размножения для гетерогенных систем: коэффициент теплового</p>

		<p>использования, коэффициент проигрыша, коэффициент размножения на БН, вероятность избежать резонансного захвата. Особенности реактора на БН.</p> <p>Энергонапряженность: (ВВЭР, ВВРК, ГГР, РБМК, БН, жидкотопливные). Тепловыделение. Действие облучения на материалы реактора. Радиационный рост урана. Распухание урана при облучении.</p> <p>Коэффициенты радиационного роста и распухания.</p> <p>Структурирование топлива для снижения указанных эффектов. Топливо ядерных реакторов. Расширенное воспроизводство, время удвоения. Электроядерный бридинг. Переработка ТВЭЛов (химический способ, электрохимический – хлоридный и фторидный).</p> <p>Флюенс. Плутониевое накопление.</p>
--	--	---

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология самостоятельной работы	ПК-3 - Способен выполнять прикладные научные исследования в атомной отрасли по повышению эффективности и безопасности объектов использования атомной энергии	П-2 - Понимать физико-химические основы технологических процессов, проводить экспериментальные и теоретические научные исследования, в т.ч. методами математического анализа и моделирования

1.4. Программа дисциплины реализуется .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Физическая теория реакторов

Электронные ресурсы (издания)

1. Федотов, А. К.; Физическое материаловедение. Часть 1. Физика твердого тела : учебное пособие.; Высшая школа, Минск; 2010; <http://www.iprbookshop.ru/20161.html> (Электронное издание)
2. Роуз, Д., Березин, Ю. А., Болиславская, Г. И., Гуткин, Т. И., Лозовский, С. Н., Солдатенков, Т. Р., Франк-Каменецкий, Д. А.; Физика плазмы и управляемые термоядерные реакции; Государственное издательство литературы по атомной науке и технике Государственного Комитета по использованию атомной энергии СССР, Москва; 1963; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=213869> (Электронное издание)
3. Ахмедзянов, В. Р.; Обращение с радиоактивными отходами : учебное пособие.; Энергия, Москва; 2008; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=58368> (Электронное издание)

Печатные издания

1. , Калинин, Б. А.; Физика твердого тела : в 7 томах.; НИЯУ МИФИ, Москва; 2012 (20 экз.)
2. Велькин, В. И., Титов, Г. П., Щеклеин, С. Е.; Ядерный энергетический реактор ВВЭР-1000 : учеб.-метод. пособие.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2006 (12 экз.)
3. Самойлов, А. Г.; Тепловыделяющие элементы ядерных реакторов : Учебник для вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1985 (24 экз.)
4. Галанин, А. Д.; Введение в теорию ядерных реакторов на тепловых нейтронах; Энергоатомиздат, Москва; 1990 (12 экз.)
5. ; Основы теории и методы расчета ядерных энергетических реакторов : Учеб. пособие для вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1989 (70 экз.)
6. Дементьев, Б. А.; Кинетика и регулирование ядерных реакторов : Учеб. пособие для вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1986 (13 экз.)
7. Климов, А. Н.; Ядерная физика и ядерные реакторы : Учеб. для инж.-физ. спец. вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1985 (22 экз.)
8. ; Основы теории и методы расчета ядерных энергетических реакторов : Учеб. пособие для вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1989 (70 экз.)
9. Фейнберг, С. М., Троянский, В. Б., Шихов, С. Б.; Теория ядерных реакторов Т. 1. Элементарная теория реакторов; Атомиздат, Москва; 1978 (22 экз.)
10. Усынин, Г. Б., Митенков, Ф. М.; Реакторы на быстрых нейтронах : Учеб. пособие для инж.-физ. и энерг. спец. вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1985 (17 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. <http://window.edu.ru/library> Электронная библиотека Федерального портала по российскому образованию.
2. <http://www.fcpro.ru/> Федеральная целевая программа развития образования на 2006–2010 годы.
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://16-2-07.edusite.ru/p33aa1.html> Образовательные ресурсы сети Интернет
7. <http://elementy.ru/law/vuz.htm> Научно-популярный проект «Элементы»
8. <http://atomicexpert.com> Журнал «Атомный эксперт», электронный ресурс

