

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 НТС ИФИБ

Протокол № 3.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ФИЗИКА ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 03.03.02 Физика

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, экс./зач./КР/КП
7	1	36	16	16	0		4	0	3
Итого	1	36	16	16	0	0	4	0	

АННОТАЦИЯ

Изучаются основные закономерности размножения и диффузии нейтронов в гомогенных и гетерогенных размножающих средах. Излагаются основы теории однородных решеток.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью является ознакомление студентов с физикой, основами теории и методами анализа нейтронно-ядерных процессов, протекающих в ядерных реакторах.

Знания, полученные студентами при изучении дисциплины, необходимы для выполнения курсового проекта по ядерно-энергетическим установкам, дипломного проектирования, а также для последующей профессиональной деятельности в области проектирования и анализа ядерных реакторов различного целевого назначения.

Основной задачей изучения дисциплины является привитие студентам навыков самостоятельного анализа физических процессов и количественных оценок параметров критичности и безопасности реактора.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Для успешного освоения материала учебной дисциплины требуется предварительное изучение таких дисциплин, как:

1. Ядерная физика.
2. Теория переноса нейтронов.
3. Линейная алгебра.
4. Уравнения математической физики.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

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
научно-исследовательский			
освоение методов, а также теорий и моделей, используемых в	биологические объекты различной организации,	ПК-1 [1] - Способен использовать профессиональные знания и умения,	З-ПК-1[1] - знать основные физические явления, фундаментальные

научных исследований	источники ионизирующих излучений	<p>полученные при освоении профильных физических дисциплин</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>понятия, законы и теории физики, основные методы теоретического и экспериментального исследования, методы измерения различных физических величин ; У-ПК-1[1] - уметь разбираться в физических принципах, используемых в изучаемых специальных дисциплинах, решать физические задачи применительно к изучаемым специальным дисциплинам и прикладным проблемам будущей специальности; В-ПК-1[1] - владеть методами проведения физических измерений с оценкой погрешностей , а также методами физического описания типовых профессиональных задач и интерпретации полученных результатов</p>
проектный			
освоение методов применения результатов научных исследований в инновационной и инженерно-технологической деятельности	технологии и оборудование, используемое в различных областях медицинской физики	<p>ПК-7 [1] - Способен анализировать исходные данные проектирования, участвовать в разработке, подготовке и оформлении проектной документации с учетом норм радиационной и экологической безопасности</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.008, 40.011</p>	<p>З-ПК-7[1] - знать нормы радиационной и экологической безопасности, а также правила разработки, подготовки и оформления проектной документации с учетом норм радиационной и экологической безопасности ; У-ПК-7[1] - уметь анализировать и критически оценивать любую поступающую информацию, выделять</p>

			и систематизировать данные ; В-ПК-7[1] - владеть навыками сбора, обработки, анализа и систематизации, а также оформления проектной документации с учетом норм радиационной и экологической безопасности
--	--	--	--

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
-----------------------------	-------------------------	------------------------------------

5. 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>7 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	8/8/0		25	КИ-8	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7
2	Часть 2	9-16	8/8/0		25	КИ-16	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		16/16/0		50		
	Контрольные мероприятия за 7 Семестр				50	3	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-7, У-ПК-7,

	Основные типы излучений, генерируемых в процессе работы реактора. Генерация биологически значимых радионуклидов. Принципы ограничения радиоактивного воздействия на биосферу. "Защита в глубину".	2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
15 - 16	Основы топливного цикла ядерной энергетики. Компоненты топливного цикла. Открытый и замкнутый топливный цикл. Торий в ядерной энергетике. Проблема радиоактивных отходов.	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

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Лекции, презентации, разбор конкретных ситуаций, тестирование, выполнение и защита домашнего задания.

7. 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-1	З-ПК-1	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-1	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-1	З, КИ-8, КИ-16
ПК-7	З-ПК-7	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-7	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-7	З, 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-ех 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.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ П 27 Python. Разработка на основе тестирования. Повинуйся Билли-тестировщику, используя Django, Selenium и JavaScript : , Персиваль Г. , Москва: ДМК Пресс, 2018
2. 621.039 С12 Физическая теория ядерных реакторов Ч.1 Однородная размножающая среда и теория гетерогенных структур, Савандер В.И., : МИФИ, 2024
3. 621.039 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 О-75 Основы теории и методы расчета ядерных энергетических реакторов : Учеб. пособие для вуза, Бать Г.А., М.: Энергоиздат, 1982
2. 621.039 К36 Ядерная энергетика : , Кесслер Г., Москва: Энергоатомиздат, 1986

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

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

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

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

В процессе изучения курса главное внимание необходимо уделить усвоению понятия ценности нейтронов, которое относится не только к нейтрону, но и связано со свойствами конкретной размножающей среды. На основе понятия ценности формулируется теория возмущений. Поэтому необходимо усвоить, что каждый тип взаимодействия нейтронов вносит свой вклад в изменение коэффициента размножения с весовым множителем, связанным с ценностью нейтронов по отношению к ценности нейтронов деления.

В разделе отравление необходимо усвоить, во-первых, принципиальную разницу отравления ксеноном и шлакование самарием а, во-вторых, что эти эффекты существенны только при наличии тепловых нейтронов. Кроме того необходимо разделить временные и пространственные эффекты отравления ксеноном.

Изменение изотопного состава происходит как функция интегрального параметра – флюенса нейтронов. Повышение выгорания выгружаемого топлива вызывается как увеличением запаса реактивности, так и применением частичных перегрузок топлива, которые оказывают негативное влияние на степень неравномерности энерговыделения в активной зоне реактора.

В разделе воспроизводства необходимо понять, что в реакторах на тепловых нейтронах происходит слабое накопление вторичного топлива, поскольку оно само используется для повышения энерговыработки топлива. В реакторах на быстрых нейтронах с $K_{\infty} \geq 1$ происходит накопление вторичного горючего.

При изучении эффективности органов регулирования необходимо понять, что сильный поглощающий стержень наряду с поглощением нейтронов, искажает пространственное распределение нейтронов и увеличивает утечку нейтронов из активной зоны. Именно искажение поля нейтронов приводит к такому эффекту, как взаимное влияние органов регулирования (интерференция регуляторов).

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

При изложении раздела асимптотической ценности нейтронов обратить особое внимание на тот факт, что понятие ценности относится не просто к нейтронам, а к нейтронам в данной размножающей среде. На основе того, что уравнение ценности является сопряженным по отношению к уравнению для потока нейтронов, выводятся уравнения ценности в любых приближениях к газокинетическому уравнению и в частности, многогрупповое диффузионное приближение. Важным моментом является отражение того факта, что ценность нейтронов не абсолютная величина, а главную роль играет соотношение ценностей в различных областях активной зоны и для различных групп энергий нейтронов. Основное применение понятия ценности нейтронов находит в теории возмущений главным образом в теории малых возмущений.

В разделе курса отравление реактора осколками деления с аномально большим сечением поглощения нейтронов необходимо подчеркнуть, что ксеноновое отравление является временным явлением, и исчезает после длительной остановки реактора, а отравление самарием действует в течение всего времени работы реактора и не исчезает при остановках любой длительности. При отравлении ксеноном необходимо четко выделить временную компоненту и пространственную составляющую (ксеноновые колебания).

В разделе изменения нуклидного состава топлива необходимо выделить тот факт, что изменение состава топлива определяется не временем и не уровнем потока нейтронов а интегральной величиной – флюенсом нейтронов. В результате изменения нуклидного состава происходит изменение коэффициента размножения нейтронов, что требует управления критичностью в процессе выгорания топлива. Необходимо отметить, что накопление плутония происходит только в начале кампании, а в дальнейшем при приближении к равновесной концентрации весь накапливаемый плутоний используется для производства энерговыработки.

Для учета поглощения нейтронов на осколках деления необходимо подчеркнуть, что большая часть осколков деления имеют малый период полураспада, но в результате распада образуются долгоживущие осколки, которые только накапливаются и не исчезают.

Для повышения выгорания применяют перегрузки топлива, которые позволяют компенсировать запас реактивности на выгорание за счет поглощения нейтронов выгоревшим топливом с делением оставшегося топлива и образованием вторичного топлива. Необходимо подчеркнуть различие между коэффициентом воспроизводства и коэффициентом накопления.

В разделе, касающемся органов регулирования и оценки их эффективности необходимо подчеркнуть, что сильный поглотитель оказывает влияние на реактивность не только за счет поглощения нейтронов, но и за счет деформации поля нейтронов, приводящее к увеличению утечки нейтронов.

Автор(ы):

Савандер Владимир Игоревич, к.ф.-м.н., с.н.с.

