

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ ЯДЕРНЫХ
РЕАКТОРОВ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/08/24-573.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕОРИЯ ПЕРЕНОСА НЕЙТРОНОВ (NEUTRON TRANSPORT THEORY)

Направление подготовки
(специальность)

[1] 14.04.02 Ядерные физика и технологии
[2] 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
1	3-4	108- 144	16	16	0		40-76	0	Э
Итого	3-4	108- 144	16	16	0	8	40-76	0	

АННОТАЦИЯ

Изучаются основные процессы взаимодействия нейтронов с веществом, теория диффузии и замедления нейтронов, основы термализации и многогрупповое приближение для описания нейтронного поля. Формулируется газокинетическое уравнение переноса нейтронов в интегро-дифференциальной (уравнение Больцмана) и интегральной формах. Обсуждаются основные приближения различных моделей описания распределения нейтронов в средах.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения учебной дисциплины теория переноса нейтронов является ввод студентов в круг понятий, представлений и моделей, используемых в задачах нейтронной физики и физики реакторов, подготовить их к изучению физической теории реакторов, методов экспериментального и расчетного исследования нейтронных полей и их характеристик.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Курс входит в модуль профессиональный 2: Теория и методология нейтронно-физического расчета ЯР.

Содержание программы «теория переноса нейтронов» направлено на формирование базовых знаний в нейтронной физики и физики реактора. Изучение курса требует освоения студентами дисциплин бакалавриата, в которых дают основы математического анализа.

Дисциплина "Теория переноса нейтронов" является базой для изучения спецкурсов "Физическая теория реакторов" и "Экспериментальная реакторная физика". Знание ее материалов необходимо для выполнения УИР, а также при практической работе выпускников по специальности.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
УК-1 [2] – Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	З-УК-1 [2] – Знать: методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации У-УК-1 [2] – Уметь: применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации В-УК-1 [2] – Владеть: методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; методиками постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий

УК-6 [2] – Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	З-УК-6 [2] – Знать: методики самооценки, самоконтроля и саморазвития с использованием подходов здоровьесбережения У-УК-6 [2] – Уметь: решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности; применять методики самооценки и самоконтроля; применять методики, позволяющие улучшить и сохранить здоровье в процессе жизнедеятельности В-УК-6 [2] – Владеть: технологиями и навыками управления своей познавательной деятельностью и ее совершенствования на основе самооценки, самоконтроля и принципов самообразования в течение всей жизни, в том числе с использованием здоровьесберегающих подходов и методик
УКЦ-1 [2] – Способен решать исследовательские, научно-технические и производственные задачи в условиях неопределенности, в том числе выстраивать деловую коммуникацию и организовывать работу команды с использованием цифровых ресурсов и технологий в цифровой среде	З-УКЦ-1 [2] – Знать современные цифровые технологии, используемые для выстраивания деловой коммуникации и организации индивидуальной и командной работы У-УКЦ-1 [2] – Уметь подбирать наиболее релевантные цифровые решения для достижения поставленных целей и задач, в том числе в условиях неопределенности В-УКЦ-1 [2] – Владеть навыками решения исследовательских, научно-технических и производственных задач с использованием цифровых технологий
УКЦ-2 [1, 2] – Способен к самообучению, самоактуализации и саморазвитию с использованием различных цифровых технологий в условиях их непрерывного совершенствования	З-УКЦ-2 [1, 2] – Знать основные цифровые платформы, технологи и интернет ресурсы используемые при онлайн обучении У-УКЦ-2 [1, 2] – Уметь использовать различные цифровые технологии для организации обучения В-УКЦ-2 [1, 2] – Владеть навыками самообучения, самоактуализации и саморазвития с использованием различных цифровых технологий

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
инновационный			
Исследования и разработки, направленные на создание новой	Ядерные энерготехнологии нового поколения; функциональные и	ПК-6.1 [1] - Способен применять полученные знания для разработки новой	З-ПК-6.1[1] - Знать промышленно-реализованные и перспективные