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Физическая теория реакторов

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Периферийное устройство	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
2	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Персональные компьютеры по количеству обучающихся	Не требуется

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Материаловедение: материалы ядерных
реакторов

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Купряжкин Анатолий Яковлевич	доктор физико- математических наук, профессор	Профессор	технической физики

Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический

Протокол № 9 от 14.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Купряжкин Анатолий Яковлевич, Профессор, технической физики

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение. Основные проблемы реакторостроения.	Цели и задачи курса. Роль материаловедения в развитии атомной энергетики. Пути решения основных проблем реакторостроения. Повышение надежности конструкционных материалов и безопасности реакторов. Разработка новых типов реакторов и способов получения энергии. Проблемы ремонта и захоронения реакторов.
P2	Требования к характеристикам реакторных материалов.	Ядерно-физические характеристики реакторных материалов. Основные требования к механическим характеристикам реакторных материалов. Диффузионный и дислокационный механизмы пластической деформации. Прочность и механизмы разрушения материалов. Формула Холла-Петча.
P3	Проблемы реакторного материаловедения для атомных и термоядерных	Проблемы реакторного материаловедения для разных типов реакторов. Реакторы, охлаждаемые обычной водой под давлением. Реакторы на быстрых типах

	реакторов.	нейтронов. Термоядерные реакторы.
P4	Взаимодействие реакторного излучения с веществом.	<p>Составляющие реакторного излучения термоядерных реакторов, реакторов на быстрых и тепловых нейтронах. Первичные процессы взаимодействия излучения с веществом. Типы радиационных нарушений в твёрдом теле. Схема взаимосвязи первичных нарушений с изменениями макрохарактеристик твёрдого тела. Упругие и неупругие соударения в облучаемом твёрдом теле.</p> <p>Потери энергии частицами при прохождении через вещество. Оценки сечения взаимодействия, пробега частиц. Элементы теории каскада столкновений.</p> <p>Модель Кинчина и Пиза, достоинства и недостатки модели. Возможность расчёта каскадных функций на основе решения кинетических уравнений. Тепловые пики и пики смещения. Образование дефектов при движении осколков деления.</p>
P5	Моделирования радиационных повреждений в кристаллах.	<p>Методы и принципы моделирования. Потенциалы взаимодействия частиц в машинных экспериментах.</p> <p>Метод молекулярной динамики.</p>
P6	Кинетика отжига радиационных дефектов.	<p>Атермический и термический отжиг дефектов в кристаллах. Связь дефектов со свойствами кристаллов. Исследование сопротивления металлов как метод изучения отжига дефектов. Закалочные эксперименты. Уравнение кинетики отжига дефектов. Анализ кривых отжига радиационных дефектов в кристаллах. Метод сечения. Отношение угловых коэффициентов. Постоянная скорость нагрева. Комбинированный изохронноизотермический отжиг дефектов. Учет порядка реакции в кинетике отжига дефектов в кристаллах.</p> <p>Неравные начальные концентрации реагентов.</p>
P7	Фазовая стабильность и радиационно стимулированные	<p>Постановка задачи, основные экспериментальные факты, требования реакторостроения. Уравнения для концентрации вакансий и междоузельных атомов,</p>

