

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Обнинский институт атомной энергетики –
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Одобрено на заседании
Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ
Протокол от 24.04.2023 № 23.4

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Ядерные технологии

название дисциплины

для направления подготовки

12.03.01 Приборостроение

код и название направления подготовки

образовательная программа

Приборы и методы контроля качества и диагностики

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2023 г.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения ООП бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенций	Результаты освоения ООП <i>Содержание компетенций</i>	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	Знать: основы конструкции, принципов действия и физической теории импульсных ядерных реакторов и реакторно-лазерных установок связанного типа, методы расчетно-теоретического анализа процессов в таких системах; Уметь: рассчитывать динамические характеристики импульсных реакторов и связанных реакторных систем импульсного действия; Владеть: навыками решения задач научного и практического применения импульсных реакторов и связанных реакторно-лазерных систем.
УК-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	Уметь: формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач в сфере ядерной энергетики и технологий

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина реализуется в рамках базовой части.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: физики, истории, культурологии.

Дисциплина изучается на 3 курсе в 5 семестре.

3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 2 зачетные единицы (з.е.), 72 академических часов.

3.1. Объем дисциплины по видам учебных занятий (в часах)

Вид работы	Форма обучения (вносятся данные по реализуемым формам)	
	Очная	Заочная
	Семестр	Курс
	№ 3	№ 2
	Количество часов на вид работы:	
Контактная работа обучающихся с преподавателем		
Аудиторные занятия (всего)	16	
В том числе:		
лекции (лекции в интерактивной форме)	16 (0)	
Промежуточная аттестация		
В том числе:		
зачет	0	
Самостоятельная работа обучающихся		
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	56	
В том числе:		
проработка учебного (теоретического) материала	26	
подготовка реферата	15	
подготовка к зачету	15	
Всего (часы):	72	
Всего (зачетные единицы):	2	

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебной работы в часах (вносятся данные по реализуемым формам)									
		Очная форма обучения					Заочная форма обучения				
		Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО	Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО
1.	Критерии безопасности и оценка риска										
1.1.	Инженерные вопросы безопасности существующих и перспективных реакторов, барьеры безопасности.	2				8					
1.2.	Анализ крупных аварий на атомных станциях.	2				8					
1.3.	Концепция внутренней безопасности.	2				8					
1.4.	Вероятностный анализ безопасности (ВАБ).	2				8					
1.5.	Элементы теории вероятностей.	2				8					
1.6.	Основные понятия теории надежности и их приложение к ядерным установкам.	2				8					
1.7.	Методы оценки надежности ЯЭУ.	2				8					
	Итого за 5 семестр:	16				56					
	Всего:	16				56					

Прим.: Лек – лекции, Сем/Пр – семинары, практические занятия, Лаб – лабораторные занятия, СРО – самостоятельная работа обучающихся, Внеауд – внеаудиторные занятия.

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Реакторно-лазерные системы импульсного действия: конструкция и принцип действия. Импульсные реакторы как источники излучения для научно-технических применений: история создания и основные определения.
2	Тема 1. Импульсные реакторы самогасящего действия.	Принцип действия самогасящего импульсного реактора. Реакторы SPRII. Кинетика импульсного реактора самогасящего действия. Уравнение одноточечной модели кинетики. Безынерционное гашение реактора. Вспышка мощности с учетом механической инерции. Флуктуации мощности и ожидания вспышек мощности. Запаздывающие нейтроны и вспышки. Влияние отраженных и замедленных нейтронов. Характеристики аperiодических импульсных реакторов. Реакторы металлической активной зоной. Бассейновые, уран-графитовые и растворимые реакторы. Особенности динамики растворимых импульсных реакторов.
3	Тема 2. Импульсные реакторы периодического действия.	Принцип работы и особенности конструкции ИРПД. Реакторы ИБР и ИБР. Основные отношения нейтронно-физической теории ИРПД. Статика и кинетика. Модуляция реактивности в ИРПД. Возможные модуляции. Применение импульсных реакторов и бустеров в науке и технике.
4	Тема 3. Кинетика нейтронов в системах связанных реакторов.	Многозонные реакторные системы связанного типа. Основные определения. Уравнения кинетики нейтронов. Реакторные установки связанного типа: ZPR, TRIGA+LOPRA, ACRR+FREC, БИР+ПС, ЭБР+РУС, БАРС-5, ТИРАН. Аналитические оценки параметров нейтронных импульсов в системе связанных реакторов. Импульсный реактор – подкритический блок. Кинетика нейтронов в системе реактор – подкритический блок импульсно-периодического действия. Подкритические связанные реакторные системы с внешним источником нейтронов. Интегральная модель нейтронной кинетики. Связь с уравнением Больцмана. Многозонное приближение интегрального уравнения нейтронной кинетики. Связь с общей теорией связанных реакторов. Модифицированная модель нейтронной кинетики связанной системы “быстрый реактор – подкритическая сборка”. Связь с общей формулировкой.
5	Тема 4. Нейтронно-физические характеристики многозонных реакторных систем.	Особенности расчета параметров связанных систем методом Монте-Карло. Критические условия для анализа состояния связанных систем. Особенности поведения пространственно-временного поля делений в связанных реакторных системах. Особенности моделирования нейтронно-физических характеристик импульсных реакторных систем.
6	Тема 5. Специальные системы связанного типа.	Критический стенд УКС-1М. Двухзонный импульсный аperiодический реактор самогасящего действия БАРС-6. Математическая модель для описания штатных и аварийных переходных процессов в реакторе БАРС-6. Лазерные эксперименты в реакторе БАРС-6. Энергетический макет оптического квантового усилителя с ядерной накачкой. Описание конструкции и принцип действия. Математическая модель динамики установки. Нейтронно-физические динамические характеристики системы различной конфигурации. Параметры импульса накачки в системе, энерговклад осколков деления в лазерно-активную среду.