технологической платформы атомной энергетики, расчетное сопровождение энергетического оборудования, обоснование ядерной и радиационной безопасности объектов использования атомной энергии.	конструкционные материалы ядерных реакторов; программные комплексы и математические модели для теоретического и расчетно-аналитического анализа безопасности АЭС, объекты использования атомной энергии и ядерного наследия, в части научно-технического и организационно-правового обоснования и обеспечения безопасности.	технологической платформы атомной энергетики с вовлечением в топливный цикл урана-238 и продуктов переработки отработавшего ядерного топлива. <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	технологии переработки отработавшего ядерного топлива реакторов на быстрых нейтронах, требования к конечным продуктам переработки отработавшего ядерного топлива, основные методы обращения с радиоактивными отходами.; У-ПК-6.1[1] - Уметь применять полученные знания в производственной и научной деятельности.; В-ПК-6.1[1] - Владеть методами обеспечения ядерной безопасности и взрыво- и пожаробезопасности применительно к технологиям переработки отработавшего ядерного топлива.
Исследования и разработки, направленные на создание новой технологической платформы атомной энергетики, расчетное сопровождение энергетического оборудования, обоснование ядерной и радиационной безопасности объектов использования атомной энергии.	Ядерные энерготехнологии нового поколения; функциональные и конструкционные материалы ядерных реакторов; программные комплексы и математические модели для теоретического и расчетно-аналитического анализа безопасности АЭС, объекты использования атомной энергии и ядерного наследия, в части научно-	ПК-13 [1] - Способен проектировать, создавать и внедрять новые продукты и системы и применять теоретические знания в реальной инженерной практике <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078, 40.011	3-ПК-13[1] - Знать математические методы и компьютерные технологии, необходимые для проектирования и разработки программного обеспечения для инженерного анализа инновационных продуктов. ; У-ПК-13[1] - Уметь разрабатывать и тестировать программное обеспечение для инженерного анализа инновационных

	технического и организационно-правового обоснования и обеспечения безопасности.		продуктов.; В-ПК-13[1] - владеть навыками разработки и тестирования программного обеспечения для инженерного анализа инновационных продуктов.
научно-исследовательский			
Подготовка исходных данных, наладка экспериментальных стендов и установок для обеспечения выполнения научных исследований	Атомный ледокольный флот Атомные электрические станции Плавучая АЭС Сфера научных исследований в области ядерной физики и технологий	ПК-1.2 [1] - Способен использовать технические средства для расчета и измерения основных физических характеристик ядерных реакторов и энергетических установок <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	З-ПК-1.2[1] - Знать: экспериментальные методики определения нейтронно-физических и теплогидравлических параметров, методы использования информационных технологий и численного анализа, методы определения проблемы и оценки полученных результатов; применение компьютерных кодов для математического моделирования и анализа теплофизических и нейтронно-физических процессов. ; У-ПК-1.2[1] - Уметь: использовать общепризнанные и распространённые в ядерной промышленности компьютерные коды для нахождения технических решений, оценивать достоверность этих решений; В-ПК-1.2[1] - Владеть: навыками планирования и проведения экспериментов,

			изготовления экспериментальных установок, организации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ
Разработка методов повышения безопасности ядерных установок и материалов	Атомный ледокольный флот Атомные электрические станции Плавучая АЭС Сфера научных исследований в области ядерной физики и технологий	ПК-1.3 [1] - Способен анализировать безопасность и в дальнейшем совершенствовать ядерные энергетические установки <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	З-ПК-1.3[1] - Знать: методы обнаружения ионизирующего излучения, принципы и конструкции радиационной защиты, использование ALARA принципа и последствия радиационного облучения на здоровье человека; роль и значимость ядерной безопасности, практики и процедуры, обеспечивающие безопасную работу ЯЭУ; Роль регулирующих органов и действие регулирования при выполнении работ на АЭС; законодательные и регулятивные требования по безопасному и приемлемому с экологической точки зрения функционированию атомных электростанций. ; У-ПК-1.3[1] - Уметь: анализировать и обобщать полученную в ходе исследования информацию ; В-ПК-1.3[1] - Владеть: методами конструирования и