	процессы в реакторных материалах.	<p>скорости зарождения пор и дислокационных петель.</p> <p>Кинетика роста вакансионных пор в металлах.</p> <p>Нижняя и верхняя границы вакансионной пористости. Пространственная решётка полостей.</p> <p>Фазовая стабильность реакторных материалов под облучением. Радиационный рост кристаллов, радиационно-стимулированная диффузия и адсорбция. Газовыделение при облучении. Действие облучения на свойства металлов, на физические свойства полупроводников и ионных кристаллов.</p>
Р8	Вопросы выбора материалов для ТВЭЛов реактора.	Вопросы выбора материалов для ТВЭЛов реактора.
Р9	Экспериментальные методы исследования радиационных дефектов.	<p>Измерение сопротивления облучённых металлов.</p> <p>Калориметрия облучённых материалов. Автоионная микроскопия. Нейтронография и рентгеноструктурный анализ. Возможности методов электрон-позитронной аннигиляции и сканирующей туннельной микроскопии. Особенности внутриреакторных экспериментов.</p>

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология самостоятельной работы	ПК-7 - Способен получать и обрабатывать информацию о контролируемых параметрах, характеризующих радиационное состояние АЭС и окружающей среды при всех режимах работы АЭС,	У-1 - Идентифицировать различные виды физических, в том числе ионизирующих, излучений для получения информационных сигналов о свойствах исследуемых

			включая аварии, а также состояние АЭС при выводе из эксплуатации	материалов и объектов
--	--	--	--	-----------------------

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материаловедение: материалы ядерных реакторов

Электронные ресурсы (издания)

1. Барсуков, О. А.; Основы физики атомного ядра. Ядерные технологии : монография.; Физматлит, Москва; 2011; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457408> (Электронное издание)
2. Алексеев, С. В.; Торий в ядерной энергетике : монография.; Техносфера, Москва; 2014; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=443315> (Электронное издание)

Печатные издания

1. , Андреев, Б. М., Арефьев, Д. Г., Баранов, В. Ю., Бедняков, В. А., Бейгер, Г.; Изотопы: свойства, получение, применение : [монография : в 2 т.]. Т. 1. ; ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2005 (2 экз.)
2. , Андреев, Б. М., Арефьев, Д. Г., Баранов, В. Ю., Бедняков, В. А., Бейер, Г.; Изотопы: свойства, получение, применение : [монография : в 2 т.]. Т. 2. ; ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2005 (2 экз.)
3. , Бабаев, Н. С., Демин, В. Ф., Ильин, Л. А., Александров, А. П.; Ядерная энергетика, человек и окружающая среда; Энергоиздат, Москва; 1981 (3 экз.)
4. Ташлыков, О. Л.; Ядерная энергетика (вводный курс) : учебное пособие для студентов вуза, обучающихся по направлению подготовки 14.05.02 "Атомные станции: проектирование эксплуатация и инжиниринг".; УрФУ, Екатеринбург; 2016 (2 экз.)
5. Скоров, Д. М., Бычков, Ю. Ф., Дашковский, А. И.; Реакторное материаловедение; Атомиздат, Москва; 1979 (10 экз.)
6. , Гусев, Н. Г.; Физические основы защиты от излучений : [учебник для физических и инженерно-физических специальностей вузов].; Энергоатомиздат, Москва; 1989 (1 экз.)
7. Дамаск, А.; Точечные дефекты в металлах : Пер. с англ.; Мир, Москва; 1966 (5 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. <http://window.edu.ru/library> Электронная библиотека Федерального портала по российскому образованию.

2. <http://lib2.urfu.ru/rus/news/> Зональная научная библиотека УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина.
3. <http://www.informika.ru/projects/infotech/window/> Федеральный портал «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»
4. <http://elementy.ru/law/vuz.htm> Научно-популярный проект «Элементы»
5. <http://atomicexpert.com> Журнал «Атомный эксперт», электронный ресурс

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материаловедение: материалы ядерных реакторов

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Периферийное устройство	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Периферийное устройство	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Ядерные технологии

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Сутормина Мария Игоревна	кандидат физико- математических наук, нет	доцент	технической физики

Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический

Протокол № 9 от 14.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Сутормина Мария Игоревна, доцент, технической физики