7	Тема 6. Численные методы характеристик связанных реакторных систем.	Применение методов теории возмущений для построения алгоритмов быстрого интегрирования уравнений кинетики. Общие соотношения возмущений при построении численных алгоритмов интегрирования жестких уравнений. Алгоритм для решения уравнений односточной кинетики. Анализ чувствительности в задачах кинетики связанных реакторов. Особенности численного анализа процессов в системах импульсно-периодического действия. Теория возмущений в задачах динамики импульсно-периодических реакторов. Методы расчетно-экспериментальной идентификации параметров связанных систем.
---	---	--

Практические/семинарские занятия

Лабораторные занятия

Не предусмотрено

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

....

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части) / и ее формулировка	Наименование оценочного средства
	Текущий контроль 9 семестр		
1.	Импульсные реакторы самогасящего действия	УК-1, УК-2	Реферат Тест
2	Импульсные реакторы периодического действия. Кинетика нейтронов в системах связанных реакторов		
	Промежуточный контроль		
	Зачет	УК-1, УК-2	Вопросы к зачету
	Всего:		

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы

6.2.1. Зачет

а) типовые вопросы (задания):

1. Реакторно-лазерные системы импульсного действия: особенности конструкции, принцип действия.
 2. Интегральная модель нейтронной кинетики: связь с уравнением Больцмана, многозонное приближение интегрального уравнения нейтронной кинетики, связь с общей теорией связанных реакторов.
 3. Импульсные реакторы как источники излучения для научно-технических применений: история создания, основные типы реакторов.
 4. Аналитические оценки параметров нейтронных импульсов в системе типа импульсный реактор – подкритический блок.
 5. Принцип действия самогасящего импульсного реактора. Реактор БИР.
 6. Модифицированная модель нейтронной кинетики связанной системы быстрый реактор – подкритическая сборка. Связь с общей формулировкой.
 7. Кинетика импульсного реактора самогасящего действия. Уравнения одноточечной модели кинетики. Безынерционное гашение реактивности.
 8. Особенности поведения пространственно-временного поля делений в связанных реакторных системах импульсного действия.
 9. Кинетика импульсного реактора самогасящего действия с учетом механической инерции топлива.
- Методы идентификации интегральных кинетических параметров связанных реакторных систем.
10. Реактор самогасящего действия: запаздывающие нейтроны и хвост вспышки, влияние отраженных и замедленных нейтронов, флуктуация времени ожидания вспышек.
 11. Многозонные реакторные системы связанного типа: основные определения, условие критичности, уравнения кинетики нейтронов.
 12. Принцип действия импульсного реактора периодического действия. Реакторы ИБР и ИБР-2.
 13. Кинетика нейтронов в системе реактор – подкритический блок импульсно-периодического действия.
 14. Основные соотношения нейтронно-физической теории ИРПД: статика.
 15. Анализ критичности в связанной системе типа реактор – подкритический блок.
 16. Основные соотношения нейтронно-физической теории РИПД: неравновесный режим, форма импульса в одноточечной модели.
 17. Кинетика импульсного реактора самогасящего действия с пассивным и активным отражателями нейтронов.
 18. Ядра перехода интегральной модели нейтронной кинетики. Перенос нейтронов в размножающих системах с внешним источником.
 19. Применение теории возмущений к анализу связанных реакторных систем.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

1. уровень освоения студентом материала, предусмотренного учебной программой;
2. полнота и правильность ответа, степень осознанности, понимания изученного;
3. обоснованность, четкость, краткость изложения ответа;
4. ответы на дополнительные вопросы.

в) описание шкалы оценивания:

Допуск к зачету по дисциплине осуществляется при количестве набранных в течение семестра баллов равно и/или более 35 и всех выполненных заданиях. За семестр студент может набрать от 35 до 60 баллов.

Оценка	Критерии оценки
Отлично 36-40	Студент должен: - продемонстрировать глубокое и прочное усвоение знаний программного материала; - исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно изложить теоретический материал; - правильно формулировать определения; - продемонстрировать умения самостоятельной работы с литературой; - уметь сделать выводы по излагаемому материалу.
Хорошо 30-35	Студент должен: - продемонстрировать достаточно полное знание программного материала; - продемонстрировать знание основных теоретических понятий; - достаточно последовательно, грамотно и логически стройно излагать материал; - продемонстрировать умение ориентироваться в литературе; - уметь сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу.
Удовлетворительно 25-29	Студент должен: - продемонстрировать общее знание изучаемого материала; - показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины; - уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; - знать основную рекомендуемую программой учебную литературу.
Неудовлетворительно 24 и меньше	Студент демонстрирует: - незнание значительной части программного материала; - не владение понятийным аппаратом дисциплины; - существенные ошибки при изложении учебного материала; - неумение строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; - неумение делать выводы по излагаемому материалу.

6.2.2. Реферат

а) типовые темы - образец:

1. Численные методы нахождения критического условия для импульсного реактора периодического действия.
2. Работа двухзонного импульсного реактора БАРС-6 без лазерного блока в статистическом режиме.
3. Работа двухзонного импульсного реактора БАРС-6 без лазерного блока в режиме генерации импульсов делений.
4. Работа двухзонного импульсного реактора БАРС-6 с лазерным блоком модернизированной конфигурации.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

Показатели оценки	Критерии оценки	Баллы (max)
1. Новизна информации	- актуальность проблемы и темы; - новизна и самостоятельность в постановке проблемы, в формулировании нового аспекта выбранной для анализа проблемы; - наличие авторской позиции, самостоятельность суждений.	6
2. Степень раскрытия сущности проблемы	- полнота и глубина раскрытия основных понятий проблемы; - обоснованность способов и методов работы с материалом; - умение работать с литературой, систематизировать и структурировать материал; - умение обобщать, сопоставлять различные точки зрения по рассматриваемому вопросу, аргументировать основные положения и выводы.	10
3. Обоснованность выбора источников	- круг, полнота использования литературных источников по проблеме; - привлечение новейших работ по проблеме (журнальные публикации, материалы сборников научных трудов и т.д.).	6
4. Соблюдение требований к оформлению	- грамотность и культура изложения; - владение терминологией и понятийным аппаратом проблемы; - соблюдение требований к объему доклада.	6
5. Грамотность	- литературный стиль.	2

в) описание шкалы оценивания:

- 15-30 баллов контрольная точка считается выполненной
0-14 баллов реферат отдается на доработку

6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы студентов.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Текущий контроль осуществляется два раза в семестр: контрольная точка № 1 (**Реферат**) и контрольная точка № 2 (**коллоквиум**).

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

8 семестр

Вид контроля	Этап рейтинговой системы Оценочное средство	Балл	
		Минимум	Максимум
Текущий	Контрольная точка № 1	17	30
	Реферат	17	30
	Контрольная точка № 2	18	30
	Коллоквиум	18	30
Промежуточный	Зачет		
	Вопрос 1	10	20
	Вопрос 2	10	20
ИТОГО по дисциплине		60	100

Определение бонусов и штрафов

Бонусы: поощрительные баллы студент получает к своему рейтингу в конце семестра за активную и регулярную работу на занятиях 5 баллов (но суммарно за семестр не больше чем 60)

Штрафы: за несвоевременное участие в коллоквиуме максимальная оценка может быть снижена на 20%.

Процедура оценивания знаний, умений, владений по дисциплине включает учет успешности по всем видам заявленных оценочных средств.

По окончании освоения дисциплины в 8 семестре проводится промежуточная аттестация в виде экзамена, что позволяет оценить совокупность приобретенных в процессе обучения компетенций. При выставлении итоговой оценки применяется балльно-рейтинговая система оценки результатов обучения.

Экзамен предназначен для оценки работы обучающегося в течение всего срока изучения дисциплины и призван выявить уровень, прочность и

систематичность полученных обучающимся теоретических знаний и умений приводить примеры практического использования знаний (например, применять их в решении практических задач), приобретения навыков самостоятельной работы, развития творческого мышления.

Оценка сформированности компетенций на экзамене для тех обучающихся, которые пропускали занятия и не участвовали в проверке компетенций во время изучения дисциплины, проводится после индивидуального собеседования с преподавателем по пропущенным или не усвоенным обучающимся темам с последующей оценкой самостоятельно усвоенных знаний на зачете.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная учебная литература:

1. Барсуков О. А. Основы физики атомного ядра. Ядерные технологии : монография / О. А. Барсуков. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 560 с. : ил. - (Фундаментальная и прикладная физика) (1 экз.)
2. Ядерные технологии : учеб. пособие для студ. вузов / В. А. Апсэ [и др.]. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : НИЯУ МИФИ, 2013. - 127 с. : ил. (36 экз.)
3. Ядерные технологии: история, состояние, перспективы : учеб. пособие для студ. вузов / А. А. Андрианов [и др.]. - М. : НИЯУ МИФИ, 2012. - 180 с. : ил. (135 экз.)

б) дополнительная учебная литература:

1. Колесов В. Ф. Аperiodические импульсные реакторы : монография : в 2 т. / В. Ф. Колесов. - Саров : РФЯЦ-ВНИИЭФ Т. 1. - 2-е изд., перераб. и доп. - 2007. - 553 с. : ил. (1 экз.)
2. Связанные реакторные системы импульсного действия / А.В. Гулевич, П.П. Дьяченко, А.В. Зродников и др. - М. : Энергоатомиздат, 2003. - 360 с. (22 экз.)
3. Шабалин Е.П. Импульсные реакторы на быстрых нейтронах. - М.: Атомиздат, 1976.
4. Широков С. В. Нестационарные процессы в ядерных реакторах : учеб. пособие для студ. вузов / С. В. Широков. - Киев : ВІПОЛ, 2002. - 286 с. : ил. (1 экз.)

8. Перечень ресурсов* информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины

<http://ibooks.ru/>
<http://e.lanbook.com/>
<http://www.biblio-online.ru/>
<http://kuperbook.biblioclub.ru>
<http://www.studentlibrary.ru>
<http://library.mephi.ru>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.
Подготовка к реферату	При подготовке к коллоквиуму необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, перечень ресурсов сети интернет. Дополнительно к изучению конспектов лекций необходимо пользоваться учебниками по конструкциям ядерных реакторов. Вместо «заучивания» материала важно добиться понимания изучаемых тем дисциплины. При подготовке к коллоквиуму нужно освоить теорию: разобрать определения всех понятий, рассмотреть примеры и самостоятельно решить несколько типовых задач из каждой темы. При решении задач всегда необходимо комментировать свои действия и не забывать о содержательной интерпретации.
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, задачи практических занятий, рекомендуемую литературу и интернет источники. Вместо «заучивания» материала важно добиться понимания изучаемой дисциплины.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

10.1. Перечень информационных технологий

– Использование электронных презентаций при проведении лекционных и практических занятий.

10.2. Перечень программного обеспечения

- Программы, демонстрации видео материалов (проигрыватель «WindowsMediaPlayer»).
- Программы для демонстрации и создания презентаций

(«MicrosoftPowerPoint»).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Учебная аудитория для лекционных занятий оборудована 120 посадочным местом. Аудитория оборудована мультимедийным оборудованием.

12. Иные сведения и (или) материалы

12.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Применяемые на лекционных занятиях

- Технология концентрированного обучения (лекция-беседа, привлечение внимания студентов к наиболее важным вопросам темы, содержание и темп изложения учебного материала определяется с учетом особенностей студентов)
- Технология активного обучения (визуальная лекция с разбором конкретных ситуаций)

Применяемые на практических занятиях

- Технология активного обучения (визуальный семинар с разбором конкретных задач).
- Технология интерактивного обучения (мозговой штурм: группа получает задание, далее предполагается высказывать как можно большее количество вариантов решения, затем из общего числа высказанных идей отбираются наиболее удачные, которые могут быть использованы на практике).

12.2. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки

образования НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 12.03.01
Приборостроение.

Программу составил:

_____ Ю.А. Казанский, профессор отделения ЯФиТ, профессор,
д.ф-м.н

Рецензент:

_____ А.М. Терехова, старший преподаватель отделения ЯФиТ