			внедрения новых продуктов или систем, предназначенные для обеспечения радиационной защиты, ядерной безопасности и ядерной физической безопасности
исследования неравновесных физических процессов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, ядерно-физических установок, обеспечения ядерной и радиационной безопасности, безопасности ядерных материалов и физической защиты ядерных объектов, систем контроля и автоматизированного управления ядерно-физическими установками.	ядерные реакторы и энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, тепловые измерения и контроль, теплоносители и материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности ядерных энергетических установок, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы и математические модели для теоретического и экспериментального исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, перспективные методы преобразования энергии	ПК-3.1 [2] - Способен рассчитывать и измерять физические характеристики ядерных энергетических установок, проводить гидродинамические и тепловые расчеты в сложных системах <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028	З-ПК-3.1[2] - знать методы нейтронно-физических и тепло-гидравлических измерений и расчетов; У-ПК-3.1[2] - уметь выполнять нейтронно-физические и тепло-гидравлические измерения в реакторной установке; В-ПК-3.1[2] - владеть прикладным программным обеспечением
Проведение расчетных исследований и измерений физических характеристик на экспериментальных	Атомный ледокольный флот Атомные электрические станции Плавучая АЭС Сфера научных исследований в области ядерной	ПК-4 [1] - Способен самостоятельно выполнять экспериментальные и теоретические исследования для решения научных и	З-ПК-4[1] - Знать: цели и задачи проводимых исследований; основные методы и средства проведения экспериментальных и

стендах и установках	физики и технологий	производственных задач <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078, 40.008	теоретических исследований; методы и средства математической обработки результатов экспериментальных данных ; У-ПК-4[1] - Уметь: применять методы проведения экспериментов; использовать математические методы обработки результатов исследований и их обобщения; оформлять результаты научно-исследовательских работ; В-ПК-4[1] - Владеть: навыками самостоятельного выполнения экспериментальных и теоретических исследования для решения научных и производственных задач
исследования неравновесных физических процессов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, ядерно-физических установок, обеспечения ядерной и радиационной безопасности, безопасности ядерных материалов и физической защиты ядерных объектов, систем контроля и автоматизированного	ядерные реакторы и энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, тепловые измерения и контроль, теплоносители и материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности ядерных энергетических установок, системы управления ядерно-физическими	ПК-7 [2] - способен использовать и оценивать современные достижения науки и техники для решения профессиональных задач в научно-исследовательской деятельности <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028	3-ПК-7[2] - знать новые методы совершенствования действующих технологических процессов; ; У-ПК-7[2] - уметь анализировать информационные документы с результатами научных исследований;; В-ПК-7[2] - владеть современными пакетами прикладных компьютерных программ

управления ядерно-физическими установками.	установками, программные комплексы и математические модели для теоретического и экспериментального исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, перспективные методы преобразования энергии		
исследования неравновесных физических процессов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, ядерно-физических установок, обеспечения ядерной и радиационной безопасности, безопасности ядерных материалов и физической защиты ядерных объектов, систем контроля и автоматизированного управления ядерно-физическими установками.	ядерные реакторы и энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, тепловые измерения и контроль, теплоносители и материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности ядерных энергетических установок, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы и математические модели для теоретического и экспериментального исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, перспективные методы преобразования энергии	ПК-8 [2] - способен владеть расчетно-теоретическими и экспериментальными методами исследования физических процессов, выполнять экспериментальные исследования и проводить обработку, анализ и обобщение полученных результатов <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028	З-ПК-8[2] - знать типовые методики и номенклатуру выполнения измерений и расчетов процессов; ; У-ПК-8[2] - уметь обрабатывать результаты измерений и анализировать результаты расчетов;; В-ПК-8[2] - владеть методами исследования физических процессов
проектный			
проектирование	ядерные реакторы и	ПК-3.2 [2] - Способен	З-ПК-3.2[2] - Знать

атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию	энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, тепловые измерения и контроль, теплоносители и материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности ядерных энергетических установок, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы и математические модели для теоретического и экспериментального исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, перспективные методы преобразования энергии	проектировать атомные станции и другие объекты, использующие и преобразующие тепловую энергию в электрическую. <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028	основные методы преобразования ядерной энергии в электрическую, номенклатуру энергооборудования, методы автоматического проектирования энергообъектов.; У-ПК-3.2[2] - Уметь использовать пакеты прикладных программ для проектирования ядерно-энергетических и тепловых объектов. ; В-ПК-3.2[2] - Владеть методами, необходимыми для анализа безопасной эксплуатации и аварийных ситуаций на АЭС с учетом экологических последствий аварий
проектирование атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию	ядерные реакторы и энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, тепловые измерения и контроль, теплоносители и материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности ядерных энергетических установок, системы	ПК-3 [2] - способен владеть основами проектирования и конструирования оборудования <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028	З-ПК-3[2] - знать основы компьютерных и информационных технологий ; У-ПК-3[2] - уметь работать с документацией по эксплуатации систем, оборудования, средств измерения, контроля, управления, автоматики, средств вычислительной техники; В-ПК-3[2] - владеть навыками оформления

	управления ядерно-физическими установками, программные комплексы и математические модели для теоретического и экспериментального исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, перспективные методы преобразования энергии		результатов проведенных измерений, расчетов и других работ при проектировании и конструировании оборудования
проектирование атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию	ядерные реакторы и энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, тепловые измерения и контроль, теплоносители и материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности ядерных энергетических установок, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы и математические модели для теоретического и экспериментального исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, перспективные методы преобразования энергии	ПК-4 [2] - способен использовать в разработке технических проектов новые информационные технологии и алгоритмы <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028	З-ПК-4[2] - знать основы компьютерных и информационных технологий; ; У-ПК-4[2] - уметь обобщать и анализировать информацию; В-ПК-4[2] - владеть информацией по перспективам развития атомной энергетики

Подготовка элементов документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов работ	Атомный ледокольный флот Атомные электрические станции Плавучая АЭС Сфера научных исследований в области ядерной физики и технологий	ПК-5 [1] - Способен проводить расчет и проектирование физических установок и приборов с использованием современных информационных технологий <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	3-ПК-5[1] - Знать основные физические законы и стандартные прикладные пакеты используемые при моделировании физических процессов и установок ; У-ПК-5[1] - Уметь применять стандартные прикладные пакеты используемые при моделировании физических процессов и установок; В-ПК-5[1] - Владеть стандартными прикладными пакетами используемыми при моделировании физических процессов и установок
---	--	--	--

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>1 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	8/8/0		25	КИ-8	3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, 3-ПК-1.3, У-ПК-1.3, В-ПК-1.3, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-3.1, У-ПК-3.1, В-ПК-3.1, 3-ПК-3.2, У-ПК-3.2, В-ПК-3.2,

							3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-6.1, У-ПК-6.1, В-ПК-6.1, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, 3-ПК-13, У-ПК-13, В-ПК-13, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, 3-УК-6, У-УК-6, В-УК-6, 3-УКЦ-1, У-УКЦ-1, В-УКЦ-1, 3-УКЦ-2, У-УКЦ-2, В-УКЦ-2
2	Часть 2	9-16	8/8/0		25	КИ-16	3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, 3-ПК-1.3, У-ПК-1.3, В-ПК-1.3, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-3.1, У-ПК-3.1, В-ПК-3.1, 3-ПК-3.2, У-ПК-3.2, В-ПК-3.2, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-4,

							У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, З-ПК-6.1, У-ПК-6.1, В-ПК-6.1, З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, З-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, З-ПК-13, У-ПК-13, В-ПК-13, З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, З-УК-6, У-УК-6, В-УК-6, З-УКЦ-1, У-УКЦ-1, В-УКЦ-1, З-УКЦ-2, У-УКЦ-2, В-УКЦ-2
	<i>Итого за 1 Семестр</i>		16/16/0		50		
	Контрольные мероприятия за 1 Семестр				50	Э	З-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, З-ПК-1.3, У-ПК-1.3, В-ПК-1.3, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-3.1, У-ПК-3.1, В-ПК-3.1, З-ПК-3.2, У-ПК-3.2, В-ПК-3.2, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-5,

							У-ПК-5, В-ПК-5, З-ПК-6.1, У-ПК-6.1, В-ПК-6.1, З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, З-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, З-ПК-13, У-ПК-13, В-ПК-13, З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, З-УК-6, У-УК-6, В-УК-6, З-УКЦ-1, У-УКЦ-1, В-УКЦ-1, З-УКЦ-2, У-УКЦ-2, В-УКЦ-2
--	--	--	--	--	--	--	--

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>1 Семестр</i>	16	16	0
1-8	Часть 1	8	8	0
1 - 2	Введение. Взаимодействие нейтронов с веществом. Предмет теории переноса нейтронов. Источники нейтронов. Основные процессы и особенности взаимодействия нейтронов с веществом. Реакции нейтронов с ядрами среды. Понятие микроскопического и макроскопического сечений взаимодействия нейтронов. Длина свободного пробега.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 4	Диффузия моноэнергетических нейтронов.	Всего аудиторных часов		

	Нейтрон в фазовом пространстве. Нейтронное поле. Понятие плотности потока, плотности полного и односторонних токов нейтронов. Диффузия моноэнергетических нейтронов в среде покоящихся ядер как модель переноса нейтронов. Балансное уравнение скоростей процессов. Закон Фика (без вывода). Коэффициент диффузии, транспортное сечение и транспортная длина свободного пробега, длина диффузии. Уравнение диффузии моноэнергетических нейтронов. Условия однозначного выбора решений уравнения диффузии в физических задачах. Фундаментальные решения уравнения диффузии в плоской, цилиндрической и сферической геометриях. Диффузионные функции влияния и принцип суперпозиции источников. Альбеда. Постановка граничных условий с помощью альбеда.	2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	Замедление нейтронов в непоглощающих средах. Микроскопическое сечение упругого рассеяния. Кинематика замедления. Закон упругого рассеяния. Средняя потеря энергии при рассеянии, среднелогарифмическая потеря энергии, средний косинус угла рассеяния. Летаргия. Уравнение замедления. Плотность столкновений, плотность рассеяния, плотность замедления. Замедление на водороде. Замедление на тяжелых ядрах: функция Плачека (без вывода), асимптотическое распределение замедляющихся нейтронов (спектр Ферми).	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 9	Замедление нейтронов в поглощающих средах. Микроскопическое сечение поглощения. Резонансы в сечениях взаимодействия. Формула Брейта-Вигнера. Доплер-эффект. Замедление на водороде при наличии поглощения. Вероятность избежать резонансного поглощения на узком изолированном резонансе при замедлении на водороде. Замедление на ядрах с $A \approx 1$ (асимптотическая область энергии) при наличии поглощения. Вероятность избежать резонансного поглощения на узком изолированном резонансе при замедлении на ядрах с $A \approx 1$. Приближение бесконечной массы поглотителя. Поглощение на серии узких изолированных резонансов в асимптотической области энергий. Эффективный и истинный резонансный интеграл.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Часть 2	8	8	0
10 - 11	Диффузионно-возрастное приближение. Балансное уравнение скоростей процессов. Диффузионно-возрастное приближение. Уравнение возраста, основные приближения и границы применимости. Условия однозначного выбора решений уравнения возраста в физических задачах. Возраст нейтронов. Связь возраста нейтронов с временем замедления. Элементарная форма уравнения возраста. Фундаментальные решения уравнения возраста. Особенности пространственного распределения замедляющихся нейтронов в водородосодержащих средах.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
12 - 13	Термализация нейтронов.	Всего аудиторных часов		

	Особенности взаимодействия нейтронов с веществом в области энергий ниже 1эВ. Закон рассеяния в случае учета теплового движения ядер. Уравнение переноса с учетом эффектов термализации. Спектр Максвелла. Эффективная температура нейтронного газа. Усреднение сечений в области термализации.	2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
14	Многогрупповое приближение. Уравнение диффузии в многогрупповом приближении. Технология получения групповых констант.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
15 - 16	Газокинетическое уравнение переноса нейтронов. Уравнение баланса скоростей процессов в фазовом объеме. Интегро-дифференциальное уравнение Больцмана. Уравнение диффузии моноэнергетических нейтронов как частный случай уравнения Больцмана. Интегральная форма газокинетического уравнения. Уравнение Пайерлса.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

По направлению подготовки (специальности) предусматривается широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерных презентаций, разбора конкретных ситуаций по теме, проведения дискуссий) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов.

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-13	З-ПК-13	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-13	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-13	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-4	З-ПК-4	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-4	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-4	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-5	З-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-6.1	З-ПК-6.1	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-6.1	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-6.1	Э, КИ-8, КИ-16
УК-1	З-УК-1	Э, КИ-8, КИ-16
	У-УК-1	Э, КИ-8, КИ-16
	В-УК-1	Э, КИ-8, КИ-16
УК-6	З-УК-6	Э, КИ-8, КИ-16
	У-УК-6	Э, КИ-8, КИ-16
	В-УК-6	Э, КИ-8, КИ-16
УКЦ-1	З-УКЦ-1	Э, КИ-8, КИ-16
	У-УКЦ-1	Э, КИ-8, КИ-16
	В-УКЦ-1	Э, КИ-8, КИ-16
УКЦ-2	З-УКЦ-2	Э, КИ-8, КИ-16
	У-УКЦ-2	Э, КИ-8, КИ-16
	В-УКЦ-2	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-1.2	З-ПК-1.2	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-1.2	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-1.2	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-1.3	З-ПК-1.3	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-1.3	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-1.3	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-3	З-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-3.1	З-ПК-3.1	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-3.1	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-3.1	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-3.2	З-ПК-3.2	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-3.2	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-3.2	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-4	З-ПК-4	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-4	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-4	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-7	З-ПК-7	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-7	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-7	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-8	З-ПК-8	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-8	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-8	Э, КИ-8, КИ-16

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-х балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ С50 Диффузия и замедление нейтронов в неразмножающихся средах : лабораторный практикум, Смирнов В.Е., Москва: МИФИ, 2008

2. ЭИ У18 Лабораторный практикум "Физическая теория ядерных реакторов" : учебное пособие для вузов, Увакин М.А., Савандер В.И., Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
3. ЭИ К85 Теория переноса нейтронов : учебное пособие для вузов, Юрова Л.Н., Крючков Э.Ф., Москва: МИФИ, 2007
4. ЭИ С12 Физическая теория ядерных реакторов Ч.2 Теория возмущений и медленные нестационарные процессы, Савандер В.И., Москва: НИЯУ МИФИ, 2013

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.039 Х94 Диффузия и замедление нейтронов в неразмножающих средах : Учеб. пособие, Кашутин А.А., Хромов В.В., М.: МИФИ, 1982
2. 539.1 Ю78 Нейтронные эффективные сечения : Учеб. пособие, Юрова Л.Н., М.: МИФИ, 1986
3. 621.039 Б43 Теория ядерных реакторов : , Белл Д., Глесстон С., М.: Атомиздат, 1974

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Поскольку количество лекционных часов ограничено, то освоение данного курса предполагает, что много времени студент будет уделять самостоятельной работе. Для эффективной подготовки к экзамену сформирован пакет учебно-методических материалов, который включает:

1. Методические указания для данного курса;
2. Список основных понятий и определений (к экзамену необходимо свободно ориентироваться в них);
3. Список вопросов к экзамену;
4. Описание курса с кратким содержанием по каждому экзаменационному вопросу;
5. Учебное пособие по данному курсу для углубленной подготовки по некоторым вопросам;
6. Индивидуальное домашнее задание

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

В качестве литературы лектору, а также преподавателям, ведущим практические занятия, рекомендуется использовать учебные пособия, методические и справочные материалы.

Кроме того, рекомендуется скачать мультимедийный курс по физике реакторов, который распространяется свободно через МАГАТЭ CLP4NET: <http://bit.do/NuclearReactorPhysics>. Часть разделов данного курса посвящена темам Теории переноса нейтронов.

Для данного направления курс является основным, а также служит теоретической базой для изучения других основных курсов, таких как Физическая теория реакторов и Экспериментальная реакторная физика. Главной задачей курса является введение студентов в круг понятий, представлений и моделей, используемых в задачах нейтронной физики и физики реакторов, подготовить их к изучению физической теории реакторов, методов экспериментального и расчетного исследования нейтронных полей и их характеристик.

В начале курса необходимо подробно рассмотреть различные виды взаимодействия нейтрона с ядром. Далее уделять внимание на освоение студентами основных понятий нейтронной физики, таких как поток нейтронов, микро- и макроскопические сечения, длина диффузии, возраст, и т.д., а также уделять особое внимание на усвоение закономерностей формирования нейтронных полей в различных средах на основе классических представлений о диффузии, замедлении и термализации нейтронов, а также на знание границ применимости этих моделей и возможных путей их уточнения.

Во время занятий уделить особое место способностям студентов применять те или иные приближения для решения практических нейтронно-физических задач.

Автор(ы):

Волков Юрий Николаевич