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение.	Основные понятия и определения.
P2	Ядерная медицина.	Радионуклиды в диагностике и терапии. Альфатерапия. Внутренняя лучевая терапия. Сцинтиграфия и ПЭТ. Применение синхротронного излучения в медицине.
P3	Ядерная хронология.	Изотопы, используемые в ядерной хронологии. Уран, торий-свинцовый метод. Свинцовый метод. Калийаргоновый метод. Рубидий-стронциевый метод. Радиоуглеродный метод.
P4	Практическое применение электронных ускорителей.	Радиационное модифицирование материалов. Радиационная полимеризация. Радиационная деструкция. Радиационная стерилизация медицинских изделий. Использование ионизирующего излучения для охраны окружающей среды. Радиационная обработка пищевых продуктов. Дефектоскопия. Инспекционно-досмотровые

		комплексы.
Р5	Ядерная энергетика.	Перспективы развития ядерной энергетики. Ядерные реакторы 4 поколения.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология самостоятельной работы	ПК-8 - Способен разрабатывать профилактические мероприятия по снижению радиационного воздействия на персонал АЭС	У-1 - Обосновывать выбор дозиметров при работе с источниками

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Ядерные технологии

Электронные ресурсы (издания)

1. Барсуков, О. А.; Основы физики атомного ядра. Ядерные технологии : монография.; Физматлит, Москва; 2011; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457408> (Электронное издание)
2. Алексеев, С. В.; Торий в ядерной энергетике : монография.; Техносфера, Москва; 2014; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=443315> (Электронное издание)
3. ; Критические параметры систем с делящимися веществами и ядерная безопасность; Атомиздат, Москва; 1966; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229572> (Электронное издание)

Печатные издания

1. , Андреев, Б. М., Арефьев, Д. Г., Баранов, В. Ю., Бедняков, В. А., Бейгер, Г.; Изотопы: свойства, получение, применение : [монография : в 2 т.]. Т. 1. ; ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2005 (2 экз.)
2. , Андреев, Б. М., Арефьев, Д. Г., Баранов, В. Ю., Бедняков, В. А., Бейер, Г.; Изотопы: свойства, получение, применение : [монография : в 2 т.]. Т. 2. ; ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2005 (2 экз.)
3. , Бабаев, Н. С., Демин, В. Ф., Ильин, Л. А., Александров, А. П.; Ядерная энергетика, человек и окружающая среда; Энергоиздат, Москва; 1981 (3 экз.)
4. Архангельский, В. И., Кириллов, В. Ф., Коренков, И. П.; Радиационная гигиена. Практикум : учеб. пособие для студентов, обучающихся по специальности 06010465 - Мед.-профилактик. дело.; ГЭОТАР-Медиа, Москва; 2009 (1 экз.)
5. Ильин, Л. А., Кириллов, В. Ф., Коренков, И. П.; Радиационная безопасность и защита : Справочник.; Медицина, Москва; 1996 (5 экз.)

6. Машкович, В. П.; Основы радиационной безопасности : Учеб. пособие.; Энергоатомиздат, Москва; 1990 (30 экз.)

7. Кутьков, В. А., Ткаченко, В. В., Романцов, В. П.; Радиационная безопасность персонала атомных станций : учеб. пособие.; Атомтехэнерго : ИАТЭ, Москва; 2003 (4 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. <http://window.edu.ru/library> Электронная библиотека Федерального портала по российскому образованию.
2. <http://www.fcpro.ru/> Федеральная целевая программа развития образования на 2006–2010 годы.
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://16-2-07.edusite.ru/p33aa1.html> Образовательные ресурсы сети Интернет
7. <http://elementy.ru/law/vuz.htm> Научно-популярный проект «Элементы»
8. <http://atomicexpert.com> Журнал «Атомный эксперт», электронный ресурс

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Ядерные технологии

Сведения об оснащении дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

		<p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p>	
2	Практические занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p